UDK 621.31 ENJAAC YU ISSN 0013—7448

ENERGIJA

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

GODIŠTE 29. GODINA 1980.

SADRŽAJ »ENERGIJE« U 1980. GODINI

Studije i istraživanja

	Str.	Broj
Arsenov A.: Matrična metoda za određivanje optimalne raspodjele snaga u elektroenergetskom sistemu sastavljenom od hidroelektrana i termoelektrana . . .	15	1—2
Čorak D.: Uloga termoelektrana-toplana u razvitku energetike Jugoslavije . . .	121	3—4
Čupin N.: Primjena teorije pouzdanosti u nalaženju optimalne sheme električnih postrojenja — III dio	147	3—4
Dvornik V.: Ispitivanja na obračunskim mjernim mjestima mjerenja potrošnje električne energije	267	7—8
Dvornik V.: Izbor srednjonaponskih podzemnih kabela za upotrebu u distributivnoj mreži srednje Dalmacije	27	1—2
Filipović B.: O pouzdanosti relejne zaštite	415	11—12
Lakota J.: Faktori opterećenja i pogonska raspoloživost nuklearnih elektrana . .	7	1—2
Lakota J.: Sigurnosne osobine reaktora tipa PWR i PHWR — CANDU.	143	3—4
Malbaša N.: Analiza lokacija za nuklearne elektrane I	397	11—12
Markovčić B.: Problematika kabela za prijenos velikih snaga u okviru CIGRÉ	341	9—10
Markovčić B.: 100 god. istosmjernog prijenosa	329	9—10
Markovčić B.: Problem jalovih snaga u okviru CIGRÉ	411	11—12
Matanić D.: Istraživanja i rješavanje izgaranja T-ulja za loženje pri snižavanju tehničkog minimuma blokova TE Sisak	257	7—8
Mihalek E.: Provedba racionalizacije u području razdiobe i potrošnje električne energije	207	5—6
Milanović Z.: Plinskomotorna toplinska pumpa s kompresorom . . WW	191	5—6
Moser J.: Gubici električne energije na području sisačko-baranjske regije u usporedbi s ostalim područjima SR Hrvatske	223	5—6
Moser J.: Usporedba gubitaka el. energije u prijenosu i distribuciji el. energije u nas i u svijetu	51	3—4
Ožegović M.: Raspodjela trostruke nulte komponente struje kroz zemlju, dozemnu užad i uzemljenja	183	5—6
Šicel M.: Osvrt na dosadašnje metode za utvrđivanje fizičkih veličina potrebnih ulaganja za izradu programa razvvoja distributivne mreže	215	5—6
Šimunić J.: Analiza izbora mjerenja po komponentama prijenosne mreže i daljinskog prenosa cikličkih informacija	45	1—2

Pogonska problematika

	Str.	Broj
Balog M.: Plinskoturbinska elektrana Osijek — izgradnja i rad	201	5—6
Damjanović B.: Rekonstrukcija dalekovoda 35 kV za napon 110 kV bez većih investicijskih ulaganja	51	1—2
Martinko M.: Ispitivanje strojarske opreme HE »Nikola Tesla«	359	9—10
Mihalic D.: Analiza stanja električne opreme HE »Nikola Tesla«	431	11—12
Milanović Z.: Posjeta nuklearnoj Elektrani-toplani Gösgen (KKG) — Däniken	439	11—12
Mrakovčić B.: Neka iskustva sa samonosivim kabelskim snopovima	351	9—10
Mrakovčić B.: Rad pod naponom	443	11—12
Pavičić K.: Iskustva sa 110 kV i 220 kV uljnim i 110 kV XLPE kabelima u HE »Senj«	345	9—10
Pavlović T.: Neka rješenja iz područja održavanja HE Gojak	281	7—8
Sterpin E.-Rosanda L.: Dodatni teret uzrok oštećenja dalekovoda 35 kV Pazin — Pula	425	11—12
Tokić B.: Ispitivanje i procjena kvalitete 110 kV kabela izoliranih krutim dielektricima	355	9—10

Ekonomska problematika

	Str.	Broj
Crnčić M.: Tipizacija distributivne opreme i problematika financiranja izgradnje distributivnih objekata na nivou Zajednice elektroprivrede Hrvatske	287	7—8
Stanić D.: Poteškoće i slabosti u funkcioniranju elektroenergetskog sistema Hrvatske	105	3—4
Šimović J.: Nedostaci postojećeg sistema društveno-ekonomskih odnosa u okviru složenog sistema elektroprivrede Hrvatske	97	3—4

	Str.	Broj
Savjetovanja i konferencije		
Alerić S.: Savjetovanje o hidroelektranama	157	3—4
Markovčić B.: Sedmi simpozij o energetskim kabelima	367	9—10
Moser J.: 3. savjetovanje o ekonomici izgradnje pogona i održavanje energetskih postrojenja	290	7—8
Radman I.: Savjetovanje o plinofikaciji	371	9—10
Radman I.: Savjetovanje o razvoju energetike	236	5—6
Vijesti iz elektroprivrede		
Imamović I.: U povodu 30. obljetnice »Elektroprojekta« Zagreb	1	1—2
Šimurina I.: Statistički pregled elektroprivrede SRH u sklopu elektroprivrede Jugoslavije	61	1—2
— Rad Instituta za elektroprivredu u 1979. god.	293	7—8

Energija God. 29 (1980) br. 1—2, 1—6.

U POVODU 30. OBLJETNICE »ELEKTROPROJEKTA« — ZAGREB

Ibro Imamović, Zagreb

U 1978. i 1979. godini mnoge radne organizacije obilježile su na svečan način svoj 30-godišnji rad i podsjetila se na vrlo težak, ali i plodonosan prijeđeni put. Jer, upravo prije tridesetak godina u vrijeme teške blokade otpočela je bitka u našoj zemlji za vlastiti razvoj. Mnogi projekti koji su se počeli realizirati našli su se pred teškoćama zbog otkazanih ugovora i neisporuke naručene opreme. Industrije za proizvodnju kapitalne opreme nismo imali, instituta također, a ni projektnih organizacija s iskusnim stručnjacima koji bi bili osposobljeni za tako složene projekte koje smo željeli ostvariti.

Upravo je u navedenim uvjetima, zbog čvrste orijentacije na vlastite snage, odlukama Savezne vlane formiran velik broj radnih organizacija različite namjene, struke i specijalnosti. Formirana su mnoga proizvodna, izvađačka i uslužna poduzeća, zavodi, instituti, projektne organizacije, znanstveno-istraživačke organizacije itd. Među takvima je i »Elektroprojekt« iz Zagreba, koji je 16. studenog ove godine na svečan način obilježio 30. obljetnicu svoga rada i vrlo uspješnog razvoja. To je bila prilika da se sumiraju rezultati, podsjeti na prijeđeni put i na odgovarajući način informiraju javnost, partneri i prijatelji kakav razvoj »Elektroprojekt« predviđa u svojoj bližoj i daljoj budućnosti.

PRIJEĐENI PUT I REZULTATI

Neposredno nakon oslobođenja, 1945. godine, u izvođačkom poduzeću »Hidroelektra« okupila se mala grupa inženjera — projektanata hidroelektrana sazadatkom da nastavi započeti rad na projektiranju HE Vinodol, da bi u siječnju 1948. godine, nakon osnivanja »Inženjerskog projektnog zavoda«, prešla u sastav Zavoda s ukupno 16 radnika. Ova grupa bila je nukleus današnjeg »Elektroprojekta«, jer je uskoro, konkretno 12. III 1949. rješenjem vlade FNRJ osnovan »Hidroelektroprojekt«, a navedena grupa prerasla u filijalu navedenog poduzeća u Zagrebu kao poduzeće za projektiranje hidroelektrana i istražne radove. Grupa se 1. studenog 1949. izdvaja iz »Inženjerskog projektnog zavoda« i pod nazivom »Hidroelektroprojekt« otpočinje samostalno raditi. Odlukom vlade FNRJ od 31. III 1951. poduzeće je prešlo iz Savezne nadležnosti na republičku, a rješenjem vlade NRH od 6. II 1952. mijenja svoj naziv u »Elektroprojekt«, poduzeće za projektiranje elektroenergetskih postrojenja sa sjedištem u Zagrebu.

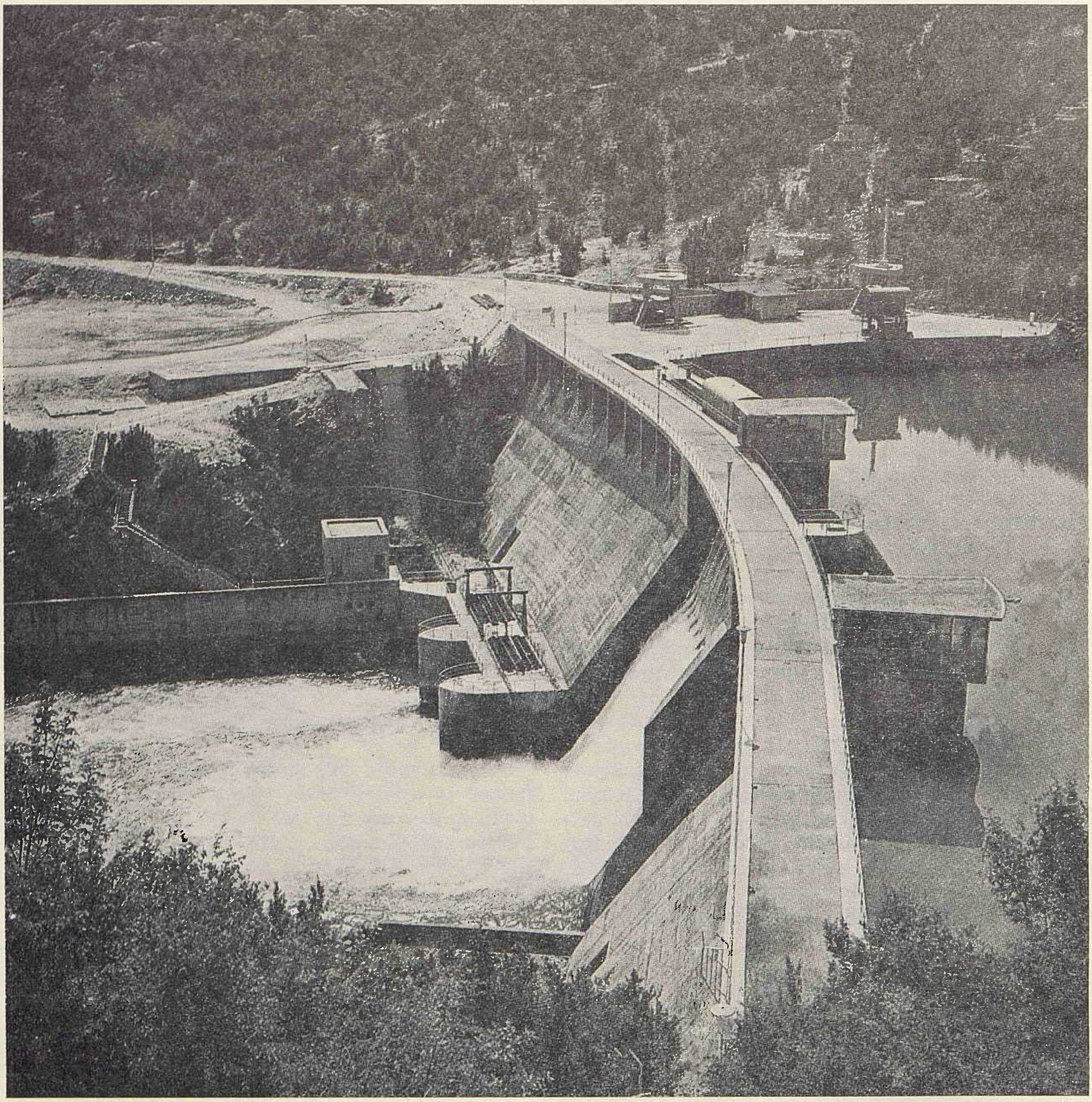
»Elektroprojekt« 1957. godine proširuje svoju djelatnost na sve vrste vodograđevina i na studije o iskorištenju nuklearne energije u energetske svrhe, kojom se djelatnošću bavi sve do danas. Od 28. I 1955. godine poduzeće je registrirano i za vanjskotrgovinske poslove za izvođenje investicionih radova u inozemstvu. Kao consulting-organizacija »Elektroprojekt« je registriran kod Organizacije ujedinjenih naroda u New Yorku s ovlaštenjem za rad na investicionim radovima koji se financiraju iz posebnog fonda Ujedinjenih naroda, zatim je registriran kod Međunarodne banke za obnovu i razvoj za sve radove koje kreditira navedena banka, čime je ostvareno priznanje i mogućnost da ovaj kolektiv samostalno nastupa i stvara uvjete za plasman jugoslavenskog znanja, tehnologije i opreme.

U toku svoje 30-godišnje bogate aktivnosti poduzeće je isprojektiralo više od 35 hidroelektrana među kojima su: HE Nikola Tesla, HE Gojak, HE Peruća, HE Zakučac I, HE Zakučac II, HE Senj, HE Rijeka, HE Sklope, HE Orlovac,HE Varaždin itd., a u toku je projektiranje HE Čakovec, Pumpno-akumulacione elektrane Vinodol, Reverzibilne elektrane Obrovac, HE Đurđevac, HE Barč i drugih.

U istom razdoblju elektroprojekt je isprojektirao, djelomično ili u cjelini, velik broj termoelektrana i toplana za opskrbu gradova toplinskom i elektroenergijom, a među njima TE Jeretovec, TE Jugovinil, TE Vlaška, TE Rijeka — Urinj, TE Osijek, TE Zagreb II, TE-TO Skopje, TE Plomin, TE Sisak, TE-TO Rijeka, TE-TO Tuzla i druge.

»Elektroprojekt« je u proteklom razdoblju projektirao više od 40 transformatorskih stanica raznih napona, a među njima i nekoliko trafostanica velike snage za naš 380 kV sistem. Osim toga, »Elektroprojekt« je projektirao energetska postrojenja i dao rješenja za uspješne rekonstrukcije više industrijskih objekata, npr. u DIP Ivangrad, Željezari Skopje, Željezari Sisak, Šećerani Županja, Aluminijskom kombinatu Titograd, DIP Belišće, Celulozi Prijedor, projektirao toplifikaciju Skopja itd. Osim navedenih energetskih i industrijskih objekata »Elektroprojekt« je sudjelovao svojim projektima i na realizaciji više vodoprivrednih objekata i melioracionih sistema.

Na inozemnom tržištu »Elektroprojekt« je od 1955. godine pa sve do danas bio stalno prisutan



Brana Prančevići u sistemu hidroelektrane Zakučac I i II

i kao projektna i consulting-organizacija. Obavljao je vrlo uspješno poslove projektiranja i nadzora nad izgradnjom u Burmi, Egiptu, Etiopiji, Libanonu, Grčkoj, Indiji, Šri Lanki, Iranu, Libiji i Australiji. U navedenim zemljama već se nalaze uspješno u pogonu mnoge elektrane i melioracioni sistemi za koje su projekti izrađeni u »Elektroprojektu« i za koje poslove je »Elektroprojekt« realizirao preko 30 milijuna USA-dolara.

»Elektroprojekt« je bio jedan od osnivača nekadašnjeg Poslovnog udruženja, a sada Poslovne zajednice projektanata Hrvatske »Koprojekta«, član je Poslovne zajednice INGRA, zatim Poslovne zajednice za projektiranje i proizvodnju nuklearne opreme i nuklearnih elektrana »Jugoatomenergo«, udružen je u Zajednicu jugoslavenske elektroprivrede, član je Centra za podzemne vode koji radi u sastavu Instituta za zemlje u razvoju itd.

»Elektroprojekt« je aktivan i u mnogim stručnim udruženjima u zemlji, kao i u mnogim stručnim međunarodnim organizacijama.

Za navedeni doprinos u razvoju naše zemlje, kao i za ostvaren ugled i stečene reference u nerazvijenim zemljama više od stotinu članova kolektiva dobilo je odlikovanja kojima su im dana priznanja prilikom puštanja u pogon raznih objekata. Osim toga, »Elektroprojekt« je kao radna organizacija 1966. godine dobio Privrednu nagradu grada Zagreba.

AKTIVNOST ELEKTROPROJEKTA U 1979. GODINI

Ako se pokuša napraviti letimičan pregled gdje su sve prisutni radnici »Elektroprojekta« u svom svakodnevnom radu, utvrdit će se da projektiraju Hidroelektranu Čakovec na Dravi, zatim Reverzibilnu hidroelektranu Obrovac, da završavaju projekat za drugu etapu Hidroelektrane Zakučac na Cetini. Upravo su dovršeni i u najskorije vrijeme očekuju reviziju idejni projekti za hidroelektrane Đurđevac i Barč na Dravi, koje »Elektroprojekt« projektira zajedno s mađarskim projektantima i za koje je trebalo i dosta umješnosti i još više znanja da bi bili riješeni i usaglašeni mnogi problemi i stavovi prihvatljivi za obje zemlje.

»Elektroprojekt« projektira i Termoelektranu toplanu Rijeka na osnovi ugovora s investitorom, a Waagner Biro iz Austrije povjerio mu je i dio projektiranja za navedenu elektranu koji je ušao u opseg isporuke navedene firme. Također su projektanti »Elektroprojekta« izradili i svu dokumentaciju, uključivši i tendersku, za Termoelektranu Plomin, za koju je upravo raspisana licitacija, i to za više rješenja, sve do posljednje varijante s jedinicom od 200 MW. »Elektroprojekt« je otpočeo i s radom na utvrđivanju mogućnosti i tehničkih rješenja za energetsko korištenje novootkrivenih nalazišta ugljena u Istri.

U »Elektroprojektu« se projektira i hidroelektrana Strelečko, pa hidroelektrana Brodarci, zatim brana za akumulaciju Ričica kod Imotskog, hidroelektrana Golubić, hidroelektrana Senj II, brana Botonega u Istri, brana Valići, zatim se radi studija o nadvišenju brane Hidroelektrane Peruća. U izradi je također projekt pumpne hidroelektrane Vinodol, inovacija projekta hidroelektrane Đale, projekt vodovoda Tribalj, kao i projekt pumpne stanice i automatskog upravljanja vodovodom Dubrovnik. U obradi je i hidrologija na potezu Karlovac-Rijeka za trasu nizinske pruge na ovom potezu.

Aktivnost Elektroprojekta u sadašnjem momentu prisutna je i na projektiranju dispečerskog centra za upravljanje distributivnim sitemom u »Elektri« — Križ, koje će se proširiti i na ostali dio sjeverozapadne Hrvatske te dispečerskog centra u Kninu. U izradi su i projekti mreže i transformatorskih stanica za područje distribucije Zadar, zatim za područje Samobora, kao i projekti za elektrifikaciju Bukovice. Nastavlja se projektiranje za proširenje 380 kV trafostanica u Zagrebu i Ernestinovu, zatim glavni projekt trafostanica Meline i Đakovo, a vrlo zapažen je i udio »Elektroprojekta« u projektiranju jugoslavenskog informacionog sistema za potrebe Zajednice jugoslavenske elektroprivrede i udruženih elektroprivrednih organizacija iz svih republika i autonomnih pokrajina.

»Elektroprojekt« svojom djelatnošću daje doprinos i gradu Zagrebu, jer radi na vodoprivrednoj osnovi grada Zagreba, obavlja poslove projektiranja za »Elektru« — Zagreb, a odvojio je dobar dio kapaciteta i aktivnosti i za projektiranje gradske toplinske mreže. Također obavlja i dio aktivnosti za NE Krško itd.

Praktički i ne postoji područje u Socijalističkoj Republici Hrvatskoj u kome nije prisutan »Elektroprojekt«, jer se područje djelovanja ove radne organizacije ne završava izgradnjom projektiranog objekta, nego se produžuje i na praćenje njegova rada u radu, na inovacije i proširenja. Tako je, na primjer, u ovom trenutku »Elektroprojekt« angažiran na Hidroelektrani Gojak, za koju izrađuje glavni projekt potrebnih intervencija da bi se objekt doveo u dobro pogonsko stanje. Prisutan je sličnim poslom i na HE Varaždin te na svim izgrađenim branama koje je projektirao »Elektroprojekt« prateći sigurnost i obavljajući potrebne dopunske radove. »Elektroprojekt« danas radi i projekte za više izvedenih brana, koji daju rješenja na pitanje kakvi bi se utjecaji mogli očekivati od rušenja brana i kakve mjere u okviru općenarodne obrane i društvene samozaštite treba poduzimati na lokacijama gdje se nalaze takvi objekti.

»Elektroprojekt« je angažiran i na poslovima u drugim republikama. U 1979. godini radio je na izradi idejnog projekta Termoelektrane-toplane u Tuzli, zatim na projektu elektroenergetskog rješenja novog naselja »Đuro Đaković« u Sarajevu, na termoelektrani »Negotino« u Makedoniji, na projektima odvodnjavanja rudnika ugljena nedaleko od Bitole itd.

U inozemstvu »Elektroprojekt« je u 1979. godini radio na završetku projekta »Wadi Tanezoft« u Libiji, kao i na više projekata u Iranu, sve do trenutka kada su nastale prilike zahtijevale da se privremeno ta aktivnost obustavi.

ULOGA I PLATFORMA ZA DJELOVANJE U BUDUĆNOSTI

Općenito govoreći, projektantske radne organizacije obavljaju poslove kreiranja i oblikovanja programiranih objekata i postrojenja. Pri tome se koriste stečenim ili na drugim mjestima registriranim iskustvom, informacijama, pojedinim sklopovima zaokruženih cjelina i sistema, proučavajući istovremeno sve što je u procesu nužno učiniti od zamisli pa do ostarenja i stavljanja u upotrebu ili pogon određenog objekta. Drugim riječima, to znači da su projektantske organizacije mjesta gdje je izvršena koncentracija kadrova po specijalnostima iz područja kojim se bavi dotična projektantska organizacija, što u suvremenoj podjeli posla stvara povoljne mogućnosti svim učesnicima u nekom pothvatu da, korisnom i svrsishodnom suradnjom u kreiranju cjeline, putem projektantske organizacije plasiraju svoje usluge i opremu.

Iz navedenoga se može zaključiti kakva je uloga projektantskih organizacija u transferu znanja i tehnologije i uključivanju domaće industrije, instituta, izvođača radova i svih drugih organizacija u privredni razvoj zemlje, a u tome i u izgradnju nuklearnih elektrana, te kakva je općenito uloga pro-

jektantskih organizacija u razvoju industrijskih i drugih privrednih organizacija pojedinačno.

I na ovom mjestu nije se suvišno podsjetiti i na naša i na strana iskustva i konstatirati da su, na primjer, investitori, u pravilu, lakše i efikasnije obavljali svoje zadatke u rukovođenju projektima kada su imali mogućnost da se koriste uslugama dobrih projektantskih organizacija, da su se proizvođači opreme i sistema lakše probijali na tržištu i dobivali poslove kad su već projektanti u izradi prethodne dokumentacije uzimali u obzir rješenja koja mogu dati domaće tvornice i da se danas u svijetu upravo primjenjuje princip da velike proizvodne kompanije isturaju projektantske organizacije u prethodno istraživanje, čak i financiraju prethodna istraživanja i izradu prethodne dokumentacije kao metodu za uspješno plasiranje svojih usluga i opreme.

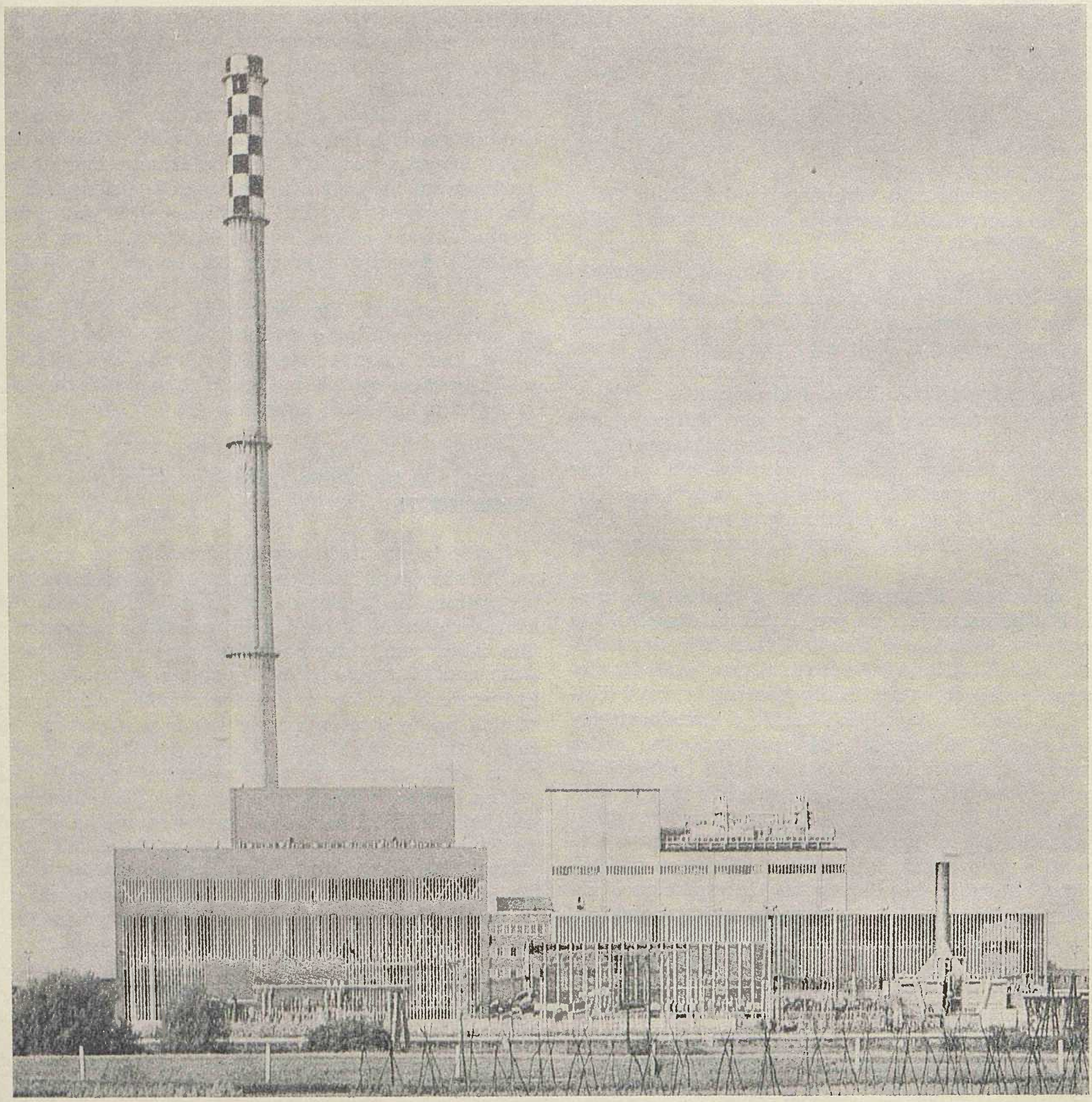
Upravo na naznačenoj ulozi i platformi »Elektroprojekt« vidi svoju pravu ulogu u budućnosti, vidi smjernice za svoj razvoj i svoj doprinos u općem razvoju privrede ostvarujući svoju ulogu:

— suradnjom s investitorima energetskih i vodoprivrednih objekata s pravovremenim nastupom i sa svojim uslugama u svim fazama razvoja projekata;

— suradnjom s industrijom za proizvodnju opreme, da bi se utvrdila najbolja područja razvoja;

— širenjem informacija o međunarodnim ten-

Opći pogled na toplanu Zagreb II



dencijama u razvoju novih tehnologija u onoj mjeri u kojoj one mogu utjecati na projekte i industriju u budućnosti;

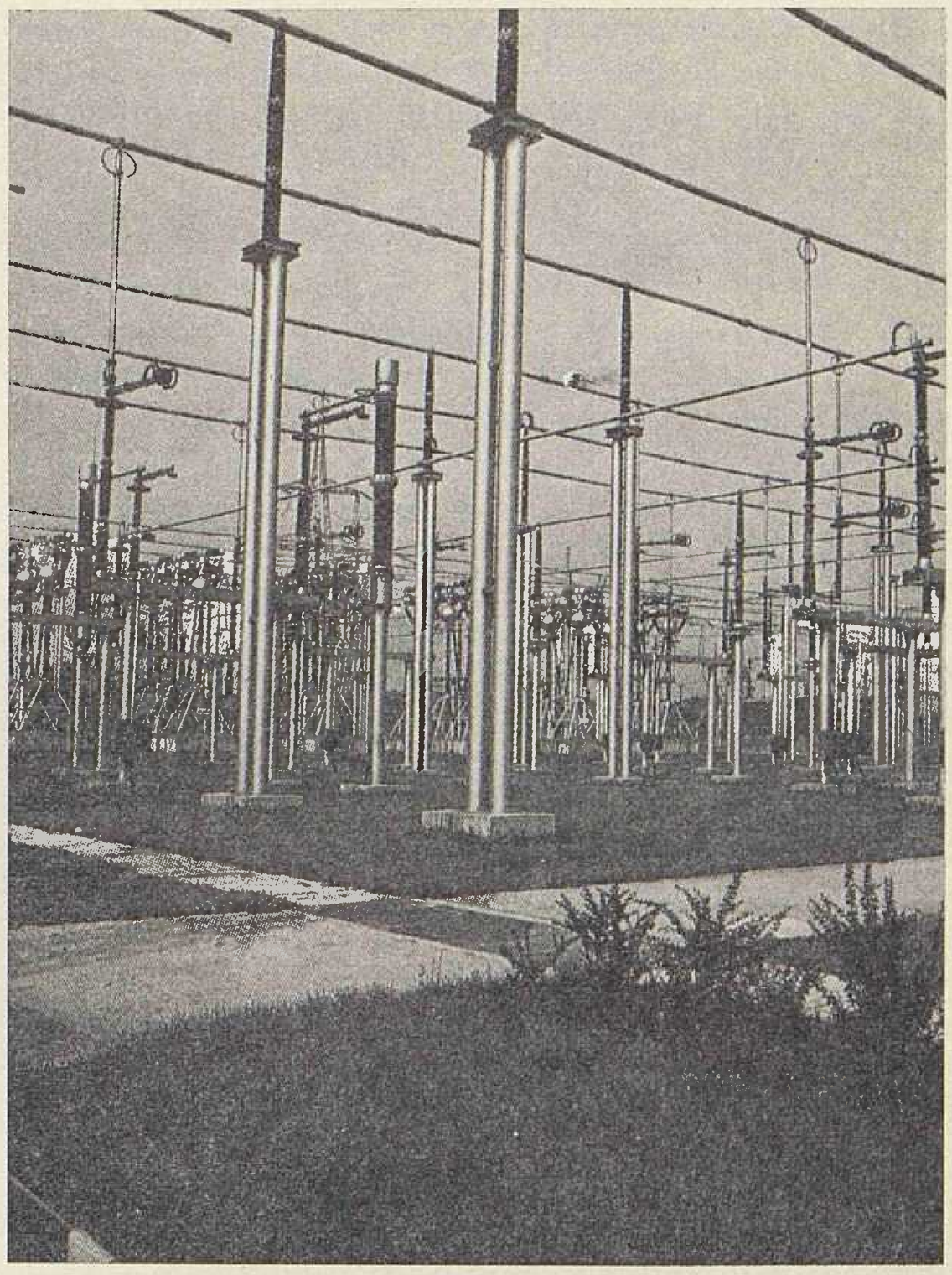
— uspostavljanje suradnje između domaćih i stranih proizvođača. Ta se suradnja može ostvarivati zajedničkim sudjelovanjem u specifičnim isporukama, ugovorima za korištenje licenci ili za razmjenu tehničkog i tehnološkog znanja ili jednostavno kupovanjem određenih konzultantskih usluga, ovisno o tome što bolje odgovara za pojedini slučaj;

— pažljivim proučavanjem tehničkih aspekata s kojima moraju biti u skladu određene komponente elektroenergetskih objekata, a u tome i nuklearnih elektrana, pokušavajući ih uskladiti s propisima, standardima i zahtjevima uopće, s namjerom da, poštivajući zahtijevanu kvalitetu, bolje budu prilagođene proizvodnim kapacitetima i stečenoj praksi domaćih proizvođača;

— podjelom specifikacija za nabavu opreme i komponenata na podgrupe, tako da postanu raspoložive za domaće proizvođače;

— stvaranjem granica između projektantskog inženjeringa za postrojenja i onoga koji pripada proizvođačima opreme i komponenata u područjima koja odgovaraju stvarnim kapacitetima inženjeringa domaćih proizvođača.

U tom pogledu naziru se već i neki rezultati jer je »Elektroprojekt« u 1979. godini nastupao zajedno s »Radom Končarom« u Kini, Egiptu i još nekim zemljama Srednjeg istoka, u okviru INGRE u Libiji, Iraku i Vijetnamu, a priprema se i za nastup u Nigeriji, a s »Hidroelektrom« u Alžiru zajednički priprema nastup na tri brane, itd., itd.



TS 380/110/30 kV Zagreb I

PROBLEMATIKA ORGANIZIRANJA NA VELIKIM POTHVATIMA

Privreda općenito doživljava svoje prestrojavanje u namjeri da se bolje organizira i da iz toga proizađu unapređenja koja bi otklonila slabosti što su se do sada javljale. Svakako da i »Elektroprojekt« nije izuzet od tih kretanja i pokušava se odgovarajućim proučavanjem našeg i stranog iskustva pripremiti za sve ono što dolazi. Među takvim su pripremama i aktivnosti vezane za izgradnju II nuklearne elektrane, koja je velik izazov za »Elektroprojekt« i za sve ostale potencijalne partnere u ovom velikom pothvatu.

I na tom poslu dosta toga treba savladati, iako na projektiranju klasičnih termoelektrana i hidroelektrana te u projektiranju ostalih elektroenergetskih postrojenja domaće projektantsko-inženjerske organizacije imaju značajno iskustvo i osamostaljene su da na navedenim projektima ponude kompletne usluge. Pri tome je važno napomenuti da i ostali sudionici u realizaciji ovakvih projekata imaju također znatno iskustvo i kadrove, tako da se može reći da u ovom području nema dilema tko treba što raditi ni dilema kojim redoslijedom treba da se obavljaju pojedine faze poslova u izgradnji termoelektrana i hidroelektrana.

Međutim, s obzirom na okolnosti da se u Jugoslaviji nalazi u izgradnji tek prva nuklearna elektrana, i to znatne snage, reda veličine 630 MWe, i da je zbog mnogih prisutnih okolnosti u ovoj izgradnji bilo nemoguće znatnije angažirati i osposobiti domaće radne organizacije za sve aktivnosti koje se javljaju u izgradnji ovakvih objekata, objektivno je prisutna nedefiniranost ukupnog opsega usluga i opsega ukupnog posla u realizaciji nuklearnih elektrana, što normalno dovodi do sporijeg organiziranja potencijalnih partnera u izgradnji, pa, prema tome, i do sporijeg dogovaranja u podjeli posla, koja bi morala biti osnovna podloga za razvoj svakog partnera.

Upravo na tom planu formiranje poslovne zajednice »JUGOATOMENERGO« znači korak naprijed u pripremama za izgradnju druge nuklearne elektrane u Jugoslaviji, jer je želja da se osnivanjem takve poslovne zajednice od više sudionika stvori organizirana i kompaktna cjelina s podjelom posla i odgovornosti u tako velikom zadatku.

Kao članovi bivšeg Konzorcija za izgradnju Nuklearne elektrane Krško i sada članovi poslovne zajednice »JUGOATOMENERGO«, »Elektroprojekt« — Zagreb i IB »Elektroprojekt« — Ljubljana zajedničkim naporima duže vrijeme analiziraju svoju ulogu i svoje mogućnosti u realizaciji druge

nuklearne elektrane. S tim u vezi ostvarili su kontakte s više projektantskih i consalting-organizacija kao što su »MOTOR COLUMBUS«, »ELECTROWAT i SGI« iz Švicarske, zatim EMPRESARIOS AGRUPADOS iz Španjolske, SIGEN iz Italije, »GILBERT«, »BECHTEL«, »STON and WEBSTER« iz SAD i druge. Svrha je takvih kontakata prije svega da se analiziraju tuđa iskustva i da se ispitaju uvjeti, opravdanost i modaliteti zajedničkog nastupa za projektantske i consalting-usluge u najpovoljnijem aranžmanu u vezi s prijenosom tehnologije i angažmanom domaćih proizvođača opreme, instituta i izvođačkih organizacija. Stečene informacije u dosadašnjoj aktivnosti dragocjen su doprinos u definiranju svih aktivnosti u realizaciji nuklearnih elektrana, jer izradom detaljnjih specifikacija svih aktivnosti popunjava se upravo prostor koji nam nedostaje, da bi se svi potencijalni partneri mogli bolje orijentirati u svom razvoju i istovremeno dogovoriti za aktivnost na zajedničkom poslu.

PUTOVI I SREDSTVA ZA RAZVOJ

Kritička ocjena u »Elektroprojektu«, koja se poklapa i s ocjenom većeg broja prijatelja i poslovnih partnera ove radne organizacije, svodi se na konstataciju da se je u posljednjih nekoliko godina »Elektroprojekt« sporije razvijao nego što se očekivalo. Zato postoje i objektivni i subjektivni razlozi. No sada je već vrlo izražen imperativ da u razvoju »Elektroprojekt« mora ići brže, prije svega zbog slijedećeg:

— budućnost je uvijek obimnija nego razdoblje koje smo prošli, a dočekati spreman tu budućnost je moguće samo uz ostvarenje uvjeta koji uključuju i osiguravaju veći broj kvalitetnih radova, i dalje,

— kolektiv napuštaju iskusni stručnjaci zbog odlaska u mirovinu, a izostanak pravovremene zamjene odnosi unepovrat stečeno iskustvo koje je vrlo skupo plaćeno.

Limitirajući faktor za razvoj »Elektroprojekta« već je više godina nedostatak poslovnog prostora. »Elektroprojekt« u sadašnjem momentu ima ukupno 1 380 m² vlastitog poslovnog prostora i još 450 m² u zakupu na dvije lokacije na koji prostor već ima otkaze. U takvoj situaciji ni organizacija ne može biti najbolja, niti postoji mnogo mogućnosti za unapređenje, jer su uvjeti rada i za sadašnji sastav u »Elektroprojektu« znatno ispod uvjeta predviđenih standardom.

»Elektroprojekt« je upravo ovu jubilarnu godinu iskoristio da sva naznačena pitanja temeljito razmotri i odredi pravce kako da najbolje i najbrže pomogne sam sebi u svom razvoju. U tom smislu već postoje odluke organa samoupravljanja da se izdvajanje u poslovni fond iz svake godišnje raspodjele vrši progresivnijom stopom u odnosu prema drugim potrebama i da se svaki dinar ostvaren u poslovnom fondu prioritetno usmjerava na izgradnju novog poslovnog prostora i na modernizaciju poslovanja. Jer, prije svega, »Elektroprojekt« mora tražiti putove za unapređenje vlastite produktivnosti, a isto tako i putove da svoj način rada. Standardizaciju određenih poslova i aktivnosti, kao i upotrebu suvremenih pomagala treba dovesti na nivo svih onih s kojima će kooperirati u budućnosti na zajedničkim poslovima.

Već je učinjen i dobar dio priprema u okviru urbanističkog rješenja, za gradnju čitavog kompleksa na lokaciji »Elektroprivrede«. Izrađen je Idejni projekat i investicioni program za dogradnju na sadašnjoj lokaciji, kojom će »Elektroprojekt« dobiti novih 1200 m² poslovnog prostora. Isto tako uskoro će biti završeni i projekti modernizacije poslovanja s opsežnjim korištenjem suvremenih pomagala u radu. S obzirom na to da i konstrukciju financiranja za navedene aktivnosti »Elektroprojekt« namjerava riješiti vlastitim snagama, sasvim se realno može očekivati da u proljeće slijedeće godine, nakon izrade glavnih projekata, otpočne i izgradnja kojom bi bio omogućen slijedeći stupanj razvoja i modernizacije ove projektantske organizacije.

Prema tome, realno se može očekivati da se »Elektroprojekt« u skoroj budućnosti, još snažniji i i spremniji, susretne s novim projektima i prihvati nove poslove i zadatke, veće i složenije od svih koje je do sada ostvario.

Na kraju, na jubilarnoj svečanosti, radni ljudi iz »Elektroprojekta« izrazili su duboku zahvalnost svima — organima vlasti, društveno-političkim organizacijama, suradnicima i prijateljima — na pažnji i podršci koja je »Elektroprojektu« pružana u raznim prilikama, pa i vrlo velikom prisutnošću na jubilarnoj svečanosti. Posebna zahvalnost izražena je svim poslovnim partnerima na iskazanom povjerenju da »Elektroprojektu« povjere poslove na zajedničkim pothvatima koji su mu omogućili da dostigne nivo na kojemu se danas nalazi.

Naslov pisca:
Ibro Imamović, dipl. ing.
»Elektroprojekt« — Zagreb

Energija God. 29 (1980) br. 1—2, 7—14.

FAKTORI OPTEREĆENJA I POGONSKA RASPOLOŽIVOST NUKLEARNIH ELEKTRANA

Josip L a k o t a, Zagreb

621.039.5

U radu se usporedno analiziraju postignuti faktori opterećenja nuklearnih elektrana s lakovodnim i teškovodnim reaktorima. Promatraju se usrednjene vrijednosti faktora opterećenja za sve elektrane s jednim tipom reaktora, kao i vrijednosti za reaktore grupirane po tipovima i snagama te proizvođačima i korisnicima. Zatim se promatraju udjeli najvažnijih uzroka obustava.

UVOD

Rezultati analiza budućih potreba za električnom energijom govore o nuždi da se do godine 2000. pusti u pogon 12 000 MWe u nuklearnim elektranama u Jugoslaviji. Od toga bi se u SRH trebalo pustiti u pogon 3 500 MWe. Takav, relativno krupni program izgradnje nuklearnih elektrana zahtijeva da se razmotre svi važniji tipovi reaktora koji dolaze u obzir za izgradnju. Jedna od važnih osobina jest postiziv faktor opterećenja nuklearne elektrane. Taj faktor u najvećoj mogućoj mjeri određuje cijenu proizvedenog kWh i stupanj iskorištenja investicija. U radu se iznose rezultati postignutih faktora opterećenja nuklearnih elektrana s lakovodnim i teškovodnim reaktorima. Kod lakovodnih reaktora nešto veći naglasak dan je na reaktore tipa PWR, kakav je u izgradnji u NE Krško.

PREGLED DOKAZANIH TIPOVA REAKTORA

Izgradnju serije nuklearnih elektrana u zemlji treba bazirati na nekom od tzv. dokazanih reaktora. Dozakanim se smatraju reaktorski sistemi čija je nuklearna sigurnost i zadovoljavajuća pogonska raspoloživost dokazana na nekolicini nuklearnih elektrana u pogonu. Samo mali broj tipova reaktora može se označiti kao dokazano pouzdan i siguran, a samo dio njih se izvozi. To su lakovodni reaktori tipa PWR i BWR sve do 1 300 MWe, te teškovodni reaktor s cijevima pod pritiskom PHWR — Candu, koji kanadska industrija izvozi u veličini od 600 MWe.* Sovjetski reaktor novovoronješke izvedbe (tipa PWR) izvozi se u veličini od 440 MWe. Samo iznimno može se nabaviti neki drugi reaktor koji bi se još eventualno mogao okarakterizirati kao dokazan, npr. teškovodni reaktor tipa PHWR s tlačnom posudom od 700 MWe. Reaktori hlađeni plinom GCR tipa Magnox (Velika Britanija) sigurno pripadaju dokazanim reaktorima, no oni se više ne proizvode, a napredna izvedba, tj. reaktor hlađen plinom tipa AGR, ne nudi se za izvoz. Visokotemperaturni, plinom hlađeni reaktori HTGR nalaze se u razvoju i ne mogu se još smatrati dokazanima.

Tablica 1. daje podatke o vrsti moderatora i rashladnom sredstvu za navedene dokazane tipove reaktora.

Lakovodni reaktori (PWR, BWR) hlađeni su i moderirani običnom vodom. Oni se ne mogu koristiti prirodnim uranom, već lako obogaćenim uranom sa stupnjem obogaćenja oko 3%. PWR se koristi običnom vodom pod pritiskom, a BWR se koristi kipućom odnosno ključajućom vodom.

Teškovodni reaktori upotrebljavaju tešku vodu (D_2O) kao moderator. Komercijalni teškovodni reaktori tipa PHWR koriste se teškom vodom i kao rashladnim sredstvom. To vrijedi i za kanadsku izvedbu s tlačnim cijevima PHWR — Candu, kao i za zapadnonjemačku izvedbu s tlačnom posudom. U oba slučaja primarni rashladni krug reaktora s teškom vodom kao hladiocem drži se, slično kao kod PWR reaktora, na konstantnom pritisku putem održavača pritiska (pressurizer). Postoje i izvedbe teškovodnih reaktora koje se koriste teškom vodom samo kao moderatorom, a običnom vodom u ključajućem stanju kao rashladnim sredstvom (BWHWR ili SGHWR) te izvedba HGCR s plinom kao rashladnim sredstvom. Te verzije, međutim, ne mogu se okarakterizirati kao dokazane. Teška voda je odličan moderator (uglavnom zbog

Tablica 1.

DOKAZNI REAKTORI			
Rashladno sredstvo	Moderator		
	obična voda	teška voda	grafit
obična voda	PWR, BWR		
teška voda		PHWR	
CO_2			GCR AGR

PWR — Pressurised Water Reactor
BWR — Boiling Water Reactor
PHWR — Pressurised Heavy Water Reactor
GCR — Gas Cooled Reactor
AGR — Advanced Gas Cooled Reactor

* MWe označava električku izlaznu snagu jednog nuklearnog bloka

niske apsorbcije neutrona od strane deuterija; ova je za gotovo tri reda veličine niža nego u slučaju vodika), što omogućava da se u reaktorima PHWR primjenjuje gorivo iz prirodnog (neobogaćenog) urana.

Plinom hlađeni reaktori GCR i AGR koriste se grafitom kao moderatorom a ugljičnim dioksidom kao rashladnim srestvom. Reaktori GCR koriste se gorivom iz prirodnog urana, a u njihovoj se naprednoj verziji AGR koristi slabo obogaćeni uran.

DEFINICIJE

Faktor opterećenja neke elektrane u postocima u nekom razmatranom vremenu jednak je:

$$FO = \frac{E}{P_n \cdot T} \cdot 100,$$

gdje je:

E = neto proizvedena električna energija (MWh),
P_n = nazivna električna snaga (MW_e),
T = ukupan broj sati u razdoblju razmatranja.

Faktor pogonske raspoloživosti elektrane u određenom vremenskom razmaku u postocima jednak je:

$$FR = \frac{h}{H} \cdot 100,$$

gdje je:

h = broj sati na mreži
H = ukupni broj sati u razmatranom razdoblju.

Općenito se faktor opterećenja smatra mjerodavnijim pokazateljem uspješnosti pogona nuklearne elektrane. Međutim, u uvjetima promjenljivog tereta faktor raspoloživosti bolje prezentira stvarno stanje.

Podaci o postignutim faktorima opterećenja nuklearnih elektrana objavljuju se kvartalno u časopisu Nuclear Engineering International (NEI). Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA) izdaje godišnje publikacije posvećene pogonskom iskustvu s nuklearnim elektranama (L1) i analizi tog iskustva (L2, 3, 4).

Ovisno o razdoblju razmatranja ralikuju se godišnji i kumulativni faktori opterećenja, odnosno raspoloživosti. Operira se zatim vrijednostima za pojedinačni reaktor, s usrednjenim vrijednostima za pojedine tipove reaktora koje rezultiraju iz pogona svih reaktora jednog tipa, s vrijednostima za pojedine proizvođače reaktora, s vrijednostima po tipovima za pojedine raspone snaga i drugim vrijednostima.

USREDNJENE VRIJEDNOSTI

Pri uspoređivanju faktora opterećenja elektrana s pojedinim tipovima reaktora najčešće se primjenjuju usrednjene vrijednosti koje, kako je rečeno, prezentiraju rezultate pogona svih jedinica jednog tipa, bez obzira na snagu, te na to tko ih je proizveo i tko ih eksploatira.

Slika 1. prikazuje kretanje takvih usrednjenih godišnjih faktora opterećenja nuklearnih elektrana iz NEI, rujan 1979 (L 5). obuhvaćeni su reaktori u komercijalnom pogonu, snage jedinica iznad 150 MWe bruto, završno s II kvartalom 1979. godine, bez reaktora u istočnoevropskim zemljama.

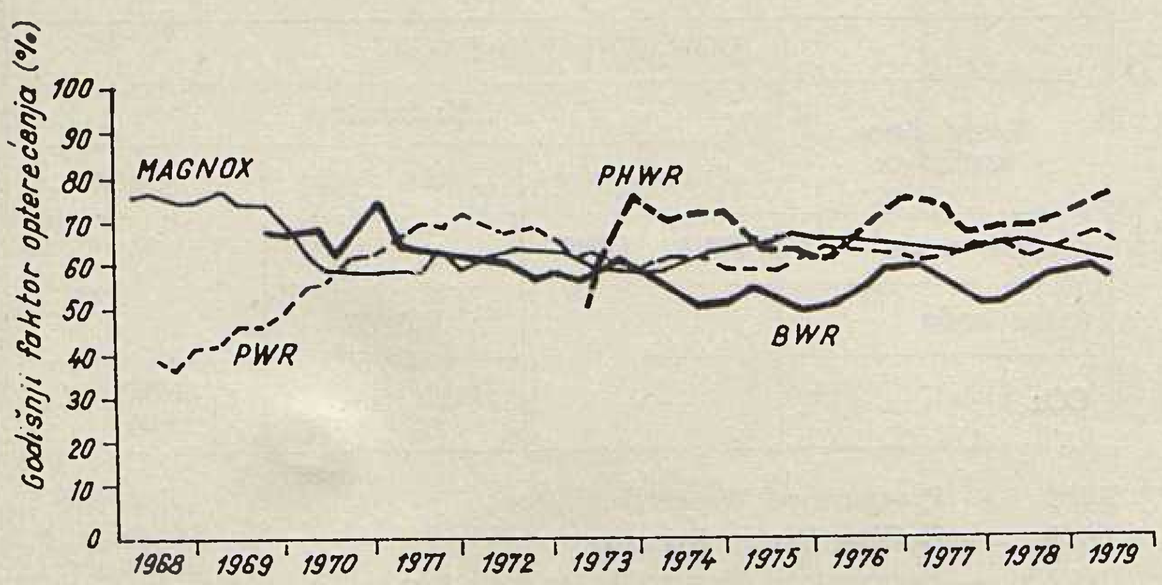
Najviše iznose usrednjenih godišnjih vrijednosti faktora opterećenja imaju trenutno PHWR elektrane, slijedi PWR, Magnox* i BWR.

Slična je situacija i kod usrednjenih vrijednosti faktora opterećenja za kumulativne iznose. Rezultati krajem II kvartala 1979. su slijedeći:

PHWR	77,8%
PWR	62,8%
Magnox	60,4%
BWR	59,5%

Broj i ukupna bruto-snaga obuhvaćenih reaktora u II kvartalu 1979. je:

PHWR	10 reaktora,	5 348 MWe
PWR	67 reaktora,	49 690 MWe
Magnox	26 reaktora,	8 515 MWe
BWR	45 reaktora,	30 669 MWe.



Sl. 1. Godišnji faktori opterećenja elektrana po tipovima reaktora (obuhvaćene su jedince iznad 150 MWe bruto).

POJEDINAČNE VRIJEDNOSTI

Tablica 2. daje pregled za prvih 20 od ukupno 164 reaktora koji imaju najviše vrijednosti kumulativnog faktora opterećenja elektrane s II kvartalom 1979. godine, prema podacima NEI iz rujna 1979. (L 8).

* U podacima NEI pod Magnox se uključuju i drugi tipovi plinom hlađenih reaktora.

Tablica 2.

Kumulativni poredak	Elektrana	Zemlja korisnik	Kumulativni faktor opterećenja %	Snaga MWe bruto	Tip reaktora	Proizvođač reaktora
1	Hunterson A	GB	83,3	338	Magnox	GEC
2	Beznau 2	CH	82,6	364	PWR	W
3	Stade 1	D	81,6	662	PWR	Siemens (KWU)
4	Obrigheim	D	80,7	345	PWR	Siemens (KWU)
5	Pickering 2	C	80,1	542	PHWR-Candu	AECL
6	Berkeley	GB	79,5	320	Magnox	NPG
7	Pickering 1	C	79,1	542	PHWR-Candu	AECL
8	Calvert Cliffs 2	USA	77,5	880	PWR	CE
9	Point Beach 2	USA	76,8	524	PWR	W
10	Pickering 4	C	76,5	542	PHWR-Candu	AECL
11	Bruce 4*	C	75,9	791	PHWR-Candu	AECL
12, 13	Muehleberg	CH	75,5	336	BWR	GE
12, 13	Doel 2	B	75,5	412	PWR	W
14	Borssele	NL	75,4	477	PWR	KWU
15	Atucha	A	75,2	367	PHWR-tl. posuda	Siemens (KWU)
16	Point. Beach	USA	74,9	524	PWR	W
17	Conn. Yankee	USA	74,7	602	PWR	W
18	Prairie Isl. 2	USA	74,5	573	PWR	W
19	Loviisa	SF	74,3	465	PWR	T
20	Bruce 3	C	74,2	791	PHWR	AECL

T — Tehnopromexport, SSSR
CE — Combustion Engineering, USA
GE — General Electric, USA
W — Westinghouse, USA
AECL — Atomic Energy Canada Ltd.
KWU — Kraftwerkunion, D
GEC — General Electric Company, GB
NPG — Nuclear Power Group, GB

* u pogonu kraće od jedne godine

U prvih dvadeset nalazi se:
6 PHWR, od ukupno 12
11 PWR, od ukupno 75
2 Magnox, od ukupno 26
1 BWR, od ukupno 51.

U prvih dvadeset ne nalaze se reaktori nekih zemalja proizvođača reaktora. Dvije najuspješnije PWR ili BWR jedinice tih zemalja s II kvartalom 1979. god. zauzimaju ovaj kumulativni poredak od 164 reaktora:

Zemlja	Kumulativni poredak	Kumulativni faktor opterećenja %	Snaga bruto MWe	Tip reaktora
Japan	26 42	71,5 66,9	559 460	PWR BWR
Švedska	25 50	71,9 64,8	600 600	BWR BWR
Francuska	47 70	65,7 60,3	930 560	PWR PWR
Italija	87 87	56,0 56,0	270 340	PWR BWR

Posebno visokim faktorima opterećenja ističe se PHR — Candu elektrana Pickering. U tom je pogledu ta elektrana u cjelini dosad bez premca. (Za razliku od toga, jedina Candu elektrana izvan Kanade, Rapp 1 u Indiji, koja je uključena u usrednjene podatke sl. 1, a isporučila ju je Kanada, u ukupnom je poretku po kumulativnom faktoru opterećenja s 36,2% na 141. mjestu od ukupno 147 reaktora koji su u pogonu dulje od jedne godine. Ispred nje su i dvije BWR jedinice u Indiji, Tarapur 1 i 2, na 116. i 108. mjestu).

UTJECAJ BROJA GODINA U POGONU

Rad L 7 posebno analizira kretanje postignutih kumulativnih faktora opterećenja elektrana s raznim tipovima reaktora s obzirom na broj godina u pogonu. Prema tim podacima, PHWR pokazuje stagnaciju do lagani pad postignutog faktora opterećenja negdje nakon šeste godine pogona. Kod PWR se slično događa u prosjeku nakon desete godine pogona. Za procjenu kretanja faktora opterećenja kroz cijelu životnu dob broj je godina pogona za oba tipa reaktora, međutim, još premalen. U kanadskim krugovima (L 10) pretkazuje se po-

Tablica 3.

SREDNJI KUMULATIVNI FAKTOR OPTEREĆENJA NUKLEARNIH ELEKTRANA S II KVARTALOM 1979., PO TIPOVIMA REAKTORA I PODRUČJIMA SNAGE

Tip	PWR			BWR			PHWR	
Snaga (MWe bruto)	<600	600—1 000	≥1 000	<600	600—1 000	≥1 000	<600	600—1 000
Broj reaktora	24	34	9	15	24	6	7*	3**
Ukupna snaga (MWe bruto)	10 209	29 378	10 210	5 808	18 163	6 698	2 975	2 373
K F O (%)	66,1	56,1	54,1	56,2	52,0	55,0	66,8	68,2

* Atucha, Pickering 1, 2, 3, 4, Douglas PT, RAPP 1
** Bruce 1, 2. 3

treba za zamjenom tlačnih cijevi koja bi mogla dosta izmijeniti sadašnje vrijednosti faktora opterećenja Candu reaktora. Očekuje se da će djelomična zamjena tlačnih cijevi (kakva je već izvršena na jedinicama 3 i 4 elektrane Pickering) biti nužna i na jedinicama 1 i 2 iste elektrane, te također i na slično projektiranim jedinicama Bruce A (L 10). Te zamjene zahtijevale bi obustave od pola godine do godinu dana*. Kanađani ocjenjuju da takve zamjene na kasnijim jedinicama (u što bi se moglo ubrojiti i Candu 600) neće biti potrebne. Nije poznato da bi po duljini obustava komparabilni zahvati bili nužni i kod PWR-a.

Potrebno je u vezi s utjecajem starenja na faktore opterećenja upozoriti na moguće razlike već i u projektnoj vrijednosti za životnu dob elektrane. PWR elektrana Westinghause na pr. projektira se za životnu dob od 40 godina, dok kod PHWR — Candu projektna životna dob iznosi 30 godina (L 11).

Iz tablice 3. može se zaključiti da jedinice viših snaga danas u prosjeku postižu osjetno niže faktore opterećenja nego što je to kod manjih jedinica. To posebno vrijedi za PWR, dijelom i za BWR. Prema podacima tablice 3. čini se da bi PHWR tu bio iznimka. Međutim, ako se usporede samo Pickering i Bruce, i tu su manje jedinice trenutno u prednosti.

Poznato je da veće jedinice imaju manje specifične troškove izgradnje i pogona. Postavlja se pitanje da li je ova prednost iskoristiva zbog nižih postignutih faktora opterećenja. U L 7 se iz analize postignutih iznosa faktora opterećenja zaključuje da su danas faktori opterećenja velikih jedinica doduše niži, ali da je tred porasta tih faktora kod tih jedinica brži nego što je to bio prije slučaj kod manjih jedinica u trenutku njihova uvođenja. Odatle se zaključuje da će i veće jedinice nakon prolaska početnog razdoblja dostići iznose faktora opterećenja manjih jedinica. Smatra se, međutim, da je za izvođenje čvršćeg zaključka nužno počekati razvoj u idućim godinama.

UTJECAJ SNAGE REAKTORA

Tablica 3. prikazuje usrednjene vrijednosti kumulativnogi faktora opterećenja elektrana (KFO) po tipovima PHWR, PWR i BWR za tri područja snaga:

150 do 599 MWe bruto,
600 do 1 000 MWe bruto,
> 1 000 MWe bruto.

Podaci su dobiveni obradom podataka iz NEI za II kvartal 1979. godine. Tablica sadrži i broj reaktora te njihovu ukupnu snagu (MWe bruto). Područja snaga iznad 600 MWe odgovaraju približno snagama PWR-a s tri odnosno četiri rashladna kruga. Uključeni su svi reaktori bez obzira na proizvođača i korisnika.

RAZLIKE PO ZEMLJAMA

Treba dalje upozoriti na osjetne razlike u dostignutim faktorima opterećenja nuklearnih elektrana čak i u razvijenim zemljama. Tablica 4. daje podatke iz 1978. godine za reaktore u pogonu u Kanadi, Evropi, SAD, Japanu i Velikoj Britaniji (L 8). Pri tom Kanada i V. Britanija imaju jedan tip reaktora (PHWR — Candu, te Magnox odnosno AGR), a ostali određenu mješavinu PWR i BWR.

Tablica 4.

FAKTORI OPTEREĆENJA NUKLEARNIH ELEKTRANA ZA 1978. GOD.

Zemlja	Faktor opterećenja (%)	
	Godišnji	Kumulativni
Kanada	68,9	62,2
Evropa	66,5	55,8
SAD	64,5	54,1
Velika Britanija	51,5	53,55
Japan	51,5	49,5

* Parcijalna zamjena tlačnih cijevi na jedinicama 3 i 4 izvršena je 1974—75. i 1975—76. Zamjena 17 tlačnih cijevi na jed. 3 zahtijevala je prekid od 7,5 mjeseci, a zamjena 52 tlačne cijevi na jed. 4 trajala je 18 mjeseci (L 6).

Tablica 5.

SREDNJI KUMULATIVNI FAKTOR OPTEREĆENJA ELEKTRANE (%), ZA REAKTORE U POGONU 1 GODINU ILI VIŠE, GRUPINE PO PROIZVOĐAČIMA I ZEMLJAMA KORISNICIMA, S II KVARTALOM 1979.

Proizvođač-korisnik	PWR						PHWR				BWR					
	<600		600—1 000		≥1 000		<600		600—1 000		<600		600—1 000		≥1 000	
	n	KFO	n	KFO	n	KFO	n	KFO	n	KFO	n	KFO	n	KFO	n	KFO
W — ukupno	15	66,2	13	56,4	7	53,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
W — u SAD	9	70,6	10	57,5	7	53,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
W — u Evropi	5	67,4	2	59,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Toshiba, Hitachi — u Japanu	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	56,3	2	54,9	—	—
Mitsubishi — u Japanu	3	61	2	52,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
KWU — ukupno	2	78,1	2	75,9	2	57,3	1	75,2	—	—	—	—	3	35,6	—	—
KWU — u Njemačkoj	1	80,7	2	75,9	2	57,3	—	—	—	—	—	—	3	35,6	—	—
KWU — izvan Njem. (Nizoz., Argent.)	1	75,4	—	—	—	—	1	75,2	—	—	—	—	—	—	—	—
Framatome — ukupno (svi su u Franc.)	—	—	3	57,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CANDU — ukupno	—	—	—	—	—	—	6	65,4	3	68,2	—	—	—	—	—	—
CANDU — u Kanadi*	—	—	—	—	—	—	5(4)	71,2(77,1)	3	68,2	—	—	—	—	—	—
CANDU — u Indiji	—	—	—	—	—	—	1	36,2	—	—	—	—	—	—	—	—
GENERAL ELECTRIC — ukupno	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	56,5	15	53,1	6	55,0
GENERAL ELECTRIC — u SAD	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	57,2	14	53,4	5	54,3
GENERAL ELECTRIC — izvan SAD	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	56,2	1	49,5	1	58,4
ASEA — Atom — ukupno (svi su u Švedskoj)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	51,5	4	60,1	—	—
B & W — ukupno (svi su u SAD)	1	32,2	8	51,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
COMBUSTION ENG (svi su u SAD)	—	—	6	59,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Podaci za Candu izvan zagrade su bez Gentilyja (KFO = 4%), a oni u zagradi još i bez Douglas Pointa, KFO = 47,5% (tj. odnose se samo na Pickering).

UTJECAJ PROIZVOĐAČA I KORISNIKA

Sigurno je da razlike u kvaliteti i iskustvu pojedinih isporučioca nuklearne elektrane imaju znatan utjecaj na dostizivi faktor opterećenja. Utjecaj spremnosti onog koji eksploatira elektranu također je velik. Postavlja se pitanje koliko je reaktor Candu zbog svoje neraširenosti kod globalnih usporedbi u povoljnijoj poziciji u odnosu prema PWR i BWR, za koje postoji velik broj i proizvođača i korisnika u mnogo zemalja. Činjenica je da su svi reaktori Candu koji su do sada u pogonu kanadske proizvodnje i da je malo reaktora Candu u pogonu izvan Kanade. (Na dosad iznesene usređene rezultate PHWR reaktora utječe, osim reaktora u Kanadi, jedino još Rapp 1 u Indiji te KWU—reaktor Atucha 1, koji je po postignutom komparabilan s Candu.)

Da bi se, koliko je moguće, eliminirao utjecaj raznih proizvođača i korisnika ,te pojedini tipovi stavili donekle u sličnu situaciju, izvršena je obrada podataka iz NEI za najvažnije proizvođače pojedinih tipova, uz uvjet da se posebno razmatraju reaktori koji se eksploatiraju u zemlji proizvođača, a posebno oni izvan te zemlje. Reaktori su također grupirani po snazi. Tablica 5. prikazuje dobivene vrijednosti za srednji kumulativni faktor opterećenja (KFO), a sadrži i podatak o broju pripadnih reaktora (n). Uspoređujući PHWR i PWR najuspješnijih proizvođača reaktora, eksploatiranih u istoj zemlji (*W*—PWR u SAD, Candu u Kanadi, KWU—PWR u SR Njemačkoj) može se zaključiti da u takvim komparabilnim uvjetima nije moguće jednoznačno utvrditi koji je reaktor u prednosti. Ovisno o području snage te proizvođaču i korisniku više kumulativne faktore opterećenja elektrane ima ili Candu ili PWR. Premda BWR u globalu znatno zaostaje iza PHWR i PWR, rezultati najuspješnijih proizvođača i korisnika elektrana BWR bolji su od nekolicine manje uspješnih proizvođača i korisnika PWR, odnosno najbolji rezultati za BWR usporedivi su s prosječnim (usrednjenim) rezultatima za elektrane PWR (vidi tablicu 5, kao i usrednjene vrijednosti).

UTJECAJ REŽIMA TERETA

Ovisno o uvjetima u energetskom sistemu, udjelima pojedinih tipova elektrana, troškovima goriva i drugom, mogu pojedine nuklearne elektrane raditi i s (djelomično) promjenljivim teretom.

Takav rad rezultirao bi sniženim faktorom opterećenja. U najvećem broju slučajeva, zbog visokih investicija i niskih troškova goriva, nuklearne elektrane ne rade sa smanjenom snagom iz ekonomskih razloga, a isto tako se i ne obustavljaju zbog ekonomskih razloga. Ne raspolaže se s dovoljno podataka da bi se utvrdilo kolik je utjecaj režima tereta na faktor opterećenja u pojedinim obuhvaćenim slučajevima.

UZROCI OBUSTAVA

Izvještaji IAEA (L 2, 3 i 4) pružaju daljnje korisne podatke o vremenima obustave i njihovim uzrocima. Tablica 6. prikazuje pojedinačno sve važnije uzroke i njihov udio u ukupnom vremenu obustave pogona u 1977. godini za PHWR i PWR elektrane, za područja snage 100 do 599 MWe i ≥ 600 MWe. Tablica 7. daje udio za najvažnije stavke za godine 1974, 1975. i 1977, također prema IAEA, samo za reaktore do 600 MWe. Ti podaci pokazuju velike razlike u udjelima kvarova parogeneratora i reaktora. Udio kvarova na parogeneratorima je kod PWR vrlo visok u odnosu prema PHWR. Obrnuto, udio kvarova na reaktoru u najužem smislu vrlo je velik kod PHWR u odnosu prema PWR. To je slučaj i u 1977. godini, kada nisu mijenjane tlačne cijevi na elektrani Pickering. Kanadski izvještaj L6 za razdoblje 1973—77. navodi slijedeće srednje udjele glavnih uzroka obustava na redukciju faktora opterećenja za Pickering:

Tlačne cijevi	7,3%
Sistemi izmjene goriva	1,2%
Turbina i pomoćni sistemi	1,9%
Generator i pomoćni sistemi	5,3%
Ostalo	4,3%
Ukupno	20%

Slični podaci za standardni Candu 600, naravno, ne postoje, jer ta jedinica još nije u pogonu.

Kanadski materijali L9 i L12 također upućuju na visok udio kvarova na parogeneratorima kod PWR-a u odnosu prema izričito malom udjelu kod reaktora Candu. U izvještaju L9 razmatraju se kvarovi na parogeneratorima u 1976. godini i iznose podaci o broju kvarova za razroblje 1971—76. Obuhvaćeno je 68 reaktora, od kojih je 52 PWR, a 10 PHWR (od toga 8 Candu). Između 1971. i 1976. postotak reaktora s kvarovima na parogeneratorima iznosio je, ovisno o godini, 22—56%, pri čemu se naglašava da je udio reaktora Candu ovdje izričito malen. Sudeći po istom AECL izvještaju (a na to upućuju i dobri rezultati parogeneratora nekih proizvođača PWR-a), čini se da viši radni pritisak i temperatura kod parogeneratora PWR nisu primarni uzrok velikog udjela kvarova na parogeneratorima kod PWR.

Kanađani u L12 izvještavaju i o vrlo dobrim rezultatima s pumpama primarnog rashladnog krugotoka. Do kraja 1978. ove pumpe, uključujući pogonski motor, uzrokovale su kod Pickeringa gubitak od samo 0,09% u faktoru opterećenja, kod Bruce od 0,4%. Tvrdi se da je iskustvo s brtvljenjem ovih pumpi također odlično.

Podaci tablica 6. i 7. i drugi citirani podaci upućuju na visok udio parogeneratora u vreme-

Tablica 6.

UDIO U VREMENU OBUSTAVA (%) TE BROJ ZAHVAĆENIH JEDINICA (BZJ) PREMA UZROKU, ZA 1977. GOD. IAEA PODACI, L4. U ZAGRADI JE UKUPNO VRIJEME OBUSTAVA U SATIMA I POSTOCIMA U ODNOSU NA GODIŠNJE VRIJEME

Vrste kvarova i obustava		PHWR 100—599 MWe 8 jedinica* (18 997 sati) (27,1%)		PWR 100—599 MWe 25 jedinica** (46 377 sati) (21,17%)		PWR ≥600 MWe 34 jedinice (75 830 sati) (25,45%)	
		%	BZJ	%	BZJ	%	BZJ
Kvarovi	Izmjena goriva i održavanje	0,6	2	7,2	2	1,6	2
	Greška operatora	3,7	2	0,0	1	0,6	6
	Električka napajanja	0,8	2	0,2	2	0,4	4
	Turbogenerator	2,3	3	2,8	7	2,7	15
	Napojna voda, kondenzator i rashl. sistemi	1,6	1	0,9	8	5,0	13
	Parogeneratori	12,3	5	23,5	11	19,1	12
	Primarni rashl. krugotok	0,3	1	0,2	1	4,0	13
	Pomoćni i sigurnosni sistemi reaktora	0,8	2	0,4	4	2,0	7
	Regulacija i instrum. reaktora	12,2	2	0,5	5	1,8	9
	Reaktor	12,6		0,8	4	0,4	4
	Ostalo			1,5		10,5	
	Ukupno kvarovi	47,2		38		48,1	
Planirane obustave	Testiranje	52,8	8	0,3	2	0,5	4
	Održavanje i popravak			1,5	3	7,8	8
	Godišnja izmjena goriva i godišnji remont			60,2	20	43,6	23
	Ukupno planirane obustave	52,8		62		51,9	

* Bez Gentilyja 1
** Bez Indian Pointa 1

Tablica 7.

UDIO U VREMENU OBUSTAVE U POSTOCIMA PREMA NAJVAŽNIJIM UZROCIMA, ZA 1974, 1975, I 1977. GODINU; PODACI IAEA

Glavni uzroci	PHWR 100—599 MWe			PWR 100—599 MWe		
	1974.	1975.	1977.	1974.	1975.	1977.
Kvarovi:						
— turbogenerator	19,2	15,4	0,8	22,4	2,7	2,8
— parogeneratori	1,5	1,4	1,6	11,4	29,6	23,5
— primarni rashladni krugotok	7,2	6,9	12,3	0,5	2,4	0,2
— reaktor	18,6	33,6	12,2	0,4	0,3	0,8
Ukupno kvarovi	70	66,5	47,2	37,8	39	38
Planirane obustave ukupno:	30	33,5	52,8	62,2	61,0	62,0
— u % svih obustava	7,4	10,9	14,3	15,7	16,5	13,1
— u % godišnjeg vremena						
Ukupno vrijeme svih obustava:	15 141	22 879	18 997	35 440	52 139	46 377
— u satima	24,6	32,6	27,1	25,3	27,05	21,17
— u % godišnjeg vremena						
Broj reaktora	7	8*	8*	16	22**	25***

* Bez Gentillyja 1
** Uključujući Indian Point 1
*** Bez Indian Pointa 1

nima obustava PWR reaktora u cjelini. Podaci koje KWU iznosi za svoje PWR reaktore još su jedan tipičan primjer za moguće razlike između usrednjenih rezultata za niz proizvođača i korisnika te pojedinačnih rezultata. Statistika za 8 reaktora tipa PWR ovog proizvođača, za razdoblje od 1973. do 1977. god. (L 13), kod srednjeg faktora raspoloživosti elektrane od 78,5% daje ove udjele u vremenu obustave:

Izmjena goriva i inspekcije	11,5%
Reaktorsko postrojenje u cjelini,	
uključujući i parogeneratore	1,8%
Konvencionalno postrojenje	4,7%
Ostalo	3,5%
Ukupno	21,5%

Pri tome se navodi da od ukupnog vremena obustava od 1,8% uzrokovanih kvarovima na reaktorskom postrojenju samo 0,25% otpada na parogeneratore, a 0,75% na brtvljenje primarnih pumpi. Vrijeme za izmjenu goriva i inspekcije komparabilno je sa (srednjim) vremenom za planirano održavanje i remont kod PHWR-a iz tablice 7.

Za teškovodne reaktore karakteristična je izmjena goriva u pogonu reaktora. Postavlja se pitanje: koliki je zapravo doprinos izmjene goriva u pogonu u postignutim faktorima opterećenja PHWR reaktora? Ili, koliko se skraćuju planirane godišnje obustave kod PHWR-a u odnosu prema PWR? Kanađani u L12 iznose da dobitak u faktoru opterećenja kroz izmjenu goriva u pogonu iznosi 5%. U L6 se daje podatak da je vrijeme utrošeno na Pickeringu na glavne obustave iz kategorije planiranih obustava (major planned outages) iznosilo u 1977. god., već prema jedinici, između 1,5 i 4,5 tjedana. Podaci tablice 7. upućuju na niže udjele planiranih obustava PHWR-a u odnosu prema PWR. Izraženo kao trogodišnji prosjek, te u % ukupnog vremena u jednoj godini, planirane obustave kod PHWR-a uzele su 11%, kod PWR-a 15,1% (reaktori istog raspona snage). To daje dobitak u faktoru raspoloživosti od otprilike 4%, što uglavnom potvrđuje prije iznesen podatak od 5% iz L12.

ZAKLJUČAK

Elektrane s teškovodnim reaktorima (i s PHWR — Candu, i s PHWR s tlačnom posudom) postižu visoke faktore opterećenja. Ovisno o tome što se uspoređuje situacija je slijedeća:

a) Po pojedinačnim vrijednostima Pickering A je zasada najuspješnija elektrana u svijetu (tablica 2). Nije sigurno da će se to i održati jer Kanađani pretskazuju potrebu duljih obustava zbog opsežnijih izmjena tlačnih cijevi, također i na elektrani Bruce.

b) Gledajući usrednjene vrijednosti (svi reaktori jednog tipa u svijetu, bez obzira na proizvođača, korisnika i snagu) PHWR je u osjetnoj prednosti pred PWR, Magnox i pogotovo pred BWR (vidi sl. 1. i pripadne podatke).

Sudeći po raspoloživim podacima, čini se da je ova globalna prednost PHWR-a samo dijelom posljedica izmjene goriva u pogonu reaktora, a u velikoj mjeri i posljedica ovih okolnosti:

— male raširenosti proizvodnje i eksploatacije Candu reaktora. Kanada je zasad praktički jedini proizvođač i korisnik ovih reaktora.
— velikog udjela kvarova na parogeneratorima kod PWR-a.
— relativno malog udjela jedinica velikih snaga. (Kod PWR-a je u pogonu 35 jedinica sa snagama većim od Bruce-jedinica. Kod BWR taj broj iznosi 15).

c) Uspoređujući dosadašnje rezultate Candu i PWR u podjednakim uvjetima proizlazi da je, ovisno o području snage te proizvođaču i korisniku, u prednosti jednom Candu, drugi puta PWR (tablica 5). Rezultati najuspješnijih proizvođača i

korisnika elektrana BWR bolji su od nekolicine manje uspješnih proizvođača i korisnika elektrana PWR, odnosno najbolji rezultati za BWR usporedivi su s prosječnim (usrednjenim) rezultatima za PWR (usporedi tablicu 5, te usrednjene vrijednosti).

d) Postignuti faktori opterećenja jedinica velikih snaga su kod PWR i BWR u prosjeku niži nego kod manjih jedinica. To je posebno naglašeno kod PWR (tablice 3 i 5). Ako se kod PHWR iz usporedbe isključe prve najmanje jedinice (Douglas Pt i Rapp 1) i uspoređuje samo Pickering i Bruce zasada je i kod PHWR slična situacija. Međutim, veće jedinice općenito pokazuju brži trend porasta faktora opterećenja nego što je to prije bio slučaj kod manjih jedinica neposredno nakon njihova uvođenja. Odatle nada da će, nakon razdoblja uhodavanja, i velike jedinice dostići sadašnje iznose za manje jedinice.

e) Najosjetljivija komponenta kod PWR-a u prosjeku su parogeneratori. Reaktor u užem smislu i njegov rashladni krug bez parogeneratora su visoko pouzdani. Parogeneratori nekih PWR proizvođača pokazali su, međutim, izričito visoku pouzdanost.

Suprotno PWR, kod Candu je reaktor u užem smislu najosjetljivija komponenta, dok je broj kvarova na parogeneratorima izričito malen.

Smatra se da su s gledišta postizivih faktora opterererećenja najznačajniji za izbor tipa nuklearne elektrane zaključci pod c) i e).

LITERATURA

1. Operating experience with nuclear power stations in member states 1977. IAEA 1979.
2. Operating experience with nuclear power stations in member states. Performance analysis report 1974. IAEA 1976.
3. Operating experience with nuclear power stations in member states. Performance analysis report 1975. IAEA 1977.
4. Operating experience with nuclear power stations in member states. Perfomance analysis report 1977. IAEA 1979.
5. Nuclear station achievement, 2nd quarter 1979. Nuclear Engineering International, Sept. 1979.
6. L. W. Woodhead. Commissioning and operating experience with CANDU — PHW commercial nuclear-electric stations. Second Pacific Basin Conference, Tokyo 1978.
7. L. R. Howtes: Trends in power station achievement with age, for different ranges of size of thermal reactors. Nuclear Engineering International, March 1979.
8. Power reactor performance. Nuclear Engineering International, July Supplement 1979.
9. O. S. Tatone, R. S. Pathania: Steam generator tube failures. Experience with water-cooled nuclear power reactors during 1976. AECL — 6095, February 1978.
10. A. Porter et al: A race against time. Interim report on nuclear power in Ontario. Royal commission on electric power planning, Toronto 1978.
11. Design Comparison Westinghouse Pressurized Water Reactor versus Candu Pressurized Heavy Water Reactor. Westinghouse Nuclear Energy Systems, Dec. 1975.
12. Comparison of Candu and PWR. Comentary by Atomic Energy of Canada Limited on Westinghouse Document. Ottawa, March 1979.
13. W. Keller, H. J. Preuss: Komponenten und Systeme des LWR. Betriebserfahrungen und Entwicklungstendenzen. »Nuclex 78«, Basel.

LOAD FACTORS AND AVALLABILITY OF NUCLEAR POWER PLANTS

In the article the achieved load factors of nuclear power plants with light water and heavy water reactors are analysed. Presented are the average load factor values for all power plants with the same type of reactor, values corresponding to several power ranges, as well as values achieved by several groups of suppliers and users. Most important causes of outages are discussed.

Naslov pisca:
dr Josip L a k o t a, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Energija God. 29 (1980) br. 1—2, 15—26.

MATRIČNA METODA ZA ODREĐIVANJE OPTIMALNE RASPODJELE SNAGA U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU SASTAVLJENOM OD HIDROELEKTRANA I TERMOELEKTRANA

Arsen A r s e n o v, Skopje

UDK 621.31:51

U radu je opisana nova i efikasna matrična metoda za određivanje optimalne raspodjele opterećenja u složenom elektroenergetskom sistemu sastavljenom od hidroelektrana i termoelektrana. Metoda se bazira na poznatim energetskim karakteristikama elektrane koje mogu biti zadane tabelarno ili analitički. Optimalni pogon dobiva se miniziranjem troškova za gorivo termoelektrana za unaprijed zadani period T, a pri tome se zadovoljavaju određena ograničenja u sistemu.

1. UVOD

Zadano opterećenje elektroenergetskog sistema može zadovoljiti mnogo kombinacija opterećenja elektrana. Svakako, o izabranim kombinacijama ovise i ukupni pogonski troškovi sistema za promatrano razdoblje optimizacije. Prema tome, treba odrediti onu kombinaciju opterećenja elektrane koja daje minimalne pogonske troškove, a da pri tome budu zadovoljena potrebna ograničenja.

Postoji mnogo metoda za određivanje optimalne raspodjele opterećenja u sistemu u kojem rade samo termoelektrane, no mali broj metoda uključuju u razmatranje i hidroelektrane. Među metode koje problem optimalne raspodjele opterećenja u elektroenergetskom sistemu u kojem postoje i hidroelektrane i termoelektrane ne tretiraju samo kao principijelni pristup nego omogućuju i praktičnu primjenu pripadaju i metode opisane u (1), (2) i (3).

U ovom radu bit će prikazana matrična metoda za određivanje optimalne raspodjele opterećenja u elektroenergetskom sistemu sastavljenom od hidroelektrana i termoelektrana, koja omogućuje brzo i jednostavno optimalno rješenje bez usputnih teškoća koje bi mogle usporiti ili onemogućiti nalaženje tog optimuma.

Razvijena teorija potanko je prikazana, razvijen je program za proračun na elektroničkom računalu, a njegova je efikasnost ilustrirana na konkretnom primjeru. Metoda se bazira na poznavanju dnevnog dijagrama opterećenja za slijedeći dan koji je podijeljen na T u općem slučaju nejednakih vremenskih intervala. Smatra se da unutar svakog intervala opterećenje ima konstantnu vrijednost. Metoda se, osim toga, osniva na unaprijed definiranim agregatima u pogonu za svaki interval t (t = 1, 2, ..., T) u toku perioda optimizacije. Problem izbora agregata problem je kombinatorne prirode, pa on u radu neće biti posebno obrađen, a za njegovo rješavanje mogla bi se primijeniti neka od metoda kombinatornog programiranja.

* Autor srdačno zahvaljuje prof. dr. H. Požaru na pomoći pri izradi ovoga rada.

2. DEFINICIJA PROBLEMA

Razmatra se elektroenergetski sistem u kojem se u pogonu nalaze N termoelektrana i M hidroelektrana. Neka u vremenskom intervalu t (t = 1, 2, ..., T) opterećenje n-te (n = 1, 2, ..., N) termoelektrane iznosi P_{nt}, a m-te (m = 1, 2, ..., M) hidroelektrane P_{Hmt}. $K_{nt}(P_{nt})$ je energetska karakteristika n-te termoelektrane u vremenskom intervalu t, a $Q_{mt}(P_{Hmt})$ energetska karakteristika m-te hidroelektrane u istom intervalu. Energetska karakteristika $K_{nt}(P_{nt})$ daje zavisnost troškova proizvodnje K_{nt} n-te termoelektrane u vremenskom intervalu t u funkciji opterećenja P_{nt}, a $Q_{mt}(P_{Hmt})$, zavisnost protoka Q_{mt} m-te hidroelektrane u vremenskom intervalu t u funkciji opterećenja P_{Hmt}. Potrebno je odrediti takav raspored proizvodnje u hidroelektranama i termoelektranama da zbroj proizvodnih troškova svih termoelektrana u svim vremenskim intervalima bude minimalan, odnosno

$$\sum_{t=1}^{T} \sum_{n=1}^{N} K_{nt}(P_{nt}) \Delta t_t \rightarrow \min. \qquad (1)$$

Funkcija (1) je separabilna (tj. svaki član dvostruke sume po t i n je funkcija samo jedne promjenjive), a nju čine N · T ulaznih funkcija. Veličina Δt_t predstavlja dužinu trajanja intervala t.

Da bi optimum funkcije (1) imao realan smisao, potrebno je da u svakom vremenskom intervalu zbroj opterećenja svih hidroelektrana i termo-

elektrana bude jednak zbroju opterećenja sistema i aktivnih gubitaka u sistemu. Mora, dakle, biti zadovoljena jednadžba

$$\sum_{n=1}^{N} P_{nt} + \sum_{m=1}^{M} P_{Hmt} - \Delta P_{gt} - P_{Lt} = 0 \qquad (2)$$

$$t = 1, 2 \ldots\ldots, T.$$

U jednadžbi (2) P_{Lt} (MW) je opterećenje sistema u intervalu t, a ΔP_{gt} (MW) aktivni gubici u sistemu.

Bilo kakav elektroenergetski sistem s prostorno raspodijeljenim opterećenjem može se pogodnom matricom transformacije transformirati u fiktivni sistem, u kojem su gubici jednaki gubicima u realnom sistemu, u kojem je ukupno opterećenje koncentrirano samo na jednoj sabirnici. Ako se pri tome ta sabirnica prihvati kao referentna, dobiva se slijedeći analitički izraz za aktivne gubitke, kao funkcija svih hidroelektrana i termoelektrana:

$$\Delta P_{gt} = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} P_{it} B_{ij} P_{jt} + 2 \cdot \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} P_{it} B_{i,\,j+N} P_{jt} + \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{M} P_{Hit} B_{iN+,\,j+N} P_{Hjt} \qquad (3)$$

$$t = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, T,$$

gdje je B matrica koeficijenta. Ona karakterizira mrežu, njezini elementi uglavnom ovise o konfiguraciji mreže, a malo o opterećenju. Matrica B je simetrična; ima N + M redaka i isto toliko stupaca.

Za hidroelektrane najčešće se zadaje ograničenje s obzirom na raspoloživi volumen vode u toku perioda optimizacije T. Točnije, za svaku hidroelektranu m zbroj utrošenih volumena vode u svakom vremenskom intervalu treba da bude jednak ukupnom raspoloživom volumenu vode za tu hidroelektranu:

$$\sum_{t=1}^{T} Q_{mt}(P_{Hmt})\,\Delta t_t - V_m = 0 \qquad (4)$$

$$m = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, M,$$

gdje je V_m raspoloživi volumen vode u m-te hidroelektrane, a $Q_{mt}(P_{Hmt})$ ulazne funkcije.

Osim navedenih ograničenja u obliku jednadžbi, postoje ograničenja i u obliku nejednadžbi. U bilo kojoj hidroelektrani i termoelektrani opterećenje u bilo kojem vremenskom intervalu ne može biti veće od instalirane snage ni manje od tehničkog minimuma u termoelektranama, odnosno od nule u hidroelektranama:

$$P_{n\,min} \leqq P_{nt} \leqq P_{n\,max} \qquad (5)$$

$$n = 1, 2, \ldots, N,$$
$$t = 1, 2, \ldots, T$$

i

$$O \leqq P_{Hmt} \leqq P_{Hm\,max} \qquad (6)$$

$$m = 1, 2, \ldots, M$$
$$t = 1, 2, \ldots, T,$$

gdje je $P_{n\,min}$ tehnički minimum n-te termoelektrane, a $P_{n\,max}$ instalirane snage n-te termoelektrane, odnosno m-te hidroelektrane.

Određivanje ekstrema funkcije (1) s ograničenjima (2) i (4) ekvivalentno je određivanju ekstrema slijedeće funkcije bez ograničenja:

$$F = \sum_{n=1}^{N}\sum_{t=1}^{T} K_{nt}(P_{nt})\,\Delta t_t - \sum_{t=1}^{T} \lambda_t \left(\sum_{n=1}^{N} P_{nt} + \sum_{m=1}^{M} P_{Hmt} - \Delta P_{gt} - P_{Lt} \right) + \sum_{m=1}^{M} \mu_m \left(\sum_{t=1}^{T} Q_{mt}(P_{Hmt})\,\Delta t_t - V_m \right), \qquad (7)$$

gdje su λ_t (t = 1,2 . . . , T) i μ_m (m = 1,2, . . . , M) Lagrangeovi multiplikatori, Multiplikator λ_t odnosi se na bilancu aktivnih snaga u vremenskom intervalu t, a μ_m na bilancu voda u hidroelektrani m.

3. FORMIRANJE MATEMATIČKOG MODELA

U funkciji (7) pojavljuje se velik broj varijabli. To su: P_{nt} — snage termoelektrana, P_{Hmt} — snaga hidroelektrana, te λ_t i u_m Lagrangeovi multiplikatori. Ukupan broj varijabli iznosi $N \cdot T + M \cdot T + T + M$. Tako npr. za sistem od 10 termoelektrana i 10 hidroelektrana period optimizacije s 24 intervala ukupno ima 514 varijabli.

Problem je, dakle, mnogodimenzionalan, jer i za relativno male elektroenergetske sisteme treba raditi s velikim brojem varijabli, to više što bi u razdoblju vršnog opterećenja trebalo raditi s intervalima kraćim od jednog sata da se dobije točniji rezultat.

$$\frac{\partial F}{\partial P_{nt}} = \frac{dK_{nt}}{dP_{nt}}\,\Delta t_t - \lambda_t \left(1 - \frac{\partial \Delta P_{gt}}{\partial P_{nt}}\right) = 0 \qquad (8)$$

$$n = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, N$$
$$t = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, T$$

$$\frac{\partial F}{\partial P_{Hmt}} = \frac{dQ_{mt}}{dP_{Hmt}}\,\Delta t_t \cdot \mu_m - \lambda_t \left(1 - \frac{\partial \Delta P_{gt}}{\partial P_{Hmt}}\right) = 0 \qquad (9)$$

$$m = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, M$$
$$t = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, T$$

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda_t} = \sum_{n=1}^{N} P_{nt} + \sum_{m=1}^{M} P_{Hmt} - \Delta P_{gt} - P_{Lt} = 0 \qquad (10)$$

$$t = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, T$$

$$\frac{\partial F}{\partial \mu_m} = \sum_{t=1}^{T} Q_{mt}(P_{Hmt}) \cdot \Delta t_t - V_m = 0 \qquad (11)$$

$$m = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, M.$$

Određeni ekstrem je minimum ako su sve glavne subdeterminante determinante matrice drugih parcijalnih derivacija funkcije (7) pozitivne.

Znači, problem određivanja optimalne raspodjele opterećenja u elektroenergetskom sistemu sastavljenom od hidroelektrana i termoelektrana svodi se na rješavanje sistema od $N \cdot T + M \cdot T + T + M$ nelinearnih algebarskih jednadžba s isto toliko varijabla.

Nelinearni sistem algebarskih jednadžba (8) do (11) može se riješiti iterativno, rješavajući linearan sistem koji se dobiva kada se postave uvjeti za ekstrem Taylorova reda funkcije (7) koji sadrži samo prva tri člana:

$$\Phi = F(X^\circ) + \sum_{i=1}^{K} \left.\frac{\partial F}{\partial x_i}\right|_{X^\circ} (x_i - x_i^\circ) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{K}\sum_{j=1}^{K} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial x_j}\right|_{X^\circ} (x_i - x_i^\circ)(x_j - x_j^\circ), \qquad (12)$$

gdje je K ukupan broj varijabla, a X vektor kojeg su komponente x_i i to:

P_{nt} ($n = 1,2 \ldots, N;\ t = 1,2, \ldots, T$) — snage termoelektrana,

P_{Hmt} ($m = 1,2, \ldots, M;\ t = 1,2 \ldots, T$) — snage hidroelektrana,

λ_t ($t = 1,2, \ldots, T$) — Lagrangeovi multiplikatori koji se odnose na bilancu snaga i

μ_m ($m = 1,2, \ldots, M$) — Lagrangeovi multiplikatori koji se odnose na bilancu voda u hidroelektranama.

Veličine

$$\left.\frac{\partial F}{\partial x_i}\right|_{X^\circ} \quad \text{i} \quad \left.\frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial x_j}\right|_{X^\circ}$$

su vrijednosti prvih i drugih parcijalnih derivacija funkcije (7) u zadanoj točki. X° je vektor s komponentama

P_{nt}° ($n = 1, 2, \ldots, N;\quad t = 1, 2, \ldots, T$),
P_{Hmt}° ($m = 1, 2, \ldots, M;\quad t = 1, 2, \ldots, T$),
λ_t° ($t = 1, 2, \ldots, T$) i
μ_m° ($m = 1, 2, \ldots, M$).

Iz uvjeta za ekstrem-jednadžbe (12) dobiva se slijedeći linearni sistem algebarskih jednadžba:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x_i} = \left.\frac{\partial F}{\partial x_i}\right|_{X^\circ} + \sum_{j=1}^{K} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial x_j}\right|_{X^\circ} (x_j - x_j^\circ) = 0 \qquad (13)$$

$i = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, K.$

Ako se jednadžba (13) ispiše u razvijenom obliku za određene grupe komponenata vektora X, dobivaju se ove četiri jednadžbe:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_{nt}} = \left.\frac{\partial F}{\partial P_{nt}}\right|_{X^\circ} + \sum_{s=1}^{T}\sum_{j=1}^{N} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt} \partial P_{js}}\right|_{X^\circ} (P_{js} - P_{js}^\circ) + \sum_{s=1}^{T}\sum_{j=1}^{M} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt} \partial P_{Hjs}}\right|_{X^\circ} (P_{Hjs} - P_{Hjs}^\circ) + \sum_{s=1}^{T} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt} \partial \lambda_s}\right|_{X^\circ} (\lambda_s - \lambda_s^\circ) + \sum_{m=1}^{M} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt} \partial \mu_m}\right|_{X^\circ} (\mu_m - \mu_m^\circ) = 0 \qquad (14)$$

$n = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, N$
$t = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, T$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_{Hmt}} = \left.\frac{\partial F}{\partial P_{Hmt}}\right|_{X^\circ} + \sum_{s=1}^{T}\sum_{j=1}^{N} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt} \partial P_{js}}\right|_{X^\circ} (P_{js} - P_{js}^\circ) + \sum_{s=1}^{T}\sum_{j=1}^{M} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt} \partial P_{Hjs}}\right|_{X_\circ} (P_{Hjs} - P_{Hjs}^\circ) + \sum_{s=1}^{T} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt} \partial \lambda_s}\right|_{X^\circ} (\lambda_s - \lambda_s^\circ) + \sum_{l=1}^{M} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt} \partial \mu_l}\right|_{X^\circ} (\mu_l - \mu_l^\circ) = 0 \qquad (15)$$

$m = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, M$
$t = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, T$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \lambda_t} = \left.\frac{\partial F}{\partial \lambda_t}\right|_{X^\circ} + \sum_{s=1}^{T}\sum_{n=1}^{N} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_t \partial P_{ns}}\right|_{X^\circ} (P_{ns} - P_{ns}^\circ) + \sum_{s=1}^{T}\sum_{m=1}^{M} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_t \partial P_{Hms}}\right|_{X^\circ} (P_{Hms} - P_{Hms}^\circ) + \sum_{s=1}^{T} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_t \partial \lambda_s}\right|_{X^\circ} (\lambda_s - \lambda_s^\circ) + \sum_{m=1}^{M} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_t \partial \mu_m}\right|_{X^\circ} (\mu_m - \mu_m^\circ) = \qquad (16)$$

$t = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, T$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \mu_m} = \left.\frac{\partial F}{\partial \mu_m}\right|_{X^\circ} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{n=1}^{N} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial \mu_m \partial P_{nt}}\right|_{X^\circ} (P_{nt} - P_{nt}^\circ) + \sum_{t=1}^{T}\sum_{l=1}^{M} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial \mu_m \partial P_{Hlt}}\right|_{X^\circ} (P_{Hlt} - P_{Hlt}^\circ) + \sum_{t=1}^{T} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial \mu_m \partial \lambda_t}\right|_{X^\circ} (\lambda_t - \lambda_t^\circ) + \sum_{l=1}^{M} \left.\frac{\partial^2 F}{\partial \mu_m \partial \mu_l}\right|_{X^\circ} (\mu_l - \mu_l^\circ) = 0 \qquad (17)$$

$m = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, M$

Do izraza za prve i druge parcijalne derivacije aktivnih gubitaka po snagama hidroelektrana i termoelektrana dolazi se iz jedandžbe (3), a do izraza za druge parcijalne derivacije po snagama hidroelektrana i termoelektrana te Lagrangeovih multiplikatora koji se pojavljuju u jednadžbama (14) do (17) dolazi se iz jednadžba (8) do (11).

$$\frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt}\ \partial P_{js}} = \begin{cases} 0 & \text{za } s \neq t \qquad (18\,a) \\ \dfrac{d^2 K_{nt}}{d P_{nt}^2} \Delta t_t + \lambda_t \dfrac{\partial^2 \Delta P_{gt}}{\partial P_{nt}^2} & \text{za } n = j \text{ i } s = t \qquad (18\,b) \\ \lambda_t \cdot \dfrac{\partial^2 \Delta P_{gt}}{\partial P_{nt} \partial P_{js}} & \text{za } n \neq j \text{ i } s = t \qquad (18\,c) \end{cases}$$

$n, j = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, N$
$t, s = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, T$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt}\,\partial P_{Hjs}} = \begin{cases} 0 & \text{za } s \neq t \quad (19\,a) \\ \dfrac{d^2 Q_{mt}}{d P_{Hmt}^2} \cdot \mu_m \cdot \Delta t_t + \lambda_t \dfrac{\partial^2 \Delta P_{gt}}{\partial P_{Hmt}^2} & \text{za } s = t \text{ i } m = j \quad (19\,b) \\ \lambda_t \cdot \dfrac{\partial^2 \Delta P_{gt}}{\partial P_{Hmt}\,\partial P_{Hjs}} & \text{za } s = t \text{ i } m \neq j \quad (19\,c) \end{cases}$$

$m, j = 1, 2 \ldots\ldots, M$
$t, s = 1, 2 \ldots\ldots, T$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt}\,\partial \mu_j} = \begin{cases} 0 & \text{za } m \neq j \quad (20\,a) \\ \dfrac{d Q_{mt}}{d P_{Hmt}} \cdot \Delta t_t & \text{za } m = j \quad (20\,b) \end{cases}$$

$m, j = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, M$
$t = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, T$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial \mu_m\,\partial \lambda_t} = 0 \quad (21)$$

$m = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, M$
$t = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, T$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt}\,\partial P_{Hjs}} = \begin{cases} 0 & \text{za } s \neq t \quad (22\,a) \\ \lambda_t \dfrac{\partial^2 \Delta P_{gt}}{\partial P_{nt}\,\partial P_{Hjs}} & \text{za } n \neq j \text{ i } s = t \quad (22\,b) \end{cases}$$

$n = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, N$
$j = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, M$
$t, s = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, T$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt}\,\partial \lambda_s} = \begin{cases} 0 & \text{za } s \neq t \quad (23\,a) \\ \dfrac{\partial \Delta P_{gt}}{\partial P_{nt}} - 1 & \text{za } s = t \quad (23\,b) \end{cases}$$

$n = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, N$
$t, s = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, T$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt}\,\partial \mu_m} = 0 \quad (24)$$

$n = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, N$
$m = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, M$
$t = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, T$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial \mu_m\,\partial \mu_j} = 0 \quad (25)$$

$m, j = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, M$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_t\,\partial \lambda_s} = 0 \quad (26)$$

$t, s = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, T$

$$\frac{\partial \Delta P_{gt}}{\partial P_{ns}} = \begin{cases} 0 & \text{za } s \neq t \quad (27\,a) \\ 2 \cdot \sum_{i=1}^{N} B_{in} P_{it} + 2 \cdot \sum_{j=1}^{M} B_{n,\,j+N} P_{Hjt} & \text{za } s = t \quad (27\,b) \end{cases}$$

$n = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, N$
$t, s = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, T$

$$\frac{\partial \Delta P_{gt}}{\partial P_{Hmt}} = \begin{cases} 0 & \text{za } s \neq t \quad (28\,a) \\ 2 \cdot \sum_{i=1}^{M} B_{i+N,\,m+N} P_{Hit} + 2 \cdot \sum_{i=1}^{N} B_{i,\,m+N} P_{it} & \text{za } s = t \quad (28\,b) \end{cases}$$

$m = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, M$
$t, s = 1, 2 \ldots\ldots\ldots\ldots, T$

$$\frac{\partial^2 \Delta P_{gt}}{\partial P_{Hmt}\,\partial P_{Hjs}} = \begin{cases} 0 & \text{za } s \neq t \quad (29\,a) \\ 2\,B_{j+N,\,m+N} & \text{za } s = t \text{ i } j \neq n \quad (29\,b) \\ 2\,B_{m+N,\,m+N} & \text{za } s = t \text{ i } j = m \quad (29\,c) \end{cases}$$

$m, j = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, M$
$t, s = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, T$

$$\frac{\partial^2 \Delta P_{gt}}{\partial P_{Hmt}\,\partial P_{Hjs}} = \begin{cases} 0 & \text{za } s \neq t \quad (30\,a) \\ 2\,B_{j+N,\,m+N} & \text{za } s = t \text{ i } j \neq n \quad (30\,b) \\ 2\,B_{m+N,\,m+N} & \text{za } s = t \text{ i } j = m \quad (30\,c) \end{cases}$$

$m, j = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, M$
$t, s = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, T$

Iz izraza (18) — (30c) vidi se da velik broj derivacija ima vrijednost nula. Uzevši to u obzir, a nakon uvođenja ovih zamjena

$$\Delta P_{nt} = P_{nt} - P_{nt}^{o} \quad (31)$$

$$\Delta P_{Hmt} = P_{Hmt} - P_{Hmt}^{o} \quad (32)$$

$$\Delta \lambda_t = \lambda_t - \lambda_t^{o} \quad (33)$$

$$\Delta \mu_m = \mu_m - \mu_m^{o} \quad (34)$$

za svako $n = 1,2, \ldots, N$; $m = 1,2, \ldots, M$; i $t = 1,2, \ldots, T$, sistem jednadžba (14) do (17) dobiva slijedeći oblik:

$$\sum_{j=1}^{N} \frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt}\,\partial P_{jt}}\bigg|_{X^\circ} \Delta P_{jt} + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt}\,\partial P_{Hjt}}\bigg|_{X^\circ} \Delta P_{Hjt} + \frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt}\,\partial \lambda_t}\bigg|_{X^\circ} \Delta \lambda_t = -\frac{\partial F}{\partial P_{nt}}\bigg|_{X^\circ} \quad (35)$$

$n = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, N$
$t = 1, 2 \ldots\ldots\ldots, T$

$$\sum_{j=1}^{N} \frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt}\,\partial P_{jt}}\bigg|_{X^\circ} \Delta P_{jt} + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt}\,\partial P_{Hjt}}\bigg|_{X^\circ} \Delta P_{Hjt} + \frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt}\,\partial \lambda_t}\bigg|_{X^\circ} \Delta \lambda_t + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt}\,\partial \mu_j}\bigg|_{X^\circ} \cdot \Delta \mu_j = -\frac{\partial F}{\partial P_{Hmt}}\bigg|_{X^\circ} \quad (36)$$

$m = 1, 2, \ldots\ldots, M$
$t = 1, 2, \ldots\ldots, T$

$$\sum_{j=1}^{N} \frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_t\,\partial P_{jt}}\bigg|_{X^\circ} \Delta P_{jt} + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_t\,\partial P_{Hjt}}\bigg|_{X^\circ} \Delta P_{Hjt} = -\frac{\partial F}{\partial \lambda_t}\bigg|_{X^\circ} \quad (37)$$

$t = 1, 2, , \ldots\ldots, T$

$$\sum_{t=1}^{T} \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial^2 F}{\partial \mu_m\,\partial P_{Hjt}}\bigg|_{X^\circ} \Delta P_{Hjt} = -\frac{\partial F}{\partial \mu_m}\bigg|_{X^\circ} \quad (38)$$

$m = 1, 2, \ldots\ldots, M$

Sistem je jednadžba (35) do (38) linearan, a njega čine $N \cdot T + M \cdot T + M + T$ jednadžba s isto toliko nepoznanica:

ΔP_{jt} $(j = 1, 2, \ldots, N,\ t = 1, 2, \ldots, T)$, ΔP_{Hjt} $(j = 1, 2, \ldots, M,$ $t = 1, 2, \ldots, T)$, $\Delta \lambda_t$ $(t = 1, 2, \ldots, T)$ i $\Delta \mu_j$ $(j = 1, 2, \ldots, M)$

i on se može izraziti u matričnom obliku:

$$\underset{N}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt}\,\partial P_{jt}}\right]^{N}} \cdot \underset{N}{\left[\Delta P_{jt}\right]^{1}} + \underset{N}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt}\,\partial P_{Hjt}}\right]^{M}} \underset{M}{\left[\Delta P_{Hjt}\right]^{1}} +$$

$$+\underset{N}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt}\,\partial \lambda_t}\right]}\cdot\underset{1}{\left[\Delta\lambda_t\right]}=-\underset{N}{\left[\frac{\partial F}{\partial P_{nt}}\right]} \qquad (39)$$

$t=1,2\ldots\ldots,T$

$$\underset{M}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt}\,\partial P_{jt}}\right]}\cdot\underset{N}{\left[\Delta P_{jt}\right]}+\underset{M}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt}\,\partial P_{Hjt}}\right]}\cdot\underset{M}{\left[\Delta P_{Hjt}\right]}+$$

$$+\underset{M}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt}\,\partial \lambda_t}\right]}\cdot\underset{1}{\left[\Delta\lambda_t\right]}+\underset{M}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt}\,\partial(\mu_j)}\right]}\cdot\underset{M}{\left[\Delta\mu_j\right]}=-\underset{M}{\left[\frac{\partial F}{\partial P_{Hmt}}\right]} \qquad (40)$$

$t=1,2,\ldots\ldots,T$

$$\underset{1}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_t\,\partial P_{jt}}\right]}\cdot\underset{N}{\left[\Delta P_{jt}\right]}+\underset{1}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_t\,\partial P_{Hjt}}\right]}\cdot\underset{M}{\left[\Delta P_{Hjt}\right]}=-\underset{1}{\left[\frac{\partial F}{\partial \lambda_t}\right]} \qquad (41)$$

$t=1,2,\ldots\ldots,T$

$$\sum_{t=1}^{T}\underset{M}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial \mu_m\,\partial P_{Hjt}}\right]}\cdot\underset{M}{\left[\Delta P_{Hjt}\right]}=-\underset{M}{\left[\frac{\partial F}{\partial \mu_m}\right]} \qquad (42)$$

Tako se dobivaju $3\cdot T+1$ matrične jednadžbe. Pri tome, u prve $3\cdot T$ matrične jednadžbe pojavljuju se nepoznanice koje se odnose samo na određeni vremenski interval, a u zadnjoj matričnoj jednadžbi pojavljuju se kao nepoznanice prirasti snaga u svim hidroelektranama u svim vremenskim intervalima. Prema tome, jednadžba (42) čini problem optimalne raspodjele opterećenja u elektroenergetskom sistemu od hidroelektrana i termoelektrana vremenski zavisnim.

Kraj svake matrice u matričnom sistemu jednadžba (39) do (42) nalaze se po dva indeksa. Indeks u donjem lijevom kutu označava broj redaka, a indeks u gornjem desnom kutu broj stupaca matrice.

Lako se pokazuje da između matrica i vektora vrijede ovi odnosi:

$$\underset{N}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt}\,\partial P_{Hjt}}\right]}^{M}=\left(\underset{M}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hjt}\,\partial P_{nt}}\right]}^{N}\right)TR \qquad (43)$$

$t=1,2,\ldots\ldots,T$

$$\underset{N}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial P_{nt}\,\partial \lambda_t}\right]}^{1}=\left(\underset{1}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_t\,\partial P_{nt}}\right]}^{N}\right)TR \qquad (44)$$

$t=1,2,\ldots\ldots,T$

$$\underset{M}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt}\,\partial \mu_j}\right]}^{M}=\left(\underset{M}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial \mu_j\,\partial P_{Hmt}}\right]}^{M}\right)TR \qquad (45)$$

$t=1,2,\ldots\ldots,T_2^1$

$$\underset{M}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial P_{Hmt}\,\partial \lambda_t}\right]}^{1}=\left(\underset{1}{\left[\frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_t\,\partial P_{Hmt}}\right]}^{M}\right)TR \qquad (46)$$

$t=1,2,\ldots\ldots,T,$

gdje je TR oznaka za transponiranu matricu.

Da se dobije jednostavniji oblik, svi će se matrični koeficijenti i nepoznanice koji se pojavljuju u sistemu jednadžba (39) do (42) zamijeniti jednostavnijim oznakama, pa sistem jednadžba (39) do (42) dobiva ovaj oblik:

$$A_{11}^t\cdot\Delta P_t+A_{12}^t\cdot\Delta P_{Ht}+A_{13}^t\cdot\Delta\lambda_t=-B_1^t \qquad (47)$$

$$A_{21}^t\cdot\Delta P_t+A_{22}^t\cdot\Delta P_{Ht}+A_{23}^t\cdot\Delta\lambda_t+A_{24}^t\cdot\Delta\mu=-B_2^t \qquad (48)$$

$$A_{31}^t\cdot\Delta P_t+A_{32}^t\cdot\Delta P_{Ht}=-B_3^t \qquad (49)$$

$t=1,2,\ldots\ldots,T$

$$\sum_{t=1}^{T}A_{42}^t\cdot\Delta P_{Ht}=-B_4, \qquad (50)$$

gdje su $A_{ij}^t, B_j^t, B_4\,\Delta P_t, \Delta P_{Ht}, \Delta\lambda_t$ i $\Delta\mu_m$ matrice, odnosno vektori, a njihov oblik i dimenzije definirani su u matričnom sistemu jednadžba (39) do (42).

Može se konstatirati da sada matematički model za određivanje optimalne raspodjele opterećenja u sistemu hidroelektrana i termoelektrana (39) do (42) ima jednostavan oblik pogodan za dalju numeričku obradu.

3. RJEŠAVANJE MATEMATIČKOG MODELA

Matrični sistem jednadžba (47) do (50) riješit će se eliminacijom nepoznanica.

Ako se iz jednadžbe (47) izračuna ΔP_t, dobiva se

$$\Delta P_t=(A_{11}^t)^{-1}\cdot\{-B_1^t-A_{12}^t\cdot\Delta P_{Ht}-A_{13}^t\cdot\Delta\lambda_t\} \qquad (51)$$

$t=1,2,\ldots\ldots,T$

gdje je $(A_{11}^t)^{-1}$ inverzna matrica matrice A_{11}^t koja ne smije biti singularna. Ako se ΔP_t iz (51) uvrsti u jednadžbe (48) i (49), dobiva se

$$c_{22}^t\cdot\Delta P_{Ht}+c_{23}^t\cdot\Delta\lambda_t+A_{24}^t\cdot\Delta\mu=D_2^t \qquad (52)$$

$t=1,2,\ldots\ldots,T$

$$c_{32}^t\cdot\Delta P_{Ht}+c_{33}^t\cdot\Delta\lambda_t=D_3^t \qquad (53)$$

$t=1,2,\ldots\ldots,T,$

gdje su

$$c_{22}^t=A_{22}^t-A_{21}^t\cdot(A_{11}^t)^{-1}\cdot A_{12}^t \qquad (54)$$

$$c_{23}^t=A_{23}^t-A_{21}^t\cdot(A_{11}^t)^{-1}\cdot A_{13}^t \qquad (55)$$

$$c_{32}^t=(c_{23}^t)^{TR} \qquad (56)$$

$$c_{33}^t=-A_{31}^t\cdot(A_{11}^t)^{-1}\cdot A_{13}^t \qquad (57)$$

$$D_2^t=-B_2^t+A_{21}^t\cdot(A_{11}^t)^{-1}\cdot B_1^t \qquad (58)$$

$$D_3^t=-B_3^t+A_{31}^t\cdot(A_{11}^t)^{-1}\cdot B_1^t \qquad (59)$$

$t=1,2,\ldots\ldots,T,$

Dimenzije matrica C_{ij}^t i vektora D_i^t određuju se pomoću jednadžba (54) do)59). Tako, na primjer, matrica C_{32}^t ima jedan redak i M stupaca, a C_{33} jedan redak i jedan stupac, što znači da je C_{33}^t skalar.

Iz (53) izlazi da je

$$\Delta\lambda_t=\frac{1}{c_{33}^t}(D_3^t-c_{32}^t\cdot\Delta P_{Ht}) \qquad (60)$$

$t=1,2,\ldots\ldots,T,$

pa ako se izraz (60) uvrsti u jednadžbu (52), dobiva se:

$$E^t_{33} \cdot \Delta P_{Ht} + A^t_{24} \cdot \Delta\mu = G^t_3 \qquad (61)$$
$$t = 1, 2, \ldots\ldots\ldots, T$$

gdje su

$$E^t_{33} = c^t_{22} - \frac{1}{c^t_{33}} \cdot c^t_{23} \cdot c^t_{32} \qquad (62)$$

$$G^t_3 = D^t_2 - \frac{1}{c^t_{33}} \cdot c^t_{23} \cdot D^t_3 \qquad (63)$$

$$t = 1\ 2, \ldots\ldots\ldots, T.$$

Konačno, iz jednadžbe (61) izlazi da je

$$\Delta P_{Ht} = (E^t_{33})^{-1} \cdot \{G^t_3 - A^t_{24} \cdot \Delta\mu\} \qquad (64)$$
$$t = 1, 2, \ldots\ldots\ldots, T,$$

gdje je $(E^t_{33})^{-1}$ inverzna matrica matrice E^t_{33}.

Konačno, kada se izraz (64) uvrsti u jednadžbu (50), dobiva se

$$\sum_{t=1}^{T} A^t_{42} \cdot (E^t_{33})^{-1} \cdot A^t_{24} \cdot \Delta\mu = B_4 + \sum_{t=1}^{T} A^t_{42} \cdot (E^t_{33})^{-1} \cdot G^t_3 \qquad (65)$$

odakle slijedi da je

$$\Delta\mu = \left\{\sum_{t=1}^{T} A^t_{42} \quad (E^t_{33})^{-1} \cdot A^t_{24}\right\}^{-1} \cdot \left\{B_4 + \sum_{t=1}^{T} A^t_{42} \cdot (E^t_{33})^{-1} \cdot G^t_3\right\} \qquad (66)$$

Tako je linearni sistem jednadžba (47) do (50) riješen. Jednadžbe (66), (64), (60) i (51) analitički su izrazi u matričnom obliku pomoću kojih se određuju sve nepoznanice.

Iz matrične jednadžbe (66) određuju se komponente vektora $\Delta\mu$. Njih ima M, a pomoću njih se korigiraju pretpostavljene vrijednosti Lagrangeovih multiplikatora μ_m koji se odnose na bilancu voda u hidroelektranama.

Izraz (64) čini T matričnih jednadžba. Iz svake matrične jednadžbe određuje se po M nepoznatih komponenata vektora ΔP_{Ht}, dakle ukupno $M \cdot T$ nepoznanica. Pomoću njih se korigiraju pretpostavljene vrijednosti snaga P_{Hmt} svih hidroelektrana u svim vremenskim intervalima.

Ako se vektori ΔP_{Ht} $(t = 1,2 \ldots, T)$ u izrazu (60) zamijene izračunatim vrijednostima, dobiva se T skalarnih jednadžba s po jednom nepoznanicom $\Delta\lambda_t$. Veličine $\Delta\lambda_t$ služe za korekciju pretpostavljene vrijednosti Lagrangeovih multiplikatora λ_t $(t = 1,2, \ldots, T)$ koji se odnose na bilancu snaga u pojedinim vremenskim intervalima.

I na kraju, iz matričnog izraza (51) određuju se T nepoznatih vektora ΔP_t $(t = 1,2, \ldots, T)$ svaki sa po N komponenata, dakle ukupno $N \cdot T$ komponenata. Pomoću njih se korigiraju snage svih termoelektrana u svim vremenskim intervalima.

Međusobna zavisnost snaga i multiplikatora u dvije sukcesivne iteracije određuje se pomoću jednadžba (31) do (34), pa se dobiva:

$$\mu^i_m = \mu^{i-1}_m + \Delta\mu^{i-1}_m \qquad (67)$$

$$P^i_{Hmt} = P^{i-1}_{Hmt} + \Delta P^{i-1}_{Hmt} \qquad (68)$$

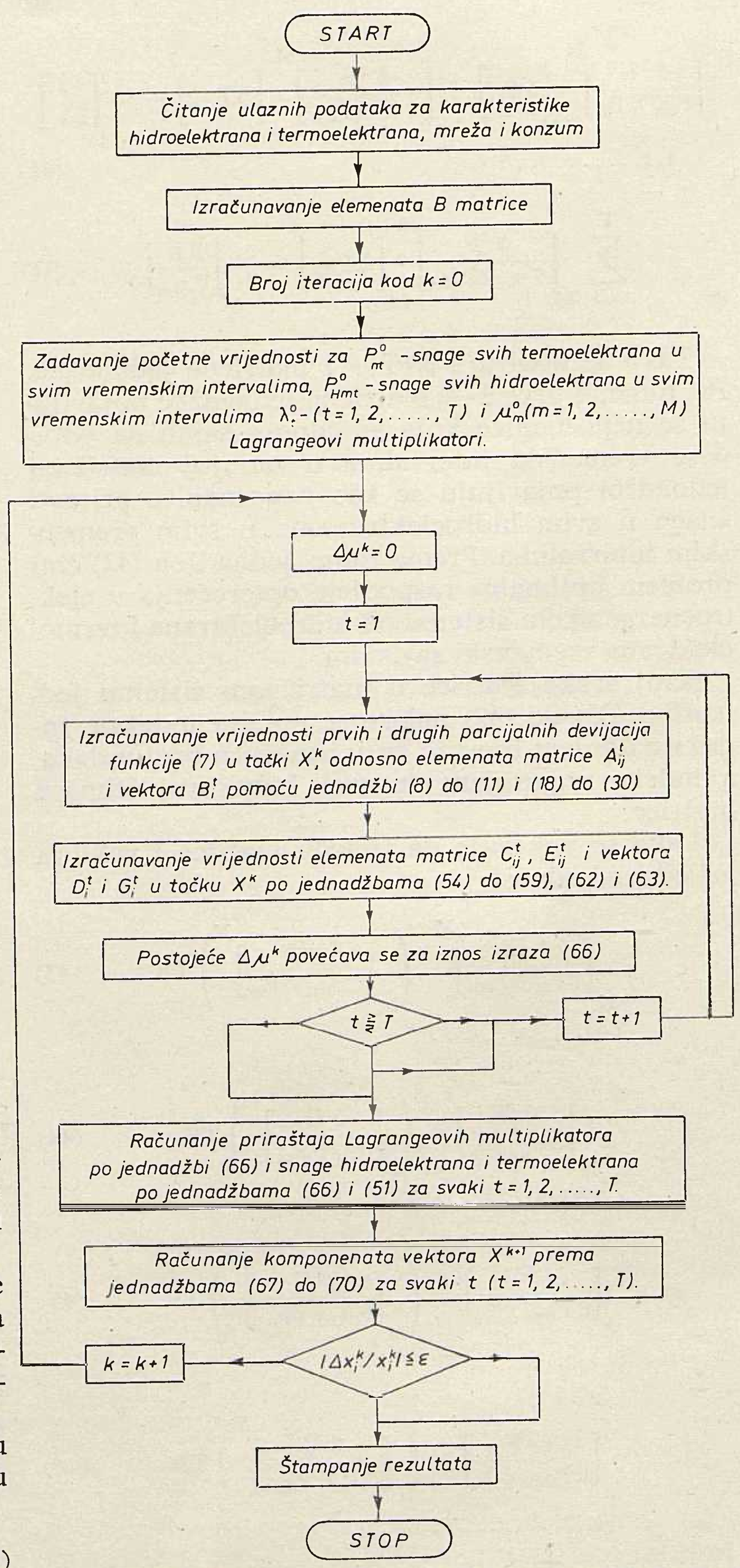
$$\lambda^i_t = \lambda^{i-1}_t + \Delta\lambda^{i-1}_t \qquad (69)$$

$$P^i_{nt} = P^{i-1}_{nt} + \Delta P^{i-1}_{nt} \qquad (70)$$

$n = 1, 2, \ldots\ldots\ldots, N$
$m = 1, 2, \ldots\ldots\ldots, M$
$t = 1, 2, \ldots\ldots\ldots, T$
$i = 0, 1, 2, \ldots\ldots$ redni broj iteracije.

Vrijednosti se korigiraju sve dok apsolutna vrijednost relativnog prirasta za svaku varijablu ne bude jednaka nekoj unaprijed zadanoj vrijednosti ili manja od nje.

Kao što je već bilo spomenuto, osim ograničenja u obliku jednadžba postoje i ograničenja u



Sl. 1. Blok-dijagram za određivanje optimalne raspodjele opterećenja

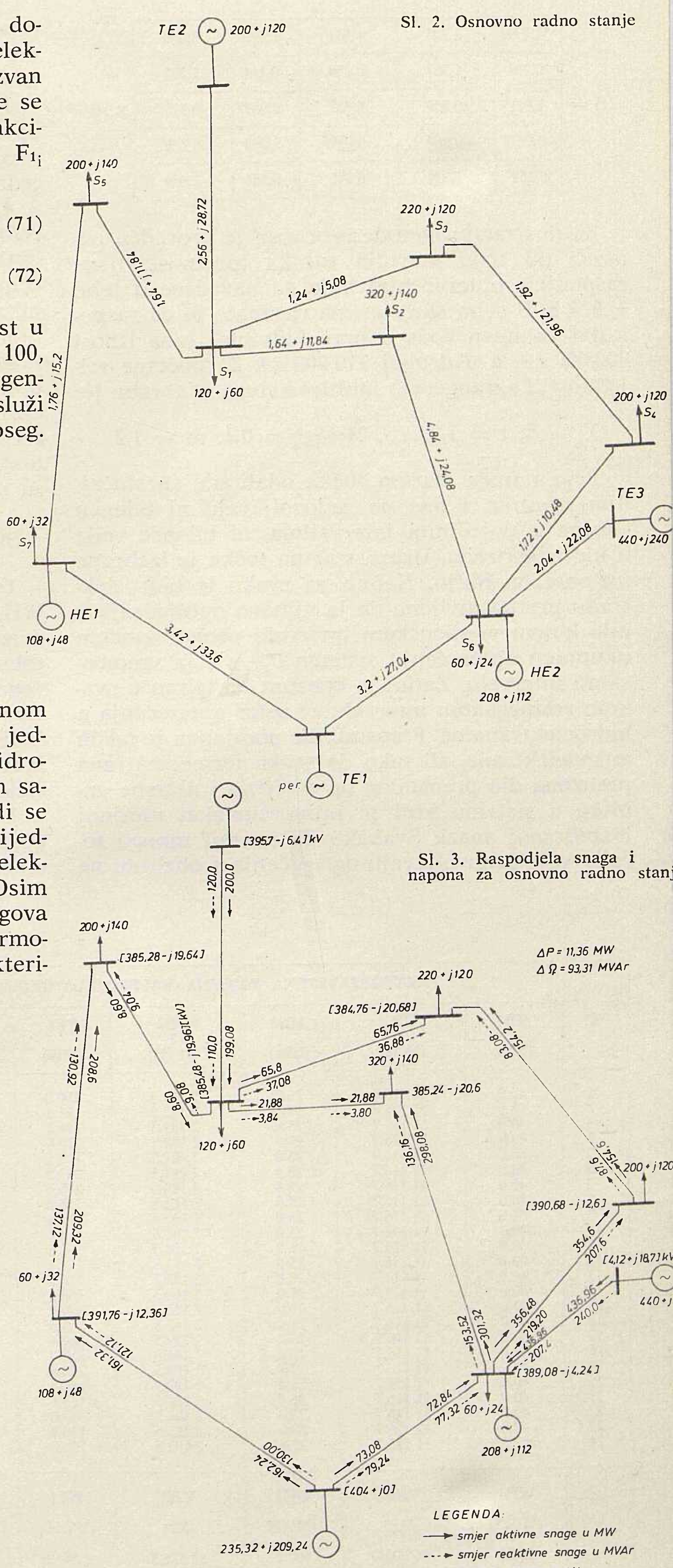
obliku nejednadžba. Ako se u toku računanja dogodi da snaga neke hidroelektrane ili termoelektrane u nekom vremenskom intervalu bude izvan za nju dopuštenog opsega, funkciji (7) dodaje se nova funkcija F_1 i umjesto da se optimira funkcija F, optimira se funkcija $F + F_{1_i}$. Funkcija F_{1_i} ima ovaj oblik:

$$F_{1i} = R_i (x_i - x_{i\,max})^2 \text{ za } x_i > x_{i\,max} \qquad (71)$$

$$F_{1i} = R_i (x_i - x_{i\,min})^2 \text{ za } x_i < x_{min}, \qquad (72)$$

gdje su R_i faktori penalizacije kojih vrijednost u početku iznosi npr. 10, a zatim povećava na 100, 1 000 pa i više, sve dok se ne postigne konvergencija računskog procesa. Pomoćna funkcija F_1 služi za vraćanje varijabla u za njih dozvoljeni opseg.

Praktični postupak za određivanje optimalne raspodje opterećenja u složenom sistemu sastavljenom od hidroelektrana i termoelektrana vidi se na principijelnom blok dijagramu na sl. 1.



Sl. 2. Osnovno radno stanje

Sl. 3. Raspodjela snaga i napona za osnovno radno stanj

4. NUMERIČKA REALIZACIJA

Opisana metoda ilustrirana je na konkretnom primjeru elektroenergetskog sistema kojeg je jednopolna shema na sl. 2. Sistem čine dvije hidroelektrane, tri termoelektrane, pet potrošačkih sabirnica i prijenosna mreža. Na istoj slici vidi se prostorna raspodjela opterećenja, njihove vrijednosti u MVA, te snage hidroelektrana i termoelektrana za jedno tzv. osnovno radno stanje. Osim toga, pored svakog dalekovoda ispisana je njegova impendancija u omima. Hidroelektrane i termoelektrane imaju slijedeće energetske karakteristike:

$$HE1: Q_{1t} = 0{,}00088\, P_{H1t}^2 + 0{,}042\, P_{H1t}\ (m^3/sek)$$

$$HE2: Q_{2t} = 0{,}00061\, P_{H2t}^2 + 0{,}009\, P_{H2t}\ (m^3/sek)$$

$$TE1: K_{1t} = 0{,}09\, P_{1t}^2 + 3{,}91\, P_{1t} + 60\ (\$/MW)$$

$$TE2: K_{2t} = 0{,}09\, P_{2t}^2 + 3{,}91\, P_{2t} + 60\ (\$/MW)$$

$$TE3: K_{3t} = 0{,}05\, P_{3t}^2 + 3{,}51\, P_{3t} + 62\ (\$/MW).$$

Unatoč tome što za točniji račun treba računati s onoliko B-matrica koliko ima vremenskih intervala, u numeričkom primjeru računato je samo s jednom B-matricom određenom za jedno radno stanje sistema (sl. 2), jer se želi samo ilustrirati upotreba izloženog algoritma. Raspodjela snaga i napona za radno stanje na sl. 2. vidi se na sl. 3. Koristeći se podacima sa sl. 2. i sl. 3. i matricom transformacije koja sistem na sl. 2. transformira u fiktivni sistem u kojem je ukupno opterećenje skoncentrirano u jednoj sabirnici (koja je još i referentna sabirnica) a i budući da su u fiktivnom sistemu gubici jednaki kao u stvarnom sistemu, dobiva se slijedeća matrica:

$$B = \begin{vmatrix} 2{,}294 & 0{,}794 & 1{,}831 & -0{,}0672 & 0{,}659 \\ 0{,}794 & 1{,}557 & 0{,}259 & -0{,}164 & 1{,}294 \\ 1{,}831 & 0{,}259 & 6{,}837 & 0{,}0397 & 0{,}215 \\ -0{,}0672 & -0{,}164 & 0{,}0397 & 2{,}619 & -0{,}136 \\ 0{,}659 & 1{,}294 & 0{,}215 & -0{,}136 & 2{,}634 \end{vmatrix} \times 10^{-5}$$

Za ilustraciju metode proračun je proveden polazeći od triju startnih točaka (pretpostavljene raspodjele opterećenja) koje su navedene u tabl. 1, 3. i 5. U svim slučajevima računato je da raspoloživi volumen vode u prve hidroelektrane iznosi 400 000 m³, a u drugoj 310 000 m³. Za početne vrijednosti Lagrangeovih multiplikatora odabrano je:

$$\lambda_t = 5;\ t = 1,2,\ldots,24 \text{ i } \mu_m = 0,1;\ m = 1,2.$$

Prva i treća startna točka odabrane su slučajnim izborom i one ne zadovoljavaju ni bilancu snaga u pojedinim intervalima, ni bilance voda u hidroelektrana. Druga startna točka je izabrana na poseban način. Naime, za svaku je hidroelektranu pretpostavljeno da je njihovo opterećenje u bilo kojem vremenskom intervalu proporcionalno ukupnom opterećenju sistema P_{Lt} u tom vremenskom intervalu. Zatim je konzum korigiran u svakom vremenskom intervalu za iznos opterećenja u hidroelektranama. Preostali dio podijeljen je među termoelektrane, ali tako da svaka termoelektrana preuzima dio preostalog opterećenja i aktivne gubitke u sistemu koji je proporcionalan njezinoj instaliranoj snazi. Svakako da postoji mnogo točaka koje zadovoljavaju ograničenja s obzirom na bilancu snaga u pojedinim vremenskim intervalima i s obzirom na bilancu voda u hidroelektranama.

Proračun je proveden uz podjelu dijagrama opterećenja na 24 jednaka vremenska intervala. U program nisu uključena ograničenja u obliku nejednadžba. Dobiveni rezultati prikazani su u tabl. 2, 4. i 6. Brojevi u prvom stupcu ispod oznake T redni su brojevi intervala, u drugom stupcu su optimalna opterećenja prve hidroelektrane, u trećem potrošene količine vode u prvoj hidroelektrani, u četvrtom i petom isti podaci, ali za drugu hidroelektranu.

U šestom, sedmom i osmom stupcu nalaze se optimalna opterećenja prve, druge i treće termoelektrane. U devetom stupcu nalazi se zbroj opterećenja svih elektrana, a u desetom aktivni gubici u sistemu. U posebnoj koloni je konzum. Naravno, za svaki vremenski interval mora vrijediti

$$\text{SUM} = \text{ZAG} + \text{KONZ}.$$

U donjem dijelu svake tablice ispod oznake WH1, WH2, WT1, WT2 i WT3 nalazi se proizvedena energija u hidroelektrana i termoelektrana u toku perioda optimizacije; WPR je ukupna proizvedena električna energija, WKON potrošnja u sistemu, a WZG izgubljena energija u prijenosu. Vrijednosti ispod stupca VH1 i VH2 predstavljaju potrošenu količinu vode u prvoj i drugoj hidroelektrani u toku perioda optimizacije T.

U tabl. 1, 3. i 5. nalaze se isti podaci, ali za pretpostavljena opterećenja hidroelektrana i termoelektrana.

Tablica 1.

PRETPOSTAVLJENA DNEVNA RASPODJELA OPTEREĆENJA (STARTNA TOČKA 1)

T	HE1 (MW)	QH1 (M^3/H)	HE2 (MW)	QH2 (M^3/H)	TE1 (MW)	TE2 (MW)	TE3 (MW)	SUM (MW)	ZAG (MW)	KONZ (MW)
1	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	100.0	100.0	100.0	356.0	1.7	300.0
2	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	123.3	123.3	123.3	435.0	2.6	370.0
3	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	146.6	146.6	146.6	505.0	3.7	440.0
4	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	170.0	170.0	170.0	575.0	4.9	510.0
5	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	193.3	193.3	193.3	645.0	6.3	580.0
6	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	233.3	233.3	233.3		9.2	700.0
7	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	206.6	206.6	206.6		7.2	620.0
8	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	156.6	156.6	156.6	538.0	4.2	470.0
9	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	131.6	131.6	131.6	460.0	3.0	395.0
10	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	116.6	116.6	116.6	415.0	2.4	350.0
11	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	166.6	166.6	166.6	565.0	4.7	500.0
12	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	233.3	233.3	233.3	765.0	9.2	700.0
13	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	316.6	316.6	316.6	1 015.0	16.8	950.0
14	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	356.6	356.6	356.6	1 135.0	21.3	1 070.0
15	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	300.0	300.0	300.0	965.0	15.1	900.0
16	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	266.6	266.6	266.6	865.0	12.0	800.0
17	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	266.6	266.6	266.6	865.0	12.0	800.0
18	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	250.0	250.0	250.0	815.0	10.5	750.0
19	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	226.6	226.6	226.6	745.0	8.7	680.0
20	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	166.6	166.6	166.6	565.0	4.7	500.0
21	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	133.3	133.3	133.3	465.0	3.1	400.0
22	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	150.0	150.0	150.0	515.0	3.8	450.0
23	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	130.0	130.0	130.0	455.0	2.9	390.0
24	40.0	11 116.7	25.0	2 182.5	100.0	100.0	100.0	365.0	1.7	300.0

WH1 (MWH)	VH1 (M^3)	WH2 (MWH	VH2 (M^3)	WT1 (MWH)	WT2 (MWH)	WT3 (MWH)	WPR (MWH)	WZG (MWH)	WKON (MWH)
960.0	266 803.0	600.0	52 379.8	4 641.6	4 641.6	4 641.6	15 484.9	172.9	13 925.0

Ukupni troškovi: 286 655.3

Tablica 2.

OPTIMALNA DNEVNA RASPODJELA OPTEREĆENJA (ZA STARTNU TOČKU 1)

	HE1 (MW)	QH1 (M^3/H)	HE2 (MW)	QH2 (M^3/H)	TE1 (MW)	TE2 (MW)	TE3 (MW)	SUM (MW)	ZAG (MW)	KDNZ (MW)
1	18.6	3 933.2	35.7	3 966.6	64.3	64.6	118.1	301.6	1.6	300.0
2	26.1	6 110.7	43.2	5 508.9	79.1	79.7	144.2	372.4	2.4	370.0
3	33.5	8 655.2	50.7	7 307.1	94.0	94.7	170.2	443.4	3.4	440.0
4	41.1	11 573.5	58.3	9 364.8	109.0	109.9	196.1	514.5	4.5	510.0
5	48.6	14 872.8	65.9	11 685.7	124.0	125.1	222.0	585.9	5.9	580.0
6	61.7	21 435.3	79.0	16 287.8	149.8	151.5	266.3	708.5	8.5	700.0
7	53.0	16 931.8	70.3	13 131.6	132.5	133.9	236.8	626.7	6.7	620.0
8	36.8	9 859.7	54.0	8 156.9	100.4	101.2	181.3	473.9	3.9	470.0
9	28.7	6 977.0	45.9	6 121.5	84.4	85.0	85.0	397.7	2.7	395.0
10	23.9	5 451.4	41.1	5 042.3	74.9	75.4	75.4	352.2	2.2	350.0
11	40.0	11 133.5	57.2	9 054.8	106.8	107.7	107.7	504.4	4.4	500.0
12	61.7	21 435.3	79.0	16 287.8	149.8	151.5	151.5	708.5	8.5	700.0
13	89.5	38 930.4	106.7	28 479.9	104.0	207.0	207.0	965.5	15.5	950.0
14	103.0	49 243.1	120.2	35 623.6	230.2	234.0	234.0	1 089.7	19.7	1 070.0
15	83.9	35 006.5	101.1	25 753.9	193.1	195.8	195.8	914.0	14.0	900.0
16	72.8	27 801.4	90.0	20 736.1	171.4	173.5	173.5	811.0	11.0	800.0
17	72.5	27 801.4	90.0	20 736.1	173.4	173.5	173.5	811.0	11.0	800.0
18	67.2	24 514.8	84.5	18 441.4	160.6	162.5	162.5	759.7	9.7	750.0
19	59.5	20 260.8	76.8	15 465.5	145.4	147.1	147.1	688.0	8.0	680.0
20	40.0	11 133.5	57.2	9 054.8	106.8	107.7	107.7	504.4	4.4	500.0
21	29.3	7 155.9	46.4	6 248.0	85.5	86.1	86.1	402.8	2.8	400.0
22	34.6	9 049.1	51.8	7 585.1	96.2	96.9	96.9	453.5	3.5	450.0
23	28.2	6 800.0	45.3	5 996.4	83.4	84.0	84.0	392.7	2.7	390.0
24	18.6	3 933.2	35.7	3 966.6	64.3	64.6	64.6	301.6	1.6	300.0

WH1 (MWH)	VH1 (M^3)	WH2 (MWH)	VH2 (M^3)	WT1 (MWH)	WT2 (MWH)	VT2 (MWH)	WPR (MWH)	WZG (MWH)	WKON (MWH)
1 174.4	400 000.0	1 587.2	310 003.7	2 982.2	3 014.1	5 326.6	14.084.7	159.7	13 925.0

Ukupni troškovi: 185 320.1

Tablica 3.

PRETPOSTAVLJENA DNEVNA RASPODJELA OPTEREĆENJA (STARTNA TOČKA 2)

T	HE1 (MW)	QH1 (M^3/H)	HE2 (MW)	QH2 (M^3/H)	TE1 (MW)	TE2 (MW)	TE3 (MW)	SUM (MW)	ZAG (MW))	KONZ (MW)
1	25.9	6 070.8	34.0	3 649.3	59.2	56.9	125.3	301.7	1.7	300.0
2	32.0	8 103.3	41.9	5 233.5	73.2	70.4	154.9	372.6	2.6	370.0
3	38.1	10 369.0	49.9	7 095.0	87.2	83.8	184.5	443.6	3.6	440.0
4	44.1	12 867.7	57.8	9 233.8	101.2	97.3	214.2	514.9	4.9	510.0
5	50.2	15 599.4	65.8	11 649.7	115.3	110.9	244.0	586.4	6.4	580.0
6	60.6	20 824.8	79.4	16 436.4	139.6	134.2	295.4	709.4	9.4	700.0
7	53.7	17 265.1	70.3	13 154.8	123.4	118.7	261.1	627.3	7.3	620.0
8	40.7	11 411.3	53.3	7 977.7	93.2	89.6	197.2	474.2	4.2	470.0
9	34.2	8 885.7	44.8	5 866.5	78.2	75.2	165.4	397.9	2.9	395.0
10	30.3	7 498.8	39.7	4 752.6	69.2	66.5	146.4	352.3	2.3	350.0
11	43.3	12 496.4	56.7	8 911.3	99.2	95.4	209.9	504.7	4.7	500.0
12	60.6	20 824.8	79.4	16 436.4	139.6	134.2	295.4	709.4	9.4	700.0
13	82.3	33 910.9	107.8	29 025.5	190.7	183.3	403.4	967.6	17.6	950.0
14	92.7	41 248.3	121.4	36 324.4	215.4	207.1	455.7	1 092.4	22.4	1 070.0
15	77.9	31 055.9	102.1	26 224.8	180.4	173.5	381.7	915.7	15.7	900.0
16	69.3	25 702.5	90.8	21 047.7	159.9	153.8	338.4	812.4	12.4	800.0
17	69.3	25 702.5	90.8	21 047.7	159.9	153.8	338.4	812.4	12.4	800.0
18	64.9	23 204.2	85.1	18 671.3	149.8	144.0	316.9	760.8	10.8	750.0
19	58.9	19 906.3	77.1	15 582.0	135.5	130.3	286.8	688.9	8.9	680.0
20	43.3	12 496.4	56.7	8 911.3	99.2	95.4	209.9	504.7	4.7	500.0
21	34.6	9 045.8	45.4	5 997.4	79.2	76.1	167.5	403.0	3.0	400.0
22	38.9	10 711.6	51.0	7 383.6	89.2	85.8	188.7	453.8	3.8	450.0
23	33.7	8 726.9	44.2	5 737.1	77.2	74.2	163.3	392.8	2.8	390.0
24	25.9	6 070.8	34.0	3 649.3	59.2	56.9	125.3	301.7	1.7	300.0

WH1 (MWH)	WH1 (M^3)	WH2 (MWH)	VH2 (M^3)	WT1 (MWH)	WT2 (MWH)	WT3 (MWH)	WPR (MWH)	WZG (MWH)	WKON (MWH)
1 206.5	399 999.8	1 580.5	310 000.0	2 775.3	2 668.5	5 870.9	14 101.9	176.8	13 925.0

Ukupni troškovi: 185 320.1

Tablica 4.

OPTIMALNA DNEVNA RASPODJELA OPTEREĆENJA (ZA STARTNU TOČKU 2)

T	HE1 (MW)	QH1 (M^3/H)	HE2 (MW)	QH2 (M^3/H)	TE1 (MW)	TE2 (MW)	TE3 (MW)	SUM (MW)	ZAG) (MW)	KONZ (MW)
1	18.6	3 933.2	35.7	3 966.6	64.3	64.6	118.1	301.6	1.6	300.0
2	26.1	6 110.7	43.2	5 508.9	79.1	79.7	144.2	372.4	2.4	370.0
3	33.5	8 655.3	50.7	7 307.1	94.0	94.7	170.2	443.4	3.4	440.0
4	41.1	11 573.7	58.3	9 364.8	109.0	109.9	196.1	514.5	4.5	510.0
5	48.6	14 873.0	65.9	11 685.8	124.0	125.1	222.0	585.9	5.9	580.0
6	61.7	21 435.6	79.0	16 287.8	149.8	151.5	266.3	708.5	8.5	700.0
7	53.0	16 932.0	70.3	13 131.7	132.5	133.9	236.8	626.7	6.7	620.0
8	36.8	9 859.8	54.0	8 157.0	100.4	101.2	181.3	473.9	3.9	470.0
9	28.7	6 977.0	45.9	6 121.6	84.4	85.0	153.5	397.7	2.7	395.0
10	23.9	5 451.4	41.1	5 042.3	74.9	75.4	136.7	352.2	2.2	350.0
11	40.0	11 133.6	57.2	9 054.8	106.8	107.7	192.4	504.4	4.4	500.0
12	61.7	21 435.6	79.0	16 287.8	149.8	151.5	266.3	708.5	8.5	700.0
13	89.5	38 931.1	106.7	28 480.1	204.0	207.0	358.2	965.5	15.5	950.0
14	103.0	49 244.0	120.2	35 623.8	230.2	234.0	402.1	1 089.7	19.7	1 070.0
15	83.9	35 007.0	101.1	25 754.0	193.1	195.8	339.9	914.0	14.0	900.0
16	72.8	27 801.8	90.0	20 736.2	171.4	173.5	303.2	811.0	11.0	800.0
17	72.8	27 801.8	90.0	20 736.2	171.4	173.5	303.2	811.0	11.0	800.0
18	67.2	24 515.2	84.5	18 441.5	160.6	162.5	284.8	759.7	9.7	750.0
19	59.5	20 261.1	76.8	15 465.5	145.4	147.1	259.0	688.0	8.0	680.0
20	40.0	11 133.6	57.2	9 054.8	106.8	107.7	192.4	504.4	4.4	500.0
21	29.3	7 155.9	46.4	6 248.0	85.5	86.1	155.3	402.8	2.8	400.0
22	34.6	9 049.1	51.8	7 585.1	96.2	96.9	173.9	453.5	3.5	450.0
23	28.2	6 800.0	45.3	5 996.4	83.4	84.0	151.6	392.7	2.7	390.0
24	18.6	3 933.2	35.7	3 966.6	64.3	64.6	118.1	301.6	1.6	300.0

	WH1 (MWH)	VH1 (M^3)	WH2 (MWH)	VH2 (M^3)	WT1 (MWH)	WT2 (MWH)	WT3 (MWH)	WPR MWH)	WZG (MWH)	WKON (MWH)
	1 174.4	400 005.5	1 587.2	310 005.1	2 982.2	3 014.1	5 326.6	14 084.7	159.7	13 925.0

Ukupni troškovi: 185 320.1

Tablica 5.

PRETPOSTAVLJENA DNEVNA RASPODJELA OPTEREĆENJA (STARTNA TOČKA 3)

T	HE1 (MW)	QH1 (M^3/H)	HE2 (MW)	QH2 (M^3/H)	TE1 (MW)	TE2 (MW)	TE3 (MW)	SUM (MW)	ZAG (MW)	KONZ (MW)
1	10.0	1 828.7	10.0	543.5	100.0	100.0	100.0	320.0	1.6	300.0
2	10.0	1 828.7	10.0	543.5	123.3	123.3	123.3	390.0	2.5	370.0
3	10.0	1 828.7	10.0	543.5	146.6	146.6	146.6	460.0	3.6	440.0
	10.0	1 828.7	10.0	543.5	170.0	170.0	170.0	530.0	4.8	510.0
5	10.0	1 828.7	10.0	543.5	193.3	193.3	193.3	600.0	6.2	580.0
6	10.0	1 828.7	10.0	543.5	233.3	233.3	233.3	720.0	9.0	700.0
7	10.0	1 828.7	10.0	543.5	206.6	206.6	206.6	640.0	7.1	620.0
8	10.0	1 828.7	10.0	543.5	156.6	156.6	156.6	490.0	4.1	470.0
9	10.0	1 828.7	10.0	543.5	131.6	131.6	131.6	415.0	2.9	395.0
10	10.0	1 828.7	10.0	543.5	116.6	116.6	116.6	370.0	2.2	350.0
11	10.0	1 828.7	10.0	543.5	166.6	166.6	166.6	520.0	4.6	500.0
12	10.0	1 828.7	10.0	543.5	233.3	233.3	233.3	720.0	9.0	700.0
13	10.0	1 828.7	10.0	543.5	316.3	316.3	316.3	970.0	16.6	950.0
14	10.0	1 828.7	10.0	543.5	356.6	356.6	356.6	1 090.0	21.0	1 070.0
15	10.0	1 828.7	10.0	543.5	300.0	300.0	300.0	920.0	14.9	900.0
16	10.0	1 828.7	10.0	543.5	266.6	266.6	266.6	820.0	11.8	800.0
17	10.0	1 828.7	10.0	543.5	266.6	266.6	266.6	820.0	11.8	800.0
18	10.0	1 828.7	10.0	543.5	250.0	250.0	250.0	770.0	10.3	750.0
19	10.0	1 828.7	10.0	543.5	226.6	226.6	226.6	700.0	8.5	680.0
20	10.0	1 828.7	10.0	543.5	166.6	166.6	166.6	520.0	4.6	500.0
21	10.0	1 828.7	10.0	543.5	133.3	133.3	133.3	420.0	2.9	400.0
22	10.0	1 828.7	10.0	543.5	150.0	150.0	150.0	470.0	3.7	450.0
23	10.0	1 828.7	10.0	543.5	130.0	130.0	130.0	410.0	2.8	390.0
24	10.0	1 828.7	10.0	543.5	100.0	100.0	100.0	320.0	1.6	300.0

	WH1 (MWH)	VH1 (M^3)	WH2 (MWH)	VH2 (M^3)	WT1 (MWH)	WT2 (MWH)	WT3 (MWH)	WPR (MWH)	WZG (MWH)	WKON (MWH)
	240.0	43 891.1	240.0	13 046.3	4 641.6	4 641.6	4 641.6	14 404.9	169.2	13 925.0

Ukupni troškovi: 286 655,3

Tablica 6.

OPTIMALNA DNEVNA RASPODJELA OPTEREĆENJA (ZA STARTNU TOČKU 3)

T	HE1 (MW)	QH1 (M^3/H)	HE2 (MW)	QH2 (M^3/H)	TE1 (MW)	TE2 (MW)	TE3 (MW)	SUM (MW)	ZAG (MW)	KONZ (MW)
1	18.6	3 933.2	35.7	3 966.6	64.3	64.6	118.1	301.6	1.6	300.0
2	26.1	6 110.7	43.2	5 508.9	79.1	79.7	144.2	372.4	2.4	370.0
3	33.5	8 655.2	50.7	7 307.1	94.0	94.7	170.2	443.4	3.4	440.0
4	41.1	11 573.6	58.3	9 364.8	109.0	109.9	196.1	514.5	4.5	510.0
5	48.6	14 872.8	65.9	11 685.8	124.0	125.1	222.0	585.9	5.9	580.0
6	61.7	21 435.4	79.0	16 288.0	149.8	151.5	266.3	708.5	8.5	700.0
7	53.0	16 931.9	70.3	13 131.7	132.5	133.9	236.8	626.7	6.7	620.0
8	36.8	9 859.8	54.0	8 157.0	100.4	101.2	181.3	473.9	3.9	470.0
9	28.7	6 977.0	45.9	6 121.6	84.4	85.0	153.5	397.7	2.7	395.0
10	23.9	5 451.4	41.1	5 042.3	74.9	75.4	136.7	352.2	2.2	350.0
11	40.0	11 133.5	57.2	9 054.9	106.8	107.7	192.4	504.4	4.4	500.0
	61.7	21 435.4	79.0	16 288.0	149.8	151.5	266.3	708.5	8.5	700.0
13	89.5	38 930.7	106.7	28 480.3	204.0	207.0	358.2	965.5	15.5	950.0
14	103.0	49 243.4	120.2	35 624.2	230.2	234.0	402.1	1 089.7	19.7	1 070.0
15	83.9	35 006.6	101.1	25 754.3	193.1	195.8	339.9	914.0	14.0	900.0
16	72.8	27 801.6	90.0	20 736.3	171.4	173.5	303.2	811.0	11.0	800.0
17	72.8	27 801.6	90.0	20 736.3	171.4	173.5	303.2	811.0	11.0	800.0
18	67.2	24 515.0	84.5	18 441.7	160.6	162.5	284.8	759.7	9.7	750.0
19	59.5	20 260.9	76.8	15 465.6	145.4	147.1	259.0	688.0	8.0	680.0
20	40.0	11 133.5	57.2	9 054.9	106.8	107.7	192.4	504.4	4.4	500.0
21	29.3	7 155.9	46.4	6 248.0	85.5	86.1	155.3	402.8	2.8	400.0
22	34.6	9 049.1	51.8	7 585.1	96.2	96.9	173.9	453.5	3.5	450.0
23	28.2	6 800.0	45.3	5 996.4	83.4	84.0	151.6	392.7	2.7	390.0
24	18.6	3 933.2	35.7	3 966.6	64.3	64.6	118.1	301.6	1.6	300.0

	WH1 (MWH)	VH1 (M^3)	WH2 (MWH)	VH2 (M^3)	WT1 (MWH)	WT2 (MWH)	WT3 (MWH)	WPR (MWH)	WZG (MWH)	WKON (MWH)
	1 174.4	400 002.1	1 587.2	310 007.34	2 982.2	3 014.1	532	14 084.7	159.7	13 925.0

Ukupni troškovi: 185 320,1

Na dnu tabl. 1, 3. i 5. nalaze se ukupni troškovi u sistemu za pretpostavljeno startno opterećenje, a u tabl. 2, 4. i 6. ukupni troškovi za optimalno rješenje. Ako se za polaznu točku uzme startna točka 1, troškovi opadaju od 286 655,3 $ na 185 320,1 $, ako je polazna druga startna točka, promjena troškova je od 186 955,0 $ do 185 320,1 $, a u trećem slučaju troškovi se smanjuju od 286 655,3 $ do 185 320,1 S. Kada se polazi iz startne točke 1 i 3, za postizanje optimalnog rješenja potrebno je po 10 iteracija, a ako se pođe iz druge startne točke, 9 iteracija. Za svaku iteraciju na računalu IBM 1130 potrebna je jedna minuta. Proces optimiranja je nastavljen sve dok nije postigunto da je apsolutna vrijednost relativnog prirasta za svaku varijablu zadovoljila relaciju

$$|\Delta x_i/x_i| < 10^{-5} = \epsilon. \qquad (73)$$

Iz dobivenih rezultata vidi se da je postignuta velika točnost pri zadovoljenju bilance voda u hidroelektrana.

U sva tri slučaja vrijednosti Lagrangeovih multiplikatora u optimumu su jednaki i iznose:

λ_t = 15,62; 18,35; 21,11; 23,88; 26,67;31,50; 28,27; 22,29; 19,33; 17,57; 23,48; 31,50; 41,76; 46,77; 39,68; 35,57; 35,57; 33,53; 30,69; 23,48; 19,53; 21 50; 19,14; 15,62.

μ_m = 0,0579; 0,0820.

5. ZAKLJUČAK

Razvijena je matrična metoda za određivanje optimalne raspodjele opterećenja u složenom elektroenergetskom sistemu sastavljenom od hidroelektrana i termoelektrana koju odlikuje: osobita efikasnost, visoka točnost, brza konvergencija i kratko vrijeme proračuna.

Te pozitivne karakteristike razvijene metode gotovo su u potpunosti analitičke realizacije matematičkog modela i jednostavnosti numeričke realizacije.

Razvijena metoda temelji se na unaprijed zadanim energetskim karakteristikama za hidroelektrane i termoelektrane za svaki vremenski interval u toku perioda optimizacije te na unaprijed zadanoj B-matrici, također za svaki vremenski interval. Budući da izračunavanje B-matrice traži duge proračune, zgodno je računati samo s nekoliko B-matrica koje vrijede određene opsege opterećenja.

Matematički model je razvijen za bilo kakav oblik analitički zadane energetske karakteristike elektrana, dok je program za računalo izrađen za polinomske energetske karakteristike. Program je testiran polinomima drugog i trećeg stupnja.

Karakteristično je za predloženu metodu to da ona daje optimalno rješenje neovisno o startnoj točki, dok trajanje proračuna praktički ne ovisi od polaznih pretpostavka. To omogućuje dalje usavršavanje metode uključujući dodatne momente u proces optimizacije: određivanje broja agregata u pogonu u određenim vremenskim intervalima, tretiranje povezanih elektroenergetskih siste-

ma, uzimanje u obzir promjene visine vode u akumulaciji hidroelektrana te uzimanje u obzir ograničene brzine promjene opterećenja u termoelektranama.

LITERATURA

1. Požar, H., Keglević, J., Bodlović, P.: Metoda za određivanje raspodjele opterećenja među elektranama u elektroenergetskom sistemu hidroelektrana i termoelektrana, Elektrotchnika, 1969, broj 3.
2. Kirchmayer, L. K.: Economic Operation of Power System, Weley, New York, 1958.
3. Bernholz, B. — L. J. Graham: Hidrothermal Economic Scheduling Part I, Trans. AIEE/III 1960 str. 921; Part II, Trans. AIEE/III 1961 str. 1089, Part III, Trans. AIEE/III, 1961 str. 1096 i Part IV, Trans. AIEE/III 1961, str. 1105.
4. Domel, H. W. — Tinney W. F.: Optimal Power Flow Solutions, IEEE Transactions on Power Apparaturs and Systems, vol. PAS-87, Number 10 pp 1866—1876 October 1968.
5. Happ H. H.: Optimal Load Flow Dispatch, T 73 460-3 IEEE Conference Vancouver, Can, 1973.
3. Sasson, A. M.: Nonlinear Programming Solutions for Load Flow, Minimum Loss and economic Dispatching Problems, IEE trans. PAS, Vol, 88 № 4 pp 399—409 April 1969.
7. Sasson, A. M.: Valoria F and Aloytes, F., Optimal Load Flow solution Using the Hesian Matrix, IEEE Trans., PAS, Vol. 92 № 1 pp 31—41 Jan/Feb. 1973.

This report describes a new and effective matrix method for determining the optimum mode of operation a combined hidrothermal electric system. The method based on input output equation for thermal and hydro plants and they can be performed through analitic or data approache. A mode of operation is optimum if it minimized the cost of thermal generation over some specified period of time T and satisfies the various constraints of the system.

Naslov pisca:
Arsen A r s e n o v, dilp. ing.
Elektrotehnički fakultet, Skopje

Energija God. 29 (1980) br. 1—2, 27—43.

IZBOR SREDNJONAPONSKIH PODZEMNIH KABELA ZA UPOTREBU U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI SREDNJE DALMACIJE

Vojmir Dvornik, Split

621.315.21

Standardizacija, odnosno tipizacija elemenata električne mreže jedan je od temeljnih uvjeta ekonomične izgradnje i pouzdanog rada mreže. Provedena je analiza bitnih faktora odlučujućih za provedbu mreže. Na kraju se utvrđuju najpovoljnije kabelske konstrukcije ispravne tipizacije elemenata srednjonaponske podzemne kabelske za naponske razine 10 kV, odnosno 35 kV za područje srednje Dalmacije.

1. UVOD

Pod pojmom izbora kabela razumijeva se odabiranje standardnog tipa, vrsti i presjeka kabela. Obaviti izbor znači, dakle, izvršiti standardizaciju koja osigurava:

— izgradnju kabelske mreže s jednim do dva različita presjeka kabela po naponskoj razini,

— držanje najmanjih mogućih rezervi na skladištima,

— tipizaciju spojnog i završnog kabelskog pribora,

— najjeftiniju, odnosno najekonomičniju izgradnju kabelske mreže — u širem smislu.

Prva standardizacija srednjonaponskih kabela za područje srednje Dalmacije (područje radne organizacije »Elektrodalmacije« — Split) izvršena je negdje 1962. godine, kada se zapravo i pristupilo studioznom razvoju i planiranju električne mreže. Nakon toga, 1965. godine, upotrebom aluminija u gradnji srednjonaponskih kabela spomenuta standardizacija je obnovljena i dopunjena pa se takva, uz minimalne izmjene, zadržala do danas. Pri tome je kao osnovna izolacija vodiča usvojena izolacija od visokokvalitetnog natronskog celuloznog papira impregniranog rafiniranim uljem naftenske osnove s dodatkom kalofonija i poliizobutilena, ili kraće, izolacija od impregniranog papira (IP).

Pronalaskom plastičnih masa odnosno sintetskih materijala počinje nov pravac razvoja u kabelskoj tehnici — razvoj krutih termoplastičnih izolacija (dielektrika) koje postepeno potiskuju klasičnu izolaciju (papirimpregnirajući kompaund) u tehnologiji izrade srednjonaponskih kabela.

S tog stajališta nameće se, kao nužnost restandardizacija, odnosno provjera opravdanosti upotrebe prije usvojenih tipova srednjonaponskih kabela i za ubuduće. Taj je zahtjev moguće ispuniti jedino temeljitom analizom svakog faktora koji utječe na odluku o izboru vrste i tipa kabela, pri ćemu posebno valja uspoređivati:

— osobine izolacijskih (dielektričnih) materijala,

— nabavnu cijenu, troškove polaganja te troškove spajanja, završavanja i održavanja,

— kvalitetu i sigurnost napajanja potrošača,

— utjecaj pogonskih gubitaka odnosno gubitaka praznog hoda snage i energije na ukupne gubitke,

— ostale tehničke i konstruktivne karakteristike kabela.

Rezultat navedene analize su ova razmatranja koja se u svojim istraživanjima uz ostalo bave uspoređivanjem do sada upotrijebljenih tipova srednjonaponskih kabela s novim tehnologijama i konstrukcijama.

2. USPOREDBA SVOJSTAVA IZOLACIJSKIH KABELSKIH MATERIJALA

Kao primarna izolacija srednjonaponskih kabela (10 i 35 kV) upotrebljava se danas:

— impregnirani papir (IP),
— polivinilklorid (PVC),
— polietilen (PE),
— umreženi polietilen (XPE),
— etilen-propilen (EPDM).

Najznačajnije tehničke, mehaničke i eksploatacijske osobine navedenih izolacijskih materijala svrstane su u tablicama 1 i 2.

Očito je da PVC-izolacija po svojim svojstvima nije konkurentna ostalim analiziranim izolacijskim materijalima, pa je iz daljnjih razmatranja možemo isključiti, s napomenom da se radi o tipičnom izolacijskom materijalu za upotrebu na niskom naponu.

Od preostala četiri materijala, kruti dielektrici imaju osjetnu prednost u svim razmatranim tehničkim (tablica 1), a gotovo i prema svim mehaničkim i eksploatacijskim svojstvima (tablica 2). Da-

Tablica 1.

KARAKTERISTIČNA TEHNIČKA SVOJSTVA IZOLACIJSKIH MATERIJALA ZA KABELE SREDNJIH NAPONA

Redni broj	Svojstva izolacije	Jedinica	Vrsta izolacije				
			IP	PVC	PE	XPE	EPDM
1.	Specifični toplinski otpor	$\frac{°C \cdot m}{W}$	600	600	350	350	500
2.	Spec. izolacijski otpor pri 20°C	Ω·cm	10^{15}	10^{14}	10^{17}	10^{17}	10^{16}
3.	Dopuštena trajna radna temperatura	°C	65	70	70	90	90
4.	Dopuštena temperatura pri kratkom spoju	°C	165	160	150	250	250
5.	Dopuštena kratkotrajna temp. pri preopterećenju*	°C	—	85	85	130	130
6.	Prekidna čvrstoća (minimalna)	kp/cm²	—	150	125	125	50
7.	Prekidno istezanje (minimalno)	%	—	150	300	250	250
8.	Dielektrička konstanta — r pri f=50 Hz i 20°C	—	3,5	5,0	2,3	2,3	3,0
9.	Faktor dielektričnih gubitaka — pri f=50 Hz i 20°C	—	0,004	0,1	0,0003	0,0005	0,003

* Radi pri ovim temperaturama ne smije trajati duže od 100 sati u 12 uzastopnih mjeseci, niti duže od 500 sati u toku cijele životne dobi kabela.

Tablica 2.

OSTALA SVOJSTVA IZOLACIJSKIH MATERIJALA ZA KABELE SREDNJIH NAPONA

Redni broj	Svojstvo izolacije	Jedinica	Vrsta izolacije				
			IP	PVC	PE	XPE	EPDM
1.	Podnosivi udarni napon		v. dobar	dobar	odličan	odličan	v. dobar
2.	Probojni napon		odličan	v. dobar	odličan	odličan	odličan
3.	Otpornost na koronu — parc. izboj				dobra	v. dobar	odlična
4.	Otpornost na »freeing effect«				dobra	v. dobar	odlična
5.	Otpornost na upijanje vode			slaba	odlična	odličan	odlična
6.	Otpornost prema gorenju			odlična	slaba	slaba	
7.	Otpornost na udarce i savijanje		odlična	dobra	dobra	v. dobra	odlična
8.	Otpornost na vibracije				zadovolj.	dobra	odlična
9.	Naponska životna dob*		dobra	zadovolj.	v. dobra	odlična	v. dobra

* Naponska životna dob znatnije utječe na izbor kabela kod kojih jakost električnog polja prelazi iznos od 4 kV/mm.

kako da za donošenje konačnog zaključka o mehaničkim i eksploatacijskim karakteristikama izolacijskih materijala valja uzeti u obzir i ostale komponente sadržane u kabelskoj konstrukciji, bez kojih kabel ne bi činio funkcionalnu cjelinu.

Uzme li se u obzir da je predmet ove analize izbor kabela, pa dakle i kabelske izolacije srednjonaponske razine (10, 20 i 35 kV), može se kazati da je tehnički gotovo irelevantno koju od tretiranih krutih izolacija valja koristiti. Tek analizom »ostalih« osobina, imajući, uz ostalo, na umu i konfiguraciju i pogonske uvjete u distributivnoj mreži srednje Dalmacije, uvjete kojima je izolacija izložena pri polaganju kabela te obučenost i tehničku opremljenost ekipa koje rade na polaganju kabela, proizlazi kao zaključak da je:

— najpovoljniji izolacijski materijal za naponsku razinu 10 kV etilen-propilen (EPDM),

— za naponsku razinu 35 kV najbolji izolacijski materijal umreženi polietilen (XPE).

Obični i stabilizirani polietilen (PE), radi slabije otpornosti na struje i temperature pri kratkom spoju i preopterećenju, te slabije otpornosti na parcijalne izboje i »treeing effect«, preporučljiv je za upotrebu u manje razvijenim distributivnim mrežama sa skromnijim strujama i snagama kratkog spoja i zanemarivim preopterećenjima, što svakako nije slučaj s mrežom srednje Dalmacije.

Kako u srednjodalmatinskom području danas ne postoji naponska razina 20 kV, a malo je vjerojatno da će se (prema današnjim saznanjima) pojaviti i u bližoj budućnosti, ova se razmatranja neće baviti izborom kabelske izolacije i tipa kabela za ovu naponsku razinu. Očito je, međutim, da bi, nastavljajući se na gornju analizu, malenu prednost na naponskom nivou 20 kV imao izolacijski materijal umreženi polietilen (XPE).

3. IZBOR KABELA S OBZIROM NA PRILIKE U POGONU

3. 1. Općenito

Temeljni izbor vrsta i tipa kabela s odgovarajućim kontrolama obavlja se s obzirom na prilike koje se mogu pojaviti u mreži za vrijeme korištenja kabela. Tipična stanja mreže su:

— normalni pogon i

— kratki spoj (jednopolni i višepolni),

pa je i logično što se temeljni izbor kabela vrši za normalni pogon, a kontrola za uvjete pri kratkom spoju. Kontrola pada napona, koja se u određenim uvjetima katkada obavlja, u ovim se razmatranjima neće provesti jer se radi o naponskim razinama 10 i 35 kV i relativno kratkim vodovima — uglavnom gradskih i prigradskih područja, u kojim uvjetima takva kontrola nikada ne utječe na konačnu odluku o izboru.

Analiza će inače obuhvatiti kabele s izolacijom od impregniranog papira (IP) — tipove koji su do sada bili u upotrebi, te kabele s termoplastičnim izolacijama (EPDM i XPE), a prema zaključcima iz poglavlja 2.

3. 2. Normalni pogon

Izvršiti temeljni izbor kabela znači odabrati vrstu i tip kabela s obzirom na prilike koje vladaju u normalnom, urednom pogonu mreže. Pri tome valja poznavati opterećenje odnosno struju (Ip) koju kabelom treba prenijeti; ovo predstavlja tzv. prvi ulazni podatak analize.

Drugi ulazni podatak su tablice nazivnih strujnih opterećenja (I_n) koje svaki proizvođač kabela daje u katalogu, a koje su izračunate prema točno određenim referentnim uvjetima.

Temeljni se, dakle, izbor kabela bazira na izrazu:

$$I_n \geqq I_p. \qquad (1)$$

Svako odstupanje od referentnih (proračunskih) uvjeta, što je u pogonu uobičajena pojava, zahtijeva korekciju vrijednosti nazivnih strujnih opterećenja iz spomenutih tablica, prema izrazu:

$$I_{dop} = I_n \cdot K_d \cdot K_{R_Z} K_{\vartheta_Z} \cdot K_n, \qquad (2)$$

gdje znači:

I_{dop} — dopušteno strujno opterećenje kabela u konkretnim pogonskim uvjetima,

I_n — nazivno strujno opterećenje kabela pri referentnim uvjetima; tj. za dubinu polaganja od 70 cm, temperaturu tla 20°C odnosno zraka 30°C, termički otpor tla 100°C. cm/W, te za jedan kabel u kanalu,

K_d — korekcijski faktor ovisan o dubini polaganja kabela,

K_{R_Z} — korekcijski faktor ovisan o termičkom otporu tla,

K_{ϑ_Z} — korekcijski faktor ovisan o temperaturi tla,

K_n — korekcijski faktor ovisan o broju kabela (n) položenih u istom kanalu.

Naravno da se temeljni izbor kabela pri uvjetima drugačijim od referentnih vrši prema relaciji

$$I_{dop} \geqq I_p, \qquad (3)$$

što je s obzirom na izneseno jedino ispravno.

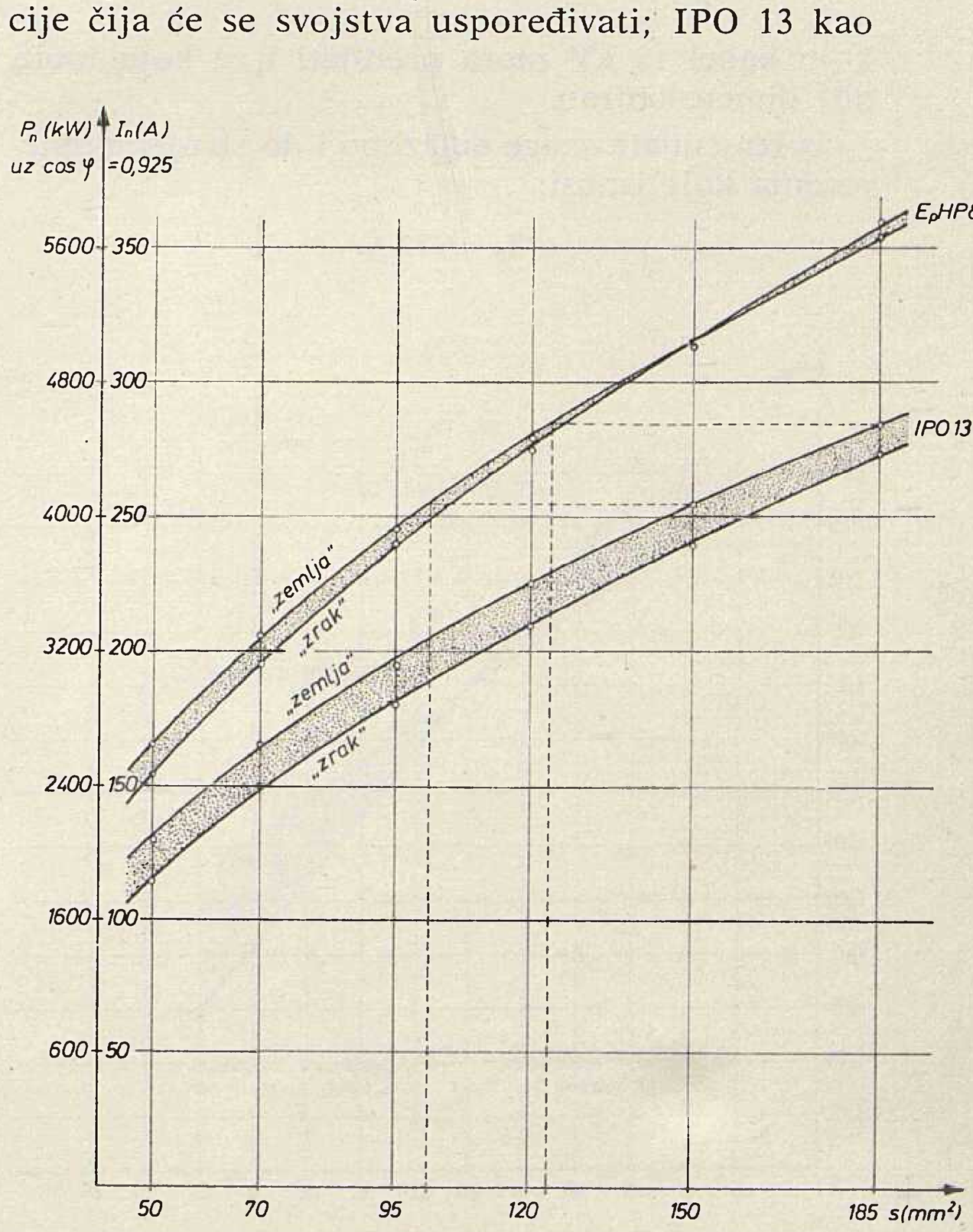
Iako će zaključci analize biti slični, razmatranja ćemo provesti za svaku naponsku razinu posebno.

3. 2. 1. Nazivni napon 10 kV

Na sl. 1. prikazana je ovisnost nazivnoga strujnog opterećenja (I_n), odnosno nazivne radne snage (Pn) pri faktoru učina $\cos\varphi = 0{,}925$, o prosjeku te vrsti i tipu kabela. Prikaz je obuhvatio samo kabelske izvedbe IPO 13—A i EpHP 81—A, i to iz dva razloga:

— jer se aluminij kao vodič u distributivnoj mreži srednje Dalmacije afirmirao i potvrdio kao gotovo jedini vodički materijal za kabele ove naponske razine,

— jer su IPO 13 i EpHP 81 kabelske konstrukcije čija će se svojstva uspoređivati; IPO 13 kao



Sl. 1. Ovisnost prijenosne nazivne snage pri cosψ =0,925 odnosno nazivne struje o presjeku te vrsti i tipu kabela (Un = 10 kV)

KB konstrukcija koja je bila do sada u upotrebi, a EpHP 81 kao potencijalna konstrukcija za upotrebu ubuduće.

Očekivana snaga koju valja prenijeti i za koju kabel mora biti dimenzioniran dobiva se iz relacije:

$$P_p = n \cdot P_T (1 - K_r) \qquad (4)$$

gdje znači:

- P_p — prijenosnu snagu za koju kabel valja dimenzionirati,
- P_T — tipsku snagu transformatora (trafostanice) koja za ovo područje iznosi 630 kVA (1 × 630 kVA),
- n — broj transformatora priključenih na kabelski vod; s obzirom da je koncepcija mreže 10 kV tzv. otvoreni prsten može se kao najnepovoljniji slučaj uzeti n = 10,
- K_r — faktor rezerve u transformatorima; iz koncepcije mreže 0,4 kV proizlazi da se ovaj faktor može procijeniti s 20 do 25%.

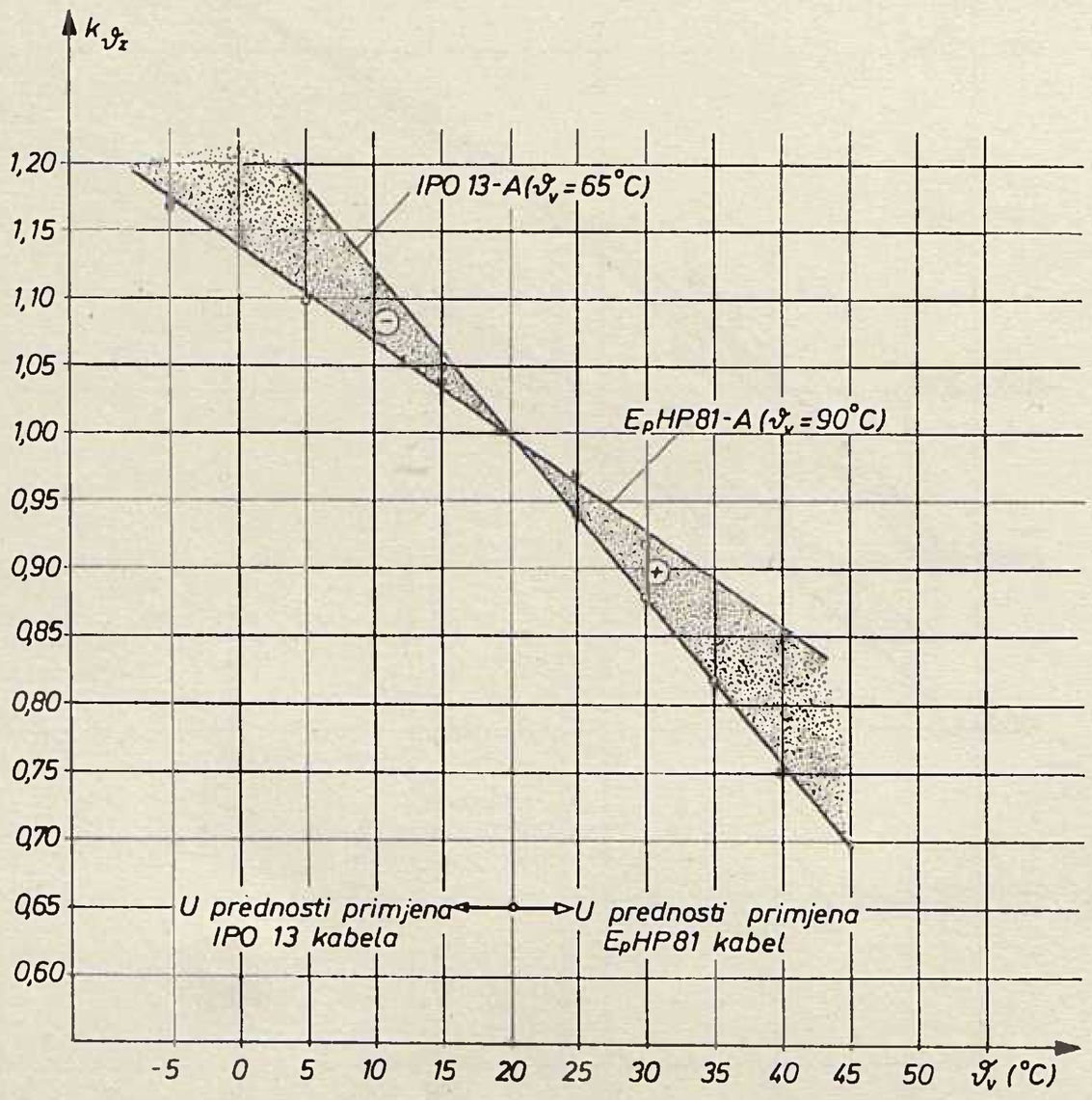
Uvrštenjem navedenih veličina u izraz (4) dobijamo da se u najnepovoljnijem pogonskom slučaju može očekivati

$$P_p = 4725 \text{ kVA},$$

koju kabel 10 kV mora prenijeti i za koju mora biti dimenzioniran.

Iz izračunate snage dolazimo i do strujnog opterećenja koje iznosi:

$$I_p = 273 \text{ A}.$$



Sl. 2. Ovisnost korekcijskog faktora k ϑ_z o temperaturi zemljišta ϑ_z (Un = 10 kV)

Analizom dijagrama na sl. 1. uočavamo da ekvivalent kabelske konstrukcije IPO 13—A 3 × 185, koji je na tretiranom području do sada bio u upotrebi, leži za kabelsku izvedbu EpHP 81—A između standardnih presjeka 120 mm² i 150 mm².

Upotrebom relacija (2) i (3) te podataka za korekcijske faktore koji su sadržani u katalozima proizvođača, dolazimo do veličina dopuštenih strujnih opterećenja za navedene KB konstrukcije kako slijedi:

$$I_{dop}^{IPO\ 13—A\ (185)} \approx 165 \quad \text{do } 240 \text{ A}$$

$$I_{dop}^{EpHp\ 81—A\ (150)} \approx 183 \quad \text{do } 265 \text{ A}$$

$$I_{dop}^{EpHp\ 81—A\ (120)} \sim 162{,}5 \quad \text{do } 236 \text{ A},$$

pri čemu su prve dopuštene veličine strujnih opterećenja izračunate za slučaj relativno nepovoljnih pogonskih i konfiguracijskih prilika (četiri kabela u kanalu, dubina polaganja 80 cm, termički otpor tla 150°C. cm/W, temperatura tla 20°C), a druga strujna opterećenja izračunata su za znatno povoljnije prilike (2 kabela u kanalu, dubina polaganja 80 cm, termički otpor tla 150°C. cm/W, temperatura tla 20°C). Očito je da za normalan režim rada mreže (bez kvara na izvodu 10 kV) zadovoljavaju sva tri analizirana kabela, pri čemu IPO 13—A 3 × 185 i EpHP 81—A 3 × 120 osiguravaju gotovo jednake mogućnosti. U slučaju kvara jednog voda 10 kV ostaje, međutim, »u igri« samo kabel EpHP 3 × 150 mm², koji će jedini praktički uspješno udovoljiti novonastaloj situaciji. Dakako da kvar na vodu 10 kV valja gledati kao izuzetno stanje mreže koje u najgorem slučaju može trajati desetak sati.

Upotrebom kabela EpHP 81—A 3 × 150 mm² umjesto dosadašnje kabelske izvedbe IPO 13—A 3 × 185 mm² postižu se uštede u količinama ugrađenog aluminija od čak 24%, što je golemi doprinos ne samo elektroprivredi kao grani privrede već i cjelokupnoj društvenoj zajednici.

Analizirajući korekcijske faktore navedene u izrazu (2), vidi se da se svi, osim korekcijskog faktora ovisnog o temperaturi tla, na dopušteno strujno opterećenje održavaju jednako, bez obzira na to o kojoj se od razmatranih kabelskih konstrukcija radi.

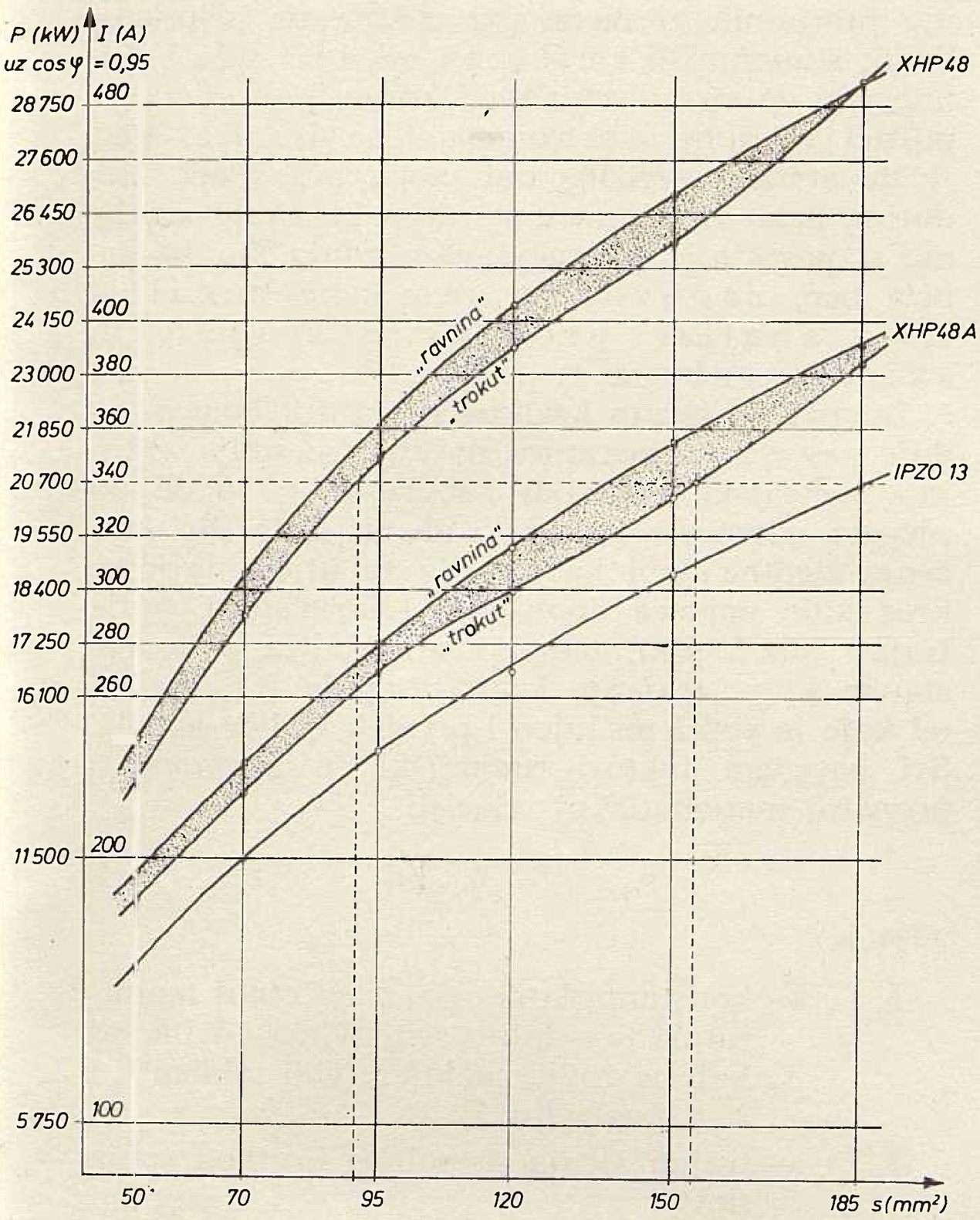
Za korekcijski faktor ovisan o temperaturi tla, kao što se to i na prikazu sl. 2. vidi, može se kazati slijedeće:

— KB konstrukcija IPO 13 može je više opteretiti u godišnjim dobima kad je temperatura tla u kojem je kabel položen ispod 20°C, dok su

— konstrukcije EpHP 81 u prednosti onda kada temperatura tla prelazi 20°C (ljeti).

3. 2. 2. Nazivni napon 35 kV

Slika 3. prikazuje ovisnost nazivnog strujnog opterećenja (I_n) i nazivne radne snage (P_n), pri faktoru učina $\cos\varphi = 0{,}95$, o presjeku, vrsti i tipu



Sl. 3. Ovisnost nazivne snage (pri cosφ = 0,95) odnosno nazivne struje o presjeku, tipu i vrsti kabela te načinu polaganja (Un = 35 kV)

kabela. Osim kabelske konstrukcije IPZO 13, koja je do sada za naponsku razinu 35 kV bila isključivo u upotrebi, analizira se i kabelska konstrukcija XHP 48, i to s bakrenim i aluminijskim vodičima.

Kao realno pogonsko opterećenje — s obzirom na koncepciju mreže 35 kV te mogućnost preuzimanja opterećenja i sigurnost napajanja potrošača — kojim smijemo opteretiti kabelski vod 35 kV, možemo uzeti $P_p = 16$ MVA ($I_p = 265$ A).

Promatranjem dijagrama na sl. 3. vidimo da kabel IPZO 13 3 × 185 ima ekvivalent u kabelskoj konstrukciji XHP 48 u presjeku 1 × 95 mm², a u konstrukciji XHP 48—A u presjeku 1×185 mm².

Prema izrazu (2), koristeći se podacima o korekcijskim faktorima, dobijamo veličine dopuštenih strujnih opterećenja za navedene kabelske izvedbe kako slijedi:

$$I_{dop}^{IPZO\ 13\ (185)} \approx 249\ A$$

$$I_{dop}^{XHP\ 48\ (95)} \approx 263\ A$$

$$I_{dop}^{XHP\ 48\text{-}A\ (185)} \approx 285\ A.$$

Proračun navedenih veličina izvršen je s obzirom na slijedeće očekivane pogonske uvjete:

— dubinu polaganja kabela koja iznosi 1 metar,

— termički otpor tla od 150°C. cm/W,

— broj kabela u istom kanalu koji iznosi n = 2,

— temperatura tla od 20°C.

Očito da za pretpostavljene pogonske uvjete, a prema izrazu (3), praktički zadovoljavaju sve tri kabelske konstrukcije, samo što u kabelu XHP 48—A 1 × 185 mm² ima najviše rezerve u pogledu mogućnosti opterećivanja.

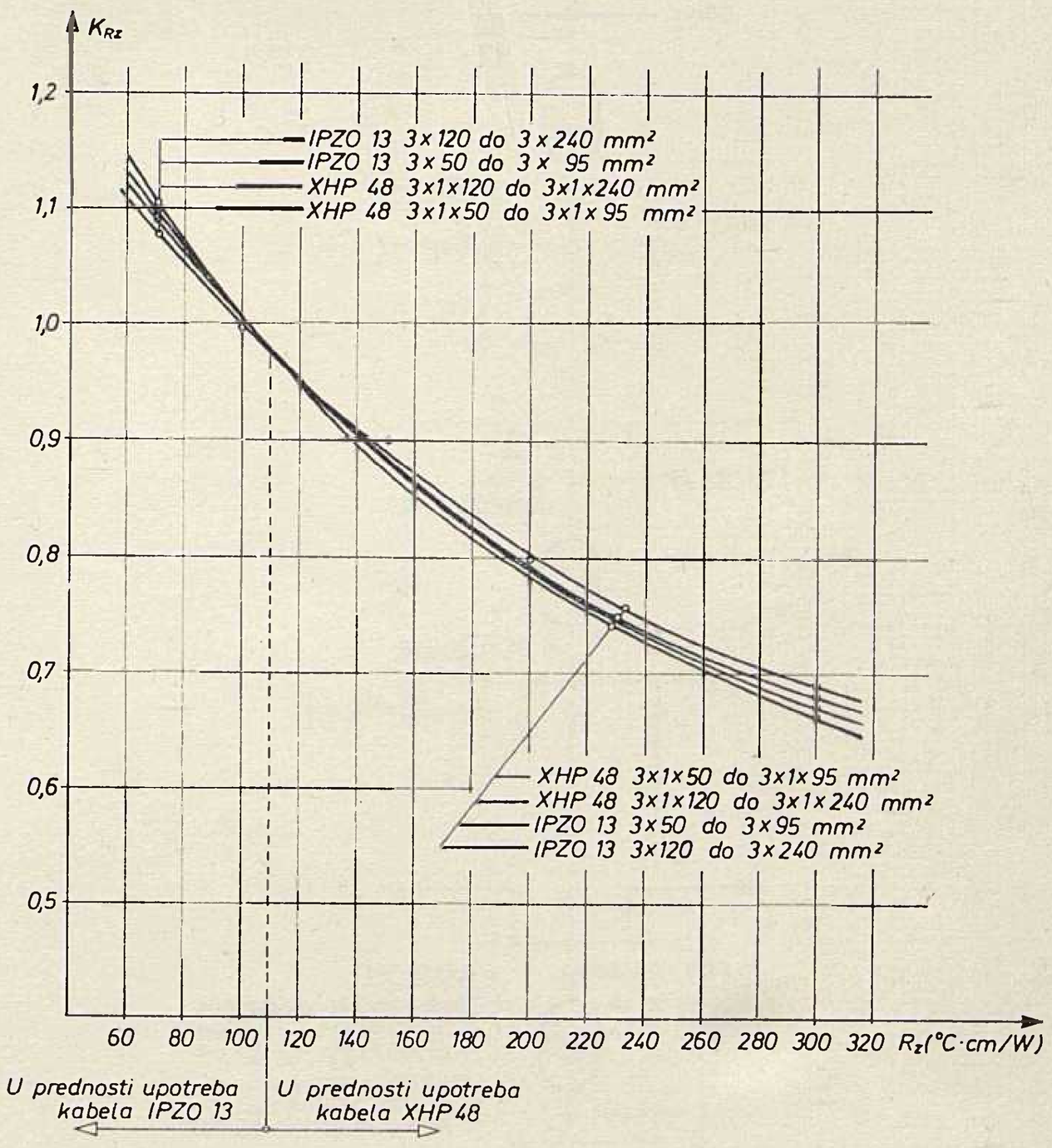
Dodajmo ovome da u pogoršanim pogonskim uvjetima, koje u područjima srednje Dalmacije možemo redovito očekivati (povećani termički otpor i temperatura tla), kabelska konstrukcija XHP 48 dobiva daljnje »pozitivne poene«; to sasvim jasno proizlazi iz dijagrama na sl. 4 i 5.

Prethodna razmatranja izvedena su za kabelsku konstrukciju XHP 48 u tzv. trokutnom rasporedu kabelskog voda. Taj je raspored izabran najprije zbog toga što je induktivitet (H/km) manji nego pri rasporedu u »ravnini«, kao i zbog toga što su uvjeti stroži a rezultati analize sigurniji.

Uštede u potrošnji bakra, usporedbom prvih dviju analiziranih KB izvedbi, goleme su i čine gotovo 50%. Prelaskom pak s bakra na aluminij na ovoj naponskoj razini dolazimo do znatnih ušteda u cjelokupnoj privredi Republike.

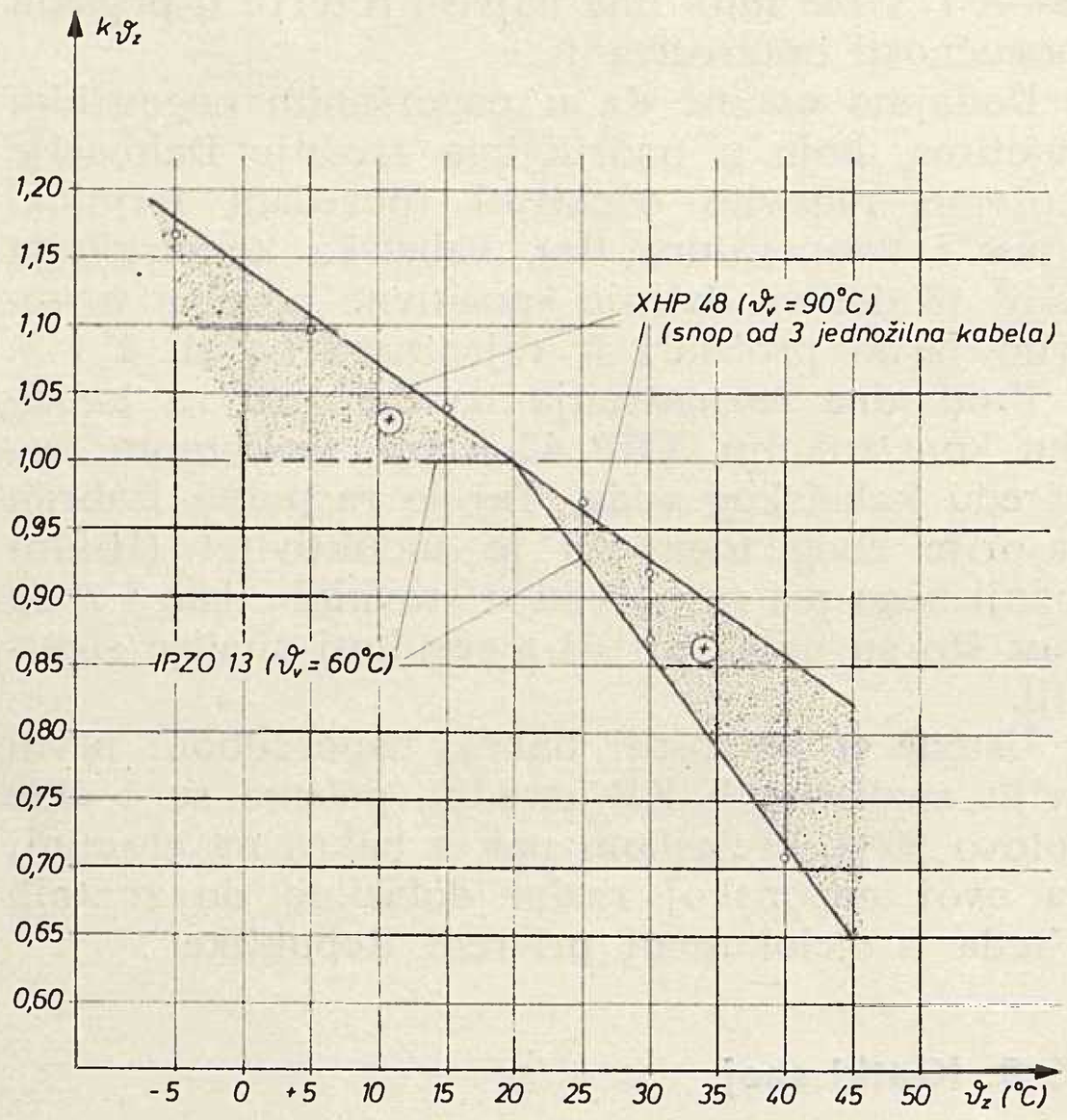
3. 3. Kratki spoj

Budući da je vrijeme iskapčanja kratkog spoja (t_i) jedan od glavnih elemenata u kontroli temeljnog izbora kabela u uvjetima kratkog spoja, na sl. 6. je prikazana koncepcijska shema distribu-

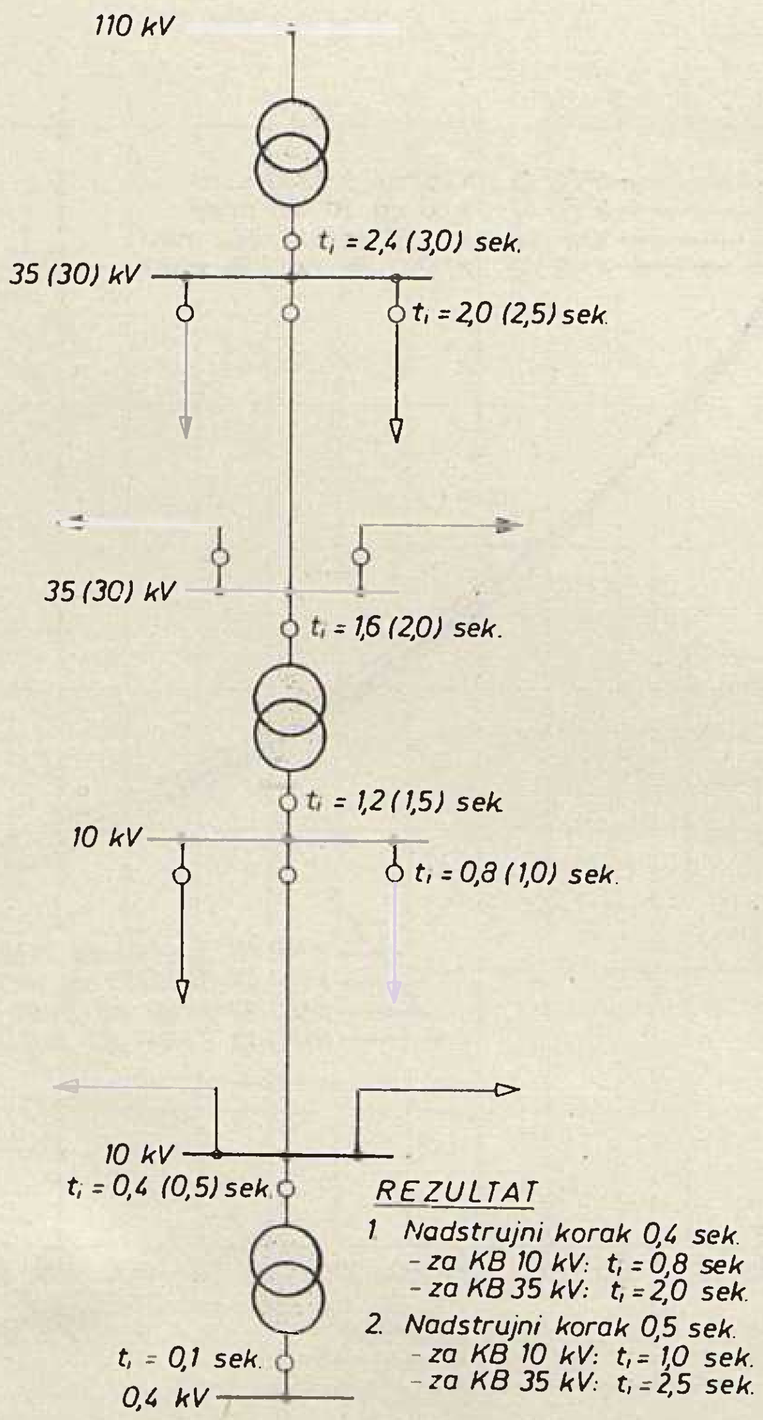


Sl. 4. Ovisnost korekcijskog faktora k_{RZ} o termičkom otporu zemlje R_z (°C · cm/W)za Un = 35 kV

tivne mreže jednog pojnog čvora 110/35 kV s ucrtanim mjestima ugradnje releja osnovne nadstrujne zaštite. Pri tome je izvršeno i stupnjevanje proradnih vremena ove zaštite uz primjenu dvaju stupanjskih koraka: 0,4 sek i 0,5 sek. Valja naglasiti da su to stupanjski koraci koji se mogu postići relejima elektromehaničke izvedbe; kod releja statičke izvedbe oni mogu biti kraći. Međutim, kako kraćim vremenskim korakom zalazimo u povoljnije područje naprezanja što se kabela tiče, zadovoljit ćemo se rezultatima analize provedene s vremenskim korakom t_i = 0,4 sek.



Sl. 5. Ovisnos korekcijskog k ϑ_z o temperaturi zemljišta ϑ_z (Un = 35 kV)



Sl. 6. Stupnjevanje vremena iskapčanja releja nadstruje zaštite u srednjonaponskoj mreži srednje dalmacije

Dopuštenu struju kratkog spoja u kabelu određuje najveća temperatura do koje se smije zagrijati izolacijski materijal kabela da ne dođe do njegova oštećenja, odnosno da ne dođe do skraćenja životne dobi kabela. Na to utječe vrijeme kroz koje najveća dopuštena temperatura smije trajati (do 5 sek), temperatura vodiča prije nastanka k. s., trajanje kratkog spoja (t_i), kovina od koje je vodič načinjen i presjek vodiča kabela. Svi navedeni faktori funkcijski su povezani u poznatoj matematičkoj relaciji:

$$s_{dop} = K \cdot I_k \cdot \sqrt{t_i} \qquad (5)$$

gdje je:

- K — konstanta koja ovisi o početnoj temperaturi te ostalim svojstvima kovine od koje je vodič načinjen (vidi tablice 1. i 2. u poglavlju 2),
- I_k — trajna struja tropolnog kratkog spoja (kA),
- t_i — vrijeme trajanja kratkog spoja, odnosno vrijeme prorade nad-strujne zaštite (sek) — sl. 6,
- s_{dop} — najmanji dopušteni presjek vodiča kabela (mm²).

Pomoću istog izraza proračunava se i najmanji dopušteni presjek električke zaštite kabela, samo što umjesto trajne struje tropolnog valja uvrstiti trajnu struju jednopolnog kratkog spoja; bitna pretpostavka je da temperatura električne zaštite na početku kratkog spoja iznosi 70° i da najveća temperatura zaštite, realizirane iz bakra, ne smije prijeći 350°C.

3. 3. 1. Nazivni napon 10 kV

Kontrola temeljnog izbora (odjeljak 3.2.1.) s obzirom na kratki spoj na ovoj naponskoj razini, vršit će se za tropolnu snagu kratkog spoja od

$$P_k = 250 \text{ MVA}.$$

To je, naime, tropolna snaga k.s. na koju se vrši dimenzioniranje elemenata postrojenja nazivnog napona 10 kV.

Na sl. 7. prikazana je ovisnost presjeka, vrsti i tipa kabela o očekivanim veličinama struje i snage kratkog spoja. Pri tome su naznačene tri razine snaga tropolnog kratkog spoja: 200, 250 i 300 MVA.

200 MVA je razina na koju su se kontrole izbora vršile u prošlom vremenu (do 1975. godine).

250 MVA je snaga tropolnog k.s. na koju se kontrola izbora obavlja danas, a može se očekivati da u budućnosti ova snaga k.s. neće prekoračiti vrijednost 300 MVA; u protivnom trebat će je ograničavati.

Oslanjajući se na relaciju (5) i podatke proizvođača, izrađen je već spomenuti grafički prikaz na sl. 7. iz kojega se može zaključiti slijedeće:

— Kabelska konstrukcija IPO 13—A 3 × 185 mm², koja se do sada upotrebljavala na ovoj naponskoj razini, jedva zadovoljava zahtjeve za veličinu snage k.s. od 250 MVA, pa kao takva ne bi udovoljila zahtjevima eventualno povećane snage kratkog spoja na iznos od 300 MVA.

— Kabelska konstrukcija u odjeljku 3.2a (EpHP 81—A 3×150 mm²) ne samo što bez posebnih problema podnosi naprezanja pri snazi kratkog spoja od 250 MVA, već može prihvatiti i naprezanja koja proizvodi snaga k.s. od 300 MVA; pri tome valja imati na umu da su praktične — mjerene veličine kratkog spoja uvijek za 10 do 15% niže od izračunatih.

To je uglavnom sve što se tiče kontrole temeljnog izbora presjeka kabela s obzirom na uvjete pri tropolnom kratkom spoju.

Što se pak tiče jednopolnog (dvopolnog) kratkog spoja, on je, osim sa stajališta relejne zaštite, posebno značajan zbog prilika koje nastaju iznošenjem potencijala iz prostora velikih trafostanica u prostor urbanizirane sredine. Ako to ne bismo imali na umu, doveli bismo u pitanje efikasnost zaštite od previsokog napona dodira i koraka.

Mjera efikasnosti zaštite od previsokog napona dodira očituje se tzv. redukcijskim faktorom kabela (r_k), koji se definira kao omjer dijela jednopolne struje kratkog spoja koja protječe kroz zemlju (I_z) i ukupne struje jednopolnog k.s. na mjestu kvara (I_{k1}), tj.

$$r_k = \frac{I_z}{I_{k_1}} \qquad (6)$$

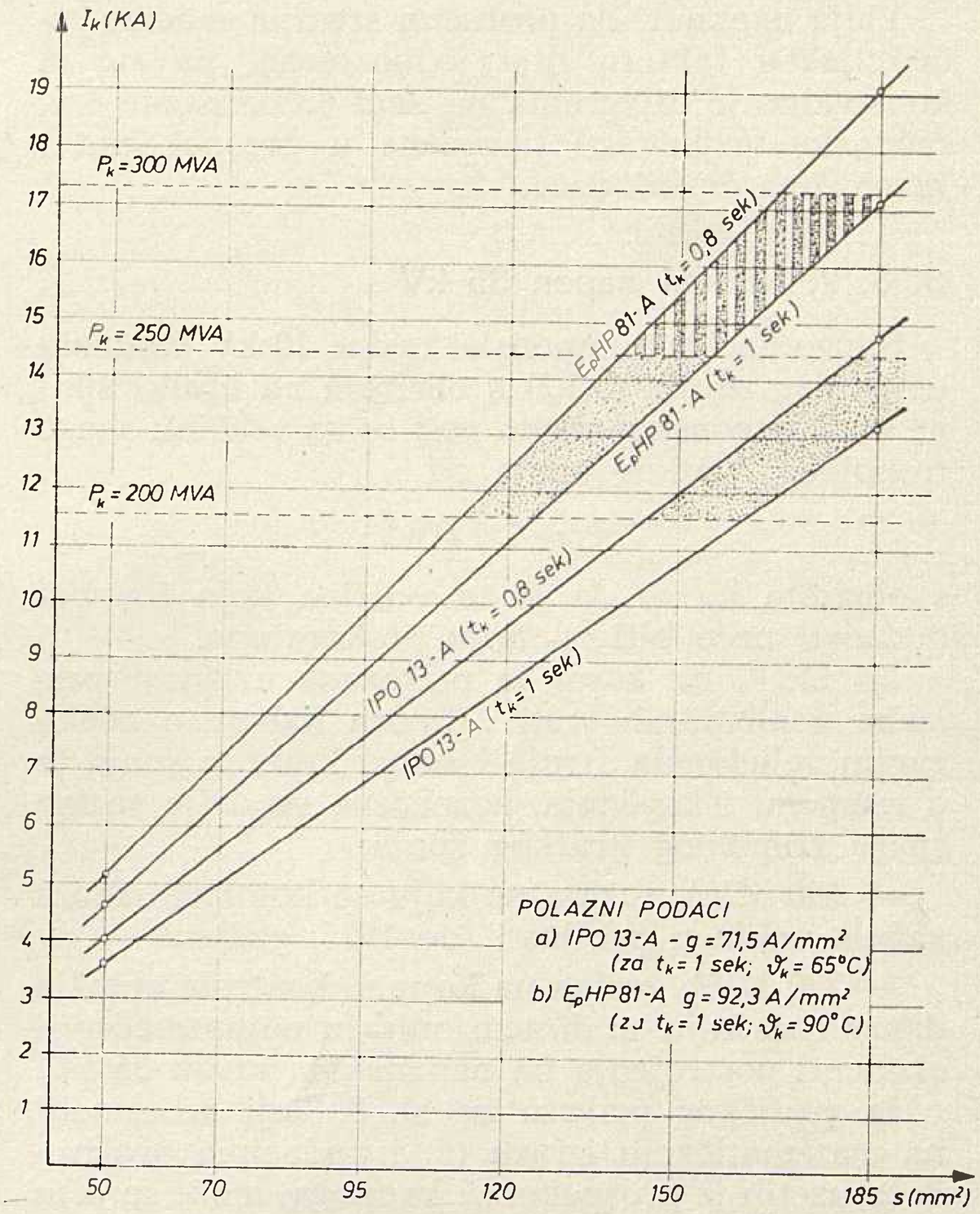
pri ćemu vrijedi:

$$I_{k_1} = I_{ko} + I_z, \qquad (7)$$

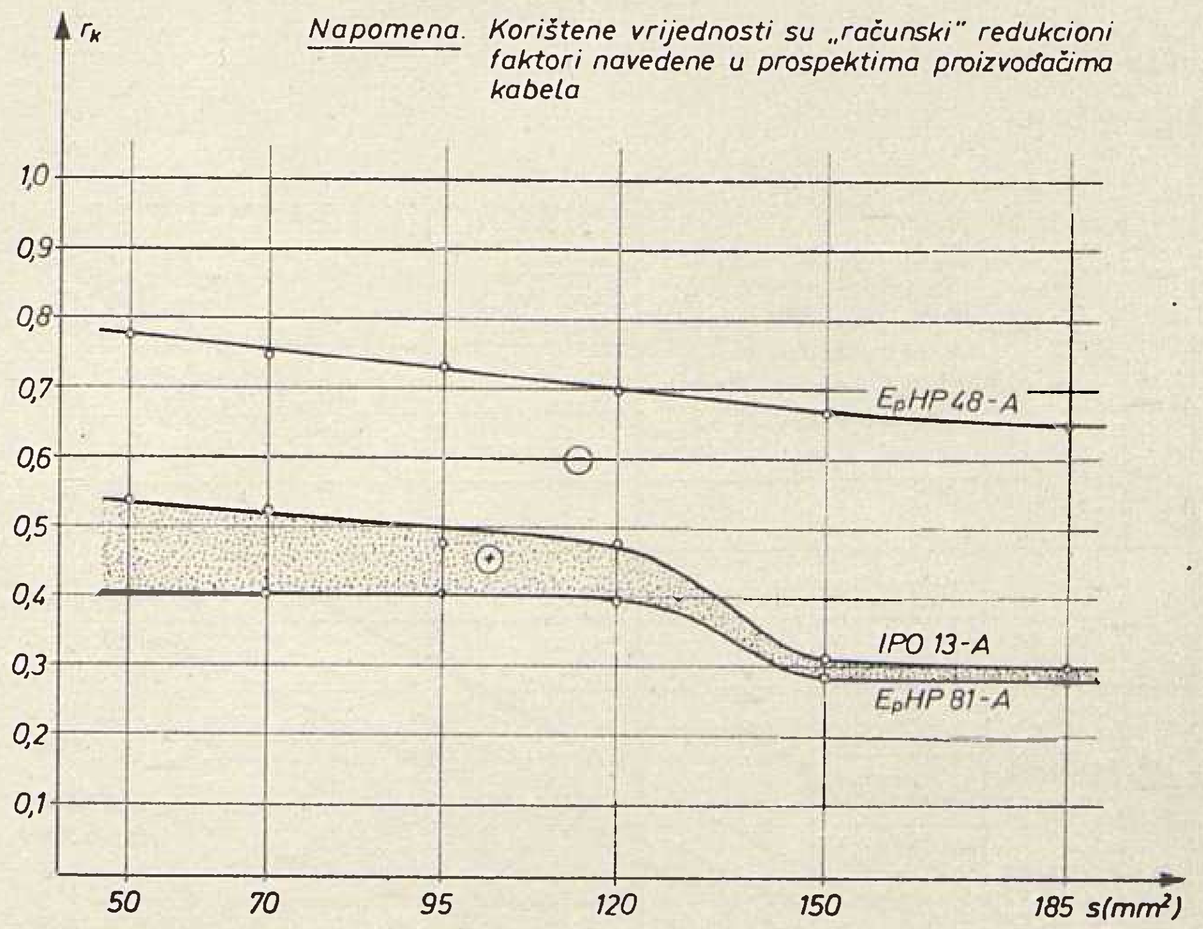
gdje je I_{ko} dio struje jednopolnog kratkog spoja koji prolazi svim kovinskim oblogama kabela (olovnim plaštem, električnom zaštitom i Fe zaštitom — armaturom).

Naša nastojanja pri izboru kabela moraju ići prema odabiranju kabela sa što nižom vrijednošću redukcijskog faktora, jer takav redukcijski faktor osigurava prolaz većega dijela struje jednopolnog k.s. kovinskim oblogama kabela, a manji kroz zemlju.

Ovisnost redukcijskog faktora kabela (r_k) o presjeku te vrste i tipu kabela prikazana je na sl. 8. Iz prikaza se vidi da i u ovom pogledu malu prednost ima kabelska konstrukcija EpHP 81.



Sl. 7. Dopuštene struje — snage pri kratkom spoju u ovisnosti i presjeku te vrste i tipu kabela (Un = 10 kV)



$$r_k = \frac{I_z}{I_k} = \frac{R_k + R_u}{(R_k + R_z + R_u) + j\omega(L_z + L_{ar})}$$

I_k – struja kratkog spoja na mjestu kvara
I_z – dio struje kratkog spoja koji protječe zemljom
R_k – ekvivalentni otpor kovinskih obloga (elektr. zaštita, plošt i Fe armatura)
R_z, L_z – ekvivalentni otpor odnosno induktivitet zemlje
R_u – ekvivalentni otpor uzemljivača
L_{ar} – induktivitet čelične armature

Sl .8. Ovisnost redukcijskog faktora (r_k) o prosjeku, vrsti i tipu kabela (Un = 10 kV)

Valja istaknuti da proračun stvarne veličine redukcijskog faktora nije jednostavan, pa su za konstruiranje dijagrama na slici 8. korištene tzv. računske vrijednosti navedene u prospektima i katalozima proizvođača.

3. 3. 2. Nazivni napon 35 kV

Slično kao kod naponske razine 10 kV kontrolu temeljnog izbora (3.2.2) s obzirom na kratki spoj na ovoj naponskoj razini vrši se za veličinu snage tropolnog kratkog spoja od

$$P_k = 750 \text{ MVA}$$

s obzirom na to da je to veličina koja i u budućnosti neće biti znatnije prekoračena.

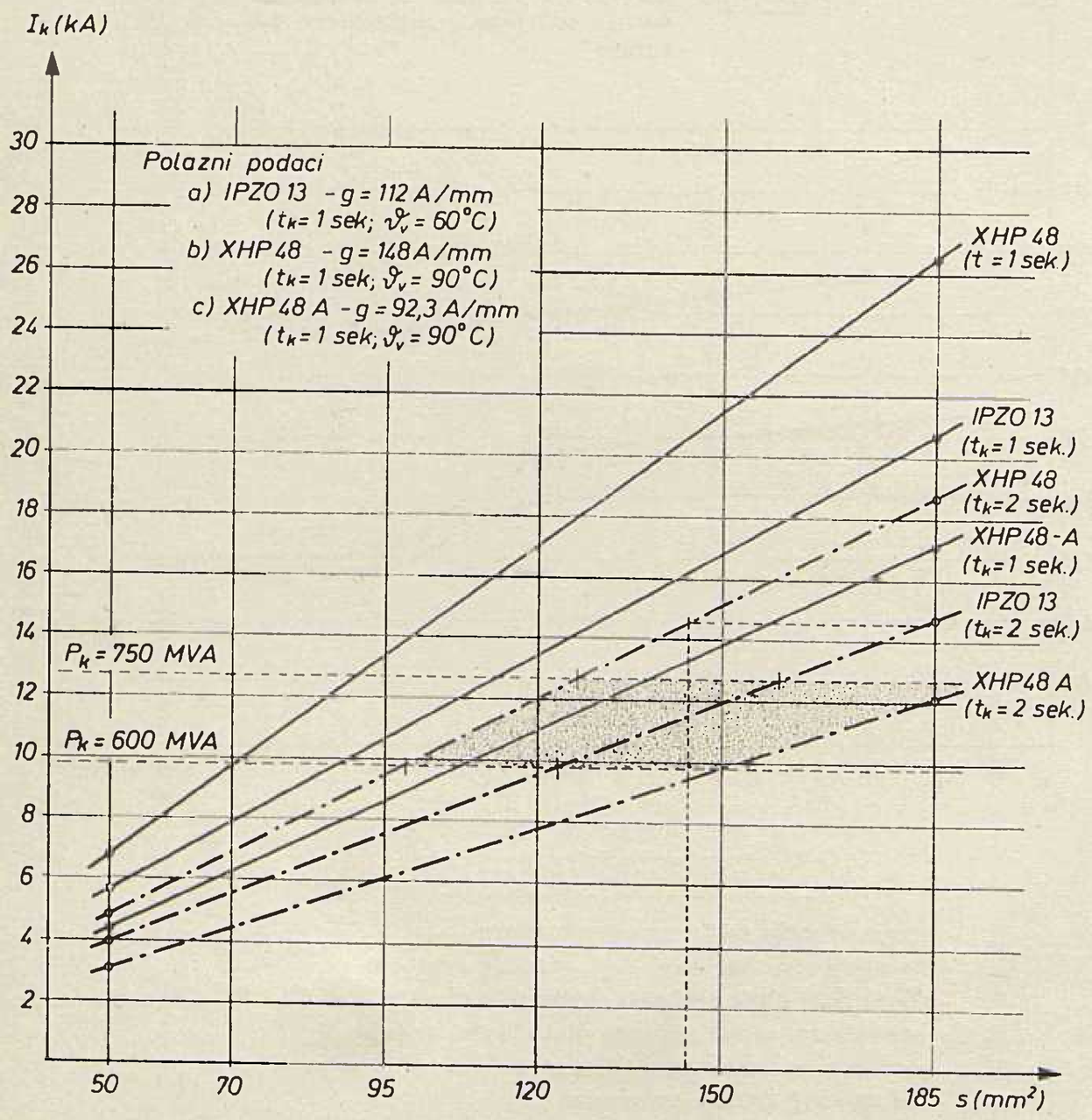
Na sl. 9, na kojoj je prikazana ovisnost presjeka analiziranih vrsti i tipova kabela o očekivanim veličinama struje i snage kratkog spoja te o vremenu iskapčanja, naznačene su dvije razine snage tropolnog kratkog spoja:

— 600 MVA, razina na koju se kontrola izbora kabela vršila u prošlosti (do 1975. godine),

— 750 MVA, razina na koju se kontrola obavlja danas i za koju se dimenzioniraju najopterećeniji elementi postrojenja na naponskom nivou 35 kV.

Iz grafičkog prikaza na sl. 9, koji se temelji na matematičkom izrazu (5) i podacima proizvođača uzetih iz prospekata i kataloga, može se, kao najznačajnije, navesti slijedeće:

— sve kabelske konstrukcije analizirane u 3.2., osim izvedbe XHP 48 1×95 mm², zadovoljavaju kontrolu na uvjete pri tropolnom kratkom spoju; za slučaj upotreba bakra na naponu 35 kV i temeljni izbor KB konstrukcije XHP 48 valja povećati na presjek 1×120 mm²,



Sl. 9. Dopuštena struja (snaga) pri kratkom spoju u ovisnosti o presjeku tipu i vrsti kabela (Un = 35 kV)

— prijelaz s kabelske izvedbe IPZO 13 3 × 185 mm², na KB izvedbu XHP 48—A 1 × 185 mm² (dakle s bakra na aluminij) ne predstavlja ni u pogledu naprezanja pri tropolnom kratkom spoju poseban problem, to više što s obzirom na rezervu u pogledu opterećenja u normalnom pogonu temperatura vodiča prije nastanka kratkog spoja sigurno neće iznositi 90°C, za koju pretpostavku je dijagram na sl. 9. konstruiran, već znatno niže.

Redukcijski faktor kabela, koji je kod naponske razine 10 kV bio posebno naglašen, ovdje nema toliku važnost pa ga nećemo ni razmatrati. Obrazloženje za to relativno je jednostavno. Kabelska mreža 10 kV u urbanim sredinama, gdje niski redukcijski faktor ima neprocjenjivu važnost, veoma je rasprostranjena i ne samo što pokriva velike površine već doslovno ulazi u objekte stanovanja (TS 10/0,4 kV u objektu stanovanja!). Distributivna pak mreža naponske razine 35 kV, znatno je kraća i manje rasprostranjena, a ne ulazi ni u objekte stanovanja, pa redukcijskim faktorom bilo koje od analiziranih kabelskih konstrukcija možemo bez posebnih poteškoća osigurati zahtijevanu zaštitu od previsokog napona dodira i koraka.

4. ANALIZA KARAKTERISTIKA KABELA I KABELSKOG PRIBORA ZNAČAJNIJIH ZA IZGRADNJU SREDNJONAPONSKE DISTRIBUTIVNE MREŽE

4. 1. Općenito

Osim analize prilika u pogonu i izbora kabela s obzirom na te prilike, nužno je provesti i usporedbu karakteristika kabela značajnih pri izgradnji kabelskih mreža. Osim toga, kao sastavni dio kabelske mreže analizi valja podvrći također spojni i završni pribor.

Dakako da takva analiza ne može biti dovoljna i isključiva. Međutim, u razmatranjima, kad se ne možemo prikloniti usvajanju određene vrsti i tipa kabela, sigurno može biti odlučujuća.

4. 2. Izvedba i izvedbena svojstva kabela

U vezi s usvojenim izolacijskim materijalima na pojedinim naponskim razinama razmatrana su konstrukcijska svojstva i karakteristike kabela značajne pri izgradnji kabelske mreže za one tipove kabela koji s obzirom na izlaganja iz prethodnih poglavlja dolaze u obzir za primjenu u distributivnim mrežama.

4. 2. 1. Nazivni napon 10 kV

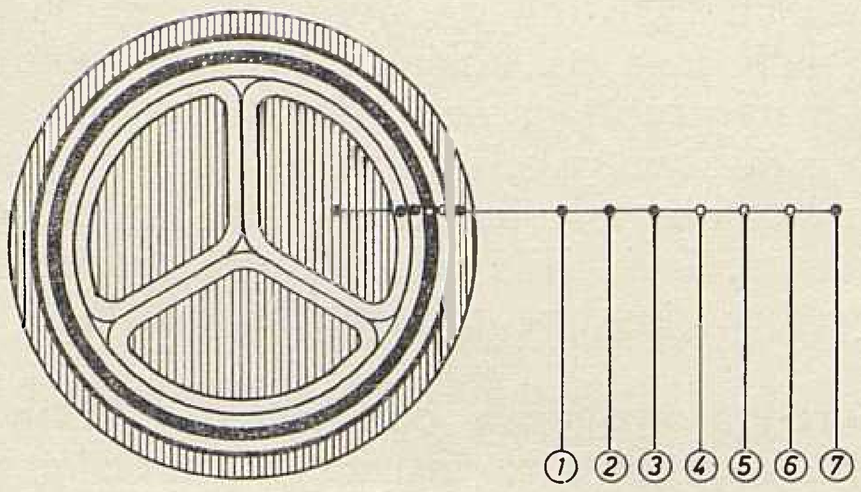
Na sl. 10. i 11. i tablici 3. prikazane su konstrukcije i konstrukcijska svojstva tipova kabela koji zadovoljavaju sve uobičajene zahtjeve za ovu naponsku razinu.

Tablica 3.

KARAKTERISTIKE KABELA 10 kV ZNAČAJNE PRI POLAGANJU I KORIŠTENJU

Tip kabela	Presjek (mm²)	Težina (kg/m)	Dopuštena vučna sila (kp)		Dopušteni polumjer savijanja (mm)	Dopuštena temperatura pri polaganju °C
			čarapicom preko plašta	stezaljkom za vodiče		
IPO 13 — A	3 × 185	8,46	1 150	1 665	885	iznad +3
	3 × 150	7,70	1 035	1 350	840	iznad +3
IPO 13	3 × 120*	8,36	865	1 800	765	iznad +3
	3 × 95*	7,30	770	1 425	720	iznad +3
EpHP 81 — A	3 × 185	8,65	1 905	1 665	610	0
	3 × 150	7,70	1 710	1 350	575	0
EpH 81	3 × 120	8,50	1 440	1 800	530	0
	3 × 95	7,20	1 280	1 425	495	0

Napomena: Presjeci označeni s »*« isporučuju se u dužinama 1 000 metara, svi ostali u dužinama od 500 metara.

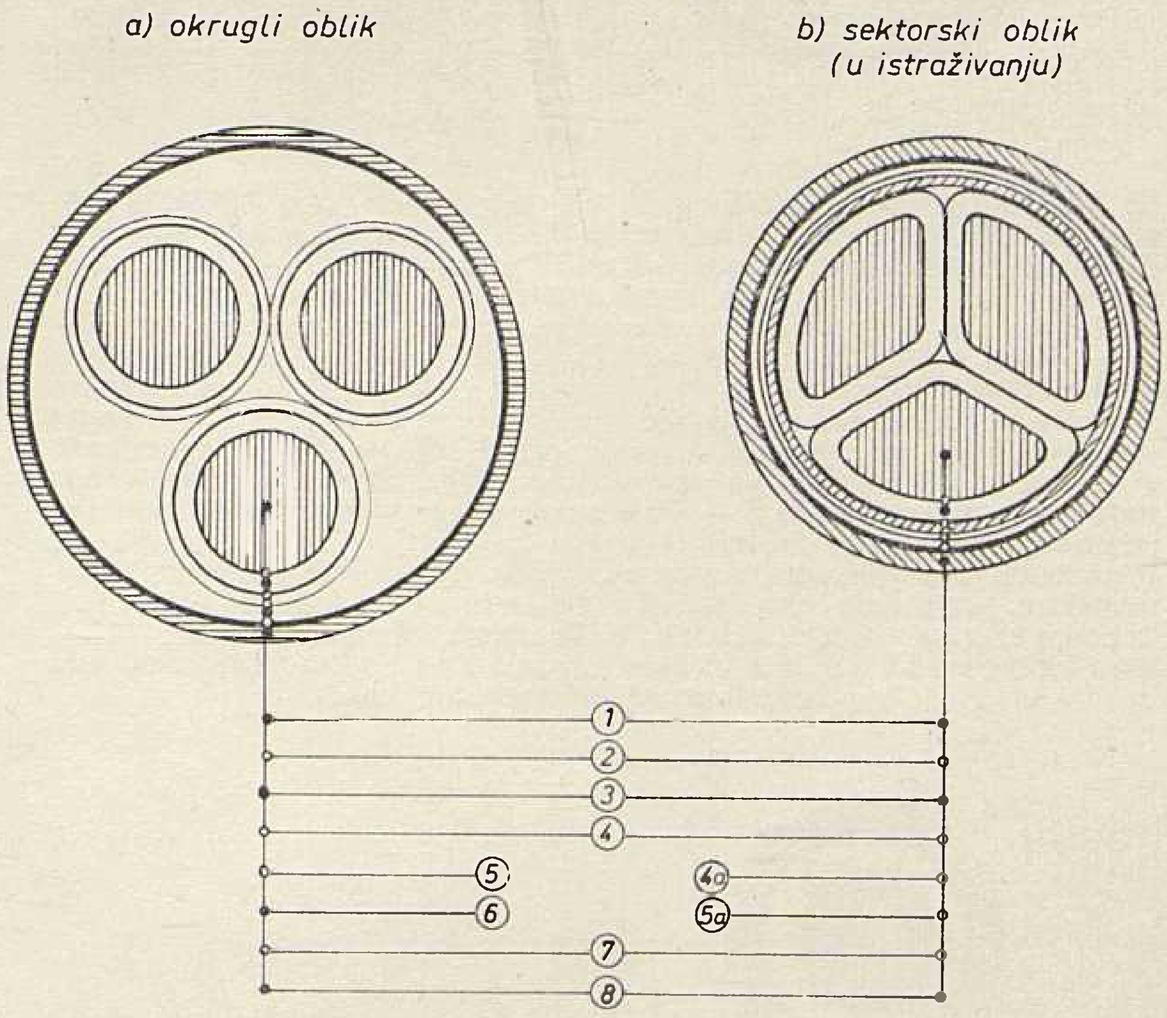


Sl. 10. Konstrukcija trožilnog 10 kV-tnog kabela tipa IPO 13—(A) odnosno NPO 13—(A) sektorske izvedbe (proizvođač FSK — Svetozarevo): 1 — vodič (žica ili uže od kompaktnog bakra ili aluminija sektorske izvedbe); 2 — primarna izolacija (papirne vrpce impregnirane rafiniranim uljem naftne osnove s dodatkom kolofonija i poliizobutilena, helikoidalno motane oko vodiča); 3 — sekundarna izolacija (papirne vrpce impregnirane istim kompaundom kao 2. helikoidalno motane oko jezgre — použenih vodiča); 4 — plašt (bešavna cijev od olova ili olovne legure oko použenih žila-jezgre); 5 — antikorozivna zaštita plašta (impregnirani papir ili impregnirana juta s premazima od bitumenske mase); 6 — mehanička zaštita (armatura) (dvije čelične vrpce helikoidalno motane); 7 — antikorozivna zaštita armature (impregnirana juta s premazima od bitumenske mase).

Kabelska konstrukcija IPO 13 (sl. 10), koja se, kao što je već naglašeno, na području srednje Dalmacije do sada gotovo isključivo upotrebljavala, jest trožilna pojasna konstrukcija s neradijalnim poljem u primarnoj izolaciji te olovnim plaštem oko jezgre i mehaničkom zaštitom od dviju čeličnih vrpci. Pri upotrebi na kosim i okomito položenim terenima upotrebljava se NPO 13 konstrukcija.

Kabelska izvedba EpHP 81 (sl. 11) jest moderna trožilna konstrukcija s radijalnim poljem u primarnoj izolaciji i električnom zaštitom oko svake žile te mehaničkom zaštitom od dvije čelične vrpce.

Analiza najznačajnijih karakteristika navedenih kabelskih konstrukcija zanimljivih pri polaganju (tablica 3), osim težine i dopuštene vučne sile pri povlačenju za vodiče — koje su uglavnom jednake — pokazuje da sve ostale razmatrane karakteristike daju nedvosmislenu prednost izboru kabela EpHP 81. Uzme li se u obzir da, usporedbom temeljnih tehničkih karakteristika navedenih u poglavlju 3, kabelska konstrukcija EpHP 81 ima ekvivalent u kabelskoj konstrukciji IPO 13, koji je za jedan, a katkada čak i dva stupnja standardnog niza niži, tada i težina, taj važni element pri polaganju kabela i korištenju mehanizacije, ide u prilog tipu kabelske izvedbe EpHP 81.



Sl. 11. Konstrukcija trožilnog 10 kV-tnog kabela tipa EpHP 81—(A) sa sektorskom varijantom (proizvođač ELKA — Zagreb): 1 — vodič (žica ili uže od kompaktivnog bakra ili aluminija); 2 — poluvodljivi sloj (poluvodljiva masa brizgana oko vodiča); 3 — primarna izolacija (brizgana sintetska izolacija od kvalitetne etilen-propilen gume); 4 — poluvodljivi sloj (brizgana poluvodljiva masa ili sloj grafita i poluvodljivih vrpci oko primarne izolacije); 4a — poluvodljivi sloj (od sloja grafita i poluvodljivih vrpci oko použenih žila-jezgre); 5 — električna zaštita (dvije bakrene vrpce helikoidalno motane oko svake žile); 5a — električna zaštita (bakrene žice jednoliko raspoređene oko jezgre i otvorena bakrena vrpca); 6 — ispuna (PVC mješavina radi postizanja okruglog oblika kabela); 7 — mehanička zaštita (armatura) (dvije čelične vrpce helikoidalno motane oko ispune kabela); 8 — antikorozivna zaštita armature (plašt) (bešavna cijev od PVC-mješavine).

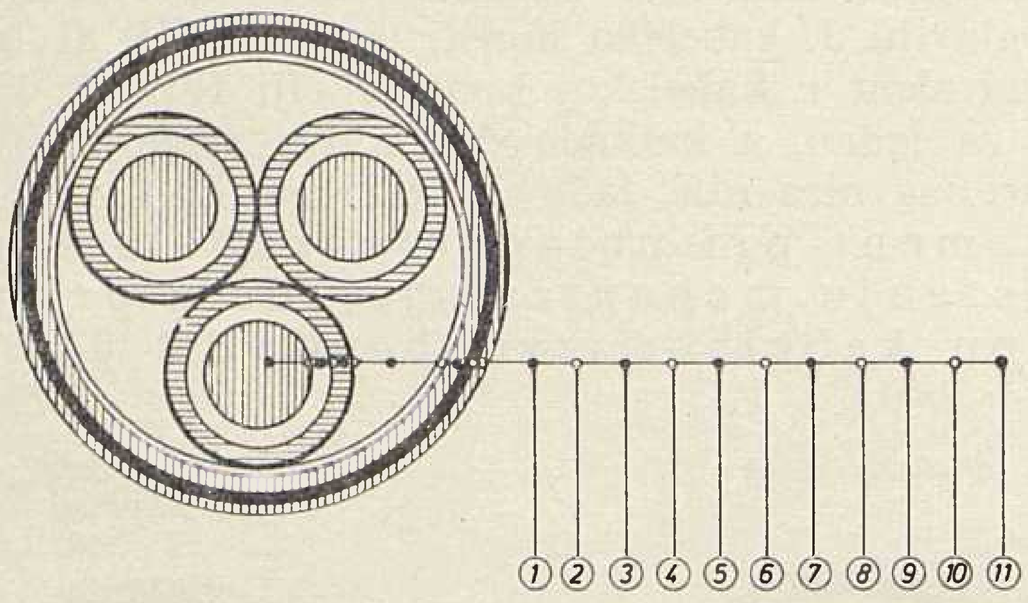
Tablica 4

KARAKTERISTIKE KABELA 35 kV ZNAČAJNE PRI POLAGANJU

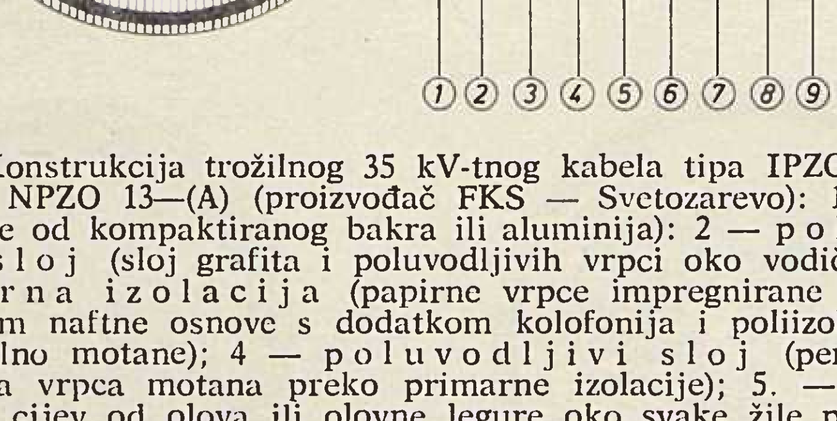
TIP KABELA	Presjek (mm²)	Težina (kg/m)	Dužina (m)	Dopuštena vučna sila (kp)		Dopušteni polumjer savijanja (mm)	Dopuštena temperatura pri polaganju (°C)
				čarapicom preko plašta	stezaljkom za vodiče		
IPZO 13	3×240	23	300	3 335	3 600	1 500	iznad +3
	3×185	19,5	350	2 885	2 775	4 400	iznad +3
XHP 48	1×185	3,5	1 000	1 105	925	565	iznad +5
	1×120	2,55	1 000	925	600	515	iznad +5
XHP 48 — A	1×240	2,65	1 000	1 250	720	600	iznad +5
	1×185	2,3	1 000	1 150	555	565	iznad +5

4. 2. 2. Nazivni napon 35 kV

Na sl. 12. i 13. prikazane su kabelske konstrukcije ove naponske razine, a u tablici 4. svrstana su konstrukcijska svojstva istih kabelskih konstrukcija.



Sl. 12. Konstrukcija trožilnog 35 kV-tnog kabela tipa IPZO 13—(A) odnosno NPZO 13—(A) (proizvođač FKS — Svetozarevo): 1 — vodič (uže od kompaktiranog bakra ili aluminija): 2 — poluvodljivi sloj (sloj grafita i poluvodljivih vrpci oko vodiča); 3 — primarna izolacija (papirne vrpce impregnirane rafiniranim uljem naftne osnove s dodatkom kolofonija i poliizobutilena, helikoidalno motane); 4 — poluvodljivi sloj (perforirana staniolska vrpca motana preko primarne izolacije); 5. — plašt (bešavna cijev od olova ili olovne legure oko svake žile posebno); 6 — antikorozivna zaštita (bitumenski premaz s termoplastičnom vrpcom); 7 — ispuna (impregnirana juta radi postizavanja okruglog oblika); 8 i 9 — unutrašnja zaštita bitumenizirana platnena vrpca sa slojem impregnirane jute i bitumenskim premazom oko ispune); 10 — mehanička zaštita (armatura) (dvije čelične trake helikoidalno motane); 11 — antikorozivna zaštita armature (impregnirana juta s premazima od bitumenske mase).



Sl. 13. Konstrukcija jednožilnog 35 kV-tnog kabela tipa XHP 48—(A) (proizvođač ELKA — Zagreb): 1 — vodič (uže od kompaktiranog bakra ili aluminija); 2 — poluvodljivi sloj (poluvodljiva masa brizgana oko vodiča); 3 — primarna izolacija od visokokvalitetnog umreženog polietilena); 4 — poluvodljivi sloj (brizgana poluvodljiva masa ili sloj grafita i poluvodljivih vrpci motanih oko primarne izolacije); 5 — električna zaštita (bakrene žice jednoliko raspoređene oko jezgre s otvorenom bakrenom vrpcom motanom preko žica); 6 — celofanska folija motana preko električne zaštite); 7 — plašt (bešavna cijev od PVC mješavine crvene boje).

Kabelska izvedba IPZO 13 (sl. 12), koja se na području srednje Dalmacije isključivo upotrebljava, jest trožilna troolovna ekranizirana konstrukcija s radijalnim poljem u primarnoj izolaciji i mehaničkom zaštitom od dviju čeličnih vrpci. U slučaju primjene na kosim i okomito položenim terenima upotrebljava se NPZO 13 izvedba.

Kabelska konstrukcija XHP 48 (sl. 13) jest jednožilna ekranizirana izvedba s radijalnim poljem u primarnoj izolaciji i električnom zaštitom oko izolacije bez posebne mehaničke zaštite— armature.

Usporedba svojstava opisanih kabelskih konstrukcija značajnih za izgradnju kabelske mreže (tablica 4) pokazuje da sve razmatrane karakteristike daju bezrezervnu prednost usvajanju kabelske konstrukcije XHP 48. Posebno je zanimljiv podatak da je težina kod izvedbe XHP 48 pet i više puta manja pri istom presjeku i materijalu, a gotovo osam puta manja pri ekvivalentnim presjecima od težine IPZO 13 izvedbe. To svojstvo kao i malen vanjski promjer (od 43 do 47 mm) omogućuju isporuku XHP 48 kabela u znatno većim dužinama (1 000 m), a to nadalje rezultira manjim brojem spojnica u kabelskoj mreži (čak 2 do 3 puta). Što sve to znači, najbolje zna osoblje koje radi na izgradnji i održavanju kabelskih mreža.

Kako analizirane karakteristike kabela izravno utječu na trajanje i cijenu radova izgradnje mreže, očito da izneseni zaključci dobivaju još veću važnost.

4. 3. Spajanje i završavanje kabela

Za spajanje i završavanje kabela upotrebljavaju se elementi poznati pod zajedničkim imenom kabelski pribor. Zajednička je uloga svakog kabelskog elementa da izvrši kvalitetno, međusobno spajanje i završavanje krajeva kabela uz osiguranje visokovrijednog izolacijskog nivoa i duge životne dobi mjesta spoja odnosno završetka.

Osim međusobnog spajanja vodiča, za što postoji nekoliko poznatih metoda (lemljenje, varenje, prešanje i vijčano spajanje), a što se posebno

neće analizirati s obzirom na to da izbor metode i utrošeno vrijeme rada nema nikakve izravne veze s izborom vrsti i tipa kabela, razmatrat će se i međusobno uspoređivati načini spajanja i završavanja izolacija različitih tipova i vrsta kabela, kao i različite metode primjenjive za spajanje i završavanje iste vrsti izolacije. Bit će dakle riječi o međusobnom uspoređivanju kabelskog pribora, točnije o:

— ravnim kabelskim spojnicama

— kabelskim završecima (glavama)

i o metodama kojima raspolažemo za izradu navedenog kabelskog pribora. Te metode možemo grupirati:

a) metoda omatanja papirnim vrpcama s oblaganjem u KB masu,

b) metoda omatanja termoplastičnim vrpcama,

c) metoda toploskupljajućih elemenata,

d) metoda tlačenja,

e) metoda konfekcioniranih elemenata.

Metoda omatanja papirnim vrpcama s oblaganjem u bitumensku masu primjenjuje se kod kabela s primarnom izolacijom od impregniranog papira, dakle kod kabelskih konstrukcija IPO 13 za 10 kV i IPZO 13 za naponsku razinu 35 kV. Vanjski je oklop kod spojnica i završetaka, gdje se primjenjuje ova metoda, od lijevanog željeza.

Metoda omatanja termoplastičnim vrpcama primjenjuje se na kabelima s termoplastičnom izolacijom — u našem slučaju EPDM i XPE izolacijom— a sastoji se u tome da za pojedine konstrukcijske dijelove kabela primijenimo odgovarajuće tipove vrpca. Svako spojno i završno mjesto na kabelu zalijeva se još dvokomponentnom epoksidnom smolom, za što služi odgovarajući poliesterski oklop.

Metoda toploskupljajućih elemenata najjednostavnija je od svih danas poznatih metoda, a temelji se na osobini kemijski pripremljenog i obrađenog materijala da se djelovanjem topline skuplja i čvrsto prianja uz odgovarajuće elemente kabela. Izrada spojnica i završetaka je vrlo jednostavna, a sama metoda primjenjiva je u prvom redu za kabelske konstrukcije s izolacijom od termoplastičnih materijala, a iznimno i za izvedbe s izolacijom od impregniranog papira. Dok za naponsku razinu 10 kV nema nikakvih posebnih poteškoća, na naponu 35 kV usvojena je izrada završetaka, a izrada spojnica je u fazi eksperimentiranja.

Metoda tlačenja primjenjuje se samo u izradi spojnica za sve tipove i vrste kabela. Međutim s obzirom na ne baš osobito dobra iskustva u dosadašnjoj primjeni, pomalo je zapostavljena.

Metoda konfekcioniranih elemenata primjenjuje se za kabelske izvedbe s izolacijom od termoplastičnih materijala za obje razmatrane naponske razine, a sastoji se u tome da se gotov konfekcijski element tijesno navuče na pripremljeno spojno ili završno mjesto kabela, pri čemu se prethodno klizne površine namažu silikonskom masti. Ekran se posebno premasti, zbog čega se preko spojnice navlači još i toploskupljajuća cijev. Metoda je jednostavna i pouzdana, a valja naglasiti da se ovakav tip spojnice izrađuje isključivo za jednožilne kabele, dok je izvedba završetka moguća kako u jednožilnoj, tako i trožilnoj izvedbi.

Od navedenih metoda bilo iz razloga praktičnosti, bilo pak zbog obučenosti osoblja odnosno problema oko uvoza, na području srednje Dalmacije prihvaćene su metode navedene ad a), b) i c).

U tablici 5. prikazan je utrošak sati rada (normativ) za izvedbu spojnica i završetaka prema tim trima metodama. Uočava se da metode primjenjive na kabelskim konstrukcijama EpHP 81 — za naponsku razinu 10 kV, odnosno XHP 48 — za naponsku razinu 35 kV, zahtijevaju znatno kraće vrijeme izrade (čak 2 do 6 puta), pa, dakle, i znatno manje radne snage. To se, dakako, odražava na cijenu izrade spojnice, odnosno završetka, a u širem smislu i na cijenu izgradnje kabelske mreže.

Tablica 5.

PRIKAZ UTROŠKA SATI RADA (NORMATIV) ZA UGRADNJU KABELSKOG PRIBORA U OVISNOSTI O TIPU KABELA I NAPONSKOJ RAZINI

Radni zadatak	Kvalifikacijska struktura radne snage	Normativ sati izrade					
		Naponska razina 10 kV			Naponska razina 35 kV		
		Za tip kabela IPZO 13	Za kabel XHP 48		Za tip kabela IPO 13	Metoda izrade za kabel EpHP 81	
			Metoda izrade				
			Omatanje trakama	Toploskup. cjevčice		Omatanje trakama	Toplosk. cjevčice
Izrada i ugradnja KB glave	VKV	18	8	6	6	—	—
	KV	36	8	6	12	8	3
	PKV i NKV	24	8	—	12	8	3
	Ukupno	78	24	12	30	16	6
Izrada i ugradnja KB spojnice	VKV	24	10	U fazi ispitivanja	10	8	—
	KV	48	10		10	8	4
	PKV i NKV	24	10		10	8	4
	Ukupno	96	30		30	24	8

Može se dakle zaključiti da i analizirani kabelski pribor svojom cijenom i vremenom izrade daje apsolutnu prednost kabelskim konstrukcijama s krutim termoplastičnim izolacijama.

5. ANALIZA NEKIH EKONOMSKIH POKAZATELJA

5. 1. Općenito

Uopčeno gledano, godišnji troškovi kabelske mreže mogu se izraziti formulom:

$$T = T_s + T_p \quad (d/m/god.) \tag{8}$$

u kojoj znači:

T_s — stalne (nepromjenjive) godišnje troškove
T_p — promjenjive godišnje troškove.

Pri tome stalne godišnje troškove možemo prikazati kao:

$$T_s = K_1 + s \cdot K_2 \quad (d/m/god.) \tag{9}$$

a promjenjive troškove izrazom:

$$T_p = K_3 \cdot \frac{1}{s} \tag{10}$$

U formulama (9) i (19) su:

K_1, K_2 — konstante proporcionalnosti ovisne o vrsti i tipu kabelske konstrukcije, a prikazuju izravnu proporcionalnost stalnih troškova (anuitet amortizacije cijene kabela) s presjekom kabela,

K_3 — konstanta proporcionalnosti promjenjivih troškova — godišnjih troškova gubitaka električne snage i energije koji su razmjerni kvadratu struje, vremenu iskorištenja i cijeni jedinice snage i energije, a u obrnutom razmjeru s presjekom vodiča,

s — presjek vodiča kabela.

Ako želimo odrediti takav presjek kabela koji osigurava najekonomičniji prijenos energije, potrebno je na izraze (8), (9) i (10) primijeniti poznate matematičke operacije za pronalaženje ekstrema funkcije — u konkretnom slučaju valjalo bi utvrditi uvjete pri kojima jednadžba godišnjih troškova ima svoj minimum.

Lako je dokazati da je spomenuti uvjet ispunjen ako presjek vodiča kabela zadovoljava ovu relaciju:

$$s = \left(\frac{K_3}{K_2}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{11}$$

Kako, međutim, ova analiza nema namjeru da se detaljnije upušta u izbor tzv. ekonomičnog presjeka kabela, za koji je znano da je rednovito veći od presjeka izabranog s obzirom na tehničke kriterije, zadržat ćemo se na razmatranjima samo onih ekonomskih pokazatelja koji su važni i u fazi izgradnje i u fazi korištenja kabelske mreže.

5. 2. Početna ulaganja

Pod pojmom početnih ulaganja razumijevaju se ukupne investicije (troškovi) uložene u izgradnju mreže. U konkretnom slučaju pri izgradnji kabelske mreže razlikujemo:

— troškove za izvedbu građevnih radova,

— troškove za izvedbu elektromontažnih radova.

U daljnjim se razmatranjima nećemo baviti troškovima izvedbe građevnih radova, jer oni ne ovise o vrsti i tipu izabranog kabela, već o lokaciji trase i gabaritima kabelskog kanala te kategoriji zemljišta u kojem kanal valja iskopati.

Troškove izvedbe elektromontažnih radova možemo pak sagledati putem ovih osnovnih parametra:

— nabavne cijene kabela,

— nabavne cijene kabelskog pribora,

— troška radne snage potrebnog za izgradnju mreže.

Slično kao i u prethodnim poglavljima, analizu tih parametara izvršit ćemo odvojeno po naponskim razinama, imajući pri tome na umu spoznaje do kojih smo došli u prethodnim istraživanjima.

5. 2. 1. Nazivni napon 10 kV

Razmatranja ćemo usmjeriti na IPO 13-A 3 × 185 mm², kabelsku konstrukciju koja je do sada bila u upotrebi, i EpHP 81-A 3 × 150 mm², kabel koji je analizama tehničkih kriterija utvrđen kao najpovoljniji za ovu naponsku razinu.

Radi usporedbe nabavnih cijena kabela na sl. 14. izrađen je grafički prikaz ovisnosti cijene kabela o vrsti, tipu i presjeku kabela. Iz rezultata proizlazi da je kabelska konstrukcija EpHP 81-A 3 × 150 mm² za oko 23% skuplja od konstrukcije IPO 13-A 3 × 185 mm². Kako, međutim, nazivna strujna opterećenja ovih kabela nisu jednaka, već je mogućnost opterećivanja kabelske konstrukcije EpHP 81-A 3 × 150 mm² veća za oko 10,5 %, realnije je usporedbu vršiti prema tzv. strujnoj cijeni kabela (c_1) koja za komparirane kabele iznosi:

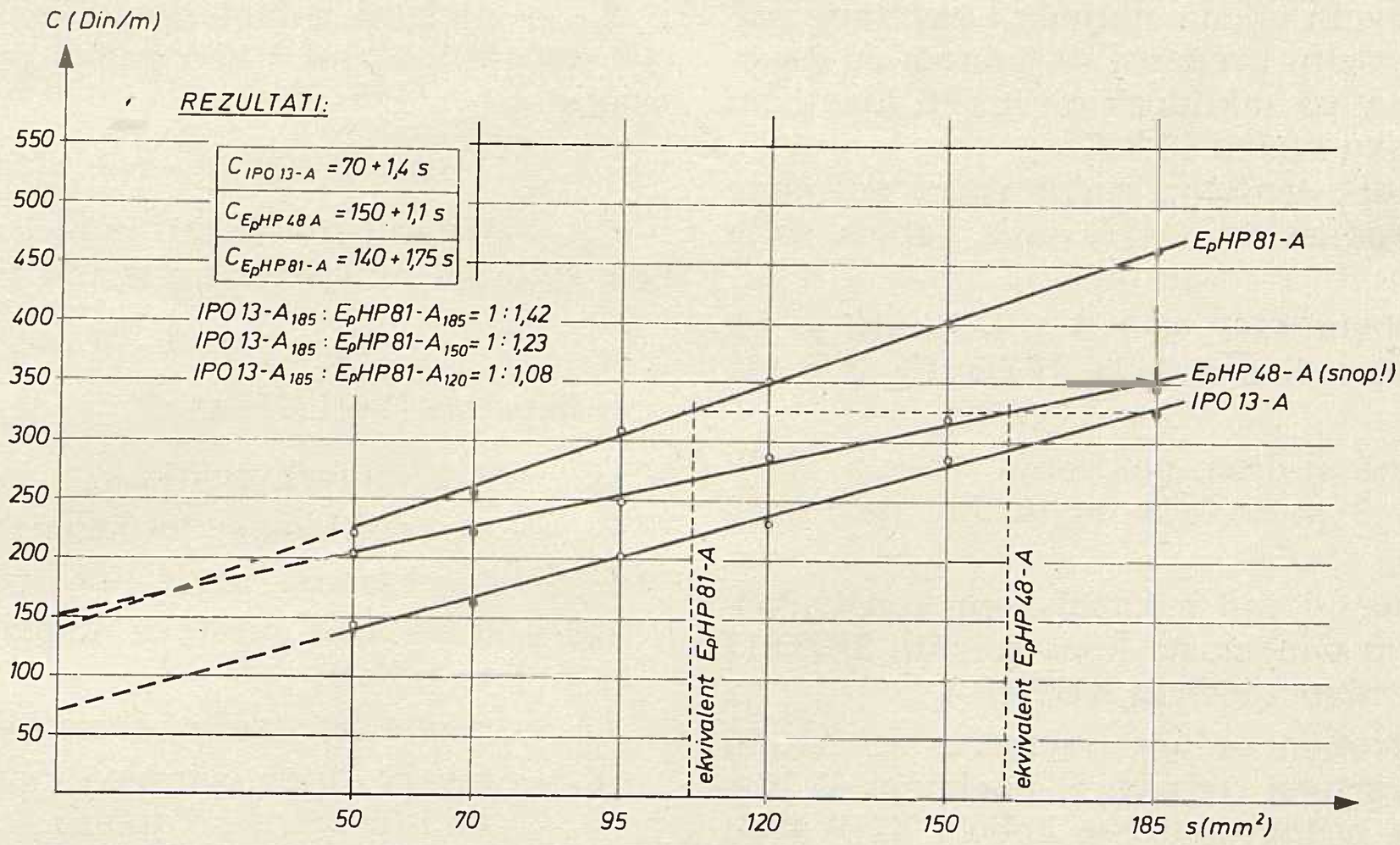
$$C_{i\,185}^{IPO\ 13\text{-}A} = 1{,}15 \quad [d/m/A]$$

$$C_{i\,150}^{EpHP\ 81\text{-}A} = 1{,}275\ [d/m/a]$$

Usporedbom tako izraženih cijena dobivamo da su troškovi dobave kabela EpHP 81-A 3 × 150 mm² za 10,5 % veći od troškova dobave kabela IPO 13-A 13-A 3 × 185 mm².

Nabavne cijene kabelskog pribora (spojnica i završetaka) ne utječe bitno na cjelokupna početna ulaganja, a kako su za ovu naponsku razinu za razmatrane kabelske konstrukcije razlike u nabavnim cijenama spojnica i završetaka ionako minimalne, nema potrebe za njihovom daljnjom analizom.

Troškovi radne snage potrebne za polaganje, spajanje i završavanje kabela u izravnoj su vezi sa svojstvima kabela, odnosno tehnološkim postupkom njegova spajanja i završavanja.



Sl. 14. Ovisnost cijene kabela 10 kV o presjeku, vrsti i tipu ka bela (cijene iz travnja 79)

Uočimo li da je kabelska konstrukcija EpHP 81-A 3 × 150 mm² za oko 10% lakša od konstrukcije IPO 13-A 3 × 185 mm², da je fleksibilnija i da njezin vanjski plašt osigurava ugodniji rad i čovjeku i stroju, zaključujemo da se radi o kabelskoj konstrukciji koja pri polaganju zahtijeva manje radne snage i manji utrošak radnog vremena. Primijetimo li, nadalje, da tehnološki postupci za izradu spojnica i završetaka za kabel EpHP 81-A zahtijevaju manji utrošak radnog vremena (vidi tablicu 5, poglavlje 4) dolazimo do zaključka da su troškovi izgradnje distributivne mreže s ovom kabelskom konstrukcijom manji. Detaljnom usporedbom navedenih činilaca lako ćemo dokazati da su troškovi radne snage za realizaciju kabelske mreže konstrukcijom EpHP 18-A I × 150 mm² za oko 15 do 20% niži od troškova izgradnje mreže kabelskom konstrukcijom IPO 13-A 3 × 185 mm².

Kao rezime provedenih razmatranja kažimo da su početna ulaganja — dio koji se odnosi na izvedbu elektromontažnih radova — na izgradnji kabelske mreže približno jednaka, pa ne daju značajniju prednost ni jednoj od uspoređivanih kabelskih konstrukcija.

0. 2. 2. Nazivni napon 35 kV

Slično kao i pri naponskoj razini 10kV, i ovdje će se uspoređivati kabelska konstrukcija koja je do sada bila u upotrebi (IPZO 13 3 × 185 mm²), s konstrukcijom XHP 48-A 1 × 185 mm², koja je kroz razmatranje tehničkih kriterija proizašla kao najpovoljnija za naponsku razinu 35 kV.

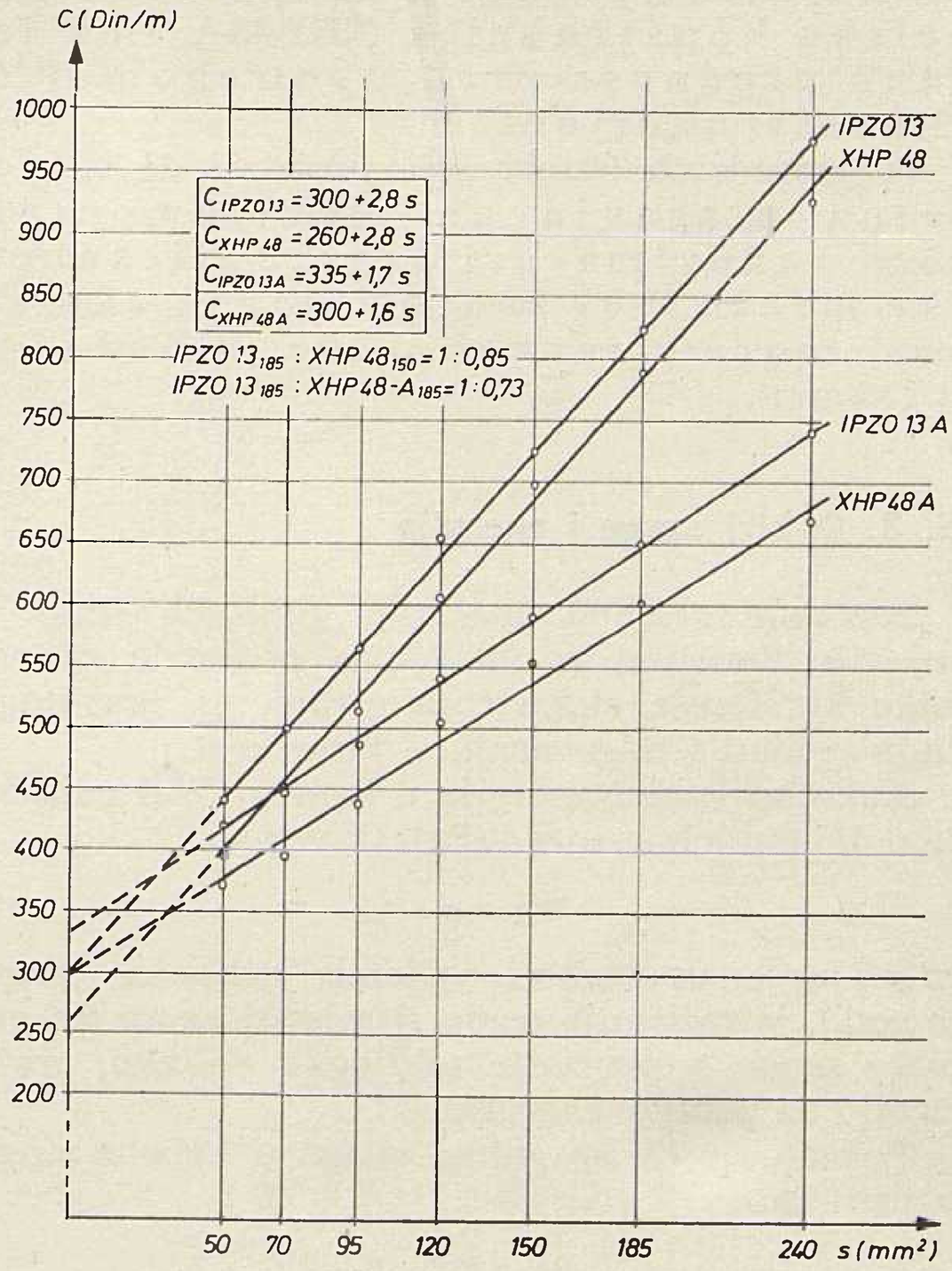
Iz sl. 15, čiji graf prikazuje ovisnost cijene o vrsti, tipu i presjeku kabela, proizlazi da je dobava kabelskog voda XHP 48-A 3× 1 × 185 mm za 27% jeftinija od kabelske konstrukcije IPZO 13 3 × 185 mm².

Usporedimo li »strujne cijene« (C_i) istih KB vodova, koje iznose:

$$C_{i_{185}}^{IPZO\ 13} = 2{,}42\ [d/m/A]$$

$$C_{i_{185}}^{XHP\ 48\text{-}A} = 1{,}57\ [d/m/A]$$

dolazimo do rezultata da su troškovi dobave kabelskog voda XHP 48-A 3 × 1 × 185 mm² za čak 35% niži od jednakih troškova kabelske konstrukcije IPZO 13 3 × 185 mm².



Sl. 15. Ovisnost cijene kabela 35 kV o presjeku, vrsti i tipu (cijene iz travnja 1979. g.)

Analiza nabavnih cijena spojnog i završnog pribora ne daje izrazitu prednost ni jednom od uspoređivanih kabela, pa zaključak može biti identičan kao i za naponsku razinu 10 kV.

Prije usporedbe troškova radne snage potrebne za polaganje, spajanje i završavanje kabela valja kazati:

— težina kabela XHP 48-A 1 × 185 mm² je 8,5 puta manja od težine kabela IPZO 13 3 × 185 mm²,

— standardna dužina pakiranja kabela XHP 48-A je gotovo 3 puta veća od dužine pakiranja IPZO 13 kabela,

— fleksibilnost i rad s kabelskom konstrukcijom XHP 48-A u odnosu na konstrukciju IPZO 13 daje izrazitu prednost kabelu XHP 48-A,

— rad i utrošak radnog vremena za izradu spojnica i završetaka (tablica 5, poglavlje 4) bezrezervno idu u prilog upotrebe kabela XHP 48-A,

— za formiranje jednog kabelskog voda potrebno je razvući tri jednožilna kabela XHP 48-A i međusobno ih povezati u snop.

Radi lakšeg razumijevanja zaključka koji će uslijediti valja naglasiti da prosječno po kilometru izgrađenog kabelskog voda, realiziranog s bilo kojom od dviju uspoređivanih kabelskih konstrukcija, moramo

— položiti tri bubnja kabela

— izraditi tri ravne KB spojnice.

Kalkulirajući troškove radne snage, potrebne za izgradnju KB mreže, a imajući na umu sve pretходne zaključke, pokazuje se da upotreba kabelske konstrukcije XHP 48-A ima laganu prednoss pred upotrebom IPZO 13 konstrukcijom.

Iz provedenih istraživanja proizlazi da su početna ulaganja na elektromontažnim radovima pri izgradnji kabelske mreže 35 kV znatno manja ako se ona izgrađuje kabelima XHP 48-A 1 × × 185 mm².

5. 3. Gubici snage i energije

Saznanje stečeno analizom gubitaka snage i energije temeljno je pitanje iz područja ekonomike korištenja električnih mreža, pa mu stoga valja pridati i odgovarajuću pozornost.

Kako su gubici energije u kabelu (Wg) proporcionalni gubicima snage (Pg), tj. vrijedi

$$Wg = \tau \cdot Pg \qquad (12)$$

gdje je τ upotrebno vrijeme gubitaka snage (h/god.), istraživanja ćemo usmjeriti samo na gubitke snage, a proizašle zaključke, dakako, projicirati i na gubitke energije.

Poznato je da se gubici snage u kabelu mogu izraziti kao:

$$Pg = P_O + P_R \qquad (13)$$

gdje su:

P_0 — djelatni gubici zbog nesavršenosti izolacije kabela, poznati i kao gubici praznog hoda, a iznose

$$P_O = \omega \cdot C_p \cdot U_0^2 \cdot \operatorname{tg}\delta \quad (W/km) \qquad (14)$$

P_R — djelatni (toplinski) gubici u vodičima kabela stvoreni protjecanjem struje, a jednaki su

$$P_R = 3\, I_p^2 \cdot R \quad (W/km) \qquad (15)$$

U izrazima (14) i (15) znači:

ω — kružnu frekvenciju ($\omega = 2\pi f$),

C_p — pogonski kapacitet kabela (μF/km),

U_0 — fazni napon mreže — $U_0 = U/\sqrt{3}$ (V),

tgδ— koeficijent gubitaka nesavršenosti izolacije kabela,

I_p — pogonsku struju kabela (A),

R — omski otpor ovisan o materijalu, presjeku i temperaturi vodiča.

Budući da su ω i U_0 konstantne veličine i ne ovise o analiziranoj kabelskoj konstrukciji, izraz (14) možemo pisati i u ovom obliku:

$$P_O = K \cdot C_p \cdot \operatorname{tg}\delta \qquad (16)$$

pri čemu je

$$K = \omega \cdot U_2^0 \qquad (17)$$

a za razmatrane naponske razine iznosi

$$K_{10} \approx 105 \cdot 10^8$$

$$K_{35} \approx 1280 \cdot 10^8$$

5. 3. 1. Nazivni napon 10 kV

Uspoređujući podatke navedene u prospektima i tehničkim informacijama proizvođača uočavamo da su vrijednosti pogonskih kapaciteta (Cp) i koeficijenta gubitaka nesvršenosti izolacije (tgδ) za kabelske konstrukcije EpHP 81 i IPO 13 gotovo identične. Zbog toga, kad bi se analizirali isti presjeci kabela, gubitke zbog nesavršenosti izolacije (Po) ne bi posebno trebalo ni razmatrati. Kako se, međutim, u istraživanjima tehničkih kriterija, provedenim u poglavlju 3. i 4, pokazalo da kabel IPO 13-A 3 × 185 mm² ima ekvivalent u kabelskoj konstrukciji EpHP 81-A koji je za jedan standardni stupanj niži, tj. 3 × 150 mm², onda i ove gubitke valja podvrći analizi.

Pokazuje se da vrijedi

$$P^{150} = P_o^{185} \cdot \frac{C_p^{150}}{C_p^{185}} \qquad (18)$$

Što nakon uvrštenja odgovarajućih vrijednosti daje

$$P_o^{150} \sim 0{,}915\, P_o^{185}.$$

To znači da su gubici snage zbog nesavršenosti izolacije u kabelu EpHP 81-A 3 × 150 mm² oko 8,5% manji nego u kabelu IPO 13-A 3 × 185 mm².

Na sl. 16. i 17. dan je grafički prikaz djelatnih gubitaka snage stvorenih protjecanjem nazivne struje u vodičima kabela u ovisnosti o presjeku te

vrsti i tipu kabela. To što EPDM izolacija trpi višu trajnu radnu temperaturu od IP izolacije (tablica 1, poglavlje 2) preslikava se na toplinske gubitke dvojako. Kabelska konstrukcija EpHP 81 ima mogućnost prijenosa većih strujnih opterećenja, dok se istovremeno prema poznatoj relaciji

$$R_\vartheta = R_{20}\,[1 + \alpha\,(-20°]} \qquad (19)$$

povećava omski otpor njezinih vodiča u odnosu prema kabelskoj konstrukciji IPO 13. To, naravno, dovodi do rezultata kakvi su izneseni na već spomenutim grafičkim prikazima, iz kojih se vidi da su pri prijenosu nazivnih opterećenja toplinski gubici u vodičima kabela EpHP 81-A 3 × × 150 mm² veći za

$$\Delta P_R = 0{,}48\ \%\ Pn \text{ (u relativnom iznosu)}$$

$$\Delta P_R = 78{,}5\ kW/km \text{ (u apsolutnom iznosu)}$$

od istih gubitaka u kabelu IPO 13-A 3 × 185 mm².

Kad bismo ostali pri ovakvom zaključku, očito bismo pogriješili s obzirom na to da uspoređujemo gubitke nastale pri prijenosu različitih opterećenja. Potrebno je stoga izvršiti korekciju dobivenih rezultata uspoređujući gubitke pri prijenosu istog opterećenja. Iz praktičkih razloga novi je račun proveden u uvjetima prijenosa struje opterećenja I = 285 A, što je ujedno i nazivna struja kabela IPO 13-A 3 × 195 mm². Pokazuje se sada da su toplinski gubici u vodičima kabelske konstrukcije EpHP 81-A 3 × 150 mm² veći za samo

$$\Delta P_R = 0{,}14\ \%\ P \text{ (relativno)}$$

$$\Delta P_R = 12{,}5\ kW/km \text{ (apsolutno)}$$

od gubitaka u kabelskoj konstrukciji IPO 13-A 3 × 185 mm², što je znatno manje od prije iznesenih podataka, a što iz temelja mijenja stečena saznanja.

Može se konstatirati da je upogledu gubitaka snage kabelska konstrukcija IPO 13-A 3 × 185 mm² ekonomičnija od kabelske konstrukcije EpHP-81-A 3 × 150 mm².

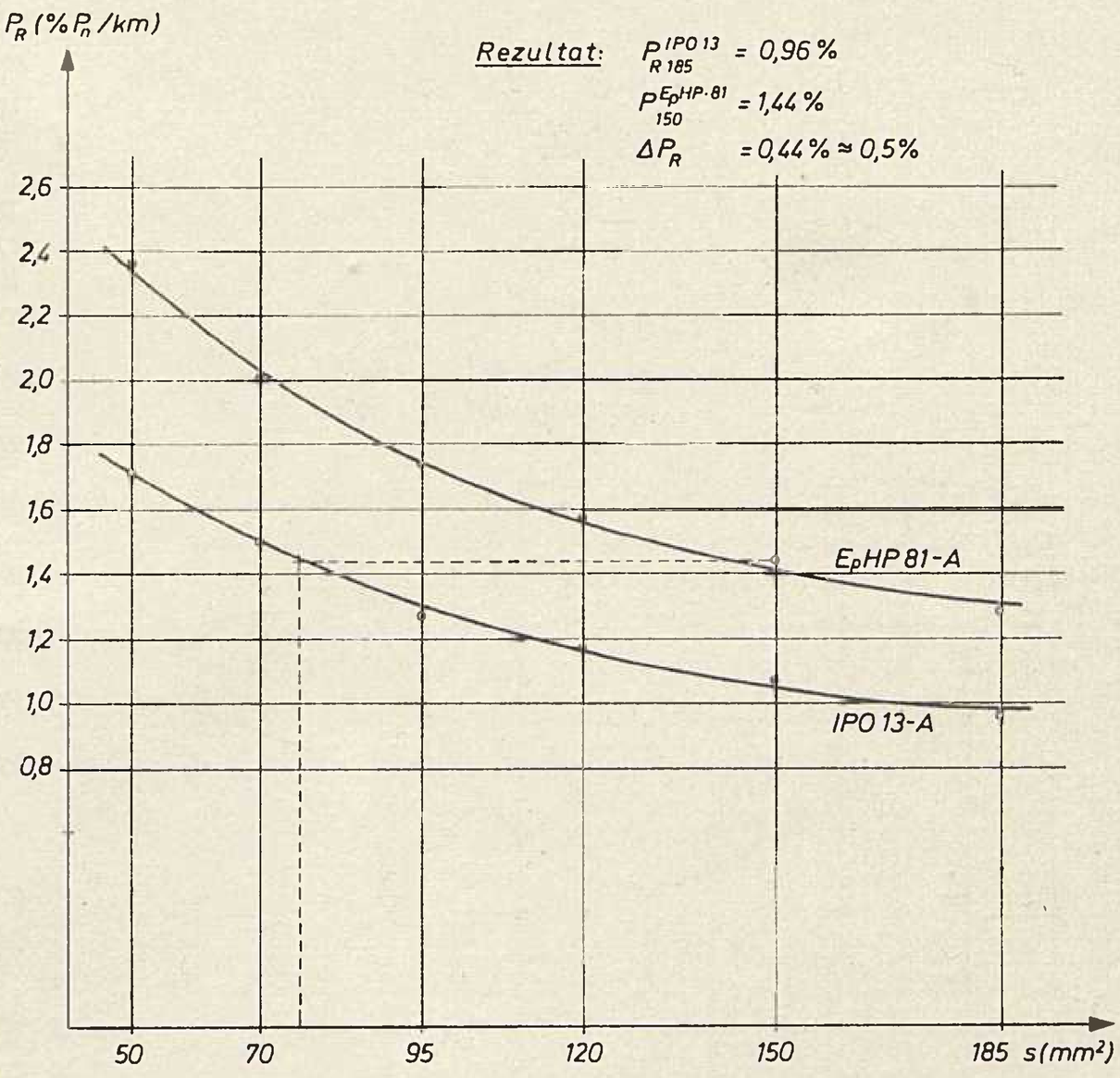
Imajući nadalje pred očima izraz (12), kao i upotrebna vremena gubitaka snage, koja za naponski režim 10 kV iznose:

$$\tau_0 = 8\,760\ h/god.$$

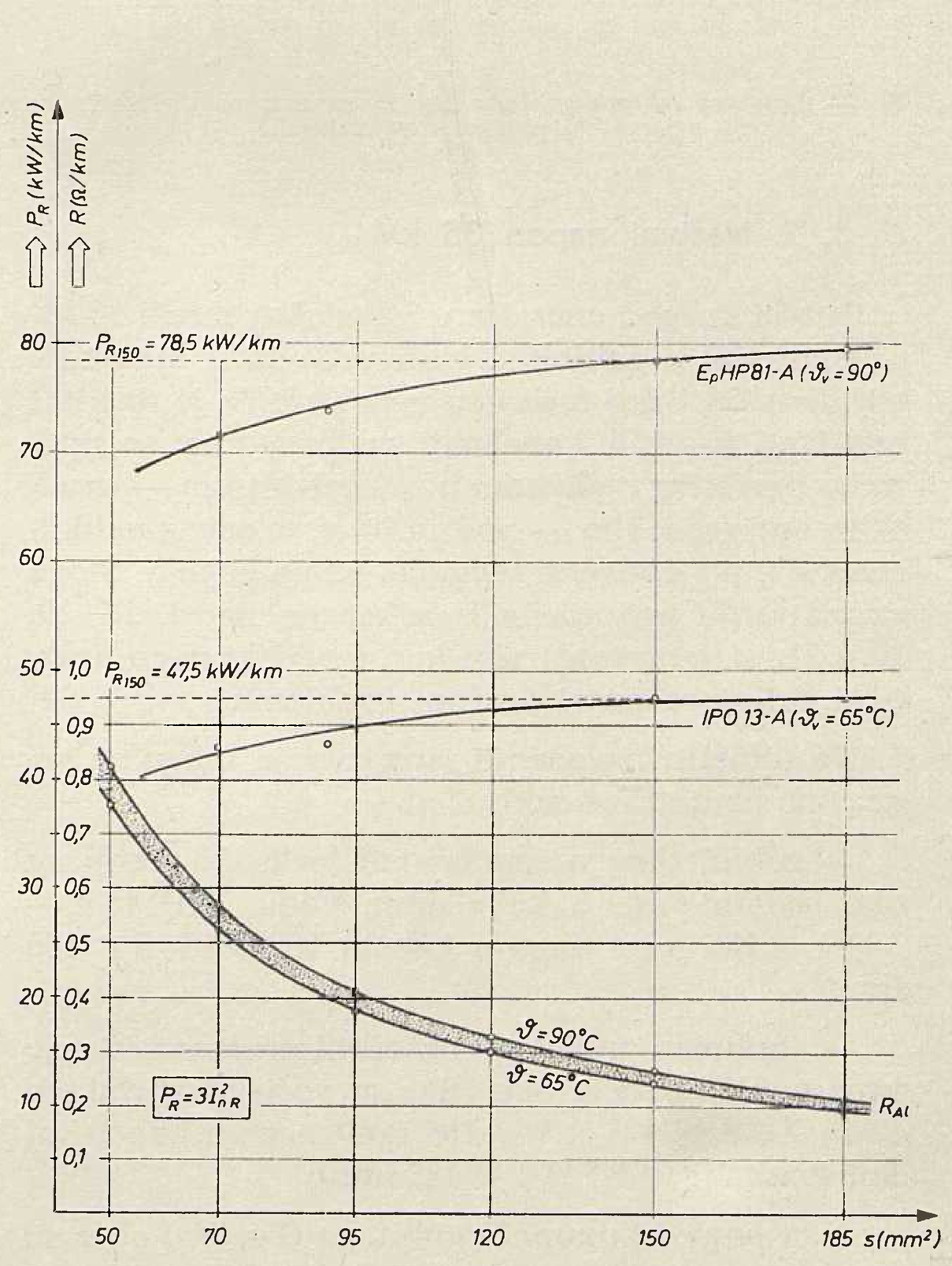
$$\tau_R = 2\,000 - 2\,500\ h/god.,$$

pokazuje se da je i u pogledu gubitaka energije (Wg) kabelska konstrukcija IPO 13-A 3 × 185 mm² nešto ekonomičnija od KB konstrukcije EpHP 81-A 3 × 150 mm².

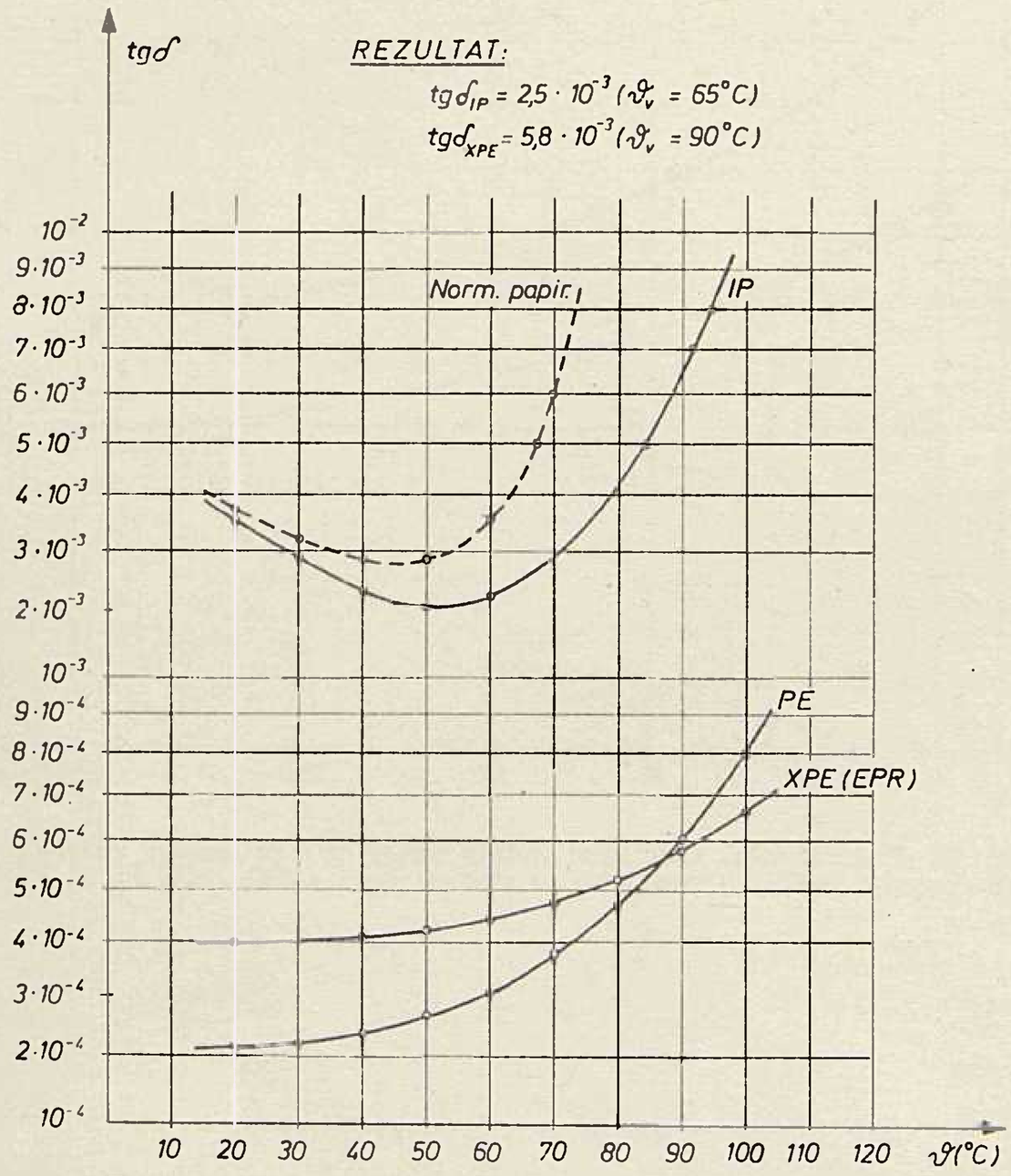
Iz provedenih istraživanja očito se smije zaključiti da u pogledu gubitaka snage i energije, upotreba kabela IPO 13 u gradnji kabelskih distributivnih mreža, osigurava nešto ekonomičniji rad mreže.



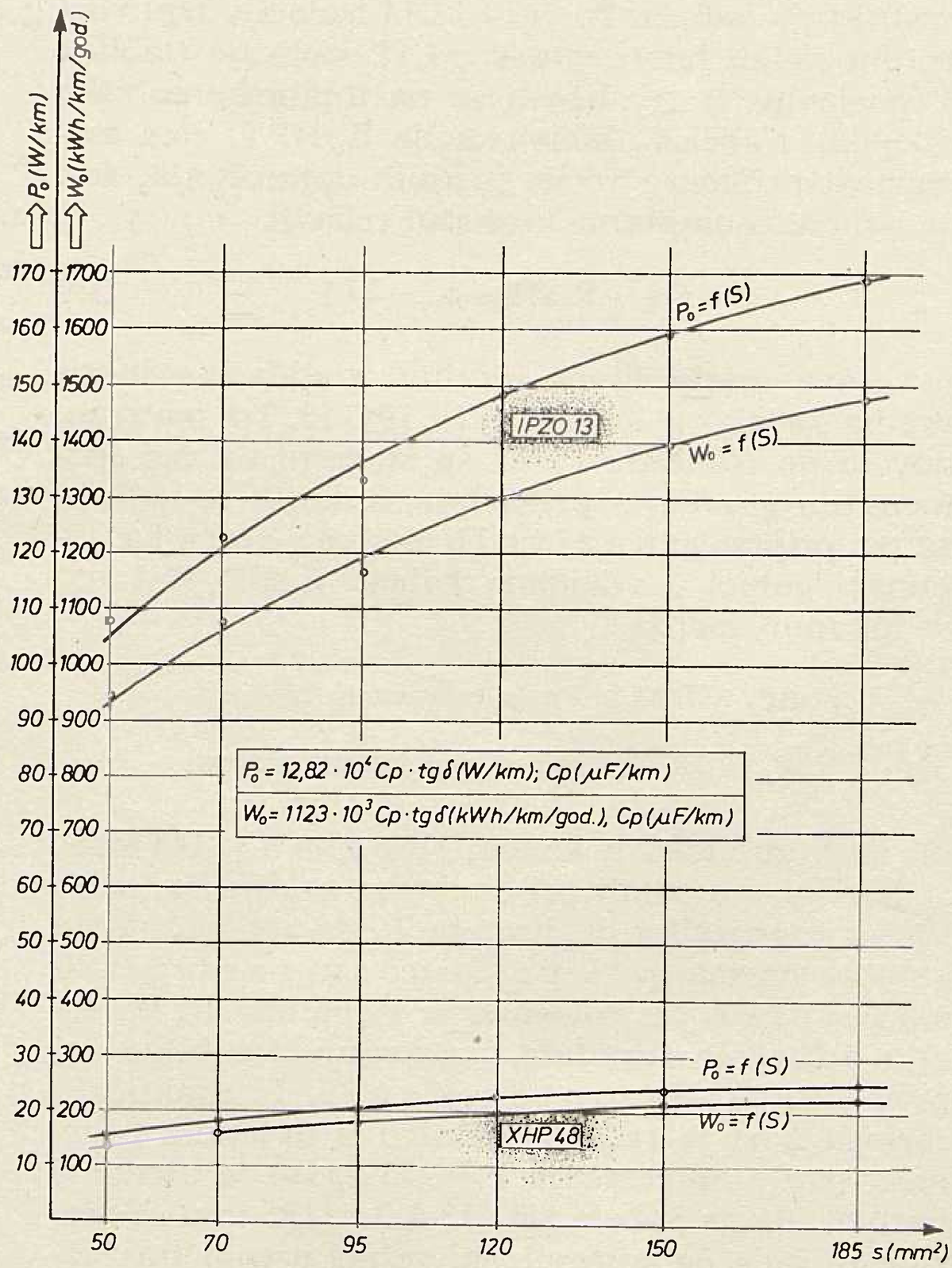
Sl. 16. Procentualni specifični gubici snage pri prijenosu nazivnog opterećenja ovisni o prosjeku te vrste i tipu kabela (Un = 10 kV)



Sl. 17. Specifični toplinski gubici pri prijenosu nazivne snage u ovisnosti o presjeku te vrsti i tipu kabela (Un = 10 kV)



Sl. 20. Ovisnost faktora gubitaka tgδ za razmatrane dielektrike u ovisnosti o porastu temperature ϑ



Sl. 21. Ovisnost gubitaka snage, odnosno godišnjih gubitaka energije (radi nesavršenosti izolacije) o vrsti, tipu i presjeku kabela za Un = 35 kV

5. 3. 2. Nazivni napon 35 kV

Gubici snage i energije u kabelskoj mreži 35 kV u usporedbi s gubicima istih veličina u cjelokupnoj distributivnoj mreži su neznatni. To je rezultat relativno kratkih kabelskih vodova, čija se upotreba preferira uglavnom u urbaniziranim — gradskim i prigradskim — područjima, te zaista velikih rezervi u prijenosnim mogućnostima kabela. Stoga razmatranja provedena i prikazana na sl. 18, 19, 20. i 21. valja shvatiti više kao teorijski nego praktički prilog raspravi o ovom problemu.

Na temelju navedenih istraživanja mogu se generalno iznijeti ovi zaključci:

— gubici zbog nesavršenosti izolacije manji su oko sedam puta u kabelskom vodu XHP 48-A — 3 × 1 × 185 mm² nego u kabelu IPZO 13 3 × 185 mm²;

— toplinski gubici prouzročeni prolazom struje kroz vodiče kabela oko 70% su veći u kabelskom vodu XHP 48-A 3 × 1 × 185 mm² nego u kabelskoj konstrukciji IPZO 13 3 × 185 mm²;

— u pogledu ukupnih gubitaka (Pg, Wg) obje su uspoređivane kabelske konstrukcije ekonomski gotovo ravnopravne.

6. ZAKLJUČCI

Na temelju analize provedene u prethodnim izlaganjima može se kazati da izgradnju kabelske distributivne mreže srednje Dalmacije (područje radne organizacije »Elektrodalmacija«-Split) valja ubuduće ostvarivati slijedećim kabelskim konstrukcijama, KB priborom i izvedbenim metodama:

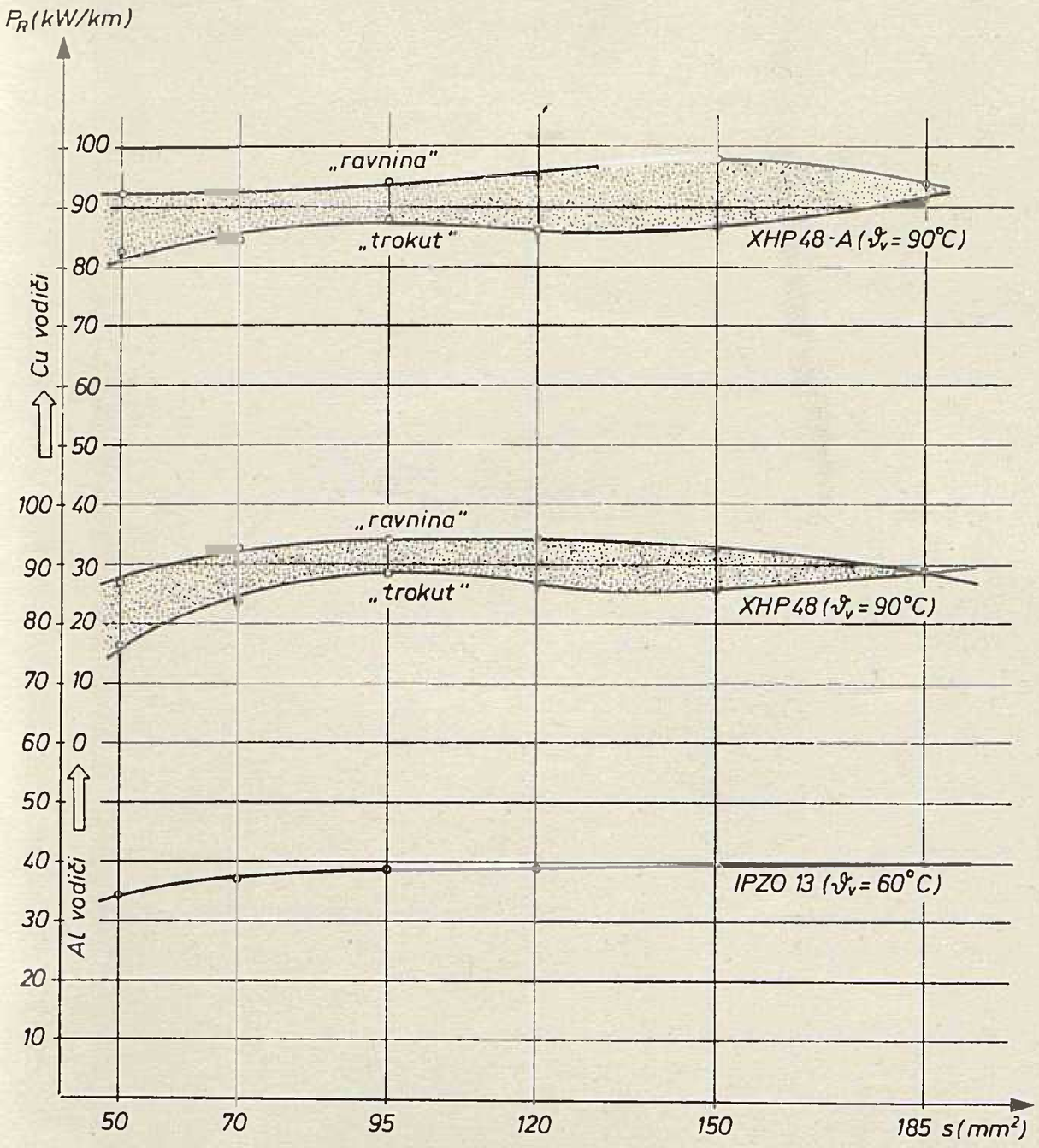
I. Na naponskoj razini 10 kV

a) Najpovoljnija kabelska konstrukcija, u tehničko-ekonomskom smislu, za ovu naponsku razinu je kabel

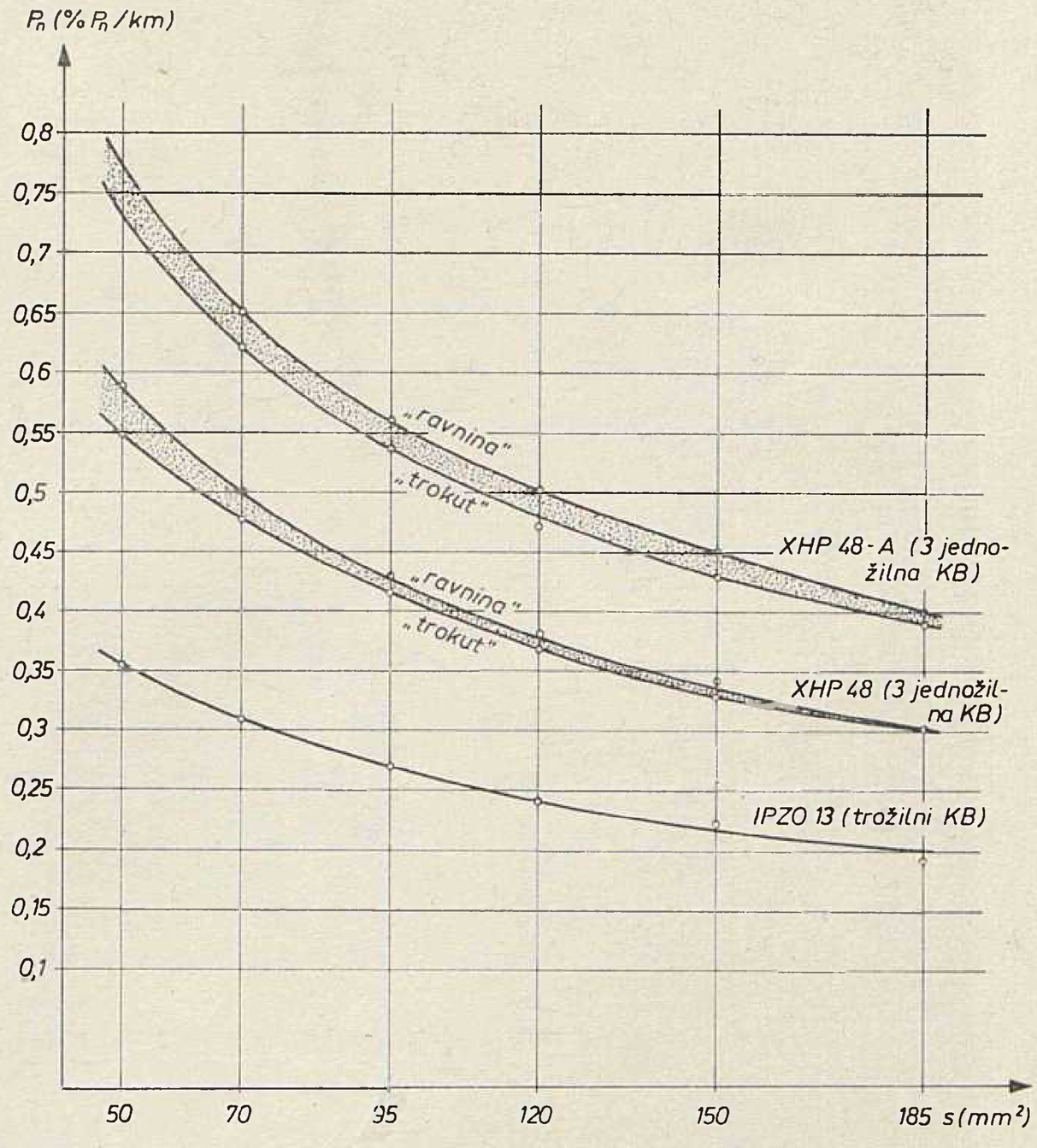
EpHP 81-A 3 × 150 mm².

To je konstrukcija koja kao primarnu izolaciju primjenjuje termoplastični dielektrik EPDM, za vodič, aluminijsko uže a za mehaničku zaštitu dvije čelične vrpce; poluvodljivi sloj preko vodiča i preko primarne izolacije osigurava radijalno električno polje u primarnoj izolaciji. Takva konstrukcija garantira dugu životnu dob mreže, izvanredna izvedbena i eksploatacijska svojstva te odlične ekonomske efekte.

b) Od više mogućih metoda izrade spojnog i završnog pribora za usvojenu kabelsku konstrukciju



Sl. 18. Specifični toplinski gubici pri prijenosu nazivne snage u ovisnosti o presjeku, vrsti i tipu kabela (Un = 35 kV)



Sl. 19. Procentualni specifični gubici snage pri prijenosu snage u ovisnosti o presjeku, te tipu i vrsti kabela (Un = 35 kV)

kao najoptimalnija pokazuje se metoda toploskupljajućih elemenata (proizvođač »Raychem«). Tek u nedostatku tog pribora preporuča se primijeniti spojnice i završetke na principu omatanja termoplastičnim vrpcama (proizvođač Scotch-3M).

c) Za spajanje i završavanje vodiča, s obzirom na to da se radi o aluminijskim užetima, i nadalje se treba koristiti metodom utiskivanja (tlačenja) kao najsigurnijom.

II. Na naponskoj razini 35 kV

a) Zbog izuzetnih tehničko-ekonomskih svojstava, koja u gotovo svim točkama usporedbe znatno nadmašuju kabelsku konstrukciju IPZO 13, najoptimalnija KB konstrukcija za ovu naponsku razinu je

XHP 48-A 1 × 185 mm².

To je jednožilni kabel s primarnom izolacijom od umreženog polietilena i vodičem od aluminijskog užeta. Dva poluvodljiva sloja (preko vodiča i preko primarne izolacije) i električna zaštita garantiraju dug vijek iskorištenja i efikasnu provedbu svih zaštitnih mjera u distributivnoj mreži.

b) Budući da je kao vodički materijal usvojen aluminij za spajanja i završavanja vodiča, valja upotrijebiti metodu utiskivanja.

c) Od spojnog i završnog kabelskog pribora upotrebljavati onaj koji se temelji na istim metodama koje su navedene za naponsku razinu 10 kV, s napomenom da je spojnica po metodi toploskupljajućih elemenata (Raychem) u fazi laboratorijskog eksperimentiranja.

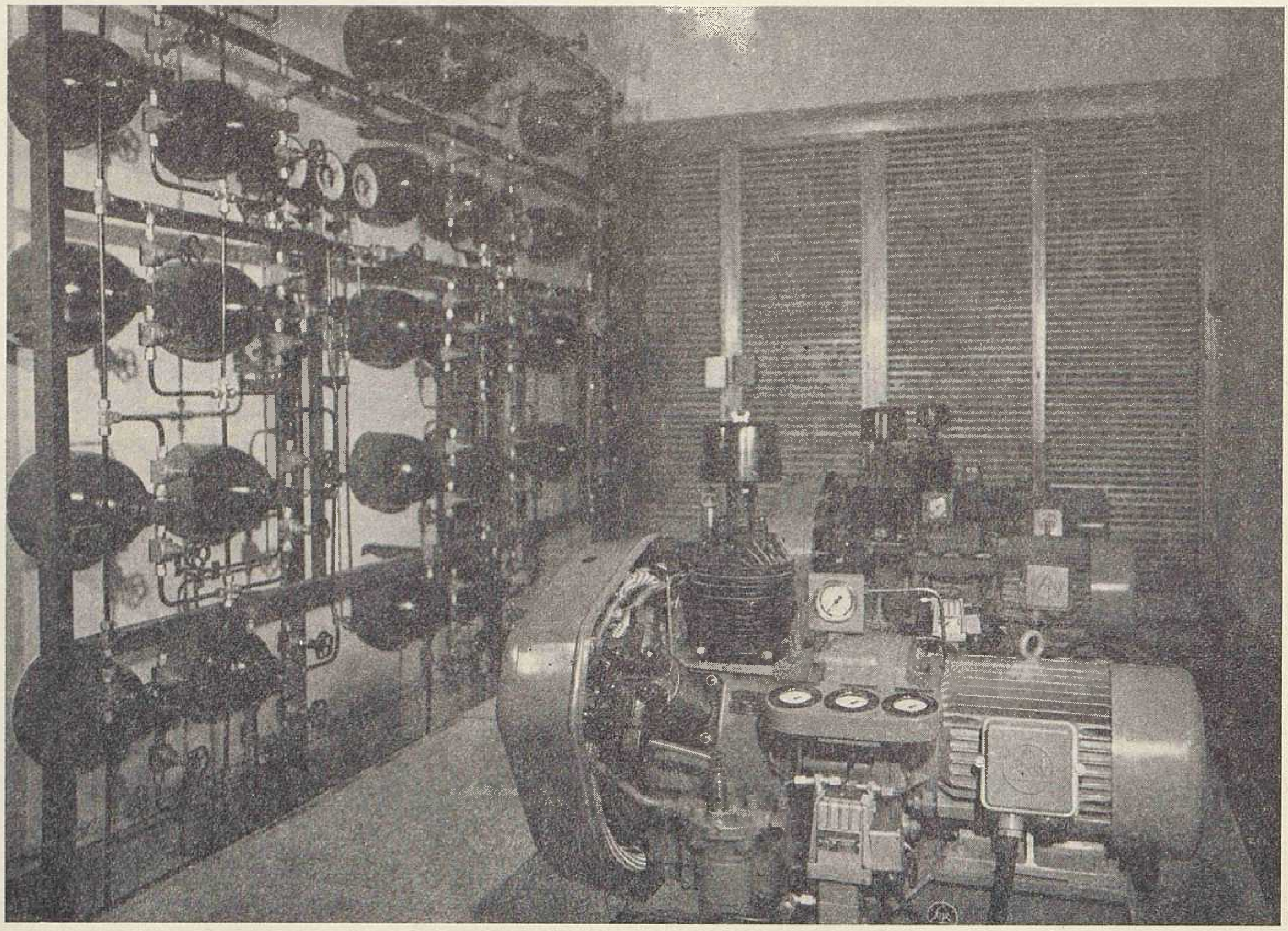
LITERATURA

1. Katalozi, tehničke informacije i prospekti proizvođača kabela i kabelskog pribora (ELKE — Zagreb, FKS — Svetozarevo, NOVKABEL — Novi Sad, TEP — Zagreb)
2. ž. Dobrosavljević: Proračun redukcionog faktora kablova (referat 4.03 sa VI simpozija o energetskim kabelima, Vrnjačka Banja — 1978)
3. B. Antonijević — S. Nikolajević: Uticaj tehnologije na kvalitet visokonaponskih kabela sa izolacijom od umreženog polietilena (referat 1.04 sa VI simpozija o energetiskim kabelima, Vrnjačka Banja — 1978)

SELECTION MEDIUMVOLTAGE UNDERGROUND CABLES FOR DISTRIBUTION NET IN MID DALMACIJA

Standardization of electrical net elements is the bazic condition for economical construction and reliable operation of nets. In the article is performed analisis of important factors and most suitable cable constructions for voltage of 10 kV and 35 kV of mid Dalmacija are presented.

Naslov pisca:
mr Vojmir Dvornik, dipl. ing.
»Elektrodalmacija« Split



HE »Orlovac« — kompresorska stanica

Energija God. 29 (1980) br. 1—2, 45—50.

ANALIZA IZBORA MJERENJA PO KOMPONENTAMA PRIJENOSNE MREŽE I DALJINSKOG PRENOSA CIKLIČKIH INFORMACIJA

Juraj Šimunić, Opatija

UDK 621.316.1

Provedena je analiza dosadašnjih gledanja na izbor mjerenja po komponentama mreže i izbor daljinskog prijenosa cikličkih informacija. Na temelju provedene analize iznesen je prijedlog sistema mjerenja u prijenosnoj mreži za potrebe vođenja elektroenergetskog sistema u realnom i proširenom realnom vremenu.

1. IZBOR MJERENJA PREMA DOSADAŠNJIM SAGLEDAVANJIMA

U toku razvoja prijenosne mreže bilo je dosta lutanja u izboru odgovarajućih mjerenja koja je potrebno provoditi na pojedinim komponentama u postrojenjima. Pregled sistema mjerenja (Lit. 1) za postojeće stanje prijenosne mreže u nas pokazuje da u toku razvoja prijenosne mreže nije bilo pravih kriterija izbora mjerenja. Tako se npr. na dalekovodima mjeri struja i napon, ili struja, napon i radna snaga, ili struja, napon i radna energija, ili struja, napon, registracija radne i jalove snage, radna i jalova energija, i još niz kombinacija. Teško je navesti sve razloge takvog stanja, ali se može kazati kao osnovno da nije bilo jasno definirano korištenje pojedinih mjerenja i da se tom problemu nije do danas posvetilo dovoljno pažnje.

U novije vrijeme, kada se počelo raditi na planiranju uvođenja sistema daljinskog vođenja (SDV) mreže, nametnuo se problem jedinstvenog izbora mjerenja po komponentama mreže i izbora daljinskog prijenosa u pojedine nivoe informaciono-upravljačkog sistema (IUS). Prihvaćajući novi informaciono-upravljački sistem, izvršeno je određeno sistematiziranje mjerenja po pojedinim karakterističnim komponentama. Prikaz takvog izbora mjerenja dan je na sl. 1. iz koje se može zapaziti ovo:

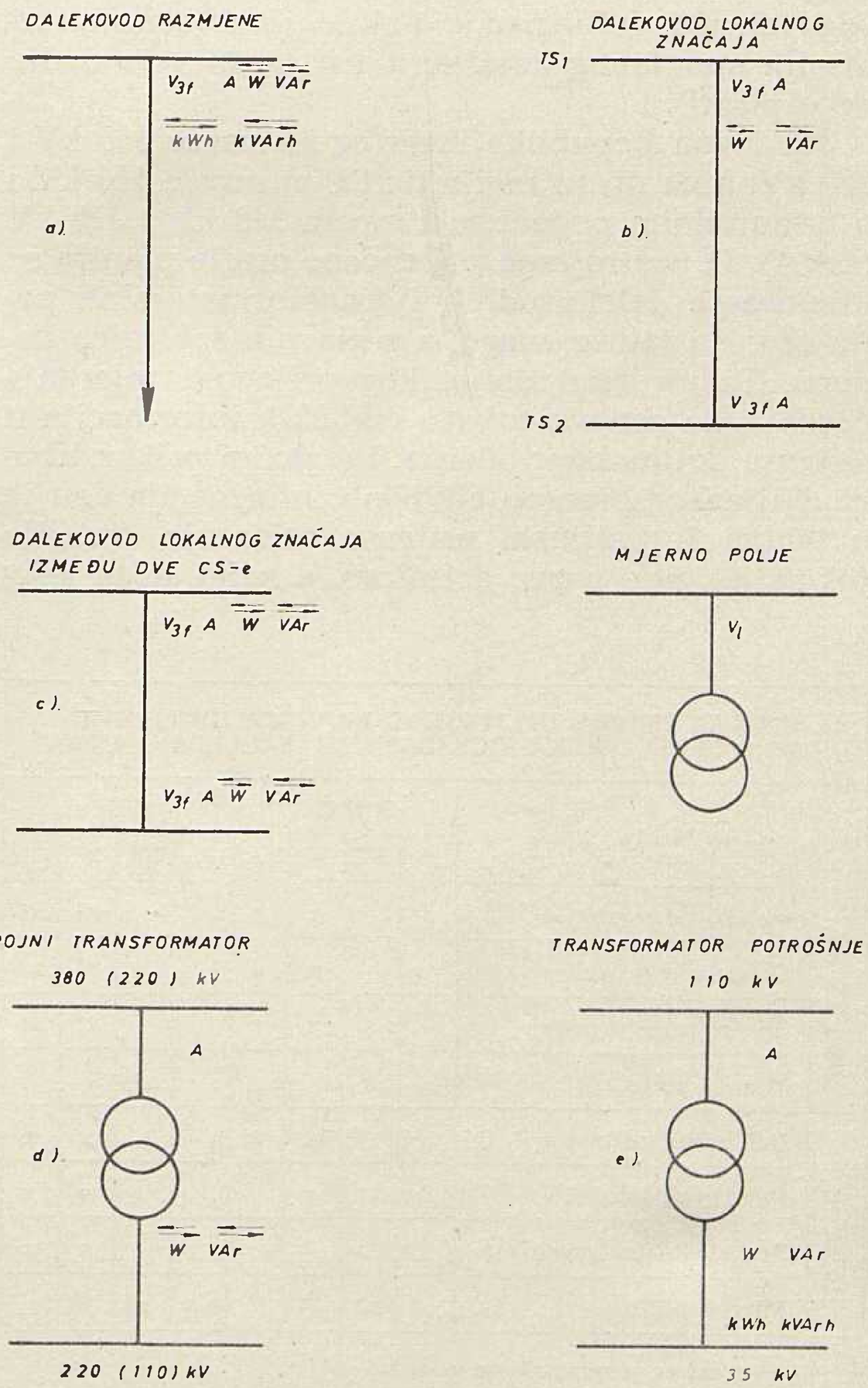
— na svim dalekovodnim poljima se predviđa mjerenje struje, napona i radne i jalove snage (na dalekovodima lokalnog značenja mjeri se snaga samo na jednom kraju)

— u mjernom polju predviđa se mjerenje linijskog napona

— na višenaponskoj strani transformatora predviđa se mjerenje struje, a na niženaponskoj strani radna i jalova snaga (za spojne transformatore dvosmjerno)

— samo na dalekovodnim poljima razmjene i transformatorima potrošnje predviđa se mjerenje radne i jalove energije.

Takav izbor mjerenja predstavlja sigurno napredak u odnosu prema dosadašnjem stanju. Ukazano je na nepotrebnost mjerenja energije na dalekovodnim poljima lokalnog značenja, izabrano je mjerenje faznog napona na dalekovodnim polji-



Sl. 1. Izbor mjerenja za karakteristične elemente postrojenja

ma i linijskog napona na mjernom polju, na transformatorima je utvrđeno mjerenje struje samo na visokonaponskoj strani, a osim toga željela se postići unificiranost izbora mjerenja za iste karakteristične komponente mreže. Pri tome još uvijek nije ispitana suvislost svih mjerenja s obzirom na korištenje u procesu, za direktan nadzor i upravljanje u realnom vremenu i analize sistema u proširenom realnom vremenu.

Da bi se došlo do određenih spoznaja o tome da li je prikazani izbor mjerenja izvršen optimalno, provest će se analiza redundancije mjerenja realnog i proširenog realnog vremena.

2. KRATKI OPIS KONCEPCIJE SDV-a I TOKOVA CIKLIČKIH INFORMACIJA

Vođenje elektroenergetskog sistema u suvremenom informaciono-upravljačkom sistemu bit će organizirano u Republici u dva nivoa: Republički dispečerski centar (RDC) i centri upravljanja (CU) u regijama. Po potrebi, u izvanrednim pogonima uključit će se u funkciju vođenja i postrojenja (PS). Da bi se iz pojedinog nivoa vođenja EES-a mogao pratiti sistem, potrebno je u njemu imati odgovarajuće informacije o rješenjima (osim informacija spontanog karaktera i o kojima se ovdje neće pisati).

Na nivou Republike vodit će se mreže 380 kV i 220 kV, a na nivou regija (iz CU-a) mreže 110 kV i u izvanrednim pogonima i mreža 380 kV i 220 kV (Lit. 4). Iz postrojenja prijenosne mreže planira se prenošenje dalekovodnih i transformatorskih polja radne i jalove snage, a s glavnih sabirnica napona. Takav izbor daljinskog prijenosa mjerenja predstavlja osnovu tokova cikličkih informacija u sistemu daljinskog vođenja. Pregledni prikaz izbora daljinskog prenosa cikličkih informacija dan je u tablici 1. Daljinski prijenos mjerenja energija još uvijek nije posve definiran, a kako su ta mjerenja obračunskog karaktera, neće se uzimati u obzir u daljnjoj analizi izbora mjerenja za vođenje EES-a u procesu. Ukratko opisani način vođenja i pridruženi sistem mjerenja koristit će se u daljnjem izlaganju, a opširan opis ove tematike može se naći u Lit. 4 i ostalim studijama i radovima koji tretiraju problematiku sistema daljinskog vođenja (SDV-a) u Elektroprivredi SRH.

Tablica 1

PRIKAZ IZBORA DALJINSKOG PRENOSA CIKLIČKIH INFORMACIJA PREMA DOSADAŠNJIM SAGLEDAVANJIMA

	Mreža	RDC				CU			
		A	kV	W	VAr	A	kV	W	VAr
380 i 220 kV	Dalekovod razmjene			x	x			x1	x1
	Dalekovod lokalni			x	x			x1	x1
	Spojni transformator			x	x			x1	x1
	Mjerno polje		x				x1		
110 kV	Dalekovod razmjene			x	x			x	x
	Dalekovod lokalni							x	x
	Transformator potrošnje							x	x
	Mjerno polje		x2				x		

x — prenosi se u normalnom pogonu
x1 — prenosi se u izvanrednom pogonu
x2 — prenosi se napon iz postrojenja razmjene

3. PRIJEDLOG IZBORA MJERENJA ZA SUVREMENI

Često se u analizama suvremenih informaciono-upravljačkih sistema spominje pojam redundancije mjerenja u centrima vođenja elektroenergetskog sistema. Stoga će se ukratko opisati pojam redundancije prema literaturi i izračunati njena vrijednost za izabrana mjerenja na nivou centara upravljanja i republičkog dispečerskog centra za prijenosnu mrežu Elektroprenosa Opatija. Uobičajeno je da je taj pojam vezan za aktivnosti analize mreže u proširenom realnom vremenu te će se i izračunati najprije redundancija s obzirom na potrebe analiza sistema u proširenom realnom vremenu, a nakon toga će se opisati redundantnost mjerenja s obzirom na potrebe nadzora sistema u realnom vremenu.

Poznato je (Lit. 1) da se za varijable stanja u elektroenergetskom sistemu (minimalni broj varijabli koje opisuju stanje sistema) uzimaju naponi čvorova mreže. Naponi čvorova su pri tome kompleksne veličine te je za određivanje stanja sistema potrebno poznavati n kompleksnih veličina ili 2 n realnih veličina (n je broj čvorova mreže), odnosno točnije 2 n — 1 realnih veličina jer se u praksi kut napona referentnog čvora izjednačava s nulom. Prema tome, uz odgovarajuću opremu informaciono-upravljačkog sistema (hardware i software) u centrima vođenja bilo bi potrebno u idealnim uvjetima prenositi 2 n realnih veličina da se odredi stanje sistema potrebno za vođenje mreže. U praksi, međutim, dolazi do kvarova na pojedinim elementima informaciono-upravljačkog sistema te se pojedine informacije mogu izgubiti ili prenijeti s određenom pogreškom. Zbog toga se potrebno koristiti većim brojem mjerenja negoli je minimalno potrebno. Postoji, dakle, jedan broj minimalno potrebnih mjerenja koja se moraju prenositi iz postrojenja i jedan broj stvarno korištenih mjerenja. Odnos tih dvaju brojeva daje prije spomenutu karakterističnu veličinu redundancije informacija o mjerenjima. Može se pisati:

$$R = \frac{M}{N} \qquad (1)$$

R — redundancija mjerenja
M — broj stvarno korištenih mjerenja
N — broj minimalno potrebnih mjerenja.

Izračunat će se sada kolika je stvarna redundancija mjerenja prema izabranim kriterijima tokova

cikličkih informacija na nivou republičkog dispečerskog centra u kojem se vrše analize u proširenom realnom vremenu. Broj minimalno potrebnih mjerenja je N = 2n, a broj korištenih mjerenja može se izračunati prema izrazu:

$$M = (k_u + k_t + k_d + k_i) \cdot n = k_M \cdot n \qquad (2)$$

$$K_M = K_u + K_t + K_d + K_i$$

$k_u = \frac{ns}{n}$ — konstanta redundancije mjerenja napona

ns — broj mjerenja napona u čvorovima mržže

$k_t = \frac{nt}{t}$ — konstanta redundancije mjerenja na transformatorima

nt — umnožak broja transformatora i broja mjerenja po transformatoru

$k_d = \frac{nd}{n}$ — konstanta redundancije mjerenja snage na dalekovodima

nd — umnožak broja dalekovoda i broja mjerenja po dalekovodu

$k_i = \frac{n_i}{n}$ — konstanta redundancije mjerenja proizvodnje

n_i — umnožak broja elektrana i broja mjerenja proizvodnje po elektranama.

Za mrežu na području Elektroprenosa Opatija može se izračunati vrijednost M ako se definiraju ovi podaci:

— broj čvorova mreže 220 kV i 380 kV je 10
— broj transformatora je 17
— broj izvora je 6
— broj dalekovoda je 22
— sa dalekovoda, transformatora i iz izvora se prenašaju po dva mjerenja u RDC
— sistemi sabirnica se pretpostavljaju glavne + pomoćne a napon se mjeri samo na glavnim sabirnicama.

Koristeći se opisanim podacima, vrijednosti pojedinih konstanti izraza (2) jesu:

$$K_u = \frac{n_s}{n} = 1$$

$$K_t = \frac{2 \cdot 17}{10} = 3{,}4$$

$$K_d = \frac{2 \cdot 22}{10} = 4{,}4$$

$$K_i = \frac{2 \cdot 6}{10} = 1{,}2$$

Nakon uvrštavanja u izraz (2) za broj korištenih informacija

$$K_M = (1 + 3{,}4 + 4{,}4 + 1{,}2) = 19$$

slijedi redundancija mjerenja na nivo republičkog dispečerskog centra:

$$R = \frac{M}{N} = \frac{K_M \cdot n}{2 \cdot n} = \frac{1}{2} K_M$$

R = 5.

Prema iskustvenim podacima (Lit. 1 i 2) može se zaključiti da se za potrebe analize elektroenergetskog sistema u proširenom realnom vremenu iznos redundancije treba kretati između 1,5 i 2,5, ovisno o koncepciji i mogućnostima softwarske i hardwarske strukture informaciono-upravljačkog sistema. Pokazuje se još iz navedene literature da nije poželjno ići na redundanciju manju ispod 1,5, jer se u tom slučaju utjecaji pogrešaka utvrđivanja stanja mreže znatno povećavaju.

U prikazanom slučaju iznos redundancije od 5 može iznenaditi, ali ako se uzme u obzir da se veći broj mjerenja mora nužno prenositi zbog potrebe praćenja pogona mreže u realnom vremenu, tada je razumljiva i tako visoka redundancija. Na analogan način izračuna se i redundancija mjerenja na nivou centara upravljanja i dobije se vrijednost 5,5 ali ta veličina u ovom trenutku razvoja informaciono-upravljačkog sistema nema pravi smisao jer se u centrima upravljanja ne predviđa analiza mreže u proširenom realnom vremenu.

Da bi se cjelovitije mogao sagledati u praksi prihvaćeni pojam redundancije mjerenja za potrebe analiza sistema u proširenom realnom vremenu, uvest će se pojam redundancije mjerenja za praćenje mreže u realnom vremenu. Tek sagledavanjem obiju navedenih vrijednosti redundancije, mogu se dobiti određeni pokazatelji o izboru mjerenja za potrebe praćenja i analize sistema u centrima vođenja koji obavljaju i funkcije realnog i funkcije proširenog realnog vremena.

Minimalno potreban broj mjerenja za potrebe praćenja mreže u realnom vremenu dobije se kao suma mjerenja napona u čvorovima i snage (W) ili struje (A) na dalekovodima i transformatorima, pa se može pisati:

$$N_r = n_č + n_d + n_t \qquad (3)$$

N_r — broj minimalno potrebnih mjerenja za praćenje mreže u realnom vremenu
$n_č$ — broj čvorova mreže
d_d — broj grana mreže
n_t — broj transformatora.

Broj korištenih mjerenja u centrima sistema daljinskog vođenja mreže dobije se prema izrazu

$$M_r = k_u \cdot n_č + k_t \cdot n_t + k_d n_d \qquad (4)$$

M_r — broj korištenih mjerenja za praćenje mreže u realnom vremenu
k_u — prosječan broj korištenih mjerenja napona po čvorovima
k_t — prosječan broj korištenih mjerenja po transformatoru
k_t — prosječan broj korištenih mjerenja po dalekovodu.

Vvrijednost redundacije mjerenja za potrebe praćenja mreže u realnom vremenu može se sada pisati kao

$$R_r = \frac{M_r}{N_r} \qquad (5)$$

R_r — redundancija mjerenja realnog vremena.

Prema navedenim podacima o karakteristikama promatrane prijenosne mreže dobiju se ove vrijednosti za pojedine konstante u izrazu (4):

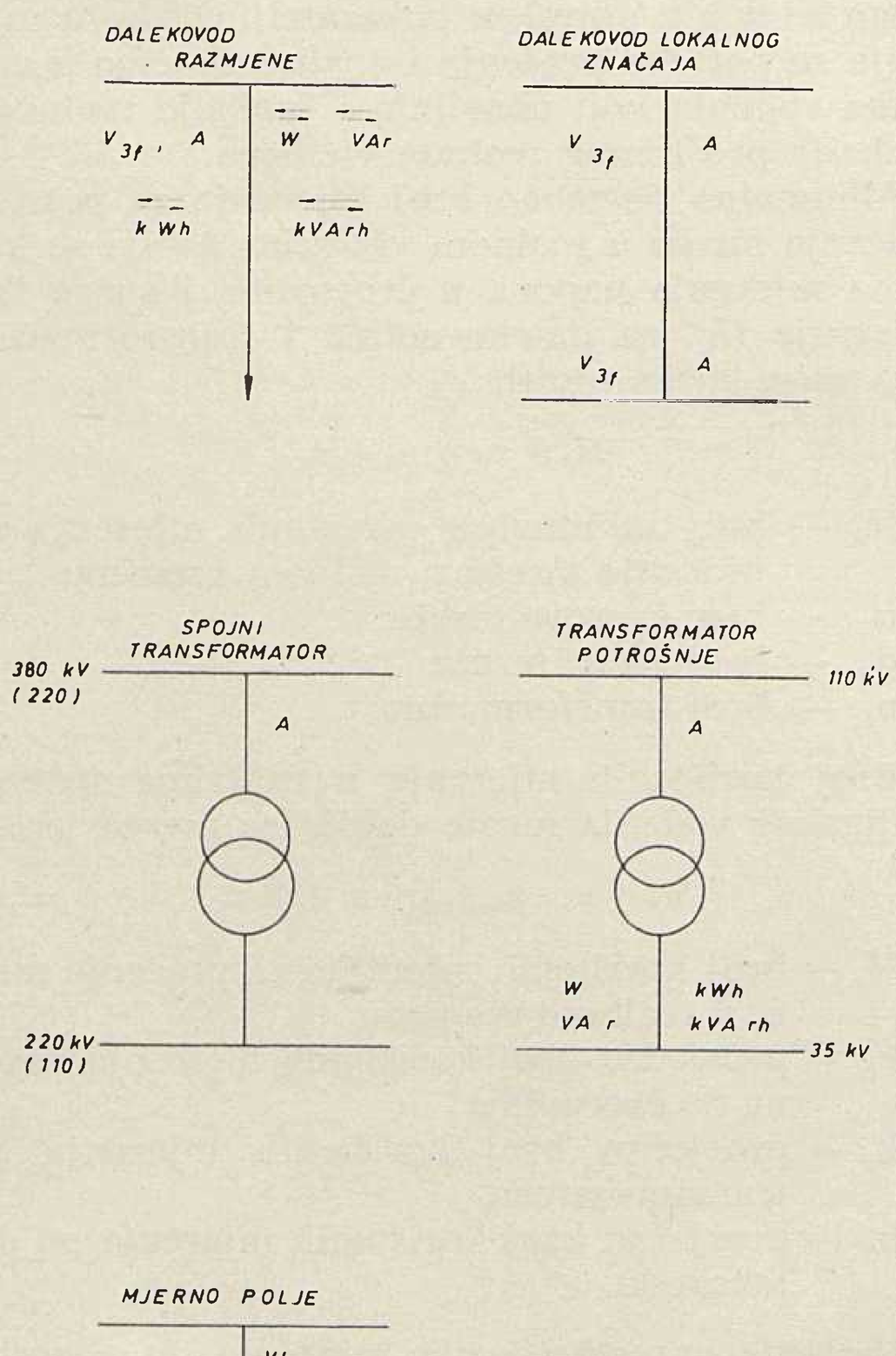
$k_u = 1 \quad n_G = 10$
$k_l = 2 \quad n_d = 22$
$k_d = 2 \quad n_t = 17.$

Prema izrazima 3 i 4 vrijedi $N_r = 49$ a $M_r = 88$ te vrijednosti redundacije mjerenja za praćenje pogona u realnom vremenu na nivou dispečerskog centra iznosi

$$R = \frac{M_r}{N_r} = 1{,}8,$$

što pokazuje da se daljinski prenaša gotovo dvostruko više mjerenja od stvarno potrebnih za praćenje pogona mreže u realnom vremenu.

Istim postupkom može se izračunati i redundancija mjerenja u realnom vremenu na nivou centara upravljanja za mrežu 110 kV i dobije se ista vrijednost $R_r = 18$.



Sl. 2. — Prijedlog izbora mjerenja za komponente prenosne mreže za suvremeni JUS

Sva ova razmatranja o redundanciji mjerenja u pojedinim nivoima vođenja prijenosne mreže pokazuju da se prema današnjim sagledavanjima realizacije informaciono-upravljačkog sistema prenosi određen broj suvišnih informacija o mjerenjima. Razlog tome je u tradicionalnom shvaćanju praćenja mreže ali i u nedovoljno stečenim iskustvima vođenja EES-a uz pomoć suvremenog informaciono-upravljačkog sistema. Potrebno je zato izvršiti redukciju izbora mjerenja vodeći brigu o korištenju mjerenja u procesu i izvan procesa.

4. PRIJEDLOG IZBORA MJERENJA ZA SUVREMENI IUS

U poglavlju 2. je prikazan izbor mjerenja po komponentama prijenosne mreže koji u odnosu na prethodno razdoblje razvoja prijenosne mreže predstavlja vidan napredak. Analiza takvoga izbora mjerenja pokazuje da se još uvijek mjeri i daljinski predviđa prenositi suvišan broj mjerenja. Zato će se u daljnjem tekstu dati prijedlog sistema mjerenja u prijenosnoj mreži uz potrebna obrazloženja.

U procesu prijenosa električne energije mogu se mjerenja prema namjeni podijeliti na:

1. Pogonska mjerenja koja se koriste za razna ispitivanja pri održavanju i za nadzor i upravljanje elementima mreže. U ta mjerenja se mogu uključiti mjerenja struje i mjerenja napona koja se za pogonske potrebe koriste kao indikacija uklopnog stanja elementa mreže pri izvršavanju pojedinih manevara.

2. Energetska mjerenja koja služe za procesne analize i sinteze mreže i za statističko praćenje pogona prijenosne mreže. U tu grupu spadaju mjerenja radne i jalove snage i mjerenja napona koja ovdje služe za određivanje stanja mreže i ostale procesne analize.

3. Obračunska mjerenja koja obuhvaćaju mjerenja energije na mjestima razmjene i potrošnje električne energije i koriste se za obračun električne energije i tehničko-ekonomske analize.

Prema prikazanim sagledavanjima izvršen je izbor mjerenja po komponentama mreže i prikazan na sl. 2.

Može se zapaziti iz slike da je samo na dalekovodima razmjene i transformatorima potrošnje potrebno predvidjeti mjerenje snage i energije, a na ostalim komponentama mreže dovoljno je mjeriti struje i napone.

U poglavlju 3. opisana je ukratko koncepcija sistema daljinskog vođenja na nivou Republike. Prije prikaza kriterija daljinskog prenosa cikličkih informacija napomenut će se još da se pretpostavlja, prema zacrtanoj koncepciji, da se aktivnosti analize i sinteze EES-a u proširenom realnom vremenu obavljaju na nivou republičkog dispečerskog centra. Tablica 2. prikazuje kriterije izbora daljinskog prenosa cikličkih informacija.

Tablica 2

PRIKAZ IZBORA DALJINSKOG PRENOSA CIKLIČKIH INFORMACIJA

	Mreža	RDC				CU			
		A	kV	W	VAr	A	kV	W	VAr
380 kV i 220 kV	Dalekovod razmjene			x	x	x1			
	Dalekovod lokalni	x				x1			
	Spojni transformator	x				x1			
	Mjerno polje		x				x1		
110 kV	Dalekovod razmjene			x	x	x			
	Dalekovod lokalni					x			
	Transformator potrošnje			x2	x2	x			
	Mjerno polje		x3				x		

x — prenosi se u normalnom pogonu
x1 — prenosi se u izvanrednim pogonima
x2 — prenose se sumarne vrijednosti preko izabranih čvorova 380 i 220 kV
x3 — napon u postrojenjima razmjene

Za potrebe nadzora i upravljanja potrebno je daljinski prenositi struje, a za potrebe analize i sinteze EES-a u proširenom realnom vremenu radnu i jalovu snagu. S obzirom na to da je koncepcija SDV-a tako planirana da je RDC nadležan nad mrežom 380 kV i 220kV, potrebno je preko izabranih čvorova te mreže omogućiti i sumarni pregled radne i jalove snage sa transformatora potrošnje iz mreže 110 kV. Isto tako potrebno je predvidjeti prijenos napona iz čvorova razmjene mreže 110 kV. Za potrebe izvanrednih pogona treba u centre upravljanja prenositi i neka mjerenja iz mreže 380 kV i 220 kV.

U odnosu na ukratko opisane tokove cikličkih informacija u poglavlju 3, provedenim izborom tokova cikličkih informacija, s obzirom na njihovo korištenje, postiže se optimalniji izbor mjerenja po komponentama mreže i optimalniji tokovi cikličkih informacija u SDV-a. Osnovna razlika u odnosu na dosadašnja sagledavanja sadržana je u podjeli mjerenja za potrebe realnog vremena, struja i napon kao indikacija ukupnog stanja i za potrebe proširenog realnog vremena i naknadne analize, radna i jalova snaga.

Prema prikazanom izboru mjerenja na sl. 2. i izboru kriterija daljinskog prenosa cikličkih informacija može se ispitati redundantnost mjerenja za realno i prošireno realno vrijeme. Prema izrazima u poglavlju 4. vrijedi za redundanciju proširenog realnog vremena:

$$R_p = \frac{M}{N} = \frac{1}{2} km$$

$$k_M = k_u + k_t + k_d + k_i.$$

Ako se pretpostavi da se napon prenosi iz svih čvorova mreže, da se snaga transformatora potrošnje iz mreže 110 kV reducira na četiri čvora prenosne mreže 380 kV i 220 kV, da se radna i jalova snaga prenose sa dalekovoda razmjene (ima ih sedam) i da se iz izvora prenose radna i jalova snaga, dobiju se ove vrijednosti navedenih konstanti:

$$k_u = \frac{10}{10} = 1$$

$$k_t = \frac{2 \cdot 4}{10} = 0{,}8$$

$$k_d = \frac{2 \cdot 7}{10} = 1{,}4$$

$$k_i = \frac{2 \cdot 6}{10} = 1{,}2.$$

Za izračunavanje prikazanih konstanti korišteni su podaci za mrežu iz poglavlja 4. i izraz (2). Vrijednost redundancije proširenog realnog vremena iznosi

$$R_p = \frac{1}{2} K_M = \frac{4{,}4}{2} = 2{,}2$$

Za isti model mreže, koristeći se podacima iz tablice 2, može se sada izračunati redundancija mjerenja za potrebe realnog vremena. Vrijedi prema izrazima (3), (4) i (5):

$$N_r = n_č + n_d + n_t = 10 + 22 + 17 = 49$$

$$M_r = k_u \cdot n_č + k_d \cdot n_d + k_t \cdot n_t.$$

Ako se pretpostavi da se prenosi mjerenje sa svih glavnih sabirnica, struja sa spojnih transformatora, struje s obje strane lokalnih dalekovoda i snage sa dalekovodnih polja razmjene vrijednosti pojedinih konstanti su slijedeće:

$$k_t = 1$$

$$k_d = 2$$

$$M_r = 10 + 44 + 17 = 71$$

$$R_r = \frac{M_r}{M_r} = 1{,}4$$

U odnosu na prijašnji izbor mjerenja (poglavlje 2) i definirane tokove cikličkih informacija pokazuje se da se dobiveni podatak za R_p kreće između 1,5 i 2,5, a da se vrijednost R_r približava vrijednosti 1. Time je pokazano da izvršen izbor mjerenja odgovara stvarnim potrebama procesnog vođenja EES-a, a moguće su još i određene korekcije posebno u izboru kriterija daljinskog prijenosa informacija o mjerenjima.

Odluka o konačnom izboru mjerenja po komponentama mreže i definiranju tokova cikličkih informacija može se donijeti tek kada se priđe realizaciji sistema daljinskog vođenja i kada se budu poznavale osnovne harwarske i softwarske karakteristike informaciono-upravljačkog sistema u centrima vođenja EES-a. Ali već i ovakvo sagledavanje tokova cikličkih informacija daje približno točnu sliku o tome kako izvršiti izbor mjerenja po komponentama mreže za potrebe suvremenog vođenja u procesu i potrebe naknadnih analiza.

5. ZAKLJUČAK

Danas se može kazati da za EES na području elektroprivrede SRH postoji definirana osnovna koncepcija sistema daljinskog vođenja. Prema zacrtanoj koncepciji potrebno je prići definiranju izbora mjerenja po pojedinim komponentama mreže i definiranju tokova cikličkih informacija.

Analiza dosadašnjih sagledavanja sistema mjerenja pokazuje da se još do danas nije izvršio optimalan izbor s obzirom na potrebe realnog i proširenog realnog vremena. Zaključeno je da samo na dalekovodima razmjene i transformatorima potrošnje treba provoditi mjerenja energije i snage. Na ostalim elementima mreže treba mjeriti samo struje i napone za potrebe održavanja i potrebe nadzora i upravljanja u realnom vremenu. Pokazuje se da je pri planiranju izbora mjerenja potrebno imati na umu mogućnosti višestruke namjene pojedinih mjerenja s obzirom na održavanje, nadzor, upravljanje i analize i sinteze sistema.

Provedena analiza prikazanog prijedolga mjerenja (sl. 2) i izbora daljinskog prenosa cikličkih informacija (tablica 2) daje pozitivne rezultate s obzirom na postavljene kriterije prema literaturi i iskustvenim spoznajama iz prakse. Daljnje korekcije izbora tokova cikličkih informacija, u smislu dodavanja ili oduzimanja pojedinih mjerenja u izabranim točkama mreže mogu se provesti tek na temelju poznavanja detaljnih hardwarskih i softwarskih karakteristika suvremenog informaciono-upravljačkog sistema.

LITERATURA

1. Ž. Zlatar — J. Šimović — M. Šodan — B. Ćiković: Automatizacija prenosne mreže »Elektroprenosa« Matulji, I dio ETF — Zagreb, svibanj 1977. g.
2. H. J. Hanbrick — W. Kiwit: Planing und Betrieb von Netzen CIGRE 1974. Paris (ETZ-a 1974. g. br. 11)
3. D. Denzel i drugi: Unterstützung der Netzbetriebführung durch one-line Lastflurschätzung, Ausfallsimulations und Kurzschlussrechnung ETZ-a 1977. br. 9
4. J. Šimunić: Automatizacija EES-a na području Elektroprivrede Rijeka — Magistarski rad — Zagreb, 1979. g.
5. K. Reichert: On-line Lastflussberechnung (state Estimation) in elektrischen Energieversorgung systemen, Grundlagen ETZ-a, 1974. g. br. 2

ANALISIS FOR SELECTION OF COMPONENT MEASUREMENTS IN TRANSMISSION NETS AND REMOTE CYCLIC INFORMATION TRANSMISION

In the article is given analisis for selection of component meazurementsin transmission linos and selection of remote cyclic informations transmission. On the base of analisis sugsetion is given for measurement system in transmission net for the need of electric system control in real time.

Naslov pisca:
mr Juraj Šimunić, dipl. ing.
Elektroprenos, Opatija

Energija God. 29 (1980) br. 1—2, 51—55.

REKONSTRUKCIJA DALEKOVODA 35 kV ZA NAPON 110 kV BEZ VEĆIH INVESTICIONIH ULAGANJA

Branko Damjanović, Rijeka

UDK 621.315.21

Svaki dalekovod 35kV u povoljnijim uvjetima, ako je solidno izveden, i s vodičima kojima je presjek barem 95 mm², može se primjenom specijalnih konzolnih izolatora na mjestima gdje je to potrebno, s vrlo neznatnim troškovima osposobiti za viši standardizirani napon, za napon 110 kV. Mogućnosti izgradnje pokazane su na jednom karakterističnom primjeru.

1. UVOD

Nepredviđenim porastom opterećenja mnoge transformatorske stanice 35/10 kV s pripadajućim dalekovodima 35 kV postale su nedovoljne za napajanje potrošača kvalitetnom električnom energijom u gradskom i vangradskom (seoskom) području. Zbog toga se u blizini takvih potrošača gradi ili se pomišlja na izgradnju veće transformatorske stanice 110/10 kV ili još češće 110/20 kV s novim dalekovodima 110 kV koji će moći napajati ovu stanicu.

Izgradnja novih objekata zahtijeva angažiranje ne samo vrlo velikih materijalnih sredstava nego i duge rokove za projektiranje, izgradnju, opremanje i puštanje u pogon djelomično ili kompletno dovršenog objekta.

Da bi se i nadalje zadržala ista električna postrojenja 35 kV koja su zbog povećanja opterećenja postala nedovoljna i da bi se udovoljilo i ubuduće sve većim zahtjevima potrošača, ovdje će se ispitati mogućnost povećanja kapaciteta postrojenja, u prvom redu dalekovoda, prelaskom s napona 35 kV na viši, standardizirani napon, na 110 kV, a ako se to ne može postići, onda usvojiti jedan privremeni napon između 35 i 110 kV. U konkretnom slučaju najpovoljnije bi bilo usvojiti 63,5 kV ($110/\sqrt{3}$ kV), koji bi se koristio samo dotle dok se ne bi izgradio nov dalekovod od 110 kV.

Prije prelaza s napona 35 kV na napon 110 kV mora se detaljnije ispitati trasa dalekovoda i izračunati svi oni elementi koji su vezani za ovaj prijelaz, pri čemu treba osobito misliti na to da se realizacijom dalekovoda nikako ne pogoršaju mehaničke i statičke osobine dalekovoda, odnosno svi oni rezultati iz proračuna koji su vrijedili za dalekovod 35 kV moraju vrijediti i za rekonstruirani. Da se to postigne, umjesto uobičajenih normalnih izolatorskih lanaca bit će potrebno, djelomično ili na čitavoj trasi, upotrijebiti izolacione konzole izrađene od specijalnih sintetičnih materijala, koje se u nekim evropskim zemljama, a posebno u Italiji, već masovno upotrebljavaju. Te konzole imaju funkciju da zamjene ne samo izolatorski lanac nego, ako je potrebno, i kompletnu konzolu.

2. POSTOJEĆI DALEKOVOD

Da bi se bolje prikazao prijelaz s napona 35 kV na napon 110 kV, u kratkim ćemo crtama dati najpotrebnije podatke o jednom već izvedenom dalekovodu na kojem će se ovaj prijelaz ostvariti.

2. 1. Podaci o dalekovodu

Nazivni napon dalekovoda	U = 35 kV
Vodiči:	
broj i vrsta	3 × 120/21 mm² Alče
promjer	d_u = 15,7 mm
vlastita težina	G_u = 0,495 kg/m
težina dodatnog tereta	G_{du} = 0,713 kg/m
tež. vodiča i dodat. tereta	G = 1,636 kg/m
naprezanje vodiča	N = 9,5 kp/mm²
Zaštitno uže:	
broj i vrsta	1 × 50 mm² Čel II
promjer	d_z = 9 mm
vlast. težina	G_z = 0,386 kg/m
tež. dod. tereta	G_{dz} = 0,540 kg/m
tež. užeta i dodat. tereta	G = 1,250 kg/m
naprezanje užeta	N_z = 24 kp/mm²
Stupovi na trasi voda	Želj.rešet. L-prof. —
Broj stupova tipa »jela«:	oblik »jedn. jela«
a — nosivih stupova	24 kom
b — zateznih stupova	7 kom
ukupan broj stupova	31 kom

Dužina trase dalekovoda	$l = 5\,867$ m
Dužina trase između krajnjih stup.	$l_1 = 5\,786$ m
Prosječan raspon	a = 190 m
Teren	brdovit IV i V kat. — šikara, kamenjar, livada, šumarica.

2. 2. Kratak opis trase

Dio trase prolazi preko relativno povoljnog terena za ove krajeve, a ostali dio preko veoma nepovoljnog (od stupa 23 do 27). Trasa je prikazana na sl. 1.

Trasa je inače veoma pregledna i pristupačna, pa je time znatno olakšano održavanje.

2. 3. Klimatski podaci

Trasa dalekovoda nalazi se u predjelu s vrlo jakim vjetrovima: bure sa sjeveroistoka i juga s juga, ali bez velikih sniježnih padalina. Na osnovi ovih podataka odabran je:

a —	osnovni pritisak juga	$P_j = 90$ kg/m²
	osnovni pritisak bure	$P_b = 150$ kg/m²
b —	otklon faznih vodiča kod juga	$\alpha_j = 70{,}7°$
	otklon faznih vodiča kod bure	$\alpha_b = 78{,}1°$
c —	otklon dozemnog užeta kod bure	$\alpha_z = 74{,}1°$
d —	maksimalna temperatura	$t_1 = +40°$
	minimalna temperatura	$t_2 = -20°C$
e —	dodatni teret	DT = 1,6 · 0,18 kg/m (usvojeno zbog jakog vjetra)

Prema tim vrijednostima maksimalnih i minimalnih temperatura u tablici 1 dane su odgovarajuće vrijednosti provjesa.

Tablica 1.

Raspon u m	Provjes u cm pri temperaturi °C			
	Alučel 120/21 mm²		Čel. uže 50 mm²	
	S = 9,5 kp/mm²		S = 24 kp/mm²	
	— 20°	+ 40°	— 20°C	+ 40°
130	124	253	106	180
140	147	294	133	214
150	195	337	165	252
160	238	383	201	291
170	286	433	241	335
180	338	485	285	380
190	392	540	333	428
200	450	601	382	479
220	571	726	491	588
240	717	864	616	709
260	866	1 014	743	841
280	1 027	1 177	887	985

Stup broj	Stup tip	Raspon stupova m	Trasa voda	Vrsta zavj. Postojeći vod	Vrsta zavj. Vod 110 kV
1	Z	183	1	Zp/Zp	x
2	N	184	2	L	y
3	N	267	3	L	y
4	N	224	4	L	y
5	N	201	5	L	y
6	N	270	6	L	y
7	N	220	7	L	y
8	N	244	8	L	y
9	N	261	9	L	y
10	N	229	10	L	y
11	N	252	11	L	y
12	N	240	12	L	y
13	N	212	13	DLp	y
14	N	190	put 14	DLp	y
15	Z	173	15	Zp/Zp	x
16	N	138	16	L	y
17	N	132	17	L	y
18	N	158	18	L	y
19	N	140	19	L	y
20	N	209	20	DLp	y
21	N	183	21 TT	DLp	y
22	N	125	22	Zp/Zp	x
23	Z	163	23 NN	DLp	y
24	N	130	24	Zp/Zp	x
25	Z	202	25	Zp/Zp	x
26	Z	227	26 DV	Zp/Zp	x
27	Z	178	27	L	y
28	N	169	28	DLp	y
29	N	170	29 TT	DLp	y
30	N	213	30 cesta	DZp/Zp	x
31	Z		31		

2. 4. Stupovi

Vodiči su ovješeni na željezno-rešetkastim stupovima sastavljenim od čeličnih profila koji su međusobno spojeni vijcima ili varovima.

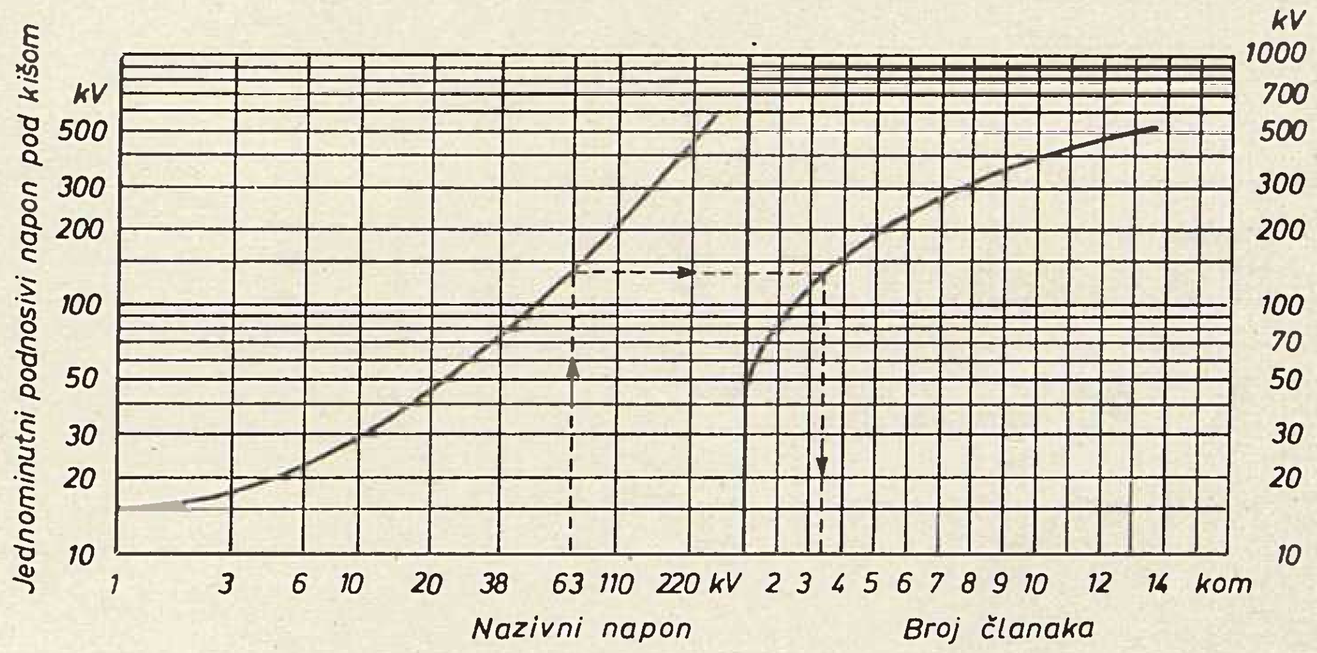
Gornja i donja konzola je na desnoj (okrenuta prema jugu), a srednja na lijevoj strani (okrenuta prema buri) u odnosu na smjer kretanja energije.

Tumač znakova:

N	— nosivi stup
Z	— zatezni stup
L	— jednostruko linijsko zavješenje sa 2 kapasta izolatora
DLp	— dvostruko linijsko zavješenje sa 2 × 3 kapasta izolatora
Zp	— jednostruko zatezno pojačano zavješenje sa 3 komada kapastih izolatora
DZp	— dvostruko pojačano zavješenje sa 2 × 3 kapasta izolatora
I	— izolatorski dvostruki lanac »Isoflon« za napon 60 kV
I_1	— isto, usvojeno samo radi raspona stupova > 250 m
I_2	— isto, usvojen zbog utega
I_3	— isto, usvojen zbog otklona uzrokovanog vjetrom
x	— usvojeni broj članaka prema sl. 2, a sistem zavješenja prema već izvedenōm vodů
Y	— usvojiti izolacionu konzoiu za napon 110 kV

Za čitavi je vod usvojen samo jedan tip nosivog stupa, čija je glava shematski prikazana na sl. 3. Glavą stupa zadovoljava usvojen maksimalni raspon od 270 m pri naprezanju užeta od $N_u = 9{,}5$ kg/mm².

Za zatezne stupove, kojih ima 7, uzet je također samo jedan tip, čija je glava također shematski prikazana na sl. 4. Glava stupa zadovoljava za usvojeni električni raspon od 270 metara pri $N_u = 9{,}5$ kp/mm².



Sl. 2

2. 5. Izolatorski lanci

Za osnovni nosivi lanac kod pogonskog napona 35 kV usvojen je izolatorski lanac sastavljen od 2 izolatora tipa K—170/280 (na sl. 1. oznaka L).

Za zatezni izolatorski lanac, koji mora biti pojačan, zadovoljava lanac sastavljen od 3 članka izolatora tipa K—170/280 (oznaka Zp).

U principu su oba tipa jednaka.

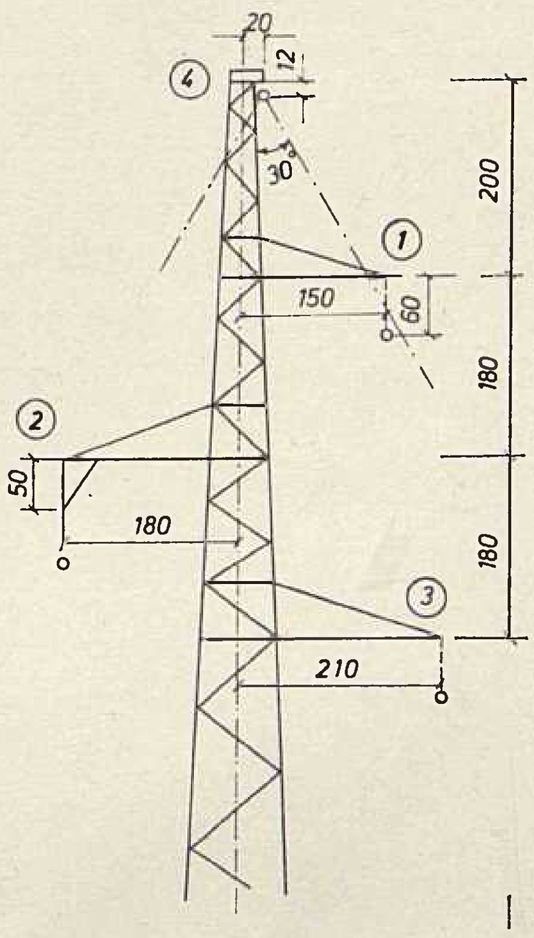
Za dvostruko linijsko zavješenje (oznaka DLp) i za dvostruko pojačano zavješenje (DZp) usvojena su 2 × 3 kom K—170/280.

2. 6. Utezi

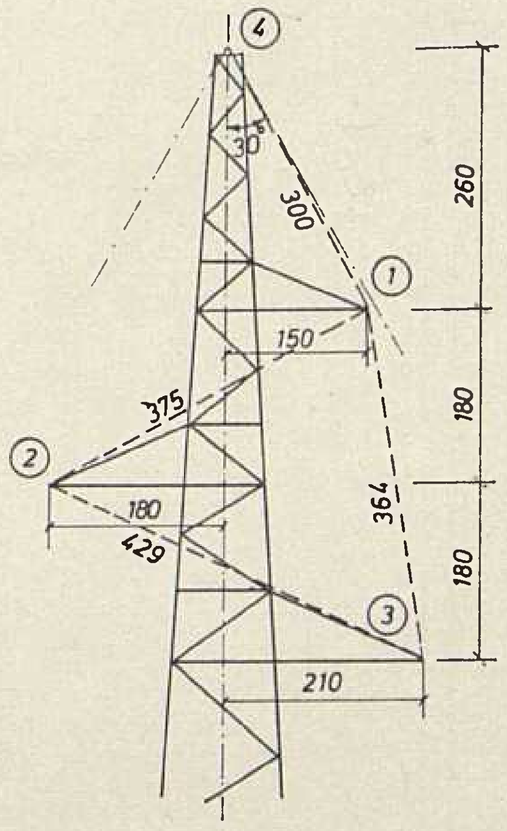
Da bi se spriječio otklon izolatorskog lanca preko 65° (koliko dozvoljava konstrukcija stupa zbog vjetra), izvršena je kontrola potrebnog broja utega.

Budući da su dvije konzole (gornja i donja) okrenute jugu, to će južni vjetar prouzrokovati otklon ovih vodiča prema stupu. Da se spriječi opasno približavanje vodiča metalnoj masi, trebalo je na sva tri izolatorska lanca stupova 8, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 24 i 30 objesiti utege. Na sl. 1. gdje je shematski prikazana trasa ovog dalekovoda, označeni su stupovi na kojima su montirani utezi znakom —•—.

Pri djelovanju bure otklon vodiča na svim konzolama može biti do 90°.



Sl. 3.



Sl. 4.

3. PRIJELAZ NA NAPON 110 kV

Za prijelaz s napona 35 kV na napon 110 kV potrebno je da postojeći dalekovod ima sve uvjete za prijelaz. Već je napomenuto da se promjenom napona poboljšavaju električne karakteristike, ali se tom promjenom nikako ne smiju pogoršati mehaničke ni statičke veličine.

Budući da su za nosivi i za zatezni stup dimenzije glave već unaprijed određene (sl. 3. i 4), to treba provjeriti da li će glave zadovoljiti prijelaz s napona 35 kV na napon 110 kV i tako udovoljiti Tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova (Sl. list SFRJ 51/73). Zbog toga se moraju obaviti oni električni proračuni koji će dovesti do odgovora: da li je na promatranom dalekovodu uopće moguće prijeći na napon 110 kV, na neki niži ili pak ostati na postojećem naponu.

Da se ostvari taj prijelaz, moraju se postojeće željezne konzole demontirati i na njihovo mjesto postaviti »Isoflon« izolacione konzole. Duljina takvih konzola može biti kraća od postojećih, ali nikako dulja. Osim toga, točka zavješenja faznih užeta mora ostati na istoj visini u odnosu prema stupu i okolnom terenu kako bi se zadržala ista visina vodiča prema zemlji.

3. 1. Izolaciona konzola

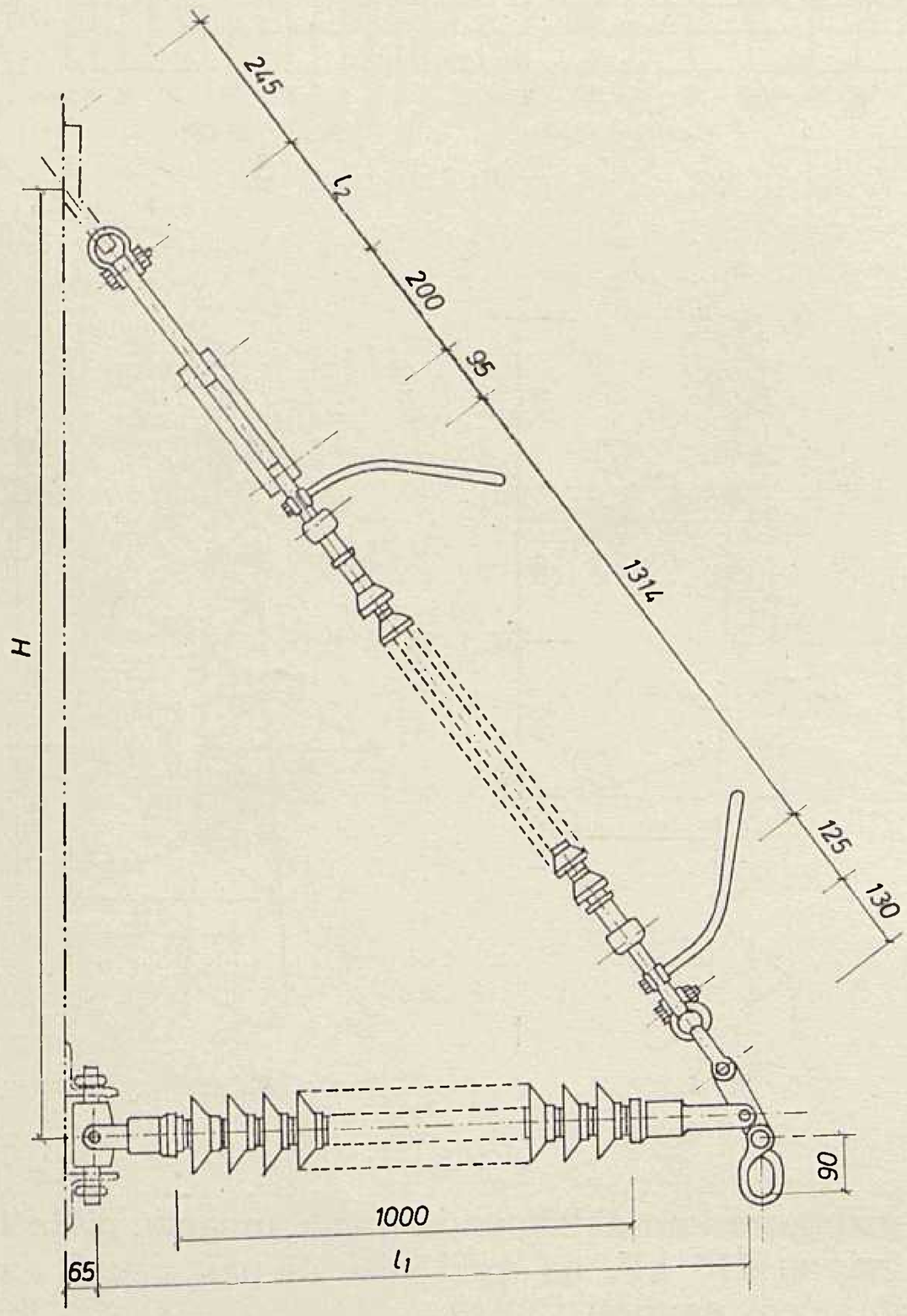
Da bi se postojeći linijski stupovi mogli osposobiti za prihvaćanje napona 110 kV, treba ukloniti željezne konzole i približno na njihovo mjesto postaviti izolacione konzole jednake dužine (ali nikako dulje) kao što su bile željezne. Tako oblikovana glava stupa prikazana je na sl. 5, gdje su usvojene konzole Talijanske državne ustanove za električnu energiju ENEL (sl. 6), a detalj na sl. 7.

Budući da su konzole nejednake duljine, to su u tabl. 2 dane dužine ovih elemenata koji se razlikuju od ENEL-ovih.

Tablica 2.

Konzola	l_1	l_2	H_1	H_2
gornja	120	170	120	190
srednja	140	195	140	210
donja	160	225	160	230

H_1 — zbog kuta — prema ENEL-u
H_2 — zbog diagonala stupa



Sl. 7.

Od tri konzole najnepovoljnije je opterećen poduporni izolator srednje konzole (na pritisak zbog bure), pa će se usvajajući maksimalni razmak stupova od 270 metara dobiti sile koje će djelovati na konzolu (sl. 8):

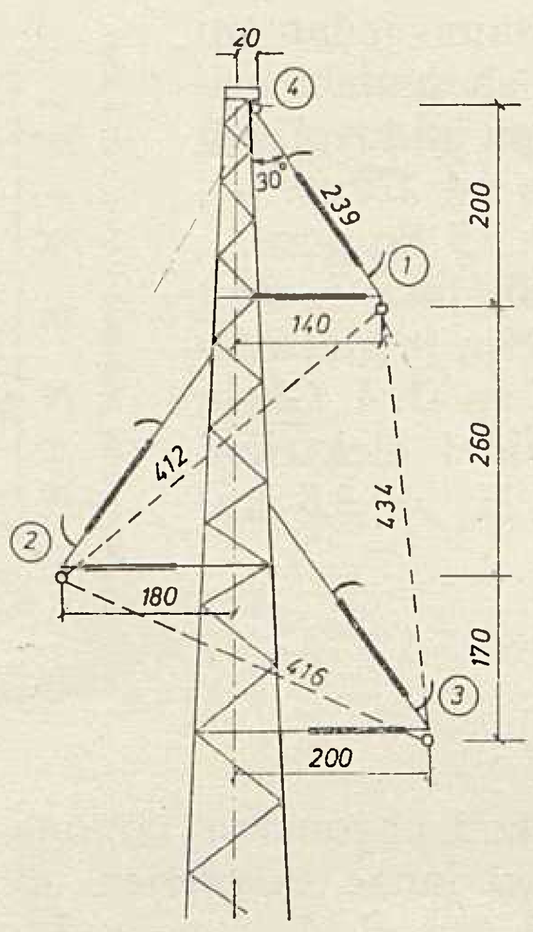
$P = P_v \cdot d \cdot L = 150 \cdot 0{,}0157 \cdot 270 = 635$ kp — ukupna sila vjetra

$G = g \cdot l = 0{,}495 \cdot 270 = 134$ kg — ukupna težina užeta

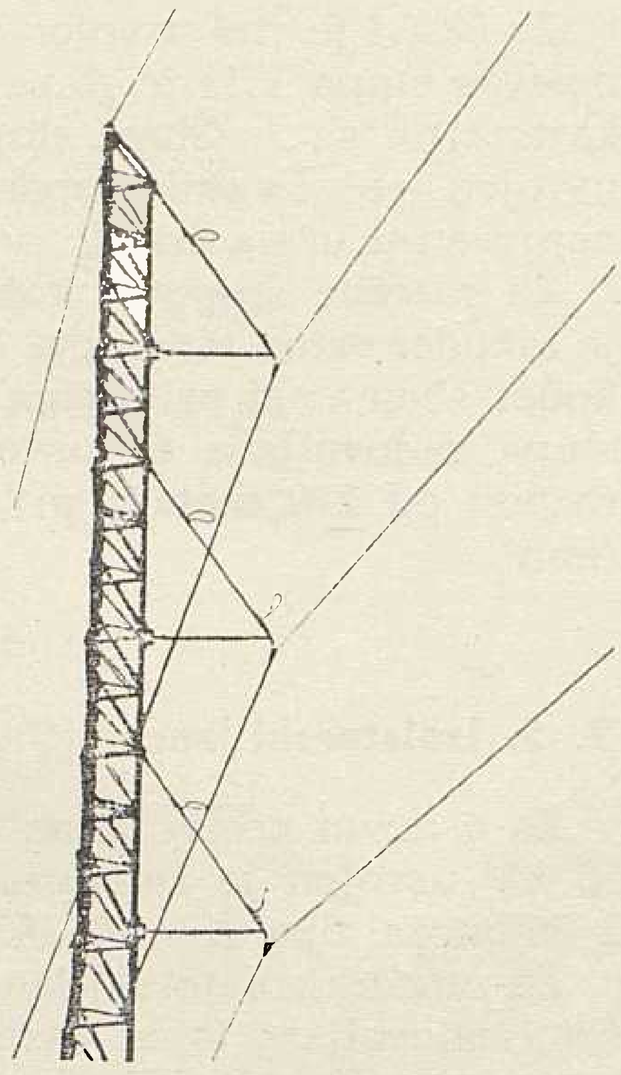
$$R = \sqrt{P^2 + G^2} = \sqrt{635^2 + 134^2} = 650 \text{ kg}$$

Tablica 3

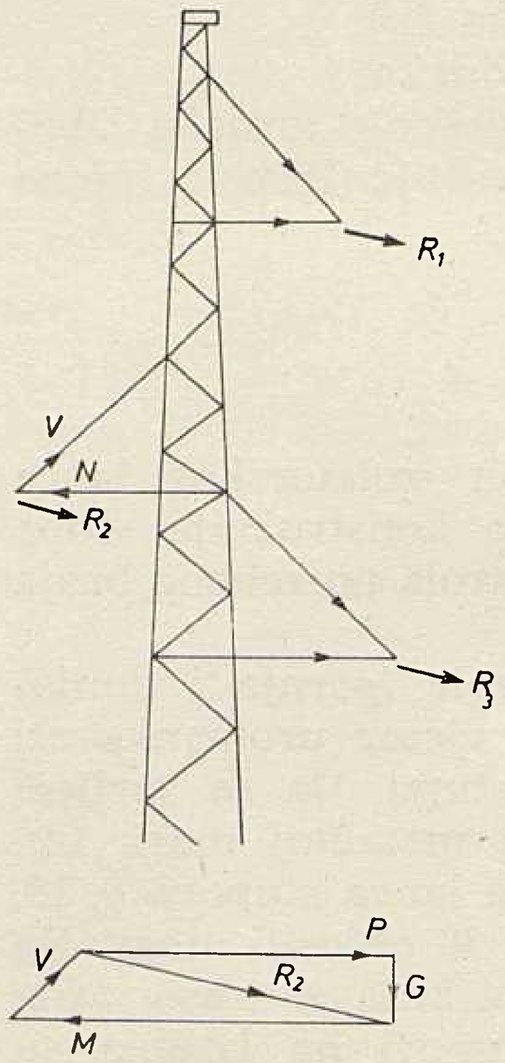
Zahtjev	Izolator	
	podupor	ovjesni
Nominalni napon kV	132	132
Podnosivi napon izolatora pod kišom kV	340	375
Podnosivi udarni napon kV	550	620
Izolaciona dužina izolatora mm	1 000	1 160
Klizna staza mm	2 530	2 680
Sila kidanja na istezanje kp	5 000	7 000
Sila kidanja na pritisak kp	3 600	—



Sl. 5.



Sl. 6.



Sl. 8.

Kut između nosivog i podupornog štapa konzole ENEL jest 56°. Međutim, tvornica izolatora — ovisno o opterećenju — dozvoljava minimalni kut 35°. Usvajajući kut od približno 45° dobit će se grafičkim putem sile u srednjoj, najnepovoljnije opterećenoj konzoli.

Iz dijagrama sila sa sl. 8.b imamo:

— sila zatezanja u gornjem štapu $V = 200$ kp

— sila pritiska u podupornom štapu $H = 775$ kp.

Srednja konzola, čije podatke daje tvornica, ima karakteristike koje su dane u tablici 3.

Usporedbom podataka iz tablice s podacima dobivenih računom vidimo da konzola zadovoljava opterećenje.

Donja bi konzola bila nešto više izložena naprezanju na pritisak (jer je dulja), ali su sile pritiska manje (jugo), pa se ovdje može usvojiti ista sila pritiska kao i u srednjoj. Međutim, dozvoljena naprezanja izolatora su tako velika da će oni bez bojazni zadovoljavati.

3. 3. Nosivi stup

Budući da je glava nosivog stupa poznata, a razmak faznih vodiča i zemnog užeta unaprijed zadan (sl. 5), to će se ispitati da li maksimalni

raspon od 270 m odgovara minimalnom razmaku vodiča od 412 cm:

$$D_f = \left(2{,}0 + \frac{7{,}81}{10}\right) \cdot \sqrt{1\,096} + 77 = 402\ \text{cm}.$$

Kako je $D_{1-2} > D_f$ odnosno $412 > 402$ cm, to razmak faznih vodiča zadovoljava.

Za maksimalan razmak stupova od 270 metara provjes zaštitnog užeta je 913 cm, pa će razmak gornjeg faznog vodiča i zaštitnog užeta biti, budući da se dužina izolatorskog lanca ovdje uzima da je $l = 0{,}00$, a kut otklona $\alpha_2 = 74{,}1°$:

$$D_z = (2{,}0 + 7{,}41) \cdot \sqrt{913} + 77 = 361.$$

Kako je $D_f > D_z$ odnosno $402 > 361$ cm, to moramo pogledati kolik će biti razmak između faznog vodiča i zaštitnog užeta u sredini raspona. Iz sl. 5. imamo:

$$D_{1-4} = \sqrt{(150 - 20)^2 + 200^2} = 239\ \text{cm},$$

a u sredini raspona:

$$D_{fz} = \sqrt{(f_u + 200 + 8 - f_z)^2 + (150 - 20)^2}$$

$$\sqrt{(1\,096 + 200 + 8 - 913)^2 + 130^2} = 412\ \text{cm},$$

gdje je $20 - 12 = 8$ cm razlika zbog spuštanja užeta ispod fiksne točke, pa je

$$D_{fz} > D_f \quad \text{ili} \quad 412 > 402\ \text{cm}.$$

Prema usvojenom razmaku vodiča i dozemnog užeta glava nosivog stupa s izolacionom konzolom »Isoflon« potpuno odgovara za prijelaz s napona 35 kV na napon 110 kV.

3. 4. Rasteretni stup

Iz razmaka konzola na zateznom stupu minimalna udaljenost vodiča na glavi stupa će se uzeti

$$D_{dk} = 364\ \text{cm},$$

pa je provjes:

$$f_u = \left(\frac{364 - 77}{2{,}0 + 7{,}81}\right)^2 = 856\ \text{cm}.$$

Tom provjesu odgovara udaljenost stupova od 239 m. Kako najveća udaljenost između zatezno-rasteretnih stupova 26 i 27 iznosi 227 m, to će i za sve ostale rasteretne stupove glava odgovarati.

Udaljenost faznog vodiča od dozemnog na stupu je:

$$D_z = \sqrt{1{,}5^2 + 2{,}6^2} = 3{,}00\ \text{m} = 300\ \text{cm},$$

a u sredini raspona:

$$D_{zf} = \sqrt{(f_u + 260 - f_z)^2\ 150^2}.$$

Ako usvojimo razmak stupova 230 metara, onda će provjes faznih vodiča biti 795 cm, a dozemnog užeta 649 cm:

$$D_{zf} = \sqrt{(795 + 260 - 649)^2 + 150^2} = 433\ \text{cm}$$

i ovaj razmak zadovoljava.

Može se dogoditi da spoj između dva izolatorska lanca iste faze na rasteretnom stupu (»most«) bude toliko dug da će se njihanjem i otklonom zbog vjetra približiti uzemljenim dijelovima i doći do preskoka i trajnih kvarova. U tu je svrhu potrebno most fiksirati za stup ili za konzolu jednim »Isoflon« 110 kV izolatorskim štapom (kao gornji zatezni izolator na sl. 7).

3. 4. Uzemljenje stupova

Sva uzemljenja stupova treba pregledati i ispitati jer se, umjesto o naponu 35 kV, sada radi o naponu 110 kV, kod kojega se traže bolja i solidnija izvedena uzemljenja, naročito kada je zvjezdište transformatora na strani 110 kV kruto uzemljeno.

4. ZAKLJUČAK

Iz analize dobivenih rezultata mogu se izvesti ovi zaključci:

1. Prijelaz sa napona 35 na napon 110 kV neće se moći izvršiti na svakom dalekovodu 35 kV, a da se pri tome ne bi morali poduzeti opsežni radovi radi zamjene ili pojačanja nekih elemenata. Koristeći se izolacionim konzolama »Isoflon«, na ovom je vodu to bilo lako postići, što je i sam proračun pokazao.
2. Prije prijelaza s napona 35 kV na viši, morat će se izvršiti još detaljniji proračuni kako bi se još jednom uvjerili o ovoj mogućnosti.
3. Ekonomski proračun iz kojega bi se vidjelo kolike će se uštede postići prijelazom s nižeg napona na viši nije rađen iako su uštede očite: na vremenu (projektiranju i izgradnji novog DV), na novoj trasi i na stupovima itd.

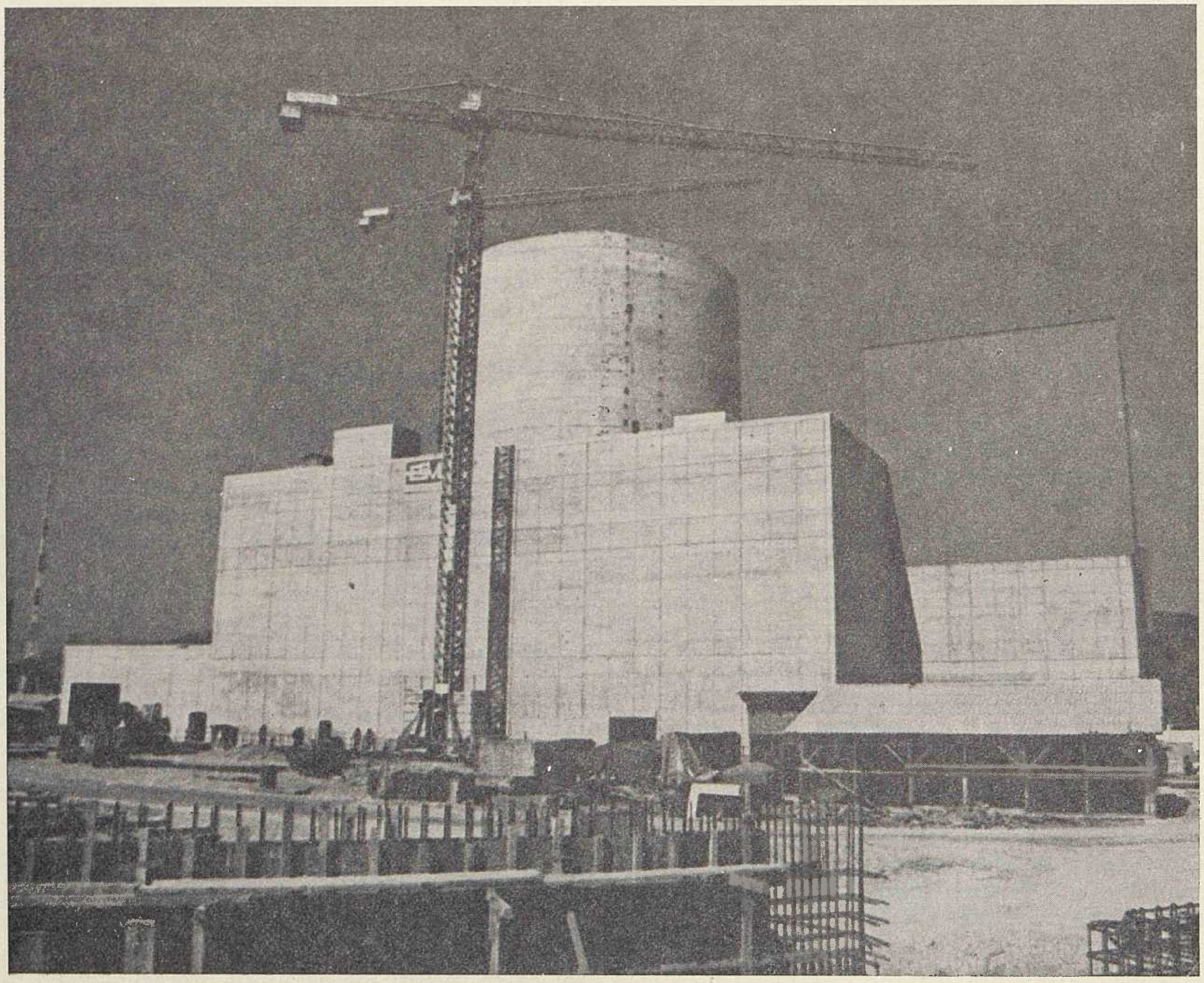
LITERATURA

1. M. Cattaruzza — C. Malagutu — P. G. Manetti: Razvoj visokonaponskih izolatora sa jezgrom iz staklenih vlakana obloženih sa PTFE (Na ital.).
2. Prospekti tvornice »Rebosio« — Milano
3. Projekti dalekovoda 35 kV, »Dalekovod«.

RECONSTRUCION TRANSMISSION LINES FROM 35 kV TO 110 kV WITHOUT GREATER INVESTMENTS

Each transmission line of 35 kV in adequate condition, i. e. good construction and cross section of at least 95 mm² can be reconstracted to 110 kV voltage by application of special console insulators, and with small expenses. Possibilities of construction are presented on characteristical example.

Naslov pisca:
Branko D a m j a n o vić, dipl. ing.
»Elektroprimorje« Rijeka



NE Krško u izgradnji

Vijesti iz elektroprivrede

III SAVJETOVANJE O INSTALACIONOJ TEHNICI

Program stručnih skupova u 1979. godini što ih organizira Savez elektrotehničkih inženjera i tehničara Hrvatske (SEITH), završen je savjetovanjem »Suvremena instalaciona tehnika jake i slabe struje u objektima s modernom tehnologijom gradnje«.

Savjetovanje je održano 5, 6. i 7. studenog u Splitu, a sudjelovao je velik broj stručnjaka iz svih republika.

U 26 stručnih referata obrađene su glavne teme savjetovanja:

Standard za električne instalacije i uređaje, atesti za elektromaterijale i električne uređaje.

Električne instalacije jake i slabe struje u velikim suvremenim javnim objektima, projektiranje i izvođenje.

Gromobranske instalacije, ispitivanje i održavanje uređaja i zaštitnih mjera na električnim i neelektričnim instalacijama u zgradama,

Aspekt racionalne potrošnje električne energije u javnim objektima.

Na održanom savjetovanju je donešeno niz zaključaka koji će biti dostavljeni onima koje zanima primjena instalacione tehnike u objektima za javnu namjenu i industrijske i sportske objekte.

I. R.

DV 110 kV OBROVAC — GRAČAC

Nakon izgradnje DV 110 kV Lički Osik—Karlobag konzum »Elektrolike« je dobio još jedan vrijedan prijenosni objekt DV 110 kV Obrovac—Gračac, dužine 21,3 km. Zadatak dalekovoda je da poboljša opskrbu konzuma područja općine Gračac. To je osobito važno za razvoj industrijskih kapaciteta koji se podižu u tom kraju.

Dalekovod 110 kV Obrovac—Gračac izveden je na čelično-rešetkastim stupovima, vodiči su AlFe 240/40, zaštitno uže Fe 70, s kapastim izolatorima Kt - 120. Dalekovod će se napajati iz TS 110/35 kV Obrovac. Gradnju i montažu voda, kao i isporuku glavnog dijela opreme izvelo je poduzeće »Dalekovod« iz Zagreba.

I. R.

GRADNJA DV 400 kV DIVAČA — GRANICA ITALIJE

Investitor Soške elektrane Nova Gorica ustupio je gradnju dalekovoda 400 kV Divača—Redipuglia (granica Italije) dužine oko 38 km, zagrebačkom poduzeću »Dalekovod«. Ovo je dionica druge etape 400 kV mreže »Nikola Tesla« na području SR Slovenije.

U studenom 1979. godine otpočeli su glavni građevni radovi. Polazna točka dalekovoda je TS 300/220 kV Divača. Vod će se izvesti s tri vodiča u snopu. To je novina kod gradnje takvog voda, jer su sve prethodne etape izvedene s dva vodiča u snopu.

Osim izvedbe građevnih i montažnih radova »Dalekovod« će isporučiti i jedan dio opreme (ovjesni i spojni materijal). Čelično-rešetkaste stupove isporučit će poduzeće »Energoinvest«.

I. R.

ENERGETSKA PROBLEMATIKA ZAGREBA DO 2000. GODINE

Skupština USIZA komunalne djelatnosti Zagreba, u suglasnosti s Izvršnim vijećem Skupštine grada i Odbora za planiranje dugoročnog razvoja Zagreba, odobrila je odluku o izradi studije »Usmjeravanje opskrbe energijom grada i područja Zagreba do 2000. godine«.

Studiju će uz konzultaciju odgovornih stručnjaka izraditi Institut za elektroprivredu iz Zagreba u roku od dvije i pol godine.

Predmet studije je obrada pitanja na koje bi se vrste energije trebao orijentirati Zagreb do kraja ovog stoljeća, te kako osigurati vrste energije uz uvjet da su najjeftinije i najupotrebljivije. Pri obradi tih pitanja treba da se uvaži interes grada da energiju valja osigurati pod što boljim uvjetima uz niže cijene i racionalne troškove dopreme do krajnjih potrošača.

Izabran je koordinacioni odbor sastavljen od predstavnika trinaest organizacija naručioca koji će usko surađivati sa stručnjacima kojima je povjerena izrada glavne studije.

SAVJETOVANJE ENERGETIČARA

U organizaciji Društva energetičara Hrvatske pod pokroviteljstvom Izvršnog vijeća Sabora SR Hrvatske održano je u Opatiji od 24. do 26. listopada 1979. g. Savjetovanje o novim izvorima energije i racionalnom korištenju postojećih.

Ovom naučnom skupu prisustvovalo je više od 280 stručnjaka iz svih republika. Sudjelovali su i stručnjaci iz SR Njemačke, Švedske i Kanade i iznijeli zanimljive primjere uštede energije svojih zemalja.

Na savjetovanju su obrađena tri tematska područja: novi izvori energije i njihovo korištenje u SFRJ, racionalna potrošnja i proizvodnja energije, i proizvodnja energije i zaštita čovjekove okoline.

Na savjetovanju je održano šesdeset referata. Na području istraživanja novih izvora energije najviše je obrađena problematika korištenja sunčeve energije.

Veći broj referata posvećen je racionalizaciji proizvodnje i potrošnje energije i traženje konkretnih mjera koje će poticati na racionalnije korištenje energije. Obrađena su i pitanja vezana za očuvanje čovjekove okoline od zagađivanja koja proizlaze iz proizvodnje energije.

Zaključeno je da se takva savjetovanja o izvorima i korištenju energije organiziraju redovito svake godine u okviru izložbe Tehničke inovacije i racionalizacije RAST YU.

POTREBE GORIVA ZA TERMOELEKTRANE

Prema planiranoj godišnjoj proizvodnji električne energije u 1980. godini za termoelektrane na području Hrvatske određene su i godišnje potrebe goriva za svaku elektranu posebno i ukupno za sve:

Termoelektrana	Vrsta goriva	Godišnje potrebe
TE Plomin	kameni ugljen	280 000 tona
TE Sisak	srednje teško ulje	325 000 tona
TE-TO Zagreb I	srednje teško ulje	51 000 tona
	srednje teško ulje	35 000 Nm³
TE-TO Zagreb II	zemni plin	35 000 tona
	zemni plin	24 000 Nm³
EL-TO Zagreb I	srednje teško ulje	3 400 tona
	zemni plin	6 300 Nm³
EL-TO Zagreb II	srednje teško ulje	5 300 tona
TE Rijeka	srednje teško ulje	344 000 tona
	koksni plin	89×10^6 Nm³

Ukupne količine za navedene termoelektrane su

— kameni ugljen	280 000 tona
srednje teško ulje	763 700 tona
zemni plin	75 100 Nm³
koksni plin	89×10^6 Nm³

Koksni plin će se koristiti ako će zadovoljiti ugovorene parametre u protivnom će se povećati upotreba tekućeg goriva.

SURADNJA RAFINERIJE INA I ELEKTROPRIVREDE

RO »Elektroprivreda« Rijeka i riječka rafinerija INA usvojili su rješenje da se opskrba tehnološkom vodom za potrebe kemijskog kompleksa DIMA na Krku (u gradnji) provede izlaznom vodom HE »Nikola Tesla« iz Triblja.

Postignut je sporazum o zajedničkoj izgradnji i korištenju akumulacijskog sistema Tribalj. Planirana je gradnja temeljnog ispusta i sigurnosnog preljeva, zatim crpna stanica za nadcrpljenje, kao i novi uređaji za rashladnu vodu. Tu spada i uređenje ulaznog uređaja, posebnog cjevovoda za nadcrpljenje akumulacije, te cjevovod rashladne vode i električne instalacije.

Za izgradnju i opremu navedenih objekata potrebne su investicije u iznosu od oko 156 milijuna dinara.

REALIZACIJA PLANA INVESTICIJA

OOUR »Elektra« Križ opskrbljuje potrošače električnom energijom u 11 općina: Ivanić Gradu, Križu, Kutini, Novskoj, Garešnici, Grubišnom Polju, Daruvaru, Pakracu, Novoj Gradiški, Čazmi i Vrbovcu. U 1979. godini investirano je oko 10,5 milijardi starih dinara.

Investiciona sredstva najvećim dijelom je osigurala sama »Elektra«, a i Samoupravna zajednica potrošača električne energije s oko tri milijarde starih dinara.

Ova sredstva su najvećim dijelom uložena za gradnju novih dalekovoda raznih napona, transformatorskih stanica, zatim rekonstrukciju postojećih objekata visoko i niskonaponske mreže, te uređenje radionice u pojedinim područnim uredima.

ENERGETSKA BILANCA HRVATSKE ZA 1980.

Skupština Privredne komore Hrvatske raspravljala je o Energetskoj bilanci SR Hrvatske za 1980. godinu, koju je predložio Institut za elektroprivredu Zagreb, nakon usklađivanja mišljenja s energetskom privredom i Republičkim zavodom za planiranje.

Skupština Privredne komore Hrvatske naglasila je da je nužno poduzeti trajne mjere kako bi se ubrzala istraživanja i otkrivanje energetskih izvora,brže koristili poznati izvori energije, racionalno iskorištavali svi energetski oblici u području transformacije, transporta i finalne potrošnje. Nadalje je potrebno razvijati one industrijske kapacitete koji neće izazvati ozbiljne poteškoće u opskrbi energijom.

U svim ovim pitanjima osobito je važno da se angažiranjem energetske privrede, znanstveno-istraživačkih i drugih organizacija, nadležnih organa uprave i društvenih tijela napravi dugoročna projekcija potrošnje energije, kao podloga za definiranje dugoročne energetske politike Republike i za pravodobno usklađivanje potrošnje s raspoloživim energetskim izvorima.

Na održanoj skupštini zaključeno je da Vijeće grupacije energetike RPK Hrvatske pripremi konkretan program mjera i aktivnosti za racionalnije iskorištenje i štednju energije u Hrvatskoj za 1980. godinu.

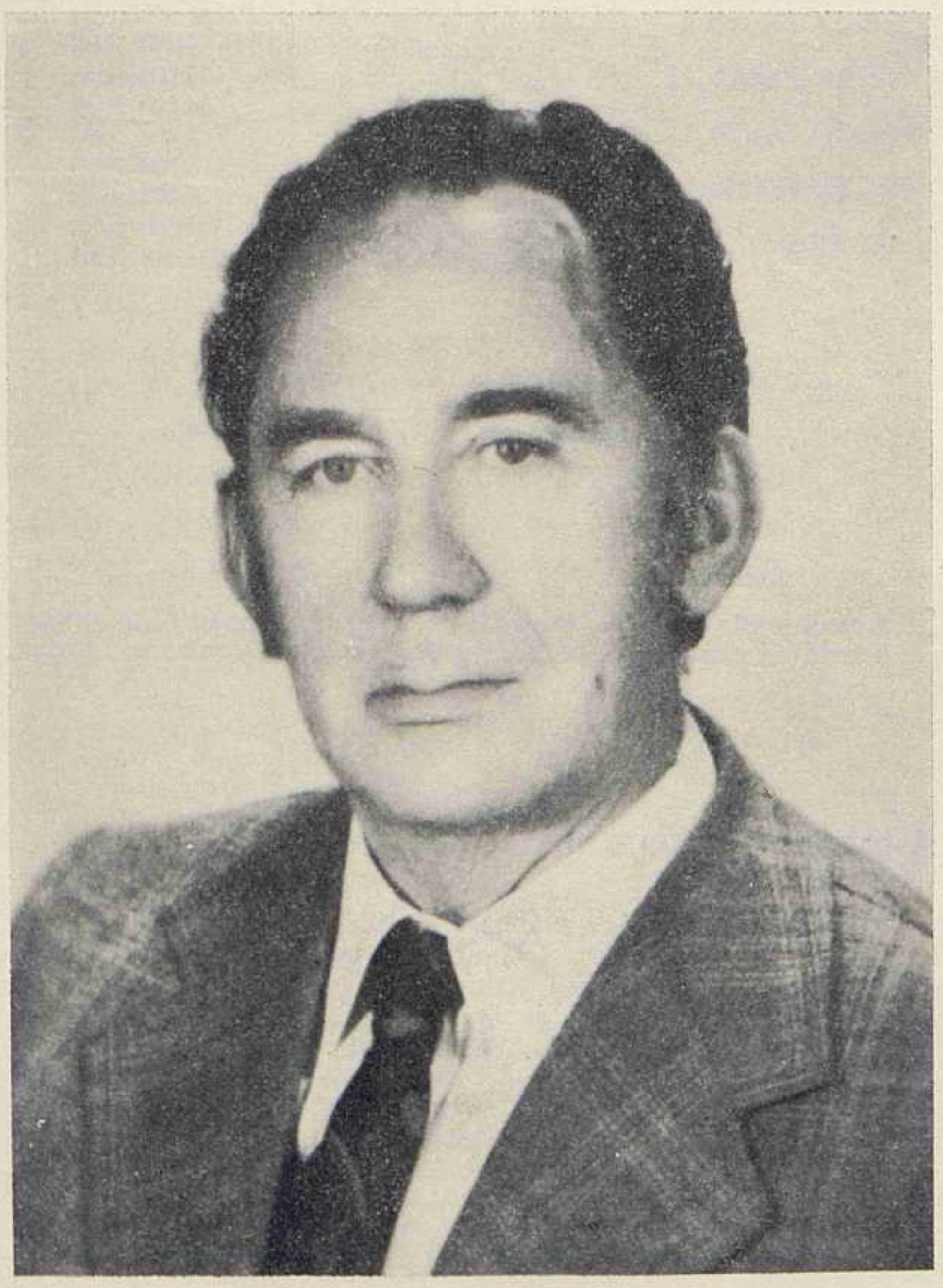
RHE ČAPLJINA U POGONU

RHE Čapljina instalirane snage 2 × 210 MW (250 MVA) je svečano puštena u pogon 23. studenog 1979. godine. Prosječna godišnja proizvodnja iznosit će 1.111 GWh. U rad je pušten prvi agregat, a drugi će biti vjerojatno krajem prvog tromjesečja 1980. godine.

Glavne projekte za RHR Čapljina izradili su stručnjaci »Energoinvesta« a gradnja je počela 1. svibnja 1973.

U izvedbenim građevnim i montažnim poslovima učestvovali su: Konstruktor iz Splita, »Hidrogradnja« iz Mostara, Metalna i Hidromontaža iz Maribora, zatim Geotehnika i Građevinski institut Hrvatske iz Zagreba, te niz drugih manjih poduzeća iz svih republika.

NAŠ ISTAKNUTI I ZASLUŽNI STRUČNJAK ĐURO FURAČ U MIROVINI OD 1. X 1979. GOD.



Đuro Furač, dipl. el. str. inž. je rođen u Bolzanu u radničkoj obitelji. Njegovo djetinjstvo je bilo teško, ali zanimljivo, a radni vijek ispunjen veoma značajnim poslovima.

Radni staž započeo je 1945. god. u ELPOH-u u Zagrebu na izgradnji DV 10 kV u varaždinskom kraju. Od 1946. do 1950. god. radio je u HE Kraljevac kao inženjer u pogonu, zatim kao direktor i kao tehnički direktor HE Kraljevac, HE Manojlovac, HE Jaruga, TS Lozovac, DV 60 kV do Dugog Rata, te DV 80 (110) kV Lozovac — Kraljevac. Toga doba poslijeratne izgradnje, stalnih odricanja i teškog, ali zanimljivog života često se sjeća i rado ga spominje.

Godine 1951. inž. Furač prelazi na izgradnju HE Vinodol i HE Fužine, gdje je tehnički direktor do 1. X 1954, a zatim direktor do svibnja 1959. godine.

Osim na HE Vinodol, radi na izgradnji DV 110 kV Vinodol — Zagreb i na održavanju DV 110 kV Vinodol — Vrbovsko. Od 1. V 1959. je direktor izgradnje HE Senj, a zatim glavni inženjer.

Nakon dovršetka izgradnje HE Senj, tehnički je rukovodilac pogona i sudjeluje na izgradnji HE Sklope, a kao tehnički savjetnik na pripremama, studijskim i istražnim radovima za oplemenjivanje vodotoka rijeka Like i Gacke.

Inž. Furača sam sreo prvi put 1959. godine. Ostavio je na mene snažan dojam poštenog čovjeka, prekaljenog graditelja, stručnjaka i ugodnog suradnika koji i najveće teškoće lako rješava. Ulijevao je u nas mir, staloženost, a uvijek je bio spreman za humor.

Nama koji nastavljamo rad ostao je u lijepom sjećanju kao stručnjak i čovjek, pa će nam činiti veliko zadovoljstvo da ga češće vidimo u svojoj sredini.

Krešimir Pavičić

IN MEMORIAM

EDGAR MONTINA

U Rijeci nas je 1. svibnja 1979, tiho i nečujno, ostavio u 91. godini života jedan od pionira Elektroprivrede Hrvatske inž. Edgar Montina.

Rodio se 31. studenog 1888. na Rijeci, gdje polazi hrvatsku pučku školu u Zametu, a gimnaziju u Sušaku.

Studira u Beču, gdje i diplomira na Višoj tehničkoj školi.

Prvi svjetski rat zatječe ga u Švicarskoj gdje radi kao projektant.

Nakon završetka rata 1918. godine dolazi u zemlju, u Karlovac, gdje radi kao ravnatelj gradske munjare sve do 1925. godine, kada iz obiteljskih razloga napušta Karlovac.

Jedan je od prvih predavača na Visokoj tehničkoj školi u Zagrebu gdje od 1921. do 1925. godine kao honorarni docent predaje električne centrale i električne mreže, a nakon toga i praktičnu elektrotehniku.

Preselivši se 1925. godine u Osijek, gdje je sve do 1945. godine direktor gradske centrale, tramvaja i vodovoda, napušta predavanja na fakultetu jer je to sada iz Osijeka bilo praktički nemoguće.

Za vrijeme rata otpušten i hapšen preživio je teške dane.

Nakon oslobođenja radi jedno vrijeme u Zagrebu u Glavnoj upravi elektroprivrede (UPEL) a onda, kao stručnjak za termoelektrane, odlazi na obnovu u ratu opustošene TE Vlaška (Raša). Nakon obnove TE ostaje na Rijeci na uređenju TE Rijeke, gdje vodi gradnju novog kotla. Ubrzo postaje tehnički direktor gradskog električnog poduzeća (ASPM) na Rijeci.

Nakon pripojenja Istre matici zemlji postavljen je za tehničkog direktora Elektroprimorja, koje je onda obuhvaćalo sve elektroprivredne objekte Istre, Rijeke i Gorskog kotara.

Radi narušenog zdravlja 1951. godine napušta Elektroprivredu i sada je profesor u Tehničkoj školi Centralne uprave brodogradnje, gdje ostaje do mirovine 1955. godine.

U duši je ostao u elektroprivredi sve do zadnjih mjeseci i dokle je god mogao pratio je rad elektroprivrede.

Inž. Montina je bio neobično marljiv, tih i nenametljiv.

Iza tihog i mirnog čovjeka krio se neumoran radnik, dobar kolega, uvijek spreman pomoći. Svojim načinom rada utjecao je na okolinu i odgojio niz elektroprivrednih stručnjaka.

Čovjek visoke kulture, koji se zanimao za sva područja, nije do svojih posljednjih dana imao vremena. U mlađim danima bavio se u svoje slobodno vrijeme lovom, u starijim drvotokarenjem.

Vlastiti crteži i izbor slika u domu pokazuje da je bio velik poznavalac umjetnosti, a velika stručna biblioteka, pokazuje da je pratio svoju struku i stalno je usavršavao.

Gubitkom inž. Edgara Montine elektroprivreda gubi jednog od prvih stručnjaka; a mlađi kolege tihog, nenametljivog kolegu koji je uvijek htio pomoći a da se to nije ni opazilo. Bio je to čovjek velike kulture, širokih pogleda na svijet, čovjek u pravom smislu riječi.

B. Mr.

Nove knjige

Pflier — Jahn — Jentsch: ELEKTRISCHE MESSGERÄTE UND MESSVERFAHREN

Četvrto, potpuno prerađeno izdanje
Izdavač: Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1978. Opseg 433 strana, 392 slike, 13 tablica, tvrdi uvez, format 150 + 230. Cijena DM 128 ili 64 US dolara.

U ovom 4. izdanju knjige dan je već prokušani prikaz klasičnih mjernih instrumenata i postupaka, a odsječak o mjernim pojačalima i digitalnoj mjernoj tehnici znatno je povećan s obzirom na današnje stanje tehnike poluvodiča.

Djelo ima ukupno četiri poglavlja.

U prvom su poglavlju obrađene osnove mjerenja, pogreške i točnost mjerenja, te osjetljivost instrumenata, njihov vlastiti potrošak, kao i preopteretivost.

U drugom poglavlju govori se o električnim mjernim uređajima koji rade na principu direktnog djelovanja. Obrađeno je njihovo ustrojstvo i osobine, te izvedbe i način djelovanja.

Treće poglavlje obrađuje mjerne uređaje i mjerne postupke. Ono je najveće i zauzima prostor od skoro 3/4 knjige. Zbog ilustracije sadržaja neka budu navedeni naslovi pogljavlja: Mjerni uređaji za mjerenje istosmjernih struja i napona, Mjerenje struja i napona s paralelnim i serijskim otporima, Istosmjerni kompenzatori, Mjerni postupci pomoću otpora, Elektrostatički mjerni uređaji, Halovi generatori, Mjerenje snage, Mjerni transformatori, Zajednički rad mjernih transformatora i instrumenata, Uređaji s ispravljačima, termopretvarači, Kompenzatori izmjenične struje, Mjerenje izolacije, Mjerenje uzemljenja, Pronalaženje pogrešaka u kabelu, Električna mjerna pojačala, Registracioni instrumenti, Digitalna mjerna tehnika, Daljinsko mjerenje, i na kraju, Postupci za mjerenje neelektričnih veličina.

U posljednjem, četvrtom poglavlju govori se o normama i pravilima za električne mjerne uređaje.

Knjiga završava vrlo opsežnim popisom literature (27 stranica), gdje su djela svrstana prema odgovarajućim poglavljima u knjizi.

Zbog svoje sistematičnosti i preglednosti knjiga se može preporučiti svakome stručnjaku koji se bavi električnim mjerenjima. Ona je vrlo prikladan priručnik za električne mjerne instrumente i mjerne postupke.

B. M.

U. HÖFLE — I. SPHORDING: ZUVERLÄSSIGKEITSRECHNUNG — Einführung

Izdavač: Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1978; Knjiga ima 175 stranica, format 24 + 16,5 broširano, cijena 48 DM ili 22,10 US dolara.

Sistematska obrada problema pouzdanosti proteže se danas na različita područja. U vezi s time postoji tehnološka fizikalna i organizaciona kao i matematička problematika.

Zadatak je matematičke teorije pouzdanosti da definira kvantitativne kriterije za primjenu pouzdanosti i da postavi matematičke modele za istraživanje problema.

Ova se knjiga bavi izračunavanjem karakterističnih veličina pouzdanosti tehničkih sistema na osnovi karakteristika njezinih elemenata.

Knjiga je podijeljena u 4 poglavlja. Paglavlja 1. i 2. služe kao priprema za razumijevanje poglavlja 3. i 4. te sadrže u sažetom obliku sve one pojmove i pravila koja čine osnovu teorije pouzdanosti sistema.

U poglavlju 1. dan je pristup algebri skupova i račun vjerojatnosti, a obrađena je i Laplaceova transformacija kao vrlo prikladno sredstva za konkretne proračune.

Poglavlje 2. obrađuje osnovne pojmove proračuna pouzdanosti kao razdiobu vijeka trajanja, čestice ispada itd.

U posljednja dva poglavlja obrađeni su Boolovi i Markovljevi modeli. Tu se nastojalo da se pokažu zakonitosti koje su osnova modela i pregled praktične provedbe računa koji traže što manji utrošak računanja.

Djelo je vrlo prikladno za inženjere, matematičare i stručnjake iz prirodnih znanosti koji se u industriji i institutima bave problemima kvantitativne procjene pouzdanosti.

Ako je čitalac upoznat s teorijom skupova i teorijom vjerojatnosti, studiranje knjige mu je umnogome olakšano.

Pri dobro poznavanju spomenutih osnovnih problema može se, neovisno o 1. i 2. poglavlju prijeći na proučavanje 3. ili 4. poglavlja.

Treba, međutim, istaknuti da su prva dva poglavlja sastavljena tako da i manje upućenom čitatelju dadu potrebnu osnovu za razumijevanje drugoga dijela knjige.

B. M.

STATISTIČKI PREGLED

ELEKTROPRIVREDE SR HRVATSKE U SKLOPU ELEKTROPRIVREDE JUGOSLAVIJE

OSNOVNI PODACI

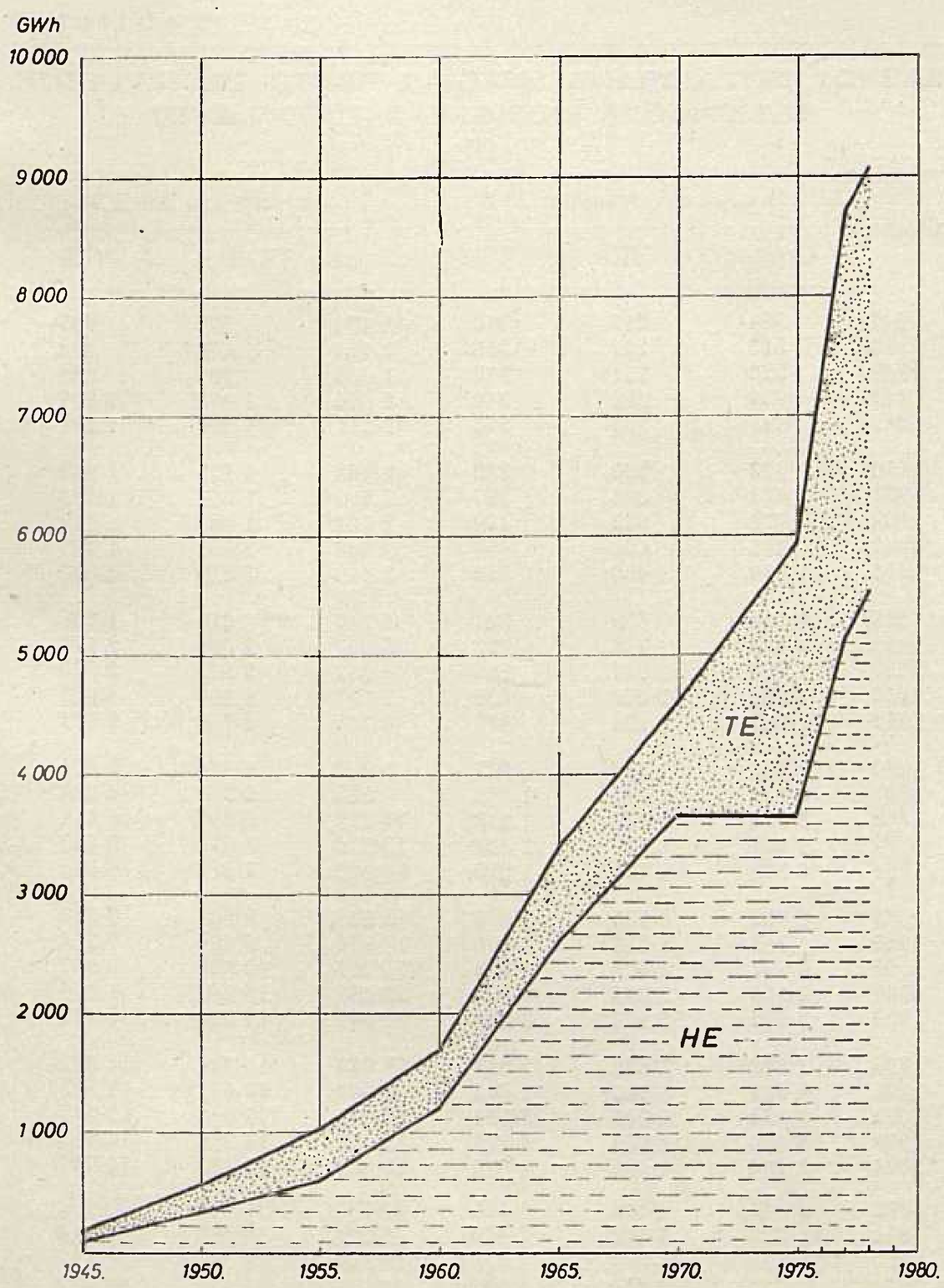
Tablica 1

OSNOVNI PODACI ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE
po stanju od 31. XII 1978. [2]

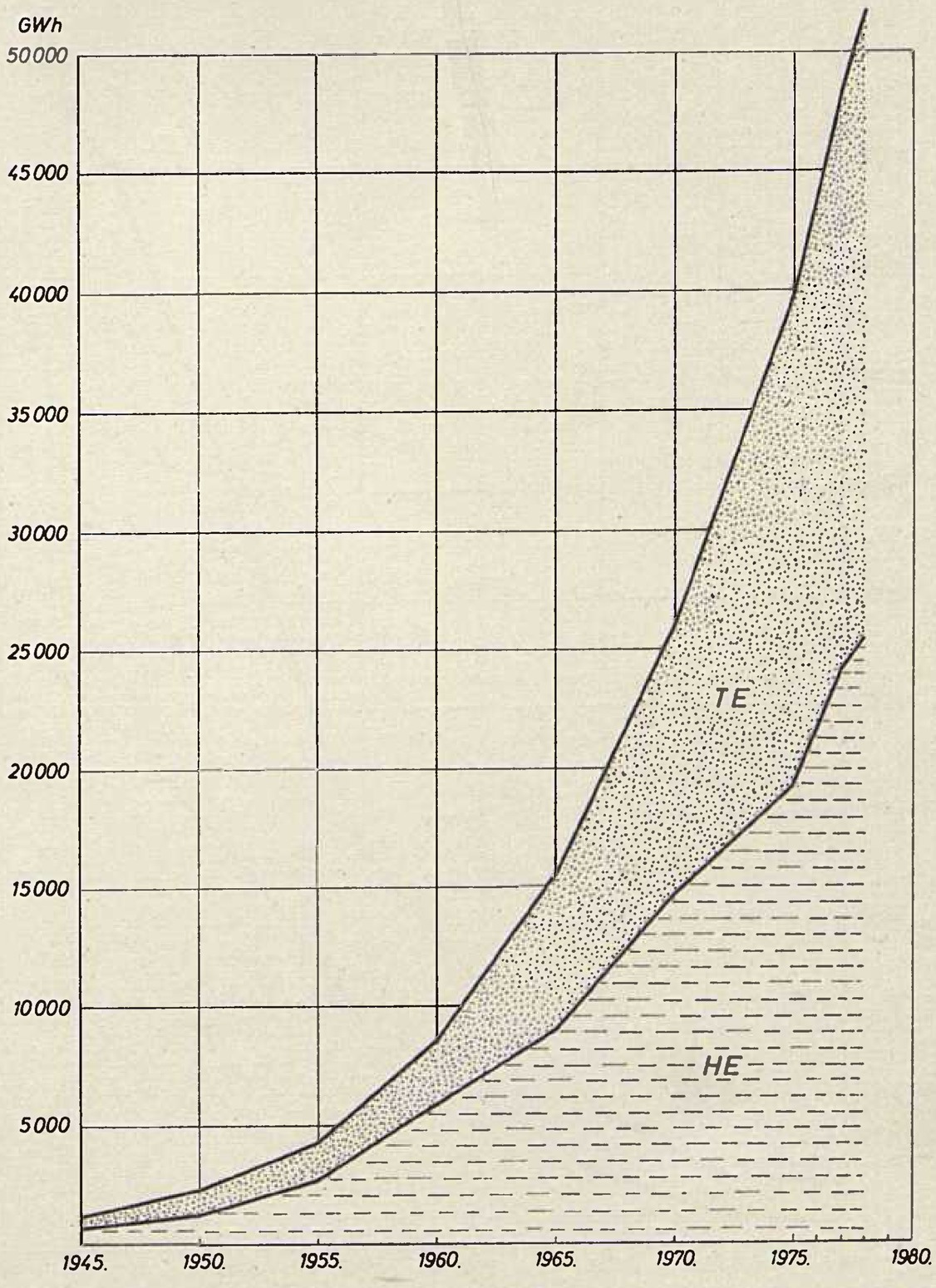
Naziv postrojenja		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Hidroelektrane	broj	17	17	17	19	19	20	21	21	22
snaga	MW	777,7	777,7	777,7	1023,6	1024	1310	1200	1200	1302
od toga Udružene	MW	761,6	761,6	761,6	1007,5	1007	1213	1185	1185	1284
Termoelektrane	broj	40	40	40	40	41	41	41	41	43
snaga	MW	556,4	568,4	568,4	568,4	768	836	887	877	1177
Od toga Udružene	MW	479,4	491,4	491,4	491,4	691	800	771	720	720
Ukupno elektrane	MW	1334,1	1346,1	1346,1	1592,0	1792	2146	2087	2077	2479
Transformatorske stanice:										
380/110 kV	broj stanica	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	broj transformatora	—	—	—	—	—	—	—	—	2
	snaga MVA	—	—	—	—	—	—	—	—	600
220/110 kV	broj stanica	5	5	5	6	6	6	6	6	6
	broj transformatora	7	7	8	11	11	11	12	12	14
	snaga MVA	1000	1000	1150	1600	1600	1600	1800	1450	2050
110/30—50 kV	broj stanica	34	36	42	44	46	50	71	59	57
	broj transformatora	57	68	79	80	82	86	137	114	105
	snaga MVA	1441	1586	1920	1980	2060	2140	3118	3018	3121
30—50/3—10 kV	broj stanica	241	249	258	270	280	286	280	245	258
	broj transformatora	449	458	462	487	510	520	497	476	509
	snaga MVA	1732	1851	1930	2010	2090	2130	2104	2172	2308
Dalekovodi:										
380 kV	km	—	—	—	—	—	—	—	271	389
220 kV	km	874	949	976	1158	1158	1251	1065	1125	1005
110 kV	km	2062	2110	2384	2483	2533	2539	3384	3143	2560
50—30 kV	km	3305	3547	3651	3725	3799	3814	3682	3297	3451
10—3 kV	km	16967	17860	18630	19320	20010	20548	21050	18913	18383
niski napon	km	34749	35750	36685	37340	37995	38415	43750	36403	38325
Vršno opterećenje SRH	MW	1004	1126	1208	1227	1271	1576	1595	1673	1744

Mrežni transformatori u HE i TE uključeni su u transformatorskim stanicama 220/110 i 110/30—50 kV.

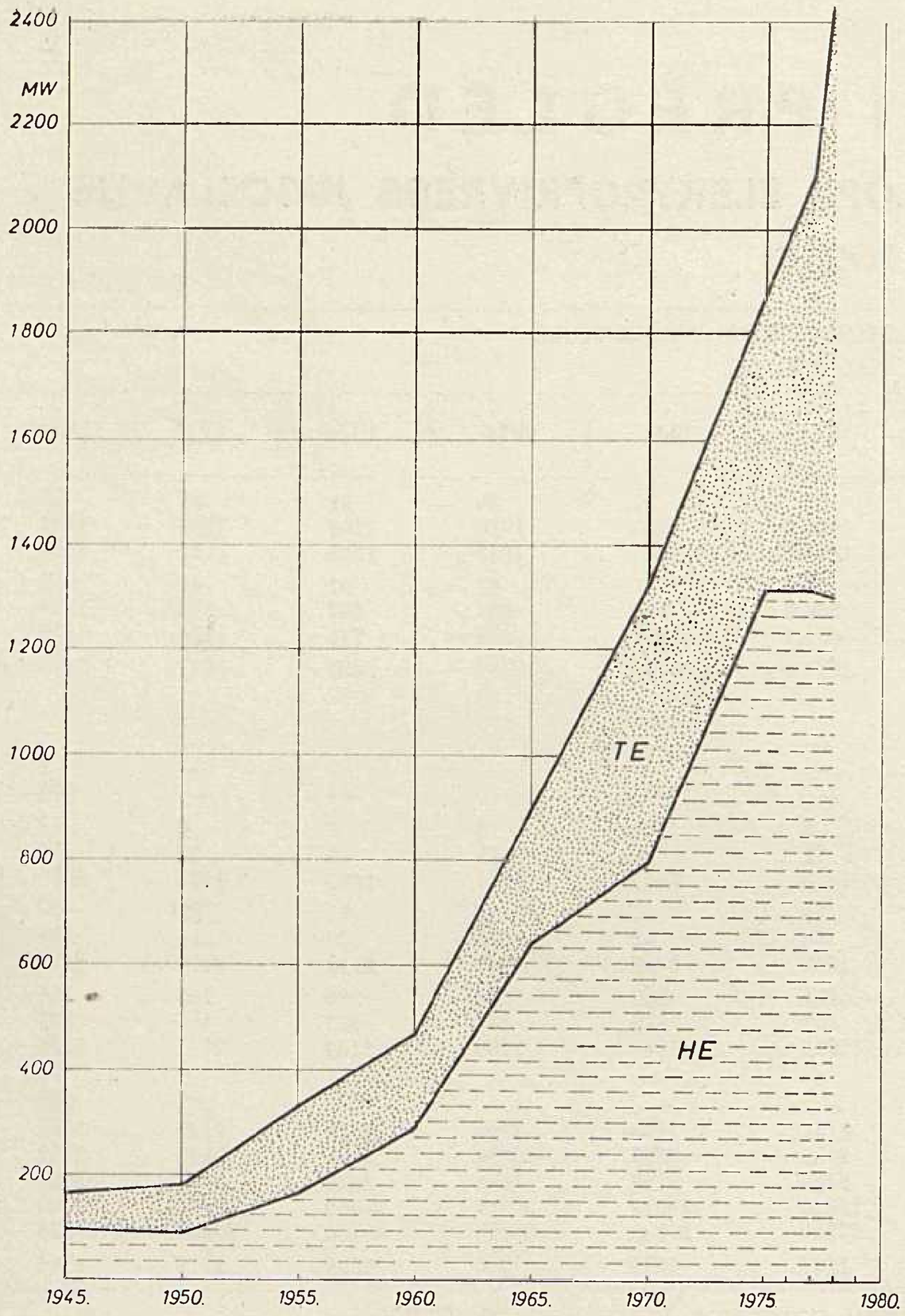
PROIZVODNJA I INSTALIRANE SNAGE



Sl. 1. Ukupna proizvodnja električne energije u Hrvatskoj



Sl. 2. Ukupna proizvodnja električne energije u Jugoslaviji



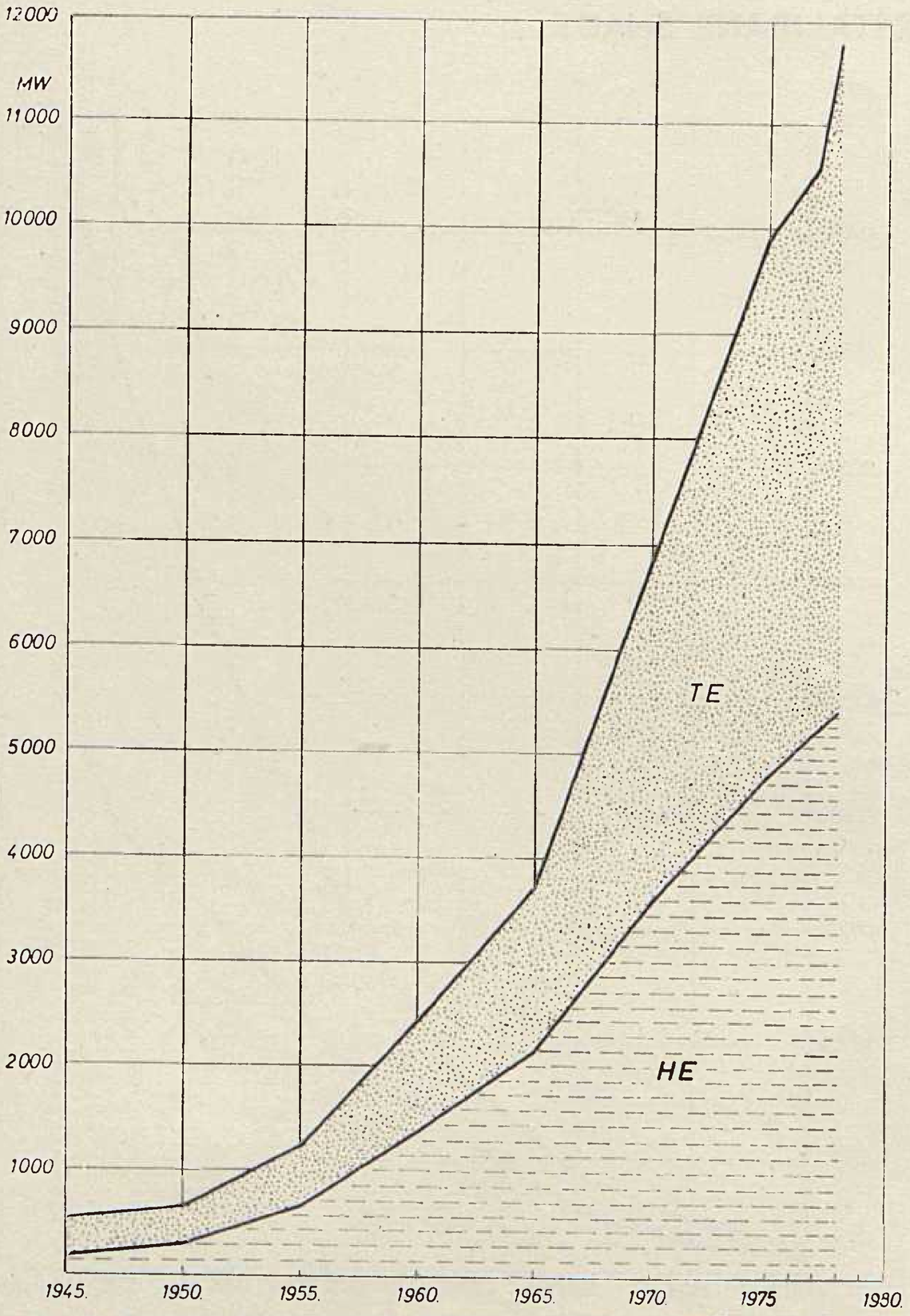
Sl. 3. Razvoj instaliranih snaga u elektranama Hrvatske

Tablica 2

RAZVOJ INSTALIRANE SNAGE I BRUTO PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U HRVATSKOJ

[4]

Godina	Instalirana snaga u MW			Proizvodnja u 10^6 kWh		
	ukupno	HE	TE	ukupno	HE	TE
1945	178	97	81	171	79	92
1946	177	93	84	266	130	136
1947	173	89	84	378	179	199
1948	188	89	99	497	301	196
1949	188	89	99	524	297	227
1950	188	89	99	577	326	251
1951	188	89	99	596	379	217
1952	235	117	118	628	412	216
1953	270	149	121	716	458	258
1954	321	173	148	815	461	354
1955	327	179	148	1 021	587	434
1956	347	192	155	1 006	564	442
1957	365	196	169	1 074	638	436
1958	381	200	181	1 168	670	498
1959	429	248	181	1 396	851	545
1960	470	289	181	1 671	1 197	474
1961	576	397	179	1 555	1 103	452
1962	746	505	241	2 339	1 913	426
1963	746	505	241	3 000	2 224	776
1964	746	505	241	2 914	2 068	846
1965	895	649	241	3 391	2 609	782
1966	962	721	241	4 000	3 257	743
1967	999	739	260	3 963	3 184	779
1968	1 035	775	260	4 094	3 304	790
1969	1 035	775	260	4 528	3 980	548
1970	1 334	798	595	4 622	3 656	966
1971	1 393	798	595	4 957	3 232	1 725
1972	1 363	798	565	5 500	3 718	1 782
1973	1 577	1 012	565	5 334	2 640	2 694
1974	1 577	1 012	565	6 299	4 233	2 066
1975	1 878	1 313	565	5 939	3 641	2 298
1976	2 198	1 313	885	7 644	4 566	3 078
1977	2 198	1 313	885	8 738	5 159	3 579
1978	2 648	1 443	1 205	9 088	5 549	3 539



Sl. 4. Razvoj instaliranih snaga u elektranama Jugoslavije

Tablica 3

RAZVOJ INSTALIRANE SNAGE I BRUTO PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U JUGOSLAVIJI

[4]

Godina	Instalirana snaga u MW			Proizvodnja u 10^6 kWh		
	ukupno	HE	TE	ukupno	HE	TE
1945	524	211	313	1 174	567	607
1946	523	207	316	1 150	478	672
1947	528	211	317	1 453	595	858
1948	629	281	348	2 060	1 053	1 007
1949	661	285	376	2 211	1 020	1 191
1950	673	290	383	2 408	1 175	1 233
1951	693	296	397	2 551	1 358	1 193
1952	772	342	430	2 701	1 423	1 278
1953	893	406	487	2 983	1 501	1 482
1954	1 049	496	553	3 440	1 810	1 630
1955	1 220	639	581	4 340	2 610	1 730
1956	1 488	715	773	5 047	2 869	2 178
1957	1 760	947	813	6 252	3 522	2 730
1958	1 895	1 058	837	7 358	4 301	3 057
1959	1 967	1 130	837	8 105	4 708	3 397
1960	2 468	1 391	1 077	8 928	5 984	2 944
1961	2 662	1 536	1 126	9 925	5 659	4 266
1962	3 026	1 778	1 248	11 315	6 896	4 419
1963	3 081	1 777	1 304	13 536	8 029	5 507
1964	3 109	1 774	1 335	14 189	7 574	6 615
1965	3 711	2 176	1 535	15 523	8 985	6 538
1966	4 243	2 533	1 710	17 174	9 880	7 294
1967	4 527	2 589	1 938	18 702	10 655	8 047
1968	5 155	3 094	2 065	20 641	11 767	8 874
1969	5 522	3 226	2 296	23 375	14 733	8 642
1970	6 879	3 636	3 243	26 023	14 741	11 282
1971	7 623	3 980	3 643	29 509	15 644	13 865
1972	8 090	4 306	3 784	33 241	17 982	15 249
1973	8 408	4 624	3 784	35 063	16 395	18 668
1974	8 570	4 602	3 968	39 456	20 659	18 797
1975	9 043	4 801	4 242	40 040	19 317	20 723
1976	10 073	5 143	4 930	43 573	20 555	23 018
1977	10 601	5 226	5 375	48 580	24 384	24 197
1978	12 081	5 539	6 542	51 755	25 416	26 339

Tablica 4

INSTALIRANE SNAGE ELEKTRANA 1978. PO REPUBLIKAMA
u MW [4]

Republika	Ukupno			Hidroelektrane			Termoelektrane		
	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale
S F R J	12 081	11 294	787	5 539	5 424	115	6 542	5 870	672
Bosna i Hercegovina	1 820	1 671	149	564	544	20	1 256	1 127	129
Crna Gora	676	648	28	655	648	7	21	—	21
Hrvatska	2 648	2 512	136	1 443	1 423	20	1 205	1 089	116
Makedonija	616	559	57	366	349	17	250	220	40
Slovenija	1 855	1 778	77	664	636	28	1 191	1 142	49
Srbija	4 466	4 126	340	1 847	1 824	23	2 619	2 302	317

Tablica 5

BRUTO PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE 1978. PO REPUBLIKAMA
u GWh [4]

Republika	Ukupno			Hidroelektrane			Termoelektrane		
	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale
S F R J	51 755	48 746	3 099	25 416	24 907	509	26 339	23 839	2 500
Bosna i Hercegovina	9 931	9 049	882	4 231	4 114	117	5 700	4 935	765
Crna Gora	2 346	2 247	99	2 273	2 247	26	73	—	73
Hrvatska	9 088	8 647	441	5 549	5 473	76	3 539	3 174	365
Makedonija	1 610	1 426	184	1 184	1 108	76	426	318	108
Slovenija	7 594	7 134	460	2 757	2 637	120	4 837	4 497	340
Srbija	21 186	20 243	943	9 422	9 328	94	11 764	10 915	849

Tablica 6

SPECIFIČNA BRUTO PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U JUGOSLAVIJI
kWh po stanovniku [4]

Godina	SFRJ	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
1946.	75	...	...	...	...	...	...
1947.	93	...	...	...	...	...	...
1948.	130	58	5	131	21	601	79
1949.	137	77	10	138	24	603	86
1950.	147	91	15	130	37	636	89
1951.	154	93	22	154	48	673	92
1952.	161	100	24	160	50	699	97
1953.	175	110	33	181	55	743	106
1954.	199	134	96	204	71	849	116
1955.	247	219	59	253	94	1 014	132
1956.	283	255	69	247	103	1 233	162
1957.	347	367	77	261	170	1 484	197
1958.	404	466	88	282	230	1 603	244
1959.	439	563	93	334	266	1 692	290
1960.	484	561	304	404	295	1 692	290
1961.	533	589	725	373	320	2 006	318
1962.	597	578	994	555	313	2 008	364
1963.	706	680	1 837	707	314	2 133	423
1964.	736	790	1 866	685	375	1 982	477
1965.	796	850	1 693	792	389	2 177	506
1966.	870	916	1 676	928	418	2 137	585
1967.	937	1 015	1 571	913	513	2 197	694
1968.	1 024	1 201	1 769	938	436	2 354	778
1969.	1 149	1 302	2 101	1 033	563	2 721	865
1970.	1 268	1 435	1 818	1 051	754	2 844	1 043
1971.	1 439	1 702	1 679	1 121	727	2 573	1 381
1972.	1 602	1 716	1 605	1 237	548	3 112	1 641
1973.	1 673	1 784	1 322	1 196	697	3 110	1 795
1974.	1 852	1 977	1 788	1 404	860	3 358	1 960
1975.	1878	2 070	1 357	1 318	569	3 699	2 006
1976.	2 025	2 135	2 363	1 556	550	3 736	2 078
1977.	2 237	2 357	3 806	1 928	688	3 755	2 250
1978.	2 356	2 403	4 031	1 986	877	4 189	2 347

Tablica 7

RAZVOJ PROIZVODNJE NA GENERATORU I RAZMJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE SR HRVATSKE

u GWh [1] [2]*

Godina	Proizvodnja												Ukupna razmjena (saldo)			Raspoloživo bruto
	Hrvatska			Udružene elektrane			Distr. i lokalne			Industr. elektrane						
	ukupno	hidro	termo	ukupno	hidro	termo	ukupno	hidro	termo	ukupno	hidro	termo	ukupno	tuzemna	inozemna	
1939.	432	276	156	351	257	94	3	1	2	78	18	60	55	55	—	487
1945.	224	93	133	169	84	85	3	—	3	52	9	43	68	68	—	292
1946.	273	134	139	202	122	80	3	—	3	68	12	56	140	140	—	413
1947.	378	184	194	281	168	113	4	1	3	94	16	78	127	127	—	506
1948.	497	305	192	390	285	105	4	1	3	103	19	84	162	162	—	659
1949.	524	303	221	415	286	129	4	1	3	105	16	89	191	190	1	715
1950.	556	327	229	446	311	135	4	1	3	106	15	91	225	225	—	781
1951.	591	378	213	475	359	116	4	1	3	112	18	94	266	266	—	857
1952.	623	417	206	504	398	106	5	1	4	114	18	96	249	236	13	872
1953.	716	460	256	571	441	130	6	1	5	139	18	121	212	210	2	928
1954.	810	456	354	610	438	172	6	1	5	194	17	177	210	195	15	1020
1955.	1025	591	434	781	569	212	6	2	4	238	20	218	254	254	—	1279
1956.	1007	564	443	741	546	195	6	2	4	260	16	244	398	397	1	1405
1957.	1075	637	438	830	620	210	5	2	3	241	16	225	579	579	—	1655
1958.	1169	672	497	930	654	276	4	1	3	235	17	218	739	792	—53	1908
1959.	1392	854	539	1129	835	294	5	1	4	258	18	240	714	771	—57	2106
1960.	1671	1197	474	1412	1176	236	6	2	4	253	19	234	622	716	—94	2293
1961.	1555	1102	453	1333	1087	246	5	2	3	217	13	204	977	1051	—74	2532
1962.	2331	1903	428	2122	1888	234	5	—	5	204r	15	189r	480	519	—39	2814
1963.	3089	2311	778	2792	2212	580	90	83	7	207	16	191	286	348	—62	3375
1964.	2910	2068	842	2555	1976	579	106	74	32	249	18	231	519	558	—39	3429
1965.	3430	2620	810	3040	2513	527	90r	86	4r	300r	21	279r	374	413r	—39	3804r
1966.	4000	3254	746	3616	3158	458	77r	74r	3	304r	19r	285r	171	187r	—16	4168r
1967.	3962	3183	779	3580	3098	482	70r	70r	—	312r	15	297r	516	502r	+14	4478r
1968.	4091	3301	789	3707	3211	496	77	77	—	306	13	293r	815	817r	— 2r	4905r
1969.	4520	3979	541	4155	3881	274	84	84	—	281	14	267	904	921	—17	5424
1970.	4692	3726	966	4362	3640	722	73	73	—	257	13	244	1303	1351	—48	5995
1971.	4953	3229	1724	4606	3152	1454	66	66	—	281	11	270	1509	1579	—70	6462
1972.	5509	3727	1782	5166	3632	1534	80	80	—	263	15	248	1505	1505	—	7014
1973.	5333	2640	2693	4971	2569	2401	61	61	—	302	10	292	2018	1975	43	7352
1974.	6281	4226	2055	5916	4119	1797	85	85	—	280	22	258	2262	2359	—97	8543
1975.	5922	3626	2296	5501	3538	1963	77	77	—	344	11	333	3188	2472	+716	9110
1976.	7633	4555	3078	7199	4466	2733	74	74	—	360	15	345	1908	1681	+227	9541
1977*	8782	5204	3578	8350	5114	3236	75	75	—	357	15	342	1419	1463	—44	10201
1978*	9089	5562	3526	8648	5474	3174	76	76	—	365	13	352	1857	1679	+178	10946

Do uključivo 1962. nalazile su se distributivne elektrane u sastavu udružene elektroprivrede
Od 1965. uključeno 22% sistema HE Trebišnjice

RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Tablica 8

MEĐUREPUBLIČKA RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE 1978.

u MWh [4]

Primila / predala	Ukupno	Bosna i Hercegovina	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
Ukupno	7 625	173	1 131	1 827	2 273	862	1 359
B i H	2 250	—	46	1 386	155	629	34
Crna Gora	1 475	27	—	120	75	75	1 178
Hrvatska	153	63	28	—	—	51	11
Makedonija	20	—	—	1	—	1	18
Slovenija	297	50	—	79	—	—	118
Srbija	3 340	33	1 007	241	2 043	106	—

Tablica 9

RAZMJENA IZMEĐU PODRUČJA UNUTAR HRVATSKE

u MWh [1] [2]*

Godina	Split			Rijeka			Osijek		Zagreb		
	daje	prima	saldo	daje	prima	saldo	daje	prima	prima	daje	saldo
1966.	688 723	16 465	672 258	309 946	184 983	124 963	—	—	971 743	—	971 743
1967.	763 610	19 863	743 747	452 181	222 894	229 287	—	—	1 129 391	—	1 129 391
1968.	422 680	80 823	341 857	476 431	39 679	436 752	—	—	1 107 306	—	1 107 306
1969.	541 961	9 711	532 250	666 311	1 962	664 349	—	—	1 621 924	—	1 621 924
1970.	397 780	57 158	340 622	817 467	120 497	669 970	—	—	1 495 499	—	1 425 499
1971.	215 769	69 211	146 558	502 524	29 890	472 643	—	—	1 054 904	—	1 054 904
1972.	103 082	52 774	50 308	683 827	22 079	661 748	—	245 413	466 643	—	466 643
1973.	294 541	12 567	281 974	93 423	731 856	—638 433	—	299 630	56 829	—	56 829
1974.	29 846	391 822	362 036	663 638	18 569	—645 069	—	218 708	64 325	—	64 325
1975.	—	143 000	143 000	474 000	—	—474 000	2 984	218 723	453 000	—	453 000
1976.	38 948	880 915	841 967	735 844	2 086	—733 758	6 523	209 174	570 976	122 923	448 054
1977.*	69 000	587 000	518 000	686 000	96 000	—590 000	45 000	228 000	143 000	42 000	212 000
1978*	. . .	. . .	569 000	. . .	. . .	—456 000	. . .	1 121 000	. . .	. . .	1 093 000

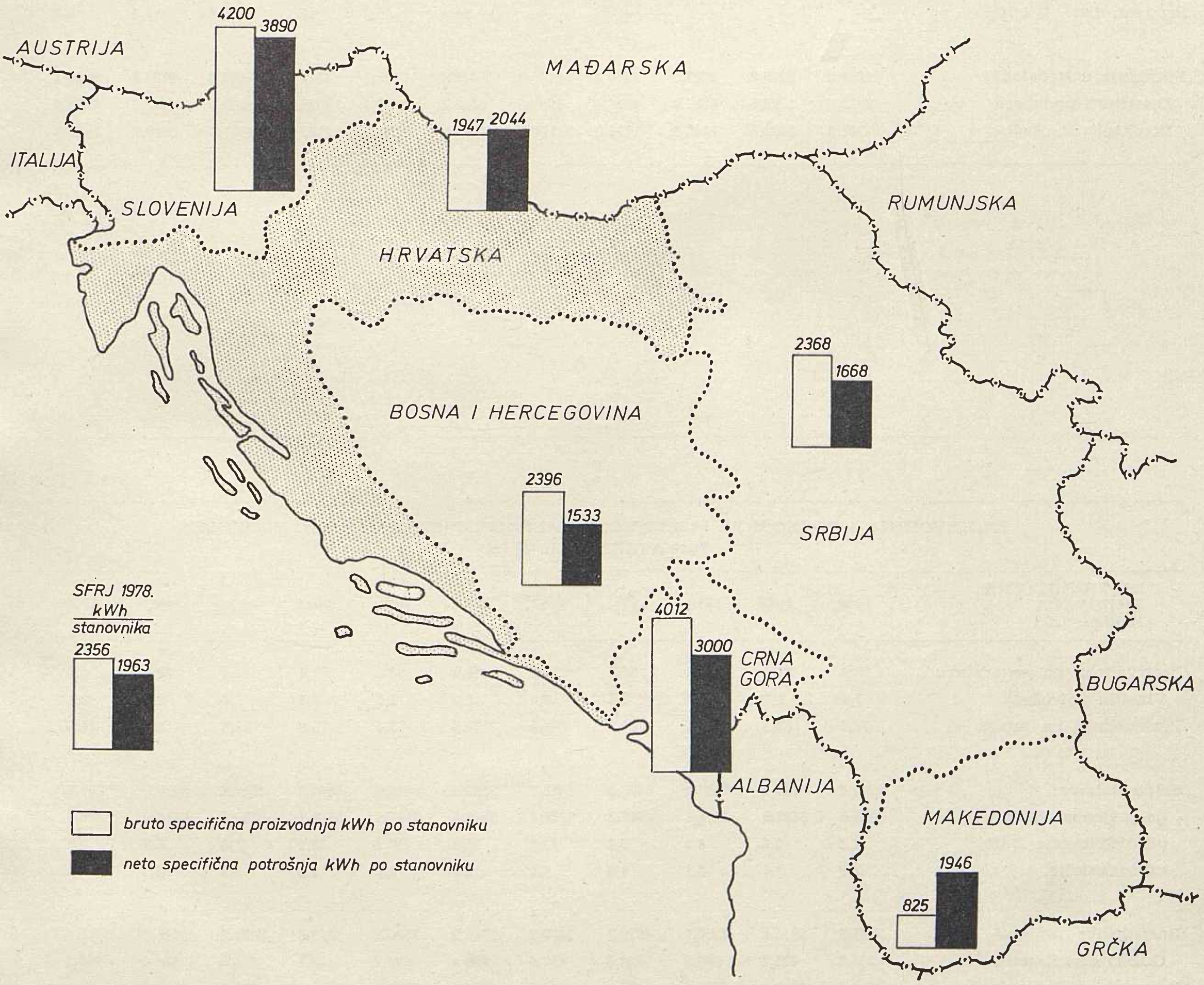
Razmjena između područja unutar Hrvatske vodi se tek od osnivanja združenih poduzeća u Splitu, Rijeci i Zagrebu 1966., te Osijeka 1972. godine.

Tablica 10

RAZVOJ RAZMJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE UDRUŽENE ELEKTROPRIVREDE SRH
u GWh [2]

Razmjena	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.	1978.
Nabava iz Slovenije	263,3	169,3	321,6	32,2	95,4	85,2	15,4	166,0	46,0	48,0	79,0
Predaja u Sloveniju	589,7	322,9	421,3	992,9	92,2	28,1	50,9	26,0	26,0	66,0	50,0
	—	—	—	—	+	+	—	+	+	—	+
Saldo	326,5	153,5	99,7	960,7	3,2	57,1	35,5	140,0	20,0	18,0	29,0
Nabava iz Bosne	1189,4	1127,3	1492,9	2575,1	1565,1	1925,0	2397,4	2401,0	1689,0	1510,0	1731,0
Predaja u Bosnu	51,9	56,5	42,6	40,7	63,2	6,2	2,1	75,0	18,0	37,0	87,0
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Saldo	1137,5	1070,8	1450,3	2534,4	1460,7	1918,8	2395,3	2326,0	1671,0	1473,0	1644,0
Nabava iz inozemstva	8,3	1,7	0,1	1,5	—	42,6	50,0	739,0	331,0	55,0	234,0
Predaja u inozemstvo	9,8	18,2	48,1	71,8	0,1	0,0	146,6	23,0	104,0	100,0	56,0
	—	—	—	—	—	+	—	+	+	—	+
Saldo	1,5	16,6	48,1	70,3	0,1	42,6	96,6	716,0	227,0	45,0	178,0
Ukupno nabava	1461,0	1298,0	1814,5	2608,8	1660,5	2052,8	2462,8	3306,0	2066,0	1613,0	2044,0
Izvoz i predaja	651,4	397,5	512,0	1105,4	155,4	34,3	199,6	124,0	148,0	203,0	193,0
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Saldo razmjene	809,5	900,8	1302,6	1503,4	1505,1	2018,5	2263,2	3182,0	1918,0	1410,0	1851,0

U tablici je sadržana razmjena na svim naponima. Razmjena sa SR Crnom Gorom i SR Srbijom uključena u SR BiH.



Sl. 5. Specifična proizvodnja i potrošnja električne energije (kWh/stanovnik)

POTROŠNJA I BILANCE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Tablica 11

PROIZVODNJA I POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE UDRUŽENE ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE u MWh [1] [2]*

UDRUŽENA ELEKTROPRIVREDA HRVATSKE	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977*	1978*
Proizvodnja na generatoru	3707,1	4154,7	4362,1	4606,1	5166,2	4971,3	5916,0	5518,6	7198,5	8349,7	8647,2
Vlastita potrošnja	65,5	51,5	90,0	156,5	164,6	207,3	173,5	174,4	223,4	248-9	252,6
Proizvodnja na pragu	3641,6	4103,1	4272,1	4449,6	5001,6	4764,0	5742,5	5344,2	6975,1	8100,8	8394,6
Razmjena saldo:	809,6	900,8	1302,6	1503,4	1505,1	2018,5	2262,7	3187,4	1937,5	1411,9	1853,3
sa Slovenijom	— 326,4	— 153,5	— 99,7	-- 960,7	3,2	57,1	— 35,6	121,2	19,2	— 18,6	28,9
sa Bosnom i H.	1137,5	1070,8	1450,3	2530,4	1502,0	1643,1	1905,2	1990,5	1565,4	1300,3	1323,2
sa drugim republ.	—	—	—	—	—	275,7	489,8	360,5	125,9	187,5	323,0
sa inozemstvom	— 1,5	— 16,5	— 48,0	-- 70,3	— 0,1	42,6	— 96,7	715,2	227,1	— 44,4	178,2
Nabava od industrije	—	6,4	2,8	4,8	—	1,8	1,8	6,3	21,4	—	2,0
Raspoloživo ukupno	4451,2	5010,3	5577,5	5957,8	6506,7	6784,3	8006,1	8537.9	8934.0	9512,7	10249,9
Gubici prijenosa	224,7	281,0	269,9	277,5	333,4	267,2	324,8	312,9	303,4	336,7	342,9
Predano distr. B i H	—	—	—	—	—	64,4	56,2	47,1	23,8	1,4	0,9
Potrošnja u Hrvatskoj	4226,5	4729,3	5307,6	5680,3	6173,3	6452,7	7625,1	8177,9	8606,8	9174,6	9906,1
Distribut. poduzeća	3319,5	3726,5	4219,1	4596,3	4981,4	5244,8	5517,4	5784,9	6149,8	6663,9	7289,8
Direktni potrošači	907,0	1002,8	1088,5	1084,0	1191,9	1207,9	2107,7	2393,0	2457,0	2510,7	2616,3

Tablica 12

PROIZVODNJA I POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE DISTRIBUTIVNIH PODUZEĆA HRVATSKE GWh [1] [2]*

DISTRIBUTIVNA PODUZEĆA HRVATSKE	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977*	1978*
Proizvodnja na generatoru	77,4	84,5	73,4	65,8	79,8	60,9	84,5	77,4	74,2	75,3	76,7
Vlastita potrošnja	1,4	1,2	1,3	1,3	1,0	0,6	1,1	2,4	1,0	2,6	2,1
Proizvodnja na pragu	76,0	83,3	72,1	64,5	78,8	60,3	83,4	75,0	73,2	72,7	74,6
Saldo dobave:	3329,6	3733,5	4228,0	4606,2	4998,7	5264,9	5542,8	5844,6	6157,0	6673,0	7296,8
od prijenosa SRH	3319,5	3726,5	4219,1	4596,3	4981,4	5244,8	5517,4	5784,9	6149,8	6663,9	7289,8
od distribucije B iH	6,3	3,6	5,8	5,4	12,8	16,5	18,4	56,9	2,0	5,9	4,7
od industrije	3,8	3,4	3,1	4,5	4.5	3,6	7,0	2,8	5,2	3,2	2,3
Raspoloživo ukupno	3405,6	3816,8	4300,1	4670,7	5077,5	5325,2	5626,2	5919,6	6230,2	6745,7	7371,4
Gubici distribucije	386,2	425,8	505,8	482,5	487,5	469,2	534,7	582,1	659,5	720,4	776,5
Potrošnja u Hrvatskoj	3019.4	3391,0	3794,3	4188,2	4590,0	4856,0	5091,5	5337,5	5570,7	6025,3	6594,9

Tablica 13

POTROŠNJA DIREKTNIH POTROŠAČA UDRUŽENE ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE u GWh [1] [2]*

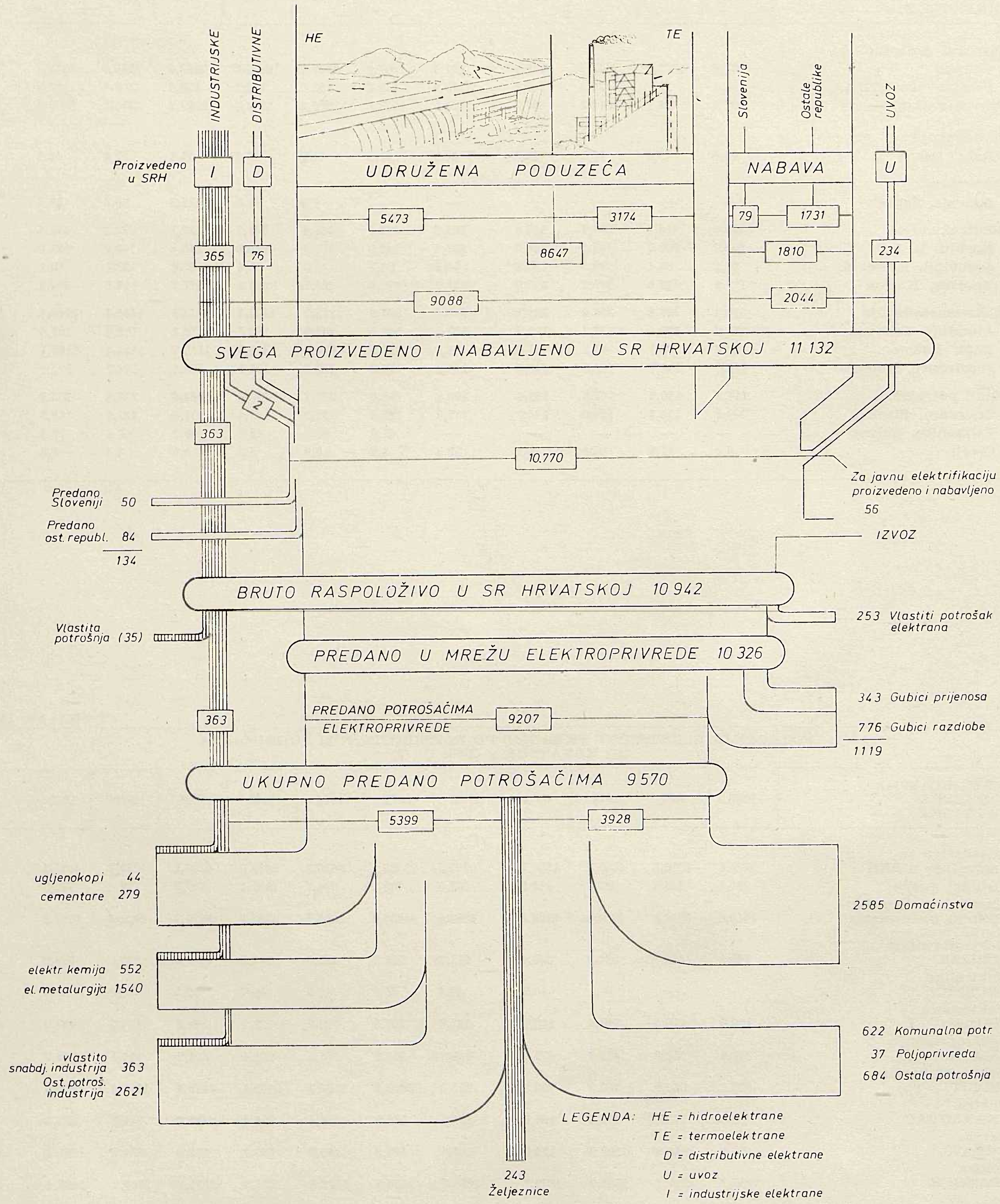
UDRUŽENA ELEKTROPRIVREDA HRVATSKE	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977*	1978*
Direktni potrošači ukupno	907,0	1002,8	1088,5	1084,0	1191,9	1207,9	2107,7	2393,0	2457,0	2510,7	2616,3
Elektrovuča ŽTP-a	—	12,1	76,3	115,2	125,4	138,3	128,6	122,3	123,8	140,4	156,5
Inustrija ukupno	907,0	990,7	1012,2	968,8	1066,5	1069,6	1979,1	2270,7	2333,2	2370,3	2459,8
Ugljenokopi											
Raša, Labin	46,4	45,0	43,7	42,3	43,0	37,7	42,3	43,3	48,1	47,0	44,4
Cementare											
Sloboda, Zagreb	—	—	—	—	—	—	1,0	30,6	35,9	68,3	68,8
Elektrokemija	423,2	486,7	494,7	456,0	533,8	466,0	567,4	537,1	532,1	522,1	552,4
Karbid, D. Rat	250,7	232,7	235,2	174,6	237,4	184,8	267,9	248,9	218,8	182,0	211,0
Jugovinil, Kaštel S.	59,2	60,1	59,2	53,8	64,5	52,8	73,3	65,4	65,5	83,8	88,1
Gnojivo, Kutina	113,3	193,9	200,3	227,6	231,9	228,4	226,2	222,8	247,8	256,3	253,3
Elektrometalurgija	319,9	328,8	326,0	321,1	340,4	347,9	1145,3	1422,3	1472,5	1480,4	1540,4
Aluminij, Lozovac	124,2	123,4	126,2	117,0	132,3	151,8	169,0	162,3	170,8	189,3	195,6
TLM, Ražine	50,9	53,7	57,1	61,9	62,0	72,9	813,6	1096,3	1115,7	1134,4	1169,1
Ferolegure, Šibenik	144,8	151,7	142,7	142,2	146,1	123,2	162,7	163,7	186,0	156,7	175,7
Ostali potrošači	117,5	130,2	147,8	149,4	149,3	218,0	223,1	237,4	244,6	252,5	253,8
Željezara, Sisak	109,5	118,3	137,0	143,3	137,0	142,4	153,2	165,4	171,4	181,9	182,9
Valjaonica, Ražine	—	—	—	—	—	67,6	63,0	62,2	69,2	68,6	70,4
Ostali	8,0	11,9	10,8	6,1	12,3	8,0	6,9	5,8	4,0	2,0	0,5

Tablica 14

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE PO DISTRIBUTIVNIM PODRUČJIMA SR HRVATSKE u GWh [1] [2]*

DISTRIBUTIVNA PODUZEĆA HRVATSKE	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977*	1978*
Raspoloživo za potrošnju u SRH	3405,6	3816,8	4300,1	4670,1	5077,5	5325,2	3626,2	5919,6	6230,2	6745,7	7371,4
Gubici mreže	386,2	425,8	505,8	482,5	487,5	469,2	534,7	582,1	659,5	720,4	776,5
Potrošnja po distributivnim poduzećima	3019,4	3391,0	3794,3	4188,2	4590,0	4856,0	5091,5	5337,5	5570,7	6025,3	6594,9
Elektroslavonija OSIJEK	388,1	448,9	524,9	563,4	611,3	698,3	729.5	743,5	800,5	895,5	968,0
Elektrolika GOSPIĆ	—	—	—	40,2	44,4	45,0	46,3	48,7	50,5	53,8	62,7
Elektroistra PULA	190,0	216,4	242,5	266,7	297,9	307,8	335,0	428,1	374,5	414,7	437,0
Elektroprimorje RIJEKA	348,4	382,0	439,9	471,9	522,7	543,6	573,5	601,4	651,7	694,1	748,7
Elektrodalmacija SPLIT	609,1	689,2	760,9	886,7	972,5	1055,6	1084,3	1092,4	1170,3	1217,8	1366,9
Elektra KARLOVAC	139,0	161,6	175,3	155,5	164,5	170,9	176,4	195,6	195,2	211,9	235,1
Elektra SISAK	86,1	95,8	109,9	124,0	161,0	177,3	193,7	203,3	212,3	234,3	251,1
Elektra ZAGREB	1258,7	1397,1	1540,9	1679,7	1815,7	1857,5	1952.8	2024,5	2115,7	2303,2	2525,4
Prema naponu:											
Na visokom naponu	1206,7	1316,9	1437,8	1607,0	1823,5	1877,4	2005,9	2127,7	2207,2	2415,4	2667,1
Na niskom naponu	1812,7	2074,1	2356,5	2581,2	2766,5	2978,6	3085,6	3209,8	3363,5	3609,9	3927,8
— Domaćinstva	1187,2	1333,2	1496,8	1637,9	1772,3	1943,9	2060,2	2132,7	2223,4	2360,4	2584,6
— Ost. potroš. na 0,4 kV	625,5	740,9	859,7	943,3	994,2	1034,7	1025,4	1077,1	1140,1	1249,5	1343,2

TOK ELEKTRIČNE ENERGIJE U SR HRVATSKOJ 1978.
milijuna kilovatsati



Sl. 6. Tok električne energije u SRH 1978. god.

Tablica 15

PROIZVODNJA I POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U SR HRVATSKOJ
u GWh [1] [2]*

Potrošači	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.*	1978.*
Proizvodnja na generatoru	4090,7	4520,1	4692,3	4952,5	5509,2	5333,5	6280,7	5940,3	7632,6	8781,5	9089,8
Saldo dobave	815,9	904,1	1308,5	1508,8	1517,9	1970,7	2224,9	3197,3	1915,6	1416,4	1856,6
Raspoloživo bruto	4906,6	5424,1	6000,8	6461,3	7027,1	7304,2	8505,6	9137,6	9548,2	10197,9	10946,4
Vlastita potrošnja	65,9	52,7	91,3	157,8	165,6	207,9	174,7	176,9	224,3	251,5	254,6
Gubici prijenosa	224,7	281,0	269,9	277,5	333,4	267,2	324,8	312,9	303,4	336,7	342,9
Gubici distribucije	386,2	425,8	505,9	482,5	487,5	469,2	534,7	582,1	659,5	720,4	776,5
Potrošnja neto	4228,8	4664,6	5133,7	5543,5	6040,6	6359,9	7471,4	8065,7	8361,0	8889,3	9572,4
Industrija	2267,8	2471,5	2585,8	2792,4	3093,9	3178,5	4159,2	4645,7	4777,8	5044,4	5401,6
Ugljenokopi	57,9	53,4	51,2	46,0	45,6	41,8	45,5	45,3	53,9	47,0	44,4
Cementare	146,4	151,5	163,7	187,7	225,9	225,2	248,5	304,4	287,3	277,8	278,8
Elektrokemija	423,2	486,7	494,7	456,0	533,8	466,0	567,4	537,1	532,1	522,1	552,4
Elektrometalurgija	319,9	328,8	326,0	321,1	340,4	347,9	1154,3	1422,3	1472,5	1480,4	1540,4
Ostala prodaja	1018,1	1180,3	1599,3	1510,3	1689,5	1801,6	1871,3	2001,4	2098,7	2363,8	2624,4
Vlast. snabdjev. ind.	302,3	270,8	250,9	271,3	258,7	296,0	272,2	335,2	333,3	353,3	361,2
Elektro vuča ŽTP	56,9	90,8	140,0	169,9	180,2	226,0	226,6	* 210,2	219,7	235,0	243,0
Opća potrošnja	1904,1	2102,3	2407,9	2581,2	2766,5	2955,4	3085,6	3209,8	3363,5	3609,9	3927,8
Domaćinstva	1187,2	1333,2	1496,8	1637,9	1772,3	1943,9	2060,2	2132,7	2223,4	2360,4	2584,9
Komunal. potr.	178,0	* 198,0	* 208,0	* 231,0	* 270,0	* 261,0	263,0	291,0	473,0	572,0	622,0
Ost. potrošnja	547,9	571,1	708,1	712,3	724,2	750,5	762,4	786,1	667,1	677,5	720,9

Tablica 16

BILANCA PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U SFRJ 1978.
u GWh [5]

Elementi energetske bilance	SFRJ	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
Proizvodnja na generatoru	51 755	9 931	2 346	9 088	1 610	7 594	21 186
Vlastita potrošnja	2 421	511	10	254	32	467	1 147
Proizvodnja na pragu elektrana	49 334	9 420	2 336	8 834	1 578	7 127	20 039
Izvoz	1 294	243	79	57	24	40	851
Uvoz	642	58	20	234	97	27	206
Primljeno od drugih republika	7 625	173	1 131	1 827	2 273	862	1 359
Isporučeno drugim republikama	7 625	2 250	1 475	153	20	297	3 430
Gubici prenosa i razvoda	4 965	696	167	1 057	329	653	2 063
Raspoloživo za potrošnju	43 717	6 462	1 766	9 628	3 575	7 026	15 260
Industrija i rudarstvo	25 546	3 913	1 287	6 296	2 397	4 640	7 013
Rudnici uglja	614	212	3	47	2	55	295
Cementare	932	73	31	272	112	169	275
Elektrohemija	4 782	369	1 017	1 754	84	820	738
Elektrometalurgija	5 942	1 600	185	661	1 600	845	1 051
Ostala industrija	13 276	1 659	51	3 562	599	2 751	4 654
Elektroželezn̆ička vuča	790	110	16	258	12	170	224
Tramvaji i trolejbusi	85	17	—	40	—	—	28
Javni vodovod	471	54	28	156	6	44	183
Javno osvetljenje	413	39	15	130	20	45	164
Domaćinstva (osvetljenje i aparati)	13 076	1 811	286	2 319	877	1 544	6 239
Poslovne i društvene prostorije	1 106	118	80	208	140	210	350
Motori i aparati	1 594	105	37	172	113	218	949
Poljoprivreda ukupno	636	295	17	49	10	155	110
Melioracije	47	16	4	2	5	1	19
Poljoprivredni motori	138	4	8	35	5	16	70
Ostalo	451	275	5	12	—	138	21

[1] Kod SR Bosne i Hercegovine uključeno 78% proizvodnje HE »Trebišnjica« a kod SR Hrvatske 22%.

Tablica 17

POTROŠNJA ELEKTROENERGIJE PREMA TEHNOLOŠKOJ NAMJENI U INDUSTRIJSKIM ORGANIZACIJAMA JUGOSLAVIJE u 1978.[1])

[5]

	MWh					Struktura (ukupno = 100)			
	ukupno	za termičke svrhe	za elektrolize i galvanizaciju	za elektromotore	ostalo	za termičke svrhe	za elektrolize i galvanizaciju	za elektromotore	ostalo
Ukupno	**24 189 208**	**4 415 798**	**3 450 476**	**15 005 035**	**1 317 899**	**18,3**	**14,3**	**62,0**	**5,4**
Elektroprivreda	3 031 854	177 430	12 878	2 636 696	204 850	5,9	0,4	87,0	6,7
Proizvodnja uglja	626 561	9 281	—	575 738	41 542	1,5	—	91,9	6,6
Prerada uglja	126 754	9 136	—	116 586	1 032	7,2	—	92,0	0,8
Proizvodnja nafte i plina	40 624	520	—	37 565	2 539	1,3	—	92,5	6,2
Proizvodnja derivata nafte	362 685	2 768	100	340 861	18 956	0,8	0,0	94,0	5,2
Proizvodnja rude gvožđa	50 968	1 332	—	45 033	4 603	2,6	—	88,4	9,0
Crna metalurgija	3 889 357	2 891 905	30	914 575	82 847	74,4	0,0	23,5	2,1
Proizv. ruda obojenih metala	690 892	3 540	—	656 648	30 704	0,5	—	95,0	4,5
Proizvodnja obojenih metala	3 606 420	75 932	3 085 660	428 876	15 952	2,1	85,6	11,9	0,4
Prerada obojenih metala	337 240	111 717	4 909	213 595	7 019	33,1	1,5	63,3	2,1
Proizvodnja nemetala	109 021	4 026	—	95 757	9 238	3,7	—	87,8	8,5
Prerada nemetala	478 020	163 120	4 045	281 393	29 462	34,1	0,8	58,9	6,2
Metaloprerađivačka djelatnost	1 074 956	418 428	26 589	547 484	82 455	38,9	2,5	50,9	7,7
Mašinogradnja	280 625	55 726	3 943	187 005	33 951	19,9	1,4	66,6	12,1
Proizv. saobraćajnih sredstava	446 091	82 008	18 726	295 880	49 477	18,4	4,2	66,3	11,1
Brodogradnja	91 932	2 213	—	71 734	17 985	2,4	—	78,0	19 6
Proizv. elekt. mašina i aparata	496 689	131 214	29 184	277 390	58 901	26,4	5,9	55,8	11,9
Proizv. kemijskih proizvoda	1 766 260	78 060	234 559	1 397 104	56 537	4,4	13,3	79,1	3,2
Prerada kemijskih proizvoda	300 994	36 546	3 467	220 825	40 156	12,1	1,2	73,4	13,3
Proizvodnja kamena i peska	129 882	827	—	120 784	8 271	0,6	—	93,0	6,4
Proizv.građevinskog materijala	1 261 445	22 155	124	1 176 305	62 861	1,8	0,0	93 2	5,0
Proizv. rezane građe i ploča	372 957	6 006	—	338 273	28 678	1,6	—	90,7	7,7
Proizv. final. proizv. od drveta	383 725	8 002	251	336 476	38 996	2,1	0,1	87,7	10,1
Proizv. i prerada papira	1 328 941	19 586	13 545	1 231 899	63 911	1,5	1,0	92,7	4,8
Proizvodnja prediva i tkanina	958 383	16 599	175	860 104	81 505	1,7	0,0	89,8	8,5
Proizv. got. tekst. proizvoda	270 083	14 342	244	206 104	49 393	5,3	0,1	76 3	18,3
Proizvodnja kože i krzna	70 092	1 683	—	57 581	10 828	2,4	—	82,2	15,4
Proizv. kožne obuće i galant.	71 116	4 102	2	56 245	10 767	5,8	0,0	79,1	15,1
Prerada kaučuka	191 767	9 312	83	158 868	23 504	4,9	0,0	82,8	12,3
Proizv. prehramb. proizvoda	934 851	39 436	10 025	784 876	100 514	4,2	1,1	84,0	10,7
Proizvodnja pića	180 304	3 622	—	152 937	23 745	2,0	—	84,8	13 2
Proizvodnja stočne hrane	62 604	1 511	—	56 058	5 035	2,4	—	89,6	8,0
Proizvodnja i prerada duhana	48 751	2 276	24	42 195	4 256	4,7	0,0	86,6	8,7
Grafička delatnost	100 648	9 053	1 047	74 794	15 754	9,0	1,0	74,3	15,7
Proizv. raznovrsnih proizvoda	15 716	2 384	866	10 791	1 675	15,2	5,5	68,7	10,6

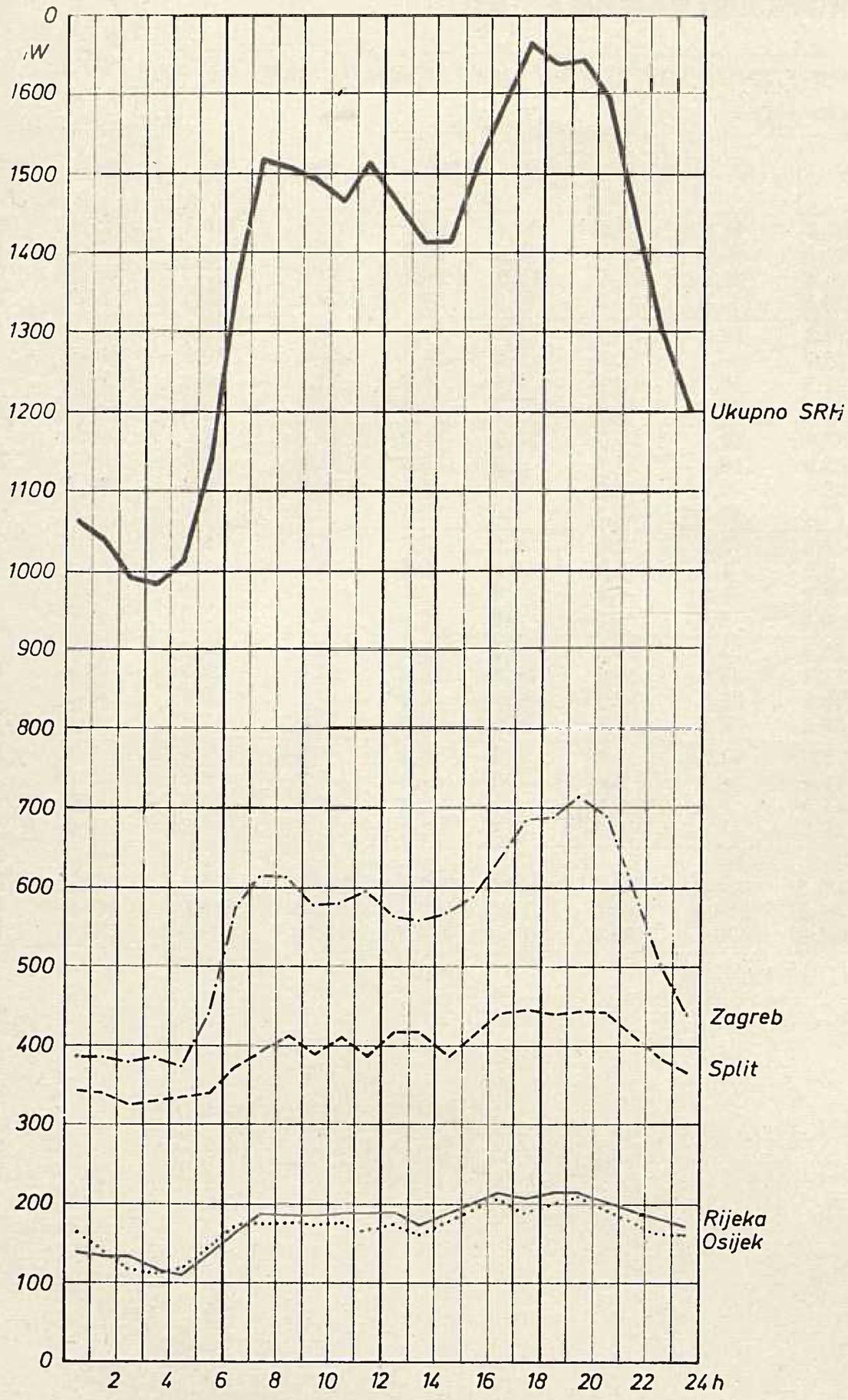
1) Podaci o potrošnji elektroenergije prema tehnološkoj namjeni prikupljeni su godišnjim izveštajem industrije (Ind--21). Ukoliko u organizaciji udruženog rada nisu postojali egzaktni podaci o potrošnji elektroenergije prema tehnološkoj nameni, strukturu su procjenjivali stručnjaci te organizacije.

Tablica 18

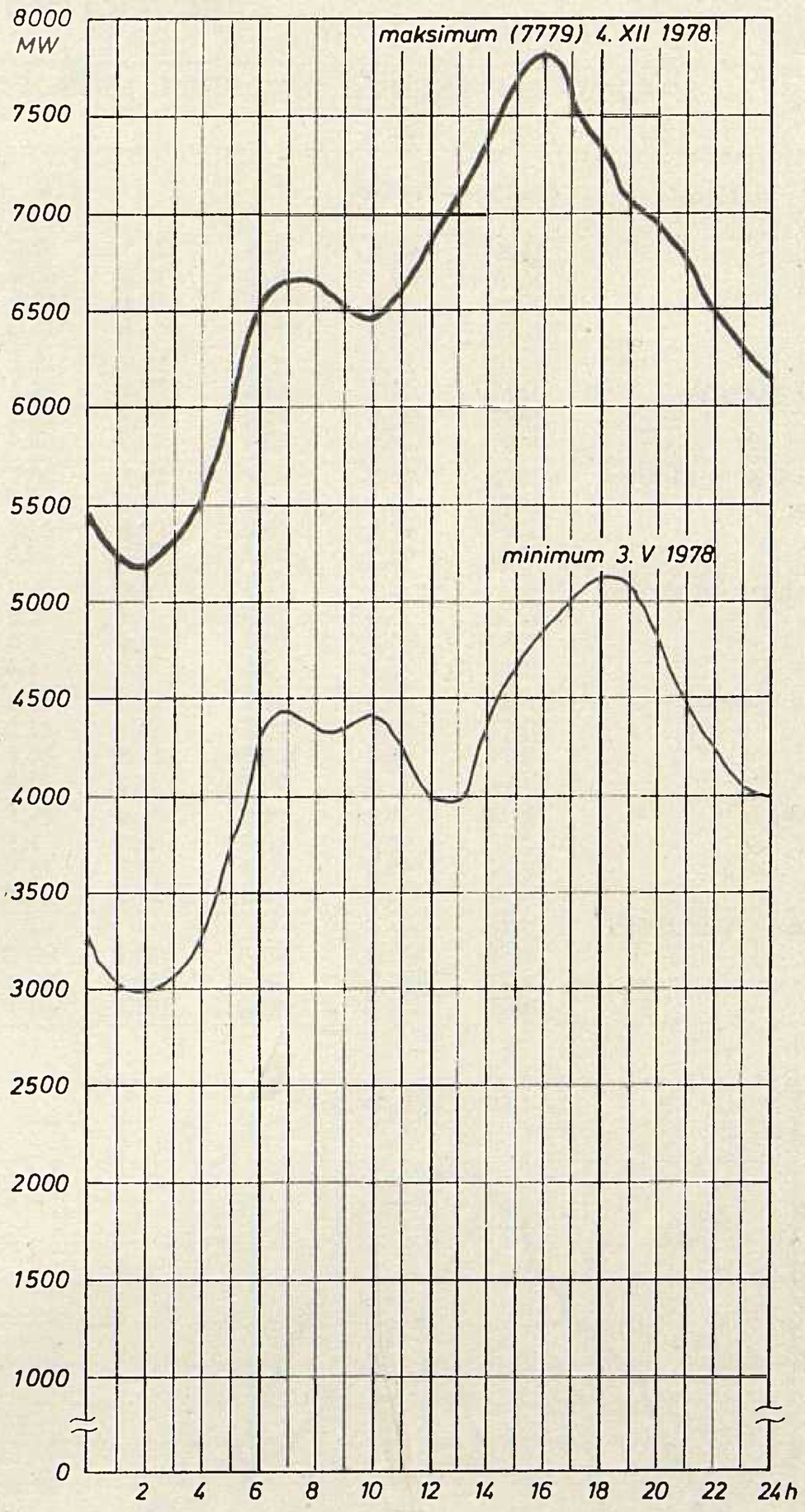
RAZVOJ NETO SPECIFIČNE PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE SR HRVATSKE

[1]

Godina	Stanovništvo × 1000	Neto proizvodnja		Neto potrošnja		Potrošnja domaćinstava	
		Ukupna GWh	Specifična proizvodnja kWh/stanovnik	Ukupna GWh	Specifična potrošnja kWh/stanovnik	Ukupna GWh	Elektroenergetski standard kWh/stanovnik
1945.	**3 674***	**224**	**61**	**255**	**69**	**41**	**11**
1946.	**3 722***	**273**	**73**	**342**	**92**	**50**	**14**
1947.	**3 758**	**379**	**101**	**435**	**116**	**58**	**16**
1948.	**3 780**	**497**	**131**	**565**	**149**	**66**	**17**
1949.	**3 820**	**524**	**137**	**627**	**164**	**70**	**18**
1950.	**3 851**	**556**	**144**	**669**	**174**	**83**	**22**
1951.	**3 882**	**591**	**152**	**732**	**188**	**90**	**23**
1952.	**3 913**	**623**	**159**	**741**	**189**	**73**	**19**
1953.	**3 946**	**716**	**181**	**783**	**198**	**92**	**23**
1954.	**3 978**	**810**	**204**	**844**	**212**	**131**	**33**
1955.	**4 013**	**1 025**	**255**	**1 076**	**268**	**165**	**41**
1956.	**4 040**	**1 007**	**249**	**1 180**	**292**	**227**	**56**
1957.	**4 067**	**1 076**	**264**	**1 404**	**345**	**281**	**60**
1958.	**4 089**	**1 169**	**286**	**1 577**	**384**	**376**	**90**
1959.	**4 115**	**1 392**	**338**	**1 767**	**429**	**426**	**104**
1960.	**4 140**	**1 671**	**404**	**1 943**	**469**	**409**	**99**
1961.	**4 169**	**1 555**	**373**	**2 132**	**511**	**457**	**110**
1962.	**4 198**	**2 334**	**555**	**2 380**	**567**	**554**	**132**
1963.	**4 229**	**2 948**	**697**	**2 853**	**677**	**689**	**163**
1964.	**4 252**	**2 793**	**657**	**2 903**	**683**	**768**	**183**
1965.	**4 281**	**3 308**	**772**	**3 204**	**749**	**813**	**190**
1966.	**4 312**	**3 903**	**906**	**3 508**	**814**	**924**	**214**
1967.	**4 430**	**3 861**	**889**	**3 783**	**872**	**1 064**	**246**
1968.	**4 364**	**3 996**	**917**	**4 200**	**964**	**1 187**	**271**
1969.	**4 406**	**4 447**	**1 009**	**4 650**	**1 055**	**1 333**	**302**
1970.	**4 411**	**4 572**	**1 036**	**5 134**	**1 164**	**1 497**	**339**
1971.	**4 376**	**4 767**	**1 089**	**5 543**	**1 266**	**1 638**	**377**
1972.	**4 450**	**5 319**	**1 195**	**6 041**	**1 357**	**1 770**	**398**
1973.	**4 469**	**5 096**	**1 140**	**6 330**	**1 416**	**1 938**	**434**
1974.	**4 490**	**6 078**	**1 354**	**7 45**	**1 660**	**2 060**	**460**
1975.	**4 507**	**5 732**	**1 272**	**8 009**	**1 777**	**2 150**	**521**
1976.	**4 527**	**7 399**	**1 634**	**8 360**	**1 950**	**2 223**	**477**
1977.	**4 532**	**8 487**	**1 873**	**8 837**	**1 847**	**2 360**	**491**
1978.*	**4 566**	**8 835**	**1 935**	**9 572**	**2 096**	**2 585**	**566**



Sl 7. Dnevni dijagram opterećenja za SRH
Srijeda 20. XII 1978.



Sl. 8. Dnevni dijagram opterećenja za SFRJ
4. XII 1978.

Tablica 19

BILANCA PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U JUGOSLAVIJI
u GWh [5]

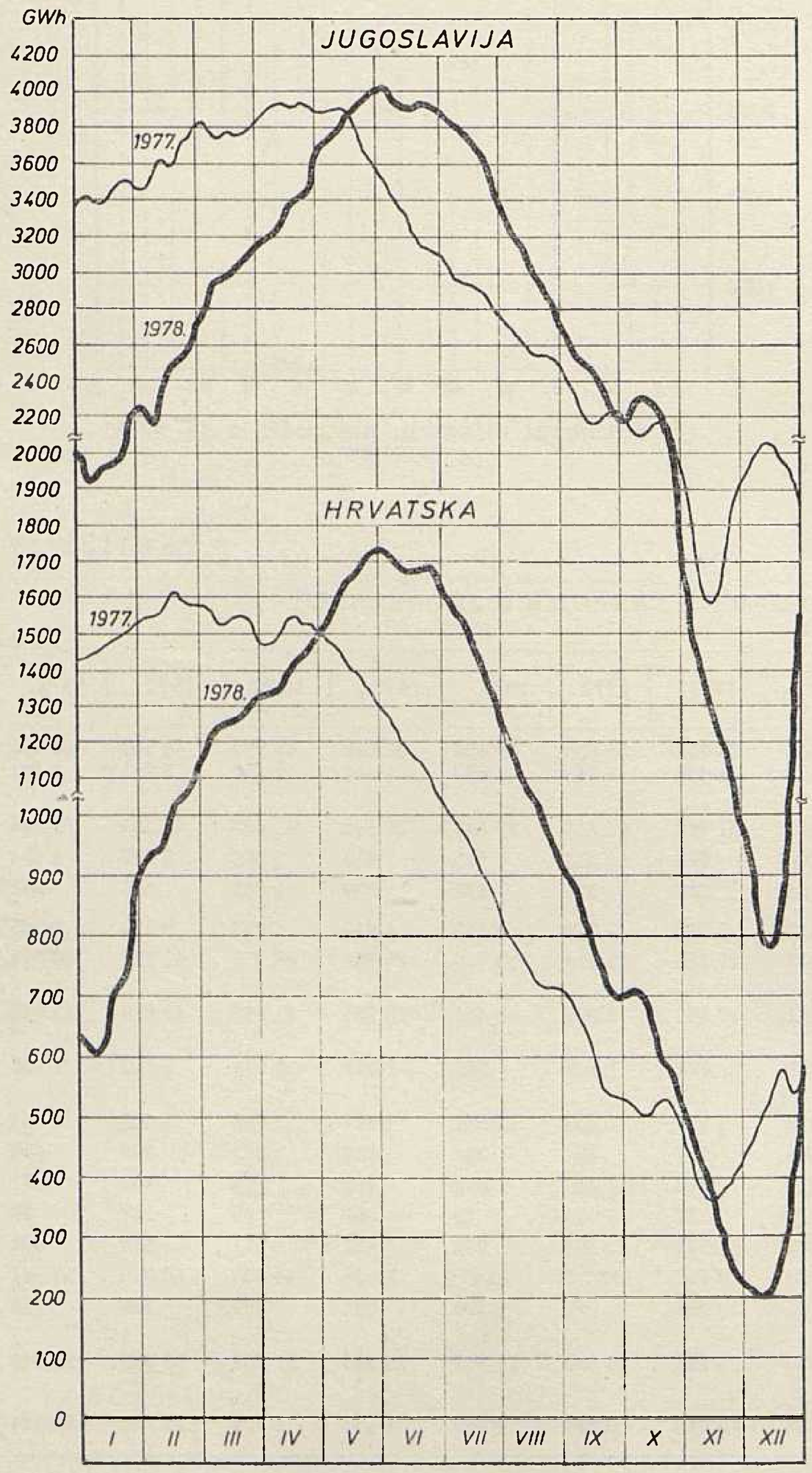
	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.	1978.
Proizvodnja na generatoru	18 701	20 641	23 374	26 023	29 509	33 231	35 062	39 456	40 040	43 573	48 580	51 755
Potrošnja u elektrani	873	876	925	1 256	1 484	1 435	1 746	1 807	1 897	2 150	2 171	2 421
Proizvodnja na pragu elektrana	17 828	19 774	22 249	24 767	28 025	31 796	33 416	37 649	38 143	41 423	46 409	49 344
Izvoz	189	145	91	152	266	905	353	625	433	1 063	1 505	1 294
Uvoz	329	439	349	361	104	227	304	625	676	1 263	340	642
Gubici prenosa i razvoda	2 135	2 282	2 699	2 980	3 220	3 613	3 753	4 253	4 445	4 646	5 127	4 965
Raspoloživo za potrošnju	15 833	17 786	20 012	21 966	24 643	27 555	29 514	33 396	33 941	36 977	40 117	43 717
Domaćinstva (osvetljenje i aparati)	3 898	4 559	5 267	6 082	6 911	7 674	8 621	9 431	10 351	11 019	12 058	13 076
Poslovne i društvene prostorije	496	549	753	968	871	903	1 129	948	1 080	1 069	1 142	1 106
Motori i aparati ostalih potrošača	546	497	798	928	1 083	1 211	1 435	1 541	1 367	1 468	1 603	1 594
Javno osvetljenje	192	193	229	242	279	297	322	321	334	352	390	413
Javni vodovod	211	234	250	273	310	366	347	382	380	398	447	471
Tramvaji i trolejbusi	89	91	83	80	73	77	69	75	62	66	81	85
Poljoprivreda	89	120	137	168	301	275	304	272	422	511	598	636
Opća potrošnja ukupno	5 522	6 243	7 517	8 711	9 828	10 803	12 227	12 970	13996	14 883	16 319	17 381
Elektroželježnička vuča	128	159	170	301	460	591	648	729	699	707	745	790
Industrija i rudarstvo — ukupno	10 183	11 384	12 325	12 954	14 355	16 161	16 639	19 697	19 246	21 387	23 053	25 546
Od toga: elektrokemija i elektrometalurgija	4 008	4 575	5 181	5 259	5 799	5 843	6 223	7 004	7 088	8 307	10 128	10 724

PROTOCI U HIDROELEKTRANAMA SRH

Tablica 20

SREDNJI MJESEČNI I GODIŠNJI PRIRODNI PROTOCI RIJEKA, U RAZDOBLJU 1975. DO 1978.
m³/sek. [1]

Vodotok	Godina	Prosjek	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Cetina profil	1975.	64,9	44,4	32,7	57,5	93,2	46,9	50,4	32,0	26,6	33,5	113,8	129,4	118,5
	1976.	96,1	38,9	72,8	65,1	101,8	90,0	45,9	40,0	46,6	56,6	83,4	203,1	308,8
	1977.	88,6	178,1	197,4	116,1	130,4	62,2	39,5	29,8	36,7	48,2	59,8	57,4	111,1
	1978.	104,5	157,6	183,8	195,3	159,3	135,0	116,6	57,3	37,6	39,1	43,5	26,2	103,2
Krka profil Mataše	1975.	21,4	16,7	13,0	17,1	30,3	18,2	21,0	11,9	7,8	3,0	59,1	28,6	29,9
	1976.	25,7	13,6	17,5	22,4	28,7	—	13,7	9,9	14,7	14,0	19,9	60,3	93,4
	1977.	29,5	60,4	67,7	45,8	51,3	18,7	11,1	8,4	9,7	14,8	20,0	14,3	32,3
	1978.	30,9	53,1	63,0	63,4	49,5	40,0	31,0	16,7	9,8	8,9	8,8	6,8	20,0
Mrežnica + Dobra	1975.	28,2	13,4	10,1	36,7	52,0	30,3	16,0	24,5	31,9	28,7	44,5	45,0	20,7
	1976.	32,1	4,1	6,6	20,6	66,0	16,5	24,7	4,5	26,9	21,3	16,8	69,3	108,2
	1977.	37,1	86,0	90,8	43,9	55,4	7,7	3,0	7,6	8,2	19,5	30,9	60,7	32,0
	1978.	31,2	33,2	32,7	99,3	67,2	45,0	20,6	9,3	3,1	7,1	17 9	2,4	37,6
Ličanka-Lokvarka Križ	1975.	2,7	1,9	4,4	1,6	2,5	5,1	2,7	1,1	0,6	3,0	2,7	3,1	3,3
	1976.	3,2	0,3	1,4	1,2	5,4	1,1	1,0	0,1	1,6	5,1	2,8	4,7	13,8
	1977.	3,6	12,3	8,6	1,2	4,0	1,2	0,4	1,0	2,4	1,9	1,4	5,2	4,4
	1978.	3,0	3,3	3,9	6,5	5,0	4,0	1,5	1,0	0,8	0,9	1,8	0,3	7,6
Lika i Gacka	1975.	29,7	20,4	15,6	40,6	48,4	23,4	17,1	17,8	11,1	13,4	29,5	60,2	57,8
	1976.	49,7	18,5	29,4	51,2	73,4	38,6	21,9	10,8	20,0	25,5	28,3	88,9	190,4
	1977.	44,0	121,2	110,8	42,5	70,0	25,5	12,2	12,1	8,8	13,8	18,9	36,4	56,5
	1978.	45,2	55,7	95,2	82,8	92,3	60,0	31,7	19,8	9,6	10,0	17 9	6,2	61,7
Rječina	1975.	7,1	4,3	1,2	14,4	8,3	21,3	7,0	3,3	0,4	1,9	3,9	6,8	12,7
	1976.	8,5	0,6	5,3	1,6	11,1	6,1	3,6	0,6	1,0	8,7	6,3	16,9	40,5
	1977.	13,9	24,3	25,1	11,6	11,0	6,7	1,3	2,1	8,4	22,3	36,2	12,0	6,5
	1978.	7,8	9,3	10 5	14,3	14,6	10,0	9,3	3,6	1,0	1,2	8,6	0,4	11,6
Drava — Varaždin	1975.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	162,3	173,3
	1976.	253,2	129,1	130,3	147,6	234,6	339,0	321,5	245,6	243,8	284,7	281,3	357,7	305,3
	1977.	325,9	239,7	355,4	374,1	391,8	529,9	492,8	370,5	366,4	262,7	159,0	141,0	128,5
	1978.	299,1	143,9	167,4	249,8	306,6	450,0	548,1	519,4	332,3	217,8	339,0	163,4	152,5



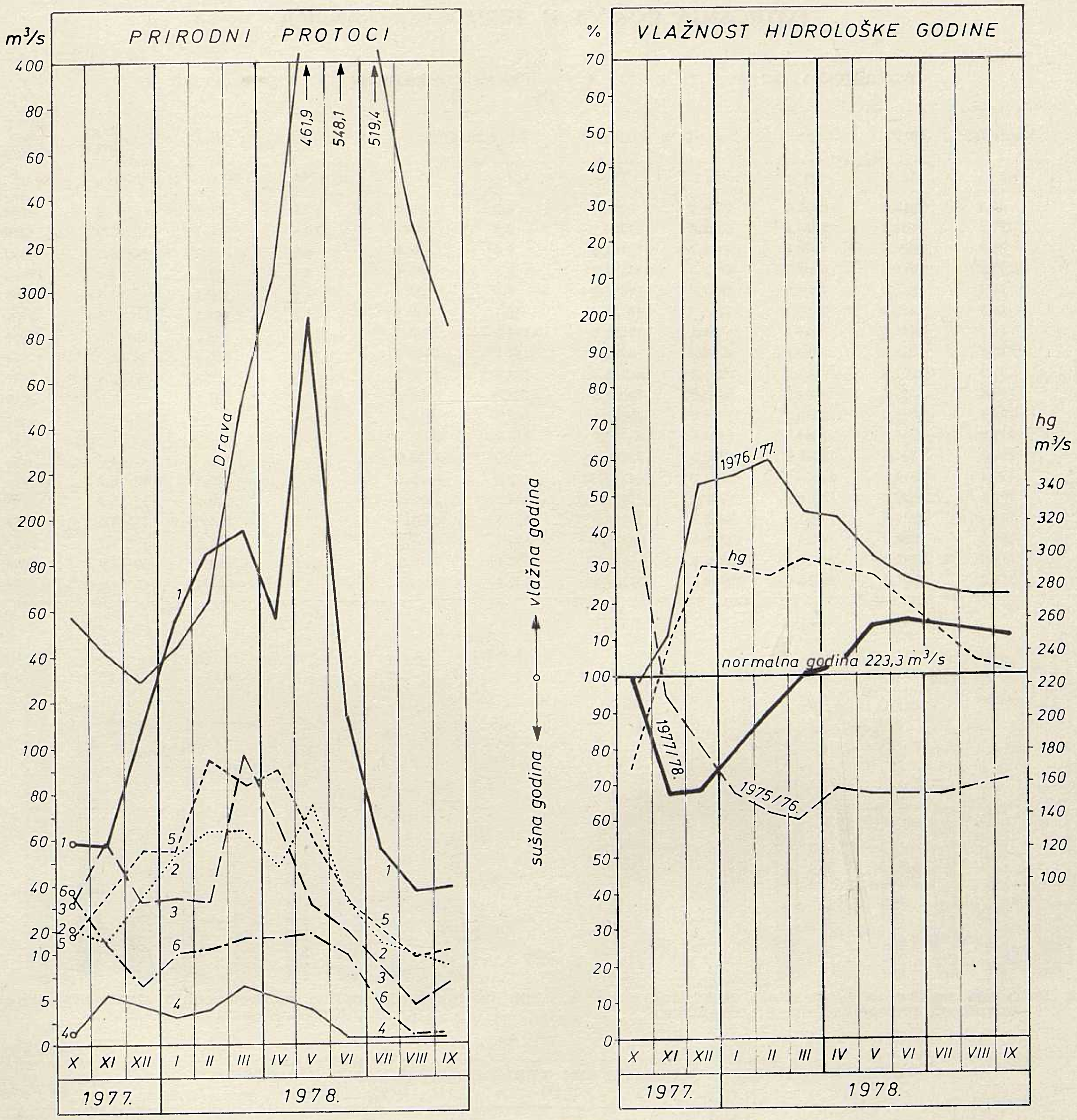
Sl. 9. Kretanje akumulacija u SRH i SFRJ

KORISNI VOLUMEN AKUMULACIJSKIH JEZERA

u GWh [1]

Akumulacija u SFRJ	Moguća korisna akumulacija
Bileča - Gran-čarevo	1 012
Mavrovo	365
Bistrica - Kokin Brod	201
Rama	420
Vlasina	178
Slano	138
Jablanica	60
Peručica - Krupac	52
Tikveš	50
Špilje	40
SFRJ - bez SRH	*2 517*

Akumulacija u SFRJ	Moguća korisna akumulacija
Peruća - Zakučac	352
Senj - Kruščica	140
Vinodol	44
Buško Blato	1 168
Ukupno SRH	1 704
Ukupno SFRJ	*4 221*



Sl. 10. Hidraulicitet vodotoka u hidrološkoj godini 1977/78.: 1. Cetina, 2. Krka, 3. Dobra — Mrežnica, 4. Ličanka — Lokvarka — Križ, 5. Lika — Gacka, 6. Riječina, 7. Drava

Vlažnost	Hidrološke godine 1977/78			Hidrološke godine 1976/77		
Vodotok	Zimsko razdoblje %	Ljetno razdoblje %	Godišnje razdoblje %	Zimsko razdoblje %	Ljetno razdoblje %	Godišnje razdoblje %
Cetina	91,0	160,8	113,2	126,6	77,6	110,1
Krka	123,0	158,8	136,6	174,5	95,4	144,4
Dobra-Mrežnica	113,4	106,8	111,3	161,5	71,4	121,1
Ličanka-Lokvarka	74,7	87,8	78,8	131,4	69,7	111,8
Lika-Gacka	92,7	148,1	108,8	157,2	92,6	138,4
Rječina	134,1	77,5	107,0	186,8	52,6	122,6
U k u p n o	98,5	144,0	113,9	145,6	79,8	123,2

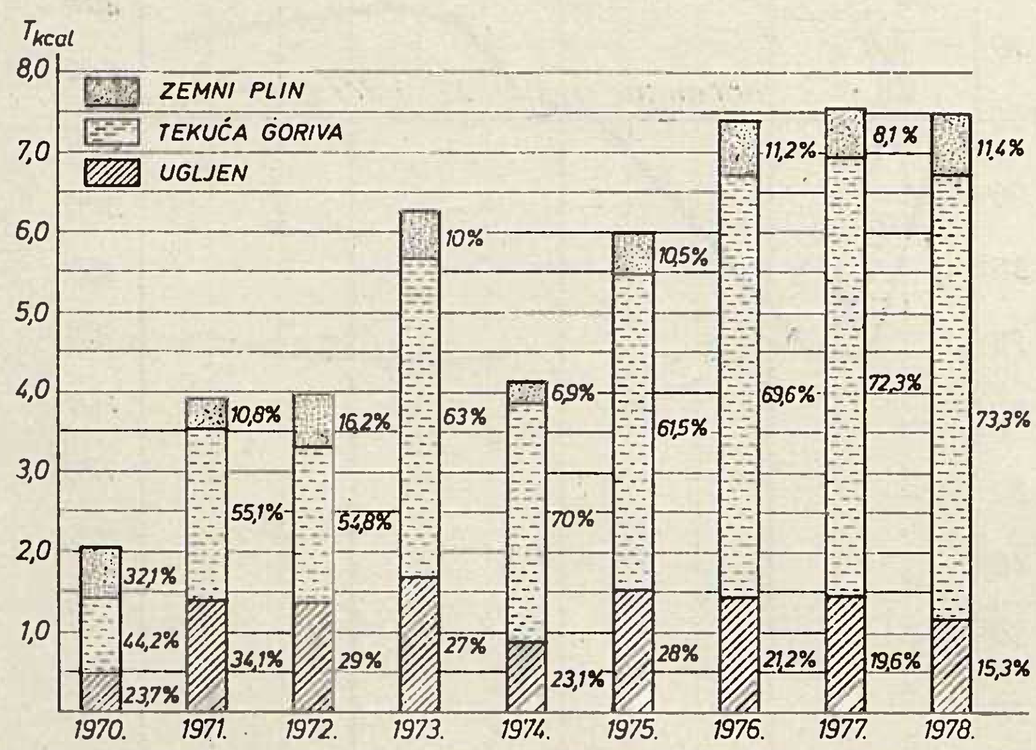
Vlažnost se računa u postocima prosječnog hidraulicitеta, a ovaj je određen mjerenjem vodnih količina kroz 30 godina. Vlažnost se ustanovljuje za hidrološku godinu od 1. X do 30. IX iduće godine svakog mjeseca kumulativno od početka X mjeseca do razmatranog mjeseca.

POTROŠNJA GORIVA U TERMOELEKTRANAMA

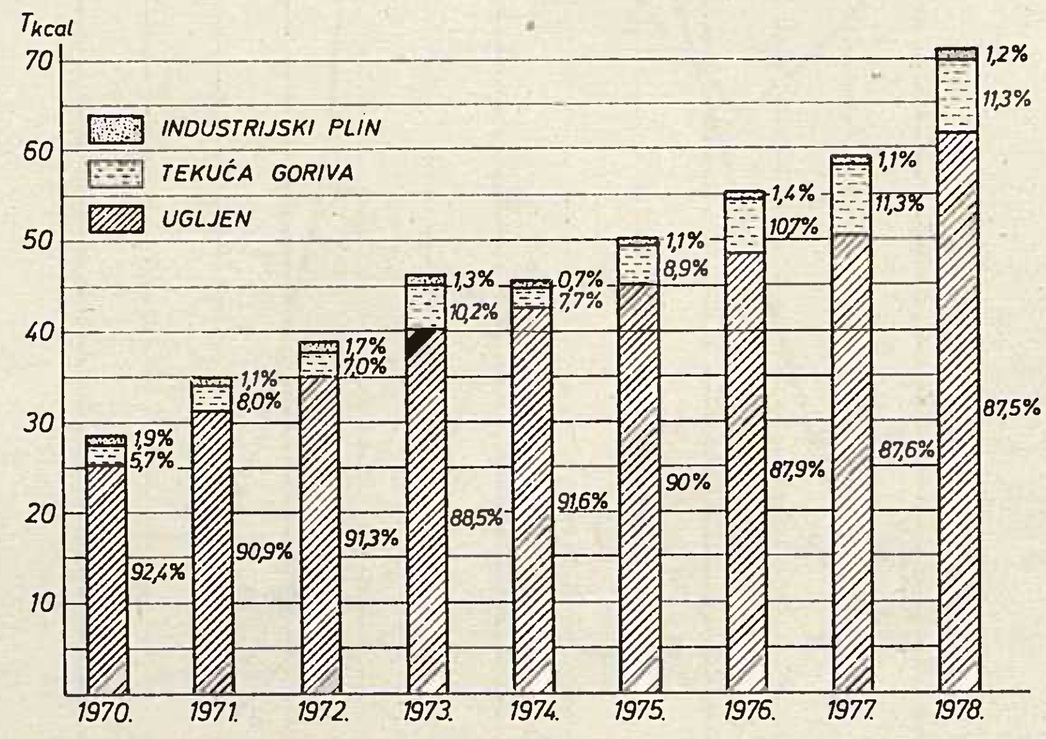
Tablica 21

POTROŠNJA GORIVA U UDRUŽENIM TERMOELEKTRANAMA JUGOSLAVIJE
[4]

	Kameni	Mrki	Lignit	Ukupno ugljen		Tekuća goriva		Industrijski plin		Ukupno energija	Spec. potr. prag
	tis t	tis t	tis t	tis t	Tcal	tis t	Tcal	mln Nm³	Tcal	Σ Tcal	kcal/kWh
1960.	35,3	1041,0	2452 8	3529,2	8044,7	4,5	44.5	58,9	56,0	8145,2	4680
1961.	29,2	1562,3	3735,3	5326,8	11934,1	2,9	28,7	69,6	66,1	12033,9	4070
1962.	27,0	1551,9	4070,8	5649,7	12161,8	2,6	25,4	4,9	4,7	12191,9	3920
1963.	23,9	1936,5	4922,5	6882,8	15133 7	3,2	31,4	3,1	31,1	15196,2	3740
1964.	44,7	1911,0	5931,3	7887,5	17665,4	9,9	98,3	11,9	108,1	18871 8	3840
1965.	18,5	1649,6	6101,7	7769,7	16770,3	48,4	489,7	74,3	164,1	17424,1	3780
1966.	11,7	1496,0	7573,6	9081,4	19242,2	154,9	1552,3	112,8	222,6	20986,8	4050
1967.	13.9	1692,5	7229 9	8936,3	19822,4	148,7	1441,3	76,9	332,1	20595,8	3710
1968.	51,1	1899,3	7690,7	9641,2	21353,8	184,4	1808,7	53,5	512,9	23675,4	3680
1969.	26,6	1821,5	7344,3	9192,5	19642,2	102,3	1011,7	35,8	231,7	20885,6	3410
1970.	192,2	2580,3	9048,5	11821,0	25497,2	203,4	2011,2	68,6	523,3	28031 7	3237
1971.	250,8	2781,3	11889,3	14921,6	32042,0	284,0	2783,5	49,6	432,6	35258,1	3275
1972.	197,5	254,8	13308,8	16046,1	35250,2	274,0	2701,5	66.1	640.3	38592,0	3243
1973.	311,4	3070,9	15559,2	18941,5	44303 5	482,6	4739,1	64,6	625,4	49668,0	3097
1974.	281,5	3040,0	15910,2	19231,6	41597,4	394,2	3522,3	62,1	595,0	45714,7	3004
1975.	284,7	3251,6	17333,4	20869,7	45346,5	454,5	4463,5	58,1	555,6	50365,6	3005
1976.	364,5	3388,2	19246,4	22999,2	50253,0	636,1	6150,2	85,7	828,5	57231,7	3053
1977.	344,0	3248,5	20119,2	23915,9	51866,1	692 1	6719,8	64,1	596,0	59181,9	2999
1978.*	209,0	3297,0	22856 0	26362,0	57195,3	752,4	7274,6	89,0	854,3	65324,2	3023



Sl. 11. Potrošnja topline za proizvodnju električne energije, udruženih termoelektrana SR Hrvatske



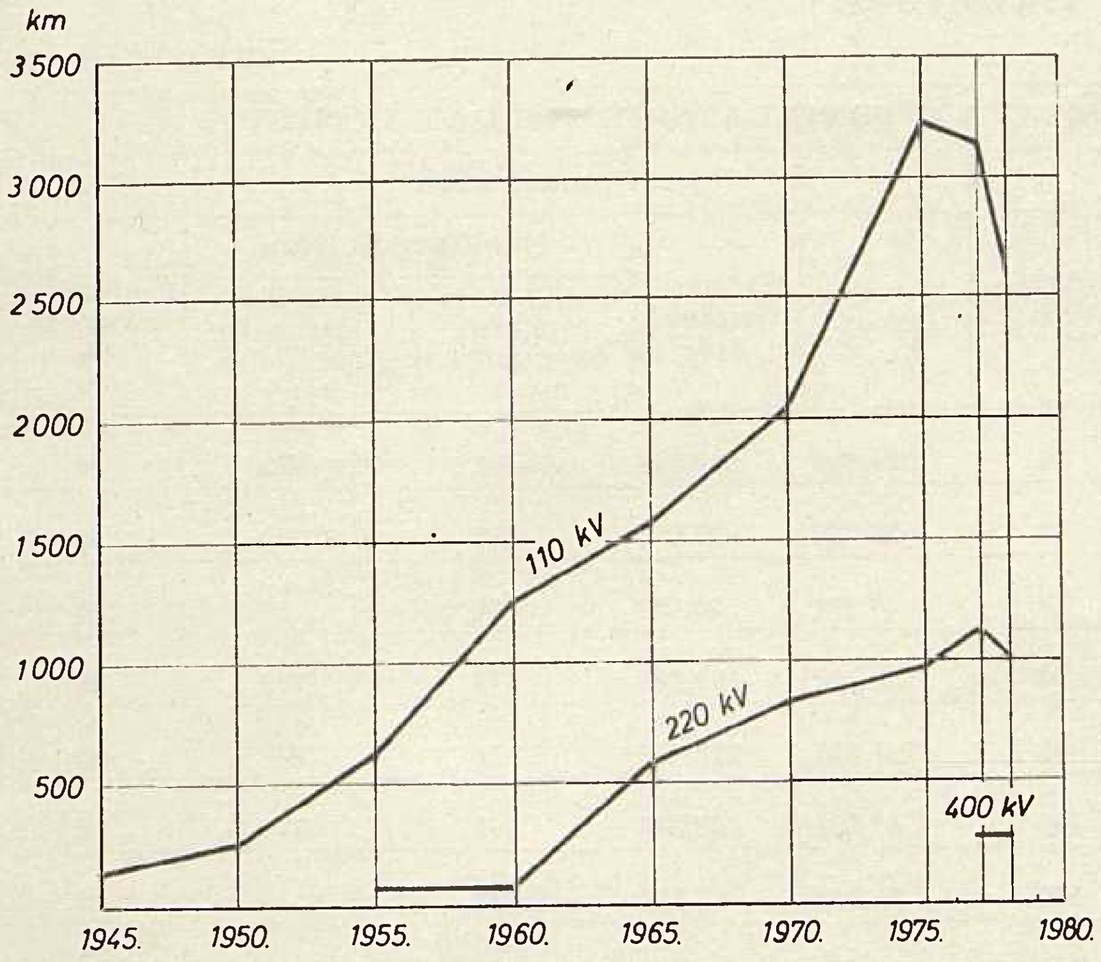
Sl. 12. Potrošnja topline za proizvodnju električne energije, udruženih termoelektrana Jugoslavije

Tablica 22

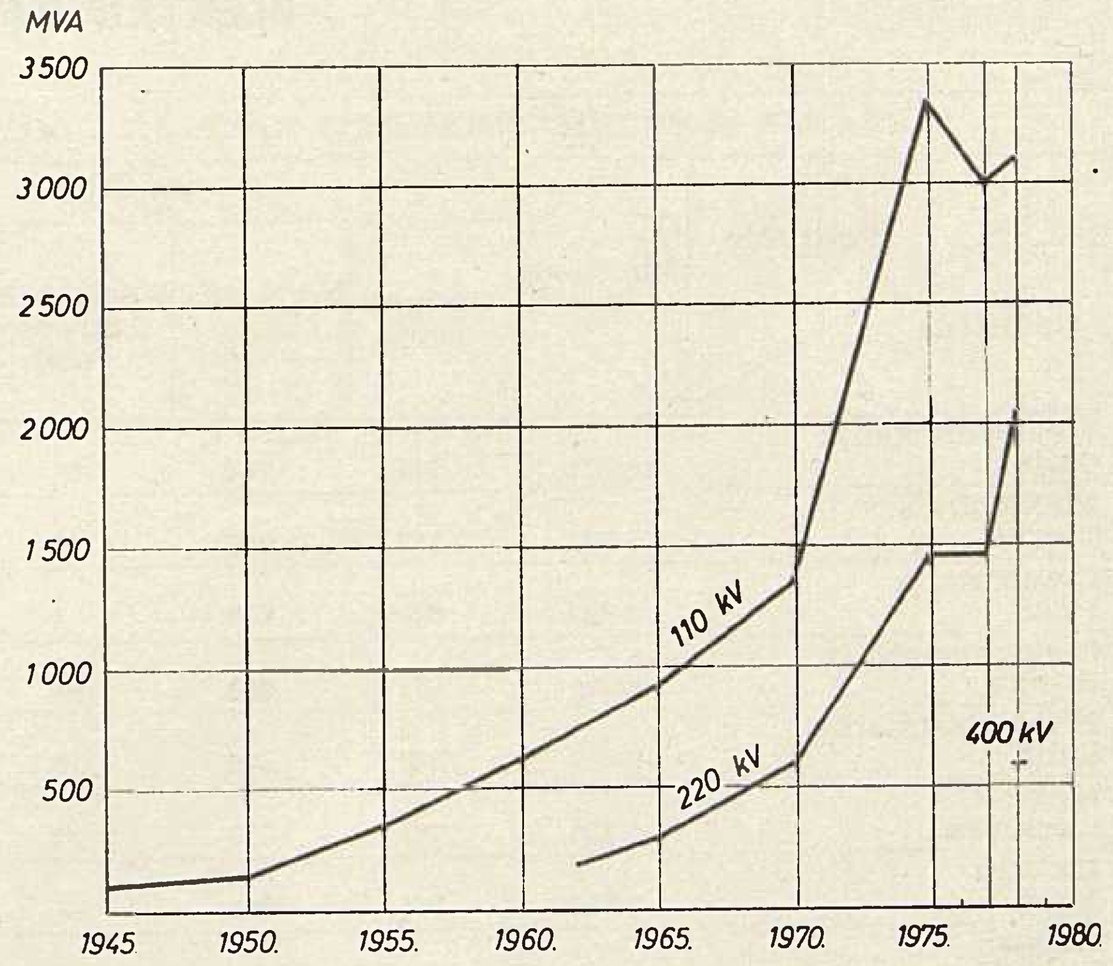
POTROŠNJA GORIVA U UDRUŽENIM TERMOELEKTRANAMA HRVATSKE
[2]

	Kameni	Mrki	Lignit	Ukupno ugljen		Tekuća goriva		Zemni plin		Ukupna energija	Spec. potr. prag.
	tis t	tis t	tis t	tis t	Tcal	tis t	Tcal	mln Nm³	Tcal	Σ Tcal	kcal[kWh
1960.	33,7	32,1	391,3	457,2	1066,1	2,9	27,4	—	—	1093,5	5290
1961.	29,0	17,3	449,8	496,2	1048,0	1,5	14,7	—	—	1062,7	4870
1962.	16,9	6,7	370,9	394,6	836,7	1,2	11,2	—	—	847,9	4940
1963.	23,9	7,5	883,2	914,6	2057,8	2,0	19,6	3,1	31,1	2108,5	4213
1964.	30,5	—	769,4	799,9	1965,5	7,8	77,9	10,7	107,0	2150,4	4286
1965.	18 3	8,1	662,2	688,6	1587,8	47,2	478,5	10,7	101,6	2167,9	3591
1966.	11,7	0,1	411,2	422,9	953,0	54,8	534,4	13,3	128,6	1616,0	3992
1967.	13,4	3,0	284,8	301,2	690,5	91,1	865,8	30,0	287,8	1844,1	4290
1968.	12,7	—	256,2	269,6	680,2	81,7	780,3	36,1	345,7	1806,2	4090
1969.	6,1	—	143,2	149,2	378,0	52,0	493,8	22,8	219,4	1091,2	4151
1970.	91,5	—	76,0	167,5	699,7	96,6	916,4	52,5	507,3	2123,4	3272
1971.	199,8	—	79,9	279,8	1331,1	220,6	2150,8	43,8	424,4	3906,3	2978
1972.	169,5	—	7,0	245,6	1144,7	220,9	2159,9	66,1	640,3	3944,9	2842
1973.	254,2	—	104,2	358,4	1682 0	407,6	3971,3	64,6	625,4	6278,7	2850
1974.	125,5	—	26 0	178,4	936,3	326,0	2825,5	62,1	595,0	4356,8	2457
1975.	259,1	—	—	259,1	1503,0	337,3	3284,3	58,1	555,6	5342,9	2962
1976.	268,7	—	—	268,7	1558,7	510,3	4954,7	85,7	828,5	7341,9	2534
1977.*	267,5	—	—	267,5	1495,6	569,0	5509,6	64,1	615,3	7620,5	2534
1978.*	207,5	—	—	207 5	1098,2	577,6	5602,7	90,1	864,9	7565,8	2565

Napomena: Gorivo samo za proizvodnju električne energije



Sl. 13. Duljina električnih dalekovoda elektroprivrede Hrvatske



Sl. 14. Instalirana snaga transformatora u elektroprivredi Hrvatske

Tablica 23

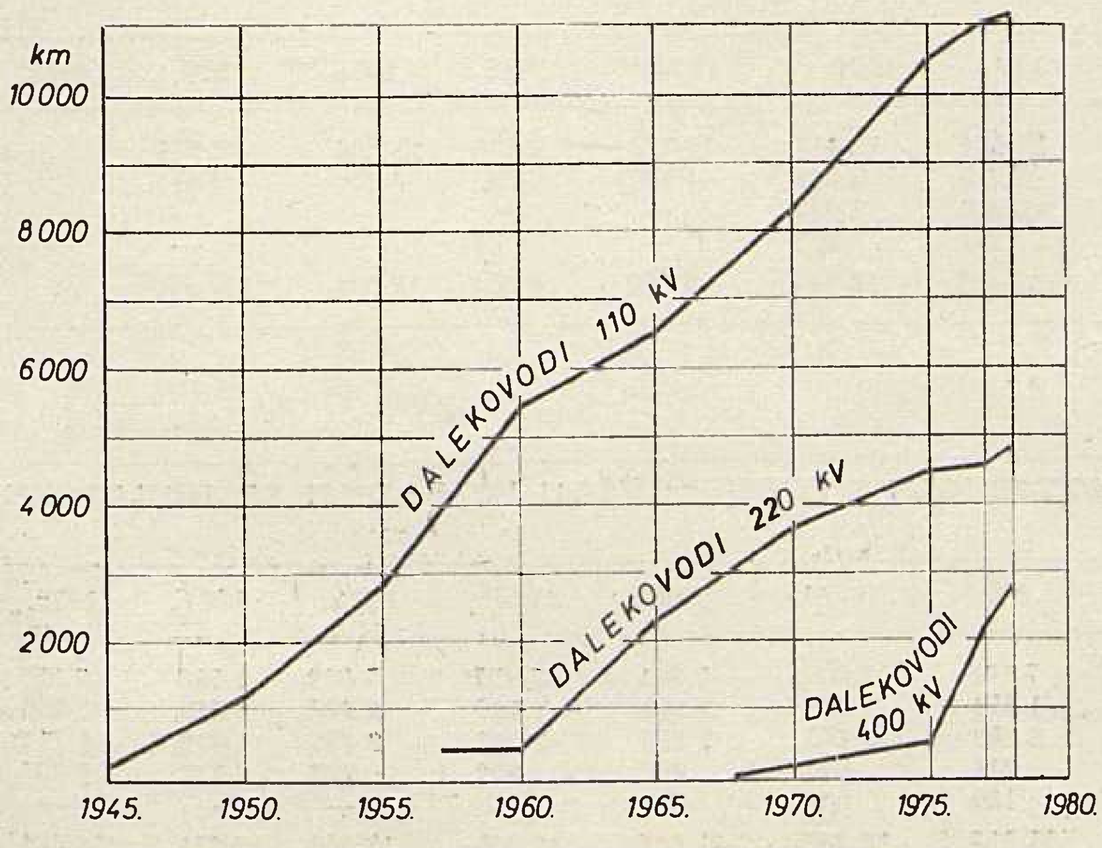
RAZVOJ PRIJENOSNE MREŽE HRVATSKE
[1] [2]*

Godina	Dalekovodi u km			Transformatorske stanice u MVA		
	400 kV	220 kV	110 kV	400 kV	220 kV	110 kV
1960.	—	50	1 248	—	—	630
1961.	—	403	1 315	—	—	660
1962.	—	436	1 416	—	150	770
1963.	—	512	1 416	—	150	770
1964.	—	512	1 508	—	150	861
1965.	—	578	1 574	—	300	923
1966.	—	621	1 603	—	300	904
1967.	—	621	1 708	—	450	1 004
1968.	—	661	1 818	—	450	1 013
1969.	—	736	2 009	—	450	1 301
1970.	—	834	2 047	—	600	1 387
1971.	—	866	2 410	—	1 000	1 847
1972.	—	892	2 607	—	1 150	2 272
1973.	—	864	2 587	—	1 450	2 604
1974.	—	975	2 791	—	1 699	3 031
1975.	—	1 065	3 223	—	1 699	3 368
1976.	—	1 065	3 384	—	1 800	3 118
1977.	271	1 125	3 143	—	1 450	3 018
1978.	389	1 005	2 560	600	2 050	3 121

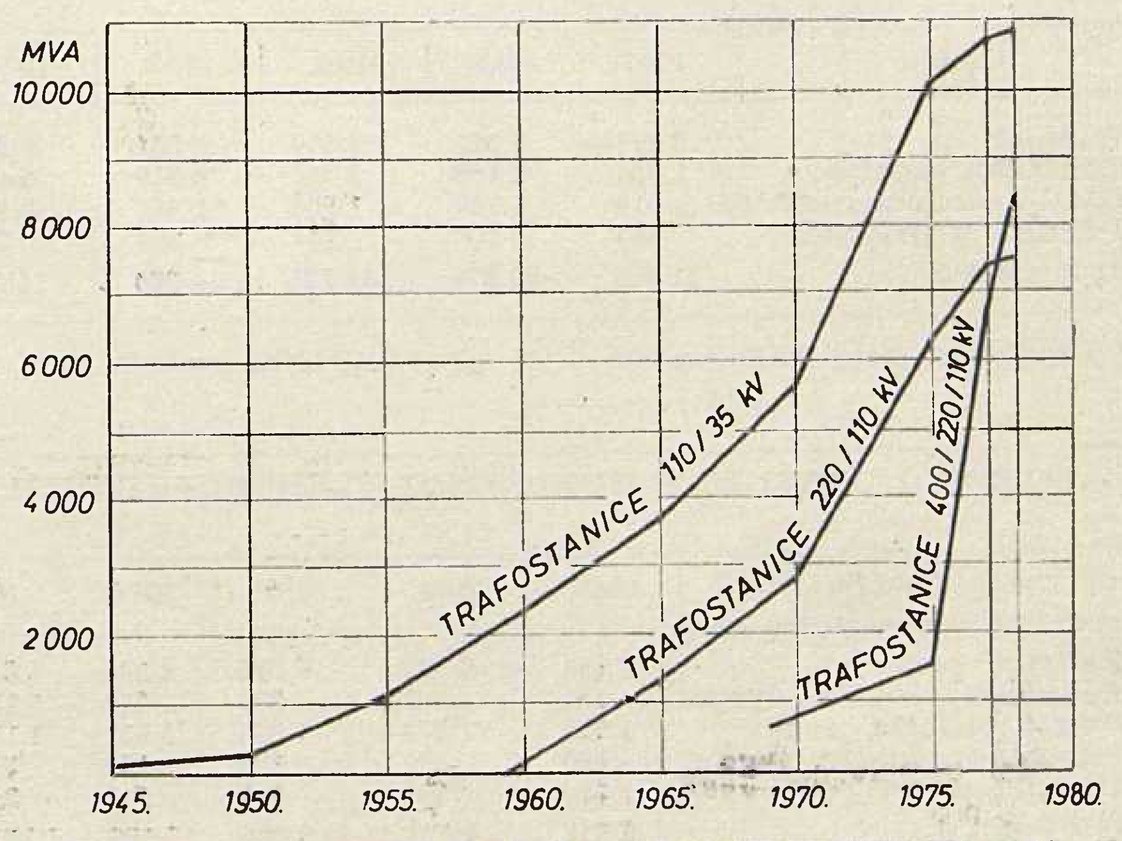
Tablica 24

RAZVOJ PRIJENOSNE MREŽE JUGOSLAVIJE
[4]

Godina	Dalekovodi u km			Transformatorske stanice u MVA		
	400 kV	220 kV	110 kV	400 kV	220 kV	110 kV
1960.	—	409	5 428	—	150	2 361
1961.	—	1 042	5 576	—	220	2 381
1962.	—	1 301	5 809	—	600	2 849
1963.	—	1 547	6 064	—	600	3 015
1964.	—	1 384	6 388	—	600	3 550
1965.	—	2 290	6 550	—	1 300	3 691
1966.	—	2 418	6 783	—	1 600	3 798
1967.	—	2 693	7 173	—	1 900	4 120
1968.	—	3 151	7 560	—	2 350	4 390
1969.	—	3 366	8 039	—	2 500	5 095
1970.	203	3 691	8 291	800	2 800	5 683
1971.	286	3 969	8 899	1 100	4 550	7 815
1972.	372	4 255	9 899	1 100	4 900	8 263
1973.	471	4 336	9 879	1 100	5 450	8 684
1974.	471	4 338	10 360	1 100	5 750	9 803
1975.	569	4 553	10 650	1 500	6 200	10 029
1976.	1 396	4 553	10 898	1 800	6 500	10 534
1977.	2 167	4 637	10 034	6 800	7 350	10 720
1978.	2 818	4 831	10 918	8 400	7 800	10 933



Sl. 15. Duljina električnih dalekovoda elektroprivrede Jugoslavije



Sl. 16. Instalirana snaga transformatora u elektroprivredi Jugoslavije

ELEKTRIFIKACIJA HRVATSKE

Tablica 25

STANJE ELEKTRIFICIRANOSTI NASELJA I DOMAĆINSTAVA U SR HRVATSKOJ NA DAN 31. XII 1977.

Područje / Poduzeća	Površina km²	Naselja				Domaćinstva				
		Ukupno broj	Elektrificirano broj	Neelektrificirano broj	Elektrificiranost %	Ukupno broj	Elektrificirano broj	Neelektrificirano: u elektrificiranim naseljima broj	Neelektrificirano: u neelektrificiranim naseljima broj	Elektrificiranost %
Elektroslavonija Osijek	10.121	742	707	35	95	231.308	207.398	23.301	609	90
Elektrolika Gospić	5.563	252	226	26	90	28.520	27.073	675	772	95
Elektroistra Pula	2.823	640	636	4	99	53.298	53.159	82	57	100
Elektroprimorje Rijeka	4.369	605	583	22	96	105.898	104.589	576	723	99
Elektrodalmacija Split	12.367	888	872	16	98	221.345	219.066	1.141	1.138	99
Elektra Karlovac	4.224	761	759	2	100	64.894	63.675	445	774	98
Elektra Sisak	3.313	361	361	—	100	51.168	53.172	1.996	—	96
Elektra Zagreb	14.228	2.631	2.631	1	100	559.843	555.092	4.741	10	99
SR HRVATSKA	57.008	6.881	6.775	106	98	1,320.820	1,283.809	32.892	4.119	97

Napomena: Površina općina se razlikuje od stvarne površine, jer pojedina distributivna poduzeća napajaju i područja susjednih općina ili republika. Površina republike SR Hrvatske iznosi prema podacima Statističkog godišnjaka SFR Jugoslavije za 1977. god. (podatak 1971. god.) 56.538 km².

Tablica 26

POTROŠNJA U SR HRVATSKOJ PO DISTRIBUTIVNIM PODUZEĆIMA 1978.

[1]

	Ukupno GWh	Potrošnja %	V. N.	N. N.	Površina km²	Stanovništvo x 1000	Spec. potroš. po st. kWh/st.
Elektroslavonija Osijek	1 101	14,8	441	660	10 121	837	1 315
Elektrolika Gospić	69	1,0	27	42	5 563	107	645
Elektroistra Pula	478	6,4	252	226	2 823	174	2 747
Elektroprimorje Rijeka	818	11,1	389	429	4 369	280	2 921
Elektrodalmacija Split	1 467	21,1	614	853	12 367	833	1 772
Elektra Karlovac	244	3,6	117	127	4 224	230	1 061
Elektra Sisak	285	4,0	142	143	3 313	198	1 439
Elektra Zagreb	2 827	38,0	993	1 834	14 228	1 867	1 514
Ukupno distribucija	7 289	100,0	2 975	4 314	57 008*	4 526	1 610
Direktni potrošači	2 616	23,9	2 616	—	—	—	
Industrija (vl. snabd.)	365	3,3	—	365	—	—	
Distribucija (vl. proiz.)	76	0,7	76	—	—	—	
Ukupno potrošači	10 346	94,6	5 667	—	—	—	
Vlastita potrošnja	253	2,3	253	—	—	—	
Gubici prijenosa	343	3,1	343	—	—	—	
Potrošnja u Hrvatskoj	10 942	100,0	6 263	4 679	—	—	

ZAPOSLENO OSOBLJE U ELEKTROPRIVREDI

Tablica 27

ZAPOSLENO OSOBLJE U UDRUŽENOJ ELEKTROPRIVREDI I DISTRIBUCIJI JUGOSLAVIJE

[4]

Osoblje	1967.	1968.	1969.	1970.	1971	1972.	1973.	1974.[1]	1975.	1976.	1977.	1978.
Radnici	8 177	8 350	8 810	9 364	9 364	10 904	11 416	10 775	9 556	11 508	12 554	. . .
Tehničko osoblje	1 781	2 109	2 315	2 519	2 619	2 678	2 801	4 787	6 623	6 536	7 416	. . .
Ostalo stručno osoblje	1 819	1 749	1 862	1 961	2 011	1 990	2 032	—	—	—	—	—
Učenici u privredi	185	166	187	216	216	254	265	—	22	—	—	—
Ukupno	11 962	12 374	13 174	14 060	14 210	15 826	16 514	15 562	16 201	18 044	19 970	. . .

[1] Prosječan broj radnika na bazi ukalkuliranih radnih sati.

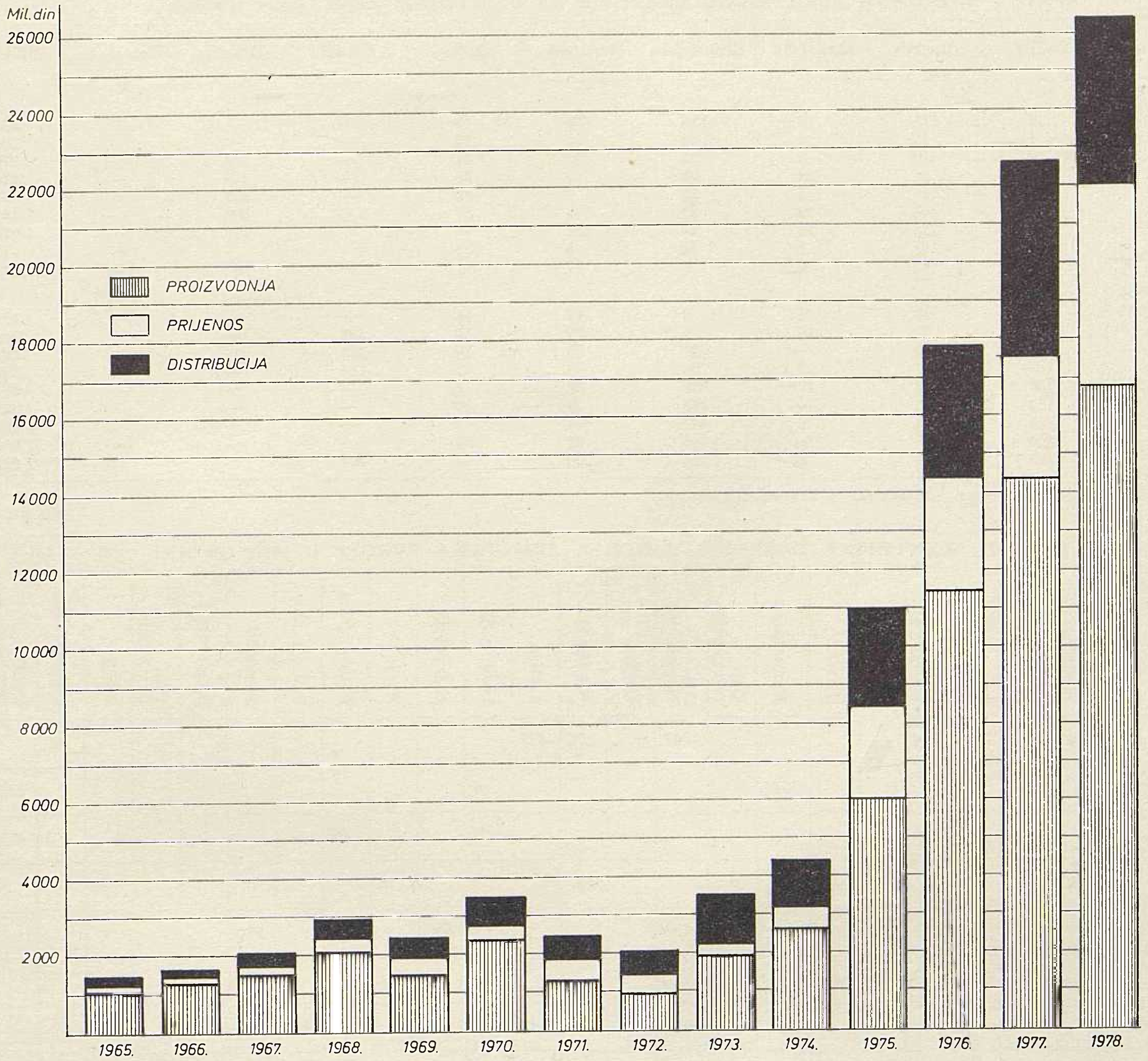
Tablica 28

ZAPOSLENO OSOBLJE U UDRUŽENOJ ELEKTROPRIVREDI, DISTRIBUCIJI I PODUZEĆIMA U IZGRADNJI SR HRVATSKE

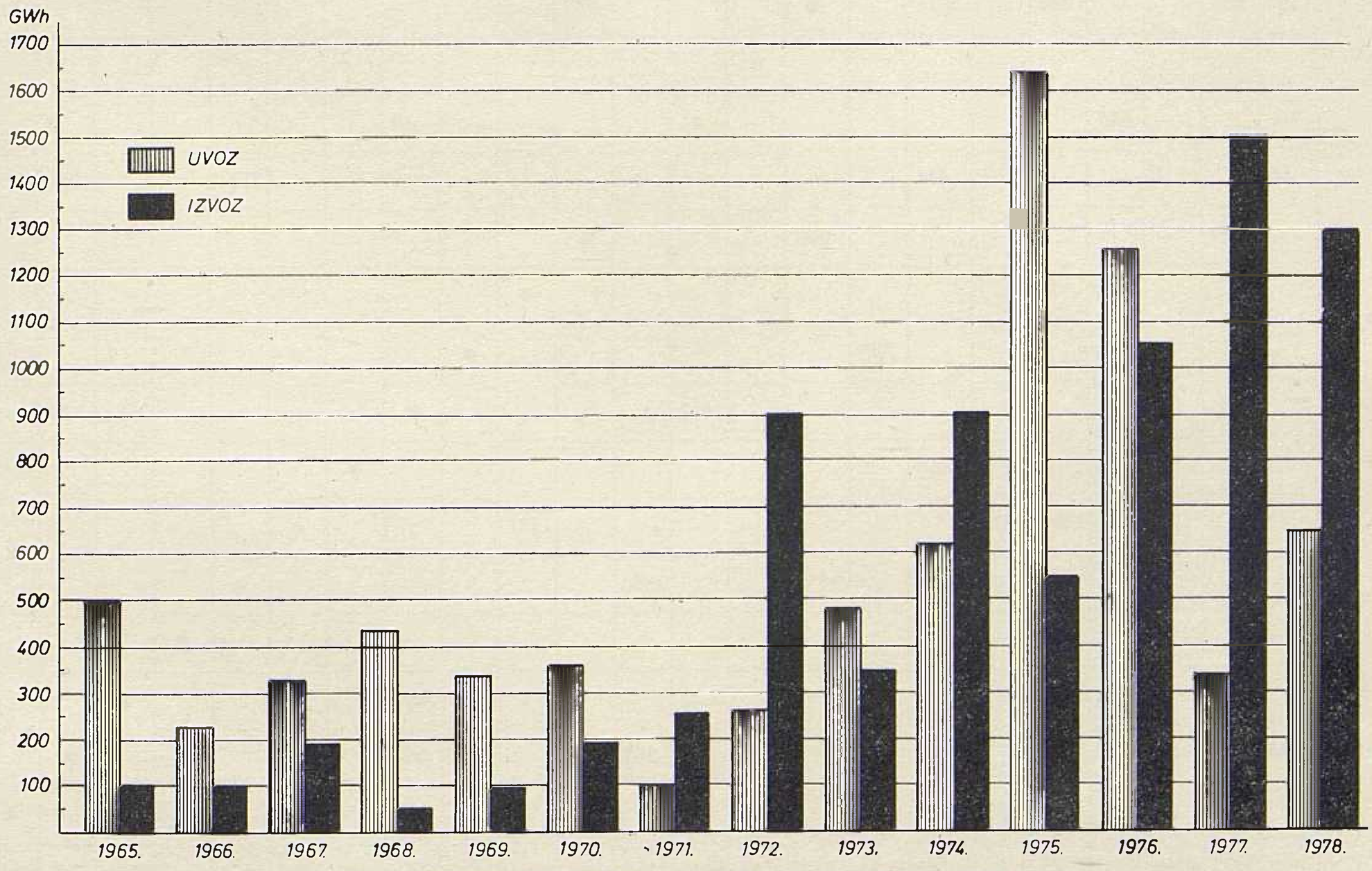
[2]

Osoblje	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.	1978.
Radnici, svega	6 164	6 283	6 311	6 501	6 800	7 185	7 687	7 681	7 437	7 349	7 156	7 256
Tehničko osoblje, svega	841	949	965	1 082	1 159	1 374	1 052	1 032	1 130	1 296	1 453	1 589
Ostalo osoblje, svega	1 713	1 836	1 934	2 037	2 156	2 238	2 415	2 162	2 942	3 826	4 470	4 742
Pomoćno osoblje, svega	460	308	256	254	331	216	845	830	800	773	832	1 067
Učenici u privredi, svega	369	355	360	319	309	126	204	211	—	—	—	—
Ukupno	9 547	9 731	9 826	10 193	10 755	11 139	12 203	11 906	12 309	13 244	13 911	16 654

Podaci za proizvodno-prenosne i distributivne organizacije prema SAS-PR obrascima za 1977. god.



Sl. 17. Investiciona ulaganja u elektroprivredu Jugoslavije



Sl. 18. Razmjena električne energije sa susjednim zemljama

Tablica 29

SFRJ — RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE SA SUSJEDNIM ZEMLJAMA u GWh [4]

Godina	Italija	Austrija	Mađarska	Rumunjska	Bugarska	Grčka	ČSSR	Albanija	Švicarska	UKUPNO
Uvoz										
1970.	6	174	10	115	37	19	—	—	—	361
1971.	1	13	4	50	21	15	—	—	—	104
1972.	2	18	—	55	62	31	—	108	—	276
1973.	27	54	24	29	7	34	—	305	—	480
1974.	117	75	17	36	4	36	—	337	—	662
1975.	605	305	152	37	170	97	—	276	—	1 642
1976.	583	225	89	67	132	69	—	150	—	1 270
1977.	224	65	3	18	5	25	—	—	—	340
1978.	368	62	8	6	17	11	—	62	108	642
Izvoz										
1970.	1	32	61	0	17	41	—	—	—	152
1971.	0	23	16	0	20	10	196	—	—	266
1972.	3	142	—	298	65	26	367	—	—	901
1973.	—	31	6	51	45	79	164	—	—	376
1974.	189	65	17	608	32	6	—	—	—	917
1975.	110	—	—	418	2	19	—	—	—	549
1976.	320	221	6	447	57	13	—	—	—	1 064
1977.	360	201	—	840	82	22	—	—	—	1 505
1978.	435	7	8	265	106	66	307	—	99	**1 293**

Izvoz u ČSSR bio je preko Mađarske i Rumunjske.

Tablica 30

IZVOZ I UVOZ ELEKTRIČNE ENERGIJE U NEKIM ZEMLJAMA EVROPE U 1977. GODINI u G h [4]

Zemlja uvoznica / Zemlja izvoznica	Austrija	Belgija	Bugarska	Čehoslovačka	Danska	Finska	Francuska	DR Njemačka	SR Njemačka	Grčka	Mađarska	Italija	Holandija	Norveška	Poljska	Rumunjska	Španjolska	Švedska	Švicarska	Vel. Britanija	SSSR	Jugoslavija	Ostale zemlje	Ukupan izvoz
Austrija	●			134					5247		278	429										65		6153
Belgija		●					5625		79				6										835	6545
Bugarska			●													209						5	492	706
Čehoslovačka	309			●				1866			292				174						86			2727
Danska					●				140					686				986						1812
Finska						●												524						524
Francuska		1736					●		2631			1249					469		1439					7525
DR Njemačka				1062				●	62						1021									2145
SR Njemačka	1197	673			153		2210		●				980						1904				1811	8928
Grčka										●												25		25
Mađarska	304			655							●					15						3		977
Italija	46						494					●							2181			224		2945
Holandija		2794							300				●											3094
Norveška					578									●				1817						2399
Poljska				2210				788							●						1			2999
Rumunjska			2								1017					●					661	18		1698
Španjolska							1960										●						430	2390
Švedska					1798	722								1891				●						4111
Švicarska	261						2364		9052			3520							●				71	15268
Vel. Britanija																				●				—
SSSR			3962	1328		671					3820			77	1915	460					●			12233
Jugoslavija	292		82							22	1	360				882						●		1639
Ostale zemlje							31			45							934		4				●	1014
Ukupan uvoz	2409	5203	4046	5370	2529	1393	12684	2654	17709	67	5408	5533	986	2654	3110	1566	1403	3327	5528	—	752	340	3247	88336

Tablica 31

BILANCA PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U NEKIM ZEMLJAMA EVROPE I SAD

u GWh

Zemlja	Godina	Neto proizvodnja	Saldo razmjene		Ukupno raspoloživa energija za potrošnju	Od toga			Potrošnja			Spec. potrošnja kWh
			uvoz	izvoz		utrošeno za pumpanje vode	gubici prenosa i distrib.	ukupna potrošnja	industrija	promet	ostalo	stanov.
Austrija	1973.	30 306	3 261	4 808	28 759	584	2 312	25 863	12 121	1 752	11 990	3 439
	1974.	32 876	3 170	6 129	29 917	679	2 280	26 958	12 667	1 779	12 512	3 574
	1975.	34 137	2 420	6 962	29 595	388	2 360	26 847	11 895	1 745	13 207	3 570
	1976.	34 084	3 166	5 355	31 895	708	2 363	28 824	12 676	1 895	14 253	3 838
Belgija	1973.	39 121	1 650	2 405	38 366	639	1 915	35 812	22 603	817	12 392	3 669
	1974.	40 764	2 558	2 882	40 040	631	2 035	37 773	23 699	852	13 223	3 854
	1975.	39 020	4 215	5 067	38 168	335	2 194	35 619	20 331	928	14 460	3 638
	1976.	45 001	3 240	6 603	41 638	317	2 285	39 036	22 485	832	15 719	3 975
Bugarska	1973.	19 563	3 264	8	22 819	. . .	2 081	20 738	13 324	712	6 702	2 405
	1974.	20 237	4 074	8	24 303	. . .	2 205	22 098	13 710	743	7 645	2 546
	1975.	22 266	3 902	279	25 889	—	2 387	23 502	14 305	806	8 391	2 695
	1976.	24 613	3 943	480	28 114	—	2 766	25 348	15 853	746	8 749	2 894
Čehoslovačka	1973.	47 645	6 048	1 788	51 905	227	4 178	47 500	28 825	2 758	15 917	3 258
	1974.	49 995	6 322	1 860	54 457	301	4 357	49 799	30 698	2 833	16 268	3 390
	1975.	52 969	5 419	1 208	57 181	287	4 388	52 506	31 717	3 000	17 789	3 557
	1976.	55 983	4 994	1 084	59 893	353	4 633	54 907	33 119	3 108	18 680	3 680
Francuska	1973.	174 500	4 500	7 500	171 500	200	11 300	160 000	88 495	7 672	63 822	3 069
	1974.	180 700	6 400	6 600	180 100	400	11 708	168 000	92 166	7 629	68 205	3 199
	1975.	178 400	8 800	6 200	181 000	300	12 000	168 700	85 350	7 299	76 051	3 188
	1976.	194 887	9 784	7 638	197 033	656	13 520	196 377	90 567	7 744	98 066	3 455
Mađarska	1973.	15 867	5 732	1 070	20 529	—	1 867	18 662	10 607	1 015	7 040	1 793
	1974.	17 199	5 756	1 097	21 858	—	1 960	19 898	11 275	1 142	7 747	1 902
	1975.	18 680	5 802	1 678	22 804	—	1 970	20 834	11 275	1 184	8 375	1 977
	1976.	20 151	5 571	1 462	24 262	—	2 004	22 263	11 892	1 314	9 057	2 094
Grčka	1973.	14 009	79	34	14 054	—	1 062	13 177	7 762	47	5 295	1 451
	1974.	14 196	79	36	14 239	—	1 062	13 177	7 931	46	5 200	1 471
	1975.	15 151	108	97	15 162	—	1 148	14 010	7 897	46	6 067	1 561
	1976.	16 661	61	72	16 650	—	1 284	15 367	8 611	46	6 710	1 676
Italija	1973.	139 103	3 248	2 369	139 982	11 833	125 829	77 290	77 290	4 318	44 221	2 292
	1974.	142 266	4 214	1 921	144 559	2 231	11 366	130 962	80 298	4 526	46 138	2 366
	1975.	140 785	5 080	2 540	143 361	2 229	12 000	129 132	76 450	3 850	48 832	2 512
	1976.	156 214	4 104	3 016	157 302	2 564	13 617	141 121	84 646	4 738	71 737	2 512
Holandija	1973.	50 529	7	1 351	49 185	—	2 738	46 477	22 900	. . .	. . .	3 456
	1974.	53 222	10	1 489	51 743	. . .	2 672	49 071	24 531	. . .	. . .	3 624
	1975.	51 924	53	312	51 665	—	2 421	49 244	23 159	. . .	. . .	3 608
	1976.	51 681	—332		55 359	—	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	3 829
Norveška	1973.	72 563	218	5 410	67 558	37	6 307	61 031	38 754	521	21 756	15 296
	1974.	76 151	339	5 882	71 103	. . .	6 399	64 932	40 737	527	22 888	. . .
	1975.	76 927	99	5 695	71 103	. . .	6 449	64 694	39 498	532	24 664	. . .
	1976.	. . .	239	6 872	. . .	143	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	16 716
Poljska	1973.	78 312	2 011	3 765	76 558	558	7 035	68 965	39 950	3 550	25 465	2 067
	1974.	85 206	1 734	4 491	82 449	474	7 650	74 325	43 523	3 833	26 969	2 206
	1975.	90 361	2 411	2 924	89 848	550	8 586	80 712	47 569	4 037	29 106	2 372
	1976.	96 875	2 707	2 814	96 768	641	9 445	86 682	51 081	4 308	31 293	2 523
Rumunjska	1973.	. . .	251	3 799	43 232	—	7 962	35 269	27 514	873	6 882	1 693
	1974.	46 115	785	3 140	43 760	—	4 249	39 271	28 548	1 002	9 721	1 867
	1975.	50 214	502	3 007	48 019	—	4 059	43 723	32 161	1 206	10 356	2 058
	1976.	. . .	683	2 139	. . .	—	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	2 229
Španjolska	1973.	73 286	315	2 168	71 433	1 501	8 582	61 228	37 743	1 240	18 920	. . .
	1974.	77 121	664	1 799	76 076	1 113	8 121	67 052	42 254	1 240	21 689	. . .
	1975.	78 399	792	1 405	77 786	540	8 160	69 141	44 741	1 549	22 851	. . .
	1976.	85 975	1 641	2 147	85 199	2 250	8 741	74 208	. . .	. . .	. . .	2 063
Švedska	1973.	76 378	5 950	5 216	78 814	29	9 194	69 591	39 787	2 016	27 788	8 549
	1974.	73 426	6 681	3 744	76 363	28	6 589	69 746	40 626	2 114	27 006	8 547
	1975.	78 584	6 313	5 369	79 528	23	7 524	71 981	38 718	2 040	31 223	8 778
	1976.	84 120	7 868	5 766	86 222	34	8 114	78 292	39 763	2 108	36 421	9 471
Švicarska	1973.	37 155	6 793	10 291	33 657	1 724	1 159	28 389	10 945	2 027	15 417	4 408
	1974.	37 410	6 274	9 505	34 179	1 541	3 071	29 567	11 331	1 974	16 262	4 563
	1975.	42 994	4 301	14 026	33 269	1 198	3 168	28 903	10 335	1 885	16 683	4 516
	1976.	36 241	7 204	9 119	34 326	1 344	3 079	29 903	10 413	1 945	17 545	4 709
Turska	1973.	11 766	—	—	11 766	. . .	. . .	. . .	8 140	100	. . .	330
	1974.	. . .	—	—	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
	1975.	14 780	96	—	14 876	. . .	1 575	13 301	8 851	128	4 322	339
	1976.	17 388	337	5	17 720	—	1 772	15 948	10 164	289	5 495	397
SSSR	1973.	. . .	—	9 653	905 000	. . .	72 600	832 400	585 600	64 800	182 000	3 333
	1974.	. . .	10 910	—	964 854	. . .	77 300	887 600	620 700	68 600	198 300	3 521
	1975.	. . .	11 300	—	1 027 324	. . .	82 200	945 100	656 800	74 200	214 100	3 718
	1976.	. . .	—11 600	—	1 099 820	. . .	90 700	1 009 100	692 800	82 700	233 800	3 931
Velika Britanija	1973.	262 896	131	22	263 005	883	19 755	242 367	91 397	2 613	148 357	4 335
	1974.	254 477	255	175	254 527	896	18 424	235 207	86 974	2 173	145 520	4 205
	1975.	254 097	196	121	254 172	1 430	19 595	233 147	85 160	2 897	145 090	4 166
	1976.	257 955	17	116	257 856	1 720	18 730	237 397	91 460	2 868	143 069	4 246
S A D	1973.	1 967 649	16 848	2 570	1 973 024	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
	1975.	2 000 918	11 268	5 083	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
	1975.	2 000 918	11 268	5 083	2 007 103	. . .	176 092	1 798 343	. . .	. . .	. . .	. . .
	1976.	2 107 891	+8 883	. . .	2 116 704	. . .	186 294	1 930 410	. . .	. . .	. . .	9 044
SR Njemačka	1973.	286 211	17 912	7 630	296 493	2 215	14 634	279 644	141 960	8 874	—	4 418
	1974.	292 607	15 900	10 150	298 357	2 250	14 900	231 200	139 300	9 000	132 900	4 523
	1975.	282 598	17 630	9 791	33 267	—	3 753	29 517	131 716	8 857	133 247	4 429
	1976.	313 349	12 857	11 844	37 672	—	3 757	33 916	. . .	. . .	. . .	. . .
Jugoslavija	1973.	33 316	304	353	33 267	—	3 753	29 517	15 749	717	28 797	1 403
	1974.	37 672	625	625	37 672	—	3 757	33 916	19 315	804	13 797	1 604
	1975.	38 143	676	433	38 386	—	4 445	33 961	13 235	761	14 965	1 591
	1976.	41 424	1 263	1 063	41 623	—	4 646	36 977	19 348	773	16 856	1 715

PROIZVODNJA I POTROŠNJA UKUPNE ENERGIJE

Tablica 32

PROIZVODNJA UGLJENA, NAFTE I PLINA U SFRJ
u tis. tona i mln* m³ [5]

Godina	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Ugljen ukupno	Koks ukupno	Zemni* plin	Sirova nafta	Benzin ukupno	Petrolej ukupno	Plinsko ulje	Loživo ulje	Ukapljeni plin ukupno	Gazolin
1960.	1 283	9 628	11 801	22 712	1 103	53	944	277	74	354	396	13	6
1961.	1 313	9 494	13 266	24 073	1 111	69	1 431	294	59	405	409	13	5
1962.	1 189	9 320	14 186	24 695	1 125	95	1 525	322	81	532	492	15	5
1963.	1 286	9 945	16 191	27 422	1 107	191	1 611	344	89	618	480	17	6
1964.	1 262	10 715	17 534	29 511	1 177	274	1 799	386	98	701	683	23	10
1965.	1 169	10 509	18 279	29 957	1 267	330	2 063	546	82	809	1 148	36	15
1966.	1 133	10 080	18 080	29 292	1 237	402	2 222	788	94	1 142	1 764	49	17
1967.	909	9 023	16 535	26 467	1 226	461	2 374	886	94	1 389	1 816	54	18
1968.	835	9 508	16 389	26 732	1 236	584	2 494	935	119	1 380	1 847	68	23
1969.	681	9 992	16 373	26 496	1 226	730	2 699	1 003	146	1 722	1 967	78	23
1970.	643	8 989	18 790	28 422	1 309	977	2 854	1 233	163	2 092	2 509	95	25
1971.	707	9 333	20 862	30 902	1 297	1 151	2 961	1 472	215	2 665	2 930	105	28
1972.	599	9 184	21 157	30 940	1 299	1 242	3 200	1 394	211	2 495	2 989	196	28
1973.	576	9 145	22 729	32 451	1 318	1 329	3 332	1 528	251	2 558	3 480	210	24
1974.	601	9 380	24 444	33 582	1 315	1 447	3 458	1 627	315	2 725	4 317	206	14
1975.	598	9 430	25 509	35 537	1 351	1 554	3 692	1 745	331	2 817	4 276	264	14
1976.	587	9 110	27 147	36 845	1 786	1 730	3 880	1 923	325	2 969	4 800	230	14
1977.	511	8 960	29 611	39 082	1 765	1 897	3 951	2 231	345	3 450	5 818	259	12
1978.	471	8 855	30 360	39 686	1 921	1 935	4 076	2 380	315	3 471	6 119	248	15

Tablica 33

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I GORIVA U JUGOSLAVENSKOJ INDUSTRIJI
[5]

Godina	Elektro-energija	Antracit	Koks	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Tekuće gorivo	Mazut	Zemni plin	Ukapljeni plin
	GWh	u tisućama tona							mln m³	u tis. t
1960.	5 449	131	1 341	1 607	5 682	5 706	155	189	25	. . .
1961.	5 979	136	1 350	1 624	6 280	8 032	180	195	35	. . .
1962.	6 580	128	1 337	1 821	6 098	7 783	203	225	58	. . .
1963.	7 858	134	1 334	1 514	6 746	9 409	235	255	151	. . .
1964.	8 423	132	1 344	1 953	7 288	10 855	346	376	228	. . .
1965.	9 267	146	1 342	2 006	7 055	10 868	458	594	267	. . .
1966.	10 012	142	1 336	1 906	6 562	11 379	444	898	337	. . .
1967.	10 598	139	1 317	1 830	6 455	11 226	436	1 168	404	. . .
1968.	11 613	148	1 279	1 880	6 598	11 210	486	1 443	516	. . .
1969.	12 783	165	1 274	1 951	6 746	10 627	545	1 603	660	. . .
1970.	13 815	143	1 360	2 110	7 065	12 829	555	1 952	893	. . .
1971.	15 287	132	1 454	2 200	6 496	15 253	678	2 237	1 039	. . .
1972.	17 002	161	1 681	2 130	6 346	16 661	646	2 549	1 111	. . .
1973.	18 184	179	1 718	2 253	6 935	18 711	845	3 038	1 199	. . .
1974.	20 509	179	1 858	2 152	6 726	19 244	825	3 227	1 300	. . .
1975.	21 466	176	1 793	2 224	6 697	21 240	906	3 444	1 500	. . .
1976.	22 381	155	1 692	2 819	7 129	22 390	867	3 766	1 454	. . .
1977.	23 493	102	430	189	2 429	1 680	522	3 414	1 563	218
1978.	25 536	177	328	380	6 314	26 454	668	4 493	1 750	221
Elektroprivreda	3 294	—	—	212	4 801	25 226	163	1 179	332	12
Proizvodnja uglja	622	—	—	0,5	33	189	26	0,8	—	—
Prerada uglja	114	—	—	—	—	176	—	—	—	—
Proizvodnja nafte i plina	41	—	—	—	—	—	8	—	—	—
Proizvodnja derivata nafte	306	—	17	—	—	—	46	184	191	0,7
Proizvodnja rude gvožđa	51	—	—	—	4	—	7	14	—	—
Crna metalurgija	4 071	69	51	27	29	77	6	464	149	38
Proiz. ruda obojenih metala	710	—	—	—	0,3	3	23	0,9	—	—
Proizvodnja obojenih metala	3 731	15	116	9	292	21	14	153	0,6	6
Prerada obojenih metala	451	—	—	—	0,2	0,2	5	19	—	1,3
Proizvodnja nemetala	109	—	0,6	—	2	2	16	3	12	1,6
Metaloprerađivačka djelatnost	514	—	11	0,5	19	81	51	162	98	94
Prerada nemetala	1 161	1,7	39	5	20	14	46	43	38	26
Strojogradnja	234	—	2	3	5	21	11	16	2	2
Proizvod. saobraćajnih sredstava	412	—	1,5	4	9	8	11	28	7	5
Brodogradnja	89	—	—	0,1	0,8	0,2	4	3	—	—
Proiz. električ. mašina i aparata	496	—	5	3	6	1	10	35	1	7
Proizvod. kemijskih proizvoda	1 913	—	11	1	117	32	17	165	552	—
Prerada kemijskih proizvoda	338	—	0 6	0,8	15	6	14	67	2	—
Proizvodnja kamena i pijeska	127	—	—	—	4	19	20	13	—	—
Proizv. građevinskog materijala	1 391	91	34	74	225	154	25	926	234	21
Proizvod. rezane građe i ploča	354	—	—	—	41	5	10	57	2	—
Proiz. finalnih proiz. od drveta	392	—	—	—	12	7	11	26	2	—
Proizvodnja i prerada papira	1 365	—	—	20	211	72	5	137	56	—
Proizvodnja prediva i tkanina	1 008	—	—	—	184	66	5	156	10	4
Proizv. gotovih tekstilnih proizv.	345	—	—	4	18	14	14	75	7	1,0
Proizvodnja kože i krzna	75	—	—	1	25	20	0,7	37	—	—
Proizv. kožne obuće i galant.	66	—	—	0,9	1	3	3	4	0,4	1,2
Prerada kaučuka	193	—	—	3	17	1	0,8	65	—	—
Proizv. prehrambenih proizvoda	1 055	—	39	5	202	225	71	343	40	—
Proizvodnja pića	219	—	—	4	11	6	12	94	9	—
Proizvodnja stočne hrane	92	—	—	1	3	—	6	2	—	—
Proizvodnja i prerada duhana	47	—	—	0,1	2	0,2	3	13	—	—
Grafička djelatnost	131	—	—	0,1	4	1	3	5	1	0,7
Proizv. raznovrsnih proizvoda	18	—	—	—	1	—	1	3	0,7	—

PROIZVODNJA I POTROŠNJA UKUPNE ENERGIJE

Tablica 34

PROIZVODNJA UGLJENA, KOKSA, NAFTE I PLINA U SR HRVATSKOJ u tis. tona i mln* m³ [3]

Godina	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Ugljen ukupno	Koks	Zemni* plin	Sirova nafta	Benzin ukupno	Petrolej ukupno	Plinsko ulje	Loživo ulje	Ukapljeni plin ukupno	Gazolin
1960.	802	358	1 190	2 530	9	34	770	198	67	256	261	11	1
1961.	832	522	1 068	2 422	10	52	1 125	216	54	287	271	15	1
1962.	810	535	902	2 247	10	59	1 157	225	71	355	267	15	1
1963.	852	514	757	2 124	9	82	1 158	249	79	427	285	17	1
1964.	784	424	743	1 951	10	135	1 285	310	90	535	476	15	1
1965.	751	468	738	1 957	10	156	1 414	467	73	714	805	24	3
1966.	765	403	603	1 771	8	189	1 545	681	78	1 019	1 340	51	8
1967.	611	280	411	1 302	8	232	1 702	749	76	1 176	1 399	45	10
1968.	506	283	384	1 174	2	330	1 818	755	97	1 108	1 253	54	13
1969.	381	191	344	916	—	404	1 934	667	114	1 076	703	48	13
1970.	363	81	274	718	—	476	2 057	826	122	1 327	1 093	71	13
1971.	422	21	197	640	—	547	2 142	991	158	1 617	1 513	106	12
1972.	382	19	176	577	—	569	2 362	914	145	1 543	1 590	147	13
1973.	385	3	137	524	—	612	2 423	1 023	164	1 681	1 890	147	13
1974.	374	0	85	460	—	674	2 470	1 087	211	1 698	2 399	163	0
1975.	355	—	59	414	—	751	2 670	1 119	208	1 918	2 248	179	0
1976.	356	—	8	364	—	911	2 814	1 222	221	2 035	2 502	193	0
1977.	299	—	—	299	—	1 009	2 829	1 405	231	2 234	3 149	192	0
1978.	288	—	—	288	259	934	2 931	1 480	202	2 294	3 328	212	0

Tablica 35

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I GORIVA U INDUSTRIJSKIM PODUZEĆIMA I POGONIMA SR HRVATSKE[1] [3]

Godina	Elektro-energija	Antracit	Koks	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Tekuće gorivo	Mazut	Zemni plin	Ukapljeni plin
	GWh	u tisućama tona							mln m³	tis. tona
1960.	1 264	57	232	171	1 023	852	79	65	34	0,3
1961.	1 385	68	238	156	999	882	91	60	50	0,6
1962.	1 456	64	232	163	977	876	97	59	56	0,7
1963.	1 680	70	243	181	1 037	1 145	109	75	72	1,3
1964.	1 716	69	241	234	1 045	1 355	195	130	124	2,8
1965.	1 888	81	226	229	916	1 191	296	189	143	6,2
1966.	2 054	76	234	179	831	854	280	311	176	11,4
1967.	2 196	74	196	130	778	645	293	416	178	5,7
1968.	2 339	87	203	108	700	627	278	490	272	5,4
1969.	2 524	89	190	91	692	513	230	538	351	9,3
1970.	2 661	81	194	157	669	396	246	634	443	10,3
1971.	2 846	74	195	255	666	371	270	783	492	12,9
1972.	3 068	66	195	218	609	328	303	844	521	13,9
1973.	3 148	65	210	302	601	324	422	1 058	531	16,5
1974.	4 114	65	252	202	581	197	440	1 014	589	16,9
1975.	4 681	55	225	302	548	152	332*	1 078	632	17 5*
1976.[2]	4 708	49	234	323*	490	130	314	1 234	724	20,0*
1977.[2]	4 968	44	251	313	404	90	87	1 676	850	39,5
1978.	5 309	39	262	607	378	92	102	1 710	961	45,0
Elektroprivreda	386	—	—	208	149	—	0	—	192	—
Proizvodnja ugljena	42	—	—	1	—				—	—
Prerada ugljena	8	—	—	355	—	—	—	—	—	—
Proizvod. nafte i zemnog plina	32	—	—	—	—	—	8	—	—	0
Proizvod. derivata nafte	169	—	12	—	—	—	0	118	106	—
Crna metalurgija	454	2	195	—	11	—	3	50	45	2
Proizvod. ruda obojenih metala	0	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Proizvod. obojenih metala	1 428	—	0	—	—	—	3	2	—	1
Prerada obojenih metala	88						0	4		0
Proizvod. nemetalnih minerala	9	—	—	—	—	0	1	1	12	—
Prerada nemetalnih minerala	116				0	30	1	46	16	18
Metaloprerađivačka djelatnost	187	0	46	2	3	2	10	5	18	10
Strojogradnja	55	—	2	0	0	2	3	5	0	0
Proizvod. prometnih sredstava	18	—	0	0	0	0	1	1	5	0
Brodogradnja	71	—	0	0	0	0	2	3	—	—
Proizvod. elektr. stroj. i aparata	68	—	—	0	0	0	2	2	1	1
Proizvod. osn. kem. proizvoda	511	—	—	—	—	—	0	71	259	1
Prerada kemijskih proizvoda	109	—	0	—	2	0	6	9	1	4
Proiz. kamena, pijeska i šljunka	37	—	—	—	0	0	9	5	—	—
Proizvod. građevnog materijala	438	37	0	37	63	1	5	334	58	5
Proizvod. rez. građe i ploča	44	—	—	—	1	0	0	2	2	0
Proizvod. final. proizv. od drveta	87				0	0	3	3	2	0
Proizvod. i prerada papira	235	—	—	—	64	—	0	35	56	—
Proizvod. tekst. prediva i tkanina	232	—	—	—	12	—	1	29	7	0
Proizvod. gotovih tekstil. proizv.	51	—	—	—	4	2	4	11	1	—
Proizvod. kože i krzna	11	—	—	1	—	—	0	6	—	—
Proizvod. kož. obuće i galanterije	20	—	—	0	0	—	1	1	0	0
Prerada kaučuka	48	—	—	—	—	—	—	5	—	—
Proizvod. prehramb. proizvoda	260	—	7	2	66	54	15	95	30	3
Proizvodnja pića	39	—	—	—	0		1	17	3	—
Proizvod. stočne hrane	17	—	—	—	0	0	2	—	—	—
Proizvod. i prerada duhana	8	—	—	—	—	—	1	1	1	—
Grafička djelatnost	30	—	—	—	1	—	—	—	1	—
Proizvod. raznovrsnih proizvoda	4	—	—	—	—	—	0	1	1	—

[1] Uključivo količine goriva koje su korištene za tehnološke svrhe.
[2] Nisu uključene bivše neindustrijske organizacije i zajednice koje su prema Jedinstvenoj klasifikaciji djelatnosti prošle u područje industrije i rudarstva.

Tablica 36

PROIZVODNJA I POTROŠNJA UKUPNE ENERGIJE

Količine u 000 tona uvjetnog ugljena i u kg po jednom stanovniku

Zemlja	Godina	Proizvodnja					Potrošnja					
		ukupna energija	ugljen	sirova nafta	prirodni plin	hidro i nuklearna el. energija	ukupno	čvrsta goriva	tekuća goriva	prirodni plin	hidro i nuklearna el. energ.	po 1 stanovniku
Austrija	1973.	10 986	1 817	3 790	2 941	2 789	29 294	3 294	16 519	5 417	2 166	4 008
	1974.	10 833	1 815	3 290	3 294	2 921	27 836	5 573	14 600	5 929	2 423	3 883
	1975.	10 908	1 699	3 994	2 994	2 523	30 154	5 474	14 086	5 816	2 362	3 700
	1976.	9 963	1 607	2 839	3 024	2 357	30 162	6 069	15 890	6 536	2 254	4 013
Belgija	1973.	9 075	8 842	—	147	86	61 680	16 710	17 913	38 756	492	3 562
	1974.	8 362	8 111	—	163	103	65 544	17 865	15 960	39 965	752	3 543
	1975.	8 427	7 479	—	61	887	54 698	13 223	17 994	43 341	763	3 803
	1976.	8 808	7 492	—	40	1 276	59 823	14 378	20 332	46 970	818	4 036
Bugarska	1973.	14 471	13 581	279	296	315	36 609	19 703	15 897	296	713	4 247
	1974.	13 127	12 306	312	240	370	36 404	18 607	16 687	240	870	4 195
	1975.	15 015	14 088	179	133	616	41 700	20 681	18 415	1 543	1 061	4 781
	1976.	14 081	12 887	172	45	977	41 264	19 085	18 078	2 698	1 403	4 710
Čehoslovačka	1973.	78 495	76 528	256	1 388	324	98 829	76 093	17 338	4 549	848	6 788
	1974.	79 475	77 395	224	1 299	557	100 245	76 262	17 262	5 616	1 106	6 826
	1975.	81 929	80 047	214	1 176	492	105 856	78 658	20 967	5 220	1 010	7 151
	1976.	83 844	82 124	198	1 041	481	110 342	81 052	22 632	5 697	961	7 397
Francuska	1973.	48 620	27 808	3 195	10 051	7 566	234 742	44 287	160 907	22 346	7 202	4 500
	1974.	47 164	25 348	2 952	10 160	8 704	228 174	44 835	151 276	23 382	8 681	4 342
	1975.	47 413	25 187	2 864	9 850	9 513	208 882	40 461	133 590	25 017	9 810	3 444
	1976.	45 102	24 786	2 808	9 560	8 001	231 920	45 940	150 830	26 885	8 165	4 380
Mađarska	1973.	24 400	14 834	3 135	6 419	12	36 448	17 530	11 647	6 685	586	3 496
	1974.	24 265	14 258	3 213	6 789	10	37 197	16 995	12 569	7 049	583	3 557
	1975.	23 710	13 721	3 285	6 684	20	38 200	16 690	13 333	7 650	527	3 624
	1976.	22 207	11 637	3 625	6 925	20	37 659	15 311	13 465	8 357	526	3 553
Grčka	1973.	4 602	4 329	—	—	273	18 523	4 993	13 252	—	278	2 074
	1974.	4 885	4 597	—	—	288	18 355	5 346	12 719	—	293	2 646
	1975.	6 156	5 909	—	—	247	18 909	6 510	12 151	—	248	2 090
	1976.	7 679	7 448	—	—	248	20 618	8 092	11 296	—	230	2 250
Italija	1973.	28 015	473	1 622	20 416	5 504	170 470	11 707	130 393	22 759	5 612	3 104
	1974.	27 883	423	1 613	20 344	5 503	178 673	12 296	134 751	25 841	5 785	3 224
	1975.	27 033	437	1 582	19 061	5 953	168 088	12 837	119 986	28 994	6 271	3 012
	1976.	28 426	440	1 691	20 480	5 815	184 461	12 409	131 027	35 077	5 948	3 284
Holandija	1973.	98 460	1 722	2 276	94 326	137	84 881	4 125	30 772	50 013	—29	6 317
	1974.	114 884	758	2 231	111 492	403	83 829	3 387	25 657	53 492	221	6 191
	1975.	111 790	. . .	2 342	109 038	440	78 962	3 387	25 332	49 865	378	5 784
	1976.	118 061	. . .	2 306	115 272	476	85 704	4 470	30 197	50 601	436	6 224
Norveška	1973.	11 696	412	2 318	—	8 966	19 778	1 229	10 222	—	8 327	4 993
	1974.	12 362	436	2 508	—	9 418	19 642	1 450	9 456	—	8 736	4 926
	1975.	23 557	389	13 636	—	9 532	18 458	1 303	8 315	—	8 841	4 607
	1976.	31 407	519	20 327	462	10 099	21 187	1 404	9 958	462	8 708	5 263
Poljska	1973.	177 282	168 395	638	8 028	228	157 923	132 097	14 830	10 306	12	4 605
	1974.	172 780	173 950	883	7 044	302	153 628	121 48[illegible]	15 404	10 464	—37	4 687
	1975.	192 417	183 585	871	8 285	258	170 338	141 857	17 639	10 612	230	5 007
	1976.	200 350	191 094	712	7 669	293	180 511	149 300	19 694	11 272	244	5 253
Rumunjska	1973.	74 632	13 006	21 682	39 016	928	74 191	17 031	17 931	38 756	492	3 562
	1974.	76 895	13 639	21 975	40 238	1 043	74 506	17 828	15 960	39 965	753	3 543
	1975.	80 659	13 884	21 145	43 599	1 071	80 797	18 699	17 994	43 341	763	3 803
	1976.	83 890	13 292	22 373	47 228	997	86 560	18 450	. . .	. . .	. . .	. . .
Španjolska	1973.	17 039	11 478	1 123	1	4 436	69 149	15 561	48 004	1 376	4 208	1 984
	1974.	19 322	11 809	2 914	1	4 598	72 673	15 629	51 258	1 316	4 470	2 063
	1975.	20 369	12 420	3 296	2	4 643	76 171	16 825	53 045	1 762	4 539	2 147
	1976.	19 004	12 700	2 605	2	3 698	86 311	17 528	62 881	2 299	3 602	2 399
Švedska	1973.	7 626	—	—	—	7 626	50 630	2 220	40 688	—	7 717	6 222
	1974.	7 299	—	—	—	7 299	47 368	2 215	37 493	—	7 660	5 804
	1975.	8 576	11	—	—	8 565	50 625	2 710	39 234	—	8 682	6 178
	1976.	8 731	12	4	—	8 714	49 713	2 621	38 119	—	8 973	6 049
Švicarska	1973.	4 271	—	—	—	4 271	25 948	466	20 174	258	3 872	4 022
	1974.	4 373	—	—	—	4 373	23 370	397	18 437	550	3 986	3 616
	1975.	4 974	—	—	—	4 974	23 407	292	18 386	822	3 908	3 642
	1976.	4 205	—	—	—	4 205	21 284	255	46 259	860	3 910	3 342
Turska	1973.	11 877	6 257	5 298	—	322	23 131	6 229	16 850	—	322	619
	1974.	12 157	6 703	5 042	—	412	24 045	6 589	17 045	—	412	628
	1975.	. . .	6 820	4 572	—	. . .	. . .	. . .	. . .	—	. . .	. . .
	1976.											
SSSR	1973.	1 450 417	488 976	630 684	314 786	15 971	1 262 906	470 737	456 334	320 884	14 952	5 057
	1974.	1 533 035	494 101	674 654	347 057	17 224	1 323 715	474 077	489 507	344 153	15 978	5 252
	1975.	1 650 472	507 728	721 770	404 550	16 884	1 410 781	488 018	578 893	388 397	15 473	5 546
	1976.	1 674 101	505 652	768 730	381 301	18 417	1 349 864	485 208	485 979	361 685	16 992	5 259
Velika Britanija	1973.	174 483	131 468	599	38 412	4 004	312 913	130 406	139 114	39 382	4 011	5 582
	1974	161 689	109 907	662	46 395	4 725	306 486	116 717	137 838	47 199	4 731	5 464
	1975.	183 989	128 389	2 364	48 895	4 340	295 329	124 820	116 039	50 101	4 349	5 265
	1976.											
S A D	1973.	2 162 355	534 403	763 939	819 656	44 358	2 504 036	501 825	1 117 044	839 052	46 114	11 901
	1974.	2 105 807	543 777	729 221	781 259	51 549	2 433 476	500 145	1 068 822	811 398	53 111	11 485
	1975.	2 036 671	574 155	696 886	706 860	58 770	2 349 549	525 036	1 040 481	726 501	59 531	10 999
	1976.	2 049 696	598 939	677 470	714 049	59 238	2 485 454	544 352	1 127 523	753 285	60 297	41 554
Zapadna Njemačka	1973.	172 425	133 196	9 768	26 106	3 354	371 912	121 430	198 858	47 003	4 620	6 002
	1974.	172 928	133 039	9 122	27 085	3 692	353 490	114 498	177 531	57 043	4 419	5 698
	1975.	165 861	129 803	8 453	22 874	4 738	330 490	105 549	164 223	54 606	5 702	5 345
	1976.	165 876	129 958	8 130	23 074	4 713	364 279	121 474	180 705	57 629	4 830	5 922
Jugoslavija	1973.	25 238	16 513	4 938	1 770	2 016	36 496	18 631	15 990	1 927	2 541	1 883
	1974.	26 667	17 092	5 106	1 927	2 541	39 825	19 366	14 085	1 770	2 010	1 742
	1975.	28 220	18 069	5 451	2 070	2 630	41 220	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
	1976.	29 420	. . .	. . .	. . .	. . .	43 460	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .

RADE KONČAR

NEKA NOVA RJEŠENJA U POBOLJŠANJU KONTINUIRANE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ZRAČNIM VODOVIMA SREDNJEG NAPONA

Uvod

Prenapučenost velikih gradova i industrijskih središta, te nedovoljna propusna moć njihovih prometnica, sve više postaju ograničavajući faktor daljnjeg razvoja industrijske proizvodnje na postojećim lokacijama.

Već i do sada je često bilo nužno, a u buduće će biti još češće, da se prilikom novih ulaganja u proširenje proizvodnje, pronađu nove — uglavnom — disperzirane lokacije, više ili manje udaljene od sadašnjih.

Osim toga, u prigradskim selima razvija se i značajna djelatnost na području proizvodnje i prerade hrane, koja također zahtijeva sve više el. energije.

Svi ovi potrošači opskrbljuju se, pretežno, zračnim vodovima napona 12, 24 i 38 kV, koji su izloženi čestim kvarovima pod utjecajem atmosferskih prenapona.

Automatsko odvajanje voda u kvaru

Postojeća rješenja s ugradnjom linijskih rastavljača, ili rastavnih sklopki, na počecima krajnjih vodova, ne daju mogućnost brzog lociranja kvara, pa čitava područja ostaju duže vrijeme bez električne energije sa svim posljedicama koje iz tog proizlaze.

Druga mogućnost, koja na odvojcima zahtijeva postavljanje odgovarajuće transformatorske stanice (TS), sa prekidačem za ponovno uklapanje i pripadnom relejnom zaštitom, predstavlja i još će dugo predstavljati, ekonomski neprihvatljivo rješenje za ovu vrstu potrošača.

Nastojanja proizvođača el. opreme, da se i ovim potrošačima omogući sigurnija opskrba el. energijom dovela su do primjene uređaja za automatsko odvajanje zračnog voda u kvaru, koji se prigrađuje na svaku fazu linijskog rastavljača, prema sl. 1.

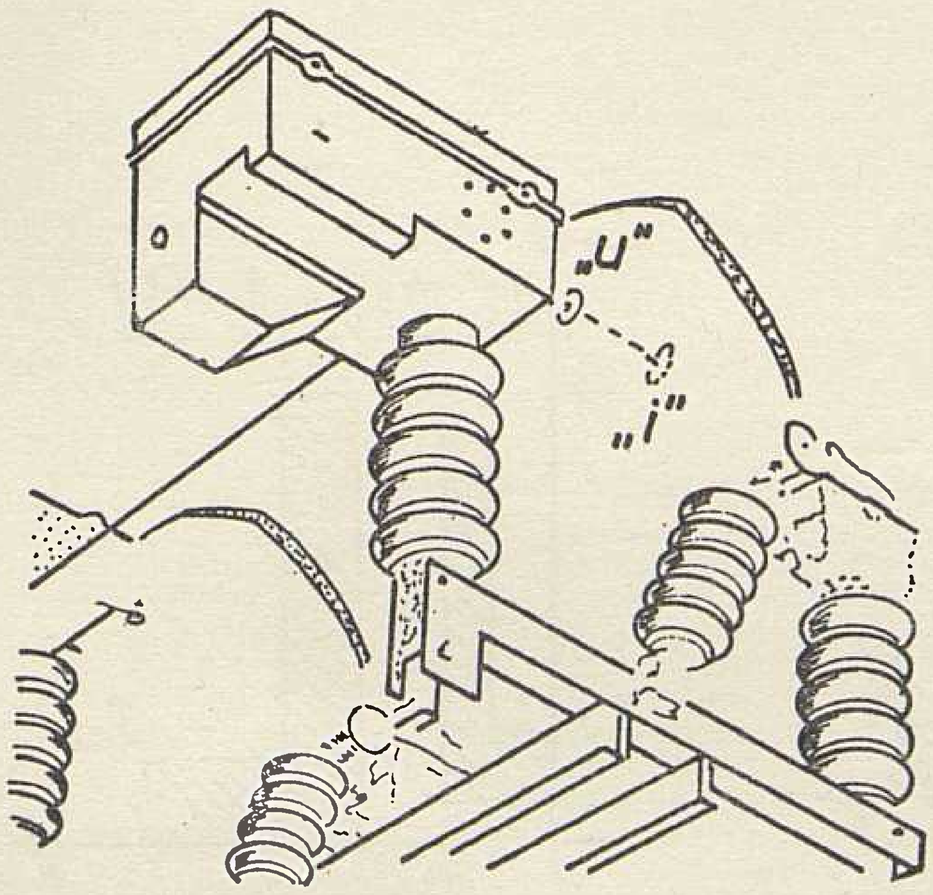
Primjenom ovog uređaja, omogućeno je veoma brzo odvajanje voda u kvaru, čime se osigurava nesmetana opskrba potrošača priključenih na druge krajnje vodove u promatranom konzumnom području.

Za naše razmatranje, pretpostavimo mrežu s četiri radijalno spojena voda — prema sl. 2. na čijim su počecima ugrađeni linijski rastavljači LR, ili rastavne sklopke, s uređajima za automatsko odvajanje voda u kvaru, proizvodnje »R. Končar« — OOUR Sombor.

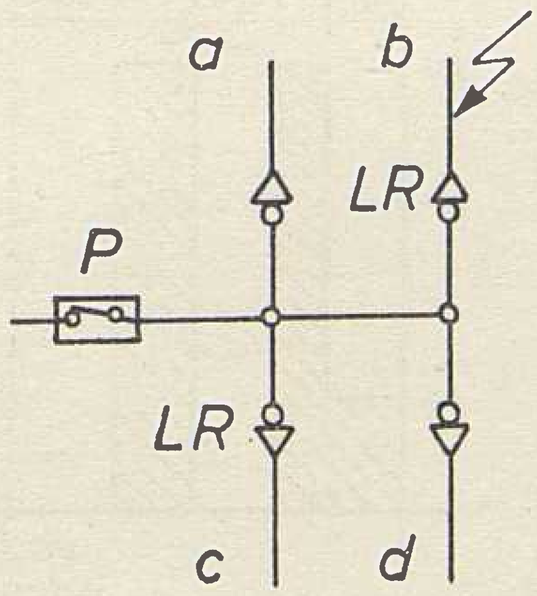
U slučaju pojave kvara na vodu (b), struja kratkog spoja I_k aktivira zaštitu prekidača (P), ugrađenog u TS na početku glavnog voda, koji prekida struju I_k za približno 0,1 — 0,2 sek. od njezinog nastanka.

Istovremeno je struja I_k aktivirala i automatski uređaj za odvajanje na vodu (b), koji nakon zatezanja od 10 do 20 sek. odvoji vod od preostalog dijela mreže.

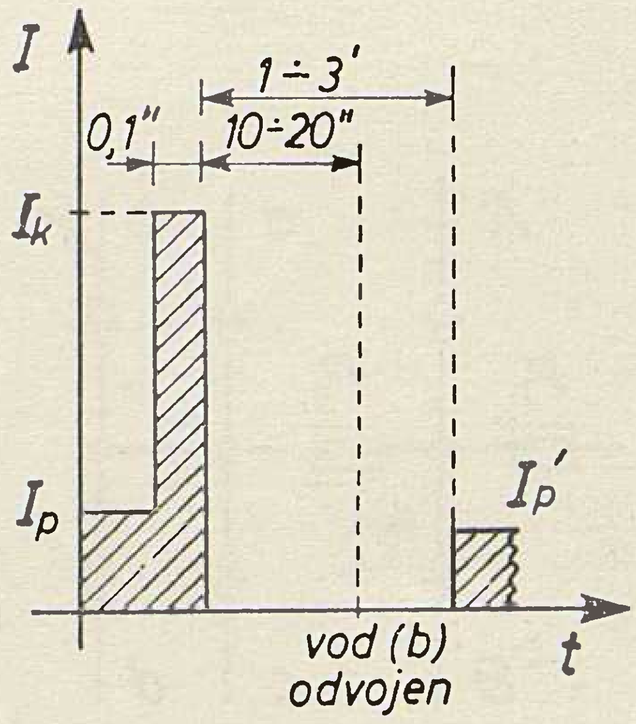
Uklapanjem prekidača, ručno ili automatski nakon pauze od 1 — 3 min., ponovno se nastavlja opskrba



Sl. 1.



Sl. 2.



Sl. 3.

potrošača priključenih na vodove (a), (c) i (d), kao što je vidljivo iz dijagrama na sl. 3.

$$I_p = I_k = 0$$

Prije otklanjanja kvara na vodu, potrebno je linijski rastavljač ručno otvoriti u krajnji isklopni položaj, čime se izdanak vidljiv na sl. 1. vrati iz položaja »i« u položaj »u« i na taj način ponovno zatvori strujni put kroz uređaj za automatsko odvajanje na vodu (b).

Samo po sebi razumljivo, ako je na početku glavnog voda ugrađen prekidač (P) suvremenih karakteristika, kao što su prekidači tipa M12 — 38 proizvodnje »RK« — OOUR Zagreb Borongaj, koji imaju mogućnost brzog ponovnog uklopa, te ako u TS postoji odgovarajući APU uređaj i ako se radi o prolaznom kvaru, prekidač (P) ponovo uklopi nakon pauze od 0,3 do 8 sek., da u tom slučaju automatski uređaj za odvajanje voda u kvaru neće proraditi, čime se nastavlja redovna opskrba i potrošača priključenih na vod (b).

Neke mogućnosti primjene uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru

Posebno je zanimljiv slučaj, ako na razvijenijem konzumnom području imamo i takve potrošače, koji ni kraću stanku u opskrbi el. energijom ne mogu prihvatiti zbog zastoja u proizvodnom procesu. Primjer opskrbe važnijih potrošača na vodovima A i B, uz korištenje dva prekidača i linijskih rastavljača s uređajem za automatsko odvajanje voda u kvaru, prikazan je na slici 4.

U našem primjeru, ponovno je pretpostavljen kvar na odvojku (b). Struja kratkog spoja istovremeno potiče relej za automatsko odvajanje voda (b), te odgovarajuće zaštite na prekidačima P_1 i P_2. Zaštita prekidača u glavnoj TS, je tako podešena da prekidač P_1 prvi isklopi, dok je vremensko zatezanje na uređaju za automatsko odvajanje voda u kvaru — kako već znamo — od 10 do 20 sekundi. Uređaj za brzo ponovno uklapanje, uz prekidač P_1, odmah proslijedi impuls za ponovni uklop, te prekidač — nakon beznaponske pauze od približno 0,3 sek. — ponovno uklopi.

Ako je kvar bio prolaznog karaktera, opskrba el. energijom nastavlja se dalje bez ikakvih smetnji na čitavom području, kao što je opisano u prvom dijelu ovog članka.

Međutim, ako je na vodu (b) kvar trajnog karaktera, uklapanjem prekidača P_1 ponovno se u vodu (b), kao i kroz prekidače P_1 i P_2 uspostavlja struja kratkog spoja I_k. Za ovaj slučaj, zaštite na prekidačima se tako podešene, da drugo isklapanje izvrši prekidač P_2 u područnoj TS.

Ovime je mjesto kvara odvojeno prekidačem P_2, čime je osigurana nesmetana opskrba potrošača priključenih na vodovima A i B. Dijagram struje kroz prekidač P_1 prikazan je u ovom primjeru na sl. 5.

Nakon 10 do 20 sekundi po isklopu prekidača P_2, tj. nakon prestanka djelovanja struje kratkog spoja I_k, uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru, odvoji vod (b) od ostalog dijela mreže, čime vod (b) trajno ostaje izvan pogona dok se kvar točno ne pronađe i otkloni. Za potrošače priključene na vodove (a), (c), i (d), uspostavit će se ponovno redovna opskrba el. energijom jednu do tri min. nakon isklopa prekidača P_2 u područnoj TS, a dijagram struje kroz prekidač P_2 prikazan je u tom slučaju na sl. 6.

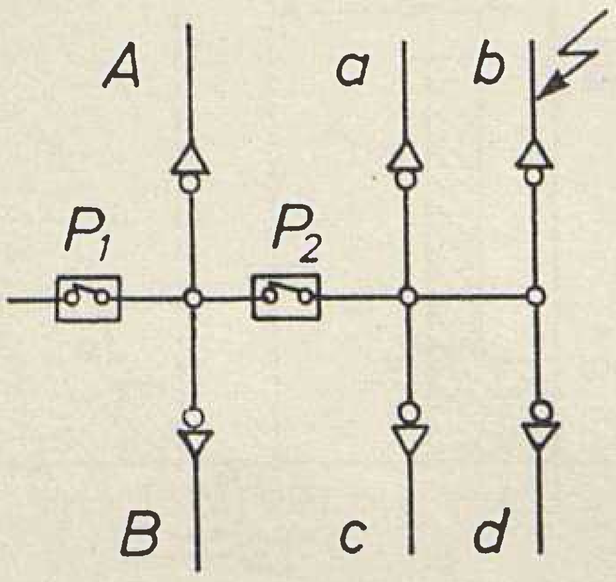
Zaključak

Iz navedenih primjera se vidi da uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru omogućava:

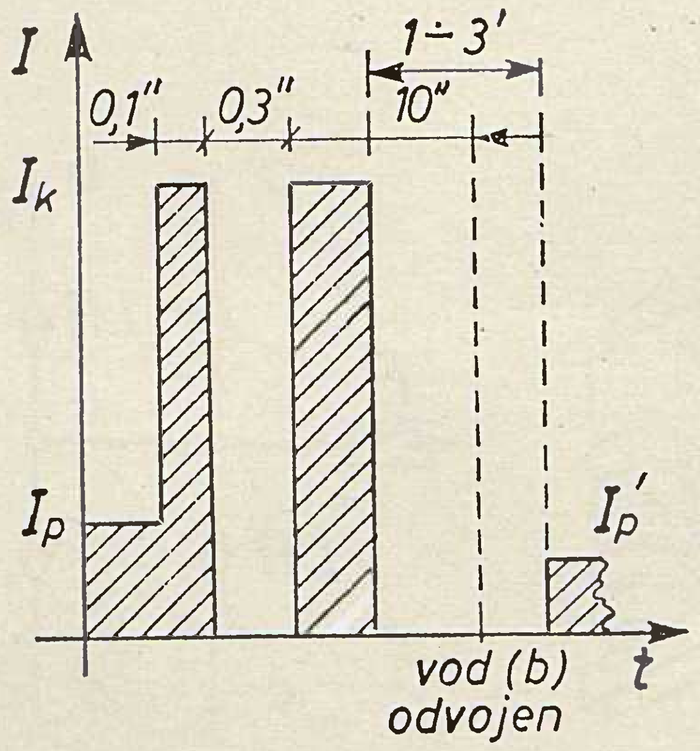
— sigurniju opskrbu el. energijom, radi manjeg broja ispada, jer izvan pogona ostaje samo vod u kvaru,
— kraće vrijeme za pronalaženje i otklanjanje kvara,
— manje troškove za otklanjanje nastalih kvarova,
— manje ljudstva i vozila za održavanje zračnih mreža srednjeg napona.

Sve ove prednosti potvrđuju zaključak, da se ubuduće može očekivati značajna primjena uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru na zračnim mrežama srednjeg napona.

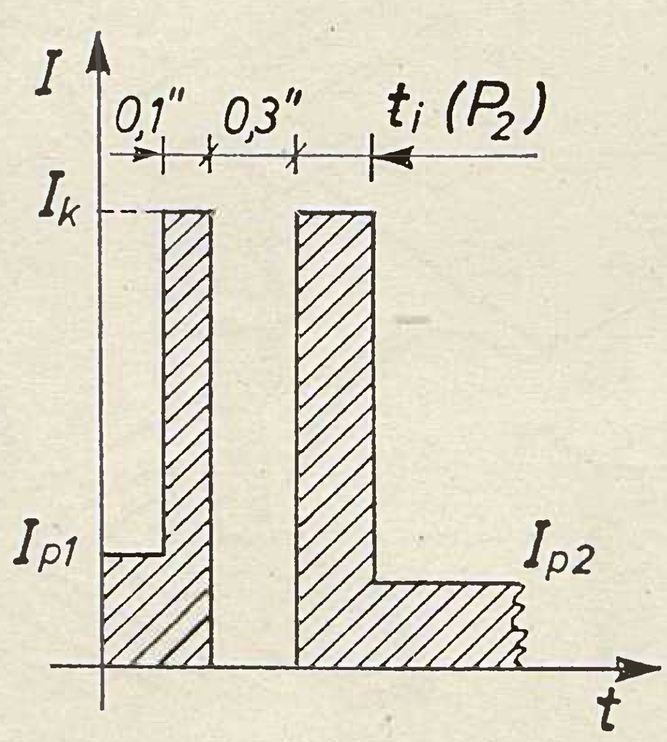
Naslov pisca:
Josip P o l a n c, dipl. ing.
RO »Rade Končar« — Elektrouređaji



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

Energija God. 29 (1980) br. 3—4, 97—104.

NEDOSTACI POSTOJEĆEG SISTEMA DRUŠTVENO-EKONOMSKIH ODNOSA U OKVIRU SLOŽENOG SISTEMA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE*

Jure Šimović, Zagreb

UDK 621.311.1

U radu se ukazuje na osnovne nedostatke postojećeg sistema društveno-ekonomskih odnosa u elektroprivredi Hrvatske. Iz dane analize je vidljivo da su samo neke od ovih negativnosti našle svoje ishodište u postavkama samog sistema, dok je drugi dio rezultat provedbenih rješenja koja su u elektroprivredi u proteklim godinama često puta primjenjivana mimo samoupravnih sporazuma na čijim odredbama su se, inače, društveno-ekonomski odnosi trebali temeljiti. Pošto se u radu konstatira da se ovi nedostaci u poslovanju ispoljavaju kod pojedinih elektroprivrednih djelatnosti (proizvodnja, prijenos, distribucija) u različitom intenzitetu i oblicima, autor u daljnjem dijelu rada daje kritički osvrt na ove negativnosti do kojih je dolazilo, u prvom redu, u poslovanju distributivnih organizacija udruženog rada.

1. UVOD

Primjena postojećeg sistema društveno-ekonomskih i dohodovnih odnosa u okviru složenog sistema elektroprivrede Hrvatske, koja je uslijedila 1975. godine, pokazuje u svojem funkcioniranju niz nedostataka.

Zbog toga se izrada prijedloga novog sistema na kojem bi se temeljili društveno-ekonomski i dohodovni odnosi u elektroprivredi Hrvatske mora zasnivati na kritičkoj analizi postojećeg sistema i odnosa koji se putem njega reproduciraju.

U izradi kritičke analize postojećeg sistema društveno-ekonomskih i dohodovnih odnosa u elektroprivredi Hrvatske neće biti dovoljno da se analiza zasniva samo na promatranju podataka iz periodičnih obračuna, odnosno zaključnih računa. Pri tome će biti potrebno da se analitički razmotre uočena negativna ponašanja do kojih je dolazilo u osnovnim organizacijama udruženog rada, kako proizvodno-prijenosne, tako i distributivne djelatnosti. Naime, ova ponašanja — iako su negativno utjecala na poslovni rezultat, kako pojedine osnovne organizacije udruženog rada, tako i elektroprivrede u cjelini — iz samih podataka zaključnih računa, gdje se putem brojaka prelamaju svi i pozitivni i negativni, kako subjektivni, tako i objektivni utjecaji, nije moguće adekvatno sagledati.

Treba također razlučiti da li su ova negativna ponašanja svoje ishodište našla u postojećem sistemu društveno-ekonomskih odnosa ili su rezultat provedbenih rješenja koja su u elektroprivredi u prethodnim godinama često bila primjenjivana mimo samoupravnih sporazuma na kojima su se, inače, međusobni društveno-ekonomski odnosi trebali temeljiti. To je potrebno učiniti kako bi se u prijedlog modela novih društveno-ekonomskih i dohodovnih odnosa u elektroprivredi Hrvatske unaprijed ugradili instrumenti koji neće dozvoliti njihovo reproduciranje u budućem razdoblju.

Negativne pojave koje su se ispoljavale u poslovanju elektroprivrdnih organizacija u proteklim godinama, bez obzira na to jesu li nalazile ishodište u samom sistemu postojećih međusobnih ekonomskih odnosa ili su rezultat praktično-provedbenih mjera, mogle bi se ovako sistematizirati:

— nedostaci postojećeg sistema privrednog planiranja u elektroprivredi Hrvatske

— negativni efekti odluke o međusobnom bespovratnom ustupanju ostatka dohotka

— nedostaci postojećeg sistema međusobnih ekonomskih odnosa sa stajališta racionalnijeg raspolaganja društvenim sredstvima, te smanjenja troškova poslovanja

— nedostaci postojećeg sistema međusobnih ekonomskih odnosa sa stajališta stjecanja i raspodjele prihoda od prodaje električne energije

— nedostaci postojećeg sistema međusobnih ekonomskih odnosa sa stajališta nagrađivanja prema radu i zapošljavanja

— nedostaci postojećeg sistema međusobnih ekonomskih odnosa sa stajališta racionalne investicione politike

— nedostaci postojećeg sistema međusobnih ekonomskih odnosa sa stajališta razvijanja sporednih djelatnosti

— nedostaci postojećih instrumenata za međusobno razgraničenje ekonomskih odnosa (diferentne cijene nabave električne energije za distributivne organizacije i cijene učinka za organizacije proizvodnje i prijenosa)

— nedostaci postojećeg sistema međusobnih ekonomskih odnosa sa stajališta optimalne organiziranosti elektroprivredne djelatnosti.

* Ovaj rad pisan je za potrebe Ekonomskog instituta u Zagrebu u okviru izrade studijskog projekta: »Društveno-ekonomski odnosi u okviru elektroprivrede Hrvatske«.

Navedene nedostatke potrebno je razmotriti sa stajališta svake elektroprivredne djelatnosti posebno, jer se neki od njih iskazuju kod pojedinih djelatnosti i u različitom intenzitetu i u različitim oblicima. U nastavnom dijelu ovog materijala dat će se kritički osvrt na ove nedostatke i oblike njihova ispoljavanja u distributivnoj djelatnosti.

2. NEDOSTACI POSTOJEĆEG SISTEMA PRIVREDNOG PLANIRANJA U ELEKTROPRIVREDI HRVATSKE

Jedan je od temeljnih nedostataka postojećeg sistema međusobnih ekonomskih odnosa u elektroprivrede Hrvatske svakako treba tražiti u neadekvatnom sistemu privrednog planiranja na kojem se zasnivaju međusobni ekonomski odnosi. Ti nedostaci su jednim (većim) dijelom rezultat neadekvatne primjene samog sistema, a drugim (manjim) dijelom ti su nedostaci ugrađeni u sam sistem planiranja.

Samoupravnim sporazumom o međusobnim ekonomskim odnosima elektroprivrednih organizacija u elektroenergetskom sistemu Hrvatske predviđeno je da se međusobni ekonomski odnosi uređuju svake godine na temelju godišnjeg privrednog plana, a na temelju diferentnih cijena nabave električne energije za distributivne radne organizacije i internih cijena učinaka za osnovne organizacije udruženog rada proizvodno-prijenosne djelatnosti, koje se formiraju na temelju objektiviziranih kriterija i mjerila po kojima se formiraju sredstva jednostavne reprodukcije za sve organizacije.

Međutim, međusobni ekonomski odnosi u elektroprivrednom sistemu Hrvatske nisu se u proteklim godinama (1976, 1977. i 1978) temeljili na unaprijed navedenim osnovama.

Diferentne cijene nabave električne energije i interne cijene učinaka, načinjene na temelju objektiviziranih kriterija i mjerila putem kojih se trebalo unaprijed — planski odrediti učešće svake organizacije udruženog rada u (zajedničkom) prihodu sistema, nisu nikad primijenjene u međusobnim ekonomskim odnosima. Budući da su neke organizacije udruženog rada ostvarivale veće troškove poslovanja od troškova koji su im pripadali po objektiviziranim kriterijima i mjerilima, planovi poslovanja za pojedine naprijed navedene godine obično su se donosili na kraju godine, tako da su se de facto međusobni ekonomski odnosi regulirali na temelju ostvarenih troškova svakog sudionika, bez obzira na to da li su oni rezultat racionalnog ili neracionalnog ponašanja. Tako se može navesti da su diferentne cijene za nabavu električne energije distributivnim radnim organizacijama i interne cijene učinaka za osnovne organizacije udruženog rada proizvodno-prijenosne djelatnosti za 1976. godinu donesene tek u veljači 1977. godine (20-ak dana prije zakonskog roka o predaji zaključnih računa SDK), za 1977. godinu u kolovozu iste godine, a za 1978. godinu 27. prosinca iste godine. Svakako da je takvo reguliranje međusobnih ekonomskih odnosa u elektroprivrednom sistemu Hrvatske na temelju ostvarenih troškova, odnosno »trošenja sa otvorenim računima«, gdje se je i neracionalno trošenje jednostavno priznavalo i sumiralo i iskazivalo prema društvenoj zajednici kao manjak prihoda, dovelo do niza negativnih posljedica kako u poslovanju pojedinih osnovnih organizacija udruženog rada, tako i u elektroprivrednom sistemu kao cjelini.

Drugi bitan razlog zbog kojeg su elektroprivredne organizacije u proteklim godinama poslovale bez plana svakako treba tražiti u činjenici što prodajne cijene električne energije nisu osiguravale prihode koji bi pokrivali troškove jednostavne reprodukcije elektroprivrednog sistema. Vjerojatno bi se međusobno sporazumijevanje i donošenje plana i u elektroprivredi Hrvatske mnogo lakše provelo da je prodajna cijena električne energije sadržavala i dio troškova razvoja elektroprivrede. No, kada se međusobno sporazumijevanje treba ostvariti u okviru sredstava koja ne pokrivaju ni troškove jednostavne reprodukcije, to je, objektivno gledano, teško postići.

Taj manjak prihoda, do kojeg je došlo odlukom organa društveno-političke zajednice da se električna energija prodaje po tarifnim stavovima nižim od troškova jednostavne reprodukcije, trebao je Sabor SR Hrvatske, shodno članu 54. Ustava SRH, putem kompenzacije pokrivati unaprijed, što u proteklim godinama nije ostvareno.

Prema tome, prvo što se mora konstatirati odnosi se na činjenicu da se osnovne postavke sistema međusobnih ekonomskih odnosa koji su u elektroprivredi Hrvatske trebali biti uvedeni već 1975. godine nisu do danas realizirale. Drugim riječima, nedostaci u poslovanju s kojima su se elektroprivredne organizacije susretale u poslovanju u proteklim godinama velikim dijelom su rezultat postupaka i rješavanja koja su poduzimana u elektroprivredi Hrvatske, a koja većim dijelom nisu bila temeljna na sistemu planiranja utvrđenom Samoupravnim sporazumom o međusobnim ekonomskim odnosima. Niti su se međusobni ekonomski odnosi temeljili na objektiviziranim kriterijima i mjerilima, niti su se ti odnosi utvrđivali unaprijed, niti je cijena električne energije pokrivala troškove jednostavne reprodukcije elektroprivrednog sistema.

No, ako bi se željelo nešto reći o uočenim nedostacima sistema međusobnih ekonomskih odnosa, koji je u elektroprivredi Hrvatske trebao biti uveden 1975. godine i koji je u svojim polaznim osnovama definiran u Samoupravnom sporazumu o međusobnim ekonomskim odnosima i drugim pratećim aktima, onda te nedostatke ponajprije treba tražiti u činjenici da se ti odnosi uređuju svake godine. Takva učestalost promjena oko rasporeda (zajedničkog) prihoda do-

vodi permanentno do nestabilnosti i napetosti u samom sistemu, do stalnih zahtjeva za izmjenama »objektiviziranih« kriterija i mjerila i njihova prilagođavanja subjektivnim ocjenama te do jačanja težnji da se izlaz za sve poteškoće traži u povećanju cijena električne energije.

Čini se da bi i postojeći sistem privrednog planiranja u elektroprivredi Hrvatske, kako je on postavljen u odredbama Samoupravnog sporazuma o udruživanju u Zajednicu elektroprivrednih organizacija Hrvatske i Samoupravnog sporazuma o međusobnim ekonomskim odnosima u elektroenergetskom sistemu Hrvatske, trebalo dograditi u ovom smislu:

— p r v o, uređenje međusobnih ekonomskih odnosa u složenom sistemu kakav je elektroprivreda ne može se uspješno vršiti na temelju kratkoročnih, godišnjih planova, nego na podlogama i planovima na duža vremenska razdoblja. Čini se da bi razrada planskih zadataka koje sistem i dijelovi sistema trebaju obaviti u dužim vremenskim razdobljima (recimo za 5 godina) i na toj osnovi razrađene interne cijene doveli do stabilnijih odnosa u elektroprivrednom sistemu;

— d r u g o, interne cijene bi trebalo temeljiti na mjerilima koja bi adekvatnije vrednovala — varolizirala doprinos svakog dijela sistema od kriterija i mjerila koja su u sadašnjim odnosima shvaćena u čistom troškovnom smislu;

— t r e ć e, interne cijene u međusobnim ekonomskim odnosima morale bi, što do sada nije bio slučaj, dovesti u nužnu međuzavisnost razvojno-investicionu politiku s dohodovnom;

— č e t v r t o, zajedničke rizike na nivou elektroprivrednog sistema trebalo bi ograničiti samo na rizik hidrologije. Sve druge rizike koji su ugrađeni u odredbe Samoupravnog sporazuma, npr. odstupanje u strukturi potrošnje, kako i one rizike koji su se ugrađivali u međusobne ekonomske odnose kroz provedbena rješenja, potrebno je prepustiti svakom pojedinom dijelu sistema i osnovnoj organizaciji udruženog rada u kojoj se pojavljuju. Također je potrebno jasno reći da povećanje troškova goriva, zbog njegova značenja, ne može biti riziko elektroprivrednog sistema;

— p e t o, trebalo bi pokušati odgovoriti na pitanje koliko rješavanje mnogobrojnih problema distribucije na republičkom nivou, koji su često puta lokalnog, komunalnog karaktera, pridonosi ili otežava donošenju odgovarajućih odluka. S tim u vezi je također nužno sagledati konzistentnost sadašnjih odnosa u elektroprivredi Hrvatske sa stajališta aktivnog uključivanja osnovnih samoupravnih interesnih zajednica potrošača električne energije (OSIZ-a) u odnose u elektroprivredi. U današnjim odnosima delegati OSIZ-a pojavljuju se s dvojakim interesima: oni jedanput predstavljaju potrošača (radeći u tijelima RSIZ-a), a drugi put se pojavljuju zajedno s osnovnom organizacijom udruženog rada distribucije sa svojeg područja kao zastupnici njegovih interesa, što ne bi smio biti slučaj.

3. NEGATIVNE POSLJEDICE ODLUKE O MEĐUSOBNOM BESPOVRATNOM USTUPANJU OSTATKA DOHOTKA

Drugi bitan nedostatak međusobnih ekonomskih odnosa u elektroprivredi Hrvatske u proteklim godinama, koji se posebno negativno odrazio na poslovanje distributivnih organizacija, treba tražiti u činjenici da su sve osnovne organizacije udruženog rada koje su poslovale s ostatkom dohotka, a koji su najvećim dijelom ostvarivale u poslovanju na sporednim djelatnostima, morale taj ostatak dohotka bespovratno ustupiti onim osnovnim organizacijama udruženog rada koje su poslovale s gubitkom.

Iako sredstva ostatka dohotka u uvjetima kada prihodi elektroprivrednog sistema nisu osiguravali pokriće troškova jednostavne reprodukcije nisu predstavljala znatnije iznose, odluke o njihovu bespovratnom ustupanju donosile su niz negativnih posljedica na poslovanje. Osim toga, bespovratno ustupanje ostatka dohotka provodilo se bez prethodne analize da li je taj ostatak dohotka rezultat bolje unutarnje organizacije rada te racionalnijeg i efikasnijeg korištenja društvenih sredstava. Na žalost, uvijek je prevladavalo mišljenje da je ovaj ostatak dohotka rezultat relativno povoljnijeg položaja dotične osnovne organizacije udruženog rada u međusobnim ekonomskim odnosima.

Tome treba dodati činjenicu da osnovne organizacije udruženog rada koje su ostvarile ostatak dohotka nisu mogle dio tog dohotka rasporediti za povećanje osobnih dohodaka radnika, niti za povećano izdvajanje u fond zajedničke potrošnje. Naime, osobni dohoci zaposlenih u elektroprivredi nisu u proteklim godinama bili ovisni o ostvarenom dohotku, nego je svaka osnovna organizacija udruženog rada isplaćivala osobne dohotke po zaposlenom radniku, što je ovisilo o veličini planiranog prosječnog osobnog dohotka po radniku u privredi Republike, te dodatka na otežane uvjete rada i bolju kvalifikacijsku strukturu, a unaprijed je bilo određeno za svaku osnovnu organizaciju udruženog rada.

Bespovratno ustupanje ostatka dohotka provodilo se prije izrade, bolje reći predaje zaključnih računa, najprije između osnovnih organizacija unutar radne organizacije, a putem radnih organizacija na nivou Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske, osim 1978. godine, kada se je saldo ostatka dohotka (znači nakon međusobnog pokrića OOUR-a unutar radnih organizacija) obvezno doznačavao u rezervni fond na nivou Zajednice elektroprivrednih organizacija nakon izrade zaključnih računa.

Ne samo da su osnovne organizacije udruženog rada koje su u poslovanju ostvarivale ostatak dohotka morale njega bespovratno ustupiti, već su time one dovedene u posebno težak ekonomski položaj u idućoj godini. Naime, već je rečeno da su se diferentne cijene distributivnim organiza-

cijama određivale na temelju ostvarenih troškova u prethodnoj godini, uz dogovorene postotke povećanja za pojedine vrste troškova. Tako utvrđeni troškovi jednostavne reprodukcije smanjivali su se svakoj distributivnoj organizaciji za iznos ostatka dohotka iz prethodne godine, a povećavale za iznos ostvarenog gubitka onim organizacijama koje su poslovale gubitkom. Time su zapravo sve organizacije koje su poslovale s ostatkom dohotka bile dvaput »kažnjene«: prvi put obvezom da taj ostatak dohotka bespovratno ustupe drugim organizacijama, a drugi put time što su međusobnim ekonomskim odnosima u idućoj godini bile dovedene u teži ekonomski položaj. Upravo u tome i treba tražiti uzrok da su osnovne organizacije udruženog rada koje su u jednoj godini poslovale s ostatkom dohotka u idućoj godini obično završavale poslovanje s gubitkom.

4. NEDOSTACI POSTOJEĆEG SISTEMA MEĐUSOBNIH EKONOMSKIH ODNOSA SA STAJALIŠTA RACIONALNIJEG I EFIKASNIJEG RASPOLAGANJA DRUŠTVENIM SREDSTVIMA TE SMANJENJA TROŠKOVA POSLOVANJA

Osnovna rješenja o kojima je već bilo riječi i na kojima su se temeljili međusobni ekonomski odnosi u elektroprivredi Hrvatske nisu stimulirala efikasniji i racionalniji rad. Budući da su se međusobni ekonomski odnosi temeljili na ostvarenim troškovima poslovanja u prethodnoj godini, u poslovanju tekuće godine ponajviše se pazilo:

— na to da osnovna organizacija udruženog rada ne završi poslovanje s gubitkom, ali je postojala nezainteresiranost za veličinu ostatka dohotka koji se mora bespovratno ustupiti;

— na veličinu ostvarenih troškova radi povoljnijeg »starta« u međusobnim ekonomskim odnosima u idućoj godini.

Ti interesi, koji su našli svoje mjesto u poslovanju elektrodistributivnih organizacija zbog defekata u sistemu međusobnih ekonomskih odnosa, nužno su stavili u drugi plan one polazne interese na kojima se inače, u normalnim odnosima mora zasnivati poslovanje svake osnovne organizacije udruženog rada:

— maksimiranje dohotka po zaposlenom radniku
— smanjenje troškova poslovanja
— racionalnije i efikasnije korištenje društvenih sredstava.

Negativne pojave osobito su se iskazivale u naglom porastu ostalih materijalnih troškova, troškova investicionog održavanja, u naglom porastu broja zaposlenih i u skupoj i neracionalnoj investicionoj izgradnji. Zapravo, međusobni ekonomski odnosi između organizacija udruženog rada bili su postavljeni tako da su one u svim svojim kalkulacijama polazile od rashodnog principa (slično budžetu), nastojeći u njih ukalkulirati i porast cijena i troškova života, čak i u mnogo većim iznosima negoli su se oni kasnije ostvarili.

To potvrđuju i uporedbe planiranih i ostvarenih troškova u proteklim godinama. Tako se može navesti da je usvojeni privredni plan elektroprivrede Hrvatske za 1978. godinu, koji je donesen na Skupštini ZEOH-a 27. XII 1979. godine iskazivao planski manjak od 1 158 milijuna dinara, a da je po zaključnim računima za istu godinu stvarni gubitak iznosio oko 140 milijuna dinara. Ostvareni gubitak bio bi istina, i veći da nije odgođeno plaćanje kamata na kredite, ali bi i u tom slučaju bio znatno manji od planiranog.

Nedostaci i negativne pojave do kojih je dolazilo u poslovanju distributivnih organizacija, i o kojima je riječ u ovoj točki, ponajprije su rezultat provedenih rješenja koja su poduzimana u elektroprivredi u proteklim godinama. Da su se međusobni ekonomski odnosi regulirali na odredbama Samoupravnog sporazuma o međusobnim ekonomskim odnosima, sigurno je da se negativnosti ne bi pojavile u ovom obliku i intenzitetu.

Također treba reći da negativne pojave ove vrste nisu bile unaprijed, kroz međusobne ekonomske odnose, ugrađene u poslovanje distributivnih organizacija do 1974. godine, što ne znači da se nisu i pojavljivale u poslovanju zbog subjektivnih slabosti u organizaciji rada ovih organizacija. Ali je neosporno da je u tim odnosima svaka distributivna organizacija bila zainteresirana da ostvari što veće prihode i što manje rashode u poslovanju, što također ne znači da su i svi drugi odnosi u tim uvjetima bili optimalno postavljeni.

5. NEDOSTACI POSTOJEĆEG SISTEMA MEĐUSOBNIH EKONOMSKIH ODNOSA SA STAJALIŠTA STJECANJA I RASPODJELE PRIHODA OD PRODAJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Kao što postojeći međusobni ekonomski odnosi u elektroprivredi Hrvatske čine zainteresirane organizacije udruženog rada distribucije (kao i proizvodnje i prijenosa) da se u međusobnim odnosima pojave sa što većim rashodima (troškovima), ti isti ekonomski odnosi ne stimuliraju distributivne organizacije i za ostvarenjem većih prihoda. Budući da se rashodi svake distributivne organizacije verificiraju kroz diferentne cijene nabave električne energije, distributivne organizacije postaju zainteresirane da u postojećim ekonomskim odnosima ostvare prihode koji će upravo osigurati pokriće troškova nabave električne energije i ostalih vlastitih troškova poslovanja.

U ekonomskim odnosima na nivou sistema elektroprivrede, distributivne organizacije nastoje da im proračun prihoda bude što manji. To se neće odraziti direktno negativno na njihovo poslovanje, jer će u tom slučaju u međusobnim ekonomskim odnosima plaćati samo niže diferentne cijene nabave električne energije, a manjak prihoda će se pojaviti na nivou elektroprivrednog sistema.

Naprotiv, u tim uvjetima sve je više pojava da distributivne organizacije počinju štititi »svoje

potrošače«, nastojeći da potrošenu električnu energiju plate po nižim cijenama (tarifnim stavovima) negoli proizlazi iz Uredbe o tarifnom sistemu. Na taj način de facto prihode elektroprivrednog sistema pretvaraju u dohodak organizacija udruženog rada na svojem području. Najčešći su oblici tih pojava slijedeći:

— preuzimanje energetskih postrojenja potrošača i obračun potroška električne energije. Distributivne organizacije preuzimaju od potrošača elektroenergetska postrojenja, a time njihovo održavanje, te na taj način povećavaju nabavnu vrijednost osnovnih sredstava, koja u međusobnim ekonomskim odnosima služe za obračun troška amortizacije, investicionog održavanja, te ostalih materijalnih troškova, a istovremeno obračun potroška električne energije tom potrošaču vrše na istom naponskom nivou, kao kada je sam potrošač održavao ta osnovna sredstva. Ako je distributivna osnovna organizacija udruženog rada preuzela od potrošača osnovna sredstva 10 kV napona i održava ih, onda bi morala od dana preuzimanja tih osnovnih sredstava obračun potrošene električne energije tom potrošaču vršiti po tarifnim stavovima 0,4 kV napona, jer je to novo razgraničenje osnovnih sredstava. Međutim, u današnjim međusobnim ekonomskim odnosima distributivne organizacije u najvećem broju slučajeva i dalje vrše obračun isporučene električne energije po 10 kV naponu, iako su preuzele njegovo održavanje. Događaju se također slučajevi da se potrošaču, koji, recimo, ima urednu i sigurnu opskrbu na 0,4 kV naponu, sugerira izgradnja postrojenja 10 kV napona (ili se grade postrojenja 10 kV napona zajedno s potrošačem), prebacuje se potrošač na 10 kV napon, smanjuju se prihodi, povećavaju troškovi, a dio kapaciteta na 0,4 kV naponu ostaje slobodan dok se ne razvije novi konzum;

— specijalni potrošači. Elektroprivredne organizacije udruženog rada (i proizvodno-prijenosne i distributivne) s područja gdje su locirani ovi potrošači nastoje se, zajedno s drugim faktorima izvan elektroprivrede, izboriti za što veće popuste u tarifama električne energije za ove potrošače. Naprosto je teško prepoznati stavove pojedinih organizacija (i pojedinaca) danas, u današnjim ekonomskim odnosima i stavove prema tim potrošačima u ekonomskim odnosima prije 1974. godine. Tada se je tvrdilo da su popusti tim potrošačima preveliki, a danas ti isti predstavnici tvrde da ti popusti nisu dovoljni. Čini se da je u postojećim međusobnim ekonomskim odnosima tim organizacijama primarniji interes potrošača njihova područja i njihov ekonomski položaj nego elektroprivredni interes, a time i ekonomski položaj elektroprivrednih organizacija;

— naplata prihoda od prodaje električne energije. Kako je već rečeno, u sadašnjim međusobnim ekonomskim odnosima zainteresiranost distributivnih organizacija, putem kojih se naplaćuju prihodi cijelog elektroprivrednog sistema, osim prihoda od specijalnih potrošača,za većim prihodima seže samo dotle dok ti prihodi osiguravaju pokriće troškova diferentne cijene nabave i ostalih vlastitih troškova poslovanja;

— naplata troškova jalove energije. Danas rijetko koja distributivna organizacija ugrađuje mjerenja kod potrošača da se naplati i prekomjerni potrošak jalove energije. Posebne zainteresiranosti za to nema.

Kad je riječ o negativnim pojavama o kojima je riječ u ovoj točki, mora se naglasiti da ih distributivne organizacije nisu poznavale u svojem poslovanju do 1974. godine. Naime, u ekonomskim odnosima do 1974. godine distributivne organizacije su obračunavale i naplaćivale od potrošača i određene prihode koji uvijek i nisu proizlazili iz Uredbe o tarifnom sistemu. U tim uvjetima su ti prihodi oduzimani, a distributivne organizacije kažnjavane. To, svakako, nalaže potrebu da se istraže uzroci takvog, u biti suprotnog ponašanja distributivnih organizacija.

6. NEDOSTACI POSTOJEĆEG SISTEMA MEĐUSOBNIH EKONOMSKIH ODNOSA SA STAJALIŠTA NAGRAĐIVANJA PREMA RADU I ZAPOŠLJAVANJA

Kao što je već rečeno, zbog neriješenih dohodovnih odnosa i već ustaljenog gubitka u elektroprivredi Hrvatske, osnovne organizacije udruženog rada nisu mogle u prethodnim godinama primjenjivati pojedine odredbe Društvenog dogovora i Samoupravnog sporazuma o uvjetima stjecanja i raspoređivanja dohotka i čistog dohotka i raspodjele sredstava za osobne dohotke u elektroprivredi Hrvatske.

To se posebno odnosi na odredbe Samoupravnog sporazuma prema kojoj osnovne organizacije udruženog rada koje ostvare veći dohodak od planiranog mogu izdvajati i više od planiranog za osobne dohotke i zajedničke potrošnje. Na taj način je de facto bio unaprijed određen bruto osobni dohodak po radniku koji su osnovne organizacije mogle isplaćivati bez obzira na veličinu stvarno ostvarenog dohotka. Bruto osobni dohodak za svaku osnovnu organizaciju udruženog rada određivao se unaprijed, a kao osnovica služio je planirani osobni dohodak u privredi Republike, povećan za osobne dohotke za bolju kvalifikacijsku strukturu i otežane uvjete rada. Na taj način su u isplatama osobnih dohodaka bile izjednačene sve osnovne organizacije udruženog rada, bez obzira na to da li su poslovanje završile s ostatkom dohotka ili s gubitkom.

Negativni efekti tih odluka mnogo više su bili prisutni u poslovanju distributivnih organizacija, jer su one znatan dio ostatka dohotka ostvarivale na sporednim djelatnostima.

Budući da je kvalifikacijska struktura u većoj mjeri utjecala na proračun veličine pripadajuće

mase sredstava za osobne dohotke, sve je više bilo slučajeva da su se na ispražnjena radna mjesta primali radnici s većom kvalifikacijom od one koja se traži sistematizacijom radnih mjesta. Tako su na radno mjesto likvidatora primani radnici sa završenom fakultetskom naobrazbom i slično.

Način izračunavanja pripadajuće mase osobnih dohodaka uz istovremenu njihovu neovisnost o ostvarenom dohotku imao je negativan utjecaj i u području zapošljavanja. Iako je broj zaposlenih u elektroprivredi u proteklim godinama morao rasti zbog povećanja fizičkog obujma poslovanja, mora se reći da su na vrlo dinamičan porast broja zaposlenih utjecali i drugi faktori. Ostvareni broj radnika i pripadajuća masa bruto osobnih dohodaka uvijek je uzimana kao osnovica za proračun ovih veličina, bez obzira na to da li je ostvareni broj radnika bio iznad ili ispod plana. Na taj su se način u sprezi s lokalnim društveno-političkim zajednicama i organizacijama rješavali i akutni problemi nezaposlenosti u pojedinim sredinama.

7. NEDOSTACI POSTOJEĆEG SISTEMA MEĐUSOBNIH EKONOMSKIH ODNOSA SA STAJALIŠTA RACIONALNE INVESTICIONE POLITIKE

Iako se mora reći da se na efikasnost investicija u distributivnoj djelatnosti mora gledati prije svega s društvenog, a ne s individualnog (komercijalnog) stajališta, postojeći ekonomski odnosi u elektroprivredi »stimulirali« su distributivne organizacije (kao i proizvodno-prijenosne) na što skuplja i veća investiciona ulaganja, pri čemu se često nije vodila briga o njihovoj individualnoj ni o društvenoj efikasnosti.

Na takav društveno neprihvatljiv tretman investicionih ulaganja u elektroprivredi utjecala su ponajviše ova dva činioca:

— p r v o, nabavna vrijednost osnovnih sredstava služila je u međusobnim ekonomskim odnosima kao osnovica za priznavanje veličine ostalih materijalnih troškova i investicionog održavanja. Pošto se to priznavanje vršilo svake godine i za novo aktivirana osnovna sredstva, osnovne organizacije su u tom ponašanju nalazile svoj materijalni interes. Drugim riječima, osnovne organizacije koje su ulagale napore za racionalnim investicionim ulaganjima smanjivale su time sebi osnovice za priznavanje ovih troškova;

— d r u g o, sredstva za investicije prikupljala su se nizom instrumenata, mimo ukupnog prihoda i dohotka organizacija udruženog rada u elektroprivredi, tako da se u poslovanju nije ni pazilo na nužnu međuzavisnost između razvojno-investicione i dohodovne politike.

Budući da je društvena zajednica kroz instrumente naknada i doprinosa osigurala znatna sredstva za investicije u elektroprivredi, stope rasta investicionih ulaganja u djelatnosti distribucije u posljednjim godinama bile su daleko veće od stopa rasta potrošnje električne energije. Iako, gledano kratkoročno, ta međuzavisnost ne mora postojati, u promatranjima na duži rok stope rasta investicija morale bi, svakako, biti ispod stope rasta potrošnje električne energije, računajući na aktualiziranu nabavnu vrijednost osnovnih sredstava. U protivnom sama investiciona ulaganja djeluju inflatorno na cijenu električne energije. Upravo zbog toga se čini da su problemi racionalne i efikasne investicione politike u elektroprivredi, zbog njezina volumena, primaran društveni zadatak svih zaposlenih.

Svakodnevna je pojava da su ostvarene cijene koštanja izgradnje pojedinih energetskih objekata i nekoliko puta veće od onih s kojima se računalo u planovima izgradnje. Prihvaćajući objektivne uzroke na koje elektroprivredne organizacije nisu mogle utjecati (povećanje cijena elemenata koji se ugrađuju u investicione objekte), treba reći da ni oni uzroci subjektivne naravi nisu ništa manje važni.

Drugi faktor koji znatno utječe na volumen investicija u distribuciji odnosi se na stupanj sigurnosti napajanja. Naime, u uvjetima postojećih međusobnih ekonomskih odnosa svaka distributivna organizacija je zainteresirana za što veću sigurnost napajanja svojih potrošača, bez obzira na veličine troškova koja to uzrokuje i bez obzira na stvarno potrebnu sigurnost pojedinih potrošača.

U razmatranju tog problema mora se naglasiti da je u sistemu ekonomskih odnosa koji su postojali do 1974. godine, bar što se tiče distributivnih organizacija, međuzavisnost između razvojno-investicione i dohodovne politike bila mnogo veća. U nekim distributivnim organizacijama (»Elektroprimorje«, Rijeka, »Elektra«, Zagreb) znatna pažnja posvećivala se ocjeni efikasnosti investicionih objekata, posebno onih većih i značajnijih. Iako se u ocjeni efikasnosti investicionih objekata u distribuciji često mora računati s društvenim interesom, a ne interesom elektrodistributivne organizacije, ipak se mora reći da se kod pretežnog dijela objekata može i mora misliti i na individualnu rentabilnost. Na taj način se u velikoj mjeri može sugerirati izbor naponskog nivoa potrošaču i ispravan izbor kapaciteta investicijskog objekta. Na drugoj strani se je dobivao uvid u to kakvi su efekti tog investicionog objekta u dohotku distributivne organizacije. U današnjim odnosima u elektroprivredi Hrvatske ovim problemima posvećuje se mnogo manja pažnja.

8. NEDOSTACI POSTOJEĆEG SISTEMA MEĐUSOBNIH EKONOMSKIH ODNOSA SA STAJALIŠTA RAZVIJANJA SPOREDNIH DJELATNOSTI

Postojeći sistem međusobnih ekonomskih odnosa u elektroprivredi Hrvatske, kao i već opisan sistem raspodjele sredstava za osobne dohotke

vrlo su se negativno odražavali na razvoj sporednih djelatnosti. Prihodi sporednih djelatnosti (radovi za stranke, investicije u vlastitoj režiji i drugo) sudjeluju čak do 30% u prihodima pojedinih osnovnih organizacija udruženog rada distributivne djelatnosti. Mjerama efikasne politike prema tim djelatnostima može se znatno utjecati i na ukupnu efikasnost poslovanja distributivnih organizacija.

Racionalan razvoj ovih djelatnosti mora se temeljiti na »slobodnim« kapacitetima radnika osnovne djelatnosti do kojih nužno dolazi, bilo u toku jednog dana, bilo u toku pojedinih dijelova godine. Kada u toku pojedinog dana, a posebno pojedinih dijelova godine (proljeće-ljeto-rana jesen) ima manje kvarova na elektroenergetskim objektima, onda se angažiranjem radnika sa održavanja elektroenergetskih objekata na sporednim djelatnostima može znatno utjecati na veličinu dohotka distributivnih organizacija. Takvim korištenjem radnih kapaciteta dolazi do stvaranja dohotka na sporednim djelatnostima, a istovremeno se dio razlike u cijeni na distributivnoj djelatnosti »pretvara« u dohodak, odnosno ostatak dohotka osnovne organizacije.

U sistemu postojećih međusobnih ekonomskih odnosa u elektroprivredi Hrvatske, zainteresiranost distributivnih organizacija za ovakvo racionalno korištenje fonda radnog vremena u kombinaciji osnovne i sporednih djelatnosti u znatnom opsegu je nestala. Budući da su se međusobni ekonomski odnosi, kako je već rečeno, temeljili de facto na ostvarenim troškovima iz prethodne godine, jasno proizlazi da te zainteresiranosti nije ni moglo biti.

Naprotiv, distributivne organizacije su pretežan dio ovih usluga prepuštale na izvođenje drugim organizacijama, a i za dio usluga koje su same obavljale nisu od općinskih skupština zahtijevale povećanje cijena. Tako ima slučajeva da se cijena sata rada za ove usluge na pojedinim područjima nije mijenjala od 1976. godine, pa se je na taj način i dio troškova ovih djelatnosti prelijevao na ionako ograničeno raspoloživa sredstva osnovne — distributivne djelatnosti. To prelijevanje sredstava posebno je bilo prisutno kod onih distributivnih organizacija kod kojih su osnovne i sporedne djelatnosti organizirane u jednu osnovnu organizaciju udruženog rada. To pokazuju i cijene ovih usluga, koje su u 1978. godini iznosile između 60,00 do 160,00 dinara po jednom satu izrade.

9. NEDOSTACI POSTOJEĆIH INSTRUMENATA ZA MEĐUSOBNO RAZGRANIČENJE EKONOMSKIH ODNOSA (DIFERENTNA CIJENA)

Negativnosti koje su se iskazivale u poslovanju distributivnih organizacija u prethodnim godinama, posebno one pod točkama 4, 5, 7 i 8 ovog materijala, upućuju na potrebu da se o njima mora misliti pri izradi novog prijedloga društveno-ekonomskih i dohodovnih odnosa u elektroprivredi Hrvatske. Pri tome se postavlja pitanje u kojoj mjeri je pojava i reproduciranje ovih negativnosti posljedica nedostataka postojećih instrumenata za međusobno razgraničenje ekonomskih odnosa.

Diferentne cijene nabave električne energije u obliku i načinu njihova određivanja u kojem sada postoje, shodno naročito nalazima u točkama 4. i 5, ne djeluju u pravcu zainteresiranosti distributivnih organizacija za povećanjem prihoda, ni u pravcu smanjenja troškova u poslovanju. Postojeći sistem međusobnih ekonomskih odnosa posve je ispustio iz vida da su distributivne organizacije istovremeno i elektroprivredne i komunalne i da se u njihovu poslovanju uvijek isprepliću različiti interesi uvjetovani dvojakim karakterom svoje djelatnosti.

Osnovne organizacije udruženog rada distribucije zajedno sa svojim OSIZ-om, užom društveno-političkom zajednicom (općinom) i organizacijama te potrošačima na svojem području, s kojima i čini jedan podsistem, zainteresirane su da u postojećim međusobnim ekonomskim odnosima daju što manje prihode u elektroprivredni sistem, a da istovremeno kroz sistem raspodjele tih prihoda povuće iz njega što veći iznos. Taj nedostatak najizrazitije pokazuje nekonzistentnost instrumenata za razgraničenje međusobnih ekonomskih odnosa. Kao što se na nivou elektroprivrednog sistema ostvaruje jedinstvo kroz različite interese i poglede — s jedne strane elektroprivrednih organizacija (Skupština ZEOH-a), a s druge strane Republičke interesne zajednice potrošača električne energije — to isto bi trebalo provesti i u odnosima osnovnih samoupravnih interesnih zajednica (OSIZ-a) i distributivnih organizacija. U sadašnjem sistemu to svakako nije provedeno. Istovjetnost interesa distributivnih organizacija s interesima OSIZ-a, društveno-političke zajednice i potrošača sa svojeg područja u stjecanju i raspodjeli prihoda elektroprivrednog sistema svakako ne pridonosi uspješnosti njegova funkcioniranja. Bez razdvajanja tih interesa, ni sistem diferentnih cijena nabave električne energije, ni sistem zajedničkog prihoda svih triju djelatnosti ne može postići odgovarajuće efekte.

10. NEDOSTACI POSTOJEĆEG SISTEMA MEĐUSOBNIH EKONOMSKIH ODNOSA SA STAJALIŠTA OPTIMALNE ORGANIZIRANOSTI DISTRIBUTIVNE DJELATNOSTI

U uvjetima kad se približno jednaki uvjeti privređivanja između elektroprivrednih organizacija u elektroprivrednom sistemu Hrvatske, kao i između osnovnih organizacija udruženog rada unutar distributivnih radnih organizacija ostvaruju putem diferentnih cijena nabave električne energije (uz jednake prodajne cijene kod potrošača), organiziranje udruženog rada u distributivnoj dje-

latnosti na ustavnim načelima i odredbama Zakona o udruženom radu postalo je vrlo aktualno. Pod utjecajem raznih subjektivnih interesa u definiranju tehno-ekonomskih cjelina u distributivnoj djelatnosti polazilo se s raznih pozicija, tako da su formirane osnovne organizacije udruženog rada koje su distribuirale 5—6 milijuna kWh, zapošljavale 20—30 ljudi i opskrbljivale 4—5 tisuća potrošača, ali i takve koje su distribuirale više od 500 milijuna kWh, zapošljavale preko tisuću radnika, opskrbljivale po nekoliko stotina tisuća potrošača i prostorno pokrivale područje cijele regije.

Upravo je to uvjetovalo potrebu donošenja »Društvenog dogovora o približnoj razradi mjerila za primjenjivanje Zakonom o udruženom radu utvrđenih uvjeta za formiranje osnovnih organizacija udruženog rada i radnih zajednica u elektroprivredi u Socijalističkoj Republici Hrvatskoj« (Narodne novine 23/1978).

Međutim, opravdano se već sada može postaviti pitanje koliko odredbe ovog društvenog dogovora osiguravaju da organiziranost distributivne djelatnosti bude i stvarno provedena u društveno prihvatljivim okvirima.

Članom 11. Društvenog dogovora jasno se definiraju samo naturalno-tehnološki kriteriji za formiranje osnovnih organizacija distributivne djelatnosti (područje najmanje jedne općine, najmanje jedna 35/30 kV stanica i 25 GWh) te u članovima 23 do zaključno 29 naturalno-tehnološki kriteriji za formiranje radnih organizacija u distributivnoj djelatnosti, a da istovremeno nigdje nisu jasno definirani i ekonomski kriteriji kojima se utvrđuje da formiranje osnovnih organizacija udruženog rada i radnih organizacija treba da osigura i:

— racionalnije i efikasnije korištenje društvenih sredstava,

— povećanje produktivnosti rada, te

— smanjenje materijalnih i drugih troškova u poslovanju.

Zbog nedostatka u postojećem sistemu međusobnih ekonomskih odnosa, o kojima je bilo riječi u točkama 4, 5. i 7. čini se da se sve više javljaju tendencije da se osnovne organizacije udruženog rada u distributivnoj djelatnosti formiraju upravo na područjima pojedinih općina (osim velike gradove), bez obzira na to da li takvo organiziranje u pojedinim slučajevima ima svoje društveno opravdanje ili nema.

Pri razmatranju problema organiziranosti distributivne djelatnosti potrebno bi bilo sagledati i rješenja koja su primijenjena u drugim republikama. U nekim područjima formirane su osnovne distributivne djelatnosti koje, osim ekonomskih preduvjetra, moraju imati:
najmanje jednu 110 kV stanicu i potrošnju veću od 100 milijuna kWh (»Elektrovojvodina« Novi Sad), dakle po onim naturalno-tehničkim kriterijima koji su u Društvenom dogovoru predviđeni za radne organizacije distributivne djelatnosti u našoj Republici.

11. UMJESTO ZAKLJUČKA

Primjena postojećeg sistema društveno-ekonomskih odnosa u okviru složenog sistema elektroprivrede Hrvatske pokazuje u svojem funkcioniranju niz nedostataka koji se negativno održavaju na poslovanje elektroprivrednih organizacija.

U ovim razmatranjima naznačeni su temeljni nedostaci koji se iskazuju u poslovanju osnovnih i radnih organizacija distributivne djelatnosti s namjerom da se pri izradi prijedloga novog modela društveno-ekonomskih i dohodovnih odnosa u elektroprivredi Hrvatske unaprijed ugrade instrumenti koji neće dopustiti reproduciranje ovih negativnosti u idućem razdoblju.

SHORTAGES IN SYSTEM OF SOCIAL — ECONOMICAL RELATIONS IN ASSOCIATION OF ELECTRCICAL ENTERPRISES IN CROATIA

In the article are presented some basic shortages in system of social-economical relations in association of electrical enterprises in Croatia. From given analysis it is obvious that only few negative characteristics came out from basic principles of system, but the others are result of avoidance of autonomous agreements, which are basic principles for social-economic relations. Because shortages im management are not same in variousfields electrical enterprises, the author has covered only problems in management of distribution enterprises.

Naslov pisca:
dr Jure Šimović, dipl. ek.
»Elektra«, Zagreb

Energija God. 29 (1980) br. 3—4, 105—120.

POTEŠKOĆE I SLABOSTI U FUNKCIONIRANJU ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA HRVATSKE

Dragutin S t a n i ć, Split

UDK 621.311.1

U članku su iznesene postojeće poteškoće i slabosti elektroenergetskog sistema Hrvatske, u djelatnosti proizvodnje i prijenosa električne energije. Odnose se na sferu proširene reprodukcije (po fazama rada: planiranje i programiranje razvoja, studijsko-istražni radovi i priprema, izgradnja i financiranje izgradnje), kao i na sferu proste reprodukcije (odnosi udruženi rad — elektroprivreda), uvjete stjecanja i mjerila za raspoređivanje zajedničkog prihoda i dohotka s osvrtom na nagrađivanje prema radu i zaposlenost, te tretman ostalih djelatnosti.
Autor se osvrnuo i na neka pitanja vezana za postojeću organizaciju elektroprivrede, kao i posljedice koje proizlaze iz takvog stanja.

UVOD

Zbog naglašenog interesa i utjecaja privrede i društva u cjelini na rad i razvoj elektroprivrede, a posebno na području cijena energije, programiranje razvoja i izgradnje, sistema financiranja, oblika i forme organizacije i slično, te radi lakšeg poimanja tog interesa navodim sljedeće:

1. Električna energija je specifičan industrijski proizvod čiji se proces proizvodnje, prijenosa i potrošnje odvija istovremeno u tehnički zatvorenom elektroenergetskom sistemu.

2. Po svojoj prirodi električna energija, kao roba, ne može biti akumulirana u zalihama (osim potencijalne energije u akumulacijama i zalihama goriva, koju tek treba transformirati u električnu energiju) s obzirom na istovremenost proizvodnje i potrošnje.

3. Da bi postigle optimum, elektroprivredne organizacije moraju raditi u sistemu, što im omogućava osiguranje manjih rezervnih kapaciteta i veću sigurnost u opskrbi električnom energijom.

4. Elektroenergetski kapaciteti ne mogu se dimenzionirati na prosječan, već maksimalni intenzitet potrošnje. Prema tome, kapaciteti za podmirenje natprosječne potrošnje imaju onaj karakter koji u oblasti proizvodnje imaju robne zalihe.

5. Električna je energija masovan proizvod koji iziskuje velik utrošak kapitala. Analize pokazuju da elektroprivreda angažira oko 44% ukupnih ulaganja u industriju. To zahtijeva puno korištenje kapaciteta i kontinuirano tržište.

6. U strukturi ukupnih troškova proizvodnje električne energije oko 70—80% troškova ima stalan i fiksan karakter i posljedica su kapitalnih ulaganja čija visina ne ovisi o opsegu proizvodnje.

7. Kako su mogućnosti konkurencije u elektroprivredi ograničene, ovaj tržišni monopol ne može biti motiviran maksimiranjem dohotka, već optimiranjem potrošnje, optimalnim korištenjem proizvodnih kapaciteta, a time i minimizacijom troškova.

8. Elektroprivreda pripada među kapitalno najintenzivnije privredne grane, s velikim specifičnim investicijama i relativno dužim rokovima povrata uloženih sredstava, što zahtijeva znatne investicione napore ne samo ove grane, već i cjelokupne privrede. I upravo putem tih »investicionih veza« ostvaruje se najveća interakcija između elektroprivrede te privrede i drugih društvenih faktora.

9. Elektroprivreda po svojem značenju u ukupnoj reprodukciji pripada u granu privrede od posebnog društvenog interesa, jer igra ne samo ulogu faktora društveno-ekonomskog razvoja, već istodobno djeluje i kao faktor koji određuje i intenzitet tog razvoja.

PROŠIRENA REPRODUKCIJA

Na temelju dosadašnjih iskustava i danih ocjena prijeđenog razdoblja, bilancom postignutih rezultata na području programiranja razvoja, planiranja i izgradnje elektroenergetskih objekata unatoč značajnim uspjesima ne možemo biti zadovoljni. Ne možemo biti zadovoljni to više što elektroprivreda nije iskoristila sve mogućnosti koje su joj pružali materijalni napori udruženog rada i nov sistem odnosa. Objektivno, moglo se postići više da se racionalnije i efikasnije planiralo i gradilo.

Propusta i slabosti je bilo i još uvijek ih ima. Uz objektivne teškoće postoje i unutrašnje slabosti koje ih nesumnjivo potenciraju i koje onemogućuju ili usporavaju razvoj. U nastavku nešto više o njima.

1. Planiranje i programiranje razvoja

Zbog svoje uloge u razvoju i ograničenosti primarnih oblika energije nužno se nameće potreba dugoročnog sagledavanja energetskih potreba, to više što iskustva pokazuju da je od dobro

izabrane orijentacije do faze pripreme i izgradnje potrebno relativno dugo vremensko razdoblje.

Samoupravnim sporazumom o zajedničkom razvoju elektroenergetskog sistema Hrvatske utvrđena je obveza izrade i donošenja:

— petnaestogodišnjeg plana razvoja,
— petogodišnjeg programa razvoja i
— godišnjeg plana izgradnje.

Međutim, naša praksa na području planiranja i programiranja razvoja nije takva i nije dugoročna. U ovom trenutku elektroprivreda Hrvatske nema dugoročnog plana razvoja energetike i elektroenergetike. Nema ni srednjoročnog plana za iduće 5-godišnje razdoblje (osim objekata kontinuiteta). Ovog časa postoji samo plan izgradnje do 1980. godine, zapravo plan za tekuću 1980. god.

Pri tome se očito ne uvažava da je »na temelju zajedničke budućnosti lakše rješavati probleme i suprotnosti u sadašnjosti«.*

Istina, potkraj 1978. godine Institut za elektroprivredu izradio je studiju »Elektroenergetske osnove za izradu dugoročnog plana razvoja do 1995. godine«, ali put od osnove do izrade plana može biti dug i mukotrpan.

Naime, elektroprivreda još uvijek nema razrađenu jedinstvenu metodologiju planiranja i programiranja razvoja, pa otuda i različiti pristupi u planiranju i zakašnjavanja u donošenju planova i programa razvoja.

Nepostojanje stručno organizirane revizije projekata na nivou ZEOH-a ili oportuniranje pojedinih članova Odbora za reviziju ozbiljno je dovodilo u pitanje realnost takvih planova i programa.

Prema mišljenju jednog od članova tog odbora, osnovne slabosti i teškoće u njegovu radu mogle bi se svesti na sljedeće:

1. Odbor je sastavljen od predstavnika pojedinih elektroprivrednih organizacija, pa je objektivan i stručan pristup podređen borbi za »vlastiti« objekt ili objekt regije, uz prisutni moto »popusti ti meni, ja tebi«.

2. U vremenskoj oskudici ni opseg ni kvaliteta studijsko-istražnih radova nije dovoljna za izradu projektne dokumentacije.

3. Između elektroprivrede i specijaliziranih projektnih organizacija (istaknut je »Elektroprojekt«, Zagreb koji uglavnom projektira za potrebe elektroprivrede) nema koordinacije. Investitori se uglavnom pojavljuju na »refule«, sa zahtjevom za hitnu izradu, što uz nedovoljne studijsko istražne radove i popunjenost projektnih kapaciteta dovodi do loših, nekompletnih rješenja, odnosno nerealnih ulaganja. A otuda onda sumnja i u realnost investicionih programa.

4. U izboru veličine snage elektrana a time i u izboru redoslijeda objekta Institut za elektroprivredu i projektne organizacije ni u pristupu ni u metodama nisu jedinstveni.

5. Različitosti se očituju i u pristupu planiranju. Ekologija (danas posebno naglašena) je potpuno zapostavljena. Višenamjensko značenje hidroelektrana (sekundarni efekti) također.

Ma koliko god navedena gledanja bila subjektivna, mislim da ona istodobno upućuju i na mogućnost pojedinih rješenja.

Ne bi li bilo prihvatljivije da se revizija investiciono tehničke dokumentacije osigura putem stručne institucije izvan elektroprivrede?

Zar bi uspostavljanje dugoročne suradnje s projektnim organizacijama ili projektnom organizacijom koja uglavnom radi za potrebe elektroprivrede štetilo elektroprivredi? Takvu su suradnju neke projektne organizacije nudile elektroprivredi. Htjela to elektroprivreda ili ne, ona će uhodane odnose s ovim organizacijama morati mijenjati i dovesti ih u položaj suodgovornosti za izvršenje preuzetih zadataka, to više što se preko elektroprivrede vrši svojevrsno prelijevanje dohotka iz jednog dijela udruženog rada (onog koji udružuje sredstva) u drugi (projektne organizacije, izvođači radova, isporučioci opreme) preko nerealnih cijena, neodržavanja rokova, preuzimanja poslova iznad objektivnih mogućnosti i slično.

Jedan od osnovnih elemenata plana, potrošnja električne energije, nesumnjivo je jedan od najbitnijih faktora za realno dimenzioniranje buduće izgradnje.

Međutim, dosadašnja praksa pokazuje da su investitori upravo na temelju nerealne, povećane potrošnje, nastojali osigurati što veći obim izgradnje, a time i priliku za »vlastite« objekte.

Podaci o ostvarenoj potrošnji u ovom planskom razdoblju govore u prilog toj konstataciji:

Godina	Program	Ostvarenje	Razlika u mln kWh
1975.	8 568	8 491	77
1976.	9 470	8 938	609
1977.	10 120	9 511	509
1978.	11 715	10 247	1 468
1979.	12 752	10 056*	(1 696)

* Potrošnja prema operativnoj elektroenergetskoj bilanci za 1979. god.

Podaci: **Izvještaj o ostvarivanju Samoupravnog sporazuma o udruživanju dijela sred. društvene reprodukcije radi financiranja izgradnje elektroenergetskih objekata i postrojenja iz programa razvoja od 1976. do 1980 god., ZEOH, ožujka 1979. godine.**

Iako razlozi smanjenja potrošnje mogu djelomično biti uvjetovani i smanjenjem opće stope investicija, ovakav prilaz planiranju može imati i ima višestruke posljedice (pristup izgradnji bez zatvorenih konstrukcija financiranja, učestale rebalanse danog programa, prolongiranje rokova izgradnje pojedinih objekata).

Dalje, uočena je i pojava (premda ne mora biti i pravilo) da studije pojedinih objekata ulaze u prioritet iako nisu u istom prioritetu u odnosu na uvrštenje u program izgradnje ZEOH, što sigurno ide na štetu onih objekata koji se po svojim tehničkim i drugim karakteristikama op-

* Prof. dr D. Gorupić: »Samoupravno odlučivanje i sporazumijevanje u udruženom radu, »Ekonomski pregled« br. 7—8, Zagreb, 1977. god.

timalnije uklapaju u energetski sistem Republike, što znači da bi trebalo da dobiju i realniju osnovu da se s njihovom izgradnjom i otpočne prije.

Osim toga, nedovoljna sredstva za ove namjene, popunjenost kapaciteta specijaliziranih organizacija (istražnih, projektantskih i dr.) doveli su do toga da ima dosta započetih ali nekompletnih radova s nizom dilema i otvorenih pitanja koja bi se morala riješiti prije no što se pojedini objekti uvrste u programe razvoja.

Zakašnjenje u donošenju planova i programa razvoja postalo je redovna praksa.

Planovi se zaista sporo i teško donose. Razlozi su i u tome što su pojedine organizacije već od samog početka zajedničkog rada u prvi plan stavljale svoje pojedinačne, a ne zajedničke interese. Otuda borba za vlastite pozicije i vlastite objekte. Na žalost, moramo konstatirati da često iza takvih ponašanja stoje pojedine utjecajne ličnosti iz naše Republike, a ima slučajeva da u program ulaze objekti koji to ne zaslužuju ni energetskim karakteristikama ni uklapanjem u optimum.

»Svaki naš objekt nosi ime neke poznate ličnosti«, rekao je jednom prilikom jedan od rukovodećih ljudi u radnoj zajednici elektroprivrede Hrvatske.

Kako ti planovi i programi nisu realno i stručno fundirani, sigurno je da su pothranjivali takva ponašanja i usporavali postupak usuglašavanja naglašenih interesa pojedinih organizacija i pojedinih područja.

Organizacija funkcije planiranja i programiranja razvoja po elektroprivrednim organizacijama vrlo je različita. Negdje su poslovi razvoja ujedinjeni na nivou radne organizacije i obavljaju se timski, a negdje su rascjepkani po osnovnim organizacijama i vode ih pojedinci neorganizirano i nestručno.

Različiti organizacioni postupci u obavljanju ove funkcije posebno su došli do izražaja prilikom usklađivanja organizacije elektroprivrede s odredbama ZUR-a, s naglašenim tendencijama da se postojeće stanje pogorša, to jest da se i dalje razjedinjuju funkcije razvoja.

Neke osnovne organizacije smatrale su to ne samo zgodnom prilikom da pristupe formiranju i organiziranju vlastitih poslova razvoja, nego su i odredbe ZUR-a tumačile u tom smislu.

Koliko je takav pristup štetan i kakve on posljedice može imati, nije potrebno naglašavati. To više što dolazi u vrijeme kad se poduzimaju opći društveni napori radi stabilizacije privrede i racionalnijeg privređivanja, jer devalvira i ZUR i opća društvena stremljenja.

2. Studijsko-istražni radovi

Visoka stopa investicionih ulaganja pristupa u elektroprivredi traži i temeljite pripreme i studijsko-istražne radove. No, ipak 5-godišnji program razvoja do 1980. godine nije utvrđen na temelju takvih priprema. U njegovu realizaciju ušlo se bez zaokružene konstrukcije financiranja, a tek polovicom 1978. godine izvršene su pripreme i utvrđene konstrukcije financiranja za pojedine objekte iz tog plana.

Nedovoljan stupanj pripreme objekata upravo je odgovarao investitorima da uz nerealno niske cijene »uguraju« objekt u program. Za sve ostalo nakon toga vrijedila je deviza: lako ćemo.

Na žalost, tome su, kako smo već naglasili, često kumovale i mnoge specijalizirane institucije i projektne organizacije, kod kojih se što zbog objektivnih teškoća a što zbog subjektivnih slabosti maltene mogao unaprijed naručiti i dobiti odgovarajući rezultat.

Iz dosadašnje prakse proizlazi da postojeće odnose treba mijenjati, tako da nijedan objekt ne može dobiti »planski status« ako nije osiguran potreban dogovoreni stupanj obrade, odnosno ako nije ostvaren potreban kvalitetni nivo stručnih podloga i analiza, što i jest osnovna svrha studijsko-istražnih radova. Ali cilj neće biti ostvaren ako i projektne organizacije ne prihvate i u svom radu ne primijene iste kriterije, tj. da ne pristupe projektiranju ako nisu ostvareni svi preduvjeti potrebni za pristupanje tom zadatku.

Posebno naglašavamo opseg i kvalitetu studijsko-istražnih radova zbog njihove funkcionalne veze s fazom pripreme i izgradnje. Jer kvalitetom izrade tih radova bitno utječemo i na skraćenje perioda i na kvalitetu pripreme, projektiranja i izgradnje objekata.

3. Priprema i izgradnja

Teškoće, propusti i slabosti prisutne i učinjene u prethodnim fazama poprimaju svoj puni izraz tek u fazi pripreme i izgradnje objekata, a krajnje posljedice vidljive su tek u fazi njegove eksploatacije. One su u toj fazi najopsežnije i najteže.

1. Ističemo da još ni jedan godišnji plan izgradnje nije donesen na vrijeme, a bilo je i slučajeva da su se donosili tek sredinom godine.

Isto tako, nijedan objekt iz programa razvoja do 1980. godine nije na vrijeme dovršen, a svake godine ostaju neutrošena značajna sredstva, i to:

1976. god.	$657{,}2 \times 10^6$ dinara
1977. god.	$1\,446{,}8 \times 10^6$ dinara
1978. god.	$1\,508{,}7 \times 10^6$ dinara

Podaci: ZEOH, već citiran Izvještaj.

Ali unatoč tome elektroprivreda se svake godine zadužuje i opterećuje skupim kratkoročnim kreditima radi premoštenja nesklada između priljeva sredstava i izvršenja radova. Međutim, radi neshvaćanja zajedništva i širih društvenih interesa elektroprivredne organizacije nisu pokazale interes da putem drugačije organizacije usmjera-

vanja i disponiranja osiguranih sredstava ublaže, a kamoli da riješe ta pitanja.

2. Trajno prisutna »borba za investicije« može biti i pozitivna kada joj je cilj definiranje stvarnih potreba izgradnje, ali i negativna kada blokira donošenje planova izgradnje.

Tu »igru« često režiraju regionalni i općinski faktori, pa čak i utjecajni pojedinci. Cilj je borbe za tzv. regionalne ili općinske objekte da se putem elektroprivrednih investicija pokušaju rješavati i ona pitanja koja tamo ne spadaju, pri čemu se često investitor ucjenjuje s neizglasavanjem javnog interesa, nerealno visokim odštetnim zahtjevima i sl. Uglavnom se u tome i uspijeva. Mnogo je škola, hotela, putova, vodovoda i čega sve ne izgrađeno na taj način. Posljedice znamo. Skuplji kWh, siromašniji udruženi rad.

3. Planovi i programi ne sadrže i utvrđene prioritete izgradnje, što znači da se u slučajevima manjka sredstava, tj. nemogućnosti zatvaranja konstrukcija financiranja, ne ide na dovršenje objekata koji se u okviru raspoloživih sredstava mogu najprije dovršiti i uključiti u elektroenergetski sistem, nego se ide na smanjenje ulaganja gotovo svih objekata iz plana, iako može biti i onih čija izgradnja još nije ni otpočela.

Takvim sistemom usmjeravanja sredstava elektroprivreda de facto unaprijed prolongira rokove dovršenja objekata, pa se objekti koji se objektivno mogu izgraditi za 4 godine grade 6, 7 i više godina.

Ilustracije radi navodimo primjer HE Čakovec i HE Obrovac.*

	HE Čakovec	HE Obrovac
— Planirani početak izgr.	XII 1976.	XII 1976.
— Stvarni početak izgr.	VII 1975.	XI 1975.
— Planirana ulaganja (u 10^6 dinara)	1 249,4	1 526,2
— Planirani ulazak u pogon	I 1982.	I 1983.
— Utrošeno do 30. VI 1978.	444,2	233,0
Posljednjom novelacijom u toku IX 1978. godine utvrđeno je:		
— Vrijednost ulaganja	2 707,2	2 931,1
— ulazak u pogon	I 1983.	I 1984.
— vrijeme izgradnje	7,5 god	8,3 god.

Odlukom Skupštine ZEOH-a iz listopada 1978. godine planirani ulazak u pogon elektrana ponovno je vraćen na rokove iz programa razvoja.

4. Neopravdano dugački rokovi izgradnje pojedinih objekata sasvim sigurno imaju posljedice na cijenu kWh i ekonomski položaj elektroprivrede.

Razlozi tome su višestruki i međusobno uvjetovani. Onim već navedenih, dodao bi još i ove:

— nedovoljna dovršenost istražnih radova u prethodnoj fazi i njihov nastavak u ovoj fazi, a to znači odlaganje i projektiranja i pripremnih radova za izgradnju;

— pomanjkanje dugoročne suradnje s proizvođačima opreme i njihova nepripremljenost za uspješnije uključivanje u razvojne programe elektroprivrede.

Otuda prekoračenje i rokova isporuke i ugovorene cijene.

— ustupanje radova najčešće lokalnim izvođačima putem direktnog ugovaranja (bez postupka licitacije) najčešće znači poskupljenje cijene i tolerantniji odnos prema rokovima izvršenja;

— neadekvatna i nedovoljna kadrovska ekipiranost investitora za poslove pripreme i izgradnje objekata;

— komplicirani i dugotrajni postupak oko osiguranja svih potrebnih dozvola i suglasnosti (oko 17 po objektu), te teškoće oko rješavanja imovinskopravnih odnosa. Ulazak u izgradnju i bez svih dozvola, pa dolazi do obustava radova rješenjima inspekcijskih službi;

— nepostojanje materijalnih stimulansa za skraćivanje rokova izgradnje, i to kako za radnike investitora, tako i za sve one koji su neposredno ili posredno anagažirani na pripremi ili izgradnji elektroenergetskih objekata.

5. Konstantna pojava velikih odstupanja između planiranih i ostvarenih ulaganja nije i ne može biti samo posljedica utjecaja faktora inflacije.

Radi navedenih teškoća (subjektivnih i objektivnih) stalno dolazi do raskoraka između plana izgradnje (često želja investitora) i mogućnosti financiranja.

I ne samo zbog toga. Postojećim sistemom planiranja značajan dio troškova vezan za izgradnju objekata nije uključen u investicione vrijednosti, pa se tokom izgradnje stalno povećava opseg nepredviđenih radova (dodatni studijsko-istražni radovi, obveze prema vodoprivredi, objekti društvenog standarda, obrtna sredstva, utjecaj inflacije itd.).

6. Nema sumnje da je uspostavljenim sistemom financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi učinjeno mnogo, ali istodobno postoje ocjene i mišljenja da su boljom organizacijom financiranja i disponiranja sredstvima, većim razumijevanjem zajedništva i širih društvenih interesa efekti mogli i trebali biti veći.

Dane ocjene mogu se potkrijepiti ovim činjenicama:

a) Raskorak između priljeva financijskih sredstava i izvršenja radova investitora su rješavali pomoću skupih komercijalnih kredita, umjesto drugačijom organizacijom usmjeravanja raspoloživih sredstava. Ne tvrdim da bi time bila u cijelosti eliminirana potreba za kratkoročnim zaduživanjem, ali da bi ona bila neusporedivo manja u to sam siguran. Uostalom, znatan ostatak neutrošenih sredstava iz godine u godinu nesumnjivo to i pokazuje.

* Podaci ZEOH-a
— Zajednički program razvoja,
— Izvještaj o realizaciji plana izgradnje do 30. VI 78. god. i
— konstrukcije financ. izgrad. elektroenerg. objekata iz programa razvoja 1976—1980, IX i X mj. 1978. god.

b) Operativnost korištenja raspoloživih sredstava vrlo je mala. Sredstva se, što po sili zakona (Zakon o osiguranju pľaćanja između korisnika društvenih sredstava), što svjesnim ponašanjem investitora, unaprijed blokiraju i nisu u funkciji stvarno izvršenih radova.

Imajući na umu da u izgradnji može biti na stotine pojedinačnih objekata (elektrana, prijenosna i distributivna trafopostrojenja, dalekovodi i dr.), ovo pitanje dobiva joć veću važnost.

Pojedini oblici su različiti. Pogledajmo:

— da bi osigurali »pravo« na sredstva, investitori postavljaju zahtjeve iznad stvarnih, realnih mogućnosti realizacije.

Ta pojava posebno je naglašena nakon donošenja Zakona o osiguranju sredstava za izgradnju objekata (N. N. 14/78), Čime se investitor unaprijed osigurava od eventualnih promašaja, koji u smislu Zakona povlače krivičnu ili drugu odgovornost. Na to se ide svjesno, jer se objekt ne dovodi u pitanje, jer ima planski »status« ili se nalazi u izgradnji.

— radi nedovoljne pripremljenosti objekata i manjkavosti dokumentacije kasni se s ugovaranjem pojedinih radova;

— kada pojedini investitor ne ostvaruje priljev sredstava, a radove realizira po planu i iznad njega, ne može ostvariti mogućnost, ili može vrlo rijetko, da intervenira drugi investitor kod kojega je situacija obrnuta, već je upućen na kratkoročna premoštavanja;

— isporuka ugovorene opreme i izvođenja radova kasni, a dani instrument plaćanja (jamstvo) se ne koristi;

— radovi ugovoreni, instrument plaćanja (jamstvo) izdan, a radovi ne mogu početi jer projektna dokumentacija nije gotova ili nisu riješeni imovinskopravni odnosi;

— sredstva putem akreditiva izdvojena su na posebni račun, a ugovoreni radovi kasne;

— plaćanje avensa za ugovorene radove, uz istodobno priznavanje kliznih skala za cijeli period trajanja izgradnje. Moram istaći da investitori vrlo često pribjegavaju plaćanju putem avensa da bi time opravdali veća angažirana sredstva nego što fizički mogu realizirati, i to smatraju utrošenim sredstvima, premda radovi nisu izvršeni.

c) Funkcija financiranja izgradnje elektroenergetskih objekata i postrojenja ostvarivala se u uvjetima postojanja niza operativnih teškoća i slabosti, koji su sigurno imali odraz i na njezinu operativnost i na ukupne efekte u cjelini.

Među njima ističem:

— osporavanje utvrđenih kriterija raspodjele sredstava naknada između distributivnih i proizvodno-prijenosnih organizacija;

— dugi rokovi od usuglašavanja do potpisa ugovora između investitora i izvođača radova i isporučioca opreme;

— duge procedure od ispostavljanja zahtjeva do dobivanja odgovarajućeg instrumenta osiguranja plaćanja;

— početak radova i bez potrebne dokumentacije i obustave radova po rješenju inspekcijskih službi;

— nedovoljna kadrovska ekipiranost investitora, pomanjkanje odgovornosti itd.

7. U izvještajima ZEOH-a i na drugim nivoima, kada se govori o teškoćama na području financiranja, često se spominje i u prvom redu ističe neriješenost udruživanja sredstava elektroprivrede. Mislim da takva ocjena ne stoji. Jer donošenjem zajedničkog programa razvoja i planova izgradnje na nivou elektroenergetskog sistema, elektroprivredne organizacije su u smislu postojećih propisa (Zakona o društvenom planiranju) automatski udružile i sredstva za njegovu realizaciju. To što ta pitanja nisu i praktično regulirana odgovarajućim sporazumima i planskim dokumentima i što se investitori u praksi ponašaju drugačije, nije slabost sistema, već onih koji su zaduženi za realizaciju sistemskih rješenja.

Mislim da pod tim pojmom mnogi misle nešto drugo, tj. fizičko udruživanje sredstava, pa spominju internu banku i posebnu financijsku službu. Prije svega, interna banka ne može i fizički raspolagati sredstvima, još manje to može posebna financijska služba, a to znači da se sredstva fizički nalaze u jednoj od osnovnih banaka. E sada je pitanje u kojoj, i tu dolazi do otpora i nesporazuma. Zagovornici takvog udruživanja sredstava na nivou sistema podrazumijevaju i jednu od banaka u Zagrebu. Regije i njihove poslovne banke tome se opiru. Osobno mislim, s pravom. A evo zašto. U tu banku slila bi se ogromna financijska sredstva iz cjelokupnog udruženog rada Republike. Ta bi banka, obrčući ova sredstva preko kratkoročnih kredita, imala ogromne mogućnosti ostvarivanja vlastite akumulacije (današnje iskustvo s Privrednom bankom, Zagreb to i potvrđuje) i praćenja i kreditiranja svojih, naglašavam svojih komitenata, a oni su uglavnom s područja Zagrebačke regije. U tom slučaju osnovne banke po regijama ne samo da bi ostale bez tih veoma kvalitetnih sredstava, nego ne bi mogle ispuniti ni osnovne zahtjeve svojih komitenata, među kojima su i elektroprivredne organizacije.

Jednom sam prilikom u raspravi o mogućnosti zatvaranja konstrukcije financiranja plana izgradnje za 1977. godinu, postavio pitanje kreditiranja od Privredne banke Zagreb, imajući na umu znatne koristi koje ona ima od raspolaganja sredstvima RSIZ-a. Odgovoreno mi je da je dogovoreno da ta banka ne prati programe elektroprivrede, već ostalu privredu kratkoročnim kreditima.

Na pitanje koju privredu, nisam dobio odgovor, ali znao sam ga.

Eto, to su pravi razlozi zbog kojih se i elektroprivredne organizacije sa regija i njihove poslovne banke opiru takvim rješenjima.

Veća mobilnost i operativnost financijskih sredstava može se postići i drugim, ZUR-u bližim rješenjima. Takvih primjera, istina rijetkih, imali

smo i u dosadašnjoj praksi. Poznati su primjeri financiranja TE Sisak, PTE Jertovec, iz sredstava »Elektroprivrede Dalmacije«, Split. Jedini uvjet za to jest veći osjećaj zajedništva i angažiranja na zajedničkim zadacima. Prema tome, sredstva treba da ostanu tamo gdje se i ostvaruju, tj. u OOUR-u i u mjestu njihova interesnog organiziranja, sve do trenutka potrebe njihova angažiranja, a po unaprijed utvrđenoj konstrukciji financiranja i od investitora ma u kojem se dijelu Republike nalazio.

Internu banku ili pak posebnu financijsku službu na nivou sistema treba organizirati. Ona treba biti banka ili služba podataka koja će u svakom trenutku raspolagati svim potrebnim informacijama: o stanju sredstava po izvorima i objektima, o stanju radova, dinamici ulaganja, kreditnim zaduženjima, uz približno jednake uvjete financiranja, i svim ostalim podacima vezanim za problematiku izgradnje i njeno financiranje.

Elektroprivreda pripada među velike i složene sisteme. A takvi sistemi ne mogu funkcionirati bez jednog mehanizma koji traži sinhrono djelovanje i ponašanje svih subjekata, počevši od elektroprivrede, istražnih i projektnih organizacija, izvođača radova i isporučilaca opreme do društveno političkih zajednica i udruženog rada i njegovih asocijacija.

Taj mehanizam treba istodobno da potiče i stimulira, ali i da naglašava pitanje odgovornosti, kada je riječ o nestručno predloženim rješenjima, pogrešno donesenim odlukama i sl. Jer kvalitetom ponašanja u fazi planiranja, pripreme i izgradnje objekata danas bitno utječemo na cijenu električne energije i ekonomski položaj elektroprivrede sutra.

Bitka za skraćenje rokova izgradnje treba biti prioritetan zadatak. To nije borba samo za ublažavanje posljedica prisutne inflacije, nego istodobno, uz racionalnije ponašanje, i borba za kvalitetniji i jeftiniji kWh.

JEDNOSTAVNA REPRODUKCIJA

Društveno-ekonomska transformacija u elektroprivredi, a posebno u dijelu unutarnjih ekonomskih odnosa, na osnovama Ustava SRH, Zakona o elektroprivredi i naknadno donesenog Zakona o udruženom radu, ne samo što nije završena, nego se i odvija veoma sporo, bez analitičkih pristupa i komparativnih odnosa sa sobom i sa drugima.

A to znači da se ni osnovni ciljevi udruživanja:

— da svi objekti proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije čine jedinstven sistem i da se elektroprivredne organizacije udružuju u ZEOH-e radi optimalnog iskorištenja postojećih kapaciteta i daljnjeg skladnijeg razvoja tog sistema;

— da radi uspješnosti rada i razvoja sistema svi dijelovi tog sistema rade u približno jednakim uvjetima privređivanja;

— da se isporuka električne energije potrošačima istih karakteristika u Republici obavlja pod istim uvjetima i istim tarifnim stavovima;

— da objektivne rizike rada sistema snose svi dijelovi tog sistema;

i da se na njima zasnivana transformacija odnosa nije odvijala onim tempom ni onom kvalitetom kako se očekivalo i kako je novi sistem odnosa omogućavao.

Unatoč određenim prigovorima na neka sistemska rješenja, prvenstveno na pravovremenost donošenja pojedinih mjera, može se reći da su s te strane bili stvoreni ako ne svi, ono pretežno svi preduvjeti za skladno ekonomsko jedinstvo elektroenergetskog sistema u našoj Republici.

Međutim, danas a i otprije prevladavaju ocjene koje govore da u elektroprivredi nije uvijek bio dovoljno stručan i društveno odgovoran pristup u rješavanju prisutnih problema, kako u odnosu na društvo, tako i unutar nje same, pa otuda i spora i najčešće kompromisna rješenja.

Dosadašnja iskustva u zajedničkom radu ipak su »izbacila« pojedine teškoće i slabosti u tom radu.

Bez obzira na to da li su one poslijedica objektivnih faktora, nerazrađenosti ili nedovoljno jasne razrađenosti pojedinih rješenja ili pak nepridržavanja tih rješenja, njih bismo ipak mogli svesti na slijedeće:

1. Odnosi RSIZ-a (društvo) i elektroprivreda

Iako je samoupravnim sporazumom između RSIZ-a i ZEOH-a dogovoren sistem kriterija i mjerila za vrednovanje elektroenergetske bilance, a time i potreban nivo cijene električne energije, činjenica je da se u praktičnoj primjeni pojavilo niz teškoća i nesporazuma.

a) Osnovna pitanja na području ovih odnosa vezana su za elektroenergetsku bilancu i njezino vrednovanje, odnosno utvrđivanje visine sredstava za njeno ostvarivanje ili, drugim riječima, utvrđivanje nivoa cijena električne energije.

Pitanju realnosti elektroenergetske bilance treba posvetiti posebnu pažnju, jer se njome unaprijed definira i budući položaj elektroprivrede, a u određenom smislu i odnosi između elektroprivrednih organizacija, a isto tako i nivo cijene električne energije. Prema tome, ona ne bi mogla unaprijed uključivati i onu proizvodnju i one troškove (HE Dubrovnik) koji su u tom trenutku sporni i nedefinirani.

b) Slijedeće pitanje jest dugoročnost jednom utvrđenih cijena električne energije. Nesumnjivo je da to mora biti dugoročni period (u pravilu 5-godišnji) jer bi se time omogućili stabilniji od-

nosi elektroprivreda — društvo i stabilniji uvjeti privređivanja elektroprivrednih organizacija.

c) Međutim, u vezi s prethodnim nameće se i daljnje pitanje: kako riješiti pitanje povećanih troškova sistema koji nastanu u toku godine kao posljedica izmijenjene strukture proizvodnje i potrošnje kada znamo da se godišnja elektroenergetska bilanca u tom dijelu utvrđuje na osnovi višegodišnjeg ostvarenog prosjeka?

Istina, izdvajanje sredstava u fond rizika u povoljnijim godinama poslovanja (sporazum između zajednica) može biti rješenje. Ali do sada takvih mogućnosti nije bilo, jer se odnosi nisu utvrđivali unaprijed i jer se elektroenergetska bilanca uvijek rebalansirala za ostvarenu povoljniju hidrologiju.

d) Da li prići korekciji cijene električne energije u slučaju poskupljenja energetskog goriva ili drugih objektivnih promjena kojima se bitno remete dani uvjeti privređivanja?

e) Daljnje pitanje iz domene ovih odnosa jest politika cijena koju društveno-politička zajednica vodi prema velikim, specijalnim potrošačima električne energije, i s time u vezi pitanje kompezacije prema članu 54. Ustava SR Hrvatske.

f) Pitanje sporednih djelatnosti nije riješeno u okviru ovih odnosa, premda se u okviru njih ostvaruju značajna sredstva ostatka dohotka i postaju paravan za kojekakva »manipuliranja«.

i) Pomanjkanje jednoznačnosti danih kriterija i mjerila pa otuda i različitost u njihovu tumačenju.

Nepostojanje jedinstvene metodologije utvrđivanja pojedinih elemenata troškova (amortizacija, kamate na kredite, porast zaposlenih itd.).

Na neka od navedenih pitanja i dilema detaljnije se osvrćem u nastavku.

2. Ekonomski odnosi unutar elektroprivrede

Nema sumnje da su sporna pitanja i dileme navedena u okviru odnosa elektroprivreda-društvo bitno utjecale i na reguliranje unutrašnjih ekonomskih odnosa u elektroprivredi.

Nepoznavanje ekonomskog položaja unaprijed pothranjivalo je i otežavalo postupak dogovaranja i sporazumijevanja. Poslovanje po principu »otvorenog računa«, tj. priznavanja ostvarenih troškova svakog učesnika u sistemu, bez obzira na to da li su oni rezultat racionalnog rada ili neracionalnog ponašanja, dovodili su i dovode u pitanje ukupnu poslovnu efikasnost rada i poslovanja, kao i način ponašanja u pojedinim dijelovima tog sistema.

Donošenje godišnjih planova najčešće krajem godine za tekuću godinu stvara velike probleme u funkcioniranju cjelokupnog sistema. U prvom redu kasni se s definiranjem godišnjih zadataka pojedinih dijelova sistema, a time i cijena tih poslova i zadataka.

Rješavanje tih pitanja »post festum«, a najčešće tek prilikom izrade završnih računa, ne pridonosi ni sređivanju odnosa u elektroprivredi ni stimuliranju na racionalnost u poslovanju.

Poslovanje na rubu jednostavne reprodukcije ili pak s gubitkom i onih organizacija koje ostvaruju natprosječne rezultate, stvara nesigurnost i stimulira nerad, a druge pak potiče na borbu za očuvanje stečenih pozicija, čime se politika »šićarenja« pretpostavlja sistemu sporazumijevanja i dogovaranja.

Iz citiranih načela udruživanja u ZEOH-e proizlazi, da se cijena električne energije utvrđuje na temelju ukupnih troškova sistema u cjelini i da u okviru tako utvrđenog zajedničkog prihoda, svaki dio tog sistema unaprijed zna kolik i kakav je njegov doprinos u ostvarenju tog prihoda, koji se onda putem uspostavljenih mjerila vrednuje i izražava kao njegov prihod.

Međutim, praktična primjena tih načela dana u članu 30. Zakona o elektroprivredi nije doslovno ostvarivana zbog čega i postoji ocjena da ekonomski odnosi u elektroprivredi nisu dohodovno riješeni i da su osnovna smetnja za skladan rad i razvoj elektroenergetskog sistema.

Mislim da član 30. Zakona o elektroprivredi treba izmijeniti ili pak pojasniti, jer, kako se najčešće tumači, upućuje na antidohodovno ponašanje, zagovara troškovni princip i buđetsko ponašanje. Njegovu odredbu: »osiguravaju se svim elektroprivrednim organizacijama... najmanje sredstava za jednostavnu reprodukciju« mnogi su shvatili tako da se svim dijelovima sistema osigura jednostavna reprodukcija bez obzira na njegov stvarni doprinos u zajedničkom radu, a tako su se i ponašali. Štoviše, u pomanjkanju realnih kriterija i mjerila za objektivno utvrđivanje pojedinih elemenata jednostavne reprodukcije dolazi do nekontroliranog rasta troškova poslovanja, a time i zahtjeva za porast cijene električne energije.

Ovakvo stanje nesumjnivo pokazuje da je potrebno uz jedinstvenu metodologiju planiranja i pravovremenost donošenja planova utvrditi i takve kriterije i mjerila koja će biti jednoznačna i koja će s jedne strane osigurati realnost troškova sistema, a s druge strane omogućiti da se zajednički prihod raspoređuje prema doprinosu pojedine organizacije na način da se svim organizacijama omoguće približno jednaki uvjeti privređivanja, odnosno na način da se prihod ne »osigurava«, već »zarađuje«.

Definiranje tih odnosa na dugoročnim osnovama ne samo da bi omogućilo njihovu stabilnost, već bi stvorilo i uvjete za realnije sagledavanje reprodukcijske cijene električne energije.

Istodobno i svaki dio sistema bio bi zainteresiran da u takvim uvjetima ostvaruje:

— veću produktivnost rada,

— racionalnije i efikasnije korištenje društvenih sredstava i

— smanjenje materijalnih i drugih troškova poslovanja.

Pri tom treba i odnose u raspoređivanju dohotka i osobnih dohodaka drugačije, stimulativnije postaviti.

Dakle, organizacije koje ostvaruju veću produktivnost i niže troškove od planiranih, ostvaruju i uspješnije rezultate poslovanja, pa bi trebale ostvariti i pravo na veće osobne dohotke. Postojeći sistem odnosa i u tome je manjkav, nestimulativan, pa i otuda niz nesporazuma i teškoća:

Na tim osnovama postavljen sistem ekonomskih odnosa omogućio bi:

— pravovremeno donošenje planova i programa razvoja te na njima zasnovanih odluka o eventualnom povećanju cijena;

— osiguranje uvjeta da se ekonomski odnosi u elektroprivredi utvrđuju unaprijed;

— pravovremeno i normalno donošenje završnih računa, bez poznatih napetosti i nesporazuma i, konačno, možda i najvažnije,

— otklanjanje danas prisutnog nepovjerenja i sumnji potrošača i društva u širem smislu, na rad i poslovanje u elektroprivredi.

a) Uvjeti stjecanja i raspoređivanja ukupnog prihoda i dohotka. Osnovni problemi u području ovih odnosa svodili su se na razgraničenje odnosa s distribucijom.

1. S tim u vezi prvi i osnovni problem, vrlo aktualan kroz cijelo ovo razdoblje, koji je oduzeo mnogo vremena, živaca, pa i materijalnih sredstava, a da ni do danas nije adekvatno i dugoročno riješen, jest pitanje cijene, odnosno tarifnih stavova na mreži prijenosa.

Postupak za utvrđivanje nivoa cijene prema distribuciji nije ni mogao biti adekvatno primijenjen iz više razloga. Prvo, plan se uglavnom donosio krajem godine za tekuću godinu. To je stvaralo napetu situaciju, borbu da se što više ugrabi iz zajedničkog prihoda (kako netko reče »drp-sistem«). Stručnost i principijelnost u tim situacijama pretvarala se u borbu za pozicije pojedine djelatnosti, osnovne ili radne organizacije, regije i sl. Sve je to onemogućavalo sporazumijevanje i degradiralo samoupravljanje. Odluke su se donosile u »pet prije dvanaest« da bi se izradili i predali završni računi.

Drugo, sumnja u realnost kriterija i mjerila, vrlo bitnih za utvrđivanje cijene prema distribuciji, dovela je do osporavanja njihove primjene, što je omogućilo i navedena ponašanja i primjenu troškovnog sistema u našim odnosima.

Ovakav način reguliranja ekonomskih odnosa doveo je i do različitih uvjeta privređivanja. Ostvareni podaci po završnim računima, bar u prvim godinama zajedničkog rada, ukazivali su na povoljnije uvjete privređivanja distributivnih organizacija, što je sve više zaoštravalo odnose među djelatnostima. Značajno ostvarenje ostatka dohotka u ostalim djelatnostima u okviru distributivnih organizacija još je više utjecalo na diferenciranost u uvjetima privređivanja.

Uporednom analizom uvjeta privređivanja u okviru elektroenergetskog sistema Hrvatske (a one, moram reći, nedostaju u izgradnji naših odnosa) sigurno bi se potvrdila navedena konstatacija. Istom analizom u okviru jugoslavenskog elektroenergetskog sistema naša spoznaja bila bi još potpunija, a mnoga pitanja i dileme jasnije.

U tom smislu navodim nekoliko uporednih podataka iz publikacije JUGEL-a »Rezultati poslovanja elektroprivrednih organizacija ostvarenih u 1975. i 1976. godini«.

Kupac — dobavljač	Ostvareno p/kWh			
	1975.	1976.	1977.	1978.
I. Prodaja distribuciji (na mreži prijenosa)				
1. Hrvatska	35,45	38,24	43,98	50,67
2. BiH	35,69	40,92	46,46	52,35
3. Slovenija	32,25	39,35	44,72	54,73
4. Srbija	34,07	38,03	43,63	49,87
5. Makedonija	34,88	38,89	45,27	52,15
SFRJ	34,29	38,04	44,35	50,78
II. Potrošači na mreži distribucije				
2. BiH	60,30	70,96	81,34	91,69
1. Hrvatska	56,94	67,40	**76,40**	85,71
3. Slovenija	47,12	56,30	64,03	81,23
4. Srbija	54,05	60,23	68,48	76,42
5. Makedonija	55,01	64,30	72,97	84,67
SFRJ	55,09	63,41	72,44	82,85
III. Troškovi distribucije (II — I)				
1. Hrvatska	24,85	32,72	37,36	41,02
2. BiH	21,25	26,97	29,94	33,36
3. Slovenija	14,87	16,95	19,31	26,50
4. Srbija	19,98	22,20	24,85	26,55
5. Makedonija	20,83	25,41	27,70	32,52
SFRJ	20,80	25,37	28,09	32,07

Prema istom izvoru navode se i usporedni podaci nekih elemenata jednostavne reprodukcije u odnosu na elektroenergetski sistem Jugoslavije.

Proizvedene — distribucije	Ostvareno p/kWh			
	Jugoslavija		Hrvatska	
	1975.	1976.	1975.	1976.
I. Proizvodnja i prijenos				
— investiciono održ.	3,99	1,47	1,25	1,00
— ostali mat. trošk.	—	2,48	1,46	1,88
— osobni dohoci	2,93	3,77	2,58	3,17
II. Distribucija				
— investiciono održavanje	—	1,06	—	1,91
— ostali mat. troškovi	16,85	7,35	18,98	9,90
— osobni dohoci	9,98	9,87	11,84	14,90

(—) nema podataka

Iako navedeni jedinični troškovi ne moraju biti i apsolutni s obzirom na to da je prodajna cijena na mreži distribucije utvrđena na bazi neto-količina prodaje, tj. nakon odbitka gubitaka u razvodu i distribuciji, relativni odnosi koji pokazuju ipak se ne mogu negirati, pa time i kvantifikacija između republika ima sasvim realnu osnovu.

Iz navedenih odnosa proizlazi da su prosječne nabavne cijene električne energije na pragu prijenosa u Hrvatskoj (osim u Srbiji) najniže u Jugoslaviji, a prosječne prodajne cijene na mreži distribucije znatno najveće u Jugoslaviji. Iz razlike nabavnih i prodajnih cijena proizlazi da su jedinični troškovi distribucije u Hrvatskoj u uspo-

redbi s drugim republikama najveći, a od prosječnih jugoslavenskih veći su za 29% u 1976, 33% u 1977. i 28% u 1978. godini.

Međutim, imajući u vidu veći intenzitet potrošnje i veći stupanj elektrificiranosti u razvijenijim republikama, bilo bi sasvim logično da su i jedinični troškovi u tim republikama najniži. Podaci za Sloveniju to i pokazuju, dok Hrvatska ne samo da ima najveće troškove u Jugoslaviji, nego su oni u odnosu prema Sloveniji veći za 93% u 1976. i 1977. i 55% u 1978. godini.

Iz usporedne analize cijena potrošača na 0,4 kV naponu, a to su kućanstva kao najmasovniji potrošači, proizlazi da je cijena kod ovih potrošača u Hrvatskoj najveća u Jugoslaviji, i da se taj porast u 1978. godini kreće od 15,54 do 37,34% više nego u drugim republikama.

Potrošač	Ostvareno p/kWh	
	1977.	1978.
Hrvatska	82,44	92,04
BiH	71,42	79,66
Slovenija	59,59	68,59
Srbija	61,20	71,15
Makedonija	58,86	66,92

Kako kućanstva u Hrvatskoj plaćaju za izgradnju elektroenergetskih objekata i doprinos na potrošnju od 23p/kWh, to ukupna cijena po kWh iznosi u 1977. godini 105,44, a u 1978. godini 115,04. U drugim republikama je i doprinos na potrošnju neusporedivo niži, pa stvarno povećanje cijena u kućanstvu Hrvatske iznosi i do 70% u odnosu prema drugim republikama.

Kod cijena električne energije u međurepubličkoj razmjeni prisutna je suprotna pojava i drugačija logika. Svaka republička elektroprivreda nastoji koliko-toliko zaštititi vlastite potrošače, pa povećane troškove u većoj mjeri prebacuje na susjede, naročito u kriznim situacijama.

Premda su BiH i Srbija u odnosu prema drugim republikama u bitno drugačijoj situaciji s obzirom na mogućnost kontinuirane i garantirane opskrbe drugih sistema, ipak bi i kod povremenih isporuka trebalo više voditi brige o stvarnoj tržnoj vrijednosti električne energije.

Ostvarene cijene u međurepubličkoj razmjeni kretale su se:

Republika	Ostvareno p/kWh	
	1977.	1978.
Hrvatska	21,55	30,61
BiH	42,17	47,93
Slovenija	41,11	151,76
Srbija	35,51	37,52
Makedonija	53,64	49,19

Podaci pokazuju da Hrvatska svoje viškove u navedenim godinama zaista plasira po smiješno niskim cijenama, sigurno znatno ispod tržne vrijednosti te energije.

Radi stabilnosti privređivanja i provjere u praksi odgovarajućih rješenja, odnose među djelatnostima treba rješavati na duži 5-godišnji period. Međutim, istodobno treba predložiti i rješenje odnosa koji proizlaze iz godišnjih izmjena uvjeta privređivanja, tj. godišnjih rizika, karakterističnih i prisutnih u ovoj grani privređivanja (nestabilnost na području opskrbe i cijene goriva, nesigurnost hidrologije itd.).

Formiranje fonda rizika može biti rješenje, ali ono to nije ako u uvjetima stjecanja dohotka, odnosno, cijeni energije nema prostora za izdvajanje u fond rizika. U prijeđenom periodu takvih mogućnosti nije bilo, pa fond rizika nije ni formiran.

U takvim uvjetima privređivanja godišnji rizici uglavnom su teretili djelatnost, proizvodnje i prijenosa, a manje djelatnost distribucije.

U članu 28. Samoupravnog sporazuma o ekonomskim odnosima elektroprivrednih organizacija, zapisano je da se cijene prema distribuciji u pravilu ne mogu mijenjati ako se ne promijene cijene prema potrošačima električne energije, a u članu 29. istog sporazuma stoji: tek nakon provedenog ujednačavanja uvjeta privređivanja, ako su bitno poremećeni uvjeti privređivanja. Na prvi pogled izgleda logično i u redu, a ipak nije. Evo zašto. Odluku o poremećaju uvjeta privređivanja donosi Skupština ZEOH-a u kojoj je većina delegata iz distribucije, pa može blokirati donošenje svake odluke koja nije u njenom interesu. Rješenje treba tražiti u izmjeni kriterija izbora delegata Skupštine ili pak kroz definiranje što se smatra pod bitnim poremećajem uvjeta privređivanja. Mislim, da je drugo rješenje jedino prihvatljivo s obzirom da smo kod prvog ograničeni odredbama ZUR-a.

2. Iduće važno pitanje u sferi stjecanja dohotka jest cijena energije specijalnim potrošačima s obzirom na nivo popusta koje ostvaruju kroz nižu cijenu električne energije.

Ovi potrošači samo s područja Dalmacije ostvarili su u razdoblju od 1975. do kraja 1978. godine nižom cijenom energije slijedeća sredstva:

1975. god.	154 854,7 × 10^3 dinara
1976. god.	206 348,8
1977. god.	247 727,3
1978. god.	284 451,4
Ukupno:	893 377,2 × 10^3 dinara

Podaci pokazuju da se znatan dio dohotka elektroprivrede odljeva sniženim cijenama energije radi rješavanja nepovoljnog položaja specijalnih potrošača, što je često dovodilo do polemike na relaciji elektroprivreda društvo.

Pri tome nije sporan onaj dio popusta koji ovi potrošači ostvaruju povoljnijom karakteristikom potrošnje i koji je ugrađen u tarifni sistem. Međutim, sporan je onaj drugi, pretežni dio popusta, naslijeđen iz prošlosti, kada je postojao višak energije i kada su ovi potrošači bili stimulirani na veću potrošnju. Danas je situacija drugačija, pa elektroprivreda a i mnogi izvan nje smatraju

da nije prihvatljivo daljnje egzistiranje ovog popusta i da bi cijenu prema ovim potrošačima trebalo utvrđivati prema istim principima kao i ostalim potrošačima. Međutim, ako društveno-politička zajednica politikom cijena utvrdi nižu cijenu za nove potrošače, trebalo bi razliku između prodajne cijene i cijene po tarifnim stavovima kompenzirati elektroprivredi u smislu čl. 54. Ustava Hrvatske.

PROSJEČNE CIJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE OSTVARENE U SFRJ 1977. i 1978. god.

Potrošač	Ostvareno p/kWh		
	1977.	1978.	Prognoza 1979.
1. Aluminij:			
— TLM »B. Kidrič«, Ražine	21,87	23,29	28,50
— TLM »B. Kidrič«, Lozovac	17,87	20,08	25,36
— T. G. A. — Kidričevo	27,87	31,03	35,10
— Kombinat—Titograd	26,29	26,19	—
2. Ferolegure:			
— Dugi Rat	21,00	24,76	27,41
— Ruše	18,54	27,23	32,30
— TF	20,30	21,74	27,80
— Elektrobosna	26,46	27,81	32,10
— Jugokrom	34,45	36,12	39,43
3. Željezare:			
— Jesenica	37,32	47,47	55,81
— Ravne	37,33	42,34	50,19
— Štore	33,64	41,68	46,92
— Ilijaš	29,56	30,15	30,47
— Skopje	37,50	37,81	—

Podaci: Izvještaji JUGEL-a za 1977. i 1978. god.

3. Daljnje pitanje u domeni ovih odnosa vezano je za izgradnju i financiranje te izgradnje. Ovdje se u prvom redu misli na neracionalnost u području izgradnje i posljedice te neracionalnosti u fazi eksploatacije objekata.

Zatim, vrlo različiti uvjeti financiranja pojedinih objekata uvjetuju i znatnu različitost u uvjetima privređivanja.

Iako su i jedno i drugo pretežno posljedica subjektivnih slabosti elektroprivrede, ipak u dosadašnjim uvjetima stjecanja i raspoređivanja ukupnog prihoda i dohotka, radi nepostojanja odgovarajućeg mehanizma, nisu snosili nikakve posljedice radi dovođenja objekta u lošije uvjete privređivanja.

Iako su i ova pitanja bila prisutna u našim raspravama, konkretnih rješenja nije bilo, pitanja odgovornosti također, što je zajednički pothranjivalo navedena ponašanja.

b) Mjerila za raspoređivanje zajedničkog prihoda proizvodnje i prijenosa (cijene učinaka). Osnovna teškoća u sadašnjem načinu raspoređivanja zajedničkog prihoda nije sama cijena učinka, kao mjerilo raspoređivanja, već način njezina utvrđivanja.

Postavlja se pitanje realnosti tih cijena s obzirom na sve nedostatke i primjedbe stavljene na sistem objektiviziranja pojedinih troškova jednostavne reprodukcije (kriteriji i mjerila, kao i drugi izdaci).

Prema tome, cijena učinka kao takva nije i ne mora biti a priori izraz troškovno uspostavljenih ekonomskih odnosa, ali ona to jest ako se utvrđuje »post festum« i ako sadrži i one izdatke koji nisu realni i nisu posljedica ostvarenih rezultata poslovanja.

Da li cijena učinka može imati dohodovni karakter u uvjetima kada prevladava logika po kojoj će ionako svaka organizacija dobiti svoj prihod, na osnovi svog normativa troška, a ne doprinosa u njegovu smanjenju i doprinosa u radu. Na žalost, takav pristup pothranjuje i afirmira logiku po kojoj se uvijek težilo izboriti se za takve kriterije i mjerila kojima se osigurava što veći broj i kvalifikaciona struktura zaposlenih, što veće investiciono održavanje i ostali materijalni troškovi.

Kako elektroprivreda mora težiti uspostavljanju ekonomskih odnosa na dohodovnim osnovama, može se postaviti pitanje da li predloženi sistem to i osigurava (kada i ne bi bilo sadašnjih teškoća), odnosno da li postoje i drugi modeli koji osiguravaju ciljeve udruživanja, ali s manje potresa, nejasnoća i nesporazuma.

Možda je rješenje u objektiviziranju ukupnog prihoda, (energetska vrijednost), dok bi se ostalo odvijalo u okvirima samoupravnog planiranja i odlučivanja u osnovnim organizacijama. Mislim da bismo na taj način riješili i postojeću »enigmu«: ako je elektroprivreda u gubitku onda treba i svaka osnovna organizacija biti u gubitku.

Eventualni ostatak dohotka u pojedinim organizacijama mogao bi se onda usmjeriti na pokrivanje gubitaka drugih organizacija (uz prethodno reguliranje načina i uvjeta) ili pak namjenski za razvoj materijalne osnove rada, tj. proširenu reprodukciju.

c) Sistem. racionalizacije troškova. Činjenica je da Samoupravni sporazum između dviju zajednica u dijelu koji govori o kriterijima i mjerilima za utvrđivanje cijene električne energije i Samoupravni sporazum o ekonomskim odnosima u elektroprivredi nije riješio pitanje zainteresiranosti, stimulacije i odgovornosti ni u dijelu eksploatacije sistema a ni u domeni razvoja, pa su time unaprijed zatvorene ili pak znatno smanjene mogućnosti daljnje racionalizacije u području troškova rada sistema.

Nedefiniranje ekonomskog položaja unaprijed i ne na dugi rok, ne samo da su ograničavali racionalnije i efikasnije ekonomiziranje sredstvima, nego, obrnuto, pothranjivali su antidohodovno ponašanje i troškovni princip ekonomskih odnosa.

U uvjetima neovisnosti stjecanja ukupnog prihoda i dohotka od ostvarenog doprinosa u radu i postignutih ušteda u poslovanju razvila se logika po kojoj se treba izboriti za takve kriterije i mjerila kojima će materijalni troškovi, investiciono

održavanje i broj i kvalifikacijska struktura zaposlenih biti što veći, jer je to značilo i veću cijenu učinaka i veće učešće u zajedničkom prihodu.

Iako se kriterijima i mjerilima regulirao samo dio elemenata troškova sistema, oni su ipak predodređivali i način i intenzitet ponašanja. U prvom redu zbog toga jer je jedino preko njih, bilo zbog ušteda bilo zbog nerealnog planiranja, postojala mogućnost ostvarenja povećanog dohotka, a time i širih mogućnosti »manevriranja«.

Sam sistem kriterija i mjerila ne samo da nije jednoznačno utvrđen, pa otuda i različita tumačenja, nego je vrlo kompliciran, zbog čega je mogućnost praćenja i kontrole vrlo otežana.

To se u prvom redu odnosi na kriterije i mjerila za prijenosne i distributivne organizacije. Primjera radi, broj ljudi u prijenosnim organizacijama utvrđuje se po osnovi 12 grupa poslova i 34 podgrupe, a distributivnim organizacijama također po osnovi 12 grupa i 41 podgrupe.

Da su ti kriteriji i mjerila neprihvatljivi, pokazuje i činjenica da se oni i ne primjenjuju u reguliranju međusobnih ekonomskih odnosa. Razloge tome elektroprivredne organizacije vide u prvom redu u ostvarenju većih troškova od prava po kriterijima i mjerilima i u pomanjkanju mehanizma za dugoročno rješenje ekonomskog položaja grane.

Otuda i neprestano opiranje elektroprivrede da se taj plan donese na vrijeme, zbog bojazni od gubitka i izrade sanacionih programa, a time i minimalnih osobnih dohodaka.

U takvim uvjetima poslovanje se odvija bez plana i mimo plana, da bi potkraj godine ekonomski odnosi bili regulirani na temelju ostvarenih troškova, bez obzira na to da li su oni rezultat racionalnog rada i neracionalnog ponašanja.

Međutim, u okviru elektroprivrede pri tome se zaboravlja da postoji i druga strana problema, tj. da s njezine strane sagledavani i društvu najavljivani gubici još nikada nisu i ostvareni, dapače neuporedivo su manji. Takvi postupci elektroprivrede dovodili su ne samo do nepovjerenja već i do, rekao bih, opravdane sumnje u realnost predloženih kriterija i mjerila za utvrđivanje dijela elemenata troškova sistema. S druge strane, usudio bih se reći da elektroprivreda nije učinila ništa ili je učinila vrlo malo da svojim ponašanjem na području planiranja (i u domeni jednostavne i proširene reprodukcije) i racionalizacije troškova sistema (eksploatacije i izgradnje) opravda povjerenje koje joj je ukazao udruženi rad i društvo u cjelini.

Sama činjenica da se u izgradnji i dogradnji naših odnosa ne koristimo usporednim analizama i pokazateljima (troškovi proizvodnje, prijenosa i distribucije po kWh, broj zaposlenih po jedinici snage, troškovi izgradnje po instaliranom MW-u, tehnološki normativi itd.) prethodnog perioda i iskustvima drugih kao polaznom osnovom, ukazuje više na palijativan nego stručan pristup rješavanju pojedinih pitanja.

Kako drugačije protumačiti prijedlog Komisije za normiranje broja zaposlenih u elektranama i trafostanicama, pri čemu je većina od njih normirana na veći broj zaposlenih nego su u tom trenutku imali, a ipak su normalno proizvodili i transformirali energiju. Zašto je to tako, teško je reći. Najvjerojatnije je Komisija (koja je opet sastavljena od predstavnika pojedinih organizacija) išla linijom nezamjeranja i oportunizma. Posljedice su porast broja zaposlenih po toj osnovi, a time i porast troškova sistema.

Očito da Komisija pri izradi kriterija i mjerila u ovom dijelu nije imala na umu dosadašnje stanje i iskustva drugih, a još manje tehnološke normative koji sigurno u određenom smislu dimenzioniraju i »posade« takvih postrojenja.

Sigurno je da su tome pridonijele i odredbe Sporazuma između dviju zajednica, koje otvrđuju da se broj zaposlenih kreće ovisno o rastu instalirane snage i proizvedene i prenesene električne energije. Međutim, postavlja se pitanje opravdanosti njegove primjene u slučajevima fazne izgradnje (HE Zakučac II) ili rekonstrukcije pojedinih postrojenja na veće snage, i kada objektivno nema potrebe da broj zaposlenih raste proporcionalno rastu instalirane snage. Dapače, uvođenjem automatizacije, u pravilu, on se može i smanjivati. Praksa nas uči (a mi se njom tako malo koristimo) da ovakve slučajeve treba posebno regulirati, jer je prisutna pojava bržeg zapošljavanja.

Do sada nije napravljena, bar meni nije poznato, detaljnija analiza kako se koriste predviđena sredstva i da li se koriste namjenski. Da li se sredstva za investiciono održavanje zaista i koriste za njegu i održavanje postrojenja ili se putem dohotka usmjeravaju u druge namjene. Nije isključeno da i tog ima da bi se izbjegla pojava gubitka i izrada sanacionih programa.

Isto tako, u domeni jednostavne reprodukcije postoje i različiti pristupi pri utvrđivanju pojedinih elemenata troškova izvan onih reguliranih kriterijima i mjerilima.

Amortizacija, iako utvrđena posebnim zakonom, obračunava se ovisno o ekonomskom položaju grane, a to znači znatno ispod iznosa koji bi proizlazio iz vremena i intenziteta angažiranosti kapaciteta.

S druge strane, amortizacija za nove objekte proizvodnje i prijenosa utvrđivala se od dana aktiviranja objekta, dok se kod distribucije amortizacija utvrđivala na vrijednost od 50% godišnjeg plana izgradnje. U svim slučajevima kada je plan izgradnje realiziran ispod 50%, a takvih slučajeva ima, utvrđena amortizacija je unaprijed povučena kroz diferentne tarifne stavove, čime se troškovi sistema povećavaju, i stvara mogućnost da se razlika između planirane i stvarno akumulirane amortizacije koristi u druge namjene.

Krediti za obrtna sredstva, tj. za poboljšanje likvidnosti, osnovne organizacije koriste prema svojim potrebama, plaćaju visoke kamate i opterećuju troškove sistema, a da pri tome nije po-

stavljeno pitanje nije li to posljedica niže stope naplaćenosti ili nečeg drugog, a kamoli izvršena analiza.

Nema sumnje da i u domeni jednostavne reprodukcije postoje mogućnosti daljnje racionalizacije troškova sistema preko odgovarajućeg mehanizma stimulacije za ostvarene uštede, ali ipak osnovno područje gdje elektroprivreda može ostvariti, usudio bih se reći, nesagledive mogućnosti racionalizacije jest područje razvoja i izgradnje elektroenergetskih objekata i postrojenja. Ne želim ovdje navoditi i sve te mogućnosti, jer sam o njima posebno govorio u jednom od dijelova ovog materijala, ali još jednom ističem da kvalitetom ponašanja u fazi planiranja, pripreme i izgradnje objekata danas nesumnjivo bitno utječemo na troškove eksploatacije, a time i cijenu električne energije sutra.

d) Ustupanje dohotka i solidarnost. Osnovne teškoće u području ovih odnosa također proizlaze iz neriješenih ili nedorečenih ekonomskih odnosa.

Treba jasno kazati što je to nepovratno ustupanje dohotka a što solidarnost. Moram naglasiti da su organizacije koje su trebale višak dohotka ustupiti nepovratno drugim organizacijama nastojale to načelo prikazati kao izraz solidarnosti, a ne kao obvezu koja proizlazi iz zajedničkog rada, kao obveza iz neadekvatno izvršene raspodjele zajedničkog prihoda ili neobjektivnog rasporeda troškova poslovanja.

Takvim tumačenjem (jer solidarnost znači nešto drugo) željelo se osporiti nepovratno ustupanje ostatka dohotka koji je, po njima, rezultat racionalnijeg rada, ušteda, odricanja i sl. drugima koji se tako nisu ponašali u sistemu.

U pomanjkanju analitičke obrade uvjeta stjecanja i raspoređivanja dohotka, a posebno metode za utvrđivanje dohotka koji je rezultat racionalnijeg rada, ušteda i sl., diskusije su maratonske, uvjeravanja nekorisna i sporazumijevanja nema. Otuda još i danas neraščišćeni odnosi iz poslovanja iz 1976. i kasnijih godina.

Nepostojanje unaprijed utvrđenog mehanizma ili pak njegova nedovoljna razrada sigurno je pothranjivala ovakva shvaćanja, a istodobno je to dovodilo i Skupštinu ZEOH-a i njene delegate u smiješnu situaciju, osporavalo im pravo odlučivanja i na kraju dovodilo do nepoštivanja tih odluka.

Drugačiji pristup rješenju ovih odnosa u elektroprivredi od onog IV sabora (pri utvrđivanju nivoa gubitka) otvarao je prostor za ovakva ponašanja, jer sistem raspodjele u elektroprivredi nije isto tretirao i onaj dio dohotka (misli se na ostatak dohotka ostalih djelatnosti) što ga je Izvršno vijeće uključivalo u zbir ukupnih prihoda elektroprivrede.

Mislim da bi novi prijedlog rješenja ekonomskih odnosa morao eliminirati načelo nepovratnog prelijevanja dohotka, što znači da bi trebalo maksimalno težiti što realnijem objektiviziranju uvjeta stjecanja i raspoređivanja dohotka, našto nas upućuje i Zakon o udruženom radu. Takvim bi rješenjem današnjih nesporazuma nestalo, ali bi se pojavilo pitanje što s eventualnim ostatkom dohotka koji bi se mogao javiti kod nekih organizacija. Moguća su dva rješenja. Ili da se ta sredstva putem principa solidarnosti (uz unaprijed dogovorene uvjete i načela) usmjeravaju prema organizacijama koje posluju s gubitkom ili pak namjenski u proširenu reprodukciju.

e) Nagrađivanje prema radu i zapošljavanje. Već su gotovo punih desetak godina sistem raspodjele i osobni dohoci u elektroprivredi pod stalnom kontrolom društva, što je dovelo do eliminiranja nekad prisutnih ekscesa i utjecalo na usporeniji rast osobnih dohodaka u elektroprivredi u odnosu prema privredi Republike.

Velik korak u tom pravcu učinjen je donošenjem Društvenog dogovora i granskog Samoupravnog sporazuma. Rezultati njihove dosadašnje primjene pokazali su:

— da su osobni dohoci i zajednička potrošnja dovedeni u društveno dogovorene i prihvatljive okvire;

— da su sistemom približno jednakih uvjeta privređivanja i stjecanja i raspodjele dohotka (bez obzira na sve njegove nedorečenosti) stvorene mogućnosti da se i u području nagrađivanja eliminiraju dosadašnje razlike između pojedinih djelatnosti;

— da je Samoupravni sporazum uglavnom bio poštivan.

Međutim, u području ovih odnosa još uvijek postoji niz otvorenih pitanja, posebno u dijelu interne raspodjele i nagrađivanja prema radu. Među tim pitanjima ističemo:

— neusklađenost granskog Sporazuma s Društvenim dogovorom, s obzirom na specifičnosti elektroprivrede;

— zakašnjenje donošenja plana onemogućava utvrđivanje planskih pokazatelja, a time i adekvatnu primjenu samog Sporazuma;

— dohodak i osobni dohoci nisu u korelacijskoj vezi s ostvarenim doprinosom u radu i ostvarenoj produktivnosti;

— teži uvjeti rada priznati su mnogima koji u tim uvjetima ne rade.

Predstoji da Koordinacioni odbor Republike preispita ovaj korektiv, posebno u grupacijama koje ostvaruju natprosječni nivo osobnih dohodaka po UKR i svođene u društveno prihvatljive okvire.

— Osobni dohoci u radnim zajednicama nisu u skladu s osobnim dohocima u osnovnim organizacijama za koje obavljaju poslove. Njihov nivo ovisan je o stupnju planiranih, a ne ostvarenih poslova i zadataka.

— Interna raspodjela nije stimulativna. Nije provedeno vrednovanje stvarno izvršenog rada

(kvantiteta i kvaliteta poslova, vrijeme izrade, složenost rada itd.) već planiranih poslova i zadataka.

— Neracionalnost na području izgradnje elektroenergetskih objekata nije ugrađena u sistem raspodjele, pa nitko ne snosi nikakve posljedice: ni investitor, ni organizacije koje obavljaju investitorske poslove.

— Postojeći sistem ekonomskih odnosa (troškovni princip), odnosno osnove i mjerila utjecali su na brži rast zaposlenosti.

Vjerujem da bi usporedna analiza ovog perioda s prethodnim periodom (do 1975. godine) pokazala da je broj zaposlenih po jedinici instalirane snage i jedinici proizvedene, prenesene i distribuirane energije u ovom periodu znatno veći. Zašto? Mislim da je to usko vezano sa sistemom i uvjetima stjecanja i raspoređivanja dohotka. Postojeći sistem ekonomskih odnosa ne samo da ne osigurava način realnog sagledavanja potrebnog broja zaposlenih, nego ne osigurava ni bilo kakve mjere stimulacije za niži nivo zaposlenosti.

f) Razvoj sporednih djelatnosti. Dosadašnja iskustva pokazuju da je razvoj ove djelatnosti usko vezan za osnovnu djelatnost i da svoju realizaciju pretežno ostvaruje u okviru osnovne djelatnosti. Otuda i određene prednosti ove djelatnosti izražene kroz veće cijene njezinih usluga u odnosu prema cijeni drugih organizacija. Otuda i znatan ostatak dohotka u ovim djelatnostima (u 1975. oko 310, a u 1976. god. oko 360×10^6 dinara).

Ekonomski položaj elektroprivrede i odnosi unutar nje doveli su do situacije da su distributivne organizacije (u prvom redu one, jer pretežno i ostvaruju ostatak dohotka iz poslovanja ovih djelatnosti) planom predviđale manji, a u ostvarenju bi se pojavljivao znatno veći ostatak dohotka. Isto tako, prisutno je i prelijevanje sredstava iz osnovne djelatnosti u sporednu, da bi se onda taj ostatak sredstava koristio za pokriće gubitaka osnovne djelatnosti (čl. 81. Sporazuma o ekonomskim odnosima) prvenstveno u okvirima radne organizacije. Na taj način najveći dio distributivnih organizacija rješavao je pitanje pokrića gubitaka i de facto ublažavao stvarne teškoće poslovanja u osnovnoj djelatnosti.

S druge strane, nepoštivanje službenih odluka Skupštine ZEOH-a, i osporavanje prava da ona odlučuje o tim pitanjima omogućilo je mnogim organizacijama da izdvajaju znatna sredstva u stambenu izgradnju i druge fondove dok istodobno imaju gubitak i rade sanacione programe.

Tome je sigurno pogodovao i tretman elektroprivrede na IV saboru. Naime, pri utvrđivanju visine kompezacije sagledavali su se prihodi s jedne i rashodi s druge strane za elektroprivredu u cjelini, uključujući i sporedne djelatnosti, a unutar same elektroprivrede nije vrijedio isti princip, već su prevladavali drugačiji odnosi.

Kako se u ovoj djelatnosti ostvaruju znatna sredstva ostatka dohotka (nije mi jasno zašto su ona u 1977. i 1978. godini svedena na polovicu ostvarenja iz 1975. ili 1976. godine), to bi položaj i ulogu ove djelatnosti trebalo obraditi, i predložiti odgovarajuća rješenja, s napomenom da se elektroprivreda stimulira na iznalaženju dodatnih rješenja i efekata na području sporedne djelatnosti, jer zato postoje svi preduvjeti.

Prijedlog treba jasno da razgraniči osnovnu od sporedne djelatnosti i da onemogući prelijevanje dohotka iz jedne u drugu djelatnost, kao što imamo slučaj danas (ljudi u osnovnoj a rade u sporednoj, pitanje cijene tih usluga itd.).

Rješenja su moguća:

— jednakim tretmanom ukupnih prihoda i rashoda jedne i druge djelatnosti,

— jasnim razgraničenjem prihoda i rashoda jedne od druge djelatnosti. Ako je sporedna djelatnost organizirana kao osnovna organizacija, većih problema nema, ali ako se ta djelatnost obavlja u okviru organizacije osnovne djelatnosti, nastupaju teškoće koje se bez knjigovodstvenog razgraničenja teško mogu riješiti.

U tom slučaju sporedna djelatnost mogla bi dijeliti sudbinu osnovne djelatnosti.

ORGANIZACIJA ELEKTROPRIVREDE

Mislim da se rješavanju pitanja organizacije elektroprivrede prišlo također više kampanjski nego analitički. Istina, organizaciju je trebalo uskladiti s odredbama ZUR-a, ali pri tome nismo analizirali prednosti i nedostatke postojeće organizacije. Kada ovo kažem, onda prvenstveno mislim na prijedlog organizacije distribucije, jer predložena organizacija u djelatnosti proizvodnje i prijenosa nije doživjela nikakve izmjene u usporedbi s današnjim stanjem.

U tom pristupu loše je to što su mnogi očekivali da će organizacija riješiti i ekonomske i dohodovne odnose, pa su samim time ta ključna pitanja bila stavljena u drugi plan.

Izradom Društvenog dogovora unaprijed se znalo da se neće dobiti klišeji za sva moguća rješenja, ali su se njime istodobno željele dokinuti i postojeće rasprave o samoj organizaciji, da bi se sve stručne i samoupravne snage usmjerile na izradu ekonomskih i dohodovnih odnosa, nakon čega bi se korigirala i uskladila i sama organizacija uspostavljena Društvenim dogovorom.

Međutim, po mome mišljenju, elektroprivredne organizacije u distribuciji iskoristile su Društveni dogovor kao mogućnost da osnuju što više radnih organizacija (17), dok je broj osnovnih organizacija udruženog rada čak smanjen.

Sumnjajući u realnost takve organizacije, a posebno u izjave da ona neće izazvati porast troškova i neekonomičnost poslovanja, VUR Sabora nije prihvatio predloženu organizaciju i zatražio je izradu cjelokupnog rješenja odnosa u elektroprivredi (ekonomske i dohodovne odnose, organizaciju i sl.).

Uz uvažavanje razloga VUR-a zbog kojih je odgodio primjenu predložene organizacije (a samo usporedna ekonomska analiza to može potvrditi ili demantirati), mislim da se mjerilima iz Društvenog dogovora za formiranje osnovnih i radnih organizacija u distribuciji može prigovoriti sljedeće:

1. da se pri izradi prijedloga mjerila za formiranje osnovnih organizacija željelo uvažiti i sankcionirati od donošenja ZUR-a naovamo uspostavljeno stanje, a na koje je tada bilo upućen niz primjedbi i kritika (osnovne organizacije Drniš, Knin, Križevci itd.);

2. da mjerila iz člana 11. Društvenog dogovora upravo potvrđuju konstataciju, ali se mora istaći i to da se njima nije postigao onaj efekt koji se Društvenim dogovorom i intencijama ZUR-a očekivao, jer je čak došlo do smanjenja postojećeg broja osnovnih, a znatno je povećan broj radnih organizacija, što izaziva sumnju u realnost mjerila za osnivanje osnovnih i radnih organizacija u distribuciji;

3. da su predložena mjerila u znatnoj mjeri i posljedica dodatnog teritorijalnog kriterija, da se osnovne organizacije mogu osnivati na području najmanje jedne općine. To je dovelo do formiranja osnovnih organizacija po općinama koje su na granici danih mjerila ili ih ispunjavaju do kraja ovog 5-godišnjeg plana, a u većim gradovima, gdje su mjerila uveliko premašena, do formiranja samo jedne glomazne osnovne organizacije. Prema tome, teritorijalni kriterij onemogućio je u velikim potrošnim centrima formiranje više osnovnih organizacija koje ispunjavaju predložena osnovna mjerila iz Društvenog dogovora, kao i odredbe iz člana 320. ZUR-a. Usudio bih se reći da su to dvije krajnosti jednog te istog problema.

Nisam upoznat, ali bilo bi zanimljivo znati postoje li slučajevi da je na području dviju ili više općina koje ispunjavaju uvjete iz Društvenog dogovora formirana osnovna organizacija. S obzirom na velik broj radnih organizacija može se očekivati da takvih slučajeva nema. Očito je da su prijedlozi, ako ih je i bilo, padali na pitanju izbora sjedišta osnovne organizacije.

4. Tvrdnja da se uvođenjem teritorijalnog kriterija, što bi značilo formiranje osnovne organizacije na području općine istovremeno omogućava i realizacija funkcije općine u odnosu na ovu istovremeno i komunalnu djelatnost — teško je prihvatljiva. Naime, općina kao društveno-politička zajednica jest i treba biti zainteresirana za razvoj i komunalne djelatnosti, ali u prvom redu za taj razvoj, a ne i za to tko je nosilac tog razvoja.

Naglašavanje da je na području općine Drniš i Knin napravljeno u posljednje tri godine nakon formiranja osnovnih organizacija distribucije više nego u nekoliko prethodnih godina može biti i točna, ali istovremeno i žalosna činjenica, jer tvrdim da je i prije organizacija mogla učiniti i neusporedivo više da je imala više, naglašavam više poslovnosti i razumijevanja, jer sredstva nisu bila, bar ne uvijek, u pitanju. Međutim, pravo pitanje zašto je to tako uvijek izostane.

I na kraju, usudio bih se konstatirati pa i solidarizirati s već izraženim sumnjama da predložena mjerila i kriteriji za organiziranje osnovnih i radnih organizacija u distribuciji neće pridonijeti ni većoj efikasnosti ni racionalnosti i ekonomičnosti rada. Bojim se da bi efekti bili suprotni.

S druge strane, prijedlog mjerila i kriterija za osnivanje osnovnih i radnih organizacija u proizvodnji i prijenosu logičan je i prihvatljiv, jer je, po mome mišljenju, udovoljeno odredbama člana 320. kod osnivanja osnovnih, i člana 340. kod formiranja radnih organizacija.

Neposredna povezanost prijenosne mreže s elektranama i potrošačima električne energije na pojedinom području osnovni je preduvjet povezanosti radnika zajedničkim interesima u radu, a izražava se uvjetovanošću u procesu rada i ostvarivanjem zajedničkog rezultata rada. Povezanost osnovnih organizacija proizvodnje i prijenosa u radnoj organizaciji istovremeno je i uvjet za izvršenje osnovne funkcije, tj. kontinuiranu i kvalitetnu opskrbu potrošača električnom energijom.

Dosadašnja iskustva i stvoreni uvjeti i međuveze sigurno su dali prednost dosadašnjoj organizaciji pred svim drugim mogućim rješenjima.

Na postojeće stanje i odnose u elektroprivredi sigurno je znatno utjecala i sama Zajednica elektroprivrede. Moramo konstatirati da u kontekstu postojećih odnosa ona još uvijek nije našla svoje pravo mjesto, što je, s obzirom na njene zadatke u sistemu, nesumnjivo negativno utjecalo na efikasnost rada cjelokupne elektroprivrede.

Moj je dojam da je Zajednica u svom radu, pa i pristupu rješavanja zadataka još uvijek znatno opterećena starim odnosima i navikama.

Mislim da se pripremi i obradi materijala, prijedloga i rješenja ne pristupa dovoljno stručno, pa se tako otvara prostor za duge i besmislene diskusije.

Sigurno da njih ne bi bilo ili bi ih bilo kada bi se rasprave kao uvod u dogovaranje i sporazumijevanje vodile na stručno i objektivno pripremljenim materijalima i prijedlozima. Suvišno je dokazivati da palijativna i kompromisna rješenja, nedovoljno stručno i analitički fundirana, samo raspiruju i ostvaruju beskrajne diskusije.

Da li je lijek za to nova organizacija ili reorganizacija? Tvrdim da nije, bar ne uvijek. Na žalost, praksa nas demantira i potvrđuje da smo najčešće izlaz tražili u novim organizacionim rješenjima, bez analitičkog osvrta prijeđenog puta i u skladu s njim izvršenih poboljšanja, naglašavanja stručnog pristupa, zaoštravanja pitanja odgovornosti i slično.

Mislim da današnji oblik organizacije na nivou elektroprivrede nije uzrok spore transformacije društveno-ekonomskih i drugih odnosa na načeli-

ma Ustava i ZUR-a, već su ti uzroci druge prirode, a o njima sam već govorio.

Međutim, ni Poslovodni organ Zajednice elektroprivrede nije djelovao usmjeravajuće. Dapače, od izvršnog organa često se pretvarao u samoupravni organ, gdje su vođene a i završavale »bitke« za pozicije pojedine organizacije, za »vlastite« investicije ili investicije pojedine regije, gdje su se slagala i formirala pojedina rješenja i prijedlozi.

Dosadašnja praksa pokazala je da suradnja i odnosi između dviju zajednica (RSIZ-a i ZEOH-a) nisu na nivou zadatka, a ja bih rekao da ni među njima izvršena podjela rada ne pridonosi operativnijem i efikasnijem obavljanju poslova. Kada to kažem, onda u prvom redu mislim da RSIZ ne bi trebao da se bavi i operativnim usmjeravanjem investicionih sredstava, već da bi to trebao prepustiti ZEOH-u, koji bi tada imao uvid u cjelokupna raspoloživa sredstva i bio u stanju da ostvaruje princip da se pojedini objekti financiraju uz približno jednake uvjete (odnos nepovratnih i kreditnih sredstava), da radi neusklađene dinamike priljeva sredstava i izvršenja radova usmjerava sredstva tamo gdje su najpotrebnija i na taj način eliminira potrebu skupog kratkoročnog zaduživanja koji je prisutan u sadašnjem trenutku. U okviru ove problematike RSIZ bi trebao prvenstveno svoju pažnju usmjeriti na planove razvoja i izgradnje elektroprivrede u cjelini, na osiguranje sredstava za financiranje usvojenih planova razvoja i izgradnje i na to da zajedno s elektroprivredom brine da se usvojeni planovi i ostvaruju.

Iz dosadašnje prakse rada delegatskog sistema u okviru RSIZ-a zapažena je znatna heterogenost mišljenja i stavova između delegata pojedinih OSIZ-a s područja pojedine regije u okviru rada i RSIZ-a i zajedničkih organa.

Iz razgovora s pojedinim delegatima i primjedbama pojedinih OSIZ-a ta različitost uglavnom proizlazi:

1. iz donošenja odluka bez mišljenja i stavova pojedinih delegacija, pa umjesto da Skupština (OSIZ-a) bude mjesto usklađivanja interesa delegacija, ona se pretvara u mjesto odlučivanja na temelju individualnih stavova delegata;

2. iz izoliranosti OSIZ-a od problematike proizvodnje i prijenosa, iako potrošači izdvajaju sredstva za razvoj cijele grane, a ne samo distributivne djelatnosti;

3. iz nepovezanosti potrošača i elektroprivrednih organizacija u okviru Zajednice općina, zbog čega izostaje sagledavanje i izražavanje interesa čitave regije i njezina ravnomjernog razvoja;

4. iz pomanjkanja regulative i sinhroniziranog rada između OSIZ-a i RSIZ-a;

5. iz udaljavanja i sredstava i mjesta kreiranja politike od baze; odnosno, i RSIZ i ZEOH trebalo bi shvatiti u prvom redu kao viši oblik dogovaranja o potrebama razvojne politike, a ne kao mjesto prikupljanja sredstava.

A to znači, da bi politiku trebalo kreirati u bazi i da sredstva ostaju tamo gdje se i ostvaruju, tj. u OOUR-ima i njihovom mjestu interesnog organiziranja sve dok se ne ponude i usvoje planovi razvoja za iduće petogodišnje razdoblje.

ZAKLJUČAK

Svi aspekti navedenih problema stalan su izvor velikih napetosti ponajprije u elektroprivredi, a zatim se prenose na odnose s potrošačima električne energije i društvo u cjelini. One su najintenzivnije potkraj tekuće i početkom iduće poslovne godine, dakle u vrijeme kada se zaključuje poslovna godina i osiguravaju uvjeti poslovanja za sljedeću godinu (borba za porast cijene energije).

U nepostojanju ili nepoštivanju samoupravne i normativne regulative međusobni odnosi stalno se rješavaju privremeno, ad hoc. Rasprave na stručnim odborima traju dozlaboga dugo, jer upravo tu počinje bitka za pozicije »vlastite« organizacije, »vlastitu« ili investiciju »svoga« područja, pri čemu se odričemo i vlastite stručnosti, pod parolom dinar je zajednički i već će ga netko platiti.

Takva logika razmišljanja i ponašanja u stručnim odborima, Poslovodnom odboru pa i u organima upravljanja (Izvršnom odboru i Skupštini) dovodila je do sukoba interesa, a time i onemogućavala pripremanje i donošenje stručnih i objektivnih odluka, najprije u elektroprivredi, a zatim u interesnoj zajednici.

Pomanjkanjem koordinacije rada i suradnje, tolerancije i uvažavanja između dviju stručnih zajednica još su više potencirani ovi odnosi, pa se interesni sukob sada pretvara u sukob između elektroprivrede i potrošača, odnosno društva, što stvara još šire i jače napetosti.

Gubeći dragocjeno vrijeme u jalovim raspravama, organi upravljanja najčešće se sazivaju hitno, mimo utvrđenog postupka i konzultiranja delegatske baze.

Nedovoljno pripremljeni, a često i kompromisni prijedlozi te oskudica vremena za izjažnjavanje delegatske baze dovodila je organe upravljanja u situaciju da se često formalno izjašnjavaju, ili pak da se na samim sjednicama stvara napeta situacija koja unaprijed onemogućava donošenje bilo kakve odluke. Konstatacija da se više od 80% točaka dnevnog reda Skupštine odnosi na pitanje ekonomskih odnosa i razvoja, upućuje na svu težinu neriješenosti ovih pitanja, odnosno potrebu njihova hitnog rješavanja.

Cjelokupan sistem elektroprivrede veoma je složen i teško je, ma od koga, očekivati odjednom, objektivno rješenje svih pitanja i problema. Iza nas je 4-godišnje iskustvo i mnoge slabosti su

isplivale na površinu. Bitno je u tome da one nisu nepremostive, ali bi mogle postati kočnica daljnjoj afirmaciji i razvoju odnosa na osnovama Ustava i Zakona o udruženom radu, ako se analitički i sistematski ne priđe njihovu rješavanju. Ako to ne učinimo, pothranjivat ćemo lažnu predodžbu o tome kako je svemu kriv neadekvatno uspostavljen i normativno utvrđen sistem. A to je ono najgore, što pod svaku cijenu treba izbjeći.

»Nije riječ o slabostima sistema, mada su njegova poboljšanja uvijek moguća i potrebna, nego o djelovanju mimo sistema, o nepridržavanju sistemskih rješenja i dogovorenih stavova i o svojevrsnom podrivanju onoga što smo usvojili.«

(Tito na VIII kongresu SSJ)

PROBLEMS AND WEAKNESSES IN OPERATION OF ELECTRICAL SYSTEM OF CROATIA

In the article are presented problems and weaknesses in electrical system of Croatia, considering production and transmission of electric power. These problems are connected to extended reproduction (through work fases: planing of development, research works, construction and investments) as to the simple reproduction (connection between associated work and electrical utilitö), condition for obteining and distribution of common incomes with regard to reward on the base of work. Author considered some questions in connection to organisation of electrical enterprise as well as results which are consequences of that condition.

Naslov pisca:
Dragutin S t a n i ć, dipl. ek.
»Elektroprivreda« Dalmacije, Split

Svojim suradnicima

i čitateljima čestitamo

praznik rada — 1. maj!

Uredništvo

Energija God. 29 (1980) br. 3—4, 121—142.

ULOGA TERMOELEKTRANA–TOPLANA U RAZVITKU ENERGETIKE JUGOSLAVIJE

Duško Čorak, Zagreb

UDK 621.311.22:620.9

Intenzivne potrebe za energijom i ograničenost u prvom redu konvencionalnim oblikom energije, dovelo je do poznate energetske krize 1973. god. Mnoga istraživanja pokazuju da se ne radi o prolaznom fenomenu nego o dugotrajnom procesu. Svijet je došao do spoznaje da se s energijom mora racionalno gospodariti. U tom smislu tehnička rješenja koja pridonose čuvanju, odnosno manjoj potrošnji pri zadovoljenju istih potreba, kod krajnjeg korisnika postala su od posebnog interesa.
U članku se daje opširan prikaz mogućnosti očuvanja energije izgradnjom postrojenja za zajedničku proizvodnju topline i električne energije, kao i metodologija za tehničko-ekonomsku valorizaciju takvih rješenja.

1. UVOD

Energija ima najvažniji utjecaj na razvitak čovječanstva i njegovu ekonomsku sposobnost. Ona je postala jedan od osnovnih faktora suvremenog čovjeka. Područje njezina utjecaja je vrlo široko, tako da nema ljudske djelatnosti u kojoj energija nije prisutna.

Potrošnja energije odavno je postala mjerilo proizvodne sposobnosti društva. Tako postoji stroga korelacijska ovisnost između potrošnje energije po stanovniku u nekoj zemlji, društvenog proizvoda i narodnog dohotka. Stoga je ona presudan pokazatelj općeg napretka čovjeka i društva.

Zamjenom ljudskog rada, iskorištenjem različitih oblika energije došlo je do promjene načina života. Promjene se očituju u povećanom komforu, što je osnovni cilj suvremenog svijeta. Kao posljedica tih težnji javljaju se enormne potrebe za energijom. Napomenimo da je potrošnja energije u svijetu u poslijeratnom razdoblju bila veća od ukupne potrošnje u toku povijesnog razdoblja prije toga.

Kao posljedica brzog porasta broja stanovnika u svijetu pojavljuju se još intenzivnije potrebe za energijom. Broj stanovnika na Zemlji udvostručit će se do kraja stoljeća, a ako se razvitak potreba nastavi sadašnjim tempom, iskorištavanje energije će se istovremeno više nego utrostručiti.

S obzirom na ograničenost konvencionalnih oblika energije, može se u skoroj budućnosti očekivati da neće biti moguće zadovoljiti potrebe. Mogućnost primjene novih oblika energije (nekonvencionalni oblici), kao što su nuklearna fuzija, energija sunca, energija vjetra, plima i oseka, te energija valova, danas je krajnje ograničena zbog toga što se ne raspolaže odgovarajućom tehnologijom ili je postojeća neekonomična.

Odgađanje iskorištenja raspoloživih rezervi konvencionalnih oblika energije, kako bi se dobilo vrijeme potrebno za razvoj novih tehnologija koje će omogućiti ekonomično korištenje nekonvencionalnih oblika energije, osnovni je zadatak čovječanstva. U idućem razdoblju najveća pažnja mora biti posvećena optimalnom korištenju i čuvanju raspoloživih energetskih izvora. Pri tome se posebna pažnja mora posvetiti razvoju tehnologije koje omogućuju bolje iskorištenje i čuvanje energije goriva, odnosno upotrebe manje količine goriva za zadovoljenje istih potreba. Ideja o čuvanju i boljem iskorištenju energije treba imati presudnu ulogu u budućem planiranju i razvoju energetske privrede svake zemlje.

Čuvanje i bolje iskorištenje energije svodi se u biti na smanjivanje potreba, i to tako da se smanje gubici. Najznačajnije je korištenje takozvane »otpadne topline«, odnosno energije niskog temperaturnog nivoa (50—120°C) iz termoelektrana, korištenjem spojnog procesa, tj. istovremene zajedničke proizvodnje topline i električne energije.

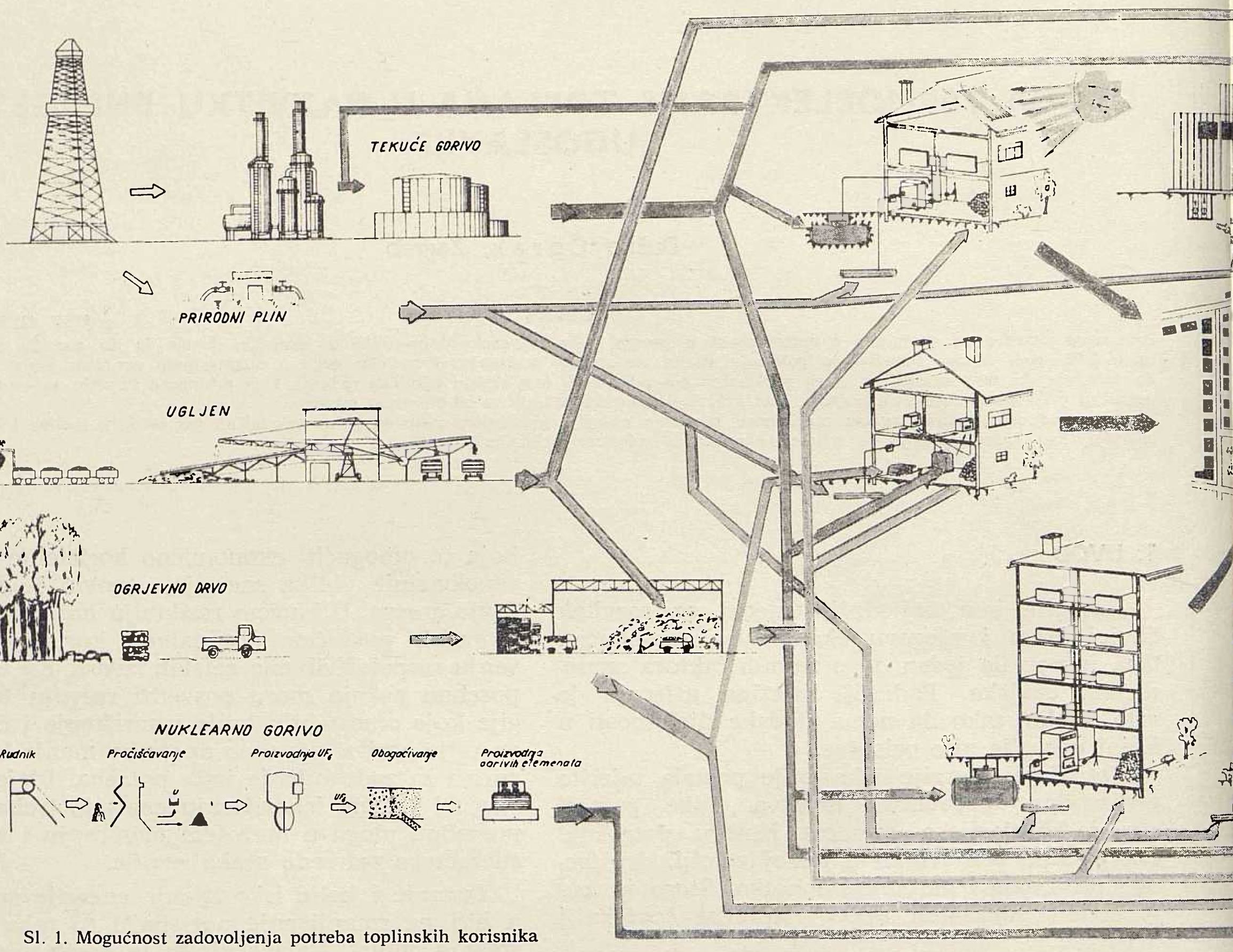
Prema zakonima termodinamike pretvorba topline u mehaničku energiju, a zatim mehaničke u električnu energiju u postrojenjima termoelektrana praćeno je gubicima topline od oko 60—70% koja se kao nekorisna energija (toplina) predaje okolini (dijelom kroz izlazne dimne plinove 10—20%, a dijelom kroz rashladnu vodu 30—50%). Korisnom upotrebom »otpadne topline«, odnosno topline niskotemperaturnog nivoa, preko odgovarajućih oduzimanja, gubici topline u okolinu mogu se znatno smanjiti i svesti na vrijednost 10—20% (sl. 2).

Osim smanjenja potrošnje goriva kod korištenja spojnog procesa za zadovoljenje iste potražnje u odnosu na odvojenu proizvodnju topline i električne energije, postižu se i drugi ne manje važni efekti:

a) smanjuje se zagađenje okoline,

b) poboljšava se kvaliteta zraka u sredinama gdje se dovodi takva toplina,

c) smanjuju se ukupni izdaci krajnjeg korisnika uz jednake uvjete komfora.



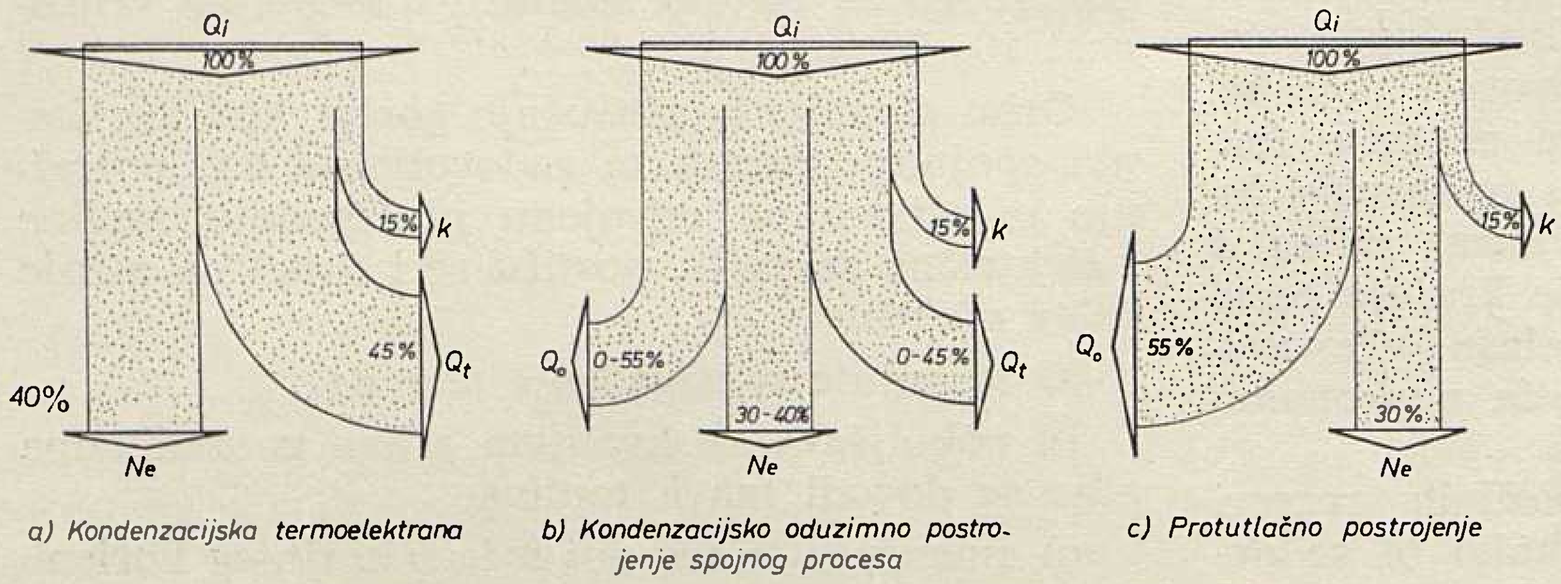
Sl. 1. Mogućnost zadovoljenja potreba toplinskih korisnika

Naša zemlja, kao većina zemalja u svijetu, suočena je s obziljnim energetskim poteškoćama. Valja naglasiti da naša zemlja u svjetskom energetskom potencijalu sudjeluje s 0,1%, a u stanovništvu s 0,6%, iz čega se vidi da smo u energetskom potencijalu po stanovniku oko šest puta siromašniji od svjetskog prosjeka.

Navedeni podaci nas upućuju da smo upućeni više od ostalih na potrebu spoznavanja vlastitih energetskih potreba i racionalizacije potrošnje.

Podsjetimo li se da se potrebe energije za zadovoljavanje potreba grijanja i pripremu tople vode kreću 35—40%, a potrebe toplinske energije u industriji kreću između 22 i 27% ukupne energetske potrošnje, tada proizlazi da potrebe topline u industriji i domaćinstvu iznose ukupno između 1/2 i 2/3 ukupnih energetskih potreba. Svojim udjelom toplinska opskrba se javlja kao najznačajnija u energetskoj potrošnji. Ukupna energetska ekonomija u najvećoj mjeri ovisi o racionalnom korištenju energije u ovom sektoru potrošnje.

2. OSNOVNE ZNAČAJKE ZAJEDNIČKE PROIZVODNJE TOPLINE I ELEKTRIČNE ENERGIJE



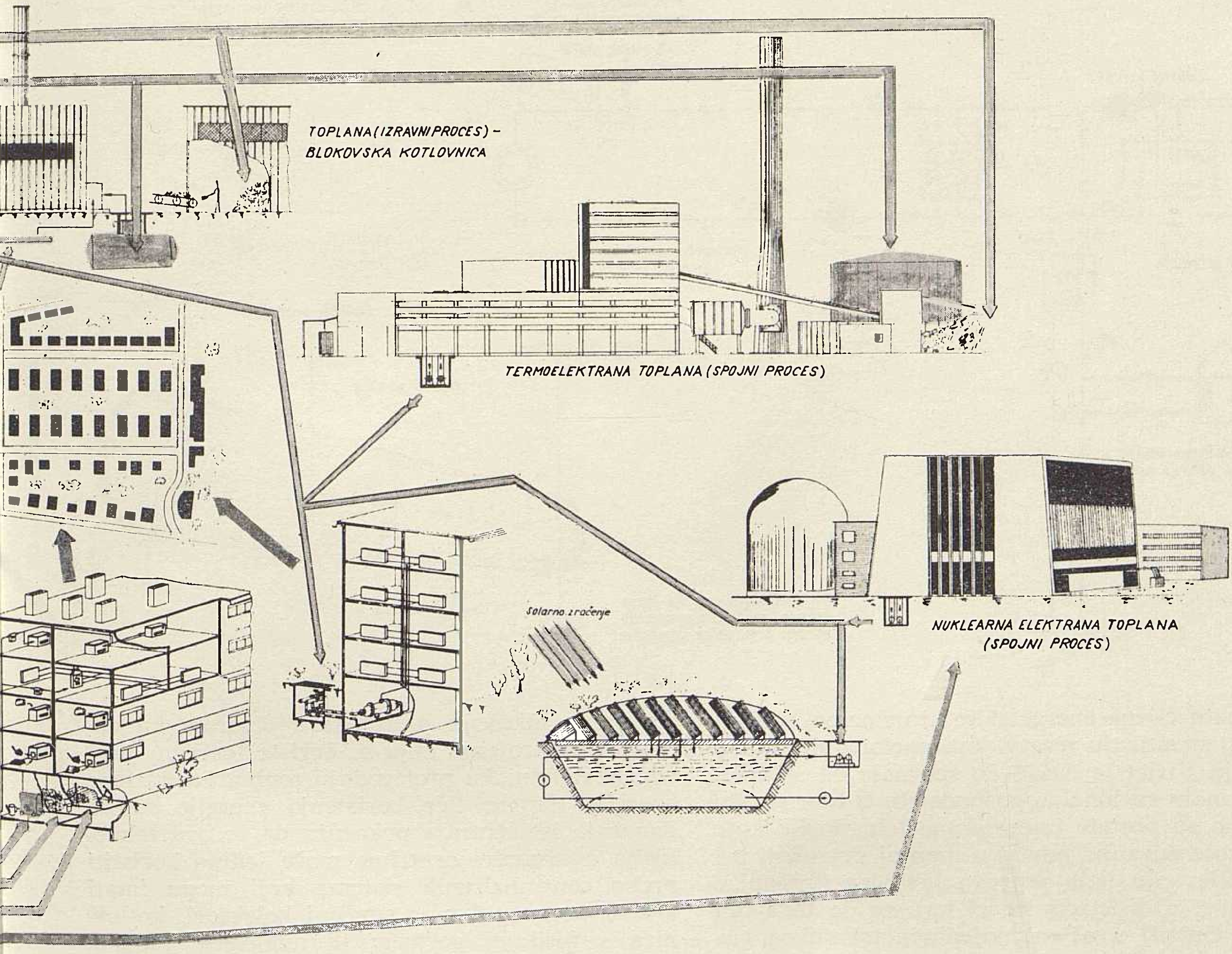
a) Kondenzacijska termoelektrana

b) Kondenzacijsko oduzimno postrojenje spojnog procesa

c) Protutlačno postrojenje

Sl. 2. Raspored energetskih tokova — Sankey-ev dijagram

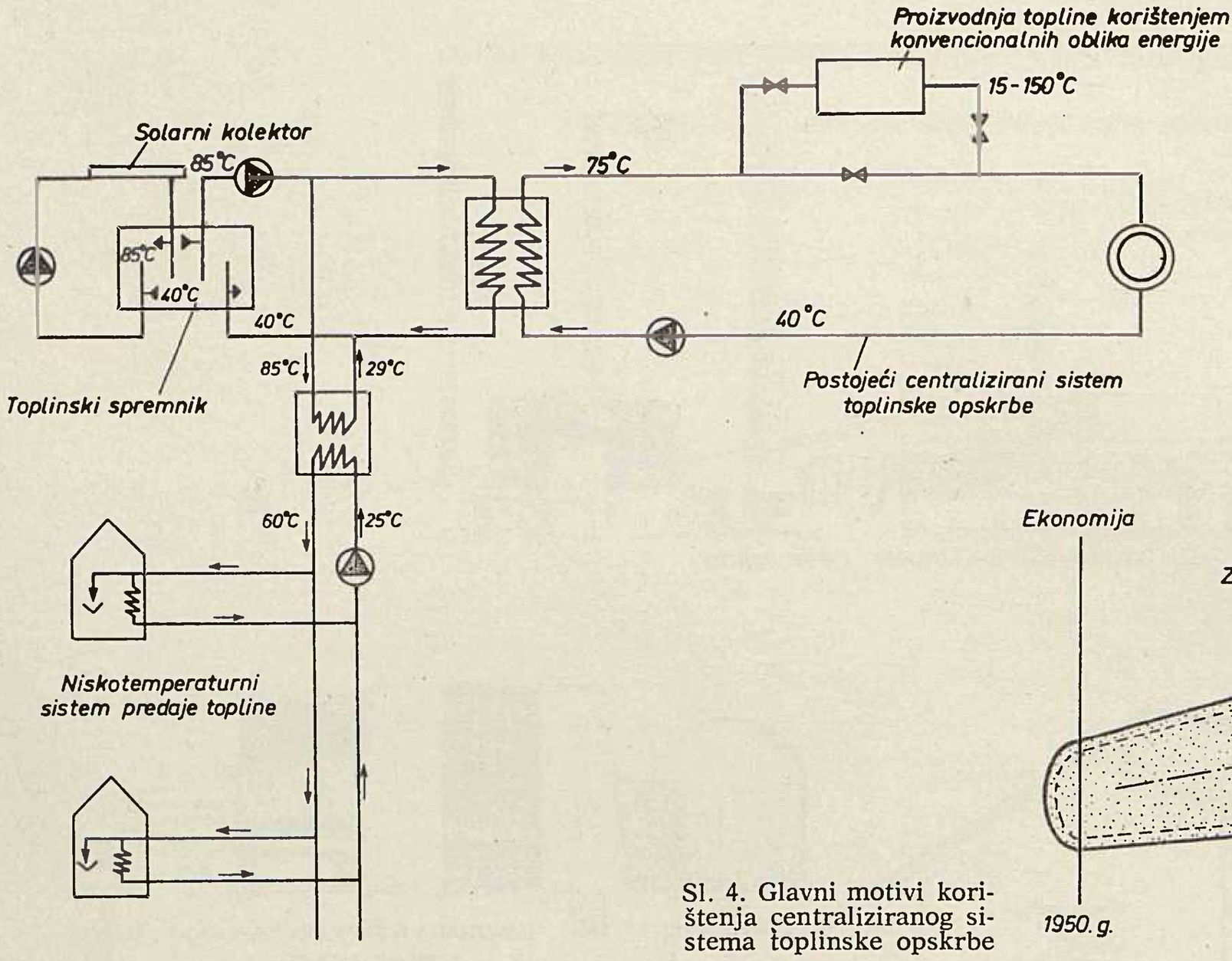
Racionalno korištenje energije podrazumijeva u prvom redu optimalan izbor oblika energije, postrojenja za transformaciju, te vođenje postrojenja u pogonu. Racionalizacija potrošnje ne mora značiti smanjenje potrošnje kod krajnjeg korisnika, kako se to obično shvaća, jer takvim pristupom ne moramo uvijek ostvariti štednju goriva, što je osnovni cilj.



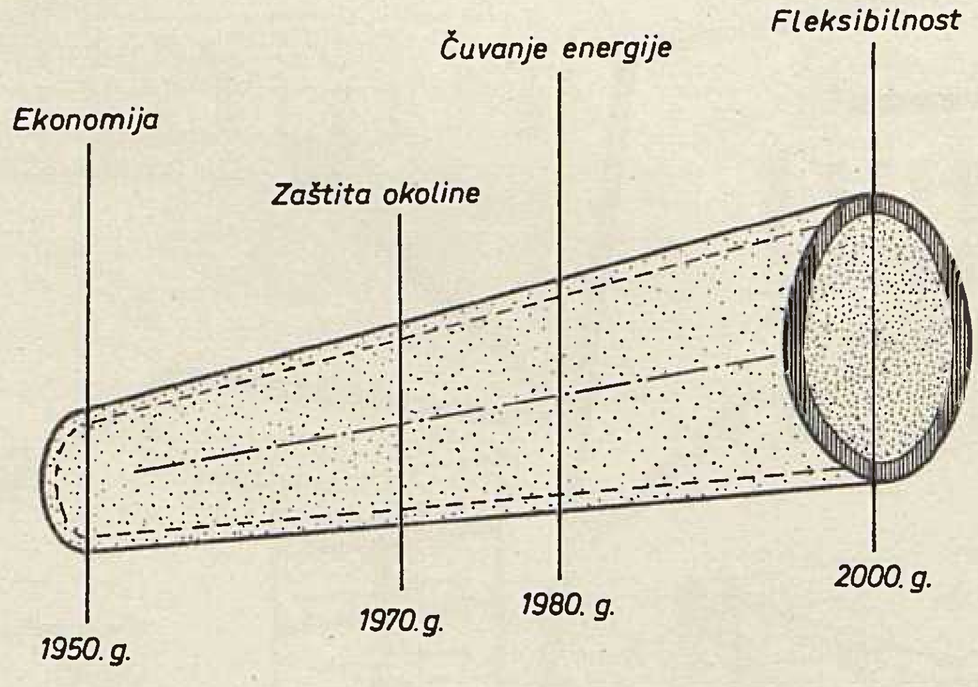
Ideja o zajedničkoj proizvodnji toplinske i električne energije u proizvodnim jedinicama spojnog procesa stara je više desetljeća. U prvo vrijeme osnovni moto korištenja ovog principa zasnivao se na ukupnoj ekonomiji takvog rješenja u usporedbi s odvojenim sistemima proizvodnje topline i električne energije. U uvjetima stalnog rasta potrošnje električne energije došlo je i do povezivanja korisnika električne energije u velike sisteme koji su omogućili izgradnju velikih jediničnih snaga proizvodnih jedinica. Veličina jediničnih snaga proizvodnih jedinica spojnog procesa u osnovnoj je ovisnosti veličine toplinskog konzuma. Veliki elektroenergetski sistemi omogućuju izgradnju, odnosno uključivanje većih jediničnih snaga no što su potrebe toplinskih sistema. Pri tome se pojavljuju razlike u korist kondenzacijskih termoelektrana u pogledu nižih specifičnih troškova izgradnje (jednom zbog većih jediničnih snaga, a drugi put zbog manje složenosti postrojenja), te nižih specifičnih potrošaka topline za dio kondenzacijske proizvodnje proizvodnih jedinica spojnog procesa.

U pogledu goriva kondenzacijske termoelektrane mogu ostvariti određenu prednost upotrebom jeftinijih goriva, što je vezano s izgradnjom takvih jedinica na lokalitetima gdje se nalaze nalazišta (rudnici ugljena). Proizvodne jedinice spojnog procesa u pravilu se koriste kvalitetnim gorivima, koja podnose veće troškove transporta; ugljenom veće kalorične vrijednosti, mazutom i plinom. Tome je razlog njihova lokacija u urbanim centrima, koji su, u pravilu, udaljeni od velikih rudnika ugljena, gdje su proizvodni troškovi eksploatacije i cijena takvog goriva najniži. U uvjetima relativno niskih cijena goriva zajednička proizvodnja toplinske i električne energije s ekonomskoga gledišta gubi praktični smisao. Ta tehnologija bila je na granici daljnje primjene sedamdesetih godina, posebno zbog relativno niskih cijena nafte na svjetskom tržištu. U to vrijeme uloga centraliziranog sistema predaje topline nije se mogla zasnivati na ekonomskim principima koliko na doprinosu smanjenju zagađenja okoline, posebno u velikim urbanim centrima.

Nakon energetske krize koja se pojavila 1973. god., kad su cijene nafte i naftinih derivata naglo porasle, u svijetu su se počeli tražiti novi putovi za prevladavanje nastalih poteškoća. Mnoga istraživanja koja su provedena u to vrijeme pokazala su da naftna kriza nije nikakav prolazni fenomen, nego da će se takva situacija u blažem ili jačem obliku nastaviti, jer uzrok krize nije bio



Sl. 3. Korištenje energije sunca za toplinsku opskrbu u centraliziranom toplinskom sistemu



Sl. 4. Glavni motivi korištenja centraliziranog sistema toplinske opskrbe

u porastu cijena energetskim sirovinama, nego u naglom smanjenju rezervi konvencionalnih oblika energije. Svijet je došao do spoznaje da se energijom mora racionalno gospodariti. U tom smislu posebno su postale interesantne tehnologije koje pridonose čuvanju, odnosno manjoj potrošnji pri zadovoljavanju istih potreba krajnjeg korisnika. Pri tome investicijski izdaci koji su do tada bili glavni činitelj u ocjeni pojedinog tehničkog rješenja gube važnost, zbog većeg utjecaja eksploatacijskih troškova u ukupnim troškovima. Takve okolnosti pridonijele su da zajednička proizvodnja toplinske i električne energije dobiva posebno mjesto u svjetskoj energetskoj privredi. Mnoge zemlje u svijetu koje do tada nisu imale iskustva u primjeni ove tehnologije započele su s intenzivnim istraživanjima (SAD, Kanada, Velika Britanija, Francuska itd.) o mogućnosti primjene ove tehnologije u njihovim uvjetima.

Važno je napomenuti da se s velikom pozornošću razmatraju uvjeti korištenja nuklearnih postrojenja lociranih u blizini velikih urbanih centara za podmirenje toplinskih potreba (Švedska, Finska, SR Njemačka, SAD, Kanada, SSSR, ČSSR, Švicarska itd.), a sve radi smanjenja potrošnje drugih oblika energije na račun korištenja topline niskotemperaturnog nivoa »otpadne topline« iz takvih postrojenja i manjeg zagađivanja zraka u urbanim sredinama.

Zanimljivo je razmatrati kakva je perspektiva ove tehnologije u daljnjoj budućnosti, posebno na mogućnost primjene nekonvencionalnih oblika energije, s obzirom na skupe instalacije za distribuciju topline i njihov relativno dug vijek trajanja (do 50 god.).

Korištenje energije fuzije u biti se svodi na primjenu paroturbinskog ciklusa, pa u tom smislu nema nikakvih promjena s obzirom na postojeća postrojenja koja se koriste fosilnim gorivom za zajedničku proizvodnju topline i električne energije. Što se tiče korištenja energije sunca, današnja istraživanja pokazuju da se ova tehnologija u urbanim centrima može jedino koristiti preko centraliziranih sistema koji mogu imati više izvora napajanja: sunčani kolektori, kotlovnica s fosilnim gorivom ili nuklearne toplane (sl. 3).

Prema navedenom proizlazi da centralizirani sistem opskrbe toplinom ima važnu značajku kod primjene novih nekonvencionalnih oblika energije u svojoj fleksibilnosti odnosno neosjetljivosti koji se oblik energije koristi pri transformaciji, jer medij i sistem za prijenos i predaju topline ostaju nepromijenjeni. Vremenski promatrano, glavni motivi za korištenje centraliziranog sistema opskrbe znatno se razlikuju (sl. 4), ali svaki od njih pridonosi daljnjem razvitku ove tehnologije.

3. MODEL ZA ODREĐIVANJE OPTIMALNE OPSKRBE TOPLINOM

U uvjetima urbane sredine gdje se javljaju znatne potrebe za ogrjevom i tehnološkom toplinom, potrebno je odgovoriti na pitanje kakvu je toplinsku opskrbu optimalno primijeniti. Pri tome se misli na određivanje optimalne strukture goriva i uređaja, odnosno postrojenja potrebnih za transformaciju energije goriva u toplinu.

Optimalna opskrba bit će postignuta kad se postigne opskrba toplinom s minimalnim ukup-

nim troškovima uz zadovoljenje ograničenja koja se mogu pojaviti (ograničenje količina pojedinih vrsta goriva, ograničenje zagađivanja okoline i sl.).

Kod određivanja optimalne energetske strukture misli se na određivanje strukture primarnih oblika energije: ugljen, drvo, zemni plin, te transformiranih oblika: topla voda, para, gradski plin, derivati nafte i električna energija. Pri tome je potrebno utvrditi i optimalnu strukturu postrojenja za transformaciju uključujući odgovarajuće sisteme za prijenos i distribuciju topline gdje to postoji (sl. 1).

Sisteme toplinske opskrbe dijelimo na direktne i indirektne, ovisno o položaju izvora za proizvodnju topline prema korisniku topline (1). Unutar svakog sistema postoje različita tehnička rješenja s obzirom na vrstu goriva (drvo, ugljen, loživo ulje, zemni i gradski plin) kod direktnog sistema, te vrste goriva i nivoa centralizacije (etažno grijanje, kućne kotlovnice, blokovske kotlovnice, centralne toplane) kod indirektnog sistema grijanja.

Daljnji značajni činitelji pri optimalizaciji opskrbe toplinom jesu toplinske karakteristike objekata kojima se dovodi toplina, gustoća toplinskog konzuma i klimatske karakteristike.

Pojedini sistemi grijanja imaju različite investicije i pogonske troškove. Ovisno o vrsti sistema različit je njihov vijek trajanja, a isto tako doprinos zagađivanju okoline (onečišćenju zraka). Za uspoređivanje troškova pogodno je promatrati takozvane ukupne ekvivalentne godišnje troškove grijanja jedinice površine u odabranom vremenskom intervalu (N), svedenu na sadašnju vrijednost (1).

Svako urbano područje sastoji se od više takozvanih urbanističkih, odnosno građevinskih kazeta. Za svaku građevinsku kazetu potrebno je postaviti sistem jednadžbi, čiji broj odgovara broju mogućih rješenja, s tim da se u takvom sistemu jednadžbi u prvom koraku ne promatra rješenje s centralnom toplanom. Uključivanjem u model centralnih toplana problem se proširuje na uključivanje u razmatranje proizvodnih jedinica spojnog procesa. Tada dolazi do međusobnog utjecaja prilika u toplinskom i elektroenergetskom sistemu. Optimalizacija zajedničkog (elektroenergetskog + toplinskog sistema) prikazat će se u nastavku.

Jednadžba troškova za jednu građevinsku kazetu predstavlja zbroj svih ekvivalentnih troškova za moguću opskrbu ogrjevnom toplinom s mogućim načinima opskrbe. Ova jednadžba predstavlja jednadžbu cilja u linearnom programiranju koji treba minimizirati:

$$ET_{KGEL} + \sum_{R} ET_{KGLI} + \sum_{R} ET_{KGM} + ET_{KGOD} + ET_{KGGP} +$$

$$+ ET_{KGZP} + ET_{EGEL} + \sum_{R} ET_{EGLI} + \sum_{R} ET_{EGM} +$$

$$+ ET_{EGGP} + ET_{EGZP} + \sum_{VIT} ET_{KKEL} + \sum_{VIT} ET_{KKTL} +$$

$$+ \sum_{VIT}\sum_{R} ET_{KK_{LI}} + \sum_{VIT}\sum_{R} ET_{KKM} + \sum_{VIT} ET_{KKGP} +$$

$$+ \sum_{VIT} ET_{KKZP} + \sum_{VIT} ET_{BKEL} + \sum_{VIT} EL_{BKTL} + \sum_{VIT}\sum_{R} ET_{BKLI} +$$

$$+ \sum_{VIT}\sum_{R} ET_{BKM} + \sum_{VIT} ET_{BKZP} + \sum_{VIT} ET_{BKOT} \qquad (1)$$

Da bi se odgovorilo na pitanje koji je sistem centralizirane opskrbe optimalan, potrebno je promatrati ukupne troškove unutar postavljenih granica sistema. Granice sistema postavljaju se tako da obuhvaćaju sistem za proizvodnju toplinske ili električne energije ako ona postoji, te sistem za prijenos topline do mjesta potrošnje. U osnovi ovog promatranja pojavljuje se opskrba toplinskih korisnika toplinom iz:

a) blokovskih kotlovnica,

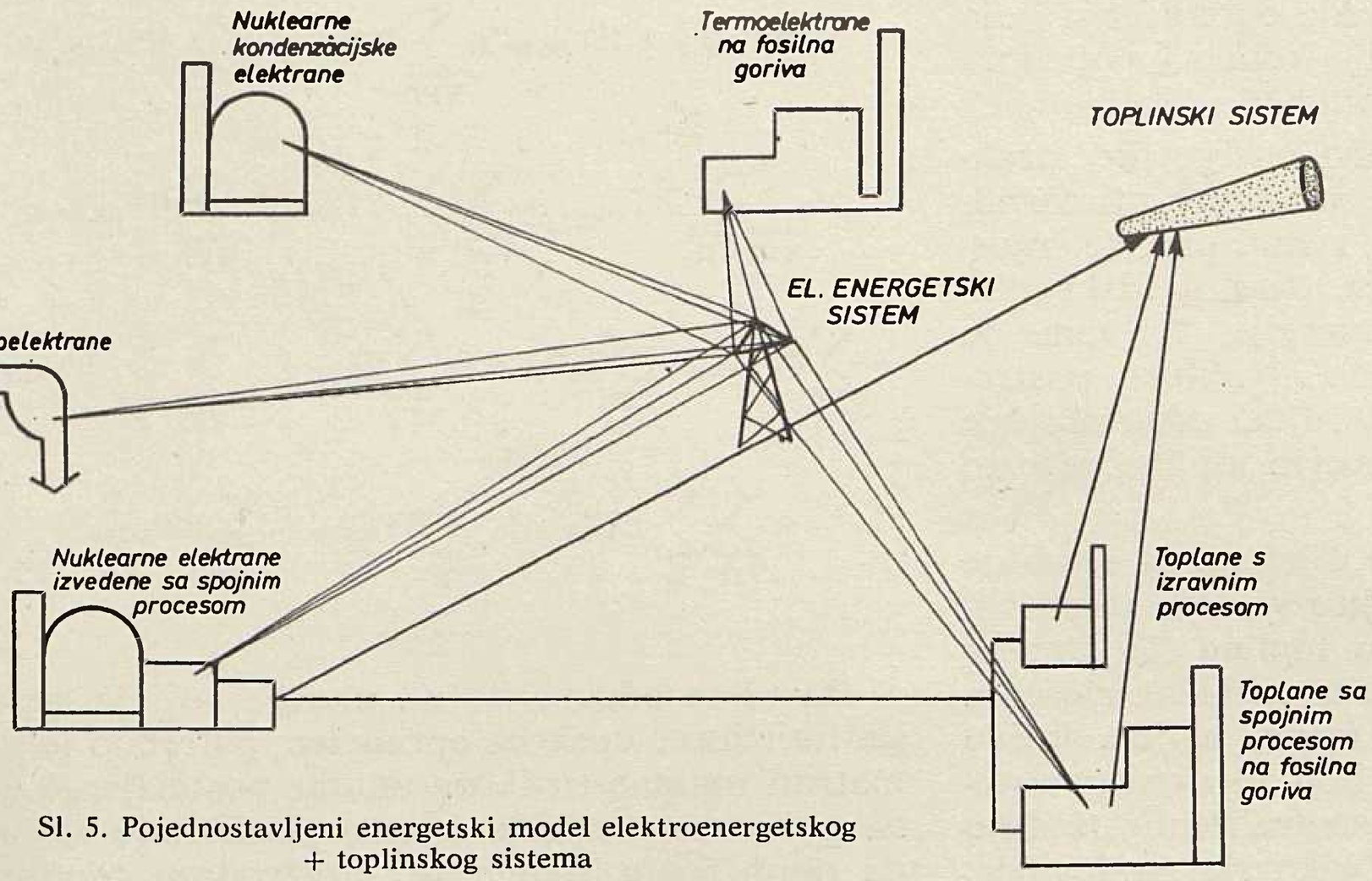
b) centralne toplane.

Kada je riječ o centralnoj toplani, tj. najvišoj formi centralizirane opskrbe, gdje je grupiranje toplinskog konzuma na najvišoj razini, nerijetko se pojavljuje potreba za odgovorom na pitanja postoji li opravdanost izgradnje spojnog procesa, a ako postoji, kada i kakav treba graditi.

Prema tome, pri analizi izbora vrste termoenergetskih izvora nužno je uključiti kao parametar proizvodnju električne energije, što našu analizu znatno komplicira s obzirom na to da se adekvatna količina električne energije može dobiti i iz drugih izvora (hidroelektrane, termoelektrane na tekuća, čvrsta i plinovita goriva, te nuklearne elektrane). S druge strane, proizvodnju toplinske energije moguće je ostvariti u nadomjesku spojnog procesa s izravnim procesom izvedenim u centralnim toplanama ili blokovskim kotlovnicama.

Izgradnja neke proizvodne jedinice u elektroenergetskom sistemu utječe na sve ostale proizvodne jedinice u elektroenergetskom sistemu. U slučaju izgradnje proizvodne jedinice spojnog procesa utjecaj se proširuje i na sve proizvodne jedinice u toplinskom sistemu u kojem će raditi. Uloga proizvodne jedinice spojnog procesa u elektroenergetskom sistemu ovisi o njezinim karakteristikama, karakteristikama ostalih proizvodnih jedinica u elektroenergetskom sistemu, karakteristika elektroenergetskog sistema, karakteristika proizvodnih jedinica u toplinskom sistemu i karakteristikama samoga toplinskog sistema.

Da bi se utvrdila uloga proizvodne jedinice spojnog procesa u toplinskom i elektronergetskom sistemu, potrebne su detaljne analize u



Sl. 5. Pojednostavljeni energetski model elektroenergetskog + toplinskog sistema

oba sistema, pri čemu je potrebno uzeti u obzir i utjecaj povećanja konzuma u oba sistema.

Mogućnost proizvodnje protutlačne električne energije u slučaju toplinskog ogrjevnog sistema ovisi o klimatskim prilikama koje se u nizu promatranih godina mijenjaju. Potrebna proizvodnja termoelektrana ovisi o mogućnosti proizvodnje hidroelektrana, a ona je pak ovisna o hidrološkim prilikama koje se u nizu promatranih godina mijenjaju.

Između promjena ogrjevnih prilika u nizu promatranih godina i promjena hidroloških prilika u odgovarajućim godinama ne mora, ali može postojati korelacijska ovisnost, pa je pri analizi prilika u elektroenergetskom i toplinskom sistemu potrebno promatrati isto višegodišnje razdoblje, kako bi se povezale odgovarajuće ogrjevne s odgovarajućim hidrološkim prilikama.

Potrebe električnog konzuma u elektroenergetskom i toplinskog konzuma u toplinskom sistemu moraju se zadovoljiti različitim tipovima proizvodnih izvora. Izgradnjom hidroelektrana, termoelektrana ili jednih i drugih mogu se zadovoljiti potrebe elektroenergetskog sistema. Potrebe toplinskog sistema mogu se zadovoljiti proizvodnim jedinicama izravnog procesa. Proizvodnim jedinicama spojnog procesa može se zadovoljiti potražnja toplinskih korisnika, ali i potražnja električnih korisnika (sl. 5).

Određivanje optimalne strukture proizvodnje električne i toplinske energije u elektroenergetskom i toplinskom sistemu za zadanu sigurnost opskrbe korisnika energije svodi se na određivanje sastava termoelektrana, hidroelektrana i proizvodnih jedinica spojnog procesa u elektroenergetskom sistemu, a proizvodnih jedinica spojnog procesa i izravnog procesa u toplinskom sistemu, koji zajedno daju minimalne ukupne troškove u oba sistema.

U općem slučaju u okviru jednog elektroenergetskog sistema može odvojeno djelovati više tolpinskih sistema koje zbog proizvodnih jedinica spojnog procesa treba zajednički promatrati pri određivanju optimalne strukture proizvodnje topline i električne energije.

Jednadžba troškova za energetski sistem (toplinski + elektroenergetski) sadrži sve troškove za moguću opskrbu ogrjevnom toplinom i električnom energijom unutar postavljenih granica sistema. Ova jednadžba predstavlja jednadžbu cilja, koju treba minimizirati:

$$\sum_{TG}\sum_{KBK}\sum_{VG}\sum_{VITK}(T_{BK}+T_{GBK}+T_{TMBK}+T_{EBK})+$$

$$+\sum_{HG}\sum_{VG}\sum_{VITH}\sum_{VITT}(T_H+T_T+T_{TD}+T_{EG}+T_{EM})_{ESBK}+$$

$$+\sum_{TG}\sum_{KCTIP}\sum_{VG}\sum_{VITIP}(T_{CTIP}+T_{GCTIP}+T_{TMCTIP}+T_{ECTIP})+$$

$$+\sum_{HG}\sum_{VG}\sum_{VITH}\sum_{VITT}(T_H+T_T+T_{TD}+T_{EG}+T_{EM})_{ESCTSP}+$$

$$+\sum_{TG}\sum_{KCTIP}\sum_{VG}\sum_{VITIP}(T_{CTISP}+T_{GCTSP}+T_{TMCTSP}+T_{ECTSP})+$$

$$+\sum_{HG}\sum_{VG}\sum_{VITH}\sum_{VITT}(T_H+T_T+T_{EG}+T_{EM}+T_{TD})_{ESCTSP}+$$

$$+\sum_{TG}\sum_{KCTSP}\sum_{VG}\sum_{VITSP}T_{CTSP} \qquad (2)$$

Svi troškovi u relaciji (2) predstavljaju aktualizirane troškove u odabranom vremenskom intervalu.

4. UTVRĐIVANJE PROMJENLJIVIH TROŠKOVA U TOPLINSKOM I ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU U SLUČAJU POSTOJANJA PROIZVODNIH JEDINICA SPOJNOG PROCESA

4. 1. Osnova metode

Pokrivanje toplinskog opterećenja u ogrjevnom i/ili tehnološkom toplinskom sistemu moguće je obaviti proizvodnim jedinicama spojnog i izravnog procesa. Neovisno o udjelu toplinske snage

iz spojnog ili izravnog procesa, ukupna potrebna toplina toplinskih korisnika koja je definirana krivuljom trajanja toplinskog opterećenja (sl. 6) bit će zadovoljena

$$EQ = E\,T_v + E\,T_{sp}. \qquad (3)$$

U elektroenergetskom sistemu ukupna potrebna energija bit će zadovoljena proizvodnjom u hidroelektranama, termoelektranama i proizvodnim jedinicama spojnog procesa:

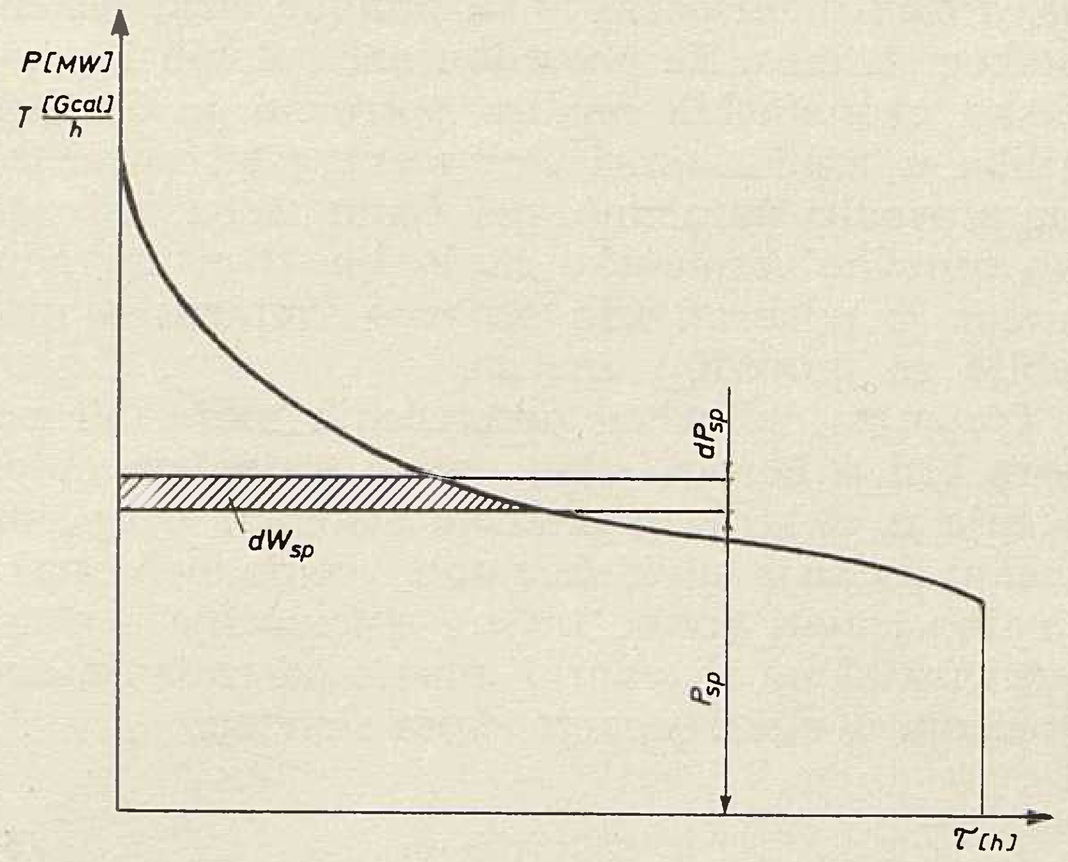
$$W = W_h + W_{te} + W_{sp}. \qquad (4)$$

Pri postojanju proizvodnih jedinica spojnog procesa, osnovni problem svodi se na zadovoljenje jednadžbi (3) i (4) uz minimum troškova goriva u oba sistema. Da bi se utvrdili troškovi goriva u toplinskom i elektroenergetskom sistemu, potrebno je provesti analize prilika u toplinskom i elektroenergetskom sistemu. Analiza prilika u toplinskom sistemu u kojem rade proizvodne jedinice spojnog procesa prethode analizama prilika u elektroenergetskom sistemu (4).

Određivanje angažiranja proizvodnih jedinica spojnog procesa i proizvodnih jedinica termoelektrana u dijagramu opterećenja u elektroenergetskom sistemu radi utvrđivanja troškova goriva znatno se komplicira u odnosu kad u sistemu nema proizvodnih jedinica spojenog procesa.

Određivanje mjesta proizvodnih jedinica u dijagramu opterećenja elektroenergetskog sistema u tijesnoj je povezanosti s prilikama koje vladaju u toplinskom sistemu, ali je u direktnoj ovisnosti o prilikama koje vladaju u elektroenergetskom sistemu. Moguće je da postoje uvjeti proizvodnje topline proizvodnih jedinica spojnog procesa u toplinskom sistemu, a znači i proizvodnje protutlačne električne energije. No to ne znači da postoje i uvjeti za njezino plasiranje u elektroenergetski sistem. To ne treba shvatiti kao da u elektroenergetskom sistemu nema proizvodnje, već da vladaju prilike koje ne omogućuju (ako se poštiva troškovni kriterij) plasiranje takve energije u elektroenergetski sistem. Mogućnost pojave takvih uvjeta nije samo teorijska pretpostavka, već realno promatranje prilika, uz primjenjivanje jednakih kriterija o redoslijedu angažiranja za svaku termoenergetsku proizvodnu jedinicu u elektroenergetskom sistemu. Pojava takvih uvjeta moguća je pri povoljnim hidrološkim prilikama, kad se smanjuje potreba snage i energije iz termoelektrana.

Proizvodne jedinice spojnog procesa, iako imaju najmanji specifični potrošak topline pri proizvodnji protutlačne električne energije, ne moraju imati najmanje troškove goriva. Kad proizvodne jedinice termoelektrana koriste različite vrste goriva (uran, ugljen, tekuće i plinovito gorivo), odnos specifičnih cijena goriva može u današnjim uvjetima u graničnom slučaju uspo-



Sl. 6. Krivulja trajanja opterećenja u toplinskom sistemu

redbe urana i ekstralakog ulja biti 1:11. Odnos specifičnih cijena urana i mazuta 1:5, a urana i ugljena 1:2,6. Specifični potrošak topline za protutlačnu električnu energiju u najpovoljnijem slučaju može iznositi oko 1 000 kcal/kWh, dok je specifični potrošak topline u nuklearnim elektranama oko 2 600 kcal/kWh u termoelektranama na ugljen 2 600—2 900 kcal/kWh. Razlika u specifičnom potrošku topline između proizvodnih jedinica spojnog procesa i proizvodnih jedinica ostalih termoelektrana nije dovoljna da se nadoknadi razlika u cijeni goriva ako se npr. toplana koristi teškim loživim uljima, pa će proizvodne jedinice spojnog procesa biti angažirane iza nuklearnih elektrana, a jedva da dolaze ispred termoelektrana na ugljen.

Usvojena pretpostavka o energetskoj raspodjeli troškova goriva kod proizvodnih jedinica spojnog procesa za proizvodnju toplinske i električne energije daje graničnu mogućnost plasmana protutlačne električne energije u elektroenergetski sistem, što znači da se promatraju najpovoljniji uvjeti u pogledu angažiranja takvih proizvodnih jedinica u elektroenergetski sistem.

U osnovi, postoje dva tipa proizvodnih jedinica spojnog procesa:

a) protutlačne,

b) kondenzacijsko oduzimne.

Kod prvih je proizvodnja električne energije u funkcijskoj ovisnosti o proizvodnji topline, pa je pri analizi prilika u elektroenergetskom sistemu potrebno točno poznavati mogućnosti proizvodnje električne energije i njezin raspored tijekom vremena. Kod kondenzacijsko oduzimnih proizvodnih jedinica spojnog procesa samo proizvodnja protutlačne električne energije u ovisnosti je proizvodnje topline, pa se u svim uvjetima može postići maksimalna snaga i proizvodnja prema potrebama elektroenergetskog sistema.

Proizvodne jedinice spojnog procesa ostvaruju proizvodnju topline za potrebe toplinskog siste-

ma, a električnu energiju za potrebe elektroenergetskog sistema. Za provedbu energetskih i energetsko ekonomskih analiza potrebno je analizu prilika u toplinskom i elektroenergetskom sistemu provoditi paralelno, pri čemu treba izabrati isto osnovno vremensko razdoblje. U ovom radu mjesec je odabran kao osnovno vremensko razdoblje za provedbu analiza.

Trajanje toplinskog opterećenja može, ali ne mora biti u korelacijskoj vezi s trajanjem opterećenja u elektroenergetskom sistemu. U općem slučaju trajanje toplinskog opterećenja može maksimalno trajati koliko traje i opterećenje u elektroenergetskom sistemu ili manje od trajanja opterećenja u elektroenergetskom sistemu:

$$\tau_k \leq 24\,(r + n). \qquad (5)$$

Ogrjevni i tehnološki toplinski sistem mogu biti takvi da je njihovo vrijeme trajanja opterećenja u pojedinim mjesecima manje od vremena trajanja u elektroenergetskom sistemu. To je posebno karakteristično za ogrijevni toplinski sistem koji u pravilu ima prekid pri klimatskim uvjetima kada nema potrebe za ogrjevnom toplinom.

Postupak za određivanje angažiranja i troškova goriva proizvodnih jedinica spojnog procesa i termoelektrana u elektroenergetskom sistemu temeljen je na korištenju metode konstantne i varijabilne energije (5), a prikazan je detaljno u (4). Računski model za utvrđivanje troškova goriva u toplinskom i elektroenergetskom sistemu u uvjetima rada proizvodnih jedinica spojnog procesa temeljen na (4) i razrađen je u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu.

4. 2. Opis modela

Model je postavljen tako da je moguće promatrati različita rješenja za zadovoljenje opskrbe korisnika u toplinskom i elektroenergetskom sistemu. Promatranja se protežu na izbor vrste postrojenja, izravni ili spojni proces za zadovoljenje toplinskih korisnika u toplinskom sistemu, termoelektrane, hidroelektrane i proizvodne jedinice spojnog procesa za zadovoljenje potreba u elektroenergetskom sistemu. Utjecaj veličina i vrsta postrojenja s obzirom na pogonsko gorivo može se promatrati pomoću navedenog modela.

Za svaku alternativu pomoću modela TOPBIL određuje se potrebna snaga proizvodnih jedinica za zadanu sigurnost opskrbe u toplinskom sistemu, proizvodnja topline proizvodnih jedinica spojnog i izravnog procesa, te troškovi goriva u toplinskom sistemu.

Modelom BILA optimira se angažiranje i određuje potrebna snaga termoelektrana za zadanu sigurnost opskrbe potrošača u elektroenergetskom sistemu. Za svaku alternativu promatra se utjecaj hidroloških prilika na potrebnu snagu proizvodnje termoelektrana. Ovim modelom može se promatrati utjecaj veličine agregata termoelektrana na potrebnu snagu termoelektrana u sistemu.

Međuzavisnost između toplinskog i elektroenergetskog sistema obuhvaćena je modelom TRGO TETO. Modelom TOPBIL određuje se moguća proizvodnja topline i troškovi goriva proizvodnih jedinica izravnog i spojnog procesa u toplinskom sistemu, pa se na temelju prilika u elektroenergetskom sistemu može pomoću modela TRGO TETO odrediti prihvaćena proizvodnja protutlačne i kondenzacijske energije, proizvodnih jedinica spojnog procesa, ako ona postoji. U okviru ovog modela postavljena je ovisnost proizvodnje protutlačne el. energije o toplinskoj potražnji i termodinamičkim parametrima nosioca topline.

Razlike u raspoloživosti proizvodnih jedinica u toplinskom i elektroenergetskom sistemu dovode do povećanih troškova u toplinskom sistemu zbog djelomične proizvodnje preko redukcijskih stanica.

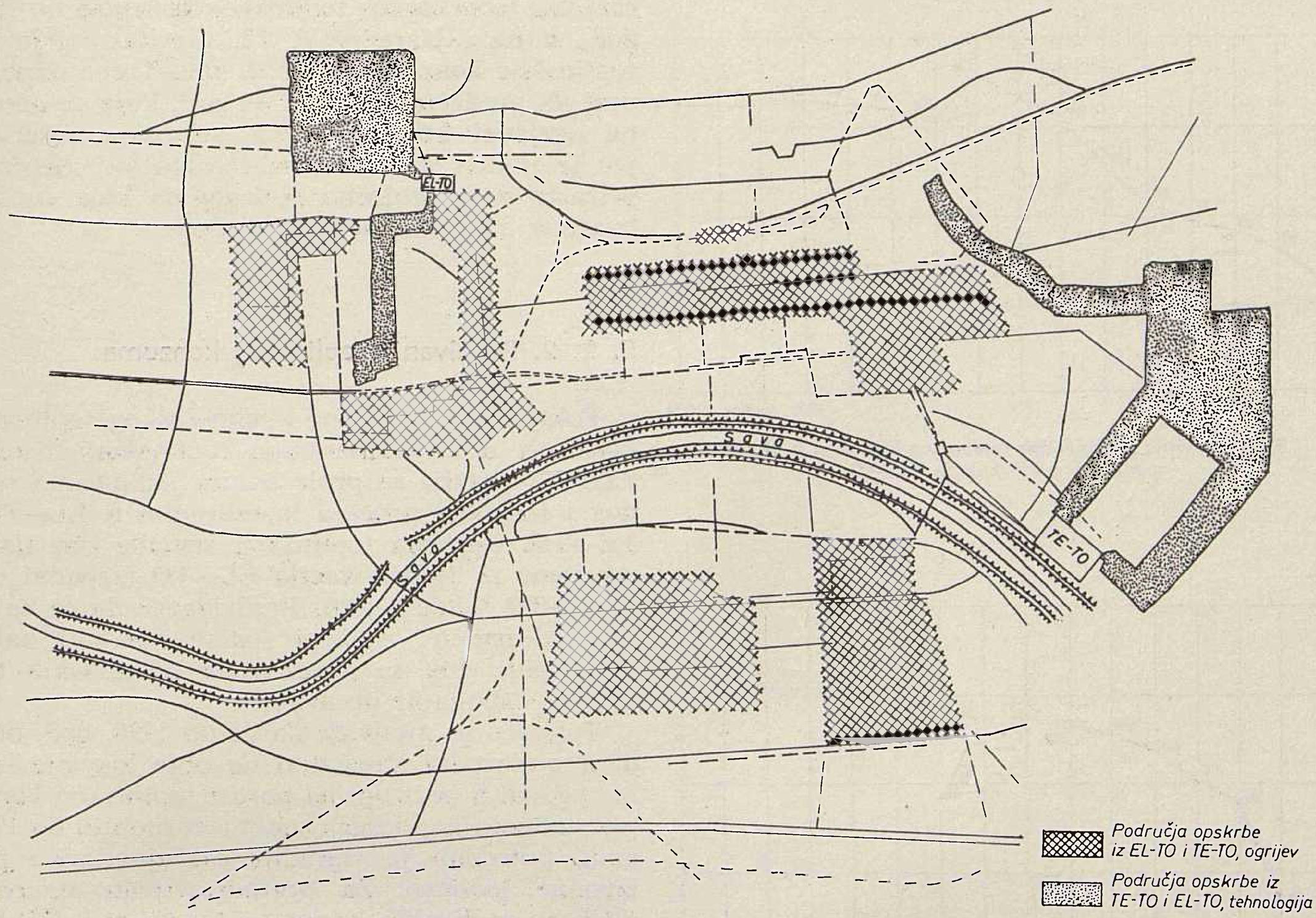
Ako se dio moguće proizvodnje ne angažira u elektroenergetskom sistemu, pojavljuju se dodatni troškovi pri proizvodnji topline u istoj proizvodnoj jedinici, jer se ostvaruje preko redukcijske stanice. Tim modelom utvrđuju se troškovi za gorivo u elektroenergetskom sistemu i dodatni troškovi zbog rada redukcijskih stanica kod proizvodnih jedinica spojnog procesa.

5. EKONOMSA ANALIZA RAZLIČITIH RJEŠENJA TOPLINSKE OPSKRBE

5. 1. Općenito

Ekonomsku analizu različitih rješenja toplinske opskrbe u centraliziranom toplinskom sistemu s proizvodnim jedinicama spojnog procesa uvijek treba provoditi tako da se promatraju ukupni troškovi (električni + toplinski) energije u zajedničkom sistemu (vidi 3. i 4). Sasvim je pogrešan pristup ako se promatraju troškovi samo jednog oblika energije, toplinske ili električne, dobivene iz spojnog procesa i uspoređuju sa takvom energijom dobivenom iz postrojenja koje proizvodi samo toplinu ili električnu energiju. Kod takvog pristupa izostavlja se međuutjecaj dvaju sistema, a u prvi plan se stavlja unaprijed pretpostavljena raspodjela stalnih i promjenljivih troškova, koja može ponekad dovesti do apsurdnih rješenja.

Opisana metoda u (3. i 4), objektivizira rješenja u cijelosti. Njena primjena pokazat će se za slučaj traženja optimalne strukture proizvodnih jedinica u toplinskom sistemu Zagreba u razdoblju 1980—1990. god.

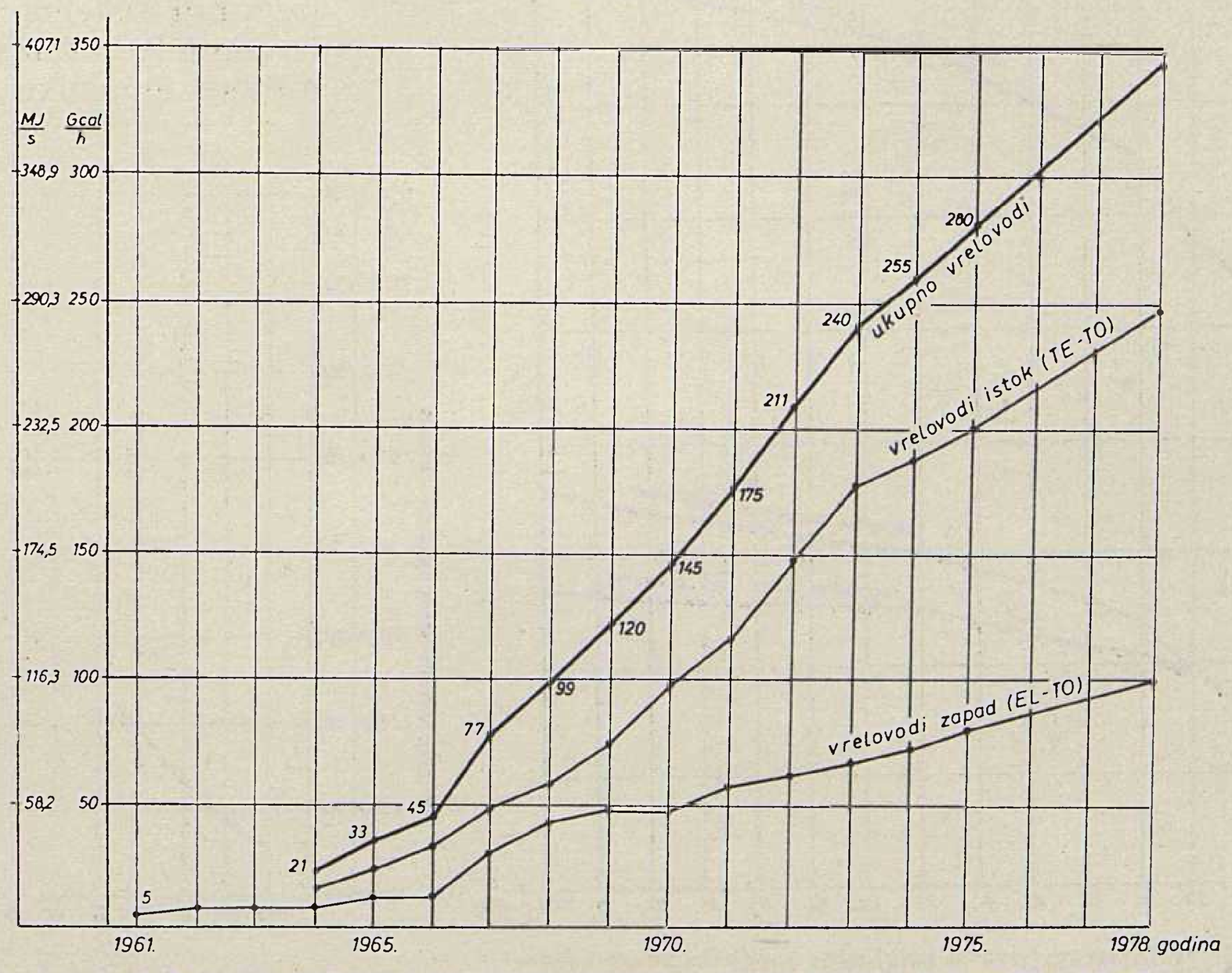


Sl. 7. Područja opskrbe iz centraliziranog toplinskog sistema

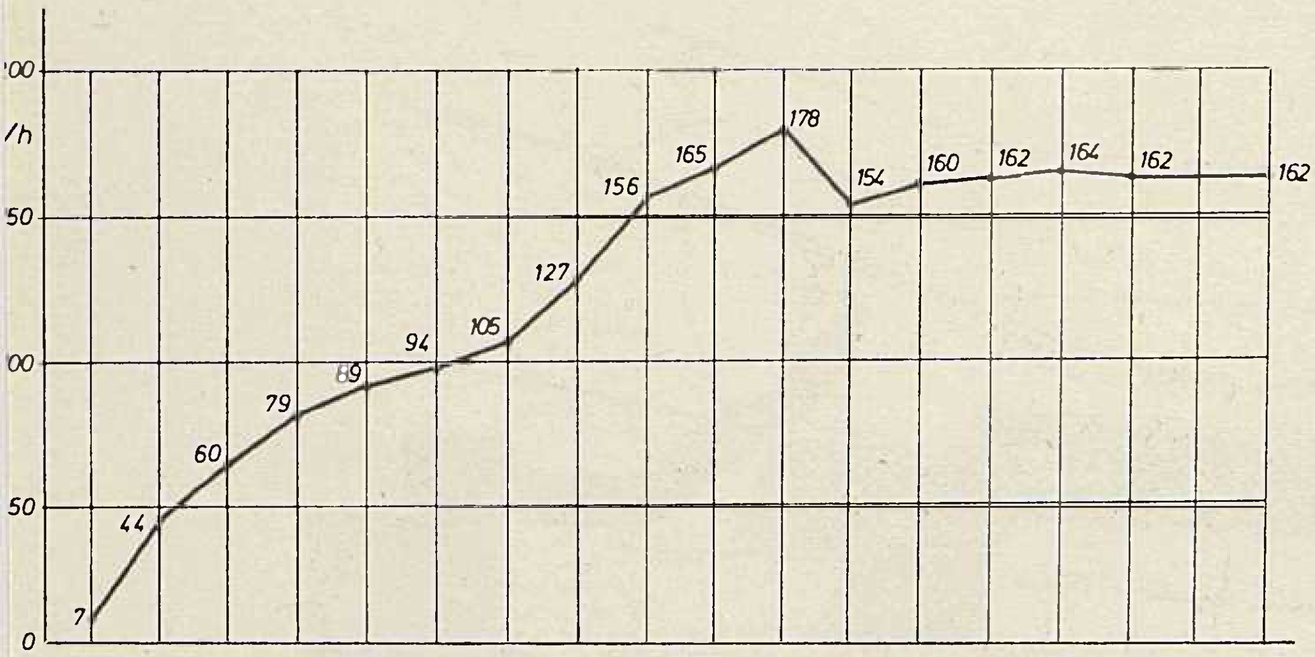
5. 2. Osnovne karakteristike toplinskog sistema

5. 2. 1. Toplinski konzum

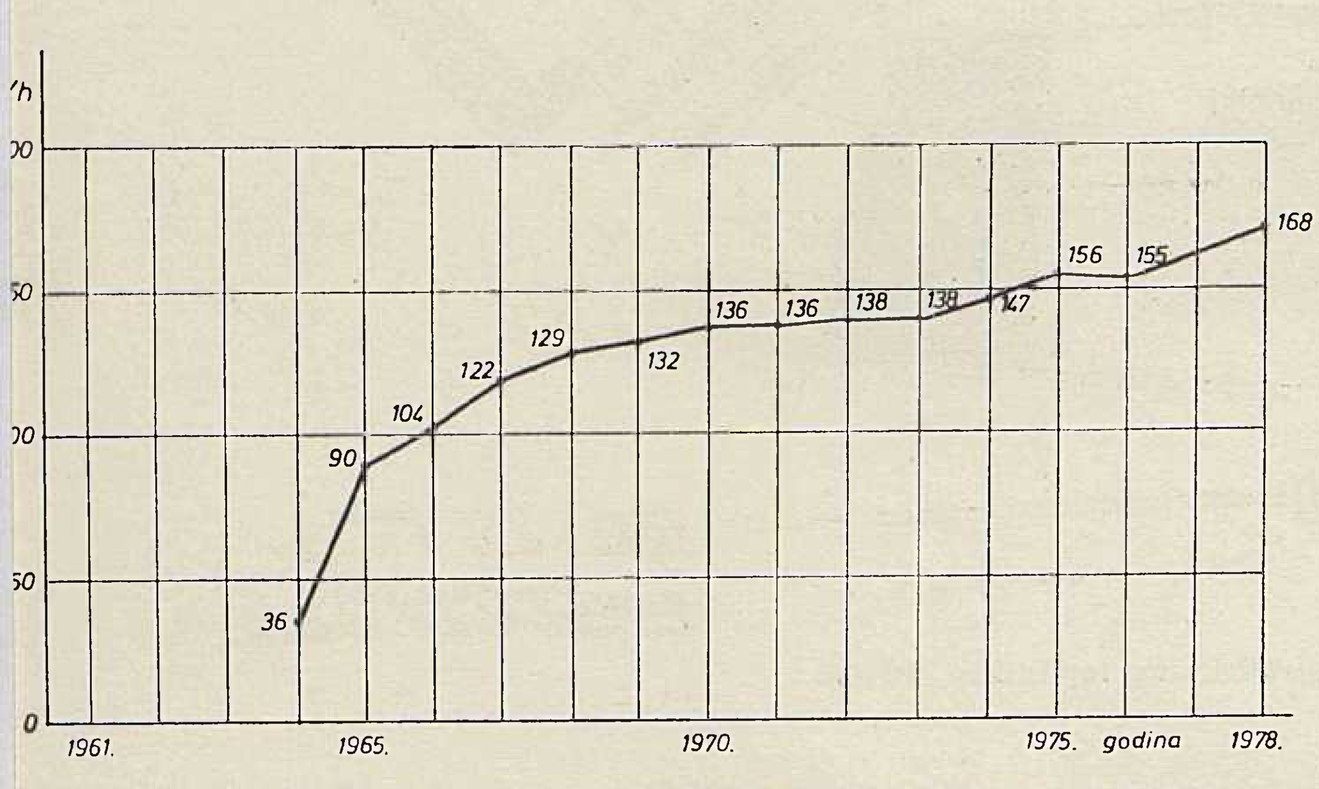
Centralizirani toplinski sistem Zagreba sačinjavaju ogrjevni i tehnološki korisnici koji su međusobno povezani toplinskim mrežama (vrelovodnim i parnim) na proizvodne izvore u EL—TO i TE—TO. Svaka od toplana opskrbljuje toplinom ogrjevne i tehnološke korisnike koji im gravitiraju. Međusobna povezanost toplinskih mreža (vrelovodnih i parnih) između istočnog i zapadnog područja za sada ne postoji, pa je pokrivanje toplinskih opterećenja ogrjevnih i tehnoloških korisnika iz pojedinih toplana bilo odvojeno. Dosadašnji razvitak toplinskog konzuma, ogrjevnih i tehnoloških korisnika prikazan je na sl. 8, 9. i 10. Predviđa se da će u razdoblju 1980. — 1990. znatno porasti ogrjevni i tehnološki toplinski konzum na području za koje je prethodno predviđeno da se opskrbljuje iz centraliziranog toplinskog sistema. Na dijagramu sl. 11. prikazan je predviđeni



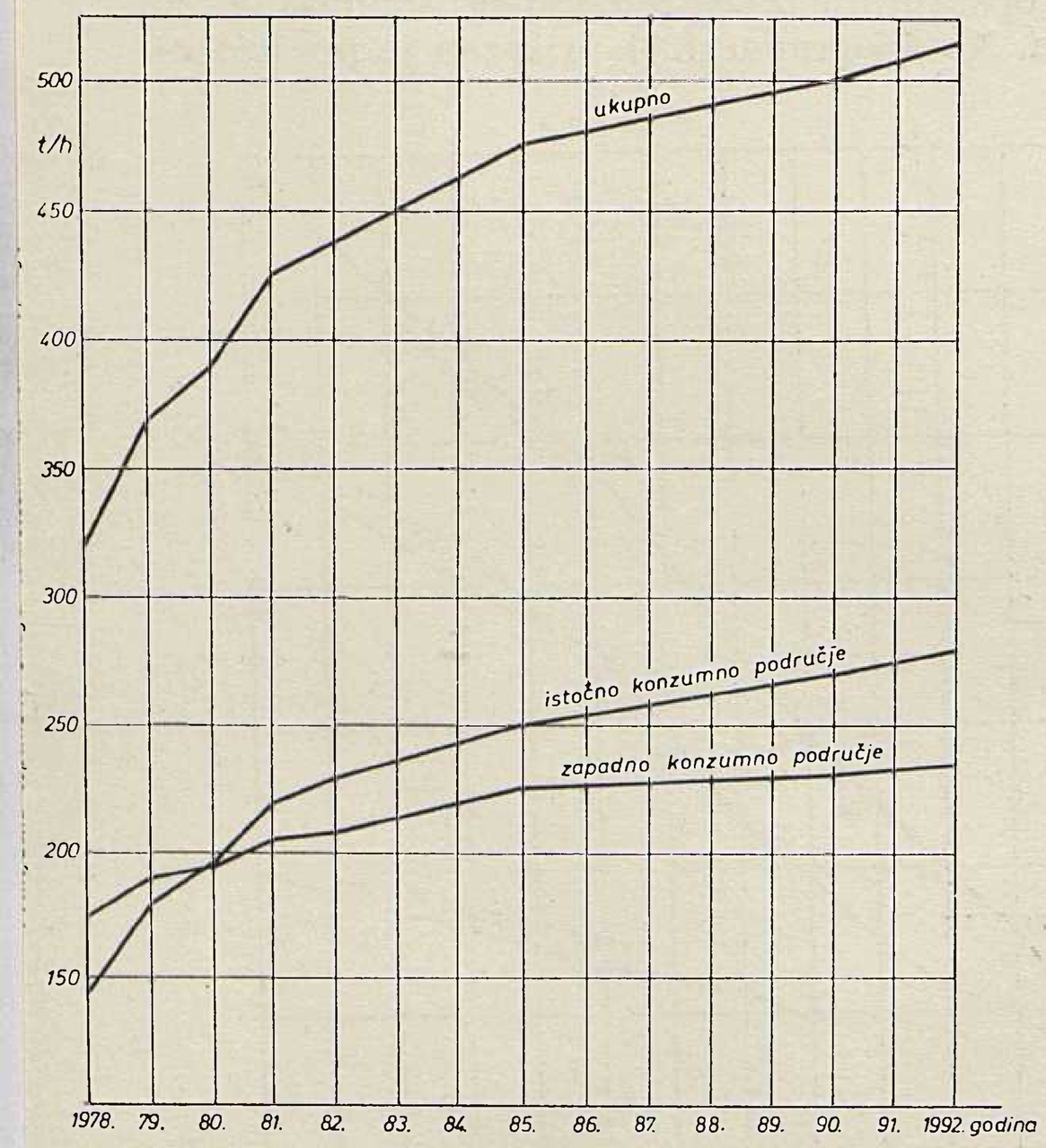
Sl. 8. Razvitak ogrijevnog toplinskog konzuma u okviru opskrbe iz EL—TO i TE—TO



Sl. 9. Razvitak tehnološkog toplinskog konzuma u okviru područja pokrivanja iz EL—TO



Sl. 10. Razvitak tehnološkog toplinskog konzuma u okviru područja pokrivanja iz TE—TO



Sl. 11. Dijagram porasta priključne toplinske snage tehnoloških korisnika zapadnog i istočnog konzumnog područja

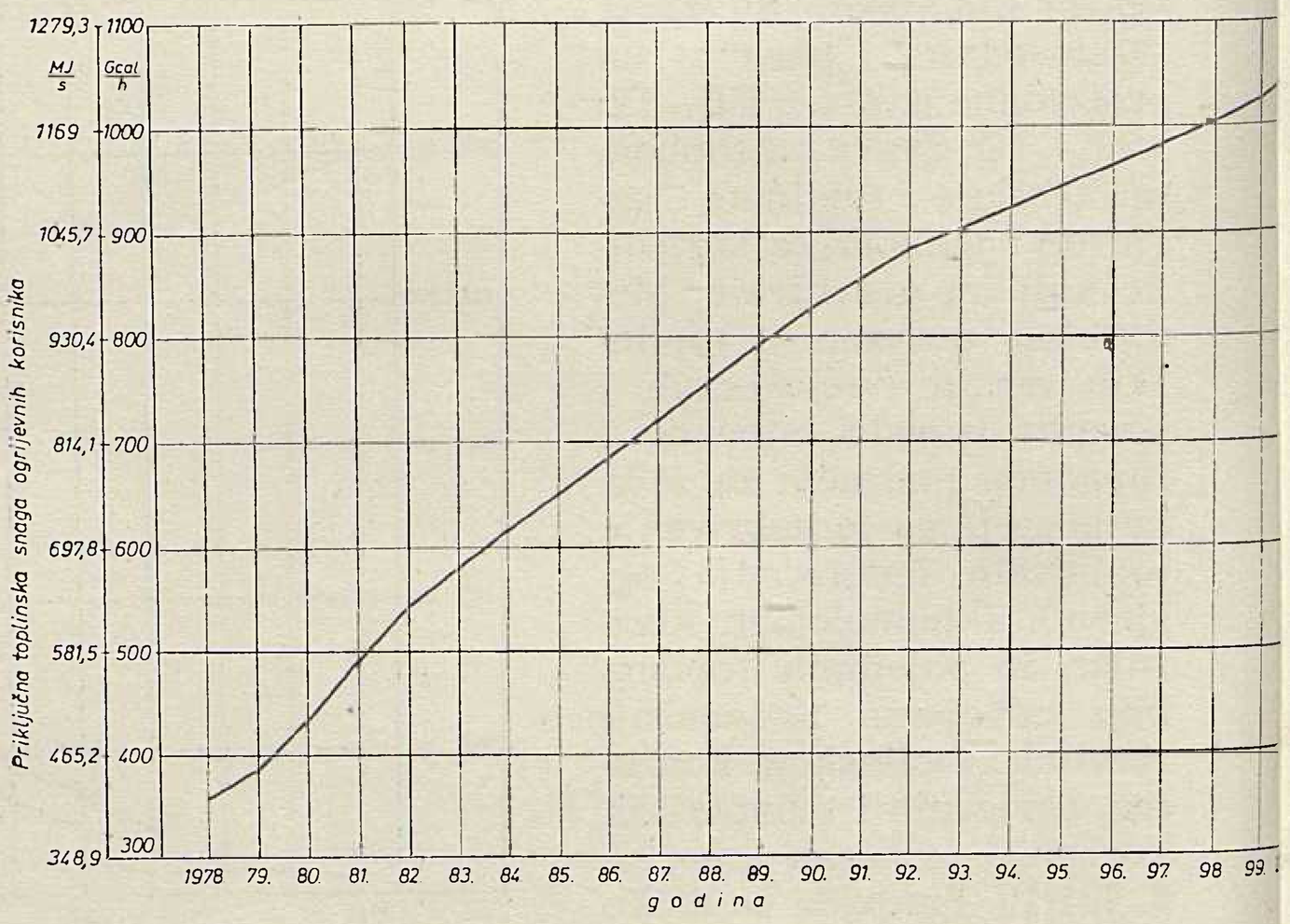
razvitak tehnološkog toplinskog konzuma do 1992. god., a na dijagramu sl. 12, razvitak ogrjevnog toplinskog konzuma do 2000. god. Treba napomenuti da predviđanja iza 1990. god. koja se odnose na ogrjevni konzum treba primiti s rezervom jer je porast konzuma uzet samo za vrijednost prirasta na postojećim područjima koja su obuhvaćena centraliziranim sistemom.

5. 2. 2. Pokrivanje toplinskog konzuma

Pokrivanje ogrjevnog i tehnološkog toplinskog konzuma u centraliziranom toplinskom sistemu Zagreba obavlja se proizvodnim jedinicama spojnog i izravnog procesa instaliranim u EL—TO i TE—TO. Opskrba toplinskog sistema obavlja se odvojeno iz dviju lokacija EL—TO (zapadni dio) i TE—TO (istočni dio). Predviđa se da će se zapadni i istočni ogrjevni sistem povezati nakon 1980. god., dok se povezivanje tehnoloških toplinskih sistema ne predviđa.

Također se predviđa da će do 1990. god. određeni proizvodni kapaciteti na obje lokacije izaći iz pogona. S obzirom na porast toplinskog konzuma (tehnološkog i ogrjevnog) u razdoblju do 1990. god., potrebno je izgraditi značajne nove proizvodne jedinice. Za pretpostavljenu sigurnost opskrbe toplinskih korisnika (ogrjevni 0,975, tehnološki 0,98), manjkovi snage u toplinskom sistemu — uz pretpostavku da se zadovoljenje potreba obavlja proizvodnim jedinicama izravnog procesa: ogrjevni konzum — vrelovodnim kotlovima snage 100 Gcal/h (116,3 MJ/s), a tehnološki konzum parnim kotlovima 80/64 t/h — prikazane su u tablici 1.

Jedan od osnovnih problema koji se javlja u izgradnji sistema jest utvrđivanje strukture proizvodnih jedinica (spojni proces — izravni proces), njihove dinamike izgradnje, vrste pogonskog go-



Sl. 12. Prognoza razvitka ogrijevnog toplinskog konzuma

Tablica 1.

MANJAK POTREBNE SNAGE U TOPLINSKOM SISTEMU ZA REFERENTNO RJEŠENJE IZGRADNJE (OGRJEVNI TOPLINSKI SISTEM)			
Naziv	1985. god.	1987. god.	1990. god.
	Zadana sigurnost 0,975	Zadana sigurnost 0,975	Zadana sigurnost 0,975
Potrebna snaga $\frac{Gcal}{h}\left(\frac{MJ}{s}\right)$	610,4 (709,9)	674,4 (784,4)	775,9 (902,4)
Manjak potr. snage $\frac{Gcal}{h}\left(\frac{MJ}{s}\right)$	86,0 (100,0)	150,0 (174,5)	375,0 (436,1)

MANJAK POTREBNE SNAGE U TOPLINSKOM SISTEMU ZA REFERENTNO RJEŠENJE IZGRADNJE (TEHNOLOŠKI TOPLINSKI SISTEM)				
	Naziv	1985. god.	1987. god.	1990. god.
		Zadana sigurnost 0,98	Zadana sigurnost 0,98	Zadana sigurnost 0,98
EL-TO	Potrebna snaga $\frac{Gcal}{h}\left(\frac{MJ}{s}\right)$	170,0 (197,7)	172,5 (200,6)	182,9 (212,7)
EL-TO	Manjak potr. snage $\frac{Gcal}{h}\left(\frac{MJ}{s}\right)$	0,0 (0,0)	2,5 (2,9)	86,1 (100,1)
TE-TO	Potrebna snaga $\frac{Gcal}{h}\left(\frac{MJ}{s}\right)$	196,2 (228,2)	211,2 (245,6)	215,2 (250,3)
TE-TO	Manjak potr. snage $\frac{Gcal}{h}\left(\frac{MJ}{s}\right)$	196,2 (228,2)	211,2 (245,6)	215,2 (250,3)

riva i lokacije s obzirom na toplinski sistem i ograničenja. Sva navedena pitanja tijesno su vezana s karakteristikama postojećih proizvodnih jedinica u elektroenergetskom i toplinskom sistemu, karakteristikama proizvodnih jedinica koje se mogu graditi samo za zadovoljenje potreba u elektroenergetskom ili samo u toplinskom sistemu, karakteristikama elektroenergetskog i toplinskog sistema, te karakteristikama samih proizvodnih jedinica spojnog procesa koje se promatraju za zadovoljenje novih potreba. Pri tome važnu ulogu ima vrsta pogonskog goriva i njegova cijena kod proizvodnih jedinica spojnog procesa i proizvodnih jedinica koje se mogu izgraditi za potrebe samog elektroenergetskog sistema.

Pri utvrđivanju optimalne vrijednosti udjela spojnog procesa u pokrivanju dijagrama opterećenja (koeficijenta toplifikacije) treba imati na umu da se osim karakteristika toplinskog i elektroenergetskog sistema javljaju kao značajni utjecajni parametri:

— veličina proizvodne jedinice spojnog procesa (električna i toplinska snaga)
— specifična proizvodnja električne energije po jedinici oduzete topline
— specifični potrošak topline u kondenzacijskom pogonu
— vrsta i cijena goriva
— specifična investicijska ulaganja
— tip proizvodne jedinice (kondenzacijsko oduzimna ili protutlačna)
— referentna rješenja u toplinskom i elektroenergetskom sistemu.

Broj utjecajnih faktora zaista je velik, to više što se svaki od njih može varirati u širem ili užem dijapazonu, bilo kao zavisna, bilo nezavisna varijabla.

Zbog zaista velikog broja mogućih varijantnih rješenja, uzeta su određena ograničenja koja problem u određenoj mjeri pojednostavnjuju, a proračune znatno skraćuju.

U pogledu veličine proizvodnih jedinica, za zadovoljenje potreba toplinskog sistema uzete su tipske jedinice: za proizvodne jedinice spojnog procesa odabrane su tipske jedinice iz proizvodnog programa SSSR-a: T—180/215—130; T—180—130; T—100—130; T—50—130; PT—60—130; PT—135/165—130, za proizvodne jedinice izravnog procesa, odabrane su tipske jedinice iz proizvodnog programa TPK — Zagreb:

vrelovodi kotao VK—100

parni kotao PK—80/64.

Osnovne tehničke karakteristike proizvodnih jedinica spojnog procesa koje su se razmatrale prikazane su u tablici 2.

Proizvodne jedinice s oznakom T namijenjene su za pokrivanje ogrjevnog toplinskog konzuma, a s oznakom PT za pokrivanje ogrjevnog i tehnološkog toplinskog konzuma. Sve jedinice osim jedinice T—180/215—130 izvedene su bez međupregrijanja, dok je ova jedinica izvedena s jednim međupregrijanjem. Kod jedinica T—180/215—130, T—180—130 i PT—135/165—130 pretpostavljeno je da je kondenzator izveden djelomično kao ogrjevni, dok je za jedinicu T—50—130 i PT—60—130 jednom promatrano da je izveden djelomično kao ogrjevni, a drugi put kao posve rashladni.

Pri utvrđivanju optimalne strukture, proizvodne jedinice spojnog procesa promatrane su je-

Tablica 2.

OSNOVNE TEHNIČKE KARAKTERISTIKE JEDINICA SPOJNOG PROCESA

Naziv	Dimenzija	Oznaka jedinica spojnog procesa					
		T-180/215-130	T-180-130	T-100-130	T-50-130	PT-135/165-130	PT-60-130
Nominalna snaga	MW	180	180	100	50	135	50
Maksimalna snaga	MW	217	219,5	120	60	165	60
Tlak svježe pare	atp (bara)	130 (132,6)	130 (132,6)	130 (132,6)	130 (132,6)	130 (132,6)	130 (132,6)
Temperatura svježe pare	°C	565/565	565	565	565	565	565
Broj neregularnih oduzimanja	—	—	—	7	5	7	5
Temperatura pojne vode	°C	230	230	229	230	232	230
Tlak odušne pare	atp (bara)	—	—	0,054(0,055)	0,05 (0,051)	—	0,05 (0,051)
Količina rashladne vode	m^3/h	—	—	16 000	7 000	12 400	8 063
Količina pare industrijskog oduz.	t/h	—	—	—	—	320	140/230
Tlak pare industrijskog oduzimanja	atp(bara)	—	—	—	—	15 (15,3)	12 (12,2)
Temperatura pare industr. oduzimanja	°C	—	—	—	—	—	275
Količina pare toplifikacijskog oduzimanja	t/h	$280\frac{Gcal}{h}\left(325{,}6\frac{MJ}{s}\right)$	$297\frac{Gcal}{h}\left(345{,}1\frac{MJ}{s}\right)$	310	180	210	$54\frac{Gcal}{h}\left(62{,}8\frac{MJ}{s}\right)$
Tlak pare toplifikacijskog oduzim.	atp(bara)			0,5-2	0,5-2	0,8	0,2—1,5
Količina svježe pare pri nominal. snazi i nominalnoj količini oduzimanja	t/h	640	2 × 420	445	245,5	760	306
Specifična proizvodnja el. energije u oduzimnom radu:							
— za industrijsko oduz.	kWh/Gcal(W/J/s)	—	—	—	—	282,3 (0,243)	290,1 (0,249)
— za toplifik. oduzimanje	kWh/Gcal(W/J/s)	650,0 (0,520)	580,0 (0,499)	536,7 (0,461)	488,5 (0,420)	548,4 (0,472)	429,5 (0,369)
Specifični potrošak topline (prag)							
— kondenzacijski režim	kcal/kWh(J/Ws)	2 420 (2,814)	2 525 (2,937)	2 590 (3,012)	2 640 (3,070)	2 470 (2,873)	2 670 (3,105)
— protutlačni pogon	kcal/kWh(J/Ws)	1 055 (1,127)	1 055 (1,127)	1 055 (1,127)	1 055 (1,127)	1 055 (1,127)	1 055 (1,127)

dnom u izvedbi kao kondenzacijsko-oduzimne, a drugi put kao protutlačne. Posljednja pretpostavka je hipotetična jer se promatrane proizvodne jedinice izvode kao kondenzacijsko-oduzimne.

Pokrivanje toplinskog konzuma promatrano je u dvjema osnovnim varijantama:

a) Sve nove proizvodne jedinice za pokrivanje toplinskog konzuma (od 1980. do 1990. god.) pretpostavljene su kao proizvodne jedinice izravnog procesa (vrelovodni i parni kotlovi). Ta varijanta uzet će se kao referentna varijanta u toplinskom sistemu.

b) Nove proizvodne jedinice za zadovoljene toplinskog konzuma treba izabrati u kombinaciji spojni — izravni proces, ali tako da se postignu minimalni ukupni troškovi u toplinskom i elektroenergetskom sistemu.

Osnovni podaci postojećih i novih proizvodnih jedinica u toplinskom sistemu prikazani su u tablici 3.

Za utvrđivanje optimalne strukture (izbor veličine, tipa, te udjela spojnog procesa u pokrivanju snaga u dijagramu opterećenja toplinskog sistema) pretpostavljeno je gorivo kod svih proizvodnih jedinica — teško loživo ulje.

5. 3. Osnovne karakteristike elektroenergetskog sistema

Uključivanje proizvodnih jedinica spojnog procesa za potrebe toplinskog sistema Zagreba promatrano je u elektroenergetskom sistemu SRH. Za 1990. god. uzeto je, da je maksimalno opterećenje u elektroenergetskom sistemu SRH 4 321 MW, a ukupna proizvodnja 25,1 TWh.

Struktura proizvodnih jedinica u elektroenergetskom sistemu u razdoblju 1980. — 1990. god. utvrđena je u prethodnim analizama, ali proizvodne jedinice spojnog procesa koje se mogu izgraditi u toplinskom sistemu Zagreba nisu se razmatrale. Utvrđena struktura proizvodnih jedinica (bez proizvodnih jedinica spojnog procesa) predstavljat će referentnu varijantu u elektroenergetskom sistemu. Pregled proizvodnih jedinica termoelektrana (uključivši i toplane) u referentnoj varijanti za 1990. god. prikazan je u tablici 4. Referentna termoelektrana u elektroenergetskom sistemu uzeta je termoelektrana karakteristika TE Rijeka II.

5. 4. Utvrđivanje optimalne vrijednosti udjela spojnog procesa u pokrivanju dijagrama opterećenja u toplinskom sistemu

5. 4. 1. Postavke, postupak i podaci

Radi utvrđivanja optimalne vrijednosti koeficijenta toplifikacije promatrane su slijedeće kombinacije novih proizvodnih jedinica spojnog procesa s proizvodnim jedinicama izravnog procesa. Postojeće proizvodne jedinice 120 MW, 30 MW i 12,5 MW u svim su varijantama uzete da postoje u sistemu:

Tablica 3.

PODACI O PROIZVODNIM JEDINICAMA U TOPLINSKOM SISTEMU
(postojeće i u izgradnji do 1985. god)

Naziv	Oznaka	Tip agregata*	Trajanje remonta (mjeseci)	Vrsta goriva**	Maksimalna snaga oduzimanja: Tehnološki konzum Gcal/h (MJ/s)	Maksimalna snaga oduzimanja: Ogrjevni konzum Gcal/h (MJ/s)	Snaga tehničkog minimuma MW	Koeficijent proizv. el. ener. u oduzimanom pogonu: Tehnološki konzum kWh/Gcal (W/J/s)	Koeficijent proizv. el. ener. u oduzimanom pogonu: Ogrijevni konzum kWh/Gcal (W/J/s)	Raspoloživost u 1985. god.: Toplinski konzum	Raspoloživost u 1985. god.: Električni konzum	Ukupna snaga MW	Specif. potrošak goriva u od. radu kcal/kcal (J/J)	Povećani spec. potrošak goriva pri radu s RS kcal/kcal (J/J)	Lokacija izvora
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Blok 120 MW	T-100-130/1	6	1	1	— (—)	184,0 (214,0)	32,62	0 (0)	536,7 (0,462)	0.903	0,903	108,72	1,092	0.05	TE-TO
Blok 30 MW	BL 30	7	1	1	96,8 (112,6)	16,9 (19,6)	8,10	167,5 (0,144)	506,7 (0,436)	0,916	0,916	24,36	1,098	0,05	EL-TO
Blok 12,5 MW	BL 12,5	7	1	1	25,3 (29,4)	23,6 (27,4)	3,00	164,2 (0,141)	248,3 (0,213)	0,871	0,871	10,00	1,098	0,05	EL-TO
Vrelo vod. kotao									248,3 (0,213)						
50 Gcal h (58,2 MJ/s)	VK 50	2	1	1	0 (0)	50,0 (53,15)	0,00	0 (0)	0 (0)	0,897	0	0	1,086	0	TE-TO
,,	VK 50	2	1	1	0 (0)	50,0 (58,15)	0,0	0 (0)	0 (0)	0,893	0	0	1,086	0	TE-TO
,,	VK 50	2	1	1	0 (0)	50,0 (58,15)	0,0	0 (0)	0 (0)	0,883	0	0	1,086	0	TE-TO
,,	VK 50	2	1	1	0 (0)	50,0 (58,15)	0,0	0 (0)	0 (0)	0,878	0	0	1,086	0	TE-TO
,,	VK 50	2	1	1	0 (0)	50,0 (55,15)	0,0	0 (0)	0 (0)	0,897	0	0	1,086	0	EL-TO
,,	VK 50	2	1	1	0 (0)	50,0 (58,15)	0,0	0 (0)	0 (0)	0,874	0	0	1,086	0	EL-TO
Parni kotao 80/64t/h	PK 80/64	1	1	1	47,9 (55,7)	0 (0)	0,0	0 (0)	0 (0)	0,874	0	0	1,122	0	EL-TO
Blok 32 MW	BL 32	7	1	1	55,4 (64,4)	22,2 (25,8)	5,8	311,6 (0,268)	407,0 (0,350)	0,860[1]	0,86[1]	29,5	1,098	0,05	TE-TO
Blok 32 MW	BL 32	7	1	1	55,4 (64,4)	22,2 (25,8)	5,8	311,6 (0,268)	407,0 (0.350)	0,86[1]	0,86[1]	29,5	1.098	0,05	TE-TO
Par. kot. 40/32t/h	PK 40/32	1	1	1	22,2 (25,8)	0 (0)	0,0	0 (0)	0 (0)	0,86[1]	0	0	1,122	0	TE-TO
,,	PK 40/32	1	1	1	22,2 (25,8)	0 (0)	0,0	0 (0)	0 (0)	0,86[1]	0	0	1,122	0	TE-TO
Parni kotao	PK 1	1	1	1	32,2 (37,4)	0 (0)	0,0	0 (0)	0 (0)	0,86[1]	0	0	1,22	0	EL-TO
Parni kotao	PK 3	1	1	1	20,1 (23,4)	0 (0)	0,0	0 (0)	0 (0)	0,86[1]	0	0	1,18	0	EL-TO
Parni kotao	PK 4	1	1	1	18,1 (21,1)	0 (0)	0 0	0 (0)	0 (0)	0,86[1]	0	0	1,15	0	EL-TO
Parni kotao	PK 5	1	1	1	17,4 (20,2)	0 (0)	0,0	0 (0)	0 (0)	0,86[1]	0	0	1,18	0	EL-TO
Parni kotao	PK 80/64	1	1	1	47,9 (55,7)	0 (0)	0,0	0 (0)	0 (0)	0,921	0	0	1,122	0	TE-TO
Parni kotao	PK 80/64	1	1	1	47,9 (55,7)	0 (0)	0,0	0 (0)	0 (0)	0,925	0	0	1,122	0	TE-TO
Podaci o novim proizvodnim jedinicama															
Blok 180/215 MW	T-180/215-130	6	2	1	0 (0)	280,0 (325,6)	60,45	0 (0)	605,0 (0,520)	0,92[2]	0,92[2]	201.5	1,092	0,05	
Blok 180 MW	T-180-130	6	2	1	0 (0)	297,0 (345,4)	60,75	0 (0)	580,0 (0,499)	0,92[2]	0,92[2]	202,5	1,092	0,05	
Blok 120 MW	T-100-130	6	1	1	0) 0)	184,0 (214,0)	32,62	0 (0)	536,7 (0,461)	0,92[2]	0,92[2]	108,72	1,092	0,05	
Blok 50 MW	T-50-130	6	1	1	0 (0)	92,5 (107,6)	11,90	0 (0)	488,5 (0,420)	0,93[2]	0,93[2]	47,56	1,098	0,05	
Blok 135/165 MW	PT-135/165-130	7	1	1	161,3 (187,6)	140,0 (162,8)	36,70	282,3 (0,243)	548,4 (0,472)	0,92[2]	0,92[2]	149,70	1,092	0,05	
Blok 60 MW	PT-60-130	7	1	1	98,2 (114,2)	54,0 (62,8)	13,60	290,1 (0.249)	429,5 (0,369)	0,93[2]	0,93[2]	54,40	1,098	0,05	
Parni kot. 80/64t/h	PK 80/64	1	1	1	47,9 (55,7)	0 (0)	0	0 (0)	0 (0)	0,93[2]	0	0	1,122	0	
Vrelovod. kotao 100 Gcal/h (114,4 MJ/s)	VK 100	2	1	1	0 (0)	100 (116,3)	0	0 (0)	0 (0)		0	0	1,086	0	

* Oznaka za tip proizv. jedinice
1 — proizvodna jedinica izravnog procesa predviđena za rad u tehnološkom toplinskom sistemu
2 — proizvodna jedinica izravnog procesa predviđena za rad u ogrjevnom toplinskom sistemu
6 — proizvod jedinica spojnog procesa s jednim regul. oduz. za ogrjevni topl. sistem
7 — proizvod. jed. spojnog procesa s dva regul. oduz. jedno za ogrjevni, drugo za tehnol. toplinski sistem

** Oznaka za vrstu goriva:
1 — teško loživo ulje
cijena: 0,1556 d/1000 kcal (0,0372 din/kJ) na dan. 1. 1. 78.

[1] U 1985. god. proizv. jedinice izvan pogona
[2] Raspoloživost proizvodne jedinice u trenutku ulaska u pogon

Tablica 4.

OSNOVNI TEHNIČKI PODACI PROIZVODNIH JEDINICA U E. S. (REFERENTNO STANJE) 1990. GOD.

Red. br.	Naziv	Raspolož. snaga u sistemu (MW)	Snaga tehn. minim. (MW)	Raspol.	Cijena el. energ.		Broj mjes. remonta	Vrsta goriva
					din/kWh	(din/MWs)		
1	NE Krško	253,8	102,8	0,9	0,09	(0,025)	2	3
2	NE Nova	318,7	129,1	0,9	0,09	(0,025)	2	3
3	TE-TO Zagreb 120 MW, oduz. dio	79,1	26,1	0,89	0,1642	(0,046)	1	1
4	EL-TO Zagreb, 30 MW	19,8	6,6	0,903	0,165	(0,046)	1	1
5	TE Plomin 2	121,8	72,9	0,9	0,24	(0,067)	1	2
6	TE Obrenovac	252,0	0,0	0,9	0,25	(0,069)	0	2
7	TE Kakanj	74,5	0,0	0,9	0,27	(0,075)	0	2
8	TE Plomin 1	91,5	48,2	0,9	0,288	(0,080)	1	2
9	TE Tuzla	147,4	108,2	0,9	0,301	(0,084)	1	2
10	TE Rijeka	243,0	49,3	0,9	0,358	(0,099)	2	1
11	TE Rijeka 2	246,2	72,9	0,9	0,3501	(0,097)	2	1
12	TE Sisak 3	169,3	62,4	0,9	0,3632	(0,101)	1	1
13	TE Sisak 2	160,4	91,0	0,9	0,364	(0,101)	1	1
14	TE Sisak 1	160,4	91,0	0,9	0,361	(0,101)	1	1
15	TE-TO Rijeka	32,8	12,2	0,9	0,366	(0,102)	1	1
16	TE-TO Zagreb, 120 MW, kondenz. dio	8,0	0,0	0,89	0,403	(0,112)	1	1
17	PT Jertovec 1	35,9	0,0	0,9	0,778	(0,216)	1	4
18	PT Jertovec 2	35,9	0,0	0,9	0,778	(0,216)	1	4
19	PT Osijek 1	20,1	0,0	0,9	0,778	(0,216)	1	4
20	PT Osijek 2	20,1	0,0	0,9	0,778	(0,216)	1	4
21	TE Jertovec	11,7	0,0	0,9	0,778	(0,216)	1	4

Vrsta goriva: 1 — mazut (155,6 d/Gcal) 37,16 d/GJ
2 — ugljen (105,2 d/Gcal) 25,13 d/GJ
3 — nauklearno gorivo (34,54 d/Gcal) 8,25 d/GJ)
4 — E. L. loživo ulje (466,6 d/Gcal) 111,45 d/GJ

1. T—180/215—130+T—50—130+PT—60—130+
2. T—100—130+T—50—130+PT—60—130+
3. T—100—130+PT—60—130+
4. T—180/215—130+PT—60—130+
5. T—180—130+PT—60—130+
6. T—100—130+PT—135/165—130+
7. T—50—130+T—50—130+PT—135/165—130+
8. T—50—130+PT—135/165—130+

} + proizvodne jedinice izravnog procesa

9. Proizvodne jedinice izravnog procesa

Proizvodne jedinice spojnog procesa tipa PT u svim varijantama pretpostavljene su za pokrivanje istočnog tehnološkog toplinskog konzuma, jer se do 1990. god. u njemu pojavljuju mogućnosti uključivanja proizvodnih jedinica spojnog procesa (zapadni tehnološki konzum je zadovoljen do 1990).

Zadovoljenje potreba toplinskog i elektroenergetskog sistema utvrđeno je na temelju analize prilika u oba sistema, pri čemu se koristio opisani model u 4.2.

Na temelju korištenja modela opisanog u 4.2 utvrđuju se potrebne snage proizvodnih jedinica za zadovoljenje potreba konzuma za zadanu sigurnost opskrbe toplinskih korisnika u 1990. god. Promatranja su provedena za opskrbu toplinskog sistema jednom s referentnim rješenjem (novi izvori — u izravnom procesu), a drugi put u različitim varijantama spojnog procesa, s gledišta veličine njezina udjela, različite veličine samih proizvodnih jedinica i različitih tipova proizvodnih jedinica. Razlika potrebne snage u novim izvorima od zadanih vrijednosti udjela spojnog procesa pretpostavljena je u proizvodnim jedinicama izravnog procesa.

Pregled o potrebi izgradnje proizvodnih jedinica za promatrane varijante pokrivanja toplinskog ogrjevnog i tehnološkog konzuma prikazan je u tablici 5.

Analizom prilika u elektroenergetskom sistemu za nivo konzuma u 1990. god. utvrđene su potrebne snage proizvodnih jedinica koje bi zadovoljile konzum uz zadanu sigurnost opskrbe, jednom za referentno rješenje (bez novih proizvodnih jedinica spojnog procesa, a sa referentnom termoelektranom), a drugi put za sva varijantna rješenja izgradnje spojnog procesa i dodatnom referentnom termoelektranom.

Proizvodne jedinice spojnog procesa pojavljuju se istovremeno u oba sistema — toplinskom i elektroenergetskom (u toplinskom s toplinskom snagom i proizvodnjom, a u elektroenergetskom s električnom snagom i proizvodnjom). Pregled potreba izgradnje proizvodnih jedinica termoelektrana u referentnoj varijanti te proizvodnih jedinica spojnog procesa i dodatne snage referentne elektrane za promatrane varijante također je prikazan u tablici 5.

Smanjenje troškova goriva u elektroenergetskom i toplinskom sistemu zbog rada proizvod-

Tablica 5

PREGLED POTREBA IZGARANJE U TOPLINSKOM SISTEMU OGRJEVNOM I TEHNOLOŠKOM ZA PROMATRANA VARIJANTNA RJEŠENJA

Varijanta	Toplinski sistem	
	ogrjevni	tehnološki
1	T-180 215—130 T-50—130	2 × PK 80/64 TE-TO 1 × PK 80/64 EL-TO
	PT-60-130	
2	T-100-130 T-50-130	2 × PK 80/64 TE-TO 1 × PK 80/64 EL-TO
	PT-60-130	
3	T-100-130 VK 100	2 × PK 80/64 TE-TO 1 × PK 80/64 EL-TO
	PT-60-130	
4	T-180/215-130 VK 100	2 × PK 80/64 TE-TO 1 × PK 80/64 EL-TO
	PT-60-130	
5	T-180-130	1 × PK 80/64 EL-TO 1 × PK 80/64 EL-TO
	PT-60-130	
6	T-100-130	2 × PK 80/64 TE-TO 1 × PK 80/64 EL-TO
	PT-135 165-130	
7	T-50-130 T-50-130	2 × PK 80/64 TE-TO 1 × PK 80/64 EL-TO
	PT-135 165-130	
8	T-50-130 VK 100	2 × PK 80/64 TE-TO 1 × PK 80/64 EL-TO
	PT-135/165-130	
9 (Referentna)	VK 100 VK 100 VK 100 VK 100	3 × PK 80/64 TE-TO 1 × PK 80/64 EL-TO

PREGLED POTREBA IZGRADNJE IZVORA U E.S. ZA REFERENTNU I OSTALE VARIJANTE

Varijanta	Pregled izgradnje izvora u E. S. do 1990-god.
1	A[1] + T-180/215-130 T-50-130 PT-60-130 [2] Dodatna TE 112,2 MW (138,6 MW)
2	A[1] + T-50-130 T-100-130 PT-60-130 [2] Dodatna TE 189,1 MW (233,41 MW)
3	A[1] + T-100-130 PT-60-130 [2] Dodatna TE 185,2 MW (282,6 MW)
4	A[1] + T-180/215-130 PT-60-130 [2] Dodatna TE 152,0 MW (187,7 MW)
5	A[1] + T-180-130 PT-60-130 [2] Dosdatna TE 151,2 MW (186,7 MW)
6	A[1] + T-100-130 PT-135/165-130 [2] Dodatna TE 150,4 MW (185,7 MW)
7	A[1] + T-50-130 T-50-130 PT-135/165-130 [2] Dodatna TE 160,9 MW (198,6 MW)
8	A[1] + T-50-130 PT-135/165-130 [2] Dodatna TE 200,7 MW (247,7 MW)
9 (Referentna)	A[1] + TE karakteristika TE Rijeka 2 [2] Dodatna TE 118,2 MW (145,9 MW)

A[1] u svim varijantama su to izvori:
NTE Nova, TE Polmin 2,
TE Rijeka 2, TE Sisak 3

[2] Snaga dodatne TE iskazana je kao raspoloživa snaga u E. S. i kao snaga na pragu TE (u zagradi)

nih jedinica spojnog procesa u odnosu na referentno rješenje (odvojena proizvodnja) prikazano je u tablici 7. i to za 5 različitih hidroloških godina.

Uštede u količinama goriva ovisno o varijanti izgradnje i hidrološkim prilikama kreću se od 73 000—98 000 t/god. teškog loživog ulja.

Povoljnost pojedinog tehničkog rješenja ne može se utvrditi na temelju promatranja samo troškova goriva, već ukupnih troškova promatranih u dužem vremenskom razdoblju. Za tu svrhu potrebno je poznavati investicijsko ulaganje, način financiranja izgradnje, trajanje izgradnje, te ostale elemente koji sačinjavaju stalne troškove.

U skladu s analizom potreba toplinskog konzuma u 1990. god., a prema postavljenim varijantama načina pokrivanja, načinjena je ocjena investicijskih ulaganja i svedena na cijene materijala i usluga iz I tromjesečja 1978. god. Pri ocjeni investicijskih ulaganja korišteni su podaci vezani za izgradnju proizvodne jedinice spojnog procesa T—100—130, podaci ZEOH-a za TE Rijeka II i podaci iz investicijskih programa za PT—135/165—130 u TE—TO Novi Sad. Investicije za ostale proizvodne jedinice spojnog procesa utvrđene su na temelju podataka o odnosima cijena između pojedinih tipova jedinica (6).

Investicije za proizvodne jedinice izravnog procesa utvrđene su na temelju podataka dobivenih od TPK Zagreb.

U iskazanim vrijednostima investicija nisu uključeni otkup zemljišta, ako se pojavljuje. Sve investicijske vrijednosti utvrđene za proizvodne jedinice spojnog procesa temelje se na sovjetskoj opremi, pa su one znatno niže nego u slučaju da se projekti realiziraju s domaćom opremom.

Veličine investicijskih vrijednosti za promatrane proizvodne jedinice prikazane su u tablici 6.

Pretpostavljeno je da će financiranje biti dijelom iz inozemnog kredita, a dijelom iz domaćeg. Pretpostavljen je jednak procentualni udio inozemnog kredita i domaćeg kredita za sve proizvodne jedinice spojnog procesa i referentnu termoelektranu. Kamati na kredite i interkalarne kamate te vrijeme otplate kredita su jednaki za sve proizvodne jedinice, osim proizvodnih jedinica izravnog procesa.

Tablica 6.

PREGLED INVESTICIJSKIH ULAGANJA U PROIZVODNE JEDINICE

Varijanta	Naziv jedinice	Investicijski iznosi (1. tromjesečje 1978. god.) u tisućama dinara
1	T-180/215-130	1 467 478
	T-50-130	508 869
	PT-60-130	649 863
	Dodatna TE	927 891
	Ukupno	3 544 101
2	T-100-130	969 272
	PT-60-130	649 863
	T-50-130	508 869
	Dodatna TE	1 562 619
	Ukupno	3 690 623
3	T-100-130	969 272
	PT-60-130	649 863
	Dodatna TE	1 891 933
	Ukupno	3 511 068
4	T-180/215-130	1 467 478
	PT-60-130	649 863
	Dodatna TE	1 256 602
	Ukupno	3 373 943
5	T-180-130	1 540 173
	PT-60-130	649 863
	Dodatna TE	1 249 907
	Ukupno	3 439 943
6	T-100-130	969 272
	PT-135/165-130	1 358 908
	Dodatna TE	1 243 213
	Ukupno	3 571 393
7	T-50-130	508 869
	T-50-130	508 869
	PT-135/165-130	1 358 908
	Dodatna TE	1 329 757
	Ukupno	3 706 221
8	T-50-130	508 869
	PT-135/165-130	1 358 908
	Dodatna TE	1 658 286
	Ukupno	3 526 063
9 (Referentna)	TE karakteristika	
	TE Rijeka 2	2 035 200
	Dodatna TE	976 762
	Ukupno	3 011 962

Za sve potrebne investicije predviđeno je uzimanje kredita uz ove uvjete:

Za proizvodne jedinice izravnog procesa:

— vrijeme otplate kredita 8 god.
— kamatnjak 8 %
— kamatnjak za interkalarne kamate 8 %
— vijek trajanja 15 god.

Za proizvodne jedinice spojnog procesa i referentnu termoelektranu:

1. Inozemni krediti:
   — vrijeme otplate kredita 10 god.
   — kamatnjak 7 %
   — kamatnjak za interkalarne kamate 7 %
2. Domaći kredit:
   a) prvi izvor
   — vrijeme otplate 10 god.
   — kamatnjak 8 %
   — kamatnjak za interkalarne kamate 8 %
   b) drugi izvor
   — vrijeme otplate 15 god.
   — kamatnjak 7 %
   — kamate za interkalarne kamate 7 %

Vijek trajanja objekta 25 god.

5. 4. 2. Valorizacija rješenja

Valorizacija rješenja zajedničke proizvodnje topline i električne energije temelji se na minimiziranju ukupnih troškova u toplinskom i elektroenergetskom sistemu. Pri tome je potrebno definirati o kakvim se ukupnim troškovima radi.

Kad je riječ o toplinskom i elektroenergetskom sistemu, treba imati na umu da se radi o sistemima koji se s vremenom mijenjaju (u pravilu se povećavaju), što uzrokuje stalnu potrebu izgradnje novih proizvodnih jedinica, a time i promjenu strukture. Problem je u cjelini dinamičke

Tablica 7.

VRIJEDNOSTI UKUPNIH AKTUALIZIRANIH UŠTEDA ZA PROMATRANA RJEŠENJA

Naziv	Dim.	Varijanta				
		1	2	3	4	5
Ukupna aktualizirana ušteda u elektroenergetskom i toplinskom sistemu	HG 37 1 000 d	1 351 112	854 570	946 749	1 577 363	1 532 364
	HG 46 „	1 312 520	1 021 703	798 134	1 709 078	1 553 821
	HG 49 „	1 305 095	801 395	1 135 168	1 668 806	1 512 955
	HG 60 „	1 464 042	902 391	982 708	1 674 592	1 636 270
	HG 63 „	1 361 342	827 729	936 455	1 653 509	1 568 946
Prosječ. aktual. ušt. u elektroenerget. i top. sistemu	„	1 358 822	881 558	959 843	1 656 673	1 560 871
(Varijanta 1 = 100%)	%	100	64,9	70,6	121,9	114,9

* Dodatna snaga zbog neprihvaćanja protutlačne proizvodnje iz TE karakteristika TE Rijeka II

prirode, jer, na primjer, ako se želi saznati koja je optimalna struktura proizvodnih jedinica u 1990. god., tada se ne može zanemariti utjecaj proizvodnih jedinica koje trebaju ući u pogon iza tog perioda. Za takvo promatranje potrebno je poznavati prilike u sistemu i pretpostaviti tehnička rješenja za koja se očekuju da će biti na raspolaganju za zadovoljenje povećane potrošnje, kao i za zamjenu za dotrajale proizvodne jedinice. Ako se pretpostavi da spoznaja o porastu potražnje u sistemu na dugoročno razdoblje ne mora biti egzaktna, da proizvodne jedinice s kojima možemo zadovoljiti povećanu potrošnju mogu biti različite veličine i različitih karakteristika s različitim pogonskim gorivima, onda se može lako uočiti da se radi o veoma složenom problemu.

U nedostatku dinamičnih modela koji omogućuju istovremeno variranje niza parametara (veličina konzuma, veličina jedinica, vrsta goriva itd.), nužno je učiniti i određena pojednostavnjenja u smislu uvođenja problema u realne okvire raspoloživih računskih modela (vidi 4.2). Za rješenje zadatka koji je postavljen da bi se utvrdila optimalna vrijednost udjela spojnog procesa u pokrivanju toplinskog konzuma u 1990. god. za zadano stanje toplinskog i električnog konzuma, pošlo se s pretpostavkom da će proizvodnja proizvodnih jedinica spojnog procesa utvrđena u 1990. god. ostati ista u promatranom periodu. Kao period promatranja uzeto je razdoblje od 25 god., koliki je životni vijek proizvodnih jedinica spojnog procesa. Za proizvodne jedinice izravnog procesa, čiji je vijek trajanja kraći (15 god.), nakon isteka vijeka trajanja uzima se zamjenska jedinica istih karakteristika s time da na kraju promatranja ostaje dio neotpisane vrijednosti. Kako se za pokrivanje toplinskog i električnog konzuma pretpostavljaju različita tehnička rješenja u pogledu tehničkih karakteristika, koje iziskuju i različite investicijske troškove, to je pri valorizaciji usvojeno da se promatraju ukupni aktualizirani troškovi za razdoblje od 25 god. u toplinskom i elektroenergetskom sistemu. Za stopu aktualizacije postavljena je stopa od 6%, a referentna godina svođenja 1990. god.

5. 4. 3. Rezultati analize

Riješenje izgradnje koje daje najveću pozitivnu razliku ukupnih aktualiziranih troškova između referentne varijante i promatranih varijanti čini optimalnu varijantu izgradnje, a ujedno i optimalno učešće proizvodnih jedinica spojnog procesa u pokrivanju dijagrama opterećenja u toplinskom sistemu. Vrijednost ukupnih aktualiziranih troškova, odnosno razlika (uštede) između referentnog i ostalih rješenja dana je u tablici 7. Rezultati dani u tablici 7. mogu se prikazati dijagramski u funkciji koeficijenta toplifikacije α_T. Ako se na apscisu nanose vrijednosti udjela spojnog procesa u pokrivanju toplinskog konzuma α_T (ukupna vrijednost stari + novi spojni proces), a na ordinatu vrijednost ušteda (apsolutnu ili relativnu vrijednost), tada se dobiva dijagram prikazan na sl. 13.

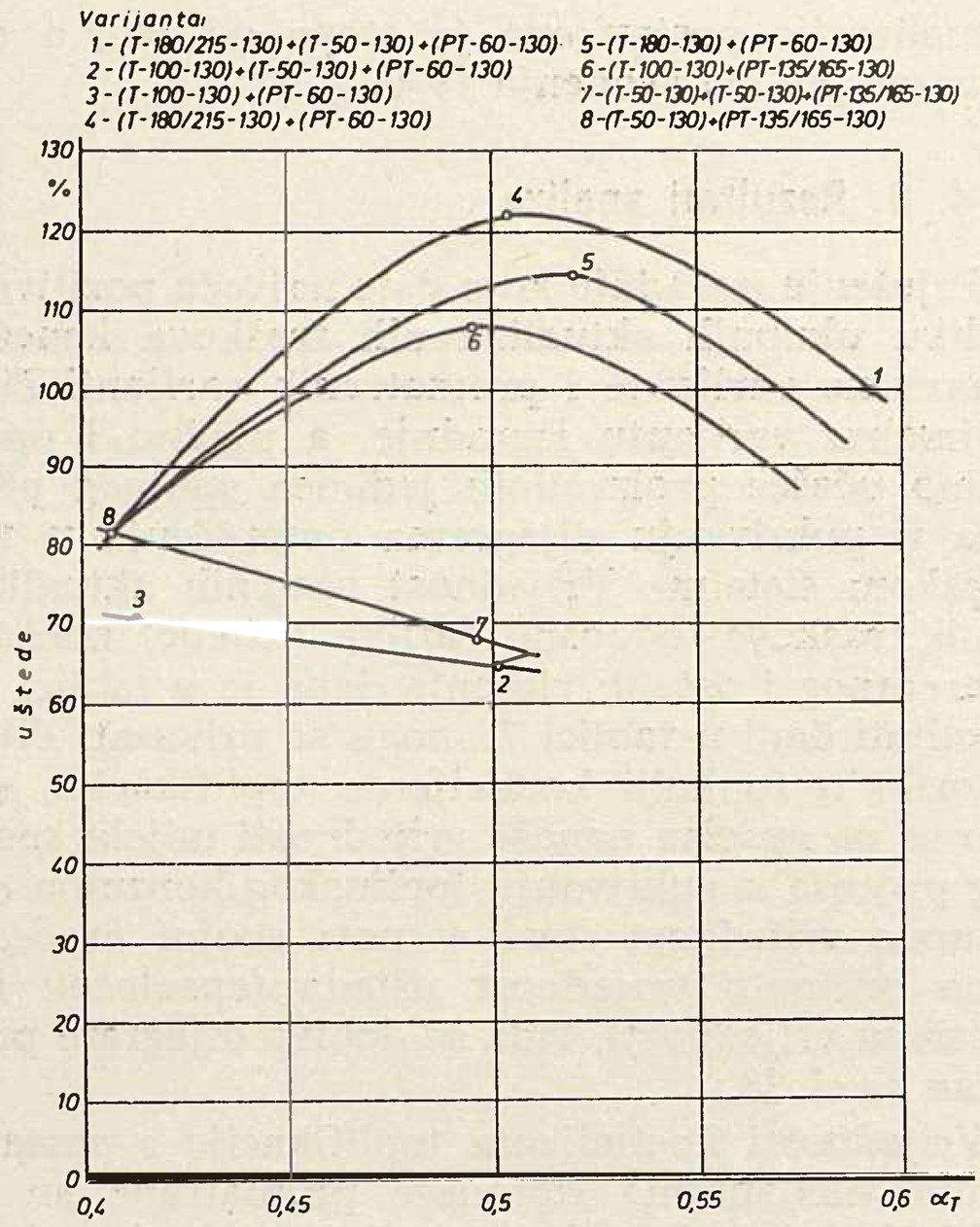
Vrijednosti koeficijenta toplifikacije s postavljenim varijantama izgradnje promatrane su u području 0,4 do 0,6. Ako postoji opravdanje pokrivanja toplinskog konzuma proizvodnim jedinicama spojnog procesa, tada se optimalna vrijednost α_T praktično uvijek nalazi u tom području. Na ordinatu je nanesena relativna vrijednost ušteda s time da je ušteda varijante 1 pretpostavljena kao 100% (apsolutne vrijednosti nalaze se u tablici 7). S pretpostavljenim kombinacijama proizvodnih jedinica spojnog procesa (varijanta 1 do 8) postignute su praktično iste vrijednosti α_T s raznim veličinama i tipovima proizvodnih jedinica.

Različita vrijednost α_T, mogla se postići samo različitim veličinama proizvodnih jedinica tako da veličina uštede koja se pojavljuje jednom dolazi od utjecaja karaktera konzuma (oblika dijagrama opterećenja) i veličine udjela spojnog procesa u njegovom pokrivanju, a drugi put od veličine tehničkih karakteristika proizvodne jedinice. Veće proizvodne jedinice negativno utječu

Tablica 7 (nastavak)

Varijanta						
6	7	8	4.1.*	4.1.**	4.2.*	4.2.**
1 390 099	989 525	1 119 341	1 536 322,7	1 600 796	— 894 471	— 335 648
1 450 737	564 936	1 099 574	1 654 435,7	1 314 630	1 158 484	— 3 015 928
1 612 720	1 010 936	1 024 345	1 630 944,5	1 354 343	1 511 733	— 3 215 965
1 490 806	1 049 939	1 180 173	1 614 978,0	1 678 332	— 844 330	— 298 061
1 392 958	1 002 539	1 120 591	1 590 646,7	1 616 891	— 757 850	— 569 303
1 467 464	923 575	1 108 805	1 605 465,5	1 512 899	34 713	— 1 486 981
108	68,0	81,6	118,2	111,3	2,6	—109,4

** Dodatna snaga zbog neprihvaćanja protutlačne proizvodnje iz TE karakteristika PT 25 MW



Sl. 13. Ovisnost ušteda (varijanta I—100%) o koeficijentu α_T, te tipu i veličini proizvodne jedinice spojnog procesa

na potrebu izgradnje snage za istu sigurnost opskrbe, ali s obzirom na veću jediničnu snagu, specifične investicije se znatno smanjuju. Specifični potrošak topline u kondenzacijskom pogonu također znatno utječe na vrijednost ušteda. Što je ta vrijednost niža odnosno bliža vrijednosti referentne elektrane, odnosno elektrana koje se grade u elektroenergetskom sistemu, i ostvarene uštede su veće. To je posljedica značajnog angažiranja, odnosno potreba proizvodnje ovih jedinica u izvanogrjevnoj sezoni.

Povezivanjem maksimalnih vrijednosti ušteda kod različitih vrijednosti α_T dobiva se tražena ovisnost, odnosno optimalna vrijednost α_T. Maksimalna vrijednost ušteda postiže se varijantom izgradnje 4 (T—180/215—130+PT—60—130). Varijanta izgradnje 1 razlikuje se od varijante 4 za izgradnju proizvodne jedinice T—50—130 koja povećava udio spojnog procesa od $\alpha_T=0{,}504$ na $\alpha_T=0{,}593$. Očito da veća vrijednost α_T od 0,5 posebno kad se postiže izgradnjom proizvodne jedinice manje snage, na određeni način negativno utječe na cjelokupni rezultat.

Sva navedena razmatranja, kao i zaključke koji su proizišli iz provedenih analiza treba gledati u svjetlu utvrđenih pretpostavki i ograničenja. Na neke od njih treba se podsjetiti. Tako je za ogrjevni toplinski konzum uzeta pretpostavka o jedinstvenosti konzuma i isključivanja utjecaja izgrađene toplinske mreže i troškova transporta na strukturu proizvodnih izvora.

U navedenim analizama za utvrđivanje optimalne vrijednosti α_T pretpostavljene su sve proizvodne jedinice kao kondenzacijsko oduzimne. S takvim tipom proizvodnih jedinica moguće je zadovoljiti potražnju u elektroenergetskom sistemu neovisno o prilikama u toplinskom sistemu (u svim uvjetima kad su proizvodne jedinice raspoložive i kad ima dovoljno goriva). Izgradnja proizvodnih jedinica spojnog procesa prvenstveno je vezana za zadovoljenje potreba toplinskog sistema, odnosno proizvodnje protutlačne energije koju toplinski sistem pruža. Svrsishodno je, stoga, vidjeti do kakvih se rezultata dolazi ako se proizvodne jedinice izrade u protutlačnoj izvedbi čije su specifične investicije za istu veličinu jedinice oko 20% niži. Eventualni manjak snage u elektroenergetskom sistemu u uvjetima kad ove proizvodne jedinice ne mogu ostvariti proizvodnju može se pokriti izgradnjom dodatnih kapaciteta izvedenih kao:

a) čisto kondenzacijskom termoelektranom, koja se može izgraditi dislocirano u odnosu na urbano područje,

b) plinsko turbinskim elektranama kao relativno jeftinom investicijskom rješenju.

Ako se za optimalnu varijantu izgradnje (varijanta 4), pretpostavi protutlačna izvedba proizvodnih jedinica spojnog procesa, s tim da se dopunska snaga u elektroenergetskom sistemu osigura jednom iz referentne termoelektrane karakteristika TE Rijeka II, a drugi put iz plinskih turbina jedinične snage 25 MW, i ponovi postupak opisan u 4.2, tada se dolazi do pokazatelja prikazanih u tablici 7. (varijante 4.1.*, 4.1.**, 4.2.* i 4.2.**). Ukupne uštede koje se pojavljuju u varijantama 4.1.*, 4.1.**, 4.2.* i 4.2.** osjetno su manje u odnosu na optimalnu varijantu (varijanta 4).

Već je navedeno da pri ovom promatranju nije uzet utjecaj postojeće i buduće prijenosne toplinske mreže. Normalno je pri traženju optimalnog rješenja uključiti u analizu takav utjecaj. Modelom opisanim u 4.2, uz korištenje drugih programa koji se odnose na prijenosnu mrežu, (postoje u Institutu za elektroprivredu), moguće je ovaj utjecaj uključiti u razmatranje. Za prilike toplinskog sistema Zagreba troškovi u prijenosnom sistemu izbacili su varijantu 1 kao povoljniju od varijante 4. U okviru ovog materijala nije moguće detaljnije opisati navedeni utjecaj.

5. 5. Analiza mogućnosti korištenja ugljena kao pogonskog goriva za nove proizvodne jedinice spojnog procesa u toplinskom sistemu Zagreba

5. 5. 1. Osnovne postavke

Stalni porast cijena tekućeg goriva u svijetu od pojave energetske krize 1973. god. do danas nije prolazni fenomen. Ta pojava biti će prisutna i u budućnosti, što će imati znatne posljedice na energetsku privredu mnogih zemalja u svijetu, uključujući i Jugoslaviju. Poznato je da naša ze-

mlja iz domaćih izvora nafte može zadovoljiti oko 1/4 svojih potreba (1979. god.). Učešće iz domaćih izvora nafte u zadovoljenju potreba relativno će se smanjiti u budućnosti, pa će položaj naše zemlje, odnosno njezina ovisnost o uvozu te vrste energije biti još veća. Takav položaj, odnosno ovisnost naše zemlje odražava se u velikom deviznom opterećenju za nabavu potrebnih količina tekućih goriva, što dovodi do platnog debalansa u cjelini. U takvoj situaciji našle su se mnoge zemlje u svijetu (visoko razvijene i zemlje u razvoju). Takvo stanje navelo je mnoge zemlje na intenzivnije korištenje vlastitih energetskih potencijala, ponajprije ugljena. Naša zemlja našla se u istom položaju s obzirom na to da ugljen čini osnovu energetske baze. U tom smislu donesene su 1979. god. određene mjere Savezne vlade radi zamjene nafte ugljenom gdje je to moguće.

Toplinska opskrba u urbanim sredinama u čitavoj zemlji uglavnom je zasnovana na korištenju tekućih i plinovitih goriva. To je i razumljivo s obzirom na pogodnosti koje pružaju ove vrste goriva u pogledu zaštite okoline u urbanim sredinama.

Mogućnost korištenja ugljena kao pogonskog goriva u većim urbanim sredinama za zadovoljenje toplinskih potreba u ogrjevnoj i tehnološkoj toplini treba stoga razmatrati u svoj složenosti koja se javlja u svakoj konkretnoj urbanoj sredini. Položaj, odnosno udaljenost urbane sredine od rudnika ugljena značajan je činitelj koji može imati presudni utjecaj na ekonomiju rješenja. Drugi važan faktor jest stanje zagađenosti okoline u urbanoj sredini i mogući utjecaj supstitucije nafte, odnosno njezinih derivata na stanje okoline. Treći, ne manje važan faktor, jest stupanj centralizacije toplinskog sistema. U uvjetima centraliziranih toplinskih sistema moguća su i takva rješenja u korištenju ugljena kao pogonskog goriva u kojima je utjecaj na onečišćenje okoline ograničen ako se proizvodni izvori dislociraju od centra konzuma.

Kakve su ekonomske posljedice primjene takvih rješenja, pokušat će se prikazati na primjeru zadovoljenja toplinskog konzuma Zagreba. Ovdje je toplinski sistem Zagreba uzet samo kao uvjetni primjer s obzirom na to da se raspolagalo svim podacima o toplinskom konzumu, strukturi proizvodnih jedinica, te analizama prikazanim u 5.4.

Za utvrđenu optimalnu strukturu proizvodnih jedinica spojnog procesa (varijanta 4) za nivo konzuma u 1990. god. pretpostavljena je upotreba ugljena kao pogonskog goriva i njihova dislokacija na udaljenost od 40 km s obzirom na konzumno područje. Zbog upotrebe ugljena kao pogonskog goriva, umjesto mazuta, korigiran je stupanj korisnog djelovanja kotla (smanjen za 4%), a vlastiti potrošak električne energije (povećan za 3%).

Investicijska ulaganja za proizvodne jedinice spojnog procesa povećana su za 35% u odnosu prema rješenju s mazutom kao pogonskim gorivom.

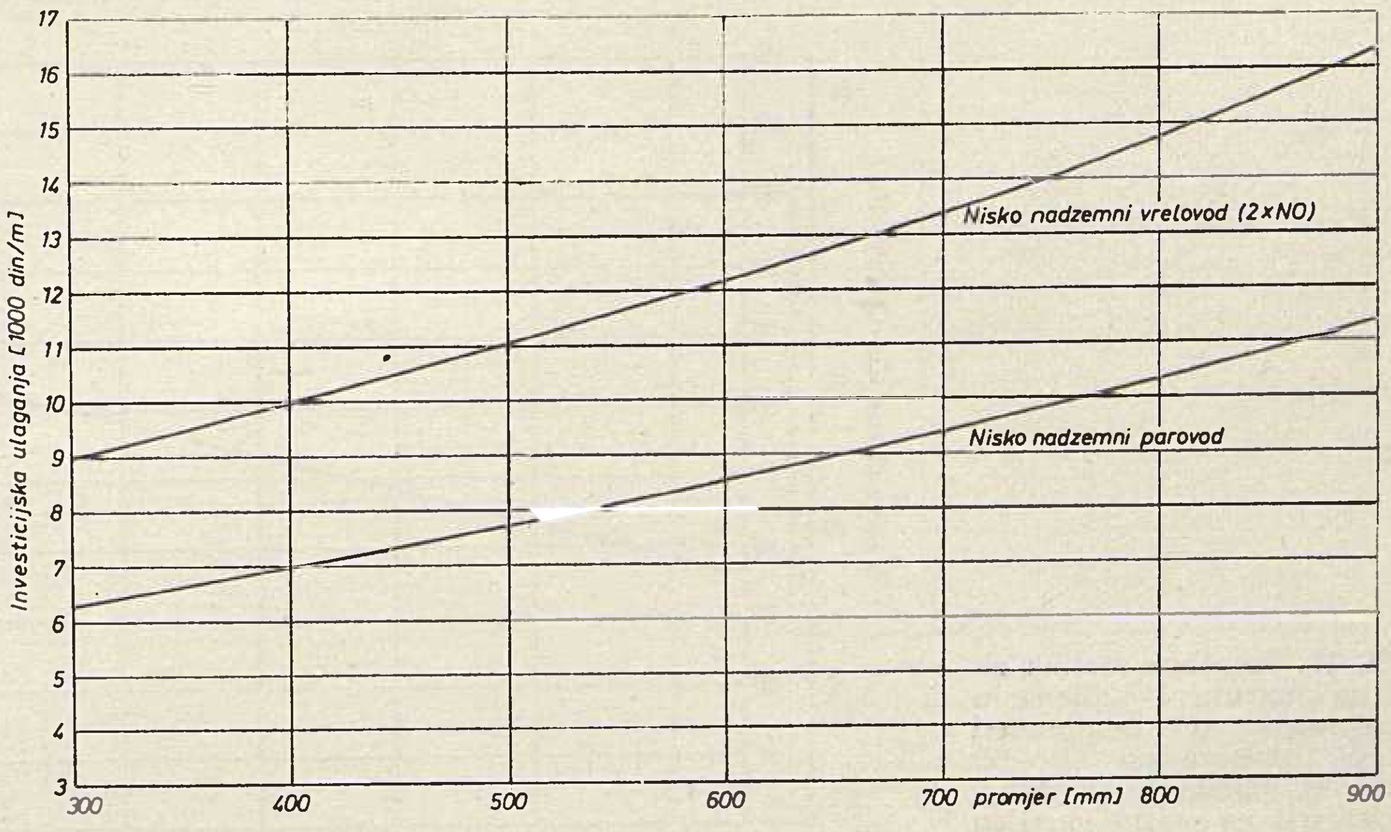
Cijena ugljena i udaljenost od centra konzuma uzeta je kao promjenljiva varijabla, kako bi se dobila ovisnost potrebne razlike između cijene mazuta i ugljena koja ekonomski opravdava upotrebu ugljena kao pogonskog goriva. Da bi se dobila potrebna ovisnost, cijena ugljena promatrana je u području 0,3 do 0,7 cijene mazuta svedeno na jednaku kaloričnu vrijednost, dovedeno u kotlovsko postrojenje (uključujući transportne troškove i investicije u rudniku).

Za prijenos ogrjevne topline i tehnološke pare od izvora do konzumnog područja utvrđene su optimalne vrijednosti cjevovoda, pri čemu se koristilo programima (PPM2 za parovod i DOP5 za vrelovod). Pri optimalizaciji promjera cjevovoda pretpostavljena su investicijska ulaganja prikazana na dijagramu sl. 14. Tlak pare na mjestu spajanja na postojeći distributivni sistem treba iznositi 9 bara, dok je na izlazu iz turbine prema karakteristikama oduzimanja ova vrijednost 13 bara. Pad tlaka u ovisnosti o udaljenosti i promjeru cjevovoda prikazan je na sl. 15.

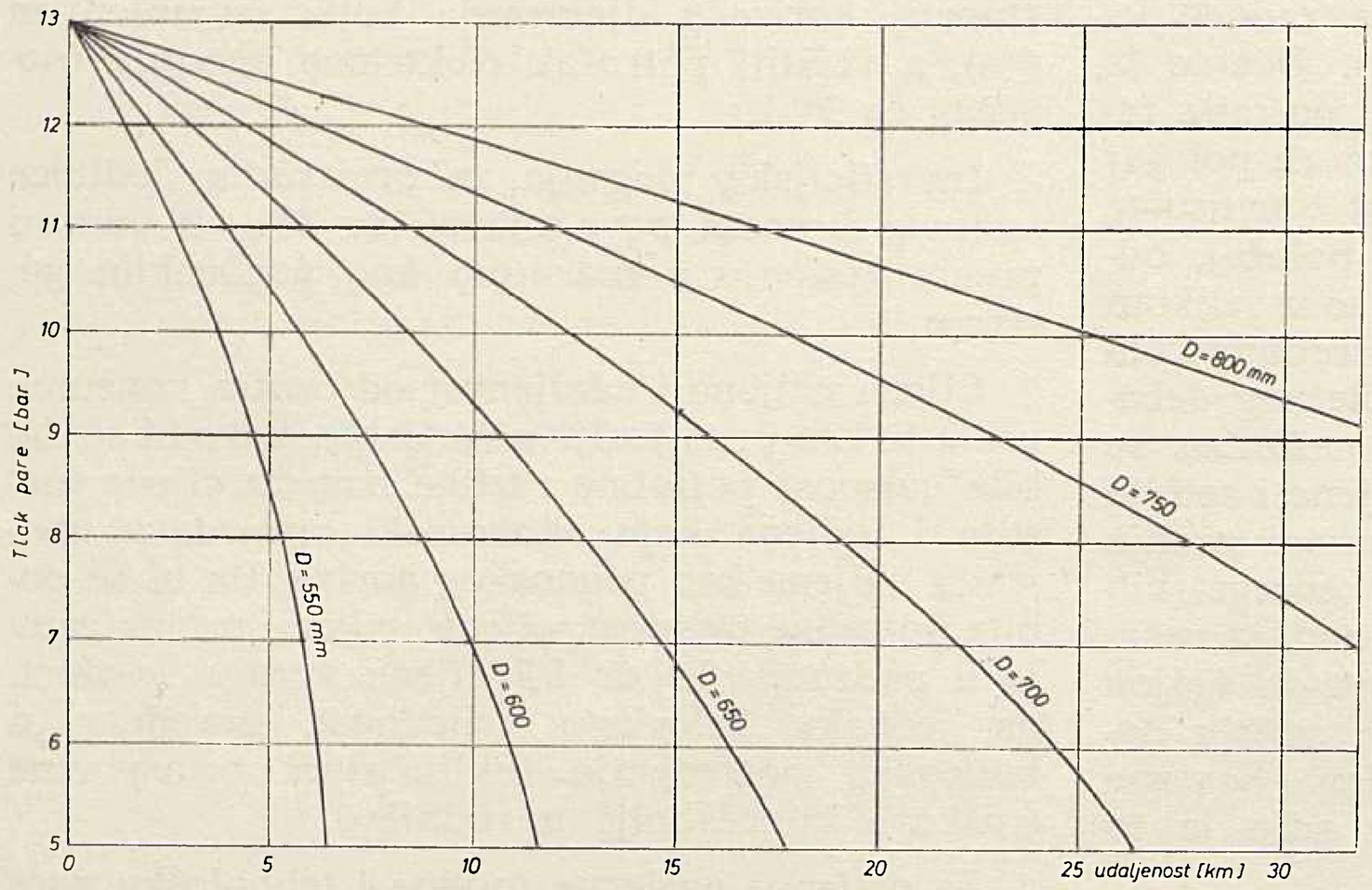
Troškovi pumpanja za vrelovodni sistem utvrđeni su uz pretpostavljenu cijenu električne energije 0,7 d/kWh.

Referentna elektrana u elektroenergetskom sistemu promatrana je jednom kao elektrana na mazut karakteristika TE Rijeka II, a drugi put na ugljen iste jedinične snage.

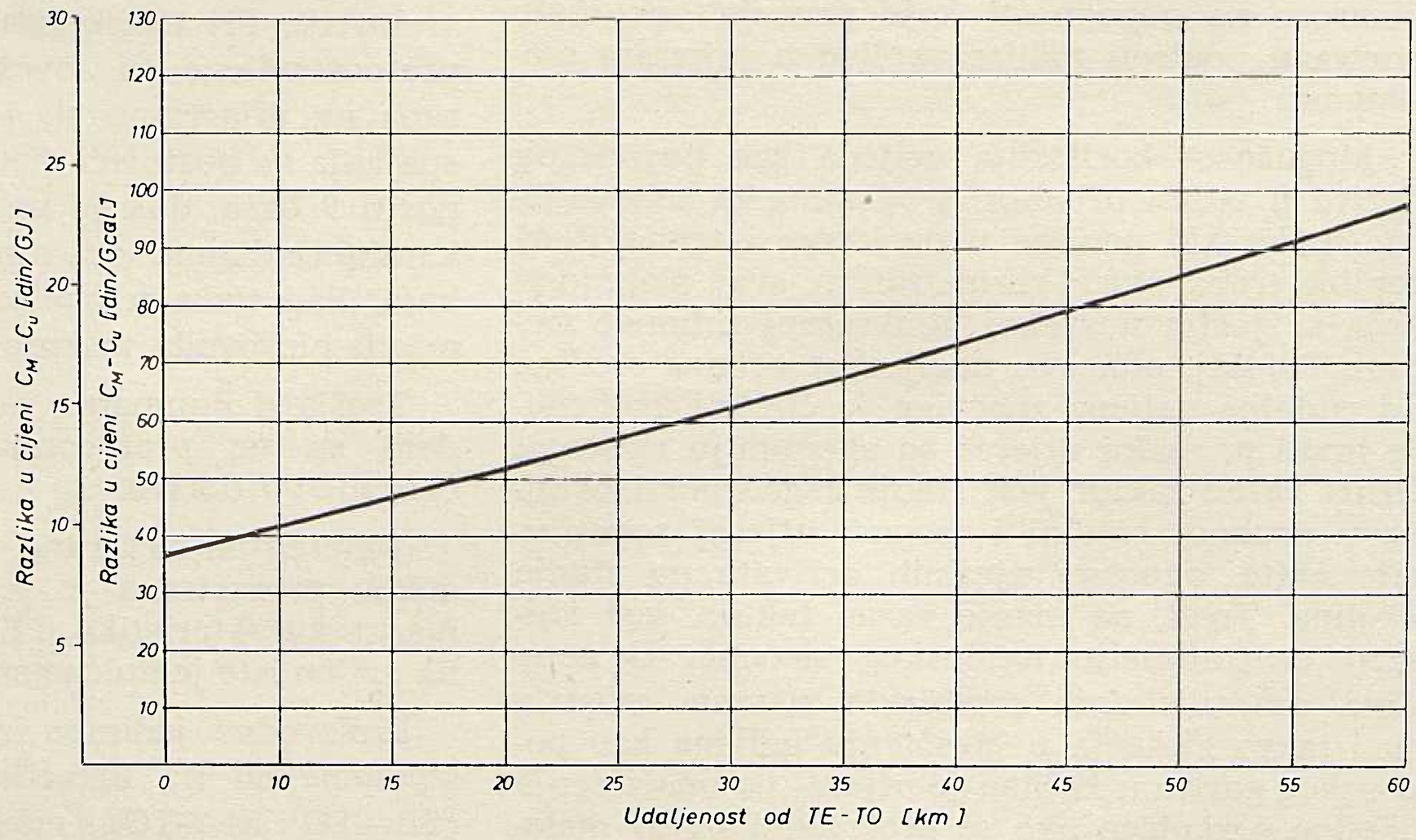
Proizvodne jedinice izravnog procesa, pretpostavljene su na lokacijama u centru konzuma (TE—TO i EL—TO) s mazutom kao pogonskim gorivom.



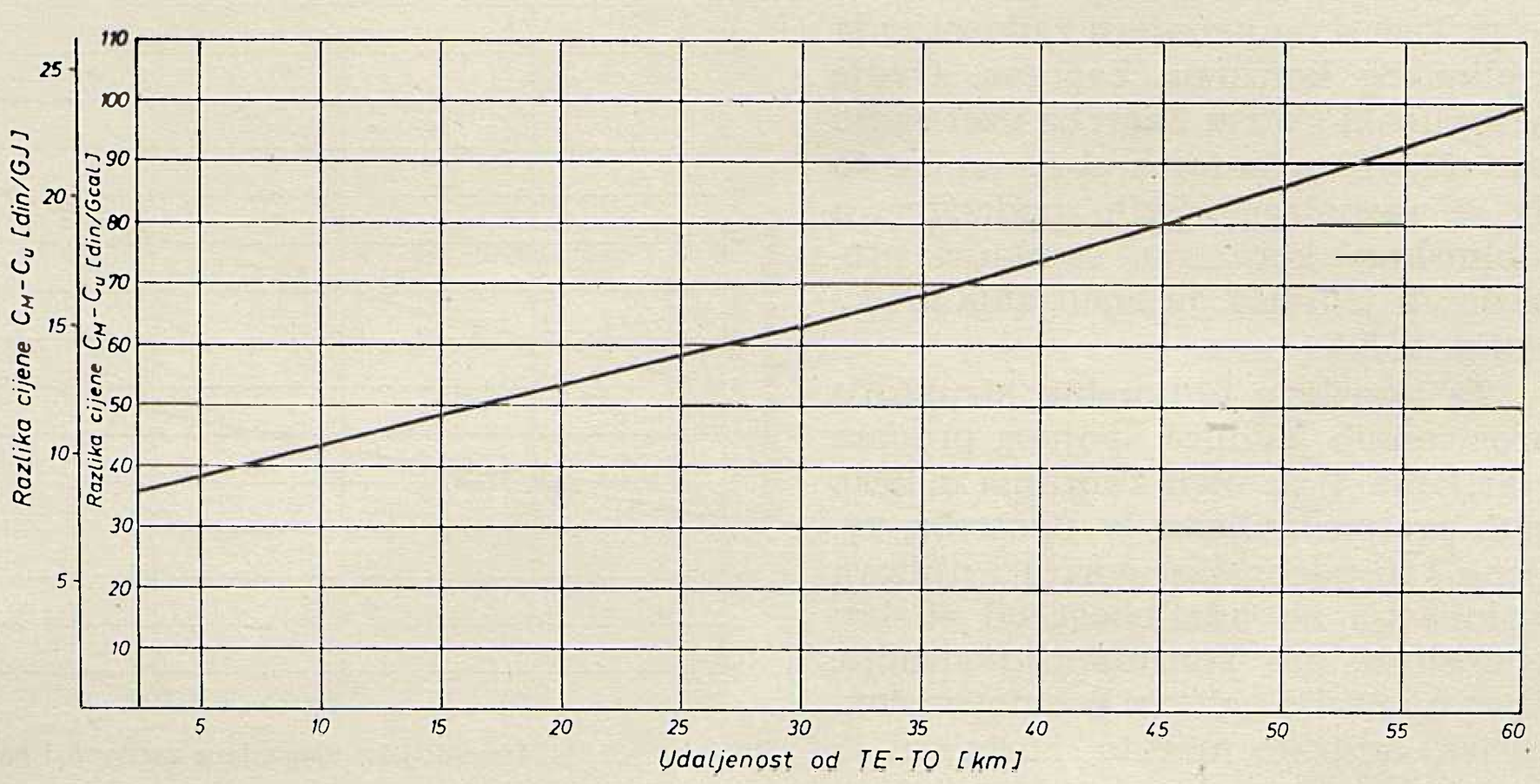
Sl. 14. Investicijska ulaganja u vrelovod i parovod (1978. god.)



Sl. 15. Ovisnost pada tlaka pare o udaljenosti od izvoda i promjera parovoda (G=140 t/h; p=13 bar; t=280°C)



Sl. 16. Potrebne razlike cijene mazuta i ugljena u ovisnosti o udaljenosti lokacije topl. blokava od TE—TO da se izjednače troškovi rješenja na mazut i ugljen (referentna elektrana u E. S. na mazut)



Sl. 17. Potrebna razlika cijene mazuta i ugljena u ovisnosti o udaljenosti topl. blokova od TE—TO da se izjednače troškovi rješenja na mazut i ugljen (referentna elektrana u E. S. na ugljen)

5. 5. 2. Rezultati analize

Na temelju pretpostavki opisanih u 5.5.1. provedeni su proračuni uz primjenu opisanog modela u 4.2. Pri tome su provedene analize prilika u toplinskom i elektroenergetskom sistemu i utvrđeni ukupni troškovi u oba sistema, uključujući i troškove u prijenosnom sistemu. Ukupni aktualizirani troškovi za razdoblje od 25 god. svedeni na 1990. god. kao referentnu godinu korišteni su za usporedbu rješenja.

Ako se kao kriterij za opravdanost izgradnje spojnog procesa na ugljen na dislociranoj lokaciji od centra konzuma postavi da su ukupni aktualizirani troškovi iz-

među rješenja na mazut i ugljen jednaki, tada je moguće utvrditi potrebnu razliku između cijene mazuta i ugljena koja izjednačuje u ekonomskom pogledu ova dva rješenja.

Na sl. 15. prikazana je potrebna razlika između cijene ugljena i mazuta u ovisnosti o udaljenosti lokacija s rješenjem na ugljen, koja izjednačuje troškove ovog rješenja s troškovima rješenja na mazut za slučaj kad je uzeta referentna elektrana u elektroenergetskom sistemu termoelektrana na mazut. Kad se u elektroenergetskom sistemu uzme kao referentna termoelektrana na ugljen, tada je potrebna razlika između cijena ugljena i mazuta u ovisnosti udaljenosti lokacije na ugljen prikazane na sl. 16.

Dijagrami sl. 15. i 16. daju određenu sliku o odnosima cijena koje se trebaju postići da bi izgradnja toplana na ugljen za promatrane proizvodne jedinice i karakteristike konzuma bila opravdana. Podaci iz dijagrama mogu se korisno upotrijebiti i za druge slične toplinske konzume Jugoslavije, uz napomenu da oni ne mogu poslužiti i za donošenje odluke, jer su zato potrebne detaljne analize koje su prethodno opisane, pri čemu ekološka analiza ne smije biti izostavljena.

POPIS OZNAKA

- N — vremenski interval promatranja pri izračunavanju ekvivalentnih troškova
- R — indeks radnika
- VIT — indeks veličine i tipa proizvodne jedinice
- ET_{KGEL} — ekvivalentni troškovi klasičnog grijanja — ekstra lako loživo ulje
- ET_{KGLI} — ekvivalentni troškovi klasičnog grijanja — lignit
- ET_{KGM} — ekvivalentni troškovi klasičnog grijanja — mrki ugljen
- ET_{KGOD} — ekvivalentni troškovi klasičnog grijanja — ogrjevno drvo
- ET_{KGGP} — ekvivalentni troškovi klasičnog grijanja — gradski plin
- ET_{KGZP} — ekvivalentni troškovi klasičnog grijanja — zemni plin
- ET_{EGEL} — ekvivalentni troškovi etažnog grijanja — ekstra lako loživo ulje
- ET_{EGLI} — ekvivalentni troškovi etažnog grijanja — lignit
- ET_{EGM} — ekvivalentni troškovi etažnog grijanja — mrki ugljen
- ET_{EGGP} — ekvivalentni troškovi etažnog grijanja — gradski plin
- ET_{EGZP} — ekvivalentni troškovi etažnog grijanja — zemni plin
- ET_{KKEL} — ekvivalentni troškovi grijanja kućnim kotlovnicama — ekstra lako loživo ulje
- ET_{KKTL} — ekvivalentni troškovi grijanja kućnim kotlovnicama — teško loživo ulje
- ET_{KKLI} — ekvivalentni troškovi grijanja kućnim kotlovnicama — lignit
- ET_{KKM} — ekvivalentni troškovi grijanja kućnim kotlovnicama — mrki ugljen
- ET_{KKGP} — ekvivalentni troškovi grijanja kućnim kotlovnicama — gradski plin
- ET_{KKZP} — ekvivalentni troškovi grijanja kućnim kotlovnicama — zemni plin
- ET_{BKEL} — ekvivalentni troškovi grijanja iz blokovskih kotlovnica — ekstra lako loživo ulje
- ET_{BKTL} — ekvivalentni troškovi grijanja iz blokovskih kotlovnica — teško loživo ulje
- ET_{BKLI} — ekvivalentni troškovi grijanja iz blokovskih kotlovnica — lignit
- ET_{BKM} — ekvivalentni troškovi grijanja iz blokovskih kotlovnica — mrki ugljen
- ET_{BKZP} — ekvivalentni troškovi grijanja iz blokovskih kotlovnica — zemni plin
- ET_{BKOT} — ekvivalentni troškovi grijanja iz blokovskih kotlovnica — otpaci
- T_{EBK} — godišnji troškovi nabave električne energije u toplinskom sistemu blokovskih kotlovnica
- T_{BK} — stalni godišnji troškovi u toplinskom sistemu blokovskih kotlovnica
- T_{GBK} — godišnji troškovi goriva u toplinskom sistemu blokovskih kotlovnica
- T_{TMBK} — stalni godišnji troškovi toplinske mreže u toplinskom sistemu blokovskih kotlovnica
- T_H — stalni godišnji troškovi hidroelektrana
- T_T — stalni godišnji troškovi termoelektrana
- T_{TD} — stalni godišnji troškovi dodatnih termoelektrana
- T_{EG} — godišnji troškovi goriva u elektroenergetskom sistemu
- T_{EM} — stalni godišnji troškovi prijenosne el. mreže
- $ESBK$ — struktura elektroenergetskog sistema s blokovskim kotlovnicama u toplinskom sistemu
- $ESCTIP$ — struktura elektroenergetskog sistema s centralnom toplanom izravnog procesa u toplinskom sistemu
- $ESCTSP$ — struktura elektroenergetskog sistema s centralnom toplanom i spojnim procesom u toplinskom sistemu
- TG — indeks toplinske godine
- KBK — indeks blokovske kotlovnice
- VG — indeks vrste goriva
- $VITBK$ — indeks veličine i tipa blokovske kotlovnice
- HG — indeks hidrološke godine
- $VITH$ — indeks veličine i tipa hidroelektrane
- $VITT$ — indeks veličine i tipa termoelektrana
- $KCTIP$ — indeks centralne toplane izravnog procesa
- $VITIP$ — indeks veličine i tipa proizvodnih jedinica izravnog procesa
- $KCTSP$ — indeks centralne toplane s proizvodnim jedinicama spojnog procesa
- $VITSP$ — veličina i tip proizvodnih jedinica spojnog procesa
- T_{CTIP} — stalni godišnji troškovi u toplinskom sistemu centralne toplane s proizvodnim jedinicama izravnog procesa
- T_{GCTIP} — godišnji troškovi goriva u toplinskom sistemu centralne toplane s proizvodnim jedinicama izravnog procesa
- T_{TMCTIP} — stalni godišnji troškovi toplinske mreže u toplinskom sistemu centralne toplane s proizvodnim jedinicama izravnog procesa
- T_{ECTIP} — godišnji troškovi nabavke el. energije u toplinskom sistemu centralne toplane s proizvodnim jedinicama izravnog procesa
- T_{CTISP} — stalni godišnji troškovi proizvodnih jedinica izravnog procesa u toplinskom sistemu s proizvodnim jedinicama spojnog procesa

T_{GCTSP} — godišnji troškovi goriva u toplinskom sistemu centralne toplane s proizvodnim jedinicama izravnog i spojnog procesa
T_{TMCTSP} — stalni godišnji troškovi toplinske mreže u toplinskom sistemu centralne toplane s proizvodnim jedinicama izravnog i spojnog procesa
T_{ECTSP} — godišnji troškovi nabavke el. energije u toplinskom sistemu centralne toplane s proizvodnim jedinicama izravnog i spojnog procesa
T_{CTSP} — stalni godišnji troškovi proizvodnih jedinica spojnog procesa
EQ — ukupno potrebna toplina prema dijagramu
ET_V — ukupna proizvodnja topline u proizvodnim jedinicama izravnog procesa
ET_{SP} — ukupna proizvodnja topline u proizvodnim jedinicama spojnog procesa
W — ukupna proizvodnja el. energije
W_h — ukupna proizvodnja el energije u hidroelektranama
W_{te} — ukupna proizvodnja el. energije u termoelektranama
W_{sp} — ukupna proizvodnja el. energije u proizvodnim jedinicama spojnog procesa
τ_K — trajanje toplinskog opterećenja
24 (r+n)— trajanje opterećenja u el. energetskom sistemu

LITERATURA

1. Dr Čorak D.: Pristup optimalizaciji opskrbe ogrijevnom toplinom, Savjetovanje o energetici SRH, Zagreb, 1978, Energija 9—10, 1978.
2. Dr Čorak D.: Mjesto i uloga centraliziranih toplinskih sistema u urbanim sredinama, Urbanex, Zagreb, 1977.
3. Dr Čorak D.: Valorizacija zajedničke proizvodnje toplinske i el. energije, Energija 9—10, 1977.
4. Dr Čorak D.: Metoda vrednovanja toplanskih jedinica u elektroenergetskom i toplinskom sistemu, doktorska disertacija, Zagreb, 1977.
5. Prof. Požar, Filipović, Bodlović: Osnovna načela i metoda vrednovanja el. energije, Institut za elektroprivrdu, 1971.
6. Teploenergetika, 6/1973.

IMPORTANCE OF THERMAL POWER — HEATING PLANTS IN DEVELOPMENT OF ENERGETICS IN YUGOSLAVIA

Intensive necessity of energy and restrictions of conventional energy resources brought to well-known energy crisis in 1973. Many examinations have shown that it is not short time phenomenon but a long term process. World has come to conclusion that the energy should be rationaly utilized and tehnical measures for economizing of consumption should be implemented. In the article is presented method for preservation of energy through construction of thermal power — heating plants, as like methodology for technical- economical evaluation of given solutions.

Naslov pisca:
dr Duško Čorak, dipl. ing.
Institut za elektropivredu, Zagreb

Energija God. 29 (1980) br. 3—4, 143—146.

SIGURNOSNE OSOBINE REAKTORA TIPA PWR I PHWR — CANDU

Josip Lakota, Zagreb

UDK 621.039.52

U radu se daje kvalitativna usporedba sigurnosnih osobina lakovodnih reaktora tipa PWR i teškovodnih reaktora s tlačnim cijevima tipa PHWR — Candu.

1. UVOD

Analize budućih potreba za električnom energijom te mogućnosti njihova zadovoljavanja pokazuju da se velik dio tih potreba ne može pokriti iz konvencionalnih izvora kao što su hidroenergija i ugljen. Uz poznatu situaciju s naftom nužno je pokrivanje postojeće razlike iz nuklearnih elektrana (L13), jer zasad ne postoje drugi izvori energije kojima bi ovu razliku bilo moguće makar i dijelom pokriti. Tako je predstojeća intenzivnija izgradnja nuklearnih elektrana nužnost koja se ne da izbjeći.

Općenito uzevši, na raspolaganju je više tipova reaktora na kojima može danas počivati izgradnja nuklearnih elektrana. To su bilo reaktori iz grupe lakovodnih reaktora (PWR — Pressurised Water Reactor; BWR — Boiling Water Reactor) koji se danas rade u rasponu snage 600 do 1300 MW_e*, bilo teškovodni reaktori. Od teškovodnih reaktora najveću važnost ima reaktor s tlačnim cijevima, poznat kao PHWR — Candu (Pressure Tubes Pressurised Heavy Water Reactor), koji kanadska industrija nudi za izvoz sa snagom 600 MW_e. Specifično rješenje iz klase PWR reaktora predstavlja sovjeski reaktor novovoronješke izvedbe, poznat i pod kraticom VVER, koji se nudi u eksportnoj izvedbi od 440 MW_e. Od teškovodnih rekatora pažnju također zaslužuje zapadnonjemački teškovodni reaktor PHWR s tlačnom posudom (Pressure Vessel Pressurised Heavy Water Reactor), sa snagom 700 MWe. Dodatno se još proizvode u Velikoj Britaniji reaktori hlađeni plinom (AGR — Advanced Gas Cooled Reactors), no oni se, međutim, ne nude za izvoz.

U našim prilikama diskusije se pretežno vode oko PWR i teškovodnih reaktora. Ovaj rad kvalitativno komparira PWR i PHWR — Candu reaktore po osobinama važnim za nuklearnu sigurnost, što predstavlja samo jedan od niza aspekata koje je nužno uvažiti prilikom odlučivanja (L10 do 12).

Osnova za usporedbu koja se ovdje provodi jest PHWR — Candu u eksportnoj 600 MW_e izvedbi, te PWR reaktori sa sigurnosnom posudom (kontejnmentom). Pri tome su uzete u obzir izvedbe bazirane na Westinghouseu, a dijelom i izvedbe karakteristične za zapadnonjemačku tvrtku Kraftwerkunion. (Podatak za snagu uz PWR ovdje se ne navodi jer je snaga kod PWR u manjoj mjeri relevantna za sigurnosnu usporedbu nego što je to slučaj kod PHWR — Candu čija izvedba nema značajku modularnosti te znatno varira sa snagom).

U radu se ne prezentira opis predmetnih reaktora. Radi njihova upoznavanja upućujemo na L1 do 5.

2. INHERENTNA I NADGRAĐENA SIGURNOST

Problem sigurnosti nuklearne elektrane ima svoj izvor u velikoj količini radioaktivnih produkata u jezgri reaktora i potencijalnoj mogućnosti njihova proširenja na okolinu. Reaktori se projektiraju, grade i drže u pogonu tako da je vjerojatnost opasnijih proširenja radioaktivnih produkata u okolinu ekstremno mala. Ovakve, malo vjerojatne, ali potencijalno vrlo riskantne situacije sprečavaju se vrlo pažljivim projektiranjem i gradnjom, kao i dodatkom brojnih sigurnosnih sistema i barijera (L14). Svaki se reaktorski sistem, u krajnjoj liniji, može konstruirati, graditi i pogoniti tako da je vjerojatnost pojave visokoopasnih situacija podjenaka kao i kod nekog drugog tipa reaktora. Pitanje je samo uz koju cijenu. Međutim, pojedini tipovi reaktora razlikuju se po njihovim tzv. inherentnim sigurnosnim osobinama, pa je tako i s PWR i PHWR — Candu. Inherentna sigurnosna svojstva jesu svojstva »golog« reaktora, tj. rekatora bez pridodanih raznoraznih sigurnosnih uređaja. Ovdje će se navesti neke najvažnije inherentne sigurnosne osobine reaktora PHWR — Candu i PWR. U manjoj mjeri obuhvatati će se i ona druga, nazovimo je »nadgrađena« sigurnost koja se postiže kroz pridodane sigurnosne uređaje.

* MW_e označava električku izlaznu snagu jednog nuklearnog bloka.

Tablica 1.

NEKE VAŽNIJE INHERENTNE SIGURONOSNE OSOBINE REAKTORA CANDU U USPOREDBI S PWR

Osobina Candu	Implikacija za sigurnost	Prednost PWR ili Candu
1 Candu ima u odnosu na PWR malen odgor goriva (7 500 MWd/t prema oko 30 000 MWd/t).	Relativno malen sadržaj radioaktivnih produkata u gorivu.	Candu
2. Relativno visok sadržaj radioaktivnog tricija (proizvodnja tricija za 2—3 reda veličine veća nego kod lakovodnih reaktora)	Zahtijeva posebnu pažnju. Olakšavajuća je okolnost što se pretežni dio radioaktivnog tricija nalazi u području moderatora koji je pod niskim pritiskom. Visoka cijena teške vode u neku ruku osigurava da su gubici teške vode relativno maleni.	PWR
3. Tlačne cijevi prolaze kroz aktivnu zonu reaktora.	Ove cijevi, pod punim pritiskom, izložene su punom neutronskom toku, tako da se s vremenom očekuje degradacija svojstava materijala. Kod PWR-a ne postoje komponente koje bi pod punim pritiskom bile izložene i djelovanju punog neutronskog toka. Međutim, ocjenjuje se da je vjerojatnost iznenadnog loma tlačne cijevi vrlo malena, a postoji i mogućnost kontrole stanja tlačnih cijevi u pogonu reaktora ultrazvučnim sistemom instaliranom na glavi uređaja za izmjenu goriva.	PWR
4. Tlačne cijevi imaju, zbog tanke stijenke, osobinu da prije naprsnu i propuštaju nego dolazi do radikalnog loma.	Ocjenjuje se da je vjerojatnost iznenadnog loma tlačnih cijevi vrlo malena. Propusnost se lagano detektira nadzorom sastava plina u međuprostoru između tlačnih cijevi i cijevi kalandrije. Oštećeno gorivo se također relativno lagano lokalizira i može se (zamjena goriva u pogonu) izmijeniti prije značajnije kontaminacije rashladnog kruga.	Candu
5. Mali višak reaktivnosti kod Candu i oko 10 puta sporija multiplikacija neutrona nego kod PWR (L9).	Manje i sporije promjene neutronskog toka kod incidentnih promjena reaktivnosti.	Candu
6. Jezgra je podijeljena u zasebne gorivne kanale, od kojih svaki ima svoj zasebni dovod rashladnog sredstva.	Ovo omogućava podjelu primarnog rashladnog kruga na više odijeljenih podsistema (2 kod Candu 600), čime incident s gubitkom rashladnog sredstva (LOCA*) pogađa samo dio jezgre jednog podsistema. Posljedice gubitka rashl. sredstva ublažavaju još ove okolnosti: — visoki hidraulički otpori u cjevovodima, kao i serijske veze parogeneratora i pumpi (konfiguracija osmice), — manji pritisak i manji promjer najdeblje cijevi u usporedbi s PWR. Kod PWR-a je u uvjetima gubitka rashl. sredstva penetracija sredstva iz sistema za hlađenje jezgre u nuždi u jezgru otežana stvaranjem pare. Jednostavna konfiguracija pojedinih gorivih kanala Candu olakšava dovod hladioca u sve lokacije jezgre. Testiranje i modeliranje prilika pri hlađenju jezgre u nuždi lakše je zbog jednostavne konfiguracije gorivih kanala kod Candu nego kod PWR.	Candu
7. Postoji velika količina moderatora na niskoj temperaturi oko jezgre. Dodatno kod Candu 600 još i obloga iz lake vode.	Toplinski kapacitet moderatora i odvod topline preko njegova rashladnog sistema predstavljaju zapravo rezervnu mogućnost hlađenja jezgre pri gubitku primarnog hladioca. Toplinski kapacitet obloge iz lake vode i pripadni rashladni sistem, sposoban odvoditi toplinu koja odgovara 0,3% nazivne snage, mogu poslužiti kao daljnja rezerva hlađenju jezgre u nuždi.	Candu
8. Rezultirajući koeficijent reaktivnosti po snazi reaktora Candu je blizak nuli, a može biti i lagano pozitivan.	Promjene snage zbog nekompenzirane promjene reaktivnosti nisu ograničene same od sebe (ne postoji samoregulacija kao u slučaju negativnog koef. reaktivnosti po snazi kod PWR).	PWR
9. Koeficijent reaktivnosti po sadržaju parnih mjehurića u rashladnom sredstvu reaktora Candu je pozitivan.	Kvar LOCA dovodi do sniženja pritiska u tlačnim cijevima i isparavanja. Zbog pozitivnog koeficijenta reaktivnosti po sadržaju parnih mjehurića dolazi do povećanja reaktivnosti u času kad je nužno što prije obustaviti lančanu reakciju (kod PWR je ovaj koef. reaktivnosti negativan). Iznos ukupnog porasta reaktivnosti smanjen je postojanjem dvaju razdvojivih rashladnih krugova.	PWR
10. Štapovi za kontrolu reaktivnosti i brzu obustavu nalaze se u području moderatora, na praktički atmosferskom pritisku.	Kvar s izbacivanjem regulacionog štapa, kakav je moguć kod PWR (rod ejection accident), isključen je kod reaktora Candu. Regulacioni štapovi i štapovi za brzu obustavu nisu podložni velikim hidrauličkim silama pri kvaru LOCA izvan područja jezgre, što je slučaj kod PWR.	Candu
11. Izmjena goriva vrši se u pogonu kod reaktora Candu.	Izmjena u pogonu rezultira u malom potrebnom višku reaktivnosti za kontrolu reaktora.	Candu
	Oštećeno gorivo može se lagano izmijeniti, što omogućava da se smanji radioaktivnost u primarnom rashladnom krugu.	Candu
	Kvarovi pri izmjeni goriva mogu rezultirati u ograničenim kvarovima tipa LOCA. Blokiranje snopa goriva pri izmjeni može dovesti do pregrijavanja dotičnog kanala.	PWR
	Moguće je pregrijavanje istrošenog goriva za vrijeme njegova transporta u slučaju gubitka rashladne vode za hlađenje glave uređaja za izmjenu goriva (kod PWR-a se sve operacije za vrijeme izmjene goriva izvode pod vodom).	PWR
	Uređaj za izmjenu goriva za vrijeme izmjene postaje dio rashladnog reaktora, što zahtijeva odgovarajuću seizmičku otpornost. Pri izmjeni može zbog seizmičkih sila doći do oštećenja gorivnog kanala.	PWR

* LOCA = Loss of Coolant Accident

Tablica 2

NAJVAŽNIJE RAZLIKE U „NADGRAĐENOJ" SIGURNOSTI CANDU 600 i PWR

Osobina	Relacija Candu 600 — PWR	Prednost Candu ili PWR
1. Izvedba sistema hlađenja jezgre u nuždi.	Candu 600: Niskotlačno gravitaciono ubrizgavanje pri 2,7 ata iz spremnika H_2O na vrhu kontejnmenta s recirkulacijom s dna reaktorske zgrade. Jednostruki sistem bez redundancije. Početno sniženje pritiska hlađenjam preko parogeneratora ispustom pare u atmosferu. Ograničena mogućnost hlađenja u nuždi pri kvarovima malog presjeka kod kojih je vrijeme za koje dođe do sniženja pritiska ispod 2,7 ata dugo. PWR (Westinghouse W i drugi): Ubrizgavanje borirane H_2O putem pasivnih akumulatora (*W* kod 54 ata), visokotlačno ubrizgavanje pumpama (*W* kod 155 ata), niskotlačna recirkulacija uz pomoć pumpi za odvod ostatne topline iz reaktora (*W* kod 9 ata). Redundancija po principu kriterija jednostrukog kvara (*W*) ili jednostrukog kvara i jednog podsistema u popravku i održavanju (KWU).	PWR
2. Izvedba sistema za brzu obustavu.	Neovisno o sistemu regulacionih šipki Candu ima dva posve nezavisna sistema brze obustave reaktora (apsorpcione štapove te sistem ubrizgavanja otvora u moderator). PWR ima jedan sistem brze obustave ubacivanjem apsorpcionih štapova, od kojih se dio normalno koristi za regulacione svrhe, te nezavisni (sporiji) sistem dodavanja otrova.	Candu
3. Izvedba kontejnmenta.	Candu 600: Jednostruka betonska posuda.* Snižena seizmička otpornost zbog 2 500 t vode na vrhu kontejnmenta. Niži maksimalni pritisak u kontejnmentu. Bez uređaja za redukciju sadržaja vodika nakon kvara. PWR: Normalno čelična unutarnja i vanjska betonska posuda, međuprostor na potpritisku. Moguće kontrolirano pražnjenje sadržaja kontejnmenta u atmosferiu Viši maksimalni pritisak u kontejnmentu. Normalno ima uređaje za redukciju sadržaja vodika u atmosferi kontejnmenta (hydrogen recombiners).	PWR
4. Smještaj komponenti.	Candu ima znatno više položeno težište teških komponenti.	PWR
5. Redundacija, diverzitet, odjeljivanje, nezavisnost sigurnosnih sistema.	Ocjena bi zahtijevala iscrpniju analizu Candu 600 i pojedinih izvedbi PWR.	?

* Izvedba s dvostrukom posudom moguća.

3. KVALITATIVNA USPOREDBA SIGURNOSNIH OSOBINA PWR i PHWR — CANDU

Osobine koje se dalje iznose daju se dijelom izvesti iz opisa reaktora L1 do 5. Nadalje one su temeljene na literaturi 6, 7, 8 i 9, koja, premda u osnovi posvećena reaktoru Candu, također postavlja ovaj reaktor u relaciju prema lakovodnim reaktorima.

Zbog bolje preglednosti u članku se dalje daje usporedni prikaz sigurnosnih svojstava predmetnih reaktora u tabelarnom obliku. Pri usporedbi inherentnih svojstava sigurnosti (tablica 1) polazi se od osobina karakterističnih za reaktor Candu. Kod »nadgrađene« sigurnosti navode se najvažnije razlike Candu i PWR (tablica 2). Candu 600 je pri tome oznaka za eksportnu izvedbu 600 MW_e.

4. ZAKLJUČAK

U pitanju sigurnosti Candu ima u odnosu prema PWR neke inherentne i »nadgrađene« prednosti, ali i mane.

Inherentne prednosti Candu pred PWR svode se uglavnom na:

— lakše uvjete pri kvarovima tipa LOCA kao i bolje inherentne mogućnosti hlađenja jezgre pri kvarovima tog tipa,
— manji sadržaj radioaktivnih produkata u gorivu,
— manji višak reaktivnosti,
— uređaji za kontrolu reaktivnosti su u području niskog pritiska, i
— postoji mogućnost lakše detekcije i odstranjivanja tlačnih cijevi ili gorivnih elemenata u kvaru.

Mane u odnosu prema PWR jesu:

— visok sadržaj radioaktivnog tricija,
— tlačne cijevi izložene punom neutronskom toku,
— rizici vezani uz izmjenu goriva u pogonu,
— pozitivni koeficijent reaktivnosti po sadržaju parnih mjehurića, kao i odsutnost »samoregulacije«,
— manje povoljni odnosi s obzirom na seizmičku otpornost.

U »nadgrađenoj« sigurnosti Candu je u prednosti pred PWR u izvedbi sistema brze obustave reaktora, dok je PWR u prednosti po:

— izvedbi sistema hlađenja jezgre u nuždi,
— tekućoj izvedbi kontejnmenta.

Više od kvalitativnog zaključka ove vrste, tj. decidiraniji zaključak u korist jednog ili drugog tipa reaktora, nije moguće trenutno dati. Iscrpne analize sigurnosti (poput Rasmussenovoga izvještaja WASH 1400 iz 1975. godine za SAD lakovodne reaktore ili zapadnonjemačke studije rizika »Die deutsche Risikostudie« iz 1979. godine) za Candu nisu provedene. Zaključak rada L9 je da Candu, uz određene izmjene na pomoćnim sistemima (čiji bi cilj bio da se zadovolji američka re-

gulativa, a ne i zbog nužnosti povećanja sigurnosti postojećih konstrukcija Candu) može biti građen u SAD. Kanađani tvrde, bazirajući se na studijama za Japan, da se rješenje Candu može prilagoditi visokim seizmičkim zahtjevima.

LITERATURA

1. Candu 600 station design. AECL PP—28, May 1976.
2. Systems summary of a Westinghouse PWR nuclear power plant.
3. Kraftwerke mit H_2O — Druckwasserreaktoren. KWU, März 1979.
4. Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktoren. KWU, Sept. 1978.
5. Dokumentacija NE Krško
6. V. G. Snell. Safety of Candu nuclear power stations. AECL 6329, Nov. 1978.
7. L. Peace, V. G. Snell: Safety of heavy water reactors. Proceedings of an international conference in Salzburg, May 1977, Vol. 5, p. 335.
8. J. T. Rogers. Candu moderator provides ultimate heat sink in a LOCA. Nuclear Engineering International, Jan. 1979.
9. Jan B. van Erp. Preliminary evaluation of licencing issues associated with U.S.-sited Candu PHWR nuclear power plants. Argonne national laboratory. Report ANL-77-97, Dec. 1977.
10. V. Knapp. O kriterijima i razmatranjima pri izboru nuklearne tehnologije. Seminar o energetskim nuklearnim reaktorima. Institut B. Kidrić Vinča, Beograd, studeni 1979.
11. D. Popović. Tehničko-tehnološke karakteristike teškovodnih energetskih reaktora. Seminar naveden pod 10.
12. M. Čopić. Tehničko-tehnološke karakteristike lakovodnih energetskih reaktora. Seminar naveden pod 10.
13. H. Požar, B. Udovičić, G. Granić: Neki aspekti opskrbe SR Hrvatske električnom energijom, Energija 9—10, 1978, str. 281.
14. J. Lakota. Rješenje sistema zaštite tlakovodnih reaktora nuklearnih elektrana. Studija, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1978.

SAFETY FEATURES OF PWR AND PHWR-Candu REACTORS

In the survey a qualitative comparison regarding nuclear safety features of PWR light water reactors and heavy water reactors of Candu type is presented.

Naslov pisca:
Dr Josip Lakota, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu Zagreb

»ELEKTRA« STRUČNI ČASOPIS CIGRE — PARIZ

Mnogi eksperti, istraživači i inženjeri poznaju CIGRE (Međunarodnu konferenciju za velike električke mreže visokog napona) po zasjedanjima koja su svake dvije godine organizirana u Parizu. Međutim, u vremenu između zasjedanja kontinuirano rade studijski komitet za posebne grupe problema. Članovi tih studijskih komiteta su vrhunski svjetski stručnjaci na polju planiranja, pogona ili opreme elektroenergetskog sistema.

Rezultati njihova rada, na visokom tehničkom nivou, publicirani su u časopisu ELECTRA. Časopis izlazi u dvobrojevima 6 puta godišnje paralelno na francuskom i engleskom jeziku (na lijevoj polovini stranice članak je na francuskom a na desnoj polovici na engleskom).

Npr. br. 66 od X mjeseca 1979. godine ima ovakav sadržaj:

— Pouzdanost velikih elektromotora
— Uvjeti za ispitivanje radnih karakteristika visokonaponskih prekidača i redukcija primijenjenog napona
— Uvjeti umjetnog ispitivanja II — Sposobnost prekidača sa otporima
— Proračun kontinuiranog opterećenja za dodatno hlađene kabele
— Usavršeni brojači gromova
— Primjene, pogonska iskustva i razvoj na polju zaštite prijenosnih linija korištenjem dojavnih linija.

Želite li se pretplatiti na časopis ELEKTRA treba da ga naručite bilo direktno na adresu:

CIGRE'S Central Office
112 Boulevard Hausmann
F 75008 Paris
cijena 150 Fr. franaka,

bilo preko odgovarajuće knjižare.

Potanje informacije možete dobiti u Jugoslavenskom komitetu CIGRE, Zagreb, Berislavićeva 6, telefon: 413-282.

Energija God. 29 (1980) br. 3—4, 147—150.

PRIMJENA TEORIJE POUZDANOSTI U NALAŽENJU OPTIMALNE SHEME ELEKTRIČNIH POSTROJENJA — III DIO

Nikola Čupin, Zagreb

UDK 621.31

U ovom radu, kao nastavku radova objavljenih u broju 3—4/79 (I dio) i broju 7—8/79 (II dio),* dan je primjer za nalaženje optimalne sheme postrojenja 24 kV.

5. PRIMJER OPTIMIRANJA

5. 1. Zadatak

Potrebno je između raspoloživih shema postrojenja 24 kV prikazanih na slici 1. naći optimalnu shemu za napajanje dvije vrste potrošača A i B koji su priključeni na odvode 20 kV.

Pretpostavljeno je:

— broj dovoda 20 kV	$n = 10$
— nazivna snaga transformacije	$P_t = 80$ MVA
— nazivna snaga odvoda	$P_g = 5$ MVA
— vijek trajanja	$V = 30$ godina
— godišnje vrijeme pogona	$T = 8\,000$ h

5. 2. Pokazatelj pouzdanosti

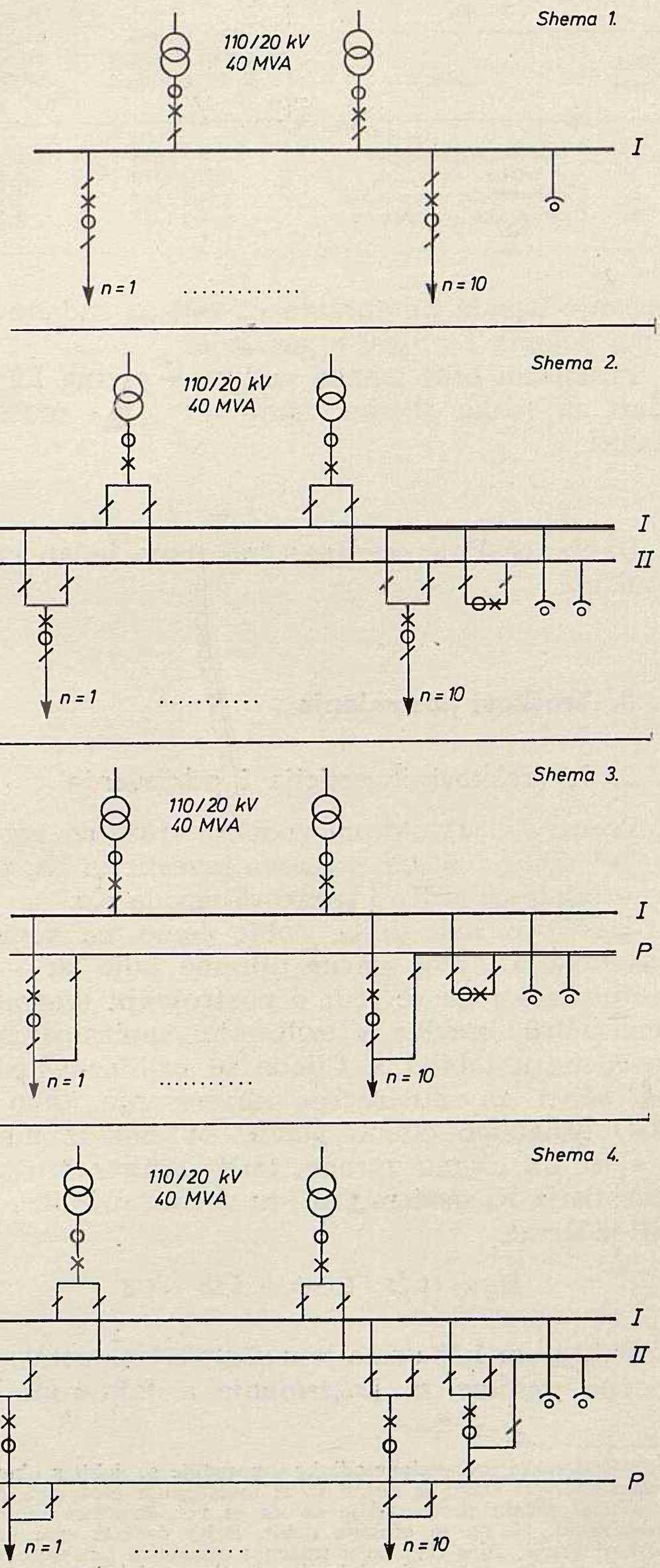
Za pokazatelj pouzdanosti uzet ćemo trajanje ispada odvoda Td i prosječan godišnji broj ispada N.

Ukupno trajanje ispada dobije se, prema L.2 (4),** množenjem ukupnog vremena rada T sa stacionarnom neraspoloživošću odvoda $\bar{A}_\infty$. Stacionarna neraspoloživost dobije se iz stacionarne raspoloživosti A_∞, L.1 (12), pomoću izraza

$$\bar{A}_\infty = 1 - A_\infty \qquad (1)$$

Prosječan godišnji broj ispada dobije se, prema L2 (7), tako da se ukupno vrijeme pogona T množi sumom umnoška vjerojatnosti i-tih stanja p_i, iz kojih sistem prelazi u jedno od j-tih stanja ispada, i koeficijenta prijelaza λ_{ij}.

Uz pretpostavku jednog kvara istovremeno i zanemarivog vremena preklapanja određena je, za podatke o intenzitetima kvara λ i popravka μ prema tablici 1, stacionarna raspoloživost u odvodu na način kako je to pokazano u L3. U tablici 2 navedena je za svaku shemu iz sl. 1. odgovarajuća stacionarna neraspoloživost u odvodu i



Sl. 1. Raspoložive sheme postrojenja

* Na kraju ovog članka dani su ispravci pogrešaka primijećenih u I i II dijelu. Na njih me uglavnom upozorio dipl. ing. JOZO JURIĆ, Suradnik u Odjelu za istraživanje električnih postrojenja ETI Rade Končar, na čemu mu se ovom prilikom najsrdačnije zahvaljujem.

** Literatura 2, jednadžba 4

Tablica 1.

PODACI O INTENZITETIMA KVARA I POPRAVKA ELEMENATA POSTROJENJA

Element	Intenzitet kvara (god^{-1})	Intenzitet popravka μ (god^{-1})
Rastavljač	0,0187	525,6
Prekidač	0,466	175,2
Strujni transformat.	0,004	876
Naponski „	0,008	876
Sabirnica	0,102	525,6
Učinski transform.	0,0016	21,9

Tablica 2

STACIONARNA NERAPPOLOŽIVOST U ODVODU I TRAJANJE ISPADA ODVODA ZA SHEME NA sl. 1.

Shema		Stacionarna neraspoloživost u odvodu $\bar{A}_\infty$	Ukupno trajanje ispada odvoda $T_d = T_g$ (h)
Red. broj	Naziv		
1.	jednostruke sabirnice	0,003 2684	26,14
2.	dvostruke sabirnice	0,002 8292	22,63
3.	jednostruke + pomoćne	0,000 7388	5,9
4.	dvostruke + pomoćne	0,000 1378	1,1

trajanje ispada Td [prema L2 (4)] za zadano vrijeme pogona T=8 000 h godišnje.

Prosječan broj ispada godišnje, prema L2 (7), izlazi za svaku shemu manji od 1, pa možemo staviti

$$N = 1. \qquad (2)$$

Dakle, očekuje se prosječno samo jedan ispad godišnje.

5. 3. Troškovi postrojenja

5. 3. 1. Troškovi investicija i održavanja

Prema L2 (1) ukupni godišnji troškovi postrojenja* sastoje se od troškova investicija Ki, troškova održavanja Kp i troškova ispada Ko.

Troškove investicija dobit ćemo na temelju podataka o cijeni glavne opreme koje su — uz pretpostavku da se radi o postrojenju tvorničke, neizvlačive, izvedbe s izoliranim sabirnicama — navedene u tablici 3. Cijene su približne i služe isključivo za ilustraciju optimiranja. Ako sa CGO označimo cijenu glavne opreme iz tablice 3 a sa CZ cijenu zgrade, tada ukupne troškove investicija K_I možemo za i-tu shemu približno dobiti iz izraza

$$K_{Ii} = (1{,}25 \cdot CGO_i) \cdot 1{,}30 + CZ_i. \qquad (3)$$

Faktorom 1,25 uzeta je u obzir cijena ostale, pomoćne opreme za postrojenje a faktorom 1,30 cijena montaže, prijevoza i osiguranja. Cijenu zgrade možemo izračunati približno iz izraza

$$CZ = k_i \cdot cz \cdot F, \qquad (4)$$

gdje je:

- cz — specifična cijena po metru površine zgrade (dinara/m²)
- F — površina zgrade (m²)
- k_i — faktor kojim se uzima u obzir utjecaj električne opreme i-te sheme na cijenu zgrade.

Za

$$\begin{aligned} cz &= 12\,000 \text{ dinara/m}^2 \\ F &= 200 \text{ m} \\ k_1 &= 1{,}0 \\ k_2 &= 1{,}2 \\ k_3 &= 1{,}3 \\ k_4 &= 2{,}6 \end{aligned} \qquad (5)$$

izlaze ukupni troškovi investicija za svaku shemu:

$$\begin{aligned} K_{I1} &= 23\,689\,931 \\ K_{I2} &= 25\,716\,816 \\ K_{I3} &= 26\,752\,253 \\ K_{I4} &= 31\,954\,631 \end{aligned} \qquad (6)$$

odnosno godišnji troškovi investicija za 30-godišnji period igradnje:

$$\begin{aligned} K_{i1} &= 11\,845\,128 \\ K_{i2} &= 12\,858\,408 \\ K_{i3} &= 13\,376\,126 \\ K_{i4} &= 15\,977\,345 \end{aligned} \qquad (7)$$

Pretpostavimo da godišnji troškovi održavanja iznose 3% od cijene glavne opreme CGO:

$$\begin{aligned} K_{p1} &= 393\,044 \\ K_{p2} &= 421\,602 \\ K_{p3} &= 436\,287 \\ K_{p4} &= 474\,732. \end{aligned} \qquad (8)$$

5. 3. 2. Troškovi ispada

Godišnje troškove ispada računat ćemo preko specifičnih troškova ispada snage i energije iz izraza L2 (3). Pretpostavimo za specifičan trošak ispada snage:

$$\begin{aligned} s_A &= 10 \text{ dinara/kW} \\ s_B &= 0 \text{ dinara/kW} \end{aligned} \qquad (9)$$

a za specifičan trošak ispada energije:

$$\begin{aligned} e_A &= 20 \text{ dinara/kWh} \\ e_B &= 4 \text{ dinara/kWh} \end{aligned} \qquad (10)$$

Indeksi A i B odnose se na potrošače A odnosno B.

Za snagu odvoda, odnosno grupu potrošača:

* Kod svake investicione odluke uspoređuje se dobit s ukupnim troškovima, pri čemu je nužan uvjet investiranja očekivana dobit. U našem slučaju pretpostavlja se da je već donesena odluka o investiranju, tj. da se očekuje dobit. Dobit će biti veća što su troškovi manji, zbog čega je u traženju optimalne strukture trafostanice dovoljno računati minimalne troškove, dakako uz pretpostavku jednakih tehničkih uvjeta kod svake strukture (sheme).

Tablica 3.

CIJENE OPREME ZA POSTROJENJE 24 kV NEIZVLAČIVE IZVEDBE S IZOLIRANIM SABIRNICAMA

Red. broj	Naziv elementa	Jedinična cijena (dinara)	Shema 1 kol.	Shema 1	Shema 2 kol.	Shema 2	Shema 3 kol.	Shema 3	Shema 4 kol.	Shema 4
1.	prekidač	80 660	12	967 720	13	1 048 580	13	1 048 580	13	1 048 580
2.	rastavljač	7 250	22	159 500	36	261 000	34	246 500	48	348 000
3.	strujni transform.	7 337	12	88 044	13	95 381	13	95 381	13	95 381
4.	naponski transform.	6 232	1	6 232	2	12 464	2	12 464	2	12 464
5.	učinski transform.	5 030 000	2	10 060 000	2	10 060 000	2	10 060 000	2	10 060 000
6.	sabirnice po bloku	20 000	13	260 000	28	560 000	28	560 000	45	900 000
7.	ostalo u bloku* bez pom. sab.	120 000(1)	13	1 560 000	14	2 016 000	—	—	—	—
		144 000(2)	—	—	—	—	14	—	—	—
		180 000 3)	—	—	—	—	—	2 520 000	—	3 360 000
		224 000(4)	—	—	—	—	—	—	15	—
Ukupna cijena glavne opreme CGO (dinara)				13 101 496		14 053 425		14 542 925		15 824 425

*3Pod ovim se podrazumijevaju izolatori, kabelska glava, kućište bloka, zaštita i montaža.
(1) jedinična cijena za shemu 1 (jednostruke sab.)
(2) jedinična cijena za shemu 2 (dvostruka sab.)
j3) jedinična cijena za shemu 3 (jednostruke i pomoćne sab.)
(4) jedinična cijena za shemu 4 (dvostruke i pomoćne sab.)

$$P_g = 5\ MW \tag{11}$$

i trajanje ispada odvoda za svaku shemu, prema podacima u tablici 2. dobijemo slijedeće godišnje troškove jednog ispada za potrošača A odnosno B:

$$\begin{aligned} K_{oA1} &= 2{,}66 \cdot 10^6\ d & K_{oB1} &= 0{,}52 \cdot 10^6\ d \\ K_{oA2} &= 2{,}31 \cdot 10^6\ d & K_{oB2} &= 0{,}52 \cdot 10^6\ d \\ K_{oA2} &= 0{,}64 \cdot 10^6\ d & K_{oB3} &= 0{,}12 \cdot 10^6\ d \\ K_{oA4} &= 0{,}16 \cdot 10^6\ d & K_{oB4} &= 0{,}02 \cdot 10^6\ d. \end{aligned} \tag{12}$$

5. 4. Optimalna shema

Pojedini godišnji troškovi za svaku shemu, izračunati u točki 5.3.1 i 5.3.2, prikazani su u tablica 4. Na temelju njih moguće je izračunati

Tablica 4.

GODIŠNJI TROŠKOVI INVESTICIJA ODRŽAVANJA I ISPADA

Broj sheme	Godišnji troškovi X 10^3 (din) investicija K	održavanja Kp	ispada K_{oA}	ispada K_{oB}
1	11 845	393,0	2 660	520
2	12 858	421,6	2 310	450
3	13 376	436,3	640	120
4	15 977	474,7	160	20

ukupne troškove za VG godina gradnje i V godina eksploatacije koje, svedene na početnu godinu, možemo računati prema izrazu (L4):

$$K = \sum_{n=1}^{VG} K_{in}(1+a)^{-n} + \sum_{n=VG}^{V+VG} K_{pn}(1+a)^{-n} + \sum_{n=VG}^{V+VG} K_{on}(1+a)^{-n} \tag{13}$$

Tablica

UKYPNI TROŠKOVI POSTROJENJA

Shema	Ukupni troškovi postrojenja × 10^6 Din potrošač A	potrošač B
1	53,2	30,75
2	51,7	32,1
3	35,17	29,7
4	35,76	33,7

u kojemu je a faktor aktualizacije. Uzmemo li za njega vrijednost

$$a = 0{,}08 \tag{14}$$

izlaze ukupni troškovi postrojenja za pojedinu shemu i potrošača, za VG = 2 god. te V = 30 godina kako je prikazano u tablici 5. Optimalna shema za potrošača A je shema br. 4 (dvostruke s pomoćnim sabirnicama), a za potrošača B shema br. 3 (jednostruke s pomoćnim sabirnicama).

6. ZAKLJUČAK

Na primjeru postrojenja 24 kV od dva transformatora 110/20 kV i 10 odvoda ilustriran je primjer nalaženja optimalne sheme električnog postrojenja u dva slučaja:

— napajanja potrošača A s velikim troškovima ispada
— i potrošača B s malim troškovima ispada.

Pokazuje se da su u slučaju velikih troškova ispada ukupni troškovi ispada najmanji kod najkompliciranije sheme br. 4 (dvostruke i pomoćne sabirnice), pa je ta shema za taj slučaj i optimalna. Za drugi slučaj, potrošača s malim tro-

škovima ispada, optimalna je nešto jednostavnija shema, shema br. 3 (jednostruke i pomoćne sabirnice).

Budući da je primjer odabran isključivo za ilustraciju postupka optimiranja opisanog u prva dva dijela ovog rada (L.1, L.2) troškovi investicija su pretpostavljeni i računati prema približnim formulama (3) i (4). Također su pretpostavljeni troškovi održavanja i ispada.

Primjer, unatoč pretpostavkama, pokazuje opravdanost optimiranja. Iz njega je vidljivo da se u slučaju izbora sheme 4 umjesto sheme 3 (za potrošača B) nepotrebno troši 4 000 000 dinara.

Iako je očito da je utjecaj ekonomske politike na računanje ukupnih troškova znatan, ogromne investicije koje ulažemo u postrojenje opravdavaju daljnje napore na analizi tog utjecaja i stvaraju realnijeg (čitaj: složenijeg) modela optimiranja.

LITERATURA

1. N. Čupin: Primjena teorije pouzdanosti u nalaženju optimalne sheme električnih postrojenja (I dio), Energija 28/1979 br. 3—4 (65—70)
2. N. Čupin: Primjena teorije pouzdanosti u nalaženju optimalne sheme električnih postrojenja (II dio), Energija 28/1979.
3. N. Čupin, S. Mušura, S. Vajnaht: O računanju pouzdanosti distributivnih trafostanica, XIV savjetovanje elektroenergetičara Jugoslavije, Sarajevo, 1979.
4. V. I. Nitu: The phisiology of substation reliability, Elektra No 54, 1977.

APLICATION OF RELIABILITY IN OPTIMATIZATION OF ELECTRICAL ASSEMBLIES, Part III

In the article, which is continuiation of works published in number 3—4/79 (part I) and 7—8/79 (part II), is presented an exampl for finding of optimal scheme of 24 kV assembly.

Naslov pisca:
dr Nikola Čupin, dipl. ing.
Institut »Rade Končar«, Zagreb

ISPRAVCI

I dio (Energija 3—4/79)

Izraz za računanje λ_p u primjeru točke 2.2 (str. 66) *treba glasiti:*

$$\lambda_p = \frac{5}{0{,}25 \cdot 999 + 0{,}25 \cdot 998 + 0{,}25 \cdot 997 + 0{,}08 \cdot 996 + 0{,}17 \cdot 995}$$

odnosno $\lambda p = 0{,}005\ god^{-1}$

Tekst ispred jednadžbe (29) na str. 69 *treba glasiti:* Ekvivalentni intenzitet popravka sistema od dva paralelno spojena elementa (slika 9) proizlazi iz jednakosti koja se može postaviti na temelju izraza (19) za eksponencijalni model popravka.

Jednadžba (31) i tekst ispred nje (str. 70) *treba glasiti:* Ekvivalentni intenzitet kvara dobit ćemo iz jednakosti koju možemo postaviti na temelju izraza za neraspoloživost paralelne strukture

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \mu_1} \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_2 + \mu_2} = \frac{\lambda_s}{\lambda_s + \mu_s} \qquad (31)$$

Jednadžba (34) treba glasiti:

$$\lambda_s = \frac{n \cdot \mu \cdot \lambda^n}{(\lambda + \mu)^n - \lambda^n} \qquad (34)$$

II dio (Energija 7—8/79)

Sinopsis na hrvatskom (i engleskom) je uzet iz I dijela. Umjesto toga na str. 235. *treba stajati:*
Pošto su u I dijelu rada (Energija 3—4/79) dani osnovni pojmovi iz teorije pouzdanosti, u ovom se dijelu obrađuje način optimiranja i načini računanja troškova ispada.

Odnosno na engleskom (str 237):

Becouse are in the I Part of the paper (Energija 3—4/79) given basic terms of probabilistic theory, in this part ways of optimising and ways of calculating final expenses are discussed.

Energija God. 29 (1980) br. 3—4, 151—155.

USPOREDBA GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U PRIJENOSU I DISTRIBUCIJI ELEKTRIČNE ENERGIJE U NAS I U SVIJETU

Josip M o s e r, Zagreb

UDK 621.316.1

U članku su opisane vrste gubitaka električne energije, a zatim je dana analiza procentualnih udjela gubitaka u prijenosu i distribuciji 21 zemlje Evrope i SAD. Iz tog pogleda uočavamo da je najlošija situacija u SFRJ. Zatim je analiza provedena po republikama SFRJ, pokazani su i novčani iznosi izgubljene energije, kao i trendovi porasta, koji su izuzetno visoki. Sve te analize upućuju na nužnost hitne i sveobuhvatne akcije za smanjenje gubitaka u prijenosu i distribuciji u nas.

1. OSNOVNE VRSTE GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Osnovne vrste gubitaka električne energije jesu:

— komercijalni gubici i
— tehnički gubici.

Komercijalni gubici nastaju na osnovi razlike evidentiranih veličina nabavljene i predane električne energije u određenim vremenskim razdobljima. U te razlike ulaze:

— neregistrirani povećani troškovi i potrošnja električne energije,
— razlike u registriranju potrošnje zbog tolerancije mjernih uređaja i
— utrošena električna energija prilikom kvarova na postrojenjima.

Neregistrirani povećani potrošak električne energije nastaje u nepovlasnom potrošku potrošača (najčešće na niskom naponu), bilo da na taj način potrošač izbjegava plaćanje troškova kod regularne isporuke, bilo da se na postojeću mrežu priključio bez dozvole, a na taj način oštećuje isporučioca električne energije. U ovu grupu treba uvrstiti i one potrošače koji neredovito plaćaju utrošenu električnu energiju, koristeći se pritome pogodnostima načina naplate. Danas su u praksi dva načina naplate potrošnje električne energije i oba imaju utjecaja na točnost podataka o gubicima. Prvi je način klasičnim sistemom obračuna električne energije, u kojem se očitavanja utroška prodaje električne energije vrši svaki mjesec, zbog čega vremenska odstupanja na mreži niskog napona u očitavanju ne prelaze ± 15 dana, a na ostalim višim naponima nema gotovo nikakvih odstupanja. Drugi način je sistemom očitavanja predaje električne energije potrošačima u vezi s primjenom elektroničke obrade podataka kroz upotrebu naplaćivanja prosječnih mjesečnih ili dvomjesečnih akontacija, uz jedno godišnje očitavanje mjernih uređaja. Kod ovog drugog sistema, koji se zadnjih godina široko uvodi u praksu, nepogodno je nalaženje podataka o gubicima električne energije kao razlici nabavljene i predane električne energije. Potrebno je redovno voditi brigu da u tu razliku ulaze i iznosi predane a još ne i naplaćene električne energije. Kako očekujemo da će u perspektivi razvoja organizacije poslovanja distributivnih poduzeća ovaj način naplate putem akontacija steći punu afirmaciju, to je već sada nužno naći načina da se gubici utvrđuju u realno mogućim i nužnim okvirima.

Razlika u registriranju potrošnje električne energije zbog tolerancije mjernih uređaja i zbog točnosti baždarenja može biti kod svakog uređaja i pozitivna i negativna. Kod širokih područja s mnoštvom potrošača te razlike nisu izražene jer se međusobno rekonpenziraju pozitivne i negativne razlike, a konačna razlika je u odnosu na cjelokupnu predaju električne energije potrošačima neznatna. Ako se promatra samo dio mreže, recimo, analizira se dio niskonaponskih mreža, mogu se pojaviti granični slučajevi koji mogu imati naglašeni negativni ili pozitivni iznos razlike.

Razni pogonski događaji, kao što su dozemni spojevi i kratki spojevi, imaju za posljedicu da se utroši određena količina električne energije. Količina energije koja se tom prilikom utroši ovisi o učestalosti takvih kvarova, o vrsti kvarova i o vremenu koje je nužno potrebno do prorade zaštitnih uređaja.

Kada se rezimira analiza komercijalnih gubitaka, odnosno gubitaka koji ovise o vanjskim utjecajima, vidimo da ovi gubici imaju veoma varijabilne veličine, da ih je gotovo nemoguće odrediti računskim putem i da mogu imati negativni ili pozitivni oblik, a da su po iznosu takvi da se u analizi gubitaka treba s njima računati.

Tehnički gubici su gubici koji su posljedica stavljanja postrojenja pod napon i opterećenje električnih mreža zbog potrošačeve potražnje za snagom i energijom. Oni su sumarni iznos svih gubitaka nastalih prolazom električne energije kroz sva postrojenja koja se nalaze između proizvođača električne energije. Oni se mogu analitički

odrediti dovoljno točno, iako se u jednom elektroenergetskom sistemu ne mogu sasvim točno ustanoviti čak ni primjenom suvremenih električkih računala zbog mnogobrojnosti svih elemenata mreže.

Prema tome, put za analiziranje gubitaka trebao bi biti takav da se, prvo, što je moguće točnije odrede iznosi tehničkih gubitaka, zatim se oni odbiju od ukupnih iznosa gubitaka koje iskazuje distributer, a razlika je iznos komercijalnih gubitaka.

Bitno je sagledati stanje ukupnih iznosa gubitaka u nas, provesti usporedbu stanja tih gubitaka u nas i u svijetu kako bi se uočili eventualni međusobni odnosi i razlike.

2. USPOREDBA STANJA U SFRJ I U SVIJETU

Iz (lit. 1) kao i publikacija UNIPEDE i OECD-a može se napraviti pregled stanja gubitaka električne energije u nekim zemljama Evrope i u SAD, te ih usporediti sa stanjem u Jugoslaviji. Dakako, kod tih usporedbi treba biti rezerviran prema načinu dostavljanja podataka organizacijama koje su ih prikupile.

Procentualni udio gubitaka zbog prijenosa i distribucije električne energije u odnosu na ukupnu raspoloživu energiju pokazan je u tablici 1, za razdoblje od 1967. do 1976. godine. Kako vidimo, najveći procentualni iznosi su kod Rumunjske 1970. i 1972. (21,24% odnosno 19,9%), a najmanje procentualno učešće imaju Nizozemska 1975. (4,69%), Belgija 1973. (4,99%) i SR Njemačka 1973. i 1974. godine (4,94% odnosno 4,99%). Sve ostale vrijednosti kreću se oko srednjih vrijednosti, koje su u tablici također navedene. Budući da promatramo razdoblje od deset godina može se uočiti trend povećanja ili smanjenja procentualnog udjela, i to na slijedeći način:

1. Austrija prve tri godine ima oko 12%, a zatim joj procentualni udio gubitaka pada na vrijednosti između 8,73% i 7,41%.

2. Belgija ima tendenciju opadanja trenda procentualnog udjela, posebno izraženo u razdoblju 1967—1973, a sve vrijednosti su vrlo ujednačene između najveće (6,08%) i najmanje (4,99%).

3. Bugarska u razdoblju 1967—1972. ima iznose između 19,26% i 18,08%, a zatim su oni upola manji i od 1973. do 1976. su između 9,84% i 9,08%. Ne upuštamo se u nagađanje zašto je tako.

4. ČSSR ima vrlo ujednačen procentualni udio gubitaka, koji se kreće između 8,17% i 7,41%, a koji u toku nekoliko godina opada, a zatim se malo poveća i ponovno opada.

5. Mađarska ima isto tako ujednačen procentualni iznos gubitaka koji je u granicama 0,09% do 7,98%, a zanimljivo je da od 1967. do 1970. udio lagano raste, a od 1973. do 1976. lagano opada.

6. Švedska ima dosta visoke procentualne udjele gubitaka, a najveći iznos je 12,35%, dok je najmanji 8,63%. U razdoblju 1967—1972. vrijednosti su uglavnom oko 12%, a od 1974. do 1976. kreću se između 8,63% i 9,46%.

7. Italija ima vrlo izjednačen procentualni udio gubitaka koji se kreće između 9,95% i 7,86%.

8. Nizozemska gotovo sve vrijednosti ima između 5,98% i 4,69%, a većina je udjela vrlo niska u usporedbi s ostalim zemljama.

9. Norveška pokazuje opadanje procentualnih udjela između vrijednosti 10,73% u 1968. i 8,94% u 1974. godini.

10. Španjolska ima visoke procentualne udjele gubitaka, koji ipak pokazuju stalnu tendenciju opadanja vrijednosti: sa 14,61% u 1967. na 10,26% u 1976. god.

11. Rumunjska ima porast procentualnih udjela sa 11,15% u 1967. na 21,24% u 1970, zatim opadanje na 18,42% u 1973, a nakon toga su vrijednosti upola manje: 9,71% u 1974. i 8,45% u 1975. god.

12. Poljska pokazuje stalnu tendenciju porasta vrijednosti procentualnog udjela sa 8,51% 1968. godine na 9,76% 1976. Inače su vrijednosti dosta ujednačene.

13. Grčka je imala stalno smanjenje: sa 9,54% u 1968. do 7,40% u 1973, a nakon toga procentualni udjeli gubitaka stalno rastu: sa 7,40% do 7,71% 1976. godine.

14. Švicarska ima stalan tren opadanja: sa 10,31% u 1967. na 8,99% u 1974. god., u 1975. i 1976. vrijednosti malo kolebaju (9,52% i 8,97%).

15. Turska ima najveće varijacije vrijednosti jer najveći je 18,88% u 1971, a najmanja 8,97% u 1969. godini. Ipak, najčešće su to vrijednosti oko 10,0%.

16. Francuska pokazuje konstantno opadanje vrijednosti sa 7,42% 1967. na 6,50% 1974. godine, jedino u 1974. i 1976. godini procentualni iznosi rastu na 6,63% i 6,86%. Inače su vrijednosti vrlo ujednačene.

17. SSSR pokazuje stalan trend porasta procentualnih iznosa udjela: sa 7,37% 1967. na 8,25% u 1976. godini.

18. Velika Britanija ima stalno opadanje vrijednosti procentualnih udjela: sa 8,10% u 1967. na 7,26% u 1976. godini, a vrijednosti su vrlo ujednačene.

19. SAD imaju vrijednosti između 8,10% i 7,79% u razdoblju 1967—1972, dok su vrijednosti od 1974. do 1976. ujednačene oko 8,80%.

20. SR Njemačka ima također vrlo ujednačene iznose, koji se svi kreću između 5,96% i 4,94% (1970. i 1973. godine).

21. Jugoslavija ima ujednačene, ali vrlo velike procentualne udjele gubitaka koji se s izuzetkom 1974. godine kreću od 10,90% 1968. godine do 12,40% 1972. godine. Najuočljivija je tendencija variranja oko vrijednosti od 11% ukupne raspoložive energije.

Prema tome, u svim zemljama koje smo analizirali, s izuzetkom Poljske, SSSR-a i Jugoslavije, trend je opadanja procentualnog udjela gubitaka tokom godina.

Ako se rangira navedena 21 zemlja po veličini procentualnog udjela, vidimo da je Jugoslavija po veličini procentualnog udjela zauzimala:

1967.	5. mjesto
1968.	7. mjesto
1969.	5. mjesto
1970.	5. mjesto
1971.	4. mjesto
1972.	4. mjesto
1973.	4. mjesto
1974.	2. mjesto
1975.	1. mjesto
1976.	1. mjesto

Upravo to pokazuje svu nepovoljnost iznosa gubitaka u nas. Gubici rastu i zadnjih smo godina po procentualnom iznosu na vrhu zemalja u Evropi. Trebali bismo nastojati da se smanje iznosi gubitaka i da takvo nepovoljno stanje popravimo.

Treba naglasiti da se radi o ukupnoj sumi gubitaka u prijenosu i distribuciji, što znači da, ako smo ustanovili da je prosječna vrijednost za 21 promatranu zemlju, procentualni udio od

8,58% s varijancom 1,39%.

Taj udio treba podijeliti na dio koji otpada na prijenos i dio koji otpada na distribuciju električne energije. Otprilike je moguće definirati taj omjer kao 1/3 prema 2/3 u korist distribucije, što bi značilo da je gornji prosjek podijeljen na

2,86% u prijenosnoj mreži, a
5,72% u distributivnoj mreži.

Kako je udio u Jugoslaviji 11,16%, to bi se moglo smatrati da je procentualni udio

3,39% nastao u prijenosnoj mreži, a
7,77% u distributivnoj mreži.

Međutim, u SR Hrvatskoj je samo distribucija imala udio od 10,43% raspoložive energije, dok je u prijenosnoj mreži udio gubitaka oko 4,3%, što znači da je ukupni procentualni udio gubitaka u prijenosu i distribuciji u Hrvatskoj oko

14,73%,

a to je znatno više od iskazane prosječne vrijednosti u Jugoslaviji, koja je kako smo vidjeli, najveća u promatranim zemljama. Te vrijednosti su dovoljno alarmantne i zahtijevaju hitne mjere smanjenja procentualnih vrijednosti gubitaka.

Prema tome, ako želimo SR Hrvatsku uspoređivati s ostalima, moguće je svesti pregled procentualnih udjela na iznose:

Zemlje	Gubici	
	u distribuciji	u prijenosu
Hrvatska	10,43%	4,30%
Jugoslavija	7,77%	3,39%
Prosjek 21 zemlje	5,72%	2,86%
Francuska	4,59%	2,27%
SR Njemačka	3,40%	1,69%

Razlike su vrlo uočljive, pa smatramo da je komentar suvišan.

3. USPOREDBA STANJA GUBITAKA PO REPUBLIKAMA U SFRJ

Usporedba stanja po republikama u SFRJ, izrađena na bazi bilance električne energije za 1973, 1974, 1975, 1976. i 1977, dana je u (lit. 1). Karakteristično je da su i prethodne vrijednosti uzete iz iste (lit. 1), poglavlje »Međunarodni pregled«, dok su bilance iz poglavlja »Udružena elektroprivreda«, a kako vidimo postoje razlike u iznosima i rezultatima. U razloge tih razlika nećemo ulaziti.

Procentualno je po republikama bio slijedeći udio ukupnih gubitaka nastalih u prenosnoj mreži Jugoslavije u razdoblju 1973 — 1977 (u postocima):

Republika	1978.	1974.	1975.	1976.	1977.
Bosna i Herceg.	13,89	14,52	12,69	15,12	24,64
Crna Gora	3,63	3,28	2,79	3,35	2,97
Hrvatska	16,70	20,80	19,67	18,87	16,86
Makedonija	1,70	—0,04	—0,63	—1,67	3,53
Slovenija	9,26	9,02	11,33	11,48	9,36
Srbija	54,94	52,43	53,82	52,85	42,64

Iz tog pregleda vidimo da je najveći dio gubitaka u prijenosnoj mreži bio u Srbiji, a do 1977. godine na drugom mjestu je uvijek Hrvatska sa 16—20%. Dakle, oko jedne petine gubitaka u prijenosu nastaje u mreži Hrvatske. Kod Makedonije su pokazani podaci da je isporučena energija (dakle prodana) veća od raspoložive (dakle proizvedene i kupljene), što znači da je negativan predznak gubitaka. Nije cilj ove analize da ulazi u ovakve situacije, iako bi bilo interesantno saznati zašto je tako.

Ako se ovi procentualni udjeli gubitaka u prijenosu usporede s odnosima dužine prijenosne mreže po republikama i instaliranom snagom u transformatorskim stanicama u prijenosnoj mreži po republikama, vidimo da je prema (lit. 1) bilo stanje 31. XII 1976.

Republika	vodovi 380 kV km	220 kV km	110 kV km	ukupno km	odnos %
SFRJ	734	4 553	10 734	16 021	100,00
BIH	47	1 251	1 650	2 948	18,40
CRNA GORA	—	305	512	817	5,10
HRVATSKA	69	974	2 833	3 876	24,19
MAKEDONIJA	—	166	872	1 038	6,48
SLOVENIJA	—	274	1 187	1 461	9,12
SRBIJA	618	1 583	3 680	5 881	36,71

odnosno za instalirane snage stanica u prijenosnoj mreži (MVA):

Republika	voda 380 MVA	220 kV MVA	110 kV MVA	ukupno MVA	odnos %
BIH	1 800	900	1 649	2 549	13,51
CRNA GORA	—	300	455	755	4,00
HRVATSKA	—	1 450	2 556	4 006	21,23
MAKEDONIJA	—	700	624	1 324	7,02
SLOVENIJA	—	750	1 467	2 217	11,75
SRBIJA	—	2 400	3 818	8 018	42,49
SFRJ	1 800	6 500	10 569	18 869	100,00

Kako iz ovog pregleda vidimo, na Hrvatsku otpada 24,19% ukupne prijenosne mreže i 21,23% instalirane snage u toj mreži, a svega 16,86% nastalih gubitaka, pa je po tom kriteriju stanje u Hrvatskoj povoljno. Ovako gledajući, loša je situacija u prijenosnoj mreži Srbije i Bosne i Hercegovine.

Ako usporedimo procentualne udjele gubitaka u prijenosu u odnosu na ukupnu raspoloživu energiju po republici situacija je slijedeća (u postocima):

Republika	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.
BIH	3,63	6,07	4 34	3,13	5,92
CRNA GORA	4,01	4,00	3 01	2,87	1,84
HRVATSKA	3,82	4,76	3,77	3,23	3,47
MAKEDONIJA	0,95	—0,02	—0,34	—0,88	2,03
SLOVENIJA	2,58	2,86	3,03	2,68	2,70
SRBIJA	6,15	7,88	6,88	4,90	4,40
SFRJ	4,95	5,25	4,45	3,47	3,92

Kako vidimo, Hrvatska se redovito nalazi oko 0,5% ispod prosječnog iznosa za SFRJ. Iznosi su ipak znatni. To ćemo valorizirati i novčanim vrijednostima gubitaka u prijenosu, koji imaju prosječne ostvarene cijene (N. para/kWh):

Republika	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.
BIH	18,43	25,42	34,10	38,82	42,79
CRNA GORA	16,68	21,90	30,00	29,43	38,19
HRVATSKA	19,62	24,18	31,67	34,16	36,76
MAKEDONIJA	18,72	24,59	32,97	37,10	41,41
SRBIJA	19,69	24,40	32,09	35,97	43,37
SLOVENIJA	17,26	22,74	38,94	30,68	40,41
SFRJ	18,88	24,20	31,40	34,93	41,25

Vrijednost gubitaka u prijenosu u SFRJ 1977. godine iznosi

823 561 200 dinara,

a ako znamo da su ti gubici dvostruko veći nego u drugim zemljama, jasno je koliko se može uštedjeti smanjivanjem gubitaka. U Hrvatskoj su 1977. godine oni iznosili

123 769 820 dinara,

što je veliki iznos, vrijedan truda da se raznim mjerama smanji.

Ono što najviše zabrinjava jest prosječna godišnja stopa porasta svih vrijednosti gubitaka. Dakle, za razdoblje 1973 — 1977. trendovi iznose

SFRJ	22,86%		
BIH (73—76)	17,99%	(1973 — 1977)	39,47%
CRNA GORA	19,12%		
HRVATSKA	19,39%		
MAKEDONIJA	42,73%		
SLOVENIJA	25,15%		
STBIJA	17,00%		

Radi se o izuzetno visokim trendovima vrijednosti gubitaka, koji su jednim dijelom posljedica stalnog i visokog trenda porasta cijene kWh, a drugim dijelom posljedica porasta iznosa gubitaka u prijenosu električne energije.

Procentualni udio gubitaka u distribuciji električne energije od mase ukupnih gubitaka u razdoblju 1973 — 1977. iznosio je (u postocima):

Republika	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.
BIH	13,30	14,17	15,63	14,50	14,14
CRNA GORA	4,01	3,47	3,30	3,28	3,54
HRVATSKA	20,94	21,41	22,45	22,20	22,59
MAKEDONIJA	7,46	7,23	6,13	9,89	6,61
SLOVENIJA	12,72	13,09	15,33	12,29	12,54
SRBIJA	41,59	40,64	37,16	37,84	40,38

Mogu se također usporediti udjeli raspoložive i predane električne energije u distribuciji prema udjelima gubitaka u distribuciji. Kod Hrvatske je procentualni udio u gubicima manji od udjela u raspoloživoj i predanoj energiji, što je povoljno.

Kako iz navedenog pregleda vidimo, od ukupne mase gubitaka u distribuciji na Hrvatsku otpada 22%. To je u stanovitom smislu izjednačeno i s veličinom distributivne mreže i instaliranom snagom u distribuciji Hrvatske.

Ako usporedimo procentualne udjele gubitaka u distribuciji u odnosu prema ukupno raspoloživoj energiji po republici, situacija je slijedeća (u postocima):

Republika	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.
BIH	10,85	11,56	13,33	11,17	10,76
CRNA GORA	18,50	17,11	18,76	17,08	17,79
HRVATSKA	8,71	9,44	10,87	10,48	10,58
MAKEDONIJA	13,04	12,68	11,08	17,26	11,69
SLOVENIJA	7,84	8,41	10,55	8,22	8,55
SRBIJA	10,37	10,51	10,28	9,95	10.29
SFRJ	9,95	10,32	11,07	10,55	10,39

Hrvatska je redovito u blizini prosječnih vrijednosti za SFRJ, ali i kod nje procentualni udjeli rastu od 1973. do 1975, a zatim opadaju do 1977. Ako složimo republike po pojedinim godinama od najmanje vrijednosti do najveće situacija je:

Republika	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.
BIH	4	4	5	4	4
CRNA GORA	6	6	6	5	6
HRVATSKA	2	2	3	3	3
MAKEDONIJA	5	5	4	6	5
SLOVENIJA	1	1	2	1	1
SRBIJA	3	3	1	2	2

Općenito je moguće zaključiti da je na prvom mjestu Slovenija, zatim Srbija pa Hrvatska, na četvrtom mjestu je Bosna i Hercegovina, zatim Makedonija, dok je šesta, s najvećim udjelima, Crna Gora. Ipak, treba imati na umu da su procentualni udjeli gubitaka u distribuciji u nas veći nego što su u drugim zemljama sume gubitaka u prijenosu i distribuciji. Zato nije čudo da smo najlošiji u Evropi po iznosu i procentualnom udjelu gubitaka.

Moguće je vrednovati novčanu vrijednost gubitaka u distribuciji, znajući da su ostvarene prosječne cijene u distribuciji (N. para/kWh):

Republika	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.
BIH	20,80	26,98	35,69	40,88	46,46
CRNA GORA	19,79	24,08	31,16	36,17	43,30
HRVATSKA	20,53	26,89	35,45	38,20	43,58
MAKEDONIJA	20,74	26,57	34,86	38,92	45,27
SLOVENIJA	19,25	25,34	28,22	33,16	44,77
SRBIJA	20,04	26,04	34,07	38,03	43,63
SFRJ	20,15	26,23	33,72	37,67	44,26

Vrijednost gubitaka u distribuciji, u SFRJ iznosio je ukupno u 1977. godini:

1 411 392 100 dinara,

od čega u Hrvatskoj

313 965 570 dinara.

Radi se o vrlo velikim iznosima, pa je jasno da bi svaki trud uložen u smanjenje iznosa i procentualnih udjela donio znatne financijske uštede.

Prosječna godišnja stopa porasta vrijednosti gubitaka u distribuciji za razdoblje 1973 — 1977. godine iznosila je za:

SFRJ	25,92%
BIH	27,91%
CRNA GORA	22,73%
HRVATSKA	26,99%
MAKEDONIJA	22,77%
SLOVENIJA	27,41%
SRBIJA	24,96%.

Karakteristično je da su trendovi izuzetno visoki, a da su najviši, i iznad prosječne vrijednosti za SFRJ, u Bosni i Hercegovini (27,91%), Sloveniji (27,41%) i Hrvatskoj (26,99%). I ovdje stoji da je to posljedica povećanja cijene kWh i mase gubitaka u distribuciji.

Na kraju ovoga prikaza usporedimo procentualne udjele ukupnih gubitaka u prijenosu i distribuciji u odnosu prema ukupnoj raspoloživoj električnoj energiji (u postocima):

Republika	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.
BIH	14,48	17,63	17,67	14,30	16,68
CRNA GORA	22,51	21,11	21,77	19,95	19,54
HRVATSKA	12,53	14,20	14,64	14,71	14,05
MAKEDONIJA	13,99	12,66	10,74	16,38	13,72
SLOVENIJA	10,41	11,27	13,58	11,90	11,25
SRBIJA	16,52	18,39	17,16	14,85	14,69
SFRJ	14,90	15,57	15,52	14,02	14,31

Dakle, iznosi su znatno veći od iskazanih u prethodnom poglavlju (14,31% umjesto 11,16%), te moramo biti svjesni da je situacija mnogo lošija negoli je pokazano u prethodnom poglavlju.

Iz prethodnog pregleda vidimo da nema nekog sustavnog slijeda vrijednosti, pa se ne može reći da procentualni udjeli opadaju ili rastu. Možemo konstatirati da su očito previsoki i da se Hrvatska nalazi negdje oko prosjeka SFRJ. Napravimo li rang-listu od najmanje vrijednosti do najveće dobit ćemo ovu tablicu.

Republika	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.
BIH	4	4	5	3	5
CRNA GORA	6	6	6	6	6
HRVATSKA	2	3	3	2	3
MAKEDONIJA	3	2	1	5	2
SLOVENIJA	1	1	2	1	1
SRBIJA	5	5	4	4	4

Možemo općenito zaključiti da su ukupni gubici redovito najmanji u Sloveniji, zatim Hrvatskoj i Makedoniji, pa onda u BiH i Srbiji, dok je najlošija sicuacija u Crnoj Gori.

4. ZAKLJUČAK

Kao zaključak treba još jednom ponoviti da su procentualni iznosi gubitaka električne energije u prijenosu i distribuciji previsoki u SR Hrvatskoj i u SFRJ, pa je nužna hitna i sveobuhvatna akcija da bi se gubici smanjili.

LITERATURA

1. ZJE, Statistički godišnjaci Elektroprivrede SFRJ za 1969. do 1977. god., Beograd, 1969. do 1977.

COMPARISON OF ELECTRICAL LOSSES IN TRANSMITION AND DISTRIBUTION OF ELECTRICA IN OUR COUNTRY AND IN OTHER COUNTRIES

In the article are described sorts of electrical losses and also analysis of percentages of losses in transmision and distribution networks in 21 countries in Europe and USA. From that standpoint it is visible that the worst condition is in SFRJ. Also the analysis for each republic, costs of losses and trends are presented. It is obvious that an urgent and overall action should be taken.

Naslov pisca:
Josip M o s e r, dipl. ing
Institut za elektroprivredu Zagreb

VELIKO PRIZNANJE INSTITUTU ZA ELEKTROPRIVREDU

Kolektiv Instituta za elektroprivredu u Zagrebu primio je 28. ožujka ove godine još jedno veliko priznanje za svoj dugogodišnji rad.

Prilikom proslave 25. godišnjice osnivanja, ujesen 1978, Institut je kao znanstvenu radnu organizaciju odlikovao Predsjednik Republike Ordenom rada sa zlatnim vijencem.

Ovom su pak prilikom odlikovani istaknuti pojedinci koji su svojim radom pridonijeli razvoju i afirmaciji Instituta.

Na svečanoj sjednici Savjeta Instituta, u ime Predsjednika Republike odlikovanja je predao predstavnik općine Trnje drug Franjo Obuljen, predsjednik Vijeća udruženoga rada.

Ordene i medalje dobili su:

Ivo Božin, dipl. inž. i *Boris Markovčić,* dipl. inž, Orden zasluga za narod sa srebrnim zrakama,

Borivoj Baranović, dipl. inž, *dr Božo Udovičić,* dipl. inž. i *dr Ivo Hrs,* dipl. inž, Orden rada sa zlatnim vijencem,

Dr Duško Čorak, dipl. inž, *Hela Bošan, Ružica Dilberović* i *Zlatko Frajman,* dipl. ek, Orden rada sa srebrnim vijencem i

Mihaela Tomić Medalju rada.

U ime odlikovanih zahvalili su se kraćim govorima direktor Ivo Božin i inženjer Borivoj Baranović. Oni su istakli kako su odlikovanja pojedinim radnicima priznanje cijelom kolektivu, što je značajni poticaj za još veće zalaganje odlikovanih, a i cijele radne organizacije.

Zatim su govorili Mića Gledić, potpredsjednik privredne komore SR Hrvatske i Mladen Juričić, zamjenik predsjednika Republičkog komiteta za energetiku, industriju, rudarstvo i zanatstvo. Oni su čestitali odlikovanima i istakli značajnu ulogu Instituta za elektroprivredu u poslijeratnom razvoju elektrifikacije u Hrvatskoj i Jugoslaviji.

Nakon svečane sjednice, uzvanici su razgledali upravo montiran novi elektronički računski stroj koji je Institut nabavio kao nužno pomagalo u svom stručnom i naučnom radu.

Uzvanicima su objašnjene glavne karakteristike stroja, njegova upotreba i uloga u radu Instituta.

Uređaj je proizvod američke tvrtke »Digital« i najjači je model u svojoj seriji. Već sada studijske grupe raspolažu nizom vlastitih programa prilagođenih novom stroju, no to je još početak, jer vlastiti računski stroj znatnog kapaciteta i velike brzine pruža mogućnosti na koje se do sada nije moglo ni pomišljati. Zbog bržeg i efikasnijeg rada svakoj je studijskoj grupi u njene prostorije montiran videoterminal spojen na centralnu jedinicu. Time još nisu iscrpljene sve mogućnosti ovog uređaja. U planu je da se poveća istovremeni pristup većeg broja korisnika ovom sistemu.

Pritiskom na dugme, uz nekoliko prigodnih riječi, uređaj je stavio u pogon direktor ZEOH Rade Pavlović.

Tako je Institut proslavio i ovaj uspjeh u svom 27-godišnjem postojanju.

Savjetovanja i konferencije

SAVJETOVANJE O HIDROELEKTRANAMA

U Ateni je održan simpozij o hidroelektranama od 5. do 8. studenog 1979. Simpozij je organizirala grčka vlada pod pokroviteljstvom Evropske ekonomske komisije. Na simpoziju su sudjelovali predstavnici Austrije, Belgije, Kanade, Danske, Finske, Francuske, SR Njemačke, Grčke, Mađarske, Irske, Italije, Norveške, Poljske, Portugala, Švedske, Švicarske, Velike Britanije, SSSR-a, SAD i Jugoslavije.

Za simpozij pripremljeno je 57 referata. Rad simpozija bio je podijeljen u pet tematskih grupa:

a) Plan razvoja hidroelektrana s obzirom na ekonomske kriterije,

b) Program hidroelektrana u okviru višenamjenskih razvojnih planova i njihov utjecaj na okolinu,

c) Razvoj tehnologije u planiranju i izgradnji hidroelektrana,

d) Rad hidroelektrana kao dijela elektroenergetskog sustava,

e) Ekonomska vrijednost konvencionalnih i crpno-akumulacijskih hidroelektrana (jednonamjenski ili višenamjenski objekti) s obzirom na financijska pitanja.

Dvanaest referata tretiralo je problematiku navedenu pod a. Nakon naftne krize 1973. godine mnoge zemlje su smanjile izgradnju elektrana na tekuće gorivo (ili potpuno obustavile) i ozbiljno se počele pripremati za gradnju onih koje zahtijevaju manja sredstva i, ako je moguće, izgradnju objekata s obnovljivim izvorima.

Ova grupa je dalje podijeljena na tri podgrupe:

a1) očekivani razvoj (porast) ekonomski iskoristivog hidropotencijala,

a2) poboljšanje stupnja djelovanja (korisnosti) postojećih hidroelektrana elektroenergetskog sustava,

a3) tehničko-ekonomski aspekti malih hidroelektrana.

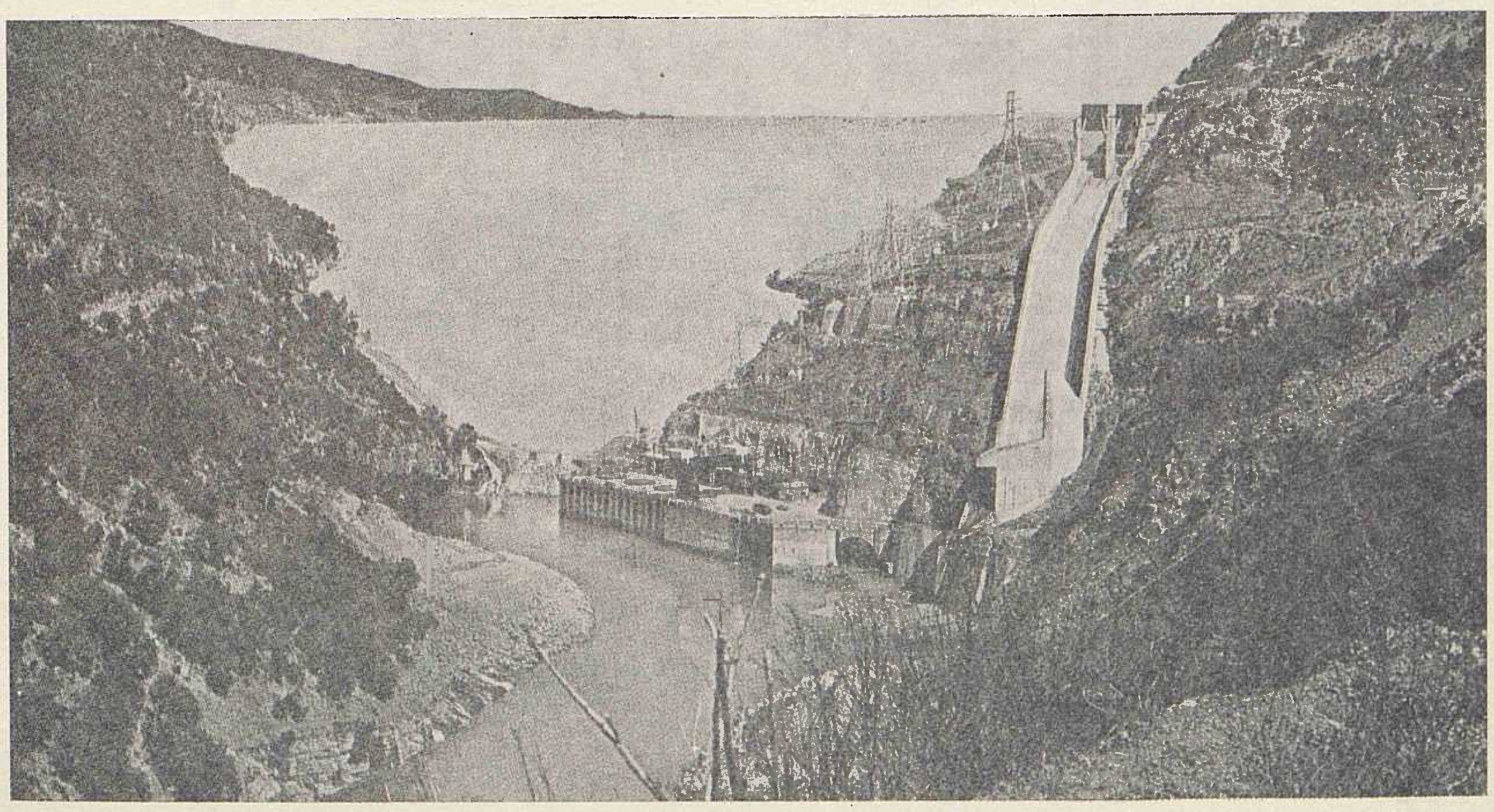
Da se donekle dobije uvid u sadržaj i diskusiju o toj temi navest ćemo nekoliko zaključaka: hidropotencijal industrijaliziranih zemalja na visokom je stupnju razvoja; znatan dio hidroresursa u svijetu još je nerazvijen, 20% ukupne svjetske proizvodnje električne energije u 1978. godini proizvele su hidroelektrane; hidroenergija će uskoro postati vrlo dragocjena s obzirom na cijenu goriva i nafte koja je vrlo visoka; hidroelektrane su posebno prikladne za pokrivanje vršnog opterećenja, s ekonomskog gledišta nuklearna i solarna energija i energija vjetra bit će polako uključene u elektroenergetski sustav s crpno-akumulacijskim postrojenjima; standardizacija i automatizacija je vrlo važna za ekonomsku povoljnost malih hidroelektrana.

O hidroelektranama u kontekstu višenamjenskih razvojnih planova i njihova utjecaja na okolinu bilo je pripremljeno osam referata. Navest ćemo i nekoliko općih zaključaka o ovim pitanjima: izgradnja vodnih resursa kao višenamjenskih objekata ekonomski je atraktivna; treba uvažiti socio-ekonomske kriterije za izbor najpovoljnijeg rješenja, uzeti u obzir zakone i propise raznih zemalja o zaštiti okoline itd. Makar, ti zahtjevi imaju svakako pozitivne efekte za ljudsko blagostanje, u nekim slučajevima oni se negativno odražavaju na razvoj vodnih resursa.

Nadalje, govorilo se o različitim mogućnostima poboljšanja u tehnologiji izrade opreme za hidroelektrane (sigurnost, raspoloživost, pouzdanost, stupanj korisnosti itd). Pripremljeno je i nekoliko referata u kojima se razmatra hidroelektrana kao dio elektroenergetskog sustava. U posljednjoj grupi navedeno je u nekoliko referata određivanje energetsko-ekonomske vrijednosti kako običnih (konvencionalnih) hidroelektrana, tako i crpno-akumulacijskih postrojenja. Na kraju može se reći da je na simpoziju izmijenjeno dosta korisnih informacija koje mogu poslužiti mnogo boljem i kvalitetnijem tretmanu hidroelektrana.

S. A.

HE KREMASTA na rijeci Aehelovs u zapadnoj Grčkoj, snaga 437 MW (4×109,25 MW) i prosječne godišnje proizvodnje od 1430 GWh.



HE ITAIPU (BRAZIL — PARAGVAJ)

Kada se 1988. godine pusti u pogon zadnji od 18 generatora na HE Itaipu na rijeci Parani, graničnoj rijeci između Brazila i Paragvaja, biti će to za sada najveća HE na svijetu. Instalirana snaga HE iznosit će 12 600 MW, a projektirano je 18 generatora od 700 MW/generator; godišnja proizvodnja je procijenjena na $75{,}0 \times 10^9$ kWh, što bi, na primjer, zadovoljilo 85% godišnjih potreba Švedske.

Rijeka Parana je jedan od najvećih vodnih tokova na svijetu, sa srednjim protokom od 840 m³/sek i maksimalno izmjerenim protokom od 28 400 m³/sek. Dvjesto kilometara njezina toka čini granicu između Brazila i Paragvaja.

Godine 1975. započeli su istražni radovi, a 1973. je između vlada potpisan projekt Itaipu koji obuhvaća građenje, proizvodnju i korištenje električne energije. U tu svrhu osnovano je mješovito poduzeće Itaipu Binational.

S radovima se započelo 1976. godine. Za izgradnju HE odabran je otok Itaipu, gdje se rijeka račva. Desni je odvojak pregrađen branom na kojoj je predviđen preljev. Lijevi je odvojak pregrađen glavnom branom, a u njezinu je podnožju predviđena strojarnica.

Tako se dobiva jezero dugo oko 170 km i široko 7 km s površinom 1 460 km² i korisnom zapremninom od $29\,000 \times 10^6$ m³ na nadmorskoj visini 220 m (sl. 1).

Glavna brana je olakšana, gravitaciona, s obujmom na kruni 1500 m. Visina je od temelja 176 m, a temelji su joj na bazaltnoj stijeni. Osamnaest cjevovoda ide u pribransku strojarnicu.

Bočna brana je masivna, gravitaciona, s dužinom na obodu 770 m i također temeljena na bazaltnoj stijeni. Ostali nasipi dugi oko 4 900 m nasuti su materijalom iskopanim prilikom gradnje derivacionog kanala.

Derivacioni kanal iskopan je na lijevoj strani rijeke u bazaltnoj stijeni širokoj 150 m, dubokoj 80 m, a u dužini od 2 km.

Za te je radove bilo potrebno: $23{,}0 \times 10^6$ m³ iskopa u zemlji, $45{,}0 \times 10^6$ m³ iskopa u stijeni, $12{,}0 \times 10^6$ m³ betona, 12 000 t čelika za armature i 285, t čelika za ostale radove. Šest tvornica betona montirano je na platoima otoka Itaipu da bi se smanjila udaljenost za prijevoz betona. Materijal je dobiven pretežno od iskopa derivacionog kanala. Gradilište nije u tropima, ali ljetne temperature ipak prelaze +40°C, pa je izvedeno hlađenje betona.

U strojarnici je predviđena montaža 18 generatora od 700 MW; od toga 9 za frekvenciju 50 Hz (Paragvaj), a 9 za frekvenciju 60 Hz (Brazil).

Za montažne radove osnovan je konzorcij paragvajskih, brazilskih i evropskih poduzeća.

Prema ugovoru svaka zemlja se koristi polovicom vodenog potencijala s pravom korištenja viška kojim se jedna zemlja ne bi koristila. Paragvaj sada ima malen potrošak električne energije, pa će taj višak za sada koristiti Brazil za opskrbu industrije u razvoju na jugu zemlje (Sao Paulo).

Prijenos »brazilske« energije predviđen je vodovima 765 kV. Vodovi sličnih napona izgrađeni su za sada u Kanadi, SAD i Sovjetskom Savezu.

Višak »paragvajske« energije prenosit će se istosmjernom strujom napona ± 600 kV. Prednost istosmjerne struje je u manjim gubicima i laganom povezivanju dvaju sistema koji rade na raznim frekvencijama (50 Hz — 60 Hz), što je slučaj i u Japanu.

Planira se da će prvi generator biti u pogonu 1983. godine, a pet godina kasnije i čitavo postrojenje.

Ukupni troškovi izgradnje HE iznose oko 8,7 milijardi USA $.

Prema Revue Technique Sulzer, 1979/1

B. Mr.

HIDROPOTENCIJAL MANITOBE (KANADA)

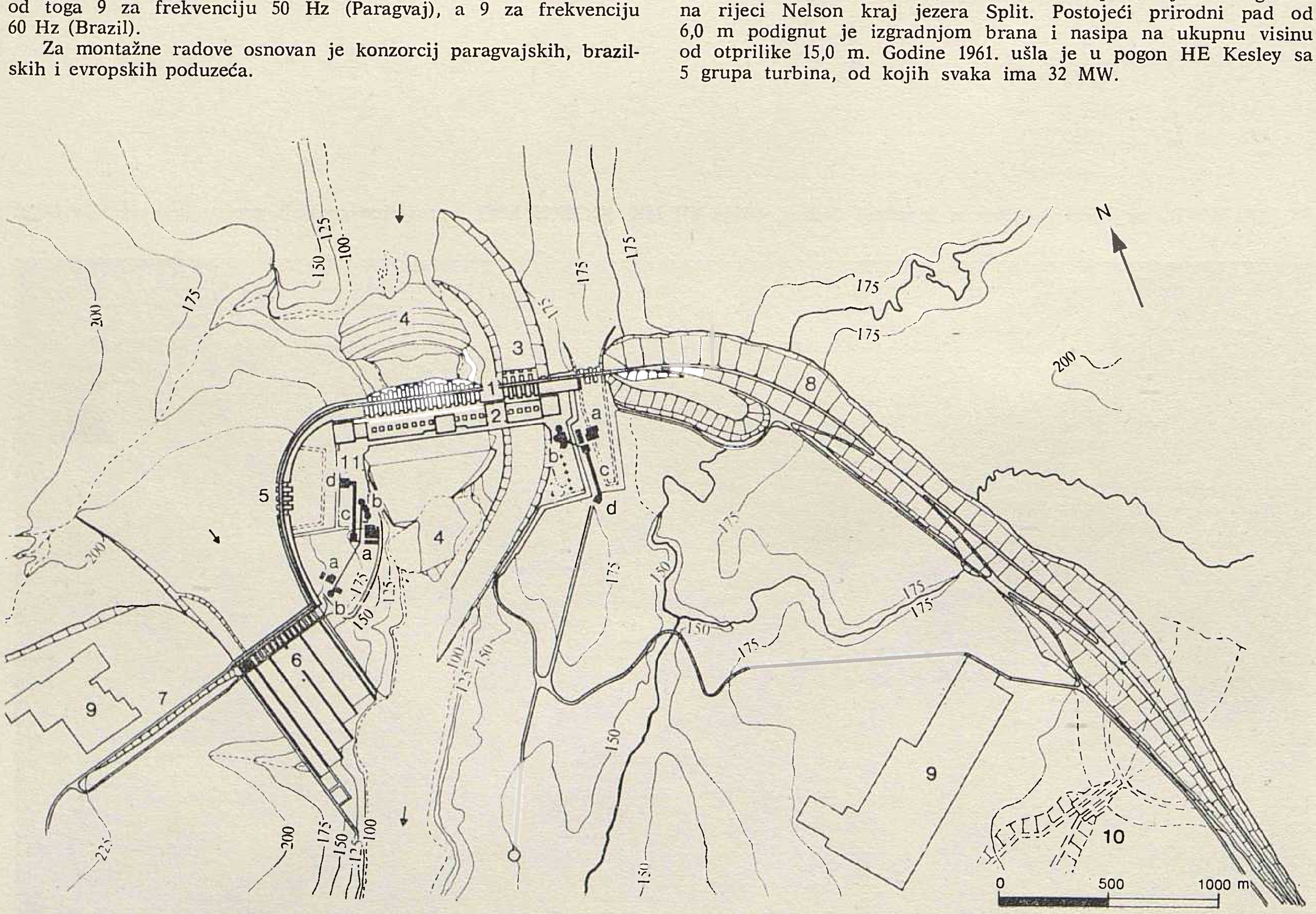
Veliki hidropotencijali kanadske provincije Manitobe već se djelomično koriste. Niz velikih objekata djelomično je u pogonu. U gradnji je nekoliko objekata, a značajan je i još neiskorišten potencijal.

Iz tablice se vidi da je na rijeci Nelson i njezinim pritocima u pogonu 6 hidroelektrana sa instaliranih 622 MW. Djelomično su u pogonu ili su nedugo u pogonu daljnje 4 hidroelektrane s instaliranih 2 920 MW. U gradnji su 2 hidroelektrane s instairanih 1 248 MW, a moguća je rentabilna izgradnja 5 hidroelektrana s instaliranih 3 490 MW što ukupno iznosi 8 580 MW.

Kako vidimo, taj se hidropotencijal djelomično već iskorištava, a odnedavna su u pogonu i važni objekti na rijeci Nelson ili njezinim pritocima.

Računa se da će do kraja 1979. godine biti u pogonu više od 3 000 MW instaliranih u hidroelektranama. Rentabilni hidropotencijal procijenjeni su za izgradnju još 12 hidroelektrana s daljnjih 5 600 MW.

Korištenje hidropotencijala u Manitobi počelo je 1956. godine na rijeci Nelson kraj jezera Split. Postojeći prirodni pad od 6,0 m podignut je izgradnjom brana i nasipa na ukupnu visinu od otprilike 15,0 m. Godine 1961. ušla je u pogon HE Kesley sa 5 grupa turbina, od kojih svaka ima 32 MW.



HE Itaipu 12 600 MW

Tablica 1

HIDROPOTENCIJAL MANITOBE (Kanada)

Red. br.	Hidroelektrana	Instal. MW	Generator		Visina m	Protoka m³ sec	Primjedba
			kom.	MW			
1.	Pointe du Bois	70	16	4,4			u pogonu
2.	Great Falls	132	6	22,0			
3.	Slave Falls	132	8	16,5			
4.	Seven Sisters	150	6	25,0			
5.	Pine Falls	82	6	13,6			
6.	McArthur Falls	56	8	,0			
	Ukupno	622					
7.	Kesley	224	7	32,0	15,0		1957÷1973.
8.	Winnipeg	472	4	118,0	43,5		1965÷1968.
9.	Kettle	1 224	12	102,0	30,0		1970÷1975.
10.	Long Spruce	1 000	10	100,0	24,3		
	Ukupno	2 920					
11.	Jenpeg	168	6	28,0	7,3		u izgradnji
12.	Limestone 1	1 080	10	108,0	26,2		
	Ukupno	1 248					
13.	Limestone 2	1 100			24,6		mogućnost
14.	Gillam Island	1 000					
15.	Upper Gutt	565			14,3		
16.	Lower Gutt	560			13,1		
17.	Bladder	565			24,3		
	Ukupno	3 790					
	Sveukupno	8 580					

Radi terenskih poteškoća iskopan je uz rijeku odvodni kanal kapaciteta 7 000 m³/sek, a prirodno korito rijeke pregrađeno je nasutom branom. Kao posljedica toga je u HE Kesley 1969. godine ugrađena 6. grupa, a 1973. godine 7. grupa, pa je tako instalirana snaga HE narasla na 224 MW.

Na rijeci Saskačevan je 1960. godine započela izgradnja HE Winnipeg na Velikim brzacima s prirodnim padom od 23,0 m. Izgradnjom odgovarajućih brana i nasipa podignut je pad na 43,5 m.

HE ima instaliranu snagu 472 MW, ima 4 grupe, od kojih su tri ušle u pogon 1965. godine, a četvrta 1968. godine.

Izgrađeno je 24 km nasutih brana; maksimalni protok je 4 900 m³/sek, a tlačni cjevovodi su promjera ∅ 8,8 m.

Izgradnja protočne HE Kettle započela je 1966. godine. Instairana snaga elektrane iznosi 1 224 MW, ima 12 grupa propeler-turbina bez regulacije lopatica. Prvi generator je bio u pogonu 1970. godine, a zadnji 1975. godine. Korisni pad iznosi 30,0 m. Na rijeci Nelson je izgrađena nasuta brana dužine 1,6 km i niz nasipa na južnoj obali rijeke.

Proizvedena energija prenosi se 138 kV vodom do ispravljačke stanice Radisson, udaljene 1,6 km od elektrane. Odavde se energija prenosi istosmjernom strujom ± 450 kV dvostrukim vodom na udaljenost od 904 km od ispravljačke stanice Dorsey, gdje se opet pretvara u trofaznu izmjeničnu struju.

16 km nizvodno u gradnji je HE Long Spruce. Slična je prethodnoj: ima 10 grupa od po 100 MW, s propeler-turbinama bez regulacije lopatica. Koristan pad iznosi 24,3 m. Sa svojih instaliranih 1 000 MW trebala bi biti u pogonu u prosincu 1979. godine.

Među mnogobrojnim su vodoprivrednim radovima i oni na regulaciji nivoa jezera Vinnipeg. Srednji istok jezera iznosi oko 2 016 m³/sek. Zimi zbog zaleđivanja srednji istok koji iz jezera otječe u rijeku Nelson iznosi samo 700 m³/sek. Da se poveća protok za zimskih mjeseci, gradi se kanal dug 13 km između jezera Playgreen — Kis-Kittagisu, kanal dug 2 590 m između jezera Playgreena i rijeke Nelson, brana Kiskitto s odgovarajućim nasipima radi regulacije jezera, kao i brana, nasipi i regulacija Jenpeg na istoku rijeke Nelson iz jezera Cross.

Priikom izrade studije o regulaciji jezera Winnipeg odučeno je da se izgradi HE Jenpeg, odnosno iskoristi prirodan pad od 7,3 m. Instalirana snaga elektrane iznosit će 168 MW, imat še 6 bulb-turbina s regulirajućim lopaticama i generatore od 28 MW.

22,4 km nizvodno od HE Long Sprucea započeta je 1976. godine izgradnja HE Limestone. Instalirana snaga elektrane je 1080 MW. Ima 10 grupa propeler-turbina s nepomičnim lopaticama i pad od 26,5 m. Proizvedena električna energija prenijet će se 230 kV vodovima do ispravljačke stanice Dorsey, a odavde istosmjernom strujom ± 450 kV do potrošača.

Osim elektrana koje su već u pogonu ili su u gradnji, postoji još mogućnost stabilnog iskorištavanja vodne energije.

Na rijeci Nelson 30 km nizvodno od HE Limestone 1 postoji mogućnost izgradnje HE Limestone 2, kod pada od 24,6 m, čija bi instalirana snaga iznosila 1 000 MW.

Također je na rijeci Nelson moguća izgradnja HE Upper-Gull sa 565 MW i padom od 13,1 m.

Na brzacima Bladder moguće je izgraditi elektranu 565 MW kod pada od 24,3 m.

Iz ovog kratkog prikaza dobiva se slika o veličini hidropotencijala u Kanadi (koje je tek djelomično iskorišten), o veličini objekata koji se grade, kao i o mogućnostima kanadske industrije da se opskrbljuje jeftinom električnom energijom.

Prema WP 1978/1

B. Mr.

400 kV U IRAKU

SOE (State Organization of Electricity) u Iraku stavio je u pogon prvu etapu 400 kV voda koja će povezivati Irak, Siriju i Tursku.

Irački dio iznosi oko 1 000 km, proteže se od TS 400/132 kV Khor-Al-Zubair-a u Arapskom zaljevu sve do sirijske granice po Mezopotamiji, tj. do TS 400/132 kV Al-Kraim.

Osim navedenih stanica, izgrađena je i TS 400/132 kV Al--Kadisija. U stanice su montirane sklopke sa sumpornim heksafluoridom (15 kom trofaznih skopki 420 kV, 31 komada trofaznih sklopki 132 kV i 160 komada rastavljača 400 i 132 kV).

B. Mr.

750 kV MREŽA SOVJETSKOG SAVEZA

Sovjetski Savez dalje širi 750 kV mrežu. U RS Vinica (SSSR) spojit će se mreža Mađarske putem TS 750/417, 5/15,5 kV Albertisa na 750 kV mrežu Sovjetskog Saveza.

Tvornica Ganz je upravo dovršila prvi od sedam monofaznih transformatora za potrebe navedene trafostanice. Radi se o transformatoru u štednom spoju učina 1 100/1 00/240 MVA prijenosnog omjera 750/417,)/15,5 kV. Ukupna težina transformatora iznosi 314,4 t, visok je oko 12,0 m, a dužina i širina mu iznose oko 10,58 m i 13,15 m.

Napon se regulira jednofaznim serijskim transformatorom u zvjezdištu ± 64,4 kV, s mogućnošću regulacije 2×11 pozicija.

Prema sovjetskim planovima nastavit će se izgradnja 250 kV mreže kroz Poljsku i Njemačku DR, gdje se predviđa povezivanje s prijenosnom mrežom zapadnoevropskih zemalja.

Prema EW 1979/14

B. Mr.

ENEL PRIPREMA 1 000 kV MREŽU U ITALIJI

U Napulju je Italtrafo upravo završio s ispitivanjem prvog od tri naručena transformatora za primarni napon 1 000 kV. Radi se o tri monofazna transformatora učinka 600/600/225 MVA prijenosnog omjera 1 000/400/15 kV (transformator je ispitan s udarnim valom od 2 400 kV, naponom ukopčanja 1 950 kV i izmjeničnim ispitnim naponom od 910 kV).

Također u Napulju, Tvornica kabela Pirelli započela je s proizvodnjom probne dionice 1 050 kV kabela. Presjek vodiča je 2 400 mm² Cu, vodič je šupalj, a hlađen je uljem iznutra. Vodiči su pro ili u tri sloja od kojih je svaki usukan na suprotnu stranu. Izolacija je 35 mm papir (17,3 kV/mm). Stroj za namatanje izolacije je u klimatiziranom prostoru, s kontrolom temperature i vlage uz malen predtlak. Kroz klimatiziranu cijev kabel ide u autoklav na impregniranje.

Već nešto duže od godine dana u laboratoriju CESI u Milanu ispituje se glava 1 000 kV stupa u slanoj komori.

Poznato je da u Italiji već nekoliko godina postoji ispitna dionica 1 000 kV voda.

Očito je ENEL (Elektroprivreda Itaije) došla do zaključka da će im 1 000 kV napon trebati u doglednoj budućnosti i da su svi navedeni radovi priprema za buduću 1 000 kV mrežu Itaije.

B. Mr.

FRANCUSKA 400 kV do 2 000. GODINE

Francuska elektroprivreda EdF smatra da nema potrebe za uvođenjem napona 750 kV do 2000. godine. Masle da će potrebe prijenosa do tog vremena osigurati 400 kV napon.

U malenim, a gusto naseljenim zemljama, kao što je Francuska, ne može se govoriti o koncentriranoj potrošnji; potrošnja

je svuda. Osim toga, politika EdF-a je da pojedina konzumna područja osigura s izvorima. Prema rasporedu potrošnje i politici lokacije elektrana ne može se računati ni do 2000. godine s prijenosom 2 500 MW na udaljenost do 300 km kada je prijenos za napon 750 kV rentabilan.

Ne treba zaboraviti da je 750 kV vod za 50% skuplji u izgradnji od 400 kV voda, što ne mogu kompenzirati smanjeni gubici.

Kada se nakon 2000. godine bude odlučivalo o višem naponu od 400 kV, sigurno će osim 750 kV biti interesantan i 1 100 kV.

Do kraja 1980. godine bit će u pogonu 37 TS 400/×kV i 1 970 km 400 kV voda.

Predviđa se da će 2000. godine biti u pogonu 150 TS 400/×kV i 13 000 km dvostrukih 400 km voda s odgovarajućim koridorima od 350 km².

Prema RGE/1979/6

B. Mr.

ELEKTROPRIVREDA ŠVICARSKE 1976/1977. GODINE

Federalni ured za Elektroprivredu Švicarske objavio je podatke o potrošnji, opterećenju i izgradnji elektroprivrednih objekata u zemlji za 1976/1977. godinu.

Proizvodnja s uvozom električne energije veća je u 1976/7. godini za 15,3% od prošle godine.

Od proizvedene i uvezene električne energije otpada: 71,3% na hidroelektrane, 3,9% na termoelektrane, 15,3% na nuklearne termoelektrane, 9,5% na uvoz.

Tablica 1

PROIZVODNJA I POTRAŽNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U ŠVICARSKOJ 1976—1977 GOD.

	01. 10. 1975 30. 09. 1976 10^2. kWh	01. 10. 1976 30. 09. 1977 10^2. kWh
Proizvodnja		
Hidro elektrane	26 787	35 780
Termo elektrane	1 875	1 934
Nuklearne termo elektrane	7 470	7 646
Uvoz	7 370	4 768
Ukupno	43 481	50 128
Potrošnja		
Kućanstvo, obrt, poljoprivreda	17 132	18 121
Industrija	6 356	6 685
Elektro: kemija, metalurgija, ter	4 024	4 165
Železnica	1 934	1 994
Električne kotlovnice	42	62
Ukupno	29 488	31 027
Izvoz	9 615	14 414
Gubici	3 100	3 146
Sveukupno	43 481	50 128

Treba napomenuti da je hidraulicitet 1976/1977. godine bio iznad prosjeka i da je iznosio 1,18 (prema hidraulicitetu protekle godine od 0,79), što je jedan od razloga visoke proizvodnje HE.

NTE su bile u pogonu 7 570 sati, što je do sada najveći stupanj korištenja i iznosi 86,4%.

Vlastita potrošnja, ne računajući potrebnu energiju za pumpe u pumpnim hidroelektranama, iznosila je 5,2%.

Srednja potrošnja po stanovniku bila je 4 945 kWh, a vršno opterećenje od 6 120 MW bilo je 15. 12. 1976. godine, uključujući i pumpanje. Instalirana snaga elektrana iznosila je 12 170 MW.

Uvoz i izvoz električne energije prikazan je u tablici 2.

U 1977. godini izgrađena je jedna nova HE, a rekonstruirane su dvije s ukupnom proizvodnjom od $134{,}0\times10^6$ kWh. Nastavljaju se radovi na HE s mogućom proizvodnjom od $186{,}0\times10^6$ kWh.

Tablica 2.

RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE ŠVICARSKE 1976—1977 GODINE SA DRUGIM ZEMLJAMA

Zemlja	izvoz	uvoz
	10^2 kWh	
S. R. Njemačka	6 530	1383
Francuska	2 992	1320
Italija	3 415	1338
Austrija	678	436
Ostale zemlje	1 099	291
Ukupno	14 714	4768

Tablica 3.

ELEKTRANE U GRADNJI S 01. 10. 1977. u ŠVICARSKOJ

Naziv objekta	maximal. učin MW	proizvodnja 10^2 kWh
Hidro elektrana		
Castasegna (rekonstrukcija)	20	—
Chatelard-Barberine II (pumpno)	32	15
Grimsel II (turbina)	300	
(pumpa)	355	
Sarganserland	88	157
Ostale	4	14
Ukupno HE	444	186
Nuklearne termoelektrane		
Gösgen-Däniken	920	6 440
Leib stadt	940	6 580
Ukupno NTE	1860	13 020
Sveukupno HE+NTE	2304	13 206

NTE Gösgen-Däniken počet će s radom u proljeće 1979. godine; NTE Leibstadt u 1981. godini; za NTE Kaiseraugust (952 MW) i NTE Graben (1 140 MW) tek se provode administrativne pripreme.

Prema Buletin AS-a 1978/11

B. Mr.

HIDROELEKTRANE U SOVJETSKOM SAVEZU

Instalirana snaga hidroelektrana iznosila je 1978. godine u Sovjetskom Savezu 45 200 MW. Iste godine su te HE proizvele $146\,900\times10^6$ kWh električne energije.

Tablica 1.

PROIZVODNJA U HIDROELEKTRANAMA SSSR-a

Godina	1940.	1958.	1965.	1970.	1975.	1980.
Proizvedeno kWh × 10^2	5,26	46,5	81,4	124,4	126,0	197,0
Raspodjela %						
zapad	94,0	80,0	65,0	54,0	48,0	39,0
istok	6,0	20,0	35,0	46,0	52,0	61,0
Ukupno %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Kako se iz tablice vidi, sve se više HE gradi u istočnim krajevima zemlje, a objekti su sve veći. Gledajući samo HE od preko 100 MW instalirane snage, udio istoka već prelazi 60%. Imajući na umu da su najveći vodeni tokovi baš na istoku, takav odnos u gradnji je i normalan.

Zapremnina postojećih akumulacija iznosila je 1978. godine oko 400 km³, a računa se da će se do 1980. godine povećati za daljnjih 80 km³.

Uz velike HE grade se i sistemi za navodnjavanje i novi plovni putovi. Prilikom izgradnje rješava se čitav vodoprivredni sistem.

Tako su među mnogobrojnim sistemima za navodnjavanje izgrađeni i kanali Irtiš-Karagranda u dužini 450 km, sjeverni Donec-Donbas dužine 132 km, Dnjepar-Krivi Rog od 60 km, Dnjepar-Donbas dug 263 km u prvoj, a 164 km u drugoj etapi.

Spojnim kanalima povezano je pet mora. Među ostalima, sagrađeni su i kanali Bijelo more-Baltičko more dužine 227 km, kanal Moskva dužine 128 km, Volga-Don u dužini 100 km, te kanal Volga-Baltičko more dug 361 km.

Tablica 2.

HIDROELEKTRANE PREKO 1000 MW U POGONU ILI U IZGRADNJI

Postrojenje	rijeka	instalirano MW	
Zapad;			
HE V. I. Lenjin	Volga	2 300	kraj Kujbiševa
HE XXII Kongres	Volga	2 563	kraj Volgograda
HE Saratov	Volga	1 350	
HE V. I. Lenjin	Dnjepar	1 478	
HE Votkinjsk	Kama	1 000	
HEäČirkejsk	Sulak	1 000	
ukupno zapad		9 691	
Istok;			
HE Bratsk	Angara	4 500	
HE Krasnojarsk	Jenisej	6 000	
HE Ust Ilimsk	Angara	4 320	
HE Toktogul	Narin	1 200	
HE Nurek	Vakš	2 700	
ukupno istok		18 720	
Sveukupno zapad-istok		28 411	
U izgradnji;			
HE Sapano-Šušenskaja Jenisej		6 400	
HE Inguri	Inguri	1 640	
HE Zeja	Zeja	1 290	
HE Čeboksari	Volga	1 404	
HE Kama donja	Kama	1 248	
HE Zagorsk		1 200	
ukupno u izgradnji		13 182	

Izgrađeno je i niz brana svih vrsta. Ovoga časa je u gradnji više od 20 betonskih brana, među njima su već u završnim radovima i brane Inguri i Sajano-Šušenskaja sa 271,5 m i 242 m visine.

Isto je tako u gradnji oko 35 nasutih brana. Među njima treba izdvojiti branu na rijeci Nurek visoku 317 m, vjerojatno najveći objekt takve vrste na svijetu.

Prema WP/1979/3

B. Mr.

ELEKTRIČNA ENERGIJA IZ VALOVA

U vremenu sve skuplje i rjeđe energije došlo se na ideju da se iz morskih valova dobiva električna energija.

Otok Mauritius na Indijskom oceanu ima 120 km obale izložene valovima.

Proizvodnja električne energije iznosila je 1976. godine 270 GWh. Od toga 54,0 GWh u hidroelektranama, 24,4 GWh u termoelektranama od otpadaka šećerne trstike, 190,6 GWh u dizel-elektranama.

CEB (Central Electricity Board) od 1956. godine ispituje mogućnost dobivanja elketrične energije iz morskih valova Računa se da je moguće dobiti 4,0 kW/m, što je uz dužinu obale od 120 km energetski potencijal od oko 500 MW.

U principu je moguća izgradnja dviju vrsta hidroelektrana.

Prva (teoretska) sastoji se u pumpanju od valova u laguni nabijene vodene mase u neku akumulaciju, Dalje je to klasična HE s Kaplanovim turbinama. Takva mogućnost izgradnje bila bi i mnogo jeftinija. Nevolja je u tome da konfiguracija otoka nema takvu prirodnu akumulaciju. Bazaltne stijene od kojih je pretežno otok sastavljen onemogućavaju svaki ekonomski opravdan odgovarajući iskop.

Druga je mogućnost u akumulaciji valovima nabijene vodene mase u povoljnoj laguni. Na takav način bi se dobila visinska razlika od 2,3 m, što mogućava izgradnju HE sa bulb-turbinama.

Prema proračunima HE koja bi koristila energiju valova na takav način već bi kod jedinica od 20 MW bila jeftinija od odgovarajuće DE sa cijenama nafte iz 1976. godine.

Prema projektu, izgradnjom brane moguće je koristiti lagunu za HE Riambel. Izgradnja HE iznosila bi oko 17 000 dinara/kW, a proizvodnja 0,75/kWh, sve prema spomenutom tečaju. Tako proizvedena električna energija prenosila bi se 22 kV i 66 kV vodovima.

Zanimljivo je da je čitavo postrojenje ispitano na modelu u jednom hidrografskom institutu.

Prema WP 1978

B. Mr.

RADE KONČAR

NEKA NOVA RJEŠENJA U POBOLJŠANJU KONTINUIRANE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ZRAČNIM VODOVIMA SREDNJEG NAPONA

Uvod

Prenapučenost velikih gradova i industrijskih središta, te nedovoljna propusna moć njihovih prometnica, sve više postaju ograničavajući faktor daljnjeg razvoja industrijske proizvodnje na postojećim lokacijama.

Već i do sada je često bilo nužno, a u buduće će biti još češće, da se prilikom novih ulaganja u proširenje proizvodnje, pronađu nove — uglavnom — disperzirane lokacije, više ili manje udaljene od sadašnjih.

Osim toga, u prigradskim selima razvija se i značajna djelatnost na području proizvodnje i prerade hrane, koja također zahtijeva sve više el. energije.

Svi ovi potrošači opskrbljuju se, pretežno, zračnim vodovima napona 12, 24 i 38 kV, koji su izloženi čestim kvarovima pod utjecajem atmosferskih prenapona.

Automatsko odvajanje voda u kvaru

Postojeća rješenja s ugradnjom linijskih rastavljača, ili rastavnih sklopki, na počecima krajnjih vodova, ne daju mogućnost brzog lociranja kvara, pa čitava područja ostaju duže vrijeme bez električne energije sa svim posljedicama koje iz tog proizlaze.

Druga mogućnost, koja na odvojcima zahtijeva postavljanje odgovarajuće transformatorske stanice (TS), sa prekidačem za ponovno uklapanje i pripadnom relejnom zaštitom, predstavlja i još će dugo predstavljati, ekonomski neprihvatljivo rješenje za ovu vrstu potrošača.

Nastojanja proizvođača el. opreme, da se i ovim potrošačima omogući sigurnija opskrba el. energijom dovela su do primjene uređaja za automatsko odvajanje zračnog voda u kvaru, koji se prigrađuje na svaku fazu linijskog rastavljača, prema sl. 1.

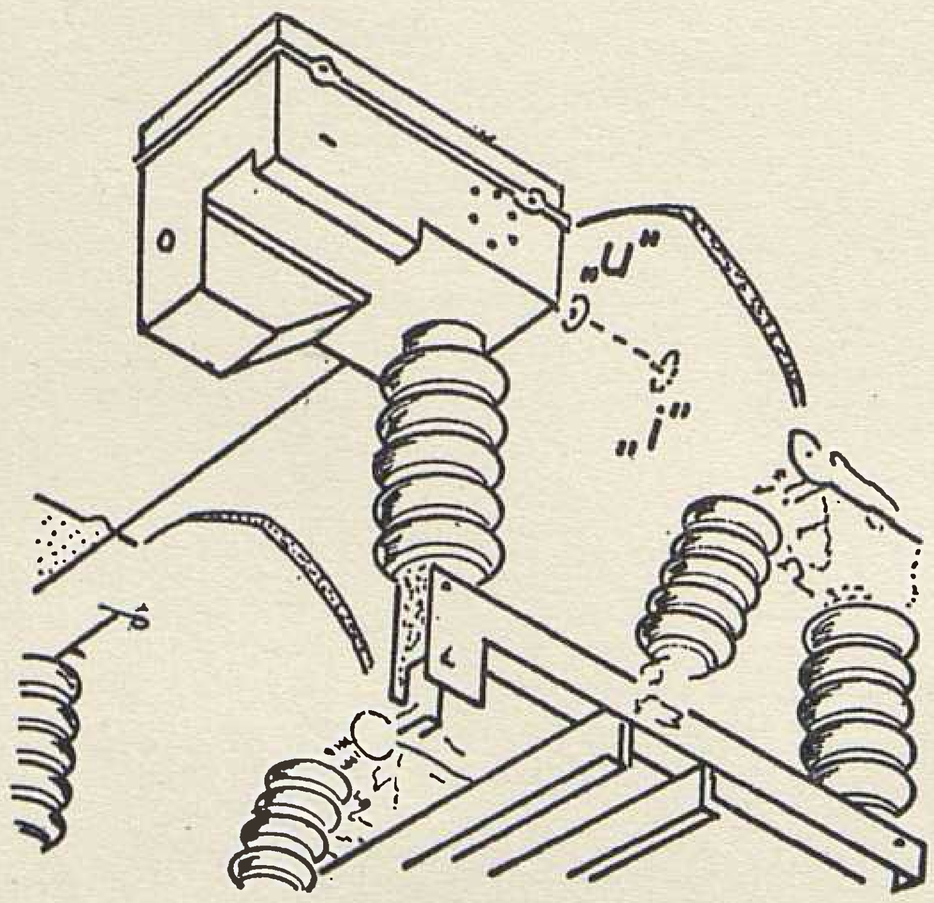
Primjenom ovog uređaja, omogućeno je veoma brzo odvajanje voda u kvaru, čime se osigurava nesmetana opskrba potrošača priključenih na druge krajnje vodove u promatranom konzumnom području.

Za naše razmatranje, pretpostavimo mrežu s četiri radijalno spojena voda — prema sl. 2. na čijim su počecima ugrađeni linijski rastavljači LR, ili rastavne sklopke, s uređajima za automatsko odvajanje voda u kvaru, proizvodnje »R. Končar« — OOUR Sombor.

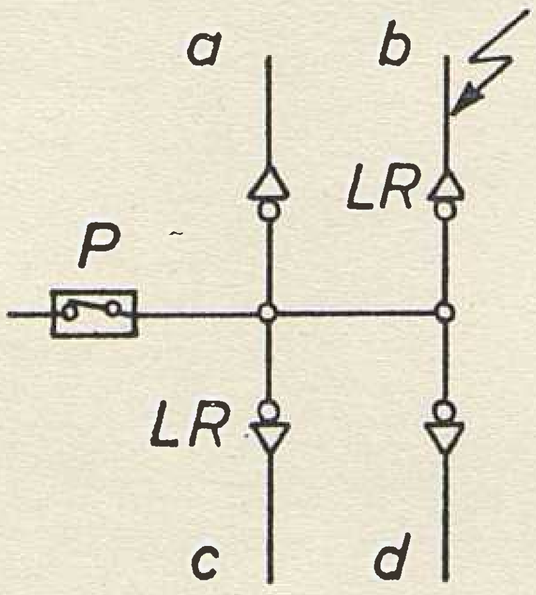
U slučaju pojave kvara na vodu (b), struja kratkog spoja I_k aktivira zaštitu prekidača (P), ugrađenog u TS na početku glavnog voda, koji prekida struju I_k za približno 0,1 — 0,2 sek. od njezinog nastanka.

Istovremeno je struja I_k aktivirala i automatski uređaj za odvajanje na vodu (b), koji nakon zatezanja od 10 do 20 sek. odvoji vod od preostalog dijela mreže.

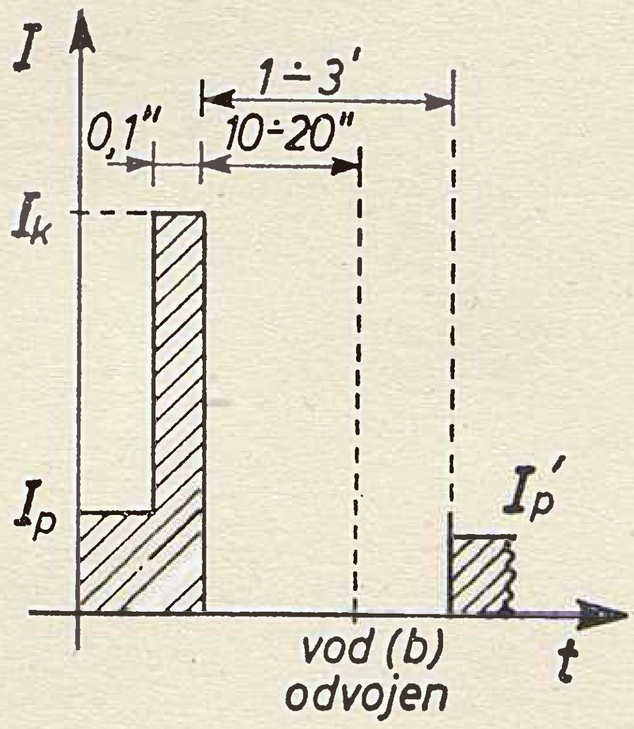
Uklapanjem prekidača, ručno ili automatski nakon pauze od 1 — 3 min., ponovno se nastavlja opskrba



Sl. 1.



Sl. 2.



Sl. 3.

potrošača priključenih na vodove (a), (c) i (d), kao što je vidljivo iz dijagrama na sl. 3.

$$I_p = I_k = 0$$

Prije otklanjanja kvara na vodu, potrebno je linijski rastavljač ručno otvoriti u krajnji isklopni položaj, čime se izdanak vidljiv na sl. 1. vrati iz položaja »i« u položaj »u« i na taj način ponovno zatvori strujni put kroz uređaj za automatsko odvajanje na vodu (b).

Samo po sebi razumljivo, ako je na početku glavnog voda ugrađen prekidač (P) suvremenih karakteristika, kao što su prekidači tipa M12 — 38 proizvodnje »RK« — OOUR Zagreb Borongaj, koji imaju mogućnost brzog ponovnog uklopa, te ako u TS postoji odgovarajući APU uređaj i ako se radi o prolaznom kvaru, prekidač (P) ponovo uklopi nakon pauze od 0,3 do 8 sek., da u tom slučaju automatski uređaj za odvajanje voda u kvaru neće proraditi, čime se nastavlja redovna opskrba i potrošača priključenih na vod (b).

Neke mogućnosti primjene uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru

Posebno je zanimljiv slučaj, ako na razvijenijem konzumnom području imamo i takve potrošače, koji ni kraću stanku u opskrbi el. energijom ne mogu prihvatiti zbog zastoja u proizvodnom procesu. Primjer opskrbe važnijih potrošača na vodovima A i B, uz korištenje dva prekidača i linijskih rastavljača s uređajem za automatsko odvajanje voda u kvaru, prikazan je na slici 4.

U našem primjeru, ponovno je pretpostavljen kvar na odvojku (b). Struja kratkog spoja istovremeno potiče relej za automatsko odvajanje voda (b), te odgovarajuće zaštite na prekidačima P_1 i P_2. Zaštita prekidača u glavnoj TS, je tako podešena da prekidač P_1 prvi isklopi, dok je vremensko zatezanje na uređaju za automatsko odvajanje voda u kvaru — kako već znamo — od 10 do 20 sekundi. Uređaj za brzo ponovno uklapanje, uz prekidač P_1, odmah proslijedi impuls za ponovni uklop, te prekidač — nakon beznaponske pauze od približno 0,3 sek. — ponovno uklopi.

Ako je kvar bio prolaznog karaktera, opskrba el. energijom nastavlja se dalje bez ikakvih smetnji na čitavom području, kao što je opisano u prvom dijelu ovog članka.

Međutim, ako je na vodu (b) kvar trajnog karaktera, uklapanjem prekidača P_1 ponovno se u vodu (b), kao i kroz prekidače P_1 i P_2 uspostavlja struja kratkog spoja I_k. Za ovaj slučaj, zaštite na prekidačima se tako podešene, da drugo isklapanje izvrši prekidač P_2 u područnoj TS.

Ovime je mjesto kvara odvojeno prekidačem P_2, čime je osigurana nesmetana opskrba potrošača priključenih na vodovima A i B. Dijagram struje kroz prekidač P_1 prikazan je u ovom primjeru na sl. 5.

Nakon 10 do 20 sekundi po isklopu prekidača P_2, tj. nakon prestanka djelovanja struje kratkog spoja I_k, uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru, odvoji vod (b) od ostalog dijela mreže, čime vod (b) trajno ostaje izvan pogona dok se kvar točno ne pronađe i otkloni. Za potrošače priključene na vodove (a), (c), i (d), uspostavit će se ponovno redovna opskrba el. energijom jednu do tri min. nakon isklopa prekidača P_2 u područnoj TS, a dijagram struje kroz prekidač P_2 prikazan je u tom slučaju na sl. 6.

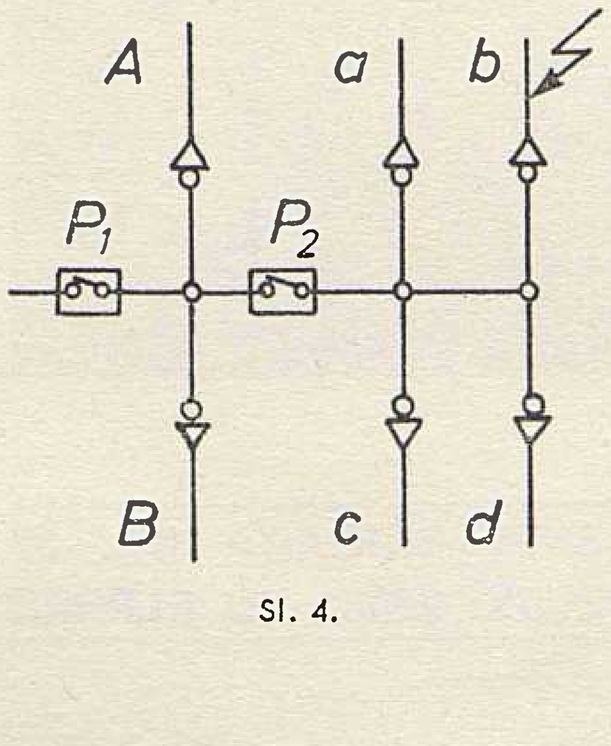
Zaključak

Iz navedenih primjera se vidi da uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru omogućava:

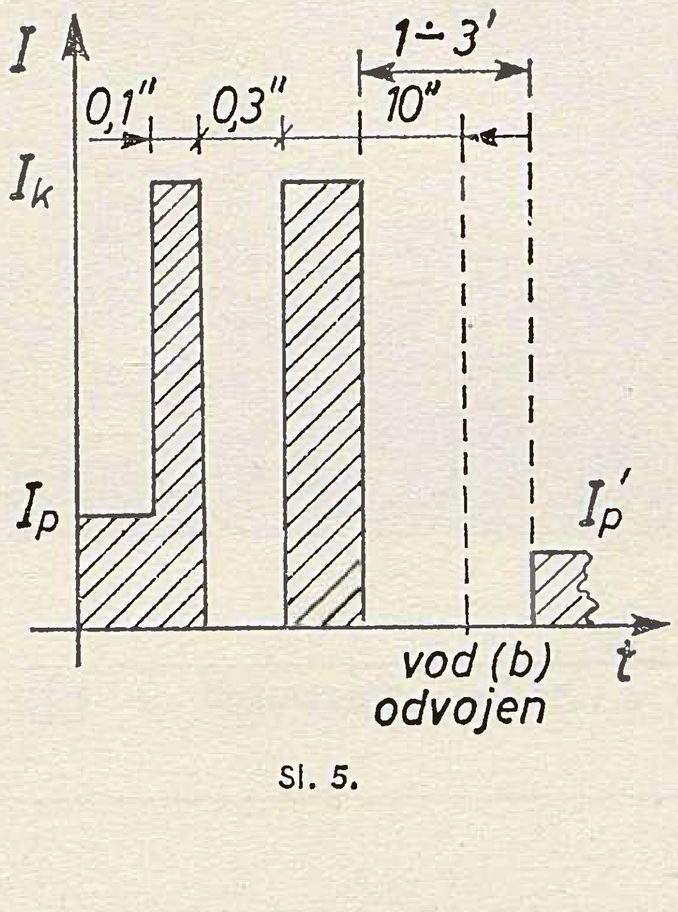
— sigurniju opskrbu el. energijom, radi manjeg broja ispada, jer izvan pogona ostaje samo vod u kvaru,
— kraće vrijeme za pronalaženje i otklanjanje kvara,
— manje troškove za otklanjanje nastalih kvarova,
— manje ljudstva i vozila za održavanje zračnih mreža srednjeg napona.

Sve ove prednosti potvrđuju zaključak, da se ubuduće može očekivati značajna primjena uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru na zračnim mrežama srednjeg napona.

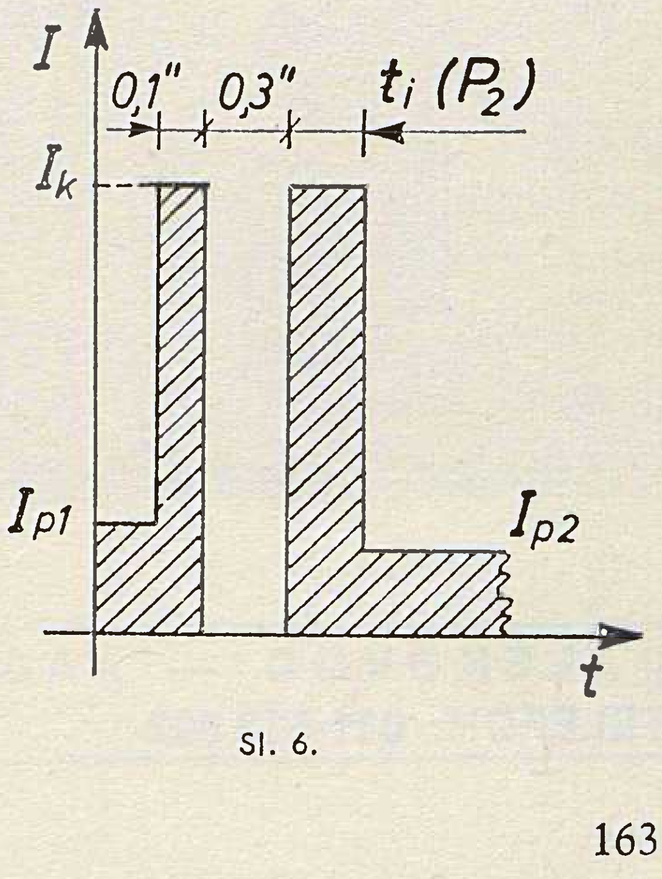
Naslov pisca:
Josip Polanc, dipl. ing.
RO »Rade Končar« — Elektrouređaji



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

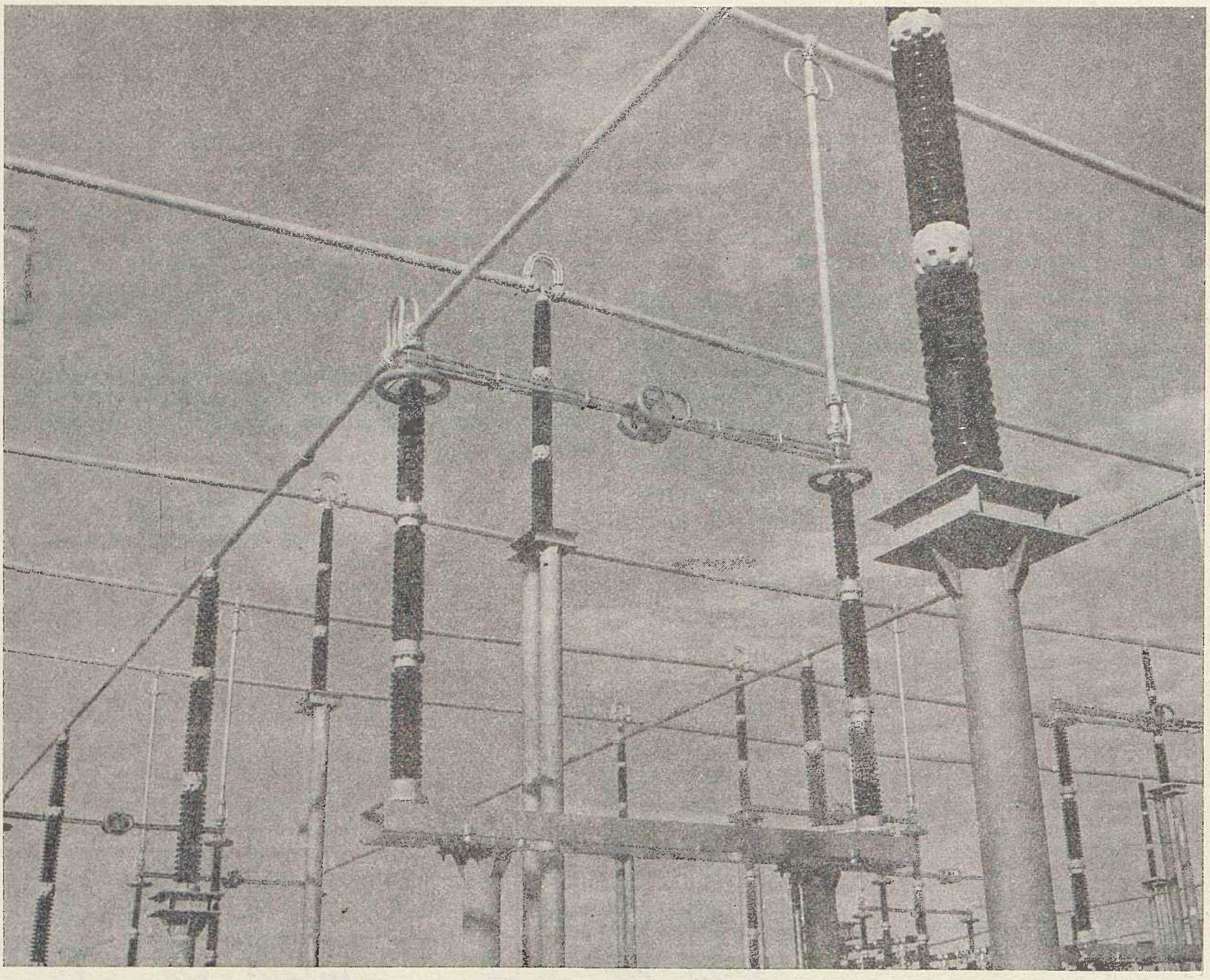
DALEKOVOD-ZAGREB

Elektroprivredna radna organizacija za projektiranje, gradnju, montažu i proizvodnju

IZ NOVOG PROIZVODNOG PROGRAMA

SPOJNA OPREMA ZA CIJEVNE SABIRNICE

- Suvremene transformatorske stanice i rasklopna postrojenja visokih i ekstra visokih napona i velike snage, danas se uglavnom izgrađuju sa sabirnicama iz aluminijskih cijevi, ili cijevi iz aluminijske legure.
- Za izvedbu novih sabirnica potrebna je i specijalna spojna oprema koja omogućuje jednostavnu i brzu montažu i osigurava potpunu pogonsku sigurnost.
- »Dalekovod«, za potrebe domaćeg i inozemnog tržišta, proizvodi kompletnu SPOJNU OPREMU za cijevne sabirnice vanjskog promjera 100, 120 160 i 220 mm.



DALEKOVOD — ZAGREB • 41001 ZAGREB • PROLETERSKIH BRIGADA BR. 37
TELEFON: 041-513 822 **TELEX: 21681 YU ELPREZ**

Energija God. 29 (1980) br. 5—6, 183—190.

RASPODJELA TROSTRUKE NULTE KOMPONENTE STRUJE KROZ ZEMLJU, DOZEMNU UŽAD I UZEMLJENJA

Marija Ožegović, Split

UDK 621.316.99

U ovom članku predložena je metoda za proračun povratnog puta trostruke nulte komponente struje, što je ineresantno sa stanovišta strujnog opterećenja zaštitnog užeta, doprinosa uzemljenja i napona koraka i dodira. Priložen je dijagram toka proračuna za elektroničko računalo i test — primjer radijalnog voda s jednim dozemnim užetom.

1. UVOD

Klasičan račun kratkog spoja koristi se jednofaznom shemom, koja je sastavljena, već prema vrsti kratkog spoja, od mreža simetričnih komponenata.

Ulazni podaci za dalekovode uvažavaju zemlju i zaštitnu užad kroz matrice jediničnih konstanti sistema simetričnih komponenata. Iz tih se matrica redovito uzimaju samo dijagonalni članovi, a vandijagonalni se zanemaruju. Samo u specijalnim analizama uzimaju se u obzir dozemni kapaciteti vodova, tj. kapaciteti nultog sistema komponenata. Isto tako za točne proračune treba uzeti u obzir međusobne impedancije dvostrukih vodova, također u nultom sistemu komponenata.

Izlazni podaci u najboljem slučaju daju struju kratkog spoja na mjestu kratkog spoja i struje faza bilo gdje u mreži, najčešće samo kroz vodove, koji su neposredno vezani za mjesto kvara.

Postavlja se pitanje daljnje razrade izlaznih podataka uz pozmavanje matrica konstanti vodova, kako bi se unijelo više svjetla u pitanje utjecaja zaštitne užadi na dimenzioniranje uzemljivača u transformatorskim stanicama.

2. MATRICE JEDINIČNIH KONSTANTI VODA

Parametre vodiča i zemlje unosimo u proračun kroz matrice jediničnih konstanti vodiča, tj. kroz matricu $[\bar{Z}_j^{\text{vodiča}}]$ i matricu $[P_j^{\text{vodiča}}]$. Te matrice imaju onoliko redaka i stupaca koliko dalekovod ima vodiča.

Matrica $[\bar{Z}_\gamma^{\text{vodiča}}]$ povezuje promjenu napona duž infinitezimalnog dijela vodiča dx s tokom struje kroz sam vodič i ostale vodiče. U skraćenom obliku pišemo:

$$-\frac{d}{dx}[\bar{V}^{\text{vodiča}}] = [\bar{Z}_j^{\text{vodiča}}]\,[\bar{I}^{\text{vodiča}}]. \qquad (1)$$

Povratni put struje kroz zemlju već je uključen u matricu $[\bar{Z}_j^{\text{vodiča}}]$, iako zemlja nema svoj redak i stupac.

Na slici 1. nacrtan je infinitezimalni dio voda dx, u kojemu je zemlja predstavljena djelatnim otporom $R_j^z\,dx$ i induktivitetom $L_j^z\,dx$. Za ovaj model možemo napisati matričnu jednadžbu:

$$-\frac{d}{dx}[\bar{V}^{\text{vodiča + zemlja}}] = [\bar{Z}_j^{\text{vodiča + zemlja}}]\,[\bar{I}^{\text{vodiča + zemlja}}]. \qquad (2)$$

Pripadnost istom strujnom krugu definiramo relacijom

$$\bar{I}^a + \bar{I}^b + \bar{I}^c + \ldots \bar{I}^n + \bar{I}^z = 0, \qquad (3)$$

što omogućava da se kratko spoji izlaz modela na slici I, pa je stoga

$$\Delta\bar{V}^a - \Delta\bar{V}^z = \bar{V}^a \qquad (4a)$$

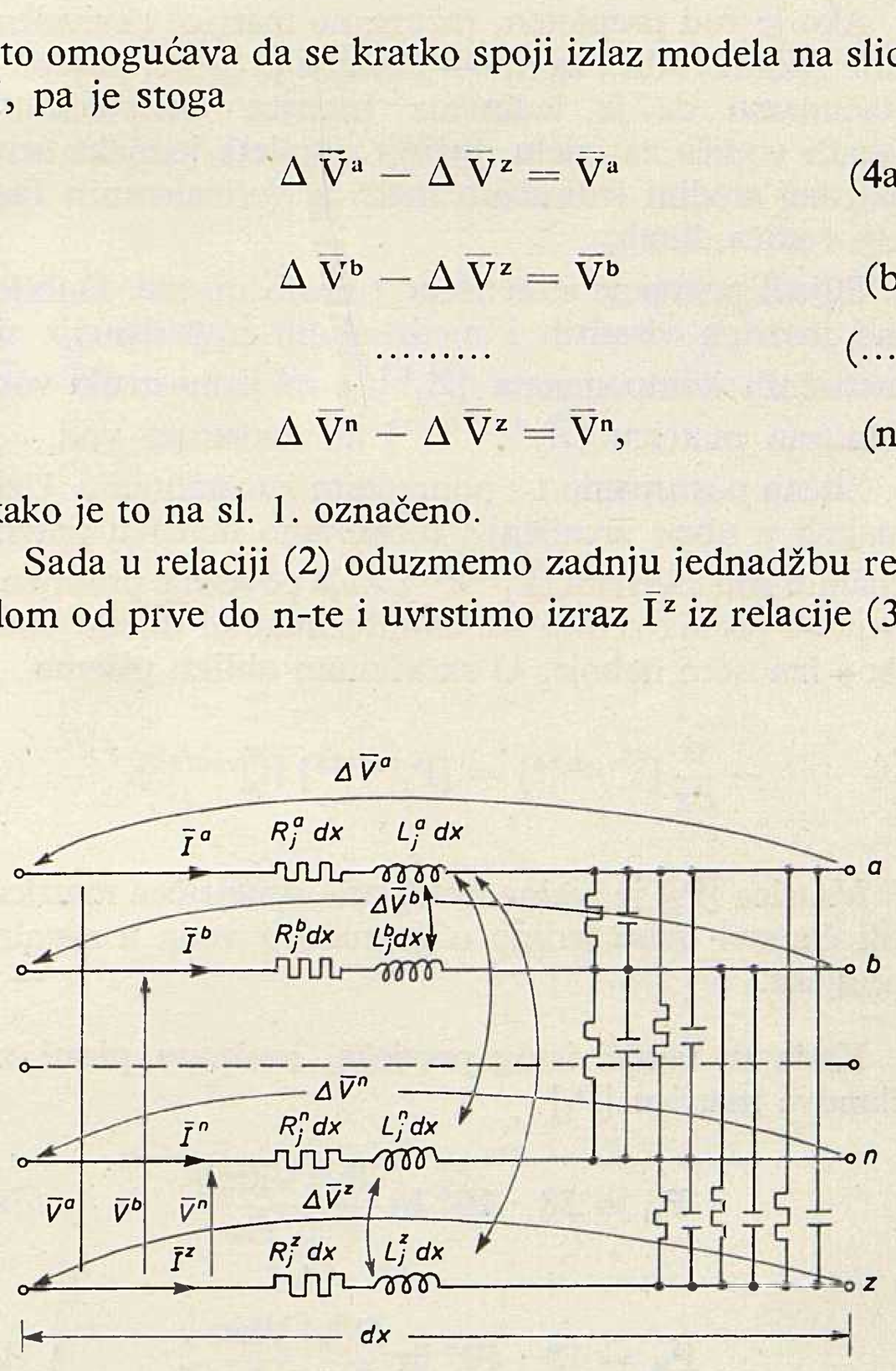
$$\Delta\bar{V}^b - \Delta\bar{V}^z = \bar{V}^b \qquad (b)$$

$$\ldots\ldots\ldots \qquad (\ldots)$$

$$\Delta\bar{V}^n - \Delta\bar{V}^z = \bar{V}^n, \qquad (n)$$

kako je to na sl. 1. označeno.

Sada u relaciji (2) oduzmemo zadnju jednadžbu redom od prve do n-te i uvrstimo izraz $\bar{I}^z$ iz relacije (3)



Sl. 1. Model infinitezimalnog dijela voda dx

i izraze za razliku napona iz relacije (4). Dobili smo matričnu jednadžbu koja bi bila upravo matrična jednadžba (1) kada bi nam bilo poznato R_j^z i L_j^z.

Matricu iz jednadžbe (2) ne možemo napisati, jer ne znamo napisati redak i stupac zemlje. Zato ispisujemo odmah matricu iz jednadžbe (1) koristeći se Carsonovom formulom. Za $\mu = 1$ i uz zanemarenje viših članova reda za P i za Q ove formule poprimaju oblik:

$$\bar{Z}_{ii-z} = R_j + 0{,}05 + j\,(0{,}1445 \log \frac{658}{r}\sqrt{\frac{\rho}{f}} + 0{,}0157)\ |\Omega/\mathrm{km}| \qquad (5a)$$

$$\bar{Z}_{ik-z} = 0{,}05 + j\,0{,}1445 \log \frac{658}{r}\sqrt{\frac{\rho}{f}} + 0{,}0157)\ |\Omega/\mathrm{km}|. \qquad (b)$$

Za svaki vodič ispisujemo redak i stupac matrice $[\bar{Z}_j^{\text{vodiča}}]$. Slijedi računanje matrice ekvivalentnih faznih vodiča $[\bar{Z}_j^{abc}]$. To je matrica 3×3, a dobije se iz matrice $[\bar{Z}_j^{\text{vodiča}}]$ eliminiranjem redaka i stupaca snopa faza i redaka i stupaca zaštitne užadi.

Treba napomenuti da se s dovoljnom točnošću, primjenom metode srednjim geometrijskih udaljenosti, može izbjeći mukotrpno računanje (i programiranje) eliminiranja redaka i stupaca snopa.

Ako je vod prepleten, računamo matrice ekvivalentnih faznih vodiča za svaku dionicu prepleta posebno. Računamo da je jedinična matrica ekvivalentnih faznih vodiča za cijelu dužinu prepleta jednaka aritmetskoj sredini jediničnih matrica ekvivalentnih faznih vodiča dionica.

Slijedi primjena simetrične transformacije. Dobijemo matricu vlastitih i međusobnih impedancija simetričnih komponenata $[\bar{Z}_j^{012}]$ za jednostruki vod, odnosno matricu $[\bar{Z}_j^{012,012}]$ za dvostruki vod.

Slično postupamo i s poprečnim konstantama. Uzimajući u obzir zrcaljenje, formiramo matricu potencijalnih koeficijenata $[\bar{P}_j^{\text{vodiča}}]$, koja povezuje promjenu napona prema zemlji na infinitezimalnoj dužini voda dx s iznosom naboja. U skraćenom obliku pišemo

$$-\frac{d}{dx}[\bar{V}^{\text{vodiča}}] = [P_j^{\text{vodiča}}]\,[\bar{Q}^{\text{vodiča}}]. \qquad (6)$$

Matrica $[P_j]$ je realna kvadratna simetrična matrica, čiji članovi ovise jedino o geometriji voda u ravnini presjeka.

Kada su vodiči istog presjeka, možemo pisati za članove matrice $[P_j]$

$$P_{ii} = 18 \cdot 10^6 \ln \frac{2h_i}{r}\left|\frac{\mathrm{Vkm}}{\mathrm{As}}\right| \qquad (7a)$$

$$P_{ik} = 18 \cdot 10^6 \ln \frac{D'_{ik}}{D_{ik}}\left|\frac{\mathrm{Vkm}}{\mathrm{As}}\right|. \qquad (b)$$

Na isti način kao i kod matrice $[\bar{Z}_j^{\text{vodiča}}]$ riješimo se redaka i stupaca snopa, redaka i stupaca dozemne užadi i prepleta. Rezultat je matrica ekvivalentnih faznih vodiča $[P_j^{abc}]$ potencijalnih koeficijenata.

Inverzija matrice $[P_j^{abc}]$ daje matricu $[K_j^{abc}]$, tj. matricu kapacitivnih koeficijenata. Ta matrica daje vezu između naboja na vodičima i napona vodiča prema zemlji. Kada tu matricu pomnožimo sa ω, dobijemo matricu jediničnih vlastitih i međusozbnih susceptancija voda, tj. matricu $[B_j^{abc}]$. Prema tome postoji veza

$$[B_j^{abc}]^{-1} = \frac{1}{\omega}[P_j^{abc}]. \qquad (8)$$

Primjenom transformacije za simetrične komponente na matricu $[B_j^{abc}]$ dobijemo konačno matricu $[\bar{B}_j^{012}]$ za jednostruke vodove, odnosno matricu $[\bar{B}_j^{012,012}]$ za dvostruke vodove.

Jedinične matrice $[\bar{Z}_j^{012}]$ i $[\bar{B}_j^{012}]$ pomnožene dužinom voda daju matrice $[\bar{Z}_j^{012}]$ i $[\bar{B}_j^{012}]$ za cijeli vod ako je ovaj kraći od 200 km. Rješenje za duže vodove teče po poznatom postupku.

Matrice $[\bar{Z}_j^{012}]$ i $[\bar{B}^{012}]$ su izvor podataka koje unosimo u ekvivalentnu shemu sistema simetričnih komponenata radi proračuna kratkog spoja.

Matrice jediničnih konstanti nekih vodova

TS Obrovac — TS Bilice 110 kV Al/FE 3 × 150/25 + FE III 50

$[\bar{Z}_j^{\text{vodiča}}] =$

	a	b	c	p
a	0,243 25 0,791 65	0,049 35 0,363 74	0,049 35 0,374 40	0,049 35 0,363 33
b	0,049 35 0,363 74	0,243 24 0,791 65	0,049 35 0,354 81	0,049 35 0,341 67
c	0,049 35 0,374 40	0,049 35 0,354 81	0,243 25 0,791 65	0,049 35 0,325 47
p	0,049 35 0,363 33	0,049 35 0,341 67	0,049 35 0,325 47	0,030 69 0,831 97

|ohm/km|

$[\bar{Z}_j^{abc}] =$

	a	b	c
a	0,276 75 0,771 33	0,080 99 0,338 48	0,082 81 0,347 24
b	0,080 99 0,338 48	0,273 14 0,772 89	0,080 97 0,347 88
c	0,082 81 0,347 24	0,080 97 0,347 88	0,276 91 0,771 28

|ohm/km|

$[\bar{Z}^{012}] =$

	0	1	2
0	0,438 79 1,460 90	— 0,001 17 — 0,000 32	0,002 95 — 0,003 53
1	0,002 95 — 0,003 53	0,194 01 0,427 30	0,005 48 0,003 13
2	— 0,001 17 — 0,000 32	— 0,005 57 0,003 05	0,194 01 0,427 30

|ohm/km|

$[B_j^{abc}] =$

	a	b	c
a	2,327 79	— 0,301 05	— 0,360 44
b	— 0,301 05	2,347 87	— 0,353 77
c	— 0,360 44	— 0,353 77	2,352 16

X10⁻⁶ |S/km|

$[\bar{B}_j^{012}] =$

	0	1	2
0	1,665 77 0,000 00	0,000 27 — 0,015 91	0,000 27 0,015 91
1	0,000 27 0,015 91	2,681 03 0,000 00	— 0,022 76 0,035 53
2	0,000 27 — 0,015 91	— 0,022 76 — 0,035 53	2,681 03 0,000 00

X10⁻⁶ |S/km|

TS Mostar — TS Konjsko 380 kV Al/FE 3 × 2 × 490/65 + + 2 × Aw 126,1

$\bar{Z}[_j^{abc}] =$

	a	b	c
a	0,123 59 0,488 08	0,094 09 0,169 60	0,090 24 0,131 49
b	0,094 09 0,169 60	0,125 59 0,481 46	0,094 09 0,169 60
c	0,090 24 0,131 49	0,094 09 0,169 60	0,123 59 0,488 08

|ohm/km|

$[\bar{Z}_j^{012}] =$

	0	1	2
0	0,309 88 0,799 67	0,008 12 — 0,006 94	— 0,010 07 — 0,003 56
1	— 0,010 07 — 0,003 56	0,031 45 0,328 97	— 0,022 96 0,015 45
2	0,008 12 — 0,006 94	0,024 86 0,012 16	0,031 45 0,328 97

|ohm/km|

$[B_j^{abc}] =$

	a	b	c
a	3,188 05	— 0,424 33	— 0,115 82
b	— 0,424 33	3,242 69	— 0,424 33
c	— 0,115 82	— 0,424 33	3,188 05

× 10⁻⁶ |S/km|

$[\bar{B}_j^{012}] =$

	0	1	2
0	2,563 27 0,000 00	0,042 31 0,073 28	0,042 31 — 0,073 28
1	0,042 31 — 0,073 28	3,527 76 0,000 00	— 0,111 94 — 0,193 89
2	0,042 31 0,073 28	— 0,111 94 0,193 89	3,527 76 0,000 00

× 10⁻⁶ |S/km|

3. RASPODJELA TROSTRUKE NULTE KOMPONENTE STRUJE KROZ ZEMLJU, ZAŠTITNU UŽAD I UZEMLJENJA

Neka su nam iz računa kratkog spoja poznate struje faza. Uz poznatu matricu $[\bar{Z}^{vodiča}]$, nakon eliminiranja snopa, možemo izračunati struje kroz zaštitnu užad i struje kroz zemlju.

Pretpostavit ćemo dozemni spoj u K na radijalnom vodu dijela sistema s jednim uzemljenim zvjezdištem (sl. 2. i sl. 3).

Za jednostruki dalekovod s jednim zaštitnim užetom jednadžbe glase (sl. 2.a i sl. 3.a):

$$\bar{Z}^{aa}\,\bar{I}^a + \bar{Z}^{ab}\,\bar{I}^b + \bar{Z}^{ac}\,\bar{I}^c + \bar{Z}^{ap}\,\bar{I}^p = \bar{V}^a \qquad (9a)$$

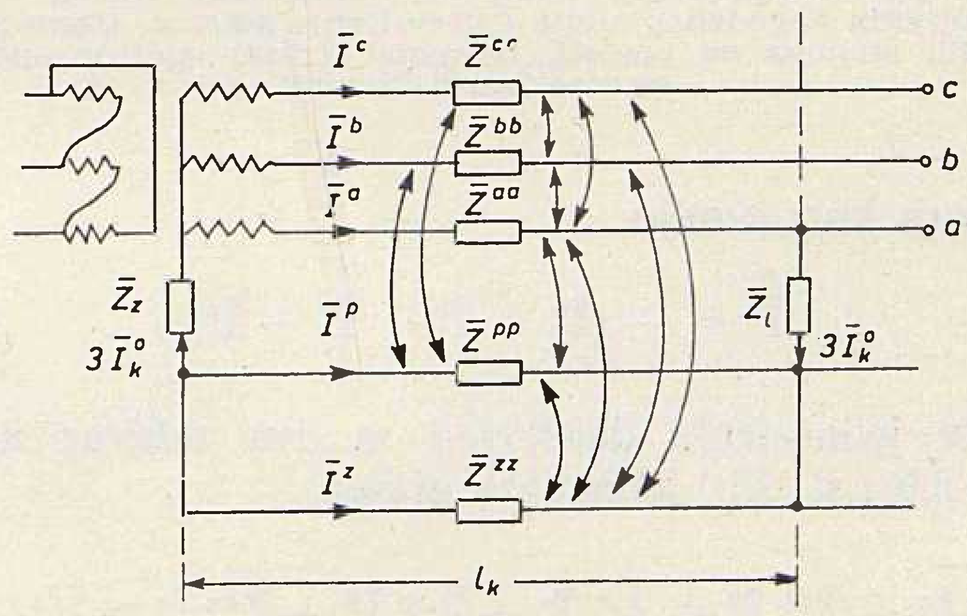
$$\bar{Z}^{ba}\,\bar{I}^a + \bar{Z}^{bb}\,\bar{I}^b + \bar{Z}^{bc}\,\bar{I}^c + \bar{Z}^{bp}\,\bar{I}^p = \bar{V}^b \qquad (b)$$

$$\bar{Z}^{ca}\,\bar{I}^a + \bar{Z}^{cb}\,\bar{I}^b + \bar{Z}^{cc}\,\bar{I}^c + \bar{Z}^{cp}\,\bar{I}^p = \bar{V}^c \qquad (c)$$

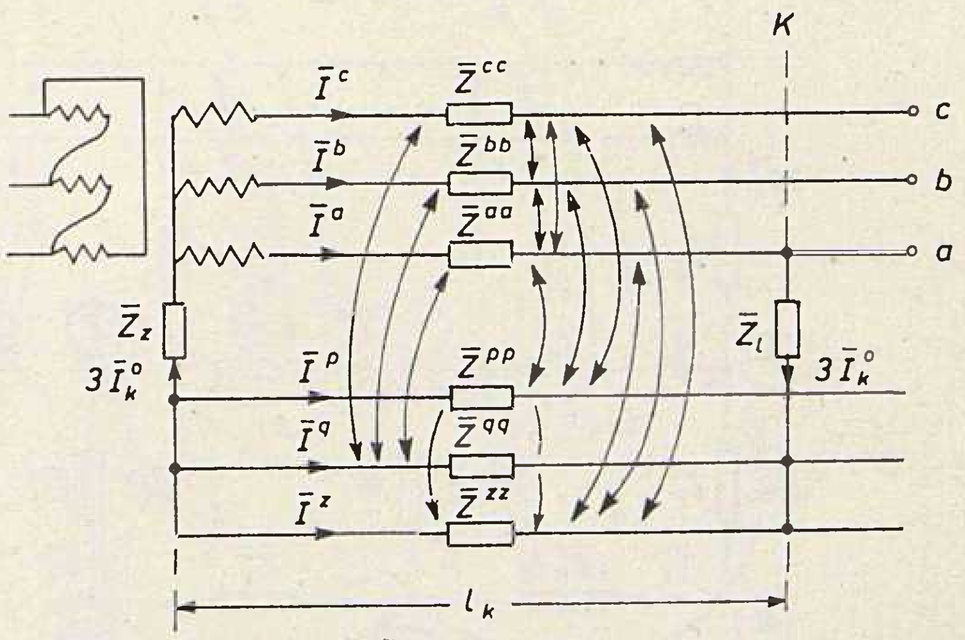
$$\bar{Z}^{pa}\,\bar{I}^a + \bar{Z}^{pb}\,\bar{I}^b + \bar{Z}^{pc}\,\bar{I}^c + \bar{Z}^{pp}\,\bar{I}^p = 0, \qquad (d)$$

pa je stoga struja kroz zaštitno uže iz relacije 9d.

$$\bar{I}^p = -\frac{\bar{Z}^{pa}\,\bar{I}^a + \bar{Z}^{pb}\,\bar{I}^b + \bar{Z}^{pc}\,\bar{I}^c}{\bar{Z}^{pp}} \qquad (10)$$

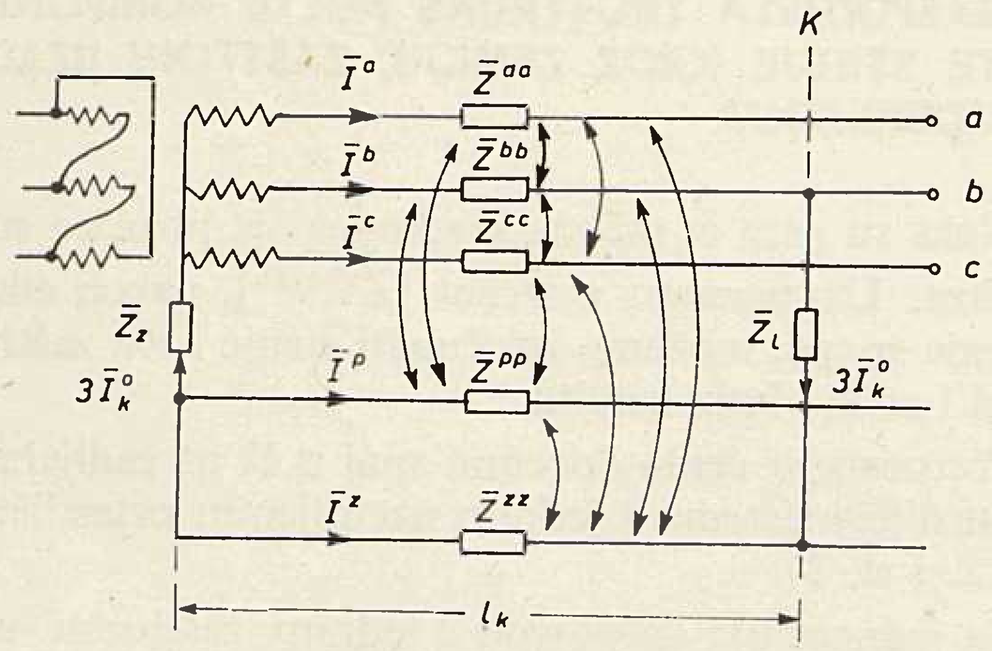


a) vod s jednim dozemnim užetom

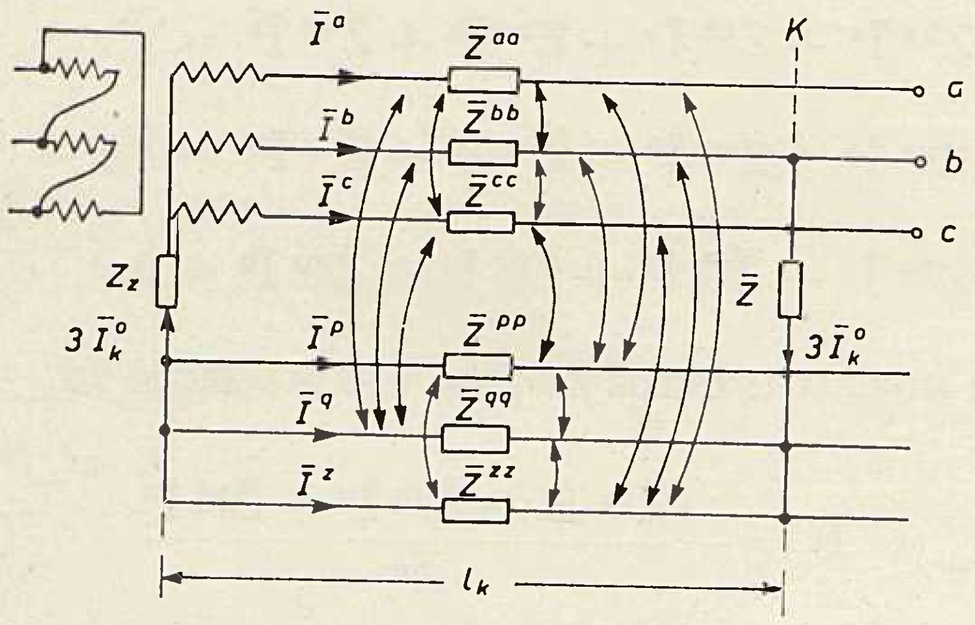


b) vod s dva dozemna užeta

Sl. 2. Modeli radijalnog voda uz beskonačno malen otpor uzemljenja pogođenog stupa i uzemljenja stanice. Uzemljenje ostalih stupova ne postoji. Jednopolni kratki spoj u čvoru k.



a) vod s jednim dozemnim užetom



b) vod s dva dozemna užeta

Sl. 3. Modeli radijalnog voda uz beskonačno malen otpor uzemljenja pogođenog stupa i uzemljenja stanice. Uzemljenje ostalih stupova ne postoji. Dvopolni kratki spoj sa spojem sa zemljom u čvoru k.

i struja kroz zemlju

$$\bar{I}^z = -(\bar{I}^a + \bar{I}^b + \bar{I}^c + \bar{I}^p). \qquad (11)$$

Za jednostruki dalekovod sa dva zaštitna užeta (sl. 2.b i sl. 3.b) jednadžbe glase:

$$\bar{Z}^{aa}\bar{I}^a + \bar{Z}^{ab}\bar{I}^b + \bar{Z}^{ac}\bar{I}^c + \bar{Z}^{ap}\bar{I}^p + \bar{Z}^{aq}\bar{I}^q = \bar{V}^a \qquad (12a)$$

$$\bar{Z}^{ba}\bar{I}^a + \bar{Z}^{bb}\bar{I}^b + \bar{Z}^{bc}\bar{I}^c + \bar{Z}^{bp}\bar{I}^p + \bar{Z}^{bq}\bar{I}^q = \bar{V}^b \qquad (b)$$

$$\bar{Z}^{ca}\bar{I}^a + \bar{Z}^{cb}\bar{I}^b + \bar{Z}^{cc}\bar{I}^c + \bar{Z}^{cp}\bar{I}^p + \bar{Z}^{cq}\bar{I}^q = \bar{V}^c \qquad (c)$$

$$\bar{Z}^{pa}\bar{I}^a + \bar{Z}^{pb}\bar{I}^b + \bar{Z}^{pc}\bar{I}^c + \bar{Z}^{pp}\bar{I}^p + \bar{Z}^{pq}\bar{I}^q = 0 \qquad (d)$$

$$\bar{Z}^{qa}\bar{I}^a + \bar{Z}^{qb}\bar{I}^b + \bar{Z}^{qc}\bar{I}^c + \bar{Z}^{qp}\bar{I}^p + \bar{Z}^{qq}\bar{I}^q = 0. \qquad (e)$$

Struje kroz zaštitnu užad dobijemo iz jednadžbi (12.d) i (12.e) tako da ih riješimo po $\bar{I}^p$ i $\bar{I}^q$. Dobijemo izraze

$$\bar{I}^p = \frac{\bar{Z}^{qq}A - \bar{Z}^{qp}B}{\bar{Z}^{pq}\bar{Z}^{qp} - \bar{Z}^{pp}\bar{Z}^{qq}} \qquad (13a)$$

$$\bar{I}^q = \frac{\bar{Z}^{pp}B - \bar{Z}^{qp}A}{\bar{Z}^{pq}\bar{Z}^{qp} - \bar{Z}^{pp}\bar{Z}^{qq}}, \qquad (b)$$

gdje je

$$A = \bar{Z}^{pa}\bar{I}^a + \bar{Z}^{pb}\bar{I}^b + \bar{Z}^{pc}\bar{I}^c \qquad (14a)$$

$$B = \bar{Z}^{qa}\bar{I}^a + \bar{Z}^{qb}\bar{I}^b + \bar{Z}^{qc}\bar{I}^c \qquad (b)$$

i struju kroz zemlju

$$\bar{I}^z = -(\bar{I}^a + \bar{I}^b + \bar{I}^c + \bar{I}^p + \bar{I}^q). \qquad (15)$$

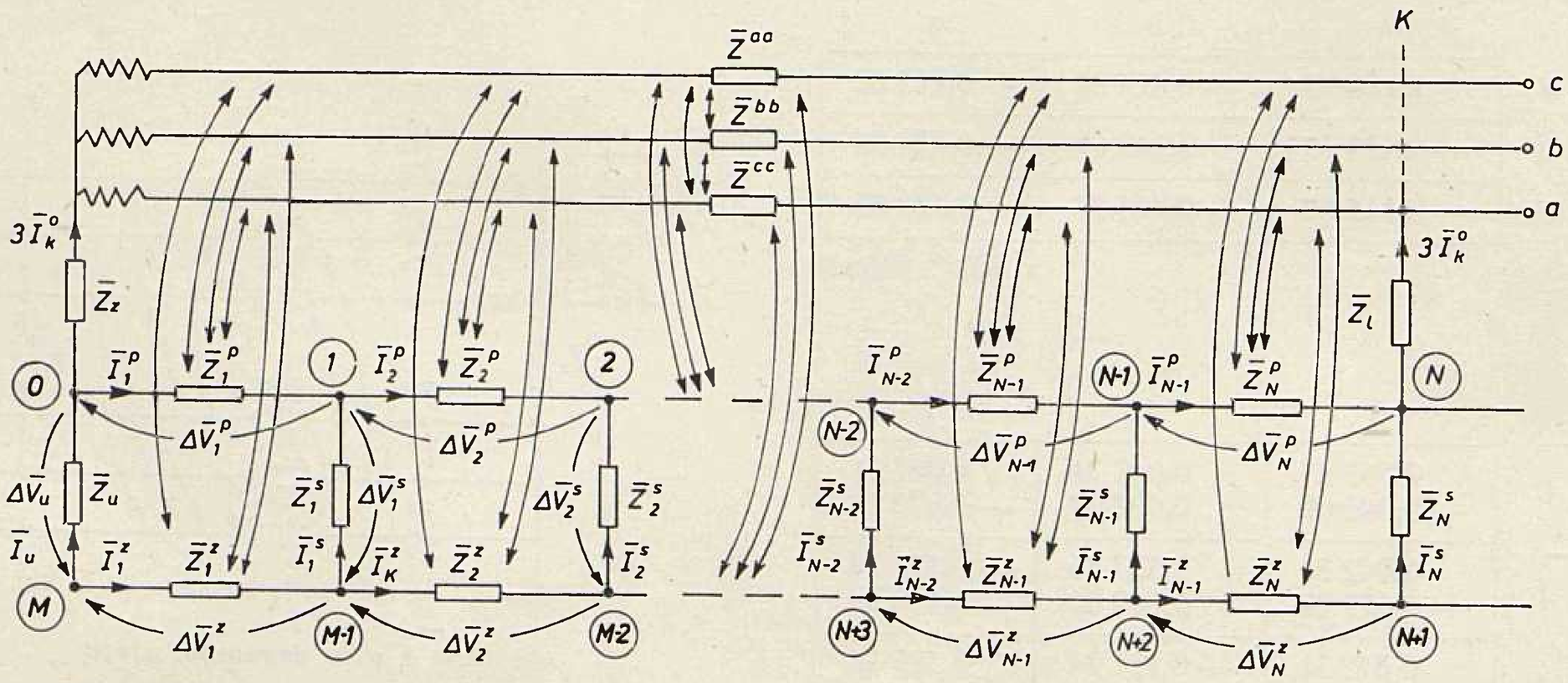
U tim relacijama bilo je pretpostavljeno da je pad napona na uzemljenju stanice i pogođenom stupu jednak nuli i da nema struja kroz uzemljenja ostalih stupova, što nije točno.

Postavljamo model voda prema sl. 4. Vod je podijeljen na onoliko dionica koliko ima stupova do mjesta dozemnog spoja, u ovom slučaju jednopolnog kratkog spoja. Dužina dionica jednaka je dužini raspona između dva stupa.

Prema sl. 4. možemo postaviti za svaku dionicu posebno da je obilazni napon petlje jednak nuli.

Za prvu dionicu

$$\Delta\bar{V}_1^p + \Delta\bar{V}_u - \Delta\bar{V}_1^z - \Delta\bar{V}_1^s = 0. \qquad (16)$$



Sl. 4. Model radijalnog jednostrukog voda s jednim zaštitnim užetom. Jednopolni kratki spoj na N-tom stupu ($\bar{Z}_z$ = otpor uzemljenja zvjezdišta, $\bar{Z}_c$ = otpor luka, $\bar{Z}_u$ = otpor uzemljenja stanice, $\bar{Z}^s$ = otpor uzemljenja stupa

Za n-tu dionicu

$$\Delta\bar{V}^{p}_{n} + \Delta\bar{V}^{s}_{n-1} - \Delta\bar{V}^{z}_{n} - \Delta\bar{V}^{s}_{n} = 0 \qquad (17)$$

$n = 2,3, \ldots N-1.$

Za N-tu dionicu

$$\Delta\bar{V}^{p}_{N} + \Delta\bar{V}^{s}_{N-1} - \Delta\bar{V}^{z}_{N} - \Delta\bar{V}^{s}_{N} = 0 \qquad (18)$$

Pri pisanju Carsonovih izraza za članove matrice $[\bar{Z}_1{}^{\text{vodiča}}]$, bili smo pretpostavili da je

$$\Delta\bar{V}_{u} = \Delta\bar{V}^{s}_{1} = 0 \qquad (19a)$$

$$\Delta\bar{V}^{p}_{1} - \Delta\bar{V}^{z}_{1} = 0 \qquad (b)$$

$$\Delta\bar{V}^{s}_{n-1} = \Delta\bar{V}^{s}_{n} = 0 \qquad (20a)$$

$$\Delta\bar{V}^{p}_{n} - \Delta\bar{V}^{z}_{n} = 0 \qquad (b)$$

$n = 2,3, \ldots N-1$

$$\Delta\bar{V}^{s}_{N-1} = \Delta\bar{V}^{s}_{N} = 0 \qquad (21a)$$

$$\Delta\bar{V}^{p}_{N} - \Delta\bar{V}^{z}_{N} = 0. \qquad (b)$$

Relacije (19), (20) i (21) nisu točne, ali na iznos struje $\bar{I}_k = 3\bar{I}_k$ ta netočnost nema bitnog utjecaja.

Nama u ovom trenutku nije toliko važan podatak da li je struja $\bar{I}_k = 3\bar{I}_k$ za neki mali postotak veća ili manja. Nas zanima kako se ova struja raspodjeljuje na zaštitnu užad, zemlju, uzemljenja stupova i stanice. Zato ćemo poći od pretpostavke poznate struje $\bar{I}_k$, koju dobijemo iz klasičnog proračuna kratkog spoja.

Napisat ćemo samo jednadžbe zaštitnog užeta, relacija (9d), za sve dionice, ali tako da ćemo sada uzeti u obzir poprečne grane povratnog puta struje $\bar{I}_k$.

Ispisujemo N jednadžbi za petlje i 2N + I jednadžbu za čvorove. Čvorove ćemo označiti sa 0, I, 2, ... k − 1, k, k + I, k + 2, ... M − 1, M. Indeksi i rijentacije struja odgovaraju onima sa slike 4.

$$\bar{Z}^{pa}_{1}\bar{I}^{a} + \bar{Z}^{pb}_{1}\bar{I}^{b} + \bar{Z}^{pc}_{1}\bar{I}^{c} + \bar{Z}^{pp}_{1}\bar{I}^{p} = \bar{Z}^{s}_{1}\bar{I}^{s}_{1} - \bar{Z}_{u}\bar{I}_{u} \qquad (23a)$$

$$\bar{Z}^{pa}_{2}\bar{I}^{a} + \bar{Z}^{pb}_{2}\bar{I}^{b} + \bar{Z}^{pc}_{2}\bar{I}^{c} + \bar{Z}^{pp}_{2}\bar{I}^{p} = \bar{Z}^{s}_{2}\bar{I}^{s}_{2} - \bar{Z}^{s}_{1}\bar{I}^{s}_{1} \qquad (b)$$

..... (...)

$$\bar{Z}^{pa}_{n}\bar{I}^{a} + \bar{Z}^{pb}_{n}\bar{I}^{b} + \bar{Z}^{pc}_{n}\bar{I}^{c} + \bar{Z}^{pp}_{n}\bar{I}^{p} = \bar{Z}^{s}_{n}\bar{I}^{s}_{n} - \bar{Z}^{s}_{n-1}\bar{I}^{s}_{n-1} \qquad (n)$$

..... (...)

$$\bar{Z}^{pa}_{N}\bar{I}^{a} + \bar{Z}^{pb}_{N}\bar{I}^{b} + \bar{Z}^{pc}_{N}\bar{I}^{c} + \bar{Z}^{pp}_{N}\bar{I}^{p} = \bar{Z}^{s}_{N}\bar{I}^{s}_{N} - \bar{Z}^{s}_{N-1}\bar{I}^{s}_{N-1} \qquad (N)$$

Jednadžbe čvorova:

$$\bar{I}^{p}_{1} - \bar{I}^{p}_{2} + \bar{I}^{s}_{1} = 0 \qquad (24a)$$

$$\bar{I}^{p}_{2} - \bar{I}^{p}_{3} + \bar{I}^{s}_{2} = 0 \qquad (b)$$

..... (...)

$$\bar{I}^{p}_{k-1} - \bar{I}^{p}_{k} + \bar{I}^{s}_{k-1} = 0 \qquad (k-1)$$

$$\bar{I}^{p}_{k} + \bar{I}^{s}_{k} + \bar{I}_{k} = 0 \qquad (k)$$

$$\bar{I}^{z}_{k} + \bar{I}^{s}_{k} = 0 \qquad (k+1)$$

$$\bar{I}^{z}_{k-1} - \bar{I}^{z}_{k} - \bar{I}^{s}_{k-1} = 0 \qquad (k+2)$$

$$\bar{I}^{z}_{k-2}\,\bar{I}^{z}_{k-1} - - \bar{I}^{s}_{k-1} = 0 \qquad (k+3)$$

..... (...)

$$\bar{I}^{z}_{2} - \bar{I}^{z}_{3} - \bar{I}^{s}_{2} = 0 \qquad (M-1)$$

$$\bar{I}^{z}_{1} - \bar{I}_{u} = 0 \qquad (M)$$

Zadnjih N + 1 jednadžbi daje relaciju

$$\bar{I}_{u} + \bar{I}^{s}_{1} + \bar{I}^{s}_{2} + \ldots + \bar{I}^{s}_{N} = 0 \qquad (25)$$

Dobili smo 2N + 1 jednadžbu sa 2N + 1 nepoznanicom.

Vidimo da nije potrebno poznavati $\bar{Z}^{z}_{1}, \bar{Z}^{z}_{2}, \ldots \bar{Z}^{z}_{N}$ da bi se riješio problem. Te su konstante u stanovitom smislu već sadržane u Carsonovim formulama.

Nastavljamo s rješavanjem jednadžbi tako da iz relacije (25) izrazimo $\bar{I}_u$ i uvrstimo u ostale. Dobili smo 2N jednadžbi sa 2N nepoznanica. To su struje $\bar{I}^{p}_{1}, \bar{I}^{p}_{2}, \ldots \bar{I}^{p}_{N}$ i struje $\bar{I}^{s}_{1}, \bar{I}^{s}_{2}, \ldots \bar{I}^{s}_{N}$.

Koristimo dalje da se struje $\bar{I}^{s}_{1} \ldots \bar{I}^{s}_{N}$ mogu lako izraziti sa strujama $\bar{I}^{p}_{1} \ldots \bar{I}^{p}_{N}$. Dobili smo N jednadžbi sa N nepoznanica, koje u sređenom obliku glase

$$(\bar{Z}^{pp}_{1} + \bar{Z}_{u} + \bar{Z}^{s}_{1})\bar{I}^{p}_{3} - \bar{Z}^{s}_{1}\bar{I}^{p}_{2} = -\bar{Z}_{u}\bar{I}_{k} - A_{1} \qquad (26a)$$

$$-\bar{Z}^{s}_{1}\bar{I}^{p}_{1} + (\bar{Z}^{pp}_{2} + \bar{Z}^{s}_{1} + \bar{Z}^{s}_{2})\bar{I}^{p}_{2} - \bar{Z}^{s}_{2}\bar{I}^{p}_{3} = -A_{2} \qquad (b)$$

$$-\bar{Z}^{s}_{2}\bar{I}^{p}_{2} + (\bar{Z}^{pp}_{3} + Z^{s}_{2} + \bar{Z}^{s}_{3})\bar{I}^{p}_{3} - \bar{Z}^{s}_{3}\bar{I}^{p}_{4} = -A_{3} \qquad (c)$$

..... (...)

$$-\bar{Z}^{s}_{n-1}\bar{I}^{p}_{n-1} + (\bar{Z}^{pp}_{n} + \bar{Z}^{s}_{n-1} + \bar{Z}^{s}_{n})\bar{I}^{p}_{n} - \bar{Z}^{s}_{n}\bar{I}^{p}_{n+1} = -A_{n} \qquad (n)$$

.....

$$-\bar{Z}^{s}_{N-2}\bar{I}^{p}_{N-2} + (\bar{Z}^{pp}_{N-1} + \bar{Z}^{s}_{N-2} + \bar{Z}^{s}_{N-1})\bar{I}^{p}_{N-1} - \bar{Z}^{s}_{N-1}\bar{I}^{p}_{N} = -A_{N-1} \qquad (N-1)$$

$$-\bar{Z}^{s}_{N-1}\bar{I}^{p}_{N-1} + (\bar{Z}^{pp}_{N} + \bar{Z}^{s}_{N-1} + \bar{Z}^{s}_{N})\bar{I}^{p}_{N} = -A_{N} - \bar{Z}^{s}_{N}\bar{I}_{k} \qquad (N)$$

Uvodimo:

$$P_{11} = \bar{Z}^{pp}_{1} + \bar{Z}_{u} + \bar{Z}^{s}_{2} \qquad (27a)$$

$$\bar{P}_{12} = P_{21} = -\bar{Z}^{s}_{1} \qquad (b)$$

$$P_{22} = \bar{Z}^{pp}_{2} + \bar{Z}^{s}_{1} + \bar{Z}^{s}_{2} \qquad (c)$$

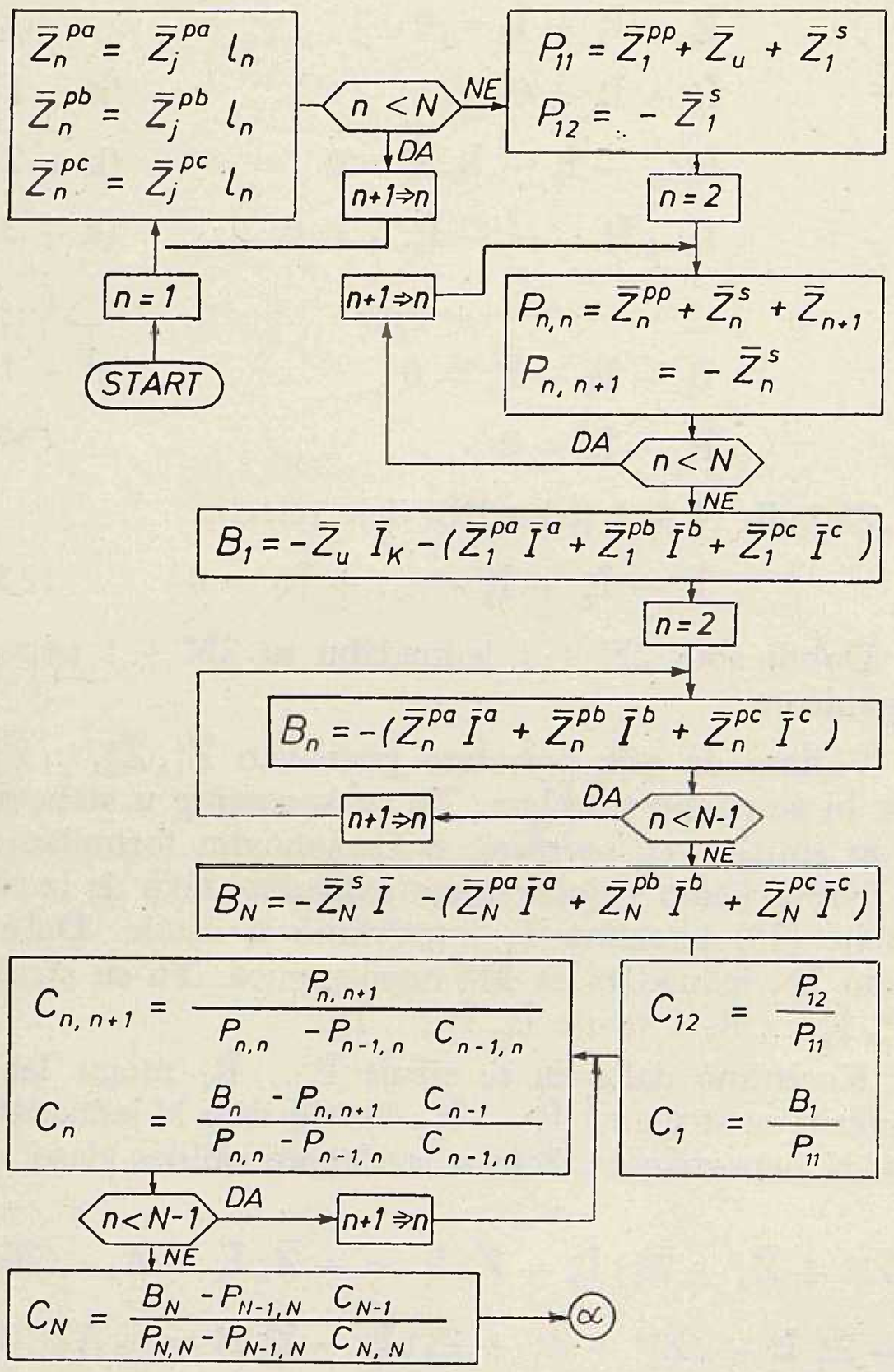
$$P_{23} = P_{32} = -\bar{Z}^{s}_{2} \qquad (d)$$

$$P_{33} = \bar{Z}^{pp}_{3} + \bar{Z}^{s}_{2} + \bar{Z}^{s}_{3} \qquad (e)$$

..... (...)

$$P_{n-1,n} = P_{n,n-1} = -\bar{Z}^{s}_{n-1} \qquad (n-1)$$

$$P_{nn} = \bar{Z}^{pp}_{n} + \bar{Z}^{s}_{n-1} + \bar{Z}^{s}_{n} \qquad (n)$$



Sl. 5. Dijagram toka pripremnog dijela programa »RTNKS«

$$P_{n,n+1} = P_{n+1,n} = -\bar{Z}_n^s \qquad (n+1)$$

..... (...)

$$P_{NN} = \bar{Z}_N^{pp} + \bar{Z}_{N-1}^s + \bar{Z}_N^s \qquad (N)$$

$$-\bar{Z}_u\,\bar{I}_k - A_1 = B_1 \qquad (27a)$$

$$-A_2 = B_2 \qquad (b)$$

..... (...)

$$-A_{N-1} = B_{N-1} \qquad (N-1)$$

$$-A_N - \bar{Z}_N^s\,\bar{I}_k = B_N \qquad (N)$$

Sada jednadžbe izgledaju ovako:

$$P_{11}\,\bar{I}_1^p + P_{12}\,\bar{I}_2^p = B_1 \qquad (28a)$$

$$P_{12}\,\bar{I}_1^p + P_{22}\,\bar{I}_2^p + P_{23}\,\bar{I}_3^p = B_2 \qquad (b)$$

..... (...)

$$P_{N-2,N-1}\,\bar{I}_{N-2}^p + P_{N-1,N-1}\,\bar{I}_{N-1}^p + P_{N-1,}\,\bar{I}_N^p = B_{N-1} \qquad (N-1)$$

$$P_{N-1,N}\,\bar{I}_{N-1}^p + P_{N,N}\,\bar{I}_N^p = B_N \qquad (N)$$

pa je matrica koeficijenata

P_{11}	P_{12}				
P_{21}	P_{22}	P_{23}			
	...	...	...		
		$P_{N-2,N-3}$	$P_{N-2,N-2}$	$P_{N-2,N-2}$	
			$P_{N-1,N-2}$	$P_{N-1,N-1}$	$P_{N-1,N}$
				$P_{N,N-1}$	$P_{N,N}$

Takva matrica omogućava jednostavno rješenje sistema jednadžbi. Iz prve jednadžbe izrazimo $\bar{I}_1^p$ i uvrstimo u drugu jednadžbu. Iz ove jednadžbe izrazimo $\bar{I}_2^p$ i uvrstimo u treću jednadžbu i tako redom. Zadnja jednadžba dat će rješenje za $\bar{I}_N^p$. Vraćanjem natrag dobit ćemo rješenje za sve $\bar{I}^p$.

Zbog velikog broja jednadžbi uvodimo ove konstante:

$$C_1 = \frac{B_1}{P_{11}} \qquad (29a)$$

$$C_{12} = \frac{P_{12}}{P_{11}} \qquad (b)$$

..... (...)

$$C_n = \frac{B_n + P_{n,n+1}\,C_{n-1}}{P_{nn} - P_{n-1,n}\,C_{n-1,n}} \qquad (n)$$

$n = 2,3\ ..\ (N-1)$

..... (...)

$$C_N = \frac{B_N - P_{N-1,N}\,C_{N-1}}{P_{N,N} - P_{N-1,N}\,C_{N-1,N}} \qquad (N)$$

Dijagrami toka na sl. 5. i 6. pokazuju tok proračuna.

Primjer

Traži se raspodjela struje kroz zaštitno uže, zemlju, uzemljenja stupova i stanice kod pojave jednopolnog kratkog spoja na šestom stupu radijalnog voda.

Iz računa jednopolnog kratkog spoja u čvoru K (šesti stup voda) poznata nam je struja $3I_k^o = 1\,000$ A

Dužina dionica:

$$P_1 = P_2 = \ldots = P_6 = 300\ |\text{m}|.$$

Otpor uzemljenja stupova:

$$Z_1^s = Z_2^s = \ldots = Z_6^s = 10\ |\Omega|.$$

Vlastite i međusobne impedancije dozemnog užeta (jedinične):

$$\bar{Z}_1^{pa} = \bar{Z}_2^{pa} = \ldots = \bar{Z}_6^{pa} = 0{,}05 + j\,0{,}33\ \ |\Omega/\text{km}|$$

$$\bar{Z}_1^{pb} = \bar{Z}_2^{pb} = \ldots = \bar{Z}_6^{pb} = 0{,}05 + j\,0{,}33\ \ |\Omega/\text{km}|$$

$$\bar{Z}_1^{pc} = \bar{Z}_2^{pc} = \ldots = \bar{Z}_6^{ac} = 0{,}05 + j\,0{,}33\ \ |\Omega/\text{km}|$$

$$\bar{Z}_1^{pp} = \bar{Z}_2^{pp} = \ldots = \bar{Z}_6^{pp} = 0{,}79 + j\,0{,}81\ \ |\Omega/\text{km}|$$

Otpor uzemljenja stanice:

$$\bar{Z}_u = 0{,}5 \ |\Omega|.$$

Računamo točno prema dijagramu toka:

$$\bar{Z}_1^{pa} P_1 = (0{,}05 + j\,0{,}33)\,0{,}3 = 0{,}015 + j\,0{,}099 \ |\Omega|$$

$$\bar{Z}_2^{pa} P_2 = \ldots = \bar{Z}_6^{pa} P_6 = \bar{Z}_1^{pb} P_1 = \ldots \bar{Z}_6^{pb} P_6 = \bar{Z}_1^{pc} P_1 = \ldots = \bar{Z}_6^{pc} P_6 = \bar{Z}_1^{pa} P_1$$

$$P_{11} = 0{,}237 + j\,0{,}243 + 0{,}5 + 10 = 10{,}737 + j\,0{,}243$$

$$P_{12} = -10$$

$$P_{22} = 0{,}237 + j\,0{,}243 + 20 = 20{,}237 + j\,0{,}243$$

$$B_1 = -(0{,}015 + j\,0{,}099)(-j\,1\,000) - 0{,}5\,(-j\,1\,000) = -99 + j\,515$$

$$B_2 = B_3 = \ldots = B_5 = -(0{,}015 + j\,0{,}099)(-j\,1\,000) = -99 + j\,15$$

$$B_6 = -10\,(-j\,1\,000) - (0{,}015 + j\,0{,}099)(-j\,1\,000) = -99 + j\,10\,015$$

$$C_{1,2} = \frac{-10}{10{,}737 + j\,0{,}243} = -0{,}931 + j\,0{,}021$$

$$C_1 = \frac{-99 + j\,515}{10{,}737 + j\,0{,}243} = -8{,}126 + j\,48{,}103$$

$$C_{2,3} = \frac{-10}{10{,}927 + j\,0{,}453} = -0{,}914 + j\,0{,}038$$

$$C_2 = \frac{-180{,}26 + j\,496{,}03}{10{,}927 + j\,0{,}453} = -14{,}591 + j\,46{,}022$$

$$C_{3,4} = \frac{-10}{11{,}097 + j\,0{,}623} = -0{,}898 + j\,0{,}05$$

$$C_3 = \frac{-244{,}91 + j\,475{,}22}{11{,}097 + j\,0{,}623} = -19{,}666 + j\,43{,}994$$

$$C_{4,5} = \frac{-10}{11{,}257 + j\,0{,}743} = -0{,}884 + j\,0{,}058$$

$$C_4 = \frac{-295{,}66 + j\,454{,}94}{11{,}257 + j\,0{,}743} = -23{,}498 + j\,41{,}932$$

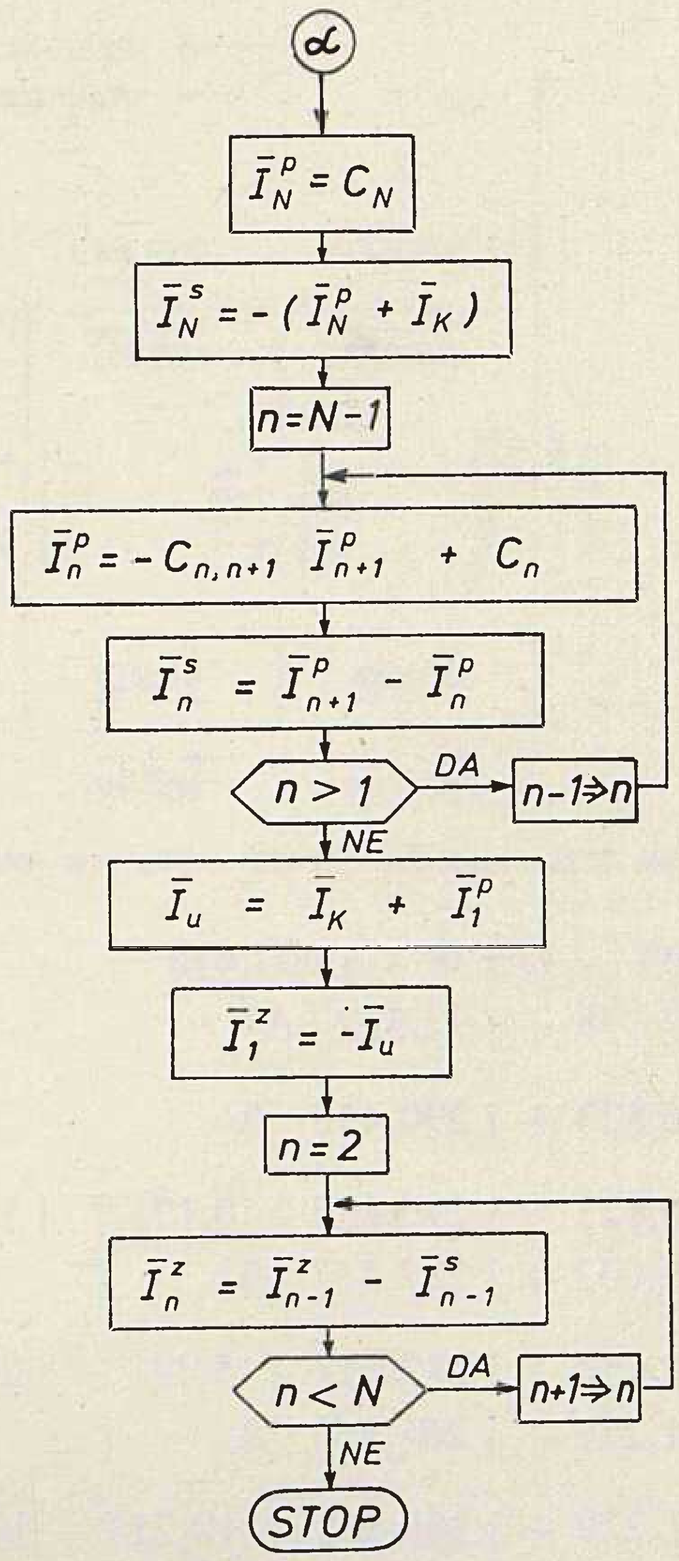
$$C_{5,6} = \frac{-10}{11{,}397 + j\,0{,}823} = -0{,}873 + j\,0{,}063$$

$$C_5 = \frac{-333{,}98 + j\,434{,}32}{11{,}397 + j\,0{,}823} = -26{,}42 + j\,40{,}02$$

$$C_6 = \frac{-363{,}2 + j\,10415{,}2}{11{,}507 + j\,0{,}873} = 37{,}178 + j\,907{,}478$$

$$\bar{I}_6^p = 37{,}178 + j\,907{,}478 \ |A|$$

$$\bar{I}_5^p = (0{,}873 - j\,0{,}063)(37{,}178 + j\,907{,}478) - 26{,}42 + j\,40{,}02 = 63{,}208 + j\,829{,}906 \ |A|$$



Sl. 6. Dijagram toka računanja struja programa »RTNKS«

$$\bar{I}_4^p = (0{,}884 - j\,0{,}058)(63{,}208 + j\,829{,}906) - 23{,}498 + j\,41{,}932 = 80{,}512 + j\,771{,}903 \ |A|$$

$$\bar{I}_3^p = (0{,}898 - j\,0{,}05)(80{,}512 + j\,771{,}903) - 19{,}666 + j\,43{,}994 = 91{,}229 + j\,733{,}137 \ |A|$$

$$\bar{I}_2^p = (0{,}914 - j\,0{,}038)(91{,}229 + j\,733{,}137) - 14{,}591 + j\,46{,}022 = 96{,}652 + j\,712{,}643 \ |A|$$

$$\bar{I}_1^p = (0{,}931 - j\,0{,}021)(96{,}652 + j\,712{,}643) - 8{,}126 + j\,48{,}103 = 96{,}823 + j\,709{,}544 \ |A|$$

$$\bar{I}_u = 96{,}823 + j\,709{,}544 - j\,1000 = 96{,}823 - j\,290{,}456 \ |A|$$

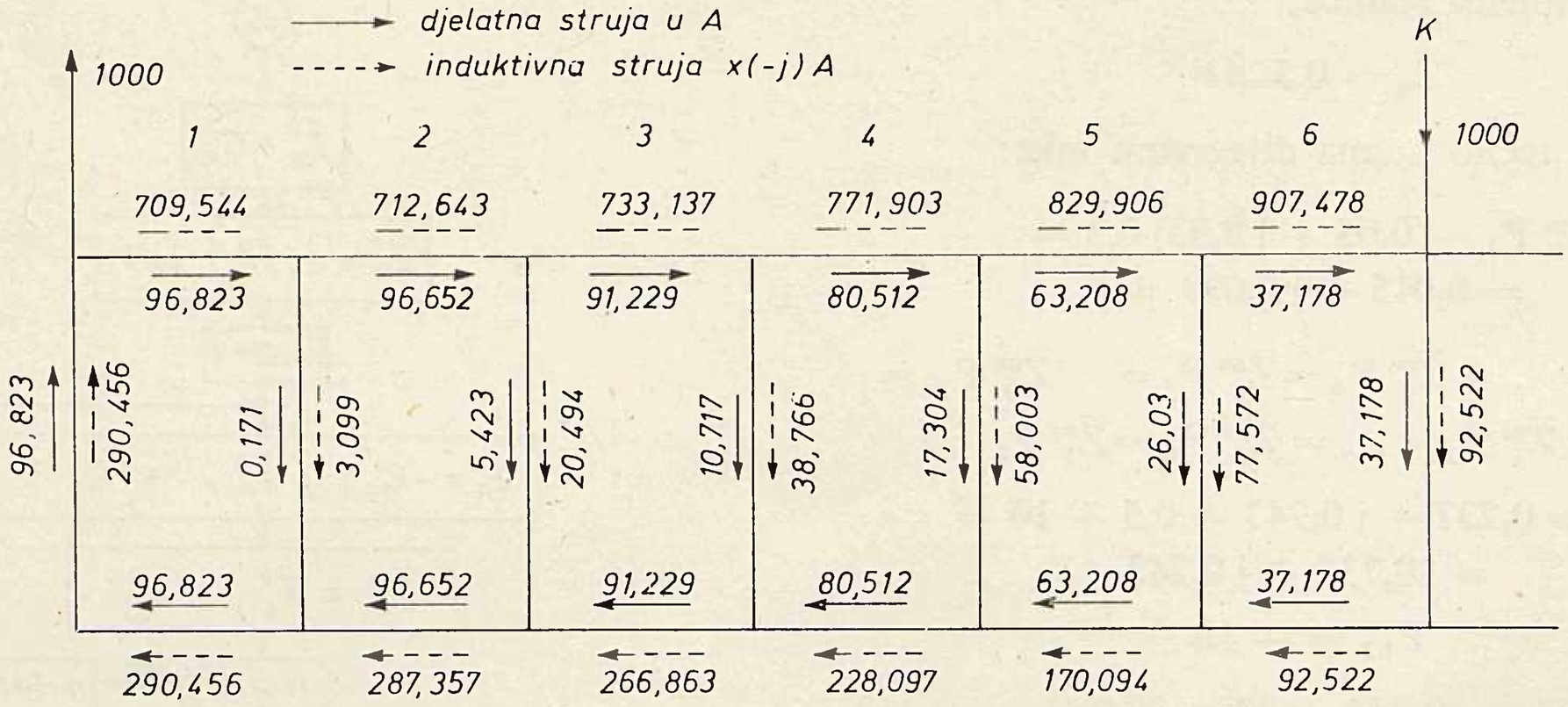
$$\bar{I}_1^s = 96{,}652 + j\,712{,}643 - 96{,}823 - j\,709{,}544 = -0{,}171 + j\,3{,}099 \ |A|$$

$$\bar{I}_2^s = 91{,}229 + j\,733{,}137 - 96{,}652 - j\,712{,}643 = -5{,}423 + j\,20{,}494 \ |A|$$

$$\bar{I}_3^s = 80{,}512 + j\,771{,}903 - 91{,}229 - j\,733{,}137 = -10{,}717 + j\,38{,}766 \ |A|$$

$$\bar{I}_4^s = 63{,}208 + j\,829{,}906 - 80{,}512 - j\,771{,}903 = -17{,}304 + j\,58{,}003 \ |A|$$

$$\bar{I}_5^s = 37{,}178 + j\,907{,}478 - 63{,}208 - j\,829{,}906 = -26{,}03 + j\,77{,}572 \ |A|$$



Sl. 7. Raspodjela struja kada su otpori poprečnih grana povratnog puta struje različiti od nule

$$\bar{I}_6^s = j\,1\,000 - 37{,}178 - j\,907{,}478 = \\ = -\,37{,}178 + j\,92{,}522\ |A|$$

$$\bar{I}_1^z = -\,96{,}823 + j\,290{,}456\ |A|$$

$$\bar{I}_2^z = -\,96{,}823 + j\,290{,}456 + 0{,}171 - j\,3{,}099 = \\ = -\,96{,}652 + j\,287{,}357\ |A|$$

$$\bar{I}_3^z = -\,96{,}652 + j\,287{,}357 + 5{,}423 - j\,20{,}494 = \\ = -\,91{,}229 + j\,266{,}863\ |A|$$

$$\bar{I}_4^z = -\,91{,}229 + j\,266{,}863 + 10{,}717 - j\,38{,}766 = \\ = -\,80{,}512 + j\,228{,}097\ |A|$$

$$\bar{I}_5^z = -\,80{,}512 + j\,228{,}097 + 17{,}304 - j\,58{,}003 = \\ = -\,63{,}208 + j\,170{,}094\ |A|$$

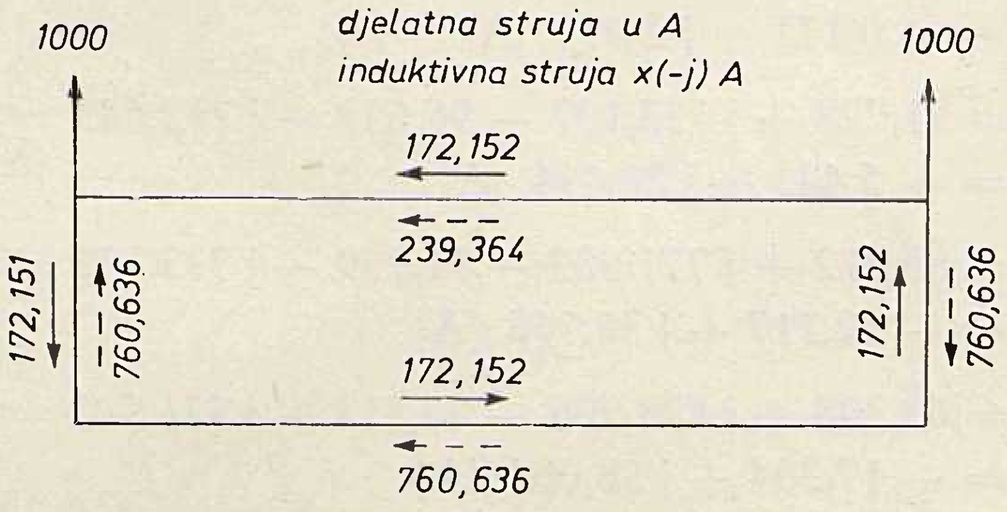
$$\bar{I}_6^z = -\,63{,}208 + j\,170{,}094 + 26{,}03 - j\,77{,}572 = \\ = -\,37{,}178 + j\,92{,}522\ |A|$$

Rezultati su uneseni u povratni put struje na slici 7.

Ako računamo po relacijama (10) i (11), tj. ako ne uzimamo u račun otpor uzemljenja stanice i stupova, dobit ćemo raspodjelu prema slici 8.

$$\bar{Z}^{pa} = (0{,}015 + j\,0{,}099)\,6 = 0{,}090 + j\,0{,}594\ |\Omega|$$

$$\bar{Z}^{pp} = (0{,}237 + j\,0{,}243)\,6 = 1{,}422 + j\,1{,}458\ |\Omega|$$



Sl. 8. Raspodjela struja kada je beskonačno malen otpor uzemljenja pogođenog stupa i uzemljenja stanice, a uzemljenja ostalih stupova ne postoje (——— = djelatna struja u A, — — — = induktivna struja x(—j) A)

$$\bar{I}^p = \frac{-\,\bar{Z}^{pa}\,\bar{I}^a}{\bar{Z}^{pp}} = -\,\frac{(0{,}09 + j\,0{,}594)\,(-\,j\,1\,000)}{1{,}422 + j\,1{,}458} = \\ = -\,172{,}152 + j\,239{,}364\ |A|$$

$$\bar{I}^z = -\,(-\,j\,1\,000 - 172{,}152 + j\,239{,}264) = \\ = 172{,}152 + j\,760{,}636\ |A|$$

4. ZAKLJUČAK

Trostruka nulta komponenta struje, čija se raspodjela ovdje razrađuje kao slijedeći korak analize, dobivena je računom kratkog spoja, u kojemu se otpori uzemljenja stupova i stanice ne uzimaju u obzir. Ta činjenica ne utječe bitno na rezultat računa raspodjele, jer se u oba računa uzimaju u obzir isti međuinduktivni utjecaji vodiča međusobno i međuutjecaji vodiča i zemlje.

Raspodjela trostruke nulte komponente struje u svjetlu promatranja iz ovog članka zanimljiva je sa stanovišta:

a) strujnog opterećenja zaštitnog užeta,

b) doprinosa uzemljenja dalekovodnih stupova uzemljenju postrojenja,

c) napona koraka i dodira.

Jednostavni primjer, koji je ovdje obrađen, pokazuje koliko mogu biti netočni rezultati proračuna ako se model problema previše pojednostavni.

Priloženi dijagram toka samo je jedna karika u stvaranju općeg modela proračuna za ostraživanje ove problematike.

DISTRIBUTION OF THREEFOLD ZERO COMPONENT CURRENT THROUGH GROUND, GROUND ROPE AND GROUNDING

In this article a method for calculation of returning way threefold zero component current overloading in protection rope, contribution of Transmission lines pillar grouding to plant and step voltage and touch voltage. Flow diagram for radial line wih one ground rope are added.

Naslov pisca:
prof. dr Marija O ž e g o v i ć, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet, Split

Energija God. 29 (1980) br. 5—6, 191—206.

PLINSKOMOTORNA TOPLINSKA PUMPA S KOMPRESOROM

Zlatko M i l a n o v i ć, Zagreb

UDK 621.577

U članku se obrazlaže princip rada toplinskih pumpi uz poseban osvrt na razvoj i prednosti toplinskih pumpi na pogon plinskim i dzel motorima. Navedeni su primjeri uspješno izvedenih rješenja opskrbe većih individualnih potrošača topline pomoću toplinskih pumpi s plinskim i dizel-motorima.

I. UVOD

Ponovno u čitavom svijetu postaje veoma aktualna primjena toplinskih pumpi koje se još nazivaju dizalice topline. Danas se u stručnim energetskim časopisima sve češće analiziraju mogućnosti upotrebe toplinskih pumpi. Donedavno u Evropi na istraživanjima i razvoju pumpi topline nije se radilo kontinuirano i programski. Tek zadnjih nekoliko godina počela su brojna, svestrana i skupa istraživanja koja u pravilu financiraju direktno državni programi. Ipak, praktična primjena dizalica topline, pogotovo u tehnički naprednim zemljama, već danas nije mala. U SR Njemačkoj danas npr. uspješno radi oko 5 000 uređaja s toplinskim pumpama.

Sam pojam toplinske pumpe nije star, Međutim, princip rada toplinske pumpe, koja osigurava prijenos toplinske energije s nižeg temperaturnog nivoa na viši star je gotovo 120 godina. U osnovnom principu rada ne postoje razlike između rashladnih strojeva i pumpi topline. Razlika postoji u funkcionalnom djelovanju:

— rashladni strojevi primarno osiguravaju prì nižoj temperaturi izvlačenje što veće količine topline iz nekog volumena;

— toplinske pumpe primarno osiguravaju pri višim temperaturama odavanje što veće količine topline u neki volumen.

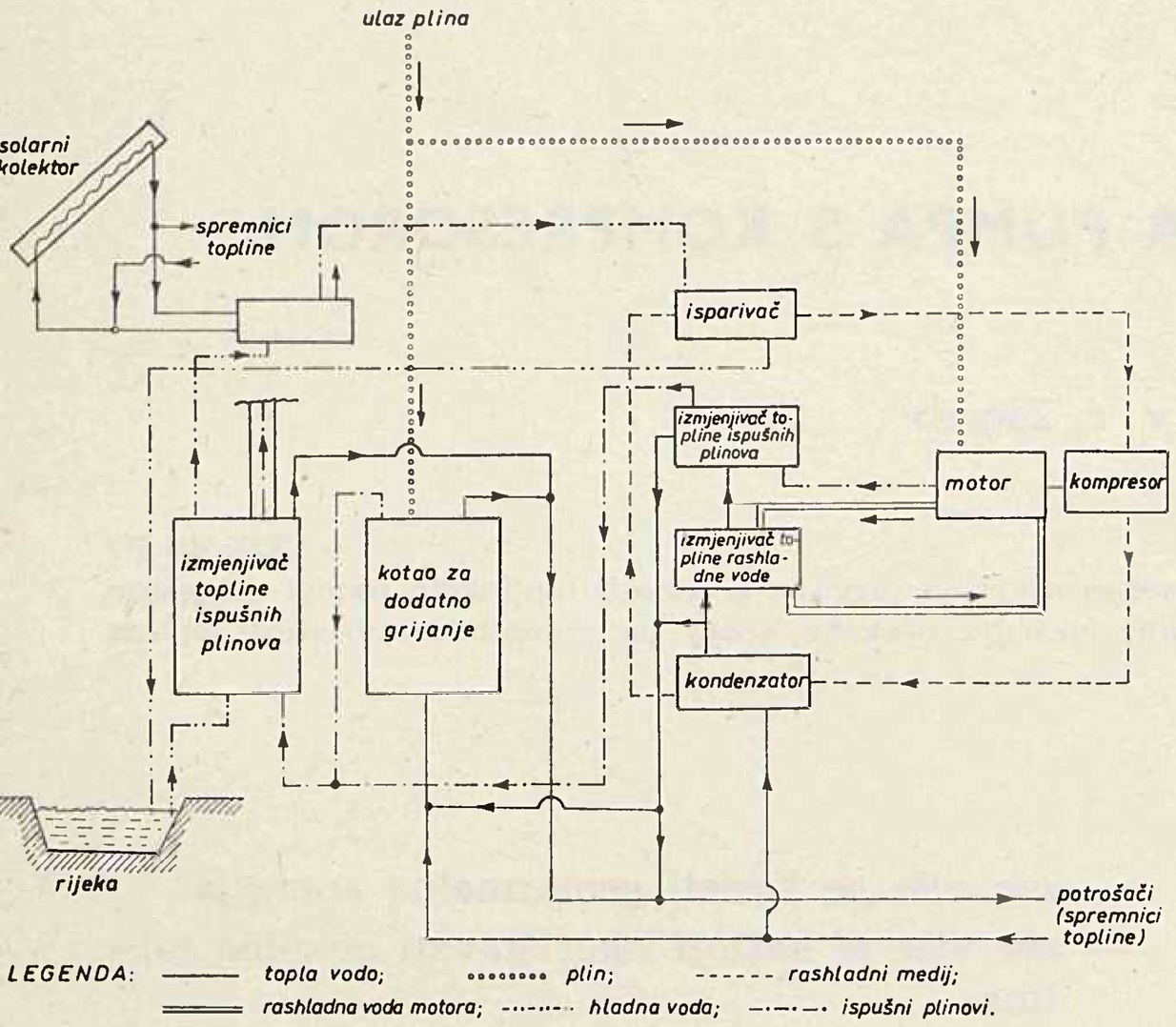
Rashladni strojevi u razvoju nisu imali nikakve konkurentne alternative. Zato je njihov razvoj bio kontinuiran i uspješan. Dizalice topline, međutim, imale su konkurenciju u brojnim postupcima zagrijavanja. U pravilu, ako postoje dovoljne količine jeftinog fosilnog goriva, toplinska pumpa nema gotovo nikakve šanse. Stoga je razumljivo zašto su od 1973. godine tehničari ponovno počeli intenzivno istraživati mogućnosti pumpe topline. Danas su dizalice topline posebno aktualne jer:

— je svakim danom sve veća nestašica nafte i plina
— sve više se prelazi s fosilnih na nuklearna goriva
— sve više se koristi solarna energija
— sve više se koristi geotermalna energija
— sve više se nastoji iskorištavati otpadna toplina
— i u relativnom iznosu energija sve više vrijedi
— razvila se proizvodnja jeftinih i sigurnih rashladnih strojeva, koji se uz određene preinake mogu koristiti uspješno i kao toplinske pumpe.

Pojam »toplinske pumpe« prvi put se pojavio 1920. godine u članku G. Flügela u Njemačkoj (Wärmepumpe), odnosno u članku F. Krausa u SAD 1921. godine (heat pump). Praktična primjena toplinske pumpe počela je tridesetih godina u SAD i Švicarskoj. Godine 1931. u Los Angelesu izvedeno je grijanje zgrade od 11 050 m² toplinskim pumpama. U SAD izvedeno je još 17 sličnih uređaja. Proizvođači su bili: York, General Electric, Westinghouse, Carrier, Frgidaire i Sturtevant.

Krajem tridesetih godina Njemačka je obustavila isporuku ugljena Švicarskoj. Švicarski inženjeri tada su bili prisiljeni praktično primijeniti pumpu topline, koja sigurno omogućava najbolje iskorištenje električne energije. Tako je 1938. godine proradilo grijanje vijećnice u Zürichu, koje je kasnije postalo školski primjer za korištenje toplinske pumpe. Do 1945. godine u Švicarskoj je izvedeno još desetak ovakvih uređaja. Glavni nosioc razvoja bio je SULZER ESCHER WYSS GmbH.

U toku rata primjena toplinskih pumpa prilagodila se i ratnim potrebama, npr. za destilaciju pitke vode, za grijanje podmornica i za proizvodnju vode na podmornicama. Nakon drugog svjetskog rata razvoj i primjena pumpi topline zaostaju, iako su postojali razni pojedinačni pokušaji za njihovu masovniju primjenu. Tek nakon 1950. godine u SAD toplinske pumpe postaju aktualne. Te godine u SAD je bilo oko 600 uređaja s dizalicama topline. Revolucija u primjeni nastala je 1951. godine, kada je General Electric počeo s proizvodnjom uređaja koji je mogao i grijati i hladiti. Na taj način toplinska se pumpa zimi koristila za grijanje, a ljeti za hlađenje prostorija. Godine 1960.



Sl. 1. Shema grijanja u kombinaciji solarnog kolektora, plinske toplinske pumpe i plinskog kotla (shema je pojednostavnjena)

u SAD bilo je već 118 000 uređaja, a 1963. godine čak 300 000.

U razvoju toplinske pumpe do sedamdesetih godina isključivo se radilo s elektromotornim toplinskim pumpama. Međutim, sa sve većom energetskom krizom počelo se još više pažnje posvećivati energetskim utrošcima. Tako je započeo uspješan razvoj plinskomotornih i dizelmotornih toplinskih pumpi.

U nastavku dan je prikaz zanimljivog istraživačkog projekta optimalnog grijanja jednog školskog i sportskog centra (slika 1). Poticaj i djelomično osiguranje financijskih sredstava dalo je ministarstvo za razvoj SR Njemačke. Ukupna potrebna snaga iznosi 770 kW. Istraživanje je pokazalo da je najoptimalnije rješenje kombinacija sunčevih kolektora, plinskomotorne kompresorske toplinske pumpe i vršnog plinskog kotla (koji se koristi pri vanjskim temperaturama zraka ispod — 2°C).

Usporedni odnosi troškova ispitivanih sistema grijanja za odabrani školski i sportski centar u Altenkunstadtu jesu:

TROŠKOVI	Toplinska pumpa		Plinski kotao
	plinskomotorna	elektromotorna	
za investicije	100%	130%	55%
za energiju	100%	120%	250%
za održavanje	100%	70%	35%

Kao izvor toplinske energije za plinskomotornu toplinsku pumpu koristi se rijeka. Prednosti tog izvora topline u odnosu na zrak na promatranom primjeru jesu:

— gotovo uvijek temperatura rijeke je iznad 0°C,

— potpuno je dovoljna količina vode za zadovoljavanje energetskih potreba centra,

— nešto viši investicijski troškovi izjednačuju se s nužno potrebnom većom pogonskom energijom za toplinsku pumpu zrak/voda.

Uređaj prikazan na slici 1. opremljen je sa 3 plinskomotorna pumpna agregata. Svaki agregat sastoji se od plinskog motora, kompresora, isparivača, kondenzatora, izmjenjivača topline ispuha i izmjenjivača topline rashladne vode i ulja. Cijeli uređaj izvela je tvrtka »August Schneider GmbH« iz Kulmbacha.

Cijelo istraživanje dobilo je pozitivnu ocjenu i predložena je gradnja 50 sličnih uređaja. Kao jedan nedostatak ovog rješenja istaknuto je da je plinskomotorna pumpa topline ipak tehnička novost u odnosu na nekoliko tisuća izvedenih elektromotornih toplinskih pumpi. Zato je u izgradnji ovog uređaja u Altonkunstadtu kompletnu tehničku pomoć dao isporučioc plina Ruhrgas AG.

Upravo problem »tehničke novosti« danas direktno najviše onemogućuje masovniju primjenu plinskonastavnih i dizelmotornih dizalica topline.

S druge strane, tek masovnije korištenje i time masovnija proizvodnja toplinskih pumpi s motorom unutarnjeg izgaranja osigurat će snižavanje cijene i povećanje kvalitete. Ipak, energetske i ekonomske prednosti daju posebno veliku prednost u daljnjem proširenju plinskomotornih i dizelmotornih pumpi.

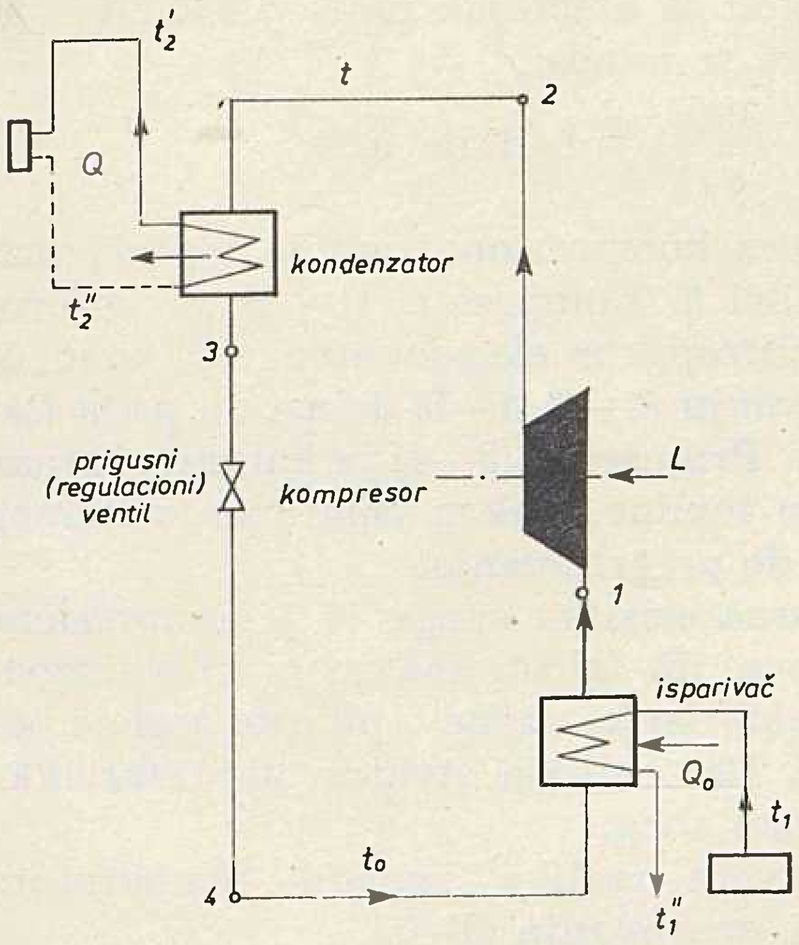
II. OSNOVNI PRINCIPI RADA TOPLINSKE PUMPE S KOMPRESOROM

Već je u uvodu istaknuto da je princip rada toplinske pumpe gotovo isti kao kod rashladnog stroja. Na slici 2. shematski je pojednostavljeni prikaz toplotne pumpe s kompresorom. Radni medij ili primarni medij, koji cirkulira u zatvorenom kružnom toku, mora zadovoljiti slične zahtjeve kao radni medij u kružnom rashladnom procesu s kompresorom. Danas se kod kompresorskih toplinskih pumpi kao radni medij koriste razni freoni (F-22, F-12, F-502, F-114, F-12B1, F-11, F-21, F-318) i rjeđe amonijak.

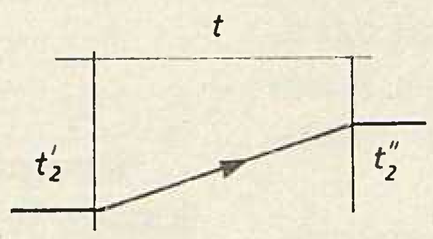
Osnovni djelovi radnog procesa toplinske pumpe s kompresorom, prikazani na slikama 2, 3. i 4, jesu:

1—2. pomoću iskorištenog rada (L) kompresor usisava radni medij u obliku gotovo suhe pare, te se uz pregrijavanje pare povisuje tlak,

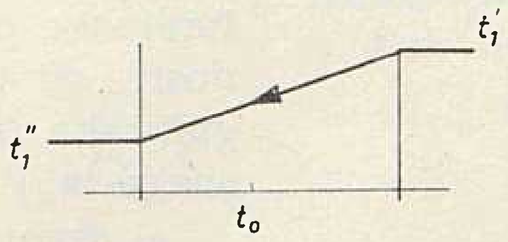
2—3. tlačnim vodom pare radnog medija struje od kompresora u hlađeni izmjenjivač topline — kondenzator; odvođenjem dovoljne količine topline (takozvane topline kondenzacije) u kondenzatoru teče ukap-

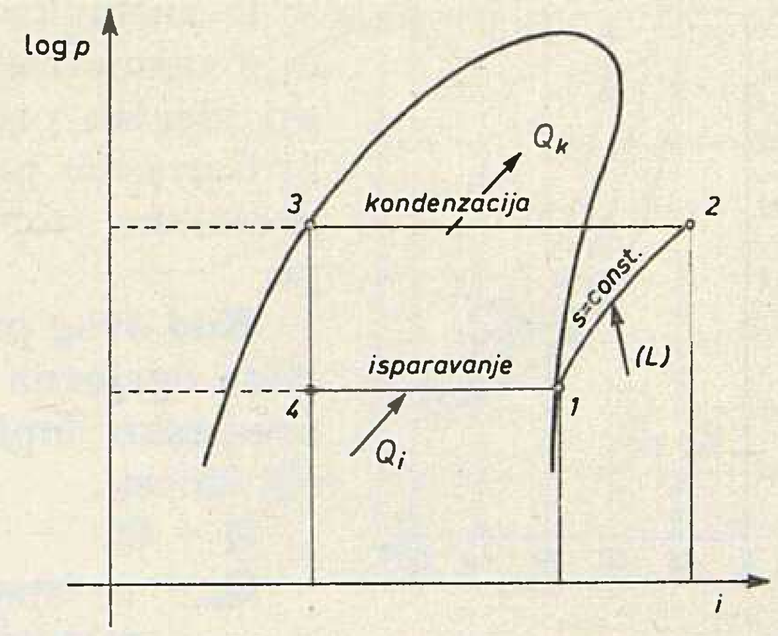


Sl. 2. Princip rada kompresorske toplinske pumpe

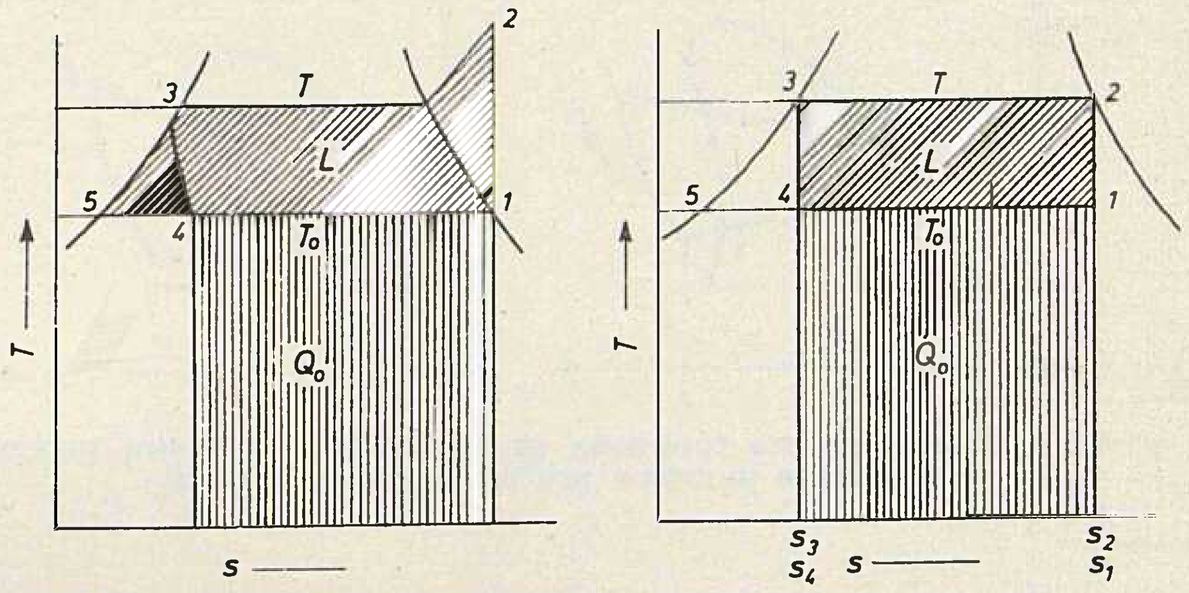


t_o = temperatura isparavanja
t = temperatura kondenzacije





Sl. 3. »lg p-i« dijagram idealnog kružnog procesa toplinske pumpe s kompresorom



Sl. 4. Kružni proces toplinske pumpe bez gubitaka (lijevo) i Carnot-ov kružni proces toplinske pumpe

ljivanje radnog medija uz temperaturu kondenzacije (t, T); ovo je korisni dio procesa,

3—4. iz kondenzatora radni medij u tekućem stanju struji pod visokim pritiskom do regulacionog (prigušnog) ventila. Na ventilu se postiže regulacija, potrebno prigušivanje i raspršivanje.

4—1. U drugom izmjenjivaču topline (isparivaču) djeluje usisno sniženje tlaka kompresora. Tekućina radnog medija prisilno isparava u potpunoj količini ako se osigura dovođenje potrebne količine toplinske energije. Zato se mora osigurati oduzimanje potrebne količine topline iz okoline isparivača.

Za osiguranje kontinuiranog radnog procesa toplinske pumpe s kompresorom bitno je:

— pravilnim hlađenjem kondenzatora osigurati potpuno odvođenje oslobođene topline kondenzacije iz kondenzatora,

— osigurati dovođenje potrebne količine topline isparavanja na isparivaču.

Iz slike 2. vidi se da je uvijek temperatura kondenzacije (t) viša od izlazne temperature rashladnog medija kondenzatora (t_2''), a da je temperatura isparavanja (t_0) uvijek niža od izlazne temperature medija koji se koristi kao izvor toplinske energije. To konkretno znači da se čitav proces toplinske pumpe s kompresorom odvija između temperature kondenzacije i temperature isparavanja.

Kao izvor toplinske energije za osiguranje potpunog isparavanja kod toplinskih pumpi može se koristiti bunarska voda, razne površinske vode (rijeke, potoci, jezera), otpadne vode, zemlja, zrak, energija Sunca i posebno razne potrebe hlađenja. Upravo to veliko bogatstvo besplatnih i gotovo nepresušnih izvora toplinske energije danas pruža velike mogućnosti za dalnju uspješnu primjenu toplinskih pumpi. U ovom tekstu ne mogu se detaljnije analizirati podobnosti pojedinih izvora topline. Načelno se može konstatirati da se ovisno o uvjetima primjene svaki od izvornih medija može koristiti i da se koristi. U osnovnom pristupu nije nužno nikada odbaciti bilo koji mogući izvor topline, bez obzira koliki su mu načelni nedostaci.

Na slici 3. prikazan je u »log p-i« dijagramu idealni proces kompresorske toplinske pumpe kod kojega razlikujemo slijedeće promjene stanja:

1—2 kompresija uz konstantnu entropiju;

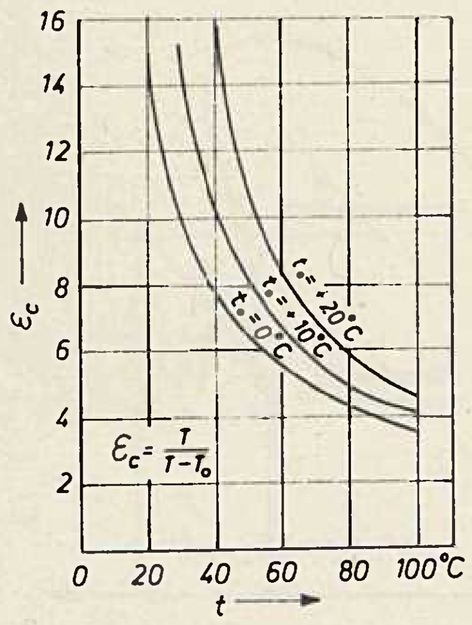
2—3 izobarno i izotermno odavanje topline kroz kondenzator;

3—4 prigušivanje uz konstantnu entalpiju;

4—1 izobarno i izotermno dovođenje topline preko isparivača.

Kod idealnog procesa konačna temperatura nakon kompresije viša je od temperature kondenzacije (T), što se lakše uočava na slici 4.

Na slici 4. u »T-s« dijagramu prikazan je idealan kružni proces toplinske pumpe s kompresorom u usporedbi s teoretskim Carnotovim kružnim procesom. Kodo šrafirana površina (L) predstavlja toplinski ekvivalent potrebnog rada kompresora. Sa slike se uočava da u odnosu na teoretski idealni proces stvarni idealni proces zahtijeva znatno više rada kompresora.



Sl. 5. Dijagram karakteristike snage Carnot-ovog procesa toplinske pumpe

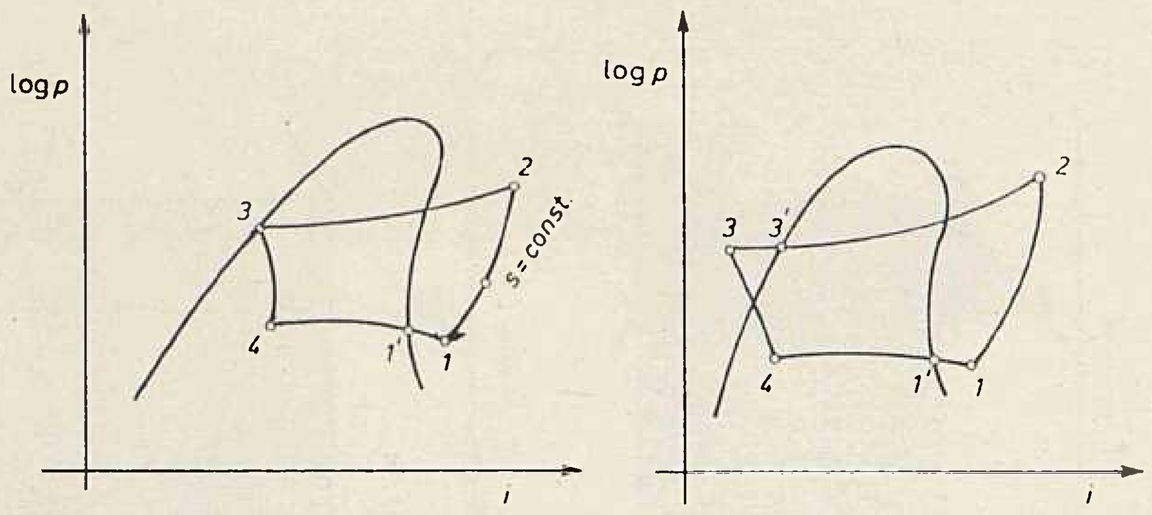
U nastavku nešto detaljnije razmatrat će se teoretski idealan proces, takozvani Carnotov proces za kompresorsku toplinsku pumpu.

Kod ovog procesa oslobođena ogrjevna toplina kompresorske toplinske pumpe (Q) iznosi:

$Q = Q_0 +$ (prema sl. 4)

Q_0 = u isparivaču preuzeta količina topline,

L = upotrijebljen rad u kompresoru.



Sl. 6. Realni proces toplinske pumpe (lijevo) i realni proces toplinske pumpe s prethlađivanjem (desno)

Iz ove jednakosti odmah se uočava osnovna energetska prednost toplinske pumpe. Ako promatramo elektrootporno grijanje, 1 kWh električne energije direktno daje 1 kWh, odnosno 860 kcal topline. Kod toplinske pumpe dobivamo za 1 kWh električne energije $Q = Q_0 + 1$ kWh toplinske energije! Upravo iz ove jednostavne računice najlakše se uočava opravdanost »trošenja« električne energije pomoću toplinske pumpe za grijanje.

Termodinamička iskoristivost toplinske pumpe karakterizira se karakteristikom snage (e):

$$e = \frac{Q}{L}.$$

Prema slici 4. karakteristika snage za Carnotov proces (e_c) izvodi se:

$$Q = T(s_2 - s_3); \quad L = (T - T_0)\,(s_2 - s_3);$$

$$e_C = \frac{Q}{L} = \frac{T(s_2 - s_3}{(T - T_0)\,(s_2 - s_3)} = \frac{T}{T - T_0}$$

$$e_C = \frac{T}{T - T_0} = \frac{1}{1 - T_0/T}$$

Teoretski pumpa topline ima bolju karakteristiku snage, tj. bolju termodinamičku iskoristivost što je manja razlika između temperature kondenzacije (T) i isparavanja (T_0).

Karakteristika snage za pumpu topline bez gubitaka (e_{bg}), čiji je »T-s« dijagram na slici 4, može biti znatno manja zbog potrebnog većeg rada kompresora.

Prema Lingeu za amonijak uz $t_0 = 0°C$ i $t = 20$ do 60°C, postiže se odnos:

$$\frac{e_{bg}}{e_c} = 0{,}81 \text{ do } 0{,}93.$$

Realni proces kompresione pumpe topline prikazan je na slici 6. Kompresija (1—2) teče s promijenjenim politropskim eksponentom. Pri kondenzaciji i isparavanju (2—3, 4—1) dolazi do pada tlaka zbog trenja. Prigušenje (3—4) je karakterizirano i oduzimanjem topline. Nakon isparavanja radnog medija dolazi do pregrijavanja.

Stvarna karakteristika snage (e_{st}) kompresione toplinske pumpe, na žalost, znatno je niže vrijednosti i od karakteristike snage toplinske pumpe bez gubitaka (e_{bg}). Do sniženja stvarne karakteristike snage (e_{st}) dolazi zbog:

— stvarno veće razlike između temperatura kondenzacije i isparavanja ($T-T_0$),

— neadijabatske kompresije (karakterizira se sη_i),

— mehaničkih »gubitaka« energije na kompresoru i pogonskom motoru, koji se ne mogu iskoristiti u isporuci topline (karakteriziraju se sa η_m)

— potrebne snage za razne pomoćne strojeve.

Osim tih četiriju faktora, koji direktno smanjuju stvarnu karakteristiku snage, na nju djeluju još i veličina i izvedba toplinske pumpe, vrsta radnog medija, odabrani izvor topline i izvedba izmjenjivača topline. Prema iskustvu izvedenih postrojenja vrijedi:

$e_{st} = 0{,}4$ do 07 e_c

0,4 — za pumpe topline manje snage (oko 50 000 kcal/h)

0,7 — za pumpe topline velike snage (oko 3 Gcal/h).

III. OSNOVNI PRINCIPI RADA PLINSKOMOTORNIH I DIZELMOTORNIH PUMPI TOPLINE

Kao što je u uvodnom dijelu istaknuto, u posljednje vrijeme sve više se govori o plinskomotornim ili dizelmotornom pogonu kompresione pumpe topline. Ovo je jedan novi decentralizirani način proizvodnje toplinske energije koji omogućuje direktno korištenje primarne energije. Time prvenstveno otpadaju transportni »gubici« toplinske energije.

Kroz ograničen stupanj djelovanja toplana na ugljen, mazut ili nuklearno gorivo, te kroz izgubljenu energiju u transportu od centralnog mjesta proizvodnje topline do mjesta potrošnje može se izgubiti čak do 70% primarne energije.

Godine 1970. u Utrechtu (Nizozemska) prvi put je upotrijebljen plinski motor za pogon rashladnog stroja jednog klizališta. Veoma brzo tehničari su uočili i počeli koristiti prednosti plinskomotornog pogona. Za razliku od elektromotornih pumpi topline, plinsko i dizelmotorne pumpe topline prvenstveno omogućuju zagrijavanje sredstva za grijanje i na niske tmperature (40 do 50°C) i na visoke temperature (70 do 85°C).

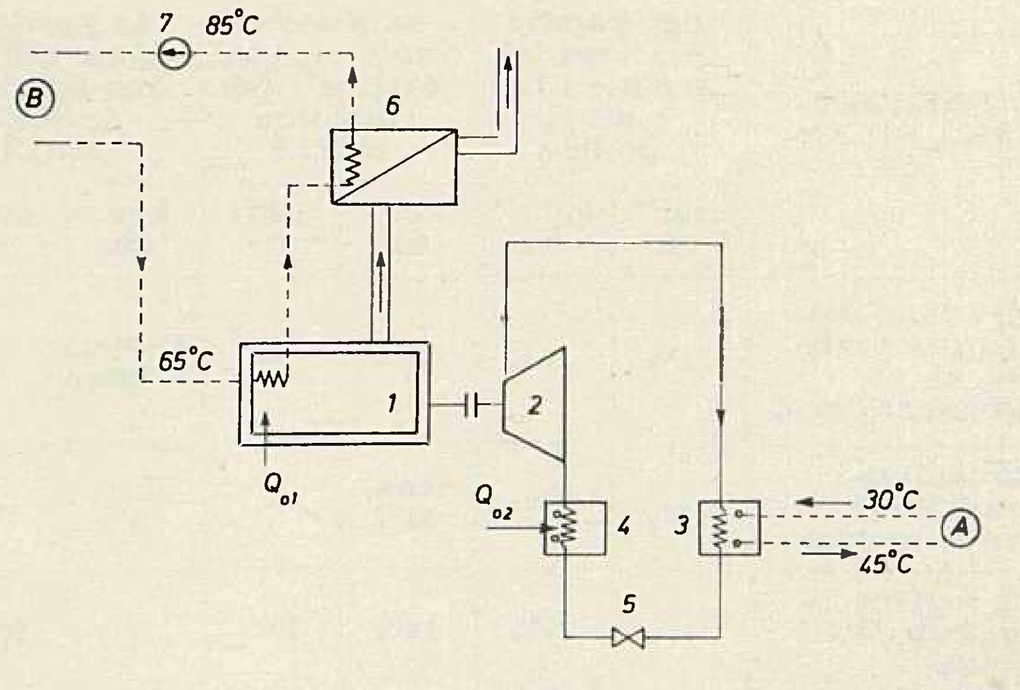
Na slici 7. je shematski prikaz rada plinsko motorne toplinske pumpe. Pogonska energija klipnog plinskog motora (1) je zemni plin. Motor se opremа startnom automatikom, ograničavačem broja okretaja i regulatorom broja okretaja. Regulacija snage motora osigurava se takozvanom kvalitetnom regulacijom, tj. promjenom dovodne količine plinskog goriva. Takva regulacija znatno poboljšava iskorištenje goriva. Regulacija dovodne količine plina postiže se regulacionim magnetskim ventilom koji kontinuirano radi između minimalnog i maksimalnog položaja. Osnovna regulaciona veličina je temperatura medija za grijanje u spremnicima topline niske i visoke temperature.

Kompresiona toplinska pumpa radi prema detaljno opisanom sistemu rada. Na kondenzatoru se oslobađa toplina niskog temperaturnog nivoa, koja se, primjerice, može koristiti za sisteme podnog grijanja. Krug visoke temperature (B) koristi otpadnu toplinu plinskog motora i ispušnih plinova. Povratna temperatura medija za grijanje je 55 do 65°C, a polazna u sistem grijanja 70 do 85°C. To je dovoljno za radijatorski sistem zagrijavanja. U izmjenjivaču topline ispušni plinovi motora ohlade se sa 650°C na 105°C (kod dizel-motora do 180°C). Treba uvijek nastojati da izlazna temperatura ispušnih plinova bude što niža. Međutim, zbog mogućnosti nastajanja niskotemperaturne korozije na izmjenjivaču izlazna temperatura ispušnih plinova ne smije biti preniska.

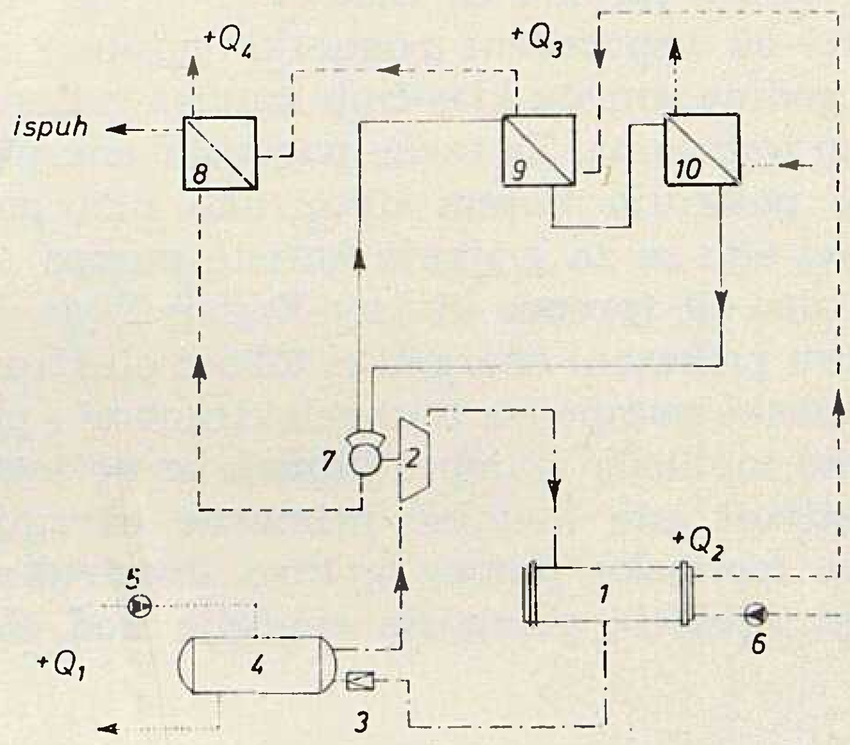
Izvedba plinskomotorne pumpe topline prikazana na slici 7. omogućuje proizvodnju toplinske energije s dva različita temperaturna nivoa. Međutim, prema slici 8. moguće je izvesti plinskomotornu toplinsku pumpu sa samo jednim krugom zagrijavanja, tj. proizvoditi toplinu s jednim nivoom temperature.

Medij grijanja najprije se zagrijava u kondenzatoru (1) i preuzima toplinu oslobođenu kondenzacijom. Iz kondenzatora medij grijanja prelazi u izmjenjivač topline rashladne vode plinskog motora (9). Konačno zagrijavanje ostvaruje se ispušnim plinovima u izmjenjivaču topline (8).

Oba sistema zagrijavanja plinsko motorne pumpe topline imaju svoje prednosti i nedostatke. Ovisno o konkretnim potrebama koristit će se ili sistem s jednim ili sistem s dva temperaturna nivoa toplinske energije grijanja.



Sl. 7. Plinski klipni motor i toplinska pumpa: 1 — plinski klipni motor; 2 — kompresor; 3 — kondenzator; 4 — isparivač; 5 — prigušni ventil; 6 — izmjenjivač topline ispušnih plinova; Q_{01} — dovod primarne energije zemnog plina u plinski klipni motor; Q_{02} — toplina oduzeta izvoru (zemlja, rijeka, zrak ili rashladna komora) u sparivaču; A — krujanja vodom niske temperature (40° — 50° C); B — krug grijanja vodom visoke temparature (70° — 85° C).



Sl. 8. Plinskomotorna toplotna pumpa s jednim krugom zagrijavanja; 1 — kondenzator, 2 — kompresor, 3 — regulacioni ventil, 4 — isparivač (hlađenje vode), 5 — pumpa za isparivač, 6 — pumpa za hlađenje kondenzatora, 7 — plinski pogonski motor, 8 — izmjenjivač topline zagrijavan ispuhom, 9 — izmjenjivač topline zagrijavan rashladnom vodom plinskog motora, 10 — dodatni hladnjak rashladne vode motora.

IV. ENERGETSKA BILANCA PLINSKOMOTORNE (DIZELMOTORNE) TOPLINSKE PUMPE

Svakako veoma pozitivna energetska bilanca plinskomotorne toplinske pumpe njezina je danas najveća prednost. Već u uvodnom dijelu je istaknuto da se elektromotorna pumpa koristi sa 20% više energije, a plinski kotao za grijanje čak sa 2,5 puta više nego plinskomotorna pumpa topline. U tablici na str. 196 prikazana je energetska bilanca klipnomotorne toplinske pumpe s karakteristikom snage 4:

Dakle, ako se ne koristi otpadna toplina i ako se ne koristi toplinska pumpa, čak 69% primarne iskorištene energije gubi se izgaranjem u motoru. Iskorištenje otpadne topline procesa izgaranja može iznositi čak 54%, a 15% ostaju gubici koji se ne mogu ili ne isplate iskoristiti. Ako se uz iskorištenje otpadne topline uključi i pumpa topline, ukupno se može koristiti čak 178% od korištene količine primarne energije. Odnos između korisne energije plinskomotorne pumpe topline (178%) plinskog kotla (85%) jest 178/85 = 2,09 u korist toplinske pumpe. To praktično znači da toplinska pumpa za istu proizvodnju toplinske energije iskoristi svega 47,85% od primarne energije koju potroši uobičajeni plinski kotao.

U ovom proračunu nije uključena potreba za energijom pomoćnih uređaja toplinske pumpe (ventilatori, pumpe i sl.).

ENERGETSKA BILANCA	bez korištenja otpadne topline i bez toplotne pumpe		sa korištenjem otpadne topline i bez toplotne pumpe		sa korištenjem otpaddne topline i sa toplotnom pumpom	
	kor.* en.	gub.** en.	kor. en.	gub. en.	kor. en.	gub. en.
1) odana snaga (na vratilu, tj. na kondenzatoru)	31%	—	31%	—	4×31% = 124%	
2) toplina rashladne vode motora	—	33%	max. 33%	—	max. 33%	—
3) toplina ispušnih plinova	—	29%	19%	10%	19%	10%
4) toplina iz ulja motora	—	2%	2%	—	2%	—
5) toplina isijavanja	—	5%	—	5%	—	5%
UKUPNO	31%	69%	85%	15%	178%	15%

* Korisna energija — ** Gubici energije

Na slici 9 (prema G. Baneru iz firme »Awak«) grafički su uspoređeni pogonski troškovi u toku jedne godine između klasičnih sistema grijanja toplinskim pumpama. Za razne pogonske energije uvijek se pokazuju barem dvostruko niži pogonski troškovi ako se za grijanje koriste pumpe topline.

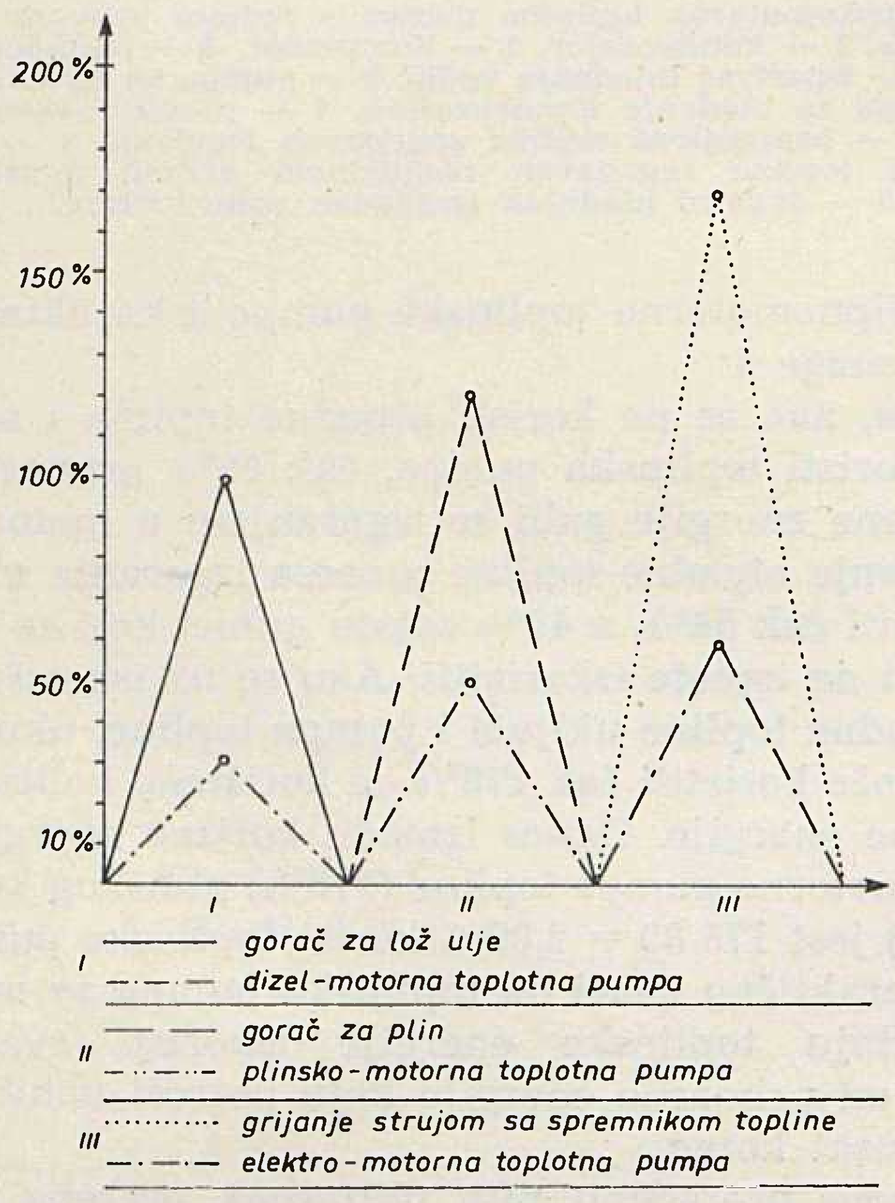
Na slici 10. (prema »Sulzer Escher Wyss«) usporedno su prikazani energetski tokovi elektromotorne toplinske pumpe (sa termoelektranom) i plinskomotorne toplinske pumpe. Odmah se uočava da je iskoristivost iste količine primarne energije kod plinske toplinske pumpe gotovo dvostruko veća. Ukupni »gubici« primarne energije kod električnog pogona iznose čak 73%, a kod pogona plinskim motorom svega 14%.

Na slici 11. još jednom je prikazana usporedba elektromotorne i plinskomotorne pumpe topline. Kao promjenljiva veličina ovdje je odabrana karakteristika snage toplinske pumpe. Uočava se velika pogodnost plinskomotornog pogona u području karakteristike snage između 3 i 5. Električna toplinska pumpa s karakteristikama snage ispod 3 ne donosi gotovo nikakvu uštedu primarne energije u odnosu na konvencionalni kotao za grijanje. Kod vrlo visokih karakteristika snage, koje su vrlo rijetke, plinskomotorna toplinska pumpa gubi prednost u odnosu na onu s električnim pogonom. To je uzrokovano slabijim stupnjem djelovanja plinskog motora u usporedbi s elektromotorom.

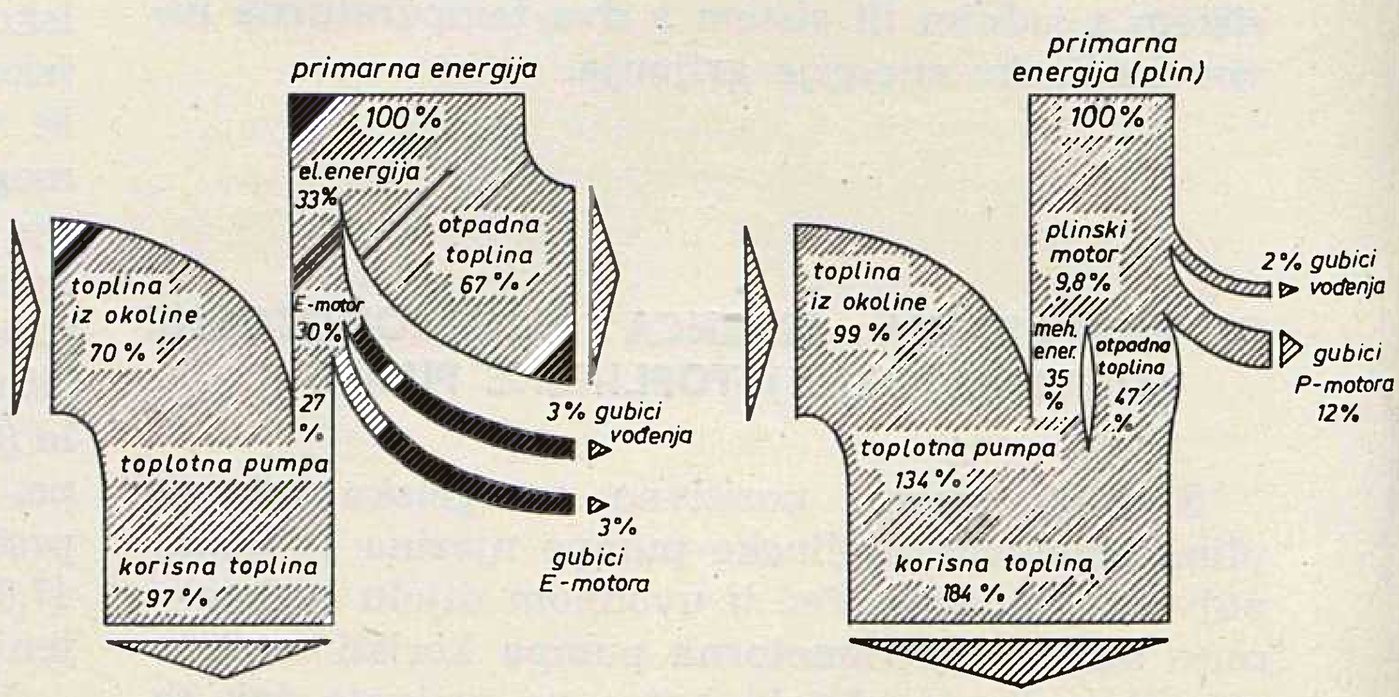
Iz ovih teoretskih energetskih analiza više su nego očite velike prednosti plinskomotornih i dizelmotornih pumpi topline. One danas omogućuju najbolje iskorištavanje vrijedne primarne energije. Zato ne iznenađuje što su u doba energetske krize jedno od tehnički najpogodnijih rješenja. Upravo zbog energetskih prednosti vlade nekih zemalja dozvolile su daljnju upotrebu loživih ulja u dizelmotornim toplinskim pumpama.

V. OSNOVNE KARAKTERISTIKE I NEDOSTACI PLINSKOMOTORNIH I DIZELMOTORNIH TOPLINSKIH PUMPI U PRAKTIČNOJ IZVEDBI

U praktičnoj primjeni plinskomotorne i dizelmotorne pumpe topline danas su ipak velika tehnička novost. To je i jedan od najvažnijih razloga što se već nisu počele upotrebljavati. Zato proizvođači ovih pumpi danas nastoje za agregatiranje redovito upotrebljavati već potpuno ispitane i razvijene plinske i dizel ili pinsko-dizel motore. Također koriste se u rashladnoj tehnici ispitani i usavršeni kompresori. Uz neznatne modifikacije na taj način se dobiva plinskomotorna ili dizelmotorna kompresiona toplinska pumpa koja će sigurno i kontinuirano raditi. Za tako izvedene agregate osigu-



Sl. 9. Grafički prikaz postotnih odnosa pogonskih troškova tokom godine (bazne cijene: loživog ulja 3,50 d/1; zemni plin 0,32 d/kW; električna energija 0,90 d/kW)



Sl. 10. Usporedba elektromotorne i plinskomotorne toplinske pumpe: energetski tok elektromotorne toplinske pumpe (lijevo) i energetski tok plinskomotorne toplinske pumpe (desno).

rani su rezervni dijelovi i servisna služba. Budući da se koriste tipski modeli i motora i kompresora, lako se mogu mijenjati i kompletne cjeline.

Pogonski motori u pravilu su robusni i sigurni. Za motore male snage 10 do 600 kW radni vijek je 20 000 do 40 000 sati, a za sporohodne motore velike snage radni vijek je i 60 000 sati, uz generalni remont na 30 000 sati. To je veoma dugi radni vijek, koji potpuno zadovoljava. Ipak ovakav motorni pogon zahtijeva posebno redovno održavanje i to svakih 1 000 pogonskih sati mali servis (izmjena ulja i prečistača, zatezanje remena i sl.) a svakih 5 000 sati veliki servis (redovno podešavanje ventila i sl.) Za radove održavanja mora se osigurati stručan rad.

Upravo veći troškovi i potreba za stručnijim održavanjem još je jedan nedostatak plinskomotornih i dizelmotorne toplotne pumpe.

U investicionim troškovima također plinskomotorne i posebno dizelmotorne toplinske pumpe znatno su skuplje i od elektromotorne toplinske pumpe i naročito od klasičnog sistema grijanja s kotlom.

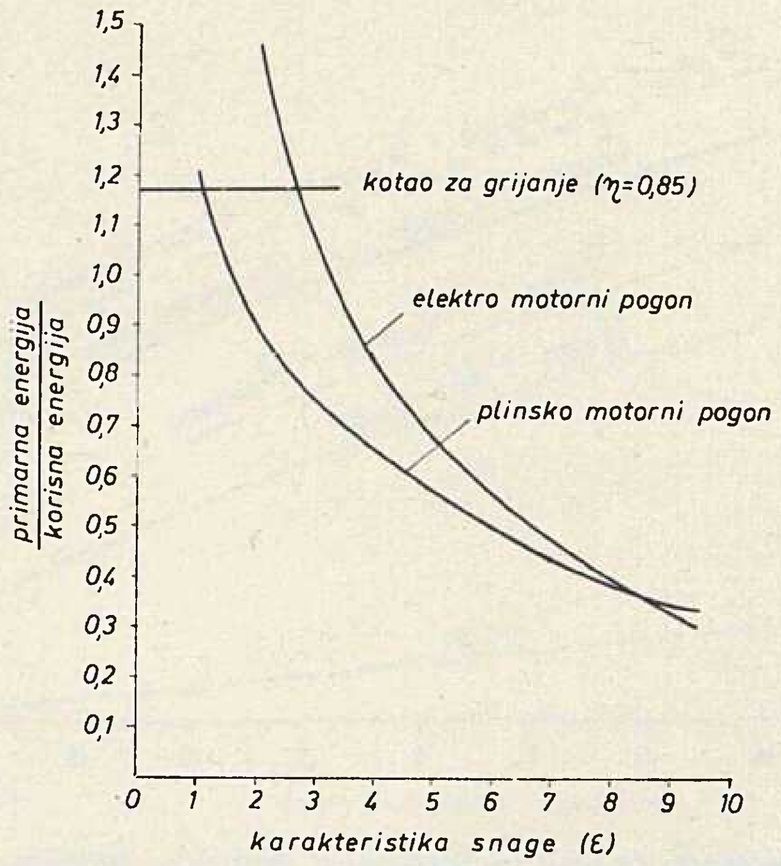
Na slici 12. uspoređeni su investicioni troškovi za tri vrste pogona kompresione toplinske pumpe male snage (oko 20 kW). Usporedbu je dala firma »AWAK GmbH« iz SR Njemačke, koja proizvodi toplinske pumpe. Interesantno je istaknuti da je ova usporedba dala za elektromotornu toplinsku pumpu nešto drukčiji podatak nego istraživanje sistema grijanja u Altenkunstadtu (slika 1). Načelno možemo konstatirati da je u investicionim troškovima grijanje toplinskom pumpom gotovo dvostruko skuplje nego klasični sistem s kotlom.

Slijedeći problem plinskomotornih i dizelmotornih pumpi topline jest buka (oko 100 dB). Danas, u vrijeme sve većih nepovoljnih utjecaja na naš život, problem buke ne smije biti zapostavljen. Proizvođači manjih toplinskih pumpi s motorima unutarnjeg izgaranja ističu da su ovakvi agregati u samom zaštitnom ormaru već tako dobro zvučno izolirani da se mogu bez dodatnih prigušivača buke ugraditi u podrume stambenih objekata. Kod motora toplinskih pumpi velike snage (nekoliko stotina i tisuća kWh), međutim, problem buke zahtijeva stručan i dosljedan pristup. Buka nastaje i na usisnoj i na tlačnoj strani, ali i samim radom motora. U istraživanjima izolacije protiv buke znatno se napredovalo. Danas se garantiraju takve kvalitete izolacije protiv buke koje omogućuju postavljanje čak i spavaće sobe s druge strane prostorije gdje rade motori s unutarnjim izgaranjem. Cijena ovako kvalitetnih zvučnih izolacija iznosi svega nekoliko postotaka ukupnih investicionih troškova samog sistema. Treba zato uvijek nastojati da se kod primjene plinskih i dizel-motora ugradi najbolja zvučna izolacija.

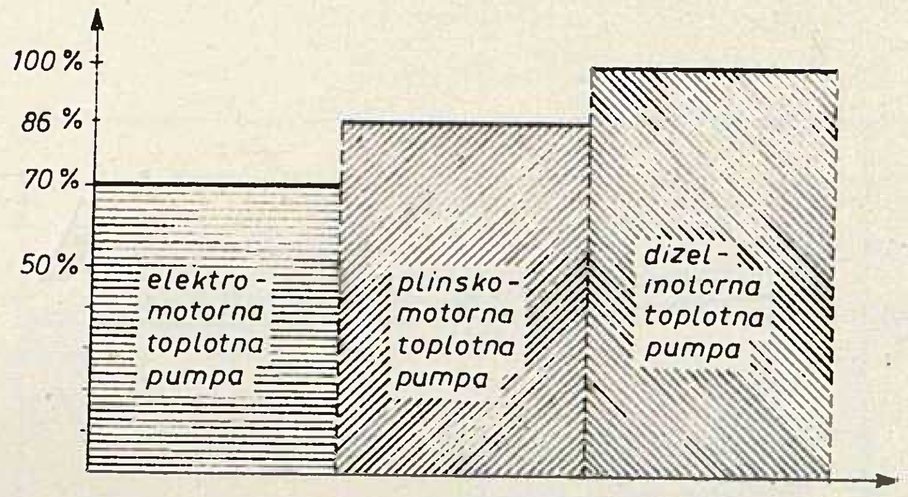
Na kraju istaknimo i problem točnog proračunskog defniranja potrošača topline visoke i potrošača niske temperature, koji su vezani na isti sistem plinskomotornih ili dizelmotornih toplinskih pumpi. Pošto se proračunski maksimalno točno utvrde potrebe za toplinskom energijom, nužno je pravilno odabrati tip, veličinu i načine regulacije plinskomotorne i dizelmotorne toplinske pumpe. Međutim, upravo to balansiranje trenutnih potreba potrošača i kapaciteta toplinske pumpe s plinskim ili dizel-motorom veoma je težak i složen zadatak. Često je bez nekih dodatnih rješenja nemoguće izbalansirati potrebe i proizvodnju topline niskog i visokog temperaturnog nivoa. U nastavku će se razmotriti jedan konkretan primjer.

Na slici 13. dijagramski je prikazana potreba za toplinskom energijom jednog sportskog centra sa 4 gimnastičke dvorane i plivalištem od 50 m. Iz dijagrama se uočava da nije posebno velika razlika u potrebi za toplinom u ovisnosti o vanjskim temperaturama. Pri —15°C vanjske temperature ukupno je potrebno oko 3,3 Gcal/h, pri 0°C potrebno je oko 2,9 Gcal/h, a pri + 20°C još uvijek je ukupna potreba oko 2,0 Gcal/h. Tako uravnotežena ukupna potreba za toplinom uvijek je posebno pogodna za primjenu toplinskih pumpi. Stoga su razni školski i sportski centri s nizom različitih toplinskih potrošača najpogodniji za korištenje toplinskih pumpi.

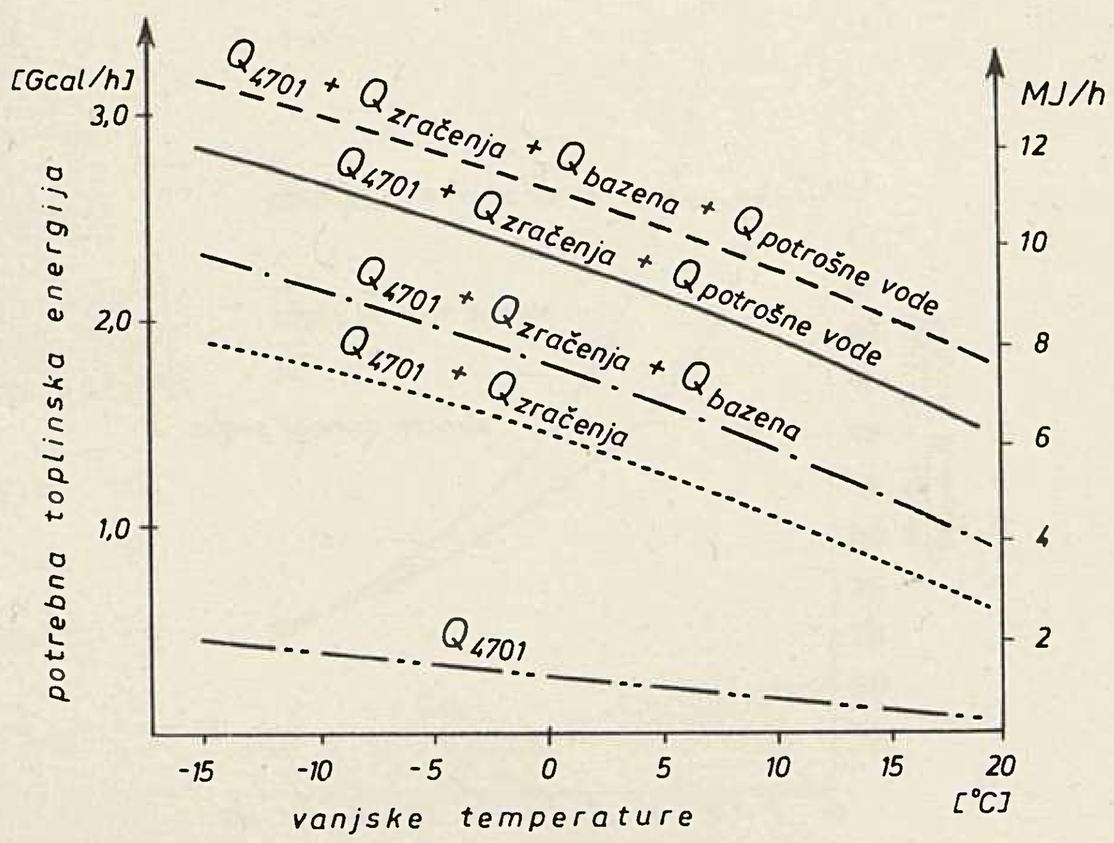
Međutim, osnovne poteškoće kod balansiranja potrošnje i proizvodnje topline toplinskom pumpom nastaju pri razradi potrošača topline. U procesu rada plinskomotorna i dizelmotorna toplinska pumpa ostvaruje pozitivne energetske efekte samo



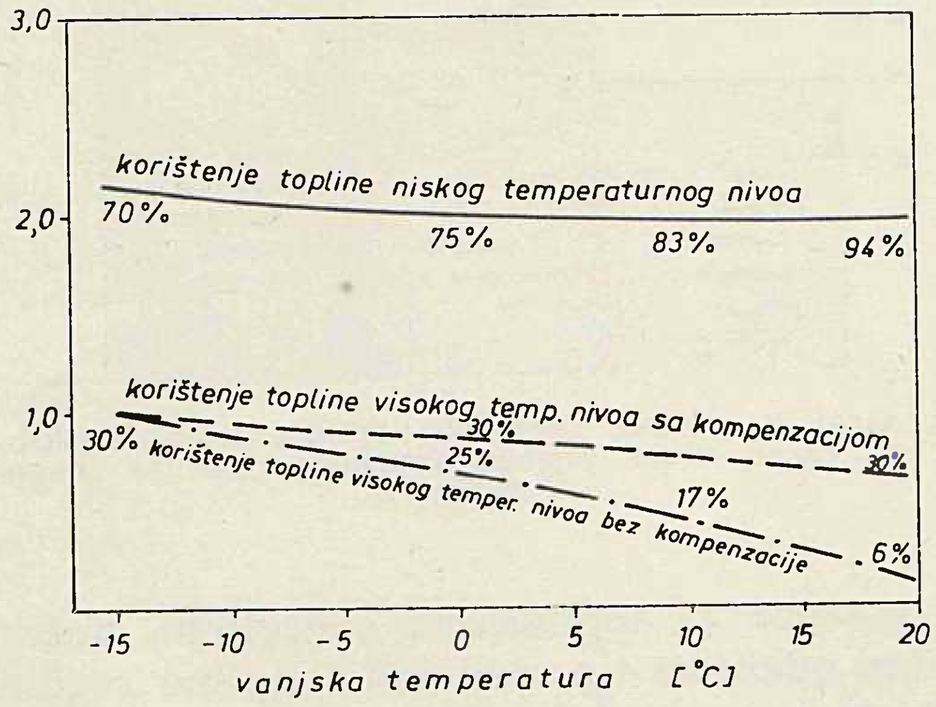
Sl. 11. Usporedba toplinske pumpe ovisno o karakteristikama snage (prema O. Heiburgu Dortmunder Stadtverke AG)



Sl. 12. Grafički prikaz postotnih odnosa investicijskih troškova za razne vrste pogona toplinske pumpe snage oko 20 kW



Sl. 13. Dijagram potrebne toplinske energije jednog plivališta i sportske dvorane ovisno o vanjskoj temperaturi: Q4701 — potrebna toplina prema DIN 4701; Qzr. — potrebna toplina za zračenje; Qb.v. — potrebna toplina za grijanje vode bazena; Qp.v. — potrebna toplina za grijanje potrošne vode.



Sl. 14. Dijagram korištenja topline niskog i visokog temperaturnog nivoa (vezano uza Sl. 13.)

pri potpunom iskorištenju i toplini niskog i toplini visokog temperaturnog nivoa. Međutim, potrebe potrošača znatno su drukčije za toplinom niskog i visokog temperaturnog nivoa u ovisnosti o vanjskoj temperaturi.

Na slici 14. prikazana je strukturna potreba za toplinskom energijom za isti sportski centar, čija je ukupna potreba za toplinom prikazana na slici 13. U pravilu, korisnici topline visokog temperaturnog nivoa jesu radijatorsko grijanje i zagrijači zraka, a korisnici topline niske temperature jesu podno grijanje, predzagrijači dodatnog zraka, zagrijači potrošne vode i zagrijači bazenske vode. Sa slike se uočava da je znatna razlika u potrošnji pri niskim i visokim temperaturama. Porastom vanjskih temperatura mnogo brže pada potreba za toplinskom energijom visokog temperaturnog nivoa nego potreba za toplinom niskog temperaturnog nivoa. Tako, na primjer, pri — 15°C potreba za toplinom niske temperature iznosi 70%, a za toplinom visoke temperature 30% (odnos 2,33), dok pri + 20°C treba topline niske temperature 94%, a visoke temperature samo 6% (odnos 15,67).

Za postizanje uravnoteženog ukupnog rada toplinske pumpe, neovisno o vanjskoj temperaturi, nužno je u sistem proizvodnje topline visokog temperaturnog nivoa uključiti dodatni međuzagrijač. S međuzagrijačem omogućena je pomoću topline visoke temperature dodatna proizvodnja topline niske temperature. Ugradnjom međuzagrijača (kompenzatora) postiže se, neovisno o vanjskim temperaturama, konstantan odnos 70% : 30% između korištenja topline niskog i visokog temperaturnog nivoa. Posebno dobri rezultati u pogledu ekonomičnosti i kontinuiranosti rada postižu se ugradnjom spremnika topline u sistem rada toplinskih pumpi.

Ugradnjom spremnika topline i međuzagrijača ostvaruje se gotovo puna univerzalnost primjene toplinskih pumpi za decentraliziranu proizvodnju toplinske energije. Na kraju razmatranja nedostataka plinsko motornih pumpi navest će se i konkretan primjer energetske uštede. (prema »HLH 27/76)« dipl. ing. Ulrich Fox). Uz snagu od 3,5 MW i godišnje ostvarenje 2 000 h, plinskomotorna pumpa topline uštedi čak 464 000 m^3_N plina u odnosu na plinski kotlovski uređaj! To je svakako znatna i energetska i ekonomska ušteda.

U praktičnoj primjeni kompresionih pumpi topline danas se redovito susrećemo s pogodnošću korištenja suvremenih rashladnih kompresora za sistem toplinske pumpe. Mišljenja stručnjaka su tu donekle podijeljena. Načelno se mogu rashladni kompresori uz neke preinake iskoristiti kao toplinske pumpe, pogotovo ako se radi s nižim temperaturama kondenzicije (oko 45°C).

Znatni problemi u korištenju rashladnih kompresora nastaju kada se od dizalice topline zahtijevaju znatno više temperature kondenzacije (oko 70°C). Zato se očekuje da će se s razvojem primjene toplinskih pumpi uskoro na tržištu pojaviti sasvim nove konstrukcije kompresora, koji će biti specijalno namijenjen za rad u sistemu dizalice topline.

VI. KONKRETNI PRIMJERI PRIMJENE PLINSKOMOTORNE I DIZELMOTORNE KOMPRESIONE TOPLINSKE PUMPE

Na slici 1. prikazan je veoma uspješan i poučan primjer korištenja plinskomotorne pumpe topline. Veoma velika elastičnost, te energetska i ekonomska pogodnost toplinske pumpe omogućuju sve širu i masovniju primjenu. Danas u čitavom svijetu uspješno radi niz probnih i usvojenih ovakvih uređaja decentralizirane proizvodnje topline. Usprkos veoma intenzivnom razvoju, još uvijek sve mogućnosti plinskomotorne i dizelmotorne toplinske pumpe nisu ispitane.

Na slici 15. prikazana je termodinamički veoma interesantna kombinacija dizel motorne kompresione toplotne pumpe i absorpcione toplotne pumpe.

Prije detaljnije razrade ove kombinacije prikazana je energetska usporedba plinskog kotla, kom-

presione elektromotorne toplinske pumpe, kompresione plinskomotorne (dizel-motorne) toplinske pumpe i apsorpcione toplinske pumpe s direktnim izgaranjem goriva:

Energija	Plinski kotao	Kompresiona toplinska pumpa		Apsorpciona toplinska pumpa (e = 1,55)
		elektromotorna (e = 3,4)	plinskomotorna (e = 3,8)	
Primarna energja	100%	100% (centrala)	100%	100% (gorač)
Toplina iz okoline	—	67%	84%	46%
Ukupni gubici	16%	72%	16%	16%
Korisna energija	84%	95%	168%	130%

(Prema »Dizalice topline« F. Bilić)

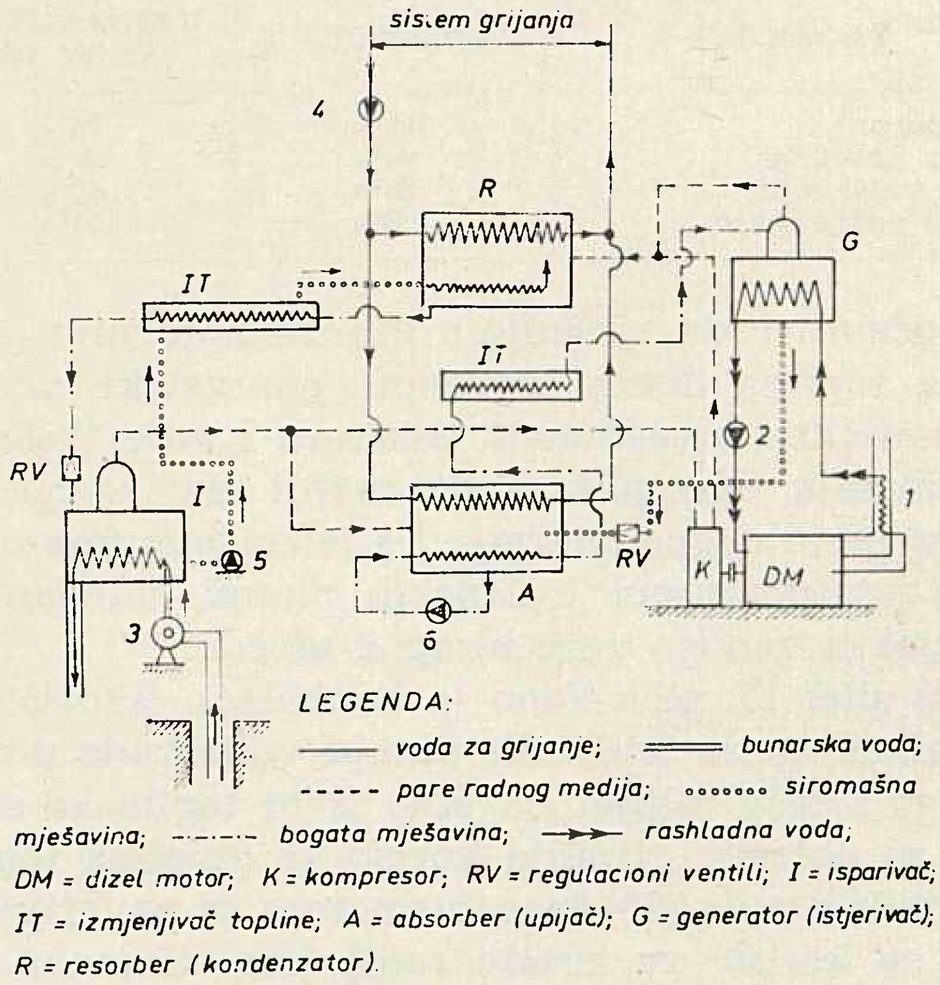
Uočava se da najviše korisne energije daju plinsko motorna i absorpciona toplinska pumpa. Na slici 15. prikazana kombinacija tih dvaju načina proizvodnje topline direktno objedinjuje. Apsorpcioni proces zasniva se na principu ishlapljivanja uz pomoć dodatne topline. Toplina se mora dovoditi u generator. U generatoru (G) bogata mješavina, koja dolazi preko izmjenjivača topline (IT) iz apsorbera, uz zagrijavanje ishlapljuje. Dakle, kod apsorpcionog stroja mehanička kompresija zamijenjena je toplinskom kompresijom.

Iz slike je vidljivo da se pogonska toplinska energija za apsorpcionu toplinsku pumpu dobiva korištenjem otpadne topline dizel-motora. Pomoću kruga rashladne vode i pumpe (2) otpadne topline dizel-motora prenosi se do generatora. Pri tome se može iskoristiti 85 do 90% otpadne topline za zagrijavanje.

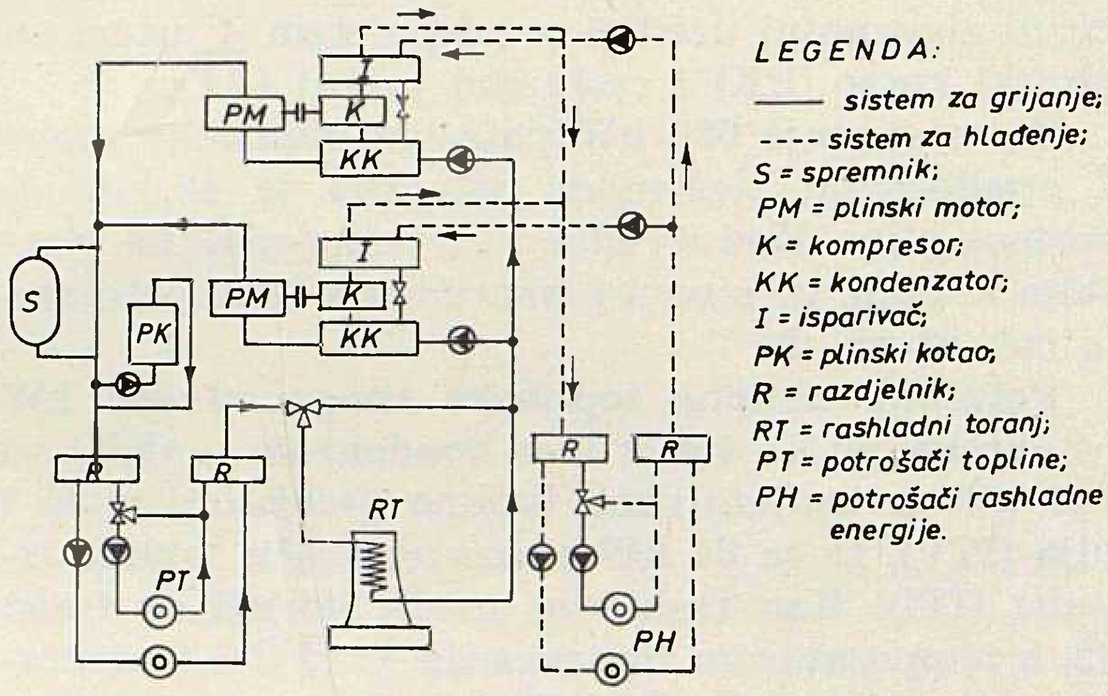
Na slici 16. prikazano je korištenje plinskomotorne pumpe topline s kompresorom za istovremenu proizvodnju ogrjevne topline i rashladne energije. U sistem rada uključeni su još i spremnik toplinske energije i dodatni plinski kotao. Prikazano rješenje pokazalo se kao najpovoljnije od ukupno 5 ispitanih varijanti za opskrbljivanje jedne upravne zgrade (»Gaswärme international 8/78«). Toplinska potreba odabrane upravne zgrade je 950 kW, a rashladna potreba 700 kW. Na raspolaganju kao primarna energija bio je zemni plin. U početku su odabrane ove varijante:

1) — plinski kotao i klipni rashladni stroj (u odvojenim sistemima),
2) — plinski kotao i apsorpcioni rashladni stroj,
3) — plinski kotao i turborashladni stroj,
4) — plinskomotorna pumpa topline,
5) — plinskomotorna pumpa topline s dodatnim vršnim plinskim kotlom i spremnikom topline.

U prvim razmatranjima odmah su varijante 2, 3. i 4. odbačene. Istraživanja su nastavljena u usporednom razmatranju varijante 1. i 5. Kod varijante 1. za proizvodnju toplinske energije odabrana su dva plinska kotla, svaki s kapacitetom 60% ukupnih potreba (ukupno oba pokrivaju 120% potreba). Za proizvodnju rashladne energije odabrana su 2 klipna kompresora s elektromotorima i s rashladnim tornjevima. Kapacitet svakog kompresora iznosi 50% ukupne rashladne potrebe.



Sl. 15. Dizel-motorna kompresiona toplinska pumpa u kombinaciji s apsorpconom toplinskom pumpom



Sl. 16. Plinskomotorne kompresorske toplinske pumpe s istovremenim rashladnim iskorištenjem

Varijanta 5, prikazana na slici 16, sastoji se od dve plinskomotorne toplinske pumpe koje istovremeno pokrivaju 2 × 37% potreba za ogrjevnom toplinskom energijom i 2 × 57% potreba za rashladnom energijom. Vršni plinski kotao ima kapacitet oko 40% ukupne potrebe za energijom grijanja:

— plinski otto-motori 2 × 115 kW,
— toplinska pumpa, proizvodnja topline 2 × 345 kW,
— toplinska pumpa, proizvodnja rashladne energije 2 × 355 kW,
— plinski vršni kotao 375 kW.

Nakon promatranog usporednog korištenja ove 2 varijante u toku cijele godine dobiveni su ovi rezultati:

TROŠKOVI	VARIJANTA 1	VARIJANTA 5 (slika 16)
— ukupni	100%	95%
— za energiju	54%	26%
— investicioni	38%	57%
— za održavanje	8%	12%

Uočava se da rješenje s plinskomotornim pumpama topline donosi ogromne energetske uštede, uz povećane investicione troškove i veće troškove održavanja. Ukupni troškovi manji su za svega 5%. S porastom cijena energije i s jeftinijom (masovnijom) proizvodnjom toplinskih pumpi, varijanta 5 donijet će mnogo veće ukupne uštede.

Na slici 17. prikazano je konkretno iskorištenje plinskomotorne toplinske pumpe voda/voda u tvornici za izradu radijatora. Kao izvor toplinske energije za potrebe grijanja koristi se otpadna toplina rashladne vode (60) transformatora za zavarivanje, koji se koriste za izradu radijatora. U ovom primjeru, koji je izveo poznati proizvođač toplinskih pumpi SULZER ESCHER WYSS, toplinska pumpa također se istovremeno koristi i za proizvodnju toplinske i za proizvodnju rashladne energije. Kao nužni sigurnosni uređaji u ovaj sistem ključeni su plinski kotao (PK) i rashladni toranj (RT).

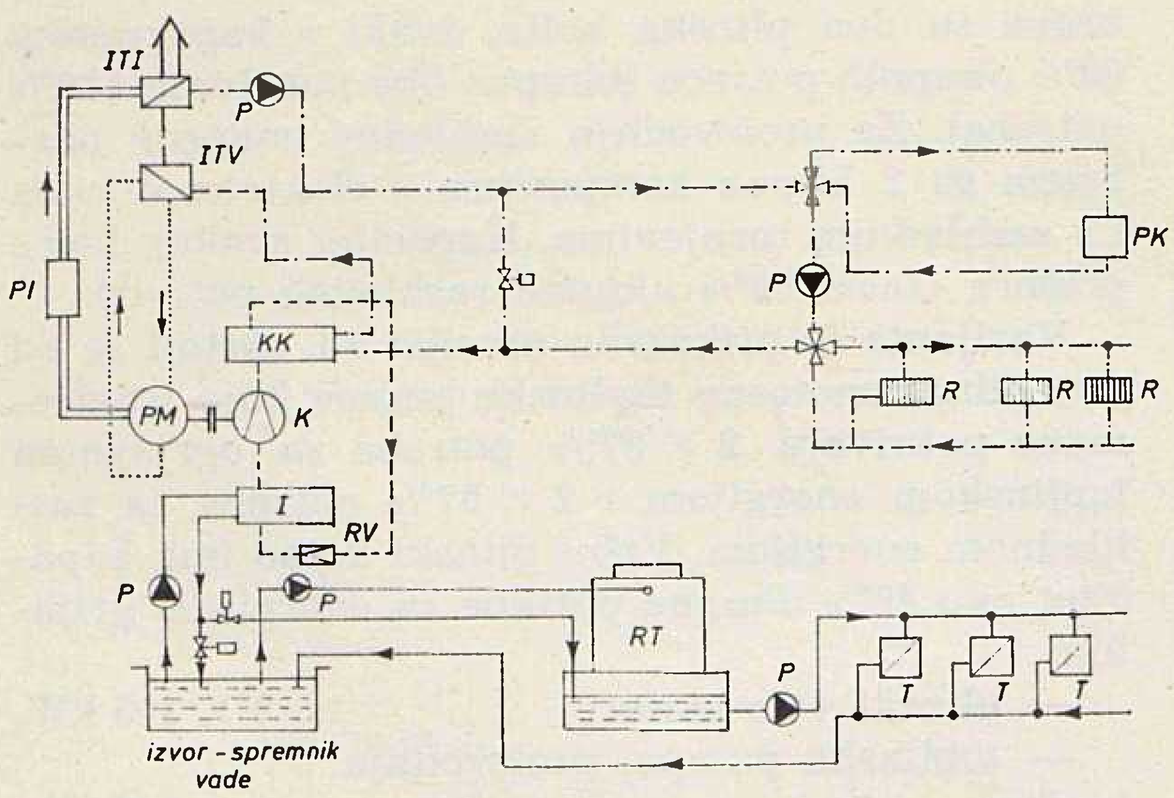
Za osiguranje 680 kW potrebne toplinske snage s predloženim rješenjem potrebno je 42,5 m^3_N/h zemnog plina. Kod izvedbe s konvencionalnim plinskim kotlom, uz stupanj iskorištenja 0,80, potrebno je čak 93 m^3_N/h.

Potrebna ukupna toplinska snaga od 680 kW ostvarena je: sa 456 kW u kondenzatoru (KK) sa 140 kW u izmjenjivaču topline rashladne vode i ulja (ITV), te sa 84 kW u izmjenjivaču topline ispuha (ITI). Kao rashladni medij koristi se freon 12, s temperaturom isparavanja + 12°C i temperaturom kondenzacije 60°C. Plinski Otto četverotaktni motor sa 6 cilindara ima nazivnu snagu 127 kW i broj okretaja 1750 min^{-1}. Kroz isparivač (I) prolazi 97 m^3/h rashladne vode, koja se ohladi sa 20° na 17°C. Kroz kondenzator struji 140 m^3/h vode za grijanje, koja se zagrijava na 56,2°C. Kroz izmjenjivač topline rashladne vode i ulja struji oko 30 m^3/h vode za grijanje s izlaznom temperaturom 60,2°C. Kroz izmjenjivač topline ispuha (izrađen iz legiranog čelika) prolazi također oko 30 m^3/h, ali uz izlaznu temperaturu 62,6°C. Temperatura ispuha nakon izmjenjivača jest 120°C.

Temperatura vode za grijanje nakon miješanja je 58°C. Za regulaciju u sistemu su predviđeni razni trostruki i četverostruki ventili, promjena broja okretaja (od 1 750 do 1 200 okretaja/min) i odizanje ventila kompresora u 4 stupnja (100/75/50/25%). Minimalna toplinska snaga iznosi 30%.

Danas susrećemo još niz primjera uspješnog korištenja plinskomotornih pumpi topline, kao na primjer: u mesnoj industriji, u proizvodnji vina i piva, kod uređaja za redukciju tlaka plina, u valjaonicama i slično. Praktično, nepregledne su razne mogućnosti korištenja ovog, energetski i ekonomski gledano, veoma povoljnog načina proizvodnje toplinske i rashladne energije.

U zaključku možemo još samo konstatirati da daljnji razvoj korištenja toplinskih pumpi sa dizel-motorom ili plinskim motorom danas ovisi najviše o projektantu.



LEGENDA:

═══ ispuh, - - - - - krug rashladnog medija, ——— krug rashladne vode; -.-.-.- krug grijanja; P = pumpa; PI = prigušivač; PM = plinski motor; PK = plinski katao; RV = regulacijski ventil; R = radijator; T = transformat za varenje; I = isparivač; K = kompresor; KK = kondenzator; RT = rashladni toranj; ITI = izmjenjivač topline ispuha; ITV = izmjenjivač topline rashladne vode.

Sl. 17. Primjena plinskomotorne toplinske pumpe u industriji za proizvodnju radijatora

LITERATURA

1. H.L.V. Cube (F. Steimle: Wärmepumpen, VDI-Verlag 1978.
2. Frane Bilić: Dzalice topline KGH 1979.
3. F. Bošnjaković: Technische Thermodynamik I. II Tei 1, Drezden 1963.
4. Reitschel / Raiss: Heiz-und Klimatechnik, Springer Verlag.
5. G. Heiburg: Wärmepumpenanlagen mit Gasmotor -Atrieb. Ki — extra 6, Verlag C.F. Müller, 1978.
6. H. Kirn / A. Hadenfeldt: Wämepumpen Verlag S. F. Müller, 1977.
7. Wisniewsky, Veith, Burke: Wärmepumpen, Verlag C.F. Müller, 1973.
8. Elektrowärme international 35, 1977.
9. Wilmers G. Rostek H. Pohle J. Tagung: Gaswärmepumpen, Deutschen Kälte — und Klimatschnische Vereins, 1977.
10. Kleine Wärmepumpen — Heizung mit Antrieb durch Verbrenungsmotoren, VDI Bereicht Nr. 287.
11. G.T. Layer, K.F. Euersbach: Rationalle Energieverwendung BWK 4/78.
12. Wasser/Wasser — Wämepumpenanlage zur Gebäudebeheizung als bivalentes Lystem mit Dieselmotor — Antrieb, SULZER ESCHER WYSS.
13. N. Gösse: Wärmepumpen in Betrieb, heute und in Zukunft BWK 30/78.
14. Axel Bringmann: Aus den Kinderschulen heraus PPI, IV/77.
15. K. Eicke: Industrie — Wärmepumpen Ki, 7—8/78.
16. G. Baner: Kleine Gas — und Dieselmotor — Wärmepumpen AWAK, GmbH.
17. Gaswärmepumpe macht Schule, Energie 8—9/79.
18. U. Fox: Die Gas-Kolbenmotor-Wärmepumpe HLM 12/76.
19. S. Heinring, C. Kolmbach, K. Stäcker: Energieeinsparung bei der Klimatisierung eines Bürogebäudes mite einer Wärmepumpe, Gaswarme international 8/78.
20. R. Flohrschütz, E. Hau, U. Wiedman: Heizwärme aus Abwasse, Energie 4179.

In the article some principles for operation of heat pumps are given with review on development and advantages of heat pumps with driving-gear gas and disel motors. Some exsemples for succesfuli made solutions for supplay great heat consumers bö the way of heat pumps with oas and disel motors driving-gears are given.

Naslov pisca:
mr Zlatko Milanović, dipl. ing.
Elektrana-Toplana, Zagreb

Energija God. 29 (1980) br. 5—6, 201—206.

PLINSKOTURBINSKA ELEKTRANA OSIJEK — IZGRADNJA I RAD

Marino B a l o g, Zagreb

UDK 621.311.2:62—62

Opisana je izgradnja plinskoturbinske elektrane Osijek s osvrtom na pripreme za izgradnju, financiranje i probleme koji su se javljali u toku same izgradnje. Dan je opis postrojenja elektrane i iznesene su mogućnosti startanja plinskoturbinskih agregata, proizvodnje električne energije, kao i korištenja raznih vrsta goriva. Na kraju je opisan rad elektrane i kvarovi od prve sinhronizacije do kraja 1979. godine (četiri godine rada), s podacima o broju startova, zastojima i pogonskoj spremnosti plinskoturbinskih agregata, te o utrošenom gorivu i proizvodnji električne energije.

IZGRADNJA ELEKTRANE

Plinskoturbinska elektrana Osijek nominalne je snage 50 MW, a ostvaruju je dva plinskoturbinska agregata »paketne« izvedbe, svaki snage po 25 MW. Jedan plinskoturbinski agregat vezan je s kotlom na otpadnu toplinu, čime je omogućeno poboljšanje stupnja djelovanja u spojnom procesu.

Izgradnja plinskoturbinske elektrine uslijedila je kao rezultat zakašnjenja u izgradnji energetskih izvora, kao i redukcija isporuke električne energije u toku 1973. godine. Manjkovi električne energije uzrokovali su velike gubitke u privredi. Procjenjuje se da su se gubici nacionalnog dohotka uzrokovani manjkom električne energije kretali oko 5,5 dinara za neisporučeni MJ električne energije. U ovakvoj situaciji bilo je nužno pokriti postojeće manjkove električne energije iz elektroenergetskih izvora koji se mogu u što kraćem roku izgraditi i pustiti u eksploataciju. Poznato je da je za izgradnju klasične termoelektrane potrebno 3 do 5 godina, za izgradnju hidroelektrane 5 do 8 godina, dok je za izgradnju nuklearne elektrane potrebno oko deset godina uključujući sve pripremne radove. Prema tadašnjim iskustvima vrijeme potrebno za izgradnju plinskoturbinske elektrane moglo se procijeniti na godinu dana. Osim toga, uzeta je u obzir činjenica da je plinskoturbinska elektrana jedno od najpovoljnijih tehničkih i ekonomskih rješenja za proizvodnju električne energije u vršnom dijelu opterećenja ili u slučajevima nepredviđenih poremećaja u elektroenergetskom sistemu.

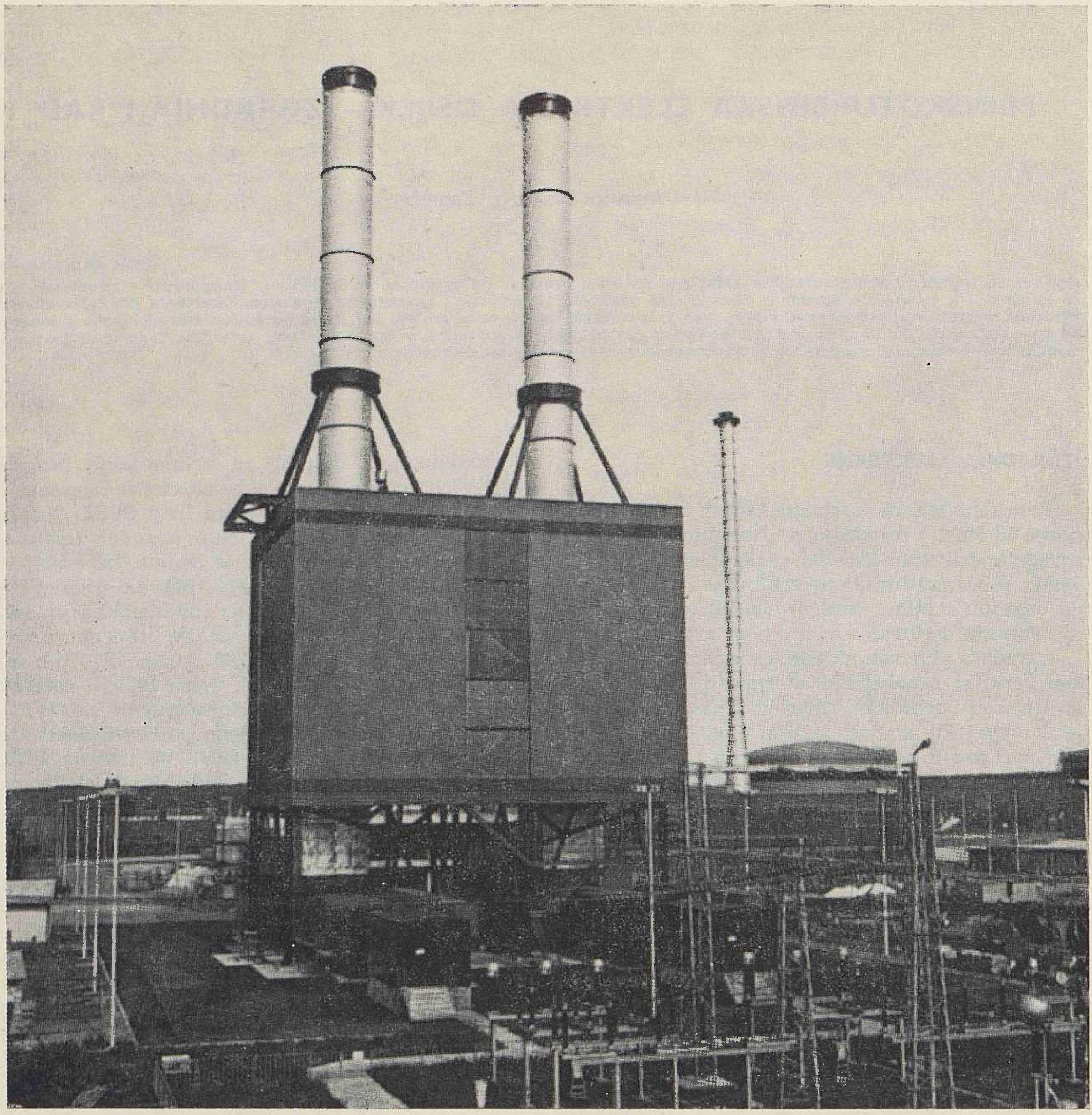
Navedene činjenice dovele su u tadašnjoj situaciji do odluke o izgradnji plinskoturbinske elektrane. Radi što brže izgradnje odlučeno je da se gradi plinskoturbinska elektrana »paketne« izvedbe. Moguće iskorištenje maksimalne snage Plinskoturbinske elektrane Osijek, ovisno o prilikama u elektroenergetskom sistemu, jest od 500 do 6 000 sati godišnje. Investicijskim programom predviđeno je za prve tri godine rada elektrane iskorištenje između 2 000 i 4 000 sati godišnje, dok je u kasnijim godinama predviđeno iskorištenje od 500 do 2 000 sati godišnje.

Međunarodni natječaj za prikupljanje ponuda za isporuku plinskoturbinske elektrane raspisan je 28. veljače 1974. u Službenom listu SFRJ. Nakon evaluacije ponuda kao najbolji ponuđač izabrana je firma »AEG — KANIS« iz Essena. Investicijski program usvojen je 27. lipnja 1974. na sjednici RS »Elektroslavonije« Osijek uz investicijsku vrijednost objekta od 249 507 000 dinara, pri čemu je vrijednost DM računata sa 6,00 dinara. Početak izgradnje predviđen je za 15. rujan 1974, a početak eksploatacije plinskoturbinskih agregata za 15. kolovoz 1975. godine. Predviđeno je da eksploatacija kompletnog postrojenja otpočne 15. travnja 1976.

Za lokaciju objekta Plinskoturbinske elektrane Osijek izabrana je istočna industrijska zona Osijeka (Zeleno polje), između željezničke pruge Osijek — Dalj i transformatorske stanice 110/35/10 kV Osijek II. U neposrednoj blizini nalazi se Pogon pomoćnih djelatnosti »Elektroslavonije« Osijek. Ta lokacija izabrana je kao najpovoljnija iz više razloga. Kao prvo, postoje sve vrste komunikacija potrebnih za izgradnju i eksploataciju elektroenergetskog objekta. U neposrednoj blizini prolaze cesta i željeznička pruga. Relativno blizu postoji nalazište zemnog plina (Beničanci — Bokšić Lug) koje je plinovodom povezano s Osijekom. Moguće je jednostavno uklapanje u elektroenergetski sistem i plasman električne energije, a u blizini je i područje toplinskog konzuma koje omogućava plasman toplinske energije iz spojnog procesa.

Ugovor sklopljen s firmom »AEG — KANIS« potpisan je 15. listopada 1974, a stupio je na snagu 19. prosinca iste godine. AEG — KANIS« se obvezao na isporuku opreme, transport, montažu i probni pogon kompletnog postrojenja Plinskoturbinske elektrane Osijek.

Time je obuhvaćen i kompletan tehnološki dio postrojenja, osim 110 kV postrojenja, javne rasvjete i uzemljenja. Ugovor je sklopljen po sistemu »ključ u ruke«, što se u toku izgradnje pokazalo kao vrlo povoljno. Montažne radove »AEG — KANIS« povjereno je »Đuri Đakoviću« koji je izveo montažu kompletnog postrojenja. Glavni projektant bio je »Elektroprojekt« Zagreb, koji je na te-



Sl. 1.

melju podloga dobivenih od »AEG — KANIS-a« izrađivao glavne projekte. Usluge stručnog konzultanta prije i za vrijeme izgradnje kao i garantna ispitivanja vršio je »Institut za elektroprivredu« Zagreb.

Sama izgradnja započela je 16. prosinca 1974, sa zakašnjenjem uzrokovanim kašnjenjem u potpisivanju ugovora. To što su se građevinski radovi počeli izvoditi u zimskom razdoblju uzrokovalo je daljnje kašnjenje u samom početku odvijanja izgradnje. U toku izgradnje investitor se susreo s nizom poteškoća. Jedan od osnovnih problema predstavljao je stalno kašnjenje i pomanjkanje investicione, tehničke i projektne dokumentacije uzrokovano uglavnom nedostatkom podloga za projektiranje koje projektant nije na vrijeme dobivao od stranog partnera. Stanovite poteškoće javljale su se i prilikom pribavljanja suglasnosti i odobrenja na projektnu dokumentaciju, kao i dobivanja dozvola za uvoz strane opreme. Carinjenje uvozne opreme također je ponekad uzrokovalo probleme. Isporuka domaće opreme ponekad je kasnila, što je također izazivalo poteškoće u postizanju planiranih rokova montaže. Određenih problema bilo je i s transportom vangabaritne opreme.

U samom početku izgradnje investitor se suočio s poteškoćama u vršenju investicijskog nadzora radi složenog odnosa: investitor — »AEG —KANIS«

Tablica 1

Investicije	Prema programu X 10^3 dinara	Stvarno utrošeno X 10^3 dinara
Oprema	39 000	109 986
Građevni radovi	187 730	246 111
Ostalo	31 777	51 793
Ukupno	249 507	407 890

Tablica 2

DINAMIKA ULAGANJA (po godinama u 1 000 din.)	
1975.	215 284
1976.	162 309
1977.	30 297

kao glavni izvođač radova — »Đuro Đaković« kao podizvođač. Ti problemi su, međutim, vrlo brzo prevladani, te je 13. veljače 1976. izvršena prva sinhronizacija generatora 2, a 16. veljače iste godine izvršena je prva sinhronizacija generatora 1. Tako je četrnaest mjeseci nakon početka izgradnje Plinskoturbinska elektrana Osijek prvi put uključena u elektroenergetski sistem.

Budući da investicijsko-tehnička dokumentacija nije bila na vrijeme izrađena, vrijednost objekta se nije mogla točno predvidjeti. Osim toga, u toku izgradnje dinarska protuvrijednost za opremu i usluge »AEG—KANIS-a«, kao i vrijednost radova domaćih izvođača znatno su se povećali. Ti faktori uzrokovali su znatno povećanje prvobitno predviđene investicijske vrijednosti objekta. Stvarni konačni troškovi izgradnje u odnosu na troškove predviđene investicijskim programom, kao i ulaganja po godinama prikazani su u tablicama 1. i 2.

OPIS ELEKTRANE

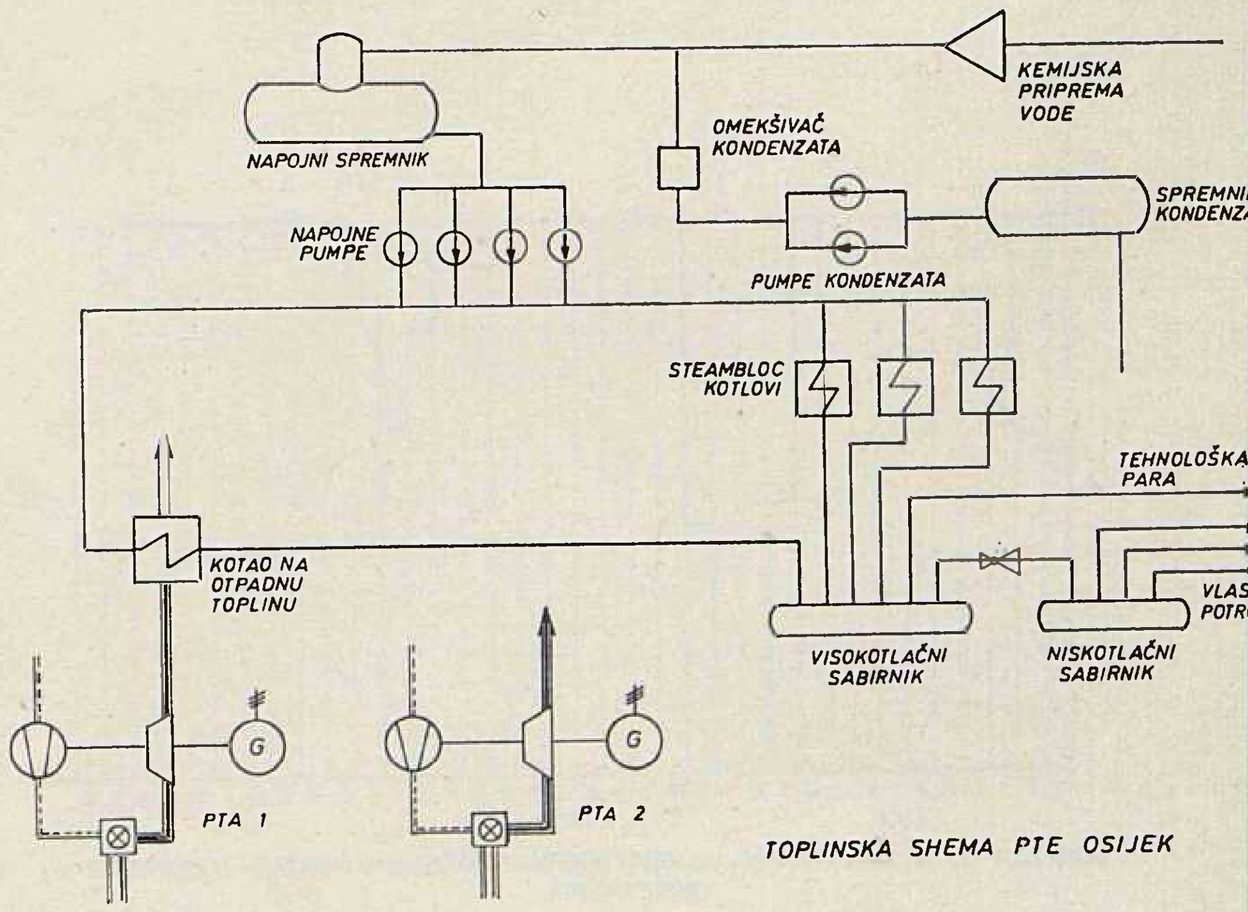
Plinsko turbinska elektrana Osijek čija je toplinska shema prikazana na sl. 2., sastoji se od dva plinskoturbinska agregata »paketne« izvedbe nominalne snage po 25 MW svaki. Agregati su zatvoreni oblogom koja služi kao zvučna i toplinska izolacija, te ujedno zaštita od utjecaja atmosfere. Oba »paketa« nalaze se na otvorenom prostoru na betonskoj podlozi. Iznad plinskoaurbinskih agregata nalazi se zatvorena konstrukcija kotla na otpadnu toplinu, koji je smješten iznad PTA 1 s kojim radi u spojnom procesu. Dimni plinovi na izlazu iz kotla na otpadnu toplinu imaju temperaturu oko 180°C, a na ulazu u kotao odnosno na izlazu iz plinske turbine imaju temperaturu oko 500°C. Maksimalni učin kotla na otpadnu toplinu je 56 tona pare na sat, parametara 1,9 MPa i 250°C.

U zasebnoj kotlovnici smještena su tri steambloc-kotla proizvodnje »Đuro Đaković«, koji mogu u proizvodnji pare zamijeniti kotao na otpadnu toplinu. Svaki steambloc-kotao maksimalnog je učinka 18 tona pare na sat, parametara 1,9 MPa i 250°C. Kotlovi se kao gorivom mogu koristiti zemnim plinom ili mazutom.

Gorivo za plinskoturbinske agregate je ekstralako loživo ulje i zemni plin. Plinske turbine imaju dualni sistem goriva, te mogu raditi s ekstralakim loživim uljem ili sa zemnim plinom, kao i s kombinacijom tih dvaju goriva. Plinskoturbinski agregat pokretan je prilikom starta od diesel-motora snage 730 kW. Akumulatorske baterije pružaju mogućnost startanja plinskoturbinskih agregata u slučaju potrebe i bez napajanja iz mreže (takozvani crni start). Prilikom starta potrebno je četiri minute da PTA postigne nominalni broj okretaja (5 100 o/min). U slučaju normalnog starta potrebne su daljnje tri i pol minute do postizanja punog opterećenja. Dakle, iz stanja mirovanja do punog opterećenja (25 MW) potrebno je ukupno sedam i pol minuta. U slučaju potrebe brzog starta puno opterećenje moguće je postići u roku od 45 sekundi, dakle iz stanja mirovanja ukupno četiri minute i 45 sekundi. Brzi start međutim skraćuje vijek pojedinih elemenata, jer uzrokuje nagle temperaturne promjene. U slučaju potrebe kompenzatorskog pogona moguće je generator odvojiti od turbine zbog posebne automatske spojke koja omogućuje odvajanje za vrijeme pogona, te nakon toga generator radi kao sinhroni kompenzator.

Opskrba plinskoturbinske elektrane Osijek zemnim plinom obavlja se preko mjerno-redukcione stanice smještene uz samu elektranu do koje dolazi glavni plinovod. Pritisak plina se u stanici reducira na 1,8 MPa za potrebe plinskih turbina, a na 0,4 MPa za potrebe steambloc-kotlova. Budući da u Osijeku u vrijeme početka eksploatacije PTE Osijek još nije postojao znatan konzum zemnog plina, elektrana je u prvom razdoblju rada omogućila povećanje iskorištenja plinske mreže. Za kasnije razdoblje bilo je predviđeno ujednačavanje potrošnje plina, što je moguće zahvaljujući dualnom sistemu goriva PTA, koji omogućava prijelaz s jedne vrste goriva na drugi pri opterećenju.

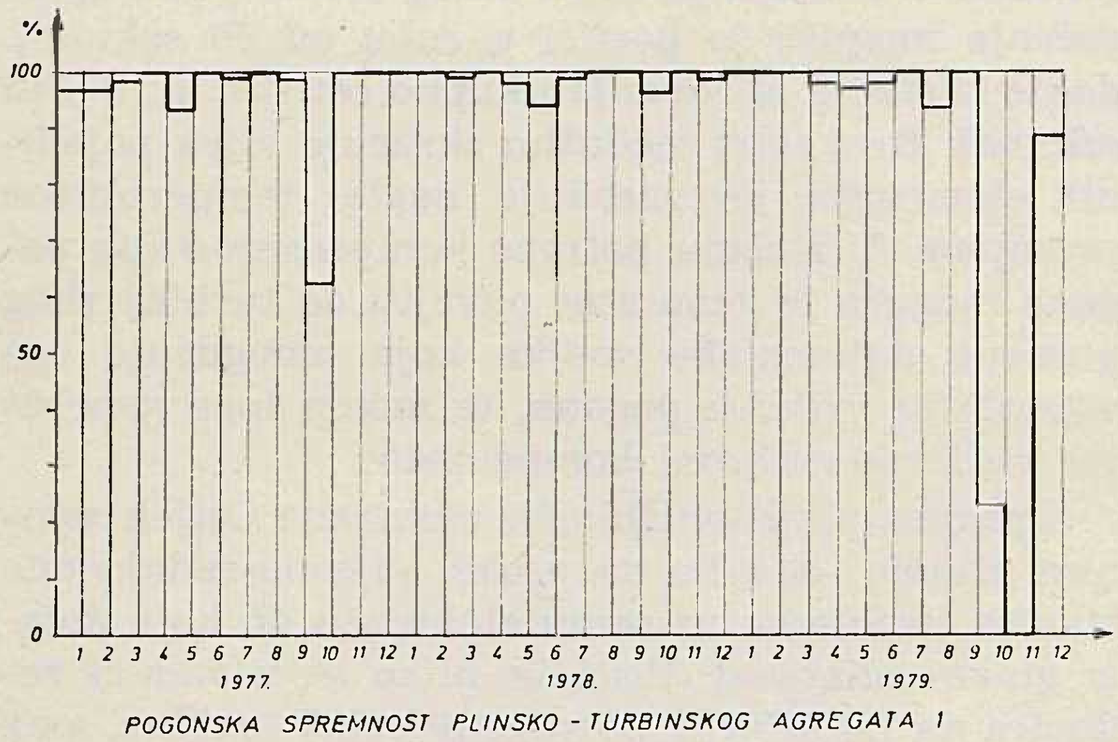
Opskrba PTE Osijek ekstralakim loživim uljem i mazutom vrši se vagon-cisternama ili, u slučaju potrebe, auto-cisternama. Na moderno koncipiranom pretakalištu tekućih goriva moguće je istovremeno istakanje goriva iz deset vagon cisterni s ek-



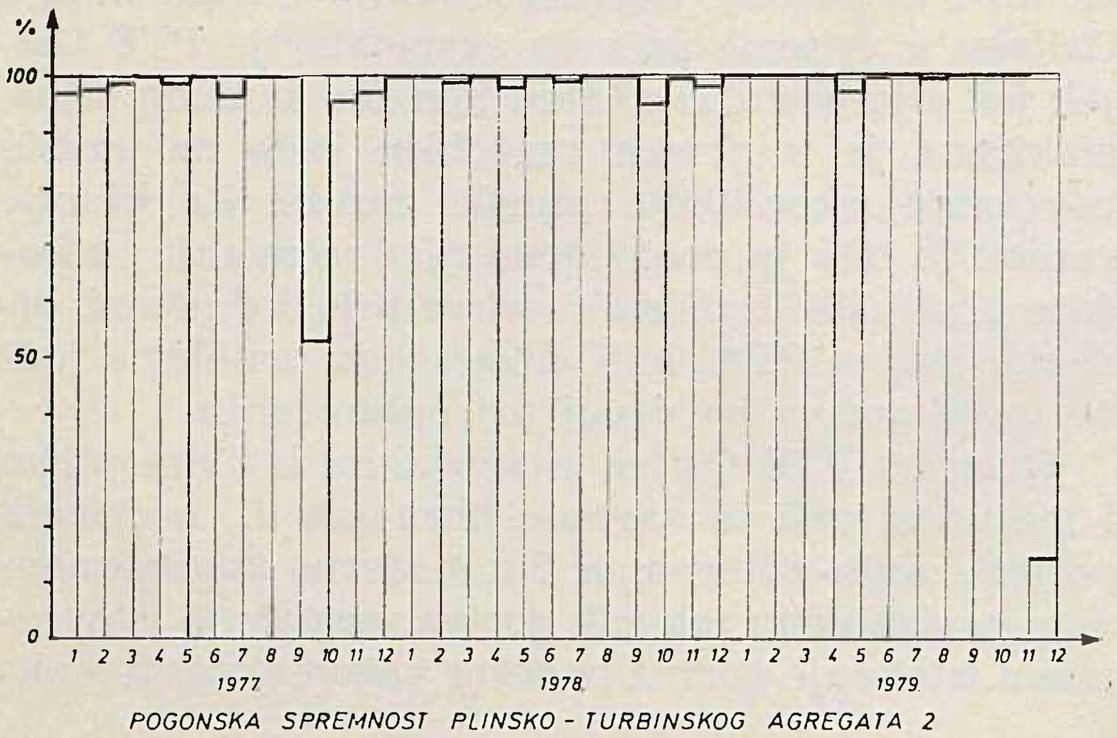
Sl. 2.

stralakim loživim uljem i deset vagon-cisterna s mazutom. Postoje tri spremnika za tekuće gorivo kapaciteta po 10 000 m^3 svaki. Dva su namijenjena za ekstralako loživo ulje, a treći za mazut.

Kompletno postrojenje PTE Osijek obuhvaćeno je suvremenim sistemom protupožarne zaštite kojim se upravlja iz protupožarne stanice opremljene sa dva diesel-agregata. Sistem se sastoji od hidrantske mreže koja obuhvaća sve objekte, hidrantske mreže s pjenom (»light water«) za gašenje spremnika goriva, stabilnog sistema za gašenje spremnika goriva (ubacivanjem pjene u spremnike) i stabilnog sistema za hlađenje plašta spremnika goriva. Osim toga, plinsko-turbinski agregati imaju vlastitu automatsku protupožarnu zaštitu za gašenje pomoću ugljičnog dioksida.

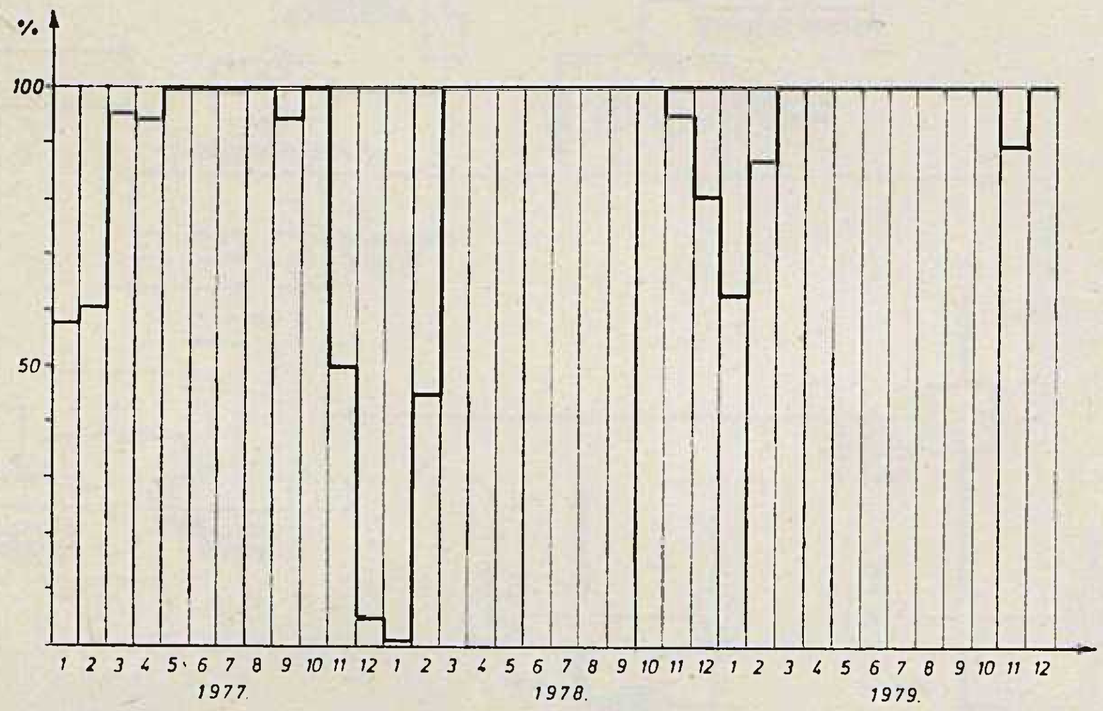


POGONSKA SPREMNOST PLINSKO - TURBINSKOG AGREGATA 1



POGONSKA SPREMNOST PLINSKO - TURBINSKOG AGREGATA 2

Sl. 3.



UDIO ZEMNOG PLINA U UKUPNOJ KOLIČINI GORIVA UTROŠENOJ U PLINSKO-TURBINSKIM AGREGATIMA

Sl. 4.

RAD ELEKTRANE

Od prvog uključivanja PTE Osijek u elektroenergetski sistem 13. veljače 1976. pa do kraja 1979. godine elektrana je radila bez većih zastoja i proizvela ukupno 1 251 932 GJ električne energije. U tom razdoblju od praktično četiri godine dogodilo se samo nekoliko manjih havarija na plinskoturbinskim agregatima. Prva havarija dogodila se u samom početku rada, 20. veljače 1976. na dimovodnim kanalima PTA 1. To se dogodilo kao posljedica zatvorenih zaklopki u dimovodnom kanalu, koje su ostale zatvorene greškom osoblja »AEG-KANIS-a« koje je vodilo probni pogon. Nakon remonta PTA 1 je ponovno krenuo u probni pogon 24. travnja iste godine. U toku 1977. godine došlo je do otkidanja dijelova prstenova smještenih uz sapnicu za gorivo na komorama izgaranja. Ti prstenovi su učvršćeni na komorama izgaranja varenjem, te su bez većih problema zamijenjeni. U listopadu 1979. godine ustanovljeno je da su se pojavili lomovi na dijelovima koji usmjeravaju struju vrućih plinova iz komora izgaranjem na prvi red statorskih lopatica turbine. Ti dijelovi su konstrukcijom predviđeni za povremenu zamjenu, te osim problema oko carinskih formalnosti nije bilo poteškoća da se kvar otkloni. U toku listopada i studenog obavljen je remont na PTA 1, a u toku mjeseca prosinca na PTA 2.

Tih nekoliko kvarova nije bitno utjecalo na uspješan rad PTE Osijek, te je u posljednje tri godine eksploatacije ostvarena vrlo visoka pogonska spremnost, koja je u prosjeku iznosila 94%. Kretanje pogonske spremnosti po mjesecima za pojedini PTA prikazano je u dijagramima, sl. 3., a trajanje i vrste zastoja po godinama dani su u tablici 3. Broj neuspjelih startova je relativno nizak, što se vidi iz tablice 4., u kojoj je dan i ukupan broj startova po mjesecima. Vlastita potrošnja elektrane kretala se u proteklom razdoblju u granicama između 2 i 2,5%.

Iz dijagrama proizvodnje električne energije na pragu PTE Osijek sl. 5., vidljivo je da proizvodnja veoma varira, što je rezultat prilika u elektroenergetskom sistemu. U razdoblju od mjeseca svibnja do listopada 1979. godine proizvodnja električne energije bila je vrlo intenzivna, te je proizvedeno 490 000 GJ električne energije. Takav intenzivan rad PTE Osijek bio je rezultat posebnog dogovora sklopljenog s isporučiocem zemnog plina (INA). Tim dogovorom osigurana je kontinuirana isporuka i potrošnja zemnog plina, te je na temelju toga određena posebna cijena plina koja je iznosila oko 0,15 dinara za proizvedeni MJ električ-

Tablica 3.

SATI ZASTOJA PLINSKOTURBINSKIH AGREGATA

1977. god.	PTA 1					PTA 2				
	Njega	Remont	Kvar	Ostalo	Ukupno	Njega	Remont	Kvar	Ostalo	Ukupno
I	21,7	—	—	—	21,7	22,1	—	—	—	22,1
II	18,0	—	1,3	—	19,3	18,0	—	—	—	18,0
III	9,0	—	0,5	—	9,5	8,3	—	0,1	—	8,4
IV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	4,3	—	43,4	—	47,7	5,9	—	0,1	—	6,0
VI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VII	7,0	—	—	—	7,0	—	—	28,0	—	28,0
VIII	—	—	1,0	157,0	158,0	—	—	0,6	157,0	157,6
IX	8,0	—	0,9	—	8,9	—	—	0,5	—	0,5
X	—	279,4	—	—	279,4	—	348,0	—	—	348,0
XI	—	—	0,3	—	0,3	—	—	32,4	—	32,4
XII	—	—	—	—	—	—	—	23,2	—	23,2
Σ	68,0	279,4	47,4	157,0	551,8	54,3	348,0	84,9	157,0	644,2

SATI ZASTOJA PLINSKOTURBINSKIH AGREGATA

1978.	PTA 1					PTA 2				
	Njega	Remont	Kvar	Ostalo	Ukupno	Njega	Remont	Kvar	Ostalo	Ukupno
I	—	—	0,7	—	0,7	—	—	—	—	—
II	—	—	—	—	—	—	—	0,7	—	0,7
III	7,0	—	0,4	—	7,4	7,0	—	0,9	—	7,9
IV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	14,7	—	0,2	—	14,9	14,6	—	0,2	—	14,8
VI	—	—	42,2	—	42,2	—	—	0,2	—	0,2
VII	7,6	—	—	—	7,6	7,4	—	—	—	7,4
VIII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IX	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X	—	25,4	—	0,4	25,8	—	36,9	0,4	0,4	37,7
XI	—	—	—	3,0	3,0	—	—	1,7	1,5	3,2
XII	8,0	—	2,3	—	10,3	8,0	—	4,9	—	12,9
Σ	37,3	25,4	45,8	3,4	111,9	37,0	36,9	9,0	1,9	84,8

SATI ZASTOJA PLINSKOTURBINSKIH AGREGATA

1979. god.	PTA 1					PTA 2				
	Njega	Remont	Kvar	Ostalo	Ukupno	Njega	Remont	Kvar	Ostalo	Ukupno
I	—	—	0,6	—	0,6	—	—	—	—	—
II	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
III	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IV	—	—	17,7	—	17,7	—	—	—	—	—
V	—	24,0	—	—	24,0	—	24,0	—	—	24,0
VI	2,3	—	10,3	—	12,6	2,1	—	2,3	—	4,4
VII	—	—	—	—	—	—	—	1,0	—	1,0
VIII	—	—	1,0	50,7	51,7	2,6	—	0,2	—	2,8
IX	—	—	—	—	—	1,6	—	—	—	1,6
X	—	570,0	4,2	—	574,2	—	—	—	—	—
XI	—	720,0	—	—	720,0	—	—	—	—	—
XII	—	86,0	0,5	—	86,5	—	641,0	—	—	641,0
Σ	2,3	1 400,0	34,3	50,7	1 487,3	6,3	665,0	3,5	—	674,8

Tablica 4.

BROJ STARTOVA PLINSKOTURBINSKIH AGREGATA

1977. god.	PTA 1		PTA 2	
	Broj startova	Od toga neuspjelih	Broj startova	Od toga neuspjelih
I	8	—	8	—
II	30	—	25	—
III	32	—	36	—
IV	38	—	33	—
V	14	—	13	—
VI	18	—	24	—
VII	20	—	20	—
VIII	18	—	17	—
IX	19	—	15	—
X	7	—	4	—
XI	13	—	9	3
XII	17	—	16	—
Σ	234	—	220	3

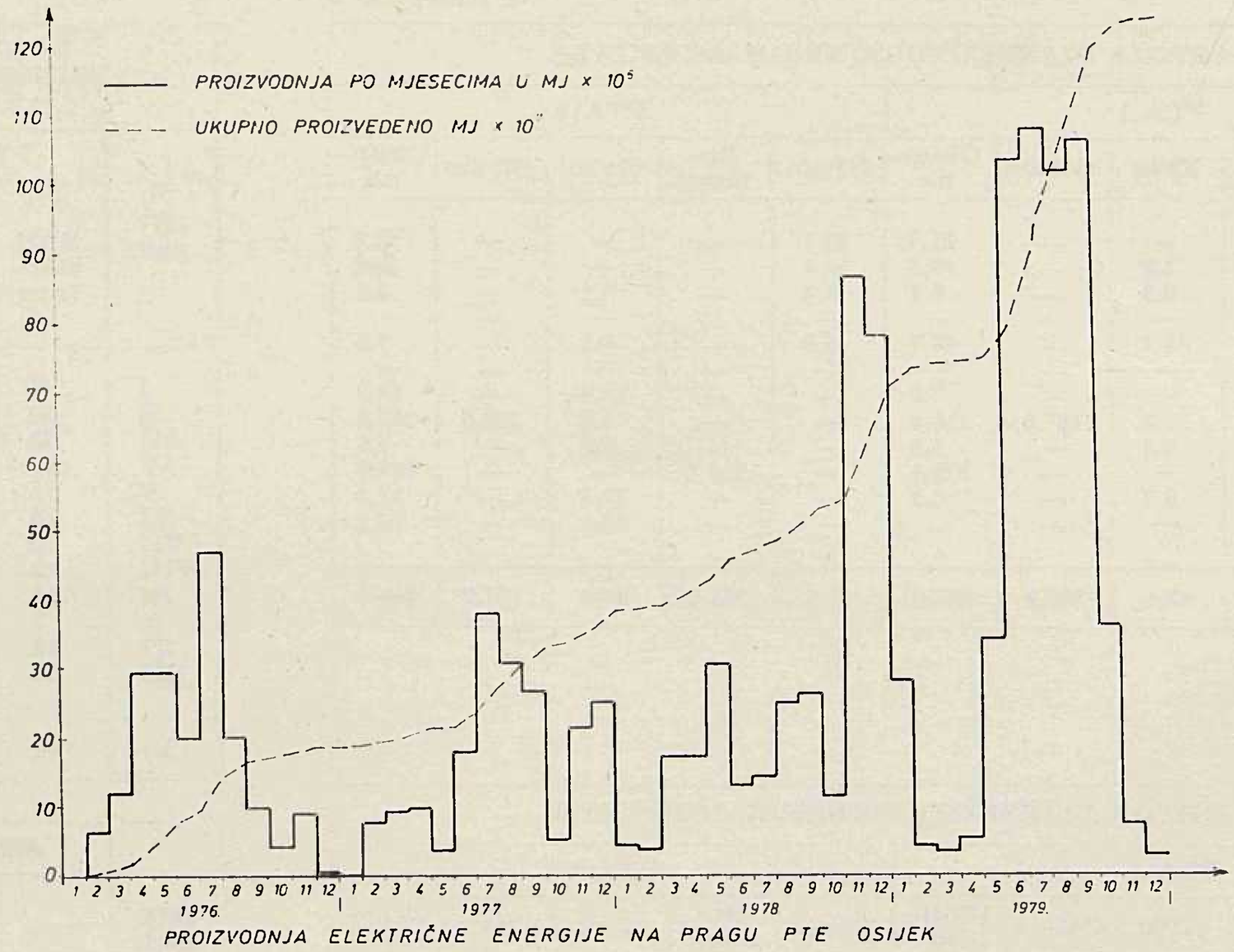
1978. god.	PTA 1		PTA 2	
	Broj startova	Od toga neuspjelih	Broj startova	Od toga neuspjelih
I	6	—	4	—
II	4	—	4	—
III	19	—	16	—
IV	18	1	20	1
V	22	2	22	—
VI	22	1	23	—
VII	22	—	21	—
VIII	30	—	29	—
IX	22	—	23	1
X	11	—	11	—
XI	26	—	24	—
XII	21	5	23	12
Σ	223	9	220	14

1979. god.	PTA 1		PTA 2	
	Broj startova	Od toga neuspjelih	Broj startova	Od toga neuspjelih
I	14	—	16	—
II	7	—	6	—
III	7	—	8	—
IV	9	1	9	—
V	4	—	4	—
VI	3	—	3	—
VII	2	—	3	—
VIII	5	—	6	1
IX	—	—	7	3
X	4	—	19	—
XI	—	—	16	4
XII	7	—	2	—
Σ	62	1	99	8

Tablica 5.

GORIVO UTROŠENO U PLINSKOTURBINSKIM AGREGATIMA

GOD.	ZEMNI PLIN U $Nm^3 \times 10^3$			EKSTRALAKO ULJE U t		
	PTA 1	PTA 2	UKUPNO	PTA 1	PTA 2	UKUPNO
1976.	7 834	9 420	17 254	866	781	1 647
1977.	9 182	7 534	16 716	1 878	1 649	3 527
1978.	15 982	15 811	31 793	976	1 327	2 303
1979.	25 990	29 864	55 854	463	533	996
Σ	58 988	62 629	121 617	4 183	4 290	8 473



Sl. 5.

ne energije. Tako povoljna cijena goriva omogućila je u tom razdoblju kontinuiranu proizvodnju električne energije u PTE Osijek.

Na kraju treba istaknuti da je dosadašnji uspješan rad Plinskoturbinske elektrane Osijek rezultat ponajprije kvalitetne opreme i montaže koja je osigurana dobrim pripremama izgradnje, kao i dobro vođenim investicijskim nadzorom tokom izgradnje. Osim toga bitan faktor dosadašnjeg uspješnog rada elektrane je i odgovarajuće preventivno održavanje, kojem osoblje elektrane posvećuje posebnu pažnju.

LITERATURA

1. Plinsko-turbinska elektrana Osijek 2 × 25 MW — Investi cioni program (Institut za elektroprivredu, Zagreb)
2. Plinsko-turbinska elektrana Osijek 2 × 25 MW — Izgradnja (Eduard Kuzmić, dipl. ing)
3. Izvještaji o proizvodnji PTE Osijek
4. PTE Osijek (publikacija »Elektroslavonije« Osijek)

A GAS TURBINE POWER PLANT OSIJEK — CONSTRUCTION AND WORK

The Gas Turbine Power Plant Osijek construction is described with a view of preparation works, finances and problems during the construction. A Power Plant review and possibilites of starting, produceing electric current and useing different types of fuel are also given. The Gas Turbines work and damages from a first syncronization till the end of 1979. (four years working), with information about Gas Turbines starts, stoppages and readiness, and about spent fuel and production of electric current are described at the end.

Naslov pisca:
Marino B a l o g, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Energija God. 29 (1980) br. 5—6, 207—214.

PROVEDBA RACIONALIZACIJE U PODRUČJU RAZDIOBE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ernest Mihalek, Zagreb

UDK 621.316

Racionalizacija potrošnje energije je nužnost koja prati razvoj naše civilizacije. Poticaji racionalnijem trošenju energije javljali su se prije uvijek zbog mogućnosti povećanja dobiti iz uloženih investicija, a danas se tome pridružila još i kriza energetskih sirovina. Provedbom niza mjera racionalizacije razdioba (distribucija) i potrošnja električne energije postaju vrlo važni faktori u lancu očuvanja ovih sirovina i očuvanju ljudske okoline.

1. OPĆENITO

Današnje vrijeme se od dosadašnjega razlikuje po tome što smo svjesni da svjetske energetske rezerve nafte, ugljena, plina i urana imaju svoju »iscrpivost«, tj. već pomalo naziremo kraj svjetskih zaliha, makar to nastupilo u ovom ili u idućem stoljeću. Svjetska konferencija za energiju zadužena je da daje procjene i prati potrošnju svjetskih rezervi i otkrivanje novih i nepoznatih rezervi.

U odnosu na svjetske rezerve, iz ovih izvora, Jugoslavija je i apsolutno i relativno vrlo siromašna.

Naši se prirodni izvori klasičnih goriva još i mogu izraziti kojim postotkom u odnosu prema svjetskim, dok to za nekonvencionalne izvore (nuklearno gorivo) nije više moguće. Već ovo je dovoljno da zaključimo kako je potrebna što veća štednja i racionalizacija potrošnje energije kako bi se čuvali naši izvori i energetske sirovine kupljene u inozemstvu.

Sigurno je da društvo mora zbog takvog problema uspostaviti dugoročne programe za racionalno trošenje električne energije i svih drugih energetskih sirovina. Naime, racionalnom potrošnjom električne energije čuvamo primarne sirovine te utječemo na smanjenje gubitaka od izvora do mjesta potrošnje.

Gdje se danas nalazi naša zemlja u pitanju gubitaka u mreži pokazuje (tablica 1) prema (Lit. 1):

U našoj zemlji gubici mreže prijenosa iznose 3,9%. Prosječna vrijednost za navedene zemlje Evrope iznosi 8,36%. Jugoslavija je iznad prosjeka za čitavih 40%, što je gotovo najlošija vrijednost u prikazu.

U istoj literaturi mogu se naći i podaci o gubicima same distribucije po republikama u SFR Jugoslaviji.

Tablica 1.

GUBICI ENERGIJE U POJEDINIM ZEMLJAMA 1975. GODINE (PRIJENOS + DISTRIBUCIJA)

Zemlja	Raspoloživo GWh	Potrošnja GWH	Gubici GWh	% (3) : (1)
	(1)	(2)	(3)	(4)
1. Austrija	29 595	27 235	2 260	7,97
2. Belgija	38 168	35 974	2 194	5,75
3. Bugarska	25 889	23 502	2 387	9,22
4. Čehoslovačka	57 181	52 793	4 388	7,67
5. Francuska	181 000	169 000	12 000	6,63
6. Grčka	15 162	14 010	1 148	7,57
7. Italija	143 361	131 361	12 000	8,37
8. Jugoslavija	38 386	33 961	4 445	11,58*
9. Mađarska	22 804	20 834	1 970	8,64
10. Nizozemska	51 665	49 244	2 421	4,69
11. Norveška (1973!)	67 558	61 068	6 307	9,34
12. Poljska	89 848	81 262	8 586	9,56
13. Rumunjska	48 019	43 723	4 059	8,45
14. SAD	1 861 134	1 716 134	145 000	7,79
15. SR Njemačka	290 437	275 665	14 772	5,09
16. SSSR	1 027 325	945 100	82 200	8,00
17. Španjolska	41 433	62 851	8 582	12,01
18. Švedska	79 528	72 004	1 970	9,46
19. Švicarska	33 269	30 101	3 168	9,52
20. Turska	14 876	13 301	1 575	10,59
21. Vel. Britanija	254 172	234 577	19 595	7,71
Srednja vrijednost: $\bar{x} = 8,36$				

x Gubici samo u prijenosu 3,9%

Tablica 2.

GUBICI U POSTOCIMA U ODNOSU NA RAPPOLOŽIVU ENERGIJU

Republika	1976. g.	1976. g.	1977. g.
BIH	13,33	11,17	10,76
Crna Gora	18,76	17,08	17,70
Hrvatska	10,87	10,48	10,58
Makedonija	11,08	17,26	11,69
Slovenija	10,55	8,22	8,55
Srbija	10,28	9,95	10,29
SFRJ	11,07	10,55	10,39

Ti podaci govore nam da bi, najvjerojatnije, podatak za našu zemlju iz tablice 1. morao iznositi za 1975. godinu

$$11,07 + 3,9 = 14,97\%,$$

što je kudikamo najlošije među zemljama Evrope. Nekoliko je podataka koji se zaista teško mogu opravdati (gubici 13, 17 i 18%!).

SR Hrvatska je blizu prosjeka zemlje, a ovaj postotak nema tendenciju smanjivanja.

Slijedeća tablica daje raspodjelu gubitaka po regijama u SR Hrvatskoj (Lit. 2).

Tablica 3.

POSTOCI GUBITAKA				
Godina	Osijek	Split	Zagreb	Rijeka
1975.	13,82	8,65	10,08	6,72
1976.	12,67	9,52	11.27	8,17
1977.	10,82	10,94	11,10	8,29
1978.	12,08	8,82	11,06	9,41

Stanje distributivne mreže u SR Hrvatskoj pokazuje da je iskorištenost kapaciteta elektroenergetskih postrojenja za mrežu 35 kV uglavnom dobra. Prosječno su postrojenja opterećena u vrhu 80 ÷ 90%, a inače oko 50%. U tome je ukalkulirana nemogućnost opterećivanja rezervnih transformatora.

Kod vodova 35 kV također je dobra iskorištenost, a mnogi izvan gradova imaju na kraju velike padove napona.

Kod mreža 10 kV i niže uočava se mnogo prekapacitiranosti. Npr., u »Elektroprivredi« Zagreb bilo je 1973. godine 4 040 kom transformatora 10/0,4 kV, dok je vršno opterećenje iznosilo

327 MW,

tj. prosječno 81 kW (ili 100 kVA) po jedinici. Istovremeno je u SR Hrvatskoj prosječno instalirana snaga po jednoj TS 10/0,4 kV oko

200 kVA.

Znači da prosječno iskorištenje iznosi tek 50% u vrhu opterećenja mreže. Slično se može ustanoviti i za ostale regije u SR Hrvatskoj; svojim neekonomskim pogonom ove stanice uzrokuju velike gubitke praznog hoda.

Vodovi 10 kV (21 350 km g. 1978) imaju najčešći presjek vodiča Ač 35 mm². U područnim mrežama prevladavaju još i dugački vodovi (10 do 15 km), često s malim presjecima vodiča. Kabeli 10 kV imaju uglavnom dobro odabrane presjeke.

U niskonaponskoj mreži prevladavaju (90%) nadzemni vodovi Ač 16 do 35 mm², što je također premalo. Broj elemenata je ovdje vrlo velik, jer je ova mreža dugačka više od 41 500 km.

Zadatak racionalizacije može se vidjeti i iz oblika dnevnog dijagrama opterećenja distribucija. Srednje vrijednosti faktora opterećenja dnevnih dijagrama iznose ljeti i zimi (Lit. 4)

$$m = \frac{P_{min}}{P_{max}} \doteq 0{,}47.$$

Na nivou regija ovaj faktor je povoljniji i kreće se u intervalu (Lit. 3)

zimi 0,5 do 0,85,
a ljeti 0,6 do 0,85.

U usporedbi s drugim republikama SR Hrvatska s prosječno 0,79 ima lošiji faktor opterećenja od Slovenije i Crne Dore (0,83 i 0,87).

Udio noćne energije dostigao je g. 1979. vrijednost 23%, što je nešto slabije od prosjeka Jugoslavije (Slovenija 23,2%, Makedonija 26,9%, Crna Gora 25,8% i BiH 23,4%).

Težnjom k izravnanju dijagrama postižemo bolje iskorištenje energetskih kapaciteta i smanjujemo prijenosne i distributivne gubitke energije.

2. MJERE RACIONALIZACIJE NA PODRUČJU DISTRIBUTIVNE DJELATNOSTI

Djelatnost distribucije električne energije u SR Hrvatskoj preuzima od »prijenosa« nešto manje od 70% ukupno raspoložive energije. Ostalo odlazi tzv. direktnim potrošačima. Prema tome, očito je da će se u djelatnosti distribucije morati provesti najveći dio akcija racionalizacije razdiobe i potrošnje.

Sve mjere možemo podijeliti u investicijske i neinvesticijske. Prve su vezane za ulaganje određenih sredstava za postizanje nekih efekata racionalizacije, a druge mjere služe kao pratnja prvima ili ih na neki način dopunjuju.

Svakako se najveća racionalnost može dostići dobrim dugoročnim planiranjem električne mreže. Parametri električne mreže (njezini vodovi i postrojenja) moraju pratiti predviđeni porast životnog standarda i industrije na najbolji mogući način, kako bi se osigurala maksimalna ekonomičnost i pouzdanost sustava. Značaj ekonomičnih dugoročno planiranih mreža jest u tome da su jednostavne i robusne s preglednim i jednostavnim pogonom te velikom pouzdanosti. Posebno je bitno da se ova rješenja donesu na osnovi tipiziranih postrojenja jedinstvenih za čitavu ZEOH ili ZJE. Zbog toga je potrebna dobra organizacija kako bi se ovi ciljevi dostigli u dugoročnom razdoblju od petnaestak godina. Glavnu osnovu toga čini predviđeno smanjenje broja naponskih nivoa — s uštedama i od preko 20% u odnosu na današnji sustav.

Kompenzacija jalovih snaga kod potrošača i u mreži jedna je od osnovnih mjera racionalizacije, jer su jalove komponente neproduktivne, a još izazivaju i dodatne gubitke u mreži. Oni rastu s kvadratom prividne struje i obrnuto razmjerno s faktorom snage (cos φ).

Ugradnja kompenzacionih uređaja isplaćuje se vrlo brzo, tako da je srednjoročno razdoblje dovoljno za ostvarenje rentabilnosti i najvećih pothvata kompenzacije u mreži i kod potrošača. Sigurno je da je za svaki ovakav pothvat potrebno imati detaljniju studiju i projekt kojima se postižu najbolja rješenja ovog problema s obzirom na tehno-ekonomske zahtjeve u određenom dijelu mreže. Popravkom faktora snage u distributivnoj mreži realno bi se smanjili gubici za više stotina GWh!

U elektrodistributivnim mrežama razvijenih zemalja, a neko vrijeme i u našima, koristi se mrežna tonfrekventna komanda (MTK) kao sistem jednosmjernog prenosa upravljačkih komandi. Ovim sistemom moguće je dio proizvedene električne energije usmjeriti na korištenje u satima tzv. dolina opterećenja, od čega je korist opća — i za potrošače (jeftina energija) i za sistem (visoki tehnički minimumi termoelektrana, te gubici u prijenosu). Usmjeravanje potrošnje električne energije može se ovim sistemom vršiti na dva načina:

1. i n d i r e k t n o — primjenom višetarifnih sistema (upravljanje brojilima za višu i nižu tarifu)

2. d i r e k t n o — upravljanjem (isključeno — uključeno) određenim termičkim aparatima te blokiranjem rada strojeva, bojlera i sl.

Kod nas je MTK uveden u Zagrebu, Rijeci i Karlovcu, a primjena je ograničena samo na indirektnu metodu. U tom smislu treba proširiti tarifni sistem poticanjem potrošača na prihvaćanje osim indirektne i ove direktne mogućnosti upravljanja trošilima uz adekvatne tarifne stavove (treća tarifa jeftinija od druge i sl. — u Sloveniji za 33%).

Dužnost je distribucije da razradi primjenu ovog sistema po grupama i rasporedu potrošača u mreži, vrijeme njihova uključivanja i sl. Osim toga, treba, svakako, podržati nastojanja da se MTK-sistem uvede jedinstveno na nivou 110 kV kako bi i manjim brojem uređaja bila pokrivena čitava mreža SRH. Budući da je ova mjera dugotrajne prirode, potrebno je posegnuti i za rješenjem koje će se i kasnije dopunjavati s MTK-sistemom, a to je ograničavanje snage potrošača (limitiranje), ponajprije zbog utvrđivanja visine angažirane snage. Takav postupak, koji bi trebao biti što prije razrađen po veličini limitiranja, morao bi se izvesti kalibriranim automatskim osiguračima zbog njihove strože karakteristike ograničenja struje nego za klasične taljive osigurače. U tom smislu trebalo bi uvesti obavezne propise o izvođenju instalacija potrošača. Treba reći da je ovakva praksa uvedena u gotovo cijeloj Zapadnoj Evropi (osim Italije koja ima samo limitiranje i jednu tarifu — vidi Lit. 6).

U svakom slučaju limitiranje se predlaže kao prvi korak, a proširenje MTK sistema za daljnje pothvate distribucije prema racionalnijem trošenju električne energije. To je danas naročito značajno i za svladavanje stihijske seoske potrošnje, jer će to uroditi time da će se moći mnogo bolje prilagoditi veličine transformatora i vodova njihovim ekonomskim opterećenjima.

Kao što je poznato, ekonomična opterećenja različita su za kabele, zračne vodove i transformatore. Kabele i transformatore ekonomično je držati u pogonu pri punom opterećenju do termičke granice, dok je kod zračnih vodova ekonomično opterećenje oko 50% termičkog.

Kod ovih opterećenja najmanji su pogonski troškovi voda, pa je zato neobično važno imati dobro dimenzionirane elemente mreže, kao i kontrolu nad njihovim opterećenjem.

Organizacija distributivnog poduzeća mora omogućiti da se pojedini elementi u mreži drže blizu ekonomskih opterećenja ili čak i u stanju preopterećenja u vrhovima (današnja neprilagođenost rezultira velikim gubicima zbog predimenzioniranosti instaliranih distributivnih transformatora 10/0,4 kV — pa oni većim dijelom rade »na prazno«).

Ostale neinvesticijske mjere morale bi se nadovezati na spomenuto; službe u distribuciji moraju pratiti provedbu mjera racionalizacije.

Za postignute efekte mjera racionalizacije poduzeće bi moralo biti stimulirano (smanjenje gubitaka u mreži, kompenzacija i sl. — za što bi sredstva ostala poduzećima i, dapače, stimulirali se ljudi koji su to postigli). Oslonci provođenja mjera svakako će biti »dadoteke podataka«, pa će ona poduzeća koja imaju svoju mrežu dobro snimljenu moći prije početi s uspješnim racionalizacijama.

U odnosu prema potrošačima kojima često treba pomoći u izboru troška, načina potrošnje, prilagodbi instalacije i sl., distribucija će morati postaviti savjetodavne stručne službe za potrošače. Takve službe već duže vrijeme postoje u razvijenijim zemljama u okviru distribucije. Njihova je funkcija upućivanje potrošača na najpovoljniji način potrošnje (2. — tarifa, zaštita od dodirnog napona, o navikama pri upotrebi aparata te izdavanje popularnih edicija o toj temi i sl.).

3. MJERE RACIONALIZACIJE NA PODRUČJU ŠIROKE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Široka potrošnja je specifičan elektroprivredni »potrošač«, a zbog velike masovnosti ovdje dolaze do izražaja navike najšireg ljudstva s obzirom na korištenje električne energije.

Tu dolaze na vidjelo sve komponente svladane ili nesvladane stihijnosti s obzirom na doba dana i noći, način korištenja pojedinih električnih aparata, stanje i ponudu električnih aparata na tržištu, standard stanovništva, toplinsku izolaciju zgrada, dostignuti stupanj razvoja tehnologije itd.

Po strukturi potrošnja je u distribuciji SRH zastupljena danas po naponima ovako (za razdoblje 1972—1976):

35 kV	14 ÷ 15%
10 kV	24 ÷ 25%
0,4 kV	59 ÷ 61%

(a samo kućanstva 0,4 kV oko 40%).

Cjelokupna distribucija sudjeluje u potrošnji SRH sa 67%. Odavde se vidi važnost mjera koje treba primijeniti na ovom području.

Tablica 4.

PROIZVODNJA ELEKTRIČNIH APARATA I UREĐAJA (U SFRJ) STATISTIČKI GODIŠNJAK SFRJ 1978 str. 261.

Električni aparat	1947.	1957.	1967.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.	Prosj. porast % (67—77)	Prosj. porast % (72—77)
Radioprijem. (1 000 kom)	—	209	240	236	147	104	155	140	109	187	— 2,24	—4,09
TV-prijem. (1 000 kom)	—	—	252	317	350	354	418	425	402	427	4,9	3,37
Term. aparati (1 000 t)	—	33	28	50	56	58	68	58	55	70	8,69	3,79
Hladnjaci (1 000 kom)	—	6	188	427	536	663	871	443	724	690	12,55	4,30
Stroj za pranje i sušenje rublja (1 000 kom)	—	2	44	363	429	397	44	216	336	344	20,56	—3,61

Vrlo je značajno da se uz ove podatke pogleda i porast proizvodnje električnih aparata u SFR Jugoslaviji (tablica 4).

Gotovo je svuda primjetno usporavanje rasta prema kraju promatranog razdoblja, što u našim uvjetima znači i zasićenje potrošača, jer se najveći dio ove proizvodnje prodaje u zemlji.

Opći razvoj potrošnje u Jugoslaviji kretao se (u TWh):

1951. godine	2,178 TWh
1965. godine	2,876 TWh
1970. godine	6,082 TWh
1977. godine	12,058 TWh.

To odgovara prosječnoj stopi porasta od 6,5%, a samo u razdoblju 1970—1977. ta je stopa dosegla brojku od gotovo 9%.

Prosječna potrošnja dosegla je 1977. godine u Jugoslaviji

2 050 kWh/kuć.,

a u SR Hrvatskoj

1 710 kWh/kuć.

Budući da manjkaju podaci o namjeni potrošnje u kućanstvima u SR Hrvatskoj, navest ćemo dva primjera (na bazi provedenih anketa Instituta za elektroprivredu) u postocima:

Tablica 5.

Namjena	Tuzla 1972. g.	Skopje 1975. g.
rasvjeta	18,8 %	15,9 %
kuhanje	24,0 %	14,4 %
priprema tople vode	19,4 %	15,35 %
grijanje prostorija	4,10 %	7,0 %
pranje rublja	20,7 %	11,6 %
hladnjak	13,0 %	11,95 %
ostalo	—	23,8 %

Postoji dosta sličnosti među ovim namjenama. U prosjeku je električno grijanje slabo zastupljeno, dok je to »normalnije«, npr., s pripremom tople vode.

Međutim, s pojavom naftnih i drugih kriza pojačava se pritisak na električnu mrežu priključivanjem i onih manje zastupljenih trošila, kao što je grijanje, a na to se nadovezuje i još veća primjena električnih bojlera za pripremu tople vode. To je moment kad bi trebalo povećati kontrolu s obzirom na udio direktnog grijanja te definirati maksimalnu dozvoljenu istovremenu snagu kućanskog aparata (3 500 W/fazi). Snaga aparata morat će se ograničiti i zbog upotrebe limitatora (3 500 h = 16 A).

U području rasvjete mogu se u širokoj potrošnji već danas postizati znatni efekti. Prema procjenama, u svijetu se troši oko 5% primarne energije za rasvjetu. U našoj zemlji oko 7%.

Da bismo dostigli ostali svijet, moramo krenuti k izvorima s većom iskoristivošću, tj. široj primjeni fluorescentne rasvjete u unutarnjoj rasvjeti (preko 40 lm/W što je 4 puta više od sijalice s užarenim vlaknom); u vanjskoj rasvjeti ide se istom tendencijom — iskoristivosti novijih izvora svjetla već su prešle 180 lm/W. U svakom slučaju mora industrija usvojiti takvu proizvodnju izvora svjetla koja će odgovarati kriterijima rasvjete po ekonomičnosti, nivou rasvjete, spektru, estetici itd. Napomenimo samo pitanje primjene adekvatnog fluorescentnog praha za niže temperature koje smo obično uvozili, a za širu primjenu bismo trebali domaću proizvodnju. Bez toga neće se moći proširiti unutarnja fluorescentna rasvjeta.

Pri korištenju električnog grijanja treba imati zadovoljene najprije sve principe toplinske izoliranosti zgrada, zaptivenost prozora i vrata itd. U tom smislu novi građevinski propis zahtijeva:

— 50% veću vrijednost izolacije zidova nego do sada,

— veličine prozora i vrata koje omogućuju određenu minimalnu dnevnu rasvjetu. Veće površine od propisanih moraju imati adekvatno bolju izolaciju i brtvljenje (npr. trostruka stakla).

U prvim etapama moralo bi se preporučiti uglavnom termoakumulaciono grijanje. Direktno grijanje nekih prostorija ne može se izbjeći, jer se tim načinom brzo postiže odgovarajuća temperatura, a faktor istodobnosti je vrlo malen. Racionalno je tražiti od potrošača da imaju zado-

voljene uvjete izolacije pri uvođenju električnog grijanja. Da bi se to postiglo morat će se zainteresirane poslovne banke odobravati kredit potrošačima.

Kratkoročno se može na ovim trošilima provesti značajna racionalizacija ograničenjem sobnih temperatura na oko 20°C, što je ugodno za boravak u prostoriji. Postupak nije moguće kontrolirati, ali može u krajnjem slučaju dati uštedu od oko 100%. Ako npr. po jednoj peći ta ušteda iznosi prosječno 450 kWh i ako ih imamo u upotrebi u SR Hrvatskoj samo 60 000 komada, tada ušteda iznosi oko 27 GWh, što je jednako dnevnom prosječnom potrošku u čitavoj republici.

Za razliku od ovog grijanja koje ne štedi energiju, nego je samo racionalnije troši, imamo za dugoročnu orijentaciju i mogućnosti za direktnu uštedu izvora energije (uglavnom za manje objekte). Toplinska pumpa uzima toplinu iz okoline i podiže je na viši temperaturni nivo. Za svaki kilovat snage motora pumpe može se dobiti i 3 ili 4 kilovata toplinske snage. Posebnu mogućnost pružaju ovi uređaji kod preuzimanja tzv. otpadne topline (npr. iz klimatizacije neke poslovne zgrade i sl.).

Racionalna priprema tople vode nalaže nam danas prijelaz na veće jedinice bojlera od postojećih (100 i više litara) s nižom temperaturom vode, i to iz dva razloga:

1. toplija voda od 40°C mora se miješati s hladnom, što je već neracionalno i

2. pri višoj temperaturi vode javlja se i veće taloženje kamenca na grijaču i kotlu, što je izravan uzrok gubitaka (procjenjuje se da ovi gubici u SR Hrvatskoj iznose oko 20 GWh — oko 20% po bojleru), pa se postavlja problem redovnog čišćenja.

Kao što je već rečeno, MTK je najpovoljniji način za masovna upravljanja trošilima. Najvažniji uvjeti za provođenje tog posla je priprema tarifnog sistema i pripreme instalacija potrošača.

U tom smislu treba proširenjem Tehničkih propisa obavezati projektante i izvođače da izvrše određena razdvajanja instalacije i ugrade odgovarajuće MTK-prijemnike i ostalo (sklopnike za blokadu itd.). Glavnim osiguračem treba postati kalibrirani automatski osigurač prije brojila, o veličini kojega će ovisiti veličina stava za angažiranu snagu i koji u prvoj fazi služi kao limitator.

U širokoj potrošnji treba stalno provoditi i široke akcije edukacije kako bi se postepeno promijenile navike potrošača radi što racionalnije upotrebe trošila. U tu svrhu može se (SSRNH kao vodeći organizator) predvidjeti i održavanje javnih predavanja u školama i mjesnim zajednicama, propaganda preko radija i TV o upotrebi trošila, izdavanje posebnih edicija, brošura i letaka; kao posebni zadatak ističe se uvođenje programa racionalne potrošnje u predmete tehničko obrazovanje i domaćinstvo u osnovnoj školi, kao i u neke predmete usmjerenog obrazovanja.

4. RACIONALIZACIJA POTROŠNJE U INDUSTRIJI

Industrija o kojoj je ovdje riječ troši oko 32% ukupne energije u SR Hrvatskoj (ili 30% ukupne energije iz mreže prijenosa). Zajedno s tzv. direktnim potrošačima industrija sveukupno troši nešto manje od 60% raspoložive električne energije naše republike.

Racionalizacija potrošnje u industriji često se odražava direktno na proizvodnost rada pa nema sumnje da je treba provoditi sve bolje i bolje.

Već pri izboru tehnologije trebat će izabrati takvu koja traži najmanji ili približno najmanji specifični potrošak električne enrgije. Prednost će imati i one tehnologije koje ne izazivaju velike razlike u dijagramu opterećenja, imaju dobar faktor snage i sl. Korištenje otpadne topline mora biti u svakom slučaju predviđeno. Kod upravljanja i preoblikovanja same električne energije u prvi plan dolaze uređaji energetske elektronike, prvenstveno zbog visokog stupnja djelovanja, ekonomičnosti, pouzdanosti i sl. (ispravljači, pretvarači, stabilizatori napona i frekvencije itd.). Ekonomičnost se ovdje ogleda u vrlo malim gubicima energije kod svih procesa.

Suvremene tehnologije mogu pomoću automatike i ostalih suvremenih načina upravljanja rješavati mnogo problema vezanih za racionalno vođenje pogona.

Na nekim primjerima iz domaće industrije može se vidjeti kako je racionalizacija korisna i za elektroenergetski sistem i za potrošače. Npr., u Krapinskoj tekstilnoj industriji svojevremeno je postignuto povećanje potrošnje bez utjecaja na opterećenje mreže, i to samo raspodjelom rada među smjenama. Primjera ima i iz SR Slovenije, gdje su se programiranjem rada nekih uređaja izbjegla vršna opterećenja, što je direktno utjecalo na uštede u plaćanju angažirane snage (npr. Cementara Trbovlje). Smatra se da se danas u industriji mogu ovim putem postići uštede od oko 2 do 3%, prvenstveno zbog kompenzacije jalovih snaga i izravnanja dijagrama, a to iznosi oko 80 GWh. Zbog svega toga smatra se prirodnim i nužnim da se nastavi s uvođenjem energetskih službi za uvođenje i praćenje racionalnih mjera. Te službe sudjeluju u čitavom procesu počevši od ugovaranja kupoprodaje energije, razradi dinamike potrošnje i opterećenja. S praktične strane gledajući, ne može svaka mala industrija zaposliti elektroenergetičara ili odgovarajuću službu. Za takve slučajeve morat će se postaviti »elektroenergetski servis« u distributivnom poduzeću, možda u okviru savjetodavnih službа za potrošače ili sl. Dijelove poslova oko racionalizacije mogu vršiti i razne organizacije s »Consulting«-statusom.

Mjere koje bi se ovdje mogle odmah provesti uglavnom su dogovornog karaktera, a to bi primjerice bile:

— pomaci radnog vremena u odnosu na druge industrije i široku potrošnju,

— uvođenje nagrađivanja inventivnog i racionalizatorskog rada (kao jedna od najvažnijih mjera),

— izdavanje građevnih dozvola samo za privredne objekte koji imaju racionalnu tehnologiju te imaju ostale racionalne uvjete (izolaciju zgrada, način grijanja i ventilacije i sl.),

— ulaganje u istraživačke radove u energetici za vlastite ili šire društvene potrebe.

5. MJERE RACIONALIZACIJE U OPĆEDRUŠTVENOJ I ŠIROJ ELEKTROPRIVREDNOJ SFERI

Velike mogućnosti postoje da se putem propisa i zakona dođe do racionalnije potrošnje. Pri tome je već spomenuto propisano povećanje izolacije zgrada za 50%, ali se propisima treba zahtijevati i povećanje izolacije nekih aparata, npr. bojlera i hladnjaka. To se može provesti bilo postavljanjem kvalitetnije izolacije, bilo njezinim podebljanjem.

U svakom slučaju treba smanjivati toplinske gubitke kroz izolaciju.

Nadalje će trebati jednim općim propisom ograničiti maksimalne temperature u prostorijama na oko 20°C, kao što je u nekim zemljama već učinjeno. Akcija mora biti popraćena i tehničkim mogućnostima (sitna automatika, mogućnost baždarenja termostata i sl.).

Za uređaje koji na racionalan način troše električnu energiju mora se predvidjeti uvođenje znaka kvalitete za racionalan uređaj, a za to je potrebno donošenje posebnog standarda. Pravo na taj znak dodjeljivao bi se na temelju odobrenja Jugoslavenskog zavoda za standardizaciju.

Najvažniji način postizanja racionalne potrošnje je putem tarifnog sistema. U postojećem tarifnom sistemu nisu dovoljno istaknute granice racionalnosti, pa će dorađeni sistem morati jasno razlikovati razne kategorije potrošnje s obzirom na limitiranje snaga (struja) i šire uvođenje MTK-sistema.

U općedruštvenim okvirima ima mnogo faktora koji će morati sudjelovati u izgrađivanju svijesti o tome da energije zaista nema i kako se treba racionalno odnositi prema energetici. Očito je da je tu uloga radija, TV i tiska nezaobilazna. Ovim putem treba i dalje nastojati mijenjati navike, reklamirati proizvode sa znakom kvalitete za racionalnu potrošnju. Uz meteorološke izvještaje moglo bi se davati upute o pripremama za grijanje ili za njegovo isključenje i sl.

Konačno, vrlo je važno da sredstva javnog informiranja budu medij za brzu povratnu informaciju o efektima racionalizacije i štednje, kako bi se potrošači znali ravnati. Na taj način će razvijene navike biti primijenjene u osobnom životu i na radnom mjestu, jer su nedjeljive. Svladavanje navika je korak naprijed u nivou kulture života.

6. DONOŠENJE DRUŠTVENOG DOGOVORA O RACIONALNOM TROŠENJU ENERGIJE

Smatra se da je najpravilniji način da se kod nas obveže mnoštvo društvenih faktora na prilaz racionalnoj razdiobi i potrošnji — Društveni dogovor o racionalizaciji potrošnje (vidi Lit. 7). To se ne bi odnosilo samo na distributivnu djelatnost, nego bi, dapače, distribucija bila samo dio spomenutog dogovora. On bi osim toga bio glavna podloga za donošenje niza samoupravnih sporazuma između distribucije, industrije i ostalih o provedbi konkretnih mjera racionalizacije.

Potpisnici dogovora bit će i oni koji su zainteresirani za druge energetske sirovine pa se predlaže kao najmanje ova lista:

— Izvršno vijeće Sabora SR Hrvatske
— Republička konferencija SSRN Hrvatske
— Privredna komora SR Hrvatske
— Republička samoupravna interesna zajednica potrošnje el. energije
— Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske
— samoupravne interesne zajednice ostalih energegata u Hrvatskoj
— samoupravna interesna zajednica za znanstveni rad Hrvatske
— banke
— Savez organizacija za tehničku kulturu Hrvatske
— Samoupravna interesna zajednica za očuvanje okoline
— ostali zainteresirani sa područja proizvodnje i prijenosa energije, prometa, odgoja, industrije itd. (točniji popis moraju dati predlagači za ta područja).

Očito je da će tu glavnu ulogu odigrati upravo SSRN Hrvatske kao inicijator dogovora. Dogovor mora pratiti odgovarajući »program« s mogućnošću podjele na etape po godinama koje moraju biti planirane i kontrolirane kako bi se moglo napredovati u mjerama.

7. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Program provedbe racionalnih mjera u biti je dugoročnog karaktera, jer je takvog karaktera opća nestašica primarnih energetskih sirovina, kao i težnja za ekonomičnošću.

Ipak, mogu se načiniti programi donošenja pojedinih mjera za kraće, srednje i duže vremenske periodu što, naravno, ovisi o mnogim mogućnostima, kao što je stupanj izgrađenosti mreže s obzirom na upravljanje, zatim izgrađenost navika

potrošača itd. U tom smislu imamo dugoročne, srednjoročne i kratkoročne mjere racionalizacije.

I. Dugoročne (5 do 15 i više godina):

1. *u distribuciji* — planiranje optimalnih električnih mreža i broja naponskih nivoa, uvođenje suvremenih načina upravljanja (MTK, procesori itd.);

2. *u širokoj potrošnji* — suvremeni načini grijanja prostorija i pripreme tople vode, prilagodba instalacija, sistemi edukacije;

3. *u industriji* — nabava ili stvaranje optimalnih tehnologija, uvođenje procesora i mikroprocesora u tehnologiji i za tržište, racionalnih aparata itd.;

4. *u široj elektroprivrednoj sferi i društvu* — rad na usavršavanju tarifnog sistema, standarda i propisa, praćenje normativa potrošnje, sistemi odgoja na svim pedagoškim nivoima i putem sredstava informiranja.

II. Srednjoročne (1 do 5 godina):

1. *u distribuciji* — provedba limitiranja snage potrošača i adekvatno penaliziranje, provedba višetarifnog sistema, kompenzacija u mreži, proširenje MTK-sistema na nivo 110 kV;

2. *u širokoj potrošnji* — staviti pod kontrolu sve vrste električnih grijanja i pripreme tople vode, prilagodba instalacije potrošača za MTK, propaganda racionalizacije;

3. *u industriji* — kompenzacija jalovih snaga, uvođenje elektroenergetskih službi, proizvodnja racionalnih aparata i regulacionih sklopova za racionalnu potrošnju;

4. *u široj elektroprivrednoj sferi i društvu* — tarifni sistem prilagođen za primjenu limitiranja i primjene MTK, praćenje normativa potrošnje, donošenje potpunog programa za škole.

III. Kratkoročne (do 1 godine osobito neposredne):

1. *u distribuciji* — uvesti savjetodavne službe za potrošače, sistem praćenja i nagrađivanja racionalizatorstva na polju elektroenergetike u distribuciji, praćenje događaja u mreži i adekvatne intervencije;

2. *u širokoj potrošnji* — TV i radio-emisije, predavanja, leci, brošure za propagandu racionalnije potrošnje i sl.;

3. *u industriji* — elektroenergetske službe, pomaci radnog vremena, poticanje racionalizatorstva;

4. *u široj elektroprivrednoj sferi i društvu* — pripreme propisa za sve nosioce prostornog planiranja kojim će se oni obavezati na racionalnu upotrebu energije i očuvanja okoline, na području Tehničkih propisa treba propisati (za projektiranje i izvedbu) obaveznu primjenu MTK uređaja, razdvajanje instalacije potrošača te uvođenje kalibriranih automatskih glavnih osigurača (limitatora), zatim obaveznu kompenzaciju jalovih snaga; propisati provjeravanje opterećenja transformatora i vršenje zamjene zbog ekonomskog pogona; na području standarda uvesti znak kvalitete za racionalne uređaje; tipizirati presjeke nadzemnih i kab. vodova i veličine transformatorskih stanica na nivou republike. Na području zakona — ozakoniti napon 20 kV te donijeti sva zakonska rješenja, kako bi se mogao čim prije donijeti Društveni dogovor o provedbi mjera racionalizacije na nivou SR Hrvatske (glavne potpisnike treba imenovati); donijeti zakon o maksimalnoj temperaturi prostorija na 20°C. U tom razdoblju banke trebaju donijeti kriterije za kreditiranje investicija za racionalizaciju potrošnje (npr. za poboljšanje izolacije zgrada, izmjene u instalaciji potrošača, kao i za veće investicije u industriji ili distribuciji).

Jasno se primjećuje da je kratkoročni program vrlo opterećen, što se objašnjava time da treba prevladati neke osnovne organizacione zahvate, dok će to kasnije biti više dio srednjoročnih i dugoročnih programa.

Smatra se da je realno očekivati da provedbom predloženih mjera budu postignute uštede na primarnim sirovinama, i to samo u srednjoročnom razdoblju:

— zbog smanjenja gubitaka u mreži distribucije	za 5%
— zbog racionalizacije potrošnje u industriji	za 3%
— zbog racionalizacije potrošnje u širokoj potrošnji	za 2%
ukupno	10%

U daljoj perspektivi — tj. dugoročno — valja očekivati brži razvoj direktnih transformacija 110-20(10)-0,4 kV, kojim će se postizati uštede od preko 20% prema današnjem četveronaponskom sustavu. Tako će sustav smjera racionalizacije biti na najbolji način zatvoren, pa se može prognozirati da ćemo »sutra« raspolagati energijom u distribuciji bar 30% korisnije nego danas. Električna energija je sigurno najplemenitiji oblik energije i sva će nastojanja oko racionalizacije i korištenja energije neiscpivih izvora (sunce, geotermalna energija) mora voditi ne do rasipavanja, već njezina punijeg iskorištenja.

LITERATURA

1. Statistički godišnjak Elektroprivrede SFRJ za 1976. godinu, Beograd, 1977.
2. Godišnjak 1976. Elektroprivrede Hrvatske, ZEOH, 1978.
3. Izvještaji dispečerske službe Zajednice elektroprivrednih organizacija SRH 1978.
4. Mjesečni izvještaji tehničkih ureda za 1978. godinu OOUR »Elektroprenos«, »Elektroprivreda«, Zagreb i OUR »Elektroprenos«, Matulji
5. Materijali s više savjetovanja o racionalnoj potrošnji i korištenju eektrične energije: Šibenik, svibanj 1974 — SEITH; Bled, prosinca 1974 — ZJE, Zadar, travnja 1979 — SEITH

6. H. Požar, Tocigl i dr.: »Osnovni principi tarifnog sistema za prodaju električne energije«, studija Instituta za elektroprivredu, Zagreb, 1979.
7. Uradni list SR Slovenije, št. 21—26. X. 1978. str. 1892 — 1896: »Družbeni dogovor o ukrepih in aktivnostih za zgotovitev racionalnega pridobivanja, pretvarjanja, transporta in porabe energije«.
8. E. Mihalek: Racionalizacija potrošnje električne energije — podloge za provedbu racionalizacije u području razdiobe i potrošnje električne energije«, studija Instituta za elektroprivredu, Zagreb, 1980.

RATIONING IN THE ELECTRIC POWER DISTRIBUTION AND CONSUMPTION

Rationing of energy is obligation for our civlization. In past year the most prevailing impuls for rationing of energy were profits but now it is crisis of energy resources. Rationing in the eletric power distribution and consuption is very important step in preservation of energy resorces and enviromental inplications.

Naslov pisca:
Ernest M i h a l e k, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Energija God. 29 (1980 br. 5—6, 215—222.

OSVRT NA DOSADAŠNJE METODE ZA UTVRĐIVANJE FIZIČKIH VELIČINA POTREBNIH ULAGANJA ZA IZRADU PROGRAMA RAZVOJA DISTRIBUTIVNE MREŽE

Mladen Šicel, Zagreb

UDK 621.316.1.003

U članku se daje prikaz dosadašnjih metoda planiranja za srednjoročna razdoblja 1971—1975. i 1976—1980. s kritičkim osvrtom na prednosti i nedostatke koji su bili osnova za izradu nove metode planiranja Programa razvoja 1981—1985.

SVRHA IZRADE USUGLAŠENE METODE

Na osnovi Samoupravnog sporazuma o zajedničkom razvoju elektroenergetskog sistema Hrvatske dužne su radne organizacije distribucije donijeti usuglašenu metodu za izradu programa razvoja kako bi se za iste kategorije potrošača osigurali približno jednaki uvjeti opskrbe električnom energijom.

Dosadašnje metode su sadržavale određene nedostatke, a naročito ove:

a) Stope rasta ukupne električne energije kao ulazni parametar jeste prikladna, pa je dolazilo do različitih deformacija, stoga treba operirati stopama rasta potrošnje po strukturi, to jest po naponskim nivoima (110 kV, 35(30) kV, 10 kV, 0,4 kV ostali i kućanstvo).

b) Novelacija vrijednosti osnovnih sredstava nije izvršena realno zbog prijenosa postrojenja tuđih imalaca po simboličnim cijenama.

c) Takozvanim niveliranim vrijednostima osnovnih sredstava su pridodane zaostale investicije koje nisu jednoznačno određene, što je još više iskrivilo sliku o stanju postrojenja.

Programi razvoja i planovi izgradnje izrađeni po dosadašnjim metodama, koje su imale navedene nedostatke, bili su neadekvatni, a donosili su se uz određene kompromise i s velikim zakašnjenjem.

Takav način planiranja dovodio je do nepovjerenja među organizacijama distribucije, što se negativno odražavalo u daljnjem radu na razradi planova i programa razvoja.

Studija treba dati odgovor na pitanje kako da se izračuna fizička veličina postrojenja (dužina mreže po naponskim nivoima i broj trafostanica po nivoima) uz jednake uvjete opskrbe potrošača. Pri tome treba imati na umu da su se neka područja razvijala brže a neka sporije, pa se izgradnja treba usmjeriti tako da se taj zaostatak u 5-godišnjem razdoblju smanji, a zatim u idućem razdoblju potpuno eliminira.

OPĆI OSVRT NA DOSADAŠNJE PLANIRANJE RAZVOJA DISTRIBUCIJE HRVATSKE

Elektrodistribucija je u Hrvatskoj nakon 1945. prošla nekoliko faza razvitka, počevši od faze poslijeratne početne elektrifikacije naselja i domaćinstava preko faze saniranja tehnički nedovoljno izgrađenih mreža do koncipiranja modernih i tehnički vrlo složenih distributivnih mreža i postrojenja.

Faza početne elektrifikacije naselja i domaćinstava vršena je manje-više stihijski i nije se izrazitije temeljila na naučnim metodama koje bi upućivale na potrebu racionalnog investiranja, a bila je rezultat utjecaja različitih faktora, primjer financijske mogućnosti i potrebe regionalnih privreda, razumijevanja društveno-političkih faktora u određenim sredinama, geografskog položaja terena, klimatskih uvjeta i dr.

Faza saniranja tehnički nedovoljno izgrađenih mreža i faza koncipiranja modernih distributivnih mreža sadrže određene metodološke i stručne pristupe ovoj materiji koji će biti u nastavku izneseni.

— plana izgradnje 1971—1975,
— rebalansa plana izgradnje 1971—1975.
— programa razvoja 1976—1980.
— prijedlog programa razvoja 1978—1982.

PLAN IZGRADNJE ZA RAZDOBLJE 1971 — 1975.

Kao osnovni ulazni podatak od kojeg se pošlo u planiranju izgradnje distributivnih postrojenja jest ELEKTROENERGETSKA bilanca, odnosno konzum za koji je potrebno izgraditi elektroenergetsku mrežu. Prema tome bilo je potrebno obaviti planiranje razvoja potrošnje električne energije.

Budući da se u praksi ni jedna metoda prognoziranja razvoja potrošnje električne energije nije pokazala uvijek egzaktnom, bilo je potrebno ra-

diti s najmanje dvije metode ili s jednom koja će sadržavati pesimističku i optimističku varijantu.

Od metoda za primjenu proučavale su se:

— metoda logaritamskog pravca,
— metoda strukturne prognoze.

Metoda logaritamskog pravca

Logaritamski se pravac može izraziti matematički prema formuli.

$$\log W_t = a + b \cdot t,$$

gdje su »a« i »b« konstante koje se određuju na osnovi statističkih podataka iz prošlosti.

Pri određivanju konstanti bilo je podesno osim historijskih podataka uzeti u obzir i varijante s pretpostavljenim prosječnim stopama rasta bruto-potrošnje i maksimalnog opterećenja.

Rezultatima koji su dobiveni metodom logaritamskog pravca trebalo je pribrojiti odvojeno prognoziranu potrošnju električne energije i potrošnju maksimalnog opterećenja specijalnih potrošača, i to, u načelu, dobivene na osnovi sklopljenih ugovora o učešću u izgradnji elektroenergetskih objekata.

Metoda strukturne prognoze

Metoda se osniva na kriteriju:

— kapaciteta osnovnih urbanističkih sadržaja, odnosno predviđenih kapaciteta proizvodnje pojedinih grana,
— normativa jediničnih opterećenja i potrošnje promatranih grupa potrošača, te
— karakterističnim dnevnim i godišnjim dijagramima potrošnje pojedinih potrošača i grupa potrošača.

Metoda logističke krivulje

Metoda logističke krivulje služi za određivanje ukupne potrošnje (distribucija + direktni potrošači), a izražena je jednadžbom

$$\log W = \frac{k}{1 + m\ e^{-a \cdot t}}$$

gdje je:

W — godišnja potrošnja električne energije (GWh),
e — baza prirodnih logaritama,
a, k, m — parametri logističke krivulje,
t — vrijeme u godinama

Za parametre su uzete ove veličine:

k = 5,439,
m = 0,701,
a = 0,033.

Nakon dobivene ukupne potrošnje po godinama oduzimale su se veličine potrošnje direktnih potrošača prema njihovim prijavama.

Ove se metode mogu primjenjivati za srednjoročno (5-godišnje) prognoziranje razvoja potrošnje električne energije, dok je za dugoročno prognoziranje razvoja potrošnje električne energije i maksimalnog opterećenja pogodna primjena globalne prognoze metodom logaritamskog pravca.

Već se pri izradi Programa razvoja 1971—1975. spoznalo da je u srednjoročnom prognoziranju razvoja potrošnje električne energije i potrošnje maksimalnog opterećenja nužno uvesti praksu da se svake godine novelira izvršena prognoza izuzimanjem prve godine i dodavanjem iduće godine, što znači obuhvaćanje novog 5-godišnjeg razdoblja pomaknutog za 1 godinu.

Trebalo je da se za svaku promatranu godinu izračuna stopa prirasta potrošnje (to je takozvana verižna stopa rasta za razliku od prosječnih godišnjih stopa rasta duljeg vremenskog razdoblja koje se izračunavaju na bazi indeksa), te prosječne godišnje stope rasta potrošnje za promatrano razdoblje na temelju indeksa potrošnje bazne 1970, što se izračunava na temelju »Tablice za utvrđivanje prosječnih stopa porasta i pada« u izdanju Informatora, Zagreb.

Na osnovi tako dobivenih stopa, prišlo se izradi plana bruto-investicija elektrodistribucije.

Plan bruto-investicija elektrodistribucije

Plan bruto-investicija je prikazan prema ovim ekonomskim kategorijama:

1. Zamjena i rekonstrukcije
2. Zaostale investicije:
   a) zbog poboljšanja kvalitete opskrbe,
   b) zbog povećanja sigurnosti opskrbe,
   c) investicije u objekte i kadrove utječu na održavanje kvalitete i sigurnosti opskrbe.
3. Nove investicije proširene reprodukcije:

— nove investicije za postojeće potrošače,
— nove investicije za nove potrošače,
— investicije za elektrifikaciju još neelektrificiranih krajeva,
— ostale investicije.

Uz financijske podatke daje se i prikaz naturalnih pokazatelja (osnovni tehnički parametri) po unaprijed navedenim ekonomskim kategorijama.

Plan bruto-investicija sadrži i naslovni popis objekata predviđenih za izgradnju postrojenja 35 (30) kV i višeg napona.

Podaci o nabavnoj vrijednosti osnovnih sredstava prema knjigovodstvenoj vrijednosti iskazani su za što dulji niz godina unazad, a stanje do kraja 1970. g. procijenjeno je u skladu s godišnjim planom investicija i podudara se s procjenom zaostalih investicija.

Opis kategorija investicija

1. Zamjene i rekonstrukcije

Obuhvaćaju se samo investicije za zamjenu dotrajalih sredstava rada koje ne povećavaju kapacitet mreže niti kvalitetu opskrbe potrošača.

Potreban se iznos planira u određenom postotku na vrijednost osnovnih sredstava, a na osnovi zakonitosti prema formuli *E. Domara*. Postotak ovisi o stopi investicija i o stopi amortizacije prema izrazu

$$z = p \cdot \frac{r \cdot m}{e^{r \cdot m} - 1}$$

gdje je:

z — stopa zamjene,

p — korigirana stopa amortizacije koja je jednaka produktu stvarne stope amortizacije (p_k) i koeficijenta dobivenog iz odnosa novelirane nabavne vrijednosti osnovnih sredstava po tržnim cijenama (OS_{nr}) i knjigovodstvene nabavne vrijednosti osnovnih sredstava (OS_{nk}), što se može prikazati izrazom:

m — vijek trajanja postrojenja,

r — stopa rasta investicija.

Uz prosječne vrijednosti p(%), m(god.) i r(%) prosječna stopa zamjene iznosi z(%) od vrijednosti osnovnih sredstava.

2. Zaostale investicije

Prikazuju se izračunate ili procijenjene ukupne vrijednosti zaostalih investicija nagomilane u toku prethodnih godina sa stanjem na kraju 1970. godine.

a) Zaostala investicija je ona investicija koju je potrebno realizirati da bi se garantirale kvaliteta i sigurnost opskrbe potrošača postojećeg konzuma električne energije.

b) Slučajevi kod kojih se mijenjaju osnovni parametri postrojenja u perspektivi rješavaju se tako da se razmjerno dijelu kapaciteta potrebnog za zadovoljenje postojećeg konzuma smatra zaostalom, a ostatak novom investicijom.

Druga je mogućnost da se ovakvi slučajevi u cijelosti smatraju zaostalom investicijom. Međutim, tada se stopa rasta fiksnih fondova obavezno uzima niža.

c) Za procjenu zaostalih investicija za poboljšanje naponskih prilika u mreži služili su ovi kriteriji:

M r e ž a 0,4 kV. Interpolacija novih TS 10/0.4 kV u okviru procjene zaostalih investicija za poboljšanje kvalitete naponskih prilika u mreži vrši se na osnovi normativa prosječne dužine vodova po TS, i to posebno za kabelske, a posebno za zračne mreže. Uz svaku interpoliranu TS 10/0,4 kV računalo se s odgovarajućim zahvatima u mreži 0,4 kV, i to u prosjeku:

— u zračnoj mreži 3,0 km/TS,
— u kabelskoj mreži 0,8 km/TS.

Pri ovakvom proračunu dolazilo je do razlike između potrebnog i stvarnog broja TS koje opskrbljuju električnom energijom zračnu mrežu, pa je izvršena procjena o tome koliko će se stanica izvesti na stupu, a koliko će biti tipa »tornja« zbog raznolikosti u jediničnim cijenama izvedbe.

d) Procjena zaostalih investicija za povećanje sigurnosti opskrbe potrošača obavljena je prema općem kriteriju.

M r e ž a 0,4 kV. Odnos između instalirane snage (P_i) transformatora i maksimalnog opterećenja (P_m) u transformatorskim stanicama 10/0,4 kV treba da u prosjeku iznosi

$$P_i = k \cdot P_m,$$

gdje koeficijent »k« iznosi 1,33 i predstavlja rezervu kapaciteta transformacije.

Specijalnim potrošačima u mreži 0,4 kV trebalo je osigurati dvostrano napajanje, odnosno rezervu u transformaciji 10/0,4 kV.

Pod specijalnim potrošačima ovdje se misli na bolnice, kazališta, kina, pekarnice, vodovode i druge objekte većeg javnog značenja.

M r e ž a 10 kV. Konzumno područje (grupa potrošača s ukupnim vršnim opterećenjem preko 1500 kVA mora imati dvostrano napajanje vodovima 10 kV).

Specijalni potrošači osjetljivi na prekide dobave električne energije moraju imati mogućnost napajanja bez obzira na vršno opterećenje.

M r e ž a 35 kV. Grupa potrošača (konzumno područje) s vršnim opterećenjem od 3 000 kW i više mora imati punu ili djelomičnu rezervu u transformaciji i dvostruko napajanje.

Navedeni kriteriji su konvencionalni, a vrijedili su za prosjek u cijeloj distribuciji Hrvatske, dok je kod svake distributivne organizacije bilo specifičnosti koje su otvarale široke mogućnosti procjene, a time se dovodila u pitanje realnost veličine zaostalih investicija.

3. Nove investicije proširene reprodukcije

Osnovica za izračunavanje novih investicija potrebnih za osiguranje novog volumena potrošnje električne energije bila je novelirana nabavna vrijednost svih osnovnih sredstava na dan 31. 12. 1970.

Nove investicije obuhvaćale su ove kategorije:

a) nove investicije za postojeće potrošače,
b) nove investicije za nove potrošače,
c) investicije za elektrifikaciju još neelektrificiranih krajeva,
d) ostale nove investicije.

Za kategoriju a) podrazumijeva se:

— interpolacija novih TS 10/0.4 i 35/10 kV,
— zamjena neadekvatnih zračnih vodova kabelskim vodovima većeg presjeka,
— proširenje mreže i povećanje presjeka vodiča,
— povećanje instalirane snage transformacije i proširenje transformatorske stanice,
— proširenje i poboljšanje javne rasvjete,
— tehnička unapređenja u postojećoj mreži (nova zaštita, nove sklopke, prelaz na nulovanje, prelaz na 35 kV ili od nižeg na viši napon, modernizacija postrojenja i slično).

Kategorija b) obuhvaća nove investicije za nova stambena naselja u gradovima i drugim opće elektrificiranim naseljima, kao i investicije za opskrbu novih pojedinačnih industrijskih i drugih većih potrošača.

Kategorija c) obuhvaća ulaganja u elektrifikaciju još neelektrificiranih područja, odnosno naselja.

Kategorija d) obuhvaća modernizaciju, odnosno usavršavanje tehnologije rada, na primjer:

— tehnička unapređenja koja služe postojećim i novim potrošačima (dispečerski centri, telekomanda, mrežna tonfrekventna komanda, automatizacija, UKV-uređaji i mreža i slično),
— mehanizaciju i transport,
— automatizaciju i elektronička računala,
— studije i istraživanja,
— poslovne i pogonske zgrade, skladišta, ispitne stanice, baždarnice i slično.

Pri određivanju nabavne vrijednosti osnovnih sredstava uzet je prosječan koeficijent izvršene revalorizacije prema dokumentaciji organizacije.

Prosječan koeficijent porasta cijena elemenata osnovnih sredstava poduzeća su ocjenjivala za pojedine godine prema vlastitim podacima o porastu tih cijena.

Uzimao u obzir intenzitet utjecaja opreme, cijena građevinskih radova, troškova montaže u vlastitoj režiji, troškovi transporta i ostali troškovi koji su utjecali na formiranje nabavne vrijednosti osnovnih sredstava po grupama iz nomenklature OS-a.

Konačni rezultat je trebao pokazati koliko bi iznosila nabavna vrijednost OS-a 31. 12. 1970. kada bi mreža bila potpuno sanirana i kad bi bila preuzeta sva tuđa sredstva koja sudjeluju u radnom procesu potrošača.

Stopa rasta potrošnje električne energije i stopa rasta fiksnih fondova (nove investicije proširene reprodukcije) u uskoj su kauzalnoj vezi. Budući da prilikom prognoze novih investicija treba uključiti i porast produktivnosti sredstava rada, stopa rasta novih investicija nešto zaostaje za stopom rasta potrošnje električne energije.

To se može izraziti formulom

$$r_f = r_w \cdot k,$$

gdje je:

r_f — stopa rasta fiksnih fondova (novih investicija),

r_w — stopa rasta potrošnje električne energije,

k — koeficijent korelacije koji se uzima po slijedećoj degresiji za razdoblje:

1971 — 1975. — k = 0,95,
1976 — 1980. — k = 0,93,
1981 — 1985. — k = 0,91.

Ako se uzme da je novelirana kompletirana nabavna vrijednost osnovnih sredstava = 100, može se dati primjer proračuna novih investicija proširene reprodukcije:

	Novelirana kompletirana vrijednost OS-a na		Nove investicije proširene reprodukcije
1.	Dan 31. 12. 1975.	= 100	
	9,5% novih investicija za 1976.	9,50	9,50
2.	Stnje 31. 12. 1976.	= 109,50	
	9,5% novih investicija za 1977.	10,40	10,40
3.	Stanje 31. 12. 1977.	= 119,90	
	9,5% novih investicija za 1978	11,39	11,39
4.	Stanje 31. 12. 1978.	= 131,29	
	9,5% novih investicija za 1979.	12,47	12,47
5.	Stanje 31. 12. 1979.	= 143,76	
	9,5% novih investicija za 1980.	13 66	13,66
6.	Stanje 31. 12. 1980.	= 157,42	

S obzirom na izračunatu nabavnu vrijednost OS-a prema prosječnim koeficijentima revalorizacije za svako poduzeće i različitim porastima cijena odnosno troškova, ova je metoda sadržavala velik nedostatak: sva područja na teritoriju Hrvatske nisu se razvijala u približno jednakim uvjetima.

PLAN IZGRADNJE ZA RAZDOBLJE 1976 — 1980. Alternativa II

Za razdoblje 1976 — 1980. predviđeni su elementi nabave, proizvodnje i potrošnje električne energije, a ocijenjeni su na osnovi sagledavanja strukture potrošnje električne energije.

Prosječna godišnja stopa rasta potrošnje utvrđena je na osnovi indeksa potrošnje »i_p« iz odnosa

$$i_p = \frac{\text{potrošnja 1980.}}{\text{potrošnja 1975.}}$$

Za dobiveni indeks potrošnje (i_p) dobiju se prosječne godišnje stope rasta potrošnje (s_p) prema »Tablicama« Informatora o rastu potrošnje.

Prognoziranje realnog obujma potrebnih novih investicija za osiguranje opskrbe potrošnje električne energije u rastu zahtijeva noveliranje knjigovodstvenih nabavnih vrijednosti osnovnih sredstava. Naime, trebalo je utvrditi kolika je nova nabavna vrijednost po tržnim cijenama stvari tih sredstava na dan 30. 6. 1974.

Budući da je elektroenergetska mreža distributivnih organizacija zaostajala u toku niza proteklih godina za razvojem i rastom potrošnje električne energije i za razvojem i proširenjem kapaciteta djelatnosti proizvodnje i prijenosa, bilo je potrebno utvrditi veličinu zaostalih investicija u elektroenergetsku mrežu distributivnih poduzeća sa stanjem na dan 31. 12. 1973. po cijenama tih zaostalih investicija na dan 30. 6. 1974.

Kategoriju zaostalih investicija trebalo je proračunati, a njihovu vrijednost dodati noveliranoj knjigovodstvenoj nabavnoj vrijednosti OS-a da bi se dobila realna osnova za prognozu vrijednosti novih investicija. U protivnom bi se u proračunu novih investicija provlačila i dalje zaostalost elektroenergetske mreže.

U radnom procesu opskrbe potrošača sadašnjim količinama električne energije sudjeluju i elektroenergetska postrojenja drugih imalaca. Za prognozu novih investicija trebalo je utvrditi i nabavne vrijednosti po cijenama na dan 30. 6. 1974. i za ta elektroenergetska postrojenja.

Tako noveliranu nabavnu vrijednost OS-a distributivnih organizacija trebalo je povećati za vrijednost zaostalih investicija.

Loša kvaliteta opskrbe potrošača električnom energijom po kontinuitetu isporuke (česti prekidi) i po znatnim odstupanjima od normativnog napona posljedica je stalnog zaostajanja razvoja i proširenja elektroenergetske opskrbe mreže za razvojem i rastom potrošnje električne energije. Prema tome, zaostale investicije i loša kvaliteta opskrbe potrošača električnom energijom u uskoj su kauzalnoj vezi.

Da bi se dobila veličina zaostalih investicija, bilo je potrebno utvrditi što i koliko treba ugraditi u elektroenergetska postrojenja, što su distributivne organizacije razradile već u ranijem razdoblju.

Tako novelirana nabavna vrijednost osnovnih sredstava na dan 31. 12. 1973. po cijenama od 30. 6. 1974. predstavljala je objektiviziranu veličinu fiksnog fonda elektrodistribucije. Ta je veličina služila kao osnovica za proračun novih investicija potrebnih za urednu opskrbu povećanog novog obujma potrošnje električne energije u promatranom razdoblju od 1976. do 1980.

Koeficijenti novelacije osnovnih sredstava, koje je izradila Radna grupa mreže distribucije Odbora za razvoj, a s kojima se računalo pri prvoj razradi Programa razvoja za 1976 — 1980, izračunati su za svaki OOUR osebno.

Zbog vrlo različitog pristupa u izradi podloga za Program razvoja 1976 — 1980, s obzirom na objektivne uvjete (geološke, hidrološke, transportne i druge), Radna grupa je izvršila podjelu dvadeset jednog OOUR-a u tri grupe:

I grupa — Elektroprimorje-Rijeka, Elektrodistribucija-Split, Elektrozagora-Drniš, Elektrojug-Dubrovnik, Elektrodistribucija-Knin i Elektra-Šibenik,

II grupa — Elektrolika-Gospić, Elektroistra-Pula, Elektroistra-Buje, Elektra-Zadar, Elektra-Sisak, Elektra-Karlovac i Elektra-Zagreb,

III grupa — Elektroslavonija-Osijek, Elektra-Bjelovar, Elektra-Čakovec, Elektra-Koprivnica, Elektra-Križ, Elektra-Križevci, Elektra-Varaždin i Elektra-Zabok.

Za te su grupe utvrđene jedinične novelirane cijene OS-a na dan 30. 6. 1974. elemenata plana 1976—1980. godine,
a za ostale elemente plana, za koje nije definirana jedinična cijena, dogovoren je koeficijent novelacije jednak po jedinici, jer se tako čini manja pogreška u pogledu svrstavanja OOUR-a distribucije u jednake startne osnove.

Na osnovi tako izvršene novelacije elemenata plana, izvršena je korektura prisjelih podloga prema navedenom cjeniku, pa je moguća linearna redukcija za svođenje u zadane granice iz I razrade plana.

Nove investicije iz Programa razvoja 1976 — 1980. razrađene su prema strukturi prikazanoj u tablici 1:

Tablica 1.

STRUKTURA INVESTICIJA U PLANU 1976—1980. GODINE (U POSTOCIMA)

Struktura	I Z.V.	II K.V.	III TS zidana	IV TS stupna i otvor.	V transformatori	VI zgrade	VII ostalo
a) građev. dio	60	40	45	75	—	85	—
b) oprema	20	45	35	15	100	—	100
c) montažni radovi	10	10	15	5	—	—	—
d) ostali troškovi	10	5	5	5	—	15	—
Ukupno	100	100	100	100		100	100

Koeficijenti novelacije poslužili su kao orijentacija za učešće u ukupnim investicijama i ne mogu poslužiti za druge svrhe. Izrađeni su na osnovi oskudnih, nejednako vođenih podataka o osnovnim sredstvima i uz određena pojednostavnjenja i pretpostavke koje bitno utječu na iznose ovih koeficijenata.

Predloženi koeficijenti nisu bili prihvaćeni od Elektroslavonije-Osijek, Elektroistre-Pula i Elektroistre-Buje, pa je za njih izvršeno povećanje, a za ostale organizacije odgovarajuća smanjenja tako da ukupni prosječni koeficijent za SRH ostaje nepromijenjen i iznosi 1,7300.

Budući da usvojena metodologija, iako je bila najpogodnija, nije garantirala približno pravilnu raspodjelu novih investicija između udruženih članova, trebalo je da stručne službe Zajednice predlože novu, koja bi uklonila eventualne nedostatke.

Nacrtom Samoupravnog sporazuma o zajedničkom razvoju elektroenergetskog sistema Hrvatske (član 33) propisuje se izrada metode za utvrđivanje naturalnih veličina potrebnih investicija.

U tom smislu predlaže se ova metoda:

1. Na osnovi elektroenergetske bilance i podataka o raspoloživoj električnoj energiji, gubicima električne energije i predaji električne energije po naponskim nivoima izrađuje se tok električne energije time da se gubici električne energije u vodovima 35 kV uzimaju u prosjeku s 1,5% od raspoložive električne energije, a gubici u transformaciji 35/10 kV i vodovima 10 kV u iznosu od 5% od u transformaciju predane količine električne energije.

U slučajevima kada osim transformacije 35/10 kV postoji i transformacija 110/10 kV, tok električne energije se prikazuje odvojeno za obje transformacije.

2. Iz količina električne energije koje se unose u pojedini nivo transformacije, uvažavajući da vrijeme trajanja iskorištenja vršnog opterećenja po transformatorskoj stanici 110/10 kV iznosi 6 000 sati, 35/10 kV 5 000 sati i 10/0,4 kV 3 500 sati, izračunava se vršno opterećenje odgovarajuće transformacije. Spomenuto vrijeme trajanja vršnog opterećenja čini prosječnu veličinu za područje Hrvatske.

Da bi se izračunala instalirana vrijednost potrebne transformacije za predviđen rast električne energije, potrebno je uzeti u obzir faktor snage u iznosu 0,95, faktor rezerve 0,85 i faktore istodobnosti za 110 kV transformacije (ako ima više transformatorskih stanica), iznad 0,85, za transformaciju 35/10 kV iznad 0,8 i transformaciju 10/0,4 kV 0,7.

3. Pošto su izračunate veličine instalirane transformacije po naponskim nivoima, utvrđuje se naturalni opseg ostalih elektroenergetskih postrojenja:

Vodovi 110 kV	— prema naslovnom spisku i stvarnim potrebama
TS 110/35 kV i 110/10 kV	— prema naslovnom spisku i stvarnim potrebama
Vodovi 35 kV	— prema naslovnom spisku i stvarnim potrebama
— zračni	— prema naslovnom spisku i stvarnim potrebama
— kabelski	— prema naslovnom spisku i stvarnim potrebama
TS 35/10 kV	— uzima se prema proračunu iz t. 2.
Vodovi 10 kV	
— zračni	— uzima se 2 km po 1 TS zračnoj
— kabelski	— uzima se 0,4 km po 1 TS kabelskoj
TS 10/0,4 kV	— uzima se prema proračunu iz točke 2. s time da se za dobivenu instaliranu transformaciju iskazuje i broj TS uz naznaku koliko se TS priključuje na zračnu i kabelsku mrežu, kako na gornjem naponu (10 kV), tako i na donjem naponu (0,4 kV).
Vodovi 0,4 kV	
— zračni	— uzima se 3 km voda po zračnoj TS
— kabelski	— uzima se 0,5 km kabela po TS.

Vrijednost novih investicija proširene reprodukcije izračunava se na osnovi naturalnih veličina iz točke 3. upotrebom odgovarajućih jediničnih cijena izgradnje za svaku grupu postrojenja, i to:

— vodova po km dužine,
— TS visokog i srednjeg napona po MVA,
— TS niskog napona po komadu.

Jedinični iznos troškova izgradnje uzima se prema tabeli navedenoj u alternativi I, što ju je prihvatila Radna grupa mreže distribucije Odbora za razvoj na sastanku 5, 6. i 7. svibnja 1975.

Navedene cijene treba korigirati na nivo cijena s važnošću sredine 1975. godine.

Koeficijenti korekcije u tabeli navedenih jediničnih cijena su slijedeći:

— zračni vodovi	1,25,
— kabelski vodovi	1,24,
— TS zidane	1,25.
— TS stupne	1,27.

Dobivena suma vrijednosti novih investicija za izgradnju elektroenergetskih objekata i postrojenja povećava se za 10 do 30% na ime ostalih investicija. Visina iznosa ostalih investicija primarno ovisi o eventualno potrebnoj izgradnji pomoćnih i upravnih objekata, odnosno uvođenju računskih sistema obrade podataka koji jedino mogu opravdati upotrebu povećanog postotka učešća ostalih investicija u ukupnim novim investicijama.

5. Ovdje iznesen prijedlog metode nema namjeru da bude točniji od do sada primjenjivane metode. Međutim, mislimo da prihvaćanje ovakve metode omogućava brže sporazumijevanje i pravilnije određivanje udjela pojedinih organizacija udruženog rada odnosno njihovih osnovnih orga-

Tablica 2.

PROGRAM RAZVOJA 1976—1980. GODINE
(10^6 din)

Ulaganja	1976.	%	1977.	%	1978.	%	1979.	%	1980.	%	Ukupno	%
Proizvodnja	4.526	63,09	3.328	50,87	2.408	47,15	1.817	40 64	1.670	36,21	13.753	49,30
Prenos	1.287	17,94	1.695	25,90	1.035	20,20	819	18,32	948	20,56	5.778	20,70
Distribucija	1.360	18,97	1.522	23,23	1.669	32,65	1.835	41,04	1.993	43,23	8.380	30,00
Ukupno	7.173	100,00	6.546	100,00	5.112	100,00	4.471	100,00	4.611	100,00	27.911	100,00

nizacija u raspodjeli limitiranih iznosa investicija koji su redovno niži od potrebne investicije što ih iskazuju organizacije.

6. Primjer izračunavanja naturalnih veličina novih investicija dan je u prilogu ove metode.

7. Zaostale investicije planiraju se samo za povećanje sigurnosti i kvalitete opskrbe potrošača električnom energijom, ali ne i za povećanu potrošnju električne energije koja je obuhvaćena u novim investicijama proširene reprodukcije.

Iznos zaostalih investicija po godinama limitira se s planiranim pritjecanjem financijskih sredstava s naslova doprinosa na osnovi odluka općinskih skupština i na osnovi Zakona o dopuni Zakona o elektroprivredi (25%).

8. Zamjena i rekonstrukcije planiraju se prema Uputstvu iz srpnja 1974. godine.

9. Prilikom izračunavanja novih investicija za novu potrošnju električne energije potrebno je imati na umu da planirana izgradnja i osiguranje potrebnih financijskih sredstava treba da prethode vremenskom razdoblju u kojem se ostvaruje povećana potrošnja električne energije.

Na predloženu novu metodu postoje određeni prigovori, koji će biti iskazani u nastavku, a koje su navele i distributivne organizacije.

Osnovna primjedba je da su vremena korištenja vršnog opterećenja i faktori snage i faktori rezerve različiti po područjima (to je izrazito naglašeno u turističkim obalnim područjima), a u metodi su vrijednosti prosječne, što može uzrokovati nepravilnu raspodjelu sredstava.

Predložena metoda nije također uzimala u obzir gustoću konzumnog područja, faktor istodobnosti i veličinu potrošnje.

Zbog kratkoće roka za izradu Programa razvoja 1976 — 1980. i s obzirom na složenost problematike koju je trebalo riješiti da se navedeni nedostaci uklone, distribucija je prihvatila da se stara metoda još korigira, tako da je ona bila realna osnova za razradu planskih veličina (tablica 2/1 i 2/2 prema Zapisniku Radne grupe od 28. i 29. 5. 1975).

Zbog nedostataka financijskih sredstava Program razvoja 1976 — 1980. rađen je u pet razrada, a peta je razrada dana u dvjema varijantama. Međutim, utvrđeni odnosi između distributivnih organizacija nisu se mijenjali. Kod svake je razrade vršena linearna korekcija (redukcija, uz napomenu da je konačno usvojeni Program izrađen prema sugestiji Vijeća udruženog rada Sabora SRH na iznos od 8 380 milijuna dinara globalno za di-

Tablica 3.

PREGLED NOVIH INVESTICIJA, PRIRASTA POTROŠNJE I SPECIFIČNIH INVESTICIJA ZA PERIOD 1976—1980 GODINE

OUR	Veličina	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	Ukupno
1. Elektroslavonija Osijek	u 000 Din	181 070	200 603	222 156	246 067	271 929	1 121 825
	MWh	89 243	105 000	107 000	119 000	127 000	547 243
	Din/kWh	2,03	1,91	2,08	2,07	2,14	2,05
2. Elektrolika Gospić	u 000 Din	42 519	47 032	56 910	56 914	61 045	264 420
	MWh	8 213	6 500	7 600	8 500	8 700	39 513
	Din/kWh	5,18	7,24	7,49	6,70	7,02	6,69
3. Elektroistra Pula	u 000 Din	83 939	127 260	144 530	159 680	173 530	688 939
	MWh	48 289	35 000	40 000	45 000	45 000	213 289
	Din/kWh	1,74	3,64	3,61	3,55	3,86	3,23
4. Elektroprimorje Rijeka	u 000 Din	101 178	112 204	116 625	115 047	136 320	581 374
	MWh	58 336	44 400	58 000	60 000	72 000	292 736
	Din/kWh	1,73	2,53	2,01	1,92	1,89	1,99
5. Elektrodalmacija Split	u 000 Din	286 396	314 625	345 519	385 569	402 540	1 734 649
	MWh	109 011	112 981	108 539	114 160	144 840	589 531
	Din/kWh	2,63	2,78	3,13	3,38	2,78	2,94
6. Elektra Karlovac	u 000 Din	53 150	56 700	60 500	64 800	69 963	305 113
	MWh	20 300	20 000	23 000	24 000	27 000	114 300
	Din/kWh	2,62	2,84	2,63	2,70	2,59	2,67
7. Elektra Sisak	u 000 Din	57 924	64 575	71 732	79 727	88 413	362 371
	MWh	25 200	20 800	35 000	49 000	23 000	107 000
	Din/kWh	2,30	3,10	2,05	1,63	3,84	3,39
8. Elektra Zagreb	u 000 Din	529 277	565 430	599 529	633 792	691 365	3 009 393
	MWh	182 753	158 000	162 000	164 000	198 000	864 753
	Din/kWh	2,90	3 58	3,70	3,86	3,44	3,48
SR Hrvatska	u 000 Din	1 335 453	1 488 429	1 617 501	1 741 596	1 885 105	8 068 084
	MWh	541 345	502 681	541 139	583 660	599 540	2 768 365
	Din/kWh	2,47	2,96	2,99	2 98	3,14	2,91

stribuciju. Usvojeni Program razvoja prikazan je u tablici 2.

Nepravilnosti koje su dovele do nejednolikog razvoja pojedinih područja navedene su prethodno, a odnos ulaganja može se izraziti po poduzećima i za SRH u tablici 3, iz koje se vidi da specifične investicije u d/kWh variraju od 1,99 do 3,48 uz izuzeće područja Elektrolike-Gospić, za koje su ekstremno velike, to jest 6,69. Prosjek Republike iznosi 2,91 za razdoblje 1976 — 1980, a raspored po godinama prikazan je u spomenutoj tablici 3.

Sagledavajući sve prethodno navedene nedostatke u periodu 1971—1975. i 1976—1980, ZEOH je naručio od Instituta za elektroprivredu u Zagrebu novu metodu planiranja čija je izrada u toku. Ta će se metoda primijeniti u narednom srednjeročnom razdoblju 1981—1985.

REWIEW OF UP TO DAY METHODS FOR DETERMINATION OF NECESSARY INVESTMENTS IN ELABORATION PROGRAMS FOR DEVELOPMENT OF DISTRIBUTION NETS

In the article are presented up to day methods for planing in middle period 1971—1975 and 1976—1980. with critical rewiew on advantages and disadvantages, wiched been used an base for elaboration of new method for planing Development Program in period 1981—1985.

Naslov pisca:
Mladen Šicel, dipl. ing.
Zajednica elektroprivrednih organizacija SRH, Zagreb

Energija God. 29 (1980) br. 5—6, 223—226.

GUBICI ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PODRUČJU SISAČKO—BANIJSKE REGIJE U USPOREDBI S OSTALIM PODRUČJIMA SR HRVATSKE

Josip M o s e r, Zagreb

UDK 621.316

U članku se analiziraju ukupni gubici električne energije po distributivnim organizacijama na području zagrebačke regije, a posebno sisačko-banijska regija kao područje »Elektre« Sisak. Zatim se uspoređuje procentualni udjeli gubitaka u ukupnoj raspoloživoj energiji, prosječne srednje vrijednosti procentualnih udjela gubitaka s varijancama, prosječne godišnje stope porasta gubitaka za razdoblje 1968—1978, novčana vrijednost gubitaka električne energije, te prosječna godišnja stopa porasta novčane vrijednosti gubitaka za sve elektrodistributivne organizacije u SRH.

Na osnovi rangiranja svih pokazatelja došlo se do usporedbe stanja u sisačko-banijskoj regiji u odnosu na ostala područja SRH.

1. UVOD

Na osnovi statističkih podataka moguće je analizirati iznose ukupnih gubitaka po područjima elektroprivrednih organizacija (regijama) i po područjima elektrodistributivnih organizacija. Zanima nas situacija na sisačko-banijskoj regiji koju identificiramo sa situacijom na području distribucije »Elektra« Sisak. U tu svrhu najprije ćemo napraviti analizu stanja gubitaka u zagrebačkoj regiji, a zatim ćemo stanje u sisačko-banijskoj regiji usporediti sa svim distributivnim područjima u SR Hrvatskoj.

2. GUBICI ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PODRUČJU REGIJE ZAGREB

U regiji Zagreb postoje tri elektrodistributivne radne organizacije: »Elektra« Zagreb, »Elektra« Karlovac i »Elektra« Sisak, od kojih »Elektra« Zagreb ima posebne OOUR-e. Bilanca nabavljene i prodane električne energije, kao i gubitaka u distribuciji pokazuje da je procentualni udio gubitaka u ukupnoj raspoloživoj energiji svakog OUR-a u (%):

Godina	»Elektra« Zagreb	»Elektra« Karlovac	»Elektra« Sisak
1969.	11,47	8,51	13,54
1970.	11 45	14,86	10 99
1971.	10,41	9,94	12,84
1972.	9,31	12,54	10,70
1973.	10,18	10,75	9,10
1974.	9,56	11,99	6,80
1975.	9,97	11,22	10,09
1976.	11,32	11,63	10,40
1977.	11,16	11,68	9,98
1978.	10,70	10,67	14,77

Kako vidimo, udjeli su vrlo promjenljivi i nema neke izrazite tendencije pada ili rasta vrijednosti. Ipak, moglo bi se zaključiti da je najbolja situacija kod »Elektre« Zagreb, a najlošija kod »Elektre« Karlovac. Prosječne srednje vrijednosti procentualnih udjela gubitaka u distribuciji te varijance su za:

»Elektru« Zagreb	10,55% ± 0,75%
»Elektru« Karlovac	11,38% ± 1,59%
»Elektru« Sisak	10,92% ± 2,18%.

Kako vidimo, najmanje oko srednje vrijednosti variraju procentualni udjeli kod »Elektre« Zagreb, a najviše kod »Elektre« Sisak.

Prosječne godišnje stope porasta za razdoblje 1969—1978. jesu u postocima za:

»Elektru«	raspol. energiju	prod. energiju	gubitke
Zagreb	5,95	6,04	5,21
Karlovac	9,14	8,88	11,16
Sisak	10,86	10,70	11,18

Vidjeli smo da su te stope u zagrebačkoj regiji ukupno bile najniže u Hrvatskoj, a to proizlazi iz niskih stopa porasta pripadajućih veličina kod »Elektre« Zagreb, jer je kod Karlovca i Siska prosječna godišnja stopa znatno viša, čak gotovo dvaput viša. Uistinu, treba naglasiti da su prosječne godišnje stope porasta promatranih veličina kod »Elektre« Karlovac i Sisak prevelike, a pogotovo nije dobro što je stopa porasta gubitaka veća od stope porasta prodane energije.

Poznate su ostvarene prosječne cijene električne energije, pa je moguće odrediti novčanu vrijednost gubitaka u promatranim OUR-ima u razdoblju 1969—1977. (u novim dinarima):

Godina	»Elektra« Zagreb	»Elektra« Karlovac	»Elektra« Sisak
1969.	20 089 711	1 054 000	1 621 100
1970.	23 655 491	2 543 220	1 652 000
1971.	28 957 785	2 378 040	2 601 900
1972.	32 233 153	3 661 020	2 976 000
1973.	43 918 828	4 617 998	3 458 765
1974.	55 847 160	7 145 341	3 643 725
1975.	100 949 920	8 880 055	7 087 483
1976.	123 015 470	9 841 201	8 925 131
1977.	143 903 100	10 396 204	14 524 319

Kako vidimo, radi se o novčanim iznosima koji iznose 14,4 milijarde starih dinara u 1977. kod »Elektre« Zagreb, oko 1 milijarde kod »Elektre« Karlovac i oko 1,5 milijarde starih dinara kod »Elektre« Sisak. Prosječne godišnje stope porasta novčane vrijednosti gubitaka iznosile su:

»Elektra« Zagreb	24,45%
»Elektra« Karlovac	28,96%
»Elektra« Sisak	27,59%.

Uz pretpostavku da će se i u idućem razdoblju do 1990. zadržati isti trend porasta mase gubitaka i isti trendovi porasta cijena ostvarenog kWh u distribuciji, moguće je odrediti prognozirane vrijednosti gubitaka (n. dinara $\times 10^6$):

Godina	»Elektra« Zagreb	»Elektra« Karlovac	»Elektra« Sisak
1977.	147 492	11 377	15 277
1978.	182 105	13 387	16 469
1979.	220 794	15 567	20 421
1980.	263 559	17 917	24 833
1981.	310 400	20 437	29 705
1982.	361 317	23 137	35 037
1983.	416 370	25 987	40 829
1984.	475 379	29 017	47 081
1985.	538 524	32 217	53 793
1986.	605 745	35 587	60 965
1987.	677 042	39 127	68 597
1988.	752 415	42 837	76 689
1989.	831 864	46 717	85 241
1990.	915 389	50 767	94 253

Možemo očekivati da će vrijednost gubitaka 1980. godine kod »Elektre« Zagreb iznositi oko 26,4 milijarde starih dinara, kod »Elektre« Karlovac oko 1,8 milijardi a kod »Elektre« Sisak oko 2,5 milijarde starih dinara, a da će se do 1985. iste vrijednosti popeti na oko 54 milijarde kod »Elektre« Zagreb, oko 3,2 milijarde kod »Elektre« Karlovac i oko 5,4 milijardi starih dinara kod »Elektre« Sisak. Jasno je da svako smanjenje donosi izuzetnu materijalnu korist.

Određujemo i međusobne odnose u stvaranju ukupne mase gubitaka. Ukupno je bilo raspoložive električne energije za distribuciju u 1978. godini:

»Elektra« Zagreb	2 829 560 MWh ili	83,29%
»Elektra« Karlovac	267 700 MWh ili	7,88%
»Elektra« Sisak	300 104 MWh ili	8,83%
regija Zagreb	3 397 364 MWh ili	100,00%

a gubici su bili:

»Elektra« Zagreb	302 699 MWh ili	80,59%
»Elektra« Karlovac	28 561 MWh ili	7,60%
»Elektra« Sisak	44 322 MWh ili	11,81%
regija Zagreb	375 582 MWh ili	100,00%

Ako usporedimo te procentualne udjele, vidimo da »Elektra« Zagreb na 83,29% raspoložive energije za distribuciju ima 80,59% gubitaka u distribuciji zagrebačke regije. Kod »Elektre« Karlovac moguće je uzeti da je stanje izjednačeno jer na 7,88% raspoložive energije otpada 7,60% gubitaka, dok je kod »Elektre« Sisak nepovoljna situacija jer na 8,83% raspoložive energije otpada 11,81% gubitaka u regiji.

Ako usporedimo novčane vrijednosti gubitaka u distribuciji u 1977. godini, onda je:

»Elektra« Zagreb	143 903 100	n. d. ili	85,24%
»Elektra« Karlovac	10 396 204	n. d. ili	6,16%
»Elektra« Sisak	14 624 319	n. d. ili	8,60%
regija Zagreb	168 823 623	n. d. ili	100,00%

Ti odnosi odgovaraju odnosima kod raspoložive električne energije za distribuciju.

3. USPOREDBA DISTRIBUTIVNIH ORGANIZACIJA U SRH

Na kraju ovog razmatranja dat ćemo usporedbu relevantnih podataka o gubicima za distributivne organizacije u SRH.

Procentualni udio gubitaka u ukupnoj raspoloživoj energiji u 1978. godini je iznosio u postocima:

»Elektroslavonija« Osijek	12,08
»Elektra« Karlovac	10,67
»Elektra« Sisak	14,77
»Elektra« Zagreb, ukupno	10,70
»Elektroprimorje« Rijeka	9,42
»Elektroistra« Pula	8,60
»Elektrolika« Gospić	14,56
»Elektrodalmacija« Split, ukupno	8,82
»Elektra« Zadar	11,68
	(podatak za 1974. g.)
»Elektrozagora« Drniš	15,08
»Elektrodistribucija« Knin	6,42
»Elektrodalmacija« Split	8,82
»Elektrojug« Dubrovnik	11,84
»Elektra« Šibenik	9,00
»Elektra« Bjelovar	13,70
»Elektra« Čakovec	9,74
»Elektra« Koprivnica	11,15
»Elektra« Križ	10,86
»Elektra« Križevci	17,71
»Elektra« Varaždin	9,78
»Elektra« Zabok	13,64
»Elektra« Zagreb	10,17

Kako vidimo, procentualni udio gubitaka u ukupnoj raspoloživoj energiji manji od 10% imaju »Elektroprimorje« Rijeka, »Elektroistra« Pula, »Elektrodalmacija« OOUR Split, Elektrodistribucija« Knin, »Elektra« Šibenik, »Elektra« Čakovec i »Elektra« Varaždin, dok veće od 12% i prema tome osobito nepovoljne imaju »Elektra« Sisak,

»Elektrolika« Gospić, »Elektrozagora« Drniš, »Elektra« Bjelovar, »Elektra« Križevci i »Elektra« Zabok, a sve ostale ditsribucije imaju procentualne udjele između 10 i 12%.

Prosječne srednje vrijednosti procentualnih udjela gubitaka s varijancama jesu:

»Elektroslavonija« Osijek	11,07% ± 2,02%
»Elektra« Karlovac	11,38% ± 1,59%
»Elektra« Sisak	10,92% ± 2,18%
»Elektra« Zagreb, ukupno	10,55% ± 0,75%
»Elektroprimorje« Rijeka	8,48% ± 1,14%
»Elektroistra« Pula	8,04% ± 1,14%
»Elektrolika« Gospić	14,27% ± 1,27%
»Elektrodalmacija« Split, ukupno	10,48% ± 1,60%
»Elektra« Zadar	10,81% ± 1,51%
»Elektrozagora« Drniš	6,93% ± 4,54%
»Elektrodistribucija« Knin	5,94% ± 1,48%
»Elektrodalmacija« OOUR Split	8,70% ± 3,19%
»Elektrojug« Dubrovnik	10,85% ± 2,49%
»Elektra« Šibenik	10,03% ± 2,25%
»Elektra« Bjelovar	12,25% ± 2,25%
»Elektra« Čakovec	11,67% ± 1,16%
»Elektra« Koprivnica	12,88% ± 1,72%
»Elektra« Križ	12,75% ± 3,07%
»Elektra« Križevci	16,38% ± 3,24%
»Elektra« Varaždin	9,44% ± 1,23%
»Elektra« Zabok	14,15% ± 1,68%
»Elektra« Zagreb	9,68% ± 1,15%

Te raspone smo nacrtali grafički na sl. 1 u prilogu, pa vidimo da velika većina odnosno sve distribucije u Hrvatskoj imaju raspone od 8 do 12, odnosno preko 12% procentualnog učešća, što znači da je situacija loša ili vrlo loša.

Analiziramo prosječne godišnje stope porasta za razdoblje 1969 — 1978. god., pa imamo (u postocima):

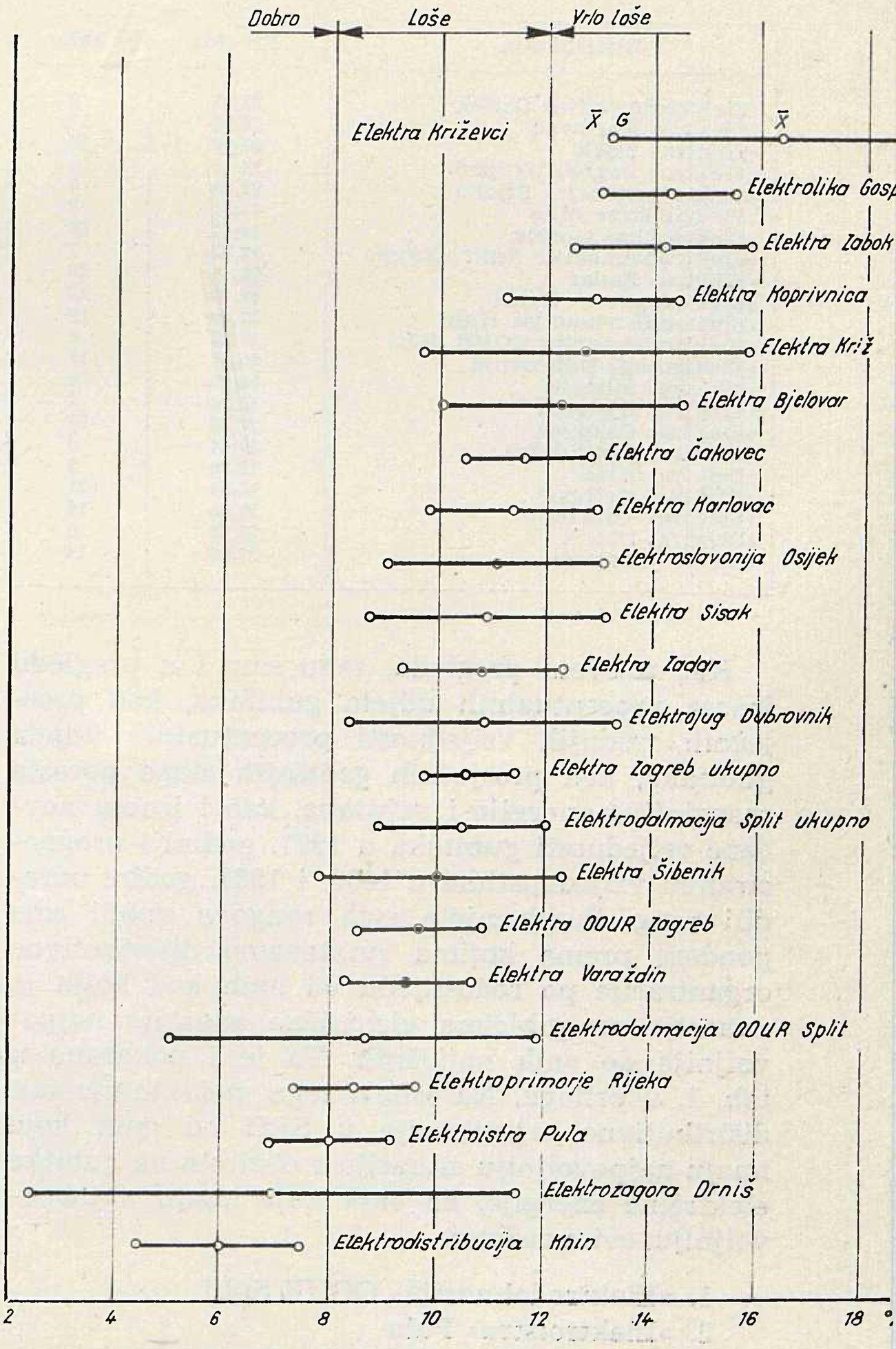
Distribucija	Raspoloživa energija	Gubici
»Elektroslavonija« Osijek	8,21	9,17
»Elektra« Karlovac	9,14	11,16
»Elektra« Sisak	10,86	11,18
»Elektra« Zagreb ukupno	5,95	5,21
»Elektroprimorje« Rijeka	7,10	6,19
»Elektroistra« Pula	7,20	6,36
»Elektrolika« Gospić	7,54	9,04
»Elektrodalmacija« Split ukupno	7,88	4,19
»Elektra« Zadar	6,21	7,26*
»Elektrozagora« Drniš	10,24	31,49
»Elektrodistribucija« Knin	9,37	17,74
»Elektrodalmacija« OOUR Split	7,84	1,81
»Elektrojug« Dubrovnik	6,30	6,76
»Elektra« Šibenik	6,95	12,87
»Elektra« Bjelovar	4,05	3,29
»Elektra« Čakovec	9,73	8,39
»Elektra« Koprivnica	8,73	4,78
»Elektra« Križ	8,71	3,64
»Elektra« Križevci	7,92	20,41**
»Elektra« Varaždin	6,71	5 31
»Elektra« Zabok	8,05	6,83
»Elektra« Zagreb	4,81	4,89

* Razdoblje 1969—1974 — ** razdoblje 1973—1978.

Novčana vrijednost gubitaka električne energije 1977. godine te prognozirane vrijednosti u 1980. i 1985. godini iznosile su (milijuna n. dinara):

Distribucija	1977.	1980.	1985.
»Elektroslavonija« Osijek	39,565	70,687	129,192
»Elektra« Karlovac	10,396	17,917	32,217
»Elektra« Sisak	14,524	24,833	53,793
»Elektra« Zagreb ukupno	143,903	263,559	538 524
»Elektroprimorje« Rijeka	29,647	50,724	104,419
»Elektroistra« Pula	10,336	14,088	19,773
»Elektrolika« Gospić	4,944	8,391	18,021
»Elektrodalmacija« Split ukupno	64,345	100,360	193,315
»Elektra« Zadar	7,265	9 667	13,669
»Elektrozagora« Drniš	0,595	0,833	1,230
»Elektrodistribucija« Knin	0,848	1,153	1,660
»Elektrodalmacija« OOUR Split	26,644	33,847	45,852
»Elektrojug« Dubrovnik	4,465	5,771	7,949
»Elektra« Šibenik	3,427	4,549	6 419
»Elektra« Bjelovar	2,922	3,789	5,273
»Elektra« Čakovec	4,487	7,142	13,769
»Elektra« Koprivnica	7,156	8,918	12,814
»Elektra« Križ	9,063	11,438	15,971
»Elektra« Križevci	2,270	3,565	5,772
»Elektra« Varaždin	8,703	15,102	30,164
»Elektra« Zabok	11,159	20,544	38,937
»Elektra« Zagreb	89,306	101,812	148,274

I na kraju, analiziramo prosječne godišnje stope porasta novčane vrijednosti u razdoblju 1969 — 1977. godine:



Sl. 1. Prosječne srednje vrijednosti procentualnih udjela gubitaka s varijantama za distributivne organizacije u SRH

Tablica 1.

RANGOVI POJEDINIH DISTRIBUCIJA U SRH

Distribucija	Rang iznosa srednjih vrijednosti procentualnih udjela gubitaka	Rang prosječnih godišnjih stopa porasta raspoložive energije	Rang prosječnih godišnjih stopa porasta gubitaka	Rang iznosa novčane vrijednosti gubitaka 1977. god.	Rang iznosa prognoziranih vrijednosti gubitaka 1985. godine	Suma rangova (1 do 5)	Konačni rang
»Elektroslavonija« Osijek	16	14	15	16	9	70	16
»Elektra« Karlovac	10	15	18	17	17	77	17
»Elektra« Sisak	20	13	22	18	16	89	21
»Elektra« Zagreb ukupno	11	10	3	7	13	45	8
»Elektroprimorje« Rijeka	6	4	8	9	8	35	4
»Elektroistra« Pula	2	3	9	10	3	27	2
»Elektrolika« Gospić	19	21	10	15	18	83	19
»Elektrodalmacija« Split ukupno	3	9	12	4	7	35	3
»Elektra« Zadar	14	11	4	13	12	54	10
»Elektrozagora« Drniš	21	2	21	22	22	88	20
»Elektrodistribucija« Knin	1	1	19	20	19	60	14
»Elektrodalmacija« OOUR Split	4	5	11	1	4	25	1
»Elektrojug« Dubrovnik	15	12	5	11	11	54	11
»Elektra« Šibenik	5	8	7	19	20	59	12
»Elektra« Bjelovar	18	17	1	2	1	39	7
»Elektra« Čakovec	7	16	20	14	15	82	18
»Elektra« Koprivnica	13	19	17	5	5	59	13
»Elektra« Križ	12	18	16	3	2	51	9
»Elektra« Križ	12	18	16	3	2	51	9
»Elektra« Križevci	22	22	13	21	21	99	22
»Elektra« Varaždin	8	6	6	8	10	38	6
»Elektra« Zabok	17	20	14	12	6	69	15
»Elektra« Zagreb	9	7	2	6	14	38	5

Distribucija	Prostor	Rang
»Elektroslavonija« Osijek	22,88	9
»Elektra« Karlovac	28,96	17
»Elektra« Sisak	27,59	16
»Elektra« Zagreb ukupno	24,45	13
»Elektroprimorje« Rijeka	22,69	8
»Elektroistra« Pula	17,41	3
»Elektrolika« Gospić	29,11	18
»Elektrodalmacija« Split ukupno	22,82	7
»Elektra« Zadar	24,25	12
»Elektrozagora« Drniš	52,70	22
»Elektrodistribucija« Knin	36,38	19
»Elektrodalmacija OOUR Split	17,93	4
»Elektrojug« Dubrovnik	23,67	11
»Elektra« Šibenik	35,73	20
»Elektra« Bjelovar	15,04	1
»Elektra« Čakovec	26,86	15
»Elektra« Koprivnica	21,44	5
»Elektra« Križ	17,34	2
»Elektra« Križevci	42,94	21
»Elektra« Varaždin	23,55	10
»Elektra« Zabok	22,78	6
»Elektra« Zagreb	24,66	14

Kao u ovom pregledu, tako smo i u pregledu iznosa procentualnih udjela gubitaka, kod prosječnih srednjih vrijednosti procentualnih udjela gubitaka, kod prosječnih godišnjih stopa porasta raspoložive energije i gubitaka, kao i iznosa novčane vrijednosti gubitaka u 1977. godini i prognoziranim vrijednostima u 1980. i 1985. godini odredili rang. Sumiranjem svih rangova dobili smo pondere prema kojima svrstavamo distributivne organizacije po redoslijedu od onih kod kojih je situacija sa gubicima električne energije najpovoljnija do onih najlošijih. To je i pokazano u tab. 1. u prilogu. Na osnovi toga možemo svrstati distributivne organizacije u SRH od onih koje imaju najpovoljniju situaciju s obzirom na gubitke električne energije, do onih koje imaju najnepovoljniju, ovim redom:

1. »Elektrodalmacija« OOUR Split
2. »Elektroistra« Pula
3. »Elektrodalmacija« Split, ukupno
4. »Elektroprimorje« Rijeka
5. »Elektra« Zagreb
6. »Elektra« Varaždin
7. »Elektra« Bjelovar
8. »Elektra« Zagreb, ukupno
9. »Elektra« Križ
10. »Elektra« Zadar
11. »Elektrojug« Dubrovnik
12. »Elektra« Šibenik
13. »Elektra« Koprivnica
14. »Elektrodistribucija« Knin
15. »Elektra« Zabok
16. »Elektroslavonija« Osijek
17. »Elektra« Karlovac
18. »Elektra« Čakovec
19. »Elektrolika« Gospić
20. »Elektrozagora« Drniš
21. »Elektra« Sisak
22. »Elektra« Križevci.

4. ZAKLJUČAK

Osnovni je zaključak da je kod svih distributivnih organizacija nužno nastojati da se smanje gubici u distribuciji primjenjujući sve mjere, a prvenstveno je nužno analizirati odnose i mjesta nastajanja gubitaka. Pogotovo je to nužno provesti u distribucijama kod kojih je situacija lošija od prosječne u Hrvatskoj, a to znači kod »Elektrodistribucije« Knin, »Elektre« Zabok, »Elektroslavonije« Osijek, »Elektre« Karlovac, »Elektre« Čakovec, »Elektrolike« Gospić, »Elektrozagore« Drniš, »Elektre« Sisak i »Elektre« Križevci.

Naslov pisca:
Josip M o s e r, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

JUGOSLAVENSKI ZAKON O MJERNIM JEDINICAMA

Zakoračili smo u 1980. godinu, čijim završetkom zakonski prestaje javna upotreba nekih mjernih jedinica. Naime, na temelju Zakona o mjernim jedinicama i mjerilima (Sl. list SFRJ br. 13 od 2. travnja 1976), danom 31. XII 1980. ne smije se više u javnom prometu upotrebljavati niz poznatih i uobičajenih mjernih jedinica. Od poznatijih su zabranjene npr. kilopond (kp), atmosfera (at), konjska snaga (KS) itd.

Prema tom zakonu u javnom se prometu mogu upotrebljavati samo mjerne jedinice Međunarodnog sistema mjernih jedinica (SI).

Upotreba drugih mjernih jedinica u javnom prometu dopuštena je samo ako ih navedeni zakon predviđa.

Međunarodni sistem mjernih jedinica nastao je daljnjim razvojem metarskog decimalnog sustava koji je na međunarodnom nivou prihvaćen potpisivanjem Metarske konvencije 1875. godine. Jedanaesta pak generalna konferencija za utege i mjere usvojila je 1960. naziv usavršenog sistema mjernih jedinica Systeme International d'Unites, tj. Međunarodni sistem jedinica, kojemu je kratica SI.

Prednost je takvog univerzalnog sistema da su jedinice koje se upotrebljavaju u nauci i tehnici a i u svakodnevnom životu međusobno usklađene (koherentne).

Teško je uočiti korist od takve koherencije pri upotrebi nekoliko mjernih jedinica, kako to biva u svakodnevnom životu. Međutim, stručnjacima je korist neprocjenjiva. Upotrebom SI-sistema otpadaju različiti koeficijenti i odnosi, dobiva se bolja preglednost, ubrzava rad i smanjuje vjerojatnost pogrešaka.

SI-sistem se osniva na sedam osnovnih, proizvoljno odabranih jedinica navedenih u tablici:

Veličina	Osnovna mjerna jedinica	Oznaka
duljina	metar	m
masa	kilogram	kg
vrijeme	sekunda	s
jakost el. struje	amper	A
temperatura	kelvin	K
svjetlosna jakost	candela	cd
količina tvari	mol	mol

Ostale mjerne jedinice su izvedene i formiraju se od osnovnih pomoćnih algebarskih izraza upotrebom matematičkih simbola množenja i dijeljenja.

Iznimno je zakonom dopuštena upotreba mjernih jedinica koje se upotrebljavaju u prometu robe i drugim odnosima s inozemstvom i koje su u upotrebi u pojedinim stranim državama.

Savezni sekretar za tržište i cijene može propisati da se u prometu određene robe i pri obavljanju određenih usluga obvezatno upotrijebljavaju određene mjerne jedinice.

U smislu zakona mjerne jedinice koje se upotrebljavaju u Jugoslaviji dijele se na:

a) mjerne jedinice Međunarodnog sistema mjernih jedinica (SI)
   - — osnovne mjerne jedinice,
   - — izvedene mjerne jedinice.

b) mjerne jedinice izvan SI koje se mogu i nadalje upotrebljavati.

c) mjerne jedinice izvan SI koje se mogu upotrebljavati do 31. prosinca 1980.

Donosimo pregled jedinica i njihove definicije.

A) MJERNE JEDINICE MEĐUNARODNOG SISTEMA MJERNIH JEDINICA (SI)

1. Za duljinu

Jedinica je za duljinu metar (oznaka: m). Metar je osnovna jedinica Međunarodnog sistema mjernih jedinica (skraćeno: SI). Metar je duljina jednaka 1,650.763,73 valnih duljina zračenja u vakuumu koje odgovara prijelazu između razine $2p_{10}$ i $5d_5$ atoma kriptona 86.

2. Za površinu

Jedinica je za površinu četvorni ili kvadratni metar (oznaka: m^2). Četvorni ili kvadratni metar izvedena je jedinica SI. Četvorni ili kvadratni metar ploština je četvorine (kvadrata) kojoj je stranica duga 1 metar ($1\ m^2 = 1\ m \cdot 1\ m$).

3. Za obujam

Jedinica je za obujam kubični metar (oznaka: m^3). Kubični metar izvedena je jedinica SI. Kubični metar obujam je kocke kojoj je brid dug 1 metar ($1\ m^3 = 1\ m \cdot 1\ m \cdot 1\ m$).

4. Za plošni kut

Jedinica je za plošni kut radijan (oznaka: rad). Radijan je izvedena jedinica SI. Radijan je ravninski kut između dvaju polumjera koji na krugu isijecaju luk duljine jednake polumjeru ($1\ rad = \frac{1\ m}{1\ m} = 1$).

5. Za prostorni kut

Jedinica je za prostorni kut steradijan (oznaka: sr). Steradijan je izvedena jedinica SI. Steradijan je jednak prostornom kutu stošca s vrhom u središtu lopte koji na površini lopte zahvaća površinu jednaku kvadratu polumjera lopte ($1\ sr = \frac{1\ m^2}{1\ m^2} = 1$).

6. Za masu

Jedinica je za masu kilogram (oznaka: kg). Kilogram je osnovna jedinica SI. Kilogram je masa međunarodne pramjere kilograma. (Međunarodnu je pramjeru sankcionirala godine 1889. Prva generalna konferencija za utege i mjere i ona se čuva u Međunarodnom uredu za utege i mjere u Sèvresu kraj Pariza).

7. Za duljinsku (linijsku) masu

Jedinica je za duljinsku (linijsku) masu kilogram po metru (oznaka: kg/m ili $kg \cdot m^{-1}$). Kilogram po metru izvedena je jedinica SI. Kilogram je po metru duljinska (linijska) masa homogenoga tijela, jednolike površine presjeka kojemu je masa 1 kilogram a duljina 1 metar ($1\ kg/m = \frac{1\ kg}{1\ m}$).

8. Za površinsku masu

Jedinica je za površinsku masu kilogram po kvadratnome metru (oznaka: kg/m^2 ili $kg \cdot m^{-2}$). Kilogram po kvadratnome metru izvedena je jedinica SI. Kilogram po kvadratnome metru površinska je masa homogenoga tijela, jednolike debljine, kojemu je masa 1 kilogram a površina 1 kvadratni metar ($1\ kg/m^2 = \frac{1\ kg}{1\ m^2}$).

9. Za obujamsku masu

Jedinica je za obujamsku masu kilogram po kubičnome metru (oznaka: kg/m^3 ili $kg \cdot m^{-3}$). Kilogram po kubičnome metru izvedena je jedinica SI. Kilogram po kubičnome metru obujamska je masa homogenoga tijela kojemu je masa 1 kilogram a obujan 1 kubični metar ($1\ kg/m^3 = \frac{1\ kg}{1\ m^3}$).

10. Za vrijeme

Jedinica je za vrijeme ili interval vremena (trajanje) sekunda (oznaka: s). Sekunda je osnovna jedinica SI. Sekunda je trajanje od 9 192 631 770 perioda zračenja koje odgovara prijelazu između dviju hiperfinih razina osnovnog stanja atoma cezija 133.

11. Za frekvenciju (učestalost)

Jedinica je za frekvenciju hertz (herc) — oznaka Hz). Hertz je izvedena jedinica SI. Hertz je frekvencija periodične pojave kojoj perioda traje 1 sekundu ($1\ Hz = \frac{1}{1\ s} = 1\ s^{-1}$).

12. Za brzinu

Jedinica je za brzinu metar u sekundi (oznaka: m/s ili $m \cdot s^{-1}$). Metar u sekundi izvedena je jedinica SI. Metar u sekundi jednak je brzini nekoga tijela koje u jednolikom kretanju prelazi udaljenost od 1 metra u 1 sekundi ($1\ m/s = \frac{1\ m}{1\ s}$).

13. Za ubrzanje

Jedinica je za ubrzanje metar u sekundi na kvadrat (oznaka: m/s^2 ili $m \cdot s^{-2}$). Metar u sekundi na kvadrat izvedena je jedinica SI. Ubrzanje od 1 metra u sekundi na kvadrat ubrzanje je nekoga tijela kojemu se brzina za vrijeme 1 sekunde jednoliko mijenja za jedan metar u sekundi ($1\ m/s^2 = \frac{1\ m/s}{1\ s}$).

14. Za kutnu brzinu

Jedinica je za kutnu brzinu radijan u sekundi (oznaka: rad/s ili $rad \cdot s^{-1}$). Radijan u sekundi izvedena je jedinica SI. Radijan u sekundi jednak je kutnoj brzini tijela koje jednoliko rotira i koje se za vrijeme 1 sekunde okrene za kut od 1 radijana oko svoje nepomične osi rotacije ($1\ rad/s = \frac{1\ rad}{1\ s}$).

15. Za kutno ubrzanje

Jedinica je za kutno ubrzanje radijan u sekundi na kvadrat (oznaka: rad/s^2 ili $rad \cdot s^2$). Radijan u sekundi na kvadrat izvedena je jedinica SI. Radijan u sekundi na kvadrat kutno je ubrzanje tijela koje rotira oko nepomične osi i kojemu se kutna brzina za vrijeme 1 sekunde jednoliko mijenja za 1 radijan u sekundi ($1\ rad/s^2 = \frac{1\ rad/s}{1\ s}$).

16. Za obujamski protok

Jedinica je za obujamski protok kubični metar u sekundi (oznaka: m^3/s ili $m^3 \cdot s^{-1}$). Kubični metar u sekundi izvedena je jedinica SI. Kubični metar u sekundi obujamski je protok homogenoga fluida koji jednoliko teče kad kroz promatrani presjek za vrijeme 1 sekunde protekne 1 kubični metar toga fluida ($1\ m^3/s = \frac{1\ m^3}{1\ s}$).

17. Za maseni protok

Jedinica je za maseni protok kilogram u sekundi (oznaka: kg/s ili $kg \cdot s^{-1}$). Kilogram u sekundi izvedena je jedinica SI. Kilogram u sekundi masen je protok homogenoga fluida mase 1 kilogram koji jednoliko teče kad kroz promatrani presjek za vrijeme 1 sekunde protekne 1 kilogram toga fluida ($1\ kg/ = \frac{1\ kg}{1\ s}$).

18. Za silu

Jedinica je za silu newton (njutn) — (oznaka: N). Newton je izvedena jedinica SI. Newton je sila koja tijelo mase 1 kilogram ubrzava za 1 metar u sekundi na kvadrat ($1\ N = 1\ kg \cdot 1\ m/s^2$).

19. Za tlak (naprezanje)

Jedinica je za tlak (naprezanje) pascal (paskal) — (oznaka Pa). Pascal je izvedena jedinica SI. Pascal je tlak što ga proizvodi sila od 1 newtona koja je jednoliko raspoređena i djeluje okomito na ravnu površinu 1 kvadratnog metra ($1\ Pa = \frac{1\ N}{1\ m^2}$).

20. Za dinamičku viskoznost

Jedinica je za dinamičku viskoznost pascalsekunda (oznaka: $Pa \cdot s$). Pascalsekunda je izvedena jedinica SI. Pascalsekunda je dinamička viskoznost homogenoga fluida koji laminarno struji, u kojemu između dva ravna paralelna sloja s razlikom u brzini od 1 metra u sekundi na razmaku 1 metar nastaje naprezanje na smik od 1 pascala ($1\ Pa \cdot s = \frac{1\ Pa \cdot 1\ m}{1\ m/s}$).

21. Za kinematičku viskoznost

Jedinica je za kinematičku viskoznost kvadratni metar u sekundi (oznaka: m^2/s ili $m^2 \cdot s^{-1}$). Kvadratni metar u sekundi izvedena je jedinica SI. Kvadratni

metar u sekundi kinematička je viskoznost homogenoga fluida kojemu je dinamička viskoznost 1 pascalsekunda a obujamska masa 1 kilogram po kubičnom metru ($1\ m^2/s = \frac{1\ Pa \cdot s}{1\ kg/m^3}$).

22. Za energiju, rad i količinu topline

Jedinica je za energiju, rad i količinu topline joule (džul) — (oznaka: J). Joule je izvedena jedinica SI. Joule je jednak radu što ga obavi sila od 1 newtona kad se njezino hvatište pomakne u pravcu i smjeru sile za 1 metar ($1\ J = 1\ N \cdot 1\ m$).

Kao izvedene jedinice za energiju, rad i količinu topline mogu se upotrebljavati i svi umnošci koji nastaju:

— od mjerne jedinice za silu i od mjerne jedinice za duljinu (Nm);

— od mjerne jedinice za snagu i od mjerne jedinice za vrijeme (Ws).

23. Za snagu, energetski tok (fluks) i termički tok watt

Jedinica je za snagu, energetski tok i termički tok watt (vat) — (oznaka: W). Watt je izvedena jedinica SI. Watt je snaga kojom se obavi rad od 1 joula u sekundi ($1\ W = \frac{1\ J}{1\ s}$).

Kao izvedene mjerne jedinice za snagu mogu se upotrebljavati i svi količnici koji nastaju od mjernih jedinica za energiju, rad i količinu topline i od mjerne jedinice za vrijeme.

24. Za jakost električne energije

Jedinica je za jakost električne struje amper (oznaka: A). Amper je osnovna jedinica SI. Amper je jakost stalne električne struje koja, kad se održava u dva ravna paralelna vodiča, neograničene duljine i zanemarljivoga kružnog presjeka, koji se nalaze u vakuumu na međusobnoj udaljenosti 1 metar, uzrokuje među tim vodičima silu koja je jednaka 2×10^{-7} newtona po metru duljine.

25. Za električni naboj (količinu elektriciteta)

Jedinica je za električni naboj (količina elektriciteta) coulomb (kulon) — (oznaka: C). Coulomb je izvedena jedinica SI. Coulomb je količina elektriciteta koja u 1sekundi prođe kroz presjek vodiča u kojemu je nepromjenljiva električna struja jakosti 1 amper ($1\ C = 1\ A \cdot 1\ s = 1\ A \cdot s$).

Kao izvedene mjerne jedinice za električni naboj mogu se upotrebljavati i svi umnošci koj inastaju od mjerne jedinice za električnu struju i od mjerne jedinice za vrijeme.

26. Za električni napon, elektromotornu silu i električni potencijal

Jedinica je za električni napon, elektromotornu silu i električni potencijal volt (oznaka: V). Volt je izvedena jedinica SI. Volt je električni napon između dviju točaka na homogenome žičanom vodiču u kojemu je jakost nepromjenljive električne struje 1 amper a utrošena snaga zbog električne struje između tih dviju točaka jednaka je 1 watt ($1\ V = \frac{1\ W}{1\ A}$).

27. Za jakost električnog polja

Jedinica je za jakost električnog polja volt po metru (oznaka: V/m ili $V \cdot m^{-1}$). Volt po metru izvedena je jedinica SI. Volt po metru jakost je električnog polja koje djeluje silom od 1 newtona na tijelo kojemu električni naboj iznosi 1 coulomb ($1\ V/m = \frac{1\ N}{1\ C}$).

28. Za električni otpor

Jedinica je za električni otpor ohm (om) — (oznaka: Ω). Ohm je izvedena jedinica SI. Ohm je električni otpor vodiča u kojemu nema elektromotorne sile i u kojemu stalno potencijalna razlika od 1 volta, koja se nalazi na njegovim krajevima uzrokuje struju jakosti 1 amper ($1\ \Omega = \frac{1\ V}{1\ A}$).

29. Za električnu vodljivost

Jedinica je za električnu vodljivost siemens (simens) — (oznaka: s). Siemens je izvedena jedinica SI. Siemens je električna vodljivost vodiča koji ima električni otpor 1 ohm ($1\ S = \frac{1}{1\ \Omega} = 1\Omega^{-1}$).

30. Za električni kapacitet

Jedinica je za električni kapacitet farad (oznaka: F). Farad je izvedena jedinica SI. Farad je kapacitet električnoga kondenzatora koji se nabije količinom elektriciteta 1 coulomb kad se njegove elektrode stave pod stalni napon od 1 volta ($1\ F = \frac{1\ C}{1\ V}$).

31. Za induktivitet

Jedinica je za induktivitet henry (henri) — (oznaka: H). Henry je izvedena jedinica SI. Henry je induktivitet zatvorenoga električnog kruga u kojemu se javlja elektromotorna sila od 1 volta kad se jakost struje u njemu podjednako mijenja za 1 amper u sekundi ($1\ H = \frac{1\ V}{1\ A/s} = \frac{1\ V \cdot 1\ s}{1\ A}$).

32. Za magnetsku indukciju

Jedinica je za magnetsku indukciju tesla (oznaka: T). Tesla je izvedena jedinica SI. Tesla je magnetska indukcija homogenoga magnetskog polja koje djeluje silom 1 newton na ravni vodič, duljine 1 metar, postavljen okomito na smjer polja kad je u vodiču struja jakosti 1 amper ($1\ T = \frac{1\ N}{1\ m \cdot 1\ A}$).

33. Za magnetski tok (fluks)

Jedinica je za magnetski tok weber (veber) — (oznaka: Wb). Weber je izvedena jedinica SI. Weber je magnetski tok kroz ravnu površinu 1 kvadratnog merta koja je okomita na smjer homogenoga magnetskog polja indukcije 1 tesla ($1\ Wb = 1\ T \cdot 1\ m^2$).

Napomena: Weber također može biti nazvan tesla metar na kvadrat (oznaka: $T \cdot m^2$) i voltsekunda (oznaka: $V \cdot s$).

34. Za jakost magnetskog polja

Jedinica je za jakost magnetskog polja amper po metru (oznaka: A/m ili $A \cdot m^{-1}$). Amper po metru iz-

netskog polja koje u vakuumu uzduž kruga opsega 1 metar stvara električna struja jakosti 1 amper koja se održava u ravnom vodiču neograničene duljine i zanemarljivoga kružnog presjeka a koji čini os toga kruga ($1\ A/m = \frac{1\ A}{1\ m}$).

35. Za termodinačku temperaturu

Jedinica je za termodinamičku temperaturu kelvin (oznaka: K). Kelvin je osnovna jedinica SI. Kelvin je termodinamička temperatura koja je jednaka 1/273,16 termodinamičke temperature trojne točke vode.

36. Za entropiju

Jedinica je za entropiju joule po kelvinu (oznaka: J/K ili $J \cdot K^{-1}$). Joule po kelvinu izvedena je jedinica SI. Joule po kelvinu povećanje je entropije sistema koji prima količinu topline 1 joule na stalnoj termodinamičkoj temperaturi 1 kelvin ako ne nastane bilo kakva nepovratna promjena u sistemu ($1\ J/K = \frac{1\ J}{1\ K}$).

37. Za masenu količinu topline

Jedinica je za masenu količinu topline joule po kilogramkelvinu (oznaka: $J/(kg \cdot K)$ ili $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$). Joule po kilogramkelvinu izvedena je jedinica SI. Joule po kilogramkelvinu masena je količina topline homogenoga tijela kojemu je masa 1 kilogram i u kojemu dotok količine topline 1 joule izaziva povećanje termodinamičke temperature za 1 kelvin ($1\ J / kg \cdot K) = \frac{1\ J}{1\ kg \cdot 1\ K}$).

38. Za termičku vodljivost

Jedinica je za termičku vodljivost watt po metarkelvinu (oznaka: W/(m.K) ili $W.m^{-1} \cdot K^{-1}$). Watt po metarkelvinu izvedena je jedinica SI. Watt po metarkelvinu termička je vodljivost homogenoga tijela u kojemu razlika termodinamičke temperature od 1 kelvina među dvjema paralelnim ravninama površine od 1 kvadratnog metra na međusobnom razmaku 1 metar stvara termički tok od 1 watta ($1\ W/(m \cdot K) = \frac{1\ W/m^2}{1\ K/1\ m}$).

39. Za energetsku jakost zračenja

Jedinica je za energetsku jakost zračenja watt u steradijanu (oznaka: W/sr ili $W.sr^{-1}$). Watt u steradijanu izvedena je jedinica SI. Watt u steradijanu jakost je energetskog zračenja točkastoga izvora koji podjednako šalje energetski tok od 1 watta u prostorni kut od 1 steradijana ($1\ W/sr = \frac{1\ W}{1\ sr}$).

40. Za svjetlosnu jakost

Jedinica je za svjetlosnu jakost candela (kandela) — (oznaka: cd). Candela je osnovna jedinica SI. Candela je svjetlosna jakost koju u okomitom pravcu zrači površina od 1/600 000 kvadratnog metra, crnog tijela, na temperaturi skrućivanja platine, pod tlakom od 101 325 pascala.

41. Za luminanciju

Jedinica je za luminanciju candela po kvadratnome metru (oznaka: cd/m^2). Candela po kvadratnome metru izvedena je jedinica SI. Candela po kvadratnome metru luminancija je homogenoga izvora ravne površine 1 kvadratnog metra koji emitira svjetlost jakosti 1 candele u smjeru okomitome na tu površinu ($1\ cd/m^2 = \frac{1\ cd}{1\ m^2}$).

42. Za svjetlosni tok (fluks)

Jedinica je za svjetlosni tok lumen (oznaka: 1m). Lumen je izvedena jedinica SI. Lumen je svjetlosni tok (fluks) koji u prostorni kut od 1 steradijana šalje točkasti svjetlosni izvor kojemu je svjetlosna jakost u svim smjerovima prostora jednaka 1 candeli ($1\ lm = 1\ cd \cdot 1\ sr$).

43. Za osvijetljenost

Jedinica je za osvijetljenost lux (luks) — (oznaka: lx). Lux je izvedena jedinica SI. Lux je osvijetljenost površine 1 kvadratnoga metra na koju dolazi jednoliko raspoređen svjetlosni tok od 1 lumena ($1\ lx = \frac{1\ lm}{1\ m^2}$).

44. Za aktivnost radioaktivnog izvora

Jedinica je za aktivnost radioaktivnog izvora becquerel (bekerel) — (oznaka: B_q). Becquerel je izvedena jedinica SI. Becquerel je aktivnost radioaktivnog izvora u kojemu se događa jedan raspad radioaktivne jezgre u jednoj sekundi ($1\ B_q = \frac{1}{1\ s}$).

45. Za apsorbiranu dozu ionizirajućeg zračenja

Jedinica je za apsorbiranu dozu ionizirajućeg zračenja gray (grej) — (oznaka: Gy). Gray je izvedena jedinica SI. Gray je apsorbirana doza u tijelu kojemu je masa 1 kilogram a kojemu je, ionizirajućim zračenjem stalne gustoće energetskog toka, unesena energija od 1 joulea ($1\ Gy = \frac{1\ J}{1\ kg}$).

46. Za ekspozicijsku dozu ionizirajućeg zračenja

Jedinica je za ekspozicijsku dozu ionizirajućeg zračenja coulomb po kilogramu (oznaka: C/kg ili $C \cdot kg^{-1}$). Coulomb po kilogramu izvedena je jedinica SI. Coulomb po kilogramu ekspozicijska je doza ionizirajućeg zračenja koje u količini zraka mase 1 kilogram može stvoriti ione istoga znaka ukupnoga električnog naboja 1 coulomb, ako je gustoća energetskoga toka ista u cijeloj količini ozračenoga zraka ($1\ C/kg = \frac{1\ C}{1\ kg}$).

47. Za količinu tvari

Jedinica je za količinu tvari mol (oznaka: mol). Mol je osnovna jedinica SI. Mol je količina tvari sistema koji sadržava toliko elementarnih čestica koliko ima atoma u 0,012 kilograma ugljika 12.

Napomena: Kad se upotrebljava mol, treba navesti elementarne čestice, koje mogu biti atomi, molekule, ioni, elektroni i druge čestice ili određene skupine tih čestica.

48. Za molnu masu

Jedinica je za molnu masu kilogram po molu (oznaka: kg/mol ili $kg \cdot mol^{-1}$). Kilogram po molu izve-

dena je jedinica SI. Kilogram po molu jednak je molnoj masi homogene tvari kojoj masa 1 kilogram ima količinu tvari 1 mol ($1\ kg/mol = \frac{1\ kg}{1\ mol}$).

49. Za koncentraciju tvari (molaritet)

Jedinica je za koncentraciju tvari (molaritet) mol po kubičnome metru (oznaka: mol/m^3 ili $mol \cdot m^{-3}$). Mol po kubičnome metru izvedena je jedinica SI. Mol po kubičnome metru jednak je koncentraciji tvari ili molaritetu jedne komponente u homogenoj smjesi tvari, ako komponenta ima 1 mol a smjesa ima obujam 1 kubični metar ($1\ mol/m^3 = \frac{1\ mol}{1\ m^3}$).

Napomene:

1. Mogu se upotrebljavati i izvedene mjerne jedinice za veličine koje nisu izričito navedene u ovome popisu, ako su nastale prema stavku ovom zakonu. Posebni nazivi i oznake za pojedine izvedene mjerne jedinice navedeni u ovome popisu mogu se upotrijebiti za jednostavnije izražavanje drugih izvedenih mjernih jedinica.

2. Oznake se svih mjernih jedinica pišu uspravnim slovima latinice. Umnožak dviju mjernih jedinica obilježava se točkom kao simbolom množenja. Točka se može izostaviti kad je oznaka takva da se ne može doći ni do kakve zabune.

Ako mjerna jedinica nastaje međusobnim dijeljenjem dviju mjernih jedinica, može se kao simbol dijeljenja upotrijebiti kosa crta (/), vodoravna crta (—) ili se mogu upotrijebiti eksponenti s negativnim predznakom. Ne treba u istome retku upotrijebiti više od jedne kose crte. Ako su mjerne jedinice složenije, treba upotrijebiti eksponente s negativnim predznakom ili zagrade.

B) MJERNE JEDINICE IZVAN SI KOJE SE MOGU UPOTREBLJAVATI

1. Za duljinu

— morska milja = 1.852 m. Može se upotrebljavati samo za izražavanje udaljenosti u pomorskome i zračnom prometu.

2. Za površinu

— ar (oznaka: a) = $100\ m^2$ — $10^2 m^2$,
— hektar (oznaka: ha) = $10.000\ m^2 = 10^4 m^2$.

3. Za obujam

— litra (oznaka: 1) = $dm^3 = 10^{-3} m^3$.

4. Za plošni kut

— puni kut = 2π rad,
— pravi kut (oznaka: L) = $(\pi/2)$ rad,
— stupanj (oznaka: °) = (1/90) L = $(\pi/180)$ rad.
— minuta (oznaka: ′) = (1/60)° = $(\pi/10.800)$ rad,
— minuta (oznaka: ′) = (1/60)° = $(\pi/10.800)$ rad,
— sekunda (oznaka: ″) = (1/60)′ = $(\pi/648.000)$ rad,
— gradus ili gon (oznaka: g) = $(\pi/200)$ rad.

5. Za masu

— tona (oznaka: t) = 1 Mg = 10^3 kg.
— jedinica atomske mase (oznaka: u) jednaka je $\frac{1}{12}$ mase atoma nuklida ^{21}C.

Približna vrijednost: 1 u = $1{,}660\ 53\ 10^{-27}$ kg.
Može se upotrebljavati samo u kemiji i fizici.

6. Za duljinsku (linijsku) masu

— tex (teks) — (oznaka: tex) = 1 g/km = 10^{-6} kg/m.
Može se upotrebljavati samo za određivanje duljinske mase tekstilnoga vlakna i konca.

7. Za vrijeme

— minuta (oznaka: min) = 60 s,
— sat (oznaka: h) = 3.600 s,
— dan (oznaka: d) = 86.400 s,
— tjedan, mjesec i godina gregorijanskoga kalendara.

8. Za brzinu

— čvor = morska milja na sat = $\frac{1.852}{3.600}$ m/s = = 0,514 m/s.
Može se upotrebljavati samo u pomorskome i zračnom prometu.

9 .Za tlak

— bar (oznaka: bar) = 100.000, Pa = 10^5 Pa.

10. Za energiju, rad i količinu topline

— wattsat (oznaka: Wh) = 3.600 J = 3,6 kJ,
— elektronvolt (oznaka: eV) jednak je kinetičkoj energiji koju dobije elektron prelazeći potencijalnu razliku od 1 volta u vakuumu.
Približna vrijednost: $1\ eV = 1{,}602\ 19 \cdot 10^{-19} J$.
Može se upotrebljavati samo u specijaliziranim područjima.

11. Za snagu

— voltamper (oznaka: VA) = 1 W.
Može se upotrebljavati samo za određivanje prividne snage izmjenične električne struje.
— var (oznaka var) = 1 W.
Može se upotrebljavati samo za određivanje električne jalove (reaktivne) snage.

12. Za temperaturu

— stupanj celzija (oznaka: °C) = 1 K. Temperatura od 0°C jednaka je temperaturi od 273,15 K.

C) MJERNE JEDINICE IZVAN SI KOJE SE MOGU UPOTREBLJAVATI DO 31. PROSINCA 1980.

1. Za duljinu

— ångström (angstrem) — (oznaka: Å) = 0,1 nm = $= 10^{-10}$ m;
—mikron (oznaka: μ) = 1μm = 10^{-6} m;
— inch (palac) — (oznaka: in) = 25,399 mm = $= 25.399 \cdot 10^{-3}$ m.

Može se upotrebljavati samo u pomorskome prometu;

— foot (stopa) — (oznaka: ft) = 0,304 m.

Može se upotrebljavati samo u pomorskome prometu i u zračnom prometu za određivanje visine leta zrakoplovstva;

— yard (jard) — (oznaka: yd) = 0,914 399 m.

Može se upotrebljavati samo u pomorskome prometu;

— fathom (fadom) — (oznaka: fm) = 1,828 m.

Može se upotrebljavati samo u pomorskome prometu.

2. Za površinu

barn (oznaka:b) = 100 fm^2 = 10^{-28} m^2.

Može se upotrebljavati samo u atomskoj ili nukleanroj fizici.

3. Za obujam

— registarska tona = 2,832 m^3.

Može se upotrebljavati samo u pomorskome prometu;

— prostorni metar (oznaka: prm) jednak je obujmu drvenih cjepanica naslaganih u kocku kojoj je brid 1 m. Ova se mjerna jedinica može upotrebljavati samo u prometu drva.

4. Za masu

— metrička centa ili kvintal (oznaka: q) = 100 kg = = 10^2 kg;

— pound (funta) — oznaka: 1b) = 0,453 59 kg.

Može se upotrebljavati samo u pomorskome prometu;

— long tona (long ton) — (oznaka: L/T) = 1 016,04 kg.

Može se upotrebljavati samo u pomorskome prometu.

5. Za brzinu

— stopa u sekundi (oznaka: ft/s) = 0,304 8 m/s.

Može se upotrebljavati samo u zračnome prometu za određivanje vertikalne brzine zrakoplova.

6. Za ubrzanje

— gal (oznaka: Gal) = 1 cm/s^2 = 10^{-2} m/s^2.

Može se upotrebljavati samo za određivanje ubrzanja koje nastaje zbog sile teže.

7. Za silu

— dyn (din) — (oznaka: dyn) = 10 μN = 10^{-5}N,

— kilopond (zonaka: kp) = 9,806 65 N.

— pond (oznaka: p) = 0,001 kp = 9,806 65 mN.

8 .Za tlak

— tehnička atmosfera (oznaka: at) = 98 066,5 Pa,

— normalna (fizikalna) atmosfera (oznaka: atm) = = 101 325 Pa,

— milimetar živina stupca (oznaka: Torr ili mmHg) = 133,322 Pa,

— milimetar vodenog stupca (oznaka: mmH_2O) = = 9,806 65 Pa.

9. Za dinamičku viskoznost

— poise (poaz) — (oznaka: P) = 0,1 Pa · s = = 10^{-1} Pa · s,

— centipoise (centipoaz) — (oznaka: cP) = 1 m Pa · s = 10^{-3} Pa · s.

10. Za kinematičku viskoznost

— stokes (stoks) — (oznaka: St) = 0,000 1 m^2/s = = $10^{-4}m^2/s$,

— centistokes (centistoks) — (oznaka: cSt) = 1 mm^2/s = $10^{-6}m^2/s$.

11. Za energiju, rad i količinu topline

erg (oznaka: erg) = 0,1 μ J = 10^{-7}J,

— kilopondmetar (oznaka: kpm) = 9,306 65 J,

— kalorija (oznaka: cal) = 4,186 8 J.

12. Za snagu

— konjska snaga (oznaka: KS) = 75 · 9,806 65 W = = 735,498 W.

13. Za aktivnost radioaktivnog izvora

— curie (kiri) — (oznaka: Ci) = 3,7 · 10^{10} Bq.

14. Za absorbiranu dozu ionizirajućeg zračenja

— rad (oznaka: rd) = 0,01Gy,

— rem (oznaka: rem) = 0,01 Gy.

15. Za ekspozicijsku dozu ionizirajućeg zračenja

— röntgen (rendgen) — (oznaka: r) = 2,58 · 10^{-4} C/kg.

Širom svijeta

ISKORIŠTAVANJE ULJNIH PIJESAKA U KANADI

Kada bi Sjedinjene Američke Države i Kanada tehno-ekonomski riješili dobivanje zemnog ulja iz škriljaca i pijeska, bila bi riješena energetska kriza Amerike. Prema procjenama bila bi to veća rezerva od rezervi zemalja članica OPEC-a.

Uljni škriljci i uljni pijesci u državama Utahu, Coloradu i Wyomingu na površini od preko 40 000 km² prema procjeni sadrže 600 milijardi do 2 bilijuna barela (159 l) zemnog ulja.

Nalazišta uljnog pijeska na površini od oko 80 000 km² u državi Alberta nalaze se u Kanadi. Sadržaj nalazišta se procjenjuje na 250 milijardi barela. I u SAD se nalaze značajna nalazišta uljnih pijesaka, ali opsegom manja od kanadskih.

Godine 1974. započelo je u Coloradu, s troškom od 210× ×10⁶ USA $, iskorištavanje uljnih škriljaca. Iskorištavanje uljnih škriljaca je mnogo složenije i skuplje od iskorištavanja uljnih pijesaka i do danas nisu objavljeni financijski rezultati.

U Kanadi su već potekle prve litre nafte iz naftnih pijesaka. Naftni pijesci su koji metar ispod površine, pa se vade u dnevnom kopu. Kapacitet jedne rotacione kopačice iznosi 108 000 tona dnevno, što je više od najveće kopačice u rudnicima bakra. Iz 2,0 t pijeska dobije se 1 barel ulja. Ulje je bez sumpora, potpuno čisto, pa se upotrebljava za pogon diesel-lokomotiva bez ikakve daljnje obrade. Ekstrakcija nafte iz uljnih pijesaka je grijanjem, a naftovodom dugim nešto preko 400 km prevozi se u Edmonton, glavni grad države Alberte.

Poduzeće je za korištenje uljnih pijesaka investiralo oko 2,5 milijarde USA $. Proizveli su prve godine rada 6 milijuna tona nafte.

Mnogo je teže korištenje naftnih pijesaka u većim dubinama, a tih ima mnogo više, tj. oko 90% svih utvrđenih količina. U tom slučaju se uljni pijesak zagrijava kroz bušotine, a izdvojena nafta pumpa. Prvo takvo postrojenje je u izgradnji u Cold Lakeu. Procjenjuju se investicije od 4,0 milijarde USA $ za postrojenje s godišnjom proizvodnjom od 8,0—10,0 milijuna tona nafte.

Odlučujuća za financijski efekt takvih pothvata jest cijena naftnih derivata u SAD. Kada bi se prihvatio Carterov plan za rješavanje energetske krize, koji teži za tim da se smanji potrošak derivata u zemlji postepenim povećanjem cijene dok se ne izjednači sa svjetskom, moglo bi se govoriti o masovnom iskorištavanju uljnih škriljaca i uljnih pijesaka u SAD i Kanadi.

Prema Bull. SEV 70/1979/6.

B. Mr.

DANSKO-SR NJEMAČKA TE APENRADE U POGONU

Potrebe za električnom energijom južnog Jütlanda u Danskoj i Schleswig-Holsteina u SR Njemačkoj dovele su do zajedničkog ulaganja u izgradnju 3 bloka u TE Apenrade u Danskoj.

Kalkulacije su pokazale da se s izgradnjom jednog velikog bloka prema dva manja postižu velike uštede. Troškovi izgradnje smanjuju se za 12—13%, a niži su i troškovi pogona i održavanja.

Pregovori su započeli sedamdesetih godina. Ugovor o građenju potpisan je 1974; s izgradnjom se započelo 1975. godine, a u rujnu 1979. godine je TE puštena u pogon.

Kako je TE izgrađena na danskom području, nadzor nad izgradnjom vodilo je dansko poduzeće, a i eksploatira je dansko poduzeće.

Snaga agregata je 600 MW neto, što je za sada najveća jedinica u Danskoj. Svako poduzeće (Sonderjyllands Hojspaendingsvaerk Anls — SH i Nordwest deutsche Kraftwerke AG — NWK) koristi se polovicom kapaciteta, pa su i investicije kao i troškovi pogona i održavanja dijeljeni na polovicu.

Elektrana se kao gorivom koristi isključivo ugljenom ili teškim loživim uljem. Ovoga časa je u pogonu na ugljen. Izgrađeno je skladište za milijun tona ugljena na prostoru od 6,5 ha; kapaciteti rezervoara za loživo ulje iznose 560 000 m³. Izgrađena je i luka za prihvat tankera od 150 000 t i brodova za prijevoz rasutog tereta (ugljen) do 100 000 t. Predviđeno je proširenje luke za tankere do 250 000 t.

S odgovarajućim V. N. vodovima ova termoelektrana radi na zapadnoevropskoj prijenosnoj mreži.

B. Mr.

PHE HELMS — KALIFORNIJA

U visokoj Sierri Kalifornije u gradnji je PHE Helms. Instalirana snaga elektrane iznosit će 1 050 MW, a koristiti će padom od 531,50 m. Odgovarajuće akumulacije udaljene su oko 8 km.

PHE je kraj mjesta Fresno. Kada su 1950. godine izgrađene akumulacije Courtright i Wishou s odgovarajućim kanalom koji ih spaja, nije izgrađena HE koja bi se koristila visinskom razlikom između akumulacija; radi malog dotoka u gornjoj akumulaciji smatralo se da je takva HE nerentabilna.

Izgradnjom NTE Diable Canyon snage 2 000 MW, koja će ući u pogon 1981. godine, prilike su se izmijenile. Višak proizvedene električne energije NTE u doba niskih opterećenja iskoristit će se za pumpanje. Utrošak od 3 kW za pumpanje i proizvodnju od 2,0 kW na generatoru je u tom slučaju još uvijek ekonomičan.

Cjevovodi su promjera Ø 8,20 m, dužine 1 219 i 2 743 m i spojeni su sa mostom — cijevima dugim 70 m koji prolazi vododerinom. Tlačni vod u stijeni dužine 560 m i visinske razlike 550 m račva se u tri cjevovoda za svaku turbinu.

Strojarnica i transformatorske kaverne ukopane su u stijenu visoku 305 m. Dimenzije strojarnice i trafokaverni iznose 102 × 25 × 41 m, odnosno 91,5 × 12,5 × 12,5 m. Odvodni i pristupni tuneli dugi su ukupno 1 158 m.

Postrojenje ima dva tornja za izjednačenje visine 175,5 m i 295 m a promjera Φ 19,5 m. Radi nepristupačnosti strojevi i materijal su na gradilište prevezeni helikopterom.

Predviđa se da će PHE biti u pogonu 1981. godine, a troškovi izgradnje iznosit će 380 milijuna USA $.

Prema EENR 1978/19.10

B. Mr.

PODMORSKI KABEL 525 kV U KANADI

British Columbia Hydro and Power Authority naručila je 525 kV podmorski kabel koji će spajati Kanadu s otokom Vancouverom u tjesnacu Georgia na maksimalnoj dubini od 250 m.

Radi se o izmjeničnom prijenosu 525 kV i prijenosnoj snazi od 1 200 MW. Kabel je uljni, izolacija papirna, a vanjski promjer iznosi 150 mm.

Probna dionica od 200 m kabela, što ju je izradila talijanska tvrtka Pirelli dvije je godine ispitivana u laboratorijima CESI u Milanu. Zanimljivo je da je, među ostalim ispitivanjima, kabel dvije godine zagrijavan 6 dana na + 85 °C, a jedan je dan hlađen, sve pod nominalnim naponom. Svrha je tog ispitivanja bila da se ustanovi ponašanje kabela, spojnica i kabelskih glava kod dilatacija zbog promjene temperature.

Od 154 km jednožilnog kabela polovicu će kabela izraditi Pirelli u Napulju, a drugu polovicu Standard Telefon og Kabelfabrik iz Osla. Polaganje kabela će izvršiti STK, Oslo. Ista tvornica je položila istosmjerni 250 kV kabel u dužini od 130 km na Skageraku.

Glavni razlog da je STK dobio polaganje Vancouverskog kabela jest prije nekoliko godina izgrađen brod polagač, sigurno naopremljeniji za te radove na svijetu. Brod ima rotirajuću platformu na kojoj se nalazi kabel, pa nema opterećenja kabela na torziju. Osim toga je STK vrlo ozbiljan, savjestan i svjetski priznat polagač podmorskih kabela.

Vrijedno je napomenuti da je Voncouver 1975. godine spojen s istosmjernim 300 kV kabelom 1 × 400 m² Cu prijenosne snage 400 MW u dužini oko 27,0 km.

B. Mr.

HE GURI — VENEZUELA

Tri japanska proizvođača i Siemens isporučit će za He Guri na rijeci Rio Caroni (Venezuela) 5 generatora od po 800 MVA po jedinici. Za sada su to najveći generatori hlađeni zrakom za HE na svijetu.

U pogonima Siemensa u Berlinu upravo je dovršen jedan od generatora. Vanjski promjer generatora iznosi Φ 17,0 m, visina 6,0 m, a limovi statora 3,6 m; ukupna težina generatora iznosi 2 500 t, pa ga je nemoguće čitavog prevoziti.

Generator će se prevesti do HE u dijelovima, gdje će se za predviđenih 50 000 h ponovno montirati.

B. Mr.

HE CHARCANI V — PERU

Na nadmorskoj visini od 3 000 m na padinama vulkana Misti započela je izgradnja HE Charcani V.

Elektrana će imati 3 pelton-turbine snage 45,0 MW, a koristit će pad od 700 m.

Elektrana je važan objekt u ekonomskim planovima Perua, a opskrbljivat će električnom energijom pokrajinu Arequipu.

B. Mr.

DISTRIBUTIVNI DISPEČERSKI CENTRI U ARAPSKIM ZEMLJAMA

U Libiji je distributivno poduzeće iz Bengazija naručilo dispečerski centar za Torbuk. Dispečerski centar ima, između ostalog, dva miniračunala; naručena je tonfrekventna komanda za ukapčanje — iskapčanje javne rasvjete i veze za potrebe dispečerskog centra među ostalima i sve potrebno za prijenos komandi po V. N. vodovima.

U isto vrijeme je distributivno poduzeće u Sebhi (Libija) naručilo 5 novih TS 60/10,5 kV s jedinicama 2 × 10 MVA, koje će uz 31 postojeću TS opskrbljivati električnom energijom dubinske pumpe za navodnjavanje u pustinji Fezzan. Ti radovi dio su poljeprivrednog plana Libije.

U Saudijskoj Arabiji je Medina Electric Company naručila dispečerski centar kojim će pratiti rad 22 TS visokog napona i oko 600 TS na srednjem naponu. Dispečerskim centrom upravljat će se električnim postrojenjima u Medini, Meki, industrijskoj luci Yanbu lukom Jedah. Sistem veza je pri naponu 400 kV VF po vodičima, na 110 kV vodovima putem signalnih vodova, a na srednjem naponu radio-vezama.

Isto poduzeće je naručilo za područje Jedah — Meka 5 TS 11 kV.

B. Mr.

132 kV KABELI S KRUTIM DIELEKTRIKOM ZA BAGDAD

Državna elektroprivreda Iraka SOE (State Organization of Electrocity) iz Bagdada naručila je 200 km 132 kV kabela s izolacijom od UPE (umreženi polietilen).

Radi se o do sada najvećoj narudžbi visokonaponskih kabela s izolacijom od krutog dielektrika. Za iznos od oko 15,0 milijuna USA $ isporučit će ASEA Kabel Stockholm osim 132 kV kabela i odgovarajući kabelski pribor, signalne kabele i izvesti sve radove oko njihova polaganja.

Proizvodnja ASEA-Kabeli postigla je natprosječnu jednoličnost dielektrika, a novi postupak u ekstruziji također poboljšava kvalitetu izolacije. Sve je to potvrđeno dugotrajnim ispitivanjima.

Naručeni kabeli povezat će 9 trafostanica u gradnji u Bagdadu s postojeće 3 trafostanice izvan grada.

Narudžba 132 kV kabela s krutim dielektrikom nastavak je politike SOE-a što se tiče dielektrika kabela; prije nekog vremena naručene su, naime, veće količine S. N. kabela sa UPE kao dielektrikom.

Prema EW 19179/14.

B. Mr.

380 kV KABEL U POGONU U BEČU

Potkraj 1979. godine stavljeno je u pogon oko 12 km 380 kV kabela u Beču. Kabel spaja na istočnom dijelu grada TE Siemering s potrošačima u zapadnom dijelu grada i prolazi kroz središte grada. Pri tome je trebalo riješiti i prijelaze željezničkih pruga, rijeka i kanala.

Uz kabel su položene polietilenske cijevi za prisilno hlađenje. Kabel i cijevi za hlađenje položene su u mješavinu pijeska i cementa radi homogenog i određenog odvoda topline.

Prijenosna moć kabela bez prisilnog hlađenja je 600 MVA, a s prisilnim hlađenjem 1 050 MVA.

Prema EW 26/1979.

B. Mr.

PLUTAJUĆE P. T. E. — SR NJEMAČKA

U SR Njemačkoj NWK (Nordwestdeutsche Kraftwerke) nastavlja s radom na planu »Električna energija iz mora«. Radi se na projektiranju plinske termoelektrane snage 350 MVA koja bi se montirala na platformu i stavila u pogon u obalnim vodama Sjevernog mora na nalazištima plina koji se zbog malih količina ili velike sadržine dušika ne isplati distribuirati potrošačima.

Prva takva PTE postavila bi se 80 km zapadno od Helgolanda, udaljena oko 80 km od njemačke obale na vlastitom nalazištu plina. U pregovorima su za novu eksploatacionu bušotinu 3 km južnije, zajedno s vlasnikom koncesije uz utrošak od oko 200 000,00 milijuna dinara.

Izgradnja takve elektrane s priključkom na prijenosnu mrežu, bez ispitnih i pripremnih radova oko prenošenja plina i pripreme za eksploataciju, stajala bi oko 5,0 milijardi dinara. Cijena kWh bila bi između cijene kWh proizvedene u NTE i TE s uvoznim ugljenom. Rentabilnost takve elektrane bila bi kod nalazišta plina izdašnosti 5—7 milijardi m³, odnosno za 12 godina pogona.

Prema EW 2/1980.

B. Mr.

HE YANGTZE — KINA

Započeli su radovi na gradnji brane na rijeci Yangtze u Kini u provinciji Gezhu. Dužina brane iznosit će 2560 m, a tako stvoreno jezero bit će više od 10 km dugo, a korisna visinska razlika 20 m. Brana se gradi na mjestu gdje su na rijeci dva otočića, a izgradit će se dvije hidroelektrane uz obje obale rijeke. Predviđena je ukupna izgradnja 21 agregata od po 128,5 MW svaki, pa će instalirana snaga iznositi 2 700 MW, a godišnja proizvodnja 13 800 × 10^6 kWh.

B. Mr.

S. T. E. ALMERIA — ŠPANJOLSKA

U organizaciji OECD (Organizacija za kooperaciju i ekonomski razvoj) grade se u Španjolskoj u pokrajini Almerja dvije solarne termoelektrane. Predviđa se da će izgradnja jedne elektrane stajati oko 25,0 milijuna dinara. Jedna elektrana bit će s razdijeljenim kolektorima, a druga s centralnim kolektorima; svaka elektrana će zauzimati prostor 7—8 hektara.

Cilj izgradnje je stjecanje iskustva i usporedba između dvaju sistema montaže kolektora.

B. Mr.

VELIKI TRANSFORMATORI U FRANCUSKOJ

Za nove NTE u gradnji s agregatima od 1 300 MW naručila je francuska elektroprivreda (EDF) i odgovarajuće transformatore 400 kV. Radi se o trofaznim jedinicama jedinične snage 1 650 MVA. Za NTE u pogonu snage 900 MW u postrojenjima EDF-a je 18 transformatora snage 1 080 MVA.

B. Mr.

HE AQUA — BRAZIL

Dana 29. prosinca 1979. pušten je u pogon zadnji agregat od 250 MW HE Aqua Vermelha u Brazilu.

He ima tako u pogonu 6 agregata od 250 MW po jedinici, a godišnja proizvodnja iznosi 10 milijardi kWh. Opskrbljuje električnom energijom područje Sao Paola odgovarajućim 460 i 550 kV vodovima.

B. Mr.

HE SAN AGATON — VENECUELA

Za HE San Agaton u Venezueli naručene su dvije turbine Pelton od po 174,5 MW svaka. Korisni pad iznosi 383 m, a broj okretaja 450 min^{-1}.

B. Mr.

SVJETSKA PROIZVODNJA NAFTE U 1979. GODINI

Proizvodnja nafte u svijetu u 1979. godini iznosila je 3,25 mlrd. tona i bila je za 154 mln. tona veća nego u 1978. godini, pa je povećanje iznosilo 5,0%. Dinamika proizvodnje nafte u pojedinim krajevima svijeta bila je različita, čemu su uzroci tehničkog, ekonomskog, pa i političkog karaktera. U tabeli 1. prikazana je svjetska situacija kretanja proizvodnje nafte u prošle tri godine.

Tablica 1.

SVJETSKA PROIZVODNJA NAFTE
(u 10^3 tona)

Svijet	1977.	1978.	1979.	%	Promjena u 1979. %
Zapadna Evropa	64 259	83 972	110 450	3,4	+31,5
SSSR i Ist. Evropa	573 588	595 511	608 170	18,7	+ 2,1
Afrika	284 533	276 055	305 250	9,4	+10,6
Bliski istok	1 134 320	1 089 851	1 131 700	34,8	+ 3,8
Daleki istok	230 096	243 373	251 375	7,7	+ 3,3
Istočna hemisfera	2 286 796	2 288 762	2 406 945	74,0	+ 5,1
Sjeverna Amerika	581 199	622 633	645 000	19,9	+ 3,6
Karipsko područje	135 702	134 557	143 300	4,4	+ 6,5
Južna Amerika	45 065	51 109	55 950	1,7	+ 9,5
Zapadna hemisfera	761 906	808 299	844 250	26,0	+ 4,4
Ukupno	3 048 762	3 097 061	3 251 195	100,0	+ 5,0

Kako se iz te tablice vidi, situacjia je ova.

Prozvodnja nafte u zapadnoj Evropi u 1979. godini iznosila je nešto više od 110 mln. tona, što je 3,4% od svjetske proizvodnje. Prema proizvodnji u 1978. godini porasla je za 31,5% ili za nešto više od 26 mln. tona. Taj se porast uglavnom odnosi na Veliku Britaniju, gdje je proizvodnja nafte u Sjevernom moru porasla od 54 mln. tona na 79 mln. tona ili za 46,3%.

U svim ostalim zemljama (osim u Norveškoj — 1,2 mln. tona) — s obzirom na malu proizvodnju — porast je bio neznatan. Dapače, u SR Njemačkoj zabilježen je i slab pad proizvodnje.

Proizvodnja nafte u 1979. godini u SSSR-u i u socijalističkim zemljama istočne Evrope prekoračila je 608 mln. tona, što je za 2,1% više nego u 1978. godini, kad je ta proizvodnja iznosila 595,5 mln. tona. Dakle, porast proizvodnje iznosio je 12,5 mln tona. Prema svjetskoj proizvodnji udio je bio 18,7%. Kako u ukupnoj toj proizvodnji Sovjetski Savez sudjeluje s oko 96% to se spomenuto povećanje odnosi upravo na nj. Ostale zemlje istočne Evrope jednim dijelom nisu imale povećanu proizvodnju (Albanija, Čehoslovačka, Njemačka DR i Poljska). U Jugoslaviji je zabilježen porast proizvodnje od samo 0,6%, dok je u Madžarskoj proizvodnja bila manja za 150 000 tona, a u Rumunjskoj za oko 220 000 tona.

Znatan porast proizvodnje nafte (10,6%) ostvaren je u Africi, gdje je proizvodnja u 1979. godini bila nešto preko 305 mln. tona, što je 9,4% od svjetske proizvodnje. Najveći su proizvođači nafte Alžir, Libija i Nigerija.

Proizvodnja nafte na Bliskom istoku iznosila je u 1979. godini gotovo 1 132 mln. tona prema 1 090 mln. tona u 1978. godini, pa je porast proizvodnje iznosio približno 42 mln. tona ili za 3,8% više. U svjetskim razmjerima to je najveći proizvođač s udjelom od 35% Najveći porast proizvodnje zabilježen je u Iraku, i to od 129 mln. tona na 175 mln. tona, u Kuvajtu od 109 mln. tona na 130 mln. tona, te Saudijskoj Arabiji od 422 mln. tona na 510 mln. tona. Još u 1978. godini drugi najveći proizvođač nafte na Bliskom istoku — Iran u 1979, godini gotovo je preplovio svoju proizvodnju. Naime, u 1978. godini ta je proizvodnja iznosila nešto preko 260 mln. tona, a u 1979. godini pala je na 145 mln. tona.

Na Dalekom Istoku u cjelini proizvodnja nafte u 1979. godini dosegla je gotvo 251,5 mln. tona, pa je proizvodnja porasla za osam milijuna. U svjetskoj proizvodnji udio je gotovo 8%.

Od kretanja proizvodnje nafte na Dalekom istoku svakako najveću važnost ima stalan rast proizvodnje u Kini.

Proizvodnja nafte u Sjevernoj Americi iznosila je u 1979. godini 645 mln. tona, pa porast proizvodnje iznosila 22,4 mln. tona ili 3,4%. Udio u svjetskoj proizvodnji nafte u 1979. godini bio je 20%. To se povećanje odnosi na Kanadu i Meksiko, dok je u SAD proizvodnja stagnirala. Naročito je važan stalan rast proizvodnje nafte u Meksiku.

Karipsko područje ostvarilo je u 1979. godini proizvodnju nafte od oko 143 mln. tona ili 4,4% od svjetske proizvodnje iznosio je nešto više od 9,7% mln. tona. Pretežni dio proizvodnje nafte, pa i njezin porast otpada na Venezuelu.

Proizvodnja nafte u Južnoj Americi (samo 1,7% od svjetske proizvodnje) dosegla je u 1979. godini gotvo 56 mln. tona, što je za 4,8 mln. tona ili za 9,5% više.

Zapadna hemisfera dala je u 1979. godini nešto više od 844 mln. tona nafte, što je 26,0% od svjetske proizvodnje. U 1978. godini proizvodnja je iznosila 803,3 mln. tona, pa je u 1979. godini proizvedeno gotovo 36 mln. tona nafte više ili za 4,4%.

U tabeli 2. prikazana je proizvodnja nafte deset najvećih proizvođača nafte.

Tablica 2.

DESET NAJVEĆIH SVJETSKIH PROIZVOĐAČA NAFTE
(u 10^3 tona)

Zemlja	1977.	1978.	1979.	%	Porast u 1979. %
SSSR	550 000	572 500	585 000	18,0	+ 2,2
Saudijska Arabija	458 450	421 975	510 000	15,7	+20,9
SAD	457 119	481 461	479 000	14,7	− 0.5
Irak	112 091	128 925	175 000	5,4	+35,7
Iran	292 224	260 850	145 000	4,5	−44,4
Kuvajt	99 412	108 905	130 000	4,0	+19,4
Venezuela	116 605	115 734	125 000	3,9	+ 8,0
Nigerija	103 301	93 995	114 000	3,5	+21,3
Kina	94 000	104 050	108 000	3,3	+ 3,8
Libija	99 540	96 205	101 000	3,1	+ 5,0
Ukupno	2 372 742	2 384 600	2 472 000	76,1	+ 3,7

Iz te se tabele vidi da je proizvodnja nafte spomenutih deset velikih proizvođača u 1979. godini dosegla gotovo 2,5 mlrd. tona ili 76,1% svjetske proizvodnje. Prema 1978. godini proizvodnja je porasla za 3,7%.

Po proizvodnji nafte na prvom je mjestu — kao i prošlih godina Sovjetski Savez, gdje je u 1979. godini proizvedeno 585 mln. tona nafte ili 2,2% više nego u prethodnoj godini. Udio u svjetskoj proizvodnji je 18,8%. Saudijska Arabija s proizvodnjom od 510 mln. tona (porast + 20,9%) zamijenila je SAD, koje su pale na treće mjesto. Proizvodnja u SAD je oslabila za 0,5% i iznosila je 481 mln. tona. Četvrto i peto mjesto zamijenili su Irak i Iran.

Naime, u Iraku je proizvodnja porasla na 175 mln. tona, a u Iranu se smanjila na 145 mln. tona. I na začelju je došlo do promjene, jer je poredak u 1978. godini bio Kina, Libija i Nigerija, a u 1979. godini poredak je Nigerija, Kina i Libija.

Od spomenutih deset najvećih svjetskih proizvođača nafte sedam pripada grupi zemalja OPEC-a, a SSSR, SAD i Kina ne pripadaju toj grupi zemalja proizvođača nafte.

Situacija proizvodnje nafte u 15 zemalja-članica OPEC, od kojih je sedam među najvećim u svijetu, prikazana je u tabeli 3.

Tablica 3.

PROIZVODNJA NAFTE U ZEMLJAMA — ČLANICAMA OPEC-a
(u 10^3 tona)

Zemlja	1977.	1978.	1979.	Procjena u 1979. %
Abu Dabi	79 797	70 015	70 000	—
Alžir	54 623	58 780	60 500	+ 2,9
Dubai	15 963	18 495	18 150	− 1,8
Ekvador	8 742	9 730	10 750	+10,5
Gabon	11 219	10 600	10 000	− 5,7
Indonezija	83 772	82 415	80 000	− 2,9
Irak	112 091	128 925	175 000	+35,7
Iran	282 224	260 850	145 000	−44,4
Katar	21 017	23 415	25 000	+ 6,8
Kuvajt	99 412	108 905	130 000	+19,4
Libija	99 540	96 205	101 000	+ 5,0
Nigerija	103 301	93 995	114 000	+21 3
Saudijska Arabija	158 450	421 975	510 000	+20,9
Šarjak	1 347	1 056	650	−38,4
Venezuela	116 605	115 734	125 000	+ 8,0
Ukupno	1 548 103	1 501 095	1 575 050	+ 4,9

Zemlje članice OPEC-a imale su — kako se iz tabele 3. vidi — u 1979. godini proizvodnju nafte 1 575 mln. tona, što je za 4,9% više nego u prethodnoj godini.

Većina zemalja OPEC-a imala je u 1979. godini veću proizvodnju nego u 1978. godini. Smanjenu proizvodnju imali su Dubai, Gabon, Indonezija i šarjak, a najveći je pad proizvodnje bio u Iranu (— 44,4%) iz poznatih političkih razloga.

Konačno, u tabeli 4. prikazana je proizvodnja nafte u zemljama OPEC-a i socijalističkim zemljama u odnosu na proizvodnju u ostalim zemljama. Proizvodnju socijalističkih zemalja čini proizvodnja u Sovjetskom Savezu, zemljama u istočnoj Evropi, Kini i Kubi.

Tablica 4.

PROIZVODNJA NAFTE U ZEMLJAMA OPEC-a I U SOCIJALISTIČKIM ZEMLJAMA PREMA PROIZVODNJI U OSTALIM ZEMLJAMA
(u 10^3 tona)

Zemlje	1977.	1978.	1979.	%	Porast u 1979. %
Zemlje OPEC-a	1 548 103	1 575 050	1 501 095	48,5	+4,9
Socijalističke zemlje	667 703	716 285	699 676	22,0	+2,4
Ukupno	2 215 806	2 291 335	2 200 771	70,5	+4,1
Sve ostale zemlje	832 956	959 860	896 290	29,5	+7,1
Svjetska proizvodnja	3 048 762	3 097 061	3 251 195	100,0	+5,0

Dakle, zemlje OPEC-a i socijalističke zemlje dale su u 1979. godini zajedno 2,29 mlrd. tona nafte ili 70,5% od svjetske proizvodnje. Sve ostale zemlje svojom proizvodnjom od gotovo 960 mln. tona sudjelovale su u svjetskoj proizvodnji s 29,5%, a samo SAD daje 479 mln. tona.

Jugoslavija sa svojom proizvodnjom u 1979. godini od 4,1 mln. tona u Evropi (izuzimajući SSSR) peta po proizvodnji nafte, i to iza Velike Britanije (79 mln. tona), Norveške (18 mln. tona), Rumunjske (13,5 mln. tona) i SR Njemačke (4,8 mln. tona).

V. B.

Vijesti iz elektroprivrede

SAVJETOVANJE O RAZVOJU ENERGETIKE JUGOSLAVIJE

U Opatiji je od 20. do 22. ožujka 1980. godine održano Savjetovanje »Razvoj energetike Jugoslavije«, pod pokroviteljstvom SIV-a, i u organizaciji Saveza energetičara Jugoslavije i Jugoslavenskog komiteta svjetske konferencije za energiju.

Cilj održanog savjetovanja bio je razmatranje i ukazivanje na energetske potencijale Jugoslavije, njihovu raspoloživost, primijenjenost, mogućnost eksploatacije, te racionalnost u proizvodnji i korišenju. Na ovom značajnom skupu sudjelovalo je više od 700 stručnjaka i znanstvenika iz cijele zemlje. U više od sto (održanih) referata obrađena je problematika iz oblasti:

— Perspektiva proizvodnje primarne energije iz domaćih izvora
— Sekundarna energija iz domaćih izvora
— Transport energije
— Potrošnja, primjena i racionalizacija i
— Energetska politika Jugoslavije.

Detaljno je obrađeno stanje i mogućnosti svih energetskih rezervi, proizvodnja, iskorištenje i potrošnja energije u našoj zemlji. Stupanj dosadašnjih istraživanja ukazuje da se kod nas može računati na ugljen, naftu, prirodni plin, uran, kao i uljne škriljevce. Međutim struktura tih energetskih oblika nije najpovoljnija. Više od 70% ukupnih rezervi čini lignit. To je izneseno na savjetovanju i naglašeno da će ugljen u energetici Jugoslavije odigrati važnu ulogu.

Što se tiče nafte i plina oni će zadržati važnu ulogu. imaju u ukupnoj strukturi potrošnje u našoj zemlji.

U pogledu urana, iako je istražen mali dio Jugoslavije, dosad je pronađeno osam ležišta uranove rudače. U gradnji je rudnik urana Žirovski vrh (Slovenija). Ocijenjeno je da pripada u rad većih u Evropi, pa i u svijetu, iako ne i po koncentraciji urana u rudači.

To što bi ugljen i nuklearno gorivo trebali u bliskoj budućnosti biti temelj naše energetike, ne smije omesti istraživanje primjene drugih izvora energije, kao što su solarna, geotermalna i druge.

Velike se nade polažu u uljne škriljevce, od kojih su ležišta kod Aleksinca u Pomoravlju među najbogatijim u Evropi. S tih bi se ležišta moglo dobiti, kad se ovlada tehnološkim procesom, 120 milijuna tona tekućih goriva.

U zaključcima sa savjetovanja se predlaže niz mjera za ubrzanje razvoja energetike do 2000. godine u Jugoslaviji. Tim programom obuhvaćen je razvoj ugljenokopa, industrije nafte i plina, elektroprivrede, posebno novih oblika energije — nuklearne, solarne, geotermalne i sl. Nužno je pristupiti intenzivnijim istraživanjima energetskih potencijala, te razvoj tehnike i tehnologije za racionalno iskorištenje primarne energije. Predlaže se da svi subjekti koji sudjeluju u realizaciji energetske politike naprave kompletne programe štednje energije i njene racionalne potrošnje. Posebno se to odnosi na uvoznu energiju — naftu i plin.

I. R.

DV 110 kV OBROVAC — GRAČAC

Završeni su svi radovi na izgradnji DV 110 kV Obrovac — Gračac, dugoj 21,3 km. Zadatak novosagrađenog dalekovoda je da osigura opskrbu konzuma na području općina Gračac i Srb, a u perspektivi i općine Donji Lapac. To područje se dosad opskrbljivalo električnom energijom preko 35 kV dalekovoda iz Gospića.

Građevne i montažne radove DV 110 kV Obrovac — Gračac izvelo je poduzeće »Dalekovod« iz Zagreba. Vod je izveden na čelično rešetkastim stupovima proizvodnje Energoinvesta.

Do 1983. godine vod će raditi pod naponom 35 kV, dok se ne izgradi TS 110/35 kV Gračac.

Radovi na izgradnji nove TS kV Gračac su u toku. Na nju će biti priključen dalekovod Obrovac — Gračac, koji će tokom 1980. godine ući u pogon.

Investitor novosagrađenog dalekovoda i TS 35/10 kV Gračac je »Elektroprenos« Split. Za gradnju ovih objekata uloženo je oko 45 milijuna dinara.

I. R.

PROIZVODNJA UGLJENA

U 1979. godini u Jugoslaviji je proizvedeno oko 42,5 milijuna tona ugljena. U odnosu na 1978. godinu proizvodnja je povećana za oko tri milijuna tona (ili 7%). Povećana je proizvodnja mrkog ugljena i lignita, dok je proizvodnja kamenog ugljena manja. Iskopano je 420 000 tona kamenog ugljena a to je manje za 50 000 tona nego u 1978. godini.

Značajno je povećana proizvodnja mrkog ugljena. Tako je prošle godine iskopano 9,3 milijuna tona što je za pola milijuna više nego u 1978. godini.

Najveći je porast ostvaren u proizvodnji lignita i to 32,6 milijuna tona, što je za oko 2,3 milijuna ona više nego u 1978. g. Proizvodnja je mogla biti i veća, ali termoelektrane kao najveći potrošaći u pojedinim mjesecima malo su radile. To je došlo zbog toga što su hidroelektrane proizvodile električnu energiju znatno više od utvrđenih planova.

Plan proizvodnje naših ugljenokopa u 1980. godini planira proizvodnju od 52,2 milijuna tona. Izraženo količinski u odnosu na 1979. godinu to je za 9 milijuna tona više (ili 23%).

I. R.

NOVI ELEKTROPRIJENOSNI OBJEKTI ELEKTROSLAVONIJE

RO »Elektroslavonija« Osijek je u 1979. godini utrošila oko 425 milijuna dinara za izgradnju novih prijenosnih objekata na području Slavonije i Baranje. Planom su bile predviđene investicije u iznosu od 575 milijuna dnara, tako da se neutrošeni dio koristi za objekte čija je gradnja započeta u 1979. godini.

Investicioni program gradnje prijenosnih objekata u 1980. godini obuhvaća ove objekte:

DV 110 kV Ernestinovo — Valpovo, DV 35 kV Slavonska Požega — Velika, DV 35 kV Kneževi Vinogradi — Draž i Cerna — Otok.

Nadalje TS 110/35 kV Valpovo i TS 110 kV Županja, te TS 35/10 kV u Osijeku i TS 35/10 kV Borovo.

Radovi na ovim objektima trebaju biti završeni do kraja 1980. godine, a ukupna ulaganja iznose oko 465,7 milijuna dinara, što uglavnom osigurava investitor Elektroslavonija.

I. R.

PLAN INVESTICIJA ELEKTRANE VARAŽDIN

Zajednička skupština OSIZ-a i Radničkog savjeta OOUR »Elektra« Varaždin usvojila je samoupravni sporazum o programu rada i udruživanja sredstava za izgradnju elektroenergetskih objekata u 1980. godini.

Za realizaciju investicionog programa predviđena su sredstva u iznosu od 89,7 milijuna dinara. Financijska sredstva osiguravaju »Elektra« 56 milijuna, OSIZ 24,6 milijuna a u finaciranju sudjeluju i potrošači s oko 9 milijuna dinara.

U ovoj godini plan obuhvaća izgradnju dvadeset TS 10/0,4 kV — rekonstrukciju mreže i priključnih dalekovoda. Planirana je i rekonstrukcija desetak niskonaponskih mreža. U plan je uvrštena i gradnja dalekovoda 10 kV Kneginac — Greda, oko 20 km. Nadalje, počet će pripremni radovi za gradnju TS 110/10 kV Varaždin II, lociranu u južnoj industrijskoj zoni grada.

U sklopu nove tvornice poliesterskih vlakana u jugoistočnoj industrijskoj zoni Varaždina gradit će se rasklopnica 10 kV.

I. R.

GRADIT ĆE SE PLOMIN 2

RO »Elektroprivreda« Rijeka usvojila je program gradnje drugog bloka TE Plomin, snage 200 MW. Kao gorivo koristit će se ugljen Istarskih ugljenokopa Labin i to u prvom redu iz novih ugljenokopa Ripenda i Tupljak čija je gradnja u toku.

Investiciona ulaganja u TE Plomin 2 iznosit će više od dvije milijarde dinara. Utvrđen je rok dovršenja elektrane i to 1. srpanj 1984, s tim da će tada započeti pokusni rad, a redovni komercijalni rad u siječnju 1985. godine.

Izrada glavnih projekata povjerena je stručnjacima RO »Elektroprojekt« Zagreb koji su projektirali i prvu etapu TE Plomin.

I. R.

INVESTICIONA ULAGANJA ELEKTRANE ZAGREB

OOUR Distribucija — Elektra Zagreb u 1980. godini planira uložiti u investicije oko 351 milijun dinara. Najveći dio planiranih sredstava utrošit će se za objekte mreže 10 kV i 0,4 kV (interpolacija i zamjena opreme), zatim za objekte 110 kV i 30 kV. Jedan dio uložit će za nabavu opreme distributivne mreže,sredstva transporta i mehanizacije, nabavu instrumenata, strojeva i dr. Ovim planom investicija obuhvaćeno je devet općina s užeg područja grada Zagreba, te općina Susedgrada i Sesveta. Financijska sredstva najvećim

dijelom osigurana su iz vlastitih fondova amortizacije, naknade potrošača električne energije i izvora OSIZ-a.

Posebno je donešen investicioni plan za 1980. godinu za OOUR Distribucije Velika Gorica — 25 milijuna i OOUR Distribucije Zaprešić oko 80 milijuna dinara.

I. R.

ELEKTRIFIKACIJA PRUGE SUNJA — BOSANSKI NOVI

Između Željezničkog transportnog poduzeća Zagreb i »Energoinvesta« potpisan je samoupravni sporazum o elektrifikaciji pruge Sunja — Bos. Novi duge oko 40 km. Investiciona ulaganja elektrifikacije ove dionice iznose oko 470 milijuna dinara koje osigurava SOUR ŽTP Zagreb, te republika i federacija.

Izvođači radova su stručne ekipe ŽTP, »Energoinvest« u suradnji s drugim poduzećima. Planirano je da svi radovi budu završeni do 27. srpnja ove godine do Dana ustanka naroda i narodnosti Hrvatske i Bosne i Hercegovine.

Istovremeno se radi na elektrifikaciji željezničke pruge Bosanski Novi — Banja Luka — Doboj. Zanimljivo je spomenuti da je željeznička pruga Bos. Novi — Banja Luka sagrađena za turske vladavine, a u prometu je od 1872. godine. To je najstarija željeznička pruga u Bosni normalnog kolosijeka. Zatvršetkom elektrifikacije navedenih dionica ostvaruje se plan elektrifikacije pruge Zagreb — Sarajevo.

I. R.

Nove knjige

H. POŽAR: IZVORI ENERGIJE

Izdavač: Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1980, 275 stranica, format 24×16,5, tvrdo vezano, cijena 320.— dinara.

Naš poznati energetičar, akademik prof. dr. Hrvoje Požar povećao je svoj veliki naučni stručni opus vrlo korisnom, zanimljivom i aktualnom knjigom »Izvori energije«. U knjizi je iznesen na vrlo pristupačan način, nakon osnovnih energetskih pojmova, pregled izvora energije koji na današnjem stupnju tehnike dolaze u obzir za iskorištenje.

Sadržaj knjige svrstan je u 4 poglavlja. U prvom poglavlju, pod naslovom »Klasifikacija oblika energije« dani su, uz kratki povijesni pregled, osnovni pojmovi o energiji i snazi kao i opća klasifikacija oblika energije.

Drugo je poglavlje posvećeno primarnim konvencionalnim oblicima energije, gdje su obuhvaćeni ugljen, nafta, zemni plin, vodne snage, nuklearna goriva, uljni škriljci, treset, drvo i otpaci.

Nekonvencionalni oblici energije kao geotermička energija, energija plime i oseke, morskih valova, vjetra i sunca kao i energija nuklearne fuzije obuhvaćeni su u trećem poglavlju.

Električnoj energiji posvećeno je posljednje četvrto poglavlje ove vrijedne knjige.

Danas kad je pitanje energije postalo jedan od najvažnijih problema nije ostalo samo u domeni tehnike, već je stvar općeg interesa. Ovo djelo po svojoj koncepciji i načinu kako je napisano pruža mogućnost tehničarima i netehničarima da dobiju preglednu sliku o energetskim pojmovima, mogućnostima proizvodnje različitih oblika energije kao i o postojećim svjetskim energetskim izvorima. Knjiga sadrži mnoštvo aktualnih statističkih podataka i dijagrama, a čita se lagano.

Djelo sličnog sadržaja i koncepcije nije kod nas još napisano, a malo ima takvih djela i u svijetu.

Svakako, knjiga je značajan doprinos našoj popularno naučnoj literaturi, a morao bi je pročitati svatko tko se zanima za aktualne svjeske probleme.

RADE KONČAR

NEKA NOVA RJEŠENJA U POBOLJŠANJU KONTINUIRANE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ZRAČNIM VODOVIMA SREDNJEG NAPONA

Uvod

Prenapučenost velikih gradova i industrijskih središta, te nedovoljna propusna moć njihovih prometnica, sve više postaju ograničavajući faktor daljnjeg razvoja industrijske proizvodnje na postojećim lokacijama.

Već i do sada je često bilo nužno, a u buduće će biti još češće, da se prilikom novih ulaganja u proširenje proizvodnje, pronađu nove — uglavnom — disperzirane lokacije, više ili manje udaljene od sadašnjih.

Osim toga, u prigradskim selima razvija se i značajna djelatnost na području proizvodnje i prerade hrane, koja također zahtijeva sve više el. energije.

Svi ovi potrošači opskrbljuju se, pretežno, zračnim vodovima napona 12, 24 i 38 kV, koji su izloženi čestim kvarovima pod utjecajem atmosferskih prenapona.

Automatsko odvajanje voda u kvaru

Postojeća rješenja s ugradnjom linijskih rastavljača, ili rastavnih sklopki, na počecima krajnjih vodova, ne daju mogućnost brzog lociranja kvara, pa čitava područja ostaju duže vrijeme bez električne energije sa svim posljedicama koje iz tog proizlaze.

Druga mogućnost, koja na odvojcima zahtijeva postavljanje odgovarajuće transformatorske stanice (TS), sa prekidačem za ponovno uklapanje i pripadnom relejnom zaštitom, predstavlja i još će dugo predstavljati, ekonomski neprihvatljivo rješenje za ovu vrstu potrošača.

Nastojanja proizvođača el. opreme, da se i ovim potrošačima omogući sigurnija opskrba el. energijom dovela su do primjene uređaja za automatsko odvajanje zračnog voda u kvaru, koji se prigrađuje na svaku fazu linijskog rastavljača, prema sl. 1.

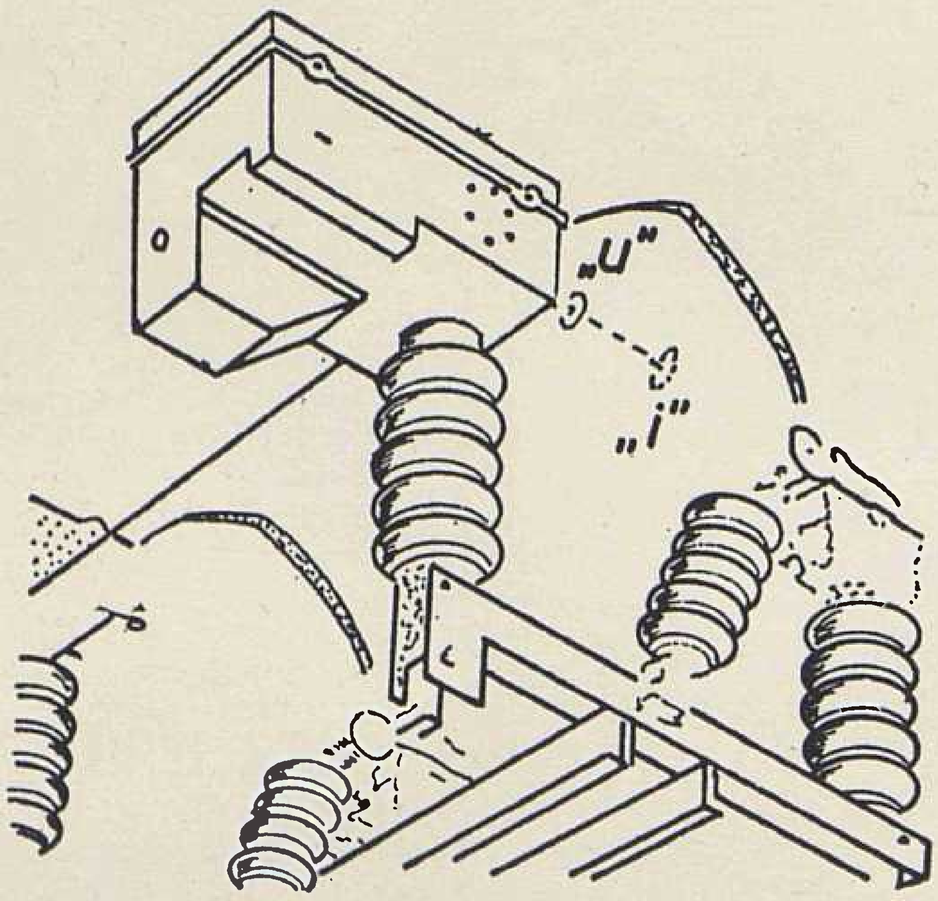
Primjenom ovog uređaja, omogućeno je veoma brzo odvajanje voda u kvaru, čime se osigurava nesmetana opskrba potrošača priključenih na druge krajnje vodove u promatranom konzumnom području.

Za naše razmatranje, pretpostavimo mrežu s četiri radijalno spojena voda — prema sl. 2. na čijim su počecima ugrađeni linijski rastavljači LR, ili rastavne sklopke, s uređajima za automatsko odvajanje voda u kvaru, proizvodnje »R. Končar« — OOUR Sombor.

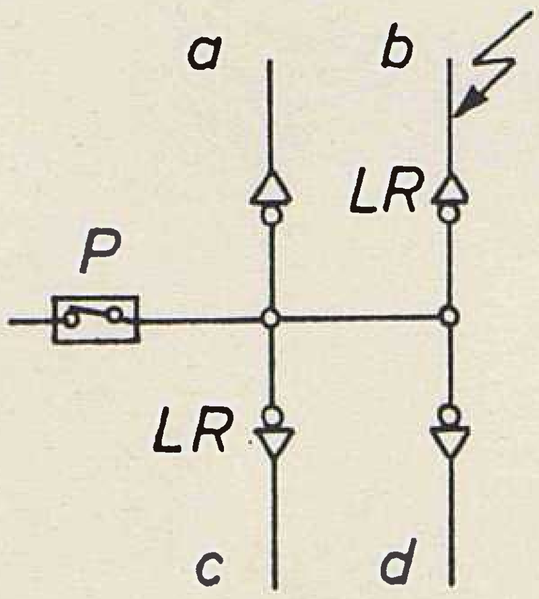
U slučaju pojave kvara na vodu (b), struja kratkog spoja I_k aktivira zaštitu prekidača (P), ugrađenog u TS na početku glavnog voda, koji prekida struju I_k za približno 0,1 — 0,2 sek. od njezinog nastanka.

Istovremeno je struja I_k aktivirala i automatski uređaj za odvajanje na vodu (b), koji nakon zatezanja od 10 do 20 sek. odvoji vod od preostalog dijela mreže.

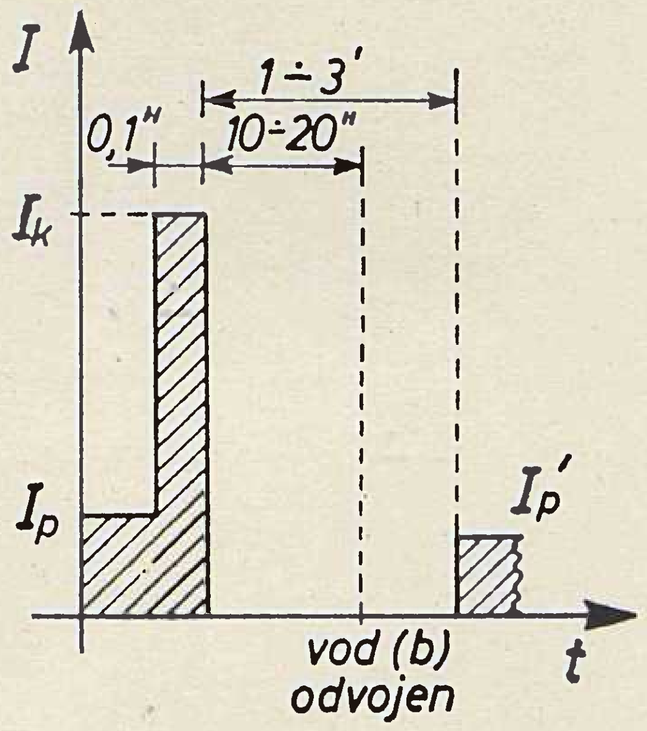
Uklapanjem prekidača, ručno ili automatski nakon pauze od 1 — 3 min., ponovno se nastavlja opskrba



Sl. 1.



Sl. 2.



Sl. 3.

potrošača priključenih na vodove (a), (c) i (d), kao što je vidljivo iz dijagrama na sl. 3.

$$I_p = I_k = 0$$

Prije otklanjanja kvara na vodu, potrebno je linijski rastavljač ručno otvoriti u krajnji isklopni položaj, čime se izdanak vidljiv na sl. 1. vrati iz položaja »i« u položaj »u« i na taj način ponovno zatvori strujni put kroz uređaj za automatsko odvajanje na vodu (b).

Samo po sebi razumljivo, ako je na početku glavnog voda ugrađen prekidač (P) suvremenih karakteristika, kao što su prekidači tipa M12 — 38 proizvodnje »RK« — OOUR Zagreb Borongaj, koji imaju mogućnost brzog ponovnog uklopa, te ako u TS postoji odgovarajući APU uređaj i ako se radi o prolaznom kvaru, prekidač (P) ponovo uklopi nakon pauze od 0,3 do 8 sek., da u tom slučaju automatski uređaj za odvajanje voda u kvaru neće proraditi, čime se nastavlja redovna opskrba i potrošača priključenih na vod (b).

Neke mogućnosti primjene uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru

Posebno je zanimljiv slučaj, ako na razvijenijem konzumnom području imamo i takve potrošače, koji ni kraću stanku u opskrbi el. energijom ne mogu prihvatiti zbog zastoja u proizvodnom procesu. Primjer opskrbe važnijih potrošača na vodovima A i B, uz korištenje dva prekidača i linijskih rastavljača s uređajem za automatsko odvajanje voda u kvaru, prikazan je na slici 4.

U našem primjeru, ponovno je pretpostavljen kvar na odvojku (b). Struja kratkog spoja istovremeno potiče relej za automatsko odvajanje voda (b), te odgovarajuće zaštite na prekidačima P_1 i P_2. Zaštita prekidača u glavnoj TS, je tako podešena da prekidač P_1 prvi isklopi, dok je vremensko zatezanje na uređaju za automatsko odvajanje voda u kvaru — kako već znamo — od 10 do 20 sekundi. Uređaj za brzo ponovno uklapanje, uz prekidač P_1, odmah proslijedi impuls za ponovni uklop, te prekidač — nakon beznaponske pauze od približno 0,3 sek. — ponovno uklopi.

Ako je kvar bio prolaznog karaktera, opskrba el. energijom nastavlja se dalje bez ikakvih smetnji na čitavom području, kao što je opisano u prvom dijelu ovog članka.

Međutim, ako je na vodu (b) kvar trajnog karaktera, uklapanjem prekidača P_1 ponovno se u vodu (b), kao i kroz prekidače P_1 i P_2 uspostavlja struja kratkog spoja I_k. Za ovaj slučaj, zaštite na prekidačima se tako podešene, da drugo isklapanje izvrši prekidač P_2 u područnoj TS.

Ovime je mjesto kvara odvojeno prekidačem P_2, čime je osigurana nesmetana opskrba potrošača priključenih na vodovima A i B. Dijagram struje kroz prekidač P_1 prikazan je u ovom primjeru na sl. 5.

Nakon 10 do 20 sekundi po isklopu prekidača P_2, tj. nakon prestanka djelovanja struje kratkog spoja I_k, uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru, odvoji vod (b) od ostalog dijela mreže, čime vod (b) trajno ostaje izvan pogona dok se kvar točno ne pronađe i otkloni. Za potrošače priključene na vodove (a), (c), i (d), uspostavit će se ponovno redovna opskrba el. energijom jednu do tri min. nakon isklopa prekidača P_2 u područnoj TS, a dijagram struje kroz prekidač P_2 prikazan je u tom slučaju na sl. 6.

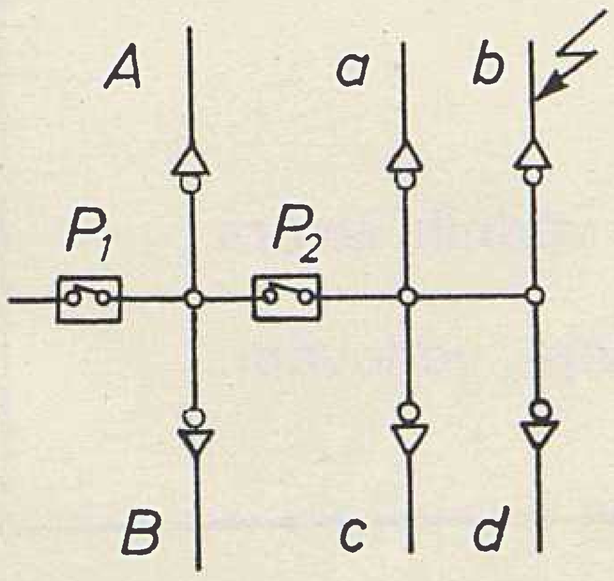
Zaključak

Iz navedenih primjera se vidi da uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru omogućava:

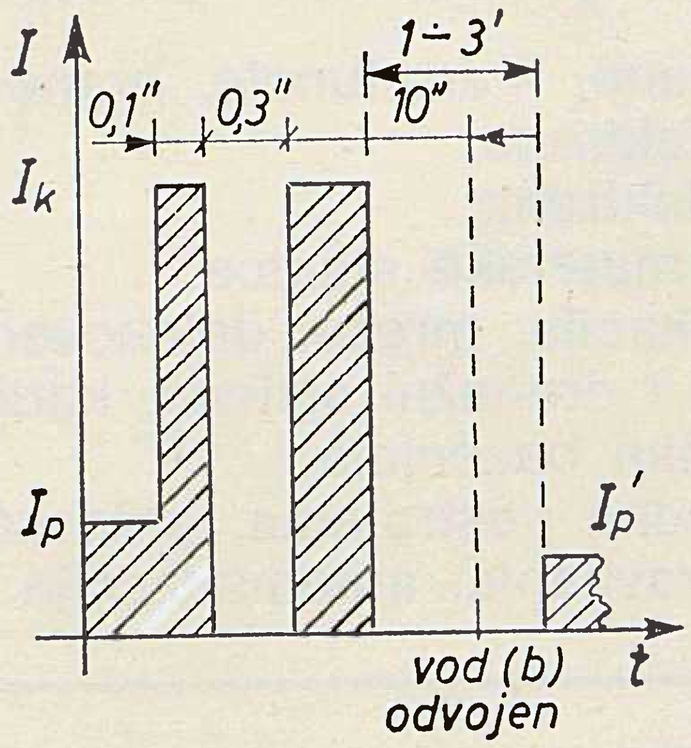
— sigurniju opskrbu el. energijom, radi manjeg broja ispada, jer izvan pogona ostaje samo vod u kvaru,
— kraće vrijeme za pronalaženje i otklanjanje kvara,
— manje troškove za otklanjanje nastalih kvarova,
— manje ljudstva i vozila za održavanje zračnih mreža srednjeg napona.

Sve ove prednosti potvrđuju zaključak, da se ubuduće može očekivati značajna primjena uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru na zračnim mrežama srednjeg napona.

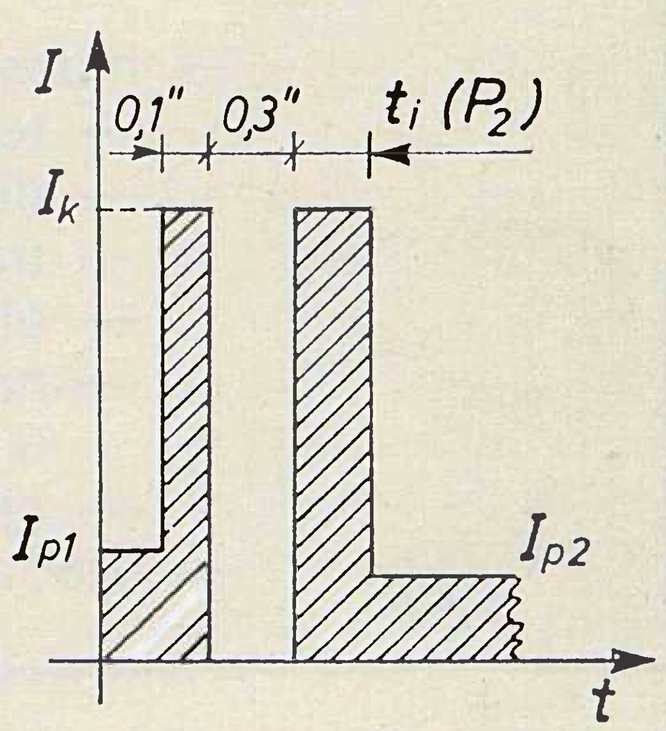
Naslov pisca:
Josip Polanc, dipl. ing.
RO »Rade Končar« — Elektrouređaji



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

ELEKTROPROJEKT

poduzeće za projektiranje i konzultantske usluge
u području energetskih i industrijskih postrojenja

obavlja sve konzulting poslove i usluge u fazama:

I. za vrijeme prethodnih radova

— istraživanja i izvještaje u pogledu ekonomske opravdanosti izgradnje objekta;
— izradu ekonomskih i financijskih pokazatelja;
— programe za provođenje istražnih radova;
— izradu idejne dokumentacije;

II. za vrijeme ustupanja i građenja objekta

— natječajnu i drugu dokumentaciju;
— dokumentaciju za zaključivanje ugovora o građenju i drugih ugovora;
— analizu ponuda i prijedloga u vezi ustupanja radova;

III. za vrijeme građenja objekta

— stalni nadzor nad izvođenjem radova;
— izradu planova i praćenje realizacije;
— koordinaciju sudionika u izgradnji objekta;
— sudjelovanje u postupku primopredaje i obračuna;
— nadzor ispravnosti i funkcioniranje objekta;

izrađuje kompletnu projektnu dokumentaciju potrebnu za objekte:

— hidroelektrane, hidro-tunele, brane i zaustave;
— termoelektrane;
— dizel elektrane;
— transformaterske stanice;
— elektrifikacija, mreže, dalekovodi;
— natapni i drenažni sistemi, korištenje vodnih izvora u riječnim bazenima;
— cjevovodna postrojenja, gradska grijanja, vodovodi;
— uređaji upravljanja, automatizacija;

ELEKTROPROJEKT — ZAGREB, Proleterskih brigada 37, tel. 511-242, 514-111

Energija God. 29 (1980) br. 7—8, 257—266.

ISTRAŽIVANJA I RJEŠAVANJE IZGARANJA T-ULJA ZA LOŽENJE PRI SNIŽAVANJU TEHNIČKOG MINIMUMA BLOKOVA TE SISAK

Dr Dubravko Matanić, Zagreb

UDK 621.311.22

Jedan od osnovnih problema koji se moraju riješiti pri snižavanju tehničkog minimuma blokova u TE Sisak jest problematika loženja generatora pare. Prikazani su putovi rješavanja i ostvareni rezultati u dosadašnjem rješavanju tog problema.

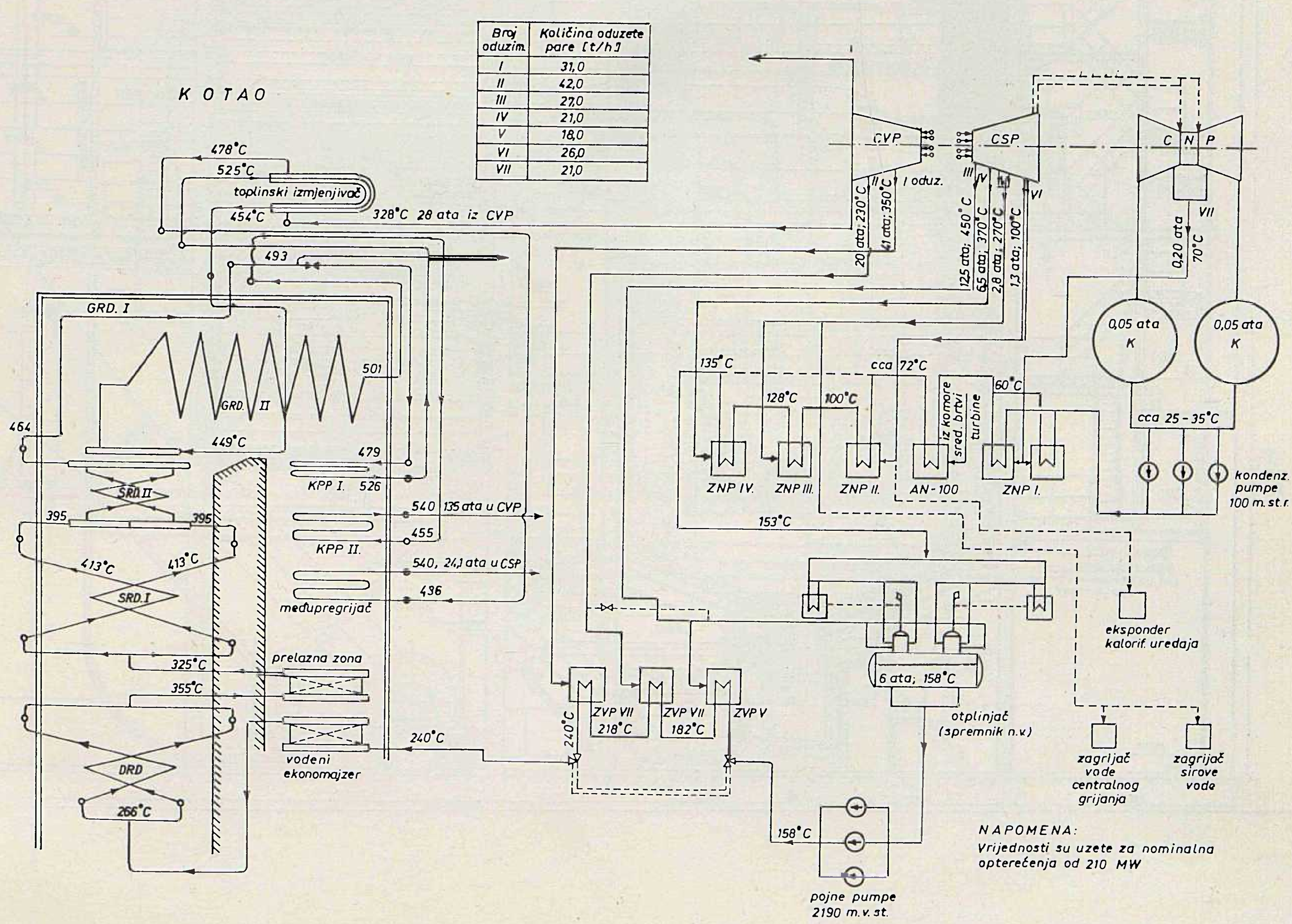
OPIS POSTROJENJA I SVRHA ISTRAŽIVANJA

U 1970. god. u TE Sisak pušten je u rad blok I nominalne snage 210 MW, a 1976. i blok II iste nominalne snage.

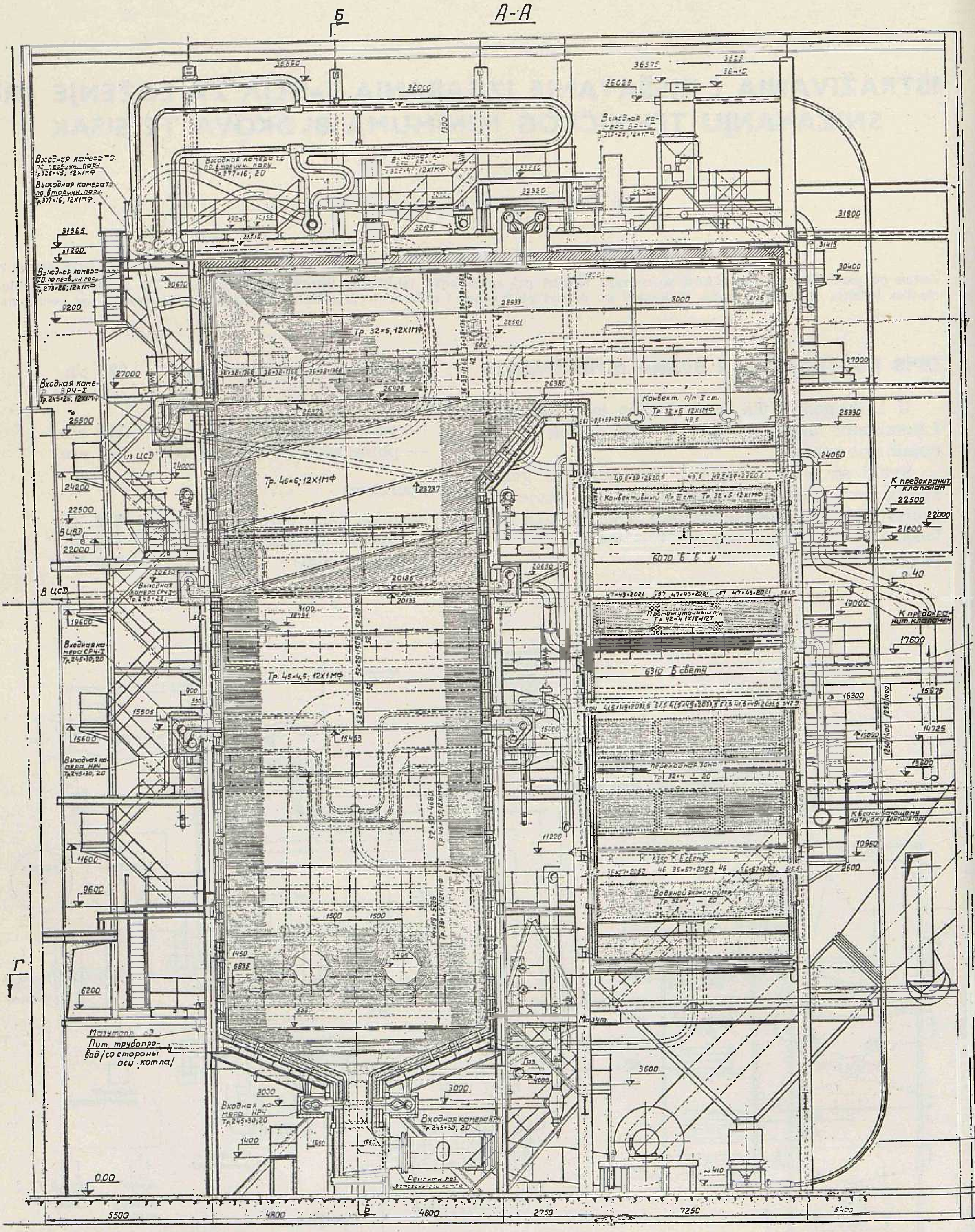
Svaki se blok sastoji od dva protočna generatora pare (GP) i turboagregata, sve sovjetske proizvodnje. Tehnološka shema spajanja bloka prikazana je na priloženoj sl. 1. Osnovni tehnički podaci o GP jesu:

Nominalna produkcija pare	330 t/h
Tlak	
— pare na izlazu iz GP	140 ata
— pojne vode na ulazu u GP	188 ata
Temperatura	
— pregrijane pare	540 °C
— međupregrijane pare	540 °C
— pojne vode	240 °C

Broj oduzim.	Količina oduzete pare [t/h]
I	31,0
II	42,0
III	27,0
IV	21,0
V	18,0
VI	26,0
VII	21,0



Sl. 1. Osnovna shema parno-vodenog trakta bloka



Sl. 2. Generator pare TE SISAK

Stupanj djelovanja	93 %
Gorivo	T — ulje
Broj gorača	4
Potrošnja goriva	24 t/h
Dimenzije ložišta	8,5 x 8,5 x 25 m
Ogrjevna površina	
— ložišta	1 086 m²
— povratne komore	218 m²
— pregrijača pare 1	405 m²
— pregrijača pare 2	810 m²
— međupregrijača	1 785 m²
— prelazne zone	4 160 m²
— zagrijača vode	2 120 m²
— regenerativnog zagrijača zraka	16 100 m²
Toplinsko opterećenje ložišnog volumena	117 000 kcal/m³h

Na priloženoj sl. 2. dan je presjek kroz GP.

S obzirom na ograničene mogućnosti obje jedinice u pogledu variranja opterećenja, njihov angažman od puštanja u pogon bio je isključivo u pokrivanju temeljnog dijela dijagrama opterećenja. Kako se u oba bloka spaljuje T—ulje za loženje, tj. skupo gorivo, koje osim toga, s obzirom na njihove fizikalno-kemijske karakteristike kao i tehnički postupak u procesu izgaranja, omogućava elastičan rad postrojenja, neminovno se nametnula potreba razmatranja mogućnosti blokova za rad s tehničkim minimumom znatno ispod tehničkog minimuma za koji su bili blokovi projektirani (70% od nominalnog opterećenja). Analiza mogućnosti bloka kao i sakupljena iskustva sa sličnim blokovima u SSSR-u, te poznavanje prihvaćenih tehničkih rješenja u zapadnim zemljama pokazali su da je uz neke rekonstrukcije na samom postrojenju moguće osposobiti blok za rad s tehničkim minimumom od 30% nominalne snage. Pri tome su se kao najznačajnije iskazale 3 grupe problema na kojima je potrebno najintenzivnije raditi:

— problem loženja,

— problem cirkulacije kroz GP kod sniženih opterećenja,

— problem regulacije, mjerenja i automatizacije vezan za prethodne dvije grupe problema.

U dosadašnjem radu na rješavanju problema snižavanja tehničkog minimuma najviše se radilo na rješavanju problema loženja.

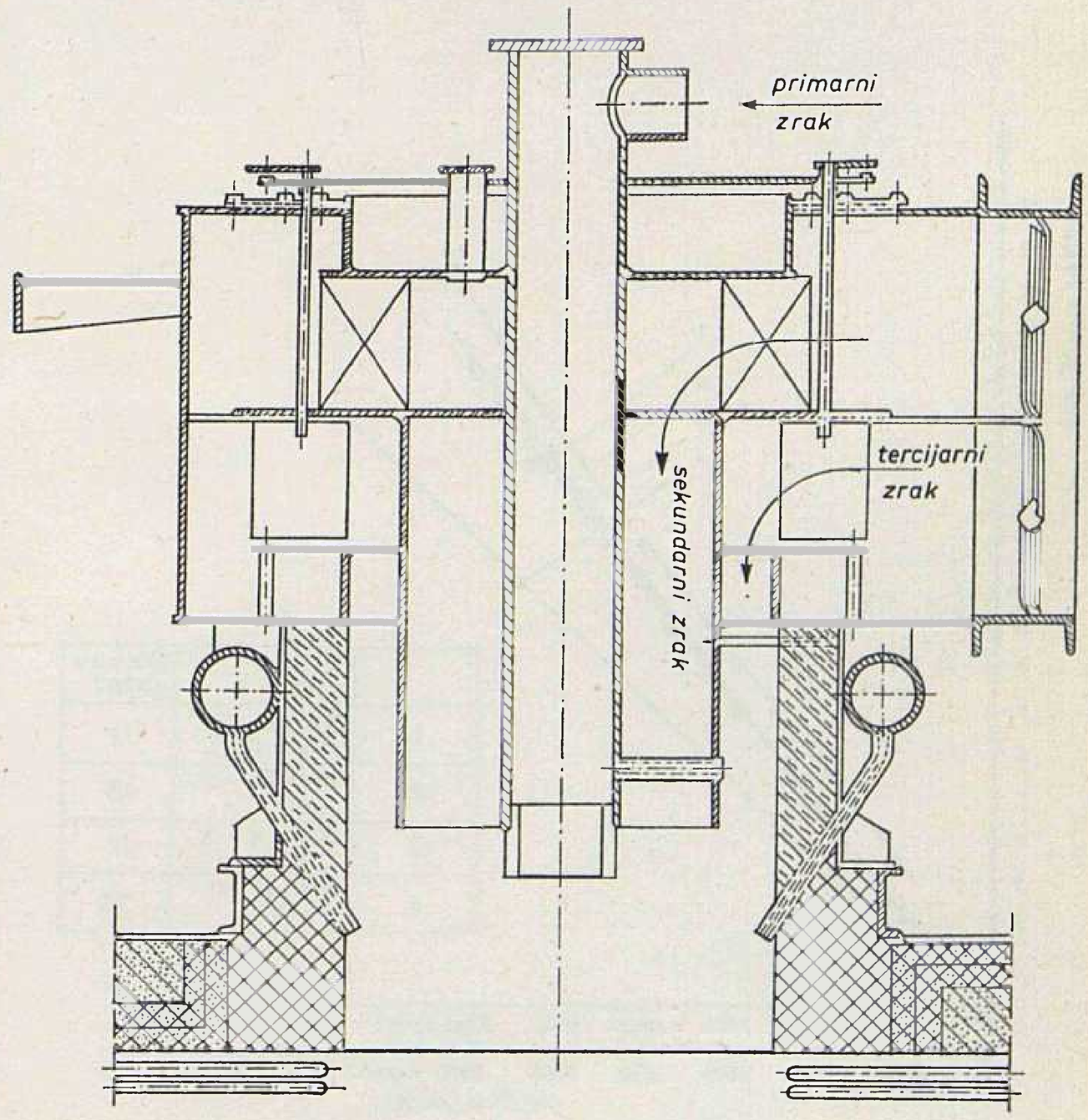
Treba napomenuti da se pri razmatranju rješavanja problema izgaranja zaključilo da je najsvrsishodnije ovaj problem rješavati vlastitim snagama, za što su postojali dovoljno jaki razlozi.

U skladu s namjenom GP, koji su koncipirani za rad u baznom režimu, i postrojenje za loženje koncipirano je za rad u području opterećenja 70 — 100%. Svaki od dva GP jednog bloka opremljen je sa 4 gorača, koji su smješteni bočno po dva nasuprot sa svake strane, ali u istoj horizontalnoj ravnini. Kapacitet gorača ovisan je o tlaku goriva i pri tlaka T—ulja 32 at iznosi 6 000 kg/h. Na sl. 3. dan je uzdužni presjek kroz gorač.

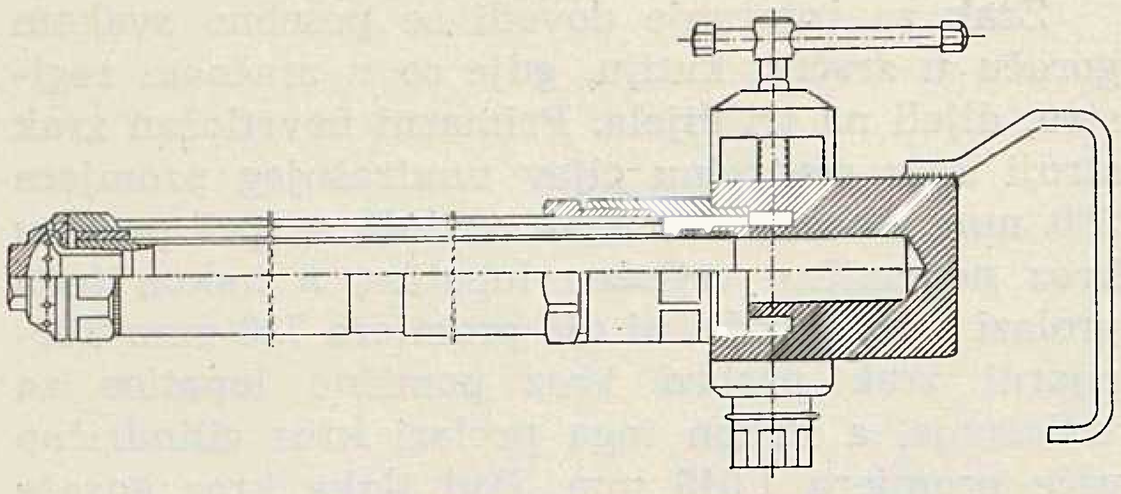
Zrak za izgaranje dovodi se posebno svakom goraču u zračnu kutiju, gdje se u zračnom registru, dijeli na tri dijela. Primarni nevrtložan zrak struji kroz centralnu cijev unutrašnjeg promjera 280 mm. Sekundarni zrak vrtloži se pri prolazu kroz nepomične vrtložne lopatice, a nakon toga prolazi kroz cilindrični dio promjera 730 mm. Tercijarni zrak prolazi kroz pomične lopatice za vrtloženje, a nakon toga prolazi kroz cilindrično ušće promjera 1 040 mm. Pad tlaka kroz gorače iznosi 100 — 120 mmSV, a što je ovisno o stupnju onečišćenja regenerativnog zagrijača zraka. Raspršivanje goriva vrši se tlačno centrifugalnom sapnicom. Pri startu postrojenja koriste se pomoćni raspršivači manjeg kapaciteta. Minimalni radni tlak T—ulja kod kojeg se još postiže zadovoljavajuće raspršivanje iznosi 18 at, a pri čemu je postignuto opterećenje od približno 70% nominalnog.

Iz navedenog je očito da je osnovni problem koji treba riješiti pri snižavanju tehničkog minimuma na 30% povećanje opsega regulacije gorača na 1 : 4 s postojećeg 1 : 1,4. Budući da je kvaliteta izgaranja u cjelini određena kvalitetom raspršivanja goriva i kvalitetom miješanja goriva i zraka, potrebno je da obje te komponente pružaju mogućnost rada gorača u opsegu regulacije 1 : 4.

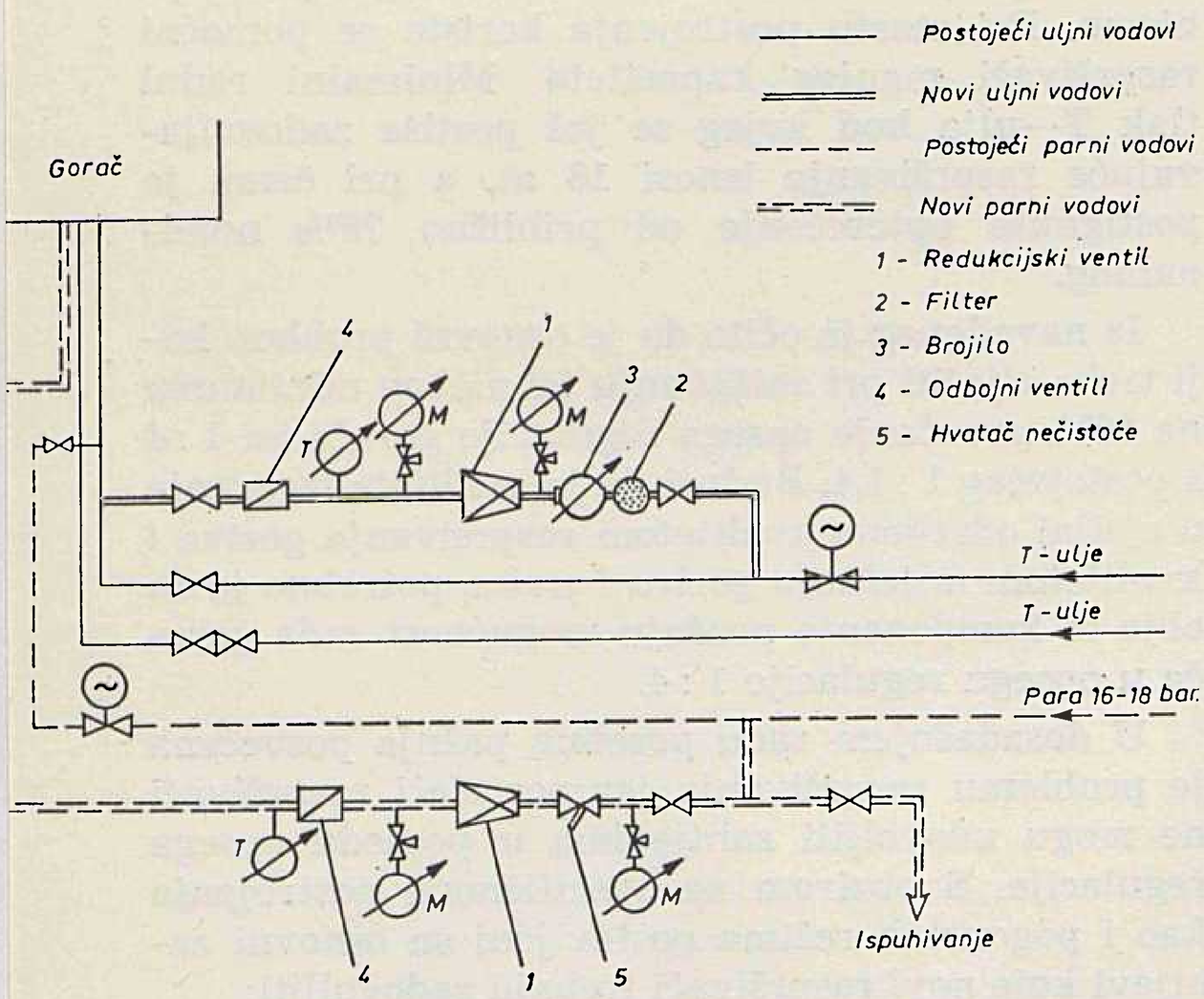
U dosadašnjem radu posebna pažnja posvećena je problemu raspršivanja jer postojeći raspršivači ne mogu udovoljiti zahtjevima u pogledu opsega regulacije. S obzirom na specifičnosti postrojenja kao i pogonskih režima postavljeni su osnovni zahtjevi koje novi raspršivači trebaju zadovoljiti:



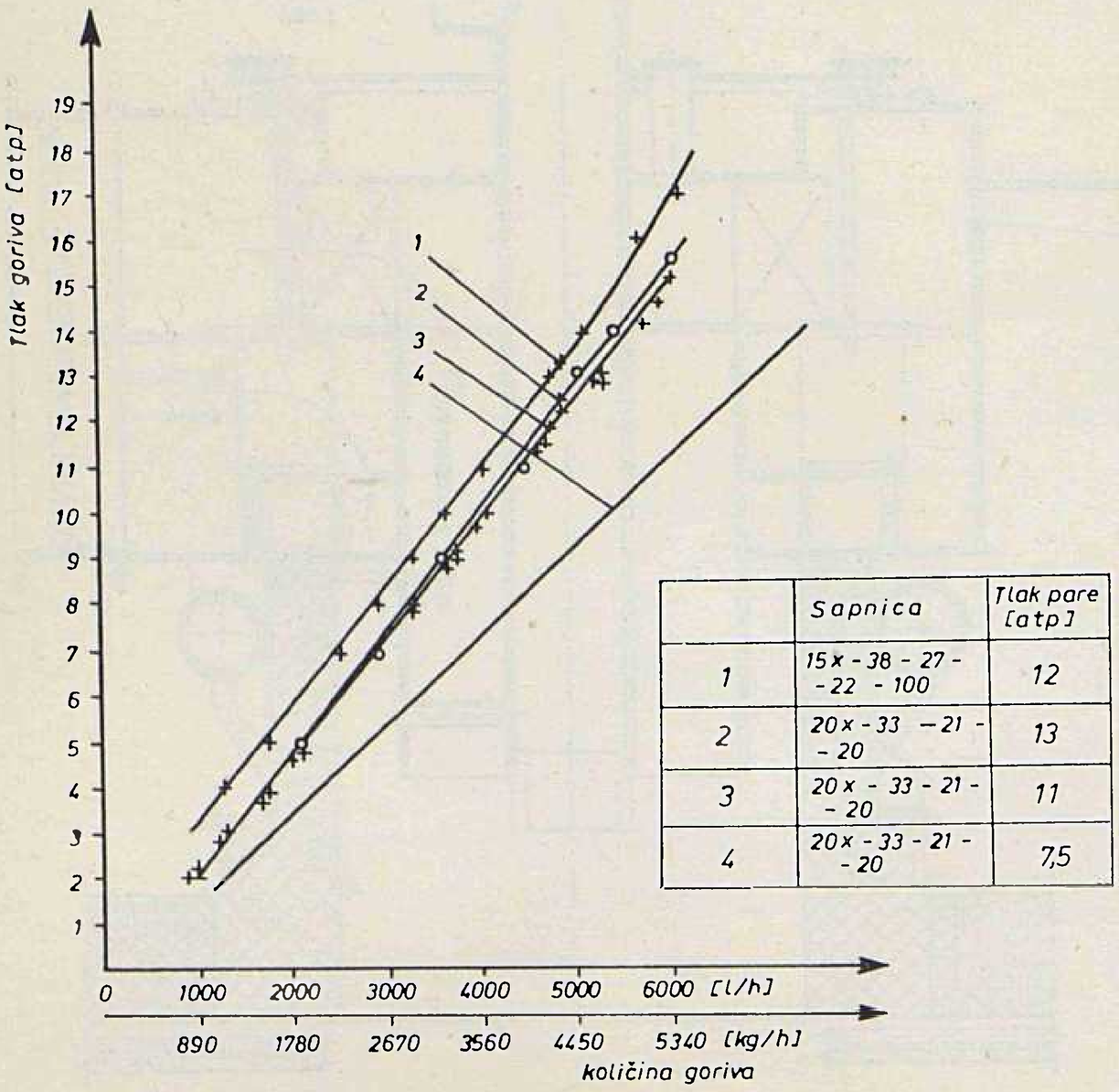
Sl. 3. Presjek gorača za T-ulje



Sl. 4. Tlačnoparni raspršivač



Sl. 5. Shema instalacije za ispitivanje tlačnoparnog raspršivača



	Sapnica	Tlak pare [atp]
1	15x - 38 - 27 - - 22 - 100	12
2	20x - 33 - 21 - - 20	13
3	20x - 33 - 21 - - 20	11
4	20x - 33 - 21 - - 20	7,5

Sl. 6. Hidraulička karakteristika sapnica

1. Raspršivači moraju omogućiti kvalitetno raspršivanje u opsegu regulacije 1 : 4.

2. Koncepcijski moraju biti riješeni tako da zahtijevaju minimalne troškove rekonstrukcije na ostalim dijelovima postrojenja za loženje. Zbog toga tlak goriva pred goračem ne smije ni u kojem rješenju biti viši od postojećeg.

3. Konstruktivno moraju biti riješeni tako da zahtijevaju minimalne troškove i izmjene na samim goračima.

4. Prihvaćeno rješenje treba omogućiti maksimalno respektiranje pogonskih situacija i režima rada postrojenja.

Detaljnom analizom koja je provedena za sva rješenja koja su danas u tehnici izgaranja poznata (tlačno raspršivanje s povratom u sapnici, rotacijsko raspršivanje, tlačno-pneumatsko raspršivanje) došlo se do zaključka da je optimalno rješenje s tlačno-pneumatskim raspršivačima s parom kao medijem za raspršivanje.

Nakon te spoznaje pristupilo se projektno-konstruktivnom rješavanju raspršivača zajedno sa TPK — Zagreb. Razvijeno i prihvaćeno rješenje raspršivača prikazano je na sl. 4. Konstruktivno rješenje raspršivača omogućilo je laku i brzu izmjenu raznih karakteristika.

Nakon izrade raspršivača počela su preliminarna ispitivanja rada raspršivača na ispitnom stolu raspršivača u TE Sisak, pri čemu se raspršivala voda, a kao medij za raspršivanje služio je komprimirani zrak tlaka 4—6 atp.

Nakon uspješno završenih preliminarnih ispitivanja pristupilo se organizaciji ispitivanja rada raspršivača na generatoru pare. Za potrebe ovih ispitivanja uz gorač br. 2 generatora pare IB izvela se i potrebna instalacija prikazana na sl. 5.

Nakon višestrukih ispitivanja sapnica različitih hidrauličkih karakteristika najpovoljniji rezultati ostvareni su sa sapnicama 15x — 38 — 27 — 22 — 100 i 20x — 33 — 21 — 20 — 90. Hidrauličke karakteristike ovih sapnica dane su na sl. 6.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Ispitivanja koja su se provodila s razvijenim TP--raspršivačem na jednom goraču logično da nisu mogla ništa pouzdano kazati o kvaliteti izgaranja koja su se ostvarivala u radu s parnim raspršivanjem. Zbog toga se kao slijedeći korak pristupilo osposobljavanju GP 1B za rad na sva 4 gorača s TP-raspršivačima. Poslije završenih zahvata i rekonstrukcija na GP pristupilo se istraživanjima kvalitete izgaranja pri radu s raspršivačima T i TP. Glavna svrha ispitivanja kvalitete izgaranja pri radu s T-raspršivačima bilo je snimanje postojeće »nazivne« kvalitete izgaranja, kako bi se kasnije mogla provesti usporedba s ostvarenom kvalitetom izgaranja kod rada s TP-raspršivačima. Rezultati ispitivanja kvalitete izgaranja kod rada s

Tablica 1.

REZULTATI MJERENJA I PRORAČUNA NA BLOKU I — GP 1B				
Tlačni raspršivač	Jedinica	Veličina		
		100%	85%	70%
Snaga na stezaljkama generatora	MW	194,6	172,9	148,1
Količina svježe pare	t/h	295,3	270,5	225,2
Temperatura svježe pare	°C	540,0	540,0	540,0
Tlak svježe pare	atp	127,0	126,4	126,0
Količina teškog ulja za loženje	t/h	22,1	20,5	17,5
Temperatura teškog ulja za loženje ispred gorača	°C	130,3	130,5	129,3
Tlak teškog ulja za loženje ispred gorača	atp	31,1	26,0	19,0
Temperatura zraka za izgaranje ispred gorača	°C	235,1	231,6	225,3
Srednji sastav dim. pl. u prijelaznoj komori:				
CO_2	%	15,18	15,02	14,57
O_2	%	0,81	1,06	1,72
Temperatura dim. pl. ispred Ljungströma — srednja	°C	273,1	269,8	259,6
Tlak dimnih pl. ispred Ljungströma — srednji	mmSV	—107,5	—105,0	— 90,0
Sastav dimnih pl. ispred Ljungströma — srednji:				
CO_2	%	14,24	14,05	14,10
O_2	%	2,06	2,35	245
Dimni broj	°Bach	1—2	1—2	1—2
Pretičak zraka u prijelaznoj komori — srednji	—	1,038	1,050	1,084
Pretičak zraka ispred Ljungströma — srednji	—	1,102	1,119	1,124
Količina krutih čestica po kg goriva — srednja	gr/kg	1,81	0,855	1,415

Tablica 2.

REZULTATI MJERENJA I PRORAČUNA NA BLOKU I — GP 1B				
Sapnica 15x — 38 — 27 — 22 — 100	Jedinica	Opterećenje		
		100%	75%	50%
Datum ispitivanja		8. 3. 79.	8. 3. 79.	9. 3. 79.
Snaga na stezaljkama generatora	MW	193,6	176,0	138,0
Količina svježe pare	t/h	290,1	236,3	159,3
Temperatura svježe pare	°C	540,0	540,2	540,0
Tlak svježe pare	atp	126,0	125,3	124,9
Količina teškog ulja za loženje	t/h	22,22	18,71	13,71
Temperatura teškog ulja za loženje	°C	134,3	134,0	137,0
Temperatura zraka za izgaranje ispred gorača	°C	211,2	211,8	199,7
Tlak teškog ulja za loženje ispred gorača:				
— br. 1	atp	21,2	16,3	11,9
— br. 2	atp	21,4	16,2	16,2
— br. 3	atp	19,6	16,8	12,8
— br. 4	atp	19,6	16,2	11,8
Srednji sastav dim. plinova u prijelaznoj komori:				
CO_2	%	15,72	15,40	14,06
O_2	%	0,30	0,72	2,48
Temperatura dimnih plinova ispred RZZ — srednja	°C	262,8	265,2	252,6
Tlak dimnih plinova ispred RZZ — srednji	mmSV	107,2	91,1	71,3
Sastav dimnih plinova ispred RZZ — srednji:				
CO_2		14,98	14,60	12,90
O_2	%	1,27	1,77	4,01
Dimni broj	°Bach	3,3	1,9	2,0
Pretičak zraka u prijelaznoj komori — srednji		1,013	1,033	1,126
Pretičak zraka ispred RZZ — srednji		1,061	1,087	1,022
Količina krutih čestica po kg goriva — srednja	gr/kg	1,745	0,725	0,675

T-raspršivačima navedeni su u tablici 1. Ispitivanja rada GP izvršena su u toku ožujka i listopada 1979. god., te siječnja 1980. god. Rezultati ispitivanja prikazani su u tablicama 2. do 6.

ANALIZA REZULTATA

Kao što je već bilo naglašeno, kod provedenih ispitivanja od primarne važnosti bilo je utvrditi kvalitetu izgaranja koja se postiže primjenom pojedinih vrsta raspršivača. Ostvareni rezultati su brojni, tako da oni omogućuju nakon podrobnije analize donošenje određenih zaključaka. Pri tome se za ocjenjivanje ostvarene kvalitete izgaranja koriste pretičak zraka, sadržaj krutih čestica (koksa, pepela i čađe) u produktima izgaranja svedeni na 1 kg izgorjelog T-ulja za loženje, kao i dimni broj određivan prema Bacharachu. Budući da sama ispitivanja nisu bila provođena da bi se utvrdila ovisnost sadržaja krutih čestica i dimnog broja o pretičku zraka, dijagramsko prikazivanje rezultata ne bi dalo ništa jasniju sliku od rezultata prikazanih tabelarno.

Maksimalno opterećenje GP koje se ispitivalo iznosilo je 321 t/h svježe pare, što je još uvijek

Tablica 3.

REZULTATI MJERENJA I PRORAČUNA NA BLOKU I — GP 1B — OPTEREĆENJE 100%			
Sapnica 20x — 33 — 21 — 20 — 90	Jedinica	Veličina	
		Ispit. 1.	Ispit. 2.
Datum ispitivanja		18. 10. 1979.	19. 10. 1979.
Snaga na stezaljkama generatora	MW	199,8	202,7
Količina svježe pare	t/h	317,3	321,5
Temperatura svježe pare	°C	540,1	539,8
Tlak svježe pare	atp	128,5	127,9
Količina teškog ulja za loženje — novo brojilo	t/h	23,09	23,41
Temperatura teškog ulja za loženje	°C	125,8	122,4
Temperatura zraka za izgaranje ispred gorača	°C	204,9	203,3
Tlak teškog ulja za loženje ispred gorača:			
— br. 1	atp	12,2	12,8
— br. 2	atp	12,2	12,8
— br. 3	atp	12 1	12,7
— br. 4	atp	12,5	13,1
Tlak pare za raspršivanje iza reg. ventila	atp	7,7	8,5
Temperatura pare za raspršivanje	°C	271,7	273,7
Srednji sastav dim. plinova u prijelaznoj komori:			
CO_2	%	15,48	15,28
O_2	%	0,72	1,02
Temperatura dim. plinova ispred RZZ — srednja	°C	268,6	267,8
Tlak dim. plinova ispred RZZ — srednji	mmSV	—101,3	—108,6
Sastav dimnih plinova ispred RZZ — srednji:			14,47
CO_2	%	14,72	2,08
O_2	%	1,72	
Dimni broj	°Bach	2—3	1—1,5
Pretičak zraka u prijelaznoj komori — srednji		1,033	1,048
Pretičak zraka ispred RZZ — srednji		1,084	1,104
Količina krutih čestica po kg goriva — srednja	gr/kg	1,935	1,285

Tablica 4.

REZULTATI MJERENJA I PRORAČUNA NA BLOKU I — GP 1B — OPTEREĆENJE 75%			
Sapnica 20x — 33 — 21 — 20 — 90	Jedinica	Veličina	
		Ispit. 1.	Ispit. 2.
Datum ispitivanja		15. 10. 1979.	22. 10. 1979.
Snaga na stezaljkama generatora	MW	155,1	178,4
Količina svježe pare	t/h	250,9	251,2
Temperatura svježe pare	°C	540,4	539,6
Tlak svježe pare	atp	128,0	128,2
Količina teškog ulja za loženje — novo brojilo	t/h	19,68	19,44
Temperatura teškog ulja za loženje	°C	132,6	135,0
Temperatura zraka za izgaranje ispred gorača	°C	198,0	200,0
Tlak teškog ulja za loženje ispred gorača:			
— br. 1	atp	9,3	9,2
— br. 2	atp	9,2	9,2
— br. 3	atp	9,1	9,0
— br. 4	atp	9,4	9,3
Tlak pare za raspršivanje iza reg. ventila	atp	7,3	7,6
Temperatura pare za raspršivanje	°C	260,9	269,5
Srednji sastav dim. plinova u prijelaznoj komori:			
CO_2	%	14,95	15,20
O_2	%	1,37	0,96
Temperatura dim. plinova ispred RZZ — srednja	°C	255,7	256,6
Tlak dim. plinova ispred RZZ — srednji	mmSV	— 85,0	— 83,8
Sastav dimnih plinova ispred RZZ — srednji:			
CO_2	%	14,16	14,60
O_2	%	2,41	1,75
Dimni broj	°Bach	2	1—2
Pretičak zraka u prijelaznoj komori — srednji		1,070	1,039
Pretičak zraka ispred RZZ — srednji		1,121	1,088
Količina krutih čestica po kg goriva — srednja	gr/kg	1,650	1,660

9 t/h ispod nominalnog opterećenje GP od 330 t/h. U grupi nazivnih opterećenja od 100% nalazi se i ispitivanje kad je produkcija GP iznosila 290 t/h. To je opterećenje pri ispitivanju sapnice 15x — 38 — 27 — 22 — 100 bilo adekvatno kapacitetu raspršivača, koji su pri tom opterećenju radili već s 21 atp. Budući da je ustanovljeno da daljnje povišenje tlaka nije poželjno zbog postavljanja u višu kategoriju pritisaka, ocijenilo se da je dana sapnica nešto premalog kapaciteta. Pri ispitivanjima s tom

Tablica 5.

REZULTATI MJERENJA I PRORAČUNA NA BLOKU I — GP 1B — OPTEREĆENJE 50%

Sapnica 20x — 33 — 21 — 20 — 90	Jedinica	Veličina	
		Ispit. 1.	Ispit. 2.
Datum ispitivanja		16. 10. 1979.	17. 10. 1979.
Snaga na stezaljkama generatora	MW	128,2	129,6
Količina svježe pare	t/h	173,6	172,9
Temperatura svježe pare	°C	540,2	536,2
Tlak svježe pare	atp	127,3	125,5
Količina teškog ulja za loženje — novo brojilo	t/h	11,98	12,03
Temperatura teškog ulja za loženje	°C	129,0	132,2
Temperatura zraka za izgaranje ispred gorača	°C	193,7	191,0
Tlak teškog ulja za loženje ispred gorača:			
— br. 1	atp	6,3	6,4
— br. 2	atp	6,2	6,3
— br. 3	atp	6,0	6,1
— br. 4	atp	6,4	6,4
Tlak pare za raspršivanje iza reg. ventila	atp	7,5	7,5
Temperatura pare za raspršivanje	°C	262,4	261,2
Srednji sastav dim. plinova u prijelaznoj komori:			
CO_2	%	13,86	13,92
O_2	%	2,80	2,76
Temperatura dim. plinova ispred RZZ — srednja	°C	243,3	239,1
Tlak dim. plinova ispred RZZ — srednji	mmSV	— 53,5	— 57,3
Sastav dimnih plinova ispred RZZ — srednji:			13,26
CO_2	%	13,29	
O_2	%	3,55	3,63
Dimni broj	°Bach	2—3	2
Pretičak zraka u prijelaznoj komori — srednji		1,145	1,144
Pretičak zraka ispred RZZ — srednji		1,191	1,200
Količina krutih čestica po kg goriva — srednja	gr/kg	0,745	0,880

sapnicom ostvarene su relativno male količine krutih čestica pri vrlo niskim pretičcima zraka (do 1,02), no dimni broj je pri tome prelazio vrijednost 3, što se inače smatra gornjom dopustivom granicom. To je jasno upućivalo na relativno dobro raspršivanje goriva, a uz pogoršanje procesa miješanja zraka i goriva. Ispitivanja režima 100% pri radu sa sapnicom 20x — 33 — 21 — 20 — 90 pokazala su da se ista količina krutih čestica ostvaruje kao i kod prethodne sapnice, ali s povećanim pretičkom zraka 1,03-1,04. No, vrijednosti dimnog broja bile su niže i kretale su se od 1 do 3.

Kod ispitivanja režima od 75% manja količina krutih čestica ostvarena je pri radu sa sapnicom 15x — 38 — 27 — 22 — 100 negoli pri radu sa sapnicom 20x — 33 — 21 — 20 — 90. Zanimljivo je pri tome da su rezultati sa sapnicom 15x — 38 — 27 — 22 — 100 ostvareni i kod nešto nižeg pretička u prosjeku. Rezultati u pogledu dimnog broja bitno se ne razlikuju. Grupa ispitivanja od 50% opterećenja najbrojnija je i, što je karakteristično, utvrđena su najmanja odstupanja u rezultatima. Tu su i ostvareni rezultati u pogledu sadržaja krutih čestica smješteni u rasponu pretičaka 1, 12 — 1, 16 i rasponu sadržaja krutih čestica 0,6% 1,2 gr/kg goriva. Pri tome valja naglasiti da su režimi rada kod 50% opterećenja u pogledu pretička zraka određeni mogućnošću održavanja pregrijanja pare u određenim granicama. Kod svih režima od 50% vrijednosti dimnog broja bile su ispod 3.

Promatrajući ostvarene rezultate, može se uočiti kod pojedinih režima relativno veliko rasipanje rezultata. Posebice to vrijedi za režime 100 i 75%.

Ako se čak i prihvate rezultati ispitivanja sapnice 15x- . . . kod 75% opterećenja kao rezultat izvan svake sumnje u odnosu na rezultate ostvarene sapnicom 20x- . . . pri istim opterećenjima, tada upada u oči činjenica da su s istom sapnicom pri povećanju opterećenja samo za 16% utvrđene količine krutih čestica gotovo 2,5 puta veće uz neznatno smanjenje pretička zraka.

Treba istaći da se u ovom trenutku mogu utvrditi barem dva osnovna uzroka relativno velikim rasipanjima. Jedan je sama metoda utvrđivanja sadržaja krutih čestica kod koje su veoma lako moguće razne greške, dok se kao drugi faktor svakako ističe sama podešenost pojedinih gorača. Skupljena iskustva u toku ispitivanja omogućuju da se utvrdi kako je sama koncepcija loženja u TE Sisak veoma pogodna za ostvarivanje nejednolikih režima u pogledu kvalitete izgaranja. Tome svakako pridonosi nasuprotni smještaj gorača u ložištu relativno malog presjeka. U normalnom radu plameni nasuprotnih gorača međusobno se sudaraju. Radi se, dakle, o dvjema plinskim strujama u kojima su prisutne pulzacije tlakova i brzina. Pri tome je gotovo nemoguće uspostaviti zadovoljavajuću dinamičku ravnotežu, tako da veoma često dolazi do premještaja ravnoteže bliže jednom od gorača, koji u tom slučaju nije u stanju normalno formirati svoj plamen, pa su procesi miješanja i izgaranja poremećeni s lošim posljedicama na kvalitetu izgaranja.

Gotovo je normalna pojava da jedan od gorača slabije radi. Treba napomenuti da dubina ložišta od 8,5 m jedva da bi bila dovoljna za slobodno

formiranje plamena gorača učinka 5 700 kg/h T-ulja. Takve nestabilnosti u pogledu kvalitete izgaranja svakako utječu i na sadržaj krutih čestica, pa i na rasipanje tih rezultata. Mijenjanjem položaja pojedinih zaklopki na goračima i vrtložnih lopatica mogu se režimi rada znatno mijenjati, što sve pridonosi znatnom rasipanju rezultata. Kod rada na 50% opterećenja, kad se radi s pretičcima u prosjeku od 15%, zbog izobilja zraka ti su efekti manje uočljivi.

Uspoređujući ostvarene rezultate rada s T-raspršivačima i TP-raspršivačima, može se uočiti da su rezultati ispitivanja režima rada pri 100% opterećenja s T-raspršivačima praktički na nivou onih ostvarenih sa sapnicom 20x . . . . Rezultati ispitivanja T-raspršivačem kod 70% opterećenja odgovaraju rezultatima ostvarenim pri 75% opterećenja sa sapnicom 20x . . . , dok oni ostvareni pri 85% odgovaraju onima ostvarenim sa sapnicom 15x . . . pri 75% opterećenja. No kako se rezultati ostvareni sapnicom 15x . . . i 75% opterećenja eventualno mogu dovesti u sumnju, to isto vrijedit će i za rezultate ispitivanja T-raspršivačima kod 85% opterećenja s obzirom da oni znatno odstupaju od rezultata ostvarenih pri 70 i 100% istim raspršivačima.

Iz komparacije rezultata uočit ćemo da nema značajnih razlika između rezultata ostvarenih pri radu s raspršivačima T i TP.

ZAVRŠNA RAZMATRANJA

Višekratna ispitivanja, koja su se u dužem vremenskom razdoblju provodila u TE Sisak, ostvareni rezultati kao i skupljena iskustva omogućuju da se dade konačan sud o postignutome, no istovremeno pružaju mogućnosti za nalaženje još povoljnijih rješenja na postrojenju za loženje.

Nužno je stoga na kraju ovog izvještaja izvesti zaključke koji proizlaze iz do sada postignutog, kao i daljnje mogućnosti koje se pružaju, a posebice zaključci u pogledu samog postrojenja za loženje. Također treba upozoriti i na neke činjenice utvrđene u radu GP.

U pogledu ostvarenog na području izgaranja može se konstatirati slijedeće:

— U dosadašnjem radu sapnica 20x — 33 — 21 — 20 — 90 iskazala se kao najpovoljnija jer u potpunosti ispunjava postavljene zahtjeve u pogledu kapaciteta i opsega regulacije.

Ostvareni opseg regulacije čak je i znatno veći od zahtijevanoga (1 : 4), što proizlazi iz ispitivanja startanja GP kad je sa 4 gorača u radu ostvaren minimalni protok od 2,7 t/h T-ulja za loženje. Pri punom opterećenju protok goriva maks. je iznosio 23,4 t/h.

Hidraulička karakteristika same sapnice na osnovi višestrukih ispitivanja dobro je upoznata i prikazana je na sl. 6.

— Sapnica 15x — 38 — 27 — 22 — 100 iskazivala je u toku ispitivanja kvalitete izgaranja u pojedinim režimima i bolju kvalitetu izgaranja od sapnice 20x — 33 — 21 — 20 — 90, no nije potpuno zadovoljila u pogledu kapaciteta sapnice. U pojedinim režimima ostvarena nešto bolja kvaliteta izgaranja ne mora, međutim, biti posljedica kvalitetnijeg rada same sapnice već i drugih okolnosti, npr. onečišćenje same sapnice naslagama koksa. Treba, naime, imati na umu da su se ispitivanja sa sapnicom 20x — 33 — 21 — 20 — 90 provodila nakon rada sapnice kroz dulje razdoblje (nekoliko desetaka dana), a i nakon toga nije se, namjerno, nikakva pažnja poklanjala čistoći sapnice.

Ako pak kvalitetnije izgaranje jest posljedica same sapnice, onda to može biti i zbog znatno višeg tlaka T-ulja i pare s kojima je radila sapnica 15x — 38 — 27 — 22 — 100 što također ima svoju cijenu. Sapnica 15x — 38 — 27 — 22 — 100 također je pokazala povoljnu hidrauličku karakteristiku (sl. 6.), no nije ispitana za razne pritiske pare kao sapnica 20x- . . . , koja se ispitivala u mnogo dužem vremenskom razdoblju.

— Obje sapnice iskazale su dobre dinamičke karakteristike i u potpunosti mogu bez poteškoća slijediti zadane brzine promjene opterećenja GP.

— Pouzdanost u radu sapnica je zadovoljavajuća. Naročito to vrijedi za sapnicu 20x — 33 — 21 — 20 — 90, koja je u pogonu bila i dulje vrijeme (1 mjesec) a da pri tome nisu uočena nikakva oštećenja na pojedinim dijelovima raspršivača. Također nije uočeno nikakvo trošenje samih sapnica i zbog toga promjena u kvaliteti raspršivanja.

Utvrđena kvaliteta izgaranja u radu sa raznim sapnicama u najmanju je ruku jednaka kvaliteti izgaranja s T-raspršivačima, jasno u onom opsegu regulacije u kojem T-raspršivači rade i u kojem su ispitivani (70 — 100% od P_n). Sa sigurnošću se, međutim, može ustvrditi da je rad na 50% opterećenja s TP-raspršivačima znatno kvalitetniji negoli bi to bio slučaj s T-raspršivačima. Točnije, TP-raspršivači omogućuju rad na 50% opterećenja uz kvalitetno izgaranje, a sa T-raspršivačima to uopće ne bi bilo moguće. Čak i rad sa T-raspršivačima raznog kapaciteta (2 osnovna + 2 startna) kad je tlak T-ulja iznosio 18 atp pružao je lošu sliku izgaranja.

Taj rad nije ispitivan, već je ta ocjena dana na osnovi vizualnih opažanja.

— Utvrđena kvaliteta izgaranja postignuta je i uz izvjesno koksiranje same sapnice, što, dakako, vremenom pogoršava kvalitetu raspršivanja. Iz prakse je poznato da praktički svaka sapnica s vremenom koksira i da su potrebna povremena čišćenja.

Ispitivanja rada postrojenja za loženje sa TP-raspršivačima pri 50% opterećenja GP nisu donijela nikakvih novih spoznaja u pogledu ponašanja samog GP pri tom opterećenju. Treba, naime, poznavati činjenicu da je i prije GP povremeno radio na opterećenju od 50%, ali sa T-raspršivačima.

Takav rad zahtijevao je rad s dva osnovna i s dva startna T-raspršivača, što je jasno imalo za posljedicu nesimetrična toplinska opterećenja u presjeku ložišta. Osim toga nije se u takvom radu mogla ostvariti zadovoljavajuća kvaliteta izgaranja. Sve to bilo je, međutim, pri snižavanju opterećenja povezano s manipulacijama na postrojenju za loženje radi zamjene samih raspršivača, što je sobom donosilo povećanu nestabilnost GP i povećane mogućnosti grešaka.

Rad GP pratio se pogonskim instrumentima, što je za ovu svrhu bilo sasvim dovoljno s obzirom da je rad GP i inače ovisan o radu pogonskih instrumenata.

Minimalno opterećenje GP koje se ostvarilo iznosilo je 160 t/h svježe pare, očitano na pogonskom instrumentu. Budući da je to očitanje ulazilo u krajnje donje mjerno područje instrumenta moguća su ovdje stanovita odstupanja. Bez obzira na to sa sigurnošću se može reći da je opterećenje GP iznosilo oko 50% i u ovom trenutku nije bitno da li to iznosi nekoliko postotaka manje. Značajno je pri tome da je rad GP u ovom režimu bio pouzdan bez ikakvih pokazatelja nestabilnosti u pogledu cirkulacije vode kroz GP. U ovom trenutku ne može se ništa pouzdano utvrditi o mogućnostima GP u pogledu daljnjeg snižavanja opterećenja bez zahvata na samoj cirkulaciji kroz GP. Neke spoznaje bit će moguće tek pošto se provedu ispitivanja rada GP s kontrolom temperature pojedinih cijevi ekrana donjeg radijacionog dijela (DRD). Ta ispitivanja se pripremaju i sigurno će dati niz podataka u pogledu pouzdanosti rada GP na još nižim opterećenjima od do sada ostvarenih.

Postojeći uređaji za mjerenje temperatura pojedinih ekranskih cijevi na izlazu iz DRD u toku ispitivanja na 50% pokazali su snižavanje temperature metala ovih cijevi, i to pri snižavanju opterećenja sa 100% na 50% za u prosjeku 10°C. Pri daljnjem snižavanju opterećenja može se očekivati da sve temperature i dalje padaju, i to na svim cijevima, ali samo do trenutka dok sve cijevi rade sa stabilnom hidrauličkom karakteristikom. Što je manje opterećenje, veća je vjerojatnost pojave nestabilne hidrauličke karakteristike i dovoljno je da se to dogodi samo na jednoj cijevi da joj temperatura naglo poraste i da dođe do njezina pregaranja.

U pogledu temperature pregrijanja svježe pare u području opterećenja 70—100% nije dolazilo ni do kakvih odstupanja u odnosu na rad sa T-raspršivačima i temperatura pare se kretala oko 540°C. Pri snižavanju opterećenja na 50% temperatura pregrijane pare pokazivala je tendenciju opadanja, no relativno malenu, tako da je iznosila 535—540°C. Pri tome je temperatura pregrijanja najviše ovisila o pretičku zraka i količini recirkulacije produkata izgaranja. Pri ispitivanju recirkulacija produkata izgaranja obično je bila otvorena oko 50%.

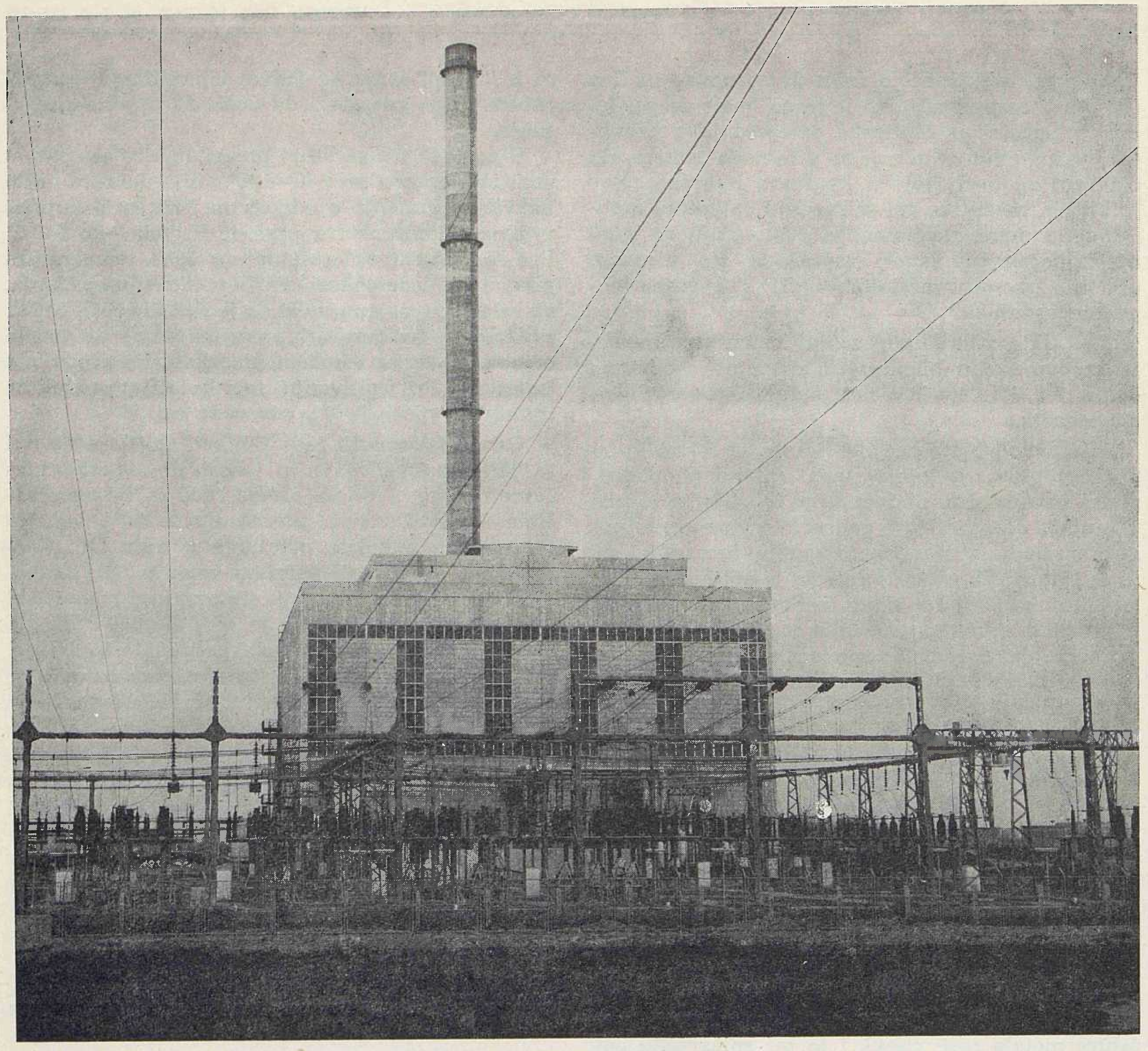
Ostali pokazatelji rada GP kod prijelaza na rad sa TP-raspršivačima nisu iskazivali nikakve značajne razlike u odnosu prema radu sa T-raspršivačima. Pri snižavanju opterećenja na 50% također nisu uočene nikakve poteškoće u radu GP. Najznačajniji pokazatelj položaja vatre u GP, temperatura produkata izgaranja u povratnoj komori pri 50% opterećenja, iznosila je od 630—680°C, što je ovisilo najviše o recirkulaciji produkata izgaranja. Pri punom opterećenju ta temperatura iznosila je oko 780°C, a pri opterećenju od 75% iznosila je 730—760°C.

Koliko god su ostvareni rezultati u radu sa TP-raspršivačem zadovoljavajući, stečena iskustva omogućuju da se analiziraju neki uočeni problemi rada samih gorača i da se predvide mjere koje će dovesti do daljnjeg poboljšanja kvalitete izgaranja, kao i do rješavanja problema koji bi se mogli očekivati pri radu na 30% opterećenja.

EXEMINATIONS AND SOLUTIONS OF T-OIL BURNING BY DECREASING OF BLOCKś TECHNICAL MINIMUM IN THERMAL POWER PLANT SISAK

One basic problem, which has to be solved by decreasing of blockś technical minimum in TPP Sisak is problem of heating in steam boiler. In the article are presented some solutions and realized results in up to days attempts to solve this problem.

Naslov pisca:
dr Dubravko M a t a n i ć, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb



TE SISAK

Energija God. 29 (1980) br. 7—8, 267—280.

ISPITIVANJA NA OBRAČUNSKIM MJESTIMA MJERENJA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Mr Boris Dvornik, Split

UDK 621.317

Prikazane su metode i mjerni postupci koje valja provoditi na obračunskim mjernim mjestima distribucijskih potrošača. Utvrđena je podjela postupaka prema složenosti, načinu spoja i vrsti uređaja na mjernom mjestu, te prema elementima mjerne konfiguracije. Na kraju se daje i pregled rutinskih ispitivanja i drugih provjera, a izvedeni su i odgovarajući zaključci.

1. OPĆENITO

Da bi slogovi za obračunsko mjerenje električne energije i snage u pogonu ispravno radili, nužno je, osim stručnog održavanja provoditi sistematska i povremena ispitivanja ispravnosti elemenata mjernog sloga, pri čemu se od osoblja koje takva ispitivanja obavlja zahtijeva visoka stručnost.

Za stručan nadzor na mjernim slogovima potrebno je da osoblje, uz spomenute odlike, besprijekorno poznaje propise i pravila za rad u rasklopnim postrojenjima, a posebno dio propisa i pravila koji se odnosi na radove, održavanje i rukovanje mjernim strujnim i naponskim transformatorima, električnim brojilima i ostalim elementima mjernog sloga. Naravno da sistematska ispitivanja valja vršiti i na priključnim strujnim i naponskim vodovima, kako bi se na vijeme uočile i eliminirale sve moguće pogreške spoja, a time i eventualne pogreške u mjerenju električne energije i vršnog 15-minutnog opterećenja.

Osim toga, potrebno je vršiti sistematske obilaske mjernih slogova radi provjere položaja brojila i drugih uređaja za mjerenje energije i snage, kao i radi provjere ostalih utjecajnih veličina mjernog mjesta na točnost mjerenja.

Sve navedeno valja obavljati obzirno i pažljivo kako bi se izbjegli eventualni kvarovi (nesreće — materijalne štete), a istovremeno dobili pouzdani rezultati i ispitivanja.

2. JEDNOSTAVNE METODE ISPITIVANJA ISPRAVNOSTI BROJILA

Razmatranja u ovom odjeljku odnose se na brojila u tzv. izravnom (direktnom) spoju s instalacijama potrošača, a ispitivanja koja će se opisati obavljaju operativci elektromonteri, specijalizirani za radove na brojilima električne energije.

Ispitivanja se, u pravilu, mogu grupirati prema vrsti brojila na kojima se izvode:

— ispitivanja koja se primjenjuju na jednofaznim i trofaznim električnim brojilima,

— ispitivanja koja se izvode samo na trofaznim brojilima.

Pri tome razlikujemo:

a) provjeru položaja — ugradnje električnog brojila na razvodnu ploču, odnosno mjerni razvodni ormarić,

b) ispitivanje ispravnosti spoja brojila na instalacije potrošača,

c) ispitivanje brojila mogućim priključnim vršnim opterećenjem na pragu potrošača,

d) ispitivanje brojila poznatim teretom i stop-urom,

e) provjera redoslijeda faza kod trofaznih brojila primjenom instrumenata za ispitivanje redoslijeda faza,

f) ispitivanje trofaznih brojila izmjeničnim isključivanjem — uključivanjem pojedinih mjernih sustava.

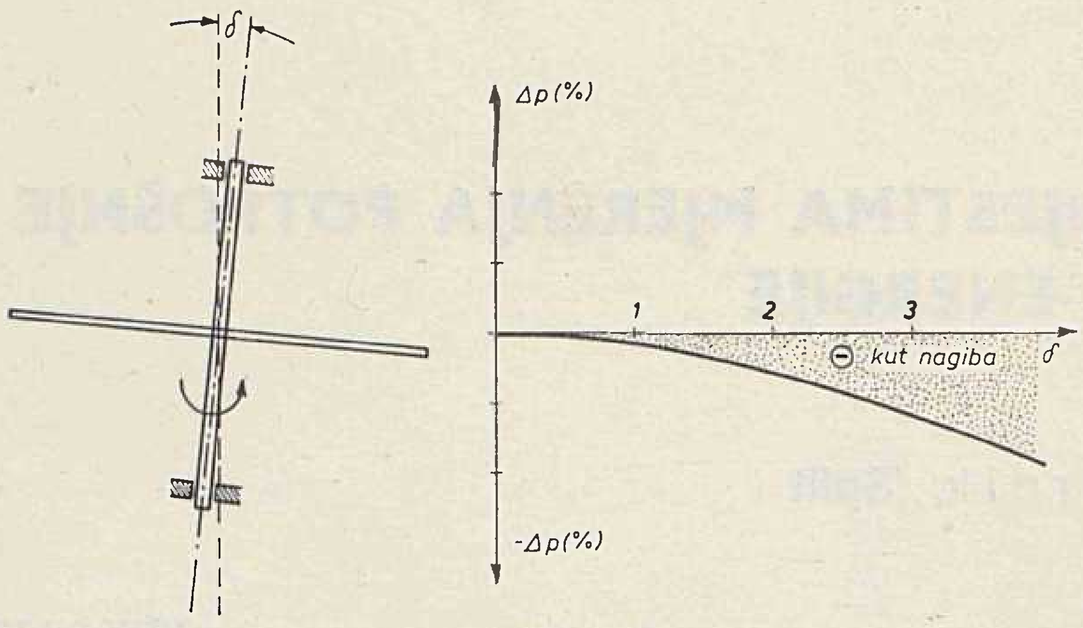
2.1. Provjera položaja električnog brojila

O položaju, odnosno načinu ugradnje električnog brojila na razvodnu ploču ili mjerno-razvodni ormarić znatno ovisi ispravnost registracije utroška električne energije. Svako i najmanje odstupanje od propisanog položaja uzrokuje neispravno i netočno mjerenje.

Mjera netočnosti tijesno je vezana s nagibom brojila, odnosno veličinom odstupanja osovine rotora od zamišljene okomite linije (sl. 1).

Takvo odstupanje uzrokuje povećanje trenja u donjem i gornjem ležaju rotora brojila, a s tim u vezi i povećanje negativne pogreške brojila, što posebno dolazi do izražaja kod malih opterećenja.

Iz navedenih razloga valja prilikom montaže paziti da brojilo bude postavljeno što bliže propisanom položaju. Za ilustraciju se navodi da npr. prema preporukama Saveznog zavoda za mjere i plemenite kovine brojila klase točnosti 0,5 i 1 ne smiju biti ugrađena s nagibom većim od 0,5° od-



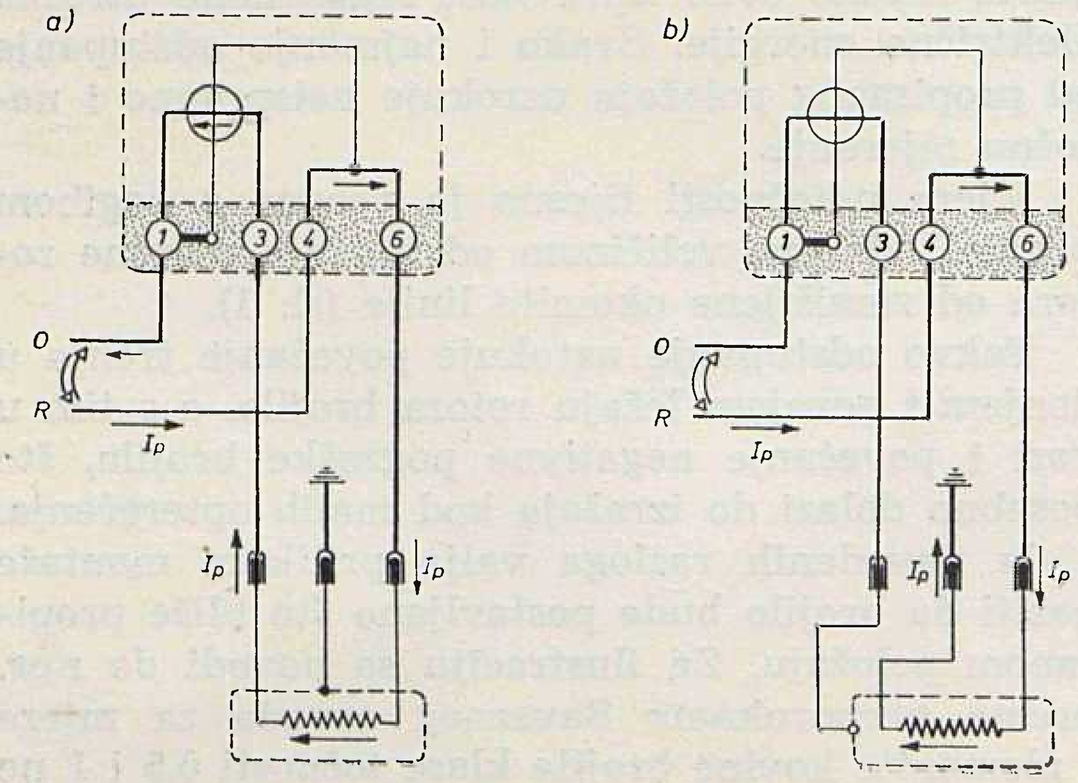
Sl. 1.

nosno 1° u odnosu na zamišljenu okomitu liniju. Veći bi, naime, nagib znatno utjecao na točnost mjerenja. Slični propisi postoje i za brojila lošijih klasa točnosti, ali se kod njih dozvoljavaju nešto veća odstupanja, no nikako veća od 2°.

Provjera položaja brojila na mjernom mjestu obavlja se posebnim mjerilom. U njegovu nedostatku provjera se može vršiti viskom ili libelom.

2.2. Ispitivanje ispravnosti spajanja brojila na instalaciju potrošača

Za ispravan rad brojila bitno je ispravno spajanje brojila na instalacije potrošača, čiju potrošnju električne energije želimo mjeriti. Zato svako brojilo mora imati jasno i vidljivo označenu shemu spoja. Ona je obično utisnuta ili nalijepljena na unutrašnjoj strani poklopca priključne kutije brojila *i valja je strogo poštivati.* Brojilo je moguće spojiti i drugačije nego što njegova shema zahtijeva pa da ovo, u određenim uvjetima, ispravno registrira potrošnju električne energije. Pri tome, dakako, postoji permanentna opasnost da u bilo kojem trenutku, nestankom spomenutih ili pojavom novih okolnosti, dođe do neispravnog registriranja potrošnje električne energije. Na sl. 2. prikazana je takva mogućnost kod jednofaznog brojila u okolnostima zaštite od previsokog napona dodira metodom zaštitnog uzemljenja.



Sl. 2.

Dok na shemi a), iako krivo spojeno (zamijenjen fazni i nulti vodič), brojilo ispravno mjeri potrošnju električne energije, dotle na shemi b), uz jednaku pogrešku u spoju, ali uz istovremeni pogrešni spoj na trošilu (u utikaču zamijenjen nulti i zaštitni vodič) brojilo uopće ne mjeri potrošnju električne energije. Jednako ili slično može se dogoditi i na brojilima različitog unutrašnjeg spoja, različitog broja faza i broja tarifa.

Očito je, dakle, da se, u interesu ispravnog mjerenja električne energije, valja strogo pridržavati propisanog spajanja brojila na instalacije potrošača.

Za provjeru odnosno ispitivanje ispravnosti spoja brojila nužno je elektromontere opremiti priručnikom u kojemu moraju biti unesene sheme svih tipova brojila koja se na području dotične distributivne radne organizacije ugrađuju.

2.3. Ispitivanje brojila mogućim priključnim vršnim opterećenjem

Osnovna struja mjernog sustava (strujnog svitka) brojila električne energije najčešće iznosi 10 A s mogućnošću trajnog opterećenja 200%, 300%, 400%, a u novije vrijeme čak i 600%. To znači da brojilo osnovne struje 10 A trajno smijemo teretiti s 20 A, 30 A, 40 A, odnosno 60 A.

S druge pak strane, strujno opterećenje potrošača I_p uvjetovano je stupnjem korištenja, odnosno faktorom potražnje (f_p) i ukupnom instaliranom snagom trošila potrošača (N_i) prema poznatim relacijama:

$$\text{za trofazne potrošaće } I_p = \frac{1}{3} \cdot \frac{N_i}{U \cdot \cos\varphi} \cdot f_p \qquad (1)$$

$$\text{za jednofazne potrošače } I_p = \frac{N_i}{U \cdot \cos\varphi} \cdot f_p \qquad (2)$$

gdje je:

U — fazni napon priključaka potrošača,

cosφ — faktor učina potrošača.

Naravno da elektromonter koji vrši provjeru mogućeg vršnog opterećenja brojila neće na terenu računati vršno opterećenje potrošača. Komplet njegova alata mora biti opremljen strujnim kliještima s ugrađenim V-A metrom pomoću kojih, kombinirajući ukapćanjem trošila, dolazi do najnepovoljnijeg mogućeg vršnog opterećenja potrošača.

Kontrola brojila se pri tome utvrđuje tako da se provjerava egzistira li jednadžba:

$$I_B \geqq I_p \qquad (3)$$

I_B — struju kojom se brojilo može trajno teretiti,

I_p — vršno strujno opterećenje potrošača.

Umjesto određivanja vršne struje mjerenjem moguće je za teren pripremiti gotove tablice, iz kojih bi mjerač, na osnovi instalirane snage i iskustvenog faktora potraživanja, mogao odmah odrediti očekivano vršno strujno opterećenje.

2.4. Ispitivanje brojila poznatim teretom i stop-urom

Ova ispitna metoda je u svakodnevnoj praksi najrasprostranjenija. Do rezultata ispitivanja dolazi se brzo i jednostavno. Princip metode sastoji se u slijedećem:

Brojilo se optereti poznatim teretom P (jedno od trošila potrošača — npr. bojler, glačalo ili teret koji mjerač ima u sastavu priručnog alata), i stop-urom izmjeri vrijeme (t') za određeni broj okretaja (n).

Na osnovi izmjerenog vremena (t') i vremena (t) koje bi stop-ura stvarno trebala izmjeriti, da je ispitivano brojilo ispravno, dolazi se do pogreške mjerenja ispitivanog brojila (p) putem slijedeće relacije:

$$p = \pm \frac{t' - t}{t} \cdot 100\,[\%] \qquad (4)$$

Stvarno vrijeme (t) potrebno za n okretaja računamo prema relaciji:

$$t = \frac{n}{P \cdot c} \cdot 3{,}6 \cdot 10^6\,[\text{sek}] \qquad (5)$$

gdje je:

n — broj okretaja rotora brojila,
P — teret kojim teretimo ispitivano brojilo (W),
c — konstanta brojila (okretaj/kWh).

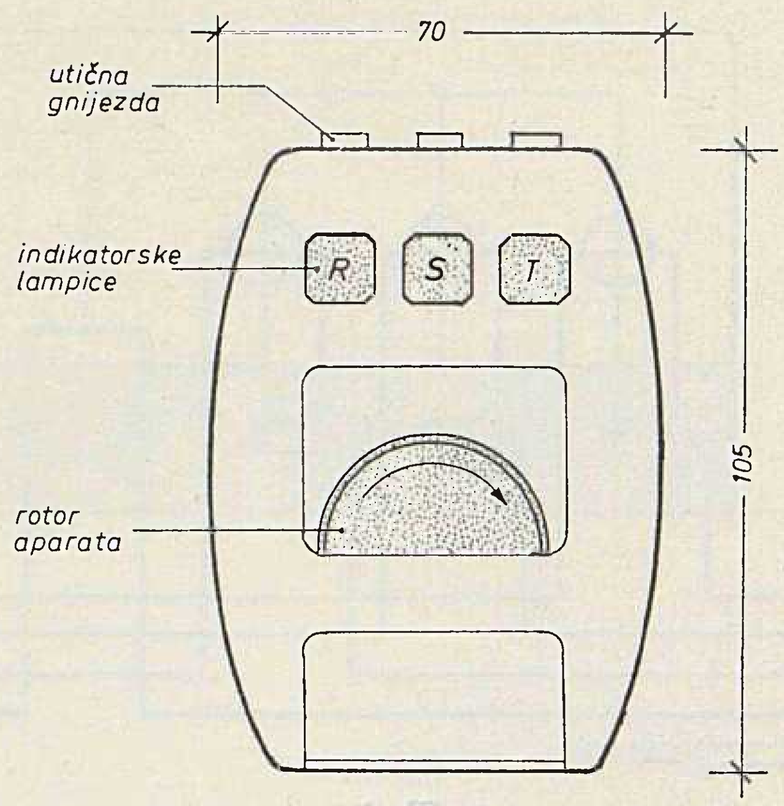
Da mjerač na terenu ne bi gubio vrijeme računajući stvarno potrebno vrijeme (t) za izbrojani broj okretaja (n), izračunata je tabela i priložena u sastav njegova priručnog alata. Primjer takvog priloga daje se u tablici 1.

Ovisno o konstanti brojila ispitivač će odabrati i broj okretaja brojila; tako će za niže konstante odabirati manji, a za više konstante veći broj okretaja za koje će brojilo ispitivati. Na taj način će se uz minimum utrošenog vremena dobiti pouzdani rezultati ispitivanja.

Dakako, da tabela koju posjeduje ispitivač mora sadržavati podatke za ona brojila koja se mogu zateći na području dotične distributivne organizacije.

2.5. Provjera redoslijeda faza kod trofaznih električnih brojila

Ispitivanje redoslijeda faza, što je jedan od uvjeta ispravnog rada trofaznih brojila, vrši se u praksi putem pokazivača redoslijeda faza koji radi na principu indukcijskog motora i ima pokazivač smjera okretnog polja.



Sl. 3.

Pokazivanje instrumenata je jednostavno. Ako se pri spoju instrumenata s odgovarajućim stezaljkama brojila okretanje rotora instrumenata poklapa s označenim smjerom okretanja, redoslijed faza na ispitivanom brojilu je ispravan, a ako se ne poklapa, valja tražiti pravi redoslijed faza.

Instrument je malih dimenzija, a izgled jednog takvog instrumenta (proizvođač »Hartmann-Braun«) daje se na sl. 3.

Naravno da je ispravan redoslijed faza moguće ispitati i drugim metodama, npr. metodom »dva vatmetra«. Međutim, s obzirom na jednostavnost, točnost i primjenjivost na terenu opisana metoda je istisnula sve druge.

2.6. Ispitivanje brojila izmjeničnim isključivanjem mjernih sustava

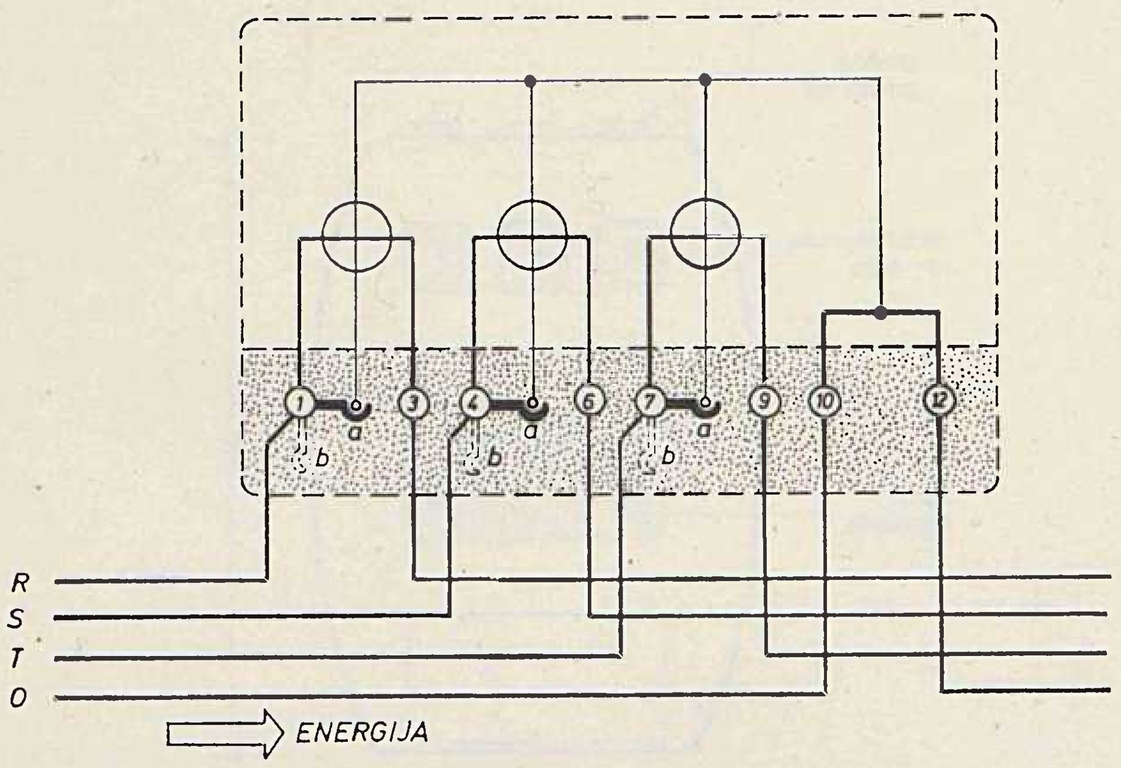
Ova se ispitna metoda primjenjuje kada se ne raspolaže nikakvim instrumentima, ili pak kada se vrši gruba provjera rada brojila. Dakako da za ispitivanja ovom metodom u obzir dolaze s a m o trofazna brojila električne energije s dva ili tri mjerna sustava.

Samo ispitivanje sastoji se u tome da se izmjeničnim ukapčanjem i iskapčanjem mjernih sustava brojila utvrđuje smjer okretanja rotora brojila. Ako je on ispravan (od lijeva na desno), mjeri se za svaki mjerni sustav broj okretaja za poznati teret i poznato vrijeme, pa se iz odnosa broja okretaja zaključuje ispravnost brojila. Isključivanje odnosno uključivanje mjernih sustava brojila vrši se kod brojila u izravnom, direktnom spoju preko naponskih mostića, kako je to označeno na sl. 4.

Pri tome je mjerni sustav isključen kad je naponski mostić u položaju 2, uključen kada je naponski mostić u položaju 1.

I ovo ispitivanje na terenu objavljuju elektromonteri specijalizirani za rad s električnim brojilima.

Na kraju ovih razmatranja valja naglasiti da ispitivanje ispravnosti rada brojila na terenu bilo kojom od opisanih metoda može biti s a m o p r i-



Sl. 4.

bližno točno zbog značajnog upliva utjecajnih veličina na pogrešku brojila. Ispravno ispitivanje rada brojila moguće je samo u laboratoriju (baždarnici) pri odgovarajućim referentnim uvjetima.

3. ETALONIRANJE BROJILA ELEKTRIČNE ENERGIJE NA TERENU

Etaloniranje je ispitna metoda koja se temelji na uspoređivanju ispitivanog električnog brojila etalon-brojilom visoke klase točnosti. Metoda se primjenjuje kada ne postoji nikakva sumnja u valjanost izvedbe spoja brojila na instalacije potrošača, odnosno kada ne postoji sumnja u ispravnost ostalih uređaja koji se u sastavu dotičnog mjernog mjesta pojavljuju.

Drugim riječima, etaloniranje je postupak koji otkriva pogrešku na mjernom mjestu prouzročenu kvarom na ispitivanim temeljnim brojilima.

U principu, pri etaloniranju brojila razlikujemo dvije vrste ispitivanja:

a) kratkotrajno ispitivanje, pri čemu se provjera ispitivanog brojila vrši samo u određenim točkama opterećenja;

b) trajno ispitivanje, gdje se uspoređuje električna energija izmjerena na ispitivanom brojilu s energijom zabilježenom na etalon-brojilu.

3.1. Kratkotrajno ispitivanje

Metoda se temelji na mjerenju i uspoređivanju broja okretaja rotora ispitivanog s okretajima rotora etalon brojila, u istom vremenskom razdoblju i pri istim pogonskim uvjetima.

Pri ovom ispitivanju valja imati na umu slijedeće:

a) Brojilo koje želimo ispitivati valja staviti izvan pogona spajanjem strujnih stezaljki ukratko; istovremeno zapisati stanje na brojčaniku ispitivanog brojila i točno vrijeme kada je brojilo uključeno.

b) Prije početka ispitivanja valja pustiti etalon-brojilo da radi kako bi se zagrijalo i na taj način dovelo na jednake referentne uvjete ispitivanja; preporuča se da ovakav rad traje oko 2 sata.

c) Treba spojiti ispitivano brojilo etalon-brojilom prema priloženim shemama proizvođača etalon-brojila.

d) Preporuča se da se ispitivanje provede višekratno, kako bi nalaženje pogreške ispitivanog brojila bilo što objektivnije.

Određivanje pogrešaka ispitivanog brojila u poluposrednom i posrednom spoju provodi se prema jednoj od slijedećih relacija:

$$p = \frac{n_2 K_3 - n_1 K_2}{n_1 K_2} \cdot 100\,[\%] \qquad (6)$$

$$p = \left(\frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{K_3}{K_2} - 1\right) \cdot 100\,[\%] \qquad (7)$$

gdje znači:

n_1 — broj okretaja rotora etalon-brojila,
n_2 — broj okretaja rotora ispitivanog brojila,
K_2 — konstantu ispitivanog brojila (okr./kWh),
K_3 — konstantu etalon-brojila preračunatu na primar mjernih transformatora (okr./kWh), a jednaka je:

$$K_3 = \frac{I_{2n}}{I_{1n}} \cdot \frac{U_{2n}}{U_{1n}} \cdot K_1 \qquad (8)$$

pri čemu je:

$\frac{I_{1n}}{I_{2n}}$ — prijenosni odnos strujnih transformatora

$\frac{U_{1n}}{U_{2n}}$ — prijenosni odnos naponskih transformatora,

K_1 — konstanta etalon-brojila (okr./kWh) prema priloženim tablicama proizvođača,

p — pogreška ispitivanog brojila (%).

Određivanje pogreške ispitivanog brojila u izravnom spoju vrši se prema ovim relacijama:

$$p = \frac{n_2 K_1 - n_1 K_2}{n_1 K_2} \cdot 100\,[\%] \qquad (9)$$

$$p = \left(\frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{K_1}{K_2} - 1\right) \cdot 100\,[\%] \qquad (10)$$

gdje je:

n_1 — broj okretaja rotora etalon-brojila,
n_2 — broj okretaja rotora ispitivanog brojila,
K_1 — konstanta etalon-brojila (okr./kWh),
K_2 — konstanta ispitivanog brojila (okr./kWh),
p — pogreška ispitivanog brojila u postocima.

Izračunate pogreške ispitivanih brojila prema prethodnim relacijama redovito zadovoljavaju pra-

ktične potrebe. Želimo li, međutim, ispitivanje načiniti još točnijim, odnosno želimo li uzeti u obzir pogrešku etalon-brojila, tada u prethodnim izrazima umjesto n_1 uvrštavamo korigirani broj okretaja etalon-brojila (n_k) koji se definira kao:

$$n_k = \frac{100}{100 \pm p_e} \cdot n_1 \qquad (11)$$

Pri tome znači:

p_e — vlastitu pogrešku etalon-brojila prema atestu,
n_k — korigirani broj okretaja etalon-brojila,
n_1 — izmjereni broj okretaja etalon-brojila.

3.2. Trajno ispitivanje

Ovo ispitivanje se koristi gotovo redovito u pogonu kada se želi saznati pogreška ispitivanog brojila u određenom vremenskom razdoblju. Ispitivanje brojila ovom metodom mora trajati najmanje 24 sata.

Prije i nakon završetka ispitivanja potrebno je zabilježiti stanja na brojčanicima ispitivanog i etalon-brojila kako bi se dobile energije (W) zabilježene u ispitivanom razdoblju na jednom i drugom brojilu.

Određivanje pogreške brojila vrši se tada prema ovoj relaciji:

$$p = \frac{W_B - W_E}{W_E} \cdot 100\ [\%] \qquad (12)$$

gdje je:

W_B — energija izmjerena na ispitivanom brojilu,
W_E — energija izmjerena na etalon-brojilu,
p — pogreška ispitivanog brojila u postocima.

Kod trajnog ispitivanja brojila nije potrebno vršiti korekturu izračunate pogreške ispitivanog brojila (p) na račun vlastite pogreške etalon-brojila.

Valja napomenuti da etalon-brojilo prilikom obavljanja ispitnog postupka mora imati valjani atest ovlaštene baždarnice ako proračunavanje pogreške služi u rješavanju spora između isporučitelja i kupca električne energije.

4. ISPITIVANJE ISPRAVNOSTI RADA MJERNIH SLOGOVA

Pod pojmom mjernog sloga u konkretnom slučaju razumijevamo skup svih elemenata sa spojnim vodovima koji omogućuju registriranje, odnosno mjerenje električne energije i srednjeg 15-minutnog vršnog opterećenja. Za potrošače kojima se električna energija mjeri u izravnom spoju ne kaže se da imaju mjerni slog. Drugim riječima, kada se govori o mjernom slogu, misli se na potrošače kojima se električna energija i 15-minutno opterećenje mjeri u poluposrednom i posrednom spoju; misli se, dakle, na potrošače kod kojih mjerni slog sadržava:

— uređaje za mjerenje, odnosno registriranje električne energije i snage (brojila — radne i jalove energije, pokazivač 15-minutnog vršnog opterećenja, maksiprint, sumarno brojilo, uklopni sat i sl.),

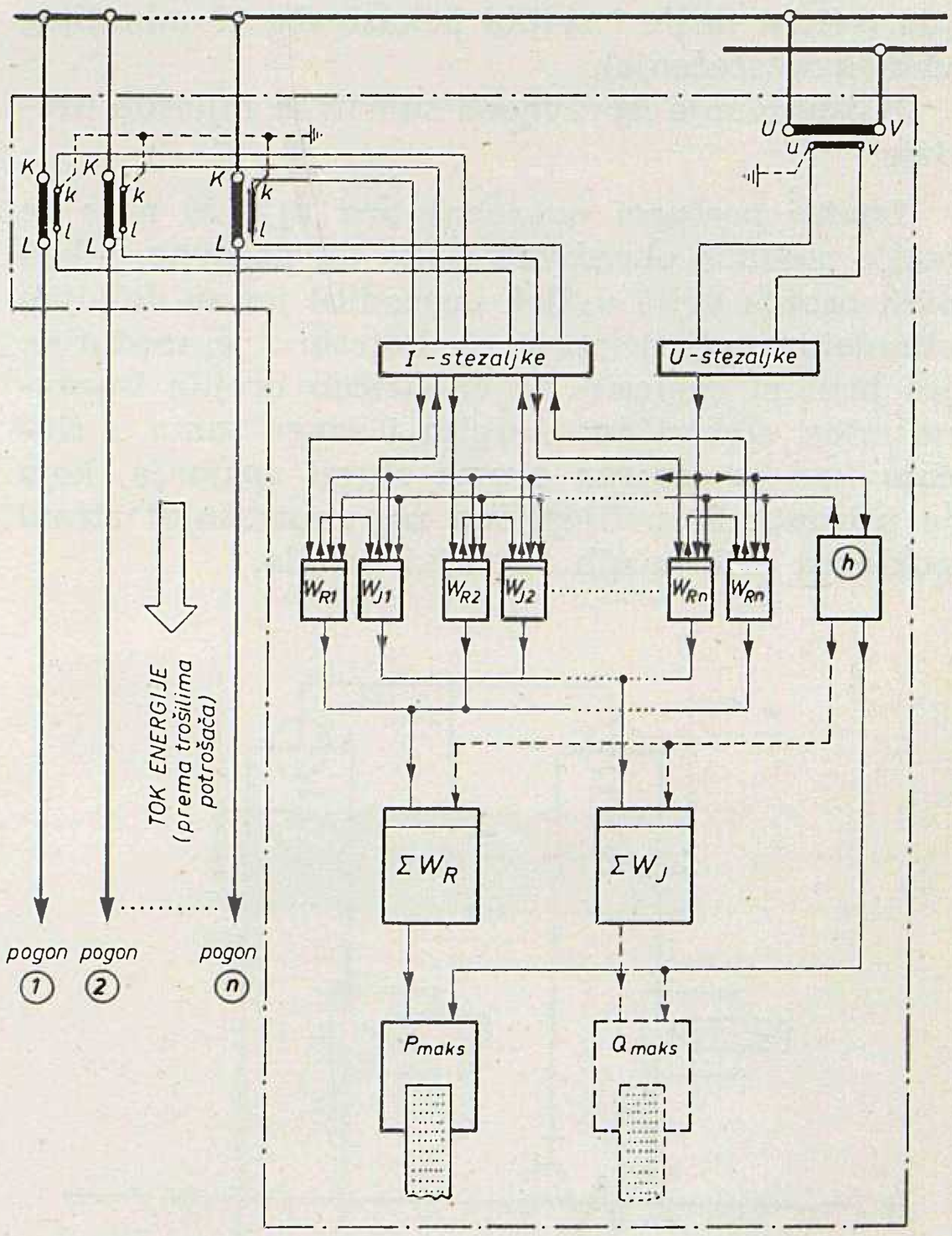
— mjerne transformatore (naponske i strujne kod potrošača u posrednom, odnosno strujne kod potrošača u poluposrednom spoju),

— mjerne spojne vodove (naponske i strujne kod potrošača u posrednom a samo strujne kod potrošača u poluposrednom spoju),

— zaštitne elemente — rastalne osigurače ili zaštitne sklopke,

— ostale elemente (vodove zaštitnog i pogonskog uzemljenja, radne stezaljke i sl.).

Dakako da o načinu mjerenja električne energije i vršnog opterećenja, a koji je tijesno vezan s veličinom (često i željom) potrošača ovisi koje će od nabrojenih mjernih uređaja mjerni slog sadržavati.



$W_R; W_J$ - brojila radne (R), odnosno jalove (J) energije
$\Sigma W_R; \Sigma W_J$ - sumator radne (R), odnosno jalove (J) energije
$P_{maks}; Q_{maks}$ - maksiprint radne (P), odnosno jalove (Q) snage

Sl. 5.

Blok-shema jednog kompletnog mjernog mjesta sa svim spomenutim elementima u potrošača kojemu se potrošnja električne energije mjeri u posrednom spoju daje se na sl. 5.

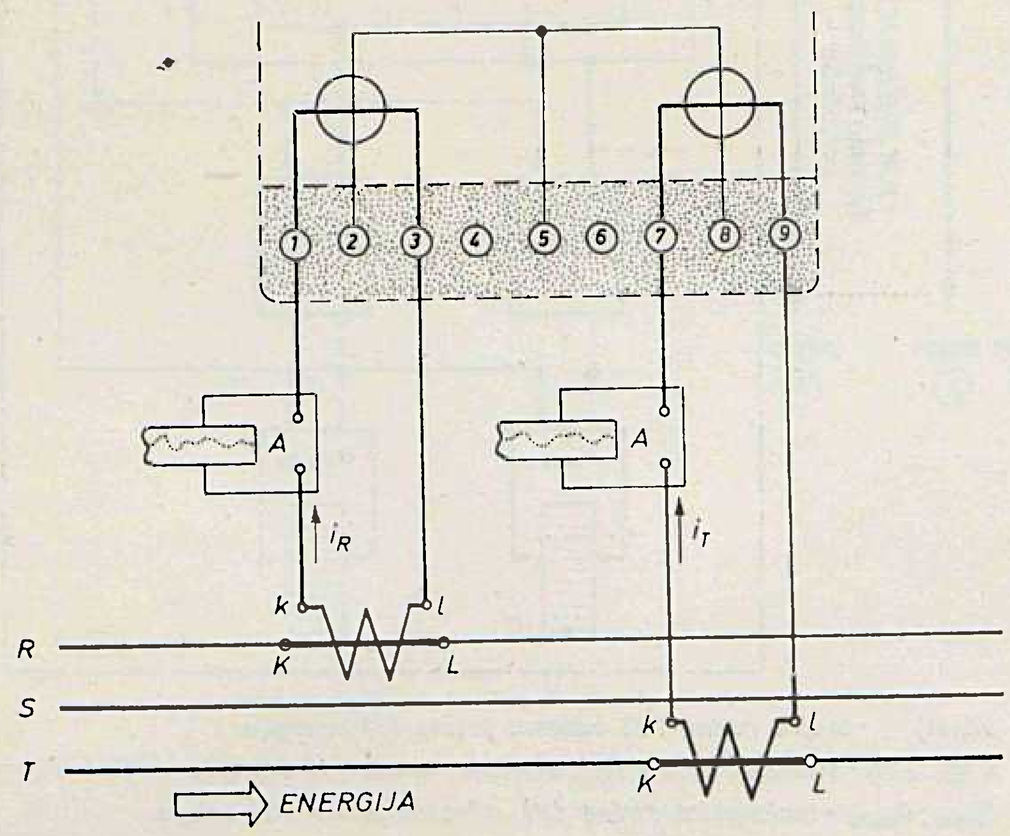
Očito je da za pouzdano i točno mjerenje električne energije i vršnog opterećenja svaki od sastavnih dijelova mjernog sloga mora besprijekorno obavljati svoj zadatak u najrazličitijim pogonskim uvjetima. Stoga je na mjernim uređajima i elementima mjernog sloga nužno provoditi kako sistematska (rutinska), tako i povremena (kompleksna) ispitivanja.

4.1. Ispitivanja na mjernim uređajima

Za provjeru ispravnosti rada uređaja za mjerenje električne energije i srednjeg 15-minutnog vršnog opterećenja (posebno brojila) na terenu postoji niz ispitnih postupaka od kojih su najznačajniji:

a) jednostavni postupci,
b) etaloniranje temeljnih brojila,
c) ispitivanje opterećenosti strujnih grana temeljnih brojila,
d) mjerenje napona i struje, odnosno faznog pomaka cosφ po svakom mjernom sustavu temeljnog brojila,
e) ispitivanje pomoćnih strujnih krugova brojila (svitka tarife i svitka pokazivača 15-minutnog vršnog opterećenja),
f) ispitivanje ispravnosti sumarnih mjernih uređaja.

Ispitni postupci navedeni pod a) i b) neće se ovdje posebno obrađivati (iako ih, naravno, i kod ovih brojila valja uvijek provoditi) jer su detaljno obrađeni u odjeljcima 2. i 3. Potrebno je, međutim, još jednom naglasiti da električno brojilo ispravno mjeri električnu energiju i snagu *samo u slučaju kad je spojeno prema shemi spajanja,* koja je utisnuta ili nalijepljena na unutrašnjoj strani poklopca priključnih stezaljki brojila.



Sl. 6.

Stoga valja provesti pažljivu kontrolu izvedbe spoja brojila s ostalim elementima mjernog mjesta.

Nepravilno spajanje brojila može prouzročiti vrlo veliku pogrešku u mjerenju energije i 15-minutnog vršnog opterećenja, koju je kasnije gotovo nemoguće točno utvrditi.

Da bi se eventualne pogreške u spajanju mjernih slogova svele na najmanju moguću mjeru, potrebno je ispitivače opremiti odgovarajućim shemama spajanja mjernih slogova. U tu svrhu Zajednica elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske izradila je 1974. godine »Priručnik za obračunsko mjerno mjesto« koji, uz ostalo, sadrži i 23 sheme spajanja mjernih slogova u posrednom i poluposrednom spoju s mjernim uređajima koji su od stručnih službi prihvaćene kao kvalitetne.

4.1.1. Ispitivanje opterećenosti strujnih grana

Ovo se ispitivanje vrši na temeljnim brojilima mjernog sloga tako da se krug svake strujne grane brojila uključi registrirajući ampermetar. *Ispitivanje valja provoditi u više navrata (u tzv. karakteristične dane) a preporuča se da ispitivanje traje 24 sata.*

Pri tome na mjernom slogu u posrednom spoju (dakle na visokom naponu) moraju biti zadovoljene ove relacije:

$$i_R = (i_S) = i_r \qquad (13)$$

$$I_{Bp} \geqq i_{max} \qquad (14)$$

$$0{,}05\ I_B \leqq i_{min} \qquad (15)$$

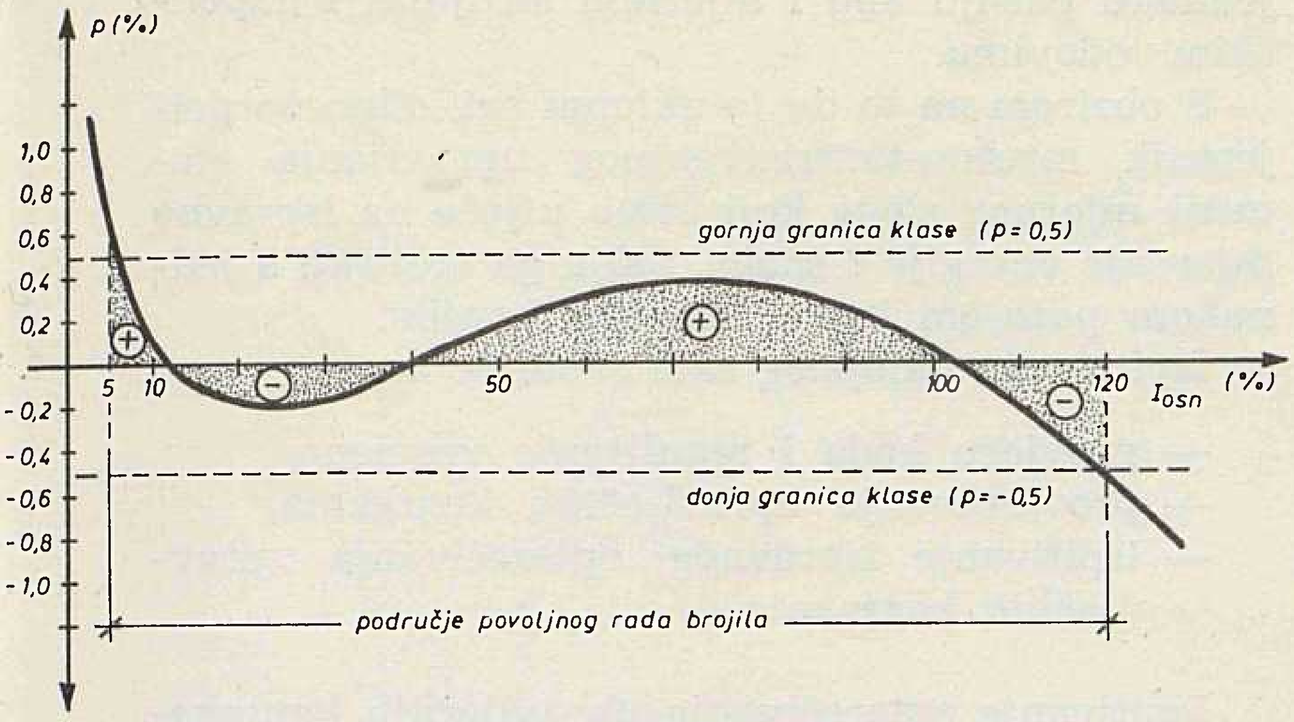
— i_R, i_S, i_T — momentane vrijednosti faznih struja zabilježene u istom trenutku,

— i_{max} — najveću zabilježenu faznu struju,
— i_{min} — najmanju zabilježenu faznu struju,
— I_B — osnovnu struju ispitivanog brojila,
— I_{Bp} — nazivnu struju brojila, uzimajući u obzir mogućnost trajnog preopterećenja (prošireni mjerni opseg!).

Na sl. 6. prikazan je postupak ispitivanja opterećenosti strujnih grana jednog trovodnog-dvosustavnog brojila.

Relacije 13, 14. i 15. vrijede i za mjerni slog u poluposrednom spoju, samo što u relaciji (13) umjesto znaka jednakosti (=) valja staviti znak približne jednakosti (≈), a u relacijama (14) i (15) upotrijebljeni simboli imat će ovo značenje:

— i_{max} — najveću struju opterećenije faze,
— i_{min} — najmanju struju manje opterećene faze,
— ostali simboli kao što je već navedeno.



Sl. 7.

Cilj je ove ispitne metode utvrditi da li se rad brojila električne energije odvija u području najmanjih pogrešaka. To je vidljivo iz karakteristike pogrešaka brojila, koja je prikazana na sl. 7.

Očito je, da je najpovoljnije područje rada električnog brojila područje od 5% osnovne struje do granice mjernog opsega (100%, 200%, 300% ili 400% osnovne struje).

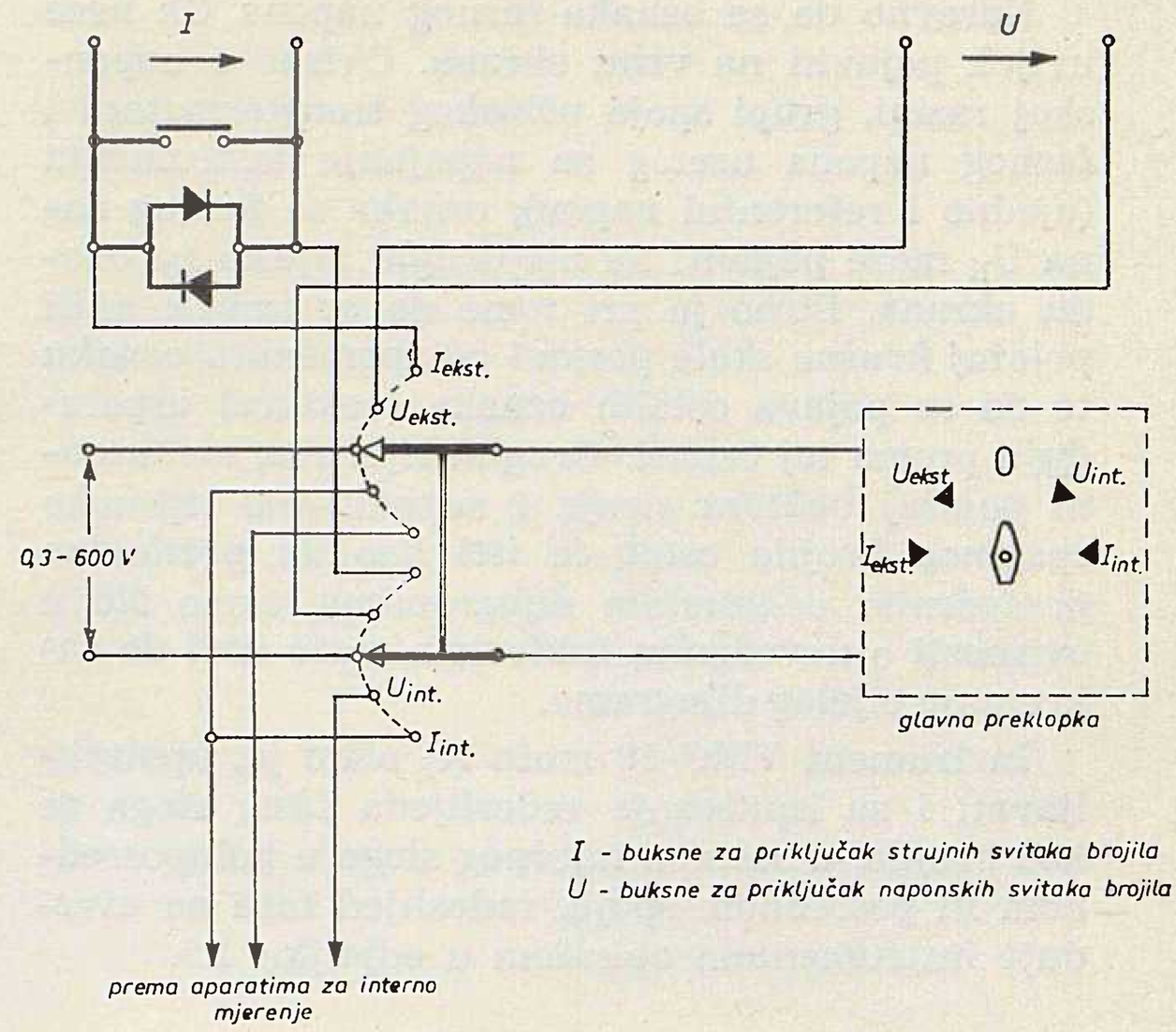
Uspoređivanjem iznosa struja svakog mjernog sustava ova ispitna metoda osim toga pruža i mogućnost uočavanja kvara u brojilu ili strujnom mjernom transformatoru.

4.1.2. Ispitivanje ispravnosti mjernih sustava brojila

Za provjeravanje mjernih sustava u smislu kontrole narinutog napona i struje, odnosno faznog pomaka cosφ služi tzv. mjerač faznog pomaka ili vektormetar. Od više mogućih izvedaba opisat će se ispitivanje koje omogućuje vektormetar VMG-50 austrijskog proizvođača »BAUR-SEKO«.

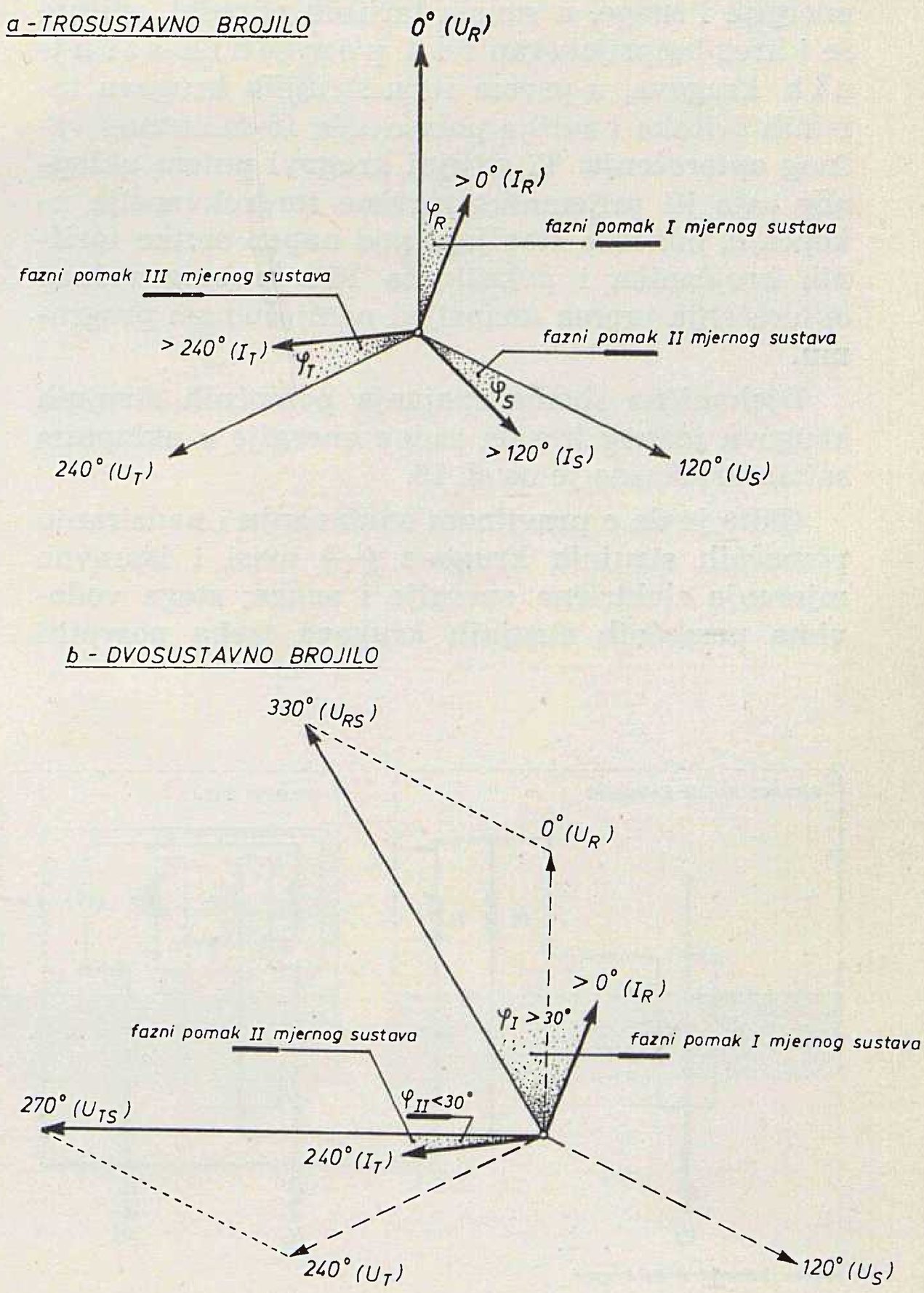
Princip rada uređaja čija se unutrašnja shema daje na sl. 8. relativno je jednostavan. Na prednjoj strani instrumenta postoji indikacijski ekran u obliku kruga, koji je podijeljen u stupnjeve, a postoji i skala faktora učina cosφ Na stražnjoj strani instrumenta smještena su dva para utičnih buksni označenih sa »I« i »U« na koje se priključuje struja, odnosno napon ispitivanog mjernog sustava brojila. Glavnu sklopku na prednjoj strani instrumenta zakrećemo na oznaku $U_{ext.}$, a nulti položaj stupnjevane kružne skale postavljamo na naponsku oznaku koja se pojavi na ekranu. Zakretanjem sklopke na daljnji položaj $I_{ext.}$ pojavit će se na ekranu oznaka struje. Istovremeno možemo očitati fazni pomak između struje i napona, odnosno faktor učina očitanog faznog pomaka cosφ.

Ako se oznaka napona R faze pojavila u vrhu ekrana, nulti položaj stupnjevane kružne skale postavi se na tu oznaku. Oznake napona i struja ostalih mjernih sustava ispitivanog brojila, ovisno o unutrašnjem spoju, pojavit će se prema jednom od navedenih vektorskih dijagrama na sl. 9.



I - buksne za priključak strujnih svitaka brojila
U - buksne za priključak naponskih svitaka brojila

Sl. 8.



Sl. 9.

Naravno da se oznaka faznog napona UR neće uvijek pojaviti na vrhu ekrana. Ovisno o naponskoj razini, grupi spoja učinskog transformatora i faznog napona uzetog za napajanje instrumenta (ujedno i referentni napon), oznaka se faznog nana U_R može pojaviti na niz drugih mjesta po obodu ekrana. Bitno je pri tome *da se uvijek nulti položaj kružne skale postavi na spomenutu oznaku* te da se pojava ostalih oznaka (vektora) uspoređuju prema toj oznaci. Drugim riječima, *međusobni položaj vektora struja i napona kod ispravno spojenog brojila ostat će isti kao na prethodno predočenim vektorskim dijagramima,* samo što u ovisnosti o navedenim faktorima može doći do zakretanja cijelog dijagrama.

Instrument VMG-50 može se, očito je, upotrebljavati i za ispitivanje redoslijeda faza; stoga se kod brojila, u sastavu mjernog sloga u poluposrednom ili posrednom spoju, redoslijed faza ne utvrđuje instrumentom opisanim u odjeljku 2.5.

4.1.3. Provjera pomoćnih strujnih krugova brojila

Ispravan rad uređaja za mjerenje električne energije i snage, u smislu tarifnih odredbi, očituje se i kroz besprijekoran rad pomoćnih strujnih krugova, u prvom redu strujnih krugova tarifnih svitaka i svitka pokazivača 15-minutnog vršnog opterećenja. Ti strujni krugovi putem uklopnog sata ili prijemnika mrežne tonfrekvencije ukapčaju, odnosno stavljaju pod napon svitke tarifnih brojčanika i pokazivača 15-minutnog vršnog opterećenja prema unaprijed namještenom programu.

Djelomična shema spajanja pomoćnih strujnih krugova jednog brojila radne energije s uklopnim satom prikazana je na sl. 10.

Očito je da o pravilnom održavanju i nadziranju pomoćnih strujnih krugova (—) ovisi i ispravno mjerenje električne energije i snage; stoga vodovima pomoćnih strujnih krugova treba posvetiti jednaku pažnju kao i mjernim strujnim i naponskim vodovima.

Sl. 10.

S obzirom na to da je uklopni sat, odnosno prijemnik mrežno-tonfrekventnog upravljanja element mjernog sloga koji bitno utječe na ispravno mjerenje energije i snage, valja ga tretirati s jednakom pažnjom kao i temeljna brojila.

Ispitivanje uklopnog sata svodi se na:

— provjeru hoda i reguliranje vremena,
— provjeravanje upravljačkih kontakata,
— ispitivanje ispravnog opterećivanja upravljačkih kontakata.

Ispitivanje opterećivanja upravljačkih kontakata provodi se samo na uklopnim satovima koji služe za upravljanje tarifama velikog broja brojila (npr. u stambenim objektima). Ispitivanje se provodi izračunavanjem broja brojila, kojima uklopni sat (ili MTU prijemnik) može upravljati bez opasnosti da dođe do oštećenja njegovih kontakata.

Za to se služimo relacijom:

$$n \approx \frac{I_k \cdot U}{P_1} \qquad (16)$$

gdje je:

I_k — dopušteno strujno opterećenje kontakata (A),

U — nazivni napon kontakata (V),

P_1 — opterećenje jednog svitka tarife (VA),

n — približan broj brojila koje smijemo priključiti na jedan uklopni sat, odnosno MTK prijemnik.

4.1.4. Provjeravanje ispravnosti sumarnih mjernih uređaja

Kontrola sumarnih brojila na mjernom mjestu vrši se obično bilanciranjem količina električne energije u nekom određenom razdoblju, prema relaciji:

$$W_{SB} \sum_{t=1}^{n} W_{Bi} \qquad (17)$$

gdje je:

W_{SB} — energija zabilježena na sumarnom brojilu u nekom vremenu t,

W_{Bi} — energija i-tog temeljnog brojila zabilježena u istom tom vremenu,

n — broj temeljnih brojila električne energije.

Valja napomenuti da kod sumarnih mjernih uređaja etaloniranje kao ispitna metoda ne dolazi u obzir jer se radi o impulsnim brojilima kod kojih se mjerenje električne energije i snage bazira na impulsima kao ekvivalentima energije primljenim iz temeljnih brojila.

4.2. Ispitivanje na mjernim transformatorima

S obzirom na to da i mjerni transformatori unose određenu pogrešku u mjerenje električne energije i snage, valja ih ispitivati isto tako pažljivo kao i osnovne mjerne uređaje.

Ispitne metode i postupci, koje je pri tome moguće na terenu provoditi radi utvrđivanja njihove ispravnosti, mogu se svrstati kako slijedi:

a) ispitivanje ispravnosti uspoređivanjem sekundarnih struja strujnih transformatora u dvije ili sve tri faze,

b) provjera prijenosnog omjera mjernih transformatora,

c) provjera načina ugradnje mjernih transformatora,

e) provjera strujnih krugova uzemljenja.

4.2.1. Ispitivanje strujnih transformatora uspoređivanjem sekundarnih struja

Ova ispitna metoda identična je metodi opisanoj u odjeljku 4.1.1. Pri tome ispravni i pravilno dimenzionirani strujni transformatori u sastavu mjernog sloga u posrednom spoju moraju zadovoljiti ove relacije:

$$i_R = (i_S) = i_T \qquad (18)$$

$$1{,}2\ I_{nST} \geqq i_{max} \qquad (19)$$

$$0{,}1\ I_{nST} \leqq i_{min} \qquad (20)$$

Strujni pak transformatori u sastavu mjernog sloga u poluposrednom spoju moraju zadovoljiti iste relacije s jedinom razlikom što u prvoj relaciji umjesto znaka jednakosti (=) valja staviti znak približne jednakosti ($\approx$).

U prethodnim relacijama znači:

i_R, i_S, i_T — momentane vrijednosti struja u fazama,

i_{max} — najveću izmjerenu faznu struju,

i_{min} — najmanju izmjerenu faznu struju,

I_{nST} — nazivnu struju strujnih transformatora.

Dok je prema relaciji (18) moguće utvrditi postojanje eventualnog unutrašnjeg kvara jednog od transformatora, dotle se prema relacijama (19) i (20) zaključuje na ispravno, odnosno pogrešno dimenzioniranje strujnih transformatora. Poznato je, naime, da strujni transformatori rade s najmanjom pogreškom kada se primarna struja (struja potrošača I_p) kreće u granicama

$$I_p = 0{,}5 \text{ do } 1{,}2\ I_{ST} \qquad (21)$$

To je uostalom navedeno i u čl. 34. »Pravilnika o tehničkim uvjetima za obračunsko mjerno mjesto«, koji je jedinstven za cijelo područje SR Hrvatske.

4.2.2. Provjera prijenosnog omjera mjernih transformatora

Ovu provjeru nužno je provoditi radi utvrđivanja obračunske konstante mjernog mjesta.

Poznato je da se danas u sastavu mjernog sloga upotrebljavaju brojila sa sekundarnim brojčanicima koja mjere energiju i snagu na osnovi veličina dobivenih sa sekundarnih strana mjernih transformatora. Da bi se dobila stvarna energija koju potrošač uzima iz mreže, očitanje s brojčanika brojila — tzv. sekundarnu energiju — valja množiti obračunskom konstantom K,

$$W_1 = K\ W_2 \qquad (22)$$

gdje je:

W_1 — energija koju potrošač uzima iz mreže,

W_2 — sekundarna energija,

K — obračunska konstanta koja iznosi

$$K = K_u \cdot K_i \qquad (23)$$

pri čemu je:

K_u — konstanta prijenosnog odnosa naponskih transformatora,

K_i — konstanta prijenosnog odnosa strujnih transformatora.

Mogućnost pogrešnog izbora naponskih transformatora isključena s obzirom na to da je primarni napon transformatora određen nazivnim naponom postrojenja, odnosno mreže u koju se dotični naponski transformator ugrađuje.

Pogrešno deklariranje konstante prijenosnog odnosa strujnih transformatora u praksi je mnogo češće. Pogreške su posebno naglašene na mjernim mjestima gdje su ugrađeni primarno prespojivi strujni transformatori — $2 \times I_{nl}/5$ A. Takvi transformatori u početku (u vrijeme niskih opterećenja) rade prespojeni na primarnu struju, a kad opterećenje potrošača poraste — vrši se prespajanje na veću primarnu struju. Pri tome katkada dođe do »kratkog spoja« između izvršitelja prespajanja i administracije, pa obračunska konstanta ostane neizmijenjena i dolazi, dakako, do pogrešnog obračunavanja izmjerene električne energije i vršnog opterećenja. Da se izbjegnu ovakvi nesporazumi, valja najmanje jedanput godišnje provoditi kontrolu prijenosnog omjera strujnih mjernih transformatora.

4.2.3. Provjera ugradnje mjernih transformatora

Ova se provjera svodi zapravo na niz rutinskih radnji koje ispitivač obvezatno mora obaviti prilikom prvog pregleda obračunskog mjesta.

a) Kod strujnih transformatora treba:

— obratiti naročitu pozornost na orijentiranost transformatora: stezaljke »K« svih transformatora moraju biti okrenute pre-

ma izvoru (strani otkud pritječe energija), a stezaljke »L« prema potrošaču (strani kamo energija teče);
— provjeriti da li su sekundarne jednakoimene (obično »k«) stezaljke uzemljene kvalitetnim i sigurnim spojem;
— provjeriti klasu točnosti — ne smije biti lošija od 0,5.

b) Kod naponskih transformatora treba:
— obratiti pozornost na orijentiranost transformatora:
kod sloga dva dvopolno izolirana transformatora redoslijed stezaljki, obzirom na redoslijed faza R—S—T, mora biti U—V, U—V, s tim što se »V« (»v«) stezaljka prvog i »U« (»u«) stezaljka drugog naponskog transformatora moraju kratko spojiti;
kod sloga tri jednopolno izolirana naponska transformatora, transformatore valja orijentirati tako da su prema izvoru (smjeru odkuda pritječe električna energija) okrenute stezaljke »U« primarnog namota, a stezaljke »X« valja kratko spojiti;
— provjeriti kako je slog naponskih transformatora uzemljen:
kod sloga dvopolno izoliranih transformatora uzemljiti sekundarne kratkospojne stezaljke »v« — »u« (fazu S);
kod sloga jednopolno izoliranih transformatora uzemljiti primarno zvjezdište kratko spojenih stezaljki »X«; također obavezatno uzemljiti i sekundarno zvjezdište stezaljki »x«;
provjeriti klasu točnosti naponskih transformatora — slično kao kod strujnih transformatora ne smije biti lošija od 0,5.

4.2.4 Utvrđivanje — mjerenje priključenog sekundarnog tereta

Postupak se obvezatno provodi pri prvom pregledu te pri svakoj eventualnoj rekonstrukciji mjernog mjesta. Imajući na umu činjenicu da u strujnim krugovima mjernih transformatora ima elemenata čiji se otpor s vremenom može promijeniti (spojna i kontaktna mjesta, sklopna mjesta i sl.), preporuča se da se ispitivanje provodi najmanje jedanput u dvije godine.

Ispitivanje odnosno mjerenje svodi se zapravo na provjeru relacija:

$$0{,}25\, N_{2n} \leqq N_2 \leqq N_{2n} \qquad (24)$$

pri čemu je:

$$N_2 = \sqrt{(P_v + P_B)^2 + (Q_v + Q_B)^2} \qquad (25)$$

U izrazima (24) i (25) kod strujnih transformatora znači:

N_{2n} — nazivni teret (breme) strujnog transformatora (VA),
N_2 — stvarno priključeni teret strujnog transformatora (VA),
P_B; Q_B — djelatni odnosno jalovi teret strujnih svitaka brojila,
P_V; Q_V — djelatni odnosno jalovi teret strujnih mjernih vodova;

a kod naponskih transformatora:

N_{2n}; N_2 — nazivni odnosno priključeni teret naponskog transformatora,
P_B; Q_B — djelatni, odnosno jalovi teret naponskih svitaka brojila i ostalih priključenih instrumenata (voltmetri, vatmetri, cosφ-metri itd.), te svitaka pomoćnih strujnih krugova brojila (tarifnih svitaka, svitaka pokazivača vršnog opterećenja i sl.),
P_V; Q_V — djelatni odnosno jalovi teret svih naponskih mjernih vodova.

Provjera relacije (24) može se izvršiti na dva načina:
— izravno, mjerenjem, za što stoji na raspolaganju niz uređaja domaćih i inozemnih proizvođača;
— posredno, računanjem, pri čemu se na osnovi podataka uzetih na terenu i relacije (25) kontrola vrši naknadno u uredu.

Dakako da je mjerenje egzaktniji postupak koji valja provoditi uvijek kad god je to moguće. Posredna mjerna metoda u obzir dolazi samo u slučajevima nemogućnosti primjene mjernog uređaja, što je u pravilu vrlo rijedak slučaj.

4.2.5. Provjera strujnih krugova uzemljenja

Slično postupku opisanom u 4.2.3. radi se o skupu rutinskih radnji koje se na mjernom slogu provode jedanput ili dvaput godišnje.

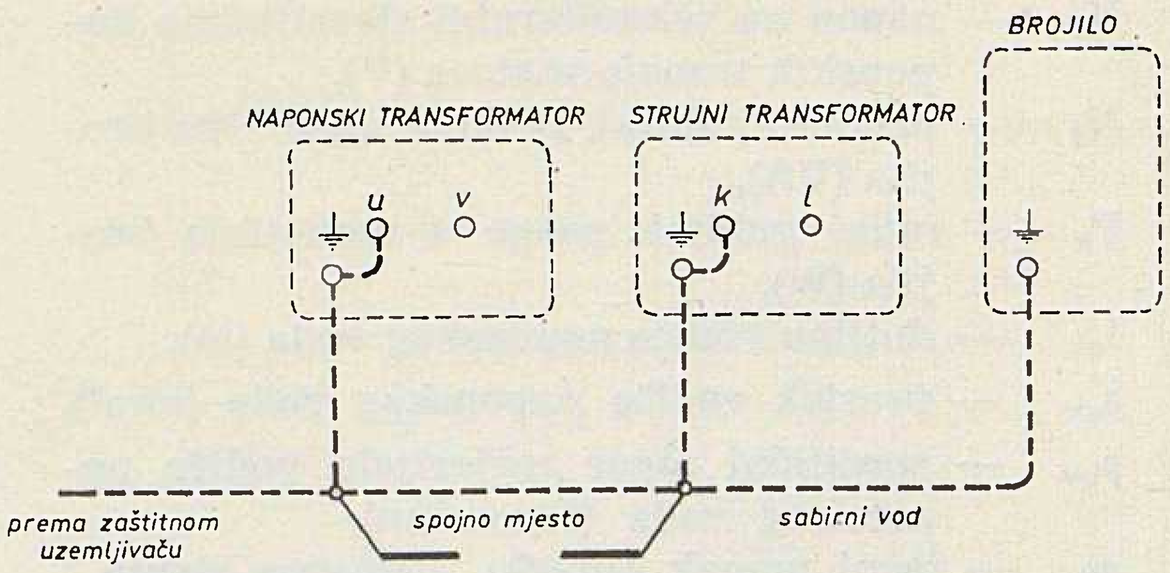
Pri tome razlikujemo ispitivanja na vodovima zaštitnog i na vodovima pogonskog uzemljenja.

Na vodovima zaštitnog uzemljenja kontrola se sastoji od:
— ispitivanja kvalitete kontakta zaštitnog voda s metalnim kućištem mjernog transformatora te spojnih mjesta na samom vodu,
— provjere presjeka voda, koji za uređaje nazivnog napona iznad 1 000 V ne smije biti manji od 16 mm² Cu, ili odgovarajućeg presjeka od drugog metala; npr. željezna pocinčana traka 25x3 mm,
— provjere izvedbe zaštitnog uzemljenja; pri čemu je princip ispravno izvedenog zaštitnog uzemljenja shematski predočen na sl. 11.

Na vodovima pogonskog uzemljenja provode se ova ispitivanja:
— provjera kvalitete kontakata pogonsko-uzemljivačkog voda s odgovarajućim dijelovi-

ma mjernog transformatora (zvjezdište sloga jednopolno izoliranih naponskih transformatora, stezaljke »k« sekundarnog namota strujnih transformatora itd.); uzemljivanje sekundarnih stezaljki mjernih transformatora u praksi se često izvodi tako da se te stezaljke spoje sa stezaljkom zaštitnog uzemljenja na kućištu mjernog transformatora (sl. 11),

— provjera presjeka voda pogonskog uzemljenja, koji **mora** biti istog presjeka kao i odgovarajući mjerni vodovi na stezaljkama transformatora, ali ne manji od 2,5 mm².



Sl. 11.

Te provjere jednako su tako važne kao ispitivanja opisana u 4.2.1; 4.2.2; 4.2.3. i 4.2.4; pa ih s jednakom pažnjom valja i provoditi; prekid npr. voda pogonskog uzemljenja ili uzemljivanje raznoimenih stezaljki može unijeti nepredviđeno velike pogreške u točnost mjerenja energije i vršnog opterećenja.

4.3. Ispitivanja na mjernim vodovima

Ispravno dimenzioniranje i propisno izvođenje mjernih vodova jedan su od bitnih faktora pouzdanog i točnog mjerenja električne energije i snage. Da bi se mjerni vodovi ispravno održavali i nadzirali, razvijen je u praksi niz postupaka koji omogućuju njihovo ispitivanje i kontrolu na terenu.

Najvažniji su od tih postupaka:

a) provjera pada napona u naponskim vodovima,
b) provjera gubitka snage u strujnim vodovima,
c) kontrola izvedbe i polaganja strujnih i naponskih vodova.

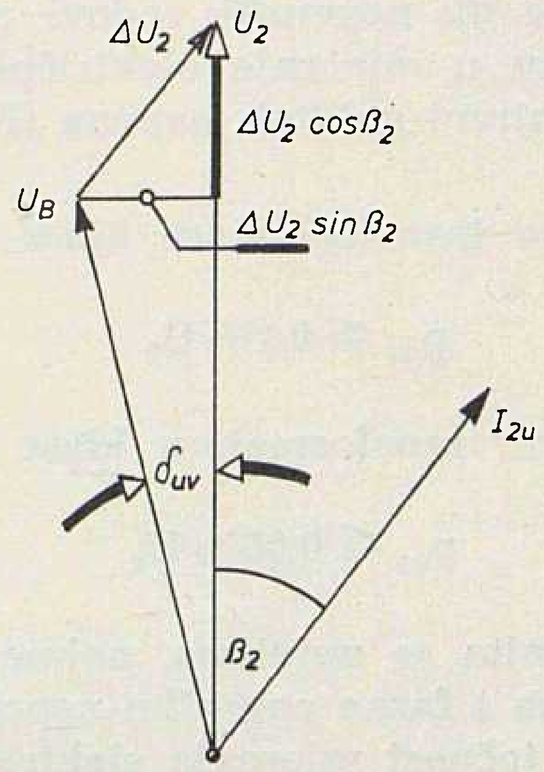
4.3.1. Provjera gubitka napona u naponskim vodovima

Na točnost mjerenja električne energije i snage naponski vodovi utječu dvojako:

— prestavljaju dodatno opterećenje naponskim transformatorima,

— uzrokuju pad napona, zbog čega na stezaljkama brojila imamo redovito manji napon od referentnog na koji se brojilo u laboratoriju ispituje i regulira.

Prvi od navedenih razloga se kod mjernih slogova distribucijskih potrošača redovito može zanemariti s obzirom na to da su naponski transformatori u pogledu sekundarne snage najčešće predimenzionirani, a gubitak snage u vodu je obično zanemarivo malen u odnosu na ukupni teret. Iznimno, dobijemo li na osnovi podataka iz prospekata da ukupni teret priključen na dotične naponske transformatore *iznosi 85—90% nazivnog tereta, preporučuje se izvršiti mjerenje potrošnje pojedinih brojila, instrumenata, naponskih vodova i ostalih naprava.* To je nužno zato što stvarna potrošnja priključenih uređaja može katkada odstupati 10% i više od vrijednosti navedenih u prospektima, pa bi dodatni teret naponskih vodova u tom slučaju mogao ozbiljno utjecati na pogrešku naponskog transformatora, a s tim u vezi i na točnost mjerenja.



Sl. 12.

Što se pak tiče pada napona u naponskim vodovima kao mogućeg izvora pogreške u mjerenju energije i snage, valja kazati da je to pogreška koju obvezatno treba utvrditi na svakom mjernom mjestu. Utjecaj pada napona reflektira se kao gubitak napona između stezaljki naponskog transformatora i stezaljki brojila, te u faznoj pogrešci naponskog transformatora.

Pažljivom analizom vektorskog dijagrama naponskog kruga mjernog mjesta (slika 12) dobivamo da relativni gubitak napona (p_{uv}) i relativna fazna pogreška ($p_{\delta uv}$), kao posljedice pada napona u naponskim vodovima, iznose:

$$p_{uv} = -\frac{P_2}{U_2^2} \cdot \frac{\rho_{uv} \cdot l_{uv}}{s_{uv}} \cdot 100\,(\%) \qquad (26)$$

$$p_{\delta_{uv}} = \pm \operatorname{tg}\varphi_1 \cdot \frac{\rho_{uv} \cdot l_{uv} \sqrt{N_2^2 - P_2^2}}{U_2^2 \cdot s_{uv} - P_2 \cdot \rho_{uv} \cdot l_{uv}} \cdot 100\,(\%) \qquad (27)$$

pri čemu je:

U_2 — napon na sekundarnim stezaljkama naponskih transformatora (V),
N_2 — prividni gubitak snage u namotima brojila (VA),
P_2 — radni gubitak snage u namotima brojila (W),
l_{uv} — duljina vodiča naponskog voda (m),
s_{uv} — presjek vodiča naponskog voda (mm^2),
ρ_{uv} — specifični otpor materijala vodiča naponskog voda ($\Omega\, mm^2/m$),
φ_1 — fazni pomak između primarne struje i napona mjernih transformatora (potrošača).

Pokazuje se da naponski vodovi praktički ne unose pogrešku u mjerenje električne energije i snage ako relativni gubitak napona (P_{uv}) ostaje u granicama:

a) za naponske transformatore klase točnosti 0,5

$$p_{uv} \leqq 0{,}1\%\, U_2 \qquad (28)$$

b) za naponske transformatore klase točnosti 0,2

$$p_{uv} \leqq 0{,}05\%\, U_2 \qquad (29)$$

Pri navedenim se uvjetima, naime, o utjecaju gubitka napona i fazne pogreške naponskih transformatora na točnost mjerenja električne energije može govoriti samo u čisto teorijskom smislu.

Očito u sastavu mjerne opreme valja imati i takav uređaj koji omogućuje mjerenje gubitka napona u naponskim mjernim vodovima. Danas to, dakako, ne predstavlja poseban problem s obzirom na to da je i nekoliko domaćih proizvođača precizne mjerne opreme u svoj proizvodni program uvrstilo uređaje koji s velikom pouzdanošću mogu mjeriti gubitak napona kako u apsolutnim, tako i relativnim iznosima.

Pitanje se postavlja: što uraditi ako radna organizacija odnosno njezin ispitivač ne raspolaže takvim mjernim uređajem?

U takvim slučajevima kontrolu gubitka napona moguće je obaviti posrednim putem.

U literaturi (na pr. L—1) postoje dijagrami iz kojih, poznavajući veličinu priključenog bremena, presjek i materijal vodiča naponskog voda, a putem mjerenja duljine naponskog voda, možemo zaključiti da li je relativni gubitak napona u vodovima u granicama izraza (28) i (29) ili su pak navedene granice prekoračene.

Odgovor na pitanje kolika smije biti duljina naponskog mjernog voda poznatog presjeka i materijala a da gubitak napona ostane u deklariranim granicama pruža relacija:

$$l_{uv} \leqq K \cdot \frac{s_{uv}}{P_2 \cdot \rho_{uv}} \cdot 10^{-2} \qquad (30)$$

gdje je:

s_{uv} — presjek vodiča upotrijebljenog naponskog voda (mm^2)
δ_{uv} — specifični otpor materijala vodiča ($\Omega\, mm^2/m$),
P_2 — radni gubitak snage priključenog bremena (W),
K — konstanta koja ovisi o vrsti i klasi točnosti naponskog transformatora (L—1).

U nedostatku odgovarajućeg mjernog uređaja očito je da ispitivaču valja osigurati dijagrame koji su grafička interpretacija izraza (30), a koji pružaju mogućnost brže i pouzdane kontrole veličine pogreške koju u mjerenju električne energije unose naponski vodovi; naravno da radi usporedbe s podacima iz spomenutih dijagrama prethodno valja utvrditi stvarnu duljinu naponskog voda na realnom mjernom mjestu.

4.3.2. Mjerenje gubitka snage u strujnim mjernim vodovima

Prisjetimo li se (odjeljak 4.2.4) da mjerni strujni vodovi predstavljaju dio priključenog tereta u sekundarnom krugu strujnog transformatora, jasno je da i oni utječu na veličinu strujne (p_{iv}) i fazne ($p_{\delta iv}$) pogreške mjerenja električne energije i snage.

Zbog toga se uvijek prije puštanja mjernog sloga u rad ili nakon njegove rekonstrukcije preporuča da se izvrši provjera izbora odnosno dimenzioniranja strujnih vodova.

Raspolaže li s odgovarajućim mjernim uređajem, tada ovu ispitnu metodu ne treba posebno provoditi s obzirom da je ona uključena u postupak opisan u već spomenutom odjeljku 4.2.4 — relacija (24).

U nedostatku navedenog uređaja ova metoda, međutim, može poslužiti kao brza posredna kontrola o ispravnosti dimenzioniranja priključenog bremena.

Sama metoda temelji se na slijedećim teorijskim razmatranjima.

Najoptimalniji rad strujnih transformatora očekuje se pri stvarno priključenom bremenu:

$$N_{2opt} \approx 0{,}25\, N_{2n} \text{ do } 1{,}0\, N_{2n} \qquad (31)$$

pri čemu radni odnosno jalovi gubitak snage u strujnim vodovima smije iznositi:

$$\left.\begin{aligned} P_{iv} &= P_{2opt} - P_{iB} \\ Q_{iv} &= Q_{2opt} - Q_{iB} \end{aligned}\right\| \qquad (32)$$

Na realnim mjernim mjestima distribucijskih potrošača induktivni se otpor strujnih vodova zbog relativno malenih presjeka i kratkih dužina redovito ne smije zanemariti, pa slijedi:

$$N_{iv} \approx P_{iv} = 2\, I_2^2 \cdot \rho_{iv} \cdot \frac{l_{iv}}{s_{iv}} \qquad (33)$$

Kako l_{iv} predstavlja duljinu strujnog mjernog voda određenu udaljenošću stezaljki strujnog transformatora od stezaljki brojila električne energije, a koju lagano možemo utvrditi, očito je da se problem ove kontrole svodi na provjeru presjeka strujnog voda. Prikaže li se relacija (33) drugačije, tj.

$$s_{iv} = 2\, I_2^2 \cdot \rho_{iv} \cdot \frac{l_{iv}}{N_{iv}} \qquad (34)$$

dobili smo matematičku podlogu za izradu nomograma (L—1) koji, poznavajući duljinu i materijal vodiča strujnog voda te gubitak prividne snage u strujnim svicima brojila, daje mogućnost brzog zaključivanja o ispravnosti dimenzioniranja odnosno izbora strujnog mjernog voda.

U izrazima (31) do (34) znači:

N_{2opt} — optimalno breme strujnog transformatora, pri kojemu ovaj radi s najmanjom pogreškom (VA),

N_{2n} — nazivno breme strujnog transformatora (VA),

P_{2opt}; Q_{2opt} — optimalni gubitak radne odnosno jalove snage u sekundarnom krugu strujnog transformatora (W; VAr),

P_{iB}; Q_{iB} — gubitak radne odnosno jalove snage u strujnim svicima brojila (W; VAr),

P_{iV}; Q_{iV} — gubitak radne odnosno jalove snage u strujnim mjernim vodovima (W; VAr),

N_{iV} — gubitak prividne snage u strujnim mjernim vodovima (W),

l_{iV} — duljinu vodiča strujnog mjernog voda (m),

s_{iV} — presjek vodiča strujnog mjernog voda (mm^2),

ρiv — specifični otpor vodljivog materijala strujnog mjernog voda ($\Omega\, mm^2/m$),

I_2 — struju u sekundarnom krugu strujnog transformatora odnosno strujnog mjernog voda (A).

Opisana metoda pripada među tzv. posredne ispitne postupke, a za njezino provođenje nužno je ispitivaču osigurati odgovarajući nomogram odnosno odgovarajuće tablice.

4.3.3. Ostale provjere na mjernim vodovima

Da bi mjerni vodovi bili siguran i pouzdan dio mjerne konfiguracije a da bi istovremeno imali što manji negativni utjecaj na točnost mjerenja potrošnje električne energije, potrebno je njihovoj izvedbi i polaganju posvetiti posebnu pozornost.

U tom smislu razvijen je niz ispitanih metoda i provjera koje ispitivač na mjernim vodovima realnog obračunskog mjernog mjesta mora provoditi radi objektivnog utvrđivanja uvjeta u pogonu.

U prvom redu valja provjeriti je li mjerni naponski vod izveden kao posebni vod između naponskih transformatora i temeljnih brojila, odnosno rednih stezaljki na kojima su ta brojila priključena. Na tom vodu, naime, ne smiju biti priključeni drugi mjerni ili zaštitni uređaji, a niti pomoćni strujni krugovi.

Time je osigurana neophodna selektivnost, kojom se postiže, da eventualni kvar na drugim mjernim i zaštitnim uređajima ne utječe na točnost mjerenja potrošnje električne energije.

Ispitati valja također da li je svaki strujni svitak brojila priključen na stezaljke pripadajućeg strujnog transformatora s dovodnim i odvodnim mjernim strujnim vodičem. To je, naime, jedini dokazani način osiguranja stalnog sekundarnog bremena (N_2) koji i pri različitim opterećenjima (I_1) uvjetuje jednake pogreške na svim mjernim sustavima brojila. Lagano se dokazuje da brojilo, odnosno mjerna garnitura priključena na strujne transformatore u tzv. štednom spoju u slučaju nesimetričnog strujnog opterećenja, proizvodi različite strujne i kutne pogreške strujnih transformatora, a u vezi s tim i nelogične pogreške mjerenja potrošnje električne energije. Teorijsko obrazloženje ovoj tvrdnji detaljno je izneseno u literaturi L—1.

Osim navedenih — najvažnijih kontrola na mjernim vodovima provjeriti valja još:

— da li su vodiči između stezaljki mjernih transformatora i stezaljki brojila, odnosno rednih stezaljki, izvedeni neprekinuto — u jednom komadu,

— da li su zaštićeni od mehaničkih oštećenja i drugih zahvata koji bi mogli utjecati na točnost mjerenja,

— da li su, za slučaj da prolaze pored vodova visokog napona ili drugih energetskih vodova, zaštićeni protiv elektromagnetskih utjecaja, te

— da li su vodovi svake faze označeni odgovarajućim bojama, brojevima ili slovima.

4.4. Ostala ispitivanja

Osim ispitivanja opisanih u odjeljcima 4.1, 4.2. i 4.3. postoji još niz rutinskih ispitivanja koja valja sustavno provoditi na uređajima i drugim elementima obračunskog mjernog mjesta.

Pri tome se u prvom redu misli na provjeru valjanosti visokonaponskih i niskonaponskih osigurača u naponskom strujnom krugu mjernog sloga. Pregaranje jednog od osigurača izaziva, ovisno o vrsti i unutrašnjem spoju brojila, velike pogreške u registraciji električne energije i snage, pa se preporuča kontrolu osigurača naponskih strujnih krugova provoditi jednom mjesečno. Ispitivanje osigurača je najzgodnije obavljati pri-

likom očitavanja brojila s obzirom na to da brojila kod potrošača kojima se mjerenje energije i snage provodi u poluposrednom i posrednom spoju očitava najčešće osoblje koje dotične mjerne uređaje i održava.

U rutinsku kontrolu pripada i provjera valjanosti žiga organa Saveznog zavoda za mjere i plemenite kovine. Tu je kontrolu moguće vršiti na terenu prilikom očitavanja brojila, a i u uredu povremenim pregledom kartoteke — naravno uz uvjet da je kartoteka ažurno vođena.

Povremeno — jednom ili dvaput godišnje — valja izvršiti pedantnu kontrolu svih spojeva; praksa je dokazala da naročitu pozornost treba obratiti na kontakte rednih stezaljki, te stezaljki brojila i uklopnog sata jer su te stezaljke izložene češćim radovima, a s tim u vezi jačem trošenju i oksidiranju kontaktnih površina.

Brojila i ostali uređaji za mjerenje električne energije i snage jesu precizni instrumenti građeni za rad u odgovarajućim pogonsko-tolerantnim uvjetima. Njihovo ispitivanje i justiranje provodi se pri točno određenim referentnim uvjetima, stoga valja voditi brigu, a povremeno i kontrolirati da li su uvjeti bar približno slični referentnim. Pri tome naročito treba obratiti pažnju na eventualnu prisutnost vlage, kemijskih utjecaja, prašine, plinova i sl. Ako mjerni slog nije moguće drugačije zaštititi, preporuča se njegovo dislociranje ili ugradnja u ormarić »prahotijesne« izvedbe.

U provođenju navedenih ispitivanja ispitivač mora biti jednako pažljiv kao i pri obavljanju najsloženijih pogonsko-tehničkih ispitnih metoda. Nesavjesnost u provođenju rutinskih kontrola može često biti razlogom pogrešnog mjerenja, pa dakle i obračunavanja električne energije i snage.

5. ZAKLJUČAK

Poznato je da su obračunski mjerni uređaji »vaga«, a električna energija i vršno opterećenje »roba« koju, u odnosima distribucijske radne organizacije i njezinih potrošača, jedna strana prodaje a druga kupuje.

Točnost i pouzdanost mjerenja potrošnje električne energije je stoga u takvim odnosima jedna od najznačajnijih komponenata.

Kako međutim, uz visoku klasu točnosti mjernih uređaja, pouzdanost mjerenja ovisi o pogonskim uvjetima na mjestu ugradnje te ispravnosti ugradnje i sustavnosti održavanja svakog elementa mjerne konfiguracije, dužnost je svake distribucijske radne organizacije da organizira redovna i povremena ispitivanja mjernih slogova u pogonu.

Potreba za takvim ispitivanjima je nedvojbena, a iskustva pokazuju da je znatno važnija od često nerazumnog izbora visokih klasa točnosti mjernih uređaja. S tog stajališta valja naglasiti obvezu svake distribucijske radne organizacije i mjernih ispitivača da istražuje nove i usavršava već poznate mjerne postupke i metode, jer je samo tako moguće osigurati kvalitetno mjerenje potrošnje električne energije, a s tim u vezi isključiti i sve eventualne nesporazume koji bi mogli proizići iz odnosa isporučitelj — potrošač.

LITERATURA

1. V. Dvornik: Utjecaj spojnih vodova na pogrešku mjerenja električne energije na mjernim mjestima distribucijskih potrošača, Energija br. 9—10, Zagreb 1977.
2. J. Kopeček/M. Dvořak: Přistrojevé trasformátory, Praha 1966.

EXAMINATIONS ON ACCOUNTING POINTS FOR MEASUREMENT OF ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION

In the article are presented methods and measuring treatments which should be applied on accounting points in distribution nets.

Naslov pisca:
mr Vojmir Dvornik, dipl. ing.
»Elektrodalmacija«, Split

Energija God. 29 (1980) br. 7—8, 281—285.

NEKA RJEŠENJA IZ PODRUČJA ODRŽAVANJA HE GOJAK

Tomislav Pavlović, Zagreb

UDK 621.311.21

U referatu je dan prikaz radova koji su već obavljeni, odnosno koji se upravo poduzimaju da bi postrojenje HE Gojak, koje je u pogonu više od 20 godina i na kojem se već osjeća utjecaj zuba vremena, i dalje bilo pogonski ispravno i spremno za proizvodnju električne energije. Rješenja nekih problema koja su u članku opisana, iako neuobičajena, osnivaju se na temeljitim energetsko-ekonomskim analizama i najracionalnija su. Neki poduzeti zahvati na postrojenju proizašli su iz tehničke nužnosti sistema, odnosno imperativa trenutka, a u skladu su s općom tendencijom humanizacije rada koja se provodi u cijelom našem društvu.

UVOD

Iako su hidroenergetski objekti, u pravilu, jednako značajni za proizvodnju električne energije, kako onda kada su izgrađeni, tako isto i mnogo poslije toga (možemo s pravom reći trajno), nije ih moguće i izgraditi tako da građevni objekti i elektrostrojarska oprema traju neograničeno, a niti tako da imaju jednak vijek trajanja. Zbog te nemogućnosti, prije ili poslije dolazi do preventivne potrebe zahvata, kako na građevnim dijelovima, tako isto i na elektrostojarskoj opremi. Ti su zahvati u pravilu vezani za eksploatacione poteškoće, ponekad čak i za potpunu obustavu rada takvoga hidroenergetskog objekta. Optimalno rješenje nekih zahvata na takvom objektu trebalo bi u sebi sadržavati ispravno tehničko-tehnološko rješenje problema i minimalnu cijenu koštanja zahvata u kojoj su sadržani ovi elementi:

a) troškovi vezani za izvođenje samog zahvata,

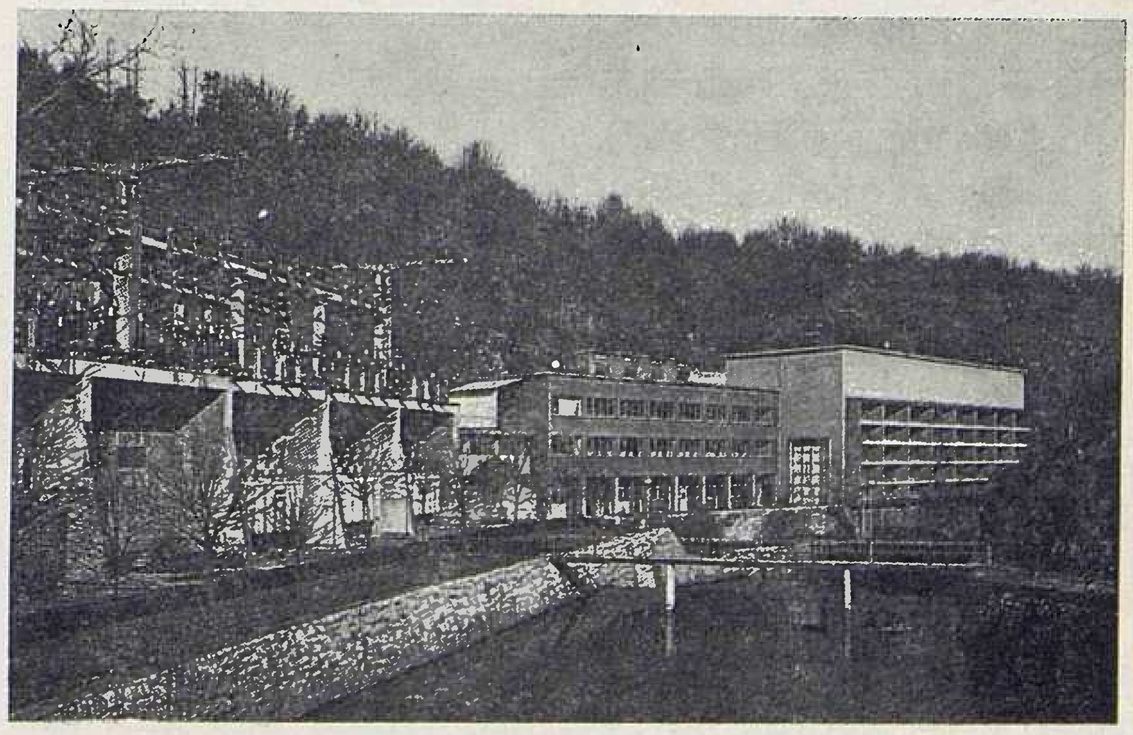
b) gubitak el. energije do kojeg u pravilu dolazi zbog samog zahvata na određenom dijelu postrojenja izražen u novčanim vrijednostima, a računat po cijeni el. energije izvoza koji mora nadomjestiti izgubljenu proizvodnju.

Zbog navedenoga nužna je temeljita analiza svakog zahvata. To pretpostavlja pravovremeno uočavanje problema dok još nije došlo do većeg kvara. Da bi se to moglo i ostvariti, prijeko je potreban trajan nadzor i zapažanja na svim dijelovima objekta, kao i povremeno ispitivanje onih elemenata postrojenja koja nam mogu pružiti podatke o njihovu stanju.

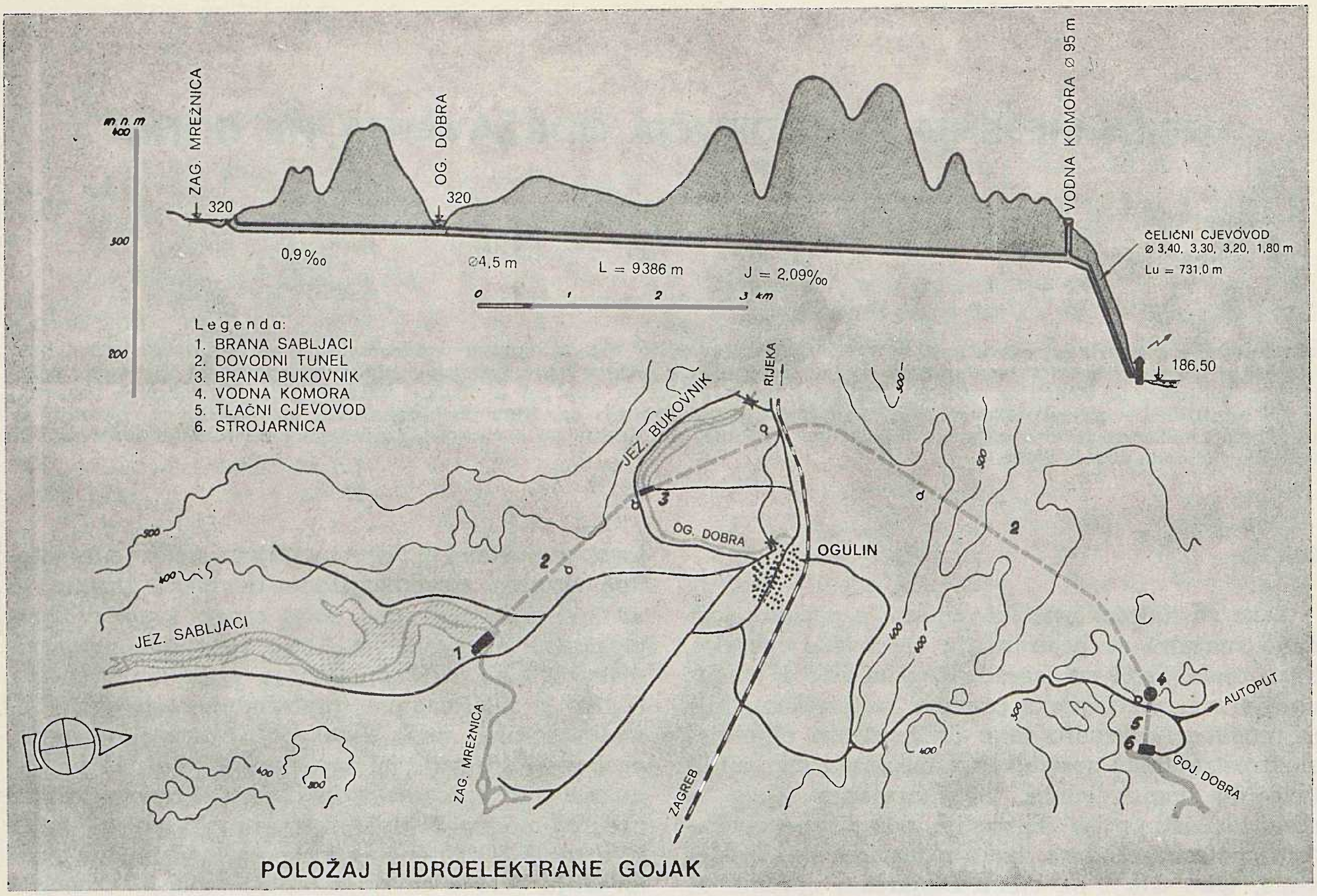
STANJE POSTROJENJA HE GOJAK NAKON 20 GODINA RADA

Hidroelektrana Gojak instalirane snage 48 MW (3 generatora po 16 MW) i godišnje proizvodnje oko 200 mil. kWh u pogonu je već više od 20 godina (puštena je u pogon 1959. g.). U vrijeme kada je puštena u pogon, u dijelu elektroenergetskog sistema sjeverozapadne Hrvatske značila je vrlo mnogo. Ne samo zbog snage i proizvodnje električne energije, već kao i potporna naponska točka 110 kV sistema. Čak je velik dio vremena radila s minimalnom proizvodnjom (u vrijeme malih dotoka) samo zato da bi generatori mogli proizvesti što više jalove energije. To nas je ponukalo da agregate koji imaju Francis-turbine preuredimo na čisti kompenzatorski pogon, kako bi utrošak električne energije uz maksimalnu proizvodnju jalove energije bio što manji. Osmogodišnja iskustva s ovakvim pogonom su vrlo dobra. Nema nikakvih pokazatelja koji bi upućivali na to da je ovakav rad agregata u bilo čemu imao negativnog odraza na stanje postrojenja, a za vrijeme rada od 8 godina uštođene su znatne količine električne energije.

Do sada, općenito uzevši, nije bilo nekih ozbiljnijih problema ni zastoja prouzrokovanih kvarovima zbog dotrajalosti opreme ili građevnih objekata. Međutim, u posljednje vrijeme primijećena su neka ozbiljnija oštećenja, koja bi, ako se ne bi pravovremeno poduzele potrebne mjere, mogla dovesti do ozbiljnijih zastoja u proizvodnji električne energije, a time i do znatnog materijalnog gubitka.



Sl. 1. Hidroelektrana Gojak



Sl. 2.

Uočeni nedostaci naveli su nas na ideju da sistematski pristupimo analizi svih elemenata postrojenja, kako građevnih, tako isto i strojarskih i elektropostrojenja. Sistematizirani su zahvati koje u slijedećem petogodišnjem razdoblju moramo poduzeti kako bi postrojenje bilo trajno spremno za proizvodnju električne energije. Zbog specifičnosti problematike u nastavku će biti prikazani neki od tih zahvata, koji se izdvajaju svojom neuobičajenošću pristupa, a koji su ili u toku rješenja, ili im neposredno predstoji rješavanje. To bi bili slijedeći dijelovi postrojenja:

1. stator generatora 3,
2. dovodni tunel Sabljaci — Bukovik i Bukovik — vodna komora,
3. rasklopno postrojenje 110 kV,
4. automatizacija postrojenja.

STATOR GENERATORA 3

Nakon svestranog razmatranja problematike vezane za vibracije generatora 3 (statora), u IV mjesecu 1978. godine od tvornice »Rade Končar« naručena je izrada statora (kućišta sa statorskim paketom). Tome je prethodila dugotrajna analiza stanja generatora 3, na kojem se već godinama primjećuju vibracije, čiji je intenzitet dosizao granicu dozvoljenih. Te vibracije imaju najveći intenzitet za vrijeme stavljanja generatora u pogon, a do uspostavljanja stacionarnog stanja temperature. Nakon uspostavljanja stacionarnog temperaturnog stanja, intenzitet vibracija se nešto smanjuje, ali je još uvijek iznad uobičajenih, odnosno znatno veći od onih na ostala dva generatora.

Stručnjaci tvornice »Rade Končar«, koja je isporučila generatore, bili su pozvani da obave potrebna ispitivanja, utvrde uzroke vibracija i dadu prijedlog za njihovo otklanjanje. Nakon provedenih ispitivanja generatora 3 u pogonu utvrdili su da su vibracije generatora prouzrokovane istrošenošću izolacije limova statorskog paketa. Kao posljedica tih vibracija došlo je i do oštećenja statorskog namotaja, što se manifestiralo u smanjenoj vrijednosti električne izolacije istog. To smanjenje izolacione sposobnosti može dovesti do proboja na masu, a time i do dužeg kvara na generatoru, što bi imalo kao posljedicu velike materijalne gubitke za cijelu elektroprivredu.

Stručnjaci tvornice »Rade Končar« naglasili su da je izolacija koja je primijenjena za izoliranje limova statorskog paketa na HE Gojak takva da podliježe vremenskom starenju i da zbog toga sličnu pojavu možemo očekivati i na ostala dva generatora.

Oni su predložili da se preizolira statorski paket i uloži novi namotaj, čime bi generator ponovno bio doveden u ispravno stanje i bio siguran za pogon.

Valorizirajući troškove rada za preizoliranje statorskog paketa i ulaganje novog namotaja te materijalni gubitak zbog obustave i neproizvodnje generatora 3 s jedne strane, te troškove za izradu novog statora sa statorskim paketom i ulaganje novog namota, bez ikakvog gubitka električne energije s druge strane, došli smo do spoznaje da je za cijelu elektroprivredu znatno manji gubitak, odnosno veći dobitak ako se napravi novi stator. Valorizirana je vrijednost izgubljene električne energije uz pretpostavku da bi popravak generatora 3 (preizolacija statorskog paketa i ulaganje novog namota) trajao samo 4,5 mjeseci, onoliko vremena koliko je »Rade Končar« predvidio za popravak, iako smo bili duboko uvjereni da se u tom vremenu to ne bi i ostvarilo. I uz tako skromna predviđanja o trajanju popravka, kao i računanja s desetogodišnjim prosjekom dotoka u predvidivom razdoblju od I do V mjeseca, proizlazi da bi se izgubilo oko 22 mil. kWh. Valorizirajući po cijeni iz XI mjeseca 1977. godine po 40 p/kWh, došli smo do iznosa od 8,8 mil. dinara, dok razlika cijene izrade novog statora i popravka starog iznosi 3,916 mil. dinara. U odnosu na troškove preizoliranja starog G 3 proizlazi da smo unaprijed uštjedjeli 4,884 mil. dinara. U stvarnosti uštede bi bile mnogo veće, jer upravo u predviđenom terminu (i zamalo već ugovorenom) za popravak statora od I do V mjeseca 1978. godine preljevi su bili dvostruko veći od desetogodišnjeg prosjeka.

Mora se napomenuti da je postojao stanovit rizik da stari generator ne izdrži do izrade novog, ali tada bismo bili u istoj situaciji kao da smo unaprijed prihvatili preizolaciju starog statora. Na žalost, nismo uspjeli ostvariti plan zamjene statora generatora 3 u remontu (IX mjesec) 1979. godine, jer se isporučilac nije držao ugovorenog roka završetka izrade statora, ali srećom stari stator nije probio. Zamjena će biti obavljena za remonta 1980. godine, a ako prije tog roka dođe do eventualnog proboja, odmah.

Nakon toga ostaje nam na raspolaganju stari stator generatora 3 koji možemo u miru i uz znatno manje troškove osposobiti za zamjenu slijedećeg generatora 1 ili 2 kada na njima dođe do pojava koje već imamo na generatoru 3. To se može postići bez ikakvih tehničkih poteškoća jer su sva tri generatora HE Gojak potpuno ista, a time i međusobno zamjenjiva.

DOVODNI TUNEL HE GOJAK

O stanju dovodnog tunela Sabljaci — Bukovik i Bukovik-vodna komora, ukupne dužine 9 400 metara, raspravlja se već duže vrijeme, jer je njegovo stanje toliko loše da, može doći do njegova zarušavanja i prekida rada elektrana ako se u najskorije vrijeme nešto ne poduzme.

Prije 25 godina, kada su započeti radovi na probijanju tunela, tehnika kopanja tunela i betoniranje obloga bila je u nas još relativno slabo razvijena, tako da kvaliteta obavljenih radova nije ni mogla biti na zavidnoj visini. Osim toga i sama trasa tunela prolazi kroz područje u kojemu su stijene slabe čvrstoće, razdrobljene, a na nekim mjestima se nalaze i zemljani nanosi. Navedene činjenice stvarale su poteškoće i pri samom iskopu tunela, jer je za vrijeme velikih kiša dolazilo i do potpunog poplavljivanja radilišta tunela. Zbog toga je i završetak radova kasnio, a postignuta kvaliteta betona zbog stalnog procjeđivanja vode i ispiranja cementa nije bila na svim dionicama jednako zadovoljavajuća.

Svim tim poteškoćama — s jedne strane geološkog karaktera, a s druge strane izvedbom radova koji zbog opravdanih razloga nisu mogli biti onakvi kakvi bi se postigli današnjom tehnikom — pridružio se i hidraulični udar i eksplozija zračnog jastuka kada je 1963. godine došlo do nenadanog ispada agregata iz pogona. Tom prilikom je na dionici tunela Bukovik — vodna komora nastao veći broj pukotina, koje su uz postojeće pukotine, prouzrokovane stalno promjenjivim pritiscima vode i brdske mase, te promjenama temperature i pomakom geoloških formacija, još više pogoršale stanje tunela.

Međutim, u najtežem je stanju dio dovodnog tunela Sabljaci — Bukovik, i to dionica od 0 do 530 metara na kojoj se broj pukotina iz godine u godinu povećava. Najkritičnija dionica je upravo između 300 i 400 metara, na kojoj je stijena vrlo loše čvrstoće, a ima i dijelova s čistim zemljanim nanosom.

Uočeno stanje već se nekoliko godina pažljivo promatra kako bi se moglo pratiti povećanje broja pukotina i ukupni stupanj ugroženosti tunela. Naručena je i studija koja treba dati konačnu ocjenu ugroženosti tunela, kao i prijedlog mjera i vrijeme sanacije tunela.

Kakav god bude prijedlog sanacije tunela Sabljaci — Bukovik, morat će se imati na umu da se za vrijeme sanacije tunela praktički obustavlja i rad HE Gojak, jer oko 80% vode za rad HE Gojak dolazi iz zagorske Mrežnice, a tek 20% iz ogulinske Dobre. Prema tome, morat će se naći takvo rješenje koje će uzeti u obzir i troškove sanacije, ali i gubitak zbog neproizvedene električne energije za vrijeme sanacije tunela. Tek minimum troškova i gubitaka, uz kvalitetno izvršenu sanaciju, može nam dati zadovoljavajuće rješenje.

ZAMJENA PREKIDAČA U RASKLOPNOM POSTROJENJU 110 kV

Kao sastavni dio elektroenergetskog postrojenja HE Gojak i rasklopno postrojenje 110 kV u pogonu je već više od 20 godina. Dosadašnja iskustva s prekidačima su dobra i do danas nije bilo na njima ni jednog kvara. Međutim, unatrag nekoliko godina, pri normalnim godišnjim pregledima, uočeno je da je povećano trošenje nekih elemenata prekidača tipa 2 PV, koje je svojevremeno proizvodila i isporučivala tvornica »Rade Končar«. Kod isporučioca su se pokušali naručiti rezervni dijelovi za ove prekidače. Odgovoreno je da već više od deset godina ne proizvode ovaj tip prekidača, pa prema tome više nisu obavezni osigurati rezervne dijelove.

Nakon takvog odgovora tvornice »Rade Končar« pojavila se dilema kako osigurati normalan pogon prekidača, a time i besprijekoran rad rasklopišta i same elektrane. U direktnom kontaktu sa stručnjacima tvornice »Rade Končar« razgovaralo se o mogućim rješenjima problema. Zaključeno je da su moguća dva rješenja.

1. postojeće prekidače trebalo bi zamijeniti novim tipom pneumatskih prekidača tipa 3P,
2. postojeće prekidače trebalo bi zamijeniti novom izvedbom plinom punjenih (SF) prekidača.

Budući da svi prekidači (u rasklopnom postrojenju imamo ukupno deset prekidača, od čega osam u pogonu, a dva u rezervi) nisu u jednakom stanju istrošenosti, njihova zamjena vršila bi se sukcesivno. Najprije bi se zamijenili prekidači u poljima proizvodnih grupa kao najvažniji. Ispravni dijelovi tih demontiranih prekidača poslužili bi kao rezervni dijelovi za ostale prekidače. Nakon nekoliko godina ponovno bi se zamijenila 2—3 polja i tako redom do potpune dotrajalosti svih prekidača. Na taj način bi se, zasigurno, potpuno iskoristili svi dijelovi prekidača, ulaganja u nove prekidače bila bi postepena, za 5—8 godina, tako da ne bi odjednom trebalo osigurati velika financijska sredstva. Takav pristup smatramo racionalnim, a i tehnički sigurnim.

Sa stajališta financijskog ulaganja detaljno su analizirana oba predložena rješenja. Rješenje pod 1 zahtijeva izgradnju nove kompresorske stanice, kao i razvoda zraka, jer potrebni tlak zraka za pogon prekidača s obzirom na veliku vlažnost lokacije samog postrojenja treba biti oko 200 bara. Osim toga, za ugradnju ovih prekidača bilo bi potrebno obaviti i rekonstrukciju postojećih temelja. Izmjena 3 prekidača u ovoj varijanti zahtijevala bi financijska ulaganja od 5,2 mil. dinara. U te troškove nisu uračunati gubici zastoja rada hidroelektrane, koji bi bili neminovni u vrijeme preuređenja postojećeg postrojenja kompresorske stanice.

Drugo rješenje ne zahtijeva zahvate na postojećem razvodu zraka, jer ga pogon uopće ne treba. Vlažnost zraka nema nikakvu ulogu jer zrak nije potreban ni za pogon, ni za samo gašenje luka. Osim toga, za ugradnju tih prekidača ne treba vršiti nikakvu rekonstrukciju postojećih temelja. U rješenju pod 2 ukupna ulaganja za zamjenu tri prekidača iznosila bi 3,9 mil. dinara. Osim ekonomskih prednosti prednost je drugog rješenja i u slijedećem:

— veća bi bila sigurnost pogona s obzirom na izvedbu postrojenja

— znatno bi se smanjili troškovi održavanja (otvaranje prekidača predviđa se tek nakon deset godina pogona)

— znatno bi bila manja opasnost od eksplozije, jer nema spremnika zraka

— bila bi veća sigurnost rada, jer je za pogon prekidača potrebna samo električna energija.

Sve navedeno pokazuje da je kod ovakvih zahvata potrebno temeljito razmotriti moguća rješenja problema, kao i to da je nužno pratiti unapređenja na polju tehnike i prihvatiti takva rješenja gdje god je moguće.

UNUTARNJA AUTOMATIZACIJA POSTROJENJA

Koncepcija gradnje i posluživanja HE Gojak predviđala je u strojarskom prostoru stalnu prisutnost dvaju strojara. Zadatak im je bio da na nalog iz centralne uklopnice, turbinu stave u pogon, nadziru njezin rad i vrše obustavu. Očito je da pri koncipiranju pogona prije 25 godina ni projektanti, a ni industrija nije mogla ponuditi takvo rješenje kojim bi se iz prostora strojarnice (turbinskog prostora) mogao potpuno ukloniti čovjek.

Iskustva stečena u pogonu u proteklih 20 godina pomogla su da se uoče mnogi nedostaci takvog rješenja, kao i poteškoće radnika stalno prisutnih u turbinskom prostoru u kojem, osim nedopustive buke, trajno vladaju nepovoljni temperaturni uvjeti i velika vlažnost. Te su činjenice bile glavni razlog da je mnogo radnika-strojara moralo otići u prijevremenu, invalidsku mirovinu.

Osim navedenih razloga, u donošenju odluke o automatizaciji postrojenja značajnu je ulogu imala i činjenica da automatizirani pogon pruža veću sigurnost, jer ima na jednom mjestu kompletan pregled zbivanja u pogonu. To ujedno znači da je u automatiziranom pogonu faktor čovjek bitno manje utjecao na zbivanja u pogonu, čime je i sam proces znatno pojednostavnjen. Sve to podrazumijeva ugradnju najsuvremenije automatike, koja se može naći na tržištu, a koja je u posljednja dva desetljeća doživjela buran razvoj i sve se više primjenjuje i u našoj zemlji. Zahvaljujući tome, u HE Gojak su ugrađeni programabilni sekventni automati. Da bi se moglo realizirati centralno upravljanje i automatiziranje upuštanja, pogona i zaustavljanja turbina, morala se izvršiti i djelomična rekonstrukci-

ja postojeće opreme, zahvati na turbinskim regulatorima i ugradnja dodatnih kontrolnih termometara.

U toku realizacije automatizacije postrojenja, izvršena je i zamjena starih signalnih kabela, jer su oni u proteklih 20 godina potpuno dotrajali.

U sklopu svih tih poslova realizirana je i procesna obrada podataka sa zapisom promjena stanja u cijelom postrojenju, što uključuje i mjerenje električne energije, kao i sve druge zapise interesantne za nadziranje pogona. Time se pogonsko osoblje oslobodilo rutinskih poslova, pa mu je omogućeno da se bavi humanijim poslovima.

Svi izvršeni zahvati na automatizaciji i centralnom upravljanju postrojenja uklapaju se u program izgradnje dispečinga u SR Hrvatskoj. Uz određene dogradnje hidroelektranom Gojak moći će se daljinski upravljati iz bilo kojeg centra upravljanja.

ZAKLJUČAK

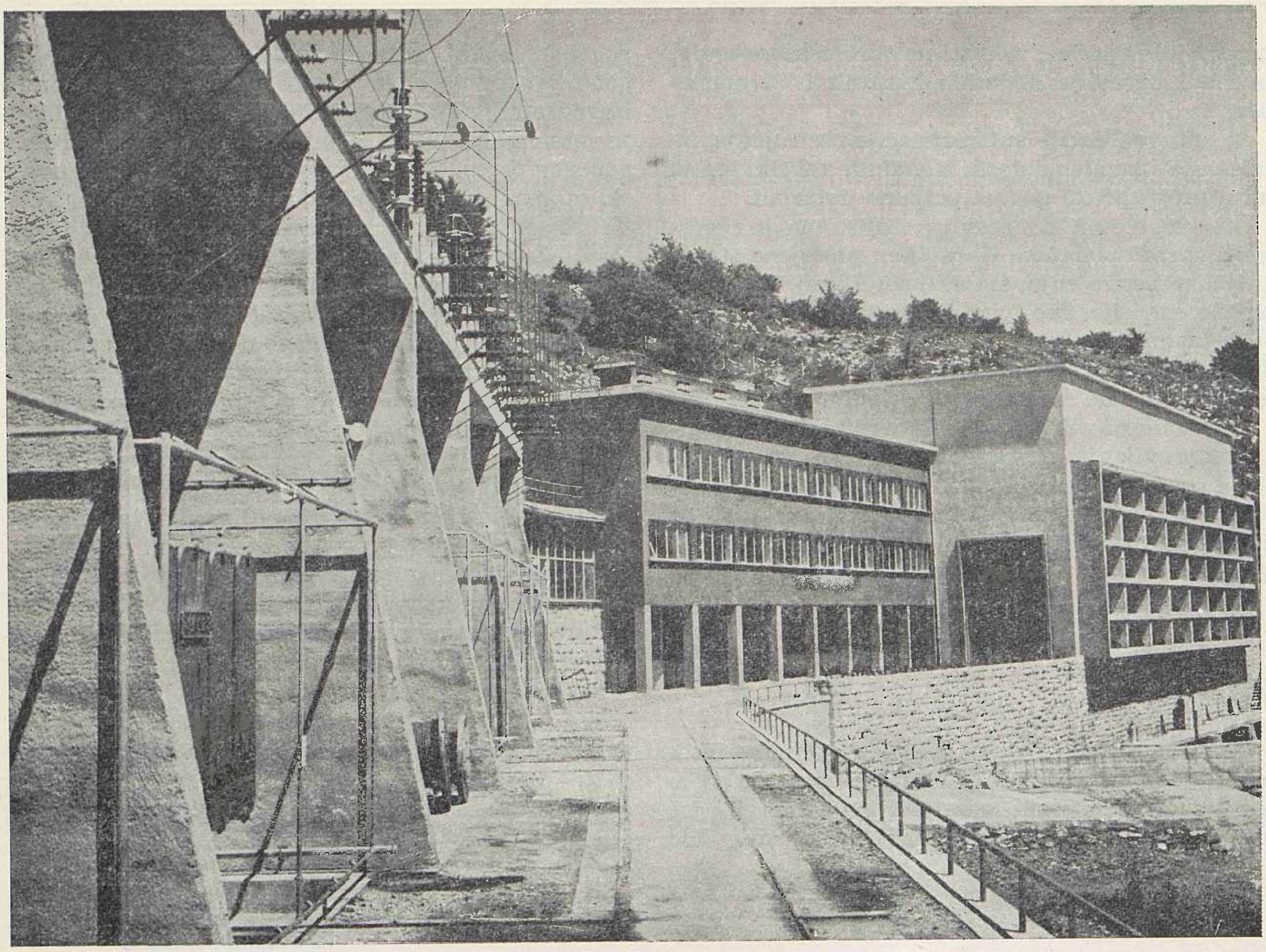
Hidroenergetski objekti trajno su jednako interesantni za proizvodnju električne energije (a u općoj energetskoj krizi u svijetu ta je energija još više dobila na svojoj vrijednosti), jer se voda kao pogonski medij uz mala količinska odstupanja iz godine u godinu obnavlja. Zbog navedenog, na već izgrađenim hidroenergetskim objektima od velikog je interesa što bolje iskorištenje tog raspoloživog vodenog potencijala. S druge strane, i hidroenergetski objekti stare i s vremenom se pojavljuje potreba sanacije, popravka ili zamjene dotrajalih dijelova postrojenja, što se nikakvim mjerama ne može izbjeći. Vrijedan je pažnje zbog toga svaki pothvat koji će smanjiti gubitke proizvodnje prouzrokovane potrebnom obustavom rada postrojenja, a tek temeljita analiza svih relevantnih faktora dat će optimalan način rješenja nastalih problema.

S druge strane, kod mnogih već izgrađenih objekata građenih u vrijeme kada ih nismo bili u stanju opremiti suvremenim uređajima automatizacije ili čak daljinskog i centralnog upravljanja potrebno je dograditi takve uređaje radi veće i brže operativnosti i humanizacije poslova. Srećom, u pravilu se ovakvi zahvati mogu izvesti i bez većih obustava povezanih s gubitkom proizvodnje takve hidroelektrane.

SOME SOLUTIONS FOR THE MAINTENANCE OF HPP GOJAK

In the article is presented review of works which have been done on the hydro power plant Gojak, which has been in operation more than 20 years, becouse of proper operation and electric power generation.

Naslov pisca:
Tomislav Pavlović, dipl. ing.
Elektroprivreda, Zagreb



HE »GOJAK«

Energija God. 29 (1980) br. 7—8, 287—289.

TIPIZACIJA DISTRIBUTIVNE OPREME I PROBLEMATIKA FINANCIRANJA IZGRADNJE DISTRIBUTIVNIH OBJEKATA NA NIVOU ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

Mirjana Crnčić, Zagreb

UDK 621.316

U članku se govori o nužnosti pristupa tipizaciji elektrodistributivne opreme na nivou Hrvatske kao jednom od načina stabilizacije i u svrhu daljnjih planiranja investicija u izgradnji objekata potrebnih za što ravnomjerniji razvoj područja s jedinstvenim troškovima izgradnje.

UVOD

U vrijeme kad je stabilizacija obuhvatila sve oblike privređivanja elektroprivreda Hrvatske prati privredna i društvena kretanja, i kao grana privrede od posebnog značenja provodi stabilizaciju u smislu realnijeg planiranja investicija, stabilnijih odnosa i jedinstvenih kriterija, kao i investicionog ulaganja koje će omogućiti ravnomjerniji razvoj područja s jedinstvenim troškovima izgradnje s obzirom na nabavu opreme za izgradnju pojedinih objekata elektroprivrede.

Upravo je zbog toga nužno bilo provesti tipizaciju proizvodnih, prijenosnih i distributivnih objekata na nivou elektroprivrede Hrvatske.

U dosadašnjoj se praksi pri planiranju godišnjih i petogodišnjih programa razvoja nastojalo da ulaganja u novu investicionu izgradnju budu što realnija, ali još uvijek bez jedinstvenog metodološkog pristupa. I dalje prevladava šarolikost u tehničkim rješenjima i cijenama koštanja pojedinih elemenata elektroopreme.

Ako želimo znati na kojem je stupnju tipiziranost distributivne opreme na nivou elektroprivrede Hrvatske, moramo nažalost, konstatirati da je momentano u fazi pokretanja, ali je nužno naglasiti da je tipizacija ozbiljne razmjere poprimila u osnovnim organizacijama udruženog rada distribucije električne energije u kojima je angažiran stanovit stručni potencijal isključivo na problematici tipizacije.

Nesumnjivo je da su se u takvim slučajevima predlagala i usvajala mnoga savršenija tehnološka rješenja potrebna za kvalitetniju i kontinuiranu isporuku električne energije, ali ona u svim slučajevima nisu bila i ekonomski opravdana.

O šarolikosti distributivne opreme u Hrvatskoj pokazuje nam podatak da kod mreža u naponu od 1 do 20 kV postoji 135 vrsta opreme, čak 16 tipova stupnih stanica i nekoliko izvođača predmontažnih stanica.

Sve navedene pojave još uvijek egzistiraju u programskom razdoblju 1976—1980. godine s ukupnim investicijama od 8,388 milijardi dinara za distribuciju električne energije Hrvatske.

Analiza ulaganja u izgradnju distributivnih objekata Hrvatske u programskom razdoblju 1976—1980. godine pokazala je da izgradnja 35 kV trafostanica traje u prosjeku dvije godine, što znatno poskupljuje izgradnju, i to djelomično na elektroopremi koja sa 30% sudjeluje u ukupnoj investiciji objekata, a još više se odražava na poskupljenje izvođačkih radova (montaža, građevinski radovi i ostalo). Analiza je pokazala da se troškovi izgradnje za 35 kV TS kreću od 7 milijuna do 40 milijuna dinara, ovisno o području i uvjetima u kojima se gradi; u gradskom području kreće se i do 110 milijuna dinara.

Ista analiza nas upućuje i na različita investiranja u 110/35 (20) (10) kV TS, bez obzira na to gradi li se kompletna 110 kV stanica ili samo 35 kV (20) ili 10 kV dio.

Na primjer, za TS 110/20 kV Zaprešić investicija prema prijavljenom programu iznosi 102 milijuna dinara. TS 110/20 kV Samobor iznosi prema investicionom programu 30 milijuna dinara (20 kV dio), a izgradnja TS 110/20 kV Glina na području »Elektre« Sisak izvodi se u vrijednosti investicije (za 110 kV dio) od 25 milijuna dinara, a izgradnja 20 kV dijela iznosi 18 milijuna dinara.

Iz svega toga proizlazi da je potreban što jedinstveniji pristup u tehnološkim rješenjima na nivou Hrvatske, pa s tako usklađenim rješenjima treba istupiti prema proizvođačima opreme i izvođačima radova. Jer, ne smijemo zanemariti činjenicu da svaka specijalna narudžba, odnosi li se ona na transformator ili na koji drugi dio opreme, često produžuje rokove isporuke zbog specijalnih materijala koji su uglavnom uvozni, posebne konstrukcije, a probna ispitivanja u većini slučajeva još uvijek ne daju prolaznu ocjenu za eksploataciju. U eksploataciji često ne zadovolje u uvjetima pogona, što uglavnom tereti investiciono održavanje.

Iz svega toga proizlazi da je nužna koordinacija na nivou republike kako bi tipizacija distributivne

opreme postigla željene ciljeve u funkcioniranju izgradnje objekata u okviru raspoloživih ulaganja. U tom smislu zacrtane su osnovne smjernice koordinacije za tipizaciju distributivne opreme. Jasno je da treba krenuti od onoga elementa opreme koji čini najveću investiciju u izgradnji jednog objekta.

Analiza troškova izgradnje distributivne opreme snimljena u distributivnim organizacijama i u nekih izvođača radova daje nam detaljniji pregled momentanog stanja u trima kategorijama troškova izgradnje.

PRIKAZ ANALIZE TROŠKOVA IZGRADNJE DISTRIBUTIVNE OPREME

1. Vodovi 35 kV 3 × 120 mm² Alče sa zaštitnim užetom, na rešetkastim stupovima:

Kategorija*	I*	II	III
Oprema (30%)**	246 000	276 000	300 000
Stupovi (35%)	287 000	322 000	350 000
Montaža, građevni radovi i ostalo (35%)	278 000	322 000	350 000
U k u p n o dinara/km	820 000	920 000	1 000 000

2. Vodovi 10 i 20 kV, 35 do 50 mm² Alče 10 kV na drvenim stupovima i betonskim nogarima grade se uz ove cijene:

Kategorija	I	II	III
Oprema (30%)	87 000	104 400	135 720
Montaža (25%)	72 500	87 000	113 100
Građevni radovi (30%)	87 000	104 400	135 720
Ostalo (15%)	43 500	52 200	67 860
U k u p n o dinara/km	290 000	348 000	452 400

U Elektroprimorju se grade uz prosječnu cijenu od 300 000 dinara/km, a isto takvi vodovi u Elektroslavoniji Osijek grade se uz *nešto niže cijene.*

Vodovi 20 kV sa željezno-rešetkastim stupovima presjeka do 95 mm² Alče grade se:

Kategorija	I	II	III
Oprema	275 000	357 500	464 750
Montaža	44 000	57 200	74 360
Građevni radovi	220 000	286 000	371 800
Ostalo	11 000	14 300	18 600
U k u p n o dinara/km	550 000	715 000	929 500

3. Vodovi 0,4 kV. Nadzemne mreže 0,4 kV presjeka 50 mm² Alče s mrežom javne rasvjete na drvenim stupovima:

Kategorija	I	II	III
Oprema Montaža Građevni radovi Ostalo	264 000 72 000 120 000 24 000	316 800 86 400 144 000 28 800	411 800 112 300 187 200 37 400
U k u p n o dinara/km	480 000	576 000	748 800

Analiza troškova izgradnje pokazuje da troškovi opreme s najvećim postotkom sudjeluju u ukupnoj investiciji.

4. Trafostanice 35/10 kV. Na temelju prikupljenih podataka cijene po vrsti objekata mogle bi se definirati na ovaj način:

Trafostanice	Kategorije I	II	III
— bez transformatora — transformatori	18 500 2 460	20 475 2 460	24 570 2 460
U k u p n o	20 960	22 935	27 030
TS 35/10 kV 2 × 8 MVA grad. — bez transformatora — transformatori	17 640 1 640	19 000 1 640	20 360 1 640
U k u p n o	19 280	20 640	22 000
TS 35/10 kV 2 × 8 MVA prigr. — bez transformatora — transformatori	13 800 1 640	14 500 1 640	16 000 1 640
U k u p n o	15 440	16 140	17 640
TS 35/10 kV 2× MVA — bez transformatora — transformatori	12 000 1 080	14 000 1 080	16 900 1 080
U k u p n o	13 080	15 080	17 980

5. Trafostanice 10(20)/0,4 kV (u tisućama dinara):

Trafostanice	»Elektra« Zagreb	Elektroprimorje Rijeka	Elektroslavonija Osijek
2 × 630 kVA — bez transformatora — transformatori prespojivi	1 478 322	— —	792 322
U k u p n o	1 800	—	1 114
1 × 630 kVA — bez transformatora — transformatori prespojivi	1 039 161	639 161	504 161
U k u p n o	1 200	800	665

Kategorije	I	II	III
1 × 630 kVA »RK« s. transformatorom prema »Dalekovodu«	880	1 012	1 163
Zidane »tornjić« — bez transformatora	360	400	450
Stupne TS — »Dalekovod« — radne organizacije Dis	240 180	288 210	345 358

* Troškovi izgradnje koji egzistiraju u većoj mjeri kod izgradnje distributivnih objekata u Hrvatskoj.

** Postotak govori s koliko posto pojedina kategorija sudjeluje u ukupnoj investiciji objekata.

KAKO OBJEDINITI TIPIZACIJU ELEKTRODISTRIBUTIVNE OPREME U HRVATSKOJ?

Budući da u nekim republikama već postoji koordinacija u objedinjavanju tipizacije elektrodistributivne opreme, potrebno se osvrnuti na funkcioniranje takvog sistema i postignute rezultate. Elektrodistribucija Slovenije (DES) osnovala je koordinaciju u okviru Združenog podjetja za distribuciju Slovenije, koja funkcionira u obliku službe za tipizaciju, a radne grupe (formirane od predstavnika OOUR-a) izgrađuju prijedloge za tipizaciju koji se upućuju na javnu raspravu. Nakon usuglašenih stavova Radnički savjet DES-a donosi odluku koja postaje obavezna, a njeno kršenje smatra se povredom radne dužnosti. Za tipiziranu opremu DES ugovora direktno kod proizvođača s utvrđenom dinamikom izgradnje za pojedine OOUR-e, što je pridonijelo povoljnim ekonomskim efektima. Na primjer, za 40 transformatora 110 kV ostvarena je cijena 15% niža od uobičajene.

Sličan pristup tipizaciji je i na nivou elektrodistribucije Srbije.

Sistem organiziranja i koordinacija tipizacije distributivne opreme za Hrvatsku pokrenut je na sličan način kao u Sloveniji i Srbiji. Formirane su radne grupe po elementima distributivne opreme (grupa za TS iznad 20 kV, TS do 20 kV, nadzemne mreže iznad 1 kV, kabelske mreže, mreže javne rasvjete, zaštita mjerenja i automatizacija, uzemljivači, nadzemne mreže do 1 kV, kućni priključci i razdjelnici). U grupama je angažiran stručan potencijal distribucije Hrvatske čiji rad je koordiniran u elektroprivredi Hrvatske putem Komisije za tipizaciju distributivne opreme. Predložene preporuke će nakon usuglašavanja na pojedinim područjima Hrvatske biti upućene na konačno usvajanje Skupštini elektroprivrede Hrvatske.

Nakon usvojenih tipiziranih elemenata morat će se pristupiti organiziranju jedinstvene nabave opreme u okviru Zajednice elektroprivrede Hrvatske.

STAV PROIZVOĐAČA OPREME PREMA TIPIZACIJI

Upoznati s akcijom tipizacije na nivou distribucije Hrvatske, proizvođači opreme ističu beneficije koje su spremne dati u smislu zajedničkog formiranja cijene za proizvode koji su u suradnji s njima tipizirani. Proizvođači sami vrše svoju tipizaciju i tako tipiziranu opremu drže na skladištu. Rokovi isporuke za nešto modificiranu opremu traju i nekoliko mjeseci. Treba spomenuti i inicijativu trgovačke kuće (Elektroopskrba-Zagreb) koja predlaže za distributivnu opremu centralno skladište kojim bi se smanjile zalihe pojedinih distribucija i omogućilo da se slobodna sredstva angažiraju na drugoj strani.

DISTRIBUTION EQUIPMENT UNIFORMITY AND FINANCING PROBLEMS IN CONSTRUCTION OF DISTRIBUTION EQUIPMENT IN UNION OF ELECTRICAL ENTERPRISES OF CROATIA

In the article is presented necessity for uniformity of distribution equipment in SR Croatia.

Naslov pisca:
Mirjana Crnčić, tehničar
Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Savjetovanja i konferencije

3. SAVJETOVANJE O EKONOMICI IZGRADNJE, POGONA I ODRŽAVANJA ENERGETSKIH POSTROJENJA

Primošten, 23—25. IV 1980.

U organizaciji Društva energetičara sisačko-banijske regije (DESBR) Saveza energetičara Hrvatske održano je u Primoštenu 23—25 IV. 1980. 3. savjetovanje posvećeno problemima ekonomike izgradnje, pogona i održavanja energetskih postrojenja koje je okupilo oko 175 stručnjaka energetičara iz cijele zemlje. Na Savjetovanju je podneseno 90 referata, koji su svi tiskani u vrlo lijepom zborniku referata. Od podnesenih 90 referata 10 je obrađivalo problematiku s područja elektroenergetike, posebice s područja distribucije i opskrbe električnom energijom, te racionalizacije i kvalitete električne energije. Osim toga Savjetovanje je okupilo i referate i sudionike, energetičara iz drugih struka kao strojare, kemičare, tehnologe, naftaše, ekonomiste i liječnike medicine rada, jer su svi imali što reći u referatima i u diskusiji.

Savjetovanje je završeno donošenjem slijedećih konstatacija, poruka, prijedloga i zaključaka:

I. KONSTATACIJE

a) **Projektiranje**

1. Investicione programe treba uvijek detaljno izraditi jer površno izrađeni gube smisao. U njima mora biti navedeno sve što je važno i bitno za tu investiciju. Naročitu pažnju treba obratiti da u ovim programima bude navedena što realnija visina potrebnih investicionih sredstava.

Iskustvo je pokazalo da umjetnim prikazivanjem potrebnih sredstava s namjerom »da se zatvori financijska konstrukcija« i započne s gradnjom objekta bez dovoljno sredstava nastaju veliki problemi za investitora i zajednicu, a rok dovršenja objekta se produžava unedogled, što znatno utječe na dalje povećanje cijena objekta. Opravdanje izbora opreme i temeljnih postavki mora biti sadržano u investicijskom programu.

2. Projektni zadaci za energetske objekte i postrojenja moraju biti detaljno i nedvosmisleno napisani jer samo na taj način možemo dobiti projekte za onakve objekte i postrojenja kakve želimo i kakvi su nam potrebni: funkcionalne i jeftine.

3. Poteškoće i propuste kod projektiranja i gradnje objekata treba također opisati i objaviti u odgovarajućim stručnim časopisima kako bi se takve pojave izbjegle kod projektiranja i gradnje budućih objekata i postrojenja.

4. Kod projektiranja energetskih objekata unutar industrijskih organizacija treba voditi brigu o tehnologiji, tako da energetska postrojenja rade s optimalnim stupnjem djelovanja. Gdje god kod postojećih postrojenja nije tako, treba izvršiti detaljne analize i prići opravdanim rekonstrukcijama jer one imaju šire društveno značenje.

5. Preporuča se u svakoj većoj radnoj organizaciji, bilo da je ona iz područja energetike bilo iz područja industrijske proizvodnje, da osnuje projektno-konstrukcioni biro. Takav biro mogao bi rješavati niz problema za svoju radnu organizaciju, i to vrlo uspješno jer bi njegovi projektanti bili najbliži problemima i živjeli s njima. Vjerojatno bi vrijeme projektiranja bilo kraće i konkretnije nego do sada, a veliki projektni biroi, za kojim se unatrag nekoliko godina osjeća sve veća potreba, bili bi rasterećeni izrade manjih projekata. Tako bi se veliki projekti mogli izrađivati u znatno kraćem vremenu negoli je to sada slučaj.

6. Prilikom projektiranja, izbora opreme i eksploatacije postrojenja posebnu pažnju i posebnu brigu treba obratiti smanjenju svih vrsta energetskih gubitaka.

b) **Izgradnja**

1. Kod izbora opreme za nove energetske objekte na tekuća i plinovita goriva naročito treba voditi brigu o fleksibilnosti opreme, tj. ova goriva treba koristiti za proizvodnju najkvalitetnije (vršne i poluvršne) energije.

2. Radi postizanja što boljih rezultata kod gradnje, eksploatacije i održavanja energetskih objekata, energetski kadrovi se moraju tješnje povezivati s odgovarajućim naučnim ustanovama, fakultetima i institutima.

3. Na postojećim kapacitetima treba izvršiti rekonstrukciju i prilagođivati ih potrebama sistema, tj. bazne termoelektrane na tekuća goriva rekonstruirati u vršne i poluvršne, čime bi im se produžio vijek trajanja i uloga u sistemu.

Time bi se mogla izbjeći gradnja skupih pumpno-akumulacionih i plinskih elektrana.

4. Pri odabiranju opreme za gradnju novih termoelektrana treba voditi brigu o mogućnosti korištenja više vrsta goriva, te na taj način omogućiti da se u određenim situacijama koriste najoptimalniji resursi.

5. Treba izbjegavati izgradnju energetskih objekata malih kapaciteta jer je njihova specifična cijena znatno veća od specifične cijene objekata velikih kapaciteta.

6. U gradovima se treba zalagati za izgradnju toplana, a izbjegavati izgradnju mnoštva kotlovnica za centralno grijanje stambenih i obiteljskih zgrada. Uz tehničko postoji za to, sigurno i ekonomsko opravdanje, a s aspekta zaštite čovjekove okoline mnogo manje zagađuje okolinu negoli mnoštvo malih kotlovnica koje su gotovo bez ikakvog stručnog nadzora.

7. Kod izgradnje energetskih objekata treba se rukovoditi specifičnim cijenama drugih tehnički naprednih i razvijenijih zemalja i zalagati se za realizaciju sličnih uvjeta, ne zapostavljajući pri tome kvalitetu postrojenja.

8. Kod izgradnje novih energetskih objekata istodobno treba pripremati i stručno sposobljavati pogonsko-tehničko-energetsko osoblje, koje bi odmah nakon puštanja ovih postrojenja stručno i odgovorno preuzelo da njima rukuje. Dosadašnja naša praksa, na žalost, ide obratnim slijedom iako je i savezni Zakon o izgradnji novih investicionih objekata propisao obvezu investitora da uz izgradnju pogona istodobno osigura potreban stručno pogonski kadar za rukovanje ovim objektima.

9. Boljom organizacijom pripreme za izgradnju svih vrsta objekata, a posebno energetskih objekata, treba smanjiti enormno duga trajanja gradnje i time omogućiti što brže uvođenje tih objekata u eksploataciju te smanjiti troškove izgradnje koji proistječu iz neopravdanih produženja rokova izgradnje.

10. Treba izbjegavati gradnju skupih i nepotrebno velikih građevinskih objekata za energetska postrojenja, što će se postići primjenom novih, modernih građevinskih materijala, često jeftinijih od klasičnih, koji uz to pružaju i mogućnost skraćenja vremena izgradnje.

11. Pri odabiranju opreme kod izgradnje energetskih objekata i postrojenja radi jeftinijeg i lakšeg tekućeg i investicionog održavanja, zamjena u toku eksploatacije, razmjene među istorodnim grupacijama, smanjenje zastoja čekanja na rezervne dijelove i unifikacije tehničke dokumentacije.

12. U energetska postrojenja treba uvoditi automatiku radi što veće sigurnosti i što bolje iskoristivosti tih postrojenja.

c) **Eksploatacija**

1. Iskustvo je pokazalo da se pogonska dokumentacija u najvećem broju energetskih postrojenja ne vodi ažurno ni dovoljno sistematično. To često izaziva razne i gotovo nepremostive probleme, osobito kada se na temelju takvih podataka treba izraditi neka tehnoekonomska analiza ili razraditi tehnička dokumentacija bilo za rekonstrukciju čitavog postrojenja ili samo nekog njegova dijela.

2. Radi čuvanja i sistemskog dopunjavanja te ažurnije tehničke i pogonske dokumentacije treba u svim energetskim objektima, kao i u industrijskim pogonima osnovati odjele tehničke dokumentacije. Rad u tim odjelima ne smije se omalovažavati. Tu moraju raditi ambiciozni i stručni kadrovi koje treba na odgovarajući način i nagrađivati.

3. Stalno treba težiti smanjenju specifičnog utroška energije i materijala po jedinici proizvoda i na taj način ostvariti smanjenje cijene proizvoda.

4. Potrebno je posvetiti veću pažnju uvođenju mrežne tonfrekventne komande u elektrodistributivnim mrežama, te se predlaže odlučnije prilaženje ovim problemima.

5. Treba proučavati i konkretizirati način kontinuirane opskrbe potrošača energije kako bi se gubici nastali zbog neisporučene ili nekvalitetne energije smanjili. Sve prekide u dobavi energije treba svesti na najnužnije potrebe.

d) **Održavanje**

1. Tekuće i investiciono održavanje energetskih postrojenja mora se provoditi planski, jer samo takav način osigurava kratke zastoje u radu postrojenja, optimalan vijek eksploatacije postrojenja i optimalne troškove održavanja.

2. Osnivanjem specijaliziranih servisnih radionica za održavanje i remont pojedinih vrsta opreme, instaliranih u energetskim postrojenjima, postiglo bi se kvalitetnije održavanje te opreme i s obzirom na to povećanje njezine životne dobi, a omogućilo bi se i brže zapošljavanje nezaposlenih i mladih kadrova.

3. Preventivnom održavanju postrojenja treba pokloniti dužnu pažnju, jer se dobrim preventivnim održavanjem znatno smanjuju troškovi tekućeg i investicionog održavanja, a smanjuju se i zastoji u radu postrojenja.

e) **Kadrovi**

1. Radi praćenja i analiziranja energetskih podataka i smanjenja utroška svih vrsta energije treba nastojati da u svakom industrijskom poduzeću budu zaposleni i energetski kadrovi. Iskustvo je pokazalo da su tako stvorene uštede mnogo veće od režijskih troškova izazvanih upošljavanjem ovih kadrova u malim industrijskim poduzećima.

2. Energetske kadrove, ambiciozne i stručne treba uključiti i u razvojne službe industrijskih poduzeća da bi inicirali nova tehnička rješenja, primjenu novih materijala za gradnju i održavanje energetskih i proizvodnih postrojenja.

3. Preporuča se energetskim kadrovima da u svojim postrojenjima fotografiraju i opišu sve havarije i sve važnije pogonske događaje, i to objave u odgovarajućim stručnim biltenima, koji bi se trebali razmjenjivati između srodnih poduzeća.

4. Treba dati inicijativu i podršku za izdavanje i prevođenje iz strane literature većeg broja praktičnih priručnika iz raznih područja energetike jer se za njima već niz godina osjeća potreba.

5. Treba pridati veće značenje osiguranju aktualne literature koja obrađuje, odnosno predlaže rješenja u energetskoj oblasti. Sistematskim radom u oblasti stručnih knjižnica ili pak odvajanjem i sistematiziranjem ove literature unutar ostalih tehničkih dijela treba omogućiti energetičarima u radnim organizacijama efikasnije produbljivanje znanja iz ovog područja.

6. Neprestano treba raditi na stručnom uzdizanju svih nivoa energetskih kadrova, jer je to siguran put prema ekonomičnoj eksploataciji postrojenja, ostvarivanju minimalnih pogonskih troškova i zastoja u radu postrojenja. U tu svrhu potrebno je što veći broj energetskih kadrova angažirati u raznim stručnim časopisima, a odgovarajuće stručne časopise popularizirati da bi postali dostupni energetskim kadrovima svih stručnih kvalifikacija.

7. Treba utvrditi profile za poslove i zadatke rukovodilaca energetskih postrojenja te izraditi nastavne planove i programe za redovno obrazovanje kadrova tog zanimanja.

8. Treba utvrditi vrijeme i program pripravničkog staža poslije završenog redovnog obrazovanja, način polaganja ispita nakon završenog pripravničkog staža radi provjere znanja i dobivanja dozvole za samostalan i siguran rad na energetskim postrojenjima.

9. Treba utvrditi kriterije za prevođenje dosad položenih ispita za rad na energetskim postrojenjima radi usklađivanja s novom kvalifikacionom ljestvicom i Zakonom o srednjem obrazovanju.

10. Kadrove koji sudjeluju u projektiranju i izvođenju, kao i one koji rukovode eksploatacijom energetskih objekata treba upoznati s pogonskim uputama za redovan rad postrojenja, kao i za slučajeve izvanrednih okolnosti. Tu se misli na elementarne nepogode, teške havarije u postrojenjima i njihovim dijelovima i okolnosti koje mogu nastupiti u radnom i ratnom stanju.

f) **Racionalna potrošnja energije**

1. S obzirom na svjetsku energetsku krizu treba posebno pažnju obratiti na što racionalnije trošenje primarnih i otpadnih energija. Energetski kadrovi to moraju smatrati svojim permanentnim zadatkom.

2. Radi smanjenja velikih gubitaka električne energije na našoj energetskoj mreži prijenosa i distribucije treba obratiti posebnu pažnju na štetna djelovanja reaktivne elektroenergije. Ugradnjom elektroenergetskih kondenzatora u pogodno odabranim točkama mreže prijenosa i distribucije te u industriji ovi se gubici znatno smanjuju.

3. U okviru energetskih i svih ostalih radnih organizacija naročitu brigu treba posvetiti transportu energetskih medija uz minimalne gubitke.

4. Smanjenje gubitaka u električnim mrežama, a posebno u distributivnima važan je zadatak svih zainteresiranih.

5. Treba primjenjivati poznate, ali tražiti i nove tehnologije. Posebno treba iznalaziti mogućnosti iskorištavanja otpadaka kao goriva za proizvodnju vrele vode u svrhu toplifikacije naselja. Prodajom topline smanjuju se troškc i prikupljanja otpadaka.

g) **Timski rad**

1. Prilikom rješavanja određenih problema energetike treba se založiti za čvršću suradnju između tehničkih i ekonomskih kadrova u radnim organizacijama pa i na širem planu. Ta suradnja trebala bi omogućiti sigurna i moderna postrojenja. Suradnja bi morala funkcionirati ne samo za vrijeme izgradnje, već i pri određivanju režima rada pojedinih postrojenja.

h) **Zaštita čovjekove okoline**

1. Utjecaju energetskih objekata na zagađivanju čovjekove okoline treba već sada posvećivati potrebnu pažnju.

2. Ako zbog nedostataka domaćih propisa za zaštitu čovjekove okoline od zagađivanja projektant i investitor budu u nedoumici, potrebno je da zbog humanih razloga primijene strane propise.

3. Zbog važnosti i stalne potrebe zaštite čovjekove okoline od svih oblika zagađivanja, osim primjene tehničko-pogonske zaštite, radi što potpunijeg, permanentnijeg razvijanja opće kulture u svakodnevnom životu čovjeka predlažemo da se u škole, od osnovne do fakulteta, uvede predmet ekologija prema jedinstvenom programu za cijelu SFRJ.

4. Energetičari se moraju zalagati i izboriti za investicije potrebne za izgradnju uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, kako iz energetskih, tako i iz industrijskih postrojenja.
Od zagađivanja se moraju čuvati tekuće i stajaće vode.

5. Problemu cirkulacije svih vrsta otpadaka treba obratiti znatno veću pažnju jer se smanjuje zagađivanje čovjekove okoline i smanjuju ukupni troškovi.

i) **Novatorstvo**

1. Novatorstvo i racionalizatorski rad i korisne podloge treba poticati radi opće društvene koristi.
U tu svrhu potrebno je u svakoj radnoj organizaciji izraditi i usvojiti pravilnike koji će predvidjeti i odgovarajuće načine nagrađivanja onih članova čiji rad treba nagraditi.

j) **Regulativa**

1. S obzirom na manjkavost regulativa u području energetike od nadležnih organa i institucija treba inzistirati na izradi i donošenju odgovarajućih tehničkih propisa. Ovo bi trebali regulirati jedinstvenim propisom za cijelu SFRJ u pogledu funkcionalnosti i sigurnosti postrojenja i konačnom donošenju odgovarajućih tehničkih propisa.

k) **Zaštita na radu**

1. Stručni su kadrovi dužni da stalno upućuju na razne opasnosti koje su prisutne u energetskim postrojenjima i da na taj način utječu na smanjenje ozljeda i nesretnih slučajeva na radnom mjestu. U tom smislu treba povremeno organizirati stručna predavanja i razgovore s radnicima u svakoj radnoj organizaciji upućujući posebno na specifične opasnosti. Posebno treba upozoravati na opasnosti od električne struje, plina, kiselina i lužina.

2. Striktno se treba pridržavati zakonske odredbe da svaki novozaposleni radnik bude detaljno upoznat sa svim opasnostima na njegovu radnom mjestu i u neposrednoj okolini.

3. Treba nastojati da se s mnogobrojnim opasnostima od električne struje upoznaju svi tehnički i energetski kadrovi već u toku svog školovanja. Pasebno je nužno da elektroenergetski kadrovi svih nivoa budu detaljno upoznati i osposobljeni za efikasno pružanje prve pomoći unesrećenima od udara električne struje, svjesni činjenice da pravodobno i stručno pružena pomoć može unesrećenoga vratiti u život. Treba inzistirati na kvalitetnoj selekciji kadrova koji su sposobni za rad na električnim postrojenjima.

4. Treba upozoriti sve osoblje koje radi na električnim postrojenjima na mogućnost stvaranja većih količina nitro-plinova u električnom luku koji su vrlo opasni za akutno i kronično trovanje radnika.

5. Radi smanjenja broja žrtava od udara električne struje, kao i ostalih nesretnih slučajeva izazvanih udarom električne struje, smatramo da se ova problematika treba uvesti u redovnu nastavu u svim školama.

6. Radi ublažavanja posljedica i smanjenja profesionalnih bolesti potrebna je bolja povezanost energetskih kadrova i stručnjaka za medicinu rada koji se bave tom problematikom.

7. Zbog štetnog djelovanja buke i vibracija na zdravlje radnika treba se izboriti za sistem polivalentnih radnika.

8. Pri projektiranju, odabiranju i montiranju strojeva i aparata treba tražiti ateste o visini buke i vibracije, te konzultirati stručnjake medicine rada o njihovu štetnom djelovanju na zdravlje radnika.

9. U težnji da se smanji broj nesreća na radu i poveća produkcija, treba se izboriti za dobru opću i dodatnu rasvjetu za svaku vrstu djelatnosti.

10. Redovno treba provoditi kontrolu buke, vibracije, jakosti rasvjete i mikroklimatskih uvjeta, pa tražiti da se nedostaci otklone, a nakon toga ponovno vršiti kontrolu.

II. PREPORUKE

a) **Savezu sindikata Jugoslavije i privrednim komorama**

1. Što veću podršku treba dati inovatorskom, novatorskom i racionilizatorskom radu pojedinaca i grupa.

2. Treba inzistirati na skraćivanju roka od prijave do dobivanja patenta i od početka primjene patenta.

b) **Saveznom komitetu za energetiku**

1. Treba uvesti organizirani rad na smanjenju gubitaka svih oblika primarne i otpadne energije.

2. Treba organizirati studij nekonvencionalnih izvora energije.

3. Perspektivni program razvoja energetike treba obuhvatiti i projektne radove na solarnim elektranama s obzirom na povoljne geografske i klimatske uvjete.

4. Perspektivni program razvoja energetike treba obuhvatiti projektne radove na iskorištavanju svih prikladnih izvora geotermičke energije.

III. PRIJEDLOZI

a) **Savezu energetičara Jugoslavije**

1. Treba izgraditi solarnu elektranu eksperimentalne veličine na teritoriju sisačko-banijske regije kao regije s optimalnim uvjetima za iskorištavanje solarne energije.

To bi dobro poslužilo za stjecanje vlastitih iskustava u projektiranju, izgradnji i eksploataciji solarnih elektrana što će u skoroj budućnosti biti vrlo značajno.

2. Potreban broj energetskih kadrova svih profila treba osigurati redovnim programom obrazovanja. SEJ treba sudjelovati u izradi prijedloga profila za programe školovanja takvih kadrova.

3. Posebno se preporuča da se u odgovarajućim školama svih stupnjeva zahtijeva uvođenje predmeta energetsko gospodarstvo.

IV. ZAKLJUČCI

1. Radi što obuhvatnijeg razmatranja problematike koja se nužno javlja kod izgradnje, pogona i održavanja energetskih postrojenja, a s kojom energetski kadrovi moraju biti često detaljno upoznati, sudionici ovog savjetovanja ocjenjuju odabranu temu aktualnom i vrlo korisnom.

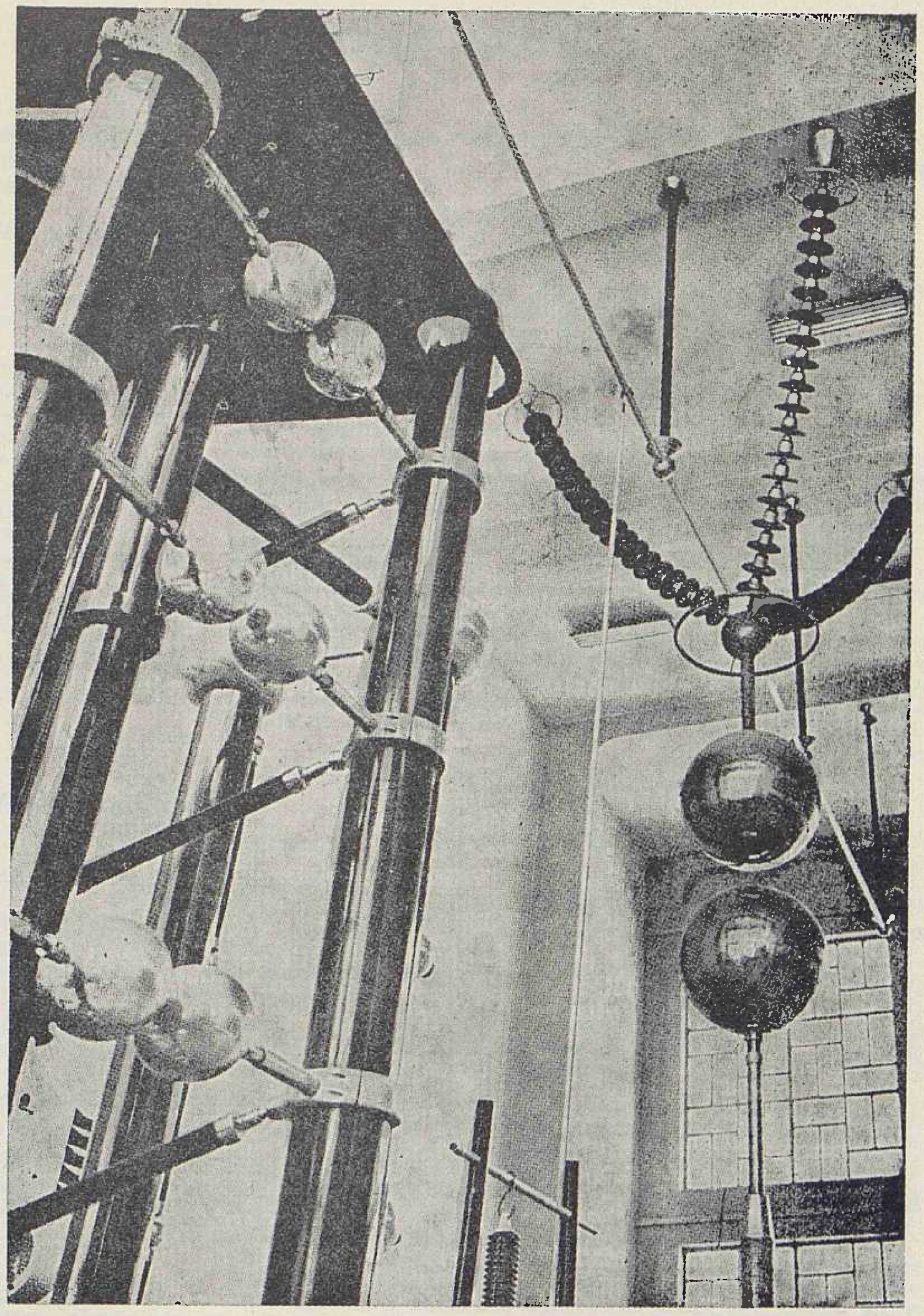
Sudionici smatraju da je Savjetovanje bilo korisno, obrađeni materijali vrlo interesantni i na dostojnom tehničkom nivou, a organizacija Savjetovanja vrlo dobra.

2. Savjetovanje i njegov Zbornik radova veliki su izazov domaćem stručnom kadru da se pisanjem referata više aktivira na stručnom polju.

3. Pridružujući se prethodnim zaključcima sudionici Savjetovanja predlažu organizatoru — Društvu energetičara sisačko-banijske regije, Sisak, da u proljeće 1981. godine ponovno organizira savjetovanje na istu temu zbog njezine permanentne interesantnosti i aktualnosti.

U toku održavanja ovog Savjetovanja održan je i vrlo interesantan okrugli stol — razgovor o svrsi savjetovanja, o problematici održavanja, uređenju Zbornika referata i cijelom nizu pitanja koja mogu poboljšati ne samo rad na organizaciji novih savjetovanja, nego mogu poboljšati rad energetičara u nas u cjelini.

Josip M o s e r, dipl. ing.



RAD INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U 1979. 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 dvadeset i šest 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 energetskih sistema 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 sistema, 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 automatizacije u elektroprivredi.

Suradnici Instituta su također i priznati stručnjaci izvan Instituta, među kojima je i nekoliko istaknutih sveučilišnih profesora.

Znanstveno istraživački rad se obavlja, prema unutarnoj organizaciji, u nekoliko posebnih grupa, od kojih svaka ima svoj zaokruženi djelokrug rada:

Studijska radna jedinica za elektroenergetske sistema i ekonomsku problematiku
Studijska radna jedinica za prijenosne mreže
Studijska radna jedinica za razdjelne, visokonaponske, n.n. mreže i za projektiranje
Studijska radna jedinica za automatizaciju i regulaciju
Studijska radna jedinica za termoenergetske sisteme
Studijska radna jedinica za visoki napon i jaku struju
Studijska radna jedinica za hidrotehničke sisteme.

U daljnjem tekstu su prikazani važniji radovi iz djelovanja pojedinih grupa u 1979. godini.

Radovi Instituta za elektroprivredu u 1979. — Energija God. 29 (1980) br. 7—8, 293—307.

STUDIJ ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA

Ispitivanje uloge HE Vinodol u elektroenergetskom sustavu SR Hrvatske

Naručitelj: Elektroprivreda Rijeka OOUR hidroelektrana »Nikola Tesla« — Tribalj

Autori: Slavko Alerić, dipl. ing.
prof. dr Božo Udovičić, dipl. ing.
mr Goran Granić, dipl. ing.

Dovršeno u veljači 1979. godine.

Svrha je ove studije bila da se analizira značenje hidroelektrane Vinodol u elektroenergetskom sustavu Hrvatske. Napravljeno je nekoliko varijanti proračuna, i to za prilike u sustavu Hrvatske u 1985, 1990, 1995. i 2000. godini s različitim nivoom vršne energije.

U proračunu su se simulirale prilike u sustavu, jednom s elektranom Vinodol a drugi put bez nje. Načinjena je razlika u troškovima u sustavu između ove dvije varijante i dobile su se uštede koje donosi hidroelektrana Vinodol. Te uštede u godišnjim troškovima preračunate su na investicije, pa se tako došlo do graničnih investicija koje bi bilo opravdano uložiti u HE Vinodol s obzirom na dopunsku elektranu koja je u ovom proračunu uzeta sa specifičnim investicijama u iznosu od 10.10^6 din/MW i specifičnim troškovima za gorivo od 22.1 p/kWh.

Opseg: 44 stranice teksta i 13 slika.

Osnovni principi tarifnog sistema za prodaju električne energije

Naručitelj: Zajednica jugoslavenske elektroprivrede — Beograd

Autori: prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
Benito Tociyl, dipl. oec.
prof. dr Božo Udovičić, dipl. ing.
Zlatko Frajman, dipl. oec.
Nedjeljka Komerički, dipl. oec.

Dovršeno u ožujku 1979. godine

U prvom dijelu studije razrađena je i analizirana ostvarena potrošnja električne energije u elektroenergetskom sustavu Jugoslavije i u elektroenergetskim sustavima republika, analizirane su karakteristike potrošnje električne energije s obzirom na oblik i karakteristične omjere u dnevnom dijagramu opterećenja. Isto tako analizirane su prilike i odnosi s obzirom na potrošnju u radnom i neradnom danu i s obzirom na raspodjelu potrošnje električne energije u toku godine.

Drugi dio studije obuhvaća prikaz i analizu kretanja cijena električne energije u elektroenergetskom sustavu Jugoslavije od 1958. do 1975. godine, a u trećem se dijelu studije daje pregled tarifnih sistema u nekim evropskim zemljama (Francuska, Italija, Austrija, Velika Britanija, Švedska) uz osvrt na te tarifne sisteme.

U četvrtom dijelu studije razrađen je model tarifnog sistema za elektroenergetski sustav Jugoslavije kao cjeline. Nakon što je postavljen pristup problemu tarifa u elektroenergetskom sustavu termoelektrana i hidroelektrana i prikazani potrebni ulazni podaci, analiziran je utjecaj različitih potrošača na troškove u promatranom elektroenergetskom sustavu. Ta analiza omogućila je određivanje osnova tarifnog sistema i relativnih tarifnih stavova za sve vrste potrošača na svim naponskim nivoima.

Opseg: 260 stranica, 93 tablice i 99 slika.

Opravdanost snižavanja tehničkog minimuma na blokovima TE Sisak I i II

Naručitelj: »Elektroprivreda Zagreb« OOUR termoelektrana Sisak — Sisak

Autori: Slavko Alerić, dipl. ing.
prof. dr Božo Udovičić, dipl. ing.
mr Goran Granić, dipl. ing.

Dovršeno u svibnju 1979. godine

U studiji je analizirana opravdanost snižavanja tehničkog minimuma na blokovima termoelektrane Sisak. Promatrano je nekoliko varijanti tehničkog minimuma na spomenutim blokovima.

Provedeni su proračuni tako da blokovi termoelektrane Sisak imaju tehnički minimum 70% (sadašnje stanje izgradnje), 50% i 30% uz različite kombinacije npr. blok 2 70%, a blok 1 30% itd.

Osim toga provedena je analiza uklapanja TE Sisak III u elektroenergetski sustav SR Hrvatske i usporedba s crpno-akumulacijskim postrojenjem.

Metodom varijabilne i konstantne energije i metodom simulacije dobivene su koristi koje donose sniženje tehničkog minimuma, odnosno uklapanje bloka TE Sisak III. Iz ostvarenih ušteda zaključuje se da li je opravdano, odnosno do kojih se graničnih investicija isplati ulagati u navedene zahvate.

Opseg: 47 stranica teksta i 21 slika.

Razvoj elektroenergetike u Slavoniji i Baranji do 2000. godine

Naručitelj: Elektroslavonija — Osijek

Autori: Slavko Alerić, dipl. ing.
dr Duško Čorak, dipl. ing.
Đuro Hatić, dipl. ing.
Marijan Magdić, dipl. oec.
mr Niko Malbaša, dipl. ing.
prof. dr Božo Udovičić, dipl. ing.

Dovršeno u svibnju 1979. godine

U prvom dijelu studije govori se o problemima opskrbe energijom (svijet, Jugoslavija, Hrvatska, Slavonija i Baranja) te o rezervama i mogućnostima zadovoljenja energetskih potreba u budućnosti. Pored toga navedeni su neki pokazatelji o potrošnji energije u Slavoniji i Baranji prema potrošnji u Hrvatskoj.

U drugom dijelu studije prikazane su metode za predviđanja potrošnje energije i izvršena predviđanja pomoću navedenih metoda, te odabrana najvjerojatnija potrošnja energije koja se može očekivati u doglednoj budućnosti.

U trećem dijelu studije obrađen je hidropontecijal Slavonije (Drava, Dunav, Sava) te izračunata moguća proizvodnja hidroelektrana. Nakon navedene obrade načinjen je prikaz mogućnosti korištenja malih vodotoka i mogućnosti izgradnje crpno-akumulacijskih postrojenja u Slavoniji i Baranji.

U četvrtom dijelu studije obrađene su potrebe za toplinskom energijom, zatim su obrađene mogućnosti izgradnje toplana, konvencionalnih termoelektrana i plinsko-turbinskih elektrana.

Peto poglavlje studije tretira problem lokacije nuklearnih elektrana u Slavoniji i Baranji. Sa svih je aspekata u tom smislu obrađeno dvanaest mogućih lokacija.

U šestom poglavlju obrađena je mogućnost izgradnje termoelektrane SPAČVA na Savi s ugljenom iz Ugljevika u SR BiH.

Opseg: 191 stranica i 32 slike.

Studija jedinstvene metodologije za izradu energetske bilance i izbora optimalne strukture

Naručitelj: Zajednica jugoslavenske elektroprivrede

Autori: prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
Damir Pešut, dipl. ing.
Branko Vuk, dipl. ing.

Dovršeno u kolovozu 1979. godine

Studija jedinstvene metodologije za izradu energetske bilance i izbora optimalne strukture obuhvaća slijedeće tri studije:

Metoda za izradu energetskih bilanca,
Energetski simulacijski model,
Matematički model za optimatizaciju energetske strukture.

Sve tri studije treba da posluže za analizu energetskih prilika na širem području (Jugoslavija, republike, pokrajine), a u njima se promatraju svi oblici energije (primarni i transformirani), sve energetske transformacije i svi potrošači energije.

Prva studija, tj. Metoda za izradu energetskih bilanca, obrađuje način praćenja tokova svih oblika energije u energetskom sistemu. Prema toj metodi na pregledan i prikladan način može se prikazati iskorištenje primarnih oblika energije, energetske transformacije, upotreba primarnih i transformiranih oblika energije, uvoz i izvoz svih oblika energije, energija za pogon energetskih postrojenja, gubici u energetskim mrežama i upotreba pojedinih oblika energije za opskrbu potrošačkih grupa.

Energetski simulacijski model razrađen je kao matematički model za proračun svih tokova energije u sistemu. Na temelju tako razrađenog modela izrađen je program za elektroničko računalo. Taj model omogućuje brzu analizu prilika u energetskom sistemu uz različite ulazne pretpostavke, što stvara mogućnost za razmatranje različitih varijanti opskrbe potrošača.

Matematički model za optimizaciju energetske strukture koristi se za određivanje optimalne energetske strukture nekog užeg ili šireg područja. Optimalna energetska struktura postiže se kad se ostvari opskrba potrošača potrebnim oblicima energije uz minimalne troškove, a dobiva se metodom linearnog programiranja. Svi međusobni odnosi između korisnih, transformiranih i primarnih oblika energije prikazani su linearnim jednadžbama ili nejednadžbama, a u slučajevima kad ne postoji linearna ovisnost koristi se iteracijski postupak.

Opseg studije: 283 stranice teksta, 131 tablica i 51 slika.

Mogućnost korištenja i izgradnje termoelektrana na Kosovu za potrebe elektroenergetskog sustava Hrvatske

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske — Zagreb

Autori: prof. dr Božo Udovičić, dipl. ing.
Slavko Alerić, dipl. ing.
Boris Markovčić, dipl. ing.
Mr Zdenko Tonković, dipl. ing.

Dovršeno u rujnu 1979. godine.

Studija se sastoji od dva dijela i priloga studiji.

U prvom dijelu studije obrađene su elektroenergetske podloge. Kod obrade podloga najprije su sagledane mogućnosti zadovoljenja potrošnje električne energije raspoloživim vlastitim potencijalom koji je veoma oskudan u SR Hrvatskoj. Raspoloživim potencijalom ne mogu se zadovoljiti sve potrebe u energiji i snazi do 2000. godine, te su određeni manjkovi energije i snage koji bi trebalo izgraditi u SAP Kosovu i prenijeti u SR Hrvatsku.

U drugom dijelu studije obrađene su mogućnosti i problemi prijenosa električne energije iz SAP Kosova u SR Hrvatsku, te su za prijenose određenih manjkova energije i snage sugerirana odgovarajuća rješenja. Prilog studiji »Mogućnosti proizvodnje i prijenosa električne energije s Kosova u sjeverozapadni dio Jugoslavije za period 1980—2000. godine« načinili su kolege s Tehničkog fakulteta iz Prištine.

Opseg studije: 74 stranice i 31 slika.

Izbor veličine izgradnje, broja agregata i veličine akumulacije u HE Đurđevac i HE Barč

Naručitelj: Elektroprojekt — Zagreb

Autor: dr Goran Granić, dipl. ing.

Dovršeno u rujnu 1979. godine

U studiji je izvršen izbor veličine izgradnje, broja agregata i veličine akumulacije u HE Đurđevac i HE Barč. Analizirane su prilike u elektroenergetskom sustavu Hrvatske za tri stanja razvitka koja se mogu očekivati u 1990, 1995. i 2000. godini, kako bi se uzeo u obzir utjecaj razvoja elektroenergetskog sustava na energetsko-ekonomske efekte rada promatranih hidroelektrana. Ekonomski proračuni provedeni su primjenom metoda aktualizacije, eskalacije cijena i interkalarne kamate.

Opseg: 31 stranica teksta, 46 tablica i 13 slika.

Metoda za određivanje tjedne moguće proizvodnje hidroelektrana

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske — Zagreb

Autor: prof. dr Božo Udovičić, dipl. ing.

Dovršeno u studenom 1979. godine.

Na temelju tjednih prirodnih protoka i karakteristika potrošnje za tjedan dana moguće je odrediti proizvodnju varijabilne i konstantne energije u svakoj hidroelektrani i za svaki tjedan. Pri određivanju moguće proizvodnje uzet je u obzir volumen akumulacijskog bazena, ovisnost nivoa donje vode o protoku, ovisnost nivoa gornje vode o stanju u akumulacijskom bazenu, gubitke u dovodu i odvodu i stupanj djelovanja turbine i generatora. Računanje moguće proizvodnje vrši se uz uvjet da se ostvari što veća proizvodnja varijabilne energije u radnom danu i odgovarajuća proizvodnja varijabilne energije u neradnom danu.

Dijagram toka i program za elektroničko računalo učinjeni su tako da se moguća proizvodnja računa preko protoka i volumena vode a ne formulom za energiju i snagu kako je do sada rađeno. Na taj način izbjegavaju se poteškoće pri računanju moguće proizvodnje u hidroelektranama sa znatno promjenljivim padom.

Opseg: 47 stranica teksta i 46 slika.

Praktično korištenje sezonskih akumulacijskih bazena

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske — Zagreb

Autori: dr Goran Granić, dipl. ing.
Mladen Zeljko, dipl. ing.

Dovršeno u prosincu 1979. godine.

U ovom radu razvijena je jednostavna metoda za određivanje vjerojatnih stanja akumulacijskih bazena. Metoda se temelji na proračunu vrijednosti događaja (proizvodnji hidroelektrana) i uz kriterij izravnanja rada termoelektrana.

U prvom dijelu studije objašnjene su osnovne postavke metode i mogućnosti njezina korištenja u praktične svrhe. Problem je riješen primjenom mrežne analize (poglavlje dva). Na kraju je dan primjer proračuna poželjnih stanja akumulacijskih bazena za elektroenergetski sustav Hrvatske u 1979. godini.

Opseg: 50 stranica teksta, 10 tablica i 13 slika.

Udruživanje rada i sredstava radi izgradnje elektrana u drugim republikama

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske — Zagreb

Autori: prof. dr Jakša Barbić, dipl. prav.
Zvonimir Milonja, dipl. oec.
Emil Olujić, dipl. prav.
prof. dr Božo Udovičić, dipl. ing.

Dovršeno u prosincu 1979. godine.

Svrha i zadatak predmetne studije mogla bi se svesti u dva osnovna dijela:

a) prikaz s analizom i ocjenom zaključenih ugovora Elektroprivrede Hrvatske za financiranje izgradnje elektrana na područjima drugih republika s energetskog i ekonomskog stajališta, te sa stajališta pravne regulative, i

b) osnovna načela za zaključivanje Samoupravnih sporazuma o udruživanju rada i sredstava radi izgradnje elektrana u drugim republikama i pokrajinama.

U studiji su analizirani do sada zaključeni ugovori te je navedena usporedna analiza zaključenih ugovora sa stajališta energetske sigurnosti, sa stajališta društveno-ekonomskog i dohodovnog, te sa stajališta pravne regulative.

U osnovnim načelima SAS-a o udruživanju rada i sredstava u 25 točaka sistematizirani su problemi o kojima treba voditi brigu pri sklapanju ugovora o udruživanju rada i sredstava.

Opseg: 142 stranice i 117 stranica priloga.

Energetska vrijednost akumulacije Kosinj

Naručitelj: Hidroelektrana Senj — Senj

Autori: prof. dr Božo Udovičić, dipl. ing.
Slavko Alerić, dipl. ing.

Dovršeno u prosincu 1979. godine.

S obzirom na bujični karakter rijeke Like i Gacke u studiji je analiziran utjecaj povećanja akumulacijskog bazena Kosinja na bolje iskorištenje hidroenergetskog sustava Lika — Gacka. Promatrane su prilike u sustavu Hrvatske koje se očekuju oko 1988. godine, a analizirane su slijedeće varijante izgradnje hidroenergetskog sustava Lika — Gacka i HE Kosinj 44 (Q_i = 44 m³/sek), HE Kosinj 86 (Q_i = 86 m³/sek), kao i postojeće stanje izgradnje HE Sklope, naravno uvijek s donjom hidroelektranom Senj.

Budući da se troškovi za gorivo termoelektrane kao i specifične investicije novih termoelektrana stalno mijenjaju (povećavaju), provedeni su proračuni uz različita povećanja obiju vrsta troškova, pa se na taj način dobio spektar rezultata energetske vrijednosti akumulacije Kosinj.

Na temelju ovako provedenih proračuna mogle su se odrediti i granične investicije akumulacije Kosinj s elektroprivrednog stajališta.

Opseg: 19 stranica teksta, 15 tablica i 5 slika.

Praćenje razvoja brzih oplodnih reaktora

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske — Zagreb

Autor: Ratko Vojvodić, dipl. ing.

Završeno u prosincu 1979. godine.

Posrijedi je početni od radova na praćenju problematike razvoja brzih oplodnih reaktora za primjenu u nuklearnim elektranama s elektroprivrednog gledišta, tj. gledišta budućeg korisnika i kupca ovakvih postrojenja. Cilj je ovog praćenja da se na vrijeme upoznaju osobine i mogućnosti ove nove klase nuklearnih reaktora, kao i potrebni preduvjeti za njihovo pravovremeno uvođenje u elektroenergetski sistem. Ovaj početni rad obuhvaća slijedeće:

- osnove rada brzih oplodnih reaktora u najkraćim crtama,
- pregled najznačajnijih tipova ovih reaktora danas u razvoju,
- stanje razvoja pojedinih tipova,
- prijedlog za daljnji rad.

Opseg: 92 stranice, 34 slike, 31 literarni navod.

STUDIJ PRIJENOSNIH MREŽA

Osnovni pravci razvoja prijenosne mreže za 1995. godinu

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autori: Boris Markovčić, dipl. ing.
mr Zdenko Tonković, dipl. ing.

Završeno u prosincu 1979.

Ova studija nastala je u kontinuitetu rada »Optimiranje elektroenergetskog sistema Hrvatske«. Polazni podaci za SRH dani su »Elektroenergetskim osnovama za 15 godišnji plan razvoja . . .«, a za ostali dio Jugoslavije prema najnovijim podacima JUGEL-a. Polazna mreža modelirana sa sva tri naponska nivoa, i ekvivalentirana prema potrebama zadatka.

Provedeno je 80 ispitivanja. Rezultati tih ispitivanja interpretirani su u vezi s naglašenim problemom utjecaja druge NE u Hrvatskoj, prijenosa na zapad transformacije superponiranih napona, napajanja regije iz superponirane mreže. Istaknuto je u vezi sa sagledavanjima do 1995. posebno mjesto pitanja prijenosa sa Kosova, te eventualnog prijelaza na više naponske nivoe.

Opseg: 86 stranica, mreža SR Hrvatske i Jugoslavije za 1995, 11 ilustracija tokova snaga; protokoli s računskog stroja.

Optimiranje elektroenergetskog sistema Hrvatske

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autori: Boris Markovčić, dipl. ing.
mr Zdenko Tonković, dipl. ing.

Završeno u lipnju 1979.

Zadatak je studije bio da odredi nužna proširenja superponirane mreže, kao i mreže 110 kV koja će omogućiti podmirivanje planiranog konzuma u redovnom i havarijskom pogonu elektroenergetskog sistema sa stajališta tokova snaga i naponskih prilika. Studija je izrađena tako da predstavlja osnovu za izradu srednjoročnog plana izgradnje mreže 110—380 kV do 1985. godine. Ulazni podaci opterećenja i proizvodnje čvorišta SRH određeni su analizom regionalnih bilanci koje su prihvaćene od elektroprivrednih foruma, a za ostali dio Jugoslavije aktualizirani su podaci iz JUGEL-ove studije »Razvoj elektroprivrede Jugoslavije do 1985 . . .«. Polazna mreža sastavljena je na bazi postojeće u dogovoru s predstavnicima regija SRH.

Provedeno je i obrađeno 128 ispitivanja. Zaključci tih ispitivanja grupirani su po regijama, a unutar regija oko karakterističnih problema. Ispitivanja su provedena i za minimalni režim rada.

Na kraju je predložen prioritet izgradnje objekata prijenosne mreže SRH do 1985., i to u dvije kategorije: kao neophodni i kao preporučljivi. Prijedlog prioriteta je izložen posebno za svaku regiju.

Opseg: 105 stranica, mreža SR Hrvatske za 1985, 32 ilustracije tokova snaga, protokoli s računskog stroja.

Ispitivanje sklopnih prenapona i kratkih spojeva u mreži 400 kV

Naručitelj: »Elektroprenos« Zagreb

Autori: dr Miroslav Jung, dipl. ing.
Ante Sekso, dipl. ing.
dr Ivo Hrs, dipl. ing.
Antun Šaler, ing.

Dovršeno u lipnju 1979.

Prikazani su rezultati ispitivanja sklapanja neopterećenih vodova i transformatora 400 kV, s prigušnicom i bez prigušnice 50 MVAr-a priključene na njegov tercijarni namot, kao i rezultati ispitivanja namjernih jednopolnih kratkih spojeva izazvanih duž trase vodova 400 kV Maribor — Zagreb — Osijek, što ih je proveo Institut za elektroprivredu, Zagreb, u suradnji s ekipama Vyzkumny ustav energeticky (EGU), Brno, ČSSR, Elektrotehničkog fakulteta, Zagreb, i »Elektroprenosa«, Zagreb, te »Elektroprijenosa«, Osijek, i »Dravskih elektrana« Maribor.

Statistička obrada izmjerenih faktora sklopnih prenapona pokazuje da kod sklapanja ugrađenim prekidačima 400 kV u navedenom dijelu elektroenergetskog sistema SFRJ treba u 98% slučajeva do 1,53 u mreži 110 kV odn. faktora do 1,46 na tercijaru transformatora, a pri uključivanju prenapona faktora do 1,78 u mreži 400 kV, faktora do 1,47 u mreži 110 kV odn. faktora do 1,65 na tercijaru transformatora, pa možemo zaključiti da navedeni sklopni prenaponi ne ugrožavaju izolaciju ispitanoga dijela elektroenergetskog sistema.

Analiza rezultata pokusa kratkog spoja pokazuje dosta dobro slaganje s očekivanim vrijednostima struja i napona u bolesnoj mreži. Pri tome je kod svih pokusa ustanovljeno uspješno APU, dok lokatori kvarova uopće nisu radili. Nakod obavljenih pokusa pristupilo se otklanjanju uočenih smetnji u radu distantne zaštite vodova 400 kV.

Opseg: 57 stranica teksta, 10 crteža, 21 oscilogram, 46 tablica, 49 dijagrama.

Program za proračun impedancija koje mjere distantni releji za vrijeme kvara na mreži »Elektroprenosa« Zagreb

Naručitelj: »Elektroprivreda« — Zagreb, OOUR »Elektroprenos« — Zagreb

Autor: Davor Nevečerel, dipl. ing.

Dovršeno u prosincu 1979.

Izrađen je program za proračun struja i napona koje kod neistodobnih kvarova na različitim mjestima u neopterećenoj mreži mjeri stanoviti distantni relej. Baza za izradu programa je bio program opisan u studiji D. Nevečerela: »Suvremeni program za proračun kratkog spoja u elektroenergetskim mrežama«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, VI 1979.

Program se sastoji od dvije zavisne cjeline koje se serijski dopunjuju. Najprije se računa tzv. kombinirana matrica impedancija čvorova (mreža s ubačenim čvorištima u stanovitim vodovima), koja je u nastavku baza za proračun struja i napona, koji kod neistodobnih kvarova na različitim mjestima u mreži mjeri stanovit distantni relej.

Primjere proračuna zorno ilustriraju ostvarene uštede u vremenu u kojem su sada dostupni rezultati proračuna potrebni za kontrolu rada distantne relejne zaštite.

Opseg: 34 strane, 12 slika i protokol računskog stroja.

Suvremeni program za proračun kratkog spoja u elektroenergetskim mrežama

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autor: Davor Nevečerel, dipl. ing.

Dovršeno u lipnju 1979. godine.

U prvom dijelu je iznesena teoretska podloga na kojoj se bazira program za računski stroj, koji je detaljno opisan u drugom dijelu studije. Program se bazira na matematičkoj podlozi koja koristi prednosti rijetkih matrica, kako u pogledu brzine računanja, tako i u pogledu štednje raspoložive glavne memorije. Zbog toga nije korišten uobičajeni pristup iz sustava dvodimenzionalnih matrica, gdje se adresa svakog člana matrice u memoriji može jednostavno dovesti u vezu s indeksom njegova retka i stupca, nego je izvršeno preslikavanje u sustav jednodimenzionalnih matrica sa paralelnim informacijama za prepoznavanje i adresiranje pojedinih članova različitih od nule.

Niz primjera proračuna za različite mreže i različite zahtjeve u pogledu opsega izlaznih rezultata ilustrativno pokazuju mogućnosti izloženog programa.

Opseg: 84 strane, protokol računskog stroja.

Proračun konstanata i raspodjele najvećih početnih struja jednopolnog kratkog spoja u DV 110 kV

— Podravska Slatina — Virovitica, u god. 1985.
— DV 400 kV Zagreb — Melina
— Samobor — Brestanica, Samobor — Rakitje i Samobor — Zaprešić za mrežu 1985. godine.
— Ernestinovo — Vinkovci/2, u mreži za nazivnu godinu 1985.
— U vodovima 110 kV Karlovac I — Karlovac III — Karlovac II, za nazivnu godinu 1985.

Naručitelji: »Elektroprivreda« — Zagreb, OOUR »Elektroprenos« — Zagreb, »Dalekovod« — Zagreb

Autori: dr Miroslav Jung, dipl. ing.
Davor Nevečerel, dipl. ing.

Dovršeno u toku godine 1979.

Izvršeni su proračuni konstanata i raspodjela najvećih početnih struja jednopolnog kratkog spoja u navedenim vodovima. Rezultati proračuna su prikazani tabelarno i na slikama.

Mjerenje impedancija i proračun konstanata voda 110 kV Zagreb I — Jug II (teški vod)

Naručitelj: »Elektroprenos« — Zagreb

Autor: dr Miroslav Jung, dipl. ing.

Na temelju rezultata mjerenja direktnih (inverznih) i nultih nadomjesnih impedancija praznog hoda i kratkog spoja na vodu 110 kV Zagreb I — Jug II (teški vod) izvršen je, pomoću digitalnog električkog računala, proračun električkih parametara navedenog voda. Rezultati su prikazani na crtežu i tabelarno.

Opseg: 9 stranica teksta, i crtež, 1 tablica.

Iznošenje potencijala iz PTE — Osijek putem magistralnog parovoda No 400

I dio: Analiza postojećeg stanja

Naručitelj: RO »Elektroslavonija« — Osijek

Autori: dr Miroslav Jung, dipl. ing.
Ante Sekso, dipl. ing.
dr Ivo Hrs, dipl. ing.

Dovršeno u prosincu 1979.

Iznošenje potencijala magistralnim parovodom No 400 koji izlazi iz PTE Osijek istraženo je mjerenjem kod namjerno izazvanih jednopolnih kvarova u mreži 110 kV. Pošto je opisana mjerna metoda i izvršen izbor mjernih mjesta, obavljena su brojna prethodna mjerenja kojima je svrha bila priprema mjerenja u uvjetima stvarnih kratkih spojeva. Promjenom konfiguracije mreže mijenjan je iznos struje jednopolnog kratkog spoja, što je pomoglo kod analize dobivenih rezultata.

Obradom i analizom dobivenih rezultata utvrđeno je da se izneseni potencijali vrlo brzo prigušuju, što treba pripisati dobrom uzemljenju parovoda. Za sve grupe mjernih mjesta (duž trase parovoda i kod potrošača pare) utvrđeno je da preneseni potencijal veoma blago opada, pa se nigdje ne pojavljuju opasni naponi dodira. Na kraju je dana ocjena zaštitnih mjera, kao i kontrolnih mjerenja koje je provela »Elektroslavonija«. Upozoreno je na veliku razliku u točnosti između mjerenja izvedenih sa strujama malih vrijednosti i sa stvarnim strujama kratkih spojeva.

Opseg: 31 stranica sa 6 tablica, 19 slika.

Iznošenje potencijala iz postrojenja visokih napona

I dio: Mjerenja iznešenih potencijala iz postrojenja prijenosne mreže

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske — Zagreb

Autor: Ante Sekso, dipl. ing.

Dovršeno u veljači 1979.

Namjena studije je da istraži pojavu iznošenja potencijala plaštevima kabela ili drugim metalnim masama izvan potencijalnog lijevka, koji se formira oko uzemljivača transformatorske stanice prijenosne mreže kod nastupa jednopolnoga kratkog spoja. S obzirom na očekivane visoke vrijednosti potencijala uzemljivača, uzrokovane prvenstveno visokim strujama jednopolnog kratkog spoja, postojala je bojazan da se visoki potencijali mogu prenijeti do niskonaponskih mreža i instalacija potrošača i tamo izazvati nedozvoljeno visoke napone dodira.

Pojava je obrađena na temelju mjerne metode koja je opisana u početku studije. Zatim su navedeni rezultati mjerenja u stvarnim mrežama, koja su inače detaljno opisana u posebnim elaboratima. Mjerno je iznošenje potencijala iz tri transformatorske stanice gornjeg napona 110 kV i jedne transformatorske stanice gornjeg napona 220 kV kod namjerno izazvanih jednopolnih kvarova u prijenosnoj mreži. Za mjerenje potencijala korišten je specijalni višekanalni oscilograf upravljan komandnim valjkom.

Nakon prikaza rezultata mjerenja izvršena je njihova usporedna analiza i izvedeni su određeni zaključci o studiranoj pojavi. Uočene su razlike u nivou iznesenih potencijala u ovisnosti o vrsti vanjskog plašta kabela (olovni ili plastični), zatim o tome da li je položena dodatna traka u trasi kabela, nadalje o udaljenosti prijenosne stanice od konzumnog područja itd. Na prigušenje iznešenih potencijala povoljno djeluju vodljivi plaštevi kabela kao i gusta mreža uzemljivača u konzumnom području.

Opseg: 58 stranica, 12 slika, 38 oscilograma, 20 tablica.

Provjera ugrijavanja, napona opasnosti i proboja izolacije SLK kabela — zaštitnog užeta na vodu 110 kV Ernestinovo — Vinkovci

Naručitelj: »Elektroslavonija« — Osijek

Autori: dr Miroslav Jung, dipl. ing.
dr Ivo Hrs, dipl. ing.

Dovršeno u studenom 1979.

Analiza naponskih i toplinskih naprezanja u dojavnom kabelu — zaštitnom užetu, tipa A-SLK 2y2yLb, koje će se postaviti na vod 110 kV Ernestinovo — Vinkovci, pokazuje da radi zaštite od ugrijavanja i napona induciranih u dojavnim žilama treba na oba kraja navedenog voda postaviti uređaje za istodobno iskapčanje struja jednopolnog kratkog spoja u prvom stupnju distantne zaštite (0,1 sek), a žile dojavnog kabela zaključiti odgovarajućim translatorima. Vjerojatnost proboja izolacije zbog atmosferskih izbijanja izuzetno je malena.

Opseg: 17 stranica, 2 crteža, 1 tablica.

Zaštita izolacije od industrijskog zagađivanja u TS 110/30/10 kV Ražine

Naručitelj: TLM »Boris Kidrič«, OOUR 1, Ražine — Šibenik

Autor: Ante Sekso, dipl. ing.

Dovršeno u rujnu 1979.

U studiji se analizira utjecaj industrijskog zagađenja iz elektrolize aluminija TLM »B. Kidrič« u Šibeniku na visokonaponsku izolaciju susjednog 110 kV postrojenja. Na temelju toga predložene su različite mjere za zaštitu izolacije i povećanja sigurnosti napajanja pogona elektrolize.

U prvom poglavlju dana je analiza vrste i intenziteta zagađivanja, a također je dana statistika brojnih kvarova i troškova koji su izazvani oštećenjem izolacije. U drugom poglavlju su opisani fizikalni procesi kod nastanka preskoka na zagađenoj izolaciji, dok su u trećem prikazane metode za mjerenje stupnja zagađenja visokonaponske izolacije. Za upotrebu u TS Ražine preporučena je metoda mjerenja kliznih struja pomoću tzv. I_{max} uređaja. U četvrtom poglavlju opisane su karakteristike izolatora koji dolaze u obzir za ugradnju u uvjetima zagađenja u TS Ražine. U tu svrhu proveli smo u suradnji s laboratorijem FGH u Mannheimu (SR Njemačka) ispitivanja prirodno zagađenih izolatora iz TS Ražine, a također smo se koristili rezultatima mjerenja u nekim drugim laboratorijima (EGU — ČSSR, CESI — Italija itd.). Na temelju svega toga dane su smjernice za najpovoljnije tipove aparatnih i sabirničkih izolatora za upotrebu u TS Ražine.

Preostala poglavlja (V do VIII) razmatraju tzv. dodatne mjere za zaštitu izolacije od utjecaja zagađivanja. Detaljno su opisani zaštitni premazi, dodatna izolaciona rebra, pranje pod naponom, a na kraju je razmotrena mogućnost primjene izolatora od organskog materijala. Na osnovi ovih detaljnih opisa dane su smjernice za praktičnu primjenu različitih zaštitnih mjera u TS Ražine, a mnoge od njih se već uspješno primjenjuju (ugradnja novih tipova izolatora, montaža dodatnih plastičnih rebara, isprobavanje zaštitne masti, mjerenje nivoa zagađivanja I_{max} uređajem itd.).

Opseg: 164 stranice sa 8 tablica i 54 slike.

STUDIJ RAZDJELNIH I NISKONAPONSKIH MREŽA

Metoda za utvrđivanje naturalnih veličina potrebnih ulaganja za izradu programa razvoja elektrodistributivnih postrojenja

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autor: Dasenko Baldasari, dipl. ing.

Dovršeno u listopadu 1979.

Prigodom svakog sastavljanja programa razvoja el. distributivne mreže i postrojenja postavlja se pitanje realnog ocjenjivanja potrebnog opsega ulaganja za prognozirani rast potrošnje el. energije.

Mnoštvo objekata koje obično obuhvaća srednjoročni program razvoja elektrodistribucije SR Hrvatske onemogućava pojedinačnu ocjenu potrebe izgradnje.

U studiji je razrađena metoda utvrđivanja potrebnih naturalnih veličina postrojenja za predvidivi opseg potrošnje el. energije, i to po vrsti postrojenja i naponskoj razini.

Metoda se zasniva na:
— elektroenergetskoj bilanci
— ciljevima razvoja utvrđenim na temelju osnovnih rješenja mreže za perspektivu
— analizi trendova dosadašnjeg rasta naturalnih veličina.

U metodološkom postupku se operira s nekoliko grupa karakterističnih pokazatelja izgrađenosti mreže, i to su:

a) iskoristivost transformacije (MWh/MVA_{inst}). U daljnjem razvoju ovaj pokazatelj poprima veće vrijednosti.

b) prosječna dužina mreže (km/TS). Ovaj pokazatelj razvojem mreže poprima sve manje veličine.

c) prosječna snaga trafostanice (MVA/TS). Razvojem potrošnje i njene gustoće ovaj pokazatelj poprima sve veće vrijednosti.

U elaboratu je dan postupno čitav postupak prognoziranja naturalnih veličina, zatim su analizirane cijene i struktura objekata, te konačno razrađen prijedlog naturalnih i financijskih pokazatelja za plan razvoja el. distr. mreže SR Hrvatske u razdoblju 1981—1985. g.

Opseg: 86 stranica teksta, 7 dijagrama, 20 tablica i 57 listinga proračuna na elektroničkom računalu.

Zaštita mreže i postrojenja 35, 20 i 10 kV

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autor: Božidar Filipović Grčić, dipl. ing.

Dovršeno u veljači 1979.

Zadatak studije je bio da kompleksnije istraži mogućnosti štićenja distributivnih mreža u aspektima različitog uzemljenja zvjezdišta i različitih konfiguracija mreže te pokaže na konkretnim primjerima izbor i proračun zaštite.

Na početku je dan kratak pregled osnovnih parametara mreže koji utiču na izbor zaštite kao što su: uzemljenje zvjezdišta, moguće konfiguracije u redovnom i izvanrednom pogonu, struje kratkog spoja, termičke struje, dužine vodova i kabela, prijelazni otpori na mjestu kvara i sl. Posebno je dan osvrt na statistiku kvarova i istaknuto njezino značenje.

Detaljno su obrađeni mogući kvarovi i smetnje u mreži i dani izrazi za proračun struje kratkog spoja, odnosno zemljospoja za pojedine vrste kvara. Na osnovi provedene ankete dan je sumarni prikaz postojećeg stanja zaštite u razdjelnim mrežama i pogonske problematike. Detaljno su obrađene pojedine vrste zaštite vodova, transformatora i sabirnica i dani izrazi za proračun podešenja. U posebnom poglavlju obrađena je problematika APU, utjecaj na motore i navedene mogućnosti primjene automatike u razdjelnim mrežama.

Na osnovi izloženog dano je nekoliko primjera izbora zaštite u tipičnim SN mrežama, i to radijalne i uzamčene nadzemne i kabelske mreže s uzemljenim i izoliranim zvjezdištem, te zaštita mreže 10 i 20 kV. Na kraju je dan pregled zaštitne opreme, navedene mogućnosti tipizacije relejne zaštite u postrojenjima 110/X i opsežan popis aktualne literature iz područja relejne zaštite.

Opseg: 246 stranica, 22 tablice, 84 slike.

Osnovno rješenje električne mreže na području Raba s usporedbom sistema 110—35—10 kV i 110—20 kV

Naručitelj: »Elektroprimorje« — Rijeka

Autor: Jakša Topić, dipl. ing.

Suradnik: Krešimir Mehičić, el. tehn.

Dovršeno u svibnju 1979.

Područje koje je predmet ovog elaborata obuhvaća područje općine Rab, osim područja Lun na otoku Pagu.

Promatrano područje opskrbljuje se električnom energijom iz 2 TS 35/10 kV ukupne instalirane snage 7,5 MWA i 66 TS 10/0,4 kV.

U elaboratu je obrađeno sadašnje stanje mreže i konzuma koji je u 1977. god. dosegao iznose:

— vršno opterećenje 4,3 MW
— potrošnja el. energije 13 122 MWh

Prognoziranje konzuma vršeno je pomoću metoda globalnog prognoziranja i na temelju podataka iz prostornog plana i podataka o razvoju većih potrošača.

Elektroenergetske potrebe područja po etapama koje se očekuju:

Godina	Vršno opterećenje MW	Potrošnja električne energije MWh
1980.	6	18 000
1985.	9	28 000
2000.	22	63 000

U studiji su razrađene dvije varijante mreže za perspektivu:

— varijanta 110—35—10 kV
— varijanta 110—20 kV

Rješenjem mreže po varijanti 110-35-10 kV predviđa se napajanje područja oko 2000. god. iz 1 TS 110/35 kV i 5 TS 35/10 kV ukupne instalirane snage transformatora 35 kV 43,5 MVA.

Ujedno se predviđa izgradnja:

32,6 km vodova 35 kV
68 kom TS 10/0,4 kV
49,3 km vodova 10 kV.

Prema varijanti 110-20 kV područje razrade oko 2000. god. bi se napajalo iz 1 TS 110/20 kV 2 × 20 MVA, a predviđa se i izgradnja:

68 kom TS 20/0,4 kV
57,9 km vodova 20 kV,

kao i rekonstrukcija 47 postojećih TS 10/0,4 kV i 32 nadzemnih vodova 10 kV za napon 20 kV.

Usporedba troškova izgradnje i rekonstrukcije mreže po navedenim varijantama pokazala je da je rješenje mreže po varijanti 110-35-10 kV skuplje u odnosu na varijantu 110-20 kV za oko 47 236 000 d odnosno 16,6%.

Povoljnija, tj. predložena varijanta daljnjeg razvoja mreže razrađena je po etapama i prikazan je prijelaz s napona 35 kV i 10 kV na napon 20 kV.

Opseg: 43 stranice, 36 tablica, 23 slike.

Osnovno rješenje električne mreže na području općine Senj s usporedbom sistema 110—35—10 kV i 110—20 kV

Naručitelj: »Elektroprimorje« — Rijeka

Autor: Jakša Topić, dipl. ing.

Suradnik: Krešimir Mehičić, el. tehn.

Dovršeno u travnju 1979.

Područje općine Senj opskrbljuje se električnom energijom po sistemu 110-35-10 kV.

Razdiobu električne energije na promatranom području vrši Elektroprimorje, Rijeka i Elektrolika, Gospić.

Opskrba električnom energijom područja koje pripada Elektroprimorju, Rijeka vrši se preko 3 TS 35/10 kV.

U studiji je obrađeno sadašnje stanje mreže i konzuma koji je u 1977. god. (za područje Elektroprimorja Rijeka) dosegao iznos

— vršno opterećenje 1,6 MW
— potrošnja električne energije 6 675 MWh

Na temelju podataka prostornog plana, podataka o razvoju turizma i ostalih većih potrošača procijenjene su elektroenergetske potrebe ovog područja oko 2000. god. na iznose:

— vršno opterećenje 12,5 MW
— potrošnja električne energije 51 200 MWh.

U studiji su razrađene dvije varijante mreže za perspektivu:

— varijanta 110-35-10 kV i
— varijanta 110-20 kV.

Rješenjem mreže po varijanti 110-35-10 kV predviđa se napajanje područja iz 1 TS 110/35 kV na području općine Senj i 3 TS 35/10 kV. Ujedno se predviđa izgradnja:

30,8 km vodova 35 kV
83,7 km vodova 10 kV.

Prema varijanti 110-20 kV područje razrade bi se napajalo u perspektivi iz 1 TS 110/20 kV na području općine Senj i dvije rasklopnice 20 kV, a predviđa se i izgradnja 115 km vodova od 20 kV, kao i rekonstrukcija postojeće mreže za prijelaz na sistem 110-20 kV.

Usporedba investicionih troškova izgradnje i rekonstrukcije mreže pokazala je da je rješenje po varijanti 110-35-10 kV skuplje u odnosu prema varijanti 110-20 kV za oko 26 782 000 d odnosno 13,6%.

Povoljnija, tj. predložena varijanta daljnjeg razvoja mreže razrađena je etapno i prikazan je prijelaz s napona 35 kV i 10 kV na napon 20 kV.

Opseg: 36 stranica, 31 tablica, 22 slike.

Osnovno rješenje razvoja visokonaponske mreže na području općine Labin

Naručitelj: »Elektroistra« — Pula, OOUR Distribucija Labin

Autori: Zvonimir Kovačević, dipl. ing.
Jakša Topić, dipl. ing.

Dovršeno u srpnju 1979.

U ovoj studiji razmatrao se razvoj visokonaponske električne mreže na području općine Labin. Prema stanju 31. 12. 1978. područje općine Labin opskrbljivalo se električnom energijom preko 2 TS 110/50/35 kV: Raša i Pazin (manji dio), 4 TS 50/35/10 kV: Vlaška, Krapan, Labin (Starca) i Tupljak i 186 TS 10(20)/0,4 kV.

Osim navedenih transformatorskih stanica prema stanju 31. 12. 1978. bilo je u pogonu za potrebe najvećih potrošača (IUR i Tvornica cementa Koromačno) još 2 TS 50/35/6 kV: Labin IUR i Koromačno dok su se 2 TS 50/35/10/6 kV: Tupljak i Krapan koristile za napajanje pogona IUR-a i ostalih potrošača.

Vršno opterećenje i potrošnja električne energije na području općine Labin iznosili su 1978. g.

Potrošač	Vršno opterećenje (MW)	Potrošnja električne energije (MWh)
Bez IUR-a i TC Koromačno	9	44 894
Sa IUR i TC Koromačno	23	131 999

Na temelju prikupljenih podataka o razvoju područja općine Labin te izvršene analize konzuma proizlazi slijedeća prognoza konzuma u perspektivi:

Godina	Vršno opterećenje (MW)		Potrošnja električne energije (MWh)	
	Bez IUR i TC	Sa IUR i TC	Bez IUR i TC	Sa IUR i TC
1980.	11	33	55 000	198 000
1985.	19	40	98 000	233 000
2000.	49	77	270 000	462 000

Područje općine Labin trebalo bi se u perspektivi napajati električnom energijom po sistemu 110-20 kV, koji se pokazao kao najpovoljniji u studiji »Opravdanost uvođenja 20 kV u razdjelne mreže Elektroistre, Pula« (Autori: I. Janić i Z. Janžeković — Institut za elektroprivredu Zagreb, 1974. g.).

Napajanje područja općine Labin električnom energijom bi se 2000. g. vršilo u dvije varijante.

Varijanta A:

— TS 110/20/6 kV Koromačno (2 × 20 MVA)
— TS 110/20 kV Raša (2 × 20 MVA)
— TS 110/20 kV Dubrova (2 × 40 MVA)
— TS 110/20/6 kV Tupljak (2 × 20 MVA)

Varijanta B:

— TS 110/20/6 kV Koromačno (2 × 20 MVA)
— TS 110/35/20 kV Raša (2 × 20 MVA)
— TS 110/20 kV Dubrova (2 × 40 MVA)
— TS 35/20/6 kV Tupljak (4 × 8 MVA)

Mreža 20 kV (stanje 2000. g.) na području općine Labin bila bi prema obje razmatrane varijante gotovo identična.

Stanje električne mreže na području općine Labin 1985. g. kao i njezin razvoj u razdoblju 1979—1985. g. obrađeni su detaljnije i prikazani u dvije posljednje točke studije.

Opseg: 41 stranica, 30 tablica, 39 slika.

Analiza konzuma široke potrošnje (osim kućanstava) i njezin udio u planiranju električne mreže u gradskim stambenim naseljima

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autor: Josip Moser, dipl. ing.

Dovršeno u rujnu 1979.

U ovoj studiji izvršena je analiza konzuma široke potrošnje (osim kućanstva). U uvodnom dijelu studije dana su načela urbanističkog planiranja naselja. Prikazana je klasifikacija naselja s obzirom na način izgradnje, veličinu i karakter naselja. Za svaki tip naselja moguće je definirati i određeni asortiman pratećih sadržaja. Za ove prateće sadržaje uobičajene su tipične ili standardne veličine prema urbanističkoj praksi. Zato su u uvodnom poglavlju nabrojeni i uobičajeni normativi za planiranje pratećih sadržaja.

U slijedećem poglavlju dana je definicija široke potrošnje i prateće široke potrošnje. Na osnovi prikupljenih statističkih podataka analizirana je tendencija u razvoju široke potrošnje, te ocjena međuzavisnosti razvoja široke potrošnje i potrošnje u kućanstvu. Ta analiza provedena je za duže vremensko razdoblje. Statistička obrada sastoji se od regresione analize vremenskih nizova podataka o područjima distributivnih poduzeća i za cijelu SR Hrvatsku za potrošenu električnu energiju u kućanstvima i u ostaloj širokoj potrošnji. Rezultate analize moguće je povezati s razvojem gradskih naselja nekih gradova u nas. Drugi dio statističke obrade obuhvaća utvrđivanje koeficijenata korekcije (međuovisnosti) između potroška u kućanstvu i u ostaloj širokoj potrošnji.

U poglavlju u kojem se govori o metodici analize energetskih karakteristika prateće široke potrošnje dana je najprije klasifikacija potrošača široke potrošnje, i to prvo osnovna klasifikacija, a zatim i detaljnija klasifikacija po vrstama potrošača, a zatim se za svaku vrstu, grupu ili pojedinačni potrošač definiraju energetski indikatori koji ga predstavljaju, i to u kW ili kWh po karakterističnim veličinama (po m², ležaju, radnom mjestu, broju učenika itd). Time se dobiva nužni opseg informacija po svakom potrošaču. Obradom prikupljenih podataka utvrđuju se izvedene veličine, a zatim i srednje i najčešće vrijednosti reprezentativnih indikatora, odnosno rasipanje (varijanca) da bi se mogle ocijeniti granice odstupanja za po želji odabranu vjerojatnost. Zamišljen je i jedinstven program obrade podataka na elektroničkom računalu za sve grupe potrošača bez obzira na međusobne razlike u osnovnim i izvedenim indikatorima.

U slijedećem poglavlju studije pokazana je analiza karakteristika potrošača široke potrošnje u gradu Zagrebu za one potrošače koji su odabrani za analizu. Osim toga su dani i projektantski normativi za dimenzioniranje buduće potrošnje, kao i usporedba normativa koji se koriste u Institutu za elektroprivredu i rezultata analize obrađenih podataka iz čega izlaze i zaključci autora.

Opseg: 85 stranica, 76 tablica, 14 slika.

Metode i organizacija istraživanja karaktera konzuma u turizmu

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autori: Josip Moser, dipl. ing.
Mirjana Rimac, dipl. ing.

Dovršeno u listopadu 1979.

Prilikom izrade analize sadašnjeg stanja i perspektivnog konzuma, nekog distributivnog područja među potrošačima u kategoriji ostale široke potrošnje nalazi se i niz potrošača iz privredne grane turizam i ugostiteljstvo. Svojim radom i karakterističnim potrebama za električnom energijom i snagom ovi potrošači su vrlo interesantni bilo za pravilno dimenzioniranje pojedinih elemenata distributivnih mreža, bilo za pravilno određivanje potrebne energije. Zbog vrlo jakog utjecaja sezonskog rada posebno su uočljive promjene u njihovoj potrošnji, kao i razlike u opterećivanju mreže. Zato je nužno proučiti karakter konzuma u turizmu.

U tu svrhu postavljena je metodologija proučavanja ovisnosti pojedinih karakterističnih veličina kao što su veličina objekata, kategorija, način rada, broj noćenja i slično, sa potrošnjom električne energije i iskazanim vršnim opterećenjem. Definirana je i provedena organizacija prikupljanja potrebnih podataka, da bi se u drugom dijelu studije iskazali rezultati obrade prikupljenih podataka. Istodobno s prikupljanjem podataka sa cijelog područja SR Hrvatske i obradom tih podataka dan je pregled normativa koje je u svojim studijama i elaboratima koristila SJ III Instituta za elektroprivredu.

Studija je obuhvatila klasifikaciju turističkih objekata, analizu pratećih sadržaja turističkih objekata i utjecaj tih sadržaja na potrošnju električne energije, a posebno je dana analiza veličine i značaja turističke privrede u SR Hrvatskoj.

Prikupljeni podaci obrađeni su tako da su izvršene analize korelacionih odnosa između pojedinih veličina turističke privrede (broj soba, broj ležaja, broj noćenja turista) i veličina energetske prirode (potrošnja i vršno opterećenje). Osim toga određene su srednje vrijednosti pojedinih specifičnih veličina po kategorijama objekata.

Najzad, u završnim rezultatima analize i zaključcima dani su podaci koji upućuju na današnje stanje konzuma u turizmu.

Opseg: 83 stranice, 39 tablica, 16 slika.

Osnovno rješenje električne mreže na području Cres—Lošinj sa usporedbom sistema 110—35 kV i 110—20 kV

Naručitelj: »Elektroprimorje« — Rijeka

Autor: Zvonimir Kovačević, dipl. ing.

Suradnik: Duda Meštrović, tehn.

Dovršeno u veljači 1979.

Područje općine Cres — Lošinj, koje se razmatralo u ovoj studiji, prema stanju 1. 12. 1978., opskrbljivalo se električnom energijom iz TS 110/35 kV Krk preko 2 TS 35/10 kV Cres i Lošinj i 75 TS 10/0,4 kV. U toku izrade ove studije treća TS 35/10(20) kV Osor bila je u završnoj fazi izgradnje.

Vršno opterećenje područja razrade u 1977. g. iznosilo je 5,6 MW, a ukupna potrošnja električne energije iznosila je iste godine 17 930 MWh.

Provedena je i analiza konzuma u perspektivi na području općine Cres — Lošinj. U perspektivi se predviđa slijedeći konzum:

Godina	Vršno opterećenje (MW)	Potrošnja električne energije (MWh)
1980.	7,5	24 000
1985.	13,0	42 000
2000.	37,0	118 000

Na temelju predviđenog konzuma u perspektivi razrađene su dvije varijante električne energije 110-35-10 kV i 110-20 kV u ukupno 5 podvarijanti. Usporedba troškova izgradnje nove mreže i rekonstrukcije postojeće mreže do 2000. g. pokazala je da bi daljnja izgradnja mreže po varijanti 110-20 kV podvarijanta IIb bila najpovoljnija (12% jeftinija od druge po iznosu troškova). Prema varijanti 110-20 kV IIb područje općine Cres — Lošinj bi se 2000. opskrbljivalo električnom energijom preko:

2 TS 110/20 kV — Cres (2 × 20 MVA), Čunski (2 × 40 MVA) i
177 TS 20/0,4 kV — različitih izvedbi i instaliranih snaga transformatora.

Na kraju studije je prikazan postepeni razvoj mreže od postojećeg stanja do mreže po varijanti 110-20 kV IIb (stanje 2000. g.) kroz 3 etape: 1978—1980. g., 1980—1985. g. i 1985—2000. g.

Opseg: 42 stranice, 42 tablice, 39 slika.

Tehno-ekonomska studija uvođenja poliesterskih stupova u električnu mrežu niskog napona

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autor: Ernest Mihalek, dipl. ing.

Suradnik: Krešimir Mehičić, el. tehn.

Nadzor: Branko Mrakovčić, dipl. ing.

Dovršeno u kolovozu 1979.

Studija je potaknuta izazovom da se stara tehnologija drvenih stupova za niskonaponske mreže nadomjesti mnogo trajnijom, i to uvođenjem stupova od poliestera. Razlozi za to mogli bi biti u očuvanju šumskog fonda kao i zbog skupog održavanja fonda drvenih stupova u mreži niskog napona u SR Hrvatskoj. Danas u toj mreži ima oko 600 000 drvenih stupova za koju svrhu odlazi 1,5% sječe šuma, a još se preko polovice potrebne količine uvozi (oko 60%). S obzirom na kratki vijek trajanja drvenih stupova treba ih svake godine mnogo zamjenjivati (oko 40 000 kom), dok manji dio ide na nove mreže (15 000 kom).

Tehno-ekonomska analiza je krenula od prognoze porasta niskonaponske mreže kroz idućih 15-ak godina, a uzeto je u obzir i spomenuto »odumiranje« starih stupova u mreži.

Rast niskonaponske mreže računat je u četiri varijante:

»A« — uvođenjem poliesterskih stupova

»B« — nastavak s drvenim stupovima (s poboljšanom impregnacijom)

»C« — postepeni prijelaz na poliesterske stupove, krajnji i kutni ostaju drveni

»D« — slično kao »B«, samo obrnuto — drveni stupovi s krajnjim i kutnim od poliestera.

Za sve varijante računati su troškovi investicija čija je vrijednost aktualizirana na početnu godinu i zatim su po godinama sve varijante uspoređene. Poredak varijanti u rezultatu je D, A, B i C.

U posebnom poglavlju razmatrana je ekonomska cijena poliesterskog i drvenog stupa, a sakupljene su i neke ponude domaćih potencijalnih proizvođača poliesterskih stupova.

Vrijedno je spomenuti niskonaponsku eksperimentalnu mrežu u Kostajnici, koja je izvedena na stupovima od poliestera i koja je u studiji kritički obrađena.

Međutim, razvoj cijena nafte na svjetskom tržištu pomiče stalno ekonomsku cijenu stupa od poliestera naviše toliko brzo da se ne mogu donijeti nikakve odluke o supstituciji drvenih stupova poliesterskim.

Opseg: 51 stranica, 13 tablica, 19 slika.

Program elektrifikacije neelektrificiranih naselja i područja SR Hrvatske

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autori: Baldasari Dasenko, dipl. ing.
Rimac Mirjana, dipl. ing.
Mehičić Krešimir, el. tehn.

Dovršeno u travnju 1979.

Prema statističkim pokazateljima na dan 31. 12. 1977. na području SRH bilo je elektrificirano 98% naselja, odnosno 97% domaćinstava.

Rezolucijom o ostvarivanju društveno-ekonomskog razvoja SRH u 1978. g. utvrđen je zadatak potpune elektrifikacije SRH do kraja 1980. g.

Konkretna akcija RSIZ-a i ZEOH-a na realizaciji tog zadatka predviđa da se u toku 1978, 1979. i 1980. g. izvrši elektrifikacija neelektrificiranih naselja.

Tim programom obuhvaćena su 422 naselja sa 6 825 domaćinstava. Kako gotovo sva naselja u programu imaju više od 4 domaćinstva, to je očito da za potpunu elektrifikaciju treba radove protegnuti i nakon 1980. g. te osigurati u tu svrhu nova sredstva.

Programom elektrifikacije predviđa se izgradnja 441 transformatorske stanice s više od 900 km visokonaponskih vodova.

Potrebna financijska sredstva za elektrifikaciju osiguravaju se najvećim dijelom iz sredstava globalnog plana elektrifikacije, a manjim dijelom iz drugih izvora (područni izvori). Visina potrebnih sredstava utvrđena je na temelju cjenika »Dalekovoda«. Prijedlogom programa predviđaju se sredstva za projektiranje, izgradnju, tehničke usluge drugih, rezervna sredstva za pokriće objektivnih poskupljenja izgradnje. Prema varijanti II, koja se smatra najprihvatljivijom, ukupno potrebna sredstva za program 1978—1980. g. i za navedeni opseg izgradnje iznose dinara 436 588 000. U zaključcima su preporučene mjere koje bi trebalo poduzeti da bi se smanjili troškovi izgradnje, kao i izvršili zadaci u zadanom roku. U protivnom nije realno očekivati da bi se ovaj program mogao realizirati do konca 1980. g.

Opseg: 319 stranica, tablica i slika.

Studij tipizacije opreme za niskonaponsku gradsku razdjelnu mrežu 0,4 kV

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autor: Ivan Janić, dipl. ing.

Suradnici: mr Ivan Čauš, dipl. ing. i oec.
Krešimir Mehičić, el. tehn.

Dovršeno u studenom 1979.

U studiji je najprije razmatran utjecaj struja kratkog spoja na izbor kabela, kao i izbor presjeka kabela s obzirom na sistem zaštite od previsokoga dodirnog napona.

Nakon analize opteretivosti kabela razmatran je pad napona i gubici u kabelima niskog napona i transformatorima 10(20)/0,4 kV.

Zatim je izvršena analiza utjecaja oblika električne mreže na izbor presjeka kabela, što je provedeno i na konkretnim primjerima.

Analizirani su godišnji troškovi kabelskog voda, najpovoljnije opterećenje postojećeg voda i izbor ekonomskog presjeka i ekonomske gustoće novoplaniranog voda. Također je prikazan i utjecaj porasta opterećenja na ekonomsku gustoću struje.

Predložen je tip kabela i materijal vodiča za gradske razdjelne mreže niskog napona.

Na kraju je izvršeno i ekonomsko dimenzioniranje niskonaponske gradske mreže na temelju optimalnog opterećenja električne mreže, iz čega slijedi ekonomski presjek i ekonomska duljina kabela.

Pokazano je da se s jediničnim presjekom vodiča kabela mogu postići isti specifični godišnji troškovi kao kod ekonomske gustoće struje ako se odgovarajuće mijenja opterećenje odnosno duljina mreže.

Na kraju je dana opća shema standardizacije elemenata niskonaponske gradske razdjelne mreže s obzirom na način izgradnje.

Opseg: 117 stranica, 30 tablica, 33 slike.

Metoda analize globalnog konzuma na nivou elektrodistributivne mreže

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autori: mr Rihard Schenner, dipl. ing.
Srđan Žutobradić, dipl. ing.
Rudolf Šimunec, el. tehn.

Dovršeno u rujnu 1979.

U studiji su proanalizirane dosadašnje metode i postupci. Metode su proanalizirane s obzirom na mogućnost prikupljanja podataka, utjecaja podataka na rezultate i dosta pažnje je posvećeno osnovnim postavkama pojedinih metoda.

Zaključilo se da je za distributivna područja najpovoljnije primjenjivati logističke funkcije, i to osnovnu logističku funkciju i Gompertzovu funkciju. Za razliku od dosadašnjih postupaka predviđa se prognoza zasićenja tih funkcija. Predlaže se primjena zasićenja od 20 000 do 30 000 kWh/stanovniku.

Za svaku metodu napravljeni su programi za rad na računskom stroju.

Opseg: 88 stranica, 29 tablica, 17 slika.

Tipizacija opreme transformatorske stanice 10(20)/0,4 kV za gradske distributivne mreže

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autori: mr Rihard Schenner, dipl. ing.
Rudolf Šimunec, el. tehn.

Suradnici: Ivo Santica, dipl. ing.
Mirko Ramljak, dipl. ing.
Srećko Perišić, dipl. ing.

Nadzor: mr Vojmir Dvornik, dipl. ing.

Dovršeno u studenom 1979.

U studiji je najprije proanalizirana današnja situacija opreme transformatorskih stanica 10(20)/0,4 kV za gradske distributivne mreže kod nas i u nekim stranim državama. Zaključilo se da nekih bitnih razlika nema.

Veći dio studije obuhvaća analizu optimalne nazivne snage transformatorske stanice 10(20)/0,4 kV za gradska područja. Za ovu analizu napravljen je model na računskom stroju. Rezultati su pokazali da je za gradska područja optimalna nazivna snaga 400, 630 i 1 000 kVA, ovisno o vrsti stambene izgradnje i energetskoj opskrbi domaćinstava. Međutim, optimum ovisi u znatnoj mjeri o presjeku niskonaponskih izvoda odnosno o njihovoj prijenosnoj moći, što znači da je prije primjene nazivne snage od 1 000 kVA potrebno provjeriti da li oni zadovoljavaju.

Opseg: 102 stranice, 23 tablice, 32 slike.

Optimalni omjer transformacije u razdjelnim mrežama

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autori: mr Rihard Schenner, dipl. ing.
Rudolf Šimunec, el. tehn.

Dovršeno u svibnju 1979.

Ova studija napravljena je u razdoblju kada se na nekim područjima već uvodi novi distributivni napon od 20 kV, odnosno nova transformacija. Zbog toga nisu analizirane neke nove vrste transformacije.

U studiji su analizirani i definirani optimalni elementi mreže za određene vrste transformacije i napravljena njihova usporedba. Detaljnije je proanalizirana i uspoređena transformacija 380/110/10/0,4 kV i 380/110/20/0,4 kV za gradska područja. Došlo se do zaključka da su u idealnim uvjetima manji troškovi kod transformacije 380/110/20/0,4 kV za približno 15%.

U svrhu ovih analiza napravljen je model za računski stroj.

Opseg: 132 stranice, 42 tablice, 35 slika.

STUDIJ TERMOENERGETSKIH SISTEMA

Određivanje optimalne strukture toplinskih izvora u EL-TO i TE-TO Zagreb

Naručitelj: »Elektroprivreda« — Zagreb
OOUR EL-TO i OOUR TE-TO Zagreb

Autori: dr Duško Čorak, dipl. ing.
Miroslav Juretić, dipl. ing.
Zlatko Komerički, dipl. ing.
Marijan Sarajlija, dipl. tehn.

Izbor optimalnih jediničnih snaga proizvodnih jedinica spojnog procesa vrlo je složen zadatak. Veličina jediničnih snaga ovisna je o veličini toplinskog konzuma. Elektroenergetski sistem u pravilu omogućuje uključivanje u sistem znatno većih jediničnih snaga. Međusobna povezanost, utjecaji i međuzavisnosti proizvodnih jedinica spojnog procesa u oba sistema (elektroenergetski i toplinski) radi pronalaženja optimalnog rješenja u pogledu određivanja jediničnih snaga obrađena je u ovom radu. Osnovni cilj studije je da analizom međuzavisnosti sistema, uzimajući u obzir specifičnosti područja koje se obrađuje, odredi optimalnu

strukturu proizvodnih jedinica u toplinskom sistemu Zagreba.

Rezultati analiza dobra su osnova pri daljnjoj izgradnji sistema.

Opseg: 176 stranica teksta, 57 slika i dijagrama i prikaz proračuna s računskog stroja.

Studija rashladnog sistema NE Prevlaka u uvjetima nakon predviđenih vodoprivrednih zahvata na rijeci Savi

Naručitelj: »Elektroprivreda« — Zagreb

Autor: mr Niko Malbaša, dipl. ing.

U sklopu vodoprivrednog rješenja srednjeg Posavlja predviđeno je izvođenje nekoliko hidrotehničkih objekata, koji uz već postojeće treba da tvore jedinstveni sistem obrane od poplava. Nuklearna elektrana Prevlaka, koja će se graditi u samom centru ovog hidrotehničkog sistema, ima značajne potrebe za rashladnom vodom.

Osnovna svrha studije bila je da analizira novu situaciju s aspekta rashladnog sistema NE Prevlaka, te da definira osnovne razlike u odnosu na sadašnje stanje.

Opseg: 83 stranice teksta i 22 slike i dijagrami.

Analiza optimalnog rješenja opskrbe ogrjevnom toplinom i tehnološkom parom »Varteksa« i nove tvornice poliestera do 1985. godine

Naručitelj: »Varteks« — strojoenergetika, O.O. Varaždin

Autori: dr Dubravko Matanić, dipl. ing.
Miroslav Juretić, dipl. ing.

Radi određivanja optimalne strukture toplinskih izvora, uzimajući u obzir postojeće kapacitete i razvoj toplinskog konzuma do 1985. god., načinjena je analiza stanja toplinske opskrbe »Varteksa« i nove tvornice poliestera do 1985. god., te predloženo optimalno rješenje.

Opseg: 75 stranica teksta, 32 slike i dijagrami.

Ispitivanje strojarske opreme HE »Nikola Tesla«

Naručitelj: »Elektroprivreda« — Rijeka, OOUR HE »Nikola Tesla«

Autor i voditelj poslova: Mijo Martinko, dipl. ing.

Suradnici: Zoran Kuljiš, dipl. ing.
Vladimir Bradač, dipl. ing.
Ivo Vdović, dipl. tehn.
Boris Popinjač, dipl. tehn.
Vlado Martinec, dipl. tehn.

Svrha ispitivanja je bila da se vizualnim pregledom, površinskim i volumetrijskim bezrazornim ispitivanjima te dimenzionalnim i radnim provjerama utvrdi stanje opreme nakon više od 25 godina rada elektrane kako bi se utvrdile nužne mjere reparature, zamjene i poboljšanja u smislu preventivnog održavanja ovog hidroenergetskog objekta. Radovi su obavljeni za vrijeme redovnog godišnjeg remonta hidroelektrane, a obuhvatili su hidromehaničku opremu, cjevovode i strojarske komponente u zasunskoj komori Razomir, tlačnom cjevovodu, razdjelnom cjevovodu, sistemu za regulaciju, upravljanje i hlađenje te u strojarnici HE Nikola Tesla. Dobiveni rezultati prezentirani su i obrađeni u elaboratu: »Studijska obrada rezultata ispitivanja i ocjena stanja strojarske opreme HE Nikola Tesla«.

Spomenuta ispitivanja mogu se ubrojiti među prva takve vrste koja su u nas obavljena na nekom hidroenergetskom objektu.

Opseg: 138 stranica teksta, oko 30 slika i dijagrama, 30 stranica priloga volumetrijskih ispitivanja komponenata ultrazvukom.

Radovi na planiranju i praćenju izvršenja radova na izgradnji NE Krško

Naručitelj: Nuklearna elektrana Krško — u izgradnji

Izvršilac: Zoran Selanec, dipl. ing.

U okviru radova na planiranju i praćenju izvršavanja radova na izgradnji NE Krško obavljaju se radovi na gantogramskom planiranju i praćenju izvršenja radova, te prilagođavanju i analizi osnovne logike mrežnog dijagrama izgradnje NE Krško, praćenju i aktualiziranju mrežnog plana i analiziranju kompjutorskih izvještaja obrade mrežnog plana. Ti radovi se obavljaju radi određivanja kritičkih aktivnosti u daljem toku izgradnje, utvrđivanju njihova utjecaja na rok završetka elektrane, potrebnim korektivnim akcijama za skraćenje roka, te radi razgraničenja odgovornosti za zakašnjenje puštanja elektrane u redovni pogon.

Osiguranje kvalitete izrade strojarske opreme za HE Čakovec

Naručitelj: »Elektroprivreda« — Zagreb, RZ HE Čakovec

Izvršioci: Mato Cvitanović, dipl. ing.
Mijo Martinko, dipl. ing.
Zoran Kuljiš, dipl. ing.
Vladimir Bradač, dipl. ing.

U toku 1979. god. nastavljene su aktivnosti Instituta na poslovima osiguranja kvalitete izrade strojarske opreme za HE Čakovec. U okviru ugovornih obveza Institut za elektroprivredu je provodio konzultantske poslove kojima su bile obuhvaćene ove aktivnosti:

— prikupljanje referentne njemačke, francuske i jugoslavenske tehničke regulative prema kojoj je definirana kvaliteta poluproizvoda, izrada i montaža strojarske opreme za HE Čakovec,

— usporedba francuskih i njemačkih nacionalnih standarda s jugoslavenskom tehničkom regulativom i internim tvorničkim propisima domaćih isporučilaca opreme,

— komentiranje i davanje završne stručne ocjene o usklađenosti metoda ispitivanja, operatorskog kadra, tehnologije izrade i montaže, kriterija ocjenjivanja i kvantitativno-kvalitetnoj usklađenosti programa kontrole kvalitete radi osiguranja tehnologičnih konstrukcija opreme domaćih i stranih isporučilaca,

— konzultantski poslovi oko definiranja i izrade programa kontrole kvalitete izrade dva trofazna sinhrona cijevna generatora tipa RV 504—186 Alsthom, 42 MVA, 125 o/min, 50 Hz koje izrađuju domaći i strani isporučioci,

— terminsko praćenje odvijanja aktivnosti izrade dokumentacije i opreme prema postojećim gantogramima,

— preuzimanje strojarske opreme kod domaćih i inozemnih isporučilaca.

Osiguranje kvalitete izrade strojarske opreme za RHE Obrovac

Naručitelj: »Elektroprivreda Dalmacije«, RO za proizvodnju i prijenos električne energije

Izvršioci: Mato Cvitanović, dipl. ing.
Mijo Martinko, dipl. ing.
Zoran Kuljiš, dipl. ing.

U toku 1979. godine obavljeni su pripremni radovi na definiranju programa kontrole kvalitete izrade dvaju motor-generatora i pomoćne strojarske opreme za RHE »Obrovac«. Na temelju definiranog programa započeti su radovi na osiguranju kvalitete, te preuzimanju opreme u zemlji i inozemstvu.

Osiguranje kvalitete strojarske opreme za TE-TO Rijeka

Naručitelj: »Elektroprivreda« — Rijeka, OOUR Kvarnerske elektrane, Rijeka

Izvršioci: Mijo Martinko, dipl. ing.
Vladimir Bradač, dipl. ing.
Mato Cvitanović, dipl. ing.

U toku 1979. godine obavljene su aktivnosti osiguranja kvalitete izrade strojarske opreme (turbina, visokonaponski motori, glavne pojne pumpe, ventilatori, te ostale pomoćne opreme) u skladu s izrađenim programom kontrole kvalitete prema važećoj domaćoj i inozemnoj regulativi.

Osiguranje kvalitete strojarske opreme za NE Krško

Naručitelj: Nuklearna elektrana Krško — u izgradnji

Izvršioci: Mladen Nadinić, dipl. ing.
Zoran Kuljiš, dipl. ing.
Vladimir Bradač, dipl. ing.
Hrvoje Štingl, dipl. ing.
Mijo Martinko, dipl. ing.

Radovi na osiguranju kvalitete strojarske opreme za NE Krško započeti su definiranjem i komentiranjem programa za osiguranje kvalitete po uzoru na američki model osiguranja kvalitete koji je definiran ugovorom. U okviru navedenih poslova, osim definiranja zahtjeva za osiguranje kvalitete opreme, obavljena je kontrola proizvodnje opreme za NE Krško kod isporučilaca opreme u SAD i Jugoslaviji, a također se obavlja i kontrola ugradnje opreme na gradilištu te pregled atestne dokumentacije. Prema potrebi poduzimaju se korektivne akcije kako bi se stanje opreme dovelo u sklad s primjenjivom tehničkom regulativom.

Program osiguranja kvalitete ima svrhu da se postigne odgovarajuća kvaliteta opreme i radova kako bi se dobila sigurna i pouzdana nuklearna elektrana, a prikupljeni dokazi o kvaliteti opreme i radova treba da posluže za izdavanje uporabne dozvole za objekt, a ujedno da čine dobru osnovu za što lakše i svrsishodnije održavanje elektrane u pogonu.

Osim navedenih radova, prije puštanja u rad NE Krško obavljaju se prethodna funkcionalna ispitivanja pojedinih sistema radi provjere funkcionalnosti i zadovoljavanja projektnih parametara prije probnog pogona.

Osnovno ispitivanje vitalnih komponenti opreme NE Krško (Pre service inspection)

Naručitelj: Nuklearna elektrana Krško — u izgradnji

Izvršioci: Mladen Nadinić, dipl. ing.
Zoran Kuljiš, dipl. ing.
Mijo Martinko, dipl. ing.
Mato Cvitanović, dipl. ing.

Na osnovi zahtjeva tehničke regulative primjenjivane na nuklearnim elektranama obavezna je provedba osnovnog ispitivanja vitalnih komponenata opreme. Institut za elektroprivredu obavlja provedbu ovih poslova za NE Krško u skladu s postojećom američkom regulativom (ASME, B & PVC, Section XI). Tokom 1979. godine obavljene su pripreme za izradu programa ispitivanja, sklopljen je aranžman za konzultantske usluge s Westinghousom, Nuclear Service Division — organizacijom s dugogodišnjim iskustvom na tim poslovima; dogovorena suradnja s Tvornicom parnih kotlova o zajedničkom učešću na obavljanju dijela poslova vezanih za bezrazorna ispitivanja.

Utvrđivanje energetskih karakteristika i neto specifičnog potroška topline blokova 3, 4 i 5 TE Kosovo

Naručitelj: REMHK Kosovo, TE Kosovo

Autor: Stjepan Ivančić, dipl. ing. sa suradnicima

Specifični potrošak topline utvrđen je upotrebom energetskih karakteristika postrojenja na bazi rezultata mjerenja provedenih specijalno za tu svrhu. Takav rad daje podlogu za realno bilanciranje, zasnovano na mjerenju i omogućava ujedno lokaliziranje i otkrivanje gubitaka, nakon čega je moguće utjecati na njihovo smanjenje. Svrha je takvih radova racionalizacija potrošnje energije i povećavanje sigurnosti rada postrojenja.

Opseg: oko 100 stranica teksta, nacrti i prilozi proračuna s računskog stroja.

Utvrđivanje energetskih karakteristika i normativa bloka 6 u TE Tuzla

Naručitelj: TE Tuzla — Tuzla

Autor: Stjepan Ivančić, dipl. ing. sa suradnicima

Radi određivanja mjesta i uloge bloka 6 TE Tuzla u elektroenergetskom sistemu izvršena su kompleksna normativna ispitivanja bloka i na bazi tako provedenih mjerenja određene energetske karakteristike i normativni potrošci topline i vlastiti potrošak el. energije postrojenja.

Tako određene energetske karakteristike i normativni potrošci topline pridonose racionalnijem korištenju energije u sistemu i boljem i ekonomičnijem radu postrojenja.

Opseg: oko 100 stranica teksta, slika i dijagrama i prilozi proračuna s računskog stroja.

Garantno ispitivanje kotla bloka 6 u TE Tuzla i TA 13 K 215 bloka 6 u TE Tuzla

Naručitelj: TE Tuzla — Tuzla

Autor: Stjepan Ivančić, dipl. ing. sa suradnicima

Prije puštanja u redovitu proizvodnju postrojenja bloka 6 u TE Tuzla obavljena su primopredajna ispitivanja kotla i TA radi provjere garantiranih karakteristika danih od proizvođača opreme.

Mjerenjem su obuhvaćene sve karakteristične veličine na temelju kojih su izvršeni proračuni i usporedbe s garantiranim veličinama.

Opseg: dvije knjige po oko 60 stranica s crtežima i prilozima proračuna na računskom stroju.

Optimiranje pogona sprege mlinovi — generatori pare na blokovima IV i V u TE Kosovo

Naručitelj: REMHK Kosovo — TE Kosovo

Autor: Stjepan Ivančić, dipl. ing. sa suradnicima

Na osnovi provedenih mjerenja pri ukupno 18 režima rada (na bloku IV 6 ispitivanja, na bloku V 12 ispitivanja) određen je optimalni režim pogona s obzirom na stupanj djelovanja generatora pare. U razmatranje je pri određivanju optimalne sprege uključen i utjecaj izvedbe i pogonskog stanja cjelokupnog ispitivanog postrojenja.

Optimalni režimi pogona, određeni na bazi provedenih mjerenja, pridonose racionalizaciji potrošnje i poboljšanju rada cjelokupnog postrojenja.

Opseg: 38 stranica teksta, slika i dijagrama, te prilozi proračuna s računskog stroja.

Investicijski program za blok 60 MW u PTE Osijek

Naručitelj: »Elektroslavonija« — Osijek

Autor: dr Dubravko Matanić, dipl. ing.
sa suradnicima

Na osnovi prethodno izrađenih studija u kojima je utvrđena opravdanost izgradnje toplanskih izvora u toplinskom sistemu Osijeka, pristupljeno je izradi Investicijskog programa izgradnje bloka 60 MW u PTE Osijek.

U Investicijskom programu dani su svi potrebni podaci za projektiranje, detaljni opisi izabranog tehničkog rješenja, detaljne specifikacije opreme i radova, utjecaj na okolinu, smjernice za osiguranje kvalitete tokom izgradnje, terminski plan izgradnje, iskazi potrebnih investicijskih ulaganja te ekonomska analiza.

Opseg: oko 2 000 stranica teksta, nacrti, sheme i prilozi proračuna.

Investicijski program za blok 25—30 MW na lokaciji »Đuro Đaković« Slavonski Brod

Naručitelj: »Elektroslavonija« — Osijek

Autor: Hrvoje Brkić, dipl. ing. sa suradnicima

Studijom koja je prethodila izradi investicijskog programa predložena varijanta razvoja toplinske opskrbe Sl. Broda predviđa na lokaciji tvornice »Đuro Đaković« izgradnju toplifikacijskog bloka s jednim oduzimanjem za ogrjevne korisnike. Na osnovi toga izrađen je investicijski program koji daje sve potrebne podatke za projektiranje. Osim toga dana su obrazloženja izbora tehničkog rješenja, detaljne specifikacije opreme i radova, razrađen terminski plan izgradnje, obrađen utjecaj na okolicu, navedena ukupna investicijska ulaganja, dane preporuke za oiguranje kvalitete u toku izgradnje, te ekonomska analiza.

U okviru investicijskog programa izrađene su sve potrebne sheme, nacrti i proračuni.

Opseg: oko 200 stranica teksta, sheme, nacrti i prilozi proračuna.

EL-TO Zagreb, blok 50 MW investicijski program

Naručitelj: »Elektroprivreda« — Zagreb

Autor: Zoran Selanec, dipl. ing. sa suradnicima

Studijom »Određivanje optimalne strukture toplinskih izvora na lokaciji EL-TO i TE-TO Zagreb« određena je optimalna struktura toplinskih izvora za prilike toplinskog sistema Zagreba. Navedenom studijom predviđena je izgradnja toplifikacijskog bloka 50 MW na lokaciji EL-TO Zagreb. Predloženi toplifikacijski blok jest snage 50 MW s jednim reguliranim oduzimanjem za ogrjevni i toplinski sistem.

Investicijski program koji je načinjen na bazi navedene studije daje sve potrebne podatke za projektiranje.

Osim toga u investicijskom programu navedeno je obrazloženje izgradnje i obrazloženje izbora tehničkog rješenja. Nadalje su dane kompletne specifikacije opreme i radova, razrađen terminski plan izgradnje, obrađen utjecaj na okolicu, dane preporuke za kontrolu osiguranja kvalitete u toku izgradnje, određeni investicijski iznosi i načinjena ekonomska analiza. Investicijski program je opremljen svim potrebnim nacrtima, shemama i proračunima.

Opseg: oko 190 stranica teksta, nacrti, sheme i prilozi proračuna.

Konzultantski poslovi

Naručitelj: »Elektroprivreda« — Zagreb, OOUR TE Sisak

Voditelj poslova: dr Dubravko Matanić, dipl. ing.

Dugogodišnja suradnja Instituta i Elektroprivrede Zagreb, OOUR TE Sisak rezultirala je u toku 1977. godine potpisivanjem Samoupravnog sporazuma o petogodišnjoj tehničkoj suradnji između ovih organizacija na zajedničkom rješavanju pogonske eksploatacije i razvojne problematike TE Sisak. Jedan od najznačajnijih zadataka koji se u okviru Sporazuma rješava jest snižavanje tehničkog minimuma blokova TE Sisak, i to u I fazi na 50%, a u II fazi na 30% nominalnog opterećenja.

Dosadašnje angažiranje Instituta na rješavanju ove problematike prvenstveno se odnosilo na osposobljavanje postrojenja za loženje za rad u širokom opsegu regulacije od 20 do 100% opterećenja. Na ovom području do sada su dana nova rješenja na goračima za teško ulje za loženje i provedena su opsežna ispitivanja kvalitete rada i izgaranja u generatorima pare.

Osim toga značajan dio aktivnosti odnosio se na analizu i rješavanje problema sigurnog rada generatora pare u pogledu cirkulacije kroz isparivačke površine pri snižavanju opterećenja do 50%.

Ostali radovi

Naručitelji: razni

Autori: kolektiv studijske jedinice

Na zahtjev elektroprivrednih i drugih organizacija obavljene su u toku 1979. godine razne aktivnosti od kojih se navode neke opsežnijeg karaktera:

— kontrola izgaranja u ložištima većim od 1 Gcal/h obavljena na temelju rješenja Sekretarijata za zdravstvenu zaštitu grada Zagreba, broj 07-524/2-74 od 10. 4. 1974. izdanog na temelju člana 7. Odluke o mjerama za zaštitu zraka od zagađivanja produktima izgaranja,

— nadzor nad izvođenjem izolacije na cjevovodima i opremi NE Krško,

— niz ispitivanja i mjerenja manjeg opsega na energetskim objektima radi provjere garantiranih veličina od isporučilaca opreme ili radi poboljšanja ekonomike postrojenja.

STUDIJSKA JEDINICA ZA VISOKI NAPON I JAKU STRUJU

PREGLED VAŽNIJIH RADOVA U 1979. GODINI

Prenaponska zaštita DV 110 kV Osijek II — Beli Manastir

Naručitelj: »Elektroslavonija« — Osijek

Autor: dr Ivo Hrs, dipl. ing.

Zbog relativno velikog broja ispada DV 110 kV Osijek II — Beli Manastir pokazalo se potrebnim istražiti uzroke ispada i odrediti potrebne mjere za povećanje pogonske sigurnosti. U tu svrhu izvršena je analiza projektiranih i sadašnjih karakteristika voda pogonskih događaja, karakteristika i razdioba ispada i kvarova, stanja izolacije i stanja uzemljivača stupova. Rezultati analize su jasno pokazali da je osnovni razlog ispadima voda povremeno smanjenje izolacione čvrstoće voda zbog onečišćenja izolacije. Glavni utjecaji na takav zaključak jesu strogo grupiranje ispada u doba dana kada je najčešće povećana količina vlage u zraku i u sušno doba godine s često povećanom količinom prašine u zraku, te zatim neuspješnost APU i uspješnost uklopa nakon trominutne beznaponske pauze.

Razmotrene su moguće zaštitne mjere, te je preporučeno da se prije svega maksimalno produži beznaponska pauza kod APU, te da se zatim pažljivo prate pogonski događaji. Za slučaj potrebe daljnjih zaštitnih mjera dane su upute za primjenu antifog izolatora na osobito ugroženim područjima ili za primjenu zaštitnih masti na postojećim izolatorima u tim područjima.

Opseg: 34 stranice, 8 tablica.

Radovi Instituta za elektroprivredu u 1979. — Energija God. 29 (1980) br. 7—8, 293—307.

Analiza stanja el. opreme HE »Nikola Tesla«

Naručitelj: Hidroelektrana »Nikola Tesla« — Tribalj

Autori: Dragutin Mihalic, dipl. ing.
Josip Mužny, dipl. ing.

Suradnici: Svetolik Subotić, ing.
Đuro Juretić, tehn.
Ivan Konfic, tehn.
Stjepan Zubić, tehn.

HE »Nikola Tesla« iz Triblja pripada grupi naših najstarijih elektrana; ona se u pogonu nalazi više od 25 godina. Iako male instalirane snage, zbog svojih pogonskih karakteristika predstavlja vrlo važan izvor energije u SRH. Iz tog razloga nužno je potrebno raspolagati objektivnim podacima o pogonskom stanju i sigurnosti el. opreme svih objekata HE.

U tom cilju izvršena su opsežna mjerenja i ispitivanja el. opreme, te provedena analiza rezultata mjerenja, doneseni zaključci i dane osnovne smjernice za sanaciju i rekonstrukciju električne opreme koja je u lošijem stanju.

Mjerenja i ispitivanja obavljena su većim dijelom za vrijeme trajanja remonta elektrane, u srpnju i kolovozu 1979. godine u opsegu koji omogućuje donašanje objektivne ocjene o trenutnom stanju el. opreme. Između ostaloga izvršena su ispitivanja stanja statorske i rotorske izolacije generatora, stanja energetskih transformatora, stanja svih mjerenih transformatora 110 kV i 35 kV, stanja odvodnika prenapona 110 kV i 35 kV, stanja postrojenja uzemljivača, pomoćne opreme itd.

Na osnovi brojnih mjernih podataka i provedene stručne analize u elaboratu su donesene ocjene trenutnog pogonskog stanja ispitane el. opreme, dane su preporuke za sanaciju i rekonstrukcije, a također i preporučena preventivna ispitivanja radi održavanja optimalne pogonske spremnosti.

Utvrđeno je, npr., da treba pristupiti hitnoj zamjeni odvodnika prenapona 110 kV, sanaciji mjernih transformatora 110 kV, regeneraciji statorske izolacije jednog generatora, sukcesivnoj zamjeni starih signalizacionih kabela tipa SOJŽ, itd.

Izvršenjem svih preporučenih sanacionih zahvata postigla bi se dobra pogonska sigurnost i spremnost, te znatno produžio životni vijek el. opreme hidroelektrane.

Opseg: 173 strane, 64 tablice, 18 slika.

Rekonstrukcija 110 kV dalekovodnog poteza Slavonski Brod — Osijek

Naručitelj: »Elektroslavonija« — Osijek

Autori: Dragutin Mihalic, dipl. ing.
Josip Mužny, dipl. ing.
Stjepan Zubić, tehn.

Dalekovodni potez 110 kV Slavonski Brod — Osijek nalazi se u pogonu još od 1956. godine. Pogonski događaji, potrebni radovi na održavanju te relativno visoka starost voda pokazali su potrebu temeljitog ispitivanja stanja el. opreme.

Radi određivanja potrebnih rekonstrukcionih zahvata provedena su opsežna mjerenja i ispitivanja, u laboratoriju na uzorcima opreme, te na terenu na samom dalekovodu.

Nedvojbeno je utvrđeno loše stanje uzemljenja stupova, kao i loše stanje spojeva vrha stupa i konzola s uzemljivačem. Rekonstrukcija uzemljivača stupova bit će nužna.

Također je utvrđeno da fazni vodiči i zaštitna užad još trenutno zadovoljavaju kriterije, ali i da su pri kraju svojeg pogonskog vijeka, pa će biti potrebno u dogledno vrijeme pristupiti sukcesivnoj zamjeni zaštitnog užeta i faznih vodiča.

Preporučene su mjere potrebne za sanaciju pogonskog stanja el. opreme dalekovoda, kako bi njegova pogonska spremnost bila zadovoljavajuća i adekvatna zahtijevanim prilikama.

Opseg: 45 stranica, 29 tablica, 3 slike.

Osiguranje kvalitete izrade električne opreme za HE »Čakovec«

Naručitelj: RZ HE »Čakovec«

Izvršioci: dr Fedor Šprung, dipl. ing.
Josip Mužny, dipl. ing.

Pripreme za aktivnosti osiguranja kvalitete električne opreme ove elektrane, prije svega generatora, karakterizira specifična okolnost da je nosilac tehnologije izrade francuska firma »Alsthom-Atlantique« — Belfort, a izvođač domaća radna organizacija »Rade Končar« za dva statora i jedan rotor, dok drugi rotor radi sam nosilac tehnologije. Iza samog nosioca tehnologije ovi generatori su umnogome nova, do sada najveća konstrukcija. Otuda je prije svega trebalo proučiti u nas do sada manje primjenjivane francuske standarde i usporediti ih s jugoslavenskim standardima i inače uobičajenim DIN-normama i VDE-propisima, te u konzultacijama sa svim sudionicama u izradi opreme, uključujući tu i proizvođače aktivnih materijala, odrediti konačni program kontrole kvalitete.

Tijekom 1979. godine većim dijelom obavljeno je ispitivanje aktivnih materijala. S obzirom na različite pristupe kontroli aktivnih materijala oba spomenuta izvođača opreme postojala je mogućnost kompariranja ovih pristupa s obzirom na osiguranje kvalitete, uz stjecanje odgovarajućih neposrednih iskustava djelomično i primjenom statističkih analiza.

Također je bila moguća usporedba organizacije odnosa nabave materijala, ulazne kontrole i kontrole tijekom proizvodnje obaju dobavljača opreme i njihov utjecaj na kvalitetu konačnog proizvoda posebno iz aspekta kvalitete nabavljenih ulaznih materijala s jedne strane i adekvatnih kontrola tijekom obrade tih materijala s druge strane.

Uz obavljanje ovih radova ujedno se stekao uvid u metode kontrole, organizaciju kontrole i kvalitetu obavljenog rada.

O svemu su dani detaljni izvještaji i stručne ocjene.

Osiguranje kvalitete izrade električne opreme za TE-TO Rijeka

Naručitelj: »Elektroprivreda« — Rijeka, OOUR Kvarnerske elektrane

Izvršilac: dr Fedor Šprung, dipl. ing.

Izrađeni su prijedlozi programa kontrole kvalitete za generator, transformatore i pogonske motore pumpi napojne kotlovske vode, ventilatora i optočne vode daljinskog grijanja. Program kontrole kvalitete tijekom proizvodnje i kontrole kvalitete dogotovljenih motora usuglašeni su i konačno usvojeni na temelju Jugoslavenskih standarda, IEC i VDE propisa te internih tvorničkih standarda tijekom proizvodnje.

Radi specifičnosti izvedbi obavljena su osim ispitivanja tijekom proizvodnje i komadnih ispitivanja još i tipska ispitivanja za svaku vrstu ispitivanih motora.

Tijekom proizvodnje mjereni su gubici u željezu dogotovljenog statorskog paketa, kontrolirano nepostojanje polja lokalnog ugrijanja, ispitana izolacija svitaka statorskog namota među zavojima i prema masi i izmjeren izolacioni otpor prema masi. Kontrolirani su i otpornički termometri za mjerenje ugrijanja namota.

Od tipskih ispitivanja obavljen je pokus zagrijavanja i snimljene su karakteristike praznog hoda i kratkog spoja, opterećenja. U ovisnosti o klizanju snimljene su karakteristike momenta i struje.

Provedena su slijedeća komadna ispitivanja: Ispitivanje otpora namota izolacionog otpora namota i otporničkih termometara, točke praznog hoda i dielektričke čvrstoće namota. Također je proveden i pokus uklapanja motora.

O svim ovim kontrolama kvalitete načinjen je iscrpan izvještaj s komentarom za svaki motor.

Smjernice za ispitivanje i preuzimanje 10 (20) kV opreme rasklopnih postrojenja

Naručitelj: »Elektra« — Sisak

Autor: Josip Kučak, dipl. ing.

Rad obuhvaća pregled, potrebu provođenja, način provođenja i značaj tipskih, primopredajnih i posebnih ispitivanja 10 (20) kV-ne opreme; prekidača snage, rastavljača,

izolatora (potpornih, provodnih i za nadzemne vodove), odvodnika prenapona, mjernih transformatora (strujnih i naponskih) te energetskih transformatora.

Sva analiza prijemnih (kontrolnih) i posebnih ispitivanja u tvornici proizvođača elektroopreme dana je u skladu sa JUS, odnosno IEC propisima.

Opseg: 123 stranice teksta.

Razni radovi

Naručitelji: elektroprivredne i druge organizacije

Autori: kolektiv studijske jedinice

Preuzimanja električne opreme

Vršena su preuzimanja električne opreme za TS 380/220 kV Melina i za niz drugih manjih objekata, u okviru čega je sudjelovano kod primopredajnih ispitivanja prekidača, rastavljača, mjernih naponskih i strujnih transformatora, i izolatora.

Ispitivanja uzemljivača

Nakon izgradnje prve faze TS Melina izvršeno je mjerenje na uzemljivaču u slijedećem opsegu:

— mjerenje ukupnog otpora uzemljenja U-I metodom
— snimanje ekvipotencijalnih linija
— mjerenje napona dodira i koraka unutar i izvan ograde postrojenja.

Dobiveni rezultati su podvrgnuti analizi i ocjeni stanja i potrebe korekcije.

Vršena su ispitivanja i mjerenja na odašiljačima RTV Zagreb: Učka, Biokovo, Buje, Labištica, Pula, Mirkovica, Hvar, Vidova gora, Plješevica, Kalnik, Lončanski vis, Borinci, Psunj, Tovarnik, Deanovac, Belje i Sljeme.

Na svim RTV objektima mjereni su otpori uzemljenja, naponi koraka i dodira, kontrola instalacija rasvjetnih stupova i gromobranske instalacije. Rezultati analizirani i dani su prijedlozi za sanaciju u skladu s tehničkim propisima.

Na nekoliko manjih objekata vršena su kontrolna mjerenja napona dodira i koraka, kod očekivanih stanja 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.

Značaj takvih ispitivanja je velik jer se pravodobno mogu otkriti pogreške učinjene prilikom polaganja i izbjeći kasniji prekidi pogona.

Ispitivane su kabelske glave i spojnice. Ispitivanja su obuhvatila naponska ispitivanja izmjeničnim i udarnim naponima, kao i nepropusnosti na mjestima brtvljenja. Također su ispitivane kabelske mase i razna ulja.

Ispitivanje i atestiranje zaštitnih sredstava

Prema propisima JUS-a moraju se gumene rukavice i gumene čizme za električara 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

Ispitivani su prototipovi neke opreme. Pri tome je bila osobito uspješna suradnja između VN laboratorija i proizvođača jer se nije samo formalno upozorilo na nedostatke, nego su se davali i prijedlozi za njihovo otklanjanje sve dotle dok naknadna 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

Povremeno ispitivanje odvodnika prenapona obuhvaća kontrolu izmjeničnog i udarnog proradnog napona.

Za ocjenu stanja odvodnika prenapona nužna su ispitivanja izmjeničnim i udarnim naponom, jer se na taj način može kontrolirati njegovo ponašanje u mreži pri pojavi prenapona.

Prilikom ovakvih ispitivanja odvajaju se dotrajali odvodnici prenapona koji ne bi više osigurali efikasnu zaštitu od prenapona ili bi mogli uzrokovati smetnje zbog nesposobnosti gašenja popratne struje.

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 povređenom 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 propaljuje kabel dok se na povređenom 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. Također omogućuje brzo i točno pronalaženje mjesta pogreške u kabelima 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 za ispitivanje 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 do 300 V.

Priključuje se na izmjenični napon 220 V.

Uređaj služi za regulaciju i mjerenje s dodatnim uređajima (IR-1000 A i 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.

Uređaji IR-1000 A i IR-2000 A i više

Ovi uređaji su dodatni uređaji za IR-2S 50 A i IR-UZ pa imaju kontinuiranu regulaciju i mjerenje struja do 1 000 A, 2 000 A i više.

POTROŠNJA TEKUĆIH GORIVA U JUGOSLAVIJI U 1979. GODINI

U 1979. godini bilo je u Jugoslaviji potrošeno 16,4 mln tona naftnih proizvoda, što je za 7% više nego u prethodnoj godini. Od te količine 90% ili 14,8 mln tona otpada na tekuća goriva, čija je potrošnja u odnosu na 1978. godinu porasla za 6%. Preostalih 10% su razni naftni proizvodi neenergetskog karaktera, kao što je primarni benzin, specijalni benzini, bitumen, maziva ulja i masti, parafin i sl. Potrošnja te grupe proizvoda porasla je u 1979. godini za 17%, radi povećane potrošnje primarnog benzina i bitumena. Bitumena radi intenzivne cestogradnje, a primarnog benzina radi povećanih potreba domaće petrokemijske industrije i obaveznog izvoza.

Struktura potrošnje naftnih proizvoda u 1978. i 1979. godini je slijedeća:

POTROŠNJA NAFTNIH PROIZVODA U JUGOSLAVIJI U 1978. I 1979. GODINI

Proizvod	1978.		1979.		Porast	
	10^3 t	t	10^3 t	%	10^3 t	Indeks
Ukapljeni plinovi	413	2,7	413	2,4	—	100,0
Motorni benzin	2 335	15,3	2 336	14,2	1	100,0
Mlazno gorivo i petrolej	318	2,1	345	2,1	27	108,5
Dizel gorivo	2 694	17,6	2 897	17,8	203	107,5
Ulje za loženje za domać. i ekstra lako ulje za loženje	1 777	11,6	1 892	11,5	115	106,5
Ulje za loženje	5 447	37,5	6 211	37,9	464	108,0
Vlastita potrošnja	645	4 2	685	4,2	40	103,1
Energetski proizvodi	13 929	91,0	14 779	90,1	850	106,1
Neenergetski proizvodi	1 380	9,0	1 615	9,9	235	117,0
U k u p n o	15 309	100,0	16 394	100,0	1 085	107,1

Kako se iz tablice vidi ukupna potrošnja goriva porasla je za 6%, ali su pojedini proizvodi imali različiti indeks porasta.

Značajno je da je potrošnja motornog benzina u 1979. godini bila jednaka onoj iz 1978. godine, tj. 2 335 tisuća tona, što je posljedica štednje toga goriva. Stoga je udio motornog benzina u ukupnoj potrošnji bio u 1979. godini nešto slabiji nego u 1978. godini, tj. 14,2% prema 15,3%. Dizel gorivo i laka ulja za loženje (koja su po osobinama jednaka dizelgorivu) povećala su potražnju ukupno za oko 320 tisuća tona na gotovo 4,8 mln tona ili u prosjeku za 7,1%, dok je udio u ukupnoj potrošnji ostao isti (29,3%). Potrošnja ulja za loženje porasla je za 8%, za 464 tisuće tona, na nešto preko 6,2 mln tona, dok je udio u ukupnoj potrošnji samo neznatno porastao na 37,9%. To povećanje je posljedica povećanih potreba industrije na tom visokokaloričnom gorivu. Ostala tekuća goriva, tj. ukapljeni plinovi, mlazno gorivo i petrolej ne čine ni 5% od ukupne potrošnje naftnih proizvoda, a po količini čine u 1979. godini ukupno 758 tisuća tona. Potrošnja ukapljenih plinova bila je u 1979. godini jednaka onoj iz 1978. godine, a potrošnja mlaznog goriva porasla je za 27 000 tona, dok je potrošnja petroleuma stagnirala.

Vlastita potrošnja rafinerija iznosila je u 1979. godini 685 000 tona, što je za 3% više nego u prethodnoj godini, a od ukupne potrošnje čini 4,2%. Porast od 3% ukazuje da su rafinerije nastojale da kod prerade nafte što racionalnije troše potrebno gorivo.

Za podmirenje potreba tržišta rafinerije su u 1979. godini preradile 4,1 mln tona domaće i 11,8 mln tona uvozne nafte, što je u cjelini bilo za 11% više nego u 1978. godini.

Kako rafinerije nisu mogle u potpunosti prilagoditi svoje prinose potrebama tržišta, to je tokom 1979. godine bilo uvezeno 106 000 tona dizel goriva i 1,0 mln tona ulja za loženje, što je nešto više nego u prethodnoj godini.

V. B.

KORIŠTENJE GEOTERMIJSKIH IZVORA U SAD

Na pet mjesta u SAD koristi se geotermijska energija za proizvodnju električne energije. Već se sada koriste geotermički izvori ili se intenzivno radi na projektima izgradnje TE na njima. Poznati geotermički izvori nalaze se u:

Kaliforniji (Imperial Valley),
Utahu (Roosevelt Hot Springs, Raft River),
Novom Meksiku (Valles Caldera),
na Havajima (Kilauea).

Ministarstvo za energetiku računa da će se do 1985. godine samo iz prva četiri geotermička nalazišta dobivati 3 000—4 000 MW. Poteškoća je u tome da su svi geotermički izvori, osim onih na Havajima, relativno hladni, tj. oko 150 °C, a vodu treba prethodno očistiti od štetnih sastojaka da ne bi došlo do korozije turbina i ostalih uređaja u TE. Poseban je problem prisutnost raznih soli spojeva sumpora. Upravo se radi na otklanjanju sumporovodika iz jednog izvora.

Poseban je projekt Kilaua, odnosno o podzemnim vodama koje taj aktivni vulkan zagrijava na 358 °C. Radi se o bojleru s relativno čistim vodama, pa je korištenje znatno olakšano.

Ovoga je časa u gradnji TE učinka 3 MW sa troškom od 6,9 milijuna USA dolara. TE će biti u pogonu 1980. godine.

Računa se s izgradnjom jedinica od 23,0 MW, a kapacitet geotermičkog izvora je oko 500 MW.

Električna energija bi se koristila za vađenje manganove rude, odnosno dobivanje mangana.

Kako su Havaji vulkanskog porijekla i s još aktivnim vulkanima, računa se na nalaze daljnjih »spremnika« tople vode.

Prema Technica 1/1979.

B. Mr.

ŠTEDNJA ENERGIJE U ŠVEDSKOJ

Gradske vlasti Upsale u Švedskoj uskoro će početi s gradnjom 16 obiteljskih kuća gdje će se odgovarajućim tehničkim rješenjima smanjiti godišnja potrošnja električne energije na planiranih 9 600 kWh/domać. god. sa sada uobičajenih 22 700 kWh/domać. god.

Na tim će se kućama primjenjivati niz mjera radi smanjenja potrošnje energije. Predviđena je bolja termička izolacija zgrada, a sunčani kolektori na krovu zgrada zagrijavat će vodu i prostorije stanova za ljetnih mjeseci. Za vrijeme hladnih mjeseci predviđeno je zajedničko zagrijavanje vode korištenjem otpadne vode lokalne toplane.

B. Mr.

RADE KONČAR

NEKA NOVA RJEŠENJA U POBOLJŠANJU KONTINUIRANE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ZRAČNIM VODOVIMA SREDNJEG NAPONA

Uvod

Prenapučenost velikih gradova i industrijskih središta, te nedovoljna propusna moć njihovih prometnica, sve više postaju ograničavajući faktor daljnjeg razvoja industrijske proizvodnje na postojećim lokacijama.

Već i do sada je često bilo nužno, a u buduće će biti još češće, da se prilikom novih ulaganja u proširenje proizvodnje, pronađu nove — uglavnom — disperzirane lokacije, više ili manje udaljene od sadašnjih.

Osim toga, u prigradskim selima razvija se i značajna djelatnost na području proizvodnje i prerade hrane, koja također zahtijeva sve više el. energije.

Svi ovi potrošači opskrbljuju se, pretežno, zračnim vodovima napona 12, 24 i 38 kV, koji su izloženi čestim kvarovima pod utjecajem atmosferskih prenapona.

Automatsko odvajanje voda u kvaru

Postojeća rješenja s ugradnjom linijskih rastavljača, ili rastavnih sklopki, na počecima krajnjih vodova, ne daju mogućnost brzog lociranja kvara, pa čitava područja ostaju duže vrijeme bez električne energije sa svim posljedicama koje iz tog proizlaze.

Druga mogućnost, koja na odvojcima zahtijeva postavljanje odgovarajuće transformatorske stanice (TS), sa prekidačem za ponovno uklapanje i pripadnom relejnom zaštitom, predstavlja i još će dugo predstavljati, ekonomski neprihvatljivo rješenje za ovu vrstu potrošača.

Nastojanja proizvođača el. opreme, da se i ovim potrošačima omogući sigurnija opskrba el. energijom dovela su do primjene uređaja za automatsko odvajanje zračnog voda u kvaru, koji se prigrađuje na svaku fazu linijskog rastavljača, prema sl. 1.

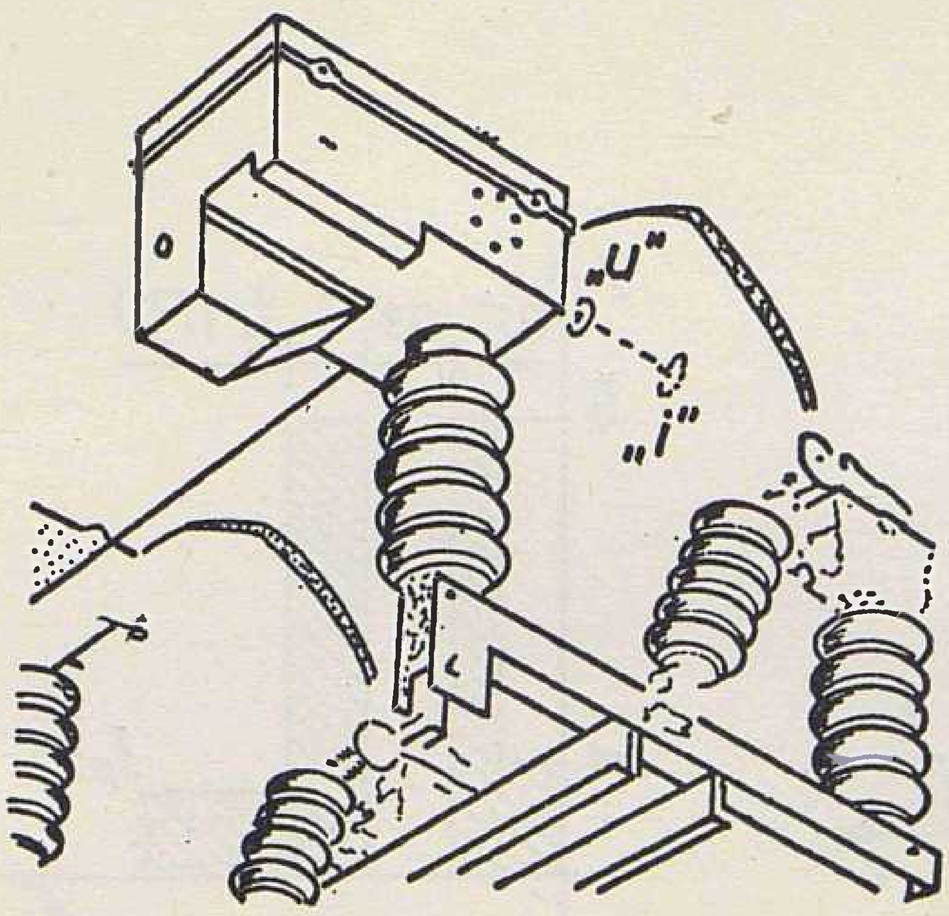
Primjenom ovog uređaja, omogućeno je veoma brzo odvajanje voda u kvaru, čime se osigurava nesmetana opskrba potrošača priključenih na druge krajnje vodove u promatranom konzumnom području.

Za naše razmatranje, pretpostavimo mrežu s četiri radijalno spojena voda — prema sl. 2. na čijim su počecima ugrađeni linijski rastavljači LR, ili rastavne sklopke, s uređajima za automatsko odvajanje voda u kvaru, proizvodnje »R. Končar« — OOUR Sombor.

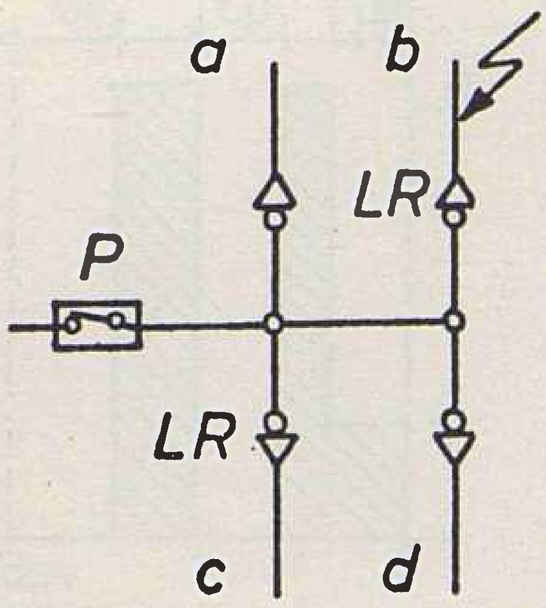
U slučaju pojave kvara na vodu (b), struja kratkog spoja I_k aktivira zaštitu prekidača (P), ugrađenog u TS na početku glavnog voda, koji prekida struju I_k za približno 0,1 — 0,2 sek. od njezinog nastanka.

Istovremeno je struja I_k aktivirala i automatski uređaj za odvajanje na vodu (b), koji nakon zatezanja od 10 do 20 sek. odvoji vod od preostalog dijela mreže.

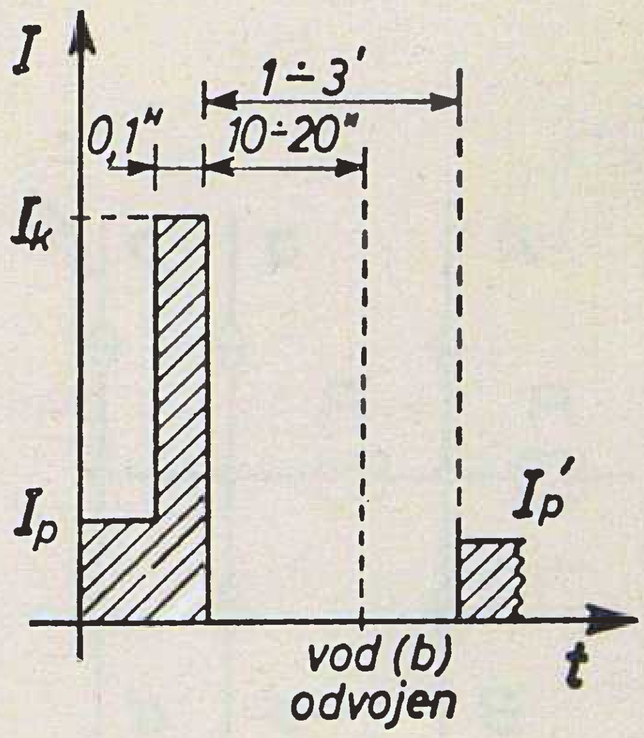
Uklapanjem prekidača, ručno ili automatski nakon pauze od 1 — 3 min., ponovno se nastavlja opskrba



Sl. 1.



Sl. 2.



Sl. 3.

potrošača priključenih na vodove (a), (c) i (d), kao što je vidljivo iz dijagrama na sl. 3.

$$I_p = I_k = 0$$

Prije otklanjanja kvara na vodu, potrebno je linijski rastavljač ručno otvoriti u krajnji isklopni položaj, čime se izdanak vidljiv na sl. 1. vrati iz položaja »i« u položaj »u« i na taj način ponovno zatvori strujni put kroz uređaj za automatsko odvajanje na vodu (b).

Samo po sebi razumljivo, ako je na početku glavnog voda ugrađen prekidač (P) suvremenih karakteristika, kao što su prekidači tipa M12 — 38 proizvodnje »RK« — OOUR Zagreb Borongaj, koji imaju mogućnost brzog ponovnog uklopa, te ako u TS postoji odgovarajući APU uređaj i ako se radi o prolaznom kvaru, prekidač (P) ponovo uklopi nakon pauze od 0,3 do 8 sek., da u tom slučaju automatski uređaj za odvajanje voda u kvaru neće proraditi, čime se nastavlja redovna opskrba i potrošača priključenih na vod (b).

Neke mogućnosti primjene uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru

Posebno je zanimljiv slučaj, ako na razvijenijem konzumnom području imamo i takve potrošače, koji ni kraću stanku u opskrbi el. energijom ne mogu prihvatiti zbog zastoja u proizvodnom procesu. Primjer opskrbe važnijih potrošača na vodovima A i B, uz korištenje dva prekidača i linijskih rastavljača s uređajem za automatsko odvajanje voda u kvaru, prikazan je na slici 4.

U našem primjeru, ponovno je pretpostavljen kvar na odvojku (b). Struja kratkog spoja istovremeno potiče relej za automatsko odvajanje voda (b), te odgovarajuće zaštite na prekidačima P_1 i P_2. Zaštita prekidača u glavnoj TS, je tako podešena da prekidač P_1 prvi isklopi, dok je vremensko zatezanje na uređaju za automatsko odvajanje voda u kvaru — kako već znamo — od 10 do 20 sekundi. Uređaj za brzo ponovno uklapanje, uz prekidač P_1, odmah proslijedi impuls za ponovni uklop, te prekidač — nakon beznaponske pauze od približno 0,3 sek. — ponovno uklopi.

Ako je kvar bio prolaznog karaktera, opskrba el. energijom nastavlja se dalje bez ikakvih smetnji na čitavom području, kao što je opisano u prvom dijelu ovog članka.

Međutim, ako je na vodu (b) kvar trajnog karaktera, uklapanjem prekidača P_1 ponovno se u vodu (b), kao i kroz prekidače P_1 i P_2 uspostavlja struja kratkog spoja I_k. Za ovaj slučaj, zaštite na prekidačima se tako podešene, da drugo isklapanje izvrši prekidač P_2 u područnoj TS.

Ovime je mjesto kvara odvojeno prekidačem P_2, čime je osigurana nesmetana opskrba potrošača priključenih na vodovima A i B. Dijagram struje kroz prekidač P_1 prikazan je u ovom primjeru na sl. 5.

Nakon 10 do 20 sekundi po isklopu prekidača P_2, tj. nakon prestanka djelovanja struje kratkog spoja I_k, uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru, odvoji vod (b) od ostalog dijela mreže, čime vod (b) trajno ostaje izvan pogona dok se kvar točno ne pronađe i otkloni. Za potrošače priključene na vodove (a), (c), i (d), uspostavit će se ponovno redovna opskrba el. energijom jednu do tri min. nakon isklopa prekidača P_2 u područnoj TS, a dijagram struje kroz prekidač P_2 prikazan je u tom slučaju na sl. 6.

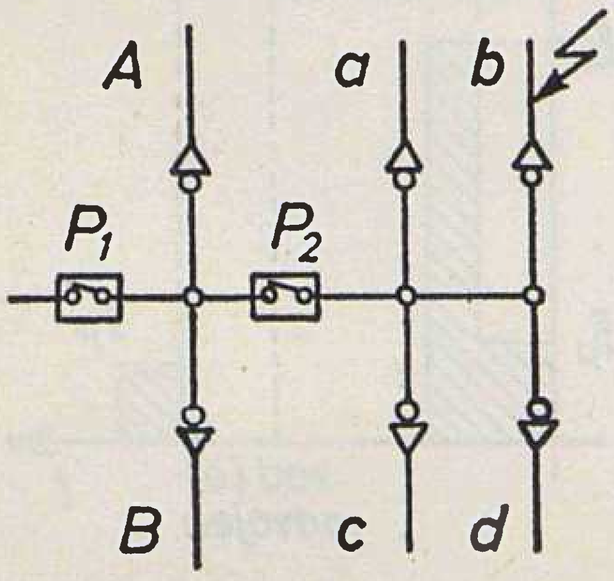
Zaključak

Iz navedenih primjera se vidi da uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru omogućava:

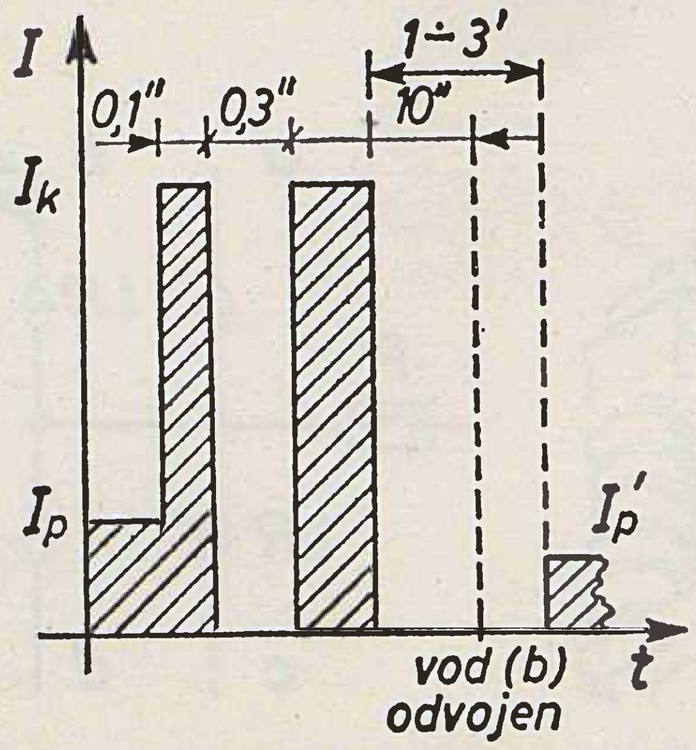
— sigurniju opskrbu el. energijom, radi manjeg broja ispada, jer izvan pogona ostaje samo vod u kvaru,
— kraće vrijeme za pronalaženje i otklanjanje kvara,
— manje troškove za otklanjanje nastalih kvarova,
— manje ljudstva i vozila za održavanje zračnih mreža srednjeg napona.

Sve ove prednosti potvrđuju zaključak, da se ubuduće može očekivati značajna primjena uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru na zračnim mrežama srednjeg napona.

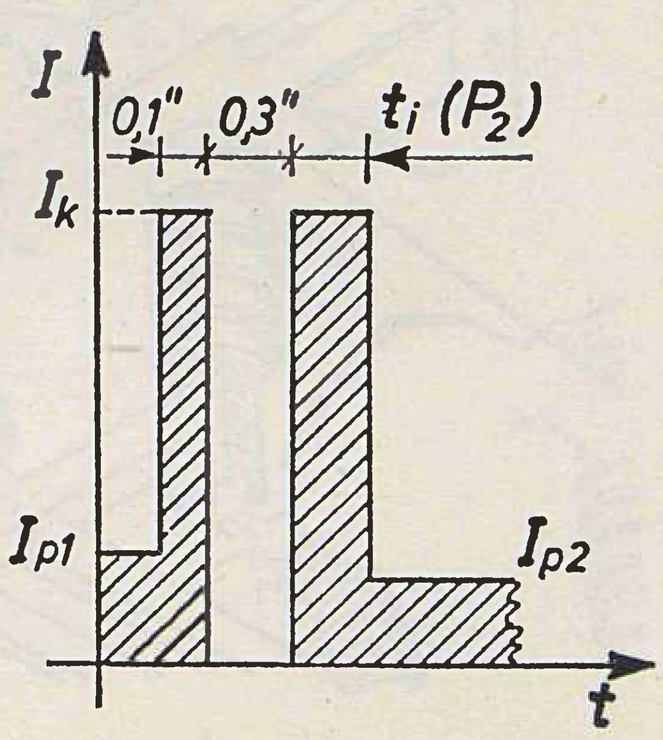
Naslov pisca:
Josip Polanc, dipl. ing.
RO »Rade Končar« — Elektrouređaji



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

Energija God. 29 (1980) br. 9—10, 329—333.

STO GODINA ISTOSMJERNOG PRIJENOSA

Boris Markovčić, Zagreb

UDK 621.316

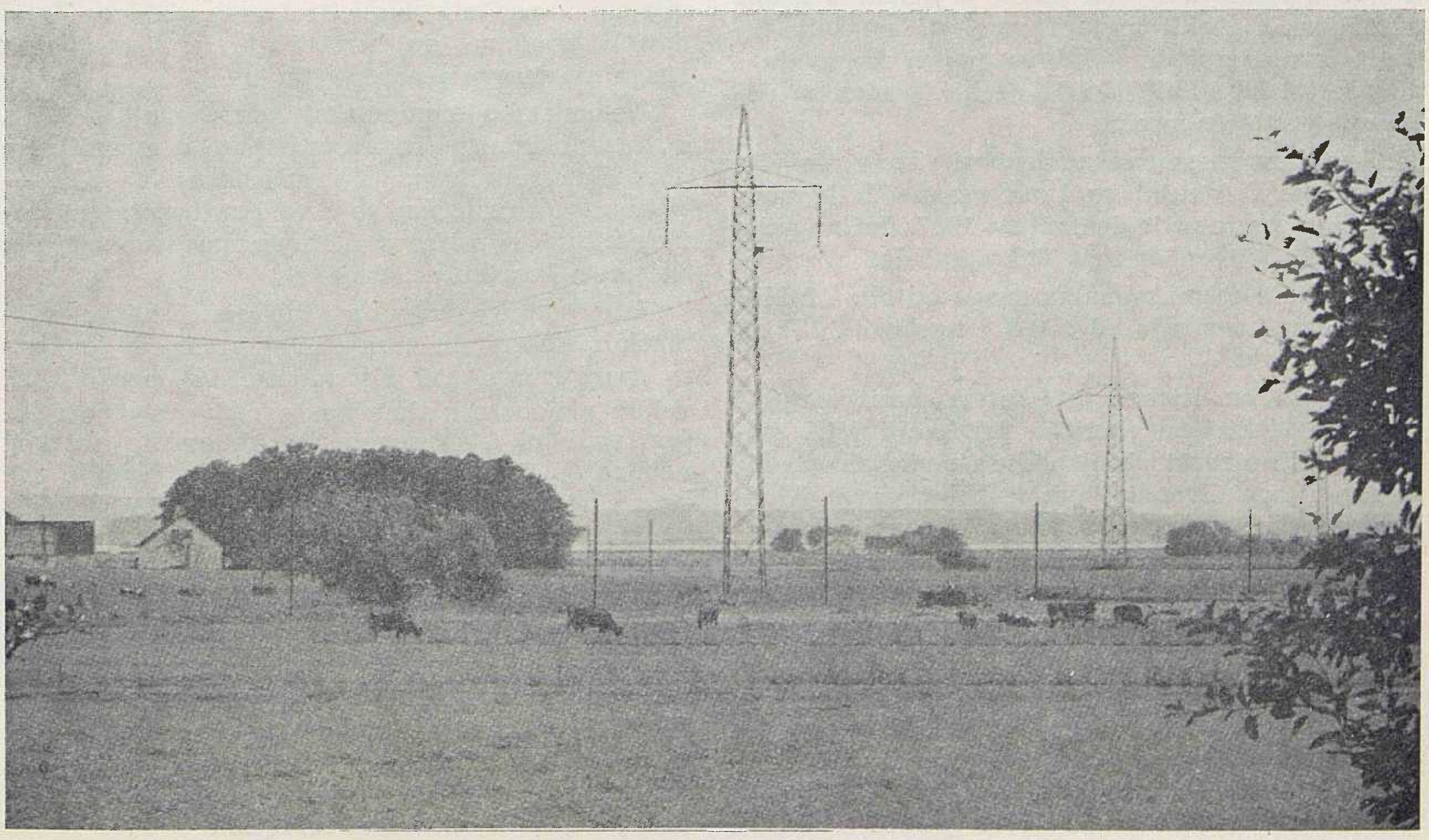
Istosmjernom strujom započela je elektrifikacija prije nekih 100 godina. Potkraj stoljeća trofazni sistem potiskuje istosmjerni, a tridesetih godina ovog stoljeća ponovno se rađa ideja o istosmjernom prijenosu. U članku se govori o razvoju i ulozi istosmjernog prijenosnog sistema od prvih početaka do današnjih dana.

Prije stotinu godina elektroprivreda se počela razvijati na istosmjernom sistemu proizvodnje i razdiobe električne energije. Uskoro je istosmjerni sistem potisnut trofaznim, da bi ponovo postao aktualan nakon nekoliko desetljeća. Danas se sve više primjenjuje u prijenosu električne energije i povezivanju sistema.

Pronalaskom dinamo-stroja, generatora istosmjerne struje, 1866. godine (Siemens, Wkeatstone) omogućena je ekonomična proizvodnja većih količina električne energije. Time se javlja i potreba njezina prijenosa do trošila. U početku je pojedini stroj napajao po jednu lučnu svjetiljku. Pronalaskom žarulje s ugljenom niti (Edison, 1879) jedan je stroj mogao napajati veći broj takvih žarulja. Tako su npr. rasvijetljena kazališta, hoteli i različite reprezentativne zgrade. Prvu električnu centralu stavio je u pogon Edison u New Yorku 1882. Pri naponu od 110 V elektrana je napajala područje s radijusom oko 1 milje. Kako su tada elektrane napajale jedan ili više blokova kuća, nazvane su blok-centralama.

Prije stotinu godina, 1881, francuski inženjer Marcel Deprez izlaže tada revolucionarnu ideju da se električna energija može prenositi na daljinu. Prvi je pokus izveo u Parizu na daljinu 1 500 m.

Prigodom izložbe u Münchenu 1882. Deprez je na poziv Oskara von Müllera sagradio istosmjerni prijenos telegrafskim vodom duljim 57 km od rudnika Mühlsbach do Münchena. Prijenosni istosmjerni napon bio je 2 000 V i pri prijenosu snage do 1,4 kW postignut je stupanj djelovanja 22%. Deprez je izgradio još nekoliko prijenosa u Fran-



cuskoj, ali nije postigao iskorištenje veće od 45%.

Takav prijenos nije, dakako, mogao zadovoljiti. Gubici su bili veliki zbog niskoga prijenosnog napona. Visoki se napon pak nije mogao postići zbog poteškoća komutacije istosmjernih strojeva, a visoki naponi nisu bili ni prikladni za priključena trošila.

Problem je pokušao riješiti švicarski inženjer René Thury koji je 1883. na izložbi u Beču predložio svoj prijenosni sistem konstantne struje. Da bi se postigli dovoljno visoki prijenosni naponi, vezali su se istosmjerni generatori u seriju, a na prijenosnoj bi strani bili serijski vezani istosmjerni motori. Oni bi pokretali generatore onog napona koji bi odgovarao trošilima. Struja u krugu bila bi konstantna, a snaga bi se mijenjala promjenom napona, ukopčavanjem, odnosno izbacivanjem generatora.

Prema svojoj zamisli Thury je 1890. izgradio prijenosnu liniju u blizini Genove. Dužina voda bila je 30 km. Prenosila je snagu od oko 500 kW pod naponom od 12 000 V. Tim je sistemom izgrađeno 19 prijenosa, a najveći, s najduljim pogonskim vijekom bio je sagrađen 1906. između hidroelektrane Moutiers i Lyona.

Početna dužina prijenosa iznosila je 180 km. U elektrani su bile vezane 4 grupe po 4 generatora u seriju. Zbog visokog napona prema zemlji strojevi su bili izolirani asfaltnim podlogama, vezani s turbinama izoliranim spojkama. Zaštita i instrumentacija bile su vrlo jednostavne. Napon po kolektoru iznosio je 3,5 kV uz struju od 75 A. Regulacija snage se provodila promjenom brzine pogonskog stroja. Prijenosni je napon između polova varirao između 50 i 60 V. Prijemna stanica u Rue d'Alsace u Lyonu imala je nekoliko grupa istosmjernih elektromotora na koje su bili vezani dinamostrojevi 600 V za pogon tramvaja i alternatori od 10 kV. Uređaj je bio građen za pojačanje postojeće mreže.

S vremenom se ovaj prijenosni sistem sve više proširivao. U strujni su krug vezane dvije nove elektrane, pa je prije demontaže 1937. dužina zamke iznosila 380 km, od toga 72 km kabela.

Prenosila se maksimalna snaga od oko 19 MW uz konstantnu struju od 150 A i napon od 125 kV između polova.

Premda se istosmjerni sistem proizvodnje i razdiobe električne energije pri kraju XIX stoljeća prilično razvio, prijenosne su mogućnosti bile ograničene. Pronalaskom transformatora (Goulard) mogla se električna energija prenositi visokim naponom, a proizvoditi i distribuirati odgovarajućim pogodnim niskim naponom. Time je izmjenična struja stekla golemu prednost pred istosmjernom.

Primjenom transformatora sagrađen je 1884, prigodom izložbe u Torinu, izmjenični prijenosni sistem na dužini od 40 km uz napon 2 000 V.

Na temelju Teslinih istraživanja i dva njegova fundamentalna patenta iz 1888. godine (Prijenos električne energije i Elektromagnetni motor) razvila se tehnika i primjena sistema polifaznih struja.

Prvi trofazni eksperimentalni prijenos, sa svim bitnim elementima današnjeg takvog sistema izgrađen je od hidroelektrane Laufen do izložbenog prostora u Frankfurtu i stavljen u pogon u kolovozu 1891. Dužina prijenosa iznosila je 178 km. Prijenosni napon je bio 15 kV, a povremeno i 30 kV (serijska veza). Prenosila se snaga od 173 kW.

Prvi komercijalni polifazni sistem izgrađen je na slapovima Niagare i stavljen u pogon 1895. godine. Električna energija proizvedena u dvofaznim generatorima, snage 7,5 MVA prenosila se vodom dužine 43 km u Buffalo, pod naponom od 11 kV. Sistem je bio dvofazan sa 25 Hz.

Toj su izgradnji prethodile velike borbe između pristaša istosmjernog sistema na čelu s Edisonom i pristaše polifaznih sistema koji su izvojevali pobjedu upravo zahvaljujući pronalasku transformatora i indukcionoga Teslinog motora.

Na prijelazu stoljeća trofazni je sistem potpuno prihvaćen za javnu elektrifikaciju širom svijeta, a istosmjerna je struja potisnuta i upotrebljavana samo za posebne namjene.

Prva desetljeća XX stoljeća još nisu osjetila potrebu dalekih prijenosa. No povećanjem potražnje električne energije u visokoindustrijaliziranim područjima Evrope tražile su se mogućnosti iskorištenja vodnih snaga znatno udaljenih od centara konzuma. Porastom snaga i povećanjem daljina prijenosa pojavile su se u primjeni trofaznog sistema poteškoće u pogledu stabilnosti uz ostale neugodne efekte koji nastaju zbog induktiviteta i kapaciteta dugih trofaznih vodova. To je dovelo ponovno do zamisli da se istosmjerna struja uvede u prijenosnu tehniku.

Na svjetskoj energetskoj konferenciji 1930. g. u Berlinu mnogo se raspravljalo o iskorištenju norveških vodnih snaga i prijenosu Norveška — Njemačka. Predloženo je 5 varijanti rješenja, među kojima i prijenos Thuryjevim istosmjernim sistemom konstantne struje.

Iste godine prigodom jubileja Društva njemačkih elektrotehničara (VDE) predložio je Thury svoj istosmjerni sistem kao najpogodniji za velike prijenose s time da se električna energija proizvodi u istosmjernim generatorima visokog napona. U tom je prijedlogu Thury pobijao sve prigovore protiv svojeg sistema kao što su kompliciranost pogona, poteškoće komutacije, potreba posebne izolacije komandnih mjesta i slično. Na prigovor da se ne mogu graditi velike istosmjerne generatorske jedinice iznio je mogućnost izgradnje strojeva s dva komutatora snage do 30 MW, što se, međutim, danas više ne bi moglo smatrati velikom jedinicom. Pretvaranje pak istosmjerne u izmjeničnu struju vršilo bi se, prema njegovu prijedlogu, motorgeneratorima. Živini usmjerivači tada još nisu bili dovoljno razvijeni.

Još se 1935. na zasjedanju CIGRE raspravljalo o Thuryjevom sistemu, no slijedećih godina ova je ideja potpuno odbačena. Istraživanja u vezi s istosmjernim prijenosom razvijala su se nadalje samo prema prijenosnoj shemi: proizvodnja u trofaznim generatorima — pretvaranje u istosmjernu struju — istosmjerni prijenos — pretvaranje istosmjerne u trofaznu struju, te razdioba trofaznim sistemom.

Razvoj istosmjernog prijenosa po navedenoj shemi bio je moguć tek dovoljnim razvojem upravljivog živinog usmjerivača s rešetkom.

Već 1920. patentiran je u Velikoj Britaniji usmjerivački uređaj nazvan po pronalazaču Higfieldov transveter. To je bila kombinacija polifaznog transformatora sa sinhrono rotirajućim komutatorom. Izgrađeno je nekoliko takvih uređaja od kojih je najveći imao snagu od 2 MW, 20 A i 100 kV. No, ni jedan od njih nije se komercijalno primjenjivao.

U Njemačkoj je 1932. konstruirao prof. Marx usmjerivač s električnim lûkom u zraku. Uređaj je bio robustan, mnogo je obećavao, pa se s njime eksperimentiralo još i u vrijeme rata. Međutim, brzo trošenje elektroda i razmjerno veliki gubici, od 2,5 do 3%, nisu omogućili njegovu praktičnu upotrebu.

Jedini praktično upotrebljiv ventil do upotrebe tiristora, bio je živin usmjerivač, koji je oko 1903. pronašao P. C. Hewitt. No do primjene za istosmjerne prenose živin je usmjerivač prošao još dug put. Rešetka za upravljanje umetnuta je oko 1930, a 1939. prema prijedlogu U. Lamma ugrađen je uređaj za ujednačenje gradijenta potencija između rešetke i anode. Tim poboljšanjem živin se usmjerivač mogao graditi za visoke zaporne napone (130 kV) i velike struje.

Prvi prijenos upravljivim živinim usmjerivačima ostvarila je u SAD tvrta G. E. C. 1946. Na dužini od 27 km, između hidroelektrane Mechancville i mjesta Schenectady, prenosila se snaga od 5,25 MW sa 175 A pod 30 kV. Time su povezana dva trofazna sistema frekvencije 40 H_2 i 60 H_2. To, dakle, nije bio istosmjerni uređaj privatne namjene prijenosa velike snage na velike daljine, već povezivanje dvaju sistema različitih frekvencija. Takav zadatak ispunjava danas istosmjerna veza na nekoliko točka u svijetu (Sakuna, Eel-River, Shin-Shinano itd.), samo što se prenose znatno veće snage.

U SAD su oko 1943. izgrađene još dvije slične veze između sistema 25 Hz i 60 Hz. Zanimljivo je spomenuti da se u Americi na ovome stalo i na razvoju istosmjernog prijenosa i nije se ništa **radilo do najnovijega doba. Ta se tehnika dalje** razvijala u Evropi.

U Švicarskoj su još prije rata provedena opsežna istraživanja istosmjerne prijenosne tehnike. Tvrtka Brown Boveri razvija velike usmjerivačke jedinice koje naziva mutatorima i izvodi opsežne eksperimente.

Na V zemaljskoj izložbi 1939. g. prikazan je istosmjerni prijenos na liniji Wettingen — Zürich dug 20 km. Prijenos je izveden jednim vodičem i povratkom kroz zemlju. Uz napon 50 kV prenosilo se 500 do 1 000 kW.

Daljnji su se pokusi izvodili radi razvoja što snažnijih i sigurnijih mutatorskih jedinica. Ispitivanje visokonaponske jedinice od 400 A provedeno je u čvorištu mreže u hidroelektrani Biachina (1944. g.). Jedna takva jedinica služila je kao usmjerivač, a druga kao presmjerivač. Energija se uzimala iz trofazne mreže jednofazno i ponovno vraćala u mrežu. Pokus je dobro uspio, samo ipak nisu bile uklonjene sve poteškoće u pogledu povratnog paljenja. Na temelju tih radova tvrtka BBC objavila je u svom časopisu 1945. g. da je problem istosmjernog prijenosa već toliko razrađen da se može iz laboratorija prijeći na industrijsku eksploataciju. Daljnji razvoj je, međutim, pokazao da se ova Švicarska tvrtka u pogledu istosmjerne prijenosne tehnike nije uspjela afirmirati.

U Švedskoj su 1943. g. predradnje za istosmjerni prijenos bile tako daleko odmakle da je ostvaren usmjerivačko-pretvarački uređaj u laboratoriju Ludvika prijenosne snage 2 MW pod naponima 40 do 70 kV. Daljnji je korak suradnjom Nacionalnog savjeta za energiju i firme ASEA učinjen 1945. g. stavljanjem u pogon eksperimentalnog prijenosnog istosmjernog uređaja Trollhätan — Mellerund dugog 60 km. Prijenos i polazna stanica imale su po fazi dva živina jednoanodna usmjerivača. Prijenosna je snaga iznosila 6,5 MW, pri naponu 2 × 45 kV i struji 77 A. Glavna je pažnja posvećena radu i regulaciji usmjerivača.

U Švedskoj su mnogo ispitivane pojave koje nastaju pri vođenju istosmjerne struje kroz zemlju i more jer je teren vrlo kamenit. Ispitivan je najpovoljniji smještaj elektroda, sušenje tla, lutajuće struje, djelovanje na ribe u moru, navigacione instrumente itd.

Kao primjer neka budu spomenuti pokusi vođenja istosmjerne struje od 170 A na liniji Hallsberg — Ljusdal dugog 315 km, i 33 A na liniji Alsbach — Grisslehamm dugoj 470 km kroz zemlju i Seskarö — Norrbyshör 315 km, od čega 50 km kroz more.

Nakon toga se prešlo iz faze pokusa na industrijsku eksploataciju. Otok Gotland povezan je istosmjernim podmorskim kabelom (oko 100 km) sa švedskim kopnom. Uređaj je proradio 1954. god. pod naponom 100 kV, a prenosila se maksimalna snaga od 20 MW. Tako je uz prvi trofazni vod 380 kV (u pogonu od 1952. god.) u Švedskoj proradio i prvi u svijetu istosmjerni prijenos za elektroprivrednu eksploataciju. Time je počela era istosmjernih komercijalnih prijenosa velike snage.

U Njemačkoj se već prije rata a i za vrijeme rata intenzivno radilo na problemima velikih prijenosa. To je bilo usko povezano s opsežnom

političkim planovima i predviđenom privrednom dominacijom. Ozbiljno su se npr. izučavali projekti o iskorištenju vodnih snaga Norveške i veleprijenosu električne energije u Njemačku.

Za svrhe istosmjernog veleprijenosa razvijeni su spomenuti Marxovi usmjerivači, pa je pomoću njih 1942. g. izrađen pokusni istosmjerni prijenos Löhrte — Misburg (Hanover) dužine 5 km. Uređaj je radio sa 80 kV, a prenosila se snaga od 16 MW.

Uoči svršetka rata (početkom 1945. god.) dovršena je izgradnja pokusnog istosmjernog prijenosa Elbe — Berlin. U krajnje stanice bili su ugrađeni živini usmjerivači od 150 A. Između spomenutih krajnjih stanica na dužini od 110 km položena su dva jednožilna istosmjerna kabela napona 2 × × 200 kV tj. 200 kV prema zemlji. To je bio kabel s masom i aluminijskim vodičem 150 mm2 ukupnog promjera 52 mm. Polovicu uređaja izradila je tvrtka AEG, a polovicu Siemens. Ukupna snaga koja bi se mogla prenositi iznosila bi 60 MW. Zbog bombardiranja Berlina i kapitulacije Njemačke pokusi u punom opsegu nikada nisu izvršeni. Što je ostalo od bombardiranja demontirale su sovjetske trupe.

Za Sovjetski Savez kao zemlju vrlo velikog prostranstva prijenosi električne energije na velike daljine naročito su interesantni. Već su se prije rata u SSSR-u mnogo bavili problemom prijenosa između Moskve i hidroelektrane kod Kujbiševa na Volgi (oko 950 km). Uz ostale alternative prijenosnih sistema razmatrana je tada mogućnost proizvodnje električne energije u istosmjernim generatorima visokog napona prema Thuryjevoj zamisli o čemu je inženjer Černišov izvijestio u časopisu Električarstvo 1940. g. To je ujedno bila posljednja rasprava, gdje se govorilo o praktičnoj primjeni Thuryjeva sistema.

U sovjetskoj tehničkoj literaturi neposredno poslije rata, sva je pažnja posvećena trofaznom prijenosu 400 kV, dok se o konkretnim radovima na istosmjernom prijenosu počelo pisati tek 1956. Tada se saznalo da je već 1950. stavljena u pogon istosmjerna pokusna kabelska linija Kašira — Moskva dužine 112 km, 2 × 100 kV. prijenosne snage 30 MW. Svrha je ovog pokusnog prijenosa bila da se sakupe iskustva za istosmjerne veleprijenose budućnosti koji su predviđeni u Sovjetskom Savezu.

Za povezivanje ispravljačkih stanica upotrijebljen je jednožilni istosmjerni maseni kabel 150 Al. Živini jednoanodni usmjerivači bili su dimenzionirani za 150 A i za zaporni napon 120 do 130 kV. Uređaj je najprije radio sa 100 kV, no pokazao je u pogonu dosta poteškoća. Najviše je smetnji bilo zbog povratnog paljenja, što je uspješno svladano upotrebom brzoga ponovnog uključivanja. Izostanak paljenja na ispravljačkoj strani izazivao je znatne prenapone, a na presmjerivačkoj pak strani neugodne nesimetrije. Tek kad su početke pogreške uklonjene, napon je podignut na 200 kV tj. ± 100 kV prema zemlji. Faktor iskorištenja prijenosa iznosio je 92% do 94%. U prvih 5 godina rada preneseno je ukupno 600 GWh, pa je zbog toga ovaj prijenos i nazvan pokusno-industrijskim prijenosom.

Na temelju sakupljenih iskustava na prijenosu Kašira — Moskva pravljeni su projekti za velike istosmjerne prijenose od kojih je tada bio najaktualniji Volgograd — Donbas u dužini 470 km.

U istraživanju problema istosmjernog prijenosa naročito je bio angažiran Naučnoistraživački institut za istosmjernu struju (Naučno-isledovateljskij institut postojanovo toka), koji ima svoje odjele u Moskvi i Lenjingradu. Pod njegovim se rukovodstvom ispitivao uređaj Kašira — Moskva i projektirao istosmjerni prijenos HE Volgograd — Donbas. Međutim, u SSSR-u nisu gledanja na istosmjerni prijenos bila jedinstvena. To se najbolje vidjelo prigodom vrlo opsežne diskusije koja se vodila u časopisu Električestvo 1957. i 1958. godine. Povod toj diskusiji bio je članak N. M. Meljgunova o perspektivi primjene prijenosa istosmjernom strujom u SSSR-u. Članak je izašao početkom 1957. u tom časopisu.

Meljgunov se zalagao za primjenu istosmjernih prijenosa već za daljine 500 do 600 km i snage 700 do 800 MW. Smatrao je da već tada postojeću trofaznu vezu Kujbišev — Moskva trebalo graditi istosmjernim sistemom zbog ekonomskih prednosti i veće propusne moći vodova. Pri istosmjernom naponu 800 do 1 200 kV propusna bi se moć povećala za 2 do 3,5 GW. U spomenutoj diskusiji J. M. Červnnenski ide još dalje od N. M. Meljgunova i traži da se na trofaznim vodovima 400 kV pregrade obje trojke, tako da jedna bude + pol, a druga — pol istosmjernog prijenosa. Napon bi bio 800 kV između polova, jer se na više ne može ići zbog postojećih stupova.

Protivnici pak istosmjernog prijenosa pobijali su ekonomske prednosti navedene u članku, a Siromjatnikov je uopće negirao prednosti istosmjernog prijenosa pred trofaznim za sve praktične prijenosne udaljenosti i predložio da se odustane od predviđene istosmjerne linije Volgograd — — Donbas i izgradi jedinstveni trofazni sistem za cijeli SSSR. Iz svega navedenog proizlazi da su stručnjaci Naučnoistraživačkog instituta za istosmjernu struju bili pristaše, a stručnjaci Teploelektroprojekta protivnici primjene istosmjernog prijenosa nadzemnim vodovima. Za kabelske prijenose kroz vodu svi su se slagali da istosmjerni sistem ima neosporive prednosti pred trofaznim.

Cijelu opisanu opširnu diskusiju završili su sovjetski stručnjaci na svom sastanku u ožujku 1958. Tada su između ostalog zaključili da istosmjerni prijenosni sistem ima prednosti za veće snage i daljine. Glavna se ušteda postiže na nadzemnom vodu. Nadalje je zaključeno da svakako treba pristupiti izgradnji istosmjernog prijenosa Volgograd — Donbas, napona ± 400 kV za prijenos snage od 750 MW. Ova izgradnja čini nužnu

etapu u osvajanju nove tehnike prijenosa. Na Svesaveznom energetskom savjetovanju u listopadu 1959. tadašnji se primjer N. S. Hruščov osvrnuo na problem istosmjernog prijenosa i staknuo potrebu njegova ubrzanog rješavanja. Time je pala konačna odluka o razvoju i gradnji istosmjernih sistema u SSSR-u.

Zanimljivo je napomenuti da su u SSSR-u učinjeni pokušaji istovremenog prijenosa trofaznom strujom po istoj trofaznoj liniji, čime bi se bolje iskoristili postojeći trofazni vodovi, naročito dvostruki, gdje bi jedna trojka bila +, a druga — pol istosmjernog prijenosa. O tome je mnogo pisao G. J. Denisenko. Takvim je sistemom izgrađeno nekoliko eksperimentalnih prijenosa od 10 kV do 110 kV. Činjenica je, međutim, da takav sistem do danas nije nigdje u svijetu ostvaren kao normalan industrijski pogon.

Prednost istosmjernog sistema koja je inicirala njegov razvoj, a to je ekonomični prijenos velikih snaga na velike daljine, nije jedina zbog kojih se takvi uređaji danas grade. Kabelski prijenosi, povezivanje sistema različitih frekvencija, smanjenje snaga kratkog spoja i povećanje stabilnosti pri interkoneksiji daljnje su prednosti koje favoriziraju istosmjerni sistem.

Vrlo se mnogo diskutiralo u stručnoj literaturi i na stručnim skupovima o graničnim daljinama i graničnim snagama iznad kojih je istosmjerni prijenos nadzemnim vodom ekonomičniji od trofaznoga. U literaturi od prije drugog svjetskog rata granična je daljina bila procijenjena na oko 400 km, što pri prijenosu prirodne snage voda iznosi 25° (električnih) otklona vektora napona na početku i kraju voda. Smatralo se da se ne bi moglo ići na veće daljine zbog statičke stabilnosti, jer treba još uračunati povećanje kutova vektora napona na generatorima i transformatorima.

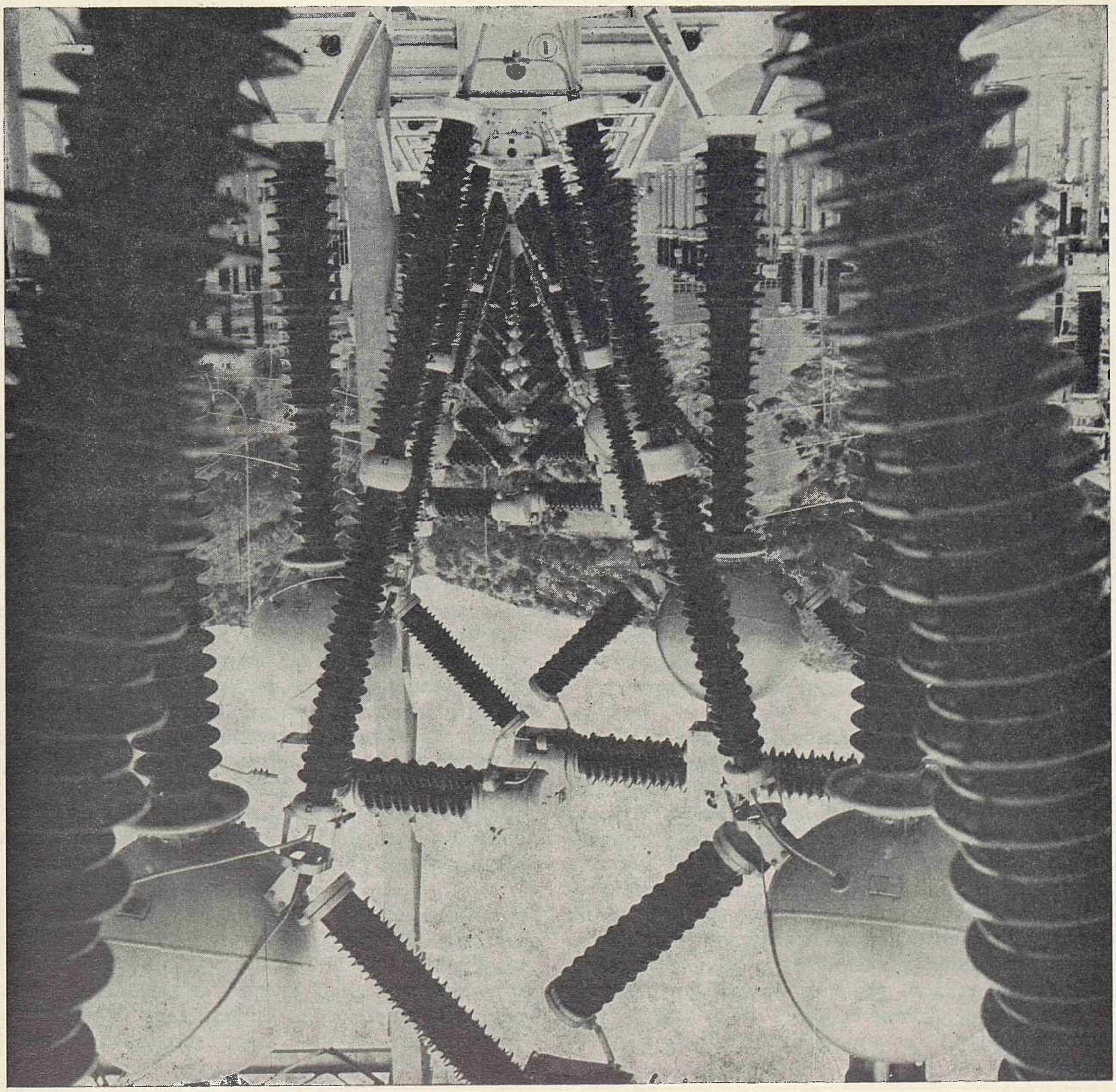
Na zasjedanju CIGRE u Parizu 1956. izneseno je mišljenje da je granična snaga 750 MW na daljini 700 do 750 km. Dvanaest godina kasnije, na zasjedanju 1968, Cassonova je komisija iznijela da se granična snaga kreće između 540 i 2 160 MW na daljini od oko 1 000 km. Obrazloženo je da je raspon snage toliko velik stoga što su prilike i uvjeti gradnje u pojedinim zemljama toliko različiti da se granična snaga ne može točnije utvrditi. Glavni faktor graničnih snaga i daljina jest cijena terminalnih istosmjernih stanica. Njihovim bi se pojeftinjenjem granice ekonomičnosti prijenosa znatno smanjile u korist istosmjernog sistema.

Do 1960. u pogonu je bio samo jedan industrijsko-komercijalni prijenos, i to spomenuti sistem koji veže otok Gotland. Od 1961. do 1970. ušlo je u pogon 8 istosmjernih sistema sasvim komercijalne namjene, a od 1971. do 1980. izgrađeno je daljnjih 17.

Do 1970. svi su istosmjerni sistemi imali kao usmjerivače i presmjerivače živine ventile. Od 1970. počinje prodor tiristora, tako da su svi uređaji stavljeni u pogon nakon 1975. opremljeni samo tiristorskim usmjerivačima.

S godinama nije samo rastao broj istosmjernih uređaja, već je rasla i njihova pouzdanost, naročito primjenom tiristora. Porast pouzdanosti i sniženje cijena usmjerivačkih stanica ukazuju, na još brži razvoj istosmjerne prijenosne tehnike.

Naslov pisca:
Boris Markovčić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb



Energija God. 29 (1980) br. 9—10, 335—340.

PRIJENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE ISTOSMJERNOM STRUJOM VISOKOG NAPONA U SVIJETU DANAS

Marijan K a l e a, Osijek

UDK 621.315

Danas je u čitavu svijetu u pogonu dvadesetak prijenosa istosmjernom strujom visokoga napona ukupne instalirane snage od oko 14 GW, a u gradnji ili projektu je još desetak takvih prijenosa. Iznosi se pregled osnovnih parametara tih prijenosa radi prikaza dosadašnjeg razvoja i sadašnjeg stanja te ocjene budućeg kretanja.

UVOD

Trofazni sistem izmjenične struje za prijenos električne energije, usprkos poznatim prednostima, na nekim graničnim područjima primjene nije bez mana. Uzdužni induktivni otpor kod zračnih dalekovoda, a poprečna kapacitivna vodljivost kod kabela najvažniji su razlozi tim manama. Tome se — u manjoj mjeri — dodaju skinefekt i dielektrični gubici kao posljedica izmjeničnog elektromagnetskog polja. Konačno, zbog oblika vremenske promjene izmjeničnog napona pojava korone kod zračnih dalekovoda i debljina izolacije kabela ovise o tjemenoj veličini koja je za 41% veća od efektivne vrijednosti pogonskog napona. Sve to kod stanovitih zahtjeva na snagu, daljinu i način prijenosa može rezultirati složenim i skupim ili čak neizvodljivim rješenjem u tehnici izmjeničnog napona.

Neposredno povezivanje dvaju trofaznih sistema različite frekvencije nije čak moguće, kao ni kod različite regulacije frekvencije u tim sistemima. Kada takvih razlika i nema, nije pak moguće stabilno povezati dva snažna elektroenergetska sistema vezom neprimjerene prijenosne snage.

Korištenje najprije živinih, a zatim tiristorskih usmjerivača za pretvaranje energije izmjeničnog trofaznog sistema u sistem istosmjerne struje i obrnuto omogućilo je primjenu istosmjerne struje za prijenos električne energije i međusobno povezivanje elektroenergetskih sistema u slučajevima kada je trebalo doskočiti nabrojenim manama trofaznoga izmjeničnog sistema (nakon punih pola stoljeća njegova korištenja).

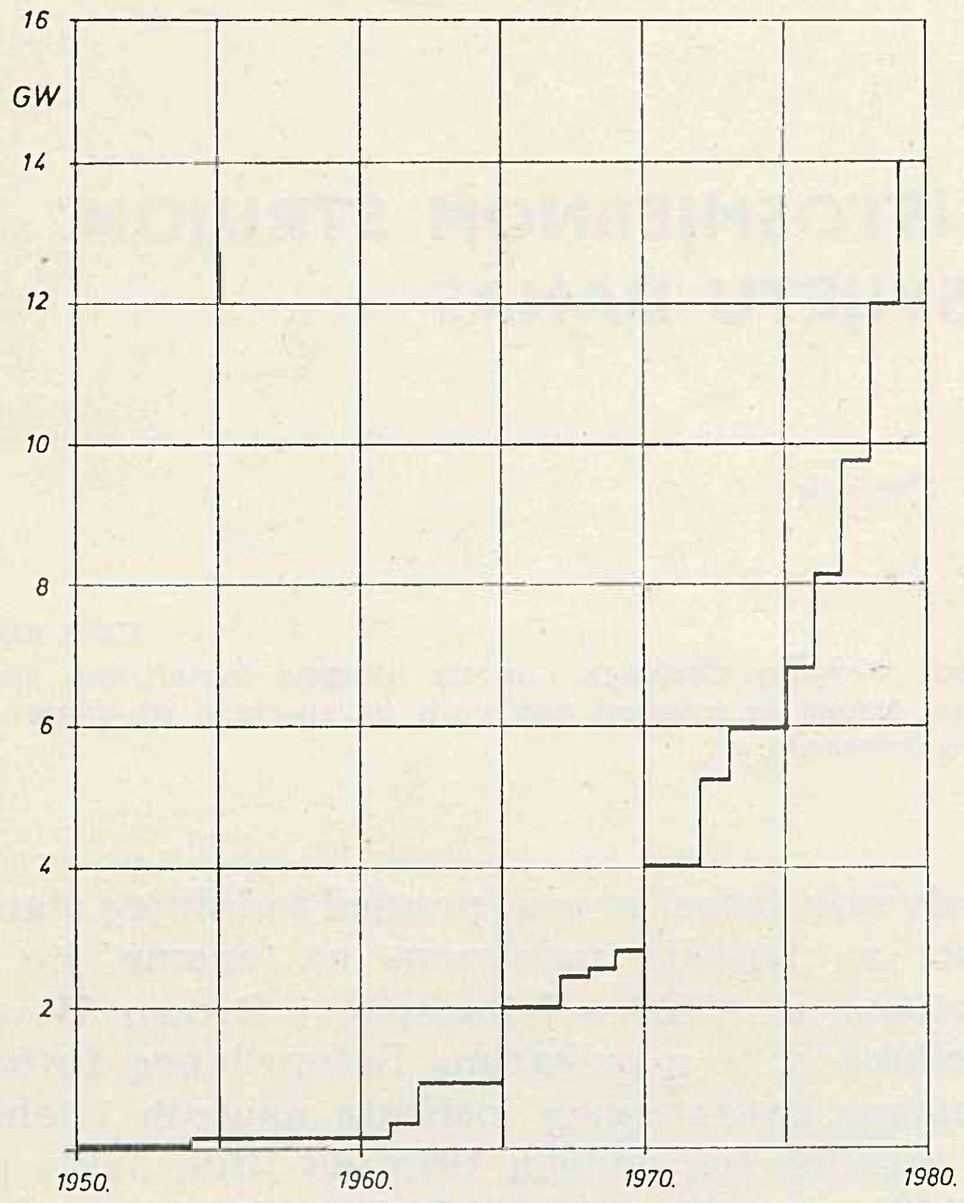
Opravdano je zamišljati da će razvoj velikih interkonekcija vjerojatno s vremenom ići u smjeru skladnog prožimanja izmjeničnog i istosmjernog prijenosa, jer će to omogućiti pogonska svojstva i cijena usmjerivača.

Međusobne teorijske usporedbe prijenosa električne energije trofaznim sistemom izmjenične struje i istosmjernom strujom učinjene su u (2) i (3), a svojedobno stanje prijenosa istosmjernom strujom prikazano je u (1) i opet u (2), odnosno u referencama koje se tamo navode. Kako u nas raste neposredno zanimanje za takav prijenos, odnosno povezivanje, iznosi se ovaj pregled sadašnjeg stanja. Podaci se temelje uglavnom na onome što je objavljeno u ASEA—Zeitschrift i Brown Boveri Mitteilungen, te u prikazima Referativnog žurnala sovjetskog Svesaveznog instituta naučnih i tehničkih informacija, godišta 1975. do 1979, dakle posljednjih pet godina. Izvori koji naglašenije sadrže taj materijal nabrojeni su pojedinačno kao dokumentacija na kraju članka.

DOSADAŠNJI RAZVOJ

Prvi probni pogon prijenosne linije istosmjerne struje visokog napona ostvarili su Sovjeti 1950. godine. Bio je to prijenos Kašira—Moskva snage 30 MW na daljinu od 112 kilometra i uz napon ±100 kV. Kabelsko povezivanje otoka Gotlanda sa švedskim kopnom, za prijenos snage 20 MW na daljinu od 96 kilometara i uz napon između vodiča i plašta kabela od 100 kV, ostvaren 1954. godine, smatra se prvim komercijalnim istosmjernim prijenosom u svijetu. Dakle, zbilo se to ranih pedesetih godina, primjenom živinih usmjerivačkih ventila, uz manju pouzdanost i niže prijenosne snage od tadašnjih mogućnosti prijenosa trofaznom izmjeničnom strujom visokog napona. Naime, od 1952. godine već je u pogonu prijenos izmjeničnim naponom 380 kV u Švedskoj.

Na prijelazu šezdesetih u sedamdesete godine počinje korištenje tiristorskih usmjerivačkih ventila. Prototip tiristorskog ventilskog bloka od 1967. je godine ispitivan u pogonskim uvjetima, da bi od 1970. godine počeo komercijalni pogon, opet na prijenosnoj liniji za otok Gotland. Ugradnja tiristorskih ventila, namjesto živinih, u postrojenjima za prijenos istosmjernom strujom povećava ekonomičnost i pouzdanost tih postrojenja i bitno smanjuje potrebu posluživanja. Znatno je smanjena i tlocrtna veličina usmjerivačkog postrojenja. Rastu jedinične snage usmjerivačkih blokova. Danas najveći isporučeni a vodom hlađen tiristorski usmjerivački blok ima ove nazivne podatke: 133 kV, 2 160 A. Ugrađen je u usmjerivačku stanicu



Sl. 1. Instalirana snaga istosmjernih prijenosa u svijetu prema godinama stavljanja u pogon

Sylmar na liniji Pacific Intertie (SAD) radi zamjene tamošnjih živinih ventila. Načinjen je iz 80 serijskih povezanih tiristora, efektivne površine 45 cm² (promjer 75 mm), konstruiranih za ekvivalentnu istosmjernu struju mosta od 3,5 kA, bez paralelnog spajanja!

Takav razvoj tiristora omogućio je istosmjerne prijenose vrlo velikih snaga. Danas je najveći prijenos u svijetu u pogonu između Mozambika i Južnoafričke Republike: 1 940 MW na oko 1 400 kilometara i uz napon od ±535 kV (Cabora Bassa—Apollo).

Ukupna instalirana snaga istosmjernih prijenosa u svijetu udvostručavala se približno svakih 5 godina od 1965. godine, a današnji je rast postao još ubrzaniji (sl. 1). Danas je u pogonu u svijetu dvadesetak istosmjernih prijenosa, ukupne instalirane snage od oko 14 GW.

SADAŠNJE STANJE

Raspored izgrađenih prijenosa istosmjernom strujom visokog napona prikazan je na geografskoj karti (sl. 2), a sonovni njihovi tehnički podaci dani su u tablici. Razlozi za ostvarene primjene istosmjernih prijenosa jesu:

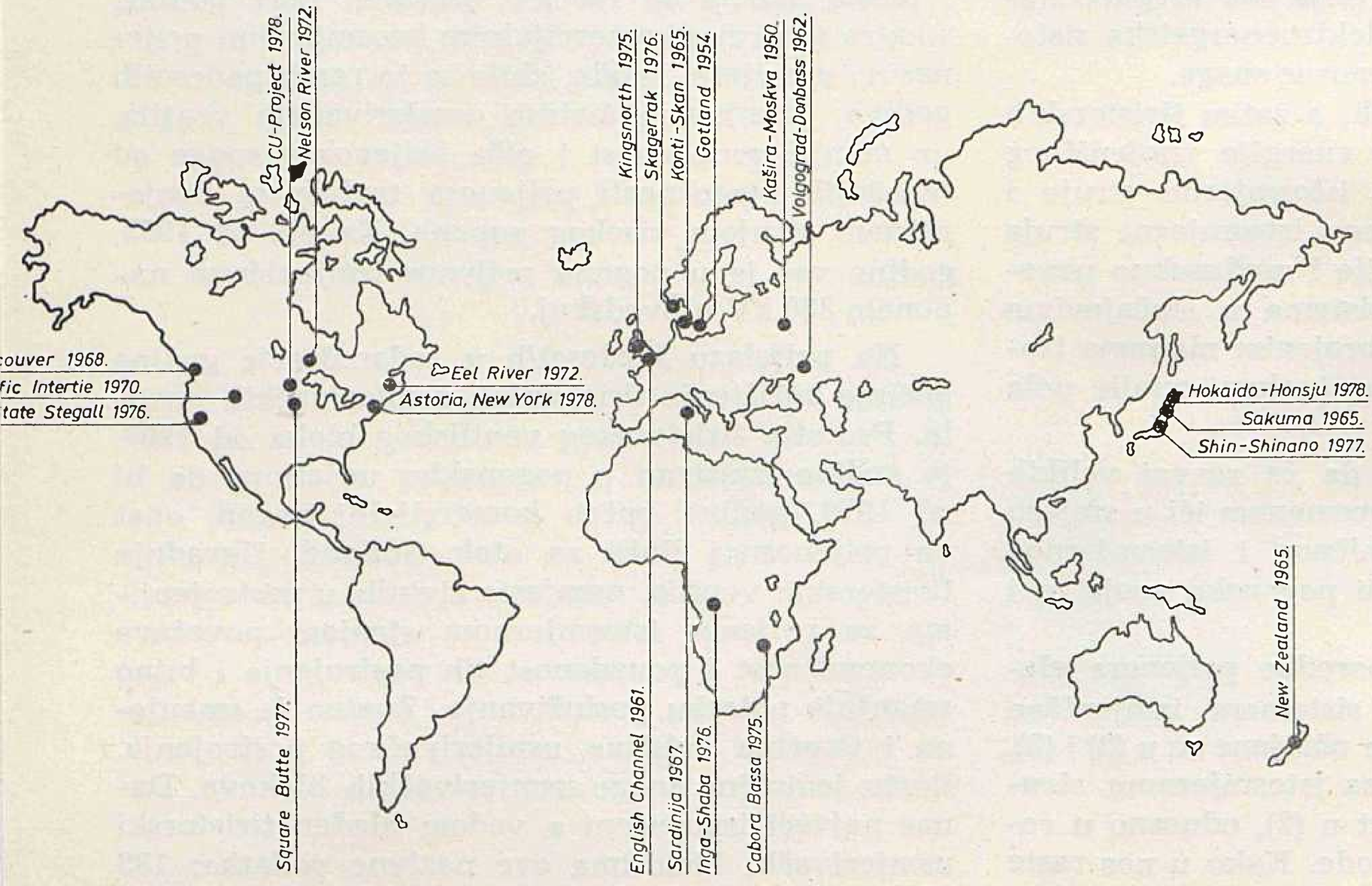
— prijenos podmorskim kabelom; oko 40 kilometara trase smatra se granicom iznad koje se može očekivati prednost istosmjernog prijenosa pred trofaznim izmjeničnim.

Pri kabelskom povezivanju prednost se kod određene udaljenosti ostvaruje zbog jeftinije konstrukcije kabela za istosmjernu struju od kabela za izmjeničnu struju iste prijenosne snage, što kompenzira ulaganja u usmjerivačke stanice. Pri malo većim duljinama kabela izmjenične struje nužna je kompenzacija kapacitivne struje, jer bi bez toga presjek vodiča bio neraspoloživ za korisni prijenos. Podzemni kabelski izmjenični prijenos to poskupljuje, a podmorski — nakon neke udaljenosti — onemogućuje jer bi kompenzacija bila teško provodiva;

— asinhrono povezivanje mreža; bilo da je potrebno povezati mreže različitih nazivnih frekvencija ili se žele povezati sistemi s različitom regulacijom iste nazivne frekvencije;

— prijenos velikih snaga zračnim vodom na velike udaljenosti.

Povezivanje nadzemnim dalekovodom istosmjerne struje postaje konkurentno na udaljenosti kod koje se ulaganje u usmjerivačke stanice kompenziraju s uštedama na dalekovodu (dva namjesto tri vodiča, jeftiniji stup, uža trasa, nepotrebna kompenzacija duž voda). Red veličine je oko 1 000 MW na više stotina kilometara, kod kojeg prijenosa se može očekivati prednost primjene istosmjerne struje. Ta se granica s vremenom smanjuje zbog sporijeg rasta specifične cijene usmjerivačkih stanica od porasta cijene izgradnje zračnih dalekovoda (troškovi materijala, opreme i građenja, te cijena trase);



Sl. 2. Lokacije istosmjernih prijenosa

OSNOVNI PARAMETRI IZGRAĐENIH ISTOSMJERNIH PRIJENOSA

Istosmjerni prijenos	Država	Godina stavljanja u pogon	Snaga (MW)	Napon (kV)	Zračni vod (km)	Kabel (km)	Izvedba ventila	Prvenstveni razlozi primjene istosmjernog prijenosa
Kašira — Moskva	SSSR	1950.	30	±100	112	—	Ž	Stjecanje iskustva u pogonu
Gotland	Švedska	1954.	20	100	—	96	Ž	Podmorski kabel
		1970.	10	50			T	
English — Channel	Engl. — Franc.	1961.	160	±100	—	64	Ž	Podmorski kabel - asihrono povezivanje
Volgograd — Donbas	SSSR	1964-65.	720	±400	470	—	Ž/T	Udaljenost i snaga
New Zeland	N. Zeland	1965.	600	±250	575	42	Ž	Velika udaljenost - podmorski kabel
Sakuma	Japan	1965.	300	2×125	—	—	Ž	Povezivanje 50/60 Hz
Konti — Skan	Danska — Švedska	1965.	250	250	86	87	Ž	Podmorski kabel
Sardinia	Italija	1966.	200	200	290	116	Ž	Podmorski kabel
Vancouver 1		1967.	78	130	41	28	Ž	
	Kanada	1969.	312	260			Ž	Podmorski kabel
Vancouver 2		1976.	370	280			T	
Pacifi intertie	SAD	1970.	1 440	±400	1 360	—	Ž/T	Velika udaljenost i snaga
Nelson river 1		1972.	810	+150	960	—	Ž	Velika udaljenost i snaga
	SAD	1977.	1 620	−300			Ž	
		1978.	900	±450			T	
Nelson river 2		1972.	320	±250			T	Različita regulacija frekvencije
Eal river	Kanada	1975.	970	2× 80	—	—	T	
Cabora Bassa-Apollo	Mozamb. — Jar	1979.	1 940	±266			T	Velika udaljenost i snaga
		1973.	640	±533			Ž	Kabelsko povez. elektrane uz ogranič.
Kingsnorth	Engleska	1976.	560	±266	—	84	T	struje KS
Inga — Shaba	Zair	1976.	250	±500	1 700	—	T	Velika udaljenost
Skagerrak	Norv. — Danska	1977.	500	±250				
		1977.	300	±250	110	130	T	Podmorski kabel
Shin — Shinano	Japan	1976.	100	125	—	—	T	Povezivanje 50/60 Hz
Stegal	SAD	1977.	500	50	—	—	T	Asihrono povezivanje
Square butte	SAD	1978.	1 000	±250	740	—	T	Velika udaljenost
CPA/UPA project	SAD	1978.	300	±400	675	—	T	Velika udaljenost - zaštita okoline
Hokaido — Honsju	Japan	1978.	100	—	—	—	—	Podmorski kabel
Astoria, New York	SAD			100	—	0,6	T	Povezivanje uz ograničenje struje KS

— prijenos podzemnim kabelom; na oko 80 kilometara trase može se očekivati prednost istosmjernog prijenosa;

— zadržavanje postojećih struja kratkog spoja u mrežama i nakon njihova povezivanja istosmjernim prijenosom; kako se struja prijenosa drži kontroliranom, to je doprinos jednog sistema kod kratkog spoja u drugom sistemu ograničen;

— zaštita okoline, u estetskom pogledu i prema zauzetoj širini trase (usporediti dvožični zračni dalekovod istosmjerne struje s dvosistemskim trofaznim vodom!), te u pogledu stalnosti i nivoa električnog polja (biološki efekti i telekomunikacione smetnje).

U tablici je naznačeno što su bili prvenstveni motivi za primjenu istosmjernog prijenosa u pojedinom slučaju. Dakako, u svakom je slučaju usput ostvaren i veći stupanj zaštite okoline i zadržan je porast struje kratkog spoja u mreži.

Pozitivni i negativni znak pred iznosom napona u tablici znači da se radi o dvopolnom prijenosu, te je jedan vodič na tolikom pozitivnom, a drugi na tolikom negativnom potencijalu prema zemlji. Kada je iznos napona bez takve oznake, to znači da je primijenjen jednopolni prijnos, te je to napon između vodiča i plašta kabela, odnosno zemlje.

Kod asinkronih povezivanja izmjeničnih mreža moguća je i izvedba neposrednog spoja ispravljačkog postrojenja (bez voda istosmjerne struje). Izgrađena su tri takva prijenosa: Sakuma, Eal River i Stegall. Detaljnije vidjeti u (7).

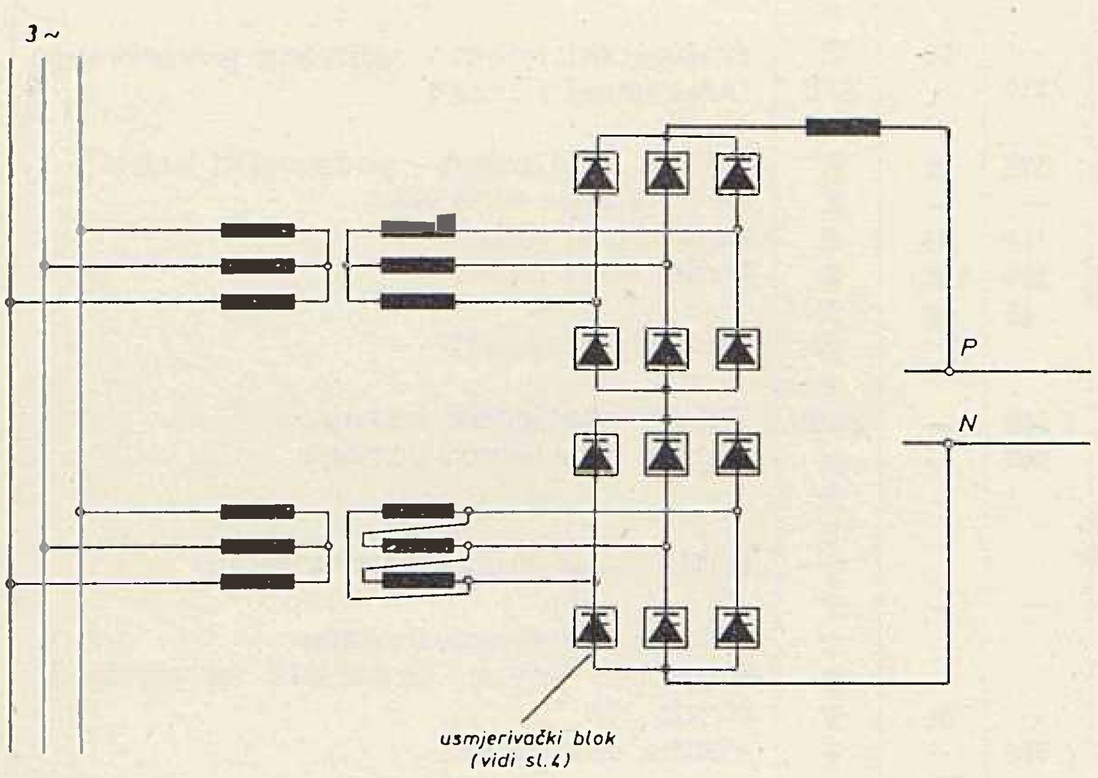
PRIMJENA TIRISTORA

Sigurno je da je sadašnje stanje i zamah izgradnje istosmjernih prijenosa u svijetu posljedica pogonskih i ekonomskih svojstava usmjerivačkih postrojenja izvedenih primjenom tiristorskih usmjerivačkih ventila.

Tiristor je poluvodič kojem se početak vođenja struje u propusnom smjeru određuje impulsom na upravljačku elektrodu s većim ili manjim kašnjenjm od nastupa nulte vrijednosti sinusoidnog napona propusnog smjera, čime se regulira srednja vrijdnost ispravljene struj. U postrojenjima, o kojima je ovdje riječ, primjenjuje se uglavnom 12-pulsni trofazni most (sl. 3). Tu se napajanje tiristorskih ventila obavlja iz dva trofazna transformatora, jednome su sekundarni namoti spojeni u trokut a drugome u zvijezdu. Time su u primarnoj struji izraženi tek 11. i 13. harmonijski članovi. Kod primjene samo jednog usmjerivačkog transformatora i trofaznog mosta imali bismo 6-pulsni usmjerivač s izraženim 5. i 7. harmonijskim čla-

novima, povrh 11, 13. i još viših harmonijskih članova, što čini složenim i poskupljuje filtriranje. Ukupna tipna snaga dva usmjerivačka transformatora za 12-pulsni spoj, što je značajno pri toj uspredbi, jednaka je tipnoj snazi jednog transformatora za 6-pulsni spoj (oko 5% veća od nazivne istosmjerne snage usmjerivača).

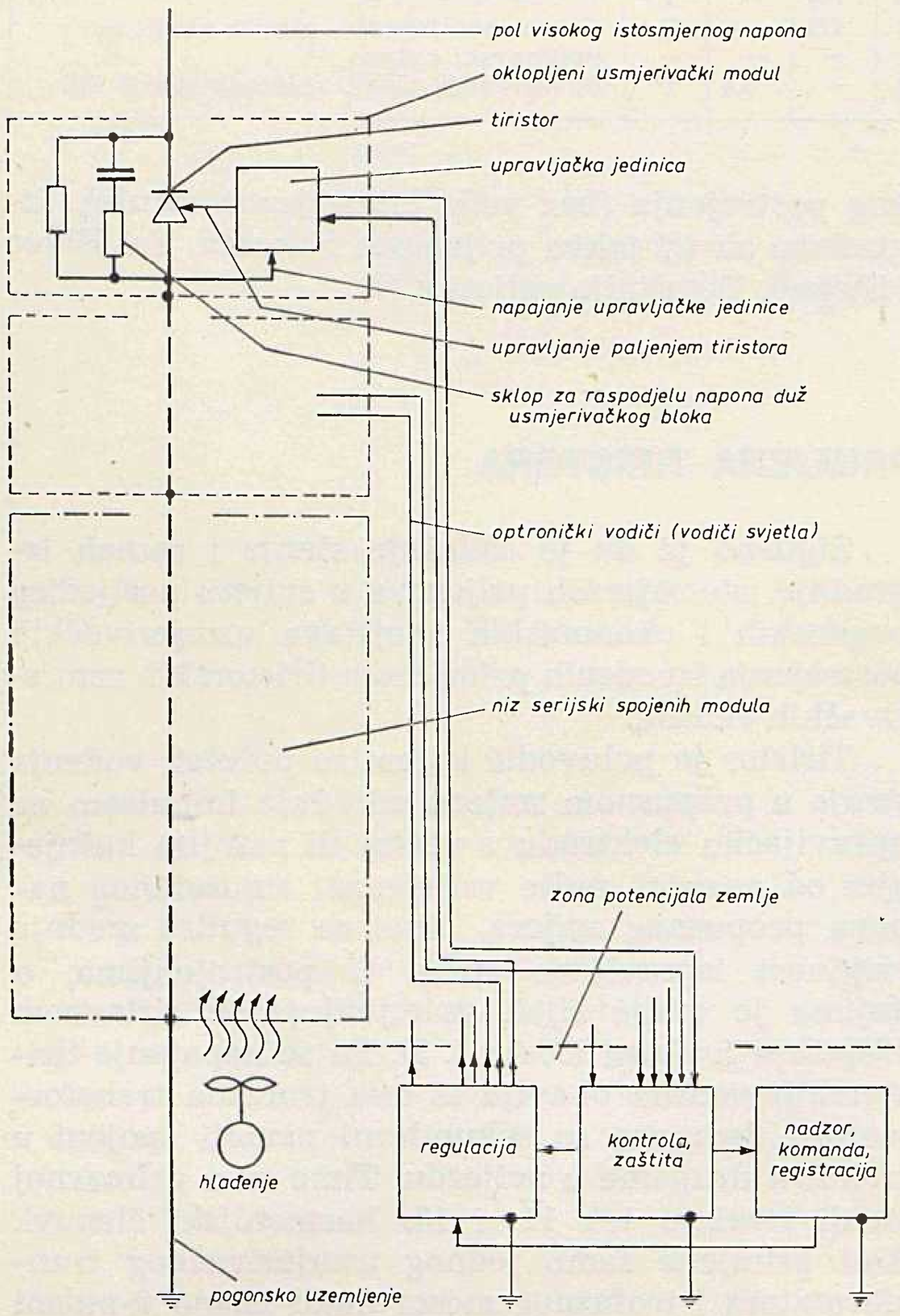
Tiristorski usmjerivački blok konstrukciono se oblikuje kako je načelno prikazano sl. 4. Nekoliko tiristorskih ventila spojenih u seriju čine usmjerivački modul. Takvi se moduli slažu, uz serijski električni spoj, u prostornu spiralnu prizmu pravokutna tlocrta. Najdonji moduli su na najnižem, a najgornji na najvišem potencijalu. Takav blok čini jedan usmjerivački element sa sheme na sl. 3, polovinu jedne grane ili pak čitavu granu trofaznog 12-pulsnog mosta. Svaki je modul oklopljen da se spriječi veliko električno polje na njegovim unutrašnjim elemetima. Paralelno tiristorima, spojeni su sklopovi za raspodjelu potencijala duž usmjerivačkog bloka što je principijelno nužno u dijelovima periode vremena kada pojedini tiristori ne vode struju. Serijski spojene nelinearne prigušnice smanjuju strminu prenapona kod komutacije. Upravljačka jedinica daje tiristorima impuls za vođenje, za što dobiva nalog iz jedinice za regulaciju usmjerivača. Upravljačka jedinica povezana je optroničkim vodičima (vodičima svjetla) s regulacionim, kontrolnim i zaštitnim uređajima, a energiju za pogon uzima iz primarnog kruga. Na taj je način elegantno riješeno pitanje odvajanja visokog potencijala od pomoćnog postrojenja. Dakako, na početku i kraju optroničkih vodiča potrebni su pretvarači koji električne signale pretvaraju u svjetlosne i obrnuto.



Sl. 3. Spoj 12-pulsnog trofaznog usmjerivačkog mosta

Hlađenje tiristora u takvom usmjrivačkom bloku obavlja se iz razumljivih razloga čistim i suhim zrakom u zatvorenom krugu. Predaja topline okolini obavlja se izmjenjivačem. Kod vršnih snaga tiristorskih ventila izvodi se primarno hlađenje vodom u zatvorenom krugu. Ima izvedbi i s uljnim hlađenjem i uljnom izolacijom, za vanjsku montažu.

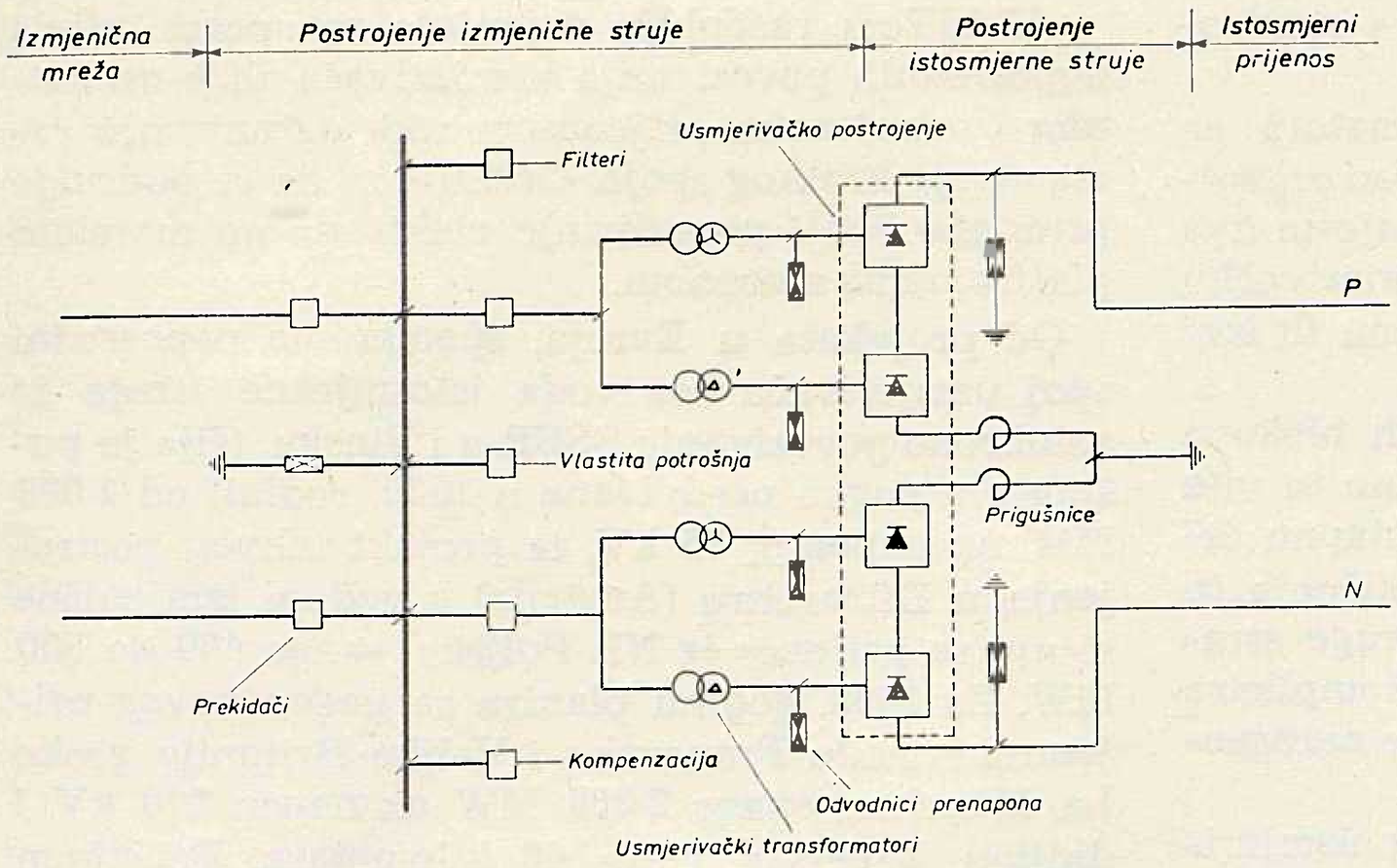
Načelna shema cjelovitog postrojenja usmjerivačke stanice prikazana je sl. 5. Postrojenje je isto na oba kraja istosmjernog prijenosa, samo je pogonsko stanje usmjerivača određeno smjerom energije. Ako se pretvorba obavlja tako da energija struji iz izmjenične mreže, govorimo o ispravljaču; obrnuto — usmjerivačko postrojenje radi kao izmjenjivač. Između ispravljača i izmjenjivača mora biti uspostavljena signalna linija (npr. vf-veza po rodu), radi koordinacije regulacije.



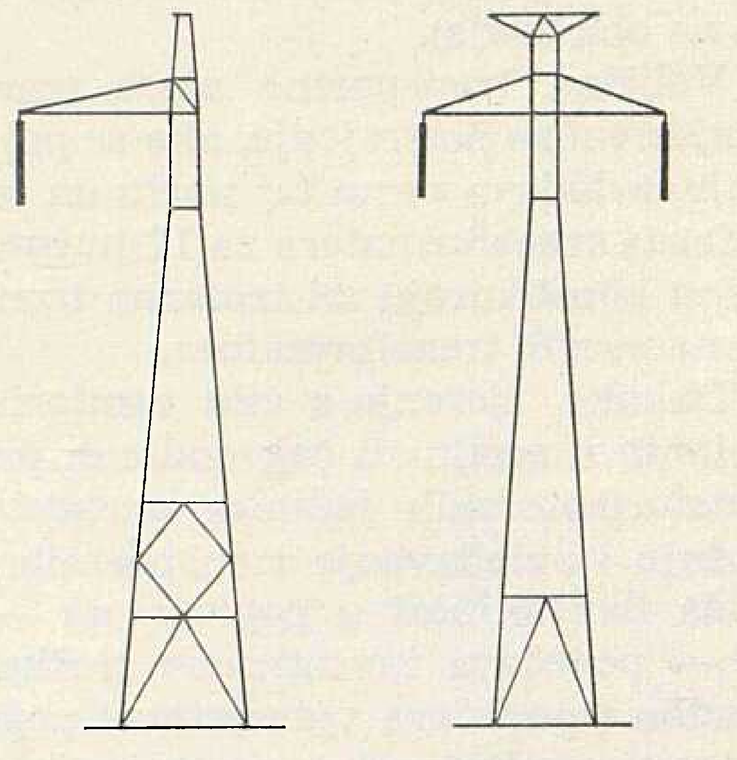
Sl. 4. Načelni prikaz izvedbe tiristorskog usmjerivačkog bloka

Postrojenje istosmjerne struje opremljeno je skromno. Tu su samo rastavljači kojima se izabire uklopno stanje. Nema prekidača istosmjerne struje koji još nisu razvijeni za visoke rasklopne snage. Prikladnim spojevima pojedinih usmjerivačkih blokova opremljenih rastavljačima omogućuju se različite pogonske kombinacije: spajanje blokova u seriju, dodavanje paralelnih grana, zamjena polariteta na prijenosnom vodu, izdvajanje kvarnog dijela iz pogona, pogonsko i privremeno uzemljivanje i sl. Prigušence se ugrađuju u istosmjernom krugu radi osiguraja dovoljne količine stalne istosmjerne struje. Usmjerivački blokovi mogu sadržavati takve prigušnice da otpada potreba ugradnje vanjskih prigušnica.

usmjerivačko postrojenje sadrži usmjerivačke blokove, postrojenje za hlađenje i pomoćno postrojenje, što je već opisano. Izvodi se kao zatvoreno u zgradi koja ima tlocrt 1 do 2 m^2 za 1 MW snage usmjerivača.



Sl. 5. Načelna shema usmjerivačke stanice



Sl. 6. Izvedbe zračnih dalekovoda istosmjerne struje

Usmjerivačkim transformatorima počinje postrojenje trofazne izmjenične struje opremljeno uobičajenim poljima transformatora i dalekovoda. Polja specifična za usmjerivačku stanicu jesu: za priključak filtera kojima se prigušuju viši harmonijski članovi u struji izmjenične mreže, te za priključak rotacionih ili statičkih kompenzatora za proizvodnju jalove energije potrebne usmjerivaču (instalirane snage i do 50% snage istosmjernog prijenosa).

Eventualno dolazi i polje za priključak vlastite potrošnje usmjerivačke stanice, ako to nije drugačije riješeno.

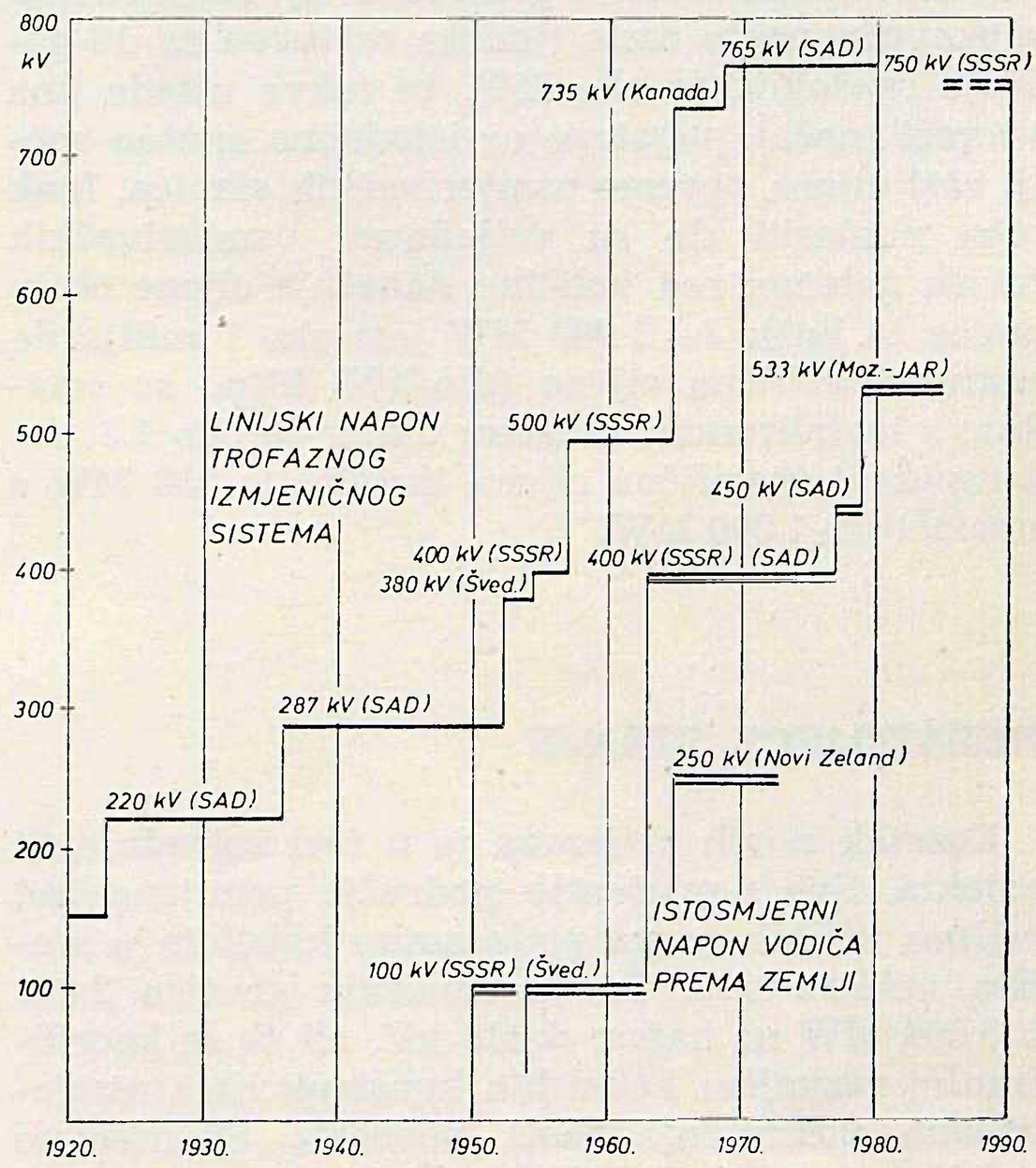
Zaštita od prenapona bitna je za osjetljivo usmjerivačko postrojenje. Izvodi se odvodnicima prednapona s obje strane usmjerivača, te na postrojenju izmjenične struje.

Zračni vod za istosmjerni prijenos izvodi se kao dvopolni, rjeđe jednopolni (sl. 6). Prema pogonskim svojstvima odgovara, dakle, izvedbi dvostrukog ili dvaju jednostrukih trofaznih vodova izmjenične struje, ako je u havarijskim prilikama dopušten pogon samo jednog vodiča istomsmjerne struje (uz zemlju kao povratni vodič), dakako uz 50% snage prijenosa. Kabelski vodovi izvode se češće kao jednopolni jednostruki kabel, no ima prijenosa i sa dva jednopolna kabela, npr. podmorski prijelaz La Manchea ili Skagerraka.

Pogonski napon primijenjen između vodiča i zemlje rastao je od 100 kV pedesetih godina na 250 kV i 400 kV šezdesetih godina, te 533 kV danas (sl. 7). Povezivanjem tiristorskih ventila u seriju tvore se povoljni usmjerivački blokovi za željezne napone. Serijskim povezivanjem tih blokova povećavaju se nazivni naponi, a eventualnim paralelnim dodavanjem povećavaju se nazivne struje pojedinih etapa izgradnje istosmjernih prijenosa. Kod neposrednog povezivanja jednog usmjerivača uz drugi (bez voda istosmjerne struje) izabiru se nazivni naponi i struje tako da se dobije optimalna konstrukcija usmjerivača (relativno velika nazivna struja uz ne prevelik nazivni napon).

Snagu prijenosa određuju potrebe prijenosa i, kod zračnih dalekovodnih linija, ona nije ograničena današnjim mogućnostima usmjerivačkih postrojenja. Kod podmorskih kabela ograničenje predstavlja kabel. To je za današnji uljnoimpregnirani kabel 300 do 400 MW, uz napon od ±300 kV.

Nazivni izmjenični napon postrojenja usmjerivačke stanice koji je primijenjen u izvedenim postrojenjima, u polovici je slučajeva između 220 i 275 kV, a u trećini između 110 i 150 kV. Samo je u jednom slučaju napon postrojenja izmjenične struje 350 kV. To je razumljivo ako se usporedi cjelovita linija za istosmjerni prijenos (dakle vod istosmjerne struje s usmjerivačkim stanicama na oba kraja) s linijom za izmjenični prijenos (dakle trofazni vod



Sl. 7. Najveći pogonski nazivni naponi izmjeničnog i istosmjernog prijenosa prema godinama stavljanja u pogon

vrlo visokog napona s transformatorskim stanicama na oba kraja).

Veličina transportne mase transformatora za usmjerivačko postrojenje, ako se pojavi kao ograničenje, svladava se na taj način da se namjesto dva trofazna transformatora za 12-pulsnu usmjerivačku grupu konstruiraju tri trofazna tronamotna ili šest dvonamotnih transformatora.

Dakako, rješenje s više usmjerivačkih blokova spojenih u seriju ili čak dodanih paralelno te više transformatorskih jedinica omogućuju etapnu izgradnju i svladavanje transportnih ograničenja te pruža fleksibilnost u pogonu, no — s druge strane — povećava investicione troškove, komplicira izvedbu i povećava vjerojatnost pogonske neraspoloživosti usmjerivačkog postrojenja.

Gubici, uz koje danas rade tiristorske usmjerivačke stanice iznose oko 1,5% (u tome: transformatorski gubici oko 0,6%, gubici u ventilima oko 0,3% i ostali gubici 0,6). Dakle, to su postrojenja s visokim stupnjem djelovanja; ventili sudjeluju u ukupnim gubicima s oko 20%.

Može se postići da interval održavanja za tiristorski usmjerivački blok bude veći od 1 godine, tako da posluživanje postaje jednako kao i za ostale elemente visokonaponskih rasklopnih postrojenja. Omogućeno je daljinsko upravljanje postrojenjem bez posade uz jednu godišnju reviziju te stanovit ciklički nadzor tokom godine.

To naravno vrijedi ako za kompenzaciju jalove energije nije primijenjen rotacioni kompenzator u postrojenju izmjenične struje, jer on iziskuje učestalo posluživanje.

Cijena dvopolnog zračnog dalekovoda istosmjerne struje prema trofaznom vodu izmjenične struje za istu prijenosnu snagu niža je za oko trećine. U početnim sedamdesetim godinama cijena izgradnje dalekovoda naglo raste (indeks ostvaren za 10-godišnje razdoblje je oko 250), te takva ušteda ima sve veći značaj, pogotovo uz istodobno znatno sporiji rast cijena opreme usmjerivačkih stanica. Ipak treba naglasiti da su vrijednosti usmjerivačkih stanica goleme; red veličine današnje cijene obiju stanica za liniju od 1 000 MW jest oko 1 milijarde dinara. Specifična cijena (din/kW) bitno se smanjuje s instaliranom snagom; omjer je oko 1,5 ako se usporedi specifična cijena instalacije 250 MW s instalacijom 1 000 MW.

PREDSTOJEĆE STANJE

Desetak novih prijenosa je u fazi izgradnje ili projekta. Sve naglašenije područje primjene jest prijenos velikih snaga podzemnim kabelom u središta velegradova. Tu je današnja granica 2 000 do 3 000 MW uz napon ±600 kV, ali će se koordiniranim razvojem kabelskih konstrukcija i usmjerivačkih postrojenja moći povećati. Spomenimo projekt istosmjernog kabelskog prijenosa u središte Chicaga (SAD) od 2 000 MW.

U bližem razdoblju ocjenjuje se porast udjela neposrednih povezivanja usmjerivača ili s neznatnim istosmjernim prijenosom radi ograničenja rasta struje kratkog spoja. Očekuje se da će područje primjene biti i povezivanje elektrana na morskim platformama s kopnom.

Od projekata u Evropi, spomenimo neposredni spoj usmjerivača bez voda istosmjerne struje za asinhrono povezivanje SSSR-a i Finske, (čije je puštanje u pogon predviđeno u 1980. rodini) od 1 000 MW uz napon ± 85 kV, te projekt takvog postrojenja u Dürnrohru (Austrija) s vodom izmjenične struje za prijenos iz NR Poljske, snage 400 do 500 MW. Za 1985. godinu planira se pogon novog prijenosa između Francuske i Velike Britanije preko La Manchea, snage 2 000 MW uz napon 270 kV i duljinu kabelske trase 46 kilometara. Početkom osamdesetih godina doći će do udvostručenja snage postrojenja Nelson River 2 u SAD sa sadašnjih 900 na 1 800 MW. U Brazilu spominje se projekt od 6 300 MW.

Sredinom osamdesetih godina očekuje se pogon istosmjernog prijenosa Ekibastuz — Centar u SSSR-u snage 6 000 MW na oko 2 500 kilometara, uz napon ± 750 kV. U Aziji se spominje i projekt istosmjernog prijenosa 2 000 MW na 900 kilometa- između Indije i Bangladeša (Tsangpo George).

Na taj način oko 1985. godine treba očekivati ukupnu instaliranu snagu istosmjernih prijenosa u svijetu od oko 30 GW, a najveće parametre pojedinačnog prijenosa: snagu od 6 GW, udaljenost 2 500 kilometara i napon ± 750 kV.

TRANSMISSION OF ELECTRIC POWER BY HIGH VOLTAGE DIRECT CURRENT IN WORLD TO-DAY'S

In the whole world is to-day's about twenty high voltage DC transmissions in operation, installed capacity of 14 GW, and in construction or in project are more ten transmissions. Due to up to day development and to-day's condition and estimation of future tendencies, survey of basic parameters is presented.

LITERATURA

(1) B. Markovčić: Stanje prijenosa istosmjernom strujom visokog napona danas u svijetu, Energija 1967/3—4.

(2) B. Markovčić: Razvoj i tendencije prijenosa velikih snaga, Energija 1971/5—6. i 7—8.

(3) J. Käuferle: HGÜ-Alternative zur Wechselstrom-Übertragung, Brown Boveri Mitteilungen 1978/9.

(4) M. Martensson, P. Danfers: Die Entwiklung der HGÜ--Technik bei der ASEA, ASEA-Zeitschrift 1975/6. i 1979/3.

(5) A. Nilsson: Konstruktion von HGÜ-Thyristorventilen, ASEA-Zeitschrift, 1979/4.

(6) Referativni žurnal Svesaveznog instituta naučnih i tehničkih informacija SSSR, br. 1975/10. i 1979/2.

(7) M. Plaper: Asinhrone interkonekcije elektroenergetskih sistema, Elektroprivreda 1979/9-10.

(8) M. Plaper, D. Sajovic: Razvoj elektroprivrede Jugoslavije do 1985. godine, s osvrtom na 1980. godinu i vizijom do 2000. godine — Jednovremeni rad s evropskim elektroprivrednim interkonekcijama, Elektroinštitut »M. Vidmar«-Ljubljana, 1979.

Naslov pisca:
Marijan K a l e a, dipl. inž.
Elektroslavonija — Osijek

Energija God. 29 (1980) br. 9—10, 341—343.

PROBLEMATIKA KABELA ZA PRIJENOS VELIKIH SNAGA U OKVIRU CIGRÉ

Boris Markovčić, Zagreb

UDK 621.316.1

Zasjedanja Međunarodne konferencije za velike električne mreže, CIGRE, predstavljaju skupove najeminentnijih svjetskih stručnjaka, pa je stoga vrlo značajno što se piše u referatima za takve skupove i o čemu se diskutira. U članku su izneseni problemi koji su se obrađivali u grupi 21, CIGRE — energetski kabeli u razdoblju 1970—1980, iz čega se mogu razabrati stanje i tendencije moderne tehnike kabela visokog napona i velike prijenosne snage.

Kao što je poznato, Međunarodna konferencija za velike električne mreže, CIGRE, sa sjedištem u Parizu, po čijem je uzoru organiziran i naš JU KO CIGRE, uz ostale grupe problema iz područja mreža obrađuje i elektroenergetske kabele u grupi 21. Problemi kabelske tehnike proučavaju se u Studijskom komitetu 21, a svake dvije godine na generalnom zasjedanju u Parizu jedan je cijeli dan posvećen diskusijama o kabelskoj problematici na temelju desetak već prije štampanih i distribuiranih referata.

Treba naročito istaknuti da u studijskim komitetima CIGRE surađuju najistaknutiji svjetski eksperti, a na dvogodišnjim zasjedanjima sastaje se svjetska stručna elita iz područja elektroenergetskih sistema. Upravo je zbog toga zanimljivo promotriti o čemu se piše i raspravlja na takvim stručnim skupovima i zesjedanjima. To je, naime, pokazatelj što je u svijetu najaktualnije u odnosnoj tekničkoj grani i u kojem se pravcu kreće njezin razvoj.

Pokušajmo se osvrnuti na probleme kabelske tehnike o kojima se raspravljalo na zasjedanjima CIGRE u Parizu u proteklih 10 godina, tj. od 1970. do 1978, uzimajući u obzir naslove referata za zasjedanje 1980. godine.

Osnovni problemi o kojima treba pisati u referatima za zasjedanja sadržani su u tzv. preferencijalnim temama koje daje prije svakog zasjedanja odnosni studijski komitet. Za probleme kabela te su preferencijalne teme bile slijedeće:

1. Istosmjeri kabeli i mehanički problemi podmorskih kabela,
2. Kabela sa sintetskom izolacijom i njihov pribor,
3. Kabelski uređaji za velike snage, klasične i nove tehnike.

Treba istaknuti, što je jedinstven slučaj u radu CIGRE, da se ove tri preferencijalne teme nisu mijenjale posljednjih 10. godina, tj. na posljednjih 6 zamjedanja.

U okviru prve teme rješava se problematika istosmjernih kabela. Danas su u upotrebi uljno-papirni kabeli do 300 kV, a u ispitivanju su do 600 kV. Nadalje se ispituje mogućnost upotrebe visokonaponskih istosmjernih kabela sa sintetičnom izolacijom.

Budući da se takvi kabeli upotrebljavaju za istosmjerne prijenose velikih snaga ispod mora, s time su vezani i problemi podmorskih kabela općenito, prvenstveno mogućnosti polaganja u velike dubine i zaštita kabela od mehaničkog oštećenja (npr. sidra, ribarenja). Na savjetovanjima je bilo mnogo diskusije o mogućnosti popravka na dubinama od 500 do 1 000 m.

Kabeli sa sintetičkom izolacijom koji su predmet druge teme, danas su u pogonu do napona 220 kV (Francuska), a provode se intenzivna ispitivanja za mogućnost primjene na još višim naponima primjenjujući različite kemijske sastave i strukture sintetske izolacije (npr. umreženi i neumreženi polietilen itd.).

Ovakvi kabeli imaju niz odličnih osobina, što opravdava vrlo opsežna ispitivanja u mnogim industrijskim zemljama. Glavne su slijedeće prednosti:

— nema hidrostatičkih problema pri polaganju na kosinama,
— mala opasnost požara i njegova širenja,
— brza i pouzdana montaža zbog jednostavnih garnitura,
— visoka strujna opteretivost zbog niskih dielektričkih gubitaka i malih struja nabijaja,
— brzi popravak kvarova.

Radi poboljšanja kvalitete i povišenja električkog polja na vodiču provode se prvenstveno slijedeća ispitivanja: dugovremeno ponašanje ekstrudirane izolacije, mehanizam proboja, eliminiranje oneščićenja, mikroskopskih šupljina i vlage. Naročito se mnogo pažnje posvećuje istraživanju parcijalnih pražnjenja i pojavi grananja izolacije (treeing).

Za prijenos velikih električkih snaga, prema trećoj preferencijalnoj temi, razmatraju se dvije tehnike. Stara tehnika, nauljenim papirom izoliranih kabela, čija se prijenosna snaga može povećati

llađenjem, i nova tehnika, gdje se prvenstveno misli na plinske SF_6 kabele, duboko hlađene i supravodljive kabele.

Klasični uljni kabeli grade se danas do 400 kV za prijenos nekih 450 MVA. Mnogi smatraju da ih ima smisla graditi do napona 800 kV s jakošću polja od oko 20 kV/mm, premda npr. u Italiji i SAD provode ispitivanje i za znatno više napone.

U gradnji ovakvih kabela nema izolacionih problema, već su istraživanja usredotočena na problem termičke opteretivosti koja ovisi o:

— trajnoj maksimalno dopuštenoj temperaturi za izolaciju (za nauljeni papir 85°C),
— gubicima u kabelu,
— toplinskom otporu kabela i okolnog zemljišta.

U kabelima izmjenične struje dva su osnovna izvora gubitaka koji se manifestiraju u pojavi topline:

— džulski gubici u vodiču razmjerni s kvadratom struje (I^2r),
— dielektrički gubici u izolaciji razmjerni kvadratu napona ($U^2wctg\delta$).

Kako dielektrični gubici rastu s kvadratom napona, problem toplinskog opterećenja na vrlo visokim naponima je očigledan.

Budući da je, kako je rečeno, termička opteretivost glavna zapreka u upotrebi klasičnih kabela za prijenos velikih snaga, sama se od sebe nameće ideja da se poveća odvod topline umjetnim hlađenjem. Na tim se problimemi teoretski i praktički vrlo mnogo radi širom svijeta.

Sistemi hlađenja, čija se primjena proučava, mogu se svrstati u tri slijedeće grupe.

a) Indirektno ili lateralno hlađenje, gdje se cirkulacijom vode u cijevima hladi teren u koji su položeni kabeli. Npr., uz tri jednofazna kabela, paralelno se polože 4 cijevi s vodom. Time je moguće povećati opteretivost kabela do 50%.

b) Direktno vanjsko ili integralno hlađenje provodi se polaganjem kabela u kanale ili cijevi s tekućom vodom. Takav način hlađenja može opteretivost povećati 2 do 3 puta. Pri tome posebno treba proučavati hlađenje spojnica i zaglavaka.

c) Najintenzivnije hlađenje može se postići direktnim internalnim hlađenjem vodiča. Rashladna tekućina prisilno cirkulira u šupljini vodiča. Unutarnji promjer vodiča u tom je slučaju bitno veći (npr. 80 mm), od promjera šupljine običnih niskotlačnih uljnih kabela. Ako je rashladni medij ulje, termodinamičke osobine su slabije, ali nema teškoća sa korozijom i izolacijom. Prisilnom cirkulacijom vode u šupljini može se postići najintenzivnije hlađenje. No s obzirom na probleme koji su time vezani, provode se najintenzivnija istraživanja (npr. u Njemačkoj). Takvom konstrukcijom kabela može se postići i desetorostruka opteretivost prema prirodno hlađenom kabelu određenog naponskog nivoa (npr. pri 400 kV oko 5 000 MVA). Efikasnim sistemom hlađenja može se znatno povećati opteretivost klasičnog kabela, pa se u referatima za zasjedanje CIGRE često nailazi na razradu termodinamičkih problema odvođenja topline.

U području tzv. nove tehnike prvenstveno su obuhvaćeni plinski i duboko hlađeni kabeli.

Pod plinskim kabelima podrazumijevaju se SF_6 kebali koji mogu sadržavati čisti plin SF_6 ili mješavinu s dušikom ili ugljičnim dioksidom pod tlakom od 3 do 5 bara. Takvi kabeli imaju znatne prednosti:

— visoku strujnu opteretivost,
— vosike pogonske napone,
— plin SF_6 ne gori i nije toplinski osjetljiv na kemijske promjene
— plin SF_6 vrlo dobro odvodi toplniu,
— kabel ima male struje nabijanja i zanemarive dielektrične gubitke,
— prikladni su za svladavanje velikih visinskih razlika, jer nema opasnosti od hidrostatskog tlaka.

Danas je već dosta takvih kabela u pogonu do napona od 500 kV, no njihove su dužine još ispod 1 km.

Problematika tih kabela koja je u diskusijama na međunarodnim zasjedanjima naročito naglašena jest:

— borba protiv onečišćenja plina i distantnih diskova,
— pogodna izvedba distantnog diska s obzirom na deformaciju električkog polja,
— probojna čvrstoća mješavine plina SF_6 (npr. sa N_2 ili CO_2),
— razvijanje takvih kabelskih konstrukcija koje dopuštaju izradu što je moguće duljih komada u tvornici (danas se proizvode komadi do 10 m),
— hlađenje plinskih kabela, jer se smatra da bi se na taj način mogli razviti kabeli prijenosne sage 5 000—6 000 MVA.

Ovom tipu kabela se pretskazuje velika budućnost, naročito pri dovođenju velikih snaga u središta urbaniziranih područja.

U nove kabelske tehnike spadaju, nadalje, krio i supravodljivi kabeli.

Krio-kabeli su kabeli s vodičima od čistog bakra ili aluminija, hlađeni na vrelište dušika (77,4 K ili —195,8°C), gdje otpor vodiča padne na oko 1/8 otpora pri normalnoj temperaturi.

Suprovodljivi kabeli, pak hlađeni su do temperature vrelišta helija (4,2 K ili —268,9°C) i omski im otpor potpuno iščezane.

Njihova važnost i uloga u budućem prijenosu električne energije bila je mnogo isticana krajem šezdesetih i početkom sedamdesetih godina. Danas, međutim, zbog povoljnog razvoja klasičnih hlađenih kabela i SF_6 kabela njihova je primjena odgođena na dalju budućnost. Moge su zemlje prekinule svoja istraživanja na takvoj vrsti kabela, premda se još uvijek čuju glasovi, naročito iz Amerike, da njihova upotreba u praksi nije tako daleko. Činjenica je, međutim, da je u promatranom razdoblju o suprovodljivom kabelu na zasjedanju CIGRE podnesen samo jedan jedini referat.

Godina		1970.	1972.	1974.	1976.	1978.	1980.	Ukupno	Postotak
Tematika	Istosmjerni kabeli	1	1	4		1	2	9	14,0
	Kabeli sa sintetskom izolacijom	3	3	2	4	3	5	20	31,3
	Klasični kabeli Klasični kabeli hlađeni Termodin. problemi hlađenja	1 1 1	4 2 1	1 1 2	2 3	3 2	1 2 1	12 11 5	43,7
	SF6 kabeli			2	1	2	1	6	9,4
	Suprovodljivi kabeli				1			1	1,6
Ukupno		7	11	12	11	11	12	64	100

Najbolji pregled o tome koliko se pisalo o kojoj tematica iz područja kabelske tehnike u posljednjih 6 zasjedanja CIGRE u Parizu može se vidjeti iz priložene tablice.

Za svaku grupu tema o kojima je govoreno unesen je broj referata po godinama zasjedanja. Na kraju je učinjen zbroj za sva zasjedanja i dan postotak koji se odnosi na 64 referata podnesena u tom razdoblju u grupi 21.

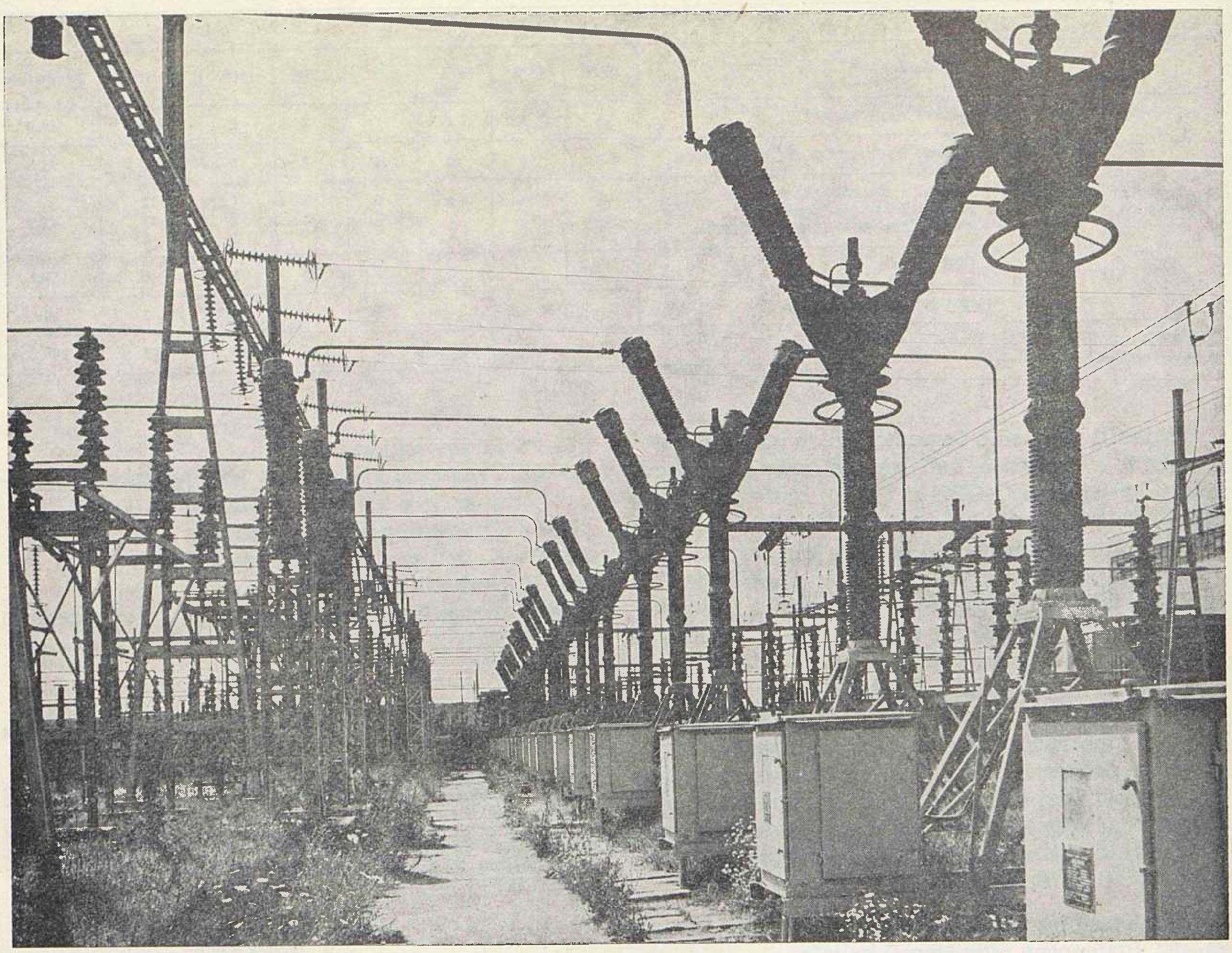
Kako je na početku spomenuto, velik dio djelovanja CIGRE odvija se u studijskim komitetima, pa je za dobivanje slike o aktualnim problemima, pa je za dobivanje slike o aktualnim problemima visokonaponske kabelske tehnike značajan rad Studijskog komiteta 21. Danas taj komitete ima 10 aktivnih radnih grupa koje obuhvaćaju slijedeću tematiku (R. G.):

21—01 Istosmjerni kabeli
21—02 Prijenosne mogućnosti kabela
21—05 Antikorozivni pokrovi (korozija plašta)
21—06 Podmorski kabeli
21—07 Transpozicija plašta kabela (problem indukcije u kabelskom plaštu)
21—08 Problemi prisilnog hlađenja
21—09 Kabeli sa sintetskom izolacijom
21—10 Statistika kvarova
21—11 Starenje sintetičke izolacije (Watertreeing)
21—12 Kabeli s plinskom izolacijom.

PROBLEMS OF CABLES FOR BULK POWER TRANSMISSION IN SCOPE FO CIGRE

Meeting of International Conforence on great electrical nets, CIGRE represents collections of the most prominent world experts, and due to it is vary interesting to see what is presented in papers and what was discused. In the article are presented problems which were discussed in group 21, CIGRE power cables in period 1970—1980. from what are recognazible condition and tendency of modern power cable production.

Naslov pisca:
Boris M a r k o v č i ć, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb



Energija God. 29 (1980) br. 9—10, 345—350.

ISKUSTVA SA 110 kV I 220 kV ULJNIM TE 110 kV XLPE KABELIMA U HE »SENJ«

Krešimir P a v i č i ć, Senj

UDK 621.315.2

U HE »Senj« su montirani i stavljeni u pogon uljni 110 i 220 kV kabeli koji povezuju blok-transformatore u kaverni s vanjskim rasklopnim postrojenjem. Zbog velikih i učestalih kvarova bili smo prisiljeni izmijeniti 110 kV kabele na jednom agregatu, a 1980. godine planirana je izmjena 110 kV kabela na drugom agregatu. Novi XLPE kabeli pokazali su se dobrima i za sada nema pogonskih teškoća.

UVOD

Hidroelektrana Senj koristi se vodom ličkih rijeka ponornica Like i Gacke. Projektirana je prije 20 godina, a u pogonu se nalazi od početka 1966. U to doba predstavljala je 19. dio jugoslavenske proizvodnje i četvrti dio proizvodnje u SRH. Prosječna proizvodnja je oko 1 000 GWh godišnje, pa i danas predstavlja značajan i vrlo jeftin izvor električne energije. U doba projektiranja ovog objekta, na onim mjestima gdje su se odobravala novčana sredstva za izgradnju, uglavnom se vodila politika ušteda na svakom dijelu postrojenja. To je nametnulo mnoga prividno jeftinija rješenja, koja su se kasnije pokazala veoma skupima. Najveći su gubici u proizvodnji i nespremnosti elektrane. Ti se troškovi teško mogu valorizirati.

Ovakva postrojenja kao što je jedna značajna hidroelektrana trebaju biti dimenzionirani u svim svojim elementima, jer ti elementi rade 30—50 godina, praktički dok kao rješenje ne zastare, ali ne smije se dogoditi da pojedini važni elementi otkažu čak mnogo prije predviđenog vijeka trajanja. Bezbroj puta se pokazalo da je mnogo bolje ako je neki detalj nešto predimenzioniran u odnosu na uštedu radi poddimenzioniranja.

Prilikom izbora opreme bitno značenje ima renome i savjet isporučioca opreme. Oni mogu dati korisne sugestije o dimenzioniranju. To se naročito tiče vitalnih elemenata koje ne možemo lako mijenjati ili se ispomoći nekim drugim rješenjem da bi proizvodnja tekla bez prestanka. Kabelske veze visokog napona upravo su takav važan element u hidroelektrani.

PROJEKTNO RJEŠENJE KABELSKE VEZE 110 I 220 kV U HE SENJ

U podzemnoj strojarnici, ukopanoj 650 m u stijenu, proizvode električnu energiju tri agregata od po 80 MVA. Napon generatora je 10,5 kV. U neposrednoj blizini generatora nalazi se kaverna u kojoj su spuštena tri blok-transformatora od po 80 MVA. Dva transformatora transformiraju energiju s generatorskog napona na 110 kV, a jedan na 220 kV. Transport energije od transformatora do vanjskog rasklopnog postrojenja izveden je visokonaponskim jednožilnim uljnim kabelima: 6 kom. 110 i 3 kom. 220 kV. Kabeli su položeni u kabelskom tunelu horizontalno jedan pored drugog i učvršćeni na heraklitne ploče. Ploče su postavljene na betonske police s obje strane kabelskog tunela. Kabeli leže slobodno na tim pločama u zraku, tj. nisu ničim pokriveni. Razmak između faze R—S i S—T je 12 cm za 110 kV, a kod 220 kV taj razmak je 14 cm.

Svaki agregat odvojen je na taj način da su tri njegova kabela smještena u posebnu policu.

Učvršćenje kabela izvedeno je aluminijskim obujmicama na svakih 170 cm kod 110 i 220 kV kabela. Obujmice fiksiraju svaki kabel za heraklitnu ploču.

Kabelski tunel služi povremeno i kao ventilaciono okno trafo-kaverne. Za vrijeme ljeta i nazivnog opterećenja temperatura raslhadnog zraka u kabelskom tunelu dosiže do kaximum 45°C.

Presjek kabela je 240 mm² Cu za 110 kV, a za 220 kV 185 mm² Cu. Specifično opterećenje kabela 110 kV je 1,75 A/mm² a za 220 kV 1,13 A/mm².

Maksimalno dopuštena struja kratkog spoja za trajanje od 8 sec. iznosi 9 kA za 110 kV, a za 220 kV 9,88 kA. Zvjezdište sva tri blok-transformatora je kruto uzemljeno. Priključci svih kabela izvedeni su na vrhu transformatora odozgo prema dolje. Od najviše do najniže točke kabela je 8 m, što znači da tlak ulja nije znatno povećan zbog visinskih razlika. Kabeli su na jednom dijelu trase položeni sinusolidalno da bi u slučaju defekta imali dovoljnu dužinu za popravak. Svi kabeli su položeni u jednom pomadu, tj. nemamo nigdje spojnicu. Na vanjskom rasklopištu smješteni su uljni rezervoari koji imaju zadatak da u određenim granicama održe tlak ulja, tj. da kompenziraju promjene volumena ulja u kabelu koje nastaju zbog izmjena temperatura.

Svaki kabel ima kontaktni manometar. Udešenje manometra je od 0,4 do 2,4 at za 110 kV, a 0,5 do 3,4 za 220 kV kabele. Normalno podešavamo tlak

ulja, pri srednjoj temperaturi, na oko 1,50 at. Kontaktnih manometri signaliziraju putem pomoćnih releja nenormalan tlak ulja.

Polaganje kabela izvedeno je vrlo pažljivo, ručno, s dovoljnim brojem osoba. Kabeli su dugi oko 700 m. Težina svakog kabela za 110 kV iznosi 8 300 kg, a za 220 kV 13 550 kg. Dopušteni radijus savijanja je 110 cm za 110 kv, a 160 cm za 220 kV.

Radi naše sigurnosti naručen je, isporučn i položen u kabelskom kanalu jedan rezervni kabel za 110 kV i jedan za 220 kV. Oba ta kabela držali smo pod stalnim tlakom ulja.

DEFEKTI ULJNIH KABELA

Već 10. 3. 1972, dakle za manje od sedam godina redovnog pogona, primijećen je pad tlaka ulja na 110 kV kabelu faze T agregata br. 2. Tlak je naglo pao u odnosu na prethodni dan od 1,5 na 1,05 at. (Kontrolu obavljamo svaki dan u 13 sati). Od toga dana tlak se nije povećavao iako smo na ostalim kabelima bilježili promjene u odnosu na pogonsko stanje i temperaturu okoline.

Detaljna kontrola nije pokazala nikakvo procurivanje ulja na spojenim mjestima ni vidljiv defekt na kabelu. Kontrolirana je vanjska kabelska glava i dio glave koja ulazi u transformator. Posebno je provjeren kontaktni manometar. Detaljan pregled kabelske glave koja ulazi u transformator, naravno, nismo tom prilikom, bez demontaže, mogli izvesti. Tu je još bila mogućnost kvara.

Podatke o kretanju tlakova i temperatura poslali smo proizvođaču (ujedno i montažeru) kabela i tražili savjete za daljnje postupke.

Te godine planirali smo obustavu agregata br. 2 od 1, 8. do 15. 9. radi radova na turbinskom i generatorskom dijelu.

Konslutacijom s isporučiocem kabela nastavili smo pogon agregata uz stalan oprez i dodatnu kontrolu do planirane obustave radi remonta.

Prilikom dolaska predstavnika firme 28. 8. 72. izmjereni su ovi tlakovi: faza R 1,42 ot, faza S 1,18 at, faza T 0,86 at.

Na kontaktnim manometrima podešenje je bilo od 0,5 do 2,4 at. Kontrolirani su ponovno kontaktni manometri. Bili su ispravni. Također je pregledano sve što se moglo vidjeti. Otvorene su vanjske kabelske glave faze S i T, ali i tu je bilo sve u redu. To je upućivalo da je kvar najvjerojatnije na glavama koje ulaze u transformator. Dogovoren je termin demontaže transformatora za rujan 1972. god. i mi smo se pripremili jer smo imali rezervni materijal i glavu. Firma je preuzela obavezu da donese specijalni alat i nove brtve. Tlak ulja u oštećenim kabelima mogli smo podići dopunjavanjem iz spremnika ulja rezervnog kabela ili dobiti veću količinu s gradilišta jedne hidroelektrane koja je upravo bila u montaži. Predstavnik firme je u tom smislu poslao u tvornicu brzojav računajući da su defekti locirani.

Radovi na otvaranju unutarnjih kabelskih glava faze S i T (na transformatoru) počeli su 21. 9. 1972. Nađeno je lagano procurivanje na vrhovima glava. Izmijenjene su brtve, kabeli su stavljeni pod tlak. Nakon toga su nađena još dva mala procurivanja na lijevku glava. Ponovno je obavljena demontaža, izmijenjene brtve lijevka, kabeli stavljeni pod tlak i kako nije više konstatirano procurivanje, izvršena je montaža. Na fazi R pritegnuti su vijci. Tu nije bilo znakova oštećenja.

Iz spremnika ulja od rezervnih kabela dopunjeno je ulje faza S i T. Tlakovi su 25. 9. 1972. iznosili: R 1,28 at, S 1,40 at, T 1,40 at.

U idućih nkoliko sati tlak na fazam S i T neznatno je pao, ali se računalo da je to zbog promjene temperature ulja od 38°C na pogonsku temperaturu 12°C u tom momentu.

Spremnici na rezervnim kabelima 110 kV imali su 0,55 at, a na kabelu 220 kV 0,72 at. Ta vrijednost dovoljna je da pokrije varijacije tlaka na kabelu koji nije u pogonu i nema velikih temperaturnih promjena.

U elektrani postoje još komadi kabela koji služe za rezervu. Tlak ulja kod njih iznosio je 0,15 at, pa je kabel također nadopunjen na iznos 0,4 at. Svi poslovi dovršeni su 25. 9. 1972.

Prateći svakodnevno tlakove ulja, uočili smo nenormalno odstupanje koje se vidi u tablici:

Datum	Tlak ulja u fazi			Temperatura u °C u	
	R	S	T	7 sati	13 sati
25. 9. 1972.	1,28	1,40	1,40	14	17
27. 9.	1,30	1,35	1,35	12	14
28. 9.	1,35	1,50	1,45	15	18
29. 9.	1,40	1,50	1,35	16	18
30. 9.	1,35	1,55	1,40	14	19
01. 10.	1,30	1,50	1,40	14	20
02. 10.	1,30	1,30	1,20	13	17
03. 10.	1,20	1,30	1,30	12	14
04. 10.	1,20	1,25	1,12	7	10
05. 10.	1,22	1,28	1,13	8	10
06. 10.	1,30	1,40	1,30	13	14
07. 10.	1,25	1,40	1,20	14	16
08. 10.	1,30	1,15	1,12	14	19
09. 10.	1,30	1,50	1,14	14	19
10. 10.	1,25	1,35	1,18	12	13
11. 10.	1,25	1,35	1,15	14	16
12. 10.	1,26	1,40	1,17	16	18
13. 10.	1,27	1,40	1,18	16	20
14. 10.	—	—	—	14	16
15. 10.	1,30	1,40	1,15	18	20
16. 10.	1,24	1,40	1,18	12	15
17. 10.	1,22	1,32	1,10	13	15

Iz tablice je vidljivo da već 4. 10. 72. tlak ulja na fazi T pokazuje nagli pad, a nakon 7. 10. 72. ne prelazi više vrijednost 1,18 at. Isporučilac kabela odmah je obaviješten.

Nakon nekog vremena tlak ulja u fazi S agregata br. 3 počinje padati. Pogon smo nastavili sve do proljeća 1973. godine.

Tlak ulja je na fazi T agregata br. 2 i na fazi S agregata br. 3 znatno opao. Pri tome je konstatiran gubitak ulja:

Datum	Agregat br. 2 faza T Tlak ulja (at)	Sadržina ulja u kompezacionoj posudi (lit)
16. 11. 72. 16. 4. 73.	1,10 0,63	55 35 gubitak ulja 20 l
12. 11. 72. 16. 4. 73.	1,20 0,74	57 42 gubitak ulja 15 l

Ponovno se pretpostavilo da gubitak ulja uzrokuje propuštanje unutarnjih kabelskih glava na transformatorima. Glave su izvađene, izmijenjene su brtve, a matice svornika osigurane sigurnosnim limovima. Oštećenja nisu utvrđena. Kabelske glave su ispitane na viši tlak i ponovno ugrađene. Kabeli su tada punjeni uljem i ustanovilo se da oštećeni imaju velik stupanj punjenja u odnosu na neoštećene faze. To je upućivalo na prodor ulja kroz olovni plašt u području između olova i plastičnog zaštitnog omotača. Mjerenje tlaka između PVC plašta i olova pokazalo je nedvojbeno da je defekt na olovnom plaštu.

Tada je obavljen detaljan pregled cijele trase. Konstatirano je da je povećan promjer kabela agregata br. 2 faze T na mjestu koje je udaljeno od blok transformatora 150 m, a kod kabela agregata br. 3 na fazi S otprilike 70 m od blok-transformatora. Pritiskom na PVC-plašt osjetila se prisutnost ulja između olova i plašta, tj. kabel je bio mekan, dok su zdrave faze bile tvrde. Povećanje promjera na jednom mjestu iznosilo je 5 mm.

Planirali smo obustavu pogona radi remonta tek u osmom mjesecu, tj. za tri mjeseca. Radi hidroloških prilika i potreba za energijom nismo mogli odmah pristupiti popravku jer se otklanjanje kvara predviđalo u trajanju od tri tjedna. Sav dopremljeni alat firme ostao je u Senju, a dogovoreno je što još treba pripremiti. Kabelsko ulje imali smo u rezervi. Uzorak ulja poslan je na analizu. Predviđeno je bilo da se lokacija greške odredi zamrzavanjem kabela za što je bio potreban suhi led (iz Zemuna). Oštećeni kabeli ostali su u pogonu, a po potrebi su se dopunjavali. Stanje je bilo slijedeće:

Datum	Vrijeme	Agregat br. 2			Agregat br. 3		
		R	S	T	R	S	T
30. 4. 73.	15,00	1,69	1,55	1,52			
1. 5.	7,00	1,58	1.42	1,32			
1. 5.	13,00	1,80	1,71	1,51			
2. 5.	6,00	1,56	1,40	1,21			
2. 5.	9,00	1,66	1,46	1,23	1,34	1,35	1,37
3. 5.	7,00	1,70	1,58	1,29	1,37	1,37	1,40

Na fazi T agregata br. 2 pokazuje se ponovno gubitak ulja.

U kolovozu 1973., kad smo mogli planski obustaviti rad agregata 2 i 3, pristupilo se sistematskom, ali mukotrpnom poslu lokacije grešaka na olovnom plaštu. Suhi led nismo mogli dobiti, a bilo bi ga teško transportirati bez velikih komplikacija i gubitaka.

Da bi se otkrilo mjesto prodora ulja, rezan je i odstranjen dio zaštitnog PVC-plašta dužine oko 15 cm i promatran je smjer isticanja ulja. Tako smo morali otvoriti kabel agregata 2 faze S na 23 mjesta, a pronašli smo dva defektna mjesta na sredini trase. Greške su razmaknute jedna od druge 12 cm. Na jednoj se radi o napuknuću olovnog plašta u dužini 85 mm i širini 4 mm, i to u radijalnom smjeru koji se poklapa sa smjerom Cu zaštitne bandaže.

Druga greška je dužine 10 mm i širine 1 mm, a smjer se poklapa sa smjerom bandaže.

Na fazi S agregata 3 pronađeno je istom metodom rezanja PVC-plašta ukupno 5 grešaka. Prva je bila dužine 90 mm i širine 3 mm. Druga 150 mm udaljena od prve dužine 40 mm i širine 1 mm. Obje te greške bile su locirane oko sredine kanala. Treća, četvrta i peta greška ležale su 300 m udaljene od transformatora. Treća je bila dužine 50 mm i širine 2 mm. Četvrta je bila duga 30 mm i 0,2 mm široka, a peta 20 mm duga i 0,1 mm široka.

Zadnje tri greške koncentrirane su na međusobnoj udaljenosti od 250 mm. Smjer pukotina se poklapao sa smjerom zaštitne trake.

Popravak dvaju kvarova agregata br. 2 i prva dva kvara agregata br. 3 izvedena je olovnim maznim plombama. Tri kvara agregata br. 3 sanirana su spojnicom iz Cu lima. Zaštitna traka od korozije zamijenjena je gumenom trakom, a PVC-plašt lakirnom trakom i plastičnom trakom. Kabeli su stavljeni pod tlak i nisu pokazivali gubitak ulja.

Uslijedila je rasprava o uzrocima pucanja olovnog plašta. Svi veliki kvarovi nastali su na mjestu koje se nalazi na sredini između dvije obujmice, tj. 80—83 cm od obujmice. Razmak obujmica je 170 cm. To je razumljivo jer se kabel zbog promjena temperature giba i najviše savija između obujmica kao fiksnih točaka. To savijanje je oko 8 mm iz svog srednjeg položaja. Tu je najveće naprezanje.

Ovdje je odlučnu ulogu odigrao oštri rub Cu zaštitne trake. Traka je motana jednostruko na olovni plašt. Razmak spirala iznosio je ponegdje i više od 1 mm. Na tim mjestima olovo se deformiralo i postalo valovito. Cu traka se utiskivala u olovo i oštećivala ga. S obzirom na to da su kabeli u blizini transformatora učvršćeni obujmicama na dužini od 40 cm i da se na tom dijelu, iako je temperatura okoline viša, nije dogodio kvar, proizvođač je preporučio da se i na cijeloj dužini trase kabeli fiksiraju obujmicama svakih 40 cm, smatrajući da će se kabelu omogućiti veći broj manjih izvijanja, tj. manja koncentrirana naprezanja, a time i smanjenje mogućnosti kvara. Tim obrazloženjima nismo bili zadovoljni i tražili smo druge mjere za sanaciju.

Sva tri kabela agregata br. 2 kao i agregata br. 3 stavljeni su zajedno na svoje tlačne posude.

Dana 10. 8. 1973. u 6 sati tlakovi su iznosili:

— na agregatu br. 2 R 1,58 at, S 1,41 at, T 1,40 at, a
— na agregatu br. 3 R 1,52 at, S 1,55 at, T 1,56 at.

Razlike očitanja u tlakovima između spojenih kabela nastale su u netočnosti pogonskih manometara.

Elektranama koje imaju slične kabelske veze u tražeći podatke i informacije ako su i oni imali teškoća.

Takvo pogonsko stanje nije se održalo dugo vremena. Pad tlaka ulja na fazi R i S generatora br. 2 pojavio se nakon otprilike 1 mjesec i približio vrijednosti 0,65 at za koju smo smatrali da je minimum koji se ne može dopustiti. Obaviješten je isporučilac i tražena je intervencija. Remont agregata br. 2 predvidjeli smo tek u vremenu od 1. do 11. 1974.

Tlak ulja povećavali smo povremenim dodavanjem, što je bilo krajnje provizorno rješenje. U međuvremenu dolazimo u razdoblje velikih voda, kad nam nije bilo u interesu da izbacujemo agregat iz pogona. Takvo stanje održano je do iduće intervencije 29. 7. do 15. 8. 1974. Ponovno dolazi do popravka oštećenog olova, ali nakon nekog vremena tlak se spušta, što nam je definitivno pokazalo da na ovakav način uza sve troškove ne možemo popraviti oštećenje.

S obzirom na to da je tlak ulja agregata br. 2 na fazi S iznosio 0,73 at, a na fazi R 1,25 at odlučili smo da se u remontu 1975. godine zamijeni jedna žila rezervnom. Fazu R morali smo i dalje održavati pomišljajući na drugu rezervnu žilu ili neko drugo rješenje.

Zamjenu žile isporučilac je odmah prihvatio, i to je obavljeno od 1. do 30. 9. 1975. Paralelno s ovim radovima obavljene su konzultacije i traženo je od firme da se definitivno izjasni o kvaliteti svoje robe i o ostalim faktorima koji dovode do ovih defekata.

Firma je ovaj slučaj analizirala i nije odustala od svog prvobitnog prijedloga o učvršćenju. Svaka detaljnija analiza upućivala bi da su dužni da riješe ovaj naš problem potpuno ili djelomično.

U tom smislu upućeno je pismo firmi 17. 3. 1976. gdje su opisane sve teškoće i troškovi koje smo imali radi popravka (oko 547 000 deviznih dinara) napominjući da smatramo da je isporučen kabel zbog konkurentske borbe dimenzioniran štedljivo, te da debljina olova iznosi 2,1 mm dok slični kabeli montirani prije naših imaju debljinu 2,6—3 mm. Poznato je da su kabeli 110 kV firme FuG 240 mm² za 120 MVA u pogonu od 1962. godine, a kabeli 110 kV firme Cortaillod 185 mm² za 35 MWA bili u pogonu od 1952. do 1977. godine. Nadalje, konstrukcija zaštitne trake je kod svih dvostruka i nema negativnih pojava usijecanja u olovo.

Od firme je traženo rješenje, tj. novi kabeli. Firma je odgovorila 18. 6. 1976. i ostala kod svog prijedloga o fiksiranju kabela, ali istodobno dajući obrazloženje da ne smatra debljinu olova uzrokom teškoća, smatrajući da se ova debljina određuje unutarnjim tlakom ulja, strujom zemnog spoja, zaštitom izolacije od savijanja.

Dapače, firma je dala ideje o drugom rasporedu položaja kabela, što bi u nas bilo gotovo nemoguće izvesti u postojećim policama. Isto tako firma je ponudila isporuku novih kabela.

Dana 23. 9. 1976. uputili smo upit kojim tražimo dopune ponudi radi razjašnjenja, ali ih nismo dobili. Ponovno urgiramo 10. 12. 1976. radi dostave podataka o karakteristikama ponuđenih kabela. Tom prilikom napomenuli smo da bismo bili voljni razmotriti ugradnju polietilenskih kabela. I za ove kabele tražene su karakteristike kao i reference firme. Osim usmenih informacija, službeno nismo više od firme dobili obavijesti.

Rad elektrane postao je ovisan o defektima na koje nismo mogli utjecati, što je smanjivalo našu pogonsku sigurnost. Zbog toga smo se odlučili na radikalno rješenje, tj. izmjenu kabela 10 kV. Sada smo imali mogućnosti da utječemo na dimenzioniranje ovog dijela opreme, pa smo nakon opsežnih rasprava definirali osnovne zahtjeve i prikupili ponude. U to vrijeme polietilenski kabeli bili su u upotrebi već više od 10 godina. Susjedna HE »Nikola Tesla« obavila je zamjenu dotrajalih uljnih kabela za polietilenske, a HE Zakučac prikupljala je ponude i ozbiljno računala na ugradnju upravo polietilenskih kabela. U oštroj konkurenciji firma »Silverts Kabelverk« iz Stockholma dobila je posao.

Osobito je naglašena potreba kvalitete s obzirom na to da se radi o izlazu snage od 144 MW i nemogućnosti alternativnih rješenja transporta energije iz elektrane.

Na izbor isporučioca utjecala je naročito cijena, reference, te platna bilanca naše zemlje. Mi smo se odlučili da zamijenimo kabele na oba agregata sukcesivno.

Taj način olakšao je financiranje.

NOVI KABELI 110 kV S POLIETILENSKOM XLPE IZOLACIJOM

Umjesto dosadašnjih uljnih kabela odlučili smo se na nove polietilenske kabele ovih karakteristika:

KONSTRUKCIONI PODACI	
Visokonaponski kabel tip	FXKJ
Presjek	1×300 mm² Cu
Napon	123 kV
Promjer vodiča	20,6 mm
Poluvodljiva zaštita	polietilen cca 2 mm
Materijal izolacije	XLPE
Debljina izolacije	18,5 mm
Poluvodljiva zaštita	polietilen cca 2 mm
Metalni omotač	Cu žice
Presjek omotača	50 mm²
Vanjski omotač	PVC
Debljina omotača	3,2 mm
Dijametar kabela	73 mm
Težina kabela	7 200 kg/km
Težina kabela sa bubnjem	6 800 kg
Dijametar bubnja	2.8 m

Vanjski PVC plašt isporučen je na naš zahtjev s dodatkom od 0,5% lindana da se spriječi eventualno nagrizanje od glodavaca.

TEHNIČKI PODACI	
Maksimalni pogonski napon	123/1,73
Udarni ispitni napon	550 kV
Otpor vodiča kod 20 °C	0,0590 ohm/km
Kapacitet	0,14 mikro F/km
Induktivitet	0,48 mH/km
Faktor gubitaka	manji od 0,001
Maksimalno dopuštena temperatura vodiča:	
— za trajni pogon	90 °C
— kod kratkog spoja	250 °C
Minimalan radijus savijanja:	
— kod polaganja	1,3 m
— kod montaže	0,9 m
Maksimalna pogonska stanja pri okolini 45 °(	610 A
Gubici u vodiču (za 400 A)	11,3 kW/km
Gubici u metalnom plaštu	2,1 kW/km
Dielektrični gubici kod 110 kV	0,17 kW/km
Ukupni gubici po fazi	13,6 kW/km
Maksimalna struja KS u vodiču poslije ugrijavanja na 90 °C za 1 sec	43,1 kA
Maksimalna struja KS u metalnom plaštu:	
— za 0,15 sec	27,1 kA
— za 1 sec	10,5 kA

Proizvođač nam je prezentirao rezultate tipskih ispitivanja koji su obavljeni na kabelu ovog tipa 9. 4. 1974, tako da je pri preuzimanju trebalo obaviti dimenzionu kontrolu, vizualnu inspekciju, kontrolu otpora vodiča, izmjeriti kapacitet, naponsko ispitivanje, te ispitivanje parcijalnih pražnjenja.

Predviđeno je da se obavi naponsko ispitivanje sa 135 kV 50 Hz u trajanju 15 min. Mi smo posebno tražili nastavak naponskog ispitivanja s naponom 110 kV u trajanju daljnjih 30 min, tako da je ukupno ispitivanje trajalo kontinuirano 45 minuta. Obaviješteni smo da će ovaj način ispitivanja ući u njihove propise.

Visokonaponsko ispitivanje nakon polaganja istosmjernim naponom 190 kV, u trajanju 15 min. nismo predvidjeli. Smatrali smo da će transport biti uredno obavljen, a polaganje je bilo pod našom kontrolom. Ta ispitivanja nisu jeftina, a zahtijevaju posebne uvjete koje naročito u elektrani nismo imali (suh zrak, dovoljno prostora). Osim toga jedna strana kabela montira se u kotao transformatora s posebnom konstrukcijom kabelske glave.

Osim kabela ugovorena je isporuka vanjskih i unutarnjih glava. Postojeće nismo mogli upotrijebiti, jer isporučilac nije želio da garantira za svoju montažu na tuđim dijelovima.

Unutarnje kabelske glave posebne su konstrukcije jer ulaze u definirane otvore postojećih transformatora. Ovdje je bilo potrebno detaljno dogovoriti spoj i razgraničiti opseg isporuke. Isporučilac je ponudio unutarnje glave u SF_6 izvedbi. To nam je dalo dovoljnu garanciju za kvalitetu konstrukcije. Na vanjskom rasklopnom postrojenju nismo trebali ništa rekonstruirati. Nove vanjske kabelske glave, nešto veće i jače konstrukcije, uklopile su se u postojeće nosače.

Predviđeno je bilo u prvoj tranši naručiti

2 100 m kabela po 9 100 šv. kr. za 100 m
3 kom. vanjske glave po 3 500 šv. kr.
4 kom. unutarnje glave po 3 100 šv. kr.

s tim da se uz drugu isporuku kabela naruče 4 vanjske i 3 unutarnje glave. Na taj način imamo obje glave u rezervi.

Cijena je fiksna, osim što bakar podliježe promjenama cijene prema londonskoj burzi drugi dan nakon plaćanja.

Posebno pitanje je bila montaža. Ocijenili smo da će stajati 70 000 šv. kruna. To je ovisilo o ekspeditivnosti našeg rada na polaganju i organizaciji posla. Firma je poslala detaljne montažne uvjete koje je izdalo švedsko udruženje metalne industrije. Tu su bili definirani: troškovi rada, pripreme, putovanja, dopust, eventualno liječenje i cijepljenje osoblja, putovanje između mjesta boravka i mjesta rada, lokalni transport, stan, opskrba, dinarske dnevnice, smještaj na gradilištu za ljude, normalni i prekovremeni sati, vrijeme nerada, alat, praznici, sigurnost na radu itd. Za tu problematiku ostalo je još mnogo detalja koje smo raščistili u usmenom kontaktu.

Tvornica je dala na isporučeni dio i montažu garanciju od dvije godine nakon izvršenja radova, ili 36 mjeseci nakon isporuke.

Dana 28. 7. 1977. upriličen je dogovor između predstavnika i tu su definirani elementi sklapanja ugovora, kao i svi tehnički detalji oko montaže. Spominjemo da je:

1) dogovoren rok isporuke nakon otvaranja akreditiva;

2) dan rok opcije;

3) definiran način polaganja u tunelu s nizom detalja;

4) isporučilac dozvoljava polaganje kod —10°C, a dopuštena temperatura u pogonu je —50°C. Ove temperature ograničuje PVC plašt;

5) način pakovanja je na drvenim bubnjevima koji ostaju kupcu bez obveze vraćanja;

6) dane su dimenzije i oznake smjera odmotavanja;

7) definiran je način transporta. CIF Rijeka;

8) dogovoreno da se kabel izrađuje u cijeloj dužini, a zatim reže na tri dijela;

9) dogovorene su tolerancije u dužini;

10) isporučilac garantira da će pošto dođe na gradilište, za jedan dan priprema i 36 sati rada napraviti dvije spojnice na kabelu ako nisu udaljene više od desetak metara;

11) obaviješteni smo da za slučaj gorenja polietilen nije otrovan. Rezultat je $CO_2 + H_2O$. Plašt PVC daje gust dim;

12) definirana otpornost protiv glodavaca;

13) ostaci kabela mogu se upotrijebiti jer kabel dugo godina ne stari, iako nije pod naponom. Dovoljna je zaštita od vlage sa plastičnim kapama na krajevima dijelova kabela;

14) materijal za spojnice stari. Zato ga firma ne preporuča uzimati unaprijed;

15) definirane su vanjske glave;

16) definiran je unutarnji okomiti spoj na transformator s rezervoarom butilena kojim se puni unutarnja glava, a koji dopušta maksimalnu trajnu temperaturu do 80°C. Kod 90°C butilen postaje rijedak. Vanjske glave ispunjene su također butilenom, ali bez posebnog rezervoara;

17) garantirana je otpornost izolacije protiv vibracija koje su prisutne pri ovakvoj montaži direktno na transformator. U protivnom potrebna su posebna rješenja direktnog spoja;

18) definirani su vanjski priključci sa vanjske glave na uređaje rasklopnog postrojenja;

19) definiran je način učvršćenja kabela na ploče, razmaci obujmica i fiksnih mjesta. Obujmice su stavljene na svakih 12 m. Udaljenost kabla je 8 cm.

20) dogovoren način i postupak polaganja kabela.

Nakon svih ovih dogovora slijedilo je ishođenje deviznih sredstava, konačne odluke i potpis ugovora 29. 6. 1977. Slijedila su tehnička razjašnjenja oko montaže na transformator. U međuvremenu ishođena su devizna sredstva i isporučilac je dobio potvrdu o uplati 12. 12. 77. godine, pa nam je javio da se preuzimanje u tvornici očekuje 21. 2. 1978.

Dana 24. 1. 1978. uslijedio je dogovor s predstavnicima tvornice »Rade Končar«. Tu su definirani svi detalji spoja na transformator i montaže.

Ispitivanje u tvornici obavljeno je 17. i 18. 2. 1978.

Rezultati su u granicama ugovorenih:

Kapacitet 0,14 μF/km.
Otpor vodiča 0,0579 ω/km.
Otpor zaštitnog Cu-omotača 0,371 ω/km.
Faktor gubitaka $0,4 \times 10^{-3}$.

Povećanje faktora gubitaka za 0,5 do 1,0 U_f izmjereno 0×10^{-3} a treba biti manje ili jednako $0,5 \times 10^{-3}$.

Isto, samo u području 1,0 do 2,0 U_f izmjereno 0×10^{-3}, a treba biti manje ili jednako $1,0 \times 10^{-3}$.

Parcijalna pražnjenja izmjerena 3 pC, a dopušteno do 40 pC.

Kabeli su izdržali bez negativnih posljedica 135 kV, 50 Hz u trajanju od 15 minuta i nastavno još 110 kV 50 Hz u trajanju od 30 minuta.

Izmjerena je debljina izolacije od 18,5 mm, a minimalna 17,7 mm, dok je dopušteno 16,6 mm.

Debljina zaštitnog PVC plašta izmjerena 3,3 mm, a minimalna 3,00 mm, dok je dopušteno 2,62 mm. Ukupni dijametar iznosio je 73,2 mm.

Vizualna kontrola dala je dobre rezultate.

Kabeli su dopremljeni željeznicom do Rijeke (od 20. 3. do 10. 4. 1978), a odatle cestovnim prijevoznim sredstvima kao vangabaritna roba pošto su prošli carinu. Ovdje smo imali manjih teškoća zbog nepotpunog ATA carneta.

Polaganje i montaža su nakon svih priprema počeli 19. 6. 1978. pošto je raščišćeno 47 važnih pitanja u vezi s tehnikom radova. Kabel je polagan izvana prema strojarnici. Vučen je ručno na koloturnicima (120 omladinaca). Komanda je bila centralna i prenosila se razglasom. Polaganje 3 kabela trajalo je za 5 sati. Montaža je potrajala do 12. 7. 1978. u 16 sati, kad su kabeli postepeno stavljani pod napon. Prvih 20 sati radili su pod 70% opterećenja. Devizni trošak montaže iznosio je 48 360 šv. kruna.

Do danas nismo primijetili nikakvih teškoća u pogonu i spremamo se da u ljeto 1980. godine obavimo zamjenu kabela na agregatu br. 3 jer su kabeli već isporučeni.

SOME EXPERIENCES WITH 110 kV AND 220 kV OIL 110 kV XLPE CABLOS IN HYDRO POWER PLANT »SENJ«

In hydro power plant »SENS« 110 kV and 220 kV oil cables, which connect main transformers in cavern with switchyard, are insatlled and put in operation. Due to great and frequent faults we have been forced to change one 110 kV on one unit and it has been planned to change in 1980 year the 110 kV cable on another unit.
New XLPE cables are good and till now there is no operational problems.

Naslov pisca:
Krešimir Pavičić, dipl. ing.
HE Senj I Sklope

Energija God. 29 (1980) br. 9—10, 351—353.

NEKA ISKUSTVA SA SAMONOSIVIM KABELSKIM SNOPOVIMA

Branko Mrakovčić, Rijeka

UDK 621.315.2

Na području Senja, gdje su vrlo teški klimatski uvjeti, praćeno je ponašanje SKS-a u pogonu. Registrirano je u tom razdoblju 114 kvarova. Od toga 17% su posljedica grešaka u montaži, 2% na nosačima, a 81% na međukariki. Nije bilo pucanja vodiča ni lomova stupova. što se međutim, u promatranom razdoblju dogodilo na 10 kV i 35 kV vodovima. Nigdje nije bilo prekida u opskrbi potrošača električnom energijom. Kvarovi se uklanjaju jeftino i brzo (potrebna je karika i penjači).

UVOD

Niskonaponska mreža sa samonosivim kabelskim snopovima ne primjenjuje se u našoj zemlji duže od 8 godina. Ne postoji nikakvo iskustvo o ponašanju takve mreže što smo je projektirali i izgradili.

Primjena novih materijala omogućila je i drugačiji način projektiranja niskonaponskih mreža, o čemu također ne postoji nikakvo iskustvo. Projektantima nije bilo poznato kako se ponašaju na drugačiji način projektirane mreže i da li je potrebno vršiti neke promjene u projektiranju. Primjerice, kod samonosivoga kabelskog snopa nema opasnosti od međusobnog udaranja vodiča, pa je udaljenost između stupova ograničena samo priključcima i mehaničkom čvrstoćom stupa. Iz toga proizlazi zahtjev za jednakim mehaničkim opterećenjem SKS-a i stupa, što omogućuje veće udaljenosti između stupova, dakle pojeftinjuje izgradnju.

U Elektroprimorju je prihvaćena izgradnja niskonaponskih mreža sa SKS-om. Danas se niskonaponske mreže grade isključivo sa SKS-ima. Neke distributivne jedinice odmah su prihvatile izgradnju niskonaponskih mreža sa SKS-ima, neke su je kategorički odbijale, ali su sve šest mjeseci nakon izgradnje probne mreže sa SKS-om na njihovu području prešle na daljnju gradnju niskonaponskih mreža isključivo sa SKS-ima. Tako je više od 20% postojećih niskonaponskih mreža Elektroprimorja izvedeno sa SKS-ima.

Tablica 1.

NISKONAPONSKA MREŽA 31. 12. 1978. GOD.					
Br.	Distribucija	Niskonaponska mreža		SKS %	Opaska
		Ukupno km	SKS km		
1	Rijeka	350 513	38 200	11,00	
2	Skrad	326 205	21 941	6,73	
3	Crikvenica	282 484	72 000	25,49	
4	Opatija	216 931	69 200	31,90	
5	Lošinj	88 950	35 000	39,35	
6	Rab	107 000	34 500	32,24	
7	Krk	196 961	62 339	31,65	
	Ukupno	1 569 044	333 180	21,23	

KVAROVI

Barem do sada, kod svih kvarova na niskonaponskim mrežama sa SKS-ima ne dolazi do prekida u opskrbi električnom energijom potrošača, a kvar se lagano i brzo popravlja.

Sistem izvještaja vjerojatno čitave distribucije u zemlji registrira prekide, pa se tako o eventualnim kvarovima nije ni javljalo.

Da se ipak dobije uvid u ponašanje SKS-a, odlučeno je da se prati manji dio niskonaponske mreže, projektiran na način za koji smatramo da odgovara SKS-ima, u teškim klimatskim uvjetima.

Izabrano je područje Senja. Kako se iz tablica 1. i 2. vidi, sadašnjih 27,93 km niskonaponske mreže izvedene sa SKS-om na području Senja čini oko 8,4% ukupne mreže poduzeća izvedene sa SKS-om.

Razlog što je izabran baš Senj jesu i izvanredno teški klimatski uvjeti, što se vidi i iz tablice 2. za koje je podatke dao Republički hidrometeorološki zavod u Zagrebu.

Potrebno je napomenuti da su 35 kV vodovi u području Senja dimenzionirani za vjetar 150 km/sat uz istodobno 2,5 računsko dodatno opterećenje (led). Od mnogih lomova stupova, a da o padanju vodiča i ne govorimo, na 35 kV vodu HE Senj — Biluća (Rab) 19. 12. 1978. slomio se (zbog torzije) stup br. 2, a vodiči su pali u 14 raspona. Od izgradnje spomenutog 35 kV voda 1964. godine, oko 20 stupova je slomljeno zbog obično istodobnoga djelovanja vjetra i leda.

Tablica 2.

KVAROVI PRI OLUJNOM VJETRU PREKO 60 km/h	
Dana/god.	Područje
0,6	Osijek
1,9	Zagreb
3,9	Rijeka
18—20	Parg Sljeme
30,4	Senj

Istoga dana su na 20 kV vodu Klenovica—Bunica—Senj, koji je izgrađen 1977. godine, slomljena 3 A i 9 nosivih drvenih stupova. Neke stupove je vjetar odvaljao čak 300 m do ceste.

Na niskonaponskoj mreži toga dana nije bilo kvarova.

Tablica 3. daje popis promatranih niskonaponskih mreža s dužinama mreže, brojem stupova i maksimalnim rasporima.

Tablica 3.

KVAROVI NA SAMONOSIVIM KABEL. SNOPOVIMA

Br.	Niskonaponska mreža	God. izgrad.	God.	Duži-na m	Stup kom.	Max rasp. m	Nosiva		Ukupno					Km. god.
							u mont. kom.	5. 12. 1978. kom.	nosiv. kom.	rast. kom.	sveuk. kom.	stup. god.	%	
1	Kijac	1978	1	1 035	22	45,0	—	—	—	—	—	22		1 035
2	Sibinj	1978	1	1 084	26	45,0	—	1	4	—	4	26		1 084
3	Bunica	1976	3	1 125	26	45,0	—	—	5	—	5	78		3 375
4	Serdari	1977	2	1 290	59		—	—	—	—	—	118		2 580
5	Lokva	1974	4	800	16	48,0	—	—	—	—	—	64		3 200
6	Lukovo	1974	4	1 700	22	35,0	10	—	30	—	40	88		6 800
7	Stari grad gornji	1977	2	3 330	57	85,0	4	6	11	—	15	114		6 660
8	Stari grad donji	1975	3	1 140	46	35,0	—	—	—	—	—	138		3 420
9	Klada gornja	1977	2	4 920	84	65,0	5	5	20	—	25	168		9 840
10	Klada donja	1975	3	2 200	38	35,0	—	—	8	2	10	114		6 600
11	Jablanac	1971	7	1 205	32	32,0	—	—	15	—	15	224		8 435
12	Stinica	1977	2	580	13		—	—	—	—	—	26		1 160
13	Stolac mali	1978	1	600	14	45,0	—	—	—	—	—	14		600
14	Stolac veliki	1978	1	1 210	36	42,0	—	—	—	—	—	36		1 210
15	Liskovac	1978	1	770	17	45,0	—	—	—	—	—	17		770
16	Žukalj	1978	1	2 280	50	50,0	—	—	—	—	—	50		2 280
17	Ljubežine	1978	1	410	9	48,0	—	—	—	—	—	9		410
18	Sv. Jelena	1978	1	1 350	30	47,0	—	—	—	—	—	30		1 350
19	Pijavica	1978	1	902	15	50,0	—	—	—	—	—	15		902
	Ukupno			27 931	612		19	12	93	2	114	1 351		61 711

Potrebno je istaknuti raspone od 85 i 65 m, koji su neuobičajeni za niskonaponsku mrežu, što je dio koncepcije projektiranja mreža sa SKS-ima, tj. njih karakteriziraju veliki naponi (na svaki način rasponi mogu biti veći nego kod mreža s golim vodičima).

Razdoblje promatranja mreža u pogonu od oko 2 godine prekatko je da bi se moglo govoriti o iskustvu. Osim toga, ovdje vladaju teški klimatski uvjeti s više od 30 olujnih dana u godini: barem triput godišnje vjetar puše preko 100 km/h, a svake pete godine se uz najjači vjetar na vodičima i stupovima hvata i led. Sve to daje garanciju da bi se samonosivi kabelski snopovi u normalnijim uvjetima ponašali mnogo povoljnije i da bi kvarovi bili kudikamo rjeđi.

I zaista, u ostalim krajevima na teritoriju poduzeća tek tu i tamo nastaje neki kvar na mrežama sa SKS-ima, što se smatra izvanrednim.

Iz tablice 3. vidi se da je u promatranom razdoblju na području Senja bilo 114 kvarova na mreži izvedenoj sa SKS-ima, što iz rubrike km god. preračunato na 100 km mreže daje:

— na 100 km n. n. mreže 184 kvarova × godina.

Prema literaturi broj kvarova iznosi:

— u Velikoj Britaniji
— na 100 km n. n. mreže 24,5 kvarova × godina,
— u Francuskoj
— na 100 km n. n. mreže 13 kvarova × godina.

Dakle, broj je kvarova na području Senja neobično velik. No ako pretpostavimo da je na ostalom području 10 puta manje kvarova, onda je to negdje između broja kvarova u Britaniji i Francuskoj što je vrlo povoljno.

Mislim da je to realno. Na SKS-ima nismo imali ni jedan kvar u Pargu i Begovom Razdolju (na 1100 m nadmorske visine). Tu i tamo su se pojavljivali pojedinačni kvarovi u vjetrovitim područjima, gdje se vodiči i oprema njišu i troše.

Posebno je potrebno istaknuti da kod 114 kvarova nije bilo ni jednog prekida u opskrbi električnom energijom potrošača i SKS nije bio ni u jedom slučaju oštećen, a ni jedan stup nije slomljen.

Iz tablice 3. vidimo da je na niskonaponskoj mreži područja Senj izgrađenoj sa SKS-ima bilo:

zbog montaže	19 kvarova
na nosivom stupu	93 kvara
kod malih kutova	2 kvara
ukupno	114 kvarova

Kvarovi zbog montaže

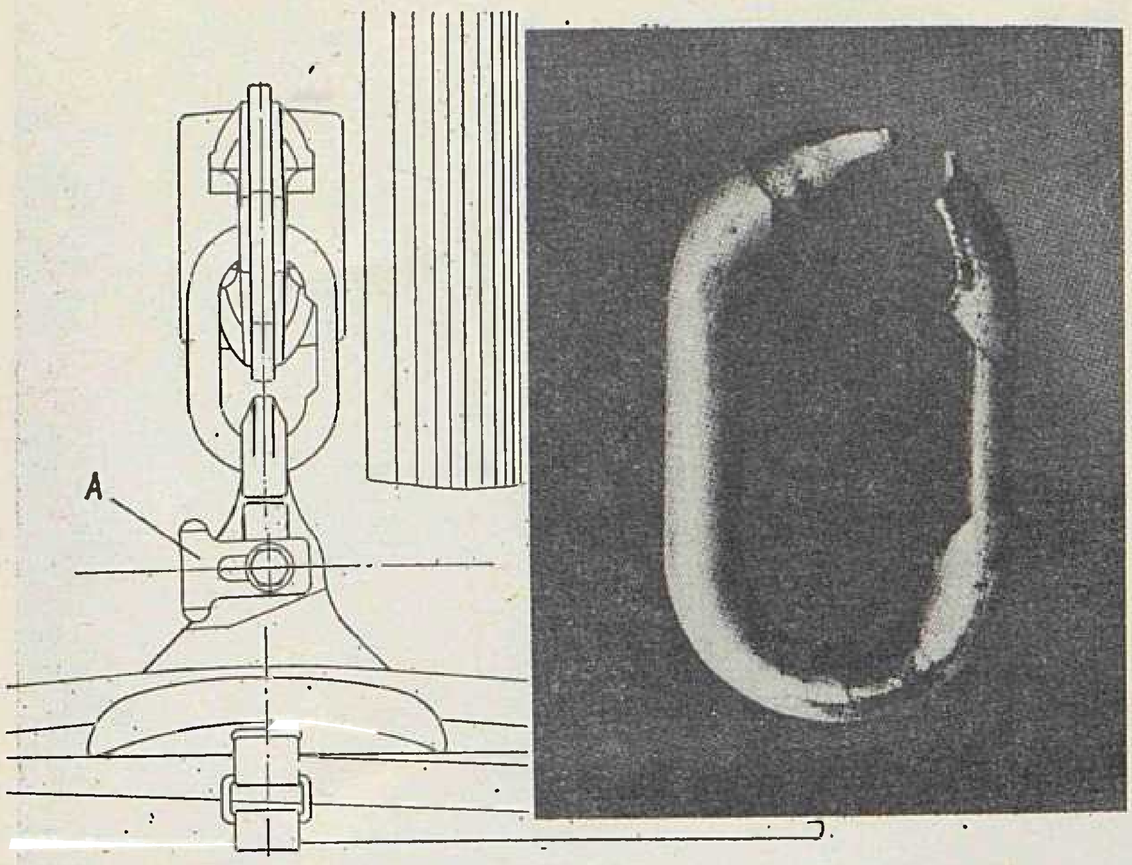
Radi ubacivanja nul-vodiča u stezaljku potrebno je zaokrenuti nos A (sl. 1.a). Početna greška montera je da nos ne vrate u prvobitni položaj (sl. 1.a). Stoga nu-vodič nije zatvoren, pa zbog vitlanja snopa, radi vjetra (ili od udara auta u stup) ispadne iz stezaljke.

Zbog utjecaja vjetra i njihanja istroši se prsten između podupore i stezaljke i SKS sa stezaljkom ispadne (sl. 1.b).

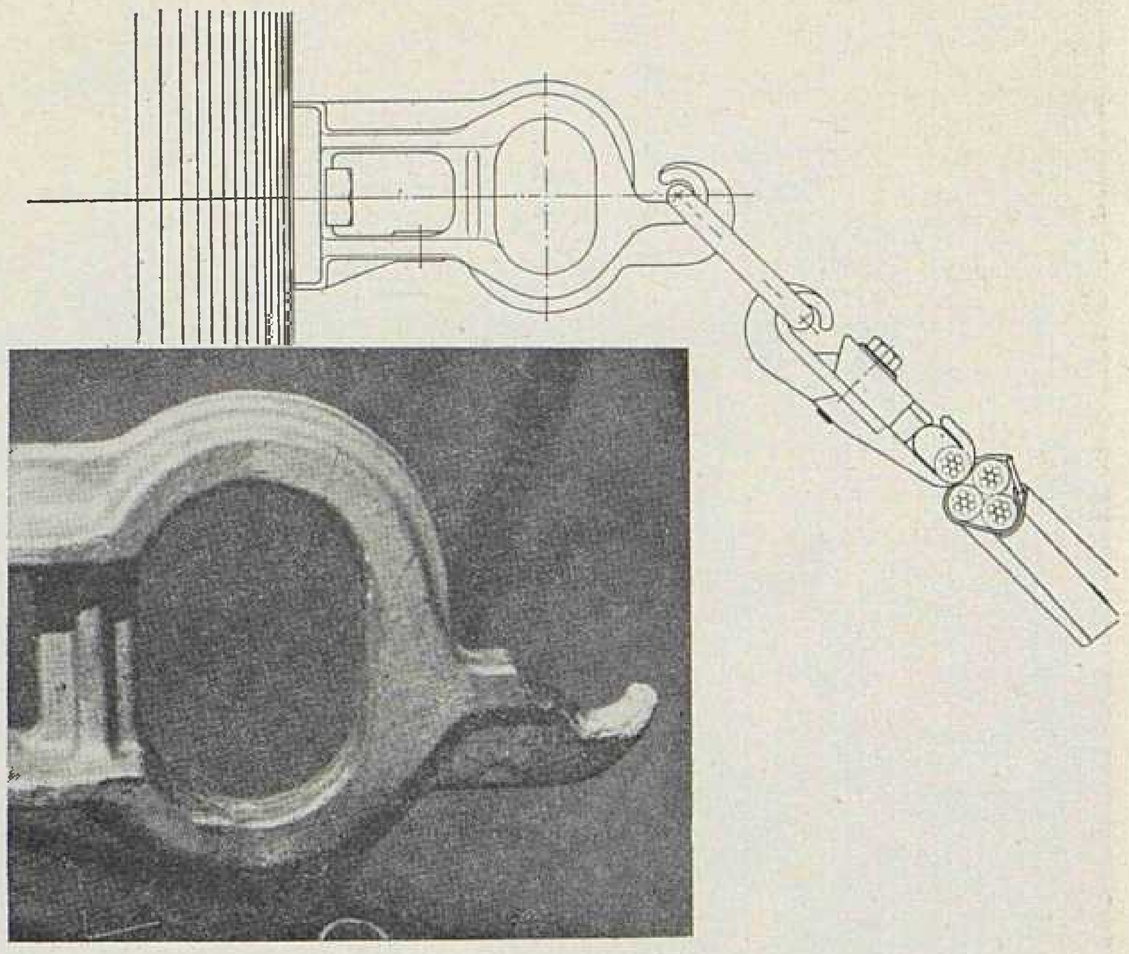
Kod malih kutova (sl. 2.b) do 30°, gdje se ugrađuju nosivi stupovi i nosiva oprema, ali je kut niz vjetar, dolazi do habanja podupore i prstena (sl. 2.a), pa se nos podupore, pošto se dovoljno izliže, odlomi zbog vlačnih sila.

Kvarovi zbog pogrešne montaže se kod slijedeće montaže više ne ponavljaju. Inače se oni lako ispravljaju: snop sa stezaljkom se digne do podupore a prsten ubaci u konzolu.

Kvarovi zbog trošenja prstena (B) ne mogu se izbjeći. Uostalom, isti takvi kvarovi događaju se li na Če opremi 35 kV vodova na pojedinim područjima koji su izloženi vjetru.



Sl. 1.ab



Sl. 2.ab

Mislim da na uporištu mora biti umjetno oslabljeno mjesto koje se lagano popravlja; popravak je jeftin, pa se tako sprečava oštećenje važnih dijelova, tj. snopa ili stupa.

Kvarovi na mjestu malih kutova rezultat su grešaka u projektiranju. Potrebno je ugraditi rasteretne stezaljke i ništa se više ne događa.

Ako bi se uklonile greške u montaži i greške projektiranja, bilo bi na niskonaponskoj mreži područja Senja na 100 km 150 kvarova × godina.

Svi dosadašnji kvarovi bili su isključivo kvarovi od trošenja prstena (karike). Imajući na umu vrlo teške klimatske uvjete (Senj 30,4, a Osijek npr. 0,6 dana/god.) možemo računati da će u krajevima s normalnim klimatskim uvjetima broj kvarova × godina biti ravan evropskom prosjeku.

Činjenica je da nigdje gdje je izgrađena niskonaponska mreža sa SKS-ima nije došlo do lomova stupova; u tom istom razdoblju bilo je lomova stupova na 10, 35, 110 i 220 kV vodovima. Potrebno je istaknuti da je na tom području niz stupova uništen, pa tako i 220 kV stup bez vodiča. U području Senja kod svih kvarova stupovi su ostali neoštećeni.

Kod svih 114 kvarova nije nastalo oštećenje SKS-a. U pravilu su se izlizale karike, iznimno nosač, a u jednom slučaju na čitavom području nosne stezaljke. Kao posljedica toga nije ni u jednom slučaju došlo do prekida u opskrbi električnom energijom, barem što se niskonaponske mreže tiče.

Kao logična posljedica najprije je popravljan 35 kV, pa onda 10 kV vod, pa tek nakon nekoliko dana i niskonaponska mreža. Sam popravak je lagan i brz. Monteru su potrebne rezervne karike i penjači. Kvar uklanja pod naponom (ramenom diže SKS penjući se na stup), a dvadesetak kvarova, koliko ih se može pojaviti nakon orkanske bure, popravi u jednom danu.

Ekstremno veliki rasponi slično su se ponašali kao i normalni. Nije opažen veći broj kvarova ili neke druge poteškoće.

ZAKLJUČAK

Nešto više od dvije godine pogona niskonaponske mreže sa SKS-ima prekratko je vrijeme da bi se moglo govoriti o nekom iskustvu.

Čini se da se broj kvarova × godina kreće u evropskom prosjeku. Nije dolazilo do teških kvarova, kao što je pucanje vodiča ili lom stupova.

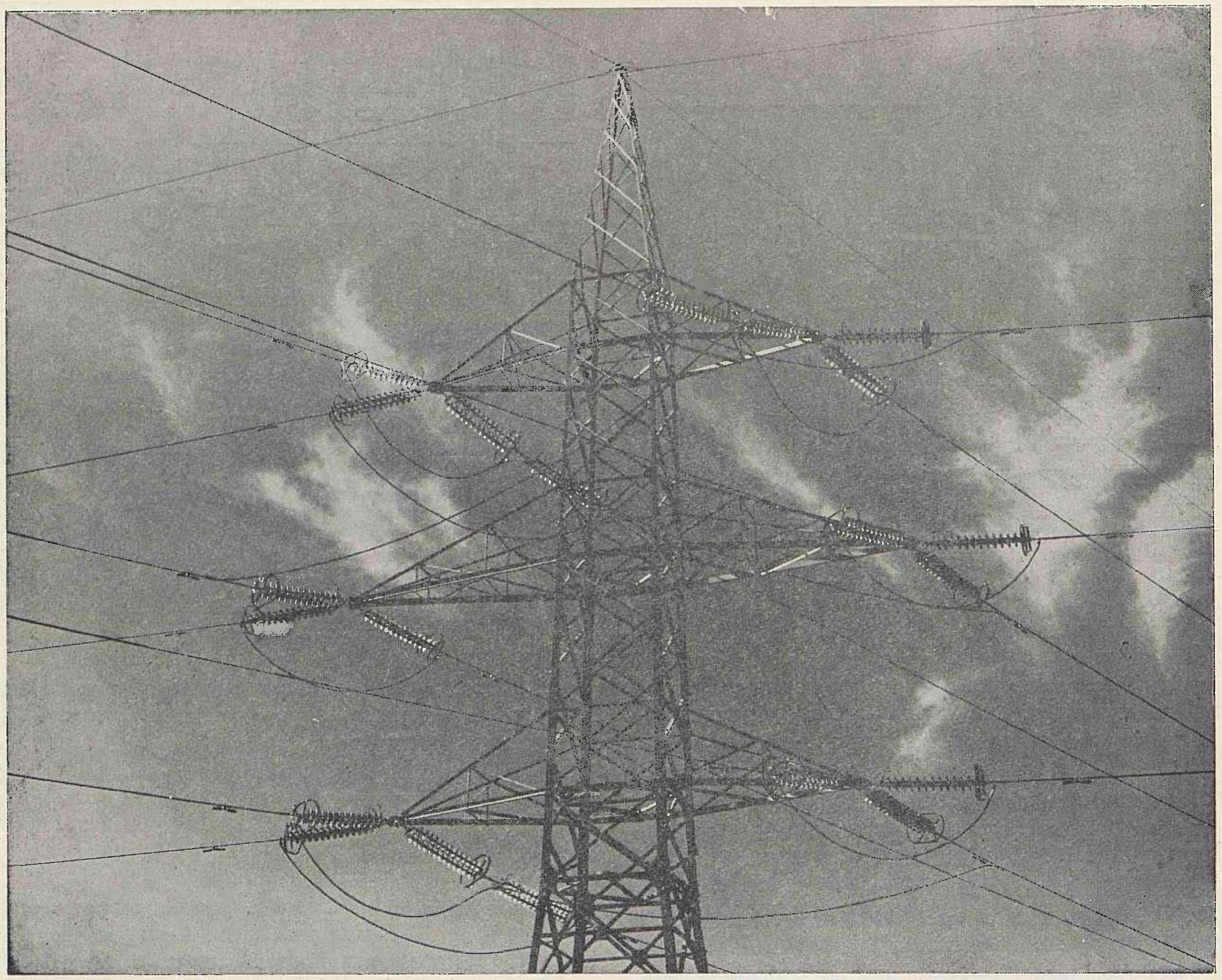
Jedio što se vidi iz tog kratkog vremena promatranja jest da SKS-i i nakon najvećih nevremena ostaju neoštećeni i da se potrošači dalje napajaju. Kvarovi nastaju na oslabljenim mjestima, a brzo se i jeftino otklanjaju kada monteri stignu, tj. pošto otklone veće i važnije kvarove.

Nema razloga da se ne projektiraju niskonaponske mreže sa SKS-ima s velikim rasponima ako je to moguće jer nije opaženo da se pojavljuje veći broj kvarova ili dolazi do nekih drugih nezgoda na tako projektiranim niskonaponskim mrežama. U klimatskim prilikama kao što su u Senju možda nije uputno ići na ekstremno velike raspone.

SOME EXPERIENCES WITH SELFBEAR CABLE BUNCHES

In the region of Senj, with very heavy climatic conditions, behaviour of selfbear cable buncehs in operation has been followed. In this period 114 faults have been registrated. This faults have been caused due to following reasons: 17% instalation errors, 2% on carriers and 81% on interconnections. There were no breaks of lines or carriers, which in given period occured on 10 kV and 35 kV lines. Power supply was provided without interuptions. Remedy of faults is cheap and quick.

Naslov pisca:
Branko M r a k o v č i ć, dipl. ing.
Elektroprimorje, Rijeka



Energija God. 29 (1980) br. 9—10, 355—358.

ISPITIVANJE I PROCJENA KVALITETE 110 kV KABELA IZOLIRANIH S KRUTIM DIELEKTRICIMA

Branko Tokić, Zagreb

UDK 621.315.2

Novije ispitne metode ispitivanja električnih svojstava 110 kV (i 220 kV) kabela omogućuju nam danas da dobijemo vrlo dobru i točnu ocjenu i prognozu ponašanja tih kabela u eksploataciji, odnosno prognozu njegove životne dobi, kako električne, tako i termičke.
Autor je u ovom članku pokušao dati i osvijetliti najvažnije aspekte valorizacije dobrote kabela i njegove pouzdanosti i životne dobi u odnosu prema metodama i rezultatima ispitivanja, koje su nam danas poznate i pristupačne.

1. TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE

Poznato je da danas postoje proizvodni postupci koji imaju najviše uvjeta da dadu proizvod — izoliranje s poluvodljivim slojevima — visoke kvalitete i životne dobi, termičke i električke, a to su:

— trostruka ekstruzija,
— vulkanizacija u dušiku,
— hlađenje u dušiku
— visoki stupanj čistoće u procesu izoliranja.

Nije međutim bitno da li se proces trostruke ekstruzije radi na vertikalnoj ili na lančanoj liniji, jer danas neki od najpoznatijih proizvođača imaju lančane linije, a neki pak vertikalne, koje su, međutim, mnogo skuplje.

2. MATERIJAL IZOLACIJE

Čini se da u nekoliko posljednjih godina nadmetanje izolacionih materijala dobiva rasplet.

Od dobro nam poznatih izolacija:

PE — polietilena visoke čistoće-stabiliziranog,
PEX — umreženog polietilena visoke čistoće,
EPDM — etilen-propilena.

Očito je da sve više dominira PEX-umreženi polietilen, zbog svojih izvanrednih termičkih i električnih karakteristika.

U PEX treba, međutim, ubrojiti i specijalno »punjeni« mineralnim punilima umreženi polietilen, koji mu daje neka izvanredna svojstva.

Prema podacima firme General Electric postoje neke vrlo atraktivne prednosti, pa ćemo dati kratki usporedni pregled bitnih svojstava PEX-a, prema punjenom PEX-u (u ovom slučaju proizvod General Electric, nosi trgovački naziv VULKENE).

Najviši nazivni napon provedenog kabela, kV	PEX	VULKENE
	245	138
Termička stabilnost, dana kao čvrstoća, kg/cm² na temperaturi:		
130 °C	14	70
150 °C	14	56
Probojni napon zbog deformacije, kV		
na 20 °C	55	35
na 90 °C	44	35
na 130 °C	2	33
Zagrijavanje na 130 °C, uz primjenu izmjeničnog napona, postepeno dizanje s početnih 10 kV, tj. 10—20——30—40—50—60—70 — — kV, s time da je svaki stupanj trajao 1 h	Probio kabel nakon 3 min na 30 kV	Preskok na glavi, 70 kV
Brzina rasta grančica-treeinga, % od brzine u PEX	100%	<20%
Otpornost na kcronu, % od PEX	100%	≫100%
Otpornost na plamen, % od PEX	100%	>100%
Otpornost na puzajuće struje, % napona koji ostavlja klizne staze na PEX	100	~160
Životna dob izražena eksponentom N (vidi sl. 3)	12	19,5

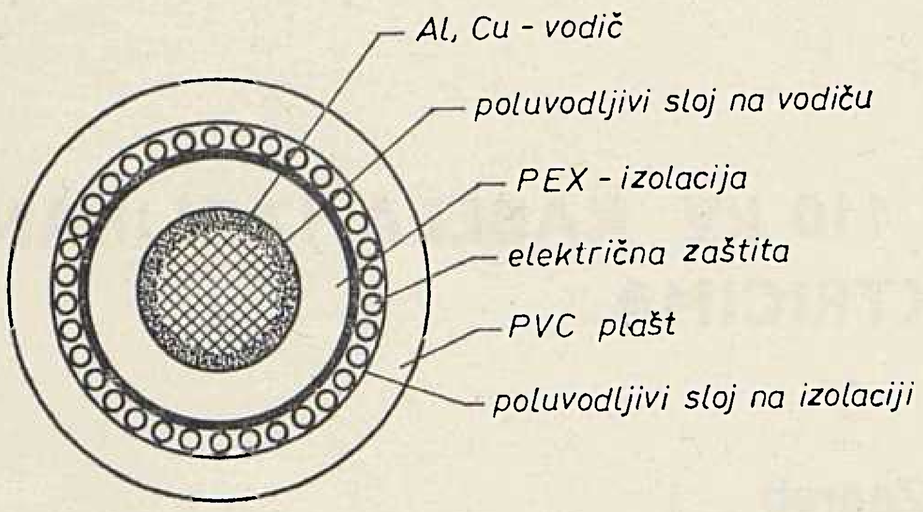
Objašnjenja koja daje G. E. mogu se prihvatiti jer su slične prednosti poznate i kod Etilen-propilena, također mineralnim punilima punjenog materijala.

Nadalje se kaže da je u VULKENE punjenje provedeno posebnim vrstama punila koja mu daju veliku homogenost i spomenuta svojstva. Tako se npr. znatno sporiji rast vodenog treeinga objašnjava kočenjem rasta granice od čestica punila zbog toga što punilo ima više tališnu točku, točku dekompozicije, točku isparenja, te mnogo veću termičku vodljivost. Stoga se izboj grančice u polietilenu zaustavlja na mnogim česticama punila.

Kako danas postoje i specijalni umreženi polietileni s dodacima za kočenje rasta treeinga, vjerojatno su dobiveni slični rezultati kod oba materijala.

Može se zaključiti da i nepunjeni i na poseban način punjeni umreženi polietilen preostaju kao

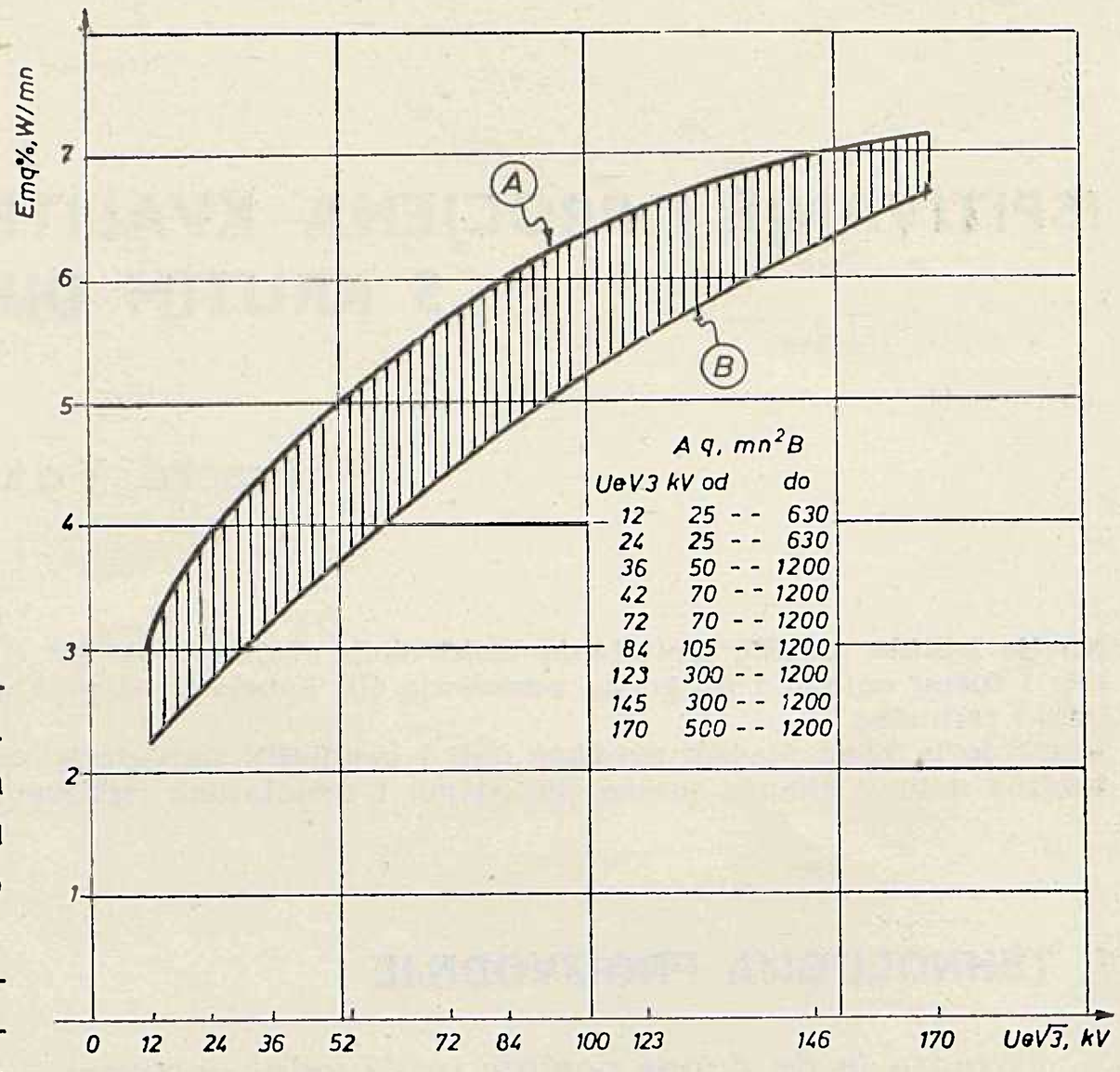
* Svi usporedbeni rezultati za PEX i VULKENE dobiveni su na jednakim uzorcima i istim ispitivanjima.



Sl. 1. Slika presjeka kabela izvedbe XHP-48.

najpogodniji materijal za srednje naponske i visokonaponske kabele, iako po nekima za 220 kV kabele ima nepunjeni PEX prednost pred punjenim zbog svoje izvanredne ulazne čistoće, za razliku od punjenog koji se u procesu umješavaja može do neke mjere onečistiti »neaktivnim« punilima.

Međutim, punjeni PEX je superioran pri povišenim temperaturama, kakve se javljaju u preopterećenjima i kratkom spoju, kao što smo vidjeli iz prethodne tablice.



Sl. 2. Ovisnost Emax., kV/mm o pogonskom naponu (u opsegu odgovarajućih presjeka za sve napone), koja proizlazi iz analize geometrije kabela firme SIEVERTS

3. KONSTRUKCIJA

3.1. Općenito

O konstrukciji kabela za napone 110 kV može se reći da su u pravilu identične onima srednjih napona, dakle kao XHP-48, ili XHP-48A, uvijek u jednožilnoj izradi.

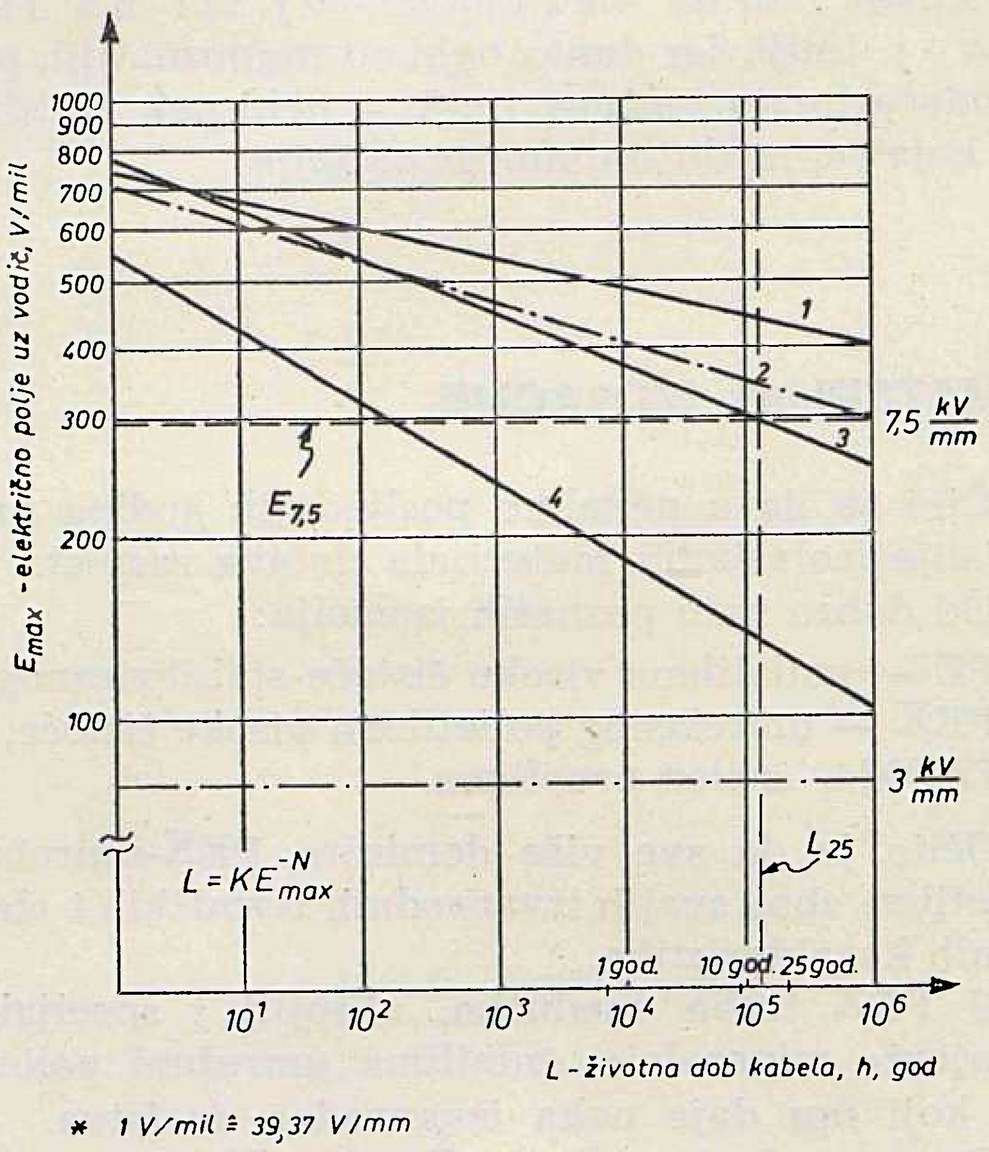
Neki proizvođači stavljaju umjesto električne zaštite od bakrenih žica olovni plašt, koji osim te funkcije ima i odlično zaštitno djelovanje protiv prodiranja vode, dakle i širenja vodenog treeinga.

Ipak, u većini slučajeva proizvođači, i to oni najpozatiji, proizvode tipove slične XHP-48.

3.2. Bitne konstruktivne veličine

— Čvrsto prianjanje poluvodljivih slojeva uz izolaciju.
— Otpornost na termičko radijalno »disanje« kabela.
— Što veća otpornost plašta i poluvodljivih slojeva na prodor vlage.
— Optimalna debljina izolacije, kako bi se dobilo što bolje odvođenje topline, s tim da maksimalno električno polje (uz prvi poluvodljivi sloj) ne prelazi (kao efektivna vrijednost) nekih 7 kV/mm.

Takav pristup, vidljiv je iz slike 2, gdje je prikazana ovisnost jakosti el. polja uz poluvodljivi sloj na vodiču i pogonskom naponu kabela jednog poznatog proizvođača za pripadajuće uobičajene presjeke na pojedinim naponima.



Sl. 3. Ovisnost životne dobi kabela o maksimalnoj jakosti polja (efekt. vrijednost) za različite vrste izolacija, ispitano na gotovim uzorcima kabela u istim uvjetima i jednakom nivou parcijalnih izbijanja (mjereno pri 20 °C):

1 — VULKENE N=19,7
2 — STABILIZIRANI PE N=15,3
3 — PEX, N=11,7
4 — PE, N=8

Na slici sjecište ordinata E 7,5 određuje životnu dob pojedinih vrsta izolacije kod E_{max} = 7,5 kV, a apscisa L 25 dozvoljeno E_{max} na zadanu životnu dob od 25 god.

4. OSVRT NA NOVI ŠVEDSKI STANDARD

SS 424 14 17, 1979-11-15. Kabeli izolirani sa PEX (XLPE) izolacijom i plaštem od PVC, PE ili PEX pogonskog napona 1 ÷ 170 kV i s p i t i v a n j e.

Ovaj standard je nedavno izašao i obuhvaća ispitivanja na energetskim kabelima napona 1 ÷ 170 kV, izoliranih samo izolacijom od PEX, umreženog polietilena.

Prema tome, za sada uopće nisu navedene nikakve druge izolacije, na primjer polietilen ili etilen-propilen.

Vjerojatno je to na neki način izraz stanja tehnologije kabelske industrije Švedske i ostalih skandinavskih zemalja.

S druge strane, autoru nije poznato da je izašao standard SS za konstrukciju ovih kabela. Očito je to manje važno, jer su zakonitosti i uobičajene izvedbe kabela ovih napona identične onima za kabele srednjih napona, za koje postoji IEC, VDE i niz drugih svjetskih standarda, a u pripremi za izdavanje je u JUS. NC 5.230.

Da bi slika o ovom standardu bila kompletnija, podsjetit ćemo se tumačenja svrhe pojedinih ispitivanja:

4.1. Rutinska ispitivanja

Ovim se ispitivanjima provjerava i utvrđuje da je s v a k a proizvedena dužina potpuno ispravna.

4.2. Specijalna ispitivanja

Specijalna ispitivanja provode se na najviše 10% isporučenih dužina i njihov opseg se dogovara između kupca i proizvođača.

Svrha je da se kupcu omogući da provjerava kvalitetu po želji odabranih dužina.

4.3. Tipska ispitivanja

Ovim ispitivanjima moraju biti podvrgnuti svi novi ili modificirani kabeli kod kojih je došlo do promjene konstrunkcije, proizvodne tehnologije ili materijala.

Svrha im je da se pod vrlo strogim režimima ispitivanja provjeri i dokaže kvaliteta materijala, kostrukcije i tehnologije proizvodnje.

4.4. Ispitivanja nakon polaganja

Ovim se ispitivanjima mora provjeriti da li je kabelski pribor kvalitetan i dobro ugrađen, kao i to da prilikom polaganja kabel nije oštećen.

O p a s k a. Kod određivanja ispitnih napona SS uzima se za bazu Ue=71 kV, tj. najveći normalni pogonski napon, tzv. RATED VOLTAGE koja se odnosi na opseg regulacije napona u sistemu.

Kratki pregled ispitnih modela i zahtjeva. U donjem kratkom pregledu dane su zahtijevane vrijednosti samo za ona ispitivanja koja su u najužoj vezi s izlaganjem i bitnim postavkama novom tekstu.

R u t i n s k a i s p i t i v a n j a	
— Naponsko ispitivanje izmjeničnim naponom 50 Hz u trajanju od 15 min	*2 Ue*
— Ispitivanje parcijalnih izbijanja, i to tako da se napon postupno digne do 2 Ue, tu održi 10 S, a zatim spusti na 1,25 Ue i tu mjeri	*10 pC*
S p e c i j a l n a i s p i t i v a n j a	
— Omski otpor vodiča	
— Didenzije i el. otpor ekrana	
— Debljina izolacije, plašta metalnog i vanjski promjer	
— Stupanj umreženja izolacije	
— Sila sljepljivanja (prijanjanja) poluvodljivih slojeva uz izolaciju	
— Ispitivanje izmjeničnim naponom 50 Hz, u trajanju 4^h na 10% isporučenih dužina . .	*2,5 Ue*
T i p s k a i s p i t i v a n j a	
— Parcijalno izbijanje kao pod rutinska ispitivanja i ≤10 pC	1,25 Ue
— Debljina izolacije, plašta, metalnog plašta i armature	
— Stupanj umreženja	
— Prianjanje poluvodljivih slojeva uz izolaciju	
— Ispitivanje na izmjenični napon, 50 Hz u trajanju od 4^h . .	*2,5 Ue*
— Faktor gubitka, tgδ	4.10^{-4}
— Cikličko zagrijavanje, nakon čega parcijalni izboj mora biti ≤10 pC kod 1,25 Ue, vodič zagrijavati strujom na 130°C i tu temp. držati 2^h, zatim ostaviti kabel da se slobodno ohladi kroz 4^h. Ponoviti proces još 2 puta	
— Savijanje i parcijalni izboj ≤ 10 pC na 1,25 Uo	
— Promjena tgδ kod 0,5 Ue i 1,73 Ue	20.10^{-4}
— Impulsni napon, 10 pozitivnih i 10 negativnih impulsa	*550 kV*
— Mehanička svojstva prije i poslije starenja	
— Upijanje vode u slojeve izolacije	

— Gubitak težine i otpornost na niske temperature i na pucanje PVC plašta
— Skupljanje izolacije
— Zapaljivost kalela
— »Melt flo . « indeks za PE
— Sadržaj čađe za PE

Ispitivanje nakon polaganja

— Ispitivanje istosmjernim naponom u trajanqu 15 min, kV . 220
ili
— Ispitivanje izmjeničnim naponom (između vodiča i ekrana)
— kroz 5 min . . . . . 1,73 Ue
— kroz 24h . . . . . Ue

Komentar uz kratak pregled

— Nivo izmjeničnog ispitnog napona i dopušteni nivo parcijalnih izbijanja premalen. TREBALO BI DA PREMA NEKIM MERITORNIM MIŠLJENjima BUDE $2\,Ue \leq 5\,pC$.
— Treba iskoristiti specijalna ispitivanja ispitivajući 10% isporučenih dužina na 2,5 Ue kroz 4h. Kod manjeg broja dužina trebalo bi tražiti ispitivanje 20% dužina, a najmanje 1 dužine.
— Trebalo bi utvrditi metodu provjere nepropusnosti plašta nakon polaganja
— Ispitivanja navedena u tablici, kao i ona dana u NAPOMENAMA predstavljaju današnju ocjenu jedne visokokvalitetne tehnologije proizvodnje i treba da posluže za stvaranje našeg standarda.

5. PRIJEDLOG KRITERIJA ZA IZBOR KABELA

Iz dosadašnjeg izlaganja mogu se na kraju dati neki najbitniji pokazatelji, koji mogu poslužiti pri odlučivanju i o isporučiocu kabela. To ne mora biti potpuno pouzdano, ali će ipak omogućiti isključivanje slabijih proizvođača.

— Materijal vodiča: preporuča se aluminij zbog manje cijene, efikasnijeg odvođenja topline i slabijeg električnog polja.
— Materijal izolacije: umreženi polietilen, bilo čisti, bilo punjeni.
— Poluvodljivi sloj: umreženi poluvodljivi polietilen čvrsto slijepljen na izolaciju.
— Tehnologija proizvodnje: vulkanizacija u dušiku i hlađenje u dušiku ili vodi.
— Ispitivanje parcijalnih izboja: 2 Uo, < 5 pC
— Naponsko ispitivanje: na 2,5 Uo, 30 min, ili 10—20% ili najmanje jedna dužina na 2,5 Uo kroz 4 sata u okviru specijalnih ispitivanja, ovisno o broju dužina.
— Ispitivanje nakon polaganja: osim ispitivanja izolacija tražiti i ispitivanje nepropusnosti plašta.
— Preuzimanje i pregled proizvodnje: kod proizvođača.
— Kabelski pribor: vlastiti proizvod proizvođača kabela, odnosnosno uz njegovu punu odgovornost za sudobavljača. Tražiti osiguranje sigurne rezerve kod dobavljača.
— Mogućnosti nuđenja: po potrebi može nuditi i kabel za specijalne uvjete polaganja (veliki specif. otpor tla i velika učestalost gromova).
— Reference: volumen i aktualnost.
— Proizvodne dužine: 750—1 000 m.
— Cijena: U nivou drugih dobavljača uz uvažavanje kvalitete.

LITERATURA

A. C. BRUHIN: »Recent developments in Power Cables insulated with solid Dielectrics containing inorganic Fillers«, Publikacija G. E.

S. L. FITZHUNG: »Accelerated Electrochemical treeing Test«; G. E. Report PD-23—79, Oct. 24. 1979.

SEN: 424 14 17/1979

Mr Živko Dobrosavljević, dipl. ing.: »Podloge za izradu standarda JUS N.C.5.400 — visokonaponski kablovi 110 kV. »Informacije JUS«

»Filled XLPE VS UNFILLED XLPE«, G.E. publikacija WCS-29

N. SINGH: »Full Size and Prototype Cable Performan-ce of varions Insulants«, publ. G.E.

H. J. CUNHA: »Performance of filled Crosslinked Polyethylene above 130 °C« IEEE PES Winter Meeting, New York, Jan. 26—31. 1975.

R. M. EICHORN: »Recent Studies on polyethylenes which retard water Treeing and on Analysis of the Failure Statistic for URD Cables in the U.S.«

»Medium-High Voltage extruded Power Cables,A Comparison between EPR and XLPE Insulations«

Publikacija Pirelli AM/2011/179, Mart 1979.

KATALOG SIEVERTS: XLPE Cable SDCP, A New Edition« »Dry Curred HLPE Cable«

B. Paić: »Usporedba kvalitete srednjenaponskih kabela obzirom na vrst izolacije i tehnologije izrade«, Referat 1.3. na VI simpoziju o energetskim kabelima, Vrnjačka Banja, 1978.

B. Tokić: »Kabel za prijenos velikih snaga napona 110 kV izolirankrutim dielektricima«, referat 1.7 na VI simpoziju o energetskim kabelima, Vrnjačka Banja, 1978.

EXAMINATIONS AND QUALITY EVALUATION OF 110 kV CABLES WITH SOLID DIELECTRIC INSULATION

New examination methods for testing electrical properties of 110 kV (and 220 kV) cables give us opportunity for good estimation of quality, prospects for behaiour for this cables in operation, and operational life as well electrical thermical. In the article author has tried to highlight some aspects for quality evaluation of cables as well as reliability and operational life in relation with available testing methods.

Naslov pisca:
Branko T o k I ć, dipl. ing.
»ELKA«, Zagreb

Energija God. 29 (1980) br. 9—10, 359—366.

ISPITIVANJE STROJARSKE OPREME HE NIKOLA TESLA

Mijo Martinko, Zagreb

UDK 621.311.21

U članku su prezentirane aktivnosti vezane uz bezrazorna ispitivanja strojarske opreme HE Nikola Tesla s kratkim osvrtom na neke od dobivenih rezultata.

1. UVOD

Danas, kada je svijet zahvatila kriza uvjetovana nestašicom i skupoćom tekućih goriva i kada je elektroenergetska politika prvenstveno usmjerena izgradnji hidroelektrana i elektrana na nuklearni pogon, logički se nameće potreba da se hidroenergetski potencijal akumuliran u rezervama vode iskoristi maksimalno. U tom smislu potrebno je kontinuirano pratiti kvalitetu i sigurnost pogona pojedinih dijelova hidroelektrane, odnosno cjelokupne hidromehaničke, strojarske i električke opreme. Ovakvo praćenje kvalitete uvjetuje vrlo kompleksna ispitivanja kojima, gledano sa strojarskog aspekta, prvenstveni zahtjev da se snimi postojeća homogenost ugrađenog materijala nakon dužeg razdoblja eksploatacije. Pri ispitivanju se uglavnom koriste bezrazorne metode (vizualne, površinske i volumetrijske) koje se često zbog sagledavanja preostalog životnog vijeka dopunjuju s funkcionalnim ispitivanjima. Na bazi usporedbe dobivenih rezultata s nultim stanjem kvalitete i radnim parametrima može se u velikoj mjeri sagledati daljnja upotrebljivost opreme te predviedjeti pravovremene reparature ili zanmjene s novim strojnim djelovima kako bi se spriječili neželjeni incidenti i osigurala kontinuiranost u isporuci električne energije potrošačima.

Provedba ovakvih ispitivanja treba da bude temeljena na osnovnim principima tehnologičnosti, odnosno potrebno je:

— da se ispitivanja obave u toku većeg remonta hidroelektrane,

— da se ispitivanja provedu samo na onim komponentama na kojima se realno može očekivati mogućnost postojanja površinskih ili volumetrijskih defekata, odnosno amo na onim komponentamsa od kojih zavisi sigurnost i trajnost pogona,

— da se za ispitivanje koriste jeftinije metode, a s kojima se istovremeno može osigurati dovoljan broj referentnih podataka potreban za sagledavanje postojeće kvalitete i homogenosti materijala,

— da se ispitivanja obave u montiranom stanju gdje je to ikako moguće,

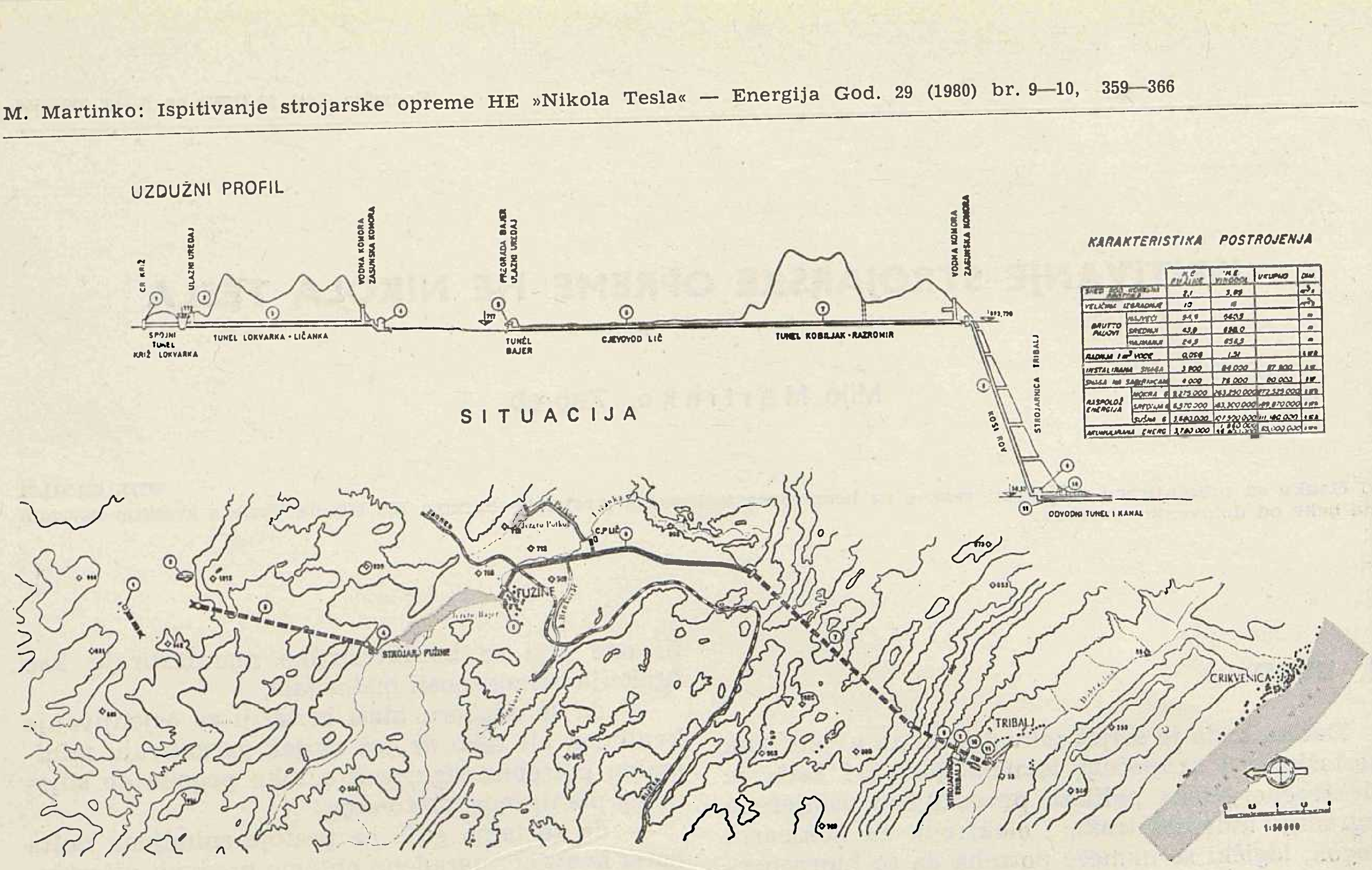
— da se predvide samo one radne provjere koje se u toku normalnog pogona ne provode učestalo ili one čije se karakteristike manifestiraju kao funkcija homogenosti materijala,

— da se odaberu blaži kriteriji za ocjenjivanje kvalitete, ali tako da još uvijek garantiraju minimalno potrebnu sigurnost u toku pogona do slijedećeg planiranog ispitivanja,

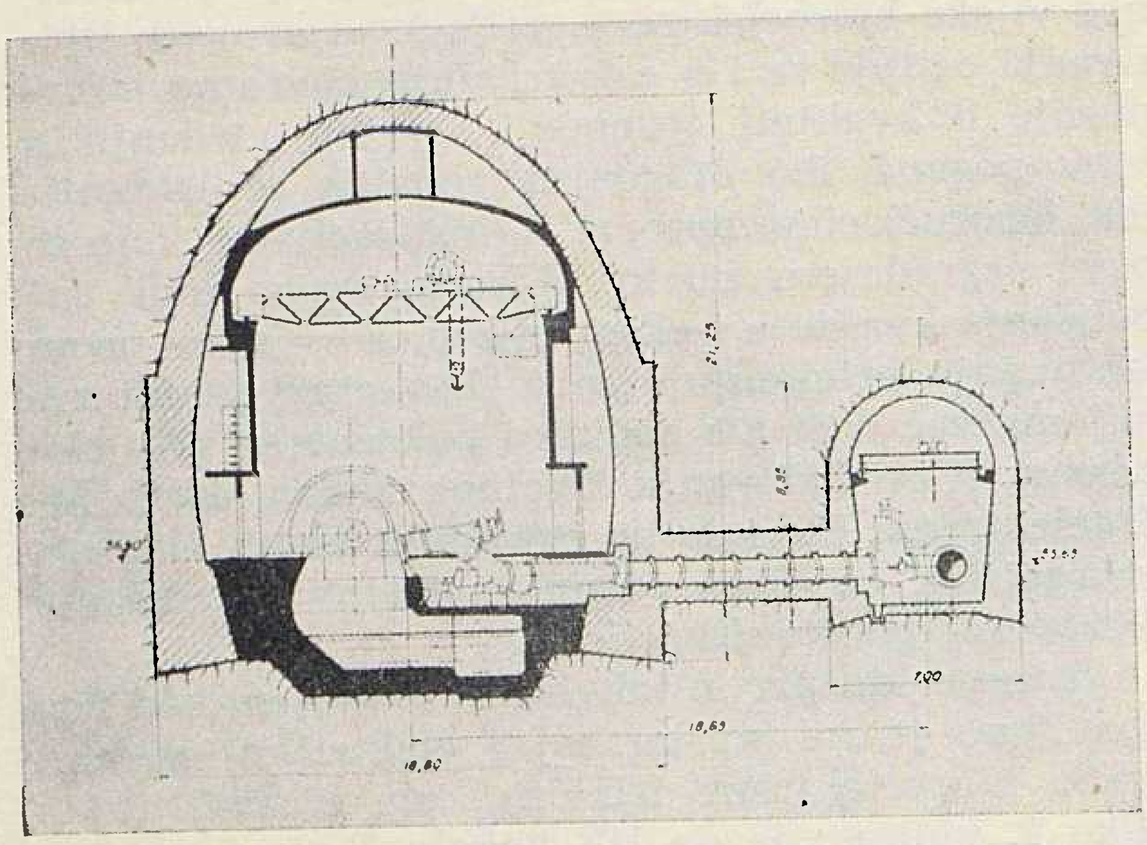
— da se tamo gdje ne postoje snimljena nulta tanja kvalitete ugrađene opreme predvidi višestruko ponavljanje ispitivanja u dužem vremenskom razdoblju radi donošenja čvršćih zaključaka.

Osim značajnog doprinosa u produljenju životnog vijeka hidroelektrane, vrijednost ovakvih ispitivanja očituje se i u ostvarivanju povratne informacije o kvaliteti opreme i njezinu vladanju u toku pogona, što dragocjen podatak projektantima, isporučiocima opreme te institucijama koje se bave izgradnjom novih hidroelektrana radi poboljšanja kvalitete i eksploatibilnosti. Takav način ispitivanja primjenjuje se u visokorazvijenim zemljama već duži niz godina i pokazao se vrlo efikasnim u produžavanju životnog vijeka starih hidroelektrana, čime se uz izgradnju novih elektroenergetskih objekata osiguralo stalno poboljšanje elektroenergetske situacije.

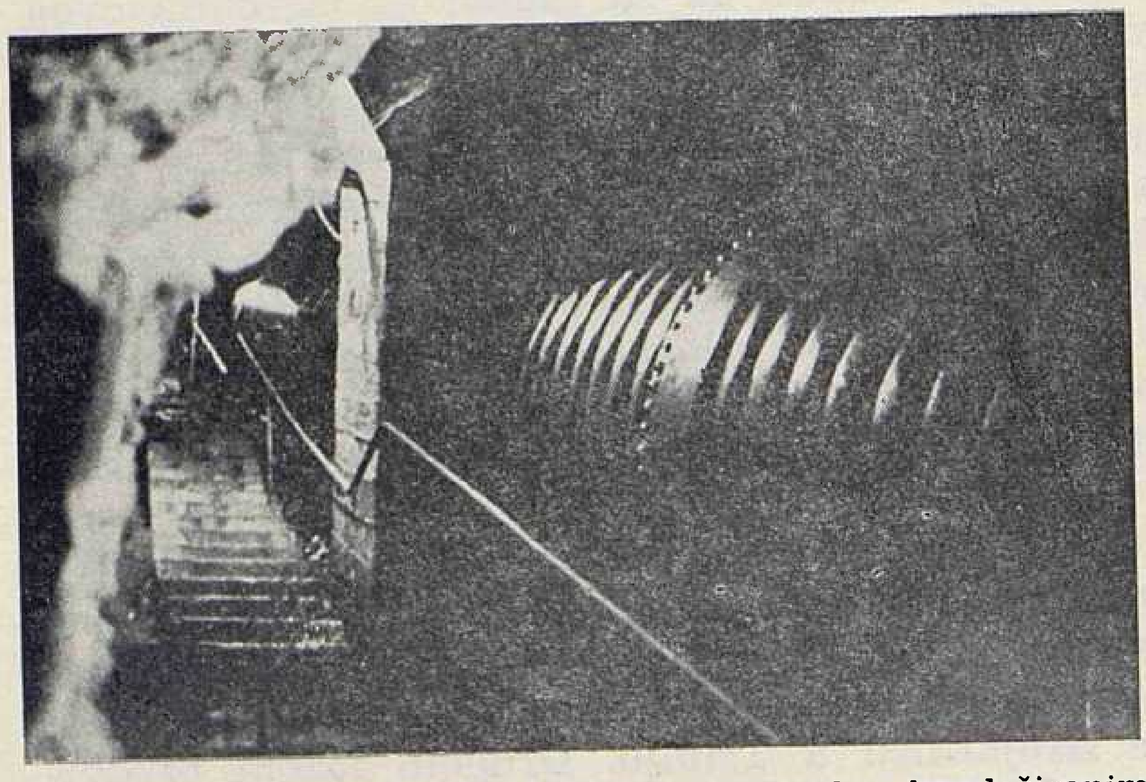
Jedno među prvim takvim ispitivanjem kod nas obavljeno je na strojarskoj i električkoj opremi vršne hidroelektrane Nikola Tesla u Triblju. Iz slike 1. vidljivo je da HE Nikola Tesla i njezina prateća hidromehanička oprema predstavljaju dio velikog hidroenergetskog sistema koji je lociran od Omladinskog jezera — Lokvarka do strojarnice u Triblju. Budući da su radovi na izgradnji ovog sistema započeli još prije rata te nastavljeni nakon njegova završetku, a komercijalni rad energetskih objekata započeo je prije više od 25 godina, nametnula se potreba za ispitivanjem postojećeg stanja strojarske opreme u pogledu homogenosti materijala, kako bi se mogli predvidjeti pravovremeni reparaturni zahvati na dotrajalim komponentama i tako produžio životni vijek cijelog sistema. Zbog složenosti i veličine sistema planirano je da se ispitivanja provedu r dvije faze. Godine 1979. obavljena su ispitivanja koja su obuhvatila opremu iz prve faze, a koja je locirana ispod elevacije 683,709 m: zasunsku komoru Razomir, tlačni cjevovod — kosi rov, razdjelnu komoru te strojarnicu u Triblju. Drugom fazom predviđeno je da se ispitivanjem obuhvati: CP Križ,



Sl. 1. Hidroenergetski sistem Omladinsko jezero — strojarnica u Triblju



Sl. 2. Strojarnica i razdjelna komora HE Nikola Tesla



Sl. 3. Detalj kosog rova — tlačni cjevovod s bandažiranim cijevima

brana Lokvarka, ulazni uređaj tunela Lokvarka — Lič, zasunska komora Fužine, PHE Fužine, ulazni uređaj Fužine, brana Bajer i CP Lič.

2. AKTIVNOSTI VEZANE ZA PRIPREMU ZA ISPITIVANJE

Prije ispitivanja obavljene su detaljne pripreme koje se mogu podijeliti na tri faze:

— upoznavanje i sagledavanje postojećeg stanja opreme,

— planiranje i određivanje opsega ispitivanja,

— izbor metoda ispitivanja i referentne regulative.

Prva priprema za ispitivanje bilo je prikupljanje raspoložive dokumentacije iz koje je bio vidljiv: tehnički opis, vrsta i kvaliteta ugrađenog materijala, radni parametri te tehnologija izrade opreme. Osim toga, prikupljeni su podaci o održavanju komponenata, problemima koji su se javljali u toku dvadeset petogodišnjeg rada elektrane, učestalosti remonta, te reparaturnim zahvatima koji su provedeni na pojedinim dijelovima sistema ili komponenata. Budući da je oprema proizvedena u vrijeme kada aktivnosti kontrole i osiguranja kvalitete još nisu bile ravnopravno tretirane kao ostale faze proizvodnje već se nerazvijenost nedestruktivnih metoda ispitivanja nedomještala predmenzioniranjem, prikupljeno je vrlo malo podataka o nultom stanju kvalitete ugrađene opreme. Tu se ponajprije misli na ispitnu tokumentaciju kojom je ocijenjena površinska i volumetrijska kvaliteta ugrađenog materijala kao što su: homogenost cijevi, odljevaka, otkivaka, zava-

renih spojeva, elemenata za vezu, prijenosnika gibanja i sl. Radi što potpunijeg sagledavanja, nakon pregleda dokumentacije obavljen je obilazak i snimanje trenutnog stanja opreme kako bi se provjerili uvjeti u kojima je moguće ispitati svaku komponentu, odnosno kakva je pristupačnost opremi, kakvo je stanje površine opreme, da li je osvjetljenje pogodno, koju je opremu moguće ispitati u montiranom stanju a koju uz djelomičnu ili potpunu demontažu i, na kraju, kakve je mjere zaštite na radu potrebno provesti prije i u toku ispitivanja.

Nakon snimanja postojećeg stanja opreme prišlo se izradi programa ispitivanja. U opseg ispitivanja uključena je:

— oprema o čijoj homogenosti i nultom stanju kvalitete ne postoje pisani dokumenti,

— oprema čija ispravnost uvjetuje sigurnost i trajnost pogona,

— oprema koja je prema dosadašnjim nalazima i mišljenju službe održavanja elektrane dotrajala te joj prethodne skori reparaturni zahvati, poboljšanja (konstruktivna ili radna) ili su pak uvjetovala zastoje u radu elektrane,

— strojarska oprema koja prema jugoslavenskoj regulativi podliježe preventivnim periodičkim provjerama,

— oprema čiji se kvaliteta i homogenost s današnjim stupnjem razvijenosti bezrazornih ispitivanja može ocijeniti pouzdanije nego metodama koje su korištene u vrijeme njezine izrade.

U tablici 1. prezentiran je skraćeni opseg komponenata koje su bile uključene u ispitivanje, kao i metode ispitivanja koje su primijenjene kod dotične opreme.U ovoj fazi obavljene su konzultacije s osobljem elektrane vezane za planiranje ispitivanja pojedinih komponenata. Budući da je oko 80% opreme i predviđenog ispitivanja moglo biti obavljeno samo u vremenu kada je elektrana izvan pogona, a od toga su ispitivanja zahtijevala djelomičnu demontažu oko 50% opreme koja je bila uključena u ispitivanje, izrađen je terminski plan ispitivanja koji je podijeljen na dvije grupe:

— prioritetna, koja su se morala obaviti u terminu jednomjesečnog remonta elektrane, te

— sekundarna, koja su planirana da se obave izvan termina predviđenog za remont.

Zbog ograničenog vremena prije ispitivanja izrađen je točan terminski plan ispitivanja. Prilikom sastavljanja terminskog plana pazilo se da se strojarska, električka i ispitivanja koja će se provesti osoblje elektrane međusobno ne poklapaju.

U zadnjoj fazi pripremnih aktivnosti prišlo se izboru vrsta i metoda ispitivanja. Ispitivanja koja su planirana da se provedu podijeljena su na dvije grupe: bezrazorana i funkcionalna. Zadatak bezrazornih ispitivanja bio je da se utvrdi površinska i volumetrijska kvaliteta materijala opreme radi otkrivanja defekata koji mogu uvjetovati havarije ili pak zastoj u radu elekrtane. To npr. površinske ili potpovršinske pukotine, poroznosti (crvolike, okrugle ili u nizu), uključci (gnijezda ili u nizu), usahline i lunkeri od lijevanja, jače izraženi korozioni produkti, dvoplatnost, slaba metalurška veza između raznorodnih materijala, naponska korozija, površinska mehanička oštećenja, habavost, promjena geometrije oblika, smanjenje debljine stijenke zbog istrošenja i sl. Kao bezrazorne metode odabrane su: površinska ispitivanja vodotopivim penetrantima vidljivim na danjem svjetlu, vizualni pregled te volumetrijsko ispitivanje pomoću ultrazvuka metodom impuls — odjeka. Radi ispravnog provođenja ispitivanja izrađene su pisane procedurne liste za provedbu svake metode ispitivanja. Kao podloga za izradu procedurnih uputa odabrani su američki propisi ASME B & PV Code Sec. V »Nondestructive Examination« (1973. god.) S obzirom na to oni čine jedne od općepriznatih propisa za bezrazorna ispitivanja.

U funkcionalna ispitivanja uključene su one defekata otkrivenih bezrazornim ispitivanjima na eksploatibilnost, sigurnost i trajnost pogona hidroenergetskih komponenata. S druge strane, planirane radne provjer mogu dati značajan doprinos u sagledavanju uzroka pojave nehomogenosti mateprovjere čiji rezultati mogu pomoći u evoluaciji rezultata ispitivanja u smislu procjene utjecaja rijala. Glavne funkcionalne provjere koje su planirane da se obave u toku ispitivanja jesu: provjera nepropusnosti, mjerenja temperature zagrijavanja (kod ležajeva), dimenzionalna kontrola (kod ležajeva), mjerenja protoka rashladne vode, mjerenja vibracija, mjerenja vremena otvaranja i zatvaranja zapornih organa i sl. Neke od planiranih funkcionalnih ispitivanja prvi put su uključena u opseg ispitivanja ove elektrane, kao npr. mjerenja vibracija na crpkama rashladne vode i u zasunskoj komori te mjerenja protoka rashladne vode Pitoovim cijevima.

aKo jedna od bitnih faza pripreme za ispitivanje predstavljale su aktivnosti vezane za prikupljanje, proučavanje i izbor referentne regulative za ocjenu stanja opreme. Tri izboru regulative pazilo se da se prvenstveno koristi domaća regulativa, a da se izbor kriterija za ocjenu stanja opreme potraži u stranim propisima samo onda ako ne postoje jednoznačno definirani jugoslavenski propisi.

3. PROVEDBA ISPITIVANJA I IZRADA ELABORATA

U toku provedbe ispitivanja sve planirane aktivnosti obavljene su u skladu s izrađenim terminskim planom. Opseg obavljenih ispitivanja svakodnevno je evidentiran u dnevniku ispitivanja koji vodio koordinator odgovoran za provedbu ispitivanja. Ako se tokom ispitivanja naišlo na defekte čija bi prisutnost mogla imati utjecaja na sigurnost daljnjeg pogona, a otklanjanje defekata zahtijeva demontažu i popravak kad je elektrana izvan pogona, dogovoreno je da se u tom slučaju osoblju elektrane odmah ukaže na pronađeni nedostatak, kako bi se, ako je to moguće, otklonio još u toku

DIO ELEKTRANE	OPREMA I NJEZINI DIJELOVI		VRSTA ISPITIVANJA: BEZRAZORNA BEZ DEMONT. V	P	U	BEZRAZORNA S DEMONT. V	P	U	FUNKCIONALNA A	B	C	D	E	F
Zasunska komora Razomir	Kućište i sigurnosne zaklopke	Kućišta zaklopki	+												
		Automatska i dodatna sigurnosna zaklopka	+	+							+				
		Mehanizam za zakretanje zaklopki	+	+						+					
		Zavareni spojevi	+	+					+						
		Vijci i vijčani spojevi	+			+	+		+						
		Poklopac ulaznog otvora				+	+		+						
		Antikorozivna zaštita	+			+									
	Obilazni spoj	Sistem cijevi obilaznog spoja	+												
		Zavareni spojevi	+	+					+						
		Vijci i vijčani spojevi	+			+	+								
		Zasun obilanog spoja				+	+		+	+	+				
		Antikorozivna zaštita	+			+									
	Sistem za odvodnjavanje	Cijevi sistema za odvodnjavanje	+												
		Zavareni spojevi	+						+						
		Vijci i vijčani spojevi	+			+	+								
		Zasun za odvodnjavanja				+	+		+		+				
		Antikorozivna zaštita	+			+									
	Odzračni sistem	Cijevi odzračnog sistema	+												
		Zasun odzračnog sistema	+						+		+				
		Antikorozivna zaštita	+												
	Upravljačko-regulaciona oprema strojarnice	Zvonasti ventili	+						+	+	+				
		Sistem ulja za regulaciju	+						+	+					
		Drenažni sistem s crpkama	+	+											
		Iglasti zatvarači	+						+	+					
		Uredjaji za hidrauličko kočenje s pripadnim zasunima	+	+	+				+	+	+				
		Otklonjači mlaza	+		+						+				
		Antikorozivna zaštita	+												
	Strojarnica	Kućni agregat: Vijci i vijčani spojevi	+			+	+								
		Turbinsko kolo	+	+	+										
		Vratilo agregata	+	+	+										
		Kućište generatora	+												
		Kućište turbine	+			+				+					
		Klizni ležajevi agregata	+			+	+	+	+	+		+			
		Antikorozivna zaštita	+			+									
		Električna mosna dizalica: Pogonski i kočni sistem	+								+				
		Reduktorski prijenosnici	+	+											
		Zakovani, zavareni i vijčani spojevi	+												
		Antikorozivna zaštita	+												
		Kuka za dizanje	+	+											
		Čelično uže	+												

DIO ELEKTRANE	OPREMA I NJEZINI DIJELOVI		VRSTA ISPITIVANJA: BEZRAZORNA BEZ DEMONT. V	P	U	BEZRAZORNA S DEMONT. V	P	U	FUNKCIONALNA A	B	C	D	E	F
Tlačni cjevovod	Čelične obloge	Betonska sidrišta i oslonci cjevovoda	+											
		Površina cjevovoda, kolčaci bandaže	+						+					
		Zavareni spojevi	+						+					
		Debljina stijenke cjevovoda			+									
		Antikorozivna zaštita	+											
Razdjelna komora	Razdjelni cjevovod	Betonska sidrišta i oslonci cjevovoda	+											
		Površina cjevovoda, kolčaci i bandaže	+						+					
		Zavareni spojevi	+						+					
		Debljina stijenke			+									
		Antikorozivna zaštita	+											
	Zasuni	Klinasti zasuni / br. 6 dementiran /	+			/+/	/+/	/+/	+		+			
		Zasun kućnog agregata	+						+		+			
		Antikorozivna zaštita	+			/+/								
	Ručna dizalica	Reduktorski prijenosnik	+	+					+					
		Zakovani, zavareni i vijčani spojevi	+											
		Kuka za dizanje s lančanikom	+	+										
		Antikorozivna zaštita	+											
Sistem rashladne vode	Crpke za dobavu rashladne vode		+						+	+	+			+
	Cjevovod i zaporni organi		+						+		+			
	Antikorozivna zaštita		+											
Strojarnica	Turbinski agregati: Kućišta turbina		+			+								
	Turbinska kola		+	+	+									
	Vijci i vijčani spojevi		+		+	+	+							
	Kućište generatora		+											
	Zavareni spojevi generatora		+	+										
	Generatorska vratila s prirubnicom i uklinjenjem polova		+	+	+									
	Ventilatori generatora		+	+										
	Klizni ležajevi generatora					+	+	+	+	+		+	+	
	Kućišta ležajeva					+	+							
	Antikorozivna zaštita		+			+								
	Baždarenje manometara													
	Mjerenje buke u strojarnici kod													

V - vizuelni pregled
P - površinsko ispitivanje tekućim penetrantima
U - volumetrijsko ispitivanje ultrazvukom
A - provjera nepropusnosti
B - mjerenje vibracija
C - radna provjera
D - mjerenje temperature zagrijavanja
E - dimenzionalna kontrola
F - mjerenje protoka, kapaciteta
/1/ - mjerenja debljine stijenke cjevovoda obavljena na 20 % slučajno odabranih cijevi
/+/ - ispitivanja obavljena samo na demontiranom klinastom zasunu

remonta. Jedan od takvih slučajeva bilo je oštećenje Pelton-turbine br. 5. Tokom ispitivanja svaka planirana aktivnost i nalazi ispitivanja evdentirani su na ispitnim listovima koji su predstavljali referentne podloge za kasniju obradu rezultata.

Svi rezultati ispitivanja skupljeni su i obrađeni u završnom elaboratu u kojem su ujedno dane osnovne smjernice za provedbu potrebnih korektivnih akcija.

4. NEKI BITNI NALAZI ISPITIVANJA

Na osnovi obavljenih ispitivanja te evaluacije rezultata gledajući u cjelini većina sistema je održavana vrlo dobro tako da dvadeset petogodišnji rad postrojenja nije bitno utjecao na homogenost i funkcionalnost strojarske opreme. Ipak, na nekim komponentama pronađeni su bitniji defekti, odnosno oštećenja koja nalažu da se pronađena ošte-

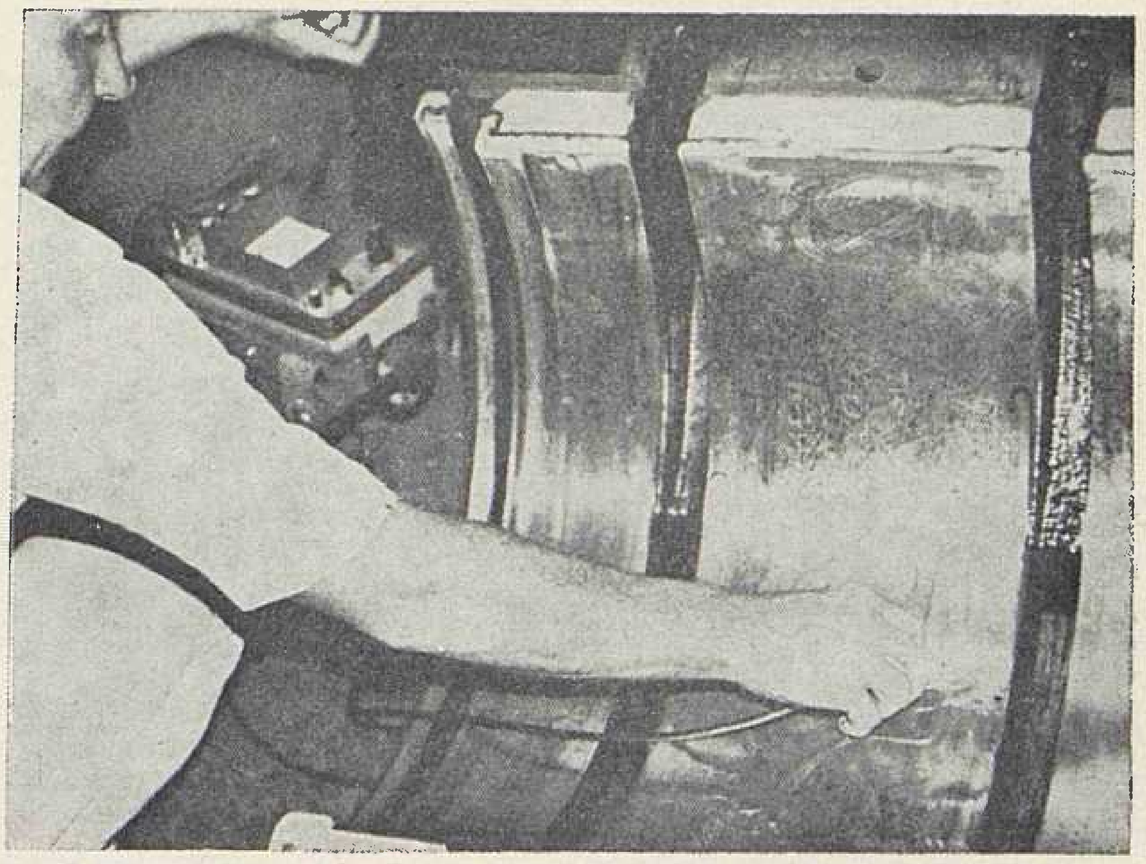
ćenja uklone kako se postojeće greške ne bi povećale te tako uvjetovale nastanak većih materijalnih gubitaka i zastoja u proizvodnji električne energije. U daljnjem tekstu navedeno je nekoliko tipičnih primjera.

Prilikom mjerenja postojeće debljine stijenke na cijevima tlačnog cjevovoda pronađena je pomoću ultrazvuka dvoplatnost cijevi br. 43 na površini od cca 0,5 m². Budući da je ispitano svega 20% cijevi te da postoji vjerojatnost da je dvoplatan materijal ugrađen i u neku od preostalih cijevi koje nisu ispitane, u elaboratu je naznačeno da se preporuča ispitivanje ostalih cijevi. Dvoplatnost sama po sebi ne može se za cjevovod kao dio hidromehaničke opreme tretirati kao opasna u slučaju ako je ona lističastog karaktera te ne napreduje ili izlazi na unutarnju, odnosno vanjsku površinu cijevi. Ako pak ona ima karakter napredovanja prema površini, može se s vremenom zbog erozije i umornosti materijala uvjetovati odlomljavanje dvoplatne površine, što može uvjetovati znatna mehanička oštećenja na hidromehaničkoj opremi u razdjelnoj komori i na zvonastim ventilima ispod strojarnice. S druge strane odlomljavanjem stijenke smanjuje se postojeća debljina sa 17 na 10 mm, što zbog hidrostatskog tlaka od oko 4,3 MPa na tom dijelu cjevovoda može izazvati pucanje cijevi. Da bi se s pouzdanošću utvrdilo stvarno stanje ove cijevi, preporučino je da se pomenuta cijevi kad je to moguće vizualno pregleda s unutrašnje strane, nakon čega bi se mogla dati cjelovitija ocjena i preporuka za povećanje idealne debljine stijenke s bandažama. Osim ovog oštećenja pronađeno je na spoju bandažirane i glatke cijevi (spoj ostvaren kolčakom) jače propusno mjesto koje je potrebno što prije začepiti kako se ne bi još više proširilo.

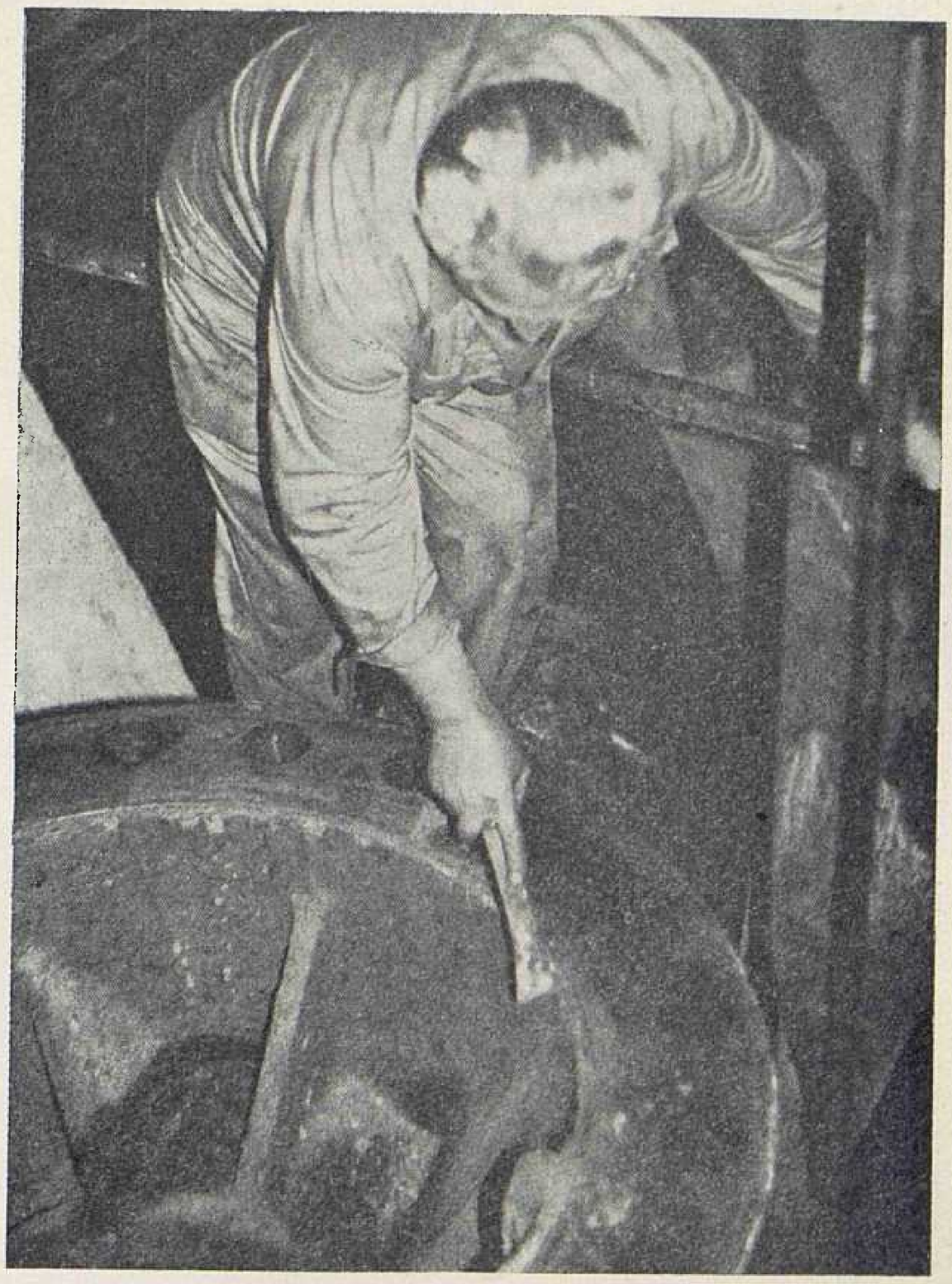
Tokom pregleda betonskih dijafragmi i bandaža kojima se poništavaju aksijalne sile cjevovoda primijećeno je da su one popucane paralelno s uzdužnom osi cjevovoda, a položaj pukotina je u ravnini horizontalne simetrale cjevovoda. Kako cjevovodi kao dio hidromehaničke opreme, prema Službenom listu SFRJ br. 12/65 t. 4. 3. podliježu periodičkim geodetskim snimanjima, preporučeno je da se snimanja obave što prije da bi se utvrdilo stvarno stanje i protumačio uzrok pucanja betonskih dijafragmi i bandaža.

Na hidromehaničkoj opremi razdjelnog cjevovoda nisu pronađena bitna oštećenja, već je samo utvrđeno da je antikorozivna zaštita na cjevovodu, klinastim zasunima te ručnoj dizalici potpuno dotrajala, iz čega proizlazi da treba u što skorije vrijeme očistiti stare premaze, nečistoće i korozivne produkte, odnosno opremu štititi novim premazima koji su otporni na korozivno djelovanje atmosfere zasićene vlagom. Tipičan primjer jače korodiranosti vidljiv je na kućištu klinastog zasuna na slici 6.

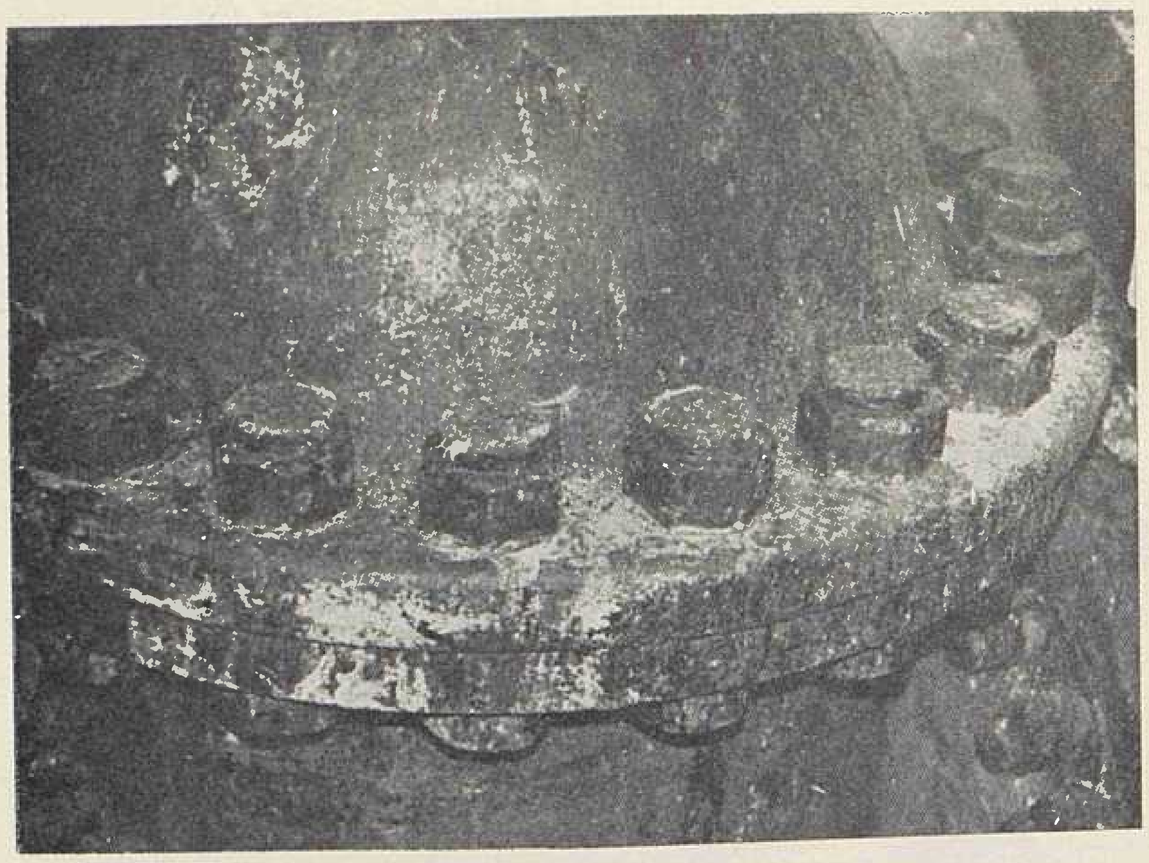
Prilikom mjerenja vibracija na crpkama rashladne vode utvrđeno je da gornji ležaj druge crpke ima znatnije izražene vibracije i da se kućište tog ležaja jače zagrijava u odnosu na druge. Sveukupne amplitude vibracija u radijalno horizontalnom i radijalno vertikalnom smjeru iznosile u 62, odnosno 55 um. Na osnovi izmjerenih temperatura, frekventne analize kod cjelobrojnog višekratnika broja okretaja te broja okretaja vratila crpke utvrđeno je da ležaj radi u grubom području. Kako je spomenuti ležaj montiran prije godinu dana uzrok jačem zagrijavanju, to pojavu povišenih vibracija treba tražiti u ugradnji oštećenog kotrljajućeg ležaja ili u nepravilnoj montaži, pa u tom smislu treba usmjeriti i korektivne akcije.



Sl. 4. Detalj s ispitivanja prijanjanja ležajne kovine pomoću ultrazvuka . Ležajna šalica ispitana je površinski tekućim penetransima



Sl. 5. Čišćenje stare antikorozivne zaštite te korozionih produkata 3 unutrašnjih stjenki demontiranog klinastog zasuna



Sl. 6. Tipičan primjer dotrajale antikorozivne zaštite na poklopcu i vijčanim spojevima klinastog zasuna

Kočni sistem za brzo zaustavljanje turbine br. 1 je neupotrebljiv jer su na kućištu zasuna za privod vode na protumlaznicu ultrazvukom potvrđena puknuća po cijeloj debljini stijenke kućišta. Karakter te mjesta takvog su opsega da se na kućištu ne može provesti kvalitetno reparaturno zavarivanje u smislu otklanjanja pukotina. S obzirom na ove defekte, prilikom zaustavljanja agregata br. 1 koristi se za kočenje samo kočni sistem turbine br. 2. To uvjetuje da je vrijeme zaustavljanja agregata br. 1 gotovo dvostruko duže nego što je predviđeno projektom, a što može u slučaju potrebe naglog zaustavljanja dovesti do neželjenih posljedica.

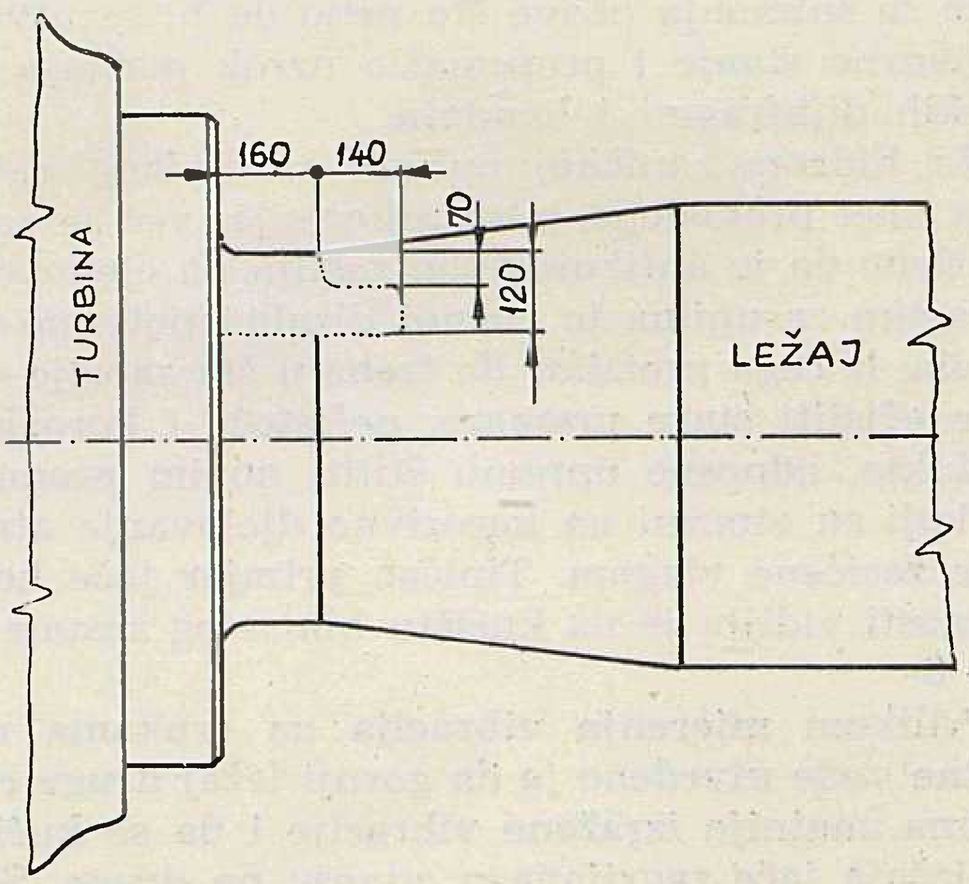
Ispitivanja tekućim penetrantima na drenažnoj crpki br. 2 pokazala su da je kućište crpke puknuto i da se crpka kao takva u slučaju potrebe ne može staviti u pogon. Budući da je smještaj pukotina takav da se ne može provesti kvalitetno reparaturno zavarivanje, predloženo je da se odlije novo kućište.

Ultrazvučnim ispitivanjem utvrđena je u jednom dijelu generatorskog vratila broj 2 prisutnost kontinuiranih uključaka. Raspored, dubina i položaj uključaka vidljiv je na slici 7. Iz raspoložive dokumentacije o kvaliteti vratila ne može se utvrditi da li su ovi uključci postojali u materijalu u ovom opsegu od početka rada s obzirom na to da u vrijeme kovanja vratila ultrazvuk kao bezrazorna metoda ispitivanja nije bila poznata. Ako bi se ovi uključci promatrali s aspekta kriterija prihvaćanja koje propisuje današnja regulativa, homogenost vratila ne bi se mogla ocijeniti kao zadovoljavajuća ni po jednom propisu. Današnji standardi ne toleriraju nehomogenosti u nizu kao ni sve oblici volumetrijskih defekata izduženog oblika, već samo manje pojedinačne greške okruglog oblika. Kao primjer, generatorska vratila HE Nikola Tesla po svojim dimenzijama, broju okretaja, te vrsti opterećenja mogu se svrstati prema »STALL-EISEN Prüfblatt 1921, Entwurf Feb. 1979.« u klasu otkivka B/b, što znači da se tolerira najviše 11 pojedinačnih uključaka max. promjera 4 mm na 1 dm^3 otkivka vratila s time da greške ne budu raspoređene u nizu. S druge strane, logički je da se vratilo zvog ovih uključaka ne može negativno ocijeniti, to više što je vrlo vjerojatno da su uključci nastali kao posljedica kovanja, a ovakvi defekti su uzeti u obzir kod proračuna vratila tako da su u proračun ukalkulirani veći faktori sigurnosti. Iz literature je poznato da uključci u strojnim elementima na koje djeluju istovremeno uvojna, savojna i vlačna naprezanja zbog umornosti materija mogu uvjetovati pojavu klica sitnih pukotina. Da bi se utvrdilo da li pronađeni uključci imaju trend usmjeren stvaranju klica pukotina, preporučeno je da se pronađeni defekti prate ultrazvukom iduće dvije do tri godine kako bi se mogao donijeti konačan sud.

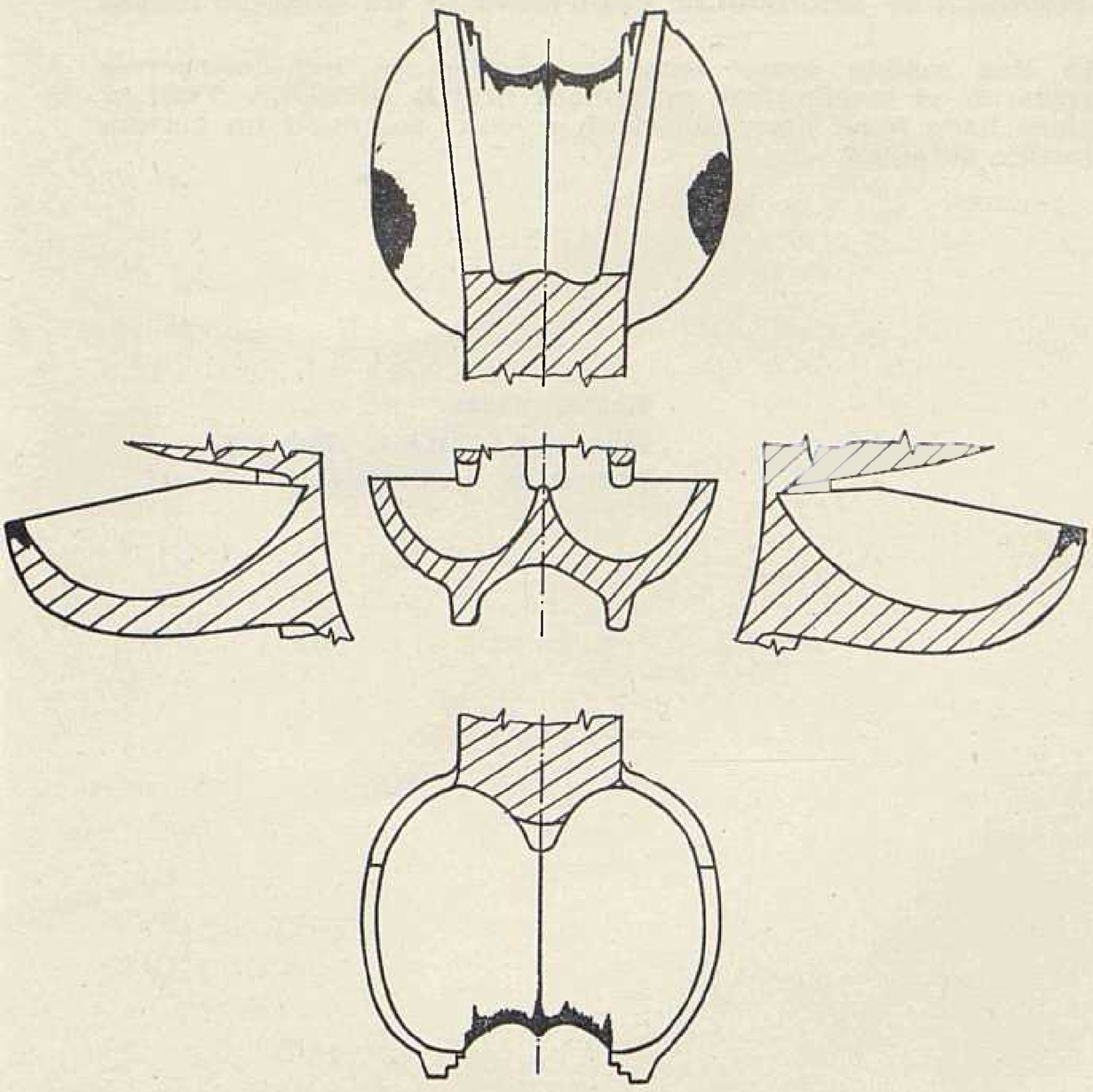
Penetrantskim i vizualnim pregledom lopatica turbinskog kola broj 5 utvrđeno je da sve lopatice jače oštećene Ispitivanjem su pronađeni slijedeće greške: pukotine, odlomljenost bridnih površina, te veća mehanička istrošenost na vanjskim stijenkama lopatice kao tipičan oblik lunkera te gnijezda i pora u nizu. Greške su bile najčešće prisutne na površinama koje su prikazane na slici 8.

Kako je stanje lopatica bilo više nego kritično, obavljeno je još u toku remonta reparaturno navarivanje koji je obavila tvornica Litostroj. Navarivanje je izvedeno ispravnim tehnološkim postupkom tako da ponovljenim ispitivanjem nakon reparature nisu evidentirane pukotine ni površinske greške. Stanje popravljenih lopatica ocijenjeno je kao zadovoljavajuće za duže razdoblje, ali uz uvjet da se svake dvije godine preventive radi ispitaju navareni dijelovi tekućim penetrantima.

Tokom vizualnog pregleda ležajeva kućnog agregata utvrđeno je da je ležajna kovina na ležaju broj 2 jače oštećena uz otvor za podmazivanje. Uzrok oštećenja e labavi dosjed prstena za podmazivanje ležaja, što je nastalo kao posljedica olabavljenosti klinaste veze između vratila i prstena.



Sl. 7. Lokacija uključaka na generatorskom vratilu broj 2

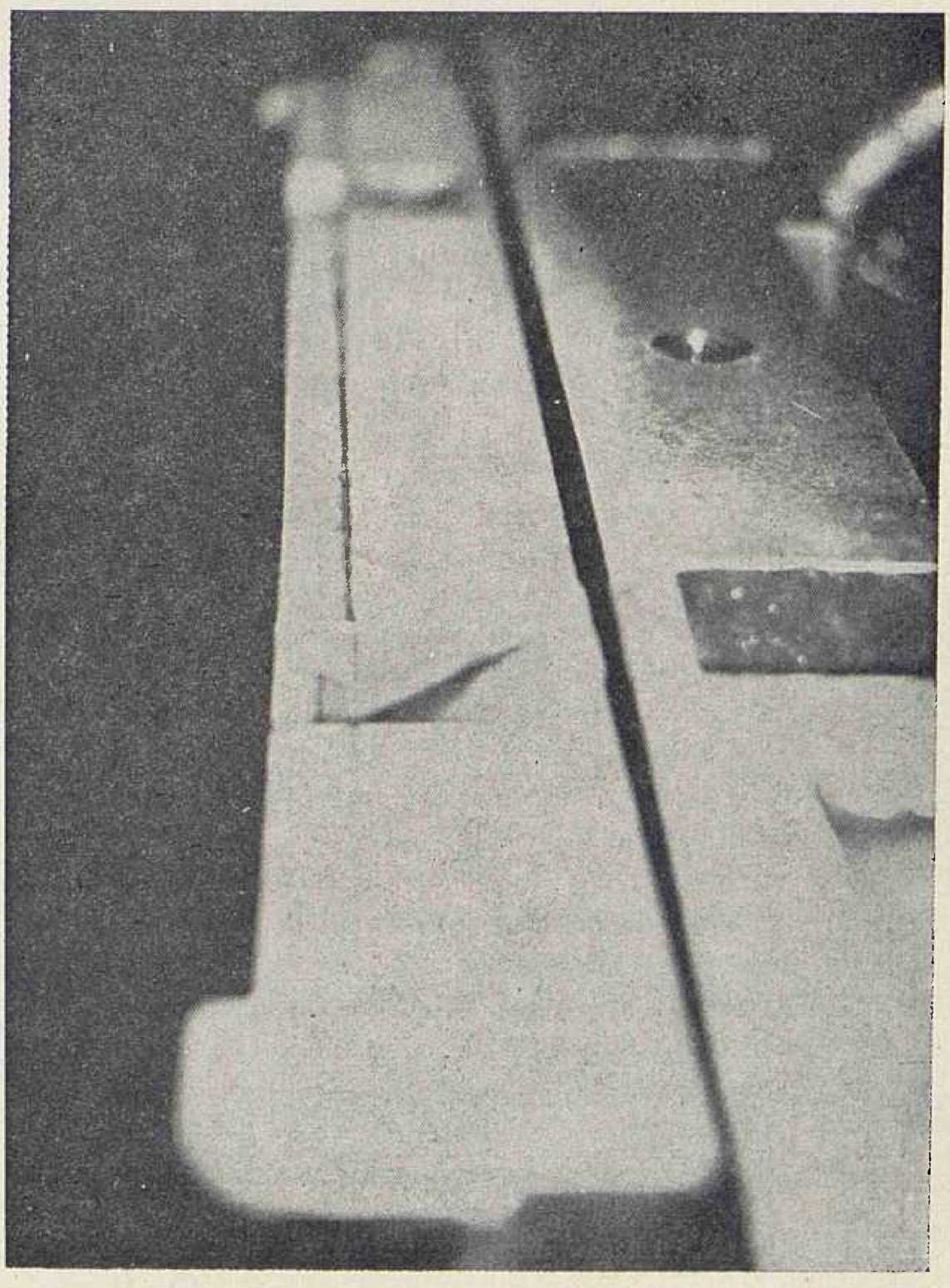


Sl. S. Mjesta na kojima su utvrđene površinske greške na turbinskim lopaticama

Na svim generatorskim, kliznim, ležajevima obavljena su ispitivanja prianjanja ležajne blazinice od bijele kovine za ležajnu šalicu od sivog ljeva. Ultrazvučnim i penetrantskim ispitivanjem utvrđeno je da je po površini i rubovima bijela kovina odlijepljena oko 80%. Stupanj neprianjanja kovine na pojedinim ležajevima je takav da ju je moguće rukom primicati i odmicati od ležajne šalice, odnosno na nekim od ležajeva postoji samo mehanička veza između raznorodnih metala pomoću mreže lastinih repova. Tipičan primjer odljepljenosti ležajne kovine po rubu šalice vidljiv je na slici 9.

S obzirom na postotak odvojenosti bijele kovine realno bi se moglo očekivati da se ležajevi jače zagrijavaju te da imaju pojačane vibracije. Mjerenjem kod različitih vrsta pogona i opterećenja utvrđeno je da se vibracije i razvijene temperature nalaze u tolerirajućim granicama. Istovremeno je od osoblja elektrane dobivena informacija da se ležajevi do sada nisu ispitivali na ovaj način tako da ne postoje pokazatelji stupnja prianjanja kovine za sivi ljev prije i u toku eksploatacije ležajeva. S druge strane, ležajevi koji su u pogonu oko 10 godina imali su vrlo dobar rezultat eksploatacije, a zadnji defekti na njima (zaribavanje) pojavili su se 1971. godine, kada su oštećeni zamijenjeni rezervnima.

Prema regulativi koja propisuje koliki je dozvoljeni postotak odljepljenosti ležajne kovine od osnovnog materijala ležajne šalice gotovo svi propisi dozvoljavaju odljepljenost do oko 10%, iz čega proizlazi da je stanje ležajeva koji se nalaze u eksploataciji nezadovoljavajuće, bez obzira na njihovo dobro ponašanje u pogonu. Dosadašnja iskustva su pokazala da odjepljenost kovine može imati različit utjecaj na životni vijek ležaja. Naime, ležajevi u ovakvom stanju mogu raditi i nekoliko godina bez većih problema i posljedica, ali isto tako može doći do veoma brzog pucanja ležajne kovine na mjestu zareznog djelovanja lastina repa zbog polusuhog trenja u trenutku pokretanja i zaustavljanja generatora, što dovodi do takozvanog zaribavanja ležaja s dalekosežnim posljedicama. Budući da se ne može ni jedan ležaj tretirati kao zadoljavajući, a reperature na svim ležajevima odjednom bi uzrokovale duži zatoj elektrane, dogovoreno je da e prvotno obavi reparatura na rezervnim ležajevima i da se zamjena ležajeva obavi postepeno. Kako su ležajne kovine mijenjane nekoliko puta, a sivi ljev zbog izlučivanja listića grafita na površinu šalice ne garantira da će se postići reparaturom nalijeganja u traženom postotku, odlučeno je da se izrade nove ležajne šalice od čeličnog ljeva. Isto tako, predloženo je da se smanji debljina ležajne kovine sa 10 na maksimetar 5 mm, čime bi se prilikom lijevanja bijele kovine na šalicu osiguralo brže i jednoličnije odvođenje topline s ležajnog materijala. Tim zahvatom moguće je postići bolju homogenost i klizna svojstva ležajnog materijala.



Sl 9 Indikacija odjeljepljenosti ležajne kovine dobivena penetrantskim ispitivanjem

5. ZAKLJUČAK

Iz prikaza je vidljivo da su ispitivanja dala vrlo značajne rezultate i informacije osoblju elektrane koji će biti referentni podaci za dalnje preventivno održavanje strojarskih komponenata.

Gledajući općenito, u zaključku se može kazati da je već ovo prvo ispitivanje te vrste opravdalo očekivanja te da bi bezrazornim metodama trebalo ispitati opremu i na drugim, posebice starim hidroenergetskim objektima.

RESEARCH OF MECHANICAL EQUIPMENT OF HE »NIKOLA TESLA«

In this article some activities related to non-destructive research of mechanical equipment of HE »NIKOLA TESLA« plant have been presented with a short comment on certain results obtained.

Naslov pisca:
Mijo Martinko, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

SEDMI SIMPOZIJ O ENERGETSKIM KABELIMA

Sedmi simpozij o energetskim kabelima, što ga u dvogodišnjim razmacima organizira Studijski komitet 21 Jugoslavenskog komiteta međunarodne konferencije za velike električne mreže — CIGRÉ, održan je od 22. do 24. IV 1980. u Vrdniku, podno Fruške gore.

Domaćin simpozija bili su Novosadska fabrika kabela »Novkabel« i »Elektrovojvodina«, Novi Sad. Smještaj sudionika Simpozija kao i dvorana za zasjedane osigurani su u hotelu »Termal« u Vrdniku.

Svečano otvorenje održano je u utorak 22. IV u 9 sati u velikoj kongresnoj dvorani hotela.

Simpozij je otvorio predsjednik JUKO CGRÉ prof. dr Stanimir Jovanovski, pozdravivši prisutne, a posebno je pozdravio domaćina i visoke rukovodioce iz SAP Vojvodine:

Vilmoša Molnara, predsjednika Skupštine SAP Vojvodine i predsjednika SOUR »Elektrovojvodine«,

Boška Petrova, predsjednika poslovnog odbora tvornice »Novkabel«

Vojina Ravlića, predsjednika regionalne privredne komore, Novi Sad

Aleksandra Horvata, potpredsjednika općine Novi Sad.

Zatim su održani kraći pozdravni govori:

Nakon završetka svečanog dijela započeo je radni dio simpozija.

Prihvatna služba Sekretarijata JUKO CIGRÉ zalepršila je 242 sudionika, što je za oko 130 manje nego na prethodnom simpoziju. Opće restrikcijske mjere sigurno su i u ovom slučaju imale jak utjecaj na broj sudionika.

Za diskusiju sa pripremljena 24 referata.

Referati su prema tematici svrstani u 5 grupa i tako se o njima diskutiralo:

Grupa I — Konstrukcija kabela i kabelski materijali
Grupa II — Kabelski pribor i polaganje kabela
Grupa III — Eksploatacija kabela
Grupa IV — Kabelske mreže
Grupa V — Standardi i propisi.

Izvještaj o referatima s diskusijom odvijali su se u navedenim grupama u utorak 22. IV prije i poslije podne, u srijedu 23. IV i četvrtak 24. IV prije podne. U srijedu poslije podne oproličena je tehnička posjeta tvornici kabela »Novkabel« u Novom Sadu.

Na završetku simpozija, u četvrtak, održana je sjednica Studijskog komiteta 21, i plenum na kojemu su pročitani i prodiskutirani, a zatim prihvaćeni zaključci simpozija.

Za vrijeme ovog skupa stručnjaci su imali mnogo prilika za međusobno upoznavanje i izmjenu iskustava jer je to bio sastanak korisnika i proizvođača kabela i kabelske opreme.

U utorak 22. IV u 20 sati domaćin je priredio vrlo uspjeli drugarski sastanak, također u velikoj sali hotela »Termal«.

Dobrom organizacijom autobusnih veza domaćin je omogućio sudionicima Simpozija da upoznaju Novi Sad i Frušku goru u okolini Vrdnika.

RAD SIMPOZIJA PO GRUPAMA

GRUPA I — Konstrukcija kabela i kabelski materijali

Predsjednik: Svetozar Carević, dipl. ing »Novkabel« Novi Sad

Potpredsjednik: Branislav Oberman, dipl. ing. »Novkabel«, Novi Sad (umjesto Jure Kuvačić, dipl. ing.)

Stručni izvjestilac: mr Stojan Nikolajević, dipl. ing.
Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo

U ovoj je grupi diskutirano 7 referata:

Referat broj 1.01

Miodrag Stevanović, dipl. el. inž.
Ranko Vučković, dipl. el. inž.
Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo

Samonoseći kablovski SNOP 20 kV sa izolacijom od umreženog polietilena

RReferat broj 1.02

Ljiljana Novaković, dipl. inž.
Mirjana Đurović, dipl. inž.
Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo

Metode umrežavanja izolacionog materijala sa uporednom karakterizacijom

Referat broj 1.03

Mr Stojan Nikolajević, dipl. el. inž.
Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo

Kablovi i provodnici umreženi radijacionim postupkom

Referat broj 1.04

Branko Damjanović, dipl. ing.
Elektroprimorje, Rijeka

Prijedlog srednjonaponskih jednožilnih kabela sa spoljnim metalnim omotačem

Referat broj 1.05

Svetislav Stojanović, dipl. el. inž.
Vladimir Mijatović, dipl. el. inž.
Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo

Ekonomsko-tehničke karakteristike visokonaponskih 110 kV kablova

Referat broj 1.06

Hana Albahari-Žigrai, dipl. ing.
Novosadska fabrika kabela »Novkabel«, Novi Sad

Uslovi za postizanje eksploatacine sigurnosti visokonaponskih kabela

Referat broj 1.07

Kirill A. Tropin, dipl. ing.
Združeno elektroprivredno preduzeće — Beograd

Perspektive primene kablova izolovanih sumpor-heksafluoridom

Zaključci

Stručni izvjestilac ove grupe predložio je zaključke, koji su prihvaćeni na plenumu:

1. proizvođači kabela u suradnji s elektroprivredom treba da razrade povoljnije rješenje URD* kabela i zajednički izvrše eksperimentalno polaganje i ispitivanje
2. proizvođači kabela u zajednici s elektroprivredom treba da pripreme izradu, polaganje i ispitivanje 10 kV kabela s provodnim tremoplastičnim plaštem.
3. napraviti tehničko-ekonomsku analizu primjene srednjonaponskog kabela snopa u usporedbi s podzemnom kabelskom linijom u raznim slučajevima.
4. proučiti utjecaj diferencijalnog kabela s A1 plaštom na redukcijski faktor 110 kV kabela.
5. obavezuje se grupa za 110 kV kabele da dovrši rad na određivanju konsrukcije 110 kV kabela za različite uvjete upotrebe.

GRUPA II — Kabelski pribor i polaganje kabela

Predsjednik: Miljenko Jendrašić, dipl. ing., »Vjesnik«, Zagreb
Potpredsjednik: Borislav Lalević, dipl. ing., »Elektrodistribucija«, Beograd

Stručni izvjestilac: Ranko Vučković, dipl. ing., Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo (umjesto Marijana Jakovac, dipl. ing. TEP Zagreb)

U ovoj se grupi diskutiralo o 4 referata:

* URD — kabeli s omotom od metalne žice bez vanjskog izolacionog plašta.

Referat broj 2.01

Ilija Mladenović, dipl. el. inž.
Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo

Spajanje energetskih kablova sa različitim vrstama izolacije

Referat broj 2.02

Borislav Lalević, dipl. inž.
»Elektrodistribucija«, Beograd

Problematika toplotnog rasterećenja kablova položenih u zemljište

Referat broj 2.03

Prof. dr Stanimir Jovanoski, dipl. inž.
Dragomir Tasevski, dipl. ing.
Rudnik za bakar »Bučim«, Radoviš

Razvod energetskih kablova u plastičnim cevima zabetonirani u rovu

Referat broj 2.04

Mr Salih Sadović, dipl. el. inž.
Elektrotehnički fakultet, Sarajevo

Numerički proračun električnih naprezanja kod visokonaponskih kablovskih završetaka

Zaključci

Stručni izvjestilac je predložio ove zaključke koje je i plenum prihvatio:

1. proizvođači kabela i kabelskog pribora treba da riješe pitanje prijelaznih spojnica (papir-PET, UPET, EPDM, PVC) uz maksimalnu upotrebu domaćih materijala i da ova rješenja učine dostupnim korisnicima.
2. potrebna su dalja eksperimentalna istraživanja za izbor opmalne posteljice kabela. To treba naročito favorizirati zbog sve veće primjene kabela čija je radna temperatura vodiča 90 odnosno 130 °C. Pri tom treba da surađuju proizvođači i korisnici kabela.
3. napraviti tehničko-ekonomsku analizu polaganja kabela u plastičnim cjevima zabetoniranim u rovu i ovisnosti o tome preporučiti kao rješenje za one slučajeve kada su kabeli teško dostupni pregledu, popravcima i zamjeni.
4. razmotriti mogućnost primjene numeričkog proračuna električnih naprezanja na osnovi metode konačnih elemenata radi konstruiranja kabelskih završetaka.

GRUPA III — **Eksploatacija kabela**

Predsjednik: Borisalv Jeftić, dipl. ing. »Elektrovojvodina«, Novi Sad (umjesto Ante Pojatina, dipl. ing., Elekrta Zagreb)
Potpredsjednik: Dražen Brkljačić, dipl. ing. Elektra Zagreb (umjesto Pavlović Vlade, dipl. ing.)
Stručni izvjestilac: Krunoslav Jalušić, dipl. ing. Elektra Zagreb

U ovoj je grupi diskutirano o 5 referata:

Referat broj 3.01

Miodrag Božinović, dipl. inž.
»Energoprojekt«, Beograd
Borislav Lalević, dipl. inž.
»Elektrodistribucija«, Beograd

Neka iskustva na projektiranju i izvođenju radova na kablovskom vodu 110 kV TS 220/110 kV »Beograd 17« — TS 110/10 kV »Slavija«

Referat broj 3.02

Krešimir Pavičić, dipl. inž.
HE Senj i Sklope

Iskustva sa 110 kV i 220 kV uljnim TE 110 kV XLPE kabelima u HE »Senj«

Referat broj 3.03

Prof. dr Miloje Minović, dipl. inž.
Beograd

Neka pitanja ocene parcijalnih pražnjenja kod V. N. kablova

Referat broj 3.04

Branko Mrakovčić, dipl. inž.
Elektroprimorje, Rijeka

Neka iskustva sa samonosivim kabelskim snopovima

Referat broj 3.05

Mr Vojmir Dvornik, dipl. inž.
»Elektrodalmacija«, Split

Izbor srednjenaponskih kabelskih konstrukcija za upotrebu u distributivnoj mreži dalmacije

Zaključci

Stručni izvjestilac je predložio zaključke koje je i plenum prihvatio:

1. problemima obrade kabelske trase, s obzirom na visinu troškova, valja pokloniti daleko veću pažnju. Poštom naročitu pažnju treba posvetiti izboru maerijala za posteljicu, kao i načinu njene izrade.
2. osigurati više iskustvenih podataka o vrstama i opsega kvarova na postojećim kabelima 110 kV u zemlji i inozemstvu u odnosu na tip kabela.
3. prostornim planiranjem osigurati pravovremeno trase za energetske kabele radi smanjenja investicijskih i eksploatacijskih troškova.
4. potrebno je da svi veći korisnici kabela i kabelskog pribora rade evidenciju i analizu kvarova i prezentiraju podatke proizvođaču i drugim korisnicima.

GRUPA IV — **Kabelske mreže**

Predsjednik: Milorad Pajović, dipl. ing. »Elektrodistribucija«, Novi Sad (umjesto Branka Mrkovčić, dipl. ing.)
Potpredsjednik: Josip Janeš, dipl. ing. Elektra-Zagreb
Stručni izvjestilac: dr Mrzel Jure, dipl. ing., Elektroinstitut »Milan Vidmar«, Ljubljana

U ovoj je grupi diskutirano 4 referata:

Referat broj 4.01

Mr Milorad Papić, dipl. el. inž.
Elektrotehnički fakultet, Sarajevo

Kvantitaivna ocjena pouzdanosti kabela i kabelske mreže

Referat broj 4.02

Mr Živko Dobrosavljević, dipl. inž.
Elektrodistribucija »Svetozarevo«, Svetozarevo

Faktori redukcije strujnog opterećenja kablova u distributivnim mrežama

Referat broj 4.03

Mr Stojan Nikolajević, dipl. el. inž.
Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo

Analitički prilaz proračuna nelinearnih oscilacija u električnim kablovskim mrežama

Referat broj 4.04

Kirill A. Tropin, dipl. inž.
Združeno elektroprivredno preduzeće, Beograd

Uklapanje 90-ih godina superprovodljivih kablovskih vodova u elektroenergetski sistem commonwealth Edison

Zaključci

Stručni je izvjestilac predložio plenumu one zaključke:

1. raditi na problematici sistema skupljanja i obrade podataka o kvarovima elemenata kabelskih mreža.
2. preporučuje se korisnicima energetskih kabela da uzmu u obzir sve uvjete pri polaganju kabela koji bitno utječu na njihovo strujno opterećenje. Nastaviti praktična istraživanja na kabetlima u pogonu u pogledu režima i uvjeta rada.
3. preporučuje se dalje proučavanje i istraživanje elektromagnetnih prelaznih pojava kao jedan od preduvjeta pouzdanog rada kabelskih mreža.

G R U P A V — **Standardi i propisi**

Predsjednik: Hana Albahari-Žigari, dipl. ing. »Novkabel«, Novi Sad (umjesto Živka Dobrosavljević, dipl. ing., »Elektrodistribucija, Svetozarevo)
Potpredsjednik: Petko Rosić, dipl. ing., ELKA, Zagreb (umjesto Hana Albahari-Žigari, dipl. ing.)
Stručni izvjestilac: Branko Paić, dipl. ing., ELKA, Zagreb

U ovoj posljednjoj grupi diskutiralo se o 4 referata:

R e f e r a t b r o j 5.01

Vladislav Stojanović, dipl. inž.
Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo

Pouzdanost visokonaponskih kablova sa ekstruradovanom izolacijom i provjera njihovog kvaliteta sa posebnim osvrtom na 110-220 kV kablove

R e f e r a t b r o j 5.02

Albahari-Žigari Hana, dipl. inž.
Novosadska fabrika kabela »Novkabel«, Novi Sad
Prijedlog vrsta i načina ispitivanja visokonaponskih kabela 110 i 220 kV sa krutil dielektrikom

R e f e r a t b r o j 5.03
Albahari-Žigari Hana, dipl. inž.
Oberman Branislav, dipl. inž.
Novosadska fabrika kabela »Novkabel«, Novi Sad

Visokonaponska laboratorija i razvojna ispitivanja visokonaponskih kabela

R e f e r a t b r o j 5.04

Branko Tokić, dipl. inž.
Elka — Tvornica električnih kabela, Zagreb

Ispitivanje i procjena kvaliteta 110 kV kabela izoliranih sa krutim dielektricima

Z a k l j u č c i

Na prijedlog stručnog izvjestioca plenum je prihvatio ove zaključke:

1. proizvođači kabela trebaju da u što kraćem roku izrade prijedlog JUS-standarda za ispitivanje 110 kV kabela s obzirom na sve veći udio 110 kV kabela u jugoslavenskoj mreži.
2. istražiti svrsishodnost ispitivanja parcijalnih pražnjenja VN kabela kao rutinskog ispitivanja.
3. kod definiranja ispitivanja dielektrične čvrstoće kabela (naponska ispitivanja), potrebno je koristiti inozemna iskustva i teorijska razmatranja pojedinih ispitivanja.
4. prilikom definiranja kriterija ispitivanja kabela nakon polaganja uzeti u obzir i specifičnost ulaza kabela u SF_6 postrojenja.
5. obvezuje se RG STK 21 za 110 kV kabele da analizu konstrukcije 110 kV kabela proširi i na područje njihovih ispitivanja.
6. proizvođači pribora za energetske kabele treba da definiraju ispitivanja i priprema JUS-standard za ispitivanje kabelskog pribora.

Vijesti iz elektroprivrede

UBRZATI GRADNJU DRAVSKIH ELEKTRANA

U krizi izvora energije u SR Hrvatskoj treba ubrzati iskorištenje postojećih energetskih kapaciteta. To se u prvom redu odnosi na poriječje rijeke Drave koja u našoj republici nije ni približno iskorištena. Danas se vodnom snagom Drave u Hrvatskoj koristi HE Varaždin, a u toku je i gradnja HE »Čakovec«. Međutim, to je samo početak; mogućnosti su znatno veće, osobito kod Varaždina i Barcsa, pa i dalje prema Osijeku.

Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske ima ambiciozne planove u vezi s gradnjom dravskih elektrana. Usvojen je program do 1990. godine, pa čak i do kraja stoljeća. Prvi dio toga programa obuhvaća gradnju triju hidroelektrana. Već 1981. počet će grubi zemljani radovi na gradnji buduće HE »Dubrava«, čija je strojarnica locirana u međimurskom naselju Donji Mihaljevac. To bi bila druga elektrana na međimursko-podravskom području na Dravi. Na tome se neće stati. Tako će se već 1985. godine, kada bude HE »Dubrava« puštena u pogon, započeti i s gradnjom i HE »Đurđevac«, područje Prekodravlja, sa strojarnicom kod Otočka.

Treća je HE »Barcs« čija bi gradnja trebala početi 1987. godine. Za navedene elektrane izvršena su kompletna ispitivanja, a završen je i dobar dio projekata.

U vezi s ubrzanjem gradnje tih hidroelektrana mnogo se razgovaralo s nadležnim općinama, republičkim organima, elektroprivrednim i drugim zainteresiranim organizacijama. Rezultati ih razgovora su prijedlozi o osnivanju posebne institucije koja će voditi ostvarenje ovog velikog programa.

Samo hidroenergetsko iskorištenje Drave tek je jedan od oblika koristi koje donose projekt uređenja poriječja od oblika koristi koje donose projekt uređenje poriječja ove rijeke. Druge koristi odnose se i na rješavanje vrlo akutnog pitanja poplava uz Dravu, na natapanje i isušavanje okolnog zemljišta, na dobivanje novih obradivih površina, zatim na plovidbu, šumarstvo, ribarstvo, turizam, te na brži razvoj industrije zbog blizine izvora energije i na druge elemente ukupnog razvoja sjeverne Hrvatske.

I. R.

NOVE ELEKTRANE U REPUBLICI

U slijedećem petogodištu predviđa se puštanje u pogon triju novih hidroelektrana, odnosno povećanje kapaciteta nekih sadašnjih. HE Čakovec i HE Golubić trebale bi proraditi početkom 1982, HE Obrovac kao crpno-akumulacijska elektrana godinu dana kasnije, dok bi HE Orlovac do toga roka povećala proizvodnju izgradnjom retencije Čaprazlije. Proizvodnja termoelektrana u Hrvatskoj utvrđena je pak kao nadopuna proizvodnje i hidroelekrana i spomenutih kapaciteta u drugim republikama, i to od ukupnih potreba električne energije. Pri tome će se termoelektrane na kruto gorivo koristiti do 6 000 sati na godinu, termoelektrane — toplane po mogućnosti samo u protuplačnom radu, termoelektrane na tekuće gorivo prema redoslijedu troškova.

Nuklearne termoelektrana Krško bit će puštena u rad u listopadu 1981, TE — TO Rijeka na početku 1983, a 1985. godine TE Plomin II.

Pretpostavlja se da će proizvodnja termoelektrana u našoj republici doseći 1985. godine 7 987 GWh ili 3 893 GWh više nego ove godine. Toj količini treba pribrojiti 105 GWh što će ih proizvesti industrijske i distribucijske elektrane.

HIDROELEKTRANA »ZAKUČAC II« PUŠTENA U POGON

U danima obilježavanja Titova rođendana i Dana mladosti na svečan način je 24. svibnja 1980. puštena u rad HE »Zakučac II«. U prisutnosti društveno-političkih organizacije, Jugoslavenske narodne armije, elektroprivrednih i privrednih organizacija Hrvatske, zatim projektanata, graditelja i isporučilaca opreme novu elektranu pustila je u pogon predsjednica CK SKH Milka Planinc.

U okviru svečanosti održan je veliki narodni zbor na kojem je govorila Milka Planinc koja je istakla vrijednost i značenje ovog energetskog objekta za razvoje naše elektroprivrede i industrije.

Direktor OOUR-a HE »Zakučac II« Omiš Milan Kuvačić iznio je podatke o gradnji elektrane koja za naš elektroenergetski sistem znači veliku dobit. Zajedno s HE »Zakučac I«, s kojom čini cjelinu, nova hidroelektrana davat će u jugoslavenski prijenosni sistem ukupno oko 1 700 GWh električne energije godišnje.

Sa svečanosti je upućen pozdravni brzojav Predsjedništvu SFRJ i Predsjedništvu CK SKJ.

Tehnički podaci. Gradnja HE Zakučac II, snage 2 × 135 MW, s godišnjom proizvodnjom 330 GWh počela je u rujnu 1974. U prvoj etapi HE Zakučac izvedeni su i glavni građevni objekti i za drugu etapu, osim lijevog dovodnog tunela. Druga etapa HE Zakučac projektirana je s dva agregata, instalirani protok 120 m³/sek, broj okretaja agregata 333 o/min, neto pad 250,4 m i tlačni cjevovod vertikalna visina 213 m, svijetli promjer 3,70 m.

Najopsežniji i najsloženiji radovi izvedeni su na dovodnom tunelu dužine 9 900 m koji je trasiran na vrlo teškom terenu, kroz masiv Mosora. No unatoč velikim poteškoćama koje su se javljale pri gradnji tunela uz dobru mehanizaciju i veliko zalaganje i upornost graditelja radovi su uglavnom završeni u planiranim rokovima.

Prvi agregat druge etape HE Zakučac pušten je u probni pogon u listopadu 1978, a drugi u kolovozu 1979. godine. Novi dovodni tunel kroz masiv Mosora pušten je u probni pogon uoči 1. svibnja ove godine.

Današnja HE Zakučac sa svojom instaliranom snagom i proizvodnim kapacitetima postaje drugi hidroenergetski izvor u Jugoslaviji, odmah poslije HE »Đerdap«.

U gradnji ovog velikog hidroenergetskog objekta sudjelovali su radnici splitskog »Konstruktora«, zagrebačkih radnih organizacija »Rade Končara« i »Geotehnike«, zatim »Litostroja« iz Ljubljane, »Metalne« Maribor, Brodograđevne industrije »Split« i drugih poduzeća.

T. R.

PORAST PROIZVODNJE HIDROELEKTRANA U HRVATSKOJ

Podaci dispečera pokazuju da je za razdoblje siječanj — svibanj ove godine porasla proizvodnja i potrošnja električne energije u Hrvatskoj.

U pet ovogodišnjih mjeseci protočne i akumulacione hidroelektrane u Hrvatskoj ukupno su proizvele oko 3 020 GWh, što je 51% više od planirane proizvodnje. Najbolje rezultate ostvarili su HE Orlovac, HE Peruća, HE Zakučac, HE Senj, HE Sklope i HE Vinodol, te HE Gojak, HE Varaždin itd. Povoljni hidrološki uvjeti omogućili su da sve hidroelektrane ostvare povećanu proizvodnju.

U istom razdoblju termoelektrane su proizvele oko 933 GWh električne energije. Radi natplanske proizvodnje hidroelektrana i u težnji da se štedi tekuće gorivo termoelektrane su ostvarile plan proizvodnje sa samo 54%, što je oko 800 GWh manje od plana. Od termoelektrana su u pogonu bile toplane u protutlačnom režimu.

Količina električne energije nabavljena iz termoelektrana u drugim republikama (TE Tuzla, TE Kakanj, TE Obrenovac), iznosila je 1 192 GWh, čime je taj plan ostvaren sa 100 posto.

Potrošnja električne energije kretala se u razdoblju siječanj — svibanj u granicama planova utvrđenih elektroenergetskom bilancom za 1980. godinu.

Potrošači	I — V. 1980.		
	Plan	Ostvareno	%
Distribucija	3 575,2	3 678	103,0
Direktni potrošači	1 195,5	1 155,5	96,6

Direktni potrošači ostvarili su plan preuzimanja električne energije 96,6%. Do većeg odstupanja od plana došlo je kod tvornice cementa Našice i željezare Sisak.

ISTRAŽIVANJA UGLJENA I URANA

Zajednička skupština RSIZ-a potrošača električne energije i Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske usvojila je plan istraživanja ugljena i urana za 1980. godinu.

Plan je utvrđen prema elektroprivrednim područjima:

— Elektroprivreda Rijeke: Pićan — Tupljak, Salakovci — Diminići i Koromačno,
— Elektroprivreda Dalmacije: Bukovica i
— Elektroslavonija Osijek: Malino — Kujnik i Stari Slatnik

Za ostvarenje ovog programa osigurana su financijska sredstva od oko 28,8 milijuna dinara.

Plan istraživanja urana za ovu godinu obuhvaća geološke radove na području Papuka, Slavonske Požege i Like te izradu opće studije.

Nadalje, radit će se na dobivanju urana iz ugljena i pepela, te dobivanju urana iz fosfata uz sudjelovanje kombinata INA u financiranju s jednom trećinom ukupnog ulaganja.

U istraživanjima urana elektroprivreda Hrvatske uložit će za ovu godinu 15 milijuna dinara.

PRVA ISPORUKA URANA ZA NE »KRŠKO«

Sredinom travnja ove godine stigle su prve količine nuklearnog goriva za NE »Krško«. Nuklearno gorivo dovezeno je iz SAD u našu luku Kopar, odakle je transportirano u Krško. Prva isporuka od oko 10 tona obogaćenoga fisionog urana smještena je u već prije sagrađeno specijalno skladište uz nuklearnu elektranu. Skladište u kojem je sada smješteno nuklearno gorivo građeno je za tu svrhu.

Također će se tu smjestiti i upotrijebljeno gorivo, kao i svi drugi radioaktivni otpaci i materijali kada NE »Krško« bude u pogonu.

Do kraja ove godine dopremit će se još četiri pošiljke urana do pune količine punjenja. Drugo punjenje također će se uvesti, dok će treće biti iz prvog jugoslavenskog rudnika urana u Žirovskom Vrhu kod Škofje Loke.

SAVJETOVANJE O PLINOFIKACIJI

Prvo jugoslavensko savjetovanje o plinofikaciji održano je u Opatiji 21. do 23. svibnja ove godine. Na ovom savjetovanju prvi put su se okupili naši projektanti, proizvođači plina i distributeri, te proizvođači opreme i montažeri. Svrha je ovog skupa sagledavanje sadašnjeg stanja o korištenju plina kao vrijednog izvora energije.

Na savjetovanju je sudjelovalo oko 240 stručnjaka iz cijele zemlje i isporučioci domaće opreme, te strani proizvođači iz SR Njemačke i Italije. Nakon opširnih stručnih predavanja zaključeno je da se akcija plinofikacije vodi organizirano i kontinuirano. Doneseni su i konkretniji prijedlozi kako da se tehnički unificiraju propisi i izgradi jedinstvena tehnologija.

Posljednjeg dana savjetovanja domaći proizvođači prikazali su svoje proizvodne mogućnosti, a inozemni isporučioci svoju tehnologiju.

POTROŠNJA ENERGIJE U JUGOSLAVIJI I U SUSJEDNIM ZEMLJAMA* 1968—1978. GODINE

Jugoslavija i zemlje što je okružuju imaju svaka svoj ekonomski potencijal, svoju privrednu strukturu, različite uvjete daljnjeg razvoja i drugi broj stanovništva.

S jedne strane Jugoslavije nalaze se Bugarska, Madžarska i Rumunjska s privredom organiziranom na socijalističkim načelima i s privredom vezanom na SEV. Albanija, iako je socijalistička zemlja ne pripada SEV-u, a svoju privredu razvija gotovo autaktično.

S druge strane Jugoslavije nalaze se Austrija, Grčka, i Italija s privredom organiziranom na kapitalističkim i potrošačkim načelima. Te su zemlje privredno vezane putem OECD, a sve osim Austrije pripadaju i Evropskoj ekonomskoj zajednici. Osim toga u tim se zemljama isprepliču interesi raznih međunarodnih industrijskih poduzeća, napose u domeni naftne privrede.

Između njih je Jugoslavija čiju privredu karakteriziraju samoupravni principi razvoja privrede i nesvrstanost u odnosu na međunarodna zbivanja.

Općim rastom privrede i porastom standarda života raste i ukupna potrošnja energije. No, istodobno s rastom potrošnje energije mijenja se i njena struktura, tj. potrošnja pojedinih energenata ima različite stope rasta, koje determiniraju:

— raspoloživost pojedinih energenata,

— cijene energenata,

— mogućnosti zamjene jednog energenta drugim,

— fiskalne mjere, koje usmjeravaju potrošnju energije na vlastite izvore energije, a na račun uvoznih.

— opća struktura privrede, tehnički domet industrije i potrebe pučanstva

— opće nastojanje za štednju energije i mjere zaštite okoliša od kontaminacije.

Od spomenutih faktora od presudne je važnosti cijena energije. U tom je pogledu važna 1973. godine, posljednja godina jeftine energije. Krajem te godine počela je cijena nafte vrtoglavo rasti, a nužno je rasla i cijena ostalih energenata. Poskupljenje energije, a napose nafte bilo je prekretnica u općem svjetskom privrednom kretanju, pa se je privreda svijeta počela od tog udara oporavljati tek iza 1975. godine, ali uz sve skuplju energiju.

Interesantno je stoga razmatrati kretanje potrošnje energije u razdoblju od 1968. do 1973. godine, tj. u razdoblju jeftine energije i u razdoblju od 1974. do 1978. godine, tj. u razdoblju sve skuplje energije. Kako je već u naslovu članka spomenuto razmatra se situacija u Jugoslaviji i u susjednim zemljama.

U tablici 1. iskazana je finalna potrošnja pojedinih energenata u naturalnim jedinicama i u vezi s tim podacima treba dati ova objašnjenja:

— potrošnja krutih goriva (bez drveta i vegetabilnih ostataka) iskazana je u tisućama tona uvjetnog ugljena

— potrošnja tekućih goriva ne obuhvaća potrošnju neenergetskih proizvoda nafte, bez vlastite potrošnje rafinerija i potrošnje u termoenerganama

— prirodni plin, s obzirom na različitu kaloričnu vrijednost iz pojedinih područja proizvodnje iskazan je u tisućama terakalorija

— potrošnja elektroenergije iskazana je u mega kWh, a odnosi se na električnu energiju proizvedenu u hidroelektranama, nuklearnim termoelektranama, te na termoelektranama na osnovi ugljena, ulja za loženje i prirodnog plina. Ta potrošnja nije uračunata kod potrošnje tih energenata. U potrošnju je uzeta i neto razlika uvoza odnosno izvoza.

Uz tu tabelu vrijedno je kod pojedinih zemalja istaći:

Albanija Potrošnja krutih goriva porasla je od 269 tisuća tona u 1968. na 534 tisuća tona u 1978. godini s time da je u 1973. godini potrošnja bila 423 tisuće tona, a u 1974. godini samo 12 000 tona veća, tj. 435 tisuća tona. Potrošnja po jednom stanovniku porasla je u tom desetljetnom razdoblju od 133 kg na 199 kg. — Potražnja tekućih goriva porasla je od 449 000 tona u 1968. na 1,11 mln tona u 1978. godini, ali u 1974. godini bila je 655 000 tona ili za samo 40 000 tona viša nego u 1973. godini. Potrošnja po jednom stanovniku se u tih deset godina gotovo udvostručila i to od 225 kg u 1968. godini na 413 kg u 1978. godini. Potrošnja prirodnog plina porasla je od $1{,}2.10^6$ Tkal u 1968. godini na $1.7.10^6$ Tkal, ali u 1973. godini bila je $1{,}35.10^6$ Tkal a u 1974. godini za samo 47.10^6 Tkal više, tj. $1{,}4.10^6$ Tkal. Jedan je stanovnik u prosjeku u 1968. godini potrošio 534.10^6 kal, a u 1978. godini 632.10^6 kal. — Potrošnja električne energije porasla je u spomenutom razdoblju za tri puta i to od 715 mega kWh u 1968. godini na gotovo 2,3 GWh. Međutim, u 1974. godini potrošnja je bila manja nego u 1974. godini, tj. 1262 M kWh prema 1336 M kWh. Na sličan je način bila i situacija potrošnje po jednom stanovniku, tj. od 354 kWh u 1968. godini na 847 kWh u 1978. godini.

Austrija Potrošnja krutih goriva pala je u tom razdoblju za više od milijun tona ili od 6,64 mln tona u 1968. godini na 5,5 mln tona u 1978. godini, pa je i potrošnja po jednom stanovniku pala od 904 kg na 732 kg. — Obrnuto, potrošnja tekućih goriva porasla je za tri milijuna tona, ali je rast iza 1974. godine bio sporiji, nego do 1973. godine. U 1968. godini potrošnja je iznosila nešto više od 6,8 mln tona, a u 1978. godini gotovo 9,85 mln tona. Po jednom stanovniku potrošnja je porasla od 930 kg na 1 343 kg. — Potrošnja prirodnog plina porasla je za deset godina za više od 20.20^6 Tkal ili od $24.9.10^6$ Tkal u 1968. godini na $46{,}5.10^6$ Tkal u 1978. godini. Potrošnja je rasla ravnomjerno, ali brže do 1973. godine, nego kasnije. Potrošnja po jednom stanovniku porasla je od $3{,}3.10^6$ kal u 1968. godini na $6.2.10^6$ kal u 1978. godini. — Potrošnja električne energije također je rasla ravnomjerno uz stagnaciju od 1973. na 1974, godinu. U 1968. godini potrošnja je iznosila 21,2 G kWh i 2 887 kWh po jednom stanovniku prema 36,2 G kWh i 4822 kWh u 1978. godini.

Bugarska Potrošnja krutih goriva tokom čitavog razdoblja od 1968. do 1978. godine ostala je gotovo nepromijenjena, oko 19, mln tona, pa je i potrošnja po jednom stanovniku bila oko 2 200 kg. No, zato je potrošnja tekućih goriva u tom razdoblju porasla od 5,76 mln tona na 12,7 mln tona ili od oko 700 kg na 1440 kg po jednom stanovniku. Naravno, da je i ovdje brži porast bio do 1973. godine, a od tada znatno sporiji. Još brži porast potrošnje bio je kod prirodnog plina i to od $3.76.10^6$ Tkal u 1968, godini na $30.76.10^6$ Tkal, tj. za oko devet puta, dok je potrošnja po jednom stanovniku u tom razdoblju porasla od 322.10^6 Tkal na $3.5.10^6$ Tkal. — Potrošnja električne energije se je udvostručila i to od 15,8 GkWh u 1968. godini na 33 GkWh u 1978. godini, pa je i po jednom stanovniku porasla od 1803 kWh na 3 743 kWh.

Grčka je jedina od onih zemalja koja ne troši prirodni plin. — Potrošnja krutih goriva porasla je od 2,2 mln tona u 1968. godini na nešto više od 4,8 mln tona u 1978. godini, a porast je uglavnom bio ravnomjeran. Potrošnja po jednom stanovniku porasla je u tom razdoblju od oko 250 kg na preko 500 kg. Potrošnja tekućih goriva, koja je u 1968. godini iznosila više od 4,4 mln tona porasla je do 1973. godine na 8,0 mln tona, ali je u 1974. godini pala na oko 7,5 mln tona, u 1978. godine opet porasla na preko 8,5 mln tona. Po jednom stanovniku potrošnja je porasla od 505 kg na preko 900 kg, ali je u 1974. godini bila znatno slabija. — Potrošnja električne energije rasla je ravnomjerno s izvjesnim usporenjem u 1974. godini. Tako je od 7.45 GkWh u 1968. godini porasla na 19,1 GkWh u 1978. godini, odnosno po jednom stanovniku od 846 kWh na 2 034 kWh.

Italija Potrošnja krutih goriva kroz svih deset godina je uglavnom stagnirala na oko 12 mln tona, dok je potrošnja tekućih goriva od 58 mln tona u 1968. godini porasla na 82,3 mln tona u 1973. godini i od tada sve do 1978. godine gotovo da stagnira. Slično je bilo i s potrošnjom po jednom stanovniku, koja je u 1968. godini bila 1 100 kg, a od 1973. do 1978. godine stagnira na oko 1 500 kg. Na potrošnju prirodnog plina kriza oko 1973. godine kao da nije imala utjecaja, jer je rasla ravnomjerno od 122.10^6 Tkal u 1968. godini na 244.10^6 Tkal u 1978. godini, pa je i potrošnja po jednom stanovniku porasla od $1{,}6.10^6$ kal u 1968. godini na $4{,}3.10^6$ kal u 1978. godini — Potrošnja električne energije imala je brzi rast od 1968. do 1973. godine i to od 106. GkWh na 146,4 GkWh, a od tada nešto sporiji, pa je potrošnja u 1978. godini prekoračila 174 GkWh.

* Za izradu ove analize služeni su podaci objavljeni u publikaciji Ujedinjenih naroda World Energy Supplies, Statistical papers, series J-No 15. 20 i 22,

Tablica 1.

FINALNA POTROŠNJA ENERGENATA U JUGOSLAVIJI I U SUSJEDNIM ZEMLJAMA (NATURALNA JEDINICA)

Zemlja	Godina	Kruta goriva		Tekuća goriva		Prirodni plin		Elektroenergija	
		Ukupno 10^3 tona usl. ugljena	Po stanovniku kg	Ukupno 10^3 tona	Po stanovniku kg	Ukupno 10^3 kcal	Po stanovniku 10^3 Tkal	Ukupno mega kWh	Po stanovniku kWh
Albanija	1968.	269	133	449	225	1 174	536	715	354
	1973.	423	183	615	261	1 351	574	1 336	568
	1974.	455	180	655	271	1 398	578	1 262	522
	1978.	534	199	1 110	413	1 700	632	2 275	847
Austrija	1968.	6 641	904	6 832	930	24 862	3 317	21 216	2 887
	1973.	6 069	806	10 783	1 466	37 006	4 917	29 778	3 957
	1974.	6 342	842	9 519	1 294	40 193	5 335	30 922	4 105
	1978.	5 493	732	9 848	1 343	46 500	6 193	36 200	4 822
Bugarska	1968.	18 226	2 178	5 760	688	3 759	322	15 764	1 803
	1973.	19 872	2 305	10 403	1 216	1 866	216	25 185	2 921
	1974.	19 288	2 222	11 009	1 268	4 066	460	26 872	3 096
	1978.	19 011	2 157	12 705	1 441	30 760	3 489	32 991	3 743
Grčka	1968.	2 194	249	4 442	505	—	—	7 448	846
	1973.	3 182	356	8 005	897	—	—	14 862	1 664
	1974.	3 404	380	7 545	842	—	—	15 067	1 681
	1978.	4 838	515	8 560	911	—	—	19 120	2 034
Italija	1968.	12 003	228	58 085	1 101	122 010	1 626	106 127	2 012
	1973.	11 729	214	82 309	1 538	157 432	2 867	146 397	2 666
	1974.	12 656	228	80 547	1 500	186 698	3 188	151 198	2 729
	1978.	11 888	210	83 399	1 513	243 977	4 303	174 100	3 071
Jugoslavija	1968.	15 475	773	4 961	248	861	416	20 935	1 045
	1973.	16 378	782	8 905	443	14 471	690	35 013	1 671
	1974.	16 752	792	10 126	500	15 899	751	39 456	1 865
	1978.	18 341	837	13 027	616	18 368	838	50 100	2 286
Madžarska	1968.	18 657	1 829	4 079	400	14 410	3 334	15 397	1 510
	1973.	14 029	1 345	7 245	701	40 620	3 893	22 305	2 138
	1974.	14 002	1 336	7 977	770	42 615	4 066	23 644	2 256
	1978.	13 266	1 242	9 136	865	62 758	5 873	30 244	2 831
Rumunjska	1968.	10 661	541	6 963	353	234 156	10 050	25 605	1 298
	1973.	16 996	816	11 066	575	263 688	12 660	43 231	2 076
	1974.	17 656	840	9 922	511	272 238	12 945	46 707	2 221
	1978.	19 051	878	13 830	686	313 150	14 430	61 846	2 850

Jugoslavija je imala u tom razdoblju spori ali ravnomjeran rast potrošnje krutih goriva i to od 15,5 mln tona u 1968. godini na 18,3 mln tona u 1978. godini pa je i potrošnja po jednom stanovniku porasla u tom razdoblju za samo 64 kg, tj. od 773 kg na 837 kg. Stalan rast bio je kod potrošnje tekućih goriva i to od gotovo 5,0 mln tona u 1968. godini na 13 mln tona u 1978. godini, dok je potrošnja po jednom stanovniku u tom razdoblju porasla od oko 250 kg na preko 600 kg. — od 1968. do 1973. godine potrošnja prirodnog plina je naglo porasla od samo 861.10^3 Tkal na gotovo 14,5.10^6 Tkal, a od tada je rast potrošnje sporiji i do 1978. godine dosiže 81,4.10^6 Tkal. Potrošnja po jednom stanovniku u tom se razdoblju podvostručila od 416.10^3 kcal. na 838.10^3 kcal. — Nešto slabiji je bio rast potrošnje električne energije, tj. od 106. GkWh u 1968. godini na 194. GkWh u 1978. godini uz stagnaciju potrošnje u 1973. i 1974. godini. Po jednom stanovniku potrošnja je porasla od 2 000 kWh na nešto iznad 3 000 kWh. — Treba spomenuti da se podaci našeg Statističkog zavoda u nekim stavkama razlikuju od podataka objavljenih u World Energy Supplies, no to nije od presudne važnosti za ovu analizu.

Madžarska je imala razmjerno znatan pad potrošnje krutih goriva. Naime, njihova potrošnja je u 1968. godini bila preko 18,6 mln tona, a do 1978. godine pala je na 13,3 mln tona. Jači pad potrošnje bio je u razdoblju do 1973. godine. Potrošnja po jednom stanovniku pala je u tom desetljeću od oko 1 800 kg na oko 1 200 kg. Potrošnja tekućih goriva ima stalnu tendenciju porasta, pa je u 1968. godini iznosila nešto više od 4 mln tona, a u 1978. godini 9,1 mln tona, dok je potrošnja po jednom stanovniku porasla u tom razdoblju od 400 kg na 865 kg. Potrošnja prirodnog plina ima također — iako sporiju — tendenciju rasta, pa je u 1968. godini iznosila 34,4.10^6 Tkcal, a u 1978. godini preko 62,7.10^6 Tkal, dok je po jednom stanovniku potrošnja porasla od preko 3 300.10^3 kcal na preko 5,8.10^3 Tkal. — I potrošnja električne energije se podvostručila i to od 15.4 GkWh u 1968. godini na preko 30 GkWh u 1978. godini, a po jednom stanovniku je porasla od 1 510 kWh na preko 2 800 kWh.

Rumunjska. Potrošnja krutih goriva rasla je ravnomjerno u spomenutom desetljeću za gotovo dvostruko i to od oko 10,6 mln tona u 1968. godini na 19. mln tona u 1978. godini, a po jednom stanovniku od 540 kg na 880 kg. — Potrošnja tekućih goriva je oscilirala između gotovo 7 mln tona u 1968. godini i 13,8 mln tona u 1978. godini, pa je u 1973. godini bila 22 mln tona, a u 1974. godini 9,9 mln tona. Isto je tako i potrošnja po jednom stanovniku oscilirala između 353 kg i 686 kg. Pa, uprkos tim oscilacijama bila je tendencija porasta. Potrošnja prirodnog plina porasla je za oko 50% i to od 234.10^6 Tkal u 1968. godini na 313.10^6 Tkal u 1978. godini i imala je stalan rast. Po jednom stanovniku potrošnja je porasla od 10.10^6 kcal u 1968. godini na preko 14,4.10^6 kcal u 1978. godini. Potrošnja električne energije porasla je od 25,6 GkWh u 1968. godini na preko 61,8 GkWh u 1978. godini uz slabiji rast potrošnje iza 1974. godine. Po jednom stanovniku potrošnja je u tom razdoblju porasla od 1300 kWh na 2850 kWh.

Nadalje, u tablici 2. je iskazana ukupna primarna potrošnja energenata iskazana u ekvivalentu nafte, kao i udjeli pojedinih energenata.

Kako se iz te tablice vidi, zajedničko je za sve zemlje bez obzira na veličinu potrošnje prelom u potrošnji energenata u 1973. i 1974. godini. Naime, od 1968. do 1973. godine potrošnja raste, u 1974. godini potrošnja je samo neznatno veća nego u 1973. godini, a iza te godine, a do 1978. godine rast potrošnje je znatno sporiji, nego u razdoblju od 1968. do 1973. godine.

Nadalje, po veličini potrošnje energenata u čitavom desetogodišnjem razdoblju na prvom je mjestu Italija (u 1978. godini 124,6 mln tona u ekvivalentu nafte), a na posljednjem je Albanija sa samo 1,8 mln tona potrošnje u 1978. godini. Na drugom je mjestu Rumunjska, gdje je potrošnja energenata u 1978. godini bila gotovo 60 mln tona. Slijede Jugoslavija, Bugarska i Mađarska s potrošnjom u 1978. godini do 30 mln tona. Tada dolazi Austrija s oko 20,5 mln tona potrošnje, a na pretposljednjem mjestu Grčka, gdje je potrošnja u 1978. godini bila 12,3 mln tona.

Tablica 2.

UKUPNA POTROŠNJA ENERGENATA U JUGOSLAVIJI I U SUSJEDNIM ZEMLJAMA

Zemlja	Godina	Ukupna potrošnja		Učešće energenata %				
		10^3 tona u ekv. nafte	Po stanovniku kg	Kruta goriva	Tekuća goriva	Prirodni plin	Hidro-nuklearna energija	Ukupno
Albanija	1968.	832	412	22,6	73,2	—	4,2	100,0
	1973.	1 128	479	25,5	56,5	11,6	6,4	100,0
	1974.	1 173	485	25,2	57,7	11,6	5,5	100,0
	1978.	1 823	679	19,9	63,0	9,1	8,0	100,0
Austrija	1968.	14 797	2 013	31,4	48,6	11,9	8,1	100,0
	1973.	20 666	2 746	20,0	55,5	17,4	7.1	100,0
	1974.	20 000	2 655	21,6	50,7	19,5	8,2	100,0
	1978.	20 674	2 754	18,1	50,7	21,9	9,3	100,0
Bugarska	1968.	19 420	2 320	65,7	31,2	2,4	0,7	100,0
	1973.	25 008	2 901	54,2	43,2	0,7	1,9	100,0
	1974.	25 474	2 935	51,5	44,6	1,6	2,3	100,0
	1978.	30 140	3 415	43,0	43,6	9,9	3,5	100,0
Grčka	1968.	6 332	819	24,3	73,8	—	1,9	100,0
	1973.	10 190	1 190	20,4	77,8	—	1,8	100,0
	1974.	10 309	1 150	22,5	75,6	—	1,9	100,0
	1978.	12 310	1 310	26,7	72,0	—	1,3	100,0
Italija	1968.	83 725	1 607	10,0	73,1	11,5	5,4	100,0
	1973.	114 641	2 028	7,0	76,5	13,4	3,1	100,0
	1974.	115 843	2 091	7,4	74,3	14,9	3,4	100,0
	1978.	124 590	2 197	6,5	70,7	19,0	3,8	100,0
Jugoslavija	1968.	17 649	881	61,4	29,6	3,1	5,9	100,0
	1973.	23 552	1 124	47,3	40,9	6,0	5,8	100,0
	1974.	25 632	1 212	44,7	42,6	6,0	6,7	100,0
	1978.	30 335	1 384	41,1	46,2	5,9	6,8	100,0
Madžarska	1968.	20 253	1 986	64,5	21,2	13,3	1,0	100,0
	1973.	21 457	2 057	44,5	35,2	18,4	1,9	100,0
	1974.	22 407	2 138	42,5	37,2	18,5	1,8	100,0
	1978.	25 085	2 348	35,7	37,7	24,9	1,7	100,0
Rumunjska	1968.	32 967	1 672	22,5	22,2	55,1	0,2	100,0
	1973.	50 050	2 403	23,1	25,0	51,2	0,7	100,0
	1974.	50 219	2 388	24,0	22,3	52,7	1,0	100,0
	1978.	59 666	2 749	21,6	26,0	51,1	1,3	100,0

Neovisno o promjenama u udjelima pojedinih energenata u ukupnoj potrošnji tokom spomenutog razdoblja vidi se, da Bugarska i Jugoslavija imaju najveći udio goriva, a Italija najmanji. Tako je u 1978. godini njihov udio u Bugarskoj bio 43,0%, a u Jugoslaviji 41,1%, dok je u Italiji bio samo 6,5%. Obrnuto je kod tekućih goriva, kod Grčke i Italije udio je preko 70%, a najmanji je u Rumunjskoj — samo 26,0%, ali je u toj zemlji udio prirodnog plina preko 50%. Malen je udio prirodnog plina u Jugoslaviji (u 1978. godini samo 5,9%). Udio električne energije je svuda razmjerno nizak, osim u Albaniji i Austriji (8,0% odnosno 9,3%) i donekle u Jugoslaviji (6,8%).

Drugačija je slika ako se promatra potrošnja energenata po jednom stanovniku. Tada je na prvom mjestu Bugarska, gdje je ta potrošnja u 1978. godini bila nešto preko 3 400 kg u ekvivalentu nafte. Slijede je Austrija i Rumunjska s potrošnjom od oko 2 750 kg. Mađarska i Italija se u potrošnji energenata po jednom stanovniku približuju, tj. 2 350 kg prema 2 200 kg. Sličan je slučaj kod Grčke i Jugoslavije s potrošnjom od 1 310 kg i 1 384 kg. Na posljednjem je mjestu Albanija, gdje potrošnja energenata po jednom stanovniku u 1979. godini nije dosegla ni 700 kg.

U tablici 3. su iskazane stope rasta ukupne potrošnje energije i potrošnje tekućih goriva, gdje se za sve zemlje vide razlike između stopa rasta potrošnje energije i onih tekućih goriva. Osim toga, u oba slučaja, vidi se da su stope rasta u razdoblju od 1968. do 1973. godine bile veće nego u razdoblju od 1974. do 1978. godine.

Tablica 3.

PROSJEČNE GODIŠNJE STOPE RASTA

Zemlja	Ukupna potrošnja energije		Potrošnja tekućih goriva	
	1968—73.	1974—78.	1968—73.	1974—78.
Albanija	6,3	11,6	6,4	1,7
Austrija	6,9	0,9	9,5	0,9
Bugarska	5,1	4,3	12,5	3,7
Grčka	10,9	4,5	12,5	3,2
Italija	7,0	1,8	7,2	0,9
Jugoslavija	5,9	4,3	12,4	6,5
Madžarska	1,0	2,9	12,1	3,4
Rumunjska	8,7	4,4	9,7	8,7

Naravno, da bi za dublju analizu kretanja ukupne potrošnje energije a posebno energenata, bilo potrebno poznavanje kretanja ukupne potrošnje energije, a posebno pojedinih energenata, bilo potrebno poznavanje kretanja aktivnosti pojedinih oblasti potrošnje a naročito industrije i prometa.

V. Boranić

RADE KONČAR

NEKA NOVA RJEŠENJA U POBOLJŠANJU KONTINUIRANE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ZRAČNIM VODOVIMA SREDNJEG NAPONA

Uvod

Prenapučenost velikih gradova i industrijskih središta, te nedovoljna propusna moć njihovih prometnica, sve više postaju ograničavajući faktor daljnjeg razvoja industrijske proizvodnje na postojećim lokacijama.

Već i do sada je često bilo nužno, a u buduće će biti još češće, da se prilikom novih ulaganja u proširenje proizvodnje, pronađu nove — uglavnom — disperzirane lokacije, više ili manje udaljene od sadašnjih.

Osim toga, u prigradskim selima razvija se i značajna djelatnost na području proizvodnje i prerade hrane, koja također zahtijeva sve više el. energije.

Svi ovi potrošači opskrbljuju se, pretežno, zračnim vodovima napona 12, 24 i 38 kV, koji su izloženi čestim kvarovima pod utjecajem atmosferskih prenapona.

Automatsko odvajanje voda u kvaru

Postojeća rješenja s ugradnjom linijskih rastavljača, ili rastavnih sklopki, na počecima krajnjih vodova, ne daju mogućnost brzog lociranja kvara, pa čitava područja ostaju duže vrijeme bez električne energije sa svim posljedicama koje iz tog proizlaze.

Druga mogućnost, koja na odvojcima zahtijeva postavljanje odgovarajuće transformatorske stanice (TS), sa prekidačem za ponovno uklapanje i pripadnom relejnom zaštitom, predstavlja i još će dugo predstavljati, ekonomski neprihvatljivo rješenje za ovu vrstu potrošača.

Nastojanja proizvođača el. opreme, da se i ovim potrošačima omogući sigurnija opskrba el. energijom dovela su do primjene uređaja za automatsko odvajanje zračnog voda u kvaru, koji se prigrađuje na svaku fazu linijskog rastavljača, prema sl. 1.

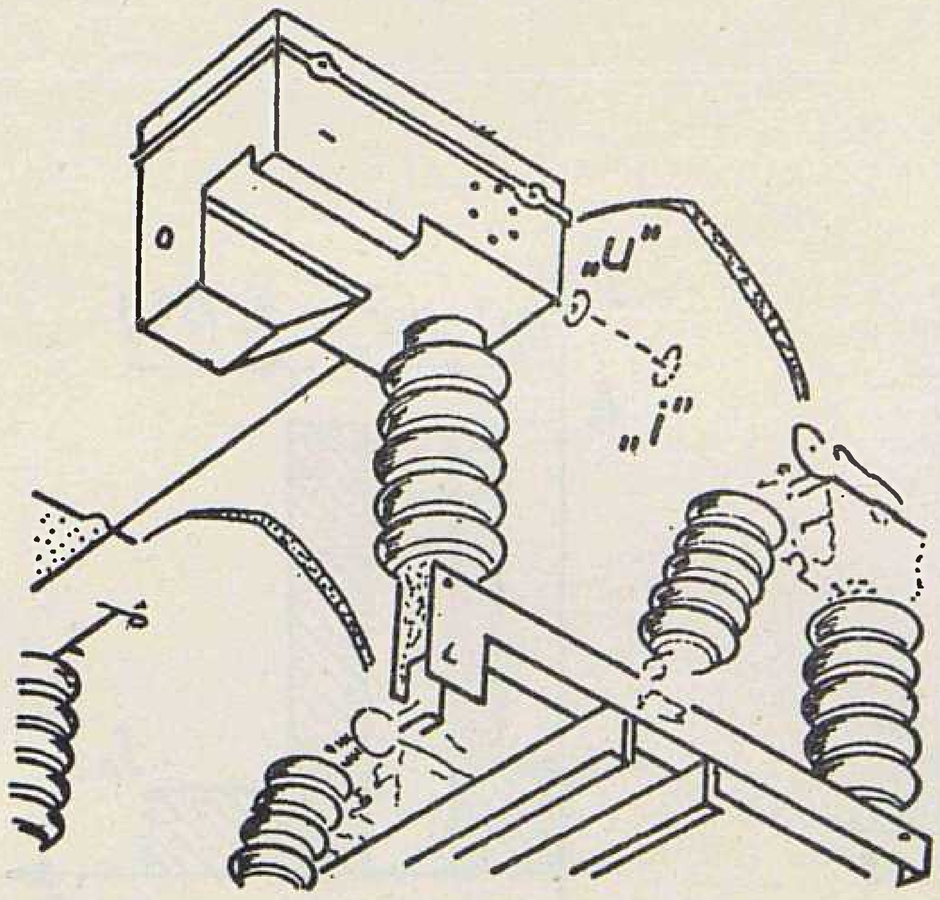
Primjenom ovog uređaja, omogućeno je veoma brzo odvajanje voda u kvaru, čime se osigurava nesmetana opskrba potrošača priključenih na druge krajnje vodove u promatranom konzumnom području.

Za naše razmatranje, pretpostavimo mrežu s četiri radijalno spojena voda — prema sl. 2. na čijim su počecima ugrađeni linijski rastavljači LR, ili rastavne sklopke, s uređajima za automatsko odvajanje voda u kvaru, proizvodnje »R. Končar« — OOUR Sombor.

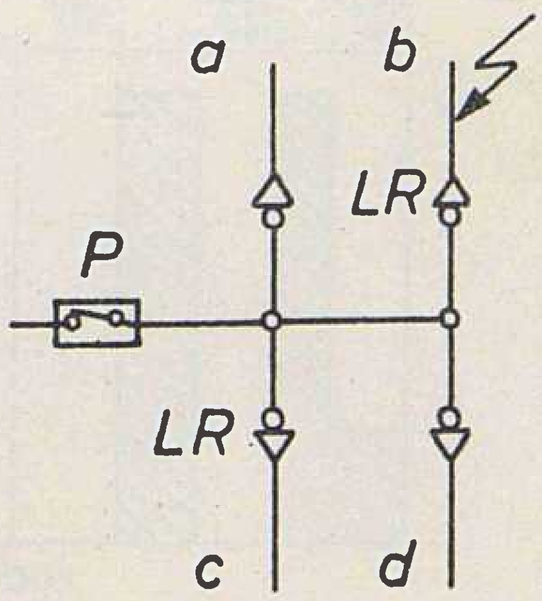
U slučaju pojave kvara na vodu (b), struja kratkog spoja I_k aktivira zaštitu prekidača (P), ugrađenog u TS na početku glavnog voda, koji prekida struju I_k za približno 0,1 — 0,2 sek. od njezinog nastanka.

Istovremeno je struja I_k aktivirala i automatski uređaj za odvajanje na vodu (b), koji nakon zatezanja od 10 do 20 sek. odvoji vod od preostalog dijela mreže.

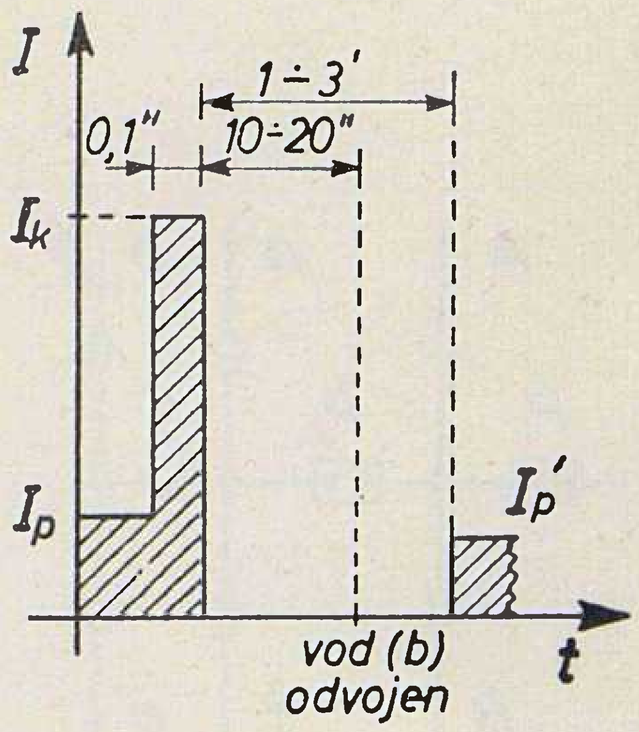
Uklapanjem prekidača, ručno ili automatski nakon pauze od 1 — 3 min., ponovno se nastavlja opskrba



Sl. 1.



Sl. 2.



Sl. 3.

potrošača priključenih na vodove (a), (c) i (d), kao što je vidljivo iz dijagrama na sl. 3.

$$I_p = I_k = 0$$

Prije otklanjanja kvara na vodu, potrebno je linijski rastavljač ručno otvoriti u krajnji isklopni položaj, čime se izdanak vidljiv na sl. 1. vrati iz položaja »i« u položaj »u« i na taj način ponovno zatvori strujni put kroz uređaj za automatsko odvajanje na vodu (b).

Samo po sebi razumljivo, ako je na početku glavnog voda ugrađen prekidač (P) suvremenih karakteristika, kao što su prekidači tipa M12 — 38 proizvodnje »RK« — OOUR Zagreb Borongaj, koji imaju mogućnost brzog ponovnog uklopa, te ako u TS postoji odgovarajući APU uređaj i ako se radi o prolaznom kvaru, prekidač (P) ponovo uklopi nakon pauze od 0,3 do 8 sek., da u tom slučaju automatski uređaj za odvajanje voda u kvaru neće proraditi, čime se nastavlja redovna opskrba i potrošača priključenih na vod (b).

Neke mogućnosti primjene uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru

Posebno je zanimljiv slučaj, ako na razvijenijem konzumnom području imamo i takve potrošače, koji ni kraću stanku u opskrbi el. energijom ne mogu prihvatiti zbog zastoja u proizvodnom procesu. Primjer opskrbe važnijih potrošača na vodovima A i B, uz korištenje dva prekidača i linijskih rastavljača s uređajem za automatsko odvajanje voda u kvaru, prikazan je na slici 4.

U našem primjeru, ponovno je pretpostavljen kvar na odvojku (b). Struja kratkog spoja istovremeno potiče relej za automatsko odvajanje voda (b), te odgovarajuće zaštite na prekidačima P_1 i P_2. Zaštita prekidača u glavnoj TS, je tako podešena da prekidač P_1 prvi isklopi, dok je vremensko zatezanje na uređaju za automatsko odvajanje voda u kvaru — kako već znamo — od 10 do 20 sekundi. Uređaj za brzo ponovno uklapanje, uz prekidač P_1, odmah proslijedi impuls za ponovni uklop, te prekidač — nakon beznaponske pauze od približno 0,3 sek. — ponovno uklopi.

Ako je kvar bio prolaznog karaktera, opskrba el. energijom nastavlja se dalje bez ikakvih smetnji na čitavom području, kao što je opisano u prvom dijelu ovog članka.

Međutim, ako je na vodu (b) kvar trajnog karaktera, uklapanjem prekidača P_1 ponovno se u vodu (b), kao i kroz prekidače P_1 i P_2 uspostavlja struja kratkog spoja I_k. Za ovaj slučaj, zaštite na prekidačima se tako podešene, da drugo isklapanje izvrši prekidač P_2 u područnoj TS.

Ovime je mjesto kvara odvojeno prekidačem P_2, čime je osigurana nesmetana opskrba potrošača priključenih na vodovima A i B. Dijagram struje kroz prekidač P_1 prikazan je u ovom primjeru na sl. 5.

Nakon 10 do 20 sekundi po isklopu prekidača P_2, tj. nakon prestanka djelovanja struje kratkog spoja I_k, uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru, odvoji vod (b) od ostalog dijela mreže, čime vod (b) trajno ostaje izvan pogona dok se kvar točno ne pronađe i otkloni. Za potrošače priključene na vodove (a), (c), i (d), uspostavit će se ponovno redovna opskrba el. energijom jednu do tri min. nakon isklopa prekidača P_2 u područnoj TS, a dijagram struje kroz prekidač P_2 prikazan je u tom slučaju na sl. 6.

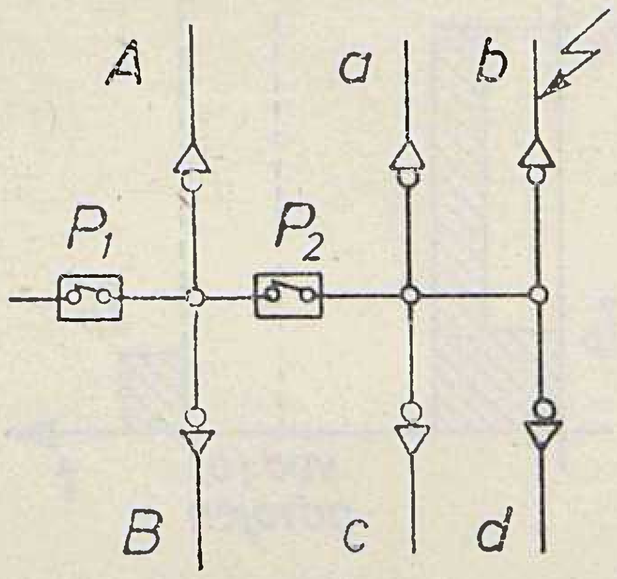
Zaključak

Iz navedenih primjera se vidi da uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru omogućava:

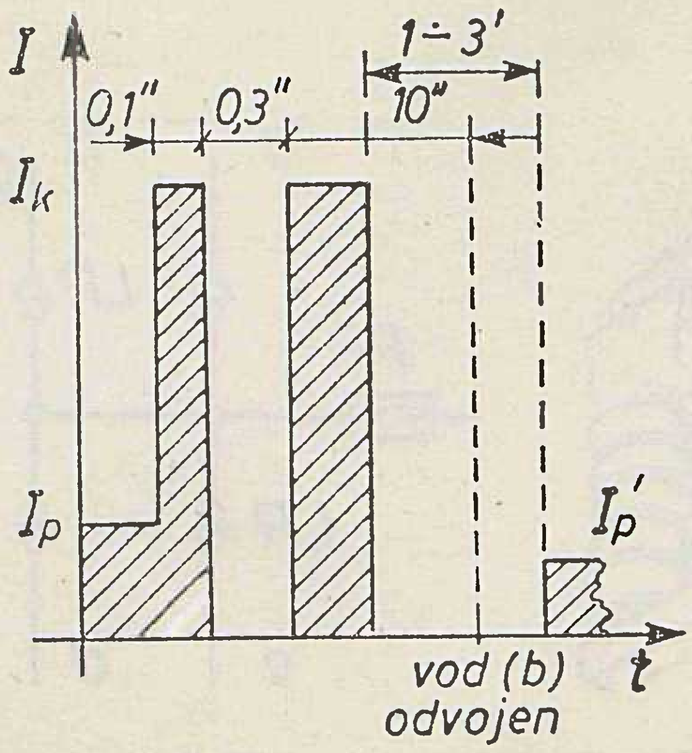
— sigurniju opskrbu el. energijom, radi manjeg broja ispada, jer izvan pogona ostaje samo vod u kvaru,
— kraće vrijeme za pronalaženje i otklanjanje kvara,
— manje troškove za otklanjanje nastalih kvarova,
— manje ljudstva i vozila za održavanje zračnih mreža srednjeg napona.

Sve ove prednosti potvrđuju zaključak, da se ubuduće može očekivati značajna primjena uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru na zračnim mrežama srednjeg napona.

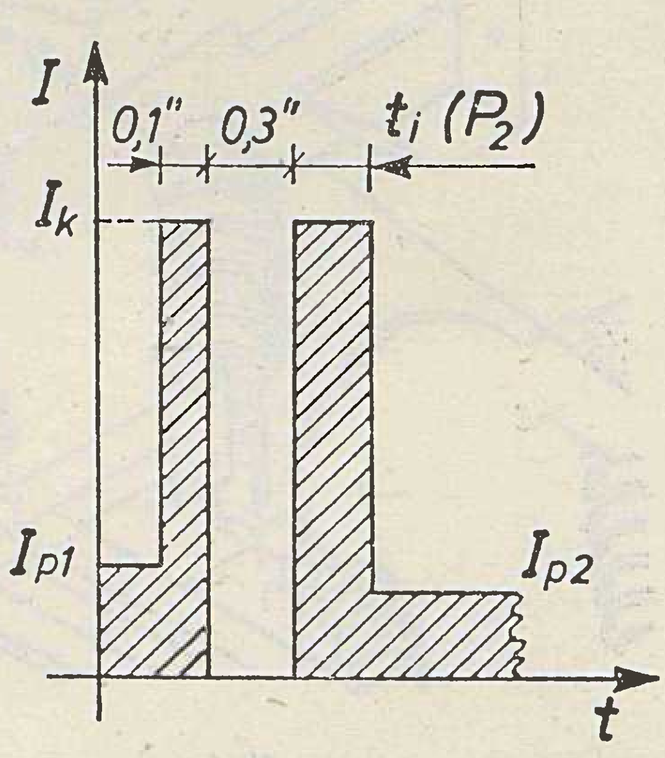
Naslov pisca:
Josip Polanc, dipl. ing.
RO »Rade Končar« — Elektrouređaji



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

Energija God. 29 (1980) br. 11—12, 397—410.

ANALIZA LOKACIJA ZA NUKLEARNE ELEKTRANE (I)
–Općenit pregled–

Niko Malbaša, Zagreb

UDK 621.039.5

Ukratko su opisane osnovne značajke procesa izbora lokacije za nuklearnu elektranu,, dan je osvrt na regulativu kao i praksu u svijetu, te naznačene osnove za izbor parametara relevantnihih za vrednovanje lokacija.

1. UVOD

Sigurnost i visok stupanj pouzdanosti u radu, visoka raspoloživost u proizvodnji električne energije i utjecaj na okolinu u razumnim i prihvatljivim granicama (»as low as reasonable achievable«) osnovni su uvjeti koji treba da budu ispunjeni kod svake nuklearne elektrane, u protivnom dovodi se ozbiljno u pitanje njezin smisao i svrha te općedruštvena opravdanost i rentabilitet.

Izbor lokacije za nuklearnu elektranu prvi je značajan korak kojim se bitno utječe i na sve kasnije faze. Svi propusti napravljeni u fazi izbora lokacije mogu imati vrlo neugodne posljedice u kasnijim fazama. Isto tako, dobro izabrana i kvalitetna lokacija omogućuje ujedno znatne uštede investitoru.

U osnovi nema bitne razlike između lociranja nuklearnih elektrana i klasičnih elektrana ili drugih velikih privrednih (industrijskih) objekata i kompleksa. Ipak, usporede li se nuklearna elektrana i npr. klasična termoelektrana, mogu se uočiti neke razlike koje bitno utječu i na proces izbora lokacije.

Osnovna značajka po kojoj se nuklearne elektrane bitno razlikuju od klasičnih jest potencijalna opasnost od radioaktivne kontaminacije okoline. Da bi se ta neugodna opasnost smanjila do određenog razumnog nivoa, ugrađuju se u nuklearnu elektranu mnogi sistemi zaštitne opreme. Svrha je tih sistema da zaštite okoliš nuklearne elektrane od radioaktivnih materija koje nastaju u nuklearnom dijelu, te da zaštite nuklearnu elektranu od vanjskih razornih efekata koji bi mogli svojim djelovanjem uzrokovati slične posljedice.

S druge strane, mora se istaknuti da sigurnosni sistemi i zaštita stoje vrlo mnogo i u fazi izgradnje i u fazi eksploatacije. Čak preko 50% sredstava za investicije u nuklearne objekte odnosi se na sisteme vezane za sigurnost i zaštitu. Značajan dio sume ovisi i o uvjetima lokacije. Računa se npr. da je oprema nuklearnih elektrana koje se grade u SR Njemačkoj otprilike za 10% skuplja od američkih zbog dodatnih elemenata sigurnosti koji su isključivo posljedica vrlo loših mogućnosti za lociranje (posebno s obzirom na gustu naseljenost).

Vidljivo je da je izbor lokacije za nuklearnu elektranu u krajnjoj liniji ekonomska kategorija o kojoj bitno ovisi i cijena, te ekonomičnost u pogonu nuklearnog postrojenja. Kod klasičnih objekata ovaj utjecaj je, iako ne beznačajan, znatno manji.

Nuklearne elektrane zahtijevaju znatno manju količinu goriva nego klasične termoelektrane. Npr., za 1 000 MW_e potrebno je godišnje nešto preko 20 tona svježeg goriva UO_2, ako se radi o klasičnim lakovodnim reaktorima, dok je za istu snagu potrebno osigurati godišnje oko 8 do 10 milijuna tona lignita ili 1,4 milijuna tona teškog loživog ulja (pod pretpostavkom 6000 sati rada godišnje). Zbog toga su lokacije klasičnih termoelektrana uvjetovane blizinom rudnika ugljena, rafinerija, velikih luka i sl., a ostali elementi su u drugom planu.

Nuklearna elektrana pokazuje mnogo veću fleksibilnost (barem općenito gledajući) i bez obzira na to što ima niz elemenata i faktora koji utječu na izbor lokacije nuklearne elektrane, ni jedan od njih nema apsolutnu prednost nad drugim, a upravo to daje veliku širinu u izboru lokacije.

Značajna razlika između nuklearne i klasične termoelektrane jest i u optimalnoj veličini. Nuklearna elektrana zbog niza sigurnosnih sistema čija veličina i cijena raste vrlo sporo s porastom snage elektrane ima znatno veću optimalnu snagu nego klasična termoelektrana, pa su i najveći blokovi koji se danas grade (1 300—1 500 MW) još uvijek ispod optimalne veličine. Nasuprot tome, optimalne su snage klasičnih blokova oko 600—800 MW, ali već iznad 400 MW ne dolazi do znatnijeg pada specifičnih troškova s porastom snage. Za manje elektroenergetske sisteme optimalne veli-

čine jedinica su nešto manje, ali je odnos optimalnih snaga blokova uglavnom konstantan i iznosi:

$$\frac{\text{Nopt. nukl.}}{\text{Nopt. klas.}} \cong 3.$$

Četvrta značajna razlika između nuklearne i klasične elektrane jest u stupnju djelovanja. Zbog znatno nižih parametara svježe pare (60-70 bara, 270-300°C kod nuklearnih elektrana u odnosu na 180 bara i 560°C kod modernih klasičnih termoelektrana), što je posljedica većih sigurnosnih zahtjeva, ali i specifičnosti nuklearnog ciklusa, stupanj djelovanja kreće se kod nukleranih elektrana oko 0,32—0,33 dok je kod klasičnih uglavnom 0,34—0,38 (ugljen) ili čak do 0,41 (lož-ulje). Posljedica toga je da se preko rashladnog sistema mora odvesti kod nuklearne elektrane znatno veća količina topline nego kod klasične termoelektrane. Približna komparativna toplinska bilanca dana je tablici:

	TE (ugljen)	TE (ulje)	NE
Energija dovedena turbini (KJ)	10 300	9 000	11 200
Energija odvedena na pragu (KJ)	3 600	3 600	3 600
Energija odvedena kroz dimnjak (KJ)	1 240	720	0
Energija odvedena zračenjem (KJ)	410	270	340
Energija odvedena rashl. vodom (KJ)	5 050	4 410	7 260
Stupanj djelovanja	0,35	0,40	0,32

Vidljivo je da se preko rashladne vode odvodi u nuklearnoj elektrani za oko 45% više topline nego u TE na ugljen, odnosno za preko 60% više nego u TE na loživo ulje. Budući da su i snage jedinica kod NE znatno veće, bit će uvijek rad nuklearnih elektrana skopčan s odvođenjem vrlo velikih količina neiskorištene otpadne topline, a to također utječe značajno na izbor lokacije.

Proces izbora lokacije neodvojiv je od ostalih procesa vezanih za izgradnju i eksploataciju nuklearnog objekta. Svi oni zajedno treba da omoguće siguran, pouzdan te ekonomski rentabilan rad nuklearnog postrojenja, odnosno da osiguraju rentabilitet takvog postrojenja uz minimiziranje negativnih i štetnih međusobnih utjecaja između nuklearnog postrojenja i okoline. Tek ako se dokaže da je moguće sve potencijalne negativne pojave vezane za nuklearnu elektranu držati u razumnim granicama, moguće je govoriti o prihvatljivoj lokaciji. Ako pri izgradnji i (ili) pogonu elektrane može doći do negativnih efekata bilo elektrane na okolinu bilo okoline na elektranu, koji bi mogli ugroziti sigurnost, zdravlje i život ljudi u okolini, a za koje se ne može reći da su unutar razumnih granica, danu lokaciju treba odbaciti.

2. OSNOVNE FAZE U POSTUPKU IZBORA LOKACIJE

Proces izbora lokacije za nuklearnu elektranu obično se dijeli na nekoliko faza. Osnovna značajka toga procesa jest u tome da se proporcionalno s dubinom analize smanjuje područje od interesa. Tako taj proces počinje obično na regionalnom nivou. Područje od interesa je u toj fazi vrlo veliko i obuhvaća i na stotine tisuća kvadratnih kilometara. Dubina analize, međutim, nije a niti može biti naročito velika. Osnovna ideja je da se eliminira što više teritorija iz daljnje obrade.

Obično se u ovoj fazi eliminiraju sva zakonom zaštićena područja, područja od specijalnog interesa, područja vitalna za obranu zemlje, nepristupačna područja, područja s nedovoljnom mogućnosti za opskrbu vodom, područja u neposrednoj blizini većih gradova ili s gustom naseljenošću itd. Na taj način se već i uz vrlo minimalna pomaagala može eliminirati iz daljnje analize vrlo veliko područje, čak i preko 90% od površine ukupne regije.

U drugoj fazi se za daljnju analizu uzimaju u obzir samo područja koja u I fazi nisu eliminirana. U pojedinim slučajevima već u ovoj fazi potrebno je definirati određena uža područja koja uvjetno možemo nazvati makrolokacijama.

U ovoj fazi je nužna obrada i analiza svih podataka koji već postoje na danim makrolokacijama, a mogu biti korisni u procesu vrednovanja makrolokacija koji neposredno slijedi. Izvori podataka mogu biti različiti, ali se ne predviđaju nikakvi konkretni terenski radovi, mjerenja niti ispitivanja.

Krajnji rezultat ove faze je vrednovanje danih makrolokacija, što podrazumijeva njihovo svrstavanje po kvaliteti i podobnosti da prime nuklearni objekt. Nužno je zbog toga razviti u ovoj fazi i metode vrednovanja koje treba da budu maksimalno objektivne i znanstveno prihvatljive, makar je često nemoguće izbjeći pojedine subjektivističke ocjene i nepotpune analize. To je zbog toga vrlo vjerojatno i najvažnija faza u procesu izbora lokacije, jer je nužno objektivizirati pojedine elemente, za što još uvijek, možda, nema osnova.

U trećoj fazi izbora lokacije za nuklearnu elektranu obavlja se analiza mikrolokacija unutar barem jedne makrolokacije. Izbor makrolokacija za daljnju analizu u ovoj fazi treba da se bazira na rezultatima II faze, ali treba respektirati i mišljenja i ambicije potencijalnog investitora, kao i uže društvene zajednice na čijem se području nalazi određena makrolokacija. Izbor makrolokacije od interesa znači ujedno i početak radova na nuklearnoj elektrani na danom području. Konkretni istražni radovi na terenu, koji su u ovoj fazi neophodni, uvlače postepeno na pozornicu i

jedan bitan element koji do tada nije bio tretiran — javno mišljenje, koje je vrlo često iz opravdanih ili neopravdanih razloga protivno izgradnji nuklearnog objekta. Konstitucija našega samoupravnoga društva može znatno ublažiti ovaj problem, ali je počevši od ovog momenta pa sve do prestanka rada nuklearne elektrane jedna kontinuirana aktivnost u pravilnom informiranju javnosti potrebna i neophodna.

Obično se u ovoj fazi na odabranoj makrolokaciji (ili mikrolokacijama) identificiraju dvije do pet potencijalnih mikrolokacija za nuklearnu elektranu, od kojih se obavlja izbor lokacije nuklearne elektrane. Ova faza, dakle, završava sa izborom najbolje od potencijalnih mikrolokacija. Način obrade i vrednovanja ne razlikuje se u principu od onog provedenog u II fazi, ali je nužno koristiti mnogo detaljnije podatke. Sasvim konkretni terenski i laboratorijski istražni radovi u ovoj su fazi nužni. Već i troškovi nisu baš zanemarivi tako da u ovoj fazi premašuju za desetak puta troškove iz prve dvije faze, iako je područje od interesa bitno suženo.

Svrha ovih radova je slijedeća:

a) potvrda zauzetih stajališta u prethodnim fazama o pojedinim aspektima ocjene makrolokacije,

b) da daju podloge za ocjenu i vrednovanje danih mikrolokacija i za izbor najbolje mikrolokacije,

b) da otkriju sve eventualne karakteristike dane mikrolokacije koje nisu prije bile poznate, a mogle bi imati fatalni utjecaj na nuklearni objekt bilo u fazi izgradnje ili u fazi eksploatacije (aktivni rasjedi, likvefakcija, nehomogenosti u sastavu tla itd.).

Na kraju ove faze može se tvrditi da je izabrana mikrolokacija podobna za lociranje nuklearne elektrane, ali ne postoje dovoljni podaci da se kaže i kako ta nuklearna elektrana treba da izgleda, općenito svi aspekti lokacije koji nemaju utjecaj na sigurnost nisu još uvijek precizno definirani, bilo da istraživanja nisu završena, bilo da još nisu ni počela. Također, neke parametre nije ni bilo moguće kvantificirati u III fazi jer se u njoj još pouzdano ne zna ni osnovna karakteristika, a često ni veličina (snaga) nuklearnog objekta, pa samim time ni neki osnovni tehnički pokazatelji. Razlika između stvarne elektrane i referentne elektrane koja je uzeta za podlogu u III fazi može uvjetovati promjenu nekih zaključaka donesenih u II fazi, makar ta promjena u principu nije velika niti odlučujuća. Zbog toga je nužno u IV fazi izvesti još dodatne nužne radove i istraživanja za konačan izbor lokacije nuklearne elektrane koji normalno završava s dobivanjem dozvole za lokaciju od nadležne institucije.

3. REGULATIVA VEZANA ZA LOCIRANJE NUKLEARNIH ELEKTRANA

Radioaktivne materije potencijalna su opasnost za ljude i ljudsku životnu sredinu, te zbog toga treba s njima rukovati s maksimalnom pažnjom i brigom. Zbog vrlo kompleksnih pitanja koja treba da budu regulirana, a koja se uglavnom ne daju svesti na standardnu regulativu, postoji snažna potreba za specijalnom regulativom kao i za odgovarajućim regulativnim tijelima.

Osnovni principi na kojima treba da bude bazirana nuklearna regulativa jesu zaštita zdravlja ljudi i njihove sigurnosti, očuvanje životne sredine, zaštita nuklearnih materijala i postrojenja od diverzija i upotrebe nenadležnih institucija i pojedinaca i sl.

Normalno je da nuklearna regulativa treba da obuhvaća sve aktivnosti vezane za rad nuklearnih postrojenja, tj. za lociranje, izgradnju, pokusni rad, pogon i definitivni izlaz iz pogona, kao i sve aktivnosti vezane za gorivni ciklus, skladištenje isluženog goriva te obradu i odlaganje radioaktivnih otpadaka.

Izbor lokacije za nuklearnu elektranu važan je korak na putu do sigurne i pouzdane nuklearne energije, pa je zbog toga značajan prostor u regulativi svih nuklearno razvijenih zemalja posvećen izboru lokacije. Nuklearna regulativa razvijala se u različitim zemljama paralelno s razvitkom nuklearne energetike, pa je i razumljivo da se najprije pojavila u SAD jer su se tamo nuklearne elektrane najprije i u najvećem broju i počele graditi. Postepeno su i druge zemlje formirale svoje standarde i regulativu koji manje ili više odudaraju od američkih, što je i normalno s obzirom na različite prirodne i druge uvjete. Značajan je u tom smislu i doprinos Međunarodne agencije za atomsku energiju (International Atomic Energy, IAEA) sa sjedištem u Beču. Veliku pomoć u oblikovanju regulative mogu pružiti i preporuke Međunarodne komisije za zaštitu od zračenja (International Commission on Radiological Protection, ICRP).

Naročito je postao popularan tzv. ALARA kriterij (paragraph 52, ICRP Pub. 9), koji kaže da se doze zračenja moraju držati toliko nisko koliko je to razumno postizivo (as low as is reasonable achievable), pri čemu je potrebno uzeti u obzir socijalne i ekonomske kriterije. Također se u istoj publikaciji predlaže izbjegavanje bilo kakvog nepotrebnog ozračenja, što je također jedan od bitnih principa u suvremenom nuklearnom zakonodavstvu.

Općenito se propisi vezani uz sigurnosne aspekte nuklearnih elektrana mogu podijeliti u dvije osnovne kategorije

a) Nacionalni propisi (standardi, preporuke)

Ovdje se manje misli na tzv. pravnu regulativu u koju su uključeni razni međudržavni spo-

razumi kao i osnovni zakoni, a više se misli na ono što se obično naziva »tehnička regulativa«, makar između pravne i tehničke regulative mora postojati čvrsta veza i međusobno upotpunjavanje).

Ti propisi mogu se dalje podijeliti na one što su ih pripravile razne državne (vladine) institucije, kao što su Nuclear Regulatory Commission (NRC) u SAD ili Bundesministerium des Innern (BMI) odnosno Kerntechnicher Ansschuss (KTA) u SR Njemačkoj, i na one što su ih pripremile nedržavne institucije, kao što su npr. American Nuclear Standards Institute (ANSI) i Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) u SAD ili npr. Deutsches Institute für Normung (DIN).

b) Međunarodni propisi (standardi, preporuke) Slično se i ovi propisi dijele na one što su ih pripremile organizacije na međudržavnim osnovama, npr. Intenational Atomic Energy Agency (IAEA), i na one što su ih pripremile na međunarodnoj osnovi nevladine organizacije kao npr. International Organization for Standardization (ISO).

Nacionalni standardi obično se po hijerarhiji dijele na:

— osnovne propise (Codes)
— preporuke (Regulatory Guides, Safety Guides i sl.)
— ostale propise.

Od međunarodnih organizacija koje su vezane uz lociranje nuklearnih elektrana angažirane su jedino ISO i IAEA, pri čemu je aktivnost ISO uglavnom vezana za rani razvoj regulative s ovog područja i s današnjeg stanovništva i nije naročito značajna. Trenutno, međutim, postoji tendencija da se ISO više aktivira i na ovom planu i već postoji nacrt standarda vezano za seizmiku, a u planu je priprema i ostalih sličnih standarda. Trenutno je ipak aktivnost IAEA na planu nuklearne regulative mnogo značajnija, osobito putem tzv. NUSS-programa (Nuclear Safety Standard) koji predstavlja najkvalitetniji skup na najširoj međunarodnoj osnovi prihvaćenih propisa.

NUSS program dijeli se na pet glavnih područja:

a) lociranje nuklearnih elektrana,
b) projektiranje,
c) pogon,
d) osiguranje kvalitete,
e) organizacija nuklearnog programa.

Za svako od tih područja napravljeni su osnovni propisi (Codes of Practice). Također već postoji desetak gotovih vodiča (Safety Guides), a oko četrdesetak ih je u fazi nacrta. Najveći dio ovih preporuka odonsi se na područje lociranja gdje je obuhvaćeno već oko 80% problematike.

Najbitniji elementi regulative SAD vezane za razvoj nuklearne energetike izvedeni su iz Zakona o atomskoj energiji (Atomic Energy Act) od 1954. godine. Taj zakon postavlja sve licenčne i regulativne funkcije vezane za izgradnju i pogon nuklearnih elektrana pod direktnu jurisdikciju Komisije za atomsku energiju (Atomic Energy Commission, AEC, sada Nuclear Regulatory Commission, NRC), pa je po tom zakonu protuzakonit bilo kakav posao vezan za izgradnju ili pogon nuklearnih elektrana bez dozvole AEC.

Zakon iz 1954. pisan je vrlo jednostavno i fleksibilno, a na sličan način su napisana i slijedeća dva akta što ih je publicirala 1962. AEC.

— 10 CRF 50: Domestic Licensing of Production and Utilization Facilities
— 10 CRF 100: Reactor Site Criteria.

Način na koji će NRC izvršiti svoj zadatak i strogo određeni kriteriji nisu definirani u ovim aktima. Zbog toga je od tog vremena pa do danas AEC (NRC) izdala znatan broj dodatnih proglasa, obrada i sl. u obliku vodiča (Regulatory Guides), planova revizije (Standard Review Plans), savjeta ACRS (Advisory Committee on Reactor Safeguards), detaljnog obrazlaganja pojedinih procedura i sl. Sve te publikacije nemaju zakonski oblik; one nikoga ne prisiljavaju da ih uzima u obzir, ali budući da je u njima opisano mišljenje, kriteriji, način rada i sl., dakle kompletna politika i praksa organizacije koja ima isključivo pravo da daje sve potrebne dozvole, onda takve publikacije stvarno imaju zakonsku snagu.

U toku šezdesetih godina nuklearna industrija doživjela je značajnu ekspanziju; broj i veličine nuklearnih elektrana su znatno porasli. U takvim uvjetima javili su se i dodatni problemi koji su u prvom redu vezani za potencijalni utjecaj na okolinu ovakvih velikih jedinica, pa je 1969. godine donesen, a 1. 1. 1970. stupio na snagu National Environmental Policy Act, bolje poznat pod skraćenim nazivom NEPA. Osnovna karakteristika tog akta jest da se bitno povećava područje djelovanja AEC. AEC (odnosno NRC) jest po NEPA direktno odgovorna za ocjenu ukupnog utjecaja nuklearnih elektrana na okolinu, što uključuje u sebi i sve elemente utjecaja na okolinu koji nisu vezani uz radioaktivnost (npr. toplinsko opterećenje, buka, utjecaj rashladnih uređaja na okolinu, estetski utjecaj, općenito ekološki utjecaj i sl.).

Zahtjevi koji proizlaze iz NEPA odnose se osim na proces izbora lokacije i na izgradnju i pogon nuklearnih elektrana.

Nakon stupanja na snagu NEPA 1969, bili smo svjedoci snažnog porasta interesa za neradioaktivne činioce utjecaja na okolinu, i to ne samo u SAD, nego u cijelom svijetu. Posljednji značajni opći akt u SAD može se smatrati tzv. Energy Reorganization Act iz 1974. On ne unosi ništa u biti novo u odnosu na Atomic Energy Act iz 1954. god., barem ne u kontekstu sagledavanja širem od lokalnih američkih prilika. Najbitnija promjena odnosi se na reorganizaciju Atomske energetske komisije, AEC, u smislu razdvajanja razvojne

uloge od regulativne uloge. AEC se dijeli na dva dijela; Nuclear Regulatory Commission, NRC, koja obavlja regulatorne funkcije, i Energy Research and Development Administration, ERDA, koja obavlja razvojne i istraživačke zadatke. Na kraju mogu se u nekoliko točaka sažeti osnovne karakteristike američke regulative specijalno vezane za proces lociranja nuklearnih elektrana:

1) U osnovi politike lociranja nuklearnih elektrana stoji apsolutna odgovornost nuklearne komisije (NRC) koja se u praksi osniva na tri zakonska akta (Atomic Energy Act iz 1954, National Environmental Policy Act iz 1969. i Energy Reorganization Act iz 1974.) U osnovi odgovornosti NRC stoji zaštita ljudi od zračenja, kao i zaštita ljudske okoline.

2) Investitor ima pravo da izbire lokacije, a NRC pregleda i revidira svu dokumentaciju i donese odluku da potvrđuje, odnosno ne potvrđuje danu lokaciju. Ona ne predlaže konkretnu lokaciju niti sudjeluje u bilo kojem dijelu procesa izbora lokacije.

3) Dužnost je investitora da pribavi informacije o svim značajnim karakteristikama predložene lokacije, kao i o alternativnim lokacijama.

4) Iako se konačna odluka o prihvaćanju lokacije donosi u procesu dobivanja dozvole za gradnju, moguće je pokrenuti pitanje revizije te odluke u bilo kojoj fazi života elektrane ako u međuvremenu nove informacije pokažu da je to potrebno.

5) Odluke o lokaciji donose se uz ocjenu zajedničkog utjecaja na ljude i okolinu kako normalnog pogona elektrane, tako i potencijalnih akcidentalnih situacija.

6) Da bi mogla što uspješnije obavljati svoju dužnost, NRC je donijelo i donosi posebne akte koji obrađuju različite probleme vezane za proces lociranja.

Domaća regulativa vezana za nuklearne objekte tek se počinje razvijati. Za područje izbora lokacije relevantna su za sada dva akta: Zakon o zaštiti od ionizirajućih zračenja (Sl. list SFRJ br. 54/1976.), te Pravilnik o uvjetima za lokaciju, izgradnju, pokusni rad, puštanje u rad i upotrebu nuklearnih objekata i prostrojenja (Sl. list SFRJ br. 25/1979). Postoji i prijedlog republičkog zakona o zaštiti od ionizirajućeg zračenja, a u pripremi je i Zakon o nuklearnoj energiji na saveznom nivou.

Postoji još nekoliko pravilnika koji u svom sadržaju dotiču problematiku lociranja. Zajednička karakteristika svih akata je činjenica da su doneseni u prošlih nekoliko godina i još nisu zaživjeli u praksi. Njihova primjena će sigurno dovesti i do potrebe da se oni temeljito revidiraju i nadopune, a do tada nužna je u detaljima primjena međunarodne prakse i regulative gdje god domaća nije dostatna. Ako se naši propisi usporede sa sličnim u svijetu, može se zapaziti da praktički nema razlike u odnosu na istraživanja koja se zahtijevaju kao uvjet za dozvolu za lokaciju nuklearne elektrane. Nedostatak je naših propisa, međutim što oni još nisu uopće razrađeni; niti je preciziran opseg i dubina pojedinih istraživanja, niti način na koji će se ta istraživanja revidirati i verificirati. Zbog toga naši propisi za sada daju samo grubu orijentaciju i bit će potrebno još mnogo truda i aktivnosti da se oni kompletiraju.

4. OSNOVNE KARAKTERISTIKE RELEVANTNE ZA OCJENU LOKACIJE NUKLEARNE ELEKTRANE

Osnovne karakteristike relevantne za ocjenu i izbor lokacije za nuklearnu elektranu mogu se sažeti u osnovna područja kako slijedi:

a) Karakteristike koje utječu na sigurnost rada elektrane i sigurnost ljudi vezane uz različite potencijalne mogućnosti ozračenja u okolini elektrane
- a1) Naseljenost u okolini elektrane
- a2) Metereološke karakteristike
- a3) Geološke, seizmičke i geomehaničke karakteristike bitne za sigurnost
- a4) Hidrološke i hidrogeološke karakteristike
- a5) Mogući utjecaj različitih ljudskih aktivnosti na sigurnost elektrane

b) Karakteristike koje ne utječu bitno na sigurnost elektrane, ali mogu utjecati na troškove izgradnje i (ili) pogona
- b1) Raspoloživost i uvjeti dobave rashladne vode (različite mogućnosti hlađenja)
- b2) Geotehnički faktori (način temeljenja, topografska i geografska obilježja)
- b3) Vrijednost i cijene terena, kao i priprema terena i transportnih linija
- b4) Troškovi priključenja na mrežu i uklapanje u elektroenergetski sistem
- b5) Karakteristike infrastrukture
- b6) Mogućnost proširenja kapaciteta

c) Ekološke karakteristike
- c1) Ekološka osjetljivost lokacije
- c2) Vrijednost i upotreba terena predviđenog za lokaciju
- c3) Utjecaj na zaštićena područja, na područja specijalne namjene i od šireg društvenog interesa

d) Socijalno-ekonomske karakteristike
- d1) Dislociranje stanovništva i privrednih objekata
- d2) Mogućnost sekundarnog korištenja (npr. otpadne topline) i eventualno uklapanje u višenamjenska rješenja
- d3) Utjecaj na ekonomske uvjete regije i šire zajednice.

4.1. Naseljenost u okolini nuklearne elektrane

Naseljenost u okolini je jedna od primarnih karakteristika svake lokacije s obzirom na pogodnost za gradnju nuklearne elektrane. Sva

svietska regulativa i odgovarajući propisi daiu toj komponenti veliko značenje. To je i razumljivo jer je u krainjoj konsekvenciji primarno zaštititi liude od bilo kakvih neželjenih posljedica. Lokacija s povoljnijim demografskim karakteristikama ima zbog toga evidentne prednosti.

U američkoj regulativi definirana su tri pojma vezana za naseljenost u okolini nuklearne elektrane, i to na slijedeći način (10 CRF Part 100, APP. A, § 100.3 i § 100.11):

a) Ekskluzivna zona (Exclusion area, EA) čini područje koje neposredno okružuje reaktor. U tom području korisnik elektrane ima pravo i mogućnost da kontrolira sve aktivnosti. Zabranjeno je stanovanje i zadržavanje liudi, iako se mogu dozvoliti prijelazi (cestovni, željeznički, brodski i sl.) preko ovog područja ako ne utječu na aktivnosti vezane za siguran pogon elektrane i ako mogu biti kontrolirani i na vrijeme obustavljeni u slučaiu nezgode.

b) Zona niske naseljenosti (Low population zone, LPZ) obuhvaća ekskluzivnu zonu i može biti naseljena, ali raspodjela stanovništva u ovoj zoni mora biti takva da je u slučaju nezgode moguće intervenirati na odgovarajući način i izvršiti zaštitu ili evakuaciju stanovništva.

c) Udaljenost najbližeg populacijskog centra (Population center distance, PCD) je udaljenost od reaktora do najbližeg ruba gusto naseljenog centra (grada) s više od 25 000 stanovnika.

Za određivanje radijusa EA, LPZ i PCD koriste se pretpostavke o ispuštanju radioaktivnih sastojaka u uvjetima najtežih zamislivih nezgoda u elektrani i uz pretpostavku ekstremno loših meteoroloških prilika. Za određivanje nezgode najtežeg tipa koriste se različite pretpostavke koje su uglavnom vrlo konzervativne, a sve uključuju izostanak funkcija hlađenja (tzv. Loss of Coolant Accident, skr. LOCA).

Većina zemalja prihvatila je različite varijante američkog koncepta. U tablici su dani osnovni pokazatelji za nekoliko nuklearno razvijenih zemalja (tipične vrijednosti):

Zemlja	Ekskluzivna zona	Zona niske naseljenosti
Kanada	1 km	nije specifirana
Čehoslovačka	500 m	nije specifirana
Indija	1,6 km	5 km
Italija	0,8 — 1 km	ne zahtijeva se uvijek
SSSR	3 km	—
SAD	0,65 km	5 km

U praksi postoje različiti načini za uspoređivanje lokacija koji su vezani za elemente naseljenosti. Često se za uspoređivanje koriste tzv. kumulativne krivulje naseljenosti oblika

$$N_r = f(r),$$

gdje je N_r — broj stanovnika unutar kružnice radijusa r, s ishodištem na mjestu reaktora elektrane pri čemu je

$$\varnothing < r \leq R,$$

a R je maksimalna udaljenost do koje se obavlja analiza (obično je R = 20 km do 80 km)
Tako dobivene krivulje za različite lokacije uspoređuju se s referentnim krivuljama.

Mnogo precizniji pokazatelj je tzv. faktor naselienosti koii uzima u obzir činjenicu da je stanovništvo udaljenije od elektrane manje osjetljivo na posljedice uzrokovane ispustom radioaktivnih materiia nego ono u neposrednoj okolini elektrane. Potrebna funkcionalna ovisnost dobiva se uvođenjem u proračun karakteristike ovisne o atmosferskoj disperziji. Faktor naseljenosti je definiran kako slijedi:

$$SPF(r_n) = \frac{\sum_{j=1}^{n} W_j \cdot P_j}{\sum_{j=1}^{n} W_j \cdot Poj} \qquad (1)$$

n — broj koncentričnih kružnica s ishodištem na lokaciji
r_n — radijus najveće kružnice (obično 20—30 km)
$W_j = r_j^{\alpha}$ — ponder ovisan o radijusu j-te kružnice, r_j, i o karakteristici atmosferske disperzije α (uobičajeno je $\alpha = -1{,}5$)
P_j — je broj stanovnika unutar kružnica radijusa r_j i r_{j-1}
$Po_j = \pi \cdot D_{ref} (r_j^2 - r_{j-1}^2)$ — referentni broj stanovnika unutar kružnica radijusa r_j i r_{j-1}.
D_{ref} — referentna gustoća naseljenosti.

Referentna gustoća nema posebnog utjecaja na rezultate pa je pogodno uzeti neku zaokruženu veličinu.
Npr., ako se uzme $D_{ref} = 100$ st/km², tada za lokaciju koja ima npr SPF = 0,5 slijedi da je ona po kvaliteti identična onoj s jednolikom gustoćom od 50 st/km² i sl.
Moguće je sa D_{ref} označiti maksimalno dozvoljenu gustoću, tada SPF > 1 pokazuje da lokacija ne zadovoljava postavljenom zahtjevu.

4.2. Meteorološke karakteristike

Zračna strujanja, temperaturni gradijenti, oblačnost, insolacija, oborine isl. definiraju meteorološku situaciju o kojoj bitno ovisi disperzija radioaktivnih tvari koje mogu biti ispuštene u atmosferu bilo da se radi o rutinskim, kontroliра-

nim i planiranim ispuštanjima, bilo da se radi o ispuštanju neplaniranog i nekontroliranog, akcidentalnog tipa. Premda su te posljednje pojave izuzetno rijetke, potrebno ih je predvidjeti, opisati i analizirati kako u slučaju njihova pojavljivanja ipak ne bi bilo neželjenih posljedica za okolišnje stanovništvo i ljudsku sredinu općenito.

Zbog toga meteorološke karakteristike lokacije imaju značajan utjecaj u svim fazama izbora i uspoređivanja lokacija za nuklearnu elektranu, a u fazi pogona elektrane potrebno je također kontinuirano pratiti meteorološke prilike (preko meteorološkog tornja), kako bi se u slučaju nužde moglo ispravno reagirati i uzeti u obzir trenutnu lokalnu meteorološku situaciju čija brzina ocjene u takvim situacijama ima presudnu važnost. Ipak se, vrlo rijetko, može dogoditi da meteorološki faktori sami po sebi mogu eliminirati određenu lokaciju. U našim uvjetima ekstremne atmosferske prilike ne mogu imati utjecaja na sigurnost elektrane u tolikoj mjeri kao u nekim tropskim i sličnim dijelovima svijeta. Ipak, potrebno je obratiti pažnju na eventualne posljedice ekstremnih vjetrova i posredne efekte uzrokovane vjetrom, zatim na mogućnost plavljenja zbog naglih oborina ili topljenja snijega, te na ekstremno loše situacije s obzirom na disperzijske karakteristike atmosfere.

Ako su poznate koordinate naselja u okolinu nuklearne elektrane i njihov broj stanovnika, kao i osnovni meteorološki pokazatelji, moguće je definirati meteorološko-demografski faktor na slijedeći način:

$$MDF(R) = \frac{10^6}{R^2\pi} \cdot \sum_{i=1}^{M} \left(\frac{\chi}{Q}\right)_i \cdot N_i \cdot \check{C}_i \qquad (2)$$

gdje je

M — broj naselja unutar izabranog radijusa R od elektrane

$(\chi/R)_i$ — mjera za koncentraciju radioaktivnih efluenata u naselju s indeksom i u odnosu na lokaciju elektrane (pri tome se pretpostavlja da je unutar pojedinog sektora od 22,5° čestina smjera vjetra, $\check{C}_i$ uniformno raspoređena).

10^6 — proizvoljni faktor s obzirom na to da su bitni samo relativni odnosi.

Veličina χ/Q određuje se uz pomoć modela disperzije u atmosferi i ovisi naročito o stabilnosti atmosfere, brzini vjetra, karakteristikama ispusta itd.

4.3. Geološke i seizmičke karakteristike

Geološke i geomehaničke karakteristike terena kao i seizmički efekti koji se mogu očekivati na određenoj lokaciji vrlo su bitni elementi pri ocjeni lokacije za nuklearnu elektranu. Zbog toga se ovim karakteristikama poklanja u regulativi i praksi svih nuklearno zainteresiranih zemalja značajna pažnja. Istovremeno, ovo je područje koje još uvijek nije detaljno razrađeno ni u regulativi najrazvijenijih zemalja, jer postoje različita mišljenja i s obzirom na potrebne istražne radove, način interpretacije podataka i nužne minimalne zahtjeve koje treba da ispunjava svaka lokacija da bi bila prihvaćena. Razlog za to je dobrim dijelom u činjenici da u različitim područjima svijeta odnosi između seizmičkih pojava i geoloških struktura pokazuju različite oblike povezanosti s većim ili manjim lokalnim utjecajem. Zbog toga veze između seizmičkih i geoloških karakteristika određene lokacije neće biti iste npr. u SAD, Japanu i Evropi. Da bi se određene zakonitosti mogle definirati, potreban je u principu opsežan fond najrazličitijih podataka. Ospeg i kvaliteta seizmičkih podataka rijetko zadovoljava, a istraživanja geoloških struktura uglavnom su skopčana s velikim izdacima. Čak i ako postoje kvalitetni podaci, njihova obrada i interpretacija često nije imuna od različitih subjektivnih ocjena pa odatle često proizlaze i manja ili veća neslagania čak između vrhunskih stručnjaka za ovo područje. Zbog svega toga teško je precizno definirati regulativu za ovo područje, naročito jer se od regulative obično traži velika preciznost, a od regulative vezane za sigurnost nuklearnih elektrana još i visok stupanj konzervativnosti i neosjetljivost na različite oblike neizvjesnosti koja se može javiti u obradi i interpretaciji podataka.

Naša zemlja nalazi se u uglavnom geološki mladom, nemirnom i seizmički prilično aktivnom području. Zbog toga će u razradi naše tehničke regulative ovim problemima biti potrebno pokloniti veću pažnju uz zajednički angažman naših najboljih stručnjaka za ova područja.

U pregledu regulative potrebno je obavezno poći od američke, jer se ona najprije razvila, najkompletnija je, s najvećom primjenom u praksi, a uostalom, u osnovi je i prihvaćena s manjim promjenama i na međunarodnom planu pa i od IAEA. Osnovni dokument vezan uz ovo područje jest 10 CFR 100 Appendix A (Seismic and Geologic Siting Criteria for Nuclear Power Plants). U tom aktu preciziraju se naročito:

a) istraživanja potrebna za donošenje ocjene o podobnosti lokacije s ovog aspekta,

b) način određivanja baze za konstrukciju nuklearne elektrane s obzirom na potresna gibanja.

10 CFR 100 Appendix A (Seismic and Geologic koji su više ili manje ušli u regulativu i drugih zemalja, a ponešto odstupaju od uhodanih definicija. Neki od najznačajnijih pojmova su slijedeći:

a) Safe Shutdown Earthquake, SSE, jest potres koji se može očekivati u danom području s obzirom na regionalne i lokalne geološke i seizmološke karakteristike, kao i specifičnosti terena (materijala) na lokaciji. To je onaj potres uz koji određene strukture, sistemi i komponente nuklearne elektrane bitne za sigurnost treba da budu konstruirane da zadrže funkcionalnost. Detaljan

popis struktura i sistema o kojima je riječ dan je u Reg. Guide 1. 29. (Seismic Design Classification).

b) Operating Basis Earthquake, OBE, jest potres koji se s obzirom na regionalne i lokalne geološke i seizmološke karakteristike može očekivati da nastupi za vrijeme pogonskog doba elektrane; to je takav potres koji elektrana može podnijeti bez gubljenja funkcionalnosti bilo koje komponente bitne za redovni pogon.

c) Capable fault (aktivni rasjed) jest svaki onaj rasjed koji ima barem jednu od slijedećih karakteristika:

1) pomak na površini ili neposredno uz površinu terena barem jednom u posljednjih 35 000 godina ili višekratno pomicanje unutar posljednjih 500 000 godina,

2) zabilježenu makroseizmičnost s dovoljnom preciznošću da se može tvrditi da je direktno u vezi s danim rasjedom,

3) strukturne veze s drugim aktivnim rasjedom tako da pomak na jednom može imati utjecaj na pomak drugoga.

Tako definiran »aktivni rasjed« odstupa znatno od uobičajene definicije aktivnog rasjeda u geološkoj praksi.

Također, ne smatra se aktivnim rasjedom svaki onaj rasjed koji je vezan za geološke strukture nastale prije kvartara.

U primjeni principa zacrtanih u 10CFR100, App.A, dolazilo je i dolazi u SAD, ali i u većini drugih zemalja koje slijede ovakav pristup, do velikih problema u praksi naročito u odnosu na određivanje potresa SSE i OBE i pripadnih karakteristika, kao i u ocjeni rasjeda i u primijenjenim metodama. U praksi sve više prevladava (a slijedi i iz App. A) tzv. deterministički pristup koji se sastoji od slijedećih koraka:

1) pregled regionalnih i lokalnih geoloških karakteristika i definiranje tektonskih struktura, uključujući rasjede, kao i granica seizmotektonskih provincija,

2) studiranje regionalne seizmičke povijesti, katastar potresa s osnovnim podacima,

3) uspostavljanje veze između epicentara i rasjeda, seizmotektonskih provincija i tektonskih struktura,

4) definiranja grupe mogućih potresa koji mogu biti bitni u određivanju SSE koristeći rezultate iz 3/. Za te potrese pretpostavlja se da će se dogoditi u točkama odgovarajuće tektonske strukture koje se nalaze najbliže lokaciji,

5) razvijanja krivulja ovisnosti (slabljenja) učinka potresa s udaljenošću,

6) određivanja SSE intenziteta na lokaciji,

7) na temelju 6/ određivanja maksimalne horizontalne akceleracije (i eventualno druge pokazatelje) na analiziranoj lokaciji.

8) analize odziva elektrane na seizmički poremećaj (design response spectra).

Karakteristike takvog pristupa su slijedeće:

a) Uzimaju se u obzir samo registrirani potresi, a konzervativnost u pristupu slijedi iz pretpostavke da će se oni dogoditi na odgovarajućem rasjedu ili u odgovarajućoj seizmotektonskoj provinciji na mjestu koje je najbliže promatranoj lokaciji. Problem nastaje ako historijski podaci nisu naročito opsežni.

b) Problemi nastaju i zbog različitih mogućih pristupa u ocjeni tzv. G-vrijednosti, tj. vrijednosti maksimalne akceleracije na lokaciji proizvedene potresom SSE, jer u praksi postoji mnogo različitih prijedloga za vezu između intenziteta potresa (ili magnitude) i G-vrijednosti, koje za G--vrijednost daju vrijednosti različite čak skoro za red veličine. Također postoje određena neslaganja u vezi s krivuljama koje opisuju slabljenje intenziteta potresa s udaljenošću od epicentra.

c) Veličina OBE uzima se obično 50% od SSE. U posljednje vrijeme postoji tendencija snižavanja vrijednosti OBE jer se prema njemu konstruiraju komponente koje su bitne za stabilan pogon, ali ne za sigurnost. Često se povećanjem otpornosti na potres smanjuje njihova otpornost na mehanička, a naročito toplinska opterećenja, pa je i to razlog da se veličina OBE često uzima i svega 30% od SSE.

Zbog navedenoga, a i zbog nedorečenosti nekih osnovnih elemenata regulative koju je u ovom području možda najteže i precizno definirati, u praksi dolazi do znatanih problema. Postoji zbog toga već ozbiljna kritika akta 10 CFR 100 App. A, predlažu se značajne izmjene, i on će u najskorije vrijeme biti sigurno detaljno revidiran. Između ostalog, smatra se da striktna implementacija ovog akta onemogućuje primjenu modernih saznanja u ovoj oblasti i novih modernijih metoda (foto-snimke, magnetska, geometrijska i sl. istraživanja, korištenje mikro-seizmičkih podataka i sl.).

Pozicija IAEA za seizmičke i geološke karakteristike dana je u 50-SG-S1, i 50-SG-S2. Slijedi se u osnovi američki koncept iako su mnogi stavovi ponešto ublaženi, manja je strogost u definiranju pojedinih pojmova, problematika je ponešto šire opisana, ali sa manje detaljnim zaključcima. Npr. SSE i OBE zamjenjuju se sa S2 i S1 i slično definiraju, ostavlja se i mogućnost primjene probabilističkih analiza (što je u američkoj praksi barem u načelu odbačeno), aktivni rasjedi definiraju se gotovo na isti način. Nema, međutim, nigdje eksplicitno izraženih jasnih stavova niti eventualnih ekskluzivnih kriterija, tako da gornja dva akta od IAEA nesumnjivo pokazuju da je vrlo teško postići konsenzus na međunarodnom nivou vezan uz ovo područje.

Osim određivanja karakteristika potresa SSE i OBE (prema američkoj nomenkulaturi), odnosno S_2 i S_1 prema IAEA (gdje je naročito značajan pokazatelj tzv. G-vrijednost) i definiranja aktivnih rasjeda, značajna pažnja poklanja se naročito pojavi likvefakcije, u prvom redu kao fenomenu koji može imati katastrofalne posljedice.

4.4. Hidrološke karakteristike

U procesu izbora lokacije za nuklearnu elektranu hidrološke karakteristike imaju važnost kako u vezi sa sigurnošću, tako i s obzirom na inženjerske i ekonomske aspekte. Općenito, hidrološke karakteristike mogu se razdijeliti u četiri glavna područja:

a) poplave
b) opskrba vodom
c) podzemna voda,
d) mogućnost disperzije tekućih otpadnih radioaktivnih materijala.

Svaki od ta četiri područja na određen način utječe na izbor i vrednovanje lokacije za nuklearnu elektranu, bilo sa sigurnosnog aspekta, bilo s aspekta inženjerskih rješenja i troškova.

4.4.1. Poplave

Poplave mogu nastati na nekoliko načina i vjerojatno nema lokacije na kojoj se ne može dogoditi neki oblik plavljenja. Uzroci mogu biti slijedeći:

a) nagle i obilne oborine, naglo topljenje snijega,
b) poplave uzrokovane vjetrom,
c) poplave zbog npr. pucanja brana i sličnih barijera,
d) poplave zbog prirodnih prepreka, npr. od leda ili raznih naplavina na rijekama,
e) poplave zbog najrazličitijih odrona i klizanja terena pri čemu može doći do preprečavanja određenog vodenog toka,
f) poplave zbog vodenog vala uzrokovanog potresnom aktivnošću (tsunami),
g) poplave zbog različitih kombinacija navedenih faktora. Očito je da potencijalna poplava na određenoj lokaciji ne može biti uzrokovana svim navedenim mogućnostima, ali su zato mogući još različiti drugi uzroci poplava što ovisi o situaciji na samoj lokaciji. U našim uvjetima poplave u unutrašnjosti mogu nastati uglavnom zbog velikih vodenih valova nastalih zbog a/ i c/, a treba uzeti u obzir i mogućnost d/ i e/. Na morskoj obali uzroci pod b/ i f/ mogu biti najznačajniji. Obično se maksimalni poplavni val definira s povratnim periodom od 10 000 godina, rjeđe s povratnim periodom od 1000 god. (tzv. »+ tisućgodišnja velika voda«). Postoji općenito prihvaćeno stajalište da se povratni period od 1000 god. ne smije dozvoliti, odnosno da treba da bude vjerojatnost pojave od 10^{-4}/god. maksimalna veličina koja se tolerira. Neki čak predlažu dozvoljenu vjerojatnost pojave graničnog vodenog vala od svega 10^{-7}/god. Pri analizi takvih događaja velik utjecaj ima primijenjena metoda, kao i opseg postojećih podataka na danoj lokaciji.

U osnovi, zahtijeva se da nuklearne elektrane treba da budu projektirane tako da se spriječi gubitak sposobnosti prekida rada elektrane i dovođenja u tzv. hladno stanje, kao i njegovo održavanje u uvjetima ekstremnih poplavnih situacija koje se razumno mogu predvidjeti na danoj lokaciji. Pri tom takve ekstremne poplave mogu biti rezultat ekstremnih hidrometeoroloških uvjeta ili ekstremnih seizmičkih aktivnosti ili i jednog i drugog. U ocjeni maksimalne vjerojatne poplave (Probable Maximum Flood, PMF) traži se primjena takvih tehnika koje će osigurati nužnu konzervativnost rezultata.

Reg. G.1.102 opisuje načine zaštite od poplava prihvatljive za NRC. Pod zaštitom se razumijeva zaštita od statičkih i dinamičkih sila uzrokovanih poplavom, kao i zaštita od plavljenja. U načelu dozvoljavaju se tri tipa zaštite:

a) Prvi način svodi se na izgradnju elektrane iznad nivoa tzv. projektne poplave (Design Basis Flood, DBF) pri čemu je potrebno uzeti u obzir i povišenje nivoa zbog valova uzrokovanim vjetrom. Takva, tzv. suha lokacija, može biti rezultat prirodnih karakteristika terena ili može biti umjetno izvedena nasipavanjem terena. U tom slučaju nasuti dio tretira se kao sigurnosna struktura i mora biti zaštićen od poplava i njihovih efekata (npr. erozija i sl.), kao i sve ostale sigurnosne strukture. (Taj se način obično preferira i u većini drugih zemalja).

b) Drugi način svodi se na izgradnju vanjskih barijera, nasipa, zaštitnih zidova, lukobrana i sl. koji imaju zadatak da spriječe poplavu i (ili) da smanje statičke i dinamičke sile (npr. valova i sl.). Baza elektrane u ovom slučaju može biti ispod nivoa PMF ako se radi o lokacijama uz rijeke.

c) Treći prihvatljivi način protupoplavne izvedbe svodi se na tzv. unutrašnje barijere koje su sastavni dio strukture nuklearne elektrane, a sastoje se od armirano-betonkih zidova sa dodatnom zaštitom svih ulaza, penetracija i sl.

4.4.2. Opskrba vodom

U procesu izbora lokacije za nuklearnu elektranu treba posebno razmatrati opskrbu vodom i raspoloživost izvora vode za različite namjene kako u fazi izgadnje, tako i u fazi pogona. Iako se mnogi problemi vezani za opskrbu vodom mogu riješiti odgovarajućim konstrukcijskim zahvatima, jedan adekvatni (minimalni) izvor vode u blizini lokacije jest apsolutna nužnost za svaku prihvatljivu lokaciju, pa je razmatranje mogućnosti opskrbe vodom jedno od ključnih pitanja pri ocjeni pojedine lokacije. Lokacija koja ne može osigurati određen minimum raspoložive vode ne može se smatrati prihvatljivom.
Opskrba vodom nuklearne elektrane općenito se dijeli na dvije kategorije:

a) voda bitna za sigurnost (safety related), pri čemu nedostatak vode može ozbiljno ugroziti sigurnost elektrane i dovesti u pitanje zdravlje i život ljudi u okolini,
b) voda koja nije bitna za sigurnost (non-safety related), čiji nedostatak ne ugrožava sigurnost, ali može ugroziti ekonomiju rada elektrane.

4.4.2.1. Opskrba vodom koja se tretira kao »safety-related«

Izvor ove vode koristi se jedino u slučajevima nužde, tj. pri obustavi elektrane u krajnjoj nuždi (emergency-shutdown), npr. u slučaju havarije na nekim vitalnim dijelovima reaktora, u slučaju požara i sl., i obično se naziva »posljednji ponor topline« (ultimate heat sink). Njegova svrha je da u uvjetima kad zataji rashladni sistem reaktorske jezgre (zbog bilo kakvog uzroka) preuzme na sebe stvorenu toplinu i održava postrojenje u sigurnim uvjetima. Pri tome se taj izvor vode koristi jedino u slučaju da bilo koji drugi izvor nije dostupan.

»Posljednji ponor topline« vrlo je malen, naročito u uspredbi s izvorom vode za hlađenje kondenzatora ili ostalih komponenata, ali mora biti raspoloživ u svim slučajevima. Ti zahtjevi se zbog toga obično zadovoljavaju s dva odvojena i potpuno neovisna sistema i izvora. Pri tome se ne traži u pravilu da oba sistema i izvora podnesu sve moguće katastrofe, npr. izvor A mora biti raspoloživ u slučajevima poplave, suše, eksplozije, vatre itd., a izvor B mora izdržati u slučaju katastrofalnog potresa, transportnih udesa i sl.

Maksimalni dotok izvora za posljednji ponor topline traži se obično da bude oko 0,5m³/s, tako da ga je teško realizirati npr. iz podzemnih voda i sl. Često se kao posljednji ponor topline koriste rashladni tornjevi ili posebni rezervoari vode u sklopu rashladnih jezera.

Kapacitet posljednjeg ponora topline mora biti takav da osigura jednomjesečnu opskrbu. dakle on ne mora biti neograničenog kapaciteta. To zbog toga što se smatra da je ovaj period dovoljan za odvođenja najveće količine razvijene topline, a također je u tom periodu moguće formirati druge izvore već prema situaciji.

U američkoj regulativi posljednji ponor topline obrađen je u Regulatory Guide 1.27: Ultimate heat sink for nuclear power plants, a u regulativi IAEA adekvatan dokument je (iako još nije definitivno dovršen) Safety Guide SG—D6: Ultimate Heat Tansport System in Nuclear Power Plants. Nema bitne razlike između tih dvaju akata.

4.4.2.2. Opskrba vodom koja se tretira kao »non-safety related«

Pod ovim se razumijeva voda za hlađenja kondenzatora i komponenti, radna (procesna) voda, potrošna i sanitarna voda, te dodatna napojna voda. U fazi izgradnje potrebno je također osigurati znatne količine vode određene kvalitete.

a) Voda za hlađenje

Ova voda služi za kondenzaciju pare u kondenzatoru i manjim dijelom za hlađenje ostalih komponenti, te tako preuzima na sebe tzv. otpadnu toplinu.

Količina rashladne vode iznosi približno

$$G_0 = 0{,}5\,\frac{N}{t_k}\ [m^3/s], \qquad (3)$$

gdje je N [MW] — snaga elektrane na stezaljkama generatora

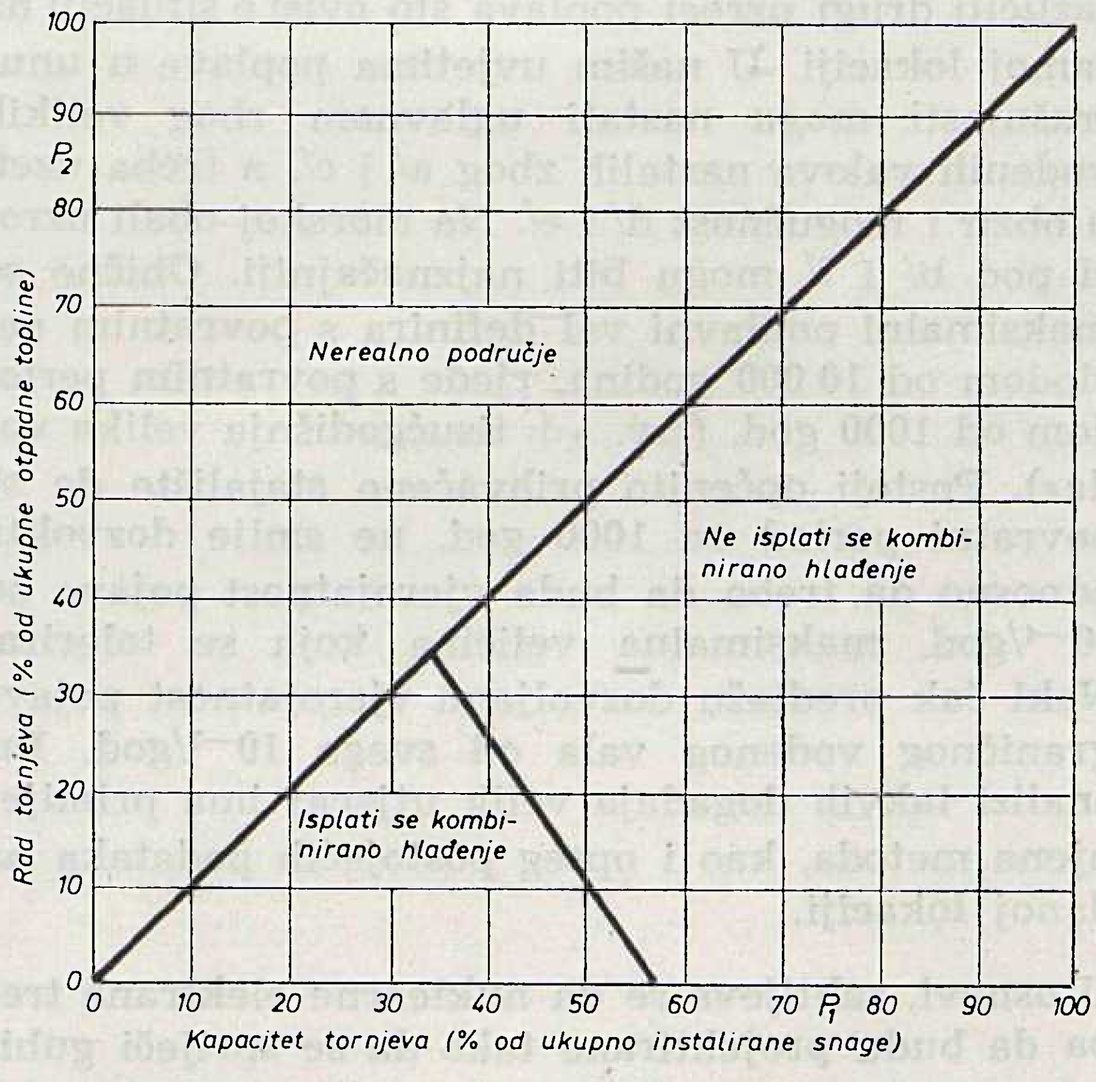
t_k [K] — porast temperature rashladne vode u kondenzatoru

Ako međutim, nema na raspolaganju dovoljno vode za hlađenje, moguća su dva rješenja:

a) U slučajevima kad se samo manji dio godine raspolaže dovoljnom količinom vode, mogu se koristiti dodatni rashladni sistemi kao nadopuna (rashladni tornjevi, rashladne akumulacije i sl).

b) Ako u većem dijelu godine ne postoji dovoljno vode za hlađenje, najbolje rješenje je prijelaz na optočno hlađenje u zatvorenom sistemu s vlažnim rashladnim tornjevima s prirodnom ili prisilnom cirkulacijom zraka. Grubi kriterij za korištenje rashladnih tornjeva prikazan je na sl. 1 prema trenutnim vrijednostima investicija i eksploatacijskih troškova. Ponekad se koriste i različita druga rješenja. U SAD često se koriste umjetna jezera koja se stvaraju plavljenjem određene površine (za 1 000 MW potrebno je oko 12 km² površine bazena da bi se realizirali približni uvjeti kao kod protočnog hlađenja). Prednost tih bazena, za američke uvjete, naročito je u tome što oni ulaze u ekskluzivnu zonu elektrane i na njih se ne primjenjuju ograničenja kao za normalno jezero i druge vodotokove, pa su oni često i površine od svega 6 km²/1 000 MW. Često se za intenziviranje hlađenja koriste tzv. moduli za raspršivanje, iako se oni u primjeni na nekoliko objekata nisu pokazali osobito efikasnima. Suhi rashladni tornjevi ostaju također kao teorijska mogućnost pomoću kojih se može u potpunosti eliminirati potreba za rashladnom vodom. Njihova primjena vodi, međutim, do izuzetno lošeg stupnja djelovanja elektrane, pa ne predstavlja rješenje u slučaju nuklearnih elektrana.

Tako ostaju vlažni rashladni tornjevi praktički jedina alternativa protočnom hlađenju, iako i oni



Sl. 1. Ekonomska valorizacija rada rashladnih tornjeva u kombiniranom sistemu hlađenja

vode do gubitaka oko 2—3% snage u odnosu na protočno hlađenje. Međutim, količina potrebne vode smanjuje se za više od 50 puta i iznosi za elektranu od 1 000 MW oko 0,5 do 1 m³/s, ovisno o lokaciji, atmosferskim prilikama, konstrukciji, kvaliteti vode itd.

b) Opskrba ostalom vodom

Pod ostalom vodom razumijeva se voda koja se koristi u različitim procesima, sanitarna i potrošna voda, te voda za zaštitu od požara.

U fazi izgradnje potrebno je za 2 × 1 000 MW u prosjeku dnevno oko 380 m³, s tim da izvor treba da bude dimenzioniran na maksimalni potrošak od oko 10—15 1/s. U fazi pogona potrebe su nešto manje i iznose u prosjeku oko 5 1/s.

Vidljivo je da su ove količine vode gotovo neznatne u usporedbi s vodom za hlađenje kondenzatora; međutim. ova voda treba da bude visoke kvalitete (najbolja izvorska voda, voda iz vodovodne mreže ili podzemna voda). Problem obično može nastati u suhim predjelima uz more ili ako je lokacija uz rijeke s vrlo lošom kvalitetom vode, a bez drugih izvora dovoljnog kapaciteta.

4.4.3. Podzemna voda

Visok nivo podzemnih voda predstavlja uviiek negativnu karakteristiku lokacije. Jedina prednost visokog nivoa podzemnih voda jest u opskrbi vodom, ako nema prikladnijih izvora, i to jedino u slučaju da postoje dovoljne količine na raspolaganju.

Negativne osobine visokog nivoa podzemnih voda najviše se očituju u temeljenju. Temeli glavnih zgrada nuklearne elektrane zadire dvadesetak metara ispod površine pa visoki nivo podzemnih voda i njihova fluktuacija znatno utječu na opterećenje temelja i na njegovu stabilnost, da se i ne spominju neki problemi (iako uglavnom rješivi) pri samom izvođenju temelja. Lokacija s visokom razinom podzemnih voda manje je otporna i na potresna gibanja.

4.4.4. Disperzija tekućih radioaktivnih materija

Svaka nuklearna elektrana ispušta u normalnom radu u okolinu određene, minimalne i strogo kontrolirane količine radioaktivnih elemenata. Dio njih dolazi u okolinu atmosferskim putem, a dio preko vodotoka. Količine radionuklida su u normalnim uvietima izuzetno malene, ali u akcidentalnim situacijama moguća su i značainiia ispuštanja. Pri tome je vjerojatnost ispuštania određene količine radionuklida obrnuto proporcionalna s njihovom aktivnosti. U najvećim nezgodama potencijalne količine radionuklida ispuštenih u okolinu mogu biti vrlo visoke: međutim. vjerojatnost takvih nezgoda je izuzetno malena. Da bi dospio u okolinu, određeni radioizotop treba da prođe barem tri ozbiljne i podjednake prepreke od kojih već prolaz kroz prvu prepreku predstavlja akcidentalnu situaciju. Zbog toga postoji vrlo mala vjerojatnost da, ako se nezgoda i dogodi, značajnije količine radionuklida prodru u okolinu. Ipak, ako se dogodi da značajnija količina radionuklida prodre u okolinu, treba da izborom lokacije bude osigurano da će prije kontakta s čovjekom radionuklidi biti do te mjere razrijeđeni da neće predstavljati opasnost. U slučaju transporta atmosferskim putem to se postiže davanjem prednosti lokacijama s boljim disperzijskim karakteristikama atmosfere i s rjeđom naseljenošću, a u slučaju transporta vodenim putem bitne karakteristike su disperzijske karakteristike recipijenta i količina i kvaliteta vode, te blizina drugih korisnika vode.

Uglavnom, s obzirom na disperziju radioaktivnih efluenata pozitivne karakteristike lokacije su slijedeće:

— velika količina vode recipijenata
— dobre disperzijske karakteristike
— velika brzina toka
— dobra kvaliteta vode
— odsustvo organizma s visokim stupnjem bioakumulacije radionuklida
— velika udaljenost crpilišta i inače slabo korištenje površinskih i podzemnih voda za druge svrhe.

4.5. Potencijalni utiecai ekstremnih vaniskih efekata na sigurnost nuklearne elektrane

Praksa je svih zemalja koje imaju nuklearne elektrane da ih konstruiraju tako da se zaštite od prirodnih pojava i ljudskih aktivnosti koje mogu utjecati na sigurnost (funkcionalnost) vitalnih komponenata. Kriteriji koii se primienjuju kad je riječ o nuklearnim elektranama pri tom su znatno stroži nego oni koji su uobičajeni u komercijalnoj praksi na drugim većim industrijskim objektima.

Kod konvencionalnih struktura uobičajeno je da se potencijalni vaniski efekti dijele u dviie kategoriie. U prvu kategoriju spadaju oni vanjski efekti čiia je vjerojatnost pojave veća od 10^{-1}/god. (odnosno jednom u deset godina). Takve pojave se očekuju za životne dobi svake takve strukture i obično pripadaju kategoriji radnih ili normalnih opterećenja. U drugu kategoriju spadaju ozbiljniji vaniski utjecaji s vjerojatnošću između 10^{-1}/god. i 10^{-2}/god. (jednom u deset do sto godina). Takve pojave, ako dane strukture nisu specijalno protiv njih zaštićene konstrukciiskim ili drugim preventivnim mierama, obično izazivaju značaina oštećenja, prekid rada, materijalne i čak ljudske žrtve.

Sistemi i komponente nuklearnih elektrana koje obavljaju funkcije bitne za sigurnost konstruiraju se za treću kategoriju vanjskih efekata, koji

se obično nazivaju ekstremni vanjski efekti i koji uzrokuju ekstremna opterećenja odgovarajućih struktura (Extreme Loads).

Prema uobičajenoj praksi u gotovo svim zemljama kombinirana vjerojatnost da će se ovakve pojave dogoditi, te da će određeni sistemi bitni za sigurnost pretrpjeti oštećenja koja mogu izazvati radiološke posljedice za okolinu koje prelaze dozvoljene okvire ne smije biti veća od 10^{-7}/god. Kao rezultati ovoga može se reći da ekstremna opterećenje kao i njihove kombinacije koje treba imati u vidu pri konstruiranju nuklearnih elektrana imaju vjerojatnost pojave između 10^{-2}/god. i 10^{-7}/god. (jednom u sto do deset milijuna godina), što ovisi o potencijalnim posljedicama svake od ovih pojava, kao i o tome kolike su u svakom slučaju unutrašnje rezerve sistema da, ako dođe do oštećenja bitnih struktura, neće doći do katastrofalnih radioloških posljedica.

U svakom slučaju, pri određivanju projektnih parametara vezanih za određene ekstremne pojave dolazilo je i dolazi često do nesuglasica pri ocjeni rizika koji treba da bude toleriran.

Često se koristi tzv. koncept prihvatljivog rizika (acceptable risk decision rule), iako se službeno u regulativi ovaj pristup sporo prihvaća. Određena suprotnost ovom pristupu je tzv. »minimaks-koncept« (minimax decision rule) koji polazi od toga da će se sve one najgore posljedice koje se mogu pretpostaviti stvarno i dogoditi (»the worst possible future is certain to be found«), pa treba sve napraviti da bi se minimizirao utjecaj maksimalnih opterećenja, neovisno o tome kolika je vjerojatnost da se one dogode. Takav pristup često je poznat i kao »što ako?« (what if?) princip, a u stanovitom smislu bio je dugo ozakonjen putem ICRP kao tzv. ALAP-princip (as low as posible). U novije vrijeme sve se više uviđa da ekstremni stavovi ne samo da nisu racionalni, nego mogu djelovati i negativno, tako da pojam tzv. razumno dozvoljenog rizika (reasonable risk) sve više postaje oznaka stvarnosti u koncipiranju konstrukcijskih zahtjeva na nuklearnim elektranama. S tim u vezi i ICRP mijenja prvobitni ALAP princip u već spomenuti i naširoko prihvaćeni ALARA-princip.

4.6. Ekološke karakteristike i utjecaj nuklearne elektrane na okolinu

Kao i svi veći privredni i slični objekti tako i nuklearna elektrana u izgradnji i pogonu ima određeni utjecaj na okolinu. Promjene okoline mogu biti kratkotrajne (kratkoročne), pri čemu promjene proizvedene određenim poremećajem s vremnom nestanu i dugoročne, kada dolazi do takvih promjena u okolini koje trajno mijenjaju ekološku ravnotežu. Utjecaji na okolinu također mogu biti lokalnog karaktera ili šireg, regionalnog, pa i kontinentalnog značaja. Poznato je da postoji znanstveno vrlo dobro fundirana hipoteza da je izgradnjom Asuanske brane na Nilu koja se nalazi stotinama kilometara od ušća Nila u Sredozemno more došlo ne samo do poremećaja u ekosistemu Nila, nego i u cijelom području Sredozemnog mora (uključujući i određene promjene u Jadranu).

Paralelno s ekonomskim napretkom, ali istovremeno i kao rezultat ekonomskog napretka, javljaju se i sve veći zahtjevi za smanjenjem štetnih utjecaja na okolinu, ali istovremeno postoje i sve veće mogućnosti za eliminiranje tih štetnih utjecaja. Donas gotovo da i nema tehnologije koja u sebi ne sadrži veće ili manje aktivnosti vezane za zaštitu okoline. Ekološke teme postaju teme dana a često utječu i na društveni život i političke prilike.

Nuklearna tehnologija razvila se u privredno najsnažnijim zemljama kao posljedica nemogućnosti da se sve veće potrebe za energijom, primjerene snažnom ekonomskom razvoju, realiziraju klasičnim objektima za proizvodnju električne energije. Zbog toga su i u pogledu zaštite okoline sve aktivnosti vezane za nuklearne elektrane podvrgnute mnogo strožim zahtjevima od klasičnih objekata koji su se tehnološki razvijali u drugim uvjetima. Transferom nuklearne tehnologije u druge zemlje često se automatski prenose i kriteriji vezani za zaštitu okoline. Pri tome je često ekonomska cijena koju treba pri izgradnji nuklearnih elektrana plaćati za ekološke poremećaje mnogo viša od one koju je recipijent nuklearne tehnologije spreman platiti u svojim specifičnim uvjetima, dijelom zbog toga što nije ekonomski za to sposoban, a dijelom zbog toga što baš zbog nižega ekonomskg nivoa problemi ekološke prirode nisu još postali tako značajni. Takve zemlje se nerijetko nalaze u donekle apsurdnoj situaciji da moraju plaćati visoku cijenu za ekološke posljedice nuklearnih elektrana s jedne strane, a s druge strane nisu u stanju platiti ni minimalnu cijenu za mnogo teže ekološke poremećaje uzrokovane klasičnom i često puta zastarjelom tehnologijom.

Zbog toga je prije određivanja ekoloških kriterija potrebno napraviti analizu mogućnosti društva kao cjeline da plati određenu cijenu poremećaja u okolini. Ta cijena ne smije biti tako visoka da postane kočnicom daljnjeg privrednog rasta, ali ni tako niska da ekološki poremećaji postanu kočnicom tog istog razvoja.

Može se ustvrditi da je situacija u našem društvu takva da još nije postignut optimum ulaganja u elemente zaštite okoline. Naše društvo je već na takvom stupnju privrednog razvoja da bi moglo i trebalo uložiti veće ekonomske napore u smanjenje ekoloških poremećaja koji su tim istim razvojem izazvani. Na nekim sektorima ulaže se razmjerno dosta, na nekim opet gotovo ništa. Nuklearne elektrane pripadaju svakako onoj grupi postrojenja gdje smo spremni uložiti znatno više od prosjeka, makar su ekološki poremećaji izazvani nuklearnim elektranama uglavnom lokalni i kratkoročni i ne bi trebali predstavljati velik problem.

4.7. Ostale karakteristike

Pod ovom točkom navest će se sve one karakteristike značajne za izbor lokacije koje do sada nisu spomenute, a to su uglavnom:

— veličina i namjena terena i topografske osobine
— mogućnost transporta opreme i komponenata
— mogućnosti izvođenja zahvata i ispusta vode
— elektroenergetske karakteristike (priključak na elektroenergetsku mrežu i gubici transporta).

Sve te karakteristike imaju zajedničku osobinu da ne utječu direktno na sigurnost nuklearne elektrane, ali utječu bitno na inženjerska rješenja, a time i troškove objekta, pa svakako treba da imaju utjecaj na proces vrednovanja lokacije.

4.7.1. Veličina i namjena terena i topografija

Nuklearna elektrana zauzima značajan prostor koji varira u ovisnosti o nekim inženjerskim rješenjima (npr. o konstrukciji rashladnog sistema), ali koji se mjeri desetinama i čak stotinama hektara. Najveći dio terena obično zauzima područje ekskluzivne zone. Iako se veći dio tog područja ne koristi direktno za potrebe elektrane, sve aktivnosti u tom području su direktno pod kontrolom korisnika elektrane pa su na taj način i aktivnosti (privredne i sl.) u ovoj zoni ograničene. Manji dio terena koristi se za izgradnju osnovnih zgrada zatim za rasklopnu stanicu i transmisijske linije, pristupnu cestu i željezničku prugu, eventualno bazen za hlađenje u nuždi i sl.

Teren koji služi neposredno za izgradnju objekata nuklearne elektrane treba da ima i određene topografske karakteristike. U prvom redu treba da bude ravan. Smatra se da već nagib veći od 10% rezultira u neprihvatljivim troškovima izravnavanja terena. Mogućnost izvođenja priključka na osnovne komunikacije treba da bude relativno jednostavna. Ostatak terena koji uključuje uglavnom ekskluzivnu zonu ne mora imati neke zadane karakteristike.

Prosječna površina potrebna za osnovne strukture elektrane, prema američkim podacima iznosi kako slijedi:

a) Elektrane s protočnim hlađenjem
— jedna jedinica 0,22 km²
— dvije jedinice 0,32 km²

b) Elektrane s rashladnim tornjevima
— jedna jedinica 0,27 km²
— dvije jedinice 0,54 km²

Makar se ne može sa sigurnošću tvrditi da je uzorak za gornju obradu reprezentativan, ipak se vidi da je općenito potrebna značajna površina za lociranje nuklearne elektrane. Izvedbe s rashladnim tornjevima, zahtijevaju pri tome oko 70% veću površinu.

Kad jednom počne izgradnja nuklearne elektrane prostor koji ona zauzima nije iskoristiv za druge namjene barem za četrdesetak godina. Ovo se normalno odnosi i na područje ekskluzivne zone. Zbog toga je u procesu vrednovanja lokacija potrebno uzeti u obzir cijenu i namjenu terena. Namjena terena može čak biti ekskluzivan kriterij ako je dano područje namijenjeno u druge svrhe s većim društvenim opravdanjem. U cijenu terena treba da uđe cijena koja se dobije na bazi optimalnog (a ne trenutnog) iskorištenja danog područja.

4.7.2. Mogućnost transporta opreme i komponenata

Mogućnost transporta igra prilično veliku ulogu u procesu izbora lokacije. Naročito je bitno osigurati jednostavan i siguran transport teških vangabaritnih komponenata koje po težini i dimenzijama često prelaze mogućnosti transportnih linija.

Naravno, u toku izgradnje potrebno je dopremiti velike količine sitnije opreme, te građevnog i drugog materijala. U fazi pogona potrebno je osigurati nesmetan transport (dopremu) goriva i odvoz istrošenog goriva i radioaktivnih otpadaka. Transportni sistemi uključuju četiri osnovna tipa (mogućnosti): zračni, vodni, cestovni i željeznički transport. Zračni transport, iako se može smatrati značajnim, naročito u odnosu na kretanje ljudi, nije se do sada pokazao neophodnim za izgradnju elekrane. Ostale transportne mogućnosti, međutim, predstavljaju uvijek bitan element koji pridonosi kvaliteti lokacije. Iako je uglavnom moguće izgraditi elektranu i uz korištenje samo jednog ili dva tipa transporta, nemogućnost realizacije barem jednog od tri značajna tipa transporta vodit će uvijek do povećanih troškova i zakašnjenja u izgradnji.

4.7.3. Mogućnosti izvođenja zahvata i ispusta vode

Cijena rashladnog sistema ovisi bitno o karakteristikama lokacije, pa je to bitan parametar u ocjeni troškova sistema. Rashladni sistem sastoji se od ovih komponenata:

a) uljevne građevine,
b) usisnog cjevovoda,
c) pumpne stanice (uključujući pumpne agregate),
d) kondenzatora,
e) preljevnog bunara,
f) izljevnog cjevovoda ili kanala,
g) izljevne građevine,
h) rashladnih tornjeva (ako su potrebni).

Često se i niskotlačni dio turbine s adekvatnim troškovima za turbinsku zgradu uključuje u rashladni sistem jer i njegova cijena ovisi o elementima vezanim za lokaciju.

U vezi s time ne postoje nikakva ograničečenja, ali praksa pokazuje da je nužno (i korisno) izvesti na lokacijama na moru usis na dubini od barem 30 metara, a na rijekama i usis i ispust u najdubljim područjima.

4.7.4. Elektroenergetske karakteristike

Pod elektroenergetskim karakteristikama smatra se uglavnom udaljenost lokacije od centara potrošnje električne energije i troškovi priključenja na elektroenegetsku mrežu. Obadvije karakteristike isključivo su ekonomske kategorije i nemaju utjecaja na sigurnost elektrane, ali mogu imati velikog utjecaja na troškove elektroenergetskog sistema kao cjeline, pa ih je potrebno obraditi.

4.7.5. Socijalno-ekonomske karakteristike

Pod ovim razumijevaju se utjecaji na socijalne strukture i ekonomske odnose u regiji, specijalno na utjecaj uventualnog potrebnog raseljavanja stanovništva, potreba za naglom promjenom nekih navika stanovništva, utjecaj na privredne tokove, mogućnost osiguranja kadrova, javno mišljenje itd. Svi ti aspekti su vrlo bitni, ali ih je obično teško unaprijed sagledati i egzaktno vrednovati, a osim toga ne postoje nikakvi propisi i regulativa koji bi mogli pomoći u ocjeni lokacije s ovog stajališta. Zbog toga se obično, barem u ranim fazama vrednovanja lokacije, ove karakteristike uzimaju u obzir preko nekoliko karakterističnih parametara koji mogu biti osnova za uspoređivanje lokacija iako ne obuhvaćaju sve aspekte problema.

SITE EVALUATION FOR NUCLEAR POWER PLANTS
— General Review —

In the article are briefly described some basic characteristics of site evaluation for nuclear power plants. Review of regulations practices in the world and some basic parameters for site evaluation are underlined.

Naslov pisca:
mr Niko Malbaša, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Naša prva NE Krško, jedan od najvećih zadataka Elektroprivrede Hrvatske i Slovenije, nakon mnogo predviđenih i nepredviđenih poteškoća, nalazi se pri kraju izgradnje.

Kada polovicom 1981. poteknu prvi kilovati električne energije probne proizvodnje, Elektroprivreda Hrvatske će moći s ponosom reći da je obavila težak zadatak.

Isto tako će njezinim stručnjacima stečeno iskustvo u Krškom korisno poslužiti u našoj drugoj NE u Prevlaci.

Česte posjete naših rukovodilaca NE Krško, dokazuju da ona nije samo briga elektroprivrede već i cijele društvene zajednice.

Na slici drugovi Bilić i Fleković u posjeti NE Krško 14. studenog ove godine.

Energija God. 29 (1980) br. 11—12, 411—414.

PROBLEM JALOVIH SNAGA U SJEVEROZAPADNOJ HRVATSKOJ

Boris Markovčić, Zagreb

UDK 621.3.001

Prikazani su rezultati najnovijih ispitivanja mreže zapadnog dijela Jugoslavije u pogledu jalove snage.
Ispitivanja su provedena za pogonske prilike u 1982, 1985. i 1995. godini. Pokazalo se da je pomanjkanje jalove snage pri većim prijenosima i havarijama vrlo osjetno. Upozoreno je, osim toga, na manjkavost podataka o postojećem stanju veličine i kretanja jalovih snaga u mreži, što bitno otežava ispitivanja i planiranja razvoja.

Od trenutka kad je snaga zagrebačke termoelektrane postala preslaba za opskrbu zagrebačke regije, pa se energija počela dobavljati dalekovodima iz većih udaljenosti, javlja se i problem preniskih napona zbog pomanjakanja jalove snage. Upravo začuđuje kako se u to vrijeme nije ništa poduzimalo da se kompenzacijom takve poteškoće smanje, odnosno uklone. Ugradnja sinhronog kompenzatora početkom šezdesetih godina nije donijela očekivano poboljšanje.

Poteškoće u pogledu naponskih prilika uklonjene su tek 1978. stavljanjem u pogon sjeverne magistrale osnovne 400 kV mreže Obrenovac—Ernestinovo—Zagreb—Maribor.

Time je problem jalove snage, kao tehnički problem zapada, za neko vrijeme doduše riješen, ali to se ne bi moglo reći i za mrežu 110 kV. Prvo, ovakvu se rješenju može dati zamjerka s gledišta ekonomičnosti. Jalova snaga iz najvišeg naponskog nivoa teče prema potrošaču, što stvara dodatne gubitke i smanjuje prijenosnu moć energetskih putova.

Gledajući, međutim, kolebanja napona (1979) u čvoru Zagreb, napon dosta često pada ispod 380 kV, što već sada pokazuje da ima redovnih pogonskih slučajeva gdje nema obilja jalove snage. Posljedica je takve pojave da su i naponi na 110 kV niski, pa se kreću oko 100 kV.

Doduše, s obzirom na regulacijske mogućnosti naših transformatora 110 kV takvi naponi još ne izazivaju tehničkih poteškoća, ali su gubici u mreži osjetno povećani.

Unutar mreže 110 kV zagrebačkog područja (s riječkim nema problema) sve je u redu dok rade termoelektrane u području. TE Jertovec drži napon u Zagorju, TE-TO čvor Zagreb, a TE Sisak u industrijskoj zoni jugoistočno od Zagreba. Kako su sve navedene elektrane na pogon tekućim gorivom, tendencija je da rade što manje. Osim toga, rad TE-TO ovisi i o potrebi toplinske energije. Ako su pak TE Jertovec i veliki agregat TE-TO izvan pogona naponi su osjetno niži, ali za sada još podnošljivi, no bez oba agregata u Sisku često je vrlo teško održati prihvatljive napone na 110 kV. Posljedica je toga da jedan agregat u Sisku mora biti makar na tehničkom minimumu, da daje 150 MVAr jalove snage. Takvo stanje dolazi do izražaja naročito kada je nivo napona u susjednim republikama niži (Tuzla, Obrenovac).

Samom izgradnjom vodova 400 kV problem jalove snage na zapadu samo je djelomično riješen.

Za očekivane buduće pogonske prilike u zapadnom dijelu jugoslavenske mreže učinjena su mnoga ispitivanja u nekoliko studija, pa je tom prilikom dobiveno dosta zanimljivih podataka o jalovoj snazi na zapadu. Treba, međutim, odmah istaknuti da su takva ispitivanja vrlo osjetljiva, jer proizvodnja i tokovi jalovih snaga kao i naponske prilike u susjednim republikama bitno utječu na naponske prilike u Hrvatskoj. Osim toga je vrlo teško dobiti pouzdane podatke o faktoru snage konzuma i uopće o bilancama jalove snage, što naročito vrijedi za susjedne republike.

Ispitivanja provedena posljednjih godinu-dvije bazirana su na opterećenjima što ih je po republikama prikupio Jugel za potrebe studije o mreži Jugoslavije. Za Hrvatsku su podaci o jalovim snagama znatno realniji, no i oni počivaju na radovima iz početka sedamdesetih godina.

U toku 1979. i 1980. godine ispitivane su u približnom opsegu prilike u prijenosnoj mreži Hrvatske u sklopu mreže Jugoslavije. Ispitivanja su se prvenstveno odnosila na godine 1982, 1985. i 1995.

Osnovni cilj ispitivanja za 1982. bila je provjera stanja mreže u vezi s ulaskom u pogon NE Krško. Pri tome je uzeta u obzir činjenica da će 1982. biti prva godina pogona NE, pa treba računati s većim brojem sati kad će elektrana biti izvan pogona. Kako se radi o agregatu raspoložive aktivne snage od oko 600 MW i jalove od 350 MVAr, očito je da postoje bitne razlike u raspoloživosti jalove snage na zapadu u ovisnosti o pogonu NE.

Ako NE Krško radi, prilike na zapadu su vrlo dobre iz dva razloga. Prvo, prijenos aktivne snage je razmjerno malen. Npr., ako tada ne rade sve elektrane na tekuće gorivo u sjeverozapadnoj Hrvatskoj (TE-TO Zagreb djelomično), prijenos na zapad bi iznosio oko 700 MW, a drugo, NE Krško može biti jak izvor jalove snage.

Teškoće, međutim, mogu nastati pri većim prijenosima ili kvarovima ako NE Krško nije u pogonu. Ispitivanja su, naime, pokazala da je u takvim slučajevima limitirajući faktor pomanjkanje jalove snage, a ne preopterećenje vodova ili prevelika razlika u kutovima pomaka vektora napona prema referentnoj elektrani. Odnosno, drugim riječima, prijenos je ugrožen ponajprije zbog statičke nestabilnosti po kriteriju napona.

Pokazalo se da prijenos na zapad od nekih 950 do 1050 MW nema poteškoća (opseg izgradnje mreže 1982). Iznad te snage već se osjeća pomanjkanje jalove snage. Treba istaknuti da nije moguće dati precizan podatak o graničnoj aktivnoj snazi koja se još može prenijeti na zapad, jer to umnogome ovisi o tome gdje su locirane neangažirane elektrane i odakle se prenose viškovi (iz elektrana u BiH, Srbije ili Kosova). Nesigurnost još povećava spomenuta netočnost ulaznih podataka o jalovoj snazi.

U vezi s raspoloživom jalovom snagom na zapadu interesantno je spomenuti ulogu 400 kV Melina — Zagreb čija je izgradnja predviđena u okviru II faze osnovne 400 kV mreže.

Ako se taj vod i ne izgradi do 1982, neće se pojaviti nikakvo preopterećenje vodova niti u normalnom pogonu, a niti pri ispadima, ali će to izazvati pomanjakanje jalove snage pri većim prijenosima. Isključenjem tog voda smanjuje se raspoloživa jalova snaga (u ovisnosti o njegovu opterećenju prije isključenja) za 60 do 130 MVAr. To je prilično ako na zapadu ionako nema jalove snage u izobilju.

Prilike postaju, naravno, mnogo teže ako ispadne neki opterećeniji 400 kV vod. Najteži je slučaj ispada (za zapadni sistem) ispad 400 kV voda Ernestinovo — Zagreb.

U jednom od ispitivanja se pokazalo npr. slijedeće: Ako pri ukupnom prijenosu na zapad od 880 MW ispadne vod 400 kV Ernestinovo — Zagreb, na zapadu se smanjuje jalova snaga za oko 200 MW; ako pak do tada ne bi bili izgrađeni 400 kV vodovi Ljubljana — Krško i Melina — Zagreb, smanjenje bi naraslo na 380 MVAr. Treba, međutim, primijetiti da je to manjak koji je dobiven na elektronskom računalu pod pretpostavkom držanja čvrstog napona u jednoj točki zapadnog dijela mreže Jugoslavije (čvor Podlog). U stvarnoj mreži, međutim, održavanje napona vršilo bi se u više čvorova, porazdijeljeno u mreži, a osim toga bi se u takvim kriznim situacijama još više mogao spustiti napon. Uzimajući rečeno u obzir, prema procjeni smanjenje bi bilo možda oko 100 MVAr manje, ali još uvijek dovoljno visoko da dovede u pitanje pogon zapadnog dijela sistema.

Prema tome, moglo bi se procijeniti da već u 1982. g. prijenosi na zapad iznad nekih 700 MW ne podnose ispad bilo kojeg od vodova, a da se i tada održi redovan pogon makar uz loše, ali još podnošljive naponske prilike.

Prilike su, naravno, bitno povoljnije uz vezu na SUDEL-mrežu. Pitanje je, međutim, u kojoj se mjeri može iz te mreže pomoći zapadnom dijelu mreže Jugoslavije u jalovoj snazi kad se zna da je u tom pogledu već bilo prigovora od partnera iz Austrije i Italije.

Potražnja jalove snage u mreži 110 kV zapadne Hrvatske dosta varira prema angažiranosti elektrana vezanih na 110 kV. No ne samo da se mijenja apsolutna vrijednost jalove snage, već se mijenja također faktor snage na primarnoj strani velikih mrežnih transformatora. Ispitivanja su pokazala pri većim opterećenjima ove faktore snage:

TS 400/110 kV Zagreb cos fi 0,88 do 0,90
TS 220/110 kV Mraclin cos fi 0,88 do 0,92
TS 220/110 kV Međurić cos fi 0,87 do 0,89.

Nezgodno je upravo to što najlošiji faktori snage padaju u doba najvećih opterećenja. U modelu koji je ispitivan obuhvaćeni su kondenzatori ugrađeni u TS 110 kV, ali on nije računan sa sinhronim kompenzatorom.

Povećanjem opterećenja konzuma i prijenosa na zapad ovaj se problem u slijedećim godinama zaoštrava. U 1985. nema na zapadu bitne promjene u elektranama, ali je računano s novim vodom 400 kV Prijedor — Zagreb.

Distributivna potrošnja na primarnoj strani transformatora 110 kV računana je u regiji Zagreb s faktorom snage 0,87, a u regiji Rijeka sa 0,89. I ovdje su uzeti u račun kondenzatori koje ugrađuje Elektroprenos u zagrebačkoj regiji. Uz navedene uvjete ispitivanja su pokazala da su na mrežnim transformatorima dobiveni vrlo visoki udjeli jalove snage. Npr., u pogonskom slučaju kad je Drava niska a ne radi veliki agregat u TE-TO Zagreb, TS Zagreb i TS Mraclin bile su ovako opterećene:

TS Zagreb 400/110 kV			
prim.	505 MW	410 MVAr, cos fi	0,78
sek.		336 MVAr, cos fi	0,84
TS Mraclin 220/10 kV			
prim.	230 MW	150 MVAr, cos fi	0,84
sek.		137 MVAr, cos fi	0,86.

Iz mreže najvišeg napona trebaju, dakle, vrlo velike snage koje smanjuju kapacitet transformacije 16 do 22% uz osjetne gubitke. U 1985. računano je sa 3 voda 400 kV prema zapadu (Ernestinovo — Zagreb, Prijedor — Zagreb i Obrovac — Melina) i postojećim vodovima 220 kV. Slovenija je uzeta kao teritorijalno elektroenergetski pokrivena. U takvom slučaju na zapad se prenosi samo 200 MW, pa, naravno, nema nikakvih tehničkih poteškoća. Poveća li se, međutim, prijenos na zapad, bilo da ne rade neke elektrane ili se vrši tranzit za izvoz, počinju se javljati poteškoće s jalovom snagom.

Tako je procijenjeno, uza sve prije rečene ograde, da je manjak jalove snage u odnosu na veličinu prijenosne aktivne snage na zapad ovakav:

800 MW (bez NE Krško)	bez poteškoća
još ispad Ernestinovo — Zagreb	manjak 30 MVAr
još (uz to) ispad Prijedor — Zagreb	manjak 200 MVAr
1100 MW (bez NE Krško i TE Urinj)	manjak 50 MVAr
još ispad Prijedor — Zagreb	manjak 140 MVAr
1300 MW (bez NE Krško, TE Urinj i TE Sisak 2)	bez poteškoća
još ispad Ernestinovo — Zagreb	manjak 430 MVAr
ili ispad HE Obrovac	manjak 350 MVAr.

Iz pregleda se vidi da bi se s dosta vjerojatnosti mogli pojaviti slučajevi gdje bi manjak jalove snage bio vrlo osjetljiv.

Iznesene vrijednosti manjka jalovih snaga samo su orijentacijske iz istih razloga koji su izneseni prilikom razmatranja stanja u 1982. godini.

Iz rečenog proizlazi da je upravo manjak jalove snage uzrok da se vodovi prema zapadu ne mogu dovoljno iskoristiti. Računamo li s njihovom prividnom snagom (3 x 520 MW + 3 x 135 = 1 965 MW), mogla bi se prenositi snaga i do 2 000 MW. Ovako smo pri nekih 1 300 MW, uz danas predviđene izvore jalove snage, na kraju mogućnosti prijenosa.

Potreba poznavanja točnijih prilika u susjednim republikama najbolje se vidi po vodu 400 kV Zagreb — Banja Luka gdje znatne jalove snage teku prema Bosni.

Za prilike u 1995. godini izrađene su u posljednje vrijeme dvije studije:

Prijenos energije sa Kosova, i

Osnovni pravci razvoja prijenosne mreže za 1995.

Veličina prijenosa na zapad u tim godinama umnogome ovisi o realizaciji programa izgradnje nuklearnih elektrana. U ispitivanoj su mreži predviđena 4 voda 400 kV prema zapadu (još jedan iz Bosne prema Zagrebu) i postojeći vodovi 220 kV.

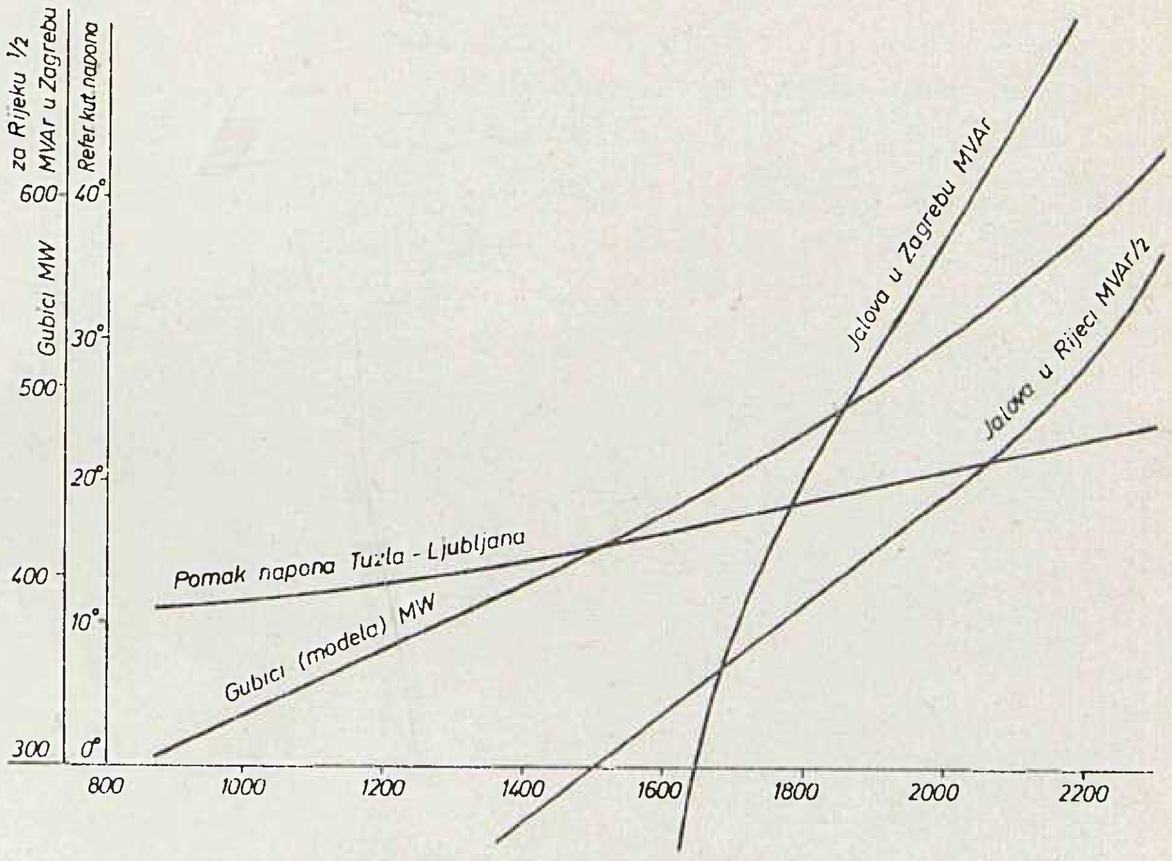
Ako ne bi bilo NE 2 na zapadu ili ne bi radila, moralo bi se prenositi 1 400 MW, što bi još išlo bez poteškoća. Ispadne li, međutim, vod kV Ernestinovo — Zagreb, zapad treba dodatak od oko 270 MVAr.

Pri većim prijenosima, kad se osim zakupljene snage manjak prenosi s Kosova, gubici djelatne i jalove snage naglo rastu.

Iz priloženog dijagrama, gdje je potrebna jalova snaga u čvoru Zagreb i čvoru Melina dana u ovisnosti o prenesenoj snazi na zapad, vidi se vrlo nagao porast potreba jalove snage u oba čvora. Prilikom ispitivanja sva je jalova snaga dodavana u ova dva čvora, što u realnosti ne bi bio slučaj, pa bi traženi manjak bio nešto blaži.

Dok bi se jalova snaga u čvoru Rijeka mogla velikim dijelom nadoknaditi iz tamošnjih izvora, u čvoru Zagreb je pretpostavljen hipotetski izvor, što drugim riječima znači manjak.

Iz dijagrama nadalje proizlazi da je ovisnost referentnog kuta napona Tuzla-Ljubljana praktički pravac, bez nekog vidnog zakrivljenja pri velikim prijenosima, što pokazuje i ovdje da je mnogo oštriji kriterij statičke stabilnosti po naponu nego po kutu.



Sl. 1. Ekonomska valorizacija rada rashladnih tornjeva u kombiniranom sistemu hlađenja

Model mreže koji je pri ovim ispitivanjima korišten jest jednak modelu prema Jugelu za 1990. pojačan prema pokazanoj potrebi nekim vodovima 400 kV.

Iz ispitivanja nadalje proizlazi da bi se još moglo povoljno prenositi na zapad, uz odgovarajuću kompenzaciju i nešto pojačanu mrežu 400 kV, ukupno oko 2 000 MČ (osim snage zakupljenih elektrana, sve ostalo s Kosova). Za prijenos još većih snaga trebalo bi izgraditi posebne prijenosne putove (prijelaz na veći naponski nivo).

Treba, međutim, još dodati da je ovdje bilo govora samo o potrebnoj jalovoj snazi na zapadu, no i tranzit preko BiH traži znatne jalove snage čije je pokriće poseban problem.

Ne smije se zaboraviti da je priloženi dijagram sastavljen za uvjete zdrave mreže, a svaki ispad voda na liniji prijenosa pravi dodatne poteškoće, izazivajući osjetno povećanje aktivnih i jalovih

gubitaka. Prema tome je siguran prijenos u bandu prema uobičajenim kriterijima bitno niži od utvrđenih 2 000 MW.

Treba, naime, imati takvu mrežu da se održi pogon i prilikom ispada bilo kojeg od vodova.

Ponovno treba naglasiti da se ova razmatranja odnose na superponiranu mrežu, dok na nivou 110 kV i niže mogu prilike biti znatno lošije, npr. u području Siska, kako je prije izneseno.

Jalova snaga na zapadu ostaje problem kojega treba i nadalje proučavati, ali na pouzdanijoj bazi polaznih podataka. Stoga bi bilo vrlo korisno posvetiti više pažnje kretanju jalove snage u postojećoj mreži, poboljšati evidenciju i, po potrebi, s vremena na vrijeme bilancirati po pojedinim područjima.

LITERATURA

Markovčić, Tonković: Mogućnost prijenosa električne energije iz SAP Kosovo u SR Hrvatsku
Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1979.

Markovčić, Tonković: Izbor konfiguracije prijenosne mreže 110—40—kV za 1985. god.
Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1979.

Markovčić, Tonković: Prilike u prijenosnoj mreži 1982. s obzirom na ulazak u pogon NE Krško
Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1979.

Markovčić, Tonković: Osnovni pravci razvoja prijenosne mreže za 1995. godinu
Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1979.

PROBLEM OF REACTIVE POWER in NORTH-WEST PART OF CROATIA

Some results of network examination regarding reactive power, in western part of Yugoslavia are presented. Examinations have been done for operational conditions in 1982, 1983 and 1995 year. It has been shown that deficiency of reactive power during large demands and failures in the network is of greater value. Data incompleteness of current values and trends of reactive power in network has resulted in difficult examination and in unprecise planing of development as has been stated.

Naslov pisca:
Boris Markovčić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Energija God. 29 (1980) br. 11—12, 415—423.

O POUZDANOSTI RELEJNE ZAŠTITE

Božidar Filipović, Zagreb

UDK 621.316.

Nakon prikaza funkcije i svojstva relejne zaštite dane su osnove proračuna pouzdanosti relejnih uredaja i relejnih shema. Posebno je upozoreno na neke probleme pri proračunu pouzdanosti relejne zaštite, a detaljnije je promatrana pouzdanost relejne sheme zaštite ransformatora.

UVOD

Optimizacija djelovanja uređaja, odnosno sistema relejne zaštite nije moguća bez kvantitivne analize njezinih svojstava, jer tek ocjena pouzdanosti omogućuje usporedbu različitih varijanti uređaja i sistema, te pokazuje kakvim se zahvatima može povećati pouzdanost relejnih shema.

Očito je da se u tim istraživanjima moramo koristiti općom teorijom pouzdanosti koja je na tom području doživjela široku primjenu uvođenjem u eksploataciju statičke relejne zaštite.

Međutim, relejna zaštita, a i neki drugi analogni sklopovi imaju određene karakteristike o kojima moramo voditi brigu kod primjene spomenute teorije, jer se pokazalo da jednostavna primjena metoda koje vrijede kod analize pouzdanosti npr. uređaja radio-veza, odnosno općenito uređaja koji kontinuirano vrše svoju funkciju, dovodi do pogrešnih zaključaka ako se primijeni na analizu sklopova relejne zaštite.

Ovdje ćemo uvesti neke osnovne probleme s kojima se susrećemo pri proračunu pouzdanosti relejne zaštite, a nešto detaljnije ćemo razmotriti pouzdanost relejnih shema zaštite transformatora.

1. FUNKCIJE I SVOJSTVA RELEJNE ZAŠTITE

Kako je poznato, na relejne uređaje se postavlja niz zahtjeva odnosno funkcija koje oni moraju izvršiti. Na zaštitu se ne postavlja samo zahtjev da proraduje ako je kratki spoj nastupio unutar štićenog područja, već i zahtjev da ne proraduje na kratki spoj izvan tog područja, odnosno da ne proraduje kada u sistemu nije došlo do kratkog spoja pri čemu se sistem može nalaziti u normlanom ili poremećnom stanju (npr. njihanje). Samo idealna zaštita može ispuniti sve navedene funkcije, a stvarni releji ispunjavaju uvijek samo neke od postavljenih zahtjeva, npr.: relej ne mora imati protunjihajni zapor, obično releji imaju mrtvu zonu, mogu proradivati na kratke spojeve izvan područja štićenja itd. U takvim se situacijama ne postavljaju zahtjevi za proradom odnosno neproradom konkretnih relejnih uređaja, što je i logično jer su ti releji tako konstruirani, pa se ponekad u tim slučajevima govori o dozvoljenim proradama i dozvoljenim neproradama odnosno otkazima.

Ova dozvoljena stanja ne znače, naravno, da je došlo do otkaza funkcioniranja releja, jer ona ne smanjuju broj zadanih funkcija koje relej mora izvršiti, ali ipak smanjuju ukupan korisni efekt zaštite.

Otkazom funkcioniranja nazivamo stanje kada se iz bilo kojeg razloga ne mogu izvršiti sve zadane funkcije releja. Otkazi funkcioniranja ili rada dijele se na: a) otkaz prorade zaštite, tj. kada zaštita ne proraduje a ostvareni su svi uvjeti za njenu proradu, b) nepotrebne ili suvišne prorade — nastupaju kod kratkih spojeva na koje relejni uređaji ne bi smjeli reagirati i c) tzv. lažne prorade, do kojih dolazi kada se sistem nalazi u režimu bez kratkog spoja. Potrebno je istaknuti da se prorade pod c) ponekad svrstavaju pod suvišne prorade.

Točno definiranje uvjeta rada zaštite dopušta nam da preciznije definiramo osnovna svojstva relejnih uređaja kao što su brzina, osjetljivost, selektivnost i pouzdanost rada. Osim navedenih potrebno je u nekim slučajevima razmotriti i druge kriterije, npr. ekonomske. Pri definiranju svojstava relejne zaštite pojavljuju se ponekad u literaturi različite interpretacije. Na primjer, ako zbog njihanja dođe do prorade zaštite koja nema protunjihajni zapor ili ako radi pojednostavnjenja zaštite ne predvidimo u releju sklopove za zaštitu od bliskih tropolnih kratkih spojeva (to se obično postiže posebnim nadstrujnim relejima ili ugradnjom »memorije«), ako dođe do prorade dist. zaštite zbog preopterećenja itd., onda se to ne može tretirati kao narušavanje selektivnosti, kako se to ponegdje radi, jer zapravo nije došlo do narušavanja broja zadanih funkcija konkretnog releja, već je ta nesavršenost rada definirana brojem zadanih funkcija. Upravo zbog toga, pogodno je provesti neke klasifikacije svojstava, a jedna od tih je uvođenje pojma efika-

snosti funkcioniranja odnosno djelotvornosti rada relejne zaštite, pod kojim razumijevamo izvršenje ukupnog zadanog broja funkcija s potpunim efektom, pri čemu se taj broj funkcija odnosi na konkretni relej, a samo idealizirani zaštitni relej obuhvaća sve moguće funkcije.

Naravno da dozvoljene i nedozvoljene prorade i neprorade, a također i otkazi dovode do snižavanja djelotvornosti rada realnih relejnih uređaja. S obzirom na upravo rečeno, možemo spomenutu efikasnost funkcioniranja relejne zaštite podijeliti u tri grupe, pa odvojeno promatrati djelotvornost prorade kod unutarnjih kratkih spojeva, djelotvornosti neprorade kod vanjskih kratkih spojeva i kod režima bez kratkog spoja. Tu podjelu možemo obaviti na drugi način, i to tako da promatramo sniženje izlaznog efekta releja. Kako smo rekli, izlazni efekt može biti smanjen zbog: a) ograničenosti broja zadanih funkcija, b) pogrešaka u radu do kojih dolazi zbog najrazličijih uzroka (npr. otpora luka na mjestu kratkog spoja), c) otkaza koji su izazvani kvarovima u samom releju.

Točkom a) na neki je način definirana selektivnost zaštite, točkom b) stabilnost funkcioniranja a točkom c) pozudanost rada, pri čemu je svojstvima pod a) i b) određena tzv. tehnička kvaliteta zaštitnog uređaja. U tablici 1 dan je sumarni pregled osnovnih svojstava relejne zaštite, ta, tablica može biti i detaljnije razrađena (npr., u stabilnost funkcioniranja ulazi točnost rada, neosjetljivost na smetnje, u pouzdanost — svojstva rada bez otkaza, drugog života uređaja itd.). U tablici 2. dan je sumaran pregled kako sve može doći do narušavanja osnovnih svojstava relejne zaštite.

Zadržat ćemo se ukratko na nekim pojmovima koji su navedeni u tablicama 1. i 2. s napomenom da ćemo pojam pouzdanosti i neke osobitosti proračuna pouzdanosti relejne zaštite posebno obraditi. Tehnička kvaliteta relejnih uređaja predstavlja zapravo djelotvornost rada uz pretpostavku idealne pouzdanosti, tj. ona određuje selektivnost (broj zadanih funkcija) i stabilnost funkcioniranja. Selektivnost prorade određuje se zadavanjem zone štićenja i brzinom prorade releja, te definiranjem ponašanja releja kod kratkih spojeva izvan štićene zone, odnosno ponašanjem releja u slučajevima kada u sistemu nije nastupio kratki spoj. Selektivnost se može realizirati potpuno, npr. kod uzdužne diferencijalno-fazne zaštite, ili djelomično, (distantna zaštita), a može se i potpuno narušiti npr. neusmjereni stupanj dist. zaštite, njihanje itd.

Stabilnost funkcioniranja, uz pretpostavku idealne puzdanosti releja, jest svojstvo da se sve zadane funkcije izvršavaju na zadani način. Pod tim razumijevamo da će zaštita u svim proradama sigurno zadržati brzinu prorade, vremenska podešenja, osjetljivost, a također moramo tu uvrstiti stabilnost neprorađivanja kod vanjskih kratkih spojeva, odnosno pojava u sistemu bez kratkog spoja. Na osjetljivost releja može utjecati npr. luk na mjestu kratkog spoja, pogreške mjernih transformatora i pogreške proračuna, a na sličan način možemo analizirati što sve utječe na ostale veličine kojima je definirana stabilnost rada relejne zaštite.

Kako smo rekli, stabilnost rada i selektivnost čine zajedno tehničku kvalitetu relejnog uređaja. Za razliku od selektivnosti koja se u praksi može potpuno postići sa stvarnim relejima (dakle ne idealiziranim), stabilnost funkcioniranja i pouzdanost releja u stvarnosti ne mogu se nikada potpuno realizirati. Ovdje se nećemo upuštati u određivanje tih veličina, jer to zahtijeva uvođenje većeg broja novih pojmova; samo ćemo istaknuti da je principijelno nemoguće odrediti, pozudanost rada relejnog uređaja ako se prethodno točno ne poznaju svojstva selektivnosti i stabilnosti funkcioniranja. To proizlazi iz već spomenutih definicija tih veličina. Ako pretpostavimo da nam selektivnost predstavlja prvu grupu svojstava, stabilnost funkcioniranja drugu grupu a pouzdanost funkcioniranja treću grupu svojstava relejnih uređaja, onda je definiranje svojstva određenog nivoa moguće samo uz poznavanje svojstva gornjeg nivoa i uz pretpostavku idealnih svojstava donjeg nivoa. Dakle, za proračun pouzdanosti funkcioniranja trebali bismo poznavati tehničku kvalitetu uređaja. Međutim, u praktičkim proračunima, da bi se izbjegle poteškoće, možemo pret-

Tablica 1.

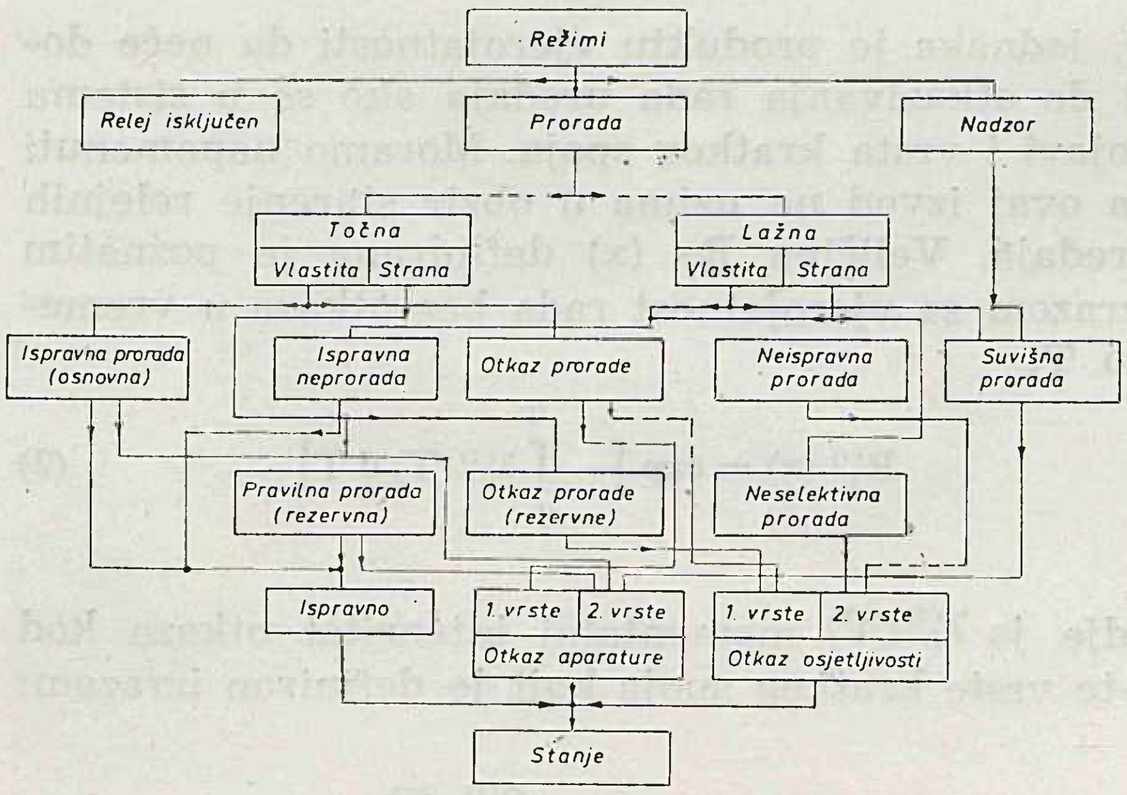
Osnovna svojstva i funkcije relejne zaštite				
Nivo svojstva		Efikasnost funkcioniranja (djelotvornost rada)		
		Efikasnost prorade	Efikasnost neprorade kod kratkih spojeva	Efikasnost neprorade bez kratkih spojeva
Tehnička kvaliteta	Selektivnost	Selektivnost prorade (brzina i mogućnosti zaštite)	Selektivnost neprorade kod kratkih spojeva	Selektivnost neprorade bez kratkih spojeva
	Stabilnost rada	Stabilnost rada (osjetljivost kod kratkih spojeva, stabilnost brzine rada)	Stabilnost neprorade kod kratkih spojeva	Stabilnost neprorade bez kratkih spojeva
Pouzdanost funkcioniranja		Pouzdanost prorade	Pouzdanost neprorade kod kratkih spojeva	Pouzdanost neprorade bez kratkih spojeva

Tablica 2.

Pregled nepotpunosti svojstava relejne zaštite			
Nepotpunost svostva	Pojave nepotpunosti efikasnosti rada		
	Prorade	Neprorade kod kratkih spojeva	Neprorade bez kratkih spojeva
Selektivnosti	Dozvoljena	Dozvoljena neprorada kod kratkih spojeva	Dozvoljena prorada bez kratkih spojeva
Stabilnosti funkcioniranja	Pogrešna neprorada	Pogrešna prorada kod kratkih spojeva	Pogrešna prorada bez kratkih spojeva
Pouzdanosti funkcioniranja	Otkaz prorade	Otkaz neprorade kod kratkih spojeva	Otkaz neprorade bez kratkih spojeva

postaviti da je zadani broj funkcija konkretnog releja jednak idealnom i na taj način izbjeći prethodne proračune.

Napomenut ćemo na kraju da postoje različiti pristupi kod tretiranja funkcija i svojstava relejne zaštite, iz čega proizlaze i, različite definicije, podjele, nazivlja i slično, pri ćemu spomenute razlike obično nisu proncipijelne naravi. Za ilustraciju dana je na sl. 1. jedna od mogućih klasifikacija posljedica prorade relejnog uređaja u ovisnosti o njegovu režimu rada i stanjima koje može poprimiti.



Sl. 1. Ponašanje releje u ovisnosti o režimu rada

2. OSNOVI PRORAČUNA POUZDANOSTI RELEJNIH UREĐAJA

U prethodnom poglavlju ukratko smo opisali funkcije i svojstva relejne zaštite iz kojih se jasno vide neke osobitosti relejnih uređaja. Naravno da na te činjenice moramo misliti kod proračuna pouzdanosti, pa se zbog toga pri tretiranju pouzdanosti relejnih uređaja koriste posebne metode opće teorije pouzdanosti. Zadržat ćemo se načas na nekim osnovnim pojmovima iz pouzdanosti relejne zaštite.

Kod analize pouzdanosti relejne zaštite moramo razlikovati ove veličine:

1. Pouzdanost relejnog uređaja — koja obuhvaća sve slučajne otkaze koji su prouzrokovani bilo kakvim kvarom unutar samog uređaja. Preciznije rečeno, pod tim razumijevamo sve slučajne događaje koji prouzrokuju promjenu svojstava ili parametara releja izvan dozvoljenih granica zbog čega dolazi do djelomičnog ili potpunog gubitka svojstava i funkcija releja. Dakle, ova definicija je ista kao kod pouzdanosti ostalih uređaja. Poznato je da uređaji prilikom uključivanja u pogon imaju, gledano sa stajališta pouzdanosti, tri faze: prva faza — koju nazivamo vrijeme prilagođavanja uređaja gdje je intenzitet kvarova velik jer se u pogonu otkrivaju sve pogreške do kojih je došlo u proizvodnji, druga faza — u kojoj uređaj normalno radi o broj kvarova je neovisan o vremenu, i treća faza — u kojoj dolazi do istrošenosti uređaja i povećanja broja kvarova. Kod relejnih uređaja, međutim, područje prilagođavanja uređaja nije izraženo, a također ni područje istrošenosti releja. Za područje normalnog rada karakteristični su iznenadni otkazi uređaja koji izazivaju promjenu svojstava releja, a fizikalno se zapravo radi o proboju ili pregaranju elemenata releja. U tom području intenzitet otkaza može se smatrati konstantnim, naravno za slučaj konstantnog intenziteta događaja koji mogu izazvati otkaz.

Kvarovi koji izazivaju otkaz releja mogu se pojaviti na dva načina: a) kada se relej nalazi u tzv. stanju nadzora štićenog objekta (transformatora dalekovoda itd.), koji je normalno u pogonu. Iznenadni kvarovi odnosno otkazi mogu tada nastupiti zbog vanjskih kratkih spojeva, nenormalnih stanja u sistemu itd.; b) kada relej prorađuje na kratki spoj štićenom području (zbog naglih promjena mjerenih veličina). Očito je da kvar uređaja pod a) ne mora uvijek izazivati otkaz prorade jer se kvar releja može signalizirati i otkloniti prije nego nastupi kratki spoj na štićenom objektu. Naprotiv, kvar pod b) izaziva u pravilu otkaz prorade.

2. Pouzdanost prorade ili efikasnosti prorade — o kojoj smo detaljno govorili u prethodnom poglav-

lju, a ovdje ćemo samo rezimirati izneseno. Pouzdanost prorade karakterizira proces međusobnog djelovanja štićenog objekta i relejnog uređaja. Pod otkazom prorade razumijevamo događaj koji se sastoji u tome da se na izlazu iz releja ne pojavljuje signal isklapanja, a nastupio je kratki spoj koji bi trebao izazvati proradu releja. O obzirom na tablicu 1. pogodno je govoriti o pouzdanosti prorade i pouzdanosti neprorade.

3. Eksploatacijska pouzdanost obuhvaća utjecaj vanjskih uvjeta, npr. temperature, vibracije, pogonskog osoblja i sl. na rad zaštite.

Dakle promatranje pouzdanosti relejne zaštite ima svoje opravdanje, jer može olakšati analizu problema, a osobito je korisno uočiti razliku između otkaza uređaja i otkaza prorade i neprorade.

Navest ćemo sada nekoliko kriterija (uglavnom iz sovjetske literature), koji se primjenjuju u proračunima pouzdanosti relejne zaštite. Opći kriteriji obuhvaćaju zapravo cjelokupan sistem relejne zaštite i pripadne automatike (npr. APU), pa su zbog složenosti razvijeni kriteriji samo za relejnu zaštitu jer je ponekad u jednom slučaju potrebno upotrijebiti zaštitu s visokim stupnjem pouzdanosti, a u nekom drugom slučaju pouzdanost ne mora biti visoka. Drugim riječima, potrebno je u nekim slučajevima odrediti racionalne odnose između pouzdanosti prorade i neprorade vodeći računa o ekonomskim momentima koji su određeni zahtijevanim stupnjem pouzdanosti.

U nekim radovima pouzdanost se određuje kao vjerojatnost da neće doći do otkaza uređaja. Tu veličinu označit ćemo sa R_T (x), u vremenu trajanja rada uređaja (životne dobi uređaja), uz zadane uvjete eksploatacije. Pri tome se pod otkazom razumijeva potpuni ili djelomični gubitak sposobnosti rada relejnog uređaja do kojega može doći iz bilo kojeg razloga (dakle, ne razlikuje se pri tome pouzdanost uređaja, pouzdanost efikasnosti prorade i pouzdanost eksploatacije). Iz veličine R_T (x) (T je zadani vremenski interval, a x je događaj koji se sastoji u tome da je došlo do prorade uređaja) određuje se, dalje, vrijeme revizije, odnosno provjere zaštitnih uređaja. Interesantno je da se ovaj kriterij dosta koristio u proračunima pouzdanosti iako je dosta nepogodan za praktičnu primjenu, a na izvjestan način i netočan. Taj kriterij, koji se općenito koristi u proračunima pouzdanosti raznih uređaja, ne uzima u obzir specifična svojstva relejne zaštite koja smo nekoliko puta istaknuli. Razmotrit ćemo ukratko o čemu se tu radi.

Promotrit ćemo dalekovod na kojem se često pojavljuju kvarovi i dalekovod koji je izveden s većom pouzdanošću i na kojem su kvarovi rijeđi. Logično se može pretpostaviti da će na prvom dalekovodu zbog većeg broja prorada zaštite doći do većeg broja otkaza zaštite u istom vremenskom intervalu nego na prvom dalekovodu, no iz toga ne smijemo izvoditi zaključak da je pouzdanost rada zaštite manja nego na drugom dalekovodu. Prema tome, R_T (x) nam zapravo određuje ukupnu pouzdanost rada štićenog objekta, u našem slučaju dalekovoda, i relejnog uređaja. Nadalje, uvjeti eksploatacije ne smiju se jednostavno zanemariti, osobito ako se bitno razlikuju bilo unutar jednog energetskog sistema bilo među različitim sistemima. Konačno, veličina R_T (x) nije pogodna za analizu pouzdanosti različitih shema relejne zaštite koje se vrše uz pretpostavku poznate pouzdanosti pojedinih elemenata.

Ipak se R_T (x) koristi u proračunima pouzdanosti zaštite u ovisnosti o pouzdanosti sistema, zatim kod projektiranja relejne zaštite može se postaviti zahtjev za prethodnu ocjenu R_T (x) za zaštitu kod koje u određenim uvjetima nastupa poremećaj u radu itd.

Definirat ćemo matematičku shemu događaja pomoću kojih se može izračunati R_T (x) ako se zahtijeva poznavanje te veličine. Pri tome ćemo pretpostaviti da se kratki spojevi mogu pojaviti na i različitih načina te da je vjerojatnost da će doći do prorade bez otkaza p (j) za svaku j — tu vrstu kratkog spoja jednaka, prema tome raniji događaji u sistemu nemaju utjecaja na ponašanje releja. Vjerojatnost da će relej u vremenu T raditi bez otkaza je:

$$R_T(x) = \prod_{j=1}^{i} R_T^{(j)}(x) \qquad (1)$$

tj. jednaka je produktu vjerojatnosti da neće doći do otkazivanja rada uređaja ako se u sistemu pojavi i vrsta kratkog spoja. Moramo napomenuti da ovaj izvod ne uzima u obzir starenje relejnih uređaja. Veličina R_T (x) definirana je poznatim izrazom za vjerojatnost rada bez otkaza u vremenu T:

$$R_T^{(j)}(x) = \exp\left[-\int_0^T \lambda_0^{(j)}(T)\, d\,T\right] \qquad (2)$$

gdje je $\lambda_0^{(j)}(T)$ momentalni intenzitet otkaza kod j-te vrste kratkog spoja koji je definiran izrazom:

$$\lambda_0^{(j)}(T) = \lim_{\Delta T \to 0} \frac{Q^{(j)}_{\Delta T}(\bar{x})}{\Delta T}. \qquad (3)$$

U jednadžbi (3) $Q^{(j)}_{\Delta T}(\bar{x})$ predstavlja vjerojatnost da je u intervalu ΔT došlo do otkaza uređaja i ta veličina može se izračunati iz izraza:

$$Q^{(j)}_{\Delta T}(\bar{x}) = K^{(j)}\, Q^{(j)}(\bar{x}/k) \qquad (4)$$

gdje su $K^{(j)}$ vjerojatnost pojave kratkog spoja j-te vrste u intervalu T, a $Q^{(j)}\ \bar{x}/k = (1 - p^{(j)}$ uvjetna vjerojatnost otkaza kod j — te vrste kratkog spoja. Dakle, izraz (1) možemo napisati kao:

$$R_T(x) = \exp\left[-\sum_{j=1}^{i}(1 - p^{(j)}) \cdot \int_0^T \lambda_k^{(j)}(T)\, d\,T\right] \qquad (5)$$

gdje je $\lambda_k^{(j)}(T) = \lim \frac{K^{(j)}}{\Delta T \to 0 \, \Delta T}$ intezitet pojave kratkog spoja j — te vrste. U nekim slučajevima, npr. za generatore i kablove, $\lambda_k{}^{(j)}(T)$ može se smatrati konstantom, što znatno pojednostavnjuje izvod (5). Za dalekovode, međutim, intenzitet kvarova nije konstantan jer ovisi o vremenskim uvjetima, no i u tom slučaju se može izvršiti pojednostavnjenje tako da se integral zamijeni sumom uz pretpostavku da je unutar svakog odsječka intenzitet pojave kratkog spoja konstantan.

Želimo li izračunati pouzdanost releja služeći se istim kriterijem R_T (x), uzimajući u obzir i starenje uređaja odnosno postepene otkaze elemenata uređaja, onda to možemo uraditi na ovaj način: Kako je poznato, do postepenih otkaza dolazi zbog sporih promjena jednog ili više elemenata uređaja u toku rada. Obično se promatraju komponente koje se najbrže troše i koje onda promatramo kao slučajne veličine čije se vrijednosti nalaze u promatranom intervalu. Dakle, vjerojatnost rada bez otkaza u vremenu t možemo pisati kao:

$$P_{(t)} = P\,(R_t \leq R_{t\,doz}) \qquad (6)$$

gdje je R_{tdoz} dozvoljeni nivo brze promjene parametara. Ne upuštajući se detaljnije u principijelno razmatranje, naglasit ćemo da se parametri veličine R_t mijenjaju u toku vremena zbog niza faktora (temperaturnih, mehaničkih itd.) i da se R_t približno pokorava normalnom zakonu distribucije, te da se u praksi može dovoljno točno računati s izrazom:

$$P_n(t) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{m - R_t}{\sigma}\right) \qquad (7)$$

gdje su m^2 i σ matematičko očekivanje i disperzija od srednje vrijednosti R_T. Izraz (7) nam zapravo znači vjerojatnost da će se R_t nalaziti u dozvoljenim granicama za vrijeme eksploatacije uređaja.

Druga vrsta otkaza uređaja jesu iznenadni otkazi koji se pokoravaju eksponencijalnom zakonu razdiobe, a vjerojatnost rada bez otkaza je:

$$P_e(t_1, t_2) = \exp\left[-\int_{t_1}^{t_2} \lambda(t)\,dt\right] \qquad (8)$$

gdje je $\lambda(t)$ otkaza u vremenu od t_1 do t_2.

Budući da oba događaja mogu nastupiti istodobno i da su međusobno nezavisni, možemo pisati:

$$P_{(t)} = P_n(t) \cdot P_e(t_1, t_2) \qquad (9)$$

te ako uvrstimo u (9) izraze (7) i (8), dobivamo jednadžbu koja daje vjerojatnost rada uređaja bez kvara, odnosno pouzdanost:

$$P_t = \left[\frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{m - R_t}{\sigma}\right)\right] \cdot \exp\left[-\int_{t_1}^{t_2} \lambda(t)\,dt\right] \qquad (10)$$

Veličine koje ulaze u jednadžbu (10 mogu se odrediti iz statističkih podataka.

Ovdje smo dakle, proračunu pouzdanosti pristupili na dva različita načina koja se u biti baziraju na istom principu — vjerojatnosti rada bez otkaza u promatranom vremenu.

Za proračun pouzdanosti relejne zaštite neki autori primjenjuju druge principe koje pouzdanost relejne zaštite ocjenjuje pomoću više kriterija. Navest ćemo ovdje jednu takvu metodu koja je vrlo pogodna za praktični proračun. Bit metode sastoji se u tome da se pouzdanost određuje preko rada uređaja bez otkaza R_N (x) za slučaj da nastupi N takvih kratkih spojeva na koje je relej dužan proraditi te preko veličine $R_N(\bar{x})$. Vjerojatnost rada bez otkaza $R_N(\bar{x})$ naziva se ponekad spremnošću uređaja za proradu, a $R_N(\bar{x})$ spremnošću neprorade. Veličina $R_N(\bar{x})$ nema nedostataka kao $R_T(\bar{x})$, a i samo određivanje distribucije vjerojatnosti preko obrade statističkih podataka znatno je jednostavnije jer je lakše odrediti broj prorada kod kojih uređaj mora raditi nego odrediti vrijeme rada bez otkaza T.

Pri određivanju $R_N(x)$ služimo se Bernoullijevom shemom koja opisuje niz uzajamno nezavisnih događaja, a vjerojatnost pojave svakog događaja jednaka je p i ne ovisi o broju ispitivanja. Obično se ispitivanje provodi na grupi istih relejnih uređaja jednake starosti, pa se od pojedinačnih rezultata pravi red koji se može promatrati kao Bernoullijeva shema. Ako imamo x_1 x_2... x_N prorada koje odgovaraju 1. 2, 3... N ispitivanja, to događaj x koji se sastoji u tome da je uređaj proradio u svih N slučajeva možemo napisati ovako:

$$x = \prod_{i=1}^{N} x_i \qquad (11)$$

a vjerojatnost da će događaj x nastupiti je:

$$R_N(x) = p^N. \qquad (12)$$

Prema tome, potrebno je za proračun pouzdanosti odrediti samo veličinu p koja definira vjerojatnost prorade bez otkaza.

Tu se pojavljuju problemi određivanja minimalnog broja potrebnih ispitivanja da bi se veličina p mogla točno odrediti, no u to se nećemo upuštati.

Ovdje je još zanimljivo uvođenje utjecaja uvjeta eksploatacije na rad relejne zaštite. Naime, veličine spremnosti prorade i neprorade $R_N l(x)$ i $R_N(\bar{x})$, gdje nam slovo l znači da su određene kod N ispitivanja u laboratoriju, bliže su stvarnim vrijednostima $R^N e(x)$ i $R_{Ne}(\bar{x})$ koje su određene u uvjetima eksploatacije. Odnos

$$\frac{R_{Ne}(x)}{R_{Nl}(x)} = E \qquad (13)$$

nazivamo nivoom eksploatacije, što je zapravo vjerojatnost da neće doći do nepravilnih prorada zbog prijelaza releja iz laboratorijskih uvjeta rada u uvjete koji vladaju u eksploataciji.

Nadalje, u literaturi se susreće proračun pouzdanosti zaštite koji se bazira na dvama kriterijima, i to na vjerojatnosti otkaza i vrijednosti neselektivne prorade, a pojedini autori predlažu čak i mnogo veći broj kriterija kojima se definira pouzdanost relejne zaštite.

PRORAČUN POUZDANOSTI RELEJNIH SHEMA

Razmotrit ćemo, sasvim kratko, određivanje pouzdanosti relejnih shema uz pretpostavku da su nam poznate pouzdanosti pojedinih elemenata koji tvor tu shemu. Pri tome ćemo pod relejnom shemom razumijevati električni krug koji počinje istosmjernim izvorom napajanje i završava svitkom za uključenje prekidača. Najprije ćemo razmatranje provesti sasvim općenito, a onda ćemo razmotriti konkretan primjer zaštite transformatora.

Kvarovi do kojih dolazi na relejnim uređajima mogu imati različite posljedice. Prvo, kvar može izazvati otkaz prorade i, drugo, kvar može prouzrokovati neselektivne prorade, dakle pojavu signala isplapanja na izlazu iz releja, kada u pravilu do tog signala ne bi smijelo doći. Ta dva slučaja moramo razlikovati, jer su vjerojatnosti tih događaja u principu različite, a različite su i posljedice koje ti događaji mogu prozurokovati. Osim toga, pokazuje se da se rezervnim sklopovima, odnosno rezervnim zaštitama povećava, istina, pouzdanost selektivnog rada zaštite, ali istodobno se povećava vjerojatnost otkaza, odnosno smanjuje puzdanost rada bez otkaza.

Neke najosnovnije sheme prikazane su na sl. 2—5. Pretpostavit ćemo da su osnovne zaštite i rezervne zaštite jednake i da imaju istu vjerojatnost pojave pogrešnog signala q na izlazu, koji može prouzrokovati neselektivnu proradu, te da su kvarovi pojedinih uređaja međusobno nezavisni događaji. Sa q_n označit ćemo vjerojatnost pojave pogrešnog signala na izlazu iz relejne sheme. Shodno uobičajenoj praksi iz teorije vjerojatnosti možemo se služiti logikom suprotnih dgađaja pa sa $p = 1 - q$ značiti vjerojatnost da neće doći do neselektivnog rada pojedinih elemenata relejne sheme, a sa $p_n = 1 - q_n$ vjerojatnost da neće doći do neselektivnog djelovanja sheme kao cjeline.

Isto tako sa q_i označit ćemo vjerojatnost otkaza pojedinih elemenata, sa $p_i = 1 - q_i$ vjerojatnost da neće doći do otkaza, sa q_o vjerojatnost otkaza relejne sheme a za $p_o = 1 - q_o$ vjerojatnost da neće doći do otkaza relejne sheme kao cjeline. Konačno, logičke elemente »I« i »ILI« smatrat ćemo idealno pouzdanim, tj. oni nam neće utjecati na pouzdanost relejne sheme ni u jednom slučaju.

Izvest ćemo sada izraze za vjerojatnosti neselektivne prorade odnosno otkaza za sheme na sl. 2—5.

1. Shema na slica 2.

a) Vjerojatnost neselektivne prorade.

Budući da su elementi sheme povezani s logičkim »I«, to vrijedi za vrijednost neselektivne prorade:

$$q_n = q^2 \qquad (14)$$

b) Vjerojatnost otkaza q_o lakše je odrediti preko suprotnog događaja p_o, tj. vjerojatnosti da će shema raditi bez otkaza:

$$p_o = p_1^2 \qquad (15)$$

$$q_o = 1 - p_o = 1 - p_1^2 \qquad (16)$$

$$q_o = 1 - (1 - q_1)^2 = 2q_1 - q_1^2. \qquad (17)$$

Budući da su veličine u jednadžbama (14—17) manje od 1, proizlazi iz (14) da sheme na sl. 2. smanjuje vjerojatnost neselektivne prorade jer je $q^2 < q$, ali istodobno povećava vjerojatnost otkaza prorade jer je $2q_1 - q_1^2 > q_1$) drugim riječima, vjerojatnost otkaza sheme veća je od vjerojatnosti otkaza jedinih elemenata.

2. Shema na sl. 3.

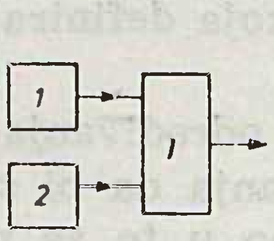
a) Da bismo odredili vjerojatnost prorade, poslužit ćemo se poznatom jednadžbom za vjerojatnost dvaju nezavisnih događaja A i B koji mogu istodobno nastupiti:

$$P(A + B) = P(A) + P(B) - P(A \cdot B), \qquad (18)$$

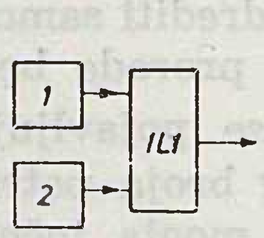
odnosno

$$q_n = q + q - q \cdot q = 2q - q^2. \qquad (19)$$

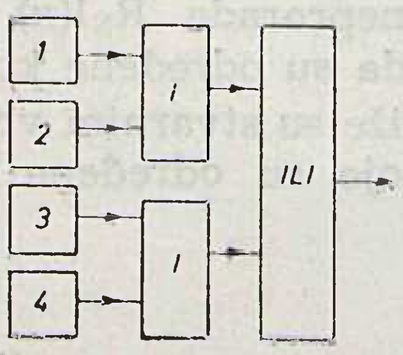
b) Vjerojatnost otkaza odbijemo također pomoću jednadžbe (18), tako da promatramo prvo vjerojatnost da neće doći do otkaza sheme:



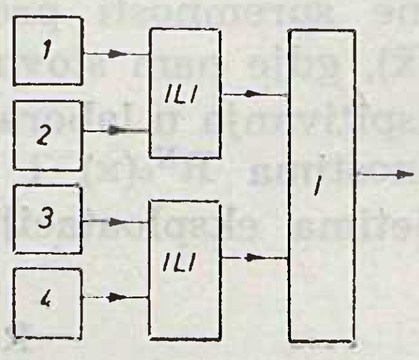
Sl. 2.



Sl. 3.



Sl. 4.



Sl. 5.

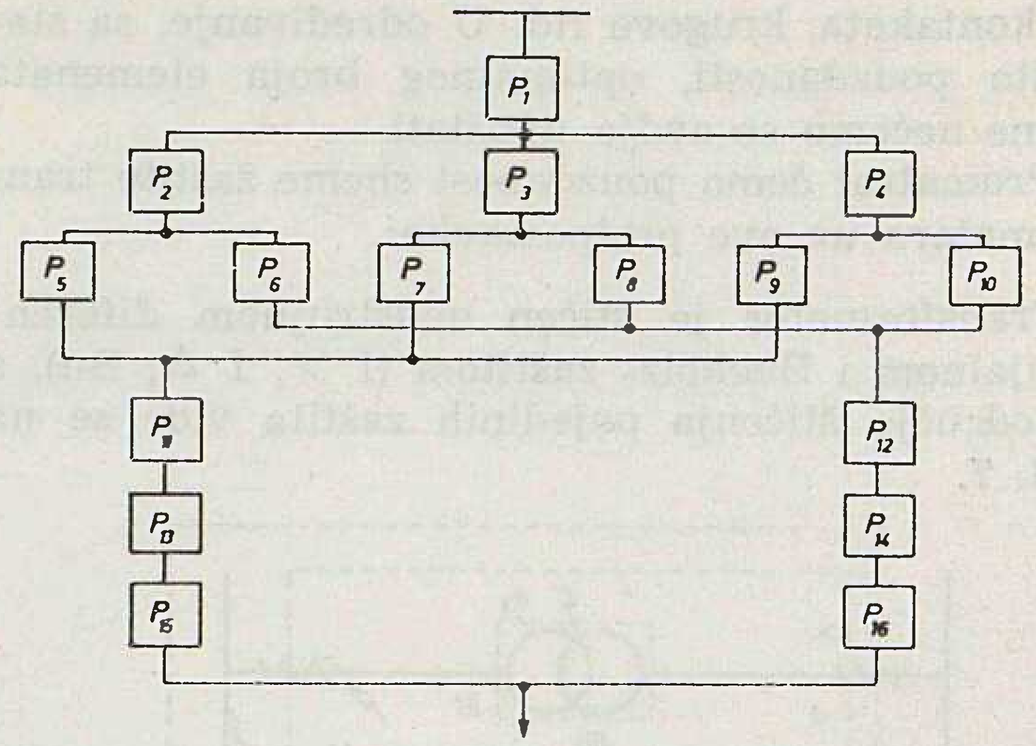
$$p_0 = p_1 + p_1 - p_1 \cdot p_1 = 2\,p_1 - p_1^2. \qquad (20)$$

Ako sada promatramo suprotni događaj, tj. vjerojatnost otkaza sheme, dobivamo:

$$q_0 = 1 - p_0 = 1 - [2\,(1 - q_1) - (1 - q_1)^2] \qquad (21)$$

$$q_0 = p_1^2. \qquad (22)$$

Ovdje, dakle, imamo obrnutu situaciju, tj. vjerojatnost neselektivne prorade je veća, ali je vjerojatnost otkaza sheme manja. Prema tome sa razmotrenim shemama ne možemo istodobno povećati pouzdanost selektivnog rada i rada bez otkaza.



Sl. 6.

3. Shema na sl. 4.

a) Vjerojatnost neselektivne prorade:

Uočimo da se shema na sl. 4. sastoji od dva elementa sa sl. 2. koji su povezani kao na sl. 3. Izraz za vjerojatnost neselektivne prorade možemo napisati neposredno služeći se jednadžbama (14) i (19):

$$q_n = 2\,q^2 - q^4. \qquad (23)$$

b) Analogno dobivamo vjerojatnost otkaza pomoću izraza (17) i (22)

$$q_0 = (2\,q_1 - q_1^2)^2. \qquad (24)$$

Da bi shema imala istovremeno manju vjerojatnost neselektivne prorade i otkaza, moraju biti zadovoljene ove nejednadžbe:

$$2\,q^2 - q^4 < q \qquad (25)$$

$$(2\,q_1 - q_1^2)^2 < q_1. \qquad (26)$$

Vodeći brigu da su q_1 i $q_1 \varepsilon [0,1]$, dobivamo za rješenja nejednadžbi (21) i (22)

$$q < 0{,}618 \qquad q_1 < 0{,}382.$$

Omjeri vjerojatnosti neselektivne prorade elemenata i neselektivne prorade sheme, odnosno vjerojatnosti otkaza elemenata i otkaza sheme definirani su izrazima:

$$k_s = f(q) = \frac{q}{2\,q^2 - q^4} = \frac{1}{2\,q - q^3} \qquad (23)$$

$$k_0 = f(q_1)^2 = \frac{q_1}{(2\,q_1 - q_1^2)^2}. \qquad (24)$$

Krivulje k_s i k_0, dane su na sl. 6
(k_s — krivulja 1, k_0 krivulja 2) i one pregledno pokazuju promjenu pouzdanosti sheme s promjenom pouzdanosti elemenata.

Porast selektivnosti ($k_s > 1$) nastupa za $q < 0{,}618$ i raste sa smanjenjem q odnosno s povećanjem pouzdanosti selektivnosti pojedinih elemenata sheme. Isto vrijedi za pouzdanost otkaza koja raste za sve $q_1 < 0{,}382$.

Ovdje se nameće kao zaključak da se ovakvom shemom ne može povećati pouzdanost rada bez otkaza i selektivne prorade ako su pouzdanosti elemenata niže od izračunatih.

4. Shema na sl. 5.

a) Vjerojatnost neselektivne prorade možemo napisati izravno jer se shema sastoji od dvije sheme sa sl. 3. koje su povezane prema sl. 2:

$$q_n = (2\,q - q^2)^2. \qquad (25)$$

b) Analogno imamo za vjerojatnost otkaza:

$$q_0 = 2\,q_1^2 - q_1^4. \qquad (26)$$

Kao u primjeru 3. i ovdje možemo analizirati jednadžbe (25) i (26). Da bi shema istodobno povećala pouzdanost rada bez otkaza i smanjila vjerojatnost neselektivne prorade, moraju biti ispunjeni uvjeti da je $q < 0{,}382$ i $q_1 < 0{,}618$. Ovisnost $k_s = f(q)$ dana je na sl. 6. krivuljom 2, a ovisnost $k_0 = f(q_1)$ krivuljom 1.

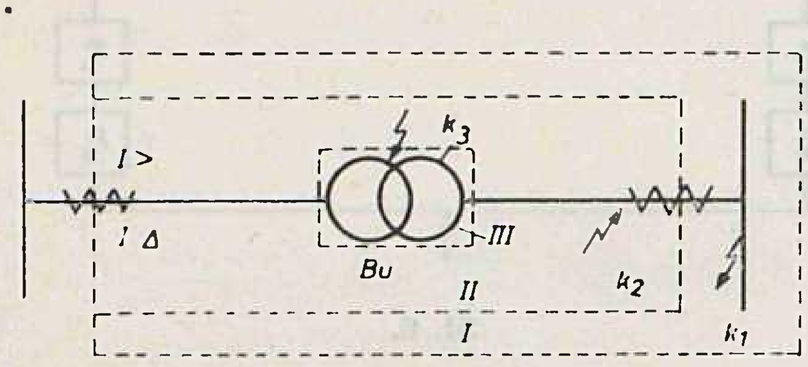
Naravno da se mogu realizirati i drugačije relejne sheme s većim brojem serijskih odnosno paralelnih elemenata.

Ako bismo promatrali te sheme na sličan način kao sheme 2—5, došli bismo do zaključka da se s povećanjem broja elemenata može po volji povećati pouzdanost relejne sheme, pa proizlazi da treba do maksimuma povećati broj elemenata relejne sheme (drugim riječima treba povećati broj rezervnih sklopova ili kompletnih zaštita). Porast pouzdanosti s porastom broja elemenata sheme je matematički točan, ali se pokazuje da postoji neki optimalni broj elemenata sheme koji joj daje maksimalnu pouzdanost i da se još veća pouzdanost može postići samo povećanjem pouzdanosti samih elemenata relejne heme. Trebamo zapravo težiti da zadanu pouzdanost i releja i relejnih shema postignemo sa što manjim brojem sklopo-

va, kontakata, krugova itd. U određivanje, sa stajališta pouzdanosti, optimalnog broja elemenata sheme nećemo se ovdje upuštati.

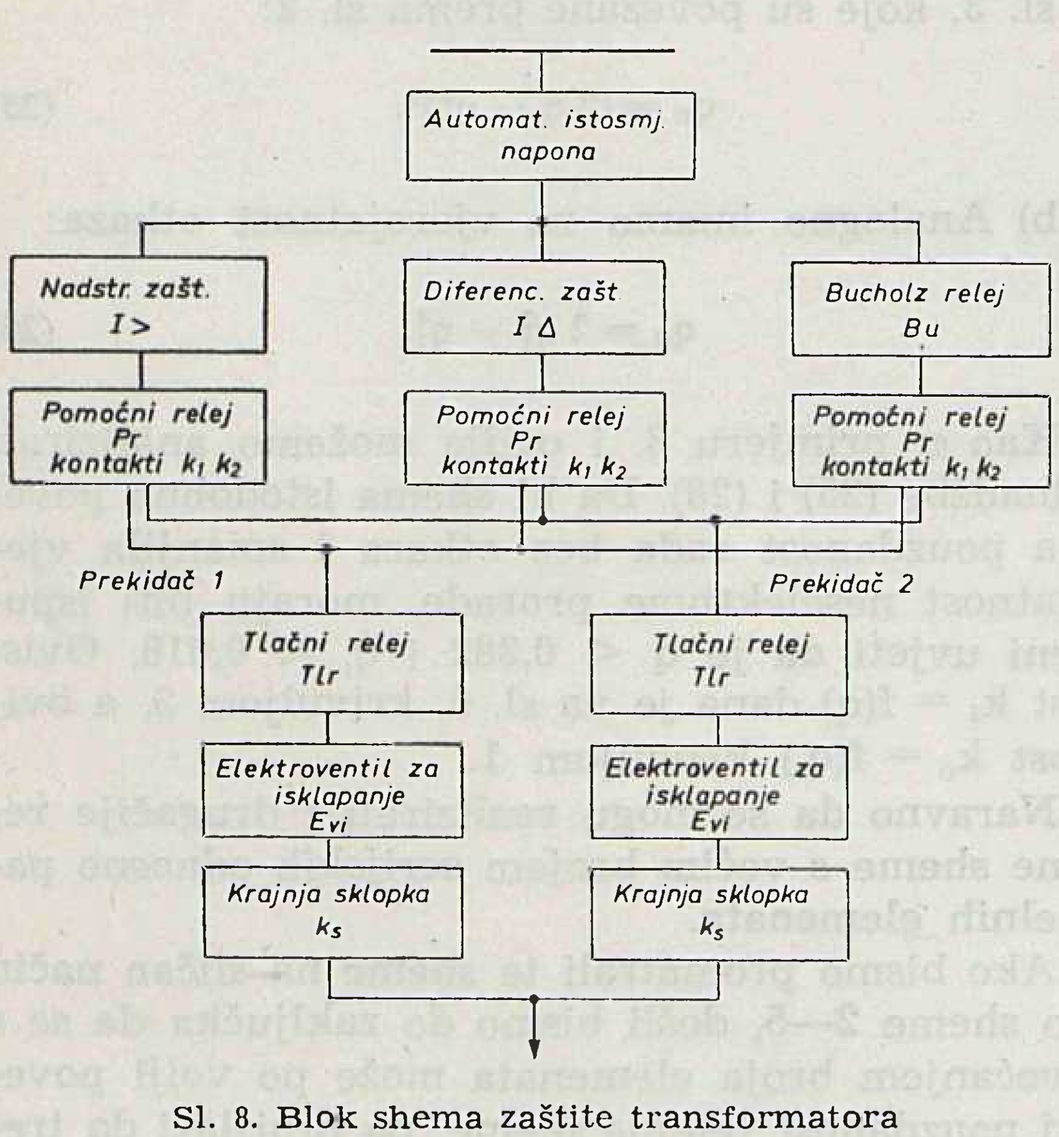
Promatrat ćemo pouzdanost sheme zaštite transformatora uz ove pretpostavke:

1. Transformator je štićen nadstrujnom diferencijalnom i Bucholz- zaštitom (I >, I Δ, Bu), a područje štićenja pojedinih zaštita vide se na sl. **7.**



Sl. 7. Zaštita transformatora

2. Promatrat ćemo samo vjerojatnost rada bez otkaza uz pretpostavku da su nam poznate vjerojatnosti prorade svih elemenata relejne sheme. Vjerojatnost neselektivne prorade nećemo računati.
3. Pod ispravnom proradom razumijevat ćemo događaj kada unutar zadanog područja bilo koja od zaštita isklopi oba prekidača.
4. Blok-shema zaštite transformatora prikazana je na sl. 8, a na sl. 9. dane su pripadne vjerojatnosti prorade pojedinih elemenata sheme. Možemo

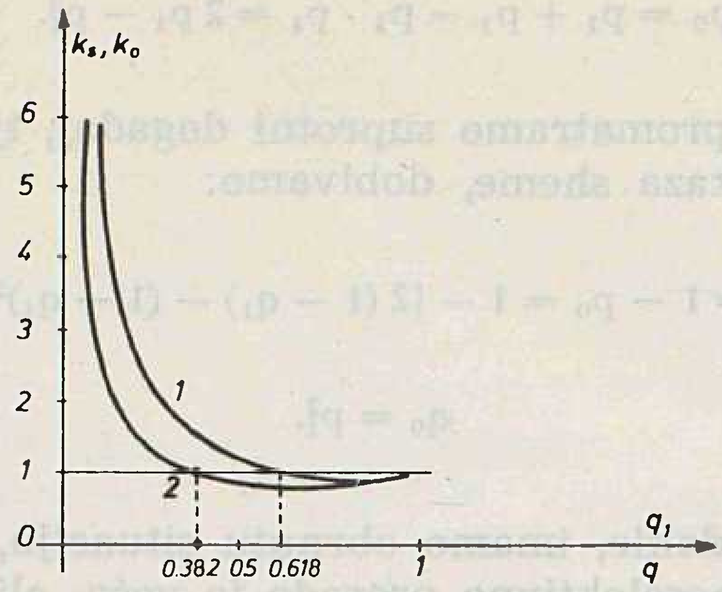


Sl. 8. Blok shema zaštite transformatora

pretpostaviti da su vjerojatnosti prorade pomoćnih releja jednake, a također da su međusobno jednake vjerojatnosti prorade pojedinih elemenata koji pripadaju prekidačima.

a) Kratki spoj u točki k_1

U tom slučaju kratki spoj će biti iskopčan samo od nadstrujne zaštite jer je izvan područja štićenja IΔ i Bu. Vjerojatnost isklapanja kvara, odnosno ispravnog rada sheme je:



Sl. 9. Vjerojatnosti prorade pojedinih elemenata relejne sheme

$$N_1(p) = p_1\, p_2\, p_5\, p_{11}\, p_{13}\, p_{15}\, p_6\, p_{12}\, p_{14}\, p_{16}. \qquad (27)$$

Ako stavimo da je

$$p_{s1} = p_{11}\, p_{13}\, p_{15}, \quad p_{s2} = p_{12}\, p_{14}\, p_{16}, \quad p_r = p_5\, p_6,$$

dobivamo:

$$N_1(p) = p_1 \cdot p_2\, p_r\, p_{s1}\, p_{s2} = P_A. \qquad (28)$$

b) Kratki spoj u točki k_2

Kratki spoj bit će eliminiran ako ispravno proradi barem jedna od zaštita koje obuhvaćaju to područje štićenja, dakle ako proradi bilo diferencijalna, bilo nadstrujna, odnosno ako prorade obje zaštite istodobno (ovdje smo pretpostavili da nadstrujna zaštita nema vremenskog zatezanja). Ako sa P_B označimo događaj ispravnog rada diferencijalne zaštite, možemo pisati:

$$P_B = p_1\, p_3\, p_7 [p_8\, p_{11}\, p_{12}\, p_{13}\, p_{14}\, p_{15}\, p_{16} \qquad (29)$$

odnosno

$$P_B = p_1\, p_3\, p_r\, p_{s1}\, p_{s2}. \qquad (30)$$

Vjerojatnost ispravnog rada sheme je sada:

$$N_2(p = 1 - (1 - P_A)(1 - P_B) \qquad (31($$

$$N_2(p) = P_A + P_B - P_A\, P_B \qquad (32)$$

s tim da za P_A i P_B treba u (32) uvrstiti izraze (28) i (30).

c) Kratki spoj u točki k_3

U tom području koriste se sve tri zaštite. Ovdje, međutim, moramo pretpostaviti da je nastupio takav kratki spoj koji će izazvati proradu svih zaštita. Poznato je, naime, da kratki spoj među zavojima jedne faze transformatora ne mora izazvati proradu diferencijalne zaštite, pa smo zbog toga i načinili gornju pretpostavku, iako nema nikakvog problema da se razmatraju i vjerojatnosti pojave takvih događaja. Vjerojatnosti ispravnog rada sheme je:

$$N_3(p) = 1 - (1 - P_A)(1 - P_B)(1 - P_C) \quad (33)$$

gdje je:

$$P_C = p_1\, p_4\, p_r\, p_{s1}\, p_{s2} \quad (34)$$

vjerojatnost ispravnog rada Bucholz-zaštite.
Jednadžbu (33) možemo napisati u ovom obliku:

$$N_3(p) = P_A + P_B + P_C - P_A P_B - P_A P_C - P_B P_C + P_A P_B P_C \quad (35)$$

Izraze (28), (32) i (35) možemo dalje analizirati na slijedeći način. Ako za P_A, P_B i P_C uvrstimo odgovarajuće vrijednosti, vidjet ćemo da nam se uz sve članove pojavljuju isti faktori koji nam zapravo predstavljaju vjerojatnosti ispravnog rada krugova prekidača, istosmjernog napajanja i pomoćnih krugova. Uzmemo li da je pouzdanost releja određena, pouzdanost shema se može povećati upravo povećanjem pouzdanosti pomoćnih krugova, krugova prekidača i istosmjernog napajanja. U praksi se to postiže da se zaštite odvojeno napajaju iz dva istosmjerna izvora, da se potpuno odvajaju krugovi isklapanja pojedinih zaštita, a prekidači imaju dva električki odvojena svitka za isklapanje. Naravno da se ovo radi samo u nekim slučajevima kada se mora postići visoka pouzdanost relejne sheme bez obzira na njezinu složenost i cijenu.

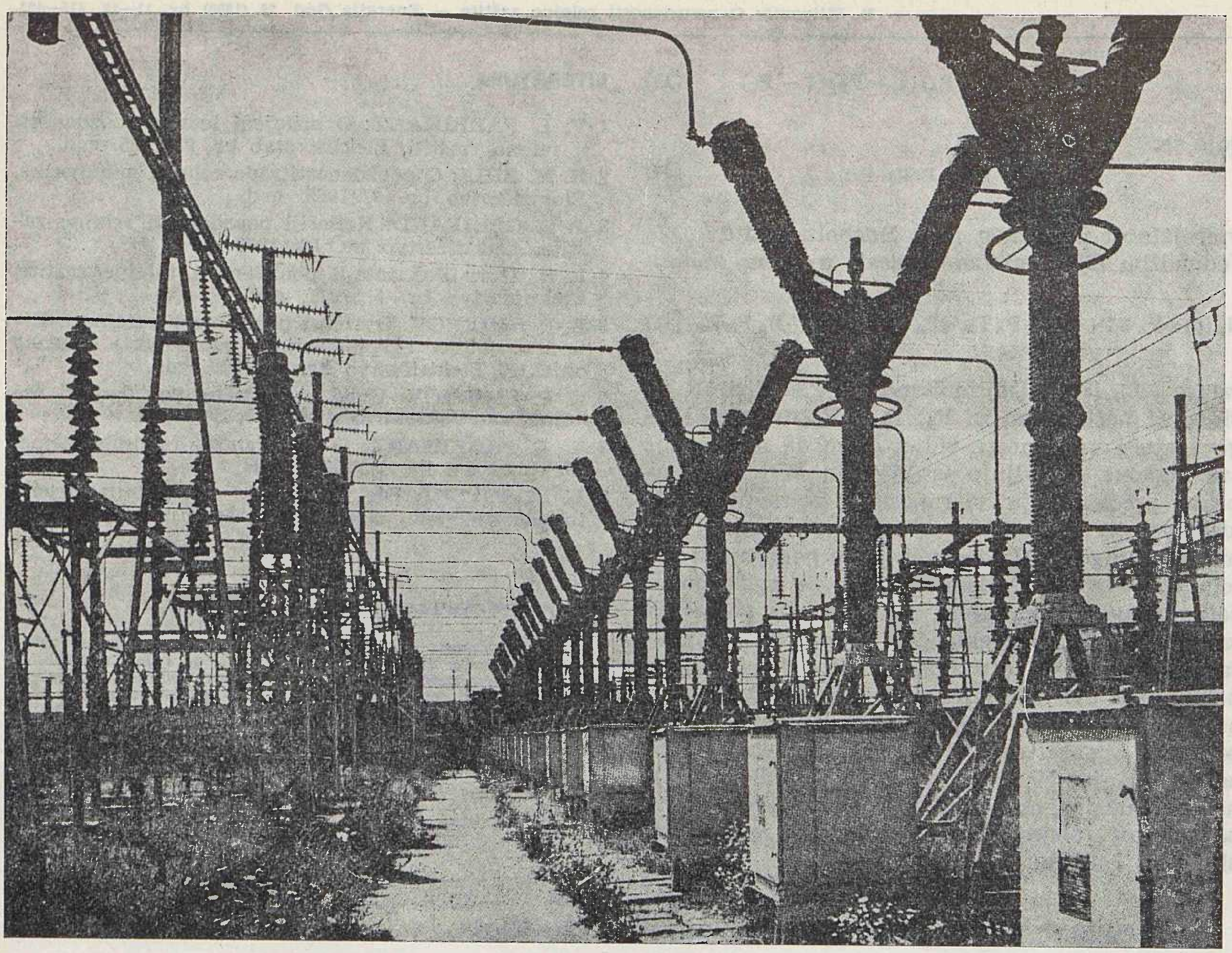
LITERATURA

1. V. L. FABRIKANT: O primjeni teorije pouzdanosti u relenoj zaštiti, Električestvo br. 9, 1965. god.
2. N. M. ZULI: O pouzdanosti rada relejne automatike, Električestvo br. 9, 1965. god.
3. J. S. GELJFAND: Kriteriji pouzdanosti relejne zaštite, Električestvo br. 10, 1973.
4. I. B. Guk: Pokazatelji pouzdanosti relejne zaštite, Električestvo br. 3, 1971. god.
5. E. P. SMIRNOV: Ovisnost pouzdanosti relejne zaštite o uvjetima eksploatacije i pouzdanosti štićenog objekta, Električestvo br. 6, 1966. god.
6. E. P. SMIRNOV: Uvod u proračun pouzdanosti relejne zaštite, Električestvo br. 9, 1965. god.
7. V. L. FABRIKANT: O pouzdanosti relejnih shema, Električestvo br. 7, 1967. god.
8. E. JUROVSKI: Die Tehnologie von Schutzeinrichtungen, Jug. savj. o rel. zaštiti, Ljubljana, 1977. god.

ABOUT RELIABILITY of RELAY PROTECTION

With presentation of functions and characteristics of relay protection there are given calculations of relay assemblies and schemes reliability. Particulary, some problems of calculation relay protection reliability arev highlighted and in moredetail is elaborated reliability of relay protection scheme for transformers.

Naslov pisca:
Božidar Filipović, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb



SVOJIM SUIZDAVAČIMA:

Združenom poduzeću »Elektroprivrede« Rijeka
Združenom poduzeću »Elektroprivrede Dalmacije« Split
SIZ-u za znanstveni rad SR Hrvatske
»Elektri« Karlovac
»Elektroslavoniji« Osijek
»Elektroistri« Pula
»Elektroprimorju« Rijeka
»Elektri« Sisak
»Elektrodalmaciji« Split
»Elektri« Zagreb
»Elektroprenosu« Zagreb
Institutu za elektroprivredu, Zagreb

MNOGO SREĆE I POSLOVNOG USPJEHA U 1981. ŽELI

UREDNIŠTVO

Energija God. 29 (1980) br. 11—12, 425—429.

DODATNI TERET UZROK OŠTEĆENJA DALEKOVODA 35 kV PAZIN—PULA

Elio Sterpin i Livio Rosanda, Pula

UDK 621.315.2

Opisuju se oštećenja dalekovoda 35 kV Pazin — Pula, koja su nastala kao posljedica nevremena 20. i 21. travnja 1980. godine. Analiziran i proračunat je utjecaj dodatnog tereta na prekid vodiča.

1. UVOD

Nisu nam poznata teža i opsežnija oštećenja nadzemnih vodova u »Elektroistri« od onih koja su se dogodila u toku dana i noći od 20. na 21. travnja 1980. godine.

Nevrijeme koje je zahvatilo srednjoistarsko područje bilo je karakterizirano padanjem kiše, snijega i smrznute kiše uz jak, a mjestimice vjerojatno i olujni vjetar (buru).

Ledena kiša prouzrokovala je debele slojeve leda na čitavom području unutrašnjosti poluotoka. Zbog te pojave nastradalo je raslinje i usjevi, tako da je i poljoprivreda pretrpjela velike štete.

Na vodičima električnih i PTT-vodova nastali su ledeni ovjesi koji su, potpomognuti jakim vjetrom, uzrokovali njihovo kidanje. Zbog prekida vodiča došlo je do snažnijih jednostranih sila zatezanja koje su porušile više stupova.

U obalnom dijelu Istre temperatura zraka je bila pod utjecajem mora, nešto viša, te nije došlo do zaleđivanja i štete su bile mnogo manje.

U daljnem tekstu analizirat ćemo havariju na DV 35 kV Pazin — Pula s posebnim osvrtom na pojavu dodatnog tereta.

2. PODACI O KLIMATSKIM PRILIKAMA KOJE SU UVJETOVALE OŠTEĆENJE DV 35 kV PAZIN — PULA

Geografskim položajem istarski poluotok pripada mediteranskoj klimatskoj zoni koju karakteriziraju topla ljeta i blage zime. Klimatska granica mediteranske i kontinentalne klime nalazi se u sjevernom dijelu Istre, u planinskom predjelu Ćićarije. Događa se ponekad da su utjecaji kontinenta veći, pa se klimatska granica pomiče na jug gotovo do obalnog područja i obrnuto.

Utjecaji kontinenta i mora dolaze do izražaja naročito kod prodora toplih i hladnih zračnih masa. Tada nastaje vremenska nestabilnost s naglim promjenama vremena, pogotovo u unutrašnjosti Istre.

U tim prilikama moguće su izvanredne pojave, kao što je stvaranje ledenih ovjesa na vodičima dalekovoda i udari vjetra velikih jačina, u kojima zbog dodatnog leda i snage vjetra dolazi do razaranja dalekovodnih objekata.

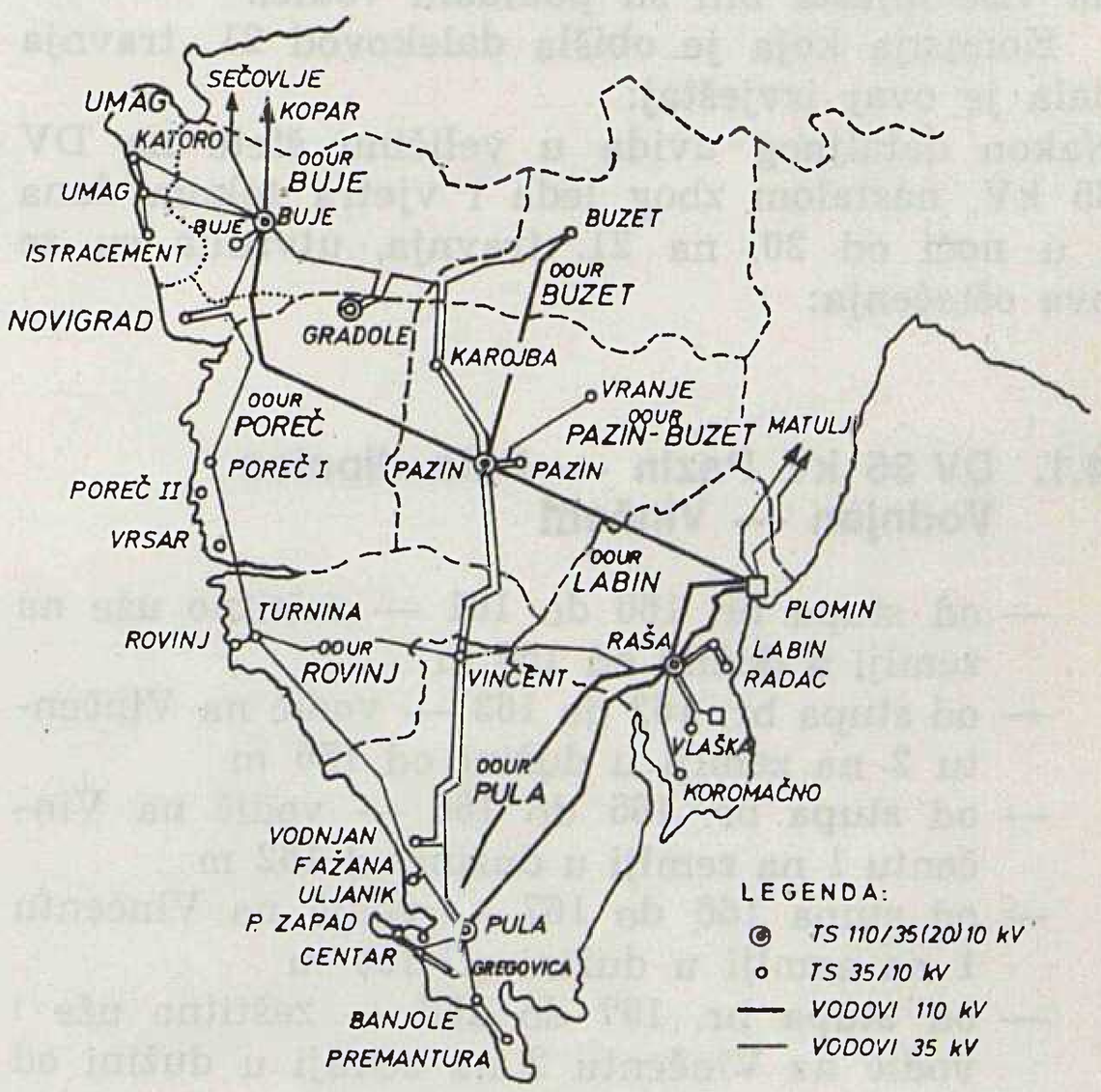
Meteorološki podaci kojima raspolažemo nepotpuni su, te se mogu samo procijeniti.

Prema podacima meteorološke stanice aerodroma Pula puhao je sjeveroistočni vjetar iz pravca 030.

Brzina vjetra iznosila je 70 km/h. Pretpostavlja se da je mjestimično bila do 90 km/h.

Izmjerene debljine ledenih ovjesa na oborenim vodičima bile su od 6 do 8 cm.

Položaj oštećene trase dalekovoda nalazi se u središnjem dijelu Istre iz pravca Pazina preko Vinčenta do Pule (sl. 1). Trasa je gotovo po cijeloj dužini u smjeru sjever-jug, dakle nije direktno izložena sjevernim vjetrovima, te prevladava mišljenje da vjetar nije imao predominantan utjecaj na kidanje vodiča i rušenje stupova.



Sl. 1. Shema postojeće 110/35 kV mreže Istre s organizacijom poduzeća ELEKTROISTRA

3. OPĆI PODACI DV 35 kV PAZIN — PULA

Dalekovod 35 kV Pazin — Pula jedan je od najstarijih dalekovoda u »Elektroistri«. Izgrađen je 1928. godine kao dvostruki vod pogonskog napona 50 kV.

Njegove karakteristike su:

— dužina 40 km, srednji raspon 170 m
— stupovi su čelično rešetkasti oblika »bačva« srednje visine 16,3 m
— opremljen je s dvostrukim vodom Cu 2 x 3 x 35 mm² i zaštitnim užetom Fe 1 x 35 mm²
— gledajući dalekovod iz Pazina u smjeru prema Puli, naziv lijevog voda je Vinčet 1, a desnog Vinčet 2.

4. OPSEG OŠTEĆENJA

Prema izvještaju dispečerske službe »Elektroistre« oštećenje dionice dalekovoda 35 kV Pazin — Vinčent nastupilo je 20. travnja u 18,40 sati. Tom prilikom dežurni uklopničar u TS 110/35 kV Pazin javio je ispad dalekovoda sa signalizacijom dozemnog i kratkog spoja. U 19,20 sati dežurni uklopničar u TS 110/35/10 kV Pula na sličan način obavijestio je dispečera da je DV 35 kV Pula — Vinčent izvan pogona. Nakon sekcioniranja voda ustanovljen je kvar na dionici Vodnjan — Vinčent. Budući da je pregled na terenu u to doba bio nemoguć, nije se moglo utvrditi kolik je opseg šteta.

Pregled slijedećeg dana pokazao je da se radi o šteti većih razmjera, jer je ustanovljeno da se srušilo više stupova, više njih je bilo nagnuto, a na više mjesta bili su pokidani vodiči.

Komisija koja je obišla dalekovod 21. travnja dala je ovaj izvještaj:
Nakon detaljnog uvida u veličinu štete na DV 35 kV, nastalom zbog leda i vjetra tokom dana i u noći od 20. na 21. travnja, utvrdila su se ova oštećenja:

4.1. DV 35 kV Pazin — Pula dionica Vodnjan — Vinčent

— od stupa br. 160 do 161 — zaštitno uže na zemlji u dužini od 156 m
— od stupa br. 162 do 163 — vodič na Vinčentu 2 na zemlji u dužini od 156 m
— od stupa br. 165 do 166 — vodič na Vinčentu 1 na zemlji u dužini od 162 m
— od stupa 166 do 167 — vodič na Vinčentu 1 na zemlji u dužini od 155 m
— od stupa br. 167 do 168 — zaštitno uže i vodič na Vinčentu 2 na zemlji u dužini od 150 m
— stup br. 168 usukan u visini gornje konzole
— stup br. 169 nagnut jer je popustio temelj
— od stupa br. 169 do 176 svi vodiči na zemlji u dužini od 994 m
— stupovi br. 170, 171, 173, 174, 175 — slomljeni na gornjoj trećini, tj. ispod donje konzole
— stup br. 177 malo savijen u visini treće horizontale od temelja
— stup br. 178 usukan i savijen ispod donje konzole
— od stupa br. 177 do 178 — vodič na Vinčentu 1 na zemlji u dužini od 138 m
— od stupa br. 178 do 179 — svi vodiči na Vinčentu 1 i dva na Vinčentu 2 na zemlji u dužini od 134 m
— stup br. 179 usukan ispod donje konzole
— od stupa br. 179 do 180 — dva vodiča na Vinčentu 2 i na zemlji u dužini od 40 m.

Rekapitulacija oštećenja na DV 35 kV Pula — Vinčent

— 6 željezno-rešetkastih stupova slomljeno
— 4 željezno-rešetkastih stupova usukano
— 1 željezno-rešetkasti stup, popustio temelj
— oštećeno oko 10 000 m vodiča i zaštitnog užeta
— oštećeno oko 300 izolatora.

4.2. DV 35 kV Pazin — Pula dionica Pazin — Vinčent

— stupovi br. 46, 106, 112, 116 usukani i savijeni na gornjoj trećini
— stup br. 105 ima slomljenu glavu u visini donje konzole
— stupovi br. 90, 103, 107, 115 slomljeni ispod glave
— štete na vodičima nisu evidentirane pojedinačno po rasponima.

Rekapitulacija oštećenja na DV 35 kV Pazin — Vinčent

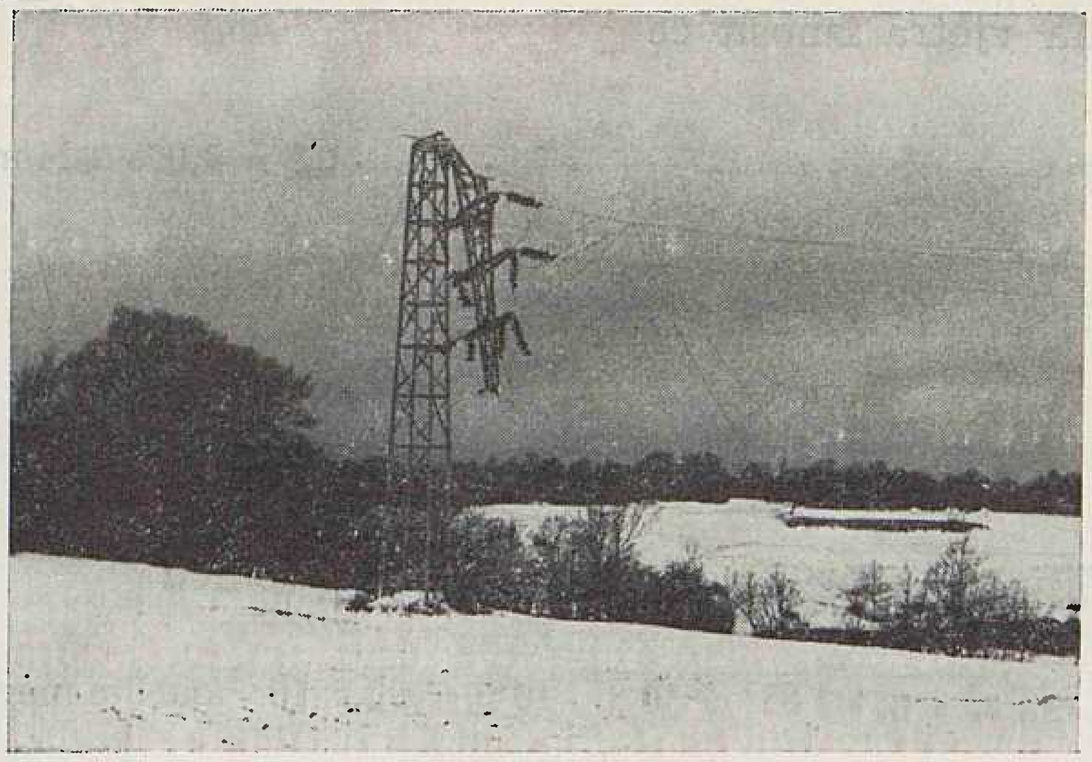
— 4 željezno-rešetkastih stupova slomljeno
— 1 željezno-rešetkasti stup, slomljena glava
— 4 željezno-rešetkastih stupova usukano
— oštećeno oko 15 000 m vodiča i zaštitnog užeta
— oštećeno oko 200 izolatora.

U ovom članku nisu obuhvaćene štete na vodovima nižih napona koje su također velike i za koje je komisija dala poseban izvještaj.

5. ANALIZA OŠTEĆENJA

Nakon uvida na mjestu događaja i detaljnog pregleda stupova, vodiča, ovjesnog materijala i izolatora dano je ovo obrazloženje:

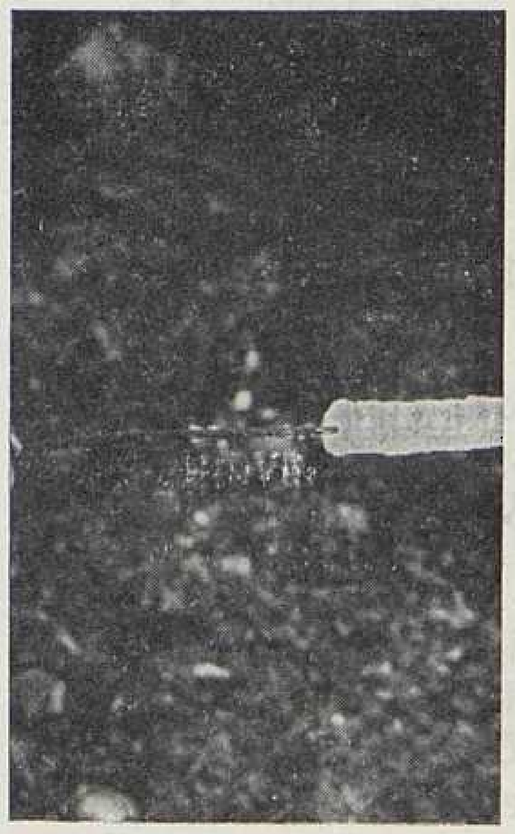
Stupovi su slomljeni, odnosno savinuti, odmah ispod donje konzole na oko 2/3 visine (sl. 2). Rušenje stupova nastupilo je zbog izvanredno ne-



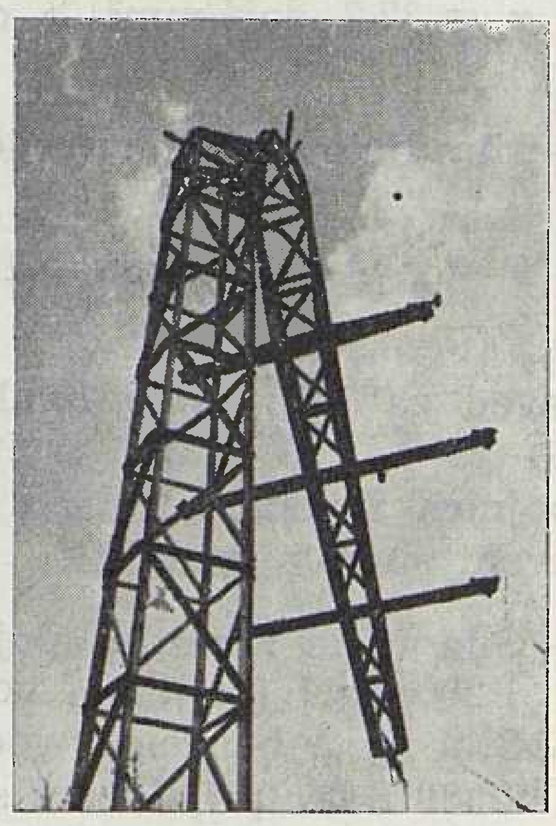
Sl. 2. DV 35 kV Žminj — Vodnjan

povoljnih vremenskih prilika, odnosno zbog prevelikog hvatanja leda na vodičima, izolatorima i na konstrukciji stupova.

Prema nalazu komisije debljina leda nahvatanog na vodičima iznosila je 6-8 cm (sl. 3). Podaci o jačini vjetra nisu poznati, ali se sa sigurnošću može tvrditi da je za vrijeme rušenja dalekovoda njegova brzina bila od 70 km/h do 90 km/h.



Sl. 3.



Sl. 4.

Kombinirano djelovanje leda i vjetra prouzrokovalo je kidanje vodiča, te je nastalo jednostrano opterećenje stupova u smjeru voda.

Zbog narušavanja ravnoteže nastupilo je djelovanje sile savijanja i torzije koje su izazvale deformiranje i rušenje stupova (sl. 4).

Nakon toga može se zaključiti da je presudnu ulogu imao dodatni teret zbog leda, potpomognut jakim vjetrom.

Sam vjetar ne bi bio izazvao oštećenja na dalekovodu, a dokaz su neoštećeni dalekovodi čije se trase nalaze u blizini mora.

6. DJELOVANJE DODATNOG TERETA

Iskustvo je pokazalo da kod istovremene pojave leda i vjetra dolazi do nepredviđenih naprezanja konstruktivnih djelova dalekovoda koja dovode do teških posljedica.

Težina dodatnog tereta zbog leda zavisi od debljine ledenog omotača i njegove specifične težine. U literaturi se daju podaci o specifičnim težinama ledenih omotača koji se kreću od 0,6 kg/dm³ do 0,9 kg/dm³. Led nastaje kad se kapljice smrznute kiše natalože na vodiču i pod utjecajem temperature (od -3 do -6°C) i vjetra pretvaraju u kompaktan ledeni omotač.

Naši sigurnosni propisi imaju prvenstveno u vidu baš takva dodatna opterećenja. U praksi kod proračunavanja dodatnog tereta koriste se ovi pojmovi:

Go — težina golog vodiča (daN/m)
Gz — težina zaleđenog vodiča (daN/m)
Gl — težina normalnog dodatnog tereta (daN/m). To je najveći led koji se prosječno javlja svakih 5 godina.
Gi — težina izuzetnog dodatnog tereta (daN/m). To je izuzetni maksimalni led koji se javlja prosječno svakih 20 godina. U 5% slučajeva postoji vjerojatnost da će biti iznad prosjeka.

Za proračun dodatnog tereta koristi se izraz

$$Gl = 0{,}18 \sqrt{d} \quad (daN/m)$$

d —promjer vodiča (mm).
Ovisno o klimatskim uvjetima propisi predviđaju da Gl može biti pomnožen faktorima (1; 1,6; 2,5; 4), dok se izuzetni dodatni teret izračunava iz izraza

$$Gi = 2\ Gl \text{ ili } Gi = Go + Ll.$$

Za djelovanje vjetra na vodiče upotrebljava se izraz

$$F = c \cdot p \cdot A \sin \alpha,$$

gdje je

F — sila djelovanja vjetra (daN)
A — površina vertikalne projekcije vodiča bez ledenog omotača (m^2)
p — tlak vjetra $P = \frac{v2}{16}$ (daN/m^2)
c — koeficijent djelovanja vjetra (za vodiče C = 1)
v — najveća brzina vjetra na tom dijelu trase prosječno svakih 5 godina.

Računski pritisak vjetra za izračunavanje sile djelovanja vjetra, prema tehničkim propisima, ne smije biti manji od

$$P_{min} = 60\ daN/m^2$$

i to za osnovnu visinsku zonu između 0 i 40 m.

7. PRORAČUN NAPREZANJA VODIČA NA DV 35 kV PAZIN — PULA

Namjera je ovog kratkog računa da dokaže da je u toku nevremena naprezanje bakrenih vodiča bilo iznad njihove prekidne čvrstoće.

Podaci vodiča

Presjek bakrenog užeta $A = 35$ mm²
Broj žica $n = 7$
Težina vodiča $Go = 0{,}31$ daN/m
Promjer vodiča $d = 8$ mm
Maksimalno naprezanje $\sigma = 12$ daN/mm²
(Uzeto iz tablice Elektrotehničkog priručnika, zbog nedostatka projekta tog dalekovoda)
Modul elastičnosti $E = 11\,000$ daN/mm²
Koeficijent toplotnog rastezanja za bakar
$\beta = 17 \cdot 10^{-6}$ / K.

Reducirana težina vodiča po jedinici površine

$$go = \frac{Go}{A} = \frac{310 \cdot 10^{-3}}{35} = 8{,}86 \cdot 10^{-6} \text{ daN/m mm}^2$$

računska težina dodatnog tereta

$$Gl = 0{,}18 \sqrt{d} = 0{,}18 \sqrt{8} = 510 \cdot 10^{-3} \text{ daN/m}$$

Reducirana težina

$$gl = \frac{Gl}{A} = \frac{510 \cdot 10^{-3}}{35} = 14{,}57 \text{ daN/m mm}^2$$

Ukupna težina vodiča s dodatnim teretom u reduciranom obliku

$$g_1 = g_0 + g_l = 8{,}86 \cdot 10^{-3} + 14{,}57 \cdot 10^{-3} = 23{,}43 \cdot 10^{-3} \text{ daN/m mm}^2$$

Sada ćemo izračunati stvarne vrijednosti dodatnog tereta. Usvojit ćemo promjer ledenog omotača $D = 10$ mm sa specifičnom težinom
$\sigma 1 = 0{,}7$ daN/dm³.

Težinu ledenog omotača izračunat ćemo iz izraza

$$Gl = \frac{(D^2 - d^2)}{4} \cdot 1 = \frac{(70^2 - 8^2)}{4} \cdot 0{,}7 \cdot 10^{-3} = 2\,660 \cdot 10^{-3} \text{ daN/m}$$

Ukupna reducirana težina zaleđenog vodiča

$$gz = \frac{Go + Gl}{A} = \frac{310 \cdot 10^{-3} + 2\,660 \cdot 10^{-3}}{35} = 85 \cdot 10^{-3} \text{ daN/m mm}^2$$

Iako naši propisi ne zahtijevaju da se u računu uzme i utjecaj vjetra, mi ćemo ipak računati s njegovim djelovanjem da bismo dobili točnije rezultate.

Usvojit ćemo brzinu vjetra $v = 22{,}2$ m/sec koja odgovara 80 km/h

Sila vjetra iznosit će

$$F = c \cdot \frac{v^2}{16} A p \sin\alpha = 1 \cdot \frac{22{,}2^2}{16} \cdot 70 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}5 = 1{,}078 \text{ daN/m}$$

Djelovanje vjetra u reduciranom obliku

$$g_v = \frac{F}{A} = \frac{1{,}078}{35} = 30{,}8 \cdot 10^{-3} \text{ daN/m mm}^2$$

Ukupno reducirano opterećenje na vodiču

$$g_2 = \sqrt{g_z^2 + g_v^2} = \sqrt{85^2 + 30{,}8^2} \cdot 10^{-3} = 90{,}4 \cdot 10^{-3} \text{ daN/m mm}^2$$

Te podatke uvrstiti ćemo u jednadžbu stanja.

$$\frac{\sigma_2 - \sigma_1}{E} + \beta(\vartheta_2 - \vartheta_1) = \frac{a^2}{24}\left(\frac{g_2^2}{\sigma_2^2} - \frac{g_1^2}{\sigma_1^2}\right)$$

$$\frac{\sigma_2 - 12}{11\,000} + 17 \cdot 10^{-6}[-5 - (-5)] = \frac{170^2}{24}\left(\frac{90{,}4^2 \cdot 10^{-6}}{\sigma_2^2} - \right.$$

$$\left. - \frac{23{,}45^2 \cdot 10^{-6}}{12^2}\right) \sigma_2^2 (\sigma_2 + 38{,}29) = 107.872{,}5$$

Kad izračunavamo ovu kubnu jednadžbu — stvarno naprezanje na vodiču iznosi

$$\sigma_2 = 37{,}7 \text{ daN/mm}^2 > \sigma_0 = 12 \text{ daN/mm}^2$$

— sila djelovanja na vodiču

$$F = 2 \cdot A = 37{,}7 \cdot 35 = 1\,319{,}5 \text{ daN.}$$

Zavod za ispitivanje kvalitete robe Zagreb obavio je 17. IV 1970. ispitivanje prekidanih sila spojnica i vodiča DV 35 kV Pazin — Pula. Dobiveni su ovi rezultati:

— Sila loma zarezne spojnice:
1 280 daN (prijelom vodiča)
— Sila loma bakrenog vodiča:
1 350 daN (prijelom u sredini)
— Sila loma klinaste spojnice:
1 160 daN (prijelom vodiča)
— Sila loma koncentrične spojnice:
1 300 daN (prijelom vodiča).

Kad usporedimo dobivenu silu djelovanja s rezultatima ispitivanja, vidimo da ona prekoračuje prekidnu silu vodiča na spojnim mjestima koja su u pravilu najslabija točka na dalekovodu.

Velika je vjerojatnost da su sile naprezanja vodiča u toku nevremena bile veće od proračunate zbog toga što je u velikom dijelu trase dalekovoda ledeni omotač imao promjer veći od 70 mm. Osim toga, brzina vjetra koji je puhao na mahove (karakteristično za buru) mogla je u nekim momentima poprimiti vrijednosti od 90 km/h, pa čak i više.

8. ZAKLJUČAK

Oštećenja nadzemnih vodova 35 kV zbog leda i vjetra u Istri su vrlo rijetka. Stoga se ono što se dogodilo 20. na 21. travnja 1980. godine može smatrati izuzetnom pojavom.

Na DV 35 kV Pazin — Pula koji je 52 godine u pogonu nije do sada zabilježen ovakav opseg oštećenja. Imajući u vidu dugogodišnju eksploataciju tog dalekovoda i dotrajalosti njegove čelično-rešetkaste konstrukcije, možemo zaključiti:

Nije potrebno korigirati parametre koji definiraju dodatni teret prilikom projektiranja dalekovoda na području Istre. Potvrda te tvrdnje jest činjenica da na DV 35 kV Vinčent — Rovinj, koji se nalazi na istom području kao DV Pazin — Pula nisu nastala nikakva oštećenja.

9. LITERATURA

9. 1. Izvještaj dispečerske službe »Elektroistre«
9. 2. Izvještaj komisije za uviđaj nastalih šteta
9. 3. Izvještaj meteorološke stanice Aerodrom Pula
9. 4. URBIHA-FEURBACH — Izabrana predavanja
9. 5. RJABKOV — Električne mreže i dalekovodi, Zagreb 1949.
9. 6. KAISER — Elektrotehnički priručnik, Zagreb 1971.

ADDITIONAL LOAD AS CAUSE OF DAMAGES ON 35 kV TRANSMISSION LINE PAZIN — PULA

In the article are described damages on 35 kV transmission line Pazin—Pula that had been caused by bad weather conditions on 20. and 21. April 1980. Analysis and calculation of additional load on the line is given.

Naslov pisaca:
Elio Sterpin, dipl. ing.
Livio Rosanda, dipl. ing.
»Elektroistra«, Pula

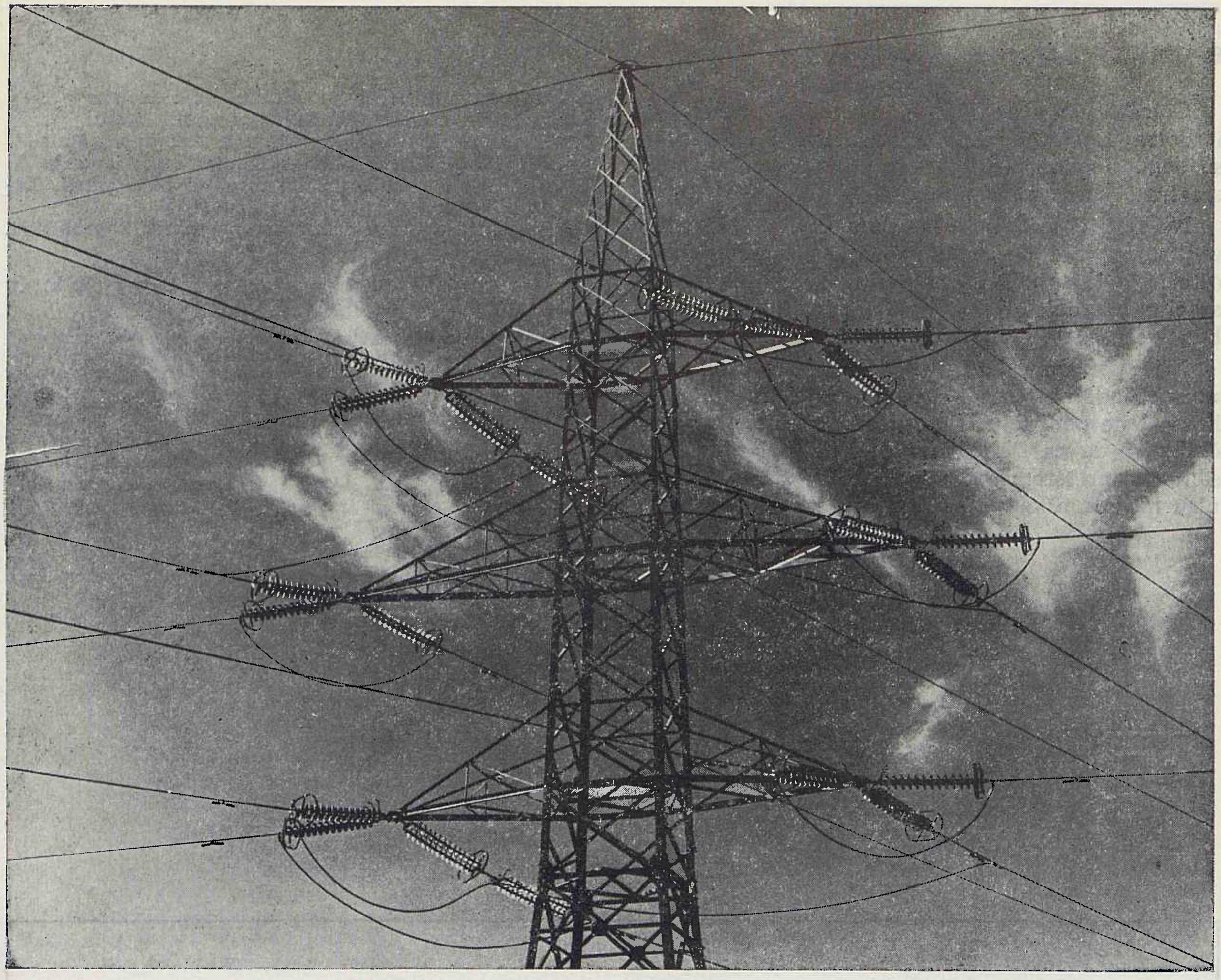
cijenjeni naši suradnici,

čitatelji i oglašivači,

neka vam je

sretna i uspješna 1981!

uredništvo



U k r a t k o

HOĆE LI U 1981. BITI VIŠE ELEKTRIČNE ENERGIJE?

Ako se ostvare prognoze i podaci na kojima se zasniva prijedlog elektroenergetske bilance jugoslavenske elektroprivrede, Jugoslavija će u 1981. godini ostvariti tako reći u svijetu rekordno povećanje potrošnje električne energije od 14,1%.

U 1981. će se završiti i uključiti u elektroenergetski sistem devet novih elektrana (HE Salakovac, Grabovica, Bočac, Trebinje II i Gazivode, jedna reverzibilna hidroelektrana Bajina Bašta, zatim jedan agregat TE Bitolj, termoelektrana-toplana Novi Sad i NE Krško).

No hoće li to biti dovoljno s obzirom na sve veću potrošnju?

Prema riječima prof. dr inž. **Lazara Ljubiše** — neće.

Gradnja novih pogona elektroenergetskog sistema i povećanje njegove snage u odnosu na razvoj i povećanje potrošnje električne energije i dalje zaostaje.

Prema Vjesniku od 28. 29. i 30. 11. o. g.

Energija God. 29 (1980) br. 11—12, 431—437.

ANALIZA STANJA ELEKTRIČNE OPREME HE »NIKOLA TESLA«

Dragutin Mihalic, Zagreb

UDK 621.311.21.005

U članku je dan skraćen prikaz ispitivanja električne opreme HE »Nikola Tesla« i analize rezultata mjerenja. Dobiveni su podaci višestruko korisni za investitora, a mogu poslužiti i kao dokaz potrebe provođenja sličnih ispitivanja na ostalim elektroenergetskim objektima u Hrvatskoj.

HE »Nikola Tesla« pripada grupi naših najstarijih elektrana; u pogonu je već više od 25 godina. Iako je relativno manje snage (3 x 30 MW), zbog svoje visoke elastičnosti i brzog uključivanja sve raspoložive snage u pogon i danas je važan izvor električne energije u Hrvatskoj.

Za vrijeme remonta 1979. godine ispitana je i kompletna električna oprema te elektrane. Mjerenja je provela mjerna ekipa Zavoda za visoki napon i jaku struju Instituta za elektroprivredu, Zagreb. Na osnovi dobivenih mjernih rezultata i provedene analize procijenjeno je stanje električne opreme i dane su osnovne smjernice za sanaciju i rekonstrukciju.

2. OPSEG ISPITIVANJA

U opsegu definiranim ugovorom ispitivana je ova električna oprema elektrane:

1. izolacija statora generatora,
2. generatori — ostale osobine i oprema,
3. energetski transformatori,
4. mjerni transformatori 110 i 35 kV,
5. postrojenje niskog napona (signalizacioni vodovi),
6. odvodnici prenapona,
7. uzemljenje elektrane,
8. zaštita, mjerenje i signalizacija,
9. ostala pomoćna oprema.

Ovdje će biti iznesene glavne osobine značajnije električne opreme, s osvrtom na provedene mjerne metode, usvojene kriterije i preporučene sanacijske zahvate.

3. PROCJENA STANJA ELEKTRIČNE OPREME

3.1. Ispitivanje izolacije statora generatora

HE »Nikola Tesla« raspolaže sa 3 hidrogeneratora nazivnog napona 10,5 kV, snage 35 MVA.

Na generatorima broj 1 i 3 izvedena je u toku 1974. i 1975. godine potpuna regeneracija statorskog izolacionog sistema. Nova izolacija izvedena je u klasi F i do dana ispitivanja u pogonu je bila dovoljno dugo da se završi proces stabilizacije koji je nužan za svaki novi izolacioni sistem.

Statorska izolacija generatora broj 2 nije regenirana, a izvedena je u klasi B. U toku 1974. godine na njemu su izvršena mjerenja faktora dielekričnih gubitaka i izolacionog otpora.

Na sva 3 generatora obavljena su ova ispitivanja statorske izolacije:

1) vizualni pregled statorske izolacije,
2) mjerenje karakteristika izolacije niskim istosmjernim naponom 1 000 V, u hladnom i toplom stanju,
3) mjerenje kapaciteta i faktora dielektričkih gubitaka tgδ u ovisnosti o naponu, u hladnom i toplom stanju.

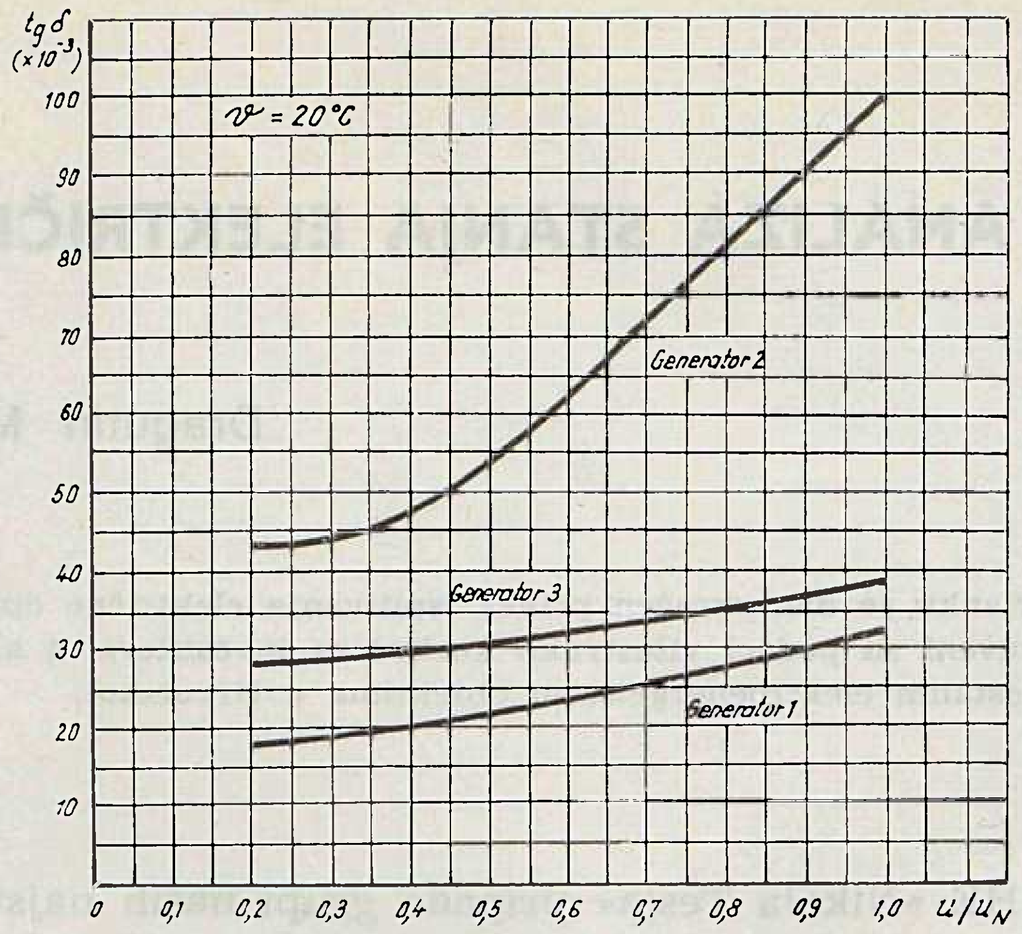
Mjerenjima je dobiveno dovoljno parametara za procjenu stanja statorske izolacije svih triju generatora. Uočene su ove važne karakteristike:

1) Statorski namot svih generatora, a osobito generatora 2, vrlo je zaprašen i pouljen. Krivnja je na sistemu ventilacije generatora, gdje ventilator usisava zrak iz prostora kolektora budilice i tjera ga prema namotima generatora. Na taj se način grafitna prašina, proizvedena trošenjem četkica, nanosi na statorski namot. Isto se događa i s fino raspršenim kapljicama ulja iz sistema podmazivanja ležaja.
   Grafitna prašina i ulje djeluju svakako razarajuće na statorski izolacioni sistem, slabeći mu izolacioni otpor, a u toku vremena i dielektričku čvrstoću.
2) Parametri izolacije statora generatora 1 i 3 takvi su da svjedoče o novoj i vrlo dobroj izolaciji.
3) Izolacioni sistem generatora broj 2 ostario je u tolikoj mjeri da je *potrebna* njegova potpuna *regeneracija*. Taj zaključak treba detaljnije obrazložiti.

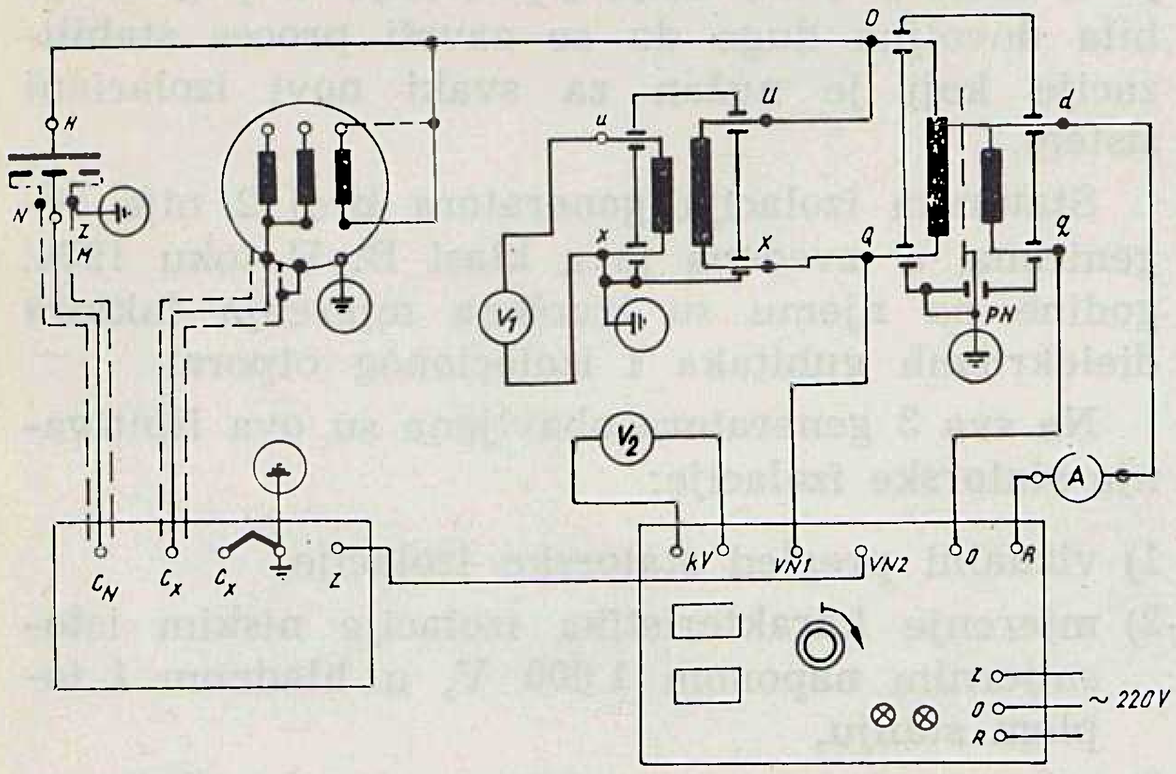
Spomenimo najprije upotrijebljene mjerne metode.

Mjerenje niskim istosmjernim naponom 1 000 V provedeno je po uobičajenoj U-I metodi. Nakon priključenja izvora napona na objekt struja nabijanja mjerila se u toku 10 minuta; zatim se izvor isključio i u toku slijedećih 10 minuta mjerila struja izbijanja. Ta metoda je upotrijebljena za dobivanje parametara izolacije (izolacioni otpor R_{10}, indeks polarizacije, vremenska konstanta izolacije τ_{10} i specifična struja izbijanja S) koji mogu poslužiti kao jedna od osnova za procjenu stanja.

Mjerenje kapaciteta i faktora dielektričkih gubitaka tgδ u ovisnosti o naponu izvedeno je Scheringovim mostom uz vrlo finu regulaciju napona ispitnog transformatora, prema mjernoj shemi danoj na sl. 1. Dobiveni podaci mogu poslužiti kao baza za procjenu relativne starosti i izraženosti parcijalnih izbijanja ispitanog izolacionog sistema.



Sl. 2. Ovisnost faktora tg o naponu za generatore HE »Nikola Tesla«

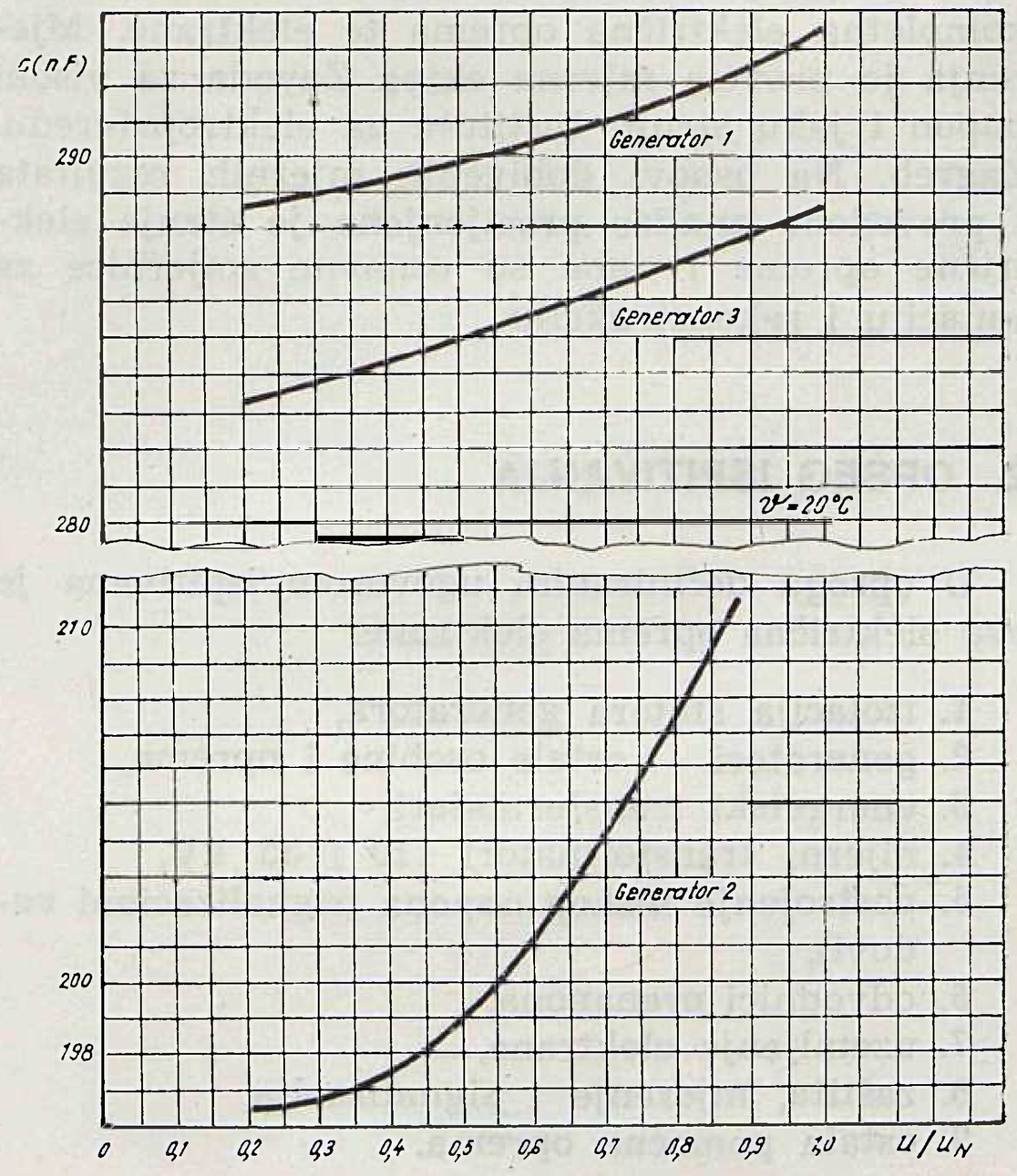


Sl. 1. Mjerenje faktora tg i kapaciteta Scheringovim mostom na generatoru

Parametri dobiveni ovim mjerenjima prezentirani su za karakteristične faze generatora u tablici 1. i 2.

Kao važni podaci poslužile su međusobne usporedbe generatora 2 i ostalih generatora kod ovisnosti faktora tgδ u ovisnosti o naponu (sl. 2), kapaciteta u ovisnosti o naponu (sl. 3) te kod vrijednosti vremenske konstante τ_{10} (tabl. 1. i sl. 4).

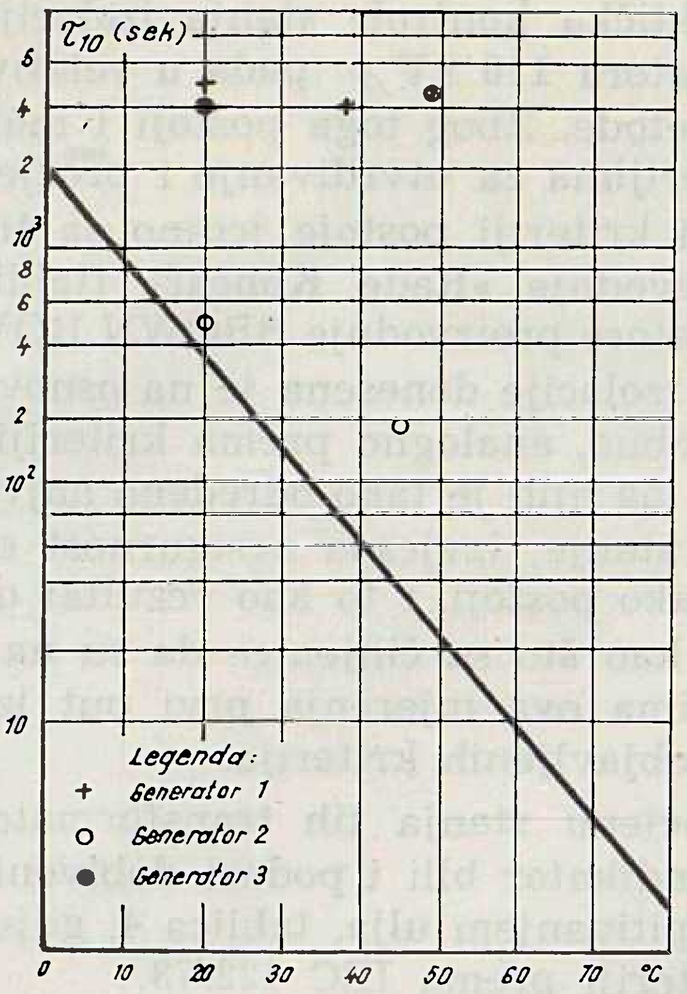
Indikativan podatak je i usporedba mjerenja tgδ u ovisnosti o naponu provedenih ranije (1974) i sada, prezentirano dijagramom na sl. 5, za generator br. 2.



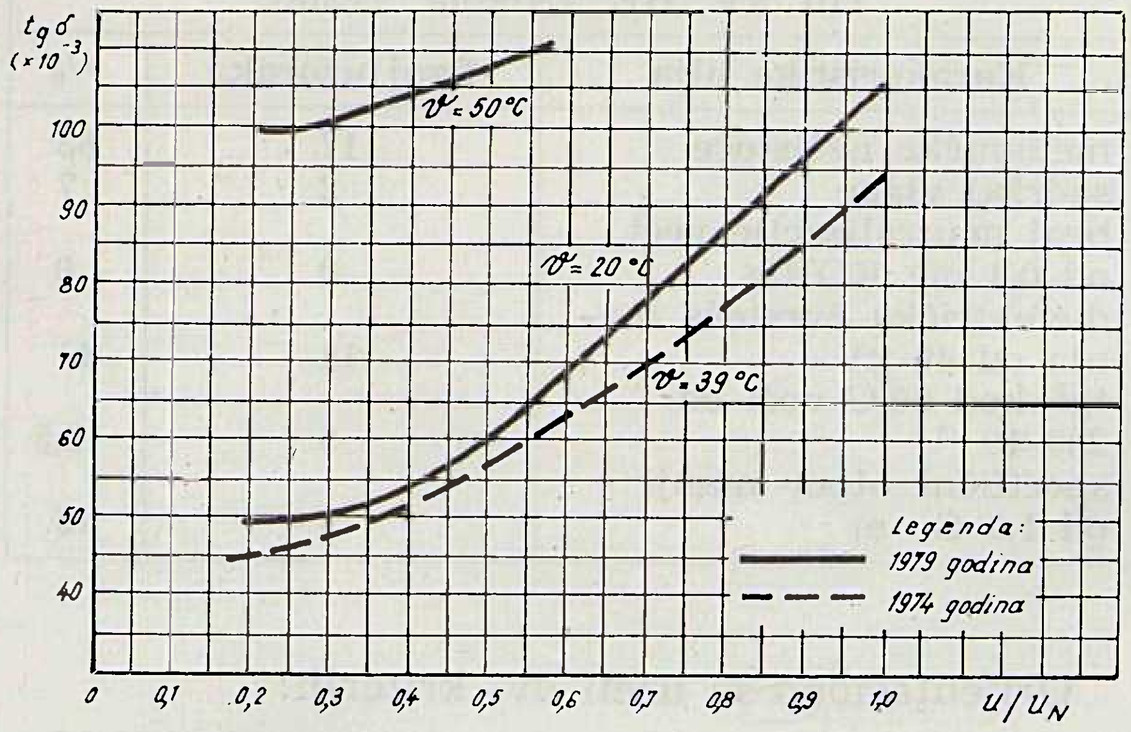
Sl. 3. Ovisnost kapaciteta o naponu za generatore HE »Nikola Tesla«

Tablica 1.

Ispitivanje izolacije generatora niskim istosmjernim naponom 1000 V						
	Generator br. 1		Generator br. 2		Generator br. 3	
Temperatura izolacije (°C)	20	39	20	45	20	49
R_{60}" (MΩ)	2 683	3 143	690	256	3 014	3 143
R_{10} (MΩ)	16 418	14 102	1 718	866	16 418	15 068
N —	6,1	4, 5	2,5	3,4	5,4	4,8
τ_{10} (sek)	4 808	4 152	441	204	4 703	4 317
S (mA/VF)	1,0	0,77	4,0	11,6	0,9	0,86



Sl. 4. Vremenska konstanta za generatore HE »Nikola Tesla«



Sl. 5. Ovisnost tg o naponu za generator br. 2 HE »Nikola Tesla«

Tablica 2.

Mjerenje faktora diel. gubitaka tgδ u ovisnosti o naponu

tgδ (X10⁻³)	Generator br. 1		Generator br. 2		Generator br. 3	
Temperatura izolacije (°C)	20	41	20	50	20	50
tgδ 0,2	18,3	18,3	43,8	93,2	42,8	28,2
tgδ 0,6−tgδ 0,2	5,5	5,3	18,1	15,5	4,8	5,0
$(\Delta tg\delta/\Delta U)_{max}$	2,2	2,5	9,9	—	1,4	1,5
U_{KN} (kV)	$>U_N$	$>U_N$	3	3	$>U_N$	$>U_N$

Iz navedenih tablica i dijagrama očito se može zaključiti slijedeće:

Parametri stanja izolacije statora generatora br. 2 pokazuju daljnje pogoršanje već uočenog lošeg stanja. Zbog intenzivnih parcijalnih izbijanja stvorila su se i lokalna slaba mjesta u izolaciji (to se i manifestiralo prilikom mjerenja tgδ — namot faze T probio je kod napona 8 kV!). Namot je relativno suh, ali vrlo zaprljan i pouljen. Ostarjelost izolacije je očita; ona pri normalnim eksploatacijskim uvjetima trpi velika naprezanja.

Da se do ovog zaključka dođe, dovoljno je pogledati samo dvije činjenice:

a) već kod prvog mjerenja 1974. godine (mjerna ekipa »Rade Končara«) upozoreno je na loše stanje i predložena je regeneracija. Porast tgδ s naponom sada je još izraženiji — stanje, dakle, lošije;
b) parcijalna izbijanja su veoma izražena i pojavljuju se čak i prije faznog napona — napon praga ionizacije je samo 3 kV (fazni napon je oko 6 kV!), maksimalni gradijent porasta tgδ je iznad dopuštene granice — prema austrijskoj i njemačkoj praksi je to 5×10^{-3} / kV — pa je sigurno da je proces raslojavanja izolacije već uzeo maha.

Iz toga, samo djelomičnog, uvida u provedenu analizu i procjenu stanja statorske izolacije slijede i potrebne sanacijske mjere:

1) Preporučuje se izmjena statorske izolacije generatora 2.
2) Potrebno je neizostavno izmijeniti sistem ventilacije, koji ne ugrožava samo statorski, već još više i rotorski namot. Nanošenje grafitne prašine i ulja na namote valja svakako spriječiti.

3.2. Ostala ispitivanja generatora

Na generatorima su provedena još ova ispitivanja:

1) mjerenje osovinskih napona i kontrola protjecanja ležajnih struja,
2) mjerenje karakteristike izolacije rotorskog namota i kliznih prstenova te rotorskog i statorskog namota budilice,
3) mjerenje otpora vodiča namota statora,
4) ispitivanje izolacije kućnog agregata,
5) kontrolno-vizualni pregledi magnetskog kruga statora i namota rotora generatora, magnetskog kruga i namota budilice, kolektora i kliznih prstenova.

Bilo bi svakako interesantno provesti termovizijsko snimanje namota statora generatora da se prekontroliraju spojna mjesta. Na žalost, Institut za elektroprivredu još ne raspolaže takvim, u ispitivanjima elektroenergetskih postrojenja, sve potrebnijim i značajnijim mjernim uređajem.

Bez ulaženja u detalje, nabrojena ispitivanja dovela su do ovih zaključaka (važnijih):

1) Sigurno je da je stanje izolacije rotorskih namota svih triju generatora zabrinjavajuće. Izolacioni otpor je malen i promjenljiv (npr. ukupni izolacioni otpor rotorskog namota svih po-

lova kod generatora 2 iznosi svega 75 kΩ; pojedini polovi izdvojeni imaju izolacioni otpor samo 340 do 400 kΩ).
Razloge toga treba tražiti u već spomenutom razarajućem djevovanju grafitne prašine i ulja, odnosno u ovlaženosti rotorskog namota.

2) Osovinski naponi su tolikog iznosa (2,5 do 6,5 V) da je česta kontrola izolacije ležajeva neophodna. To prije što se zna da je izolacija ležajeva podložna brzom starenju i propadanju zbog velikog pritiska na izolacioni sloj te stalne prisutnosti vlage i ulja.

Zbog toga su preporučeni ovi važniji zahvati:

1) treba promijeniti sistem ventilacije generatora — spriječiti nanašanje grafitne prašine i ulja na namote;
2) obavezno je provesti brižljiv proces pranja rotorskih namota, a zatim njihovo sušenje zagrijanim zrakom, mora se postići izolacioni otpor od barem 1 MΩ;
3) treba osigurati mogućnost česte provjere izolacije ležajeva voltmetarskom metodom da se izbjegne opasnost protjecanja ležajnih struja.

3.3. Ispitivanje mjernih transformatora 110 kV

Ovo ispitivanje obuhvatilo je mjerenje izolacionog otpora istosmjernim naponom 1 000 V. U slučajevima lošeg ili sumnjivog stanja izolacije uzimani su uzorci ulja na laboratorijsko ispitivanje.

Kontrola stanja izolacije izvršena je na svim strujnim transformatorima i na nekim naponskim gdje je bilo moguće odvojiti donji dio VN namota od mase.

Tablica 3.

Granice za ocjenu stanja izolacije (dobar-loš) za mjerne transformatore 110 kV proizvodnje »Rade Končar«			
Vrsta trasformatora	R_i-10 (GΩ)		Oznaka stanja
	VN : NN	VN : M	
STRUJNI APU 110 (stariji tipovi-nisu više u proizvodnom programu)	0 — 10	—	RO
	10 — 30		R
	30 — 60		PR
	> 60		(+)
NAPONSKI VPU 110 (stariji tipovi)	0 — 10	—	RO
	10 — 40		R
	40 — 100		PR
	> 100		(+)
STRUJNI APU — 123	—	0 — 20	RO
		30 — 60	R
		60 — 200	PR
		> 200	(+)

RO — odmah isključiti iz pogona
R — isključiti iz pogona u roku od 6 mjeseci
PR — isključiti iz pogona najkasnije u roku od godine dana, odnosno prije isteka tog roka ponoviti mjerenje
(+) — ponoviti mjerenje nakon 2-3 godine

Profilaktička kontrola stanja izolacije mjernih transformatora 110 kV pripada u relativno novije mjerne metode. Zbog toga postoji i malo podataka o kriterijima za utvrđivanje i procjenu stanja. Objavljeni kriteriji postoje jedino za transformatore proizvodnje »Rade Končar« (tablica 3). Za transformatore proizvodnje BROWN BOVERI ocjena stanja izolacije donesena je na osnovi usporedbe međusobno, analogno prema kriterijima »Rade Končara«. Za njih je tako određeno najvjerojatnije pogonsko stanje; izvjesna nesigurnost ovakve ocjene svakako postoji, i to kao rezultat objektivnih okolnosti kao što su činjenice da su na tim transformatorima ova mjerenja prvi put izvršena, te da nema objavljenih kriterija.

Za procjenu stanja tih transformatora dragocjeni su indikator bili i podaci dobiveni laboratorijskim ispitivanjem ulja, tablica 4, gdje su se koristili kriteriji prema IEC 422/73.

Tablica 4.

Rezultati ispitivanja ulja iz mjernih transformatora 110 kV HE »Nikola Tesla«		
Karakeristike ulja	Broj uzoraka	%
mehaničke nečistoće	17	63
sadržaj vlage	2	7
broj neutralizacije veći od 0,3 mg KOH/g	0	0
dielektrička čvrstoća manja od 40 kV	11	41
tgδ kod 90°C veći od $200 \cdot 10^{-3}$	5	18,5
specifični otpor manji od 1,0 G m	4	15

Orijentaciono su uzeti ovi kriteriji:

1) za mjerne transformatore BBC tip TMR 110 izolacioni otpor R_{10} manji od oko 40 GΩ imaju transformatori u lošem ili barem sumnjivom stanju;
2) za mjerne transformatore BBC tip TMR_g 110 ova je granica određena sa oko 70 GΩ

Prema tome, procjena stanja mjernih transformatora izvršena je na osnovi rezultata ispitivanja ulja i mjerenja otpora izolacije, uzimajući u obzir postojeće kriterije te međusobnim uspoređivanjem rezultata.

Osim toga, treba imati na umu dvije činjenice:

1) mjerni transformatori su već dugi niz godina u pogonu bez ikakvih sanacija izolacionog sistema;
2) izvedba transformatora je starijeg tipa, gdje je ulje u direktnom dodiru sa zrakom; što znači da lako dolazi do kondenziranja vlage i njezina upijanje u ulje, što znači u higroskopniji papir izolacionog sistema.

Statistički prikaz rezultata mjerenja izolacionog otpora prikazan je u tablici 5.

Tablica 5.

Vrijednost izolacionog otpora mjernih transformatora 110 kV u HE »Nikola Tesla«

TIP	MJERNI SPOJ	Izolacioni otpor (GΩ)	KOM	%
BROWN BOVERI TMR 110	VN : M	0 — 40	5	21
		40 — 100	13	54
		100 — 150	6	25
		> 150	0	0
BROWN BOVERI TMRg 110	VN : M	0 — 70	0	0
		70 — 150	5	56
		150 — 300	3	33
		> 300	1	11
RADE KONČAR APU — 123	VN : M	0 — 30	0	—
		30 — 60	1	—
		60 — 200	1	—
		> 200	1	—
RADE KONČAR APU — 110	VN : NN	0 — 10	0	—
		10 — 30	0	—
		30 — 60	1	—
		> 60	2	—
RADE KONČAR VPU — 110	VN : NN	0 — 10	0	—
		10 — 40	0	—
		40 — 100	1	—
		> 100	3	—

Utvrđeno je da je malo mjernih transformatora 110 kV na koje nema nikakvih primjedbi; velik je broj onih čije je pogonsko stanje nesigurno ili barem sumnjivo, te gdje su potrebni zahvati za poboljšanje izolacije.

U najvećem broju transformatora potrebno je provesti proces filtriranja i centrifugiranja ulja, a na nekima i regeneraciju odnosno zamjenu ulja i sušenje izolacije.

Preporučuje se također da se na svim transformatorima, po mogućnosti, postavi i ugradi nova glava s kapama sa silikagelom, kako bi se ipak odijelilo ulje od direktnog dodira s vlagom iz zraka.

3.4. Ispitivanje mjernih transformatora 35 kV

Mjerni transformatori 35 kV u pogonima su isto tako dugi niz godina, poneki i više od 20. Mjerenje izolacionog otpora na njima izvedeno je prvi put tek prilikom ovih ispitivanja.

Kako podataka o mjerenjima izolacionog otpora na ovim transformatorima gotovo i nema, procjena stanja izvršena je na osnovi uspoređivanja mjernih rezultata.

Takvom analizom bilo je moguće uočiti one mjerne transformatore koji su se svojim vidljivo lošijim osobinama izdvajali od ostalih istoga tipa. Otkriveno je 5 transformatora u vrlo lošem stanju, koji će se morati zamijeniti.

Za ostale mjerne transformatore 35 kV može se reći da su u zadovoljavajućem stanju.

Za ilustraciju dani su mjerni podaci za transformatore tipa VKU-38 i VKU 1-38, proizvodnje »Rade Končara«, kao i za transformatore tipa ADA-2 (tablice 6, 7 i 8).

Tablica 6.

Vrijednost izolacionog otpora mjernih transformatora 35 kV tipa VKU-38 u HE »Nikola Tesla« — mjerni spoj: VN : M

Redni broj	POLJE		R_{i-10} (G)
1.	PLASE	R—S	101,9
2.	PLASE	S—T	76,4
3.	CRIKVENICA	R—S	550
4.	CRIKVENICA	S—T	20,8
5.	VRATA	R—S	86,6
6.	VRATA	S—T	104,8
7.	KRK	RS	171,9
8.	KRK	S—T	141
9.	JŽ	RS	247,2
10.	JŽ	S—T	440
11.	706902	rezerva	500
12.	706903	rezerva	1 100
13.	706914	rezerva	500

Tablica 7.

Vrijednost izolacionog otpora mjernih transformatora 35 kV tipa VKU 1-38 u HE »Nikola Tesla« — mjerni spoj: VN : NN

Redni broj	POLJE	FAZA	
1.	MJERNO-SISTEM I	R	1 018,5
2.	MJERNO-SISTEM I	S	733,3
3.	MJERNO-SISTEM I	T	400
4.	MJERNO-SISTEM II	R	100,5
5.	MJERNO-SISTEM II	S	166,7
6.	MJERNO-SISTEM II	T	536,6
7.	701830	rezerva	73,3
8.	701843	rezerva	130,9
9.	705828	rezerva	1 170

Tablica 8.

Vrijednosti izolacionog otpora mjernih transformatora 35 kV tipa ADA 2 u HE »Nikola Tesla« — mjerni spoj: VN : M

Redni broj	POLJE	FAZA	R_{i-10} (G)
1.	CRIKVENICA	R	< 1 000
2.	CRIKVENICA	S	< 1 000
3.	CRIKVENICA	T	< 1 000
4.	VRATA	R	< 1 000
5.	VRATA	S	< 1 000
6.	VRATA	T	< 1 000
7.	JŽ	R	< 1 000
8.	JŽ	S	186
9.	JŽ	T	< 1 000

a) Usporedbom vrijednosti izolacionog otpora bilo kojeg od rezervnih transformatora tipa VKU-38 (tablica 6) s transformatorima u pogonu, vidljivo je da su svi transformatori u još dovoljno dobrom stanju, osim možda transformator pod rednim brojem 4, čije je stanje svakako sumnjivo s obzirom na nizak izolacioni otpor.

Preporučuje se da se na njemu nakon godinu dana ponovno provede mjerenje izolacionog otpora ili da se već sada zamijeni.

b) Iz tablice 7 vidljivo je da su dva rezervna transformatora, redni brojevi 7. i 8. u lošijem stanju od većine ostalih koji su u pogonu!

c) Mjerni transformatori ADA-2 imaju vrlo visok izolacioni otpor. Zbog toga upravo »strši« mjerni transformator u fazi S, polje JŽ, redni broj 8, svojim vrlo niskim izolacionim otporom. Njegova zamjena je očito nužna.

3.5. Ispitivanje signalizacionih kabela

Ispitivanje signalizacionih kabela provedeno je pregledom instalacije niskog napona i signalizacionih kabela na licu mjesta, odabiranjem uzoraka i laboratorijskim ispitivanjem na uzorcima.

Pregledom i mjerenjima utvrđeno je:

1) Signalizacioni kabeli s plastičnom izolacijom su u dobrom i zadovoljavajućem stanju.
2) Signalizacioni kabeli tipa SOJŽ ne zadovoljavaju uvjetima sigurnog pogona zbog ovih činjenica:

a) ovi kabeli, s gumenom izolacijom, ispunom od papira, olovnim plaštem, antikorozivnom zaštitom od jute premazane asfaltnom masom i armaturom od dva sloja čeličnog lima premazanog asfaltnom masom su ugrađeni i nalaze se u pogonu preko 25 godina;
b) na mnogim mjestima zapaženo je ozbiljno oštećenje vanjskog armaturnog omotača, gdje su u oba slučaja čelične trake uništene korozijom; izolacija je na krajevima, na priključnim mjestima, također vidljivo propala;
c) laboratorijskim je ispitivanjem utvrđeno da uzroci žila SOJŽ kabela ne zadovoljavaju pri ispitivanju dielektrične čvrstoće.

Prema tome, gumena je izolacija toliko ostarjela da kabel više nije pogodan za upotrebu, odnosno da je dotrajao.

Signalizacioni kabeli tipa SOJŽ moraju se zbog toga hitno zamijeniti novima. Preporučena je upotreba kabela s plastičnom izolacijom.

3.6. Ispitivanje odvodnika prenapona

Odvodnici prenapona ispitivani su mjerenjem proradnih izmjeničnih napona. Odvodnici 110 kV ispitivani su na rasklopištu; bili su odvojeni od sabirnica, ali nisu skidani s postolja. Odvodnici 35 kV skidani su s postolja i donošeni do ispitnih aparata.

Za ocjenu ispravnosti mjerenjem izmjenićnih proradnih napona uzeti su kriteriji određeni prema JUS N.B2.050/III-1966. i VDE 0675, Teil 1., god. 1972, te prema podacima proizvođača.

Donja granica proradnog napona prema JUS-u je 1,5 x nazivni napon odvodnika. Gornju granicu izmjeničnog proradnog napona JUS ne propisuje; VDE (koji je novijeg datuma) je međutim, ima. Uzimajući u obzir i podatke proizvođača, određene su ove gornje granice izmjeničnoga proradnog napona:

A) odvodnici za mreže nazivnog napona
od 10 do 35 kV
2,1 x nazivni napon odvodnika

B) odvodnici namijenjeni upotrebi u
mrežama nazivnog napona 110 i 220 kV
2,2 x nazivni napon odvodnika.

Tako određene granice znatno su veće od onih u VDE-u, ali su u skladu s podacima proizvođača za starije tipove odvodnika.

Rezultati dobiveni mjerenjem pokazuju da čak 22 odvodnika prenapona nije ispravno. Ispravno je samo 12 odvodnika za mrežu 35 kV i 3 odvodnika za mrežu 110 kV!

Osim toga, rezervni ispravni odvodnici ASEA XBC 37 nazivnog napona 37 kV nisu pogodni za upotrebu ako se uzmu u obzir načela koordinacije izolacije. Naime, za mrežu nazivnog napona 35 kV, kojoj zvjezdište nije efikasno uzemljeno i gdje najviši napon iznosi 38 kV, nazivni napon odvodnika prenapona smije biti minimalno 39 kV.

Neispravne odvodnike treba svakako zamijeniti novima. Preporučena je upotreba ovih odvodnika:

a) za mrežu 35 kV
MINEL — BBC, tip HLM 40 ili MEHANIKA, tip KVPO/10/42,

b) za mrežu 110 kV
MINEL — BBC, tip HLM 110 ili HML 110, ili MEHANIKA KVPO/10/108.

Njihovim postavljanjem postigla bi se ispravna prenaponska zaštita u pogledu izbora odvodnika prenapona.

3.7. Ispitivanje uzemljivača

Ispitivanje uzemljivača provedeno je u ovom opsegu:

a) mjerenje ukupnog otpora uzemljivača,
b) mjerenje ekvipotencijalnih linija,
c) mjerenje napona dodira i koraka unutar i izvan postrojenja i kruga elektrane.

Ispitivanje uzemljivača provedeno je U—I metodom. Za pomoćni uzemljivač (strujna sonda) korišten je uzemljivač TS Crikvenica. Kao izvor mjerne struje korišten je generator kućnog agregata. Za priključak elektronskog voltmetra upotrijebljen je koaksijalni kabel, posebno polagan do udaljenosti prestanka porasta potencijala ispitivanog uzemljivača.

Utvrđena je ukupna impedancija uzemljivača HE »Nikola Tesla« od 0,14Ω.

Kako je za sadašnje stanje mreže struja jednopolnog kratkog spoja u postrojenju oko 11 000 A, to će potencijal uzemljivača iznositi 1 545 V u slučaju takvog kvara.

Izvan ograde postrojenja postoji nekoliko mjesta s previsokim naponima dodira. Tamo će biti potrebno provesti preporučene zaštitne mjere ukapanja uzemljivačke trake i nasipavanja sloja šljunka.

Opravdano je sumnjati da su sve uzemljivačke trake na području HE međusobno spojene.

Zbog činjenice da će oko 1982. godine — puštanjem u pogon drugog dijela rasklopnog postrojenja MELINA, koje je sada u izgradnji — na području elektrane povećati struja jednopolnog kratkog spoja na 14,94 kA, bit će do tog perioda potrebno:

1) sanirati uzemljivač na onim mjestima gdje je to preporučeno,
2) pouzdano povezati sve uzemljivače na području elektrane međusobno.

Nakon ovih zahvata bit će potrebno ponovno mjerenje napona dodira i koraka, te ekvipotencijalnih linija s obzirom na novu konfiguraciju uzemljivača i na povećanu početnu struju jednopolnoga kratkog spoja.

4. POTREBA PERIODIČKIH ISPITIVANJA I KONTROLE STANJA

Obavljena ispitivanja el. opreme HE »Nikola Tesla« dala su dovoljno mjernih podataka da se provede zadovoljavajuća stručna analiza trenutnog pogonskog stanja ispitane opreme. Jedan manji dio mjerenja proveden je radi dobivanja početnih podataka za kasnija preventivna ispitivanja.

Češće ispitivanje el. opreme, periodička kontrola i preventivna ispitivanja pokazala su se kao nužna u budućem pogonu ove hidroelektrane. Tu tvrdnju opravdava nekoliko činjenica:

1) Cjelokupna el. oprema hidroelektrane je već dugoga pogonskog vijeka. S povećanjem vremena upotrebe raste i vjerojatnost nastanka kvara jer se oprema troši i stari. Osobito neugodni mogu biti onda iznenadni kvarovi na važnijim komponentama el. opreme.
2) Sanacija iznenadnog kvara zahtijeva neplaniran prekid pogona, mnogo vremena za provedbu, dakle povećane troškove.
3) Ispitivanja su pokazala da je dobar dio el. opreme hidroelektrane u barem nesigurnom pogonskom stanju, odnosno pri kraju životne dobi, ali još uvijek pogodan za eksploataciju.
4) Preventivna ispitivanja omogućuju stalan uvid u trenutno stanje opreme; tendencija kvara može se na vrijeme uočiti. Stoga se i eventualni popravci mogu planirati unaprijed. Rezultat su smanjeni troškovi održavanja.

Permanentnom kontrolom i profilaktičkim ispitivanjem pogonskog stanja el. opreme hidroelektrane olakšat će se njezino održavanje i osigurat visoka pogonska sigurnost postrojenja, što će omogućiti bolje planiranje proizvodnje i raspodjele električne energije.

5. ZAKLJUČAK

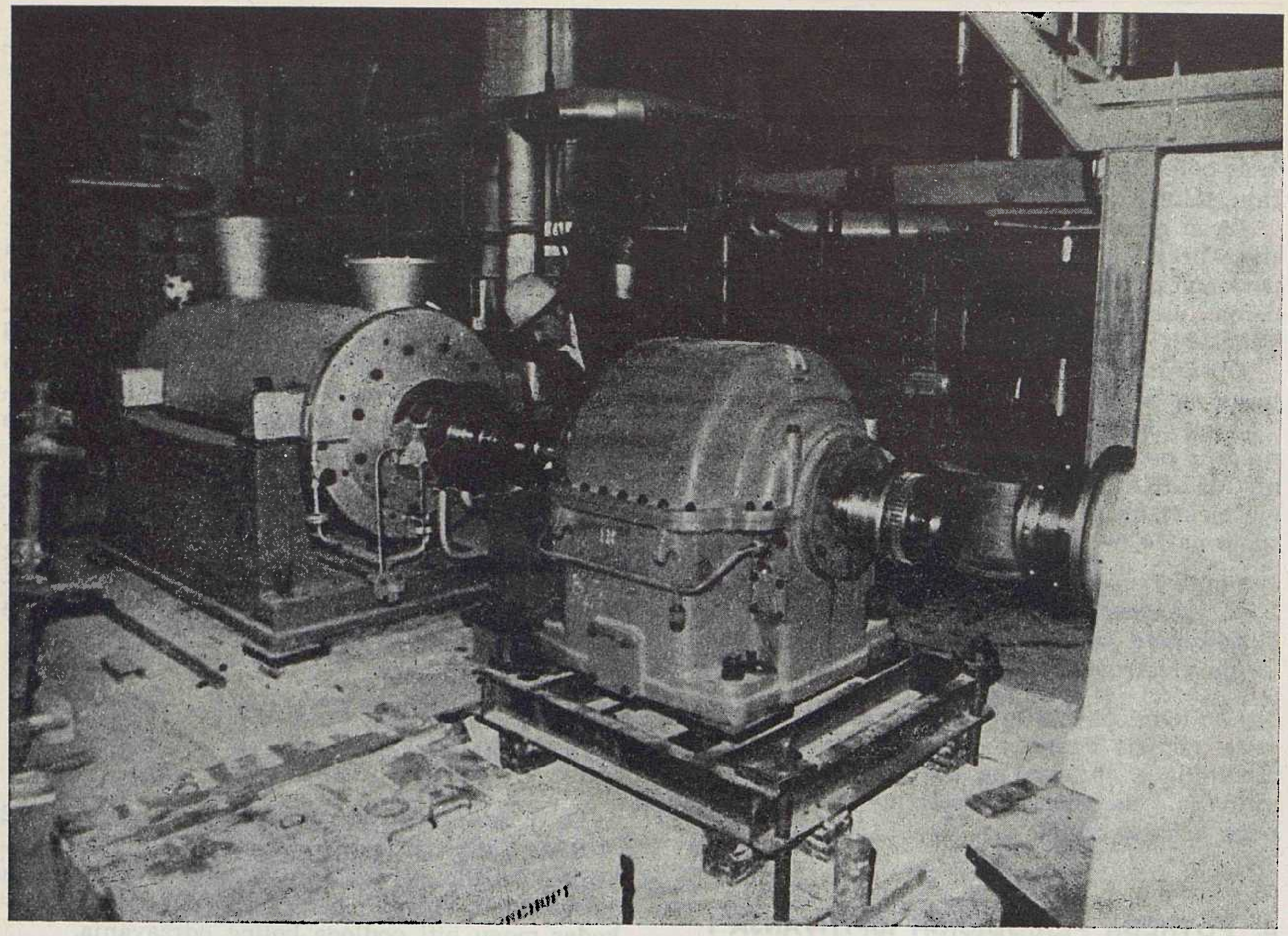
Ovaj skraćeni prikaz ispitivanja el. opreme HE »Nikola Tesla« pokazuje opravdanost njihove provedbe. Pružila su dovoljno značajnih informacija o trenutnom stanju i potrebnim sanacijama, a također mogu biti podloga boljeg održavanja.

Razmatrajući dobivene rezultate i zaključke, ispitivanja su opravdala očekivanja. Korisnost ovakvih ispitivanja na starijim elektranama je nesumnjiva. Realno je zato očekivati da se ispitivanja ove vrste nastave i na ostalim elektroenergetskim objektima u Hrvatskoj.

ANALYSIS OF ELETRICAL EQUIPMENT CONDITION IN HPP »NIKOLA TESLA«

In the article presented shortened review of exeminations on electrical equipment in HPP »Nikola Tesla«, with analysis of results. Obteined results are of great value for investers, and can be used as example for similar examinations on other power plants in SR Croatia.

Naslov pisca:
Dragutin Mihalic, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb



ISPRAVAK

U broju 9—10, u članku inž. Mije Martinka, osim nekoliko pogrešno otisnutih znakova, 1 krivo ubačen redak na str. 361, u drugom odjeljku desnog stupca, sasvim je poremetio smisao rečenice. Pravilan tekst glasi:

U funkcionalna ispitivanja uključene su one provjere čiji rezultati mogu pomoći u evoluciji rezultata ispitivanja u smislu procjene utjecaja defekata otkrivenih bezrazornim ispitivanjima na eksploatibilnost, sigurnost i trajnost pogona hidroenergetskih komponenata. S druge strane, planirane radne provjere mogu dati značajan doprinos u sagledavanju uzroka pojave nehomogenosti materijala.

Energija God. 29 (1980) br. 11—12, 439—442.

ODUZIMANJE PARE IZ NUKLEARNOG REAKTORA NE GÖSGEN ZA POTREBE TEHNOLOŠKIH KORISNIKA

Zlatko Milanović, Zagreb

UVOD

Danas smo svjedoci veoma intenzivne izgradnje nuklearnih elektrana u gotovo svim razvijenim državama. Klasične termoelektrane sve više zamjenjuju i dopunjuju nuklearne elektrane, koje u ukupnoj proizvodnji električne energije ostvaruju sve veće postotke. Prema »Bulletin of Electric Energy Statisties« za razvijene industrijske zemlje vrijedi slijedeća tablica porasta postotnog udjela nuklearnih elektrana u ukupnoj proizvodnji električne energije:

	postotni udio NE u proizvodnji el. energije	
	70. godine	78. godine
SR Njemačka	2,5 %	10,7 %
Francuska	3,7 %	12,2 %
V. Britanija	9,8 %	12,5 %
Španjolska	1,6 %	7,3 %
SAD	1,3 %	11,3 %
Nizozemska	0,9 %	7,3 %
Italija	2,7 %	2,3 %
Švedska	0,1 %	24,6 %
Belgija	0,2 %	25 %
Švicarska	0	17,8 %

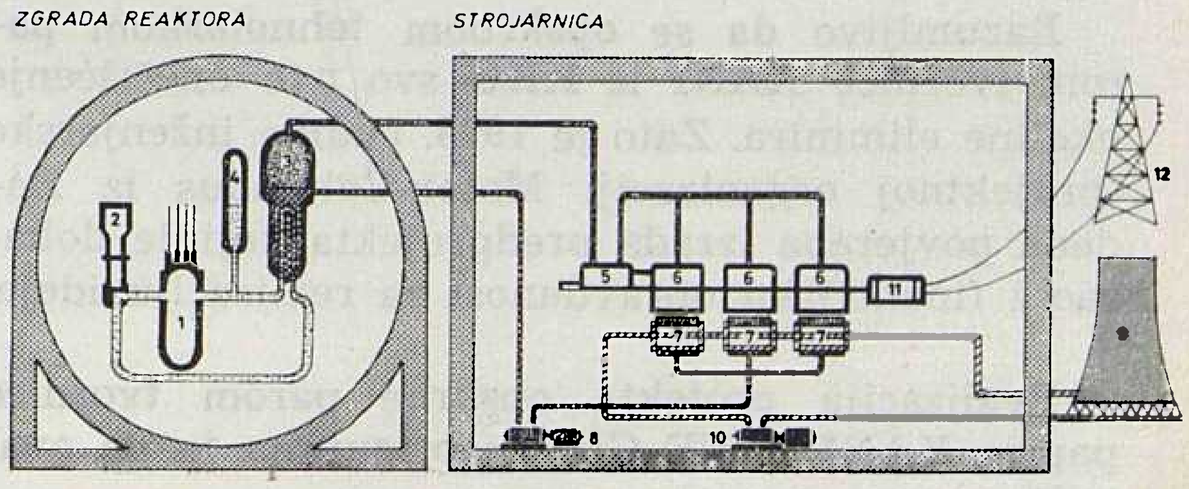
Iz tablice je vidljiv nagao porast proizvodnje električne energije u nuklearnim elektranama, koji 1978. godine dostiže čak udio 25%. U idućem razdoblju do 1985. godine, prema usvojenim programima, i dalje se predviđa velik porast postotnog udjela nuklearnih elektrana. Na primjer, do 1985. godine trebalo bi da udio nuklearnih elektrana u Belgiji bude oko 50%, u Švedskoj oko 35% a u SR Njemačkoj 30%.

Kako brz razvoj energetske krize sve više ugrožava i sigurnost opskrbe gradova i industrije energijom, danas se širom svijeta razmišlja, proučava, planira i više-manje eksperimentalno koristi za ove svrhe toplinska energija nuklearnih elektrana.

Zemlje kao primjerice Švedska, SSSR, SAD, Finska, SR Njemačka, Francuska i Švicarska prednjače u razvoju primjene opskrbe toplinskom energijom iz nuklearnih elektrana. Prilikom posjeta NE Gösgen (KKG) u Švicarskoj imali smo se prilike nešto detaljnije upoznati s praktičnom primjenom ove ideje.

Opis NE Gösgen (KKG)

Nuklearna elektrana Gösgen-Däniken izgrađena je na rijeci Aare između gradića Oltena i Aarau. Iako se nalazi nedaleko od auto-ceste Basel (Bern) — Zürich, nuklearna elektrana ne može se vidjeti jer je zaklonjena. Ipak, pažljivi promatrač uočuje njezinu lokaciju koju obilježava velik uzdignut stup vodene pare. NE Gösgen, neto električne snage 920 MW, puštena je u normalan pogon 19. XI 1979. Ukupni troškovi izgradnje iznosili su 1 923 066 696 šv. franaka. NE Gösgen-Däniken djeluje kao akcionarsko društvo u kojem je zastupnjeno 6 nosilaca troškova: Aare-Tessin AG für Elektrizität Olten (35%), Nordoschweizerische Kraftwerke AG Baden (25%), Einwohnergemeinde der Stadt Zürich (15%), Centralschweizerische Kraftwerk Luzern (12,5%), Einwohnergemeinde der Stadt Bern (7,5%) Schweizerische Bundesbahnen Bern (5%).



REAKTOSKI KRUG (1-4) TOK PARE (5-8) RASHLADNI KRUG (9-12)

1 - reaktor pod tlakom, 2 - cirkulacijska pumpa, 3 - generator pare, 4 - regulator pritiska, 5 - dio visokotlačne turbine, 6 - dio niskotlačne turbine, 7 - kondenzator, 8 - pumpa za povrat kondenzata, 9 - rashladni toranj, 10 - glavna rashladna pumpa, 11 - generator, 12 - visokotlačni cjevovod

Sl. 1.

Pojednostavnjena shema ove nuklearne elektrane prikazana je na slici 1.

Glavni isporučilac opreme, projektant i izvođač je KWU. Reaktor je s vodom pod pritiskom (PWR sistem) s tri kružna toka (reaktorski, parno-turbinski i rashladni). Termička snaga reaktora je 2 806 MW, a ukupni stupanj iskoristivosti 2,8%. Gorivo je uranov dioksid (Uo_2). Ukupno u jezgri reaktora ima 71,5 tona goriva (205 gorivih elemenata). Voda se koristi i kao moderator i kao rashladno sredstvo. Ulazna temperatura rashladnog medija u reaktor je 293,4°C, a izlazna 326,4C. Ukupno su izvedena tri glavna generatora pare s maksimalnom količinom svježe pare od 5 522t/h.

Turbina je izvedena s jednim dvostrujnim visokotlačnim dijelom i s tri dvostrujna niskotlačna dijela.

Rashladni toranj s prirodnim propuhom visok je 150 m s baznim promjerom 117 m. Kroz toranj prolazi 31,6 m^3/s vode, uz gubitke između 0,4 i 0,7 m^3/s. Ulazna temperatura vode u rashladnom tornju iznosi 36°C, a izlazna 22°C. Prije početka izgradnje izvršena su opsežna istraživanja (Meteorologische Zentral-anstalt MZA) koja su pokazala neznatno djelovanje budućeg rashladnog tornja na okolinu (primjerice: količina oborina u bližoj okolici elektrane povećat će se najviše za 10 mm godišnje, što je na dosadašnji godišnji prosjek od 1 100 mm neznatno.

Prirodni uran za potrebe ove nuklearne elektrane osiguran je do kraja osamdesetih godina s dobavom iz Francuske, Kanade, Južne Afrike i SAD.

Isporuka tehnološke pare iz NE Gösgen (KKG)

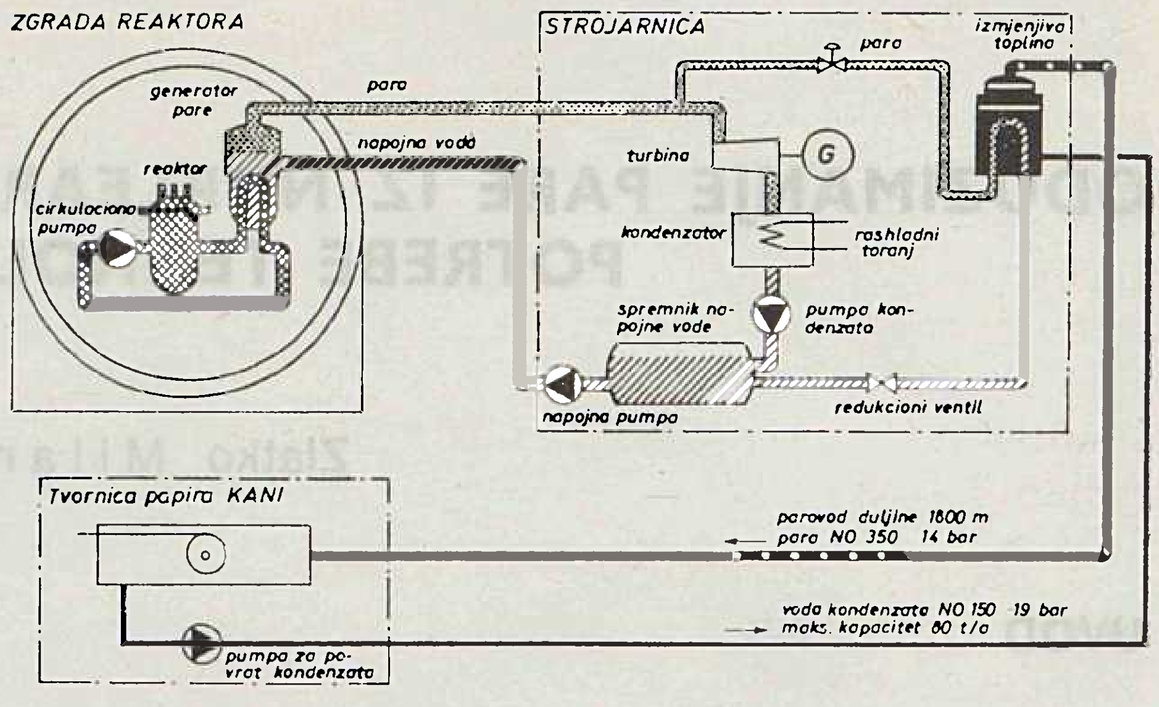
Već 1973. godine, u fazi projektiranja, došlo je do prvih kontakata između NE Gösgen i tvornice papira i kartona »KANI« iz Niedergösgena u vezi s mogućnosti isporuke tehnološke pare. Ukupna potreba tvornice KANI iznosi 40 tona pare na sat. Tvornica ima vlastitu kotlovnicu koja je trošila oko 64 tone teškog mazuta dnevno. Za izgaranje ovog goriva dnevno je potrebno čak 100 000 m^3 kisika, uz istovremeno onečišćenje atmosfre dnevno s oko 2 000 kg sumpornog dioksida!

Razumljivo da se opskrbom tehnološkom parom tvornice KANI iz KKG svo ovo onečišćenje okoline eliminira. Zato je 1975. godine inženjersko-projektnoj organizaciji Motor-Columbus iz Badena povjerena izrada predprojekta koji je dokazao i financijsku opravdanost za realizaciju ideje.

Realizacija projekta opskrbe parom tvornice papira KANI iz NE Gösgen osigurana je na ovaj način:

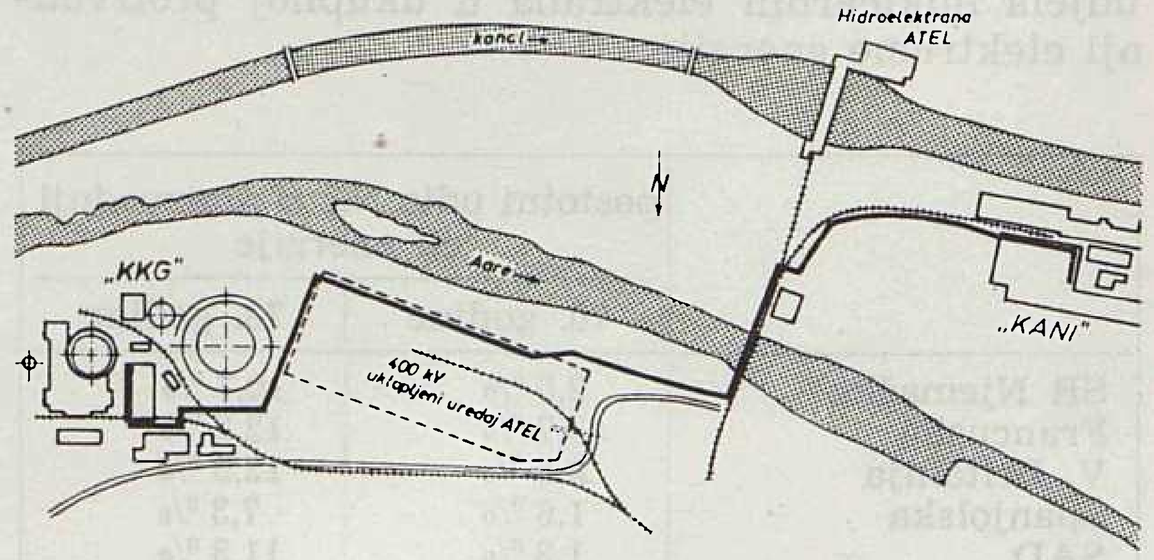
— izmjenjivač topline (generator tehnološke pare), koji je smješten u strojarnici, isporučio je, montirao i pustio u pogon KWU u sklopu cijelog ugovora »ključ u ruke« za NE Gösgen;
— parovod i povratni vod kondenzata između KKG i tvornica KANI projektirao je i izveo biro Motor-Columbus;
— uključivanje novog parovoda u postojeće instalacije unutar tvornice i izvedbu uređaja za povrat i skupljanje kondenzata projektirao je i izveo .biro Motor-Columbus, a troškove potpuno snosila tvornica KANI.

Na slici 2, prikazan je pojednostavnjeni tehnološki proces proizvodnje i transporta tehnološke pare iz KKG do tvornice papira. Svježa para oduzima se ispred turbine i odvodi se u izmjenjivač topline. U izmjenjivaču topline svježa para kondenzira i oslobađa toplinu kondenzacije, koja se



Sl. 2. Shematski prikaz proizvodnje tehnološke pare

koristi za proizvodnju tehnološke pare. Danas tvornica papira koristi 40 tona na sat tehnološke pare. Kondenzat svježe pare iz izmjenjivača topline preko redukcionog ventila odvodi se u spremnik napojne vode turbinskog kružnog toka.



Sl. 3. Prikaz trase parovoda od NE Gösgen (KKG) do tvornice papira KANI

Proizvedena tehnološka para ima pritisak 14 bara i temperaturu pregrijanja preko 200°C. Ti parametri su sasvim dovoljni za transport 1 800 m dugim parovodom i pri niskim opterećenjima.

Parovod i povratni vod kondenzata dimenzionirani su za maksimalno opterećenje od 80 tona/h, što odgovara snazi od 52 MW. Unutarnji promjer parovoda je 339, 6, a debljina stijenke cijevi 8 mm. Debljina izolacije parovoda iznosi 150 mm, što u najnepovoljnijim uvjetima osigurava maksimalan pad razlike temperature polaza iz KKG i ulaza u KANI od 10°C.

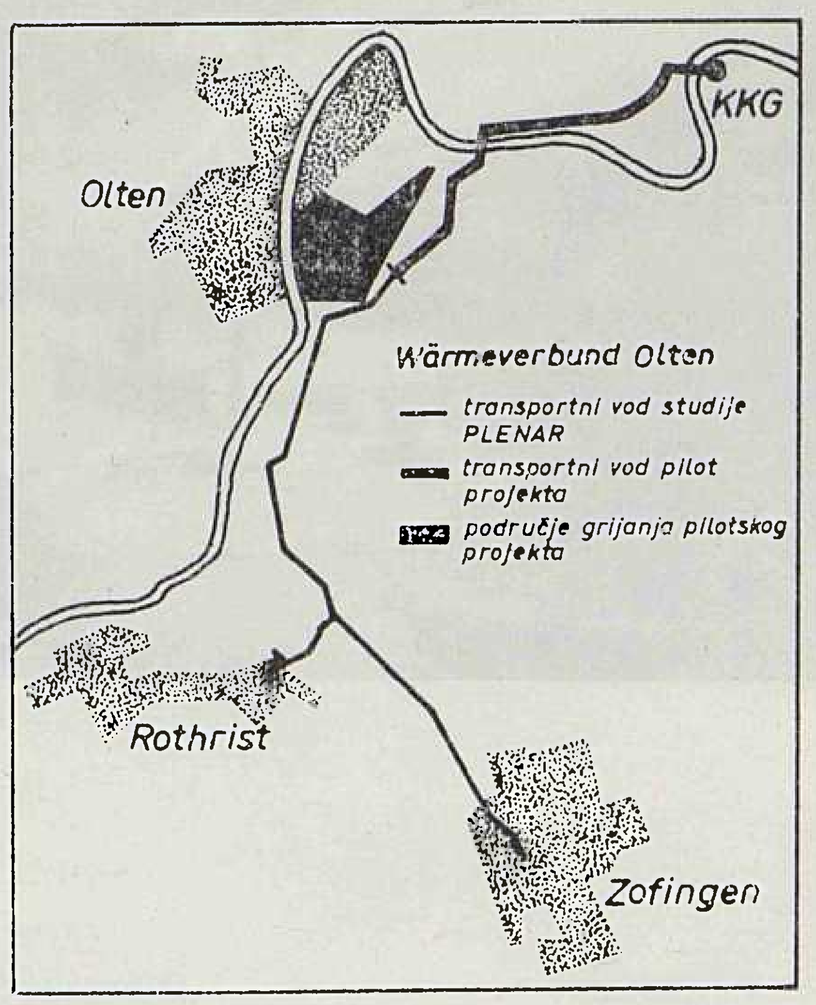
Povratni vod kondenzata ima unutarnji promjer od 159, 3 mm, a debljina stijenke cijevi je 4,5 mm. Radni pritisak u vodu kondenzata je 19 bara, a konstrukcioni 40 bara. Debljina izolacije je 70 mm. Srednja temperatura kondenzata iznosi 109°C. Parovod i povratni vod kondenzata u najvećem dijelu položeni su neposredno uz tlo.

Razumljivo je da su zaštiti od pojave radioaktivnosti u krugu tehnološke pare posvećene posebne mjere osiguranja. U NE Gösgen trajno se oduzima, kondenzira i kontrolira manja količina tehnološke pare. U tvornici KANI je trostruko kontrolno mjerenje, koje u slučaju nužde momentalno prekida isporuku pare.

Puštanjem u rad NE Gösgen ukupni udio nuklearne energije u proizvodnji električne energije Švicarske povisio se na 32%. Istovremeno, proizvodnjom tehnološke pare za potrebe tvornice papira prvi put se u Švicarskoj osigurava opskrba procesne industrije toplinskom energijom iz nuklearne elektrane.

Planovi za opskrbu toplinom mreže daljinskog grijanja iz NE Gösgen

U ožujku 1980. godine u Oltenu je osnovan konzorcij radi izgradnje pilotskog uređaja za opskrbu toplinom mreže daljinskog grijanja za grad Olten iz NE Gösgen. Za taj konzorcij predviđen je početni kredit od 600 000 šv. franaka za troškove projektiranja.



Sl. 4.

Smatra se da će se u razdoblju između 1981. i 1982. godine moći donijeti konačna odluka. Danas konzorcij predviđa ukupne investicione troškove u iznosu od 16 100 000 šv. franaka za 3 000 toplinskih potrošača, odnosno 21 800 000 šv. franaka za 5 000 toplinskih potrošača.

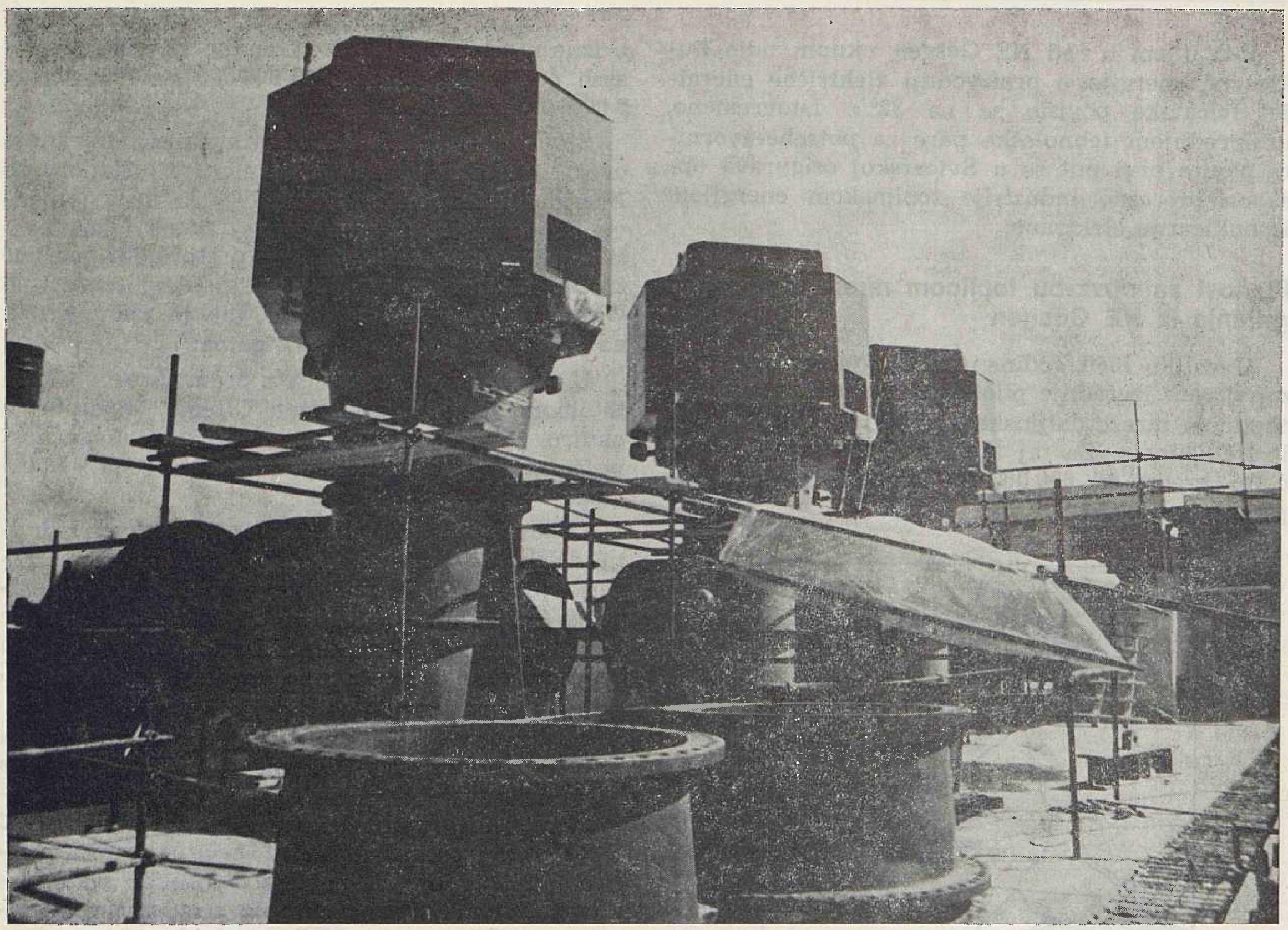
Studiju — pretprojekt opravdanost izgradnje ovog pilotskog uređaja financira Nationalen Energieforschung-Fonds (NEFF) uz pomoć države, kantona Solothurna, grada Oltena i zainteresirane privrede. Za studiju — pretprojekt pod nazivom »Planer (Plannung Energie-Architektur) — Wärmeverbund Olten«, formirana je radna grupa na čelu s prof. Peterom Steigerom.

U prvoj fazi pilot-projekta predviđa se opskrba toplinom samo dijela grada Oltena. Međutim, u okviru studije Plenar razmatra se i mogućnost proširenja toplinskih vodova do Zofingena i Rothrista.

Osnovna ideja je iskorištavanje takozvane »hlane daljinske topline. Naime, u idejnom razmatranju predviđeno je prenošenje topline vodom niskog temperaturnog nivoa od 35°C, čime će se omogućiti iskorištavanje toplinske energije koja se danas preko rashladnih tornjeva predaje okolini.

Transportni vod bio bi dug 4,4 km s promjerom od 700 mm, uz protok od 0,3 m³/s. Unutar mreže mjesta Oltena predviđa se 25 do 60 toplinskih stanica koja će se napajati zagrijanom vodom iz NE Gösgen. Na toplinsku stanicu moći će se priključiti oko 100 toplinskih potrošača. Unutar svake toplinske stanice, radi podizanja temperaturnog nivoa sa 35°C na oko 55°C, predviđa se ugradnja elektromotornih ili plinsko-motornih toplinskih pumpa. Ohlađena voda dotekla iz KKG vraćala bi se u rijeku Aare. Za potrebe sigurnosti opskrbe, u slučaju ispada KKG, predviđa se ugradnja dodatnih kotlova za grijanje.

Naslov pisca:
mr Zlatko Milanović, dipl. ing. EL-TO, Zagreb



Detalji opreme NE Krško — Pumpe za rashladnu vodu.

Energija God. 29 (1980) br. 11—12, 443—450.

RAD POD NAPONOM

Branko Mrakovčić, Rijeka

UVOD

Rad pod naponom , koji je prije nekoliko godina još bio iznimka (naročito na srednjem, visokom i vrlo visokom naponu) postaje sve više i više uobičajeni način rada. U mnogim zemljama se smatra ra rad pod naponom pridonosi poboljšanju kvalitete isporučene energije u istoj mjeri kao i modernizacija postrojenja ili nove investicije.

U nekim zemljama postojeći propisi koče ili onemogućuju rad pod naponom. Ipak, očita je liberalizacija propisa, koja će u skoroj budućnosti omogućiti rad pod naponom, razumije se, ako za to ima potrebe i volje.

Razvijenost električne mreže i oblik mreže uz gustoću opterećenja, kao i važnost redovite neprekinute opskrbe potrošača također su odlučujući faktori za rad pod naponom. U nekim zemljama se smatra da se više od 15 stanovnika (to je do 6 stanova ili jedan market) ne smije prekidati u opskrbi, odnosno da se u takvim slučajevima radovi na mreži moraju vršiti pod naponom.

Više elektroprivrednih poduzeća u Evropi svako na svoj način, radi pod naponom. Neke zemlje se odlučuju za rad pod naponom uz poteškoće koje im čine postojeći zakonski propisi, a i nepoznavanje materije (tj. organizacije rada, potrebni profil potrebnog kadra, potrebno vrijeme obuke, alata itd.).

Smatrao sam korisnim da širem krugu stručnjaka iznesem neke rezultate ankete o radu pod naponom, koju je sastavila grupa stručnjaka UNIPEDE (Union Internationale de Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique) i udruženja nekih evropskih zemalja.

Činjenica je da se kod nas već razmišlja o radu pod naponom, a negdje već i radi. Primjena novih tehničkih rješenja (potpuno izolirana niskonaponska mreža uključujući i priključke, pribora, a djelomično i alat) spontano je navela montere da radi olakšanja radova rade pod naponom. Bez obzira na to postoje li propisi ili se ne dozvoljava rad pod naponom, činjenica je da danas na nekim niskonaponskim mrežama monteri određene radove obavljaju pod naponom. Moramo priznati, lakše a i sa manje opasnosti nego kada su nominalno u beznaponskom stanju.

Anketa je napravljena da bi se zainteresirana poduzeća upoznala što, tko i kako radi. Očito je da je svaka elektroprivreda išla svojim putem, pa postoji šarenilo načina rada, a još veće šarenilo za to potrebnih alata. Konačno, jedan od ciljeva ankete je da zainteresirane, koji još ne rade pod naponom, obavijesti o do sada učinjenom, a postignutim rezultatima i ohrabri.

UNIPEDE — Tablica 1.

RAD POD NAPONOM

BR	ZEMLJA		ČLAN KOMISIJE 1	N.N. 2	S.N. 3	V.N. 4	OPASKA 5
1	AUSTRIJA	A	da	da*	da	–	42 – 1000 V s ograničenjima
2	BELGIJA	B	–				
3	ŠVICARSKA	CH	–				
4	S.R NJEMAČKA	D	da	da*			42 ÷ 500 s ograničenjima
5	DANSKA	DK	da	da	da		S odobrenjem komiteta za rad pod naponom
6	ŠPANJOLSKA	E	da	da	da	da	odobrenje ministar. rada
7	FRANCUSKA	F	da	da	da	da	EdF ovlašten od ministar. rada
8	VEL.BRITANIJA	GB	da	da	da	da	propisi Elektroprivrede
9	GRČKA	GR	da	da	da		odobreno zakonom
10	MAĐARSKA	H	–				
11	ITALIJA	I	da	da	–		probno samo na n.n.
12	IRSKA	IRL	da	da	da		u propisima o isporuci el.energije
13	NORVEŠKA	N	da	–	da		odobrena zakonom
14	NIZOZEMSKA	NL	–				
15	PORTUGAL	P	da	da			odobreno zakonom
16	POLJSKA	PL	–				
17	ŠVEDSKA	S	da	da	da	da	privremena dozvola Elektroprivredi
18	FINSKA	SF	–				
19	TURSKA	TR	–				
20	JUGOSLAVIJA	YU	–				
			12	11	9	4	
		%	60	55	45	20	

REZULTATI ANKETE

Ad 1 — rad pod naponom je odobren samo u slučaju opasnosti od požara, eksplozije ili ako su ugroženi ljudi.

Ad 4 — rad pod naponom od 42—500 V je odobren uz ograničenja; od 500—1 000 V, iznimno (sve prema VDE-u)

Ad 5 — rad pod naponom odobren je prema pravilniku Komiteta za rad pod naponom.

Ad 6 — rad pod naponom odobren je prema propisima Ministarstva rada.

Ad 7 — za rad pod naponom Ministarstvo je ovlastilo EdF,

Ad 8 — osnovne smjernice rada pod naponom izradila je centralna elektroprivreda; regionalne elektroprivrede razradile su detalje.
Ad 9 — rad pod naponom odobren zakonom.
Ad 11 — za sada je rad pod naponom odobren probno.
Ad 12 — prema propisima o isporuci električne energije radi se pod naponom; nadležne inspekcije nisu se nikada izjasnile.
Ad 13 — odobreno zakonom, ali se ne radi.
Ad 15 — odobreno zakonom, radi se samo na 1 kV kabelima
Ad 17 — radi se pod naponom na temelju privremene dozvole nacionalnoj elektroprivredi.

Prema tablici se vidi da je 12 zemalja od 20 članica sudjelovalo u radu grupe.

PRINCIPI I SVRHA PROPISA

Osnovnas vrha propisa je uvijek osiguranje maksimalnih uvjeta sigurnosti uz najveću moguću efikasnost. Da se to postigne i u slučaju kada se radi o zakonskim propisima, u izradi propisa nužna je suradnja stručnjaka proizvođača i konstruktora alata za rad pod naponom, stručnjaka zaštite na radu, kao i odgovornih za pogon.

Sigurnost rada pod naponom ovisi o:

— alatima
— načinu rada
— izvježbanosti montera
— organizaciji i nadzoru.

Svaka zemlja je pri radu pod naponom imala na umu svoje potrebe i mogućnosti, pa se pravilnici razlikuju. Ipak, što se tiče mjera koje treba poduzeti prije nego što se započne s radovima, kao i s mjerama koje treba poduzimati za vrijeme dok se radi pod naponom svi se slažu:

— da je potrebna radio ili telefonska veza između gradilišta i pogonske službe,
— ako je to moguće, uputno je onemogućiti ponovni uklop; treba povisiti vrijednosti prorade zaštite; ako proradi zaštita na vodu na kojem se radi (pod naponom), ne smije se ukopčati bez suglasnosti voditelja radova,
— atmosferske prilike utječu ovisno o zemlji i njihovom intenzitetu na rad pod naponom; uvijek razlikujemo da li se s radovima može započeti i da li se već započeti radovi mogu nastaviti; nastavak već započetih radova često se uspoređuje s eventualnim započinjanjem radova u beznaponskom stanju.

Osnovni uvjeti su: kiša, vjetar i magla. Važan uvjet je magla, odnosno da li se s tla što vidi i kako monteri rade.

Još je važan osnovni uvjet načina izvođenja radova pod naponom, tj. da li se radovi izvode direktnim dodirom — na razmaku — na istom potenijalu, o čemu će još biti govora. Zatim treba
— stanje objekta ustanoviti prije početka radova pod naponom,
— utvrditi vođenje radova i nadzor.

Voditelj radova ne smije započeti s radom pod naponom bez dozvole pretpostavljenoga.
— Zabranjen je pristup nezaposlenima na radilište.

Voditelj radova treba u svim fazama rada pažljivo pratiti pokrete montera koji rade pod naponom, kao i usklađivati njihove pokrete. Isto tako mora pratiti razvoj radova u cjelini.
— Sigurnosna udaljenost, tj. najmanja udaljenost radnika od dijela postrojenja na drugom naponskom nivou ovisi o naponu, kao i o poduzetim zaštitnim mjerama na dijelovima koji su na drugim potencijalima (izolacione pregrade, zaštitne cijevi, zaštitne kape, itd.); ipak se vrijednosti sigurnosnih udaljenosti razlikuju od zemlje do zemlje.

NAČIN RADA POD NAPONOM

Način rada pod naponom može biti:

— direstnim dodirom (d)

Vodiči, izolirani ili goli, jesu pod naponom, monter radi pomoću izoliranih rukavica, izoliranog alata ili izolacionih pregrada.

UNIPEDE — Tablica 2.
NISKI NAPON

RAD POD NAPONOM

BR	ZEMLJA		NAPON V	VODIČI GOLI	VODIČI IZOL.	KABEL	TRAFO STAN.	ORMAR.	
			1	2	3	4	5	6	7
1	AUSTRIJA	A	50 400	0	-	d	d	d	
2	BELGIJA	B							
3	ŠVICARSKA	CH							
4	S R NJEMAČKA	D	500	0d	d	d	d	d	
5	DANSKA	DK	0 433	d	d	d	d	d	
6	ŠPANJOLSKA	E	110 400	d	d	d	d	d	
7	FRANCUSKA	F	50 400	0d	d	d	d	d	
8	VELIKA BRITANIJA	GB	240 433	d	d	d	d	d	
9	GRČKA	GR	600	d	d	d	d	d	
10	MAĐARSKA	H							
11	ITALIJA	I	400	0d	d	-	-	d	
12	IRSKA	IRL	220 380	d	d	d	d	d	
13	NORVEŠKA	N							
14	NIZOZEMSKA	NL							
15	PORTUGAL	P	220 380	-	-	d	-	-	
16	POLJSKA	PL							
17	ŠVEDSKA	S	400	d	d	d	d	d	
18	FINSKA	SF							
19	TURSKA	TR							
20	JUGOSLAVIJA	YU							

LEGENDA: d....direktni dodir
0....na udaljenosti (odstojanju)
P....na istom potencijalu

— na udaljenosti (odstojanju) (o)

Vodiči su pod naponom, potrebna udaljenost se postiže izolacionim motkama ili užadima. Na njihovu kraju su na prikladan način montirani alati.

— na istom potencijalu (p)

Monter radi na izoliranom podestu izravno na vodičima, nalazi se na istom potencijalu kao i vod pod naponom. Sada je potrebno imati sigurnosne udaljenosti prema predmetima koji su na drugom potencijalu.

Kako vidimo, na niskom naponu u pravilu svi rade sistemom »direktni dodir« (d).

Portugal, koji ima odobrenje za rad pod naponom, radi pod naponom samo na podzemnim kabelima; u radu je pravilnik za rad na niskonaponskoj mreži.

Norveška, gdje se smije raditi pod naponom, ne radi pod naponom.

UNIPEDE
SREDNJI NAPON

Tablica 3.

a III

RAD POD NAPONOM

BR	ZEMLJA		1 kV NAPON	2 VOD	3 KABEL	4 TRAFO STANICA	5	6	7
1	AUSTRIJA	A	10 30	0	-	0			
2	BELGIJA	B							
3	ŠVICARSKA	CH							
4	S R NJEMAČKA	D	—	—	—	—			
5	DANSKA	DK	10 20	0	-	0			
6	ŠPANJOLSKA	E	5 50	0	-	0			
7	FRANCUSKA	F	1 36	0	-	0			
8	VELIKA BRITANIJA	GB	1 33	0	-	-			
9	GRČKA	GR	20	0	-	-			
10	MAĐARSKA	H							
11	ITALIJA	I							
12	IRSKA	IRL	10	0	-	-			
13	NORVEŠKA	N	22	0	-	-			
14	NIZOZEMSKA	NL							
15	PORTUGAL	P							
16	POLJSKA	PL							
17	ŠVEDSKA	S	3 40	0	-	0			
18	FINSKA	SF							
19	TURSKA	TR							
20	JUGOSLAVIJA	YU							

LEGENDA: d....direktni dodir
O....na udaljenosti (odstojanju)
P....na istom potencijalu

Iz tablice se vidi da se u 9 zemalja Evrope na srednjem naponu radi pod naponom uvijek »na udaljenosti (odstojanju)« (O).

UNIPEDE
VISOKI NAPON

Tablica 4.

RAD POD NAPONOM

BR	ZEMLJA		1 kV NAPON	2 VOD	3 TRAFO STANICA	4 kV NAPON	5 VOD	6 TRAFO STANICA	7
1	AUSTRIJA	A							
2	BELGIJA	B							
3	ŠVICARSKA	CH							
4	S R NJEMAČKA	D							
5	DANSKA	DK							
6	ŠPANJOLSKA	E	66	0	OP	110 380	OP	OP	
7	FRANCUSKA	F	63 90	0	0	150 400	OP	0	
8	VELIKA BRITANIJA	GB	66	0	-	132 400	OP		
9	GRČKA	GR							
10	MAĐARSKA	H							
11	ITALIJA	I							
12	IRSKA	IRL							
13	NORVEŠKA	N							
14	NIZOZEMSKA	NL							
15	PORTUGAL	P							
16	POLJSKA	PL							
17	ŠVEDSKA	S	70	0	0	130 400	0	0	
18	FINSKA	SF							
19	TURSKA	TR							
20	JUGOSLAVIJA	YU							

LEGENDA: d....direktni dodir
O....na udaljenosti (odstojanju)
P....na istom potencijalu

PROPISI

Propisi za rad pod naponom mogu se izraditi:

— opisom svakog pojedinačnog rada pod naponom;

prednosti takvog sistema su: omogućena standardizacija radova pod naponom, što olakšava pristup radovima,

ovlaštenje za rad pod naponom, i to vrlo detaljno, može se dati svakome,

provjera znanja je lagana, precizna i konkretna i neovisna o subjektivnom stavu ispitivača,

propisivanje posebnih mjera zaštite električnih i mehaničkih, suvišna je; potrebne mjere zaštite već su uklopljene u opis rada; suvišna je izrada detaljnog plana radova, suvišan je i nadzor, kao i analiza izvršenih radova,

za svaki rad je poznat potrebni materijal, što olakšava pripremu i prijevoz.

Mane takvog sistema rada pod naponom jesu:

pravilnici za radove pod naponom su glomazni (ako ima puno radova koji se vrše pod naponom,

potrebno je, ipak, razraditi sistem odobravanja plana rada pod naponom sa svim potrebnim nadzorom, kao i sistem odobravanja samog rada pod naponom. Moglo bi se dogoditi da neki rad koji se želi izvesti pod naponom nije obuhvaćen pravilnikom,

malena mogućnost samoinicijative monte: čini da radi bez zadovoljstva i interesa,

izrada takvih detaljnih pravilnika je dugotrajna. Ipak, uvijek dolaze nove, »bolje metode« rada, pa postojeći pravilnici zastaruju.

— opisom upotrebe alata

Prednosti takvog sistema su: vodilac radova mora bolje pratiti tok radova, pa dobiva bolji uvid i analize su mu bolje,

monteri su motiviraniji, moraju paziti na svaki pokret,

sistem omogućuje da se obrati pažnja na neki detalj, a da se ne zanemari cjelina,

sistem posebno odgovara za ne tipizirane objekte,

lako je riješiti u toku rada iskrsle probleme,

radi rješavanja kompleksnih zadataka moguće je primijeniti pojedine elemente rada,

laka je zamjena radnika koji nedostaje, svaki izučeni radnik ga može zamijeniti,

zbog malenog broja uputa lako ih je imati ažurne.

Mane takvog sistema rada pod naponom jesu:

monteri koji rade »pod naponom« moraju dosta znati o teoriji elektrotehnike,

izobrazba potrebnog kadra je dugotrajna,

monteri koji rade »pod naponom« veći dio radnog dana provode u radu pod naponom, pa nastaje problem popunjavanja vremena u vrijeme kada ne rade (pod naponom),

voditelj radova odgovoran za radove mora biti na radilištu,

nadzorni inženjer mora do u tačine poznavati pravila o radu pod naponom da može nadzirati radove na radilištu.

Od dva načina rada pod naponom, po sistemu »opisa radova« rade Danska, Španjolska, Velika Britanija, Irska, Grčka, Norveška, Portugal i Švedska. Po sistemu »opisa alata« radi samo Francuska, Austrija, SR Njemačka i Italija pripremaju papire po sistemu »opisa radova«.

Zemlje koje se odluče da rade pod naponom moraju voditi brigu o:

— normiranju opreme,
— mogućnosti školovanja kadra (osnovno znanje, vrijeme školovanja).

Isto tako moraju unaprijed odlučiti:

— što namjeravaju raditi pod naponom, sve ili samo neke radove,
— nadzor koji se želi.

Tablica 5.

UNIPEDE NISKI NAPON MREŽA

RAD POD NAPONOM

BR	ZEMLJA		GOLI VODIČI: ZAMJENA: STUP (1)	GOLI VODIČI: ZAMJENA: VODIČ (2)	GOLI VODIČI: ZAMJENA: IZOLAT (3)	GOLI VODIČI: ZAMJENA: ARMAT. (4)	GOLI VODIČI: SPAJANJE RASTAVLJ. (5)	GOLI VODIČI: MJERENJE VISINE (6)	IZOLIRANI VODIČI: STUP (7)	IZOLIRANI VODIČI: VODIČ (8)	IZOLIRANI VODIČI: ARMAT. (9)	IZOLIRANI VODIČI: SPAJANJE RASTAVLJ (10)	PODZEMNI KABEL: VODIČ (11)	PODZEMNI KABEL: SPAJANJE (12)	PODZEMNI KABEL: SPAJANJE RASTAVLJ. (13)	PODZEMNI KABEL: NJEGA (14)
1	AUSTRIJA	A					d0	d0							d	
2	BELGIJA	B														
3	ŠVICARSKA	CH														
4	S R NJEMAČKA	D			d	d	d	0				d		d	d	
5	DANSKA	DK	d	d	d	d	d	0					d	d	d	d
6	ŠPANJOLSKA	E	d	d	d	d	d	0	d		d	d		d	d	
7	FRANCUSKA	F	d	d	d	d	d0	d0	d	d	d	d	d	d	d	d
8	VEL.BRITANIJA	GB	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
9	GRČKA	GR			d		d	d	d			d	d	d	d	d
10	MAĐARSKA	H														
11	ITALIJA	I					d0	0				d				
12	IRSKA	IRL	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d		d	d	d
13	NORVEŠKA	N														
14	NIZOZEMSKA	NL														
15	PORTUGAL	P														
16	POLJSKA	PL														
17	ŠVEDSKA	S	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d			d	d
18	FINSKA	SF														
19	TURSKA	TR														
20	JUGOSLAVIJA	YU														

LEGENDA: d....direktni dodir
0....na udaljenosti (odstojanju)
P....na istom potencijalu

Tablica 6.

UNIPEDE NISKI NAPON

RAD POD NAPONOM

BR	ZEMLJA		TRAFO STANICA ZAMJENA: NJEGA (1)	TRAFO STANICA ZAMJENA: IZOLAT. (2)	TRAFO STANICA ZAMJENA: APARATI (3)	KABELSKI ORMARIĆ ZAMJENA: SPAJANJE RASTAVLJ. (4)	KABELSKI ORMARIĆ ZAMJENA: ORMARIĆ (5)	KABELSKI ORMARIĆ ZAMJENA: OSIGURAČ (6)	KABELSKI ORMARIĆ ZAMJENA: BROJILO (7)
1	AUSTRIJA	A	d		d	d		d	
2	BELGIJA	B							
3	ŠVICARSKA	CH							
4	S R NJEMAČKA	D	d0		d	d	d	d	d
5	DANSKA	DK	d		d	d		d0	d
6	ŠPANJOLSKA	E	0	d	d	d		d	0
7	FRANCUSKA	F	d	d	d	d	d	d	d
8	VELIKA BRITANIJA	GB	d			d	d	d	d
9	GRČKA	GR	d	d	d	d	d	d	d
10	MAĐARSKA	H							
11	ITALIJA	I				d		d	d
12	IRSKA	IRL	d	d	d	d	d	d	
13	NORVEŠKA	N							
14	NIZOZEMSKA	NL							
15	PORTUGAL	P							
16	POLJSKA	PL							
17	ŠVEDSKA	S	d			d		d0	d
18	FINSKA	SF							
19	TURSKA	TR							
20	JUGOSLAVIJA	YU							

LEGENDA: d....direktni dodir
0....na udaljenosti (odstojanju)
P....na istom potencijalu

UNIPEDE SREDNJI NAPON VODOVI

Tablica 7.

RAD POD NAPONOM

BR	ZEMLJA		ZAMJENA: STUP	IZOLATOR	ARMATURA	RASTAVLJ.	VODIČ	RASTAVLJAČ ODRŽAV. MOSTOVI	MANIPUL. MJERENJE VISINE	MAZANJE	PODEŠ.: ROGOVI	OTPORN.	OGVODNICI MONTAŽA		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	AUSTRIJA	A	0	0	0					0						
2	BELGIJA	B														
3	ŠVICARSKA	CH														
4	S R NJEMAČKA	D								0						
5	DANSKA	DK	0	0	0	0			0	0	0		0	0		
6	ŠPANJOLSKA	E	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0		
7	FRANCUSKA	F	0	0		0		0	0	0	0	0	0	0		
8	VEL.BRITANIJA	GB	0	0	0	0			0	0			0	0		
9	GRČKA	GR	0	0	0	0			0	0			0	0		
10	MAĐARSKA	H														
11	ITALIJA	I														
12	IRSKA	IRL	0	0	0	0			0	0			0			
13	NORVEŠKA	N	0	0	0	0			0					0		
14	NIZOZEMSKA	NL														
15	PORTUGAL	P														
16	POLJSKA	PL														
17	ŠVEDSKA	S	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0		
18	FINSKA	SF														
19	TURSKA	TR														
20	JUGOSLAVIJA	YU														

LEGENDA: d....direktni dodir
0....na udaljenosti (odstojanju)
P....na istom potencijalu

Tablica 9.

UNIPEDE VISOKI NAPON

RAD POD NAPONOM

BR	ZEMLJA		VODOVI ZAMJENA: IZOLATORI RASTER.	NOSIVI	PRIGUŠIVAČ	STEZALJKE RASTER.	NOSIVA	POPRAV. VISINA MJERENJA	VODIČ	MOST	TRAFO STANICE: IZOLATOR	RASTAVLJAČ	SABIRNICE ODRŽAVANJA	MOSTOVI MANIPULACIJA		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	AUSTRIJA	A														
2	BELGIJA	B														
3	ŠVICARSKA	CH														
4	S R NJEMAČKA	D						0								
5	DANSKA	DK						0								
6	ŠPANJOLSKA	E	OP	OP	OP	OP	OP	0	OP	P	P	P				
7	FRANCUSKA	F	OP	OP	OP		OP	0	P		0	0	0			
8	VEL.BRITANIJA	GB		OP	OP		OP									
9	GRČKA	GR														
10	MAĐARSKA	H														
11	ITALIJA	I														
12	IRSKA	IRL														
13	NORVEŠKA	N														
14	NIZOZEMSKA	NL														
15	PORTUGAL	P														
16	POLJSKA	PL														
17	ŠVEDSKA	S	P	P	P	P	P	P	P	P	0	0		0		
18	FINSKA	SF														
19	TURSKA	TR														
20	JUGOSLAVIJA	YU														

LEGENDA d....direktni dodir
0....na udaljenosti (odstojanju)
P....na istom potencijalu

UNIPEDE SREDNJI NAPON TRAFO-STANICE

Tablica 8.

RAD POD NAPONOM

BR	ZEMLJA		ODRŽAVANJE	ZAMJENA: IZOLATOR	RASTAVLJ.	ODCJEP	PODEŠAVANJE: OTPORNIK	ODVODNIK
			1	2	3	4	5	6	7
1	AUSTRIJA	A							
2	BELGIJA	B							
3	ŠVICARSKA	CH							
4	S R NJEMAČKA	D							
5	DANSKA	DK				0		0	
6	ŠPANJOLSKA	E	0	0		0	0	0	0
7	FRANCUSKA	F	0	0	0	0	0	0	0
8	VELIKA BRITANIJA	GB							
9	GRČKA	GR							
10	MAĐARSKA	H							
11	ITALIJA	I							
12	IRSKA	IRL				0	0		
13	NORVEŠKA	N							
14	NIZOZEMSKA	NL							
15	PORTUGAL	P							
16	POLJSKA	PL							
17	ŠVEDSKA	S							
18	FINSKA	SF							
19	TURSKA	TR							
20	JUGOSLAVIJA	YU							

LEGENDA: d....direktni dodir
0....na udaljenosti (odstojanju)
P....na istom potencijalu

ORGANIZACIJA RADA POD NAPONOM

Izbor kadrova

Izbor kadra za rad pod naponom obuhvaća: montere, brigadire, poslovođe i inženjere koji se brinu o ekipama. Svi koji žele raditi pod naponom moraju biti fizički zdravi, moraju biti spretni i poznavati rad na električnim postrojenjima.

Način i vrijeme izobrazbe

Način izobrazbe potrebnog kadra za rad pod naponom različit je od zemlje do zemlje. Ipak, izobrazba može biti:

— uz rad u poduzeću,
— u posebnom odjelu za izobrazbu kadrova u poduzeću,
— u centrima za obrazovanje, obično u sklopu grane djelatnosti.

Program izobrazbe uvijek predviđa:
— postojeće propise,
— uvjete sigurnosti na radu s primjerima,
— dodatnu materiju iz elektrike i mehanike, kao i praktični rad na modelima postrojenja na kojima će se poslije raditi u praksi pod naponom.

Trajanje samog programa se razlikuje, a bitne razlike su ako se u zemlji radi prema sistemu:

— opisa pojedinog rada,
— upotrebe alata.

Tablica 10.

UNIPEDE

ČIŠĆENJE OD ZRAČNOG ZAGAĐIVANJA

BR	ZEMLJA		NISKI NAPON: MREŽA NA SUHO	NISKI NAPON: MREŽA SPECIJAL. OTOPINA	NISKI NAPON: TRAFOSTANICA NA SUHO	NISKI NAPON: TRAFOSTANICA SPECIJAL. OTOPINA	SREDNJI NAPON: VOD NA SUHO	SREDNJI NAPON: VOD SPECIJAL. OTOPINA	SREDNJI NAPON: VOD SA VODOM	SREDNJI NAPON: TRAFOSTANICA NA SUHO	SREDNJI NAPON: TRAFOSTANICA SPECIJAL. OTOPINOM	SREDNJI NAPON: TRAFOSTANICA SA VODOM	VISOKI NAPON: VOD SPECIJAL. OTOPINA	VISOKI NAPON: VOD SA VODOM	VISOKI NAPON: TRAFOSTANICA SPECIJAL. OTOPINA	VISOKI NAPON: TRAFOSTANICA SA VODOM
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	AUSTRIJA	A									*					
2	BELGIJA	B														
3	ŠVICARSKA	CH														
4	S R NJEMAČKA	D			do								F			F
5	DANSKA	DK							P			P		P		P
6	ŠPANJOLSKA	E				0		0			0				0	F
7	FRANCUSKA	F					0			0						
8	VEL.BRITANIJA	GB						0								F
9	GRČKA	GR														
10	MAĐARSKA	H														
11	ITALIJA	I														F
12	IRSKA	IRL														
13	NORVEŠKA	N														
14	NIZOZEMSKA	NL														FP
15	PORTUGAL	P														
16	POLJSKA	PL														
17	ŠVEDSKA	S														FP
18	FINSKA	SF														
19	TURSKA	TR														
20	JUGOSLAVIJA	YU														

LEGENDA: d....direktni dodir
0....na udaljenosti (odstojanju)
P....na istom potencijalu

UREĐAJ ZA PRANJE: f...stabilni
p...prevozni

Kod čišćenja od zračnog zagađivanja, što se ne smatra radom pod naponom, u Austriji ga primjenjuje samo jedno poduzeće. U Italiji samo u nekoliko trafostanica gdje je jako zagađivanje od soli (zbog blizine mora) ili od industrije.

Tablica 11.

UNIPEDE

NISKI NAPON

OBUKA ZA RAD POD NAPONOM

BR	ZEMLJA		OBUKA MONTERI U PROSTORIJI	OBUKA MONTERI ZRAČNI	OBUKA MONTERI PODZEMNI	OBUKA POSLOVOĐA U PROSTORIJI	OBUKA POSLOVOĐA ZRAČNI	OBUKA POSLOVOĐA PODZEMNI	OBUKA POSLOVOĐA INŽ	PROVJERA ZNANJA MONTERI U PROSTORIJI	PROVJERA ZNANJA MONTERI ZRAČNI	PROVJERA ZNANJA MONTERI PODZEMNI	PROVJERA ZNANJA POSLOVOĐA U PROSTORIJI	PROVJERA ZNANJA POSLOVOĐA ZRAČNI	PROVJERA ZNANJA POSLOVOĐA PODZEMNI	PROVJERA ZNANJA POSLOVOĐA INŽ
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	AUSTRIJA	A	5		10	5		10	5	1		1	1		1	2
2	BELGIJA	B														
3	ŠVICARSKA	CH														
4	S R NJEMAČKA	D	*													
5	DANSKA	DK	*													
6	ŠPANJOLSKA	E	5	10	20		5	10	5		2	5			5	
7	FRANCUSKA	F	5	15	15	5	15	15								
8	VEL.BRITANIJA	GB	-20	-30		5	10									
9	GRČKA	GR														
10	MAĐARSKA	H														
11	ITALIJA	I														
12	IRSKA	IRL	-5		-5											
13	NORVEŠKA	N														
14	NIZOZEMSKA	NL														
15	PORTUGAL	P			5											
16	POLJSKA	PL														
17	ŠVEDSKA	S	5	2		5	2									
18	FINSKA	SF														
19	TURSKA	TR														
20	JUGOSLAVIJA	YU														

OPASKA: OBUKA I PROVJERA ZNANJA ZA RAD POD NAPONOM JE U DANIMA.
RADNI TJEDAN JE RAČUNAT SA 5 DANA.

Tablica 12.

UNIPEDE

SREDNJI NAPON

OBUKA ZA RAD POD NAPONOM

BR	ZEMLJA		OBUKA ZA MREŽU MONTERI-POSLOVOĐA- ZRAČNA	OBUKA ZA MREŽU MONTERI-POSLOVOĐA- PODZEMNA	OBUKA ZA MREŽU MONTERI-POSLOVOĐA- ZRAČNA	OBUKA ZA MREŽU MONTERI-POSLOVOĐA- PODZEMNA	OBUKA ZA MREŽU MONTERI-POSLOVOĐA- INŽ	PROVJERA ZA MREŽU MONTERI-POSLOVOĐA- ZRAČNA	PROVJERA ZA MREŽU MONTERI-POSLOVOĐA- PODZEMNA	PROVJERA ZA MREŽU MONTERI-POSLOVOĐA- ZRAČNA	PROVJERA ZA MREŽU MONTERI-POSLOVOĐA- PODZEMNA	PROVJERA ZA MREŽU MONTERI-POSLOVOĐA- INŽ
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	AUSTRIJA	A	20		20		10	3		3		
2	BELGIJA	B										
3	ŠVICARSKA	CH										
4	S R NJEMAČKA	D										
5	DANSKA	DK	-20		-20		-20					
6	ŠPANJOLSKA	E	-50		-50		-15	-5		-5		-5
7	FRANCUSKA	F	55		65		65					
8	VEL.BRITANIJA	GB	-60		10							
9	GRČKA	GR	35		35		5					
10	MAĐARSKA	H										
11	ITALIJA	I										
12	IRSKA	IRL	25									
13	NORVEŠKA	N	15		15		5					
14	NIZOZEMSKA	NL										
15	PORTUGAL	P										
16	POLJSKA	PL										
17	ŠVEDSKA	S	20		20							
18	FINSKA	SF										
19	TURSKA	TR										
20	JUGOSLAVIJA	YU										

OPASKA: OBUKA I PROVJERA ZNANJA ZA RAD POD NAPONOM DANA JE U DANIMA. RADNI TJEDAN JE RAČUNAT SA 5 DANA.

Tablica 13.

UNIPEDE

VISOKI NAPON
RAD NA ODSTOJANJU

OBUKA ZA RAD POD NAPONOM

BR	ZEMLJA		OBUKA MONTER-POSLOV.- VOD	OBUKA MONTER-POSLOV.- TRAFOSTANICA	OBUKA MONTER-POSLOV.- VOD	OBUKA MONTER-POSLOV.- TRAFOSTANICA	OBUKA MONTER-POSLOV.- INŽ	PROVJERA MONTER-POSLOV.- VOD	PROVJERA MONTER-POSLOV.- TRAFOSTANICA	PROVJERA MONTER-POSLOV.- VOD	PROVJERA MONTER-POSLOV.- TRAFOSTANICA	PROVJERA MONTER-POSLOV.- INŽ
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	AUSTRIJA	A										
2	BELGIJA	B										
3	ŠVICARSKA	CH										
4	S R NJEMAČKA	D										
5	DANSKA	DK										
6	ŠPANJOLSKA	E	-50	-60	-50	-60	-30	-6	-6	-6	-6	-6
7	FRANCUSKA	F	50	10	60	10	60					
8	VEL.BRITANIJA	GB	-10		-10							
9	GRČKA	GR										
10	MAĐARSKA	H										
11	ITALIJA	I										
12	IRSKA	IRL										
13	NORVEŠKA	N										
14	NIZOZEMSKA	NL										
15	PORTUGAL	P										
16	POLJSKA	PL										
17	ŠVEDSKA	S	20		20		20					
18	FINSKA	SF										
19	TURSKA	TR										
20	JUGOSLAVIJA	YU										

OPASKA: OBUKA I PROVJERA ZNANJA ZA RAD POD NAPONOM JE U DANIMA. RADNI TJEDAN JE RAČUNAT SA 5 DANA.

Tablica 14.

UNIPEDE
VISOKI NAPON RAD NA POTENCIJALU

OBUKA ZA RAD POD NAPONOM

			OBUKA RADNIK – POSLOVOĐA-					PROVJERA RADNIK –POSLOVOĐA-				
			VOD	TRAFO STANICA	VOD	TRAFO STANICA	INŽ.	VOD	TRAFO STANICA	VOD	TRAFO STANICA	INŽ.
BR	ZEMLJA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	AUSTRIJA	A										
2	BELGIJA	B										
3	ŠVICARSKA	CH										
4	S R NJEMAČKA	D										
5	DANSKA	DK										
6	ŠPANJOLSKA	E	– 50	–70	–50	– 70	– 30	– 6	– 6	– 6	– 6	– 6
7	FRANCUSKA	F	50		50							
8	VEL.BRITANIJA	GB	–10		–10							
9	GRČKA	GR										
10	MAĐARSKA	H										
11	ITALIJA	I										
12	IRSKA	IRL										
13	NORVEŠKA	N										
14	NIZOZEMSKA	NL										
15	PORTUGAL	P										
16	POLJSKA	PL										
17	ŠVEDSKA	S										
18	FINSKA	SF										
19	TURSKA	TR										
20	JUGOSLAVIJA	YU										

OPASKA: OBUKA I PROVJERA ZNANJA ZA RAD POD NAPONOM JE U DANIMA. RADNI TJEDAN JE RAČUNAT SA 5 DANA.

Pohađanje redovite škole, osposobljavanje na tečajevima, trajanje dozvole za rad pod naponom, odobravanje programa po službama ministarstva variraju od zemlje do zemlje. Tako, primjerice, u:

— *Austriji* vjerojatno će svaka 24 mjeseca trebati provjera znanja;

— *SR Njemačkoj* je trajanje školovanja, provjera znanja po programu i trajanju prepuštena zainteresiranim poduzećima, ali i svako poduzeće samo snosi odgovornost.

— *Danskoj* škola za rad na niskom naponu je u poduzeću, dok su za rad na srednjem naponu potrebni posebni programi u redovitim školama. Obuka montera za rad pod naponom na svim radovima srednjeg napona traje u praksi 2-3 godine;

— *Velika Britanija* ovisi o broju radova koji rade pod naponom;

— *Grčkoj* rad pod naponom na niskom naponu spada u redovitu obuku učenika u privredi, koja traje 3 godine. Elektromonteri koji nisu učili rad pod naponom polaze šestomjesečni tečaj rada pod naponom;

— *Irskoj* 2 dana za manji rad pod naponom, 5 dana za izmjenu linijskog sastavljača;

— *Portugalu* prvih 20 ekipa za rad pod naponom (samo na 1 kV kabelima) izučeno je u 5 dana, od kojih je jedan bio posve teorijski;

— *Norveškoj* je uz tehničku školu osnovan odbor za rad pod naponom, koji je za 15 dana izobrazio prve elektromontere za rad na SN;

Švedskoj obuka elektromentera za rad pod naponom na niskom naponu i nekim radovima na srednjem naponu traje 10 dana. Obuka za rad na udaljenosti kod srednjeg visokog napona traje daljnjih 20 dana.

Za rad pod naponom na visokom naponu u Francuskoj se polazi škola unutar elektroprivrede, u Engleskoj se biraju monteri između onih koji već rade pod naponom na srednjem naponu.

Tablica 15.

UNIPEDE

RADI POD NAPONOM RADNIKA

			N.N	SREDNJI NAPON				VISOKI NAPON				SVE UKUPNO	
				MONTER	POSLOVOĐA	INŽINJER	UKUPNO	MONTER	POSLOVOĐA	INŽINJER	UKUPNO		
BR	ZEMLJA		1		2	3	4	5		6	7	8	9	10	
1	AUSTRIJA	A		363	6	1	1		8						371
2	BELGIJA	B													
3	ŠVICARSKA	CH													
4	S R NJEMAČKA	D	3	745										3	745
5	DANSKA	DK													
6	ŠPANJOLSKA	E	1	727	259	45	30		334	7	1	1	9	2	070
7	FRANCUSKA	F	26	800	110	235	74		419	40	17	6	63	27	282
8	VEL.BRITANIJA	GB	9	500	600	700	100	1	400	6	1	6	13	10	913
9	GRČKA	GR	4	500	27	8	24		59					4	559
10	MAĐARSKA	H													
11	ITALIJA	I													
12	IRSKA	IRL		630	12				12						642
13	NORVEŠKA	N			38	12	18		68						68
14	NIZOZEMSKA	NL													
15	PORTUGAL	P		40											40
16	POLJSKA	PL													
17	ŠVEDSKA	S		875									75		950
18	FINSKA	SF													
19	TURSKA	TR													
20	JUGOSLAVIJA	YU													
			48	180				2	300				160	50	640

Vidimo da više od 50 000 elektromontera u Evropi radi pod naponom. Mogli bismo reći da je rad na niskom naponu pod naponom masovan, s trendom porasta. S izoliranim mrežama (samonosivi kabelski snopovi) normalno je i razumljivo da to uzima maha.

Treba napomenuti da prema tabl. XV Danska nije dala broj elektromontera koji na niskom naponu rade pod naponom, dok je broj elektromontera Velike Britanije i Grčke, što se niskog napona tiče, približan.

Broj radnika u ekipi koja radi pod naponom zavisi od poduzeća do poduzeća. Čini se ipak da na broj radnika najviše utječe težina i opseg rada koji se namjerava raditi. Ekipa se obično sastoji od poslovođe i 3-5 elektromontera. Na niskom naponu većinu radova izvode 2 montera. Kod nekih radova na niskom naponu radi monter s kvalifikacijom za rad pod naponom. Drugi mon-

ter je pomoćnik i u slučaju nezgode pruža mu prvu pomoć.

Nadzor odnosno mišljenje o radovima koji se vrše pod naponom nigdje ne daje državni organ. Svuda je to interna stvar poduzeća. U SR Njemačkoj mišljenje o radu pod naponom daje sindikat.

Ispitivanje alata i rokovi ispitivanja uvijek je stvar poduzeća. Ni u jednoj od anketiranih zemalja ne ispituju ga neki državni organi. U SR Njemačkoj se alat ispituje prema propisima VDE-a.

NESREĆE NA RADU POD NAPONOM

UNIPEDE je imala poteškoća dok nije dobila podatke o nesrećama na radu pod naponom. Poduzeća se boje da bi se neki novinar željan senzacija domogao podataka. Anketa prema tablici XVI je anonimna, tako je sastavljena da se ne može ustanoviti poduzeće i zemlja gdje je došlo do nesreće na radu pod naponom.

Iz ankete se vidi da je za dvije godine na niskom i srednjem naponu bila ukupno 171 nesreća, od toga 5 smrtnih. Kod 31 nesreće na radu radnici nisu upotrijebili osobna zaštitna sredstva ili zaštitni pribor. U 108 slučajeva je razlog nesreće bio ljudski faktor, tj. radilo se je o lošoj organizaciji, nepridržavanju uputa ili nespretnosti.

UNIPEDE — Tablica 16.

NESREĆE KOD RADA POD NAPONOM
u razdoblju: 1.I 1978 ÷ 31.XII.1979.g

			OSOBNA OPREMA				PRIBOR		ALAT		LJUDSKI FAKTOR					
	RADI POD NAPONOM RADNIKA	RADOVA POD NAPONOM	IZOLIRANE RUKAVICE	ŠLJEM	NAOČALI	RADNO ODIJELO	ZAŠTITA VODIČA	IZOLACIONA PREGRADA	IZOLACIJA ALATA	SLAB PRIKLJUČAK	LOŠA ORGANIZACIJA	NE PRIDRŽAVANJE UPUTA	NESPRETNOST	PUCANJE VODIČA	KIDANJE STEZALJKE	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
NISKI NAPON	35126	4/85														
BROJ NESREĆA																
SMRTNE			2				1									3
OZLJEDE			16	2	1	2	4	5	9	4	10	51	47	14		165
UKUPNO																168
SREDNJI NAPON	2527	1/100														
BROJ NESREĆA																
SMRTNE												2				2
OZLJEDE												1				1
UKUPNO																3

Velik je broj nesreća na radu zbog nespretnosti (47), što upućuje na potrebu i važnost testiranja i liječničkih pregleda kandidata za rad pod naponom. Lošem stanju i manjkavostima alata može se pripisati 13 nesreća. Isto je tako bilo 14 nesreća na radu zbog pucanja vodiča ili loma stezaljki na vodu.

ZAKLJUČAK

Zahtjevi za kvalitetom isporučene električne energije sve su veći. Važan faktor kvalitete jest i neprekinutost u isporuci električne energije. Ekonomski razlozi, neopravdano velika ulaganja radi opskrbe iz drugog izvora pojedinih područja natjerala su elektroprivredu Evrope, a naročito distribuciju da pojedine radove na električnoj mreži, tamo gdje je to nužno, radi pod naponom.

Za rad pod naponom potrebna je tipizacija električne opreme do detalja. Kvalitetna električna oprema je ona na kojoj se može lagano raditi nakon što je nekoliko godina u eksploataciji. Tehnika novih investicaja mora omogučiti budući rad pod naponom. Isto tako je nužno pravovremeno školovanje za to potrebnog kadra.

Neke zemlje su rad pod naponom prihvatile i već duže vrijeme rade pod naponom. U posljednje vrijeme osjeća se da oni koji se do sada nisu zanimali za rad pod naponom vrše pripreme i spremaju se za rad pod naponom.

Podaci o nesrećama na radu pod naponom u posljednje dvije godine sasvim su zadovoljavajući. Zaista se počinje vjerovati da dobro organizirani rad pod naponom ne mora imati više žrtava od klasičnog rada u beznaponskom stanju.

Nagla priprema evropskih zemalja za rad pod naponom upućuje na to da će se i kod nas uskoro početi o tome misliti. Točnije, negdje se već spontano, bez odobrenja i radi, bez razrađenih pravilnika i alata, protivno postojećim propisima. Nazire se velik posao pripreme za rad pod naponom.

Ovaj napis daje sadašnje stanje rada pod naponom u Evropi. Mislim da se osjeća i naglo angažiranje zemalja koje do sada nisu radile pod naponom, od kojeg vjerojatno ni mi nećemo moći odustati u skoroj budućnosti. Svrha je ovog napisa da zainteresirane stručnjake obavijesti o sadašnjem trenutku u Evropi.

Naslov pisca:
Branko Mrakovčić, dipl. ing.
Elektroprimorje, Rijeka

LOŽIVO ULJE IZ UGLJENA

Nekoliko poduzeća SR Njemačke, SAD i Japana potpisala su ugovor o izgradnji pogona za ukapljivanje ugljena.

Ugljen bi se ukapljivao po sistemu »Solvent-Refined-Coal«. Dnevno bi se prerađivalo 6 000 t ugljena, iz kojeg bi se dobilo 1800 t loživog ulja i 1,5X10⁶ m³ plina.

Pogon će se graditi u Morgantownu (Zapadna Virginia). Udio SR Njemačke i Japana u investiciji iznosi približno 25% od svake.

Na projektu su surađivali i Ruhrkohle AG i Veba AG.

Prema etz 18/80. B. Mr.

PHE VIANDEN

U Luxemburgu, neposredno uz granicu sa SR Njemačkom, u pogonu je jedna od najvećih pumpnih hidroelektrana na svijetu — Phe Vianden, s instaliranih 1100 MW.

Godine 1951. osnovano je »Société Electrique de L'Our S.A.« da bi planiralo. vodilo izgradnju i eksploatiralo elektranu u pogonu. Svu proizvedenu električnu energiju preuzima RWE (Eheinische Westfälsche Elektrizitätswerk AG) iz Essena, pa je tako elektrana vršna i rezervna elektrana zapadnoevropskoga elektroenergetskog sistema.

Dva gornja akumulaciona jezera, s akumulacijom od 6800000 m³, nalaze se na samoj granici. Elektrana ima dva ulazna postrojenja s tri tlačna cjevovoda. Dva cjevovoda opskrbljuju devet turbina — pumpi svaka po 100000 MW, a treći cjevovod jednu reverzibilnu turbinu od 200 000 MW. Najveća turbina je smještena u vertikalno okno promjera ∅ 22,0 m, visine 50,0 m.

U tablici su dani neki podaci PHE Vianden.

		PHE Vianden		
Cjevovod	br	I	II	III
Agregati	kom	4	5	1
Dužina cjevovoda	m	652	856	1 375
promjer	m	6,0	6,5	4,5
Učin turbine	MW	100 000	100 000	200 000
Učin pumpe	M~	69 000	69 000	215 000
Blok—transformatori	MVA	115 000	115 000	230 000
Protok	m/sec	5,7	6,0	4,5
Protok turbine	m³/sec	39,5	6,0	4,5
Protok pumpe		21,0	21,0	74,0
Okretaji	min¹	428,0	428,0	333,3

Prema etz 18/80. B. Mr.

Vijesti iz elektroprivrede

IZGRAĐENA TS 110 kV POREČ

Planom izgradnje prijenosnih objekata na području Istre obuhvaćena je i gradnja transformatorske stanice 110/35/10 kv Poreč, snage 1 X 40 MVA. Sredinom srpnja 1980. godine ova transformatorska stanica stavljena je u pogon. Puštanjem u rad ovog prijenosnog objekta opskrba porečkog područja dobit će ne samo kvalitetniju, već i sigurnije količine električne energije.

Prema današnjoj elektroenergetskoj situaciji Istre novosagrađena TS Poreč u prvoj fazi se uklapa u dalekovodnu vezu 110 kV Plomin — Pazin — Poreč — Buje. U daljnoj pak fazi, pri porastu konzuma, stanica će se uklopiti u mrežu koja će povezivati transformatorske stanice Rovinj, Vodnjan i Novigrad.

Projekt za TS 110/35 kV Poreč izradili su stručnjaci »Elektroprenosa« Opatija. Građevne radove izvelo je poduzeće Primorje, a glavni dio opreme isporučila je tvornica »Rade Končar«.

Investicije za izgradnju TS 110/35 kV Poreč najvećim dijelom osigurali su »Elektro-Istra« Pula i »Elektroprenos« Opatija.

I.R.

TE KOSTOLAC III U POGONU

Termoelektrana Kostolac III, snage 210 MW, sredinom kolovoza 1980. godine puštena je u rad. Godišnja proizvodnja bit će oko 1 200 GWh. Već 1981. godine TE Kostolac II i Kostolac III ostvarit će proizvodnju od 1 800 G~h električne energije. Puštanjem u rad ove termoelektrane stvoreni su povoljni uvjeti plasmana ugljena s površinskog kopa »Čirkovac« s godišnjim otkopom oko 2500000 tona ugljena.

Industrijsko-energetski kombinat Kostolac planira nastavak daljnje izgradnje energetskih objekata. Tako je već za 1981. godinu programirana gradnja površinskog ugljenokopa »Drmno« s godišnjom proizvodnjom 6 milijuna tona ugljena koji bi se koristio za TE »Drmno«, 600 MW.

Kombinat se već priprema za gradnju te termoelektrane. S tvornicom »Rade Končar« za buduću TE »Drmno« ugovorena je isporuka turbogeneratora od 348,5 MVA i dva statička sistema uzbune Vrijednost te opreme je 255 milijuna dinara, a rok isporuke 36 mjeseci

IR.

ISPORUKA OPREME U SSSR

RO »Rade Končar« je m suradnji s proizvođačima elektroopreme poduzećima »Minel« — Beograd, Energoinvest — Sarajevo, »TSN« — Maribor i »Elektromontaža« — Ohrid ugovorila isporuku visokonaponske opreme za tržište SSSR-a. Ugovorena je isporuka oko 2700 kompletnih transformatorskih podstanica sange 250 kVA i 160 kVA, te 3 700 distributivnih transformatora snage 630 kVA i 250 kVA.

Zaključen je i drugi ugovor s naručiocima iz Sovjetskog Saveza o prodaji dodatnih količina transformatorskih podstanica snaga 160 kVA i napona 10/0,4 ikV i 6/0,4 kV.

I.R.

GRADNJA TS 110/35 kV VARAŽDIN I

Pošto su osigurana investiciona sredstva u iznosu od oko 68 milijuna dinara, sredinom svibnja 1980. otpočeli su radovi na gradnji TS 110/35/10 kV Varaždin I, koja će napajati industrijsku zonu grada. Financijska sredstva su osigurali »Elektra«, Varaždin, RSIZ potrošača električne energije Hrvatske, Elektroprenosa, Zagreb, te dobavljač svojim kreditom.
Građevne radove izvodi poduzeće »Hidroing«, Varaždin, a ugovorena je sva oprema 110, 35 i 10 kV od domaćih proizvođača i već je u izradi i oprema zaštite, daljinskog upravljanja, komandne ploče i dr. TS 110/35/10 kV Varaždin I bit će vezana na već izgrađen dalekovod 110 kV do TS Nedeljanec. U 1981. godina planirana je gradnja i dalekovoda 110 kV TS Varaždin I — HE Čakovec.

Istovremeno na području »Elektre«, Varaždin u toku su radovi na gradnji TS 35/10 kV Kneginec u vrijednosti oko 13 milijuna dinara. Planirano je da ova transformatorska stanica bude dovršena potkraj 1980. godine.

I.R.

NOVA TS 110 kV U SAMOBORU

Na Dan ustanka naroda Hrvatske 27. srpnja 1980. puštena je u pogon novosagrađena transformatorska stanica 110/20 kV Samobor, snage 1 × 20 MVA. Nova stanica vezana je na dalekovod 110 kV Rakitje — Brestanica. Izgradnjom toga prijenosnog postrojenja konzum samoborskog područja znatno će poboljšati svoju energetsku situaciju, što je osobito važno za industriju koja se zadnjih godina naglo proširuje.

Za gradnju tog objekta osigurana su finacijska sredstva iz zajedničkih ulaganja radnih organizacija »Elektre«, Zagreb j »Elektroprenosa«, Zagreb. Isporučilac opreme je RO »Rade Končar«, koja je u suradnji sa zagrebačkim poduzećem »Dalekovod« izvela i glavni dio montažnih radova.

I.R.

OPREMA ZA HIDROELEKTRANU NA SOČI

U toku je izgradnja četvrte hidroelektrane na rijeci Soči, predviđene Osimskim sporazumom između Jugoslavije i Italije. Hidroelektrana je locirana u Solkanu, Snage je 2 × 10,5 MW, a bit će potpuno automatizirana s daljinskim upravljanjem iz dispečerskog centra u Novoj Gorici.
Investitor »Soške elektrane« ugovorio je kompletnu opremu s domaćim isporučiocima.

»Rade Končar« za ovaj hidroenergetski objekt isporučuje 2 generatora (2 × 13 MVA), transformator 26 MVA, te kompletnu opremu za 110, 35 i 0,4 kV postrojenje. Nadalje, isporučit će se i elektronički sistem prikupljanja informacija i upravljanja elektranom.

Tvornica »Litostroj« isporučuje turbine i odgovarajuću opremu, »Iskra« mjerne i regulacione uređaje, a Metalna, Maribor sve metalne konstrukcije. Dovršenje i puštanje u pogon HE Solkan na Soči predviđa se krajem 1982. ili početkom 1983. godine.

I.R.

45 MILIJUNA ZA STUDIJE

Stručne službe Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske u suradnji s Institutom za elektroprivredu, te ostalim razvojno-istraživačkim centrima u privredi, koji surađuju s elektroprivredom, projektnim organizacijama i fakultetima izradile su prijedlog plana studija za 1980. godinu. Zajednička skupština Republičke samoupravne interesne zajednice potrošača električne energije Hrvatske i Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske prihvatili su predloženi plan.

Za realizaciju predloženog plana odobrena su financijska sredstva u ukupnom iznosu od 45,02 milijuna dinara.
Utvrđen je raspored planiranih sredstava za radne organizacije elektroprivrede SR Hrvatske na ime financiranja plana studija općeg značenja za 1980. godinu koje se financiraju putem RZ Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske prema usvojenim kriterijima.
Sredstva za financiranje studija raspoređena su na radne organizacije: HE Dubrovnik; Elektroslavooiju, Osijek, Elektroprivredu, Rijeka; Elektroprivredu Dalmacije, Split; Eektroprivredu Zagreb; Eektroliku, Gospić; Elektroistru, Pula; Elektroprimorje, Rijeka; Elektru, Karlovac; Elektru, Sisak i Elektru, Zagreb.

Studijski radovi obuhvatit će proizvodnju električne energije, prijenos električne energije, distribuciju električne energije i ostale zajedničke studije.

ELEKTROPRIVREDA RIJEKA

PRIJEDLOG PLANA IZGRADNJE ENERGETSKIH OBJEKATA

Razvojne službe RO »Elektroprivreda«, Rijeka izradile su »Prijedlog plana izgradnje elektroenergetskih objekata za razdoblje 1981—1985. godine« na području rječkog područja.

Proizvodnja električne energije na području »Elektroprivrede« Rijeka danas se ostvaruje u hidro i termoproizvodnim objektima instalirane snage 772,5 MW i godišnjom proizvodnjom oko 3 450 GWh. Te količine električne energije u petogodišnjem planu razvoja privrede Hrvatske do 1985. godine ne mogu zadovoljiti stvarne potrebe potrošača. Predviđa se da će ostvarenje potrošnje električne energije po planu 81/85 rasti godišnje po stopi 7 do 8,5%.

Već planom izgradnje energetskih objekata 1976—1980. bilo je predviđeno graditi TE — TO Rijeka, TE Plomin 2 i PHE Vinodol. Zbog otežane financijske situacije nije došlo do ostvarenja toga plana. U proteklom planskom razdoblju radilo se na pripremi investiciono-tehničke i ostale dokumentacije za

navedene objekte. Osim toga, pristupilo se istraživanju ostalih neiskorištenih prirodnih resursa, koji bi se mogli iskoristiti za proizvodnju električne energije.

Obrađeni su preostali hidroenergetski potencijali, te istraživanje ugljena u bazenu Raše. Rezultati izvršenih ispitivanja su pokazali da postoje mogućnosti gradnje HE Senj 2 i TE Koromačno i otvaranje novih ugljenokopa za potrebe ove termoelektrane.

Ukratko ćemo prikazati tehnička rješenja izgradnje pojedinih objekata koje predlaže RO Elektroprivreda, Rijeka.

T E — T O R i j e k a, 45 MW, moguća proizvodnja 180 GWh i 120 GCa 1/h. Ovaj objekt bio je u planu 1976 — 1980. ali je zbog pomanjkanja financijskih sredstava izgradnja bila odgođena. Prema odluci Skupštine općine Rijeka gradnja se ne dozvoljava na lokaciji u Vodovodnoj ulici zbog opasnosti od zagađivanja, već se traži da se nađu rješenja za gradnju na novoj lokaciji. Ako se izbor lokacije riješi povoljno i brzo, predviđen je rok izgradnje u 1983. godini. Ugovor za isporuku opreme zaključen je još prije, tako da je već jedan dio opreme izrađen.

T E P l o m i n 2 bila je smještena uz postojeću termoelektranu u Plominskom zaljevu. Strojarnice i bunkerski trakt sagradit će se u produženju postojećih objekata, a kotao će biti smješten na otvorenom. Postojeće postrojenje za dopremu ugljena zadovoljava i za opskrbu druge etape. Visina dimnjaka bit će 200 m, a crpna stanica rashladne vode bit će u produženju postojeće.

Turboagregat bi imao snagu 200 MW i predaju energije preko transformatorskog bloka snage 235 MVA u 220 kv mrežu.

Predviđen je parni kotao na ugljenu prašinu učina 177 kg/sek. pare, tlaka 146 atp. Godišnja potrošnja ugljena iznosit će oko 500 tisuća tona.

Elektrana će biti priključena na novo rasklopno postrojenje 220 kV koje će imati 4 dalekovodna polja.

P u m p n a h i d r o e l e k t r a n a V i n o d o l bit će smještena neposredno uz postojeću hidroelektranu Vinodol (OOUR HE »Nikola Tesla«) u Triblju.
Postrojenja bi se sastojala od gornjeg i donjeg bazena (koji su povezani cjevovodom), strojarnice sa strojevima, rasklopnog postrojenja i pripadnih pomoćnih objekata.

Gornji bazen imao bi korisni volumen od 2,1 hm^3 koji bi se postigao nasutom pregradom visokom oko 20 m. U bazenu bi se nalazili ulazni uređaj u dovodni tunel dug 831 m, promjera 4,5 m. Na kraju tunela nalazit će se vodna i zasunska komora iza kojih će se nastavljati tlačni cjevovod dug oko 1 800 m koji će se ispred strojarnice račvati u tri turbinska dovoda. U strojarnici će biti smještena 3 pumpno-turbinska agregata snage 130 MW s pomoćnim uređajima.

Izlazi iz pumpa-turbina u donji bazen bili bi izvedeni djelomično kao cjevovodi, a djelomično kao otvoreni kanal. Donji kanal će se puniti vodom koja je iskorištena u postojećoj HE Vinodol i prepumpavati iz izlaznog kanala pomoću dviju pumpa smještenih ispod brane.

Na platou uz strojarnicu nalazila bi se 3 blok — transformatora i rasklopno postrojenje 220 kV s dva dalekovoda do TS Melina.
Predviđen je početak izgradnje 1982, puštanje u pogon prvog egregata 1986., drugog 1987. i trećeg 1988.

H E S e n j 2 bila bi smještena u neposrednoj blizini postojeće HE Senj. Izgradnjom ovog postrojenja povećala bi se instalirana snaga HE Senj bez izgradnje nove derivacije.

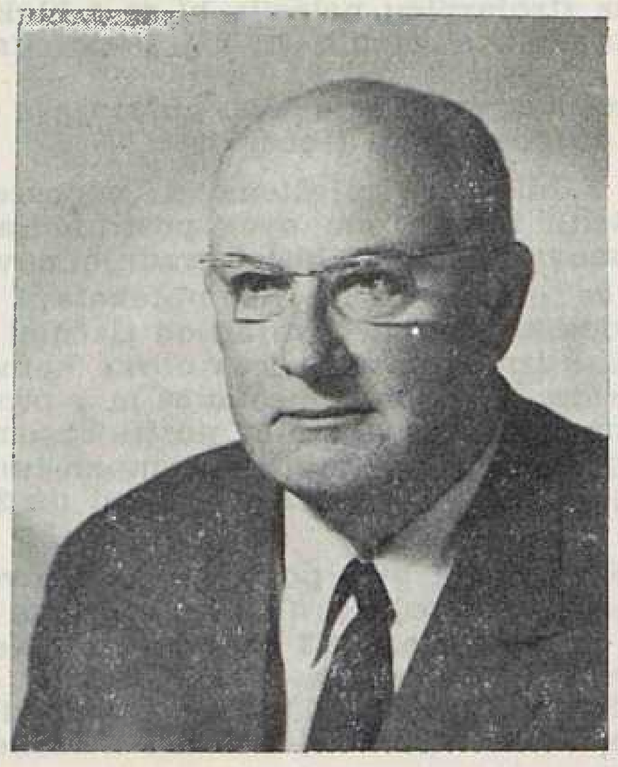
Postrojenje će se sastojati od ovih objekata:
upojnog cjevovoda koji će se odvajati od tlačnog tunela Gusić Polje — Hrmotine između vodne i zasunske komore u obliku čelične ubetonirane cijevi dužine oko 50 m i promjera 3,5 m;
Strojarnica Hrmotine s rasklopnim postrojenjem. U strojarnici će biti smještena 2 reverzibilna pumpno-turbinska agregata svaki snage 60 MW, koji će biti spojeni na 2 transformatora 220/10,5 kV.

Rasklopno bi postrojenje bilo povezano dalekovodom 220 kV na 220 kV rasklopno postrojenje HE Senj. Spojni tlačni cjevovod dužine 125 m, promjera 3,3 m povezivat će strojarnicu Hrmotine s bazenom Stražbenica.
Predlaže se početak izgradnje I etape (1 reverzibilni agregat na Hrmotinama, tlačni cjevovod i bazen Stražbenica) u 1983. godini,

T E K o r o m a č n o. Istraživanjem u području Raškog bazena utvrđeno je da na području Koromačno postoji ležište ugljena. Utvrđene rezerve iznose 13 milijuna tona, što bi omogućilo izgradnju termoelektrane snage 300 MW. U toku su daljnja istraživanja kojima će se utvrđivati uvjeti eksploatacije ovog ležišta.
Termoelektrana Koromačno bila bi smještena u istoimenoj uvali na morskoj obali u blizini budućeg ugljenokopa. Pomoću dvostrukog dalekovoda 220 kV izvest će se spoj na rasklopno postrojenje 220 kV Termoelektrane Plomin 2. Početak izgradnje predviđen je u 1983. godini.
Osim predloženih objekata, postoji mogućnost uvrštenja u plan i HE Valići s pripadnom akumulacijom Kukuljani ili Zoretići. Izbor akumulacije bit će riješen nakon sporazuma s vodoprivredom koja je zainteresirana za ovaj objekt.

I.R.

IN MEMORIAM



U listopadu o. g. umro je u Zagrebu Ernest Radetić, dugogodišnji rukovodilac uredništva časopisa »Energija«.

Rođen je u Baderni u Istri 13 ožujka 1899. u seljačkoj obitelji. Nakon svršene pučke škole u svom rodnom mjestu polazi na daljnje školovanje u pazinsku nižu gimnaziju. Daljnja četiri razreda i maturu završava u velikoj gimnaziji u Travniku. Sudjeluje u Prvom svjetskom ratu, a kraj rata dočekuje u talijanskom zarobljeništvu.

Godine 1920. dolazi u Zagreb i zapošljava se u ravnateljstvu pošta. Studirao je neko vrijeme pravo, a zatim filozofiju. Premda boravi u Zagrebu stalno se bavi problemima Istre. Mnogo piše u »Istarskoj riječi«, a nakon zabrane hrvatske i slovenske štampe pokreće u Zagrebu list »Istra«, a zatim omladinski list »Mladi Istranin«. Napisao je također nekoliko igrokaza iz istarskog života i knjige »Istra pod Italijom«, »Razbijeni mozaik« i »Istarski zapisi.

Godine 1937. dolazi u elektroprivredu, u zagrebačku »Gradsku električnu centralu«. Nakon rata nastavlja rad u Generalnoj direkciji elektroprivrede Hrvatske, u Elektroprivrednom sistemu NRH i u ZEPH.

Godine 1956. prelazi u Institut za elektroprivredu, gdje zajedno s tadašnjim glavnim urednikom ing. Božidarom Filipovićem radi u uredništvu »Energije«, koja tih godina počinje izlaziti kao redoviti mjesečni časopis. U mirovinu odlazi 1962, ali dalje radi u uredništvu do 1970, kad se zbog godina potpuno povlači. Osim uredničke brige oko štampanja časopisa i sam je surađivao pišući o posjetima pojedinim elektroprivrednim poduzećima.

Osobito su nam bile zapažene njegove »Putositnice«. Ernest Radetić književnik i uzoran radnik ostat će nam u trajnoj uspomeni.

Uredništvo

RADE KONČAR

NEKA NOVA RJEŠENJA U POBOLJŠANJU KONTINUIRANE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ZRAČNIM VODOVIMA SREDNJEG NAPONA

Uvod

Prenapučenost velikih gradova i industrijskih središta, te nedovoljna propusna moć njihovih prometnica, sve više postaju ograničavajući faktor daljnjeg razvoja industrijske proizvodnje na postojećim lokacijama.

Već i do sada je često bilo nužno, a u buduće će biti još češće, da se prilikom novih ulaganja u proširenje proizvodnje, pronađu nove — uglavnom — disperzirane lokacije, više ili manje udaljene od sadašnjih.

Osim toga, u prigradskim selima razvija se i značajna djelatnost na području proizvodnje i prerade hrane, koja također zahtijeva sve više el. energije.

Svi ovi potrošači opskrbljuju se, pretežno, zračnim vodovima napona 12, 24 i 38 kV, koji su izloženi čestim kvarovima pod utjecajem atmosferskih prenapona.

Automatsko odvajanje voda u kvaru

Postojeća rješenja s ugradnjom linijskih rastavljača, ili rastavnih sklopki, na počecima krajnjih vodova, ne daju mogućnost brzog lociranja kvara, pa čitava područja ostaju duže vrijeme bez električne energije sa svim posljedicama koje iz tog proizlaze.

Druga mogućnost, koja na odvojcima zahtijeva postavljanje odgovarajuće transformatorske stanice (TS), sa prekidačem za ponovno uklapanje i pripadnom relejnom zaštitom, predstavlja i još će dugo predstavljati, ekonomski neprihvatljivo rješenje za ovu vrstu potrošača.

Nastojanja proizvođača el. opreme, da se i ovim potrošačima omogući sigurnija opskrba el. energijom dovela su do primjene uređaja za automatsko odvajanje zračnog voda u kvaru, koji se prigrađuje na svaku fazu linijskog rastavljača, prema sl. 1.

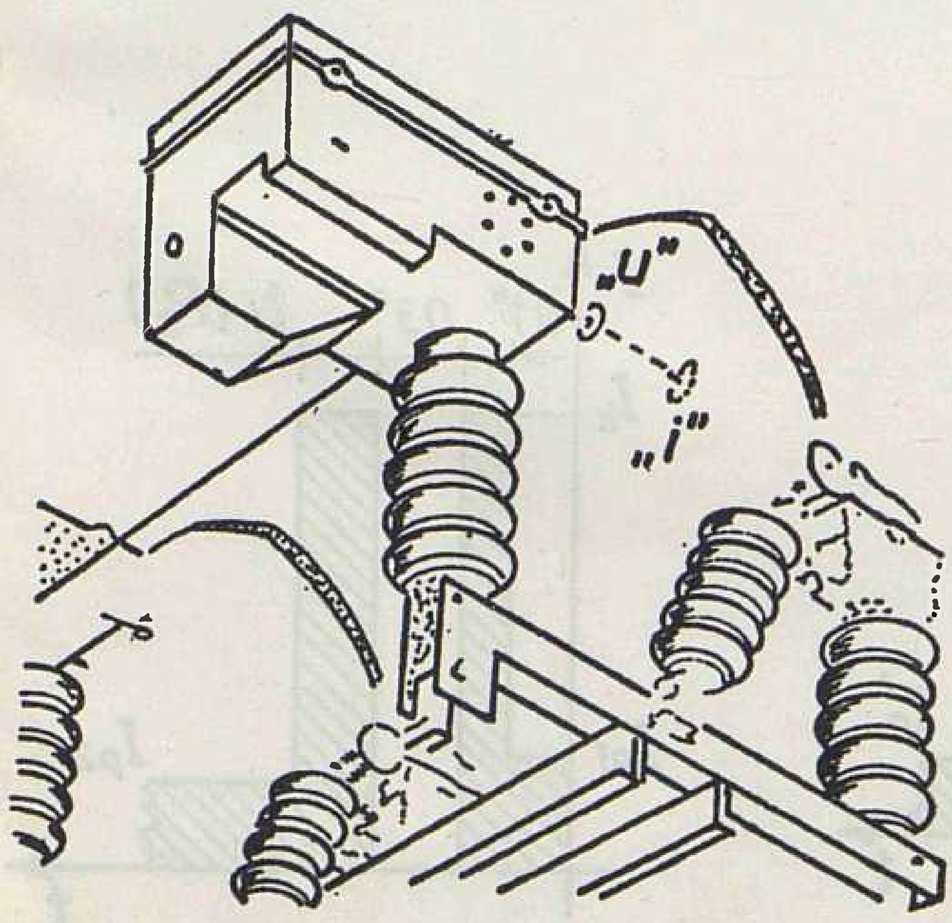
Primjenom ovog uređaja, omogućeno je veoma brzo odvajanje voda u kvaru, čime se osigurava nesmetana opskrba potrošača priključenih na druge krajnje vodove u promatranom konzumnom području.

Za naše razmatranje, pretpostavimo mrežu s četiri radijalno spojena voda — prema sl. 2. na čijim su počecima ugrađeni linijski rastavljači LR, ili rastavne sklopke, s uređajima za automatsko odvajanje voda u kvaru, proizvodnje »R. Končar« — OOUR Sombor.

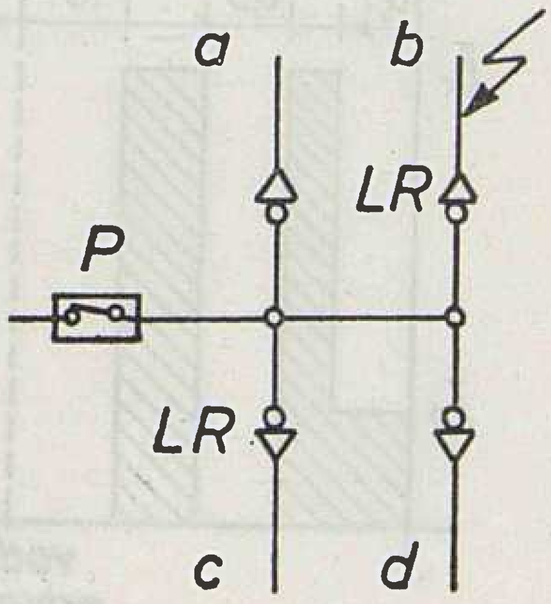
U slučaju pojave kvara na vodu (b), struja kratkog spoja I_k aktivira zaštitu prekidača (P), ugrađenog u TS na početku glavnog voda, koji prekida struju I_k za približno 0,1 — 0,2 sek. od njezinog nastanka.

Istovremeno je struja I_k aktivirala i automatski uređaj za odvajanje na vodu (b), koji nakon zatezanja od 10 do 20 sek. odvoji vod od preostalog dijela mreže.

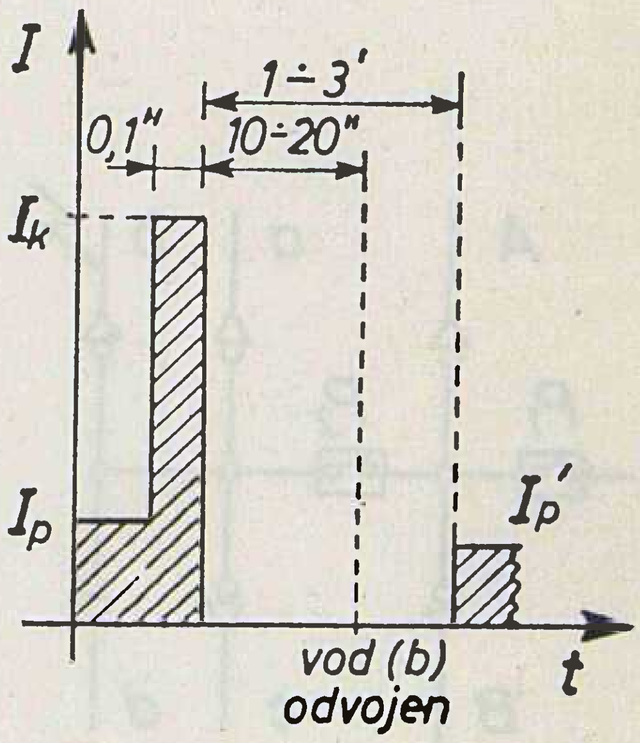
Uklapanjem prekidača, ručno ili automatski nakon pauze od 1 — 3 min., ponovno se nastavlja opskrba



Sl. 1.



Sl. 2.



Sl. 3.

potrošača priključenih na vodove (a), (c) i (d), kao što je vidljivo iz dijagrama na sl. 3.

$$I_p = I_k = 0$$

Prije otklanjanja kvara na vodu, potrebno je linijski rastavljač ručno otvoriti u krajnji isklopni položaj, čime se izdanak vidljiv na sl. 1. vrati iz položaja »i« u položaj »u« i na taj način ponovno zatvori strujni put kroz uređaj za automatsko odvajanje na vodu (b).

Samo po sebi razumljivo, ako je na početku glavnog voda ugrađen prekidač (P) suvremenih karakteristika, kao što su prekidači tipa M12 — 38 proizvodnje »RK« — OOUR Zagreb Borongaj, koji imaju mogućnost brzog ponovnog uklopa, te ako u TS postoji odgovarajući APU uređaj i ako se radi o prolaznom kvaru, prekidač (P) ponovo uklopi nakon pauze od 0,3 do 8 sek., da u tom slučaju automatski uređaj za odvajanje voda u kvaru neće proraditi, čime se nastavlja redovna opskrba i potrošača priključenih na vod (b).

Neke mogućnosti primjene uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru

Posebno je zanimljiv slučaj, ako na razvijenijem konzumnom području imamo i takve potrošače, koji ni kraću stanku u opskrbi el. energijom ne mogu prihvatiti zbog zastoja u proizvodnom procesu. Primjer opskrbe važnijih potrošača na vodovima A i B, uz korištenje dva prekidača i linijskih rastavljača s uređajem za automatsko odvajanje voda u kvaru, prikazan je na slici 4.

U našem primjeru, ponovno je pretpostavljen kvar na odvojku (b). Struja kratkog spoja istovremeno potiče relej za automatsko odvajanje voda (b), te odgovarajuće zaštite na prekidačima P_1 i P_2. Zaštita prekidača u glavnoj TS, je tako podešena da prekidač P_1 prvi isklopi, dok je vremensko zatezanje na uređaju za automatsko odvajanje voda u kvaru — kako već znamo — od 10 do 20 sekundi. Uređaj za brzo ponovno uklapanje, uz prekidač P_1, odmah proslijedi impuls za ponovni uklop, te prekidač — nakon beznaponske pauze od približno 0,3 sek. — ponovno uklopi.

Ako je kvar bio prolaznog karaktera, opskrba el. energijom nastavlja se dalje bez ikakvih smetnji na čitavom području, kao što je opisano u prvom dijelu ovog članka.

Međutim, ako je na vodu (b) kvar trajnog karaktera, uklapanjem prekidača P_1 ponovno se u vodu (b), kao i kroz prekidače P_1 i P_2 uspostavlja struja kratkog spoja I_k. Za ovaj slučaj, zaštite na prekidačima se tako podešene, da drugo isklapanje izvrši prekidač P_2 u područnoj TS.

Ovime je mjesto kvara odvojeno prekidačem P_2, čime je osigurana nesmetana opskrba potrošača priključenih na vodovima A i B. Dijagram struje kroz prekidač P_1 prikazan je u ovom primjeru na sl. 5.

Nakon 10 do 20 sekundi po isklopu prekidača P_2, tj. nakon prestanka djelovanja struje kratkog spoja I_k, uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru, odvoji vod (b) od ostalog dijela mreže, čime vod (b) trajno ostaje izvan pogona dok se kvar točno ne pronađe i otkloni. Za potrošače priključene na vodove (a), (c), i (d), uspostavit će se ponovno redovna opskrba el. energijom jednu do tri min. nakon isklopa prekidača P_2 u područnoj TS, a dijagram struje kroz prekidač P_2 prikazan je u tom slučaju na sl. 6.

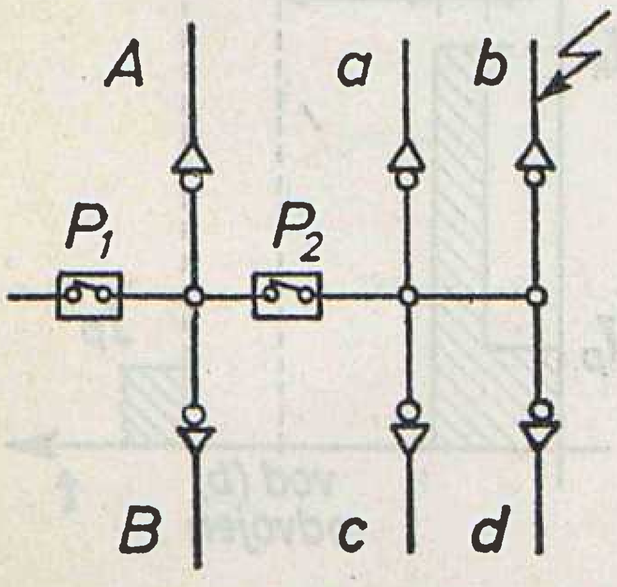
Zaključak

Iz navedenih primjera se vidi da uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru omogućava:

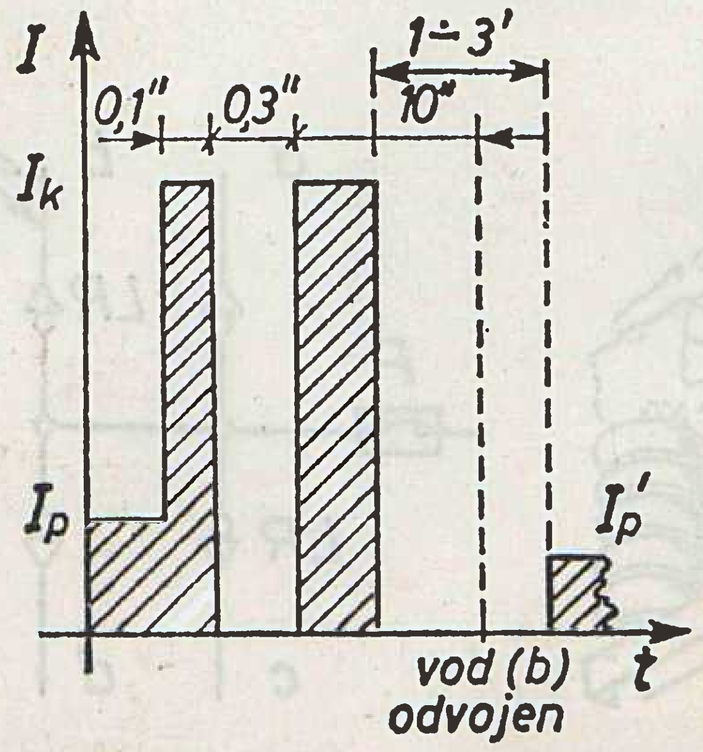
— sigurniju opskrbu el. energijom, radi manjeg broja ispada, jer izvan pogona ostaje samo vod u kvaru,
— kraće vrijeme za pronalaženje i otklanjanje kvara,
— manje troškove za otklanjanje nastalih kvarova,
— manje ljudstva i vozila za održavanje zračnih mreža srednjeg napona.

Sve ove prednosti potvrđuju zaključak, da se ubuduće može očekivati značajna primjena uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru na zračnim mrežama srednjeg napona.

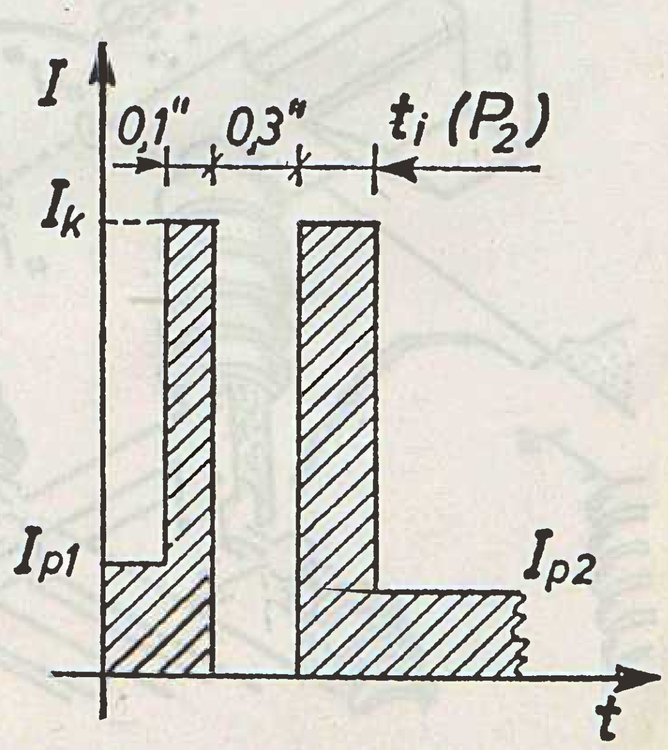
Naslov pisca:
Josip Polanc, dipl. ing.
RO »Rade Končar« — Elektrouređaji



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.