ENERGIJA
UREDNIŠTVO I UPRAVA
ZAGREB

ENERGIJA

BILTEN ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA
HRVATSKE I INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU, ZAGREB

GODIŠTE 12 ZAGREB GODINA 1963.

SADRŽAJ ENERGIJE U 1963. GODINI

STUDIJE I ISTRAŽIVANJA

	Broj	Str.
Bilčar ing. Nikola: Hidraulicitet Cetine	1—2	18
Brezinšćak ing. Marijan: Magnetohidrodinamički pretvarač energije . .	11—12	341
Crlenjak prof. ing. Milan: Direktna pretvorba topline goriva u električnu energiju	11—12	338
Elčić ing. Zvonko: O industrijskim parnim turbinama	3—4	89
Jamnicki ing. Ivo: Električna energija u energetskoj privredi Hrvatske . .	5—6	135
Janić ing. Ivan: Elektrifikacija nacionalnog parka Plitvička jezera . . .	5—6	141
Jovanović ing. Pavle: Mogućnost zamjene bakra aluminijem u elektropostrojenjima i opremi	1—2	12
Lucati ing. Jakob: Potrošnja goriva i električne energije u domaćinstvima grada Zagreba	1—2	38
Lucati ing. Jakob: Skladištenje ugljena i bilanca skladišta	7—8	238
Markovčić ing. Boris: Razvoj i perspektive mreža najviših napona (iznad 220 kV)	1—2	22
Požar dr ing. Hrvoje: Korekcioni faktori za određivanje iskoristivih protoka pomoću srednjih mjesečnih protoka	1—2	1
Požar dr ing. Hrvoje: Jedna od mogućnosti za valorizaciju energije hidroelekrana	3—4	67
Požar dr ing. Hrvoje: Planiranje, izgradnja i eksploatacija elektroenergetskih kapaciteta	7—9	228
Požar dr ing. Hrvoje: Sile među sabirnicama i struje kratkog spoja . .	11—12	323
Škarica ing. Ranko: Montaža vodiča savremenom mehanizacijom . . .	3—4	81
Vujnović ing. Momir: Metode indikacije i signalizacije zaleđivanja dalekovoda	5—6	141
Vuletić ing. Josip: Transformacija struja i napona kvara	5—6	151

POGONSKA PROBLEMATIKA

	Broj	Str.
Bilčar ing. Nikola: Zaštita kod pucanja tlačnih cjevovoda u hidroelektranama	5—6	157
Bilčar ing. Nikola: Stanje izolacije na generatorima HE Vinodol i kontrola izolacije u pogonu	11—12	332
Crlenjak prof. ing. Milan: O određivanju temperature rošenja u kotlovima	5—6	165
Cvetković ing. Zorko: Spremnost prijenosnih postrojenja	9—10	263
Fuštar Nikola: Primjena voltmetarske ispitne motke u pogonu	9—10	292
Kragić ing. Branko: Napajanje uređaja slabe struje u elektroenergetskim postrojenjima	9—10	285
Krešić ing. Miljenko: O utjecaju vodova visokog napona i atmosferskih pražnjenja na telekomunikacione vodove	9—10	283
Majić ing. Mirko: Automatski telefonski saobraćaj u elektroprivredi Hrvatske	9—10	277
Markovčić ing. Boris: Regulacioni transformatori u elektroenergetskom sistemu	9—10	272
Mileusnić ing. Egon: Neka loša iskustva sa štapnim izolatorima na dalekovodu Rakitje — Gojak — Vinodol . .	9—10	268
Ožegović ing. Karlo: Uvjeti za povećanje produktivnosti rada u djelatnosti prijenosa električne energije . .	9—10	266
Ožegović ing. Karlo: Daljinsko upravljanje i jednopolna shema postrojenja	9—10	287
Ožegović ing. Karlo: Sigurnosti propisi za vršenje službe i rad na elektroprijenosnim postrojenjima	9—10	289
Ožegović ing. Karlo: Provjerovanje beznaponskog stanja na dalekovodima	9—10	291
Ožegović ing. Karlo: Rad pod naponom opis osnovnih metoda i potreba primjene	9—10	304
Pavlović ing. Tomislav: O mogućnostima preopterećenja transformatora .	9—10	302
Primožić ing. Ante: Prijelaz od 110 na 220 kV u Rijeci privodi se kraju .	11—12	359
Primožić ing. Dušan: Uređaj za korištenje otpadne topline generatora HE Ožbalt	11—12	361
Radmilović ing. Božidar: Pomoćne sabirnice u rasklopnim postrojenjima 110 kV	9—10	295
Šaler Antun: Automatski uklopničar .	9—10	300
Šaler Antun: Automatska regulacija napona na regulacionim transformatorima	9—10	301
Šarčević ing. Milan: Pogonski napon 30 i 35 kV u elektroprivredi Hrvatske .	11—12	330
Zaninović ing. Josip: Pogonska iskustva s relejima za dojavu smjera zemnog spoja u mreži 30 kV	9—10	399

IZGRADNJA POSTROJENJA

	Broj	Str.
Begović ing. Krunoslav: Hidroelektrana Tis Abbai u Etiopiji	11—12	346
Fišer ing. Karlo: Proširenje elektroenergetskog sistema u Sudanu	11—12	351
Janaček ing. Valter: Organizacija izgradnje brane Dez u Iranu	11—12	354
Markovčić ing. Boris: 20-godišnjica gradnje prvog voda 110 kV u Hrvatskoj	3—4	104
Primožić ing. Ante: Potrebna tipizacija gradskih distributivnih transformatorskih stanica	3—4	102

EKONOMSKA PROBLEMATIKA

Feöcze dipl. ec. Danijel: Energetski potencijal svijeta	1—2	31
Feöcze dipl. ec. Danijel: Razvoj elektroprivrede Sjedinjenih Američkih Država	5—6	159
Feöcze dipl. ec. Danijel: Autofinanciranje proširene reprodukcije elektropri- Francuske i Velike Britanije	11—12	363
Feöcze dipl. ec. Danijel: Prognoza energetskih potreba Evropske ekonomske zajednice (EEZ)	11—12	366

PRIKAZI, UVODNICI, POGOVORI

Desetgodišnjica Instituta za elektroprivredu, Zagreb

Damjanić Miloš: Uvodna riječ	7—8	195
Mattes ing. Herman: Deset godina rada i djelovanja Instituta za elektroprivredu u Zagrebu	7—8	196
Brajnović ing. Vinko: Organizacija, rad i poslovanje ekonomskih jedinica Instituta za elektroprivredu, Zagreb	7—8	202
Filipović ing. Božidar: Studij privrednih pitanja i statistika	7—8	223
Jamnicki ing. Ivo: Studij opće energetike	7—8	226
Lucati ing. Jakob: Studij termoenergetskih sistema	7—8	215
Markovčić ing. Boris: Studij mreže visokog napona	7—8	210
Požar prof. dr ing. Hrvoje: Studij elektroenergetskih sistema	7—8	206
Šantić ing. Ante: Laboratorij za slabu struju	7—8	221
Šprung ing. Fedor: Laboratorij za toplinska mjerenja	7—8	217
Štengl ing. Vladimir: Studij distributivnih mreža	7—8	212
Uzelac ing. Blaž: Laboratorij za visoki napon i jaku struju	7—8	219

RAZNO

Domainko D.: Tehnika i ekonomika	1—2	42
F. D.: Financiranje elektroenergetske izgradnje »Electricité de France«	5—6	171
Fišer K.: Križanje dalekovoda napona 400 kV i rijeke Temze	1—2	43
F. K.: Podmorski kabeli za istosmjerni visoki napon	7—8	245
Horvat V.: Kanalizacija rijeke Mosele i njeno hidroenergetsko korišćenje u hidroelektranama s cijevnim turbinama	7—8	242
Pavlović T.: Kompenzatorski pogon agregata Francis i Kaplan	1—2	41
Posedel Z.: Sistem označavanja aparata u vanjskim rasklopnim postrojenjima u Velikoj Britaniji	5—6	166
Primožić A.: Gradnja i rekonstrukcija niskonaponskih mreža u mjestima obalnog područja	5—6	168
ZEPH: Osobine investiranja u godini 1962.	1—2	45

VIJESTI IZ PODUZEĆA I S GRADILIŠTA

Jovanović M.: Položaj školskih centara elektroprivrede kao samostalnih ustanova	3—4	106
Jovanović M.: Analiza postojećeg sistema stručnog obrazovanja	7—8	246
Kralj S.: U Elektrani Zagrebu pušteno u pogon toplinsko postrojenje	11—12	374
Markovčić B.: Nagrada »Nikola Tesla 1963« istaknutom elektroprivrednom stručnjaku«	3—4	108
Medvedec I.: Novi upravni odbor ZEPH	7—8	249
Radetić Ernest: Od Gospića do Senja	1—2	46
Radetić Ernest: Otoci Rab, Cres i Lošinj bit će priključeni na zemaljsku mrežu	1—2	56
— Elekrifikacija Like do početka gradnje HE Senj	5—6	175
R. I.: Izgradnja značajnijih elektroprivrednih objekata u god. 1962. — Iz »Kvarnerskih elektrana« Rijeka — Plan investicija poduzeća »Elektra« Zagreb za 1963 — Izgradnja pogonsko-poslovnih i stambenih zgrada poduzeća »Elektroprenos« Zagreb	1—2	54
— Radovi na elektrifikaciji željezničke pruge Rijeka—Zagreb — Elektrifikacija dionice Ogulin — Karlovac	3—4	105
— Istražni radovi na novim energetskim izvorima u SR Hrvatskoj	5—6	173
— Gradnja novih dalekovoda 110 kV u SR Hrvatskoj — Dalekovod 110 kV Međurić—Virovitica u pogonu s 35 kV	7—8	245
— Nove 35/10 kV u Novoj Gradiški i Kutini — Izgradnja TS 110/30 kV Zabok		
— II etapa izgradnje TS 220/110 kV Mraclin — Termoelektrana Osijek pretvara se u toplanu	9—10	306
— Projektni radovi »Dalekovoda« na elektrifikaciji željeznica	11—12	377

KONFERENCIJE

	Broj	Str.
B. M.: Sastanak Studijskog komiteta za mrežu 220 kV Jugoslavije, Jug. nac. kom. CIGRE	7—8	250
V. H.: Savjetovanje Studijskog komiteta za zaštitu i releje Jug. nac. kom. CIGRE	7—8	251
M. B.: Seminar i izložba JUREMA 1963.	7—8	251
Markovčić B.: Prvo savjetovanje o eksploataciji dalekovoda mreže i transformatorskih stanica 110 i 220 kV	9—10	307
I. R.: Osma konferencija ETANA	9—10	309
I. Š.: Međunarodni skupovi u 1964.	11—12	377

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

T. Pavlović: Generatori za crpno-akumulacionu elektranu Viaden	3—4	109
Jerić J.: Trofazne struje kratkog spoja u talijanskoj mreži 220 i 380 kV — Ekonomski kriteriji pri dimenzioniranju gradskih distributivni uređaja	3—4	110
M. R.: Daljnja izgradnja njemačkog sistema 380 kV — Problem povišenih frekvencija u elektroenergetskom sistemu	3—4	111
Pavlović T.: Silikonska mast kao zaštita izolatora	5—6	180
Pavlović T.: Suhi transformatori sa silikonskom izolacijom	5—6	182
Jerić J.: Razdioba opterećenja za 1963. i 1964. na talijanskoj električnoj mreži visokog napona	5—6	183
Jerić J.: Sadašnja struktura talijanske elektroprivrede	5—6	184
Jerić J.: Elektroprivreda u Čehoslovačkoj	5—6	183
F. D.: Vijesti iz svjetske elektroprivrede	5—6	185
Pavlović T.: Bimetalni mjerni instrumenti	7—8	253
Krešić M.: Javljanje ispada putem radija	7—8	254
Radio-mreža u nekoliko elektroprivrednih organizacija Sjevernih Američkih Država	7—8	254
B. M.: Serijski ili paralelni transformatori u distributivnim vodovima	9—10	310
Pavlović T.: Automatizacija i daljinsko upravljanje hidroelektrana u Švedskoj	9—10	311
Pavlović T.: Novi kabelski kružni računar	9—10	312
F-e: Razvoj snaga atomskih elektrana u SAD	11—12	378
F-e: Porast produktivnosti u elektroprivredi Velike Britanije	11—12	379
F-e: Ekonomska komisija OUN za Evropu i elektrifikacija sela i poljoprivrede	11—12	379

ENERGIJA
UREDNIŠTVO I UPRAVA
ZAGREB

GOD. 12 (1963) energija BROJ 1 — 2

BILTEN ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA HRVATSKE I INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU

KOREKCIONI FAKTORI ZA ODREĐIVANJE ISKORISTIVIH PROTOKA POMOĆU SREDNJIH MJESEČNIH PROTOKA

Hrvoje Požar, Zagreb

Ako se prilikom određivanja moguće proizvodnje hidroelektrana pođe od srednjih mjesečnih protoka, čini se veća ili manja pogreška, u ovisnosti o karakteristikama vodotoka, o odnosu srednjeg protoka prema veličini promatrane izgradnje, kao i o volumenu akumulacionog bazena. Prikazan je način određivanja korekcionih faktora pomoću kojih treba množiti srednji mjesečni protok, kako bi se odredio iskoristivi srednji mjesečni protok uzevši u obzir sve gore navedene utjecaje. Podaci o korekcionim faktorima navedenim u članku vrijede za određeni profil promatranog vodotoka, a mogu se upotrijebiti i za druge vodotoke sličnih hidroloških karakteristika.

DK 621.22 : 621.31

1. Svrha uvođenja korekcionih faktora

Za elektroenergetska razmatranja u duljem nizu godina obično se uzima mjesec kao najmanji vremenski period, jer bi manje razdoblje još više povećalo i onako opsežnu numeričku obradu. Kod tih razmatranja polazi se od srednjih mjesečnih protoka bilo radi pojednostavnjenja bilo radi pomanjkanja detaljnih podataka. Rad sa srednjim mjesečnim protocima, međutim, sadrži u sebi pogreške, koje se odražavaju na mogućoj proizvodnji hidroelektrana. Računanje naime sa srednjim mjesečnim protocima dovodi do većih mjesečnih proizvodnja, od onih do kojih bi se došlo, kad bi se račun proveo prema srednjim dnevnim protocima. Naravno, da pogreška — osim o ostalim faktorima — ovisi i o veličini akumulacionog bazena promatrane hidroelektrane, jer će se najveća pogreška pojaviti u protočnoj hidroelektrani, a u akumulacionoj hidroelektrani s dovoljno velikom akumulacijom pogreška neće ni postojati.

Svrha je, da se odrede korekcioni faktori, koji bi omogućili određivanje iskoristivog mjesečnog protoka na osnovu srednjeg mjesečnog uzevši, naravno, u obzir veličinu izgradnje hidroelektrane i veličinu akumulacije. Poznavajući spomenute korekcione faktore, bit će moguće — uz znatno veću tačnost — odrediti srednji mjesečni iskoristivi protok, nego u slučaju kad se računa, da se srednji mjesečni protok pojavljuje svakog dana u promatranom mjesecu. Pomoću tih korekcionih faktora bit će, pored toga, moguće s dovoljnom tačnošću odrediti iskoristivi protok i onda kad nisu poznati dnevni protoci.

2. Korekcioni faktori za protočnu hidroelektranu

2.1 Ovisnost korekcionog faktora o veličini izgradnje hidroelektrane

Pretpostavimo, da je krivulja trajanja protoka u nekom mjesecu prikazana krivuljom trajanja $Q = f(t)$ na sl. 1. Na istoj slici označen je minimalni (Q_{min}), srednji (Q_{sr}) i maksimalni (Q_{max}) protok u promatranom mjesecu. Srednji protok definiran je relacijom

$$Q_{sr} = \frac{1}{T} \int_{0}^{Q_{max}} T dQ = \frac{V_0}{T} \qquad (1)$$

Iskoristivi volumen (V_i) odnosno iskoristivi srednji mjesečni protok (Q_{is}) definiran je relacijom

$$Q_{is} = \frac{1}{T} \int_{0}^{Q_i} T dQ = \frac{V_i}{T} \qquad (2)$$

gdje je Q_i veličina izgradnje hidroelektrane, a T broj sekunda u mjesecu.

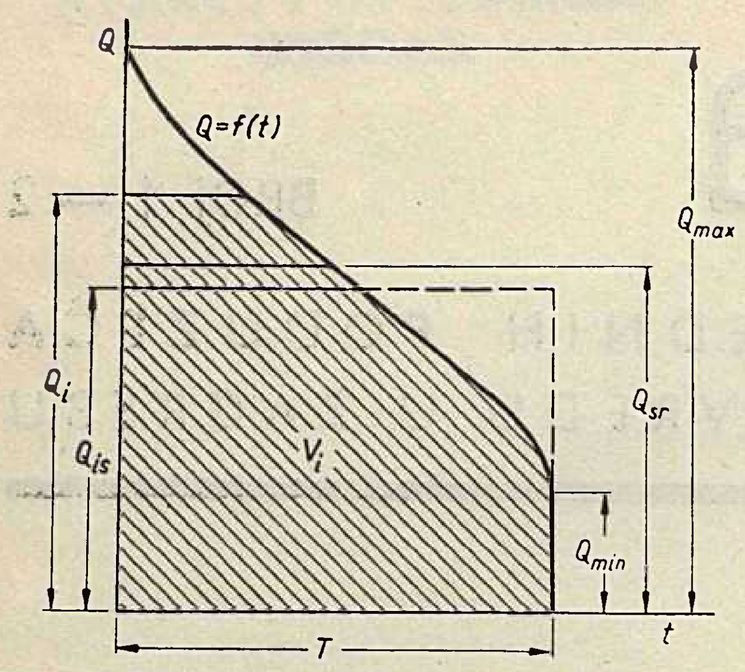
Uspoređujući karakteristične protoke na krivulji trajanja i veličinu izgradnje, moći ćemo konstatirati, da mogu postojati slijedeći odnosi

$$O \leqq Q_i \leqq Q_{min} \qquad (3)$$

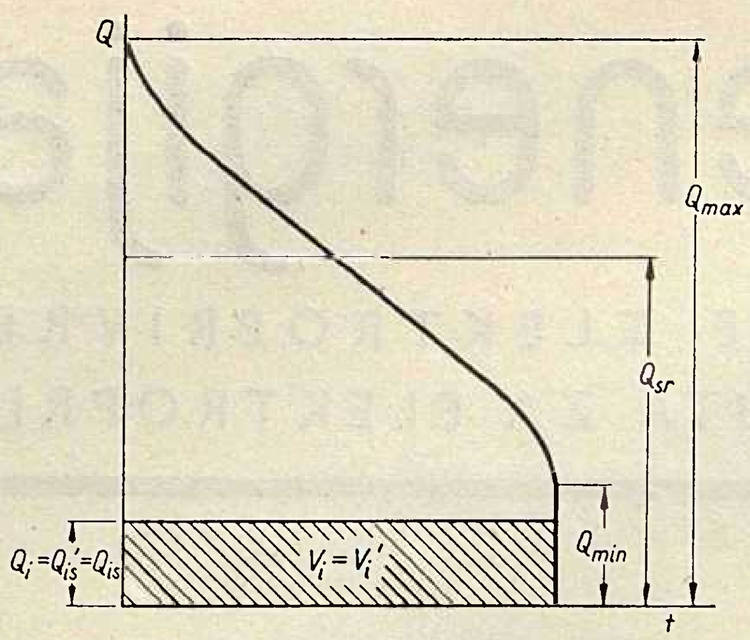
$$Q_{min} \leqq Q_i \leqq Q_{sr} \qquad (4)$$

$$Q_{sr} \leqq Q_i \leqq Q_{max} \qquad (5)$$

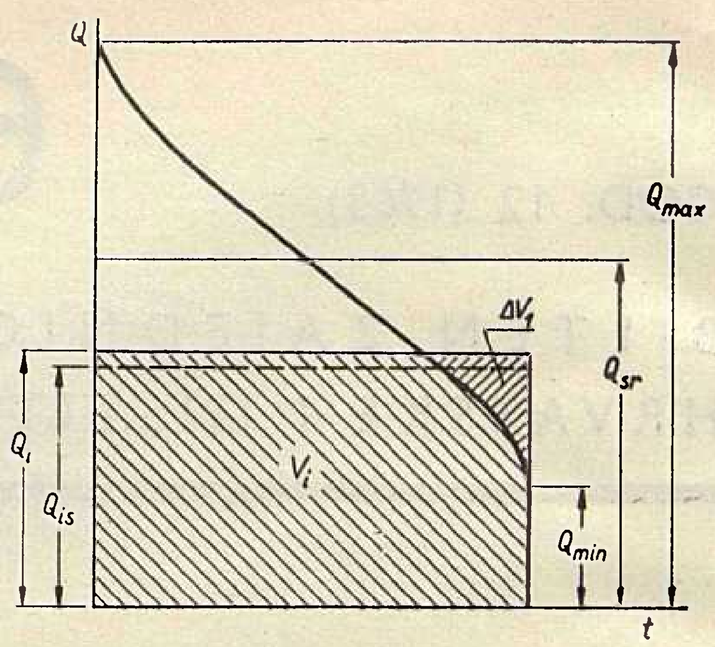
$$Q_{ax} \leqq Q_i \,. \qquad (6)$$



Sl. 1. Krivulja trajanja protoka u mjesecu



Sl. 2. Odnosi u hidroelektrani kad je $Q_i = Q_{min}$



Sl. 3. Odnosi u hidroelektrani kad je $Q_{min} = Q_i = Q_{sr}$

Ako je zadan samo srednji mjesečni protok (Q_{sr}), dakle, ne poznaje se krivulja trajanja protoka, odnosno, ne poznaju se dnevni protoci, ne preostaje drugo već srednji iskoristivi protok odrediti aproksimativno. Taj aproksimativni srednji iskoristivi protok (Q'_{is}) za manje veličine izgradnje, kad je $Q_i \leqq Q_{sr}$, iznosi

$$Q'_{is} = Q_i \tag{7}$$

dok je za veće veličine izgradnje, kad je $Q_i > Q_{sr}$,

$$Q'_{is} = Q_{sr}\,. \tag{8}$$

Naravno, da tako određeni aproksimativni srednji iskoristivi protok (Q'_{is}) nosi u sebi pogrešku, jer se za njegovo određivanje nije uzela u obzir promjenljivost dotoka tokom promatranog mjeseca.

Ako sada postavimo omjer između tačno određenog iskoristivog protoka (Q_{is}) i aproksimativno određenog iskoristivog protoka (Q'_{is}), taj omjer možemo nazvati korekcionim faktorom

$$k = \frac{Q_{is}}{Q'_{is}}, \tag{9}$$

kojim treba množiti aproksimativni iskoristivi protok, da bi se odredio stvarni iskoristivi protok. Analogno tomu možemo korekcioni faktor definirati pomoću iskoristivog volumena vode (V_i) i aproksimativnog iskoristivog volumena vode (V'_i)

$$k = \frac{V_i}{V'_i}. \tag{10}$$

Korekcioni faktor svakako je funkcija veličine izgradnje, pa razmotrimo utjecaj veličine izgradnje na korekcioni faktor.

Pođimo od malih veličina izgradnje, koje zadovoljavaju uvjet (3), koji je prikazan i na sl. 2. U tom je slučaju $V_i = V_i'$ i $Q_{is} = Q'_{is} = Q_i$, pa je korekcioni faktor $k = 1$. Dakle, aproksimativni iskoristivi protok jednak je iskoristivom protoku.

Za slučaj kad je $Q_{min} < Q_i \leqq Q_{sr}$ (4), koji je prikazan na sl. 3, aproksimativno određeni iskoristivi protok $Q_{is} = Q_i$ (7) veći je od iskoristivog protoka (Q_{is}). Korekcioni faktor dakle je $k < 1$. Koristeći oznake na sl. 3 za korekcioni faktor možemo napisati

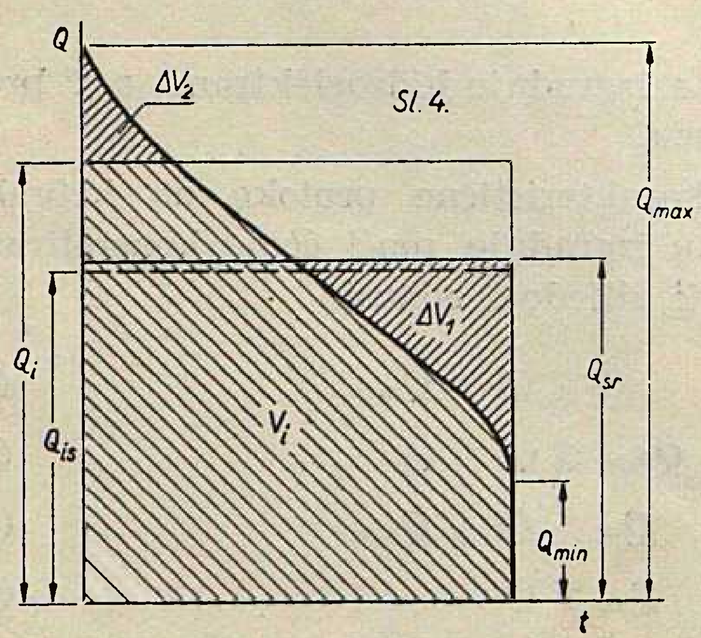
$$k = \frac{V_i}{V_i + \Delta V_i} \tag{11}$$

odnosno pomoću srednjih protoka

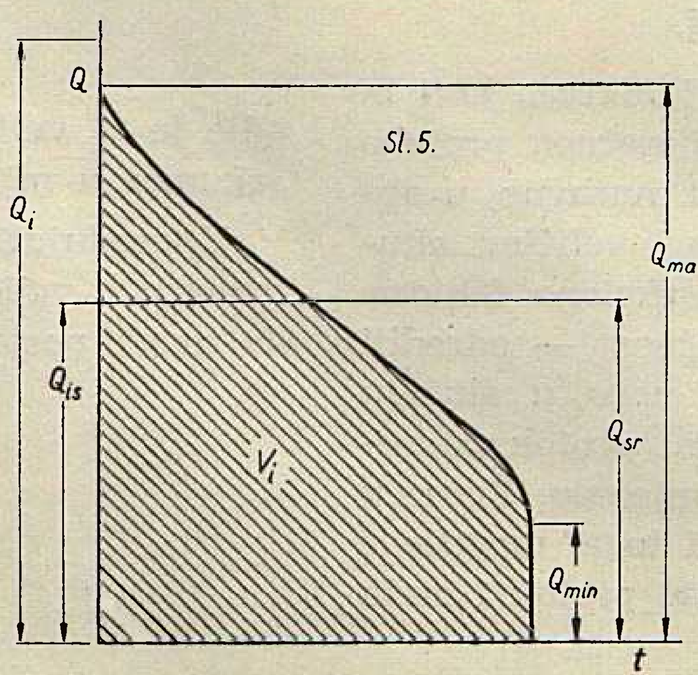
$$k_i = \frac{Q_{is}}{Q_i}. \tag{12}$$

Relacije (11) i (12) vrijede sve dok veličina izgradnje ne postane jednaka srednjem protoku ($Q_i = Q_{sr}$). Daljnje povećanje veličine izgradnje dovodi do odnosa prikazanih na sl. 4. Za korelacioni faktor možemo sada napisati

$$k = \frac{V_i}{V_i + \Delta V_2} \tag{13}$$



Sl. 4. Odnosi u hidroelektrani kad je $Q_{sr} = Q_i = Q_{max}$



Sl. 5. Odnosi u hidroelektrani kad je $Q_i = Q_{max}$

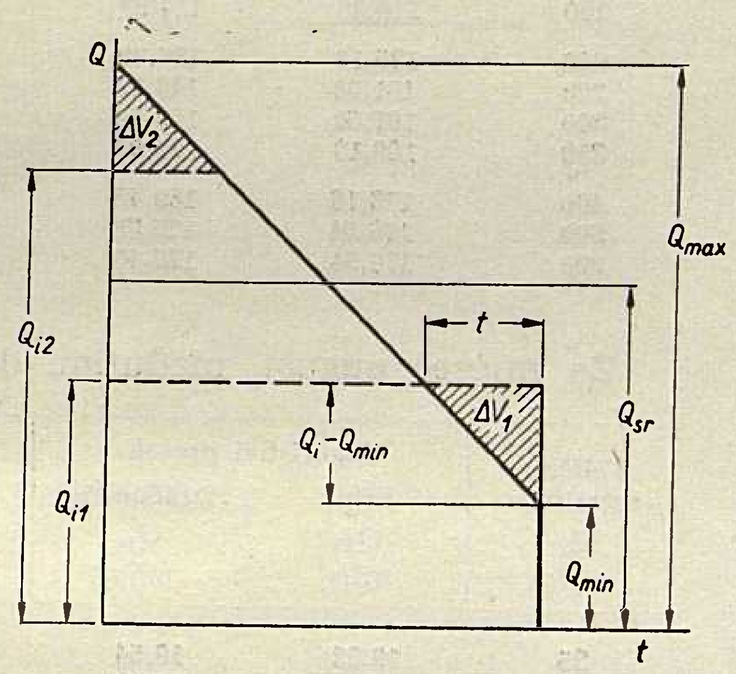
odnosno pomoću srednjih protoka

$$k = \frac{Q_{is}}{Q_{sr}} \qquad (14)$$

Konačno (sl. 5), kad je $Q_i > Q_{max}$, ΔV_2 postaje nula, pa je — prema (13) — i $k = 1$. Taj odnos vrijedi, jer je tada $Q_{is} = Q_{sr}$.

Prema tomu je korekcioni faktor $k = 1$ za sve vrijednosti od Q_i koje su manje od Q_{min} i veće od Q_{max}, dok za sve vrijednosti između Q_{min} i Q_{max} je $k < 1$. Korekcioni faktor k postiže minimalnu vrijednost za $Q_i = Q_{sr}$ (tada je $\Delta V_1 = \Delta V_2$).

Sl. 6. Primjer pojednostavnjene krivulje trajanja protoka



Da izbjegnemo apsolutne protoke, prikažimo sve protoke kao relativne veličine u odnosu na srednji protok (Q_{sr}). Tada je relativna veličina izgradnje

$$q_i = \frac{Q_i}{Q_{sr}} \qquad (15)$$

a analogno tomu minimalni (q_{min}) i maksimalni protok (q_{max}).

Prijelazom na relativne protoke korekcioni faktor postaje funkcija samo oblika krivulje trajanja protoka. Da se dobije slika o tom utjecaju na sl. 6 prikazana je krivulja trajanja aproksimirana jednim pravcem, za koju je na sl. 8 prikazana ovisnost korekcionog faktora o q_i za različite relativne minimalne protoke (q_{min}). Iz istog razloga na sl. 7 prikazane su tri krivulje trajanja protoka aproksimirane dvama pravcima, za koje je na sl. 8 prikazana ovisnost korekcionog faktora o relativnoj veličini izgradnje.

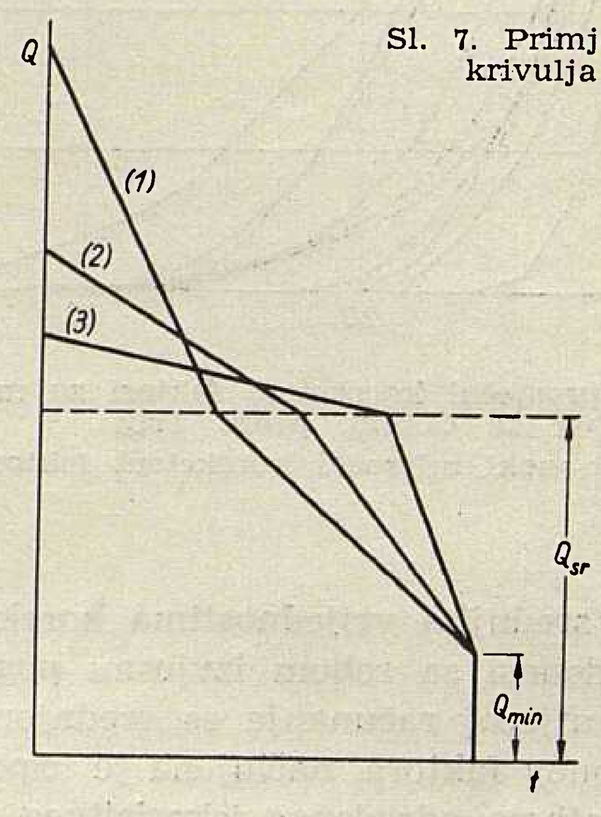
2.2 Korištenje korekcionog faktora za određivanje iskoristivog protoka

Kad bi poznavali dnevne protoke u svim razmatranim godinama, ne bi bili potrebni korekcioni faktori, jer bi mogli pomoću dnevnih protoka tačno odrediti iskoristive protoke. Postavlja se, dakle, pitanje kako odrediti korekcione faktore za ona razdoblja za koja ne poznajemo dnevne protoke.

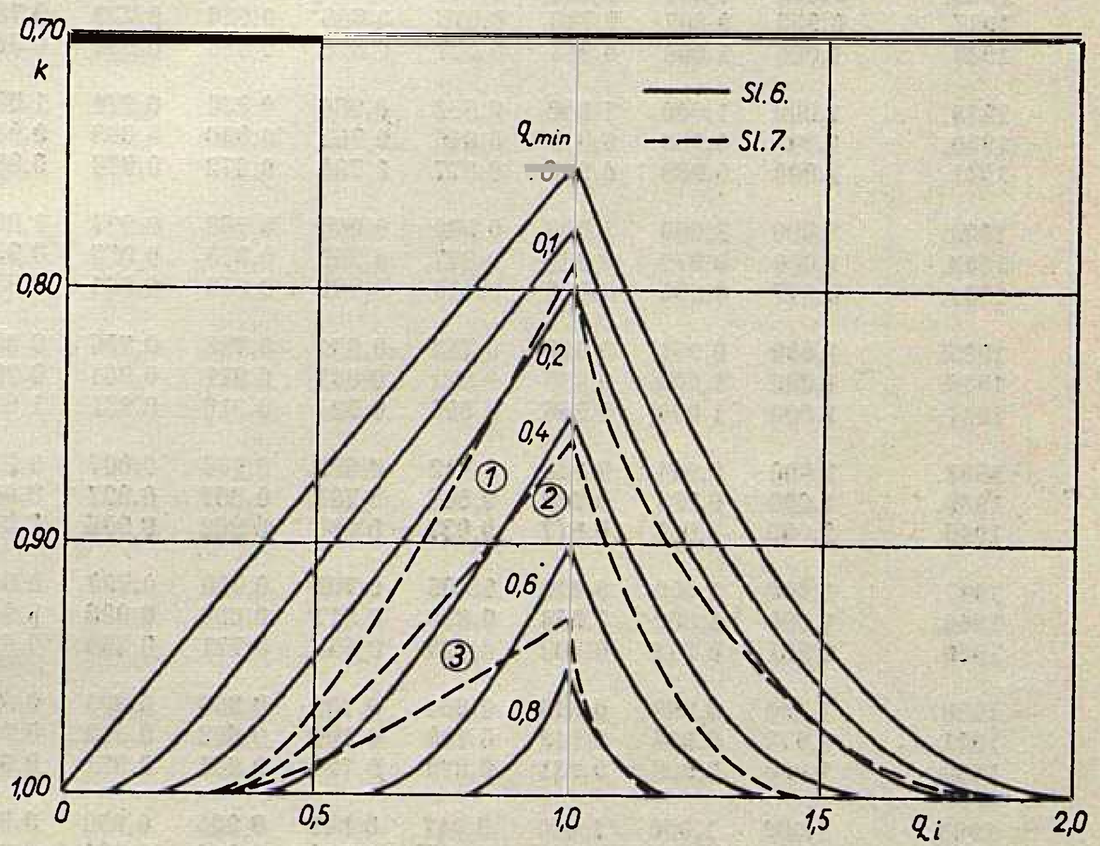
U svakom slučaju moramo poći od poznatih dnevnih protoka, pomoću kojih određujemo korekcione faktore za pojedine mjesece. Te korekcione faktore određujemo za pojedine relativne veličine izgradnje $q_i = 0{,}2,\ 0{,}4,\ 0{,}6\ldots$ kao i za veličinu izgradnje koja odgovara minimalnom i maksimalnom protoku.

Naravno da će se za svaki mjesec dobiti različiti korekcioni faktori, što ovisi o obliku krivulje trajanja. U tablici 1 navedeni su korekcioni faktori za Cetinu (profil Trilj) za mjesec novembar u 24-godišnjem razdoblju, a u tablici 2 korekcioni faktori za isti profil Cetine za mjesec august. Odabrani su spomenuti mjeseci, jer su unutar novembra moguće vrlo velike oscilacije protoka, dok su u istom augustu velike oscilacije rijetke. Na sl. 9 i 10 prikazana je i grafički ovisnost korekcionog faktora o relativnoj veličini izgradnje za mjesec novembar odnosno za mjesec august.

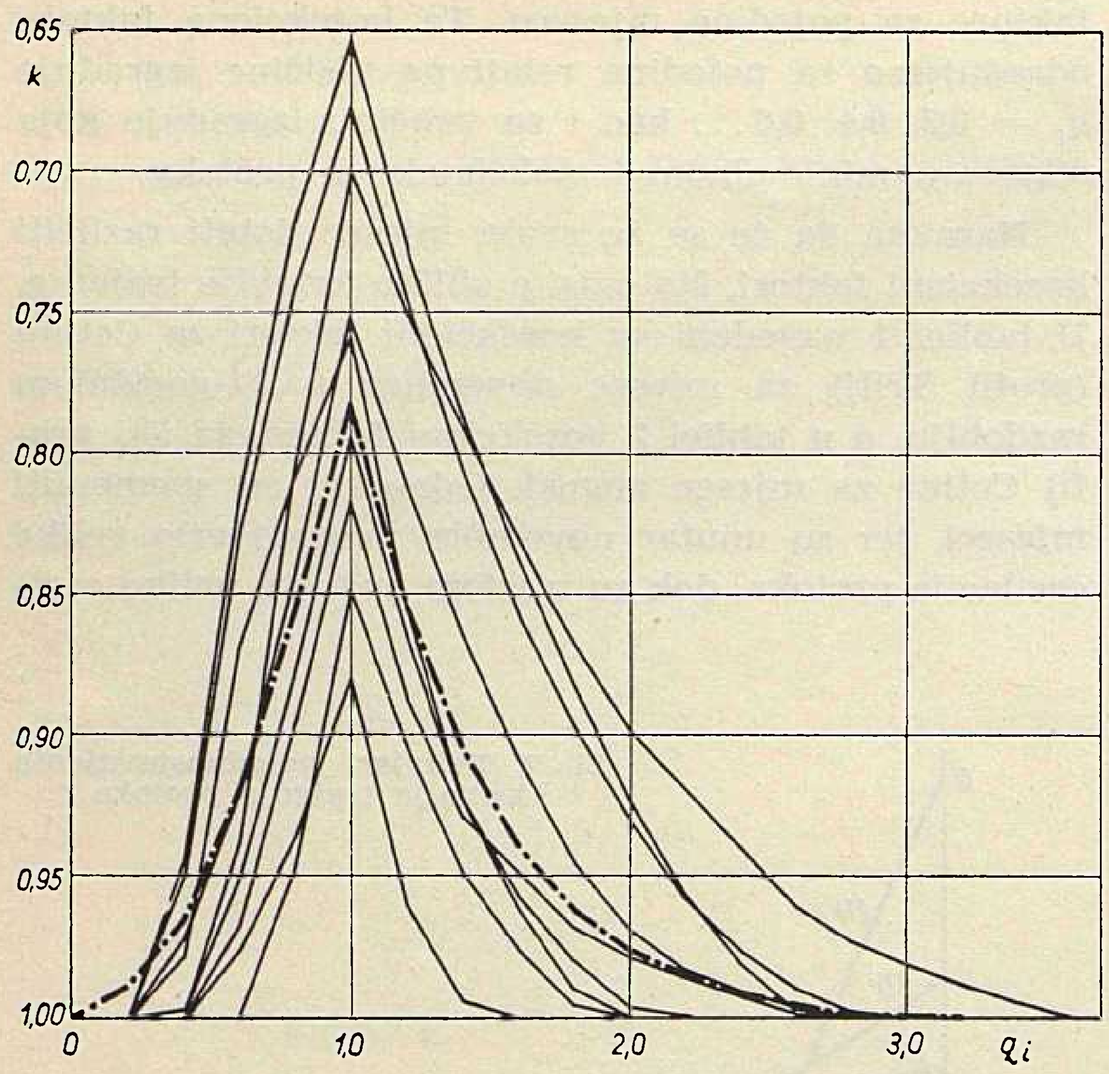
Sl. 7. Primjeri pojednostavnjenih krivulja trajanja protoka



Kao što se vidi na sl. 9 i 10 postoje znatne razlike između korekcionih faktora za isti mjesec u različitim godinama, pa je korisno odrediti njihovu srednju vrijednost za pojedine relativne veličine izgradnje. Srednje vrijednosti prikazane su u tablicama 1 i 2, i na sl. 9 i 10.



Sl. 8. Ovisnost korekcionog faktora o relativnoj veličini izgradnje ($q_i = Q_i/Q_{sr}$) za krivulje trajanja na sl. 6 i 7



Sl. 9. Mjesečni i prosječni korekcioni faktori za mjesec novembar za Cetinu, profil Trilj
(Ucrtani su samo neki mjesečni korekcioni faktori)

Računanje sa srednjim vrijednostima korekcionih faktora sigurno donosi sa sobom izvjesnu pogrešku. Da se ukaže na utjecaj računanja sa srednjom vrijednošću korekcionog faktora, načinjena je usporedba između aproksimativno određenog iskoristivog protoka (Q'_{is}), koji se određuje prema srednjim mjesečnim protocima, iskoristivog protoka određenog prema dnevnim protocima (Q_{is}), koji možemo nazvati tačnim iskoristivim protokom, i iskoristivog protoka (Q''_{is}) određenog prema srednjim korekcionim faktorima. Moći ćemo konstatirati da razlike između tačno određenih iskoristivih protoka (Q_{is}) i iskoristivih protoka (Q''_{is}) određenih pomoću korekcionog faktora mogu biti i pozitivne i negativne što ne ovisi o srednjem protoku, već o krivulji trajanja protoka u pojedinom mjesecu. Te razlike mogu biti i znatne (i desetak postotaka u vrlo nepovoljnim slučajevima i za relativno male veličine izgradnje). Uzevši međutim prosjek za sve promatrane mjesece (24 mjeseca novembra npr.), odstupanja su vrlo malena.

Tako za mjesec novembar imamo:

Veličina izgradnje	Iskoristivi protok		Pogreška	
	tačni	izračunani		
Q_i	Q_{is}	Q''_{is}	u	u
m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	%
50	46,71	47,23	+ 0,52	+ 1,11
100	84,65	85,57	+ 0,92	+ 1,09
150	114,36	114,98	+ 0,64	+ 0,56
200	135,18	136,72	+ 0,58	+ 0,43
250	151,00	149,85	— 0,15	— 0,10
300	161,60	159,52	— 2,08	— 1,29
350	169,19	165,93	— 3,26	— 1,93
400	173,16	169,43	— 3,73	— 2,16
600	176,54	175,68	— 0,86	— 0,49
800	176,54	176,48	— 0,06	— 0,03

Za mjesec august, međutim, dobivamo:

Veličina izgradnje	Iskoristivi protok		Pogreška	
	tačni	izračunani		
Q_i	Q_{is}	Q''_{is}	u	u
m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	%
25	19,53	19,54	+ 0,01	+ 0,05
50	22,15	22,23	+ 0,08	+ 0,36
75	22,91	22,23	+ 0,02	+ 0,09
100	23,04	23,02	— 0,02	— 0,09
150	23,05	23,04	— 0,01	— 0,04
200	23,05	23,05	0,00	0,00

Pojavljuju se dakle i pozitivne i negativne pogreške; pozitivne za manje, a negativne za veće veli-

Korekcioni faktori za 11. mjesece u 24-godišnjem razdoblju za rijeku Cetinu (profil Trilj) Tablica 1

q_i	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
1926.	1,000	0,949	0,910	0,881	0,838	0,931	0,980	0,991	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1927.	0,955	0,807	0,748	0,676	0,656	0,686	0,739	0,788	0,835	0,882	0,924	0,959	0,979	0,999	1,000	1,000	1,000
1928.	1,000	1,000	0,963	0,887	0,820	0,888	0,931	0,962	0,985	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1929.	1,000	1,000	1,000	0,962	0,880	0,938	0,974	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1930.	1,000	0,992	0,927	0,846	0,763	0,830	0,888	0,932	0,971	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1931.	1,000	0,989	0,945	0,877	0,794	0,872	0,938	0,986	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1932.	1,000	1,000	1,000	0,980	0,906	0,968	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1933.	1,000	0,979	0,868	0,807	0,759	0,855	0,923	0,959	0,980	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1934.	0,947	0,885	0,856	0,810	0,761	0,858	0,904	0,953	0,988	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1935.	1,000	0,951	0,818	0,718	0,654	0,728	0,786	0,839	0,883	0,923	0,956	0,981	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000
1936.	1,000	1,000	0,996	0,921	0,833	0,911	0,964	0,994	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1937.	1,000	1,000	0,986	0,897	0,825	0,916	0,981	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1938.	1,000	0,944	0,828	0,742	0,678	0,746	0,807	0,857	0,896	0,929	0,958	0,977	0,990	0,998	1,000	1,000	1,000
1939.	1,000	0,987	0,929	0,866	0,788	0,867	0,927	0,963	0,988	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1940.	1,000	1,000	0,977	0,937	0,880	0,962	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1947.	1,000	1,000	0,939	0,805	0,702	0,750	0,790	0,831	0,867	0,898	0,919	0,940	0,960	0,973	0,981	0,988	0,995
1948.	1,000	1,000	0,968	0,896	0,817	0,888	0,928	0,948	0,968	0,979	0,986	0,993	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
1949.	0,881	0,842	0,809	0,725	0,656	0,721	0,780	0,828	0,869	0,903	0,932	0,959	0,983	0,995	1,000	1,000	1,000
1950.	1,000	0,998	0,948	0,864	0,786	0,858	0,905	0,939	0,961	0,980	0,993	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1951.	0,978	0,904	0,849	0,799	0,760	0,852	0,912	0,949	0,980	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1952.	1,000	0,998	0,951	0,878	0,794	0,864	0,921	0,961	0,990	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1953.	1,000	1,000	1,000	0,947	0,847	0,905	0,950	0,977	0,977	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1954.	1,000	0,974	0,921	0,843	0,754	0,812	0,864	0,909	0,945	0,969	0,983	0,991	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000
1955.	1,000	0,992	0,933	0,873	0,815	0,898	0,949	0,977	0,993	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Prosjek	0,990	0,966	0,919	0,852	0,782	0,854	0,906	0,940	0,962	0,977	0,985	0,992	0,996	0,999	0,999	1,000	1,000

čine izgradnje. Veće relativne pogreške pojavljuju se kod većih srednjih protoka (u novembru imamo srednji protok 176,54 m³/s, a u augustu 23,05 m³/s).

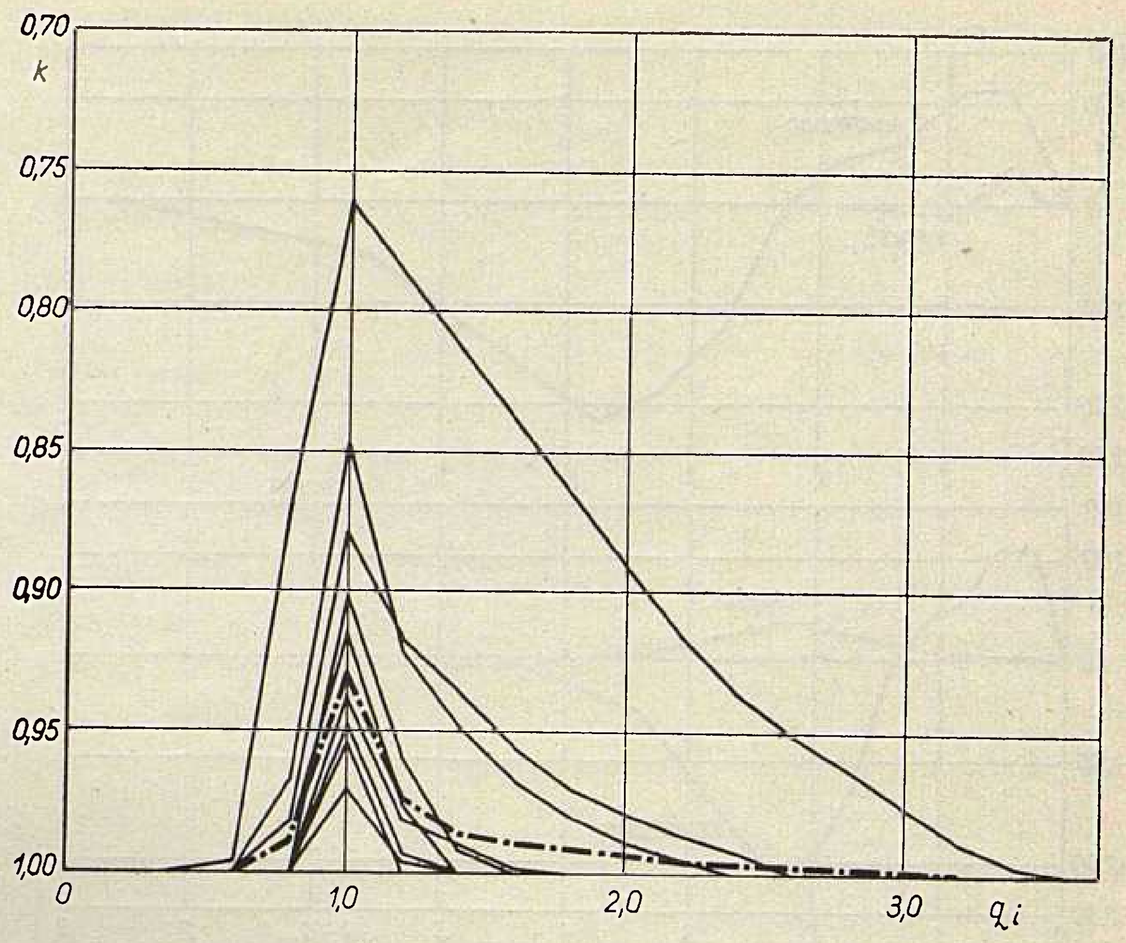
Još bolju sliku o utjecaju veličine izgradnje na relativnu pogrešku dobivamo, ako pogrešku prikažemo u ovisnosti o relativnoj veličini izgradnje (sl. 11). Na slici je gore ucrtana pogreška u ovisnosti o relativnoj veličini izgradnje u odnosu na srednji godišnji protok ($Q_i/Q_{sr\,god}$), a dolje u ovisnosti o relativnoj veličini izgradnje u odnosu na srednji mjesečni protok (Q_i/Q_{sr}) u promatranom mjesecu.

Najčešće se veličina izgradnje kreće u granicama

$$1{,}5\,Q_{sr\,god} \leqq Q_i \leqq 2{,}5\,Q_{sr\,god}$$

pa se u tim granicama relativna granica u vlažnom mjesecu kreće u granicama između + 0,5 % i — 0,6 %, dok je u sušnom mjesecu ta granica praktički jednaka nuli (sl. 11 gore).

Na osnovu izloženog može se zaključiti, da upotreba srednjih korekcionih faktora predstavlja dobru osnovu za određivanje iskoristivog protoka. Naravno da korekcioni faktori određeni na opisani način vrijede samo za protočne hidroelektrane, pa utjecaj postojanja akumulacionih bazena treba posebno razmotriti.



Sl. 10. Mjesečni i prosječni korekcioni faktori za mjesec august za Cetinu, profil Trilj
(Ucrtani su samo neki mjesečni korekcioni faktori)

3. Korekcioni faktori za akumulacionu hidroelektranu

3.1. Potrebni volumen akumulacije za izravnanje protoka unutar mjeseca

Pođimo opet od srednjeg iskoristivog protoka (Q'_{is}), koji možemo aproksimativno odrediti poznavajući samo srednji protok. Tada Q'_{is} možemo odrediti iz relacija (7) i (8). Prva od spomenutih relacija vrijedi kad je $Q_i \leqq Q_{sr}$, a druga kad je $Q_i \geqq Q_{sr}$.

Ako pretpostavimo, što nije uvijek ispunjeno, da krivulja trajanja protoka predstavlja kronološki redoslijed protoka, potrebni volumen akumulacije za slučaj $Q_i \leqq Q_{sr}$ prikazan je površinom ΔV_1 na sl. 3, a za slučaj $Q_i \geqq Q_{sr}$ površinom ΔV_2 na sl. 4. Volumen akumulacije možemo prikazati i protokom ΔQ_{is}, koja je razlika između Q'_{is} i Q_{is} odnosno koji možemo za $Q_i \leqq Q_{sr}$ prikazati relacijom

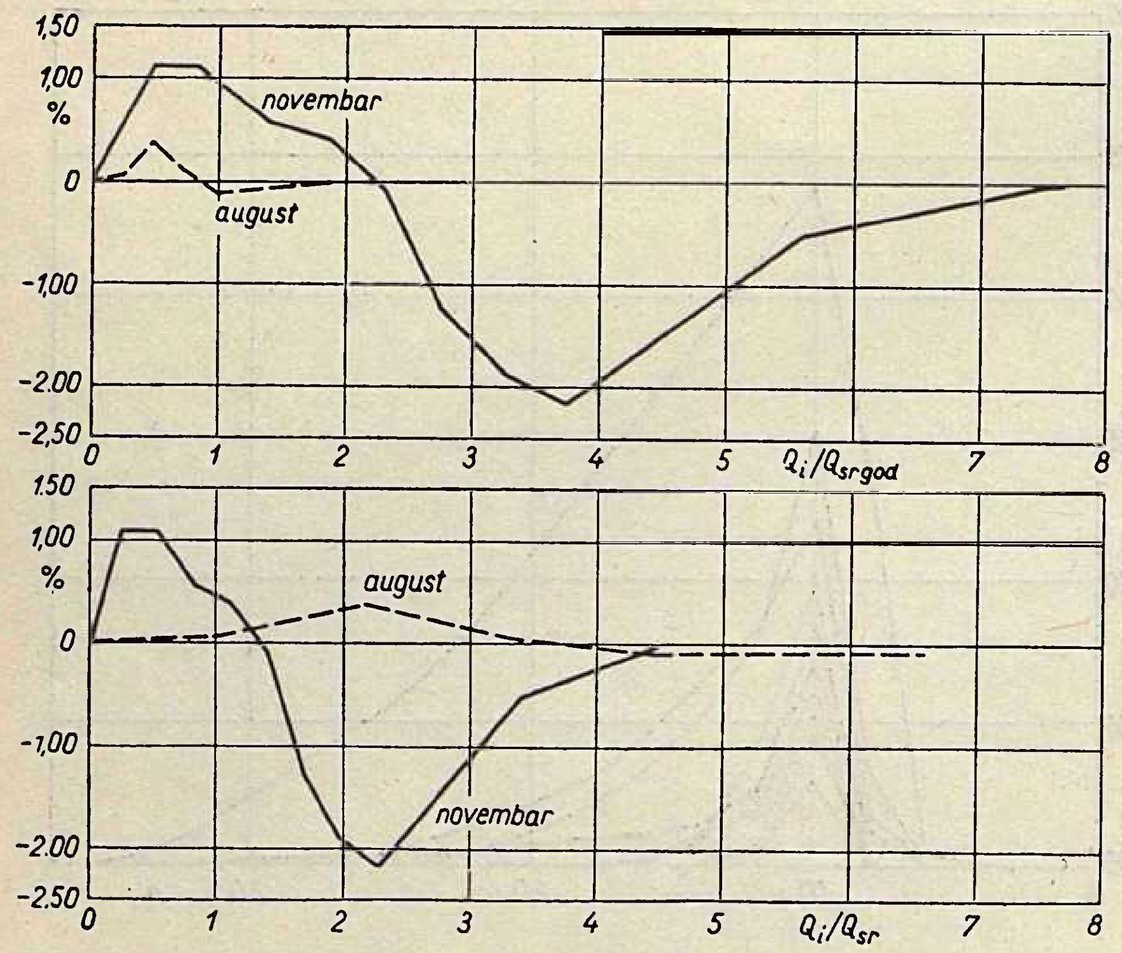
$$\Delta Q_{is} = Q_i - Q_{is} \tag{16}$$

a za $Q_i \geqq Q_{sr}$ relacijom

$$\Delta Q_{is} = Q_{sr} - Q_{is} \tag{17}$$

Korekcioni faktori za 8. mjesece u 24-godišnjem razdoblju za rijeku Cetinu (profil Trilj) Tablica 2

q_i	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6
1926.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,932	0,982	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1927.	1,000	1,000	1,000	0,983	0,909	0,969	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1928.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,967	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1929.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,970	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1930.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,946	0,977	0,992	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1931.	1,000	1,000	1,000	0,978	0,908	0,976	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1932.	1,000	1,000	1,000	0,968	0,849	0,922	0,948	0,967	0,980	0,989	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1933.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,902	0,959	0,992	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1934.	1,000	1,000	0,997	0,867	0,762	0,787	0,813	0,839	0,865	0,891	0,916	0,936	0,951	0,963	0,976	0,989	0,997	1,000
1935.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,964	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1936.	1,000	1,000	1,000	0,989	0,912	0,976	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1937.	1,000	1,000	1,000	0,998	0,926	0,983	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1938.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,938	0,982	0,990	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1939.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,926	0,985	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1940.	1,000	1,000	1,000	0,983	0,879	0,917	0,936	0,956	0,970	0,979	0,986	0,992	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1947.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,952	0,982	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1948.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,950	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1949.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,964	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1950.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,963	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1951.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,946	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1952.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,961	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1953.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,953	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1954.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,950	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1955.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,939	0,983	0,994	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Prosjek	1,000	1,000	1,000	0,990	0,928	0,974	0,986	0,990	0,992	0,994	0,996	0,997	0,998	0,998	0,999	1,000	1,000	1,000



Sl. 11. Pogreška u % tačno određenog iskoristivog protoka u ovisnosti o relativnoj veličini izgradnje u odnosu na srednji godišnji protok (gore) i srednji mjesečni protok (dolje)

Uzevši u obzir korekcioni faktor k, relacije (16) i (17) možemo napisati i u slijedećem obliku

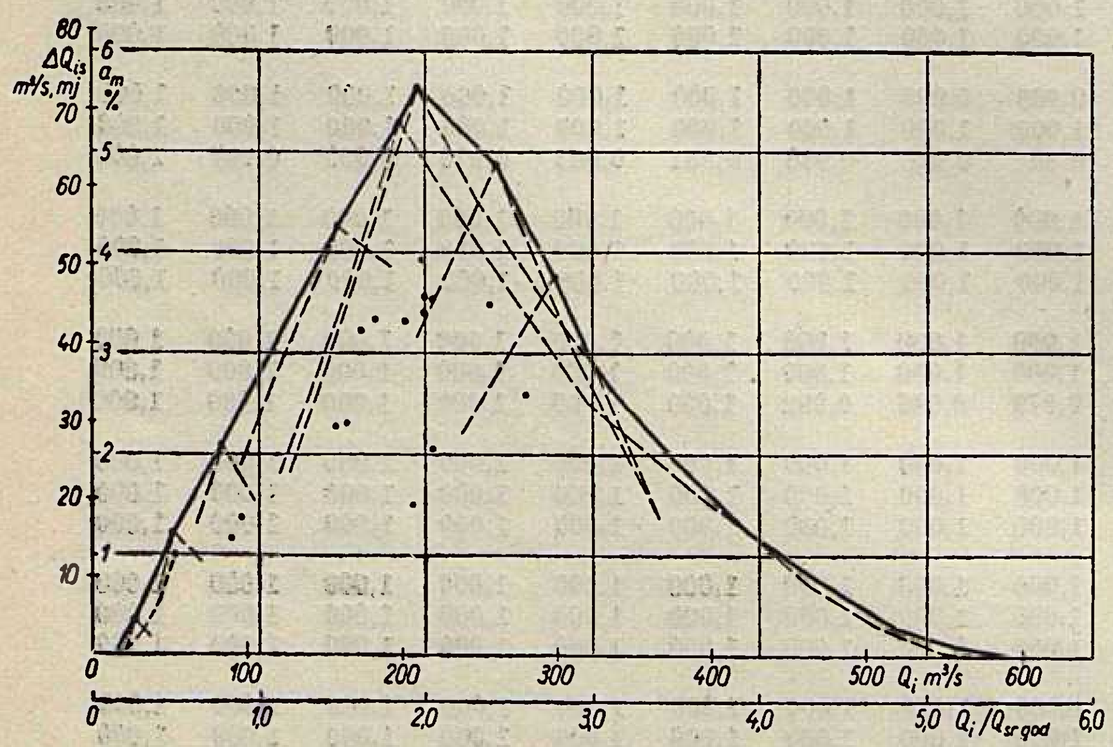
$$\Delta Q_{is} = Q_i (1 - k) \tag{18}$$

$$\Delta Q_{is} = Q_{sr} (1 - k) \tag{19}$$

Veličina ΔQ_{is} za promatrani mjesec (odnosno za zadanu krivulju trajanja) funkcija je veličine izgradnje Q_i, jer je i korekcioni faktor funkcija veličine izgradnje.

Množenjem veličine ΔQ_{is} s brojem sekunda u mjesecu ($730 \cdot 3600 = 2{,}628 \cdot 10^6$) dobivamo potrebni volumen akumulacije ΔV_1 i ΔV_2. Da dobijemo relativni potrebni volumen akumulacije u odnosu na godišnji volumen vode koji protječe kroz akumulaciju, treba volumen ΔV_1 odnosno volumen ΔV_2 podijeliti s godišnjim volumenom, koji je jednak $12 \cdot 730 \cdot 3600 \cdot Q_{sr\,god}$, gdje je $Q_{sr\,god}$ srednji godišnji protok. Relativni potrebni volumen akumulacije u procentima iznosi dakle

$$a = \frac{\Delta Q_{is}}{12\, Q_{sr\,god}} 100\ \% \tag{20}$$



Sl. 12. Maksimalno potrebni volumen akumulacije za korištenje vode u mjesecu novembru za Cetinu, profil Trilj

Koristeći relacije (18) i (19), relativni potrebni volumen akumulacije za $Q_i \leqq Q_{sr}$ iznosi

$$a = \frac{Q_i (1 - k)}{12\, Q_{sr\,god}} 100\ \% \tag{21}$$

dok je za $Q_i \geqq Q_{sr}$

$$a = \frac{Q_{sr} (1 - k)}{12\, Q_{sr\,god}} 100\ \% \tag{22}$$

Poznavajući veličine ΔQ_{is} u ovisnosti o veličini izgradnje (ili korekcione faktore), možemo te podatke unijeti u dijagram u ovisnosti o Q_i, pa ćemo dobiti niz krivulja, koje imaju različiti tok i različiti maksimum u ovisnosti o obliku krivulje trajanja i o srednjem mjesečnom protoku. Ako međusobno spojimo maksimume maksimuma, koji su na sl. 12 i 13 označeni tačkama, dobit ćemo granicu potrebnog volumena akumulacije unutar koje se nalaze ostali potrebni volumeni akumulacije, pa tako određena granica predstavlja maksimalno potrebni volumen akumulacije za pojedinu veličinu izgradnje. To spajanje maksimuma može se provesti do najvećeg srednjeg mjesečnog protoka, jer za veće Q_i nema više maksimuma, pa granicu predstavljaju najveće ordinate krivulja $\Delta Q_{is} = f(Q_i)$.

Graničnom linijom određen je maksimalno potrebni volumen akumulacije uzimajući u obzir prilike u promatranom nizu mjeseci, pa tako određeni potrebni volumen — ukoliko je kao osnova uzet dovoljno veliki broj mjeseci — može poslužiti kao osnova za daljnja razmatranja. Još bolji uvid u prilike dobivamo, ako potrebni volumen prikažemo u postocima od godišnjeg volumena vode (20), a veličinu izgradnje kao relativnu veličinu u odnosu na srednji godišnji protok ($Q_{sr\,god}$).

Kao što se vidi na sl. 14 (na koju su u istom mjerilu ucrtane krivulje za maksimalno potrebni volumen sa sl. 12 i 13), postoje znatne razlike među pojedinim mjesecima.

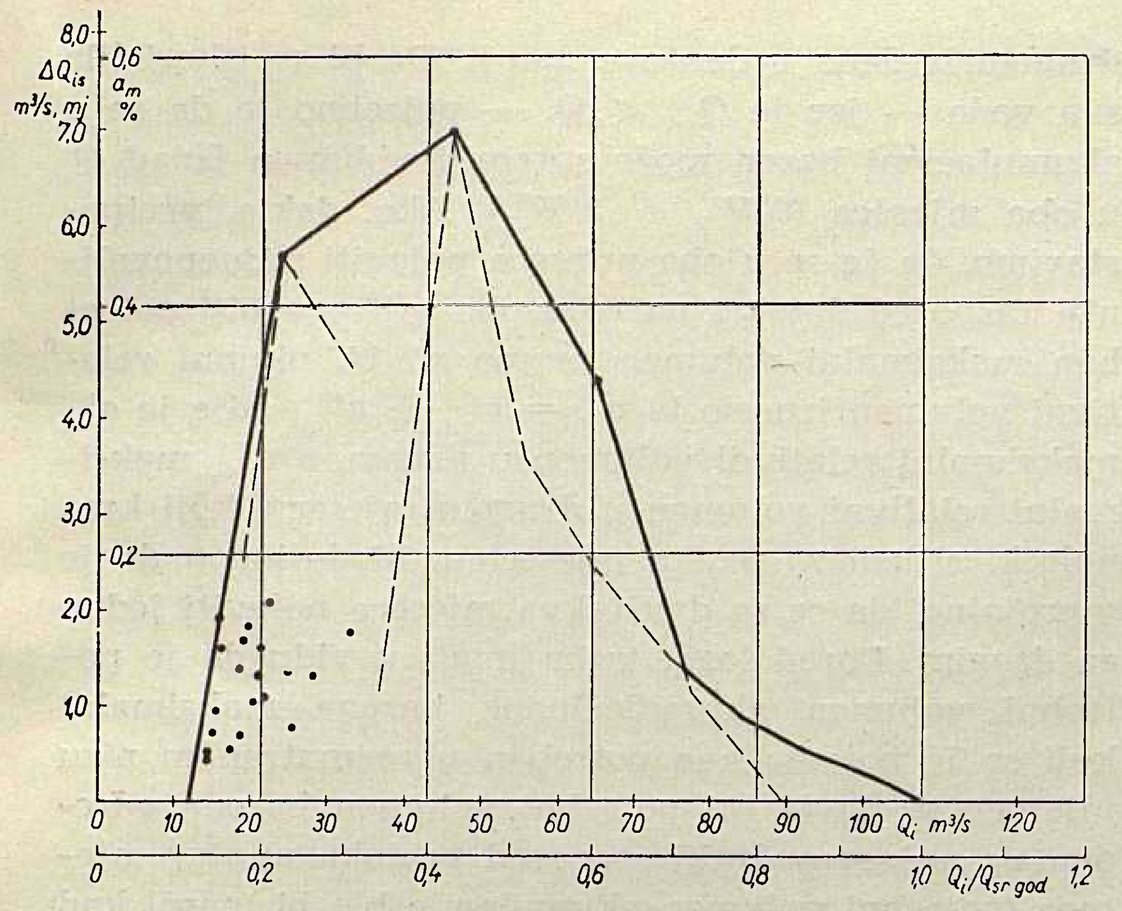
3.2. Određivanje iskoristivog protoka akumulacione hidroelektrane

Poznavanjem, dakle, veličine izgradnje hidroelektrane i dijagrama prikazanog na sl. 14, može se odrediti volumen akumulacije, koji osigurava takvo korištenje vode u promatranom mjesecu, da se iskoristivi protok može odrediti prema srednjem mjesečnom protoku. Dakle, kad je raspoloživi volumen akumulacije veći od maksimalnog volumena akumulacije a_m (sl. 14), može se računati s korekcionim faktorom $k = 1$. Pri tomu treba uzeti u obzir da je volumen a_m maksimalno potrebni volumen, jer je u velikoj većini slučajeva potreban manji volumen koji može osigurati, da korekcioni faktor postane $k = 1$. Prema tomu tada iskoristivi protok iznosi

$$Q''_{is} = Q_{sr} \tag{23}$$

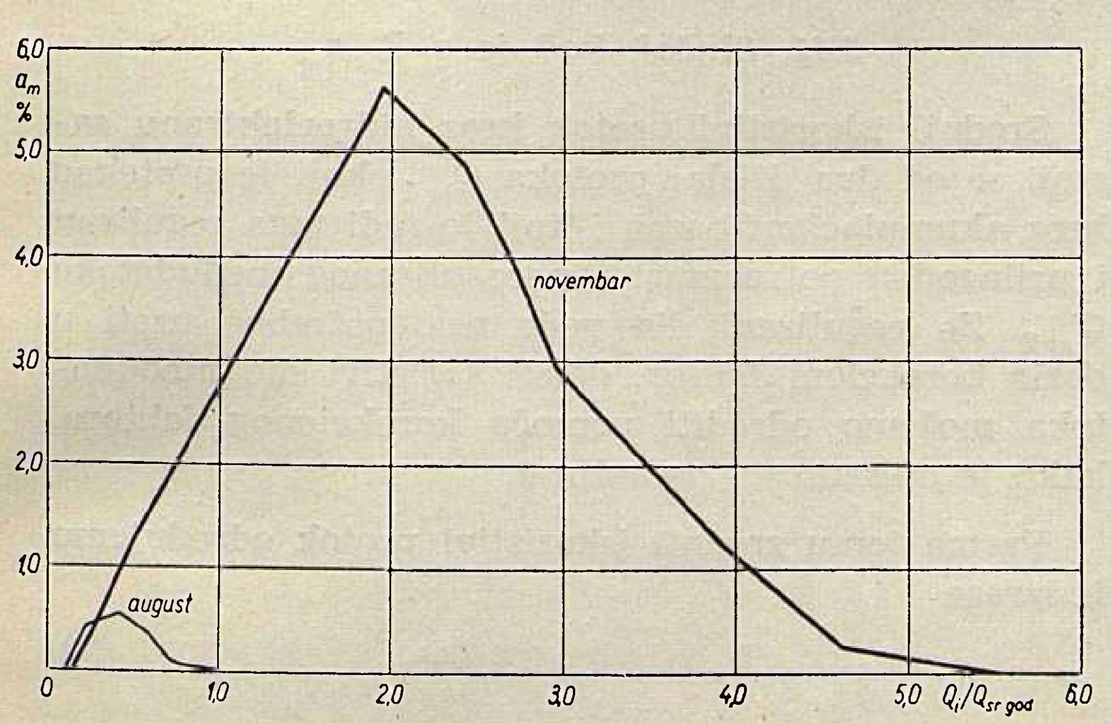
Naravno da (23) vrijedi sve dok je $Q_{sr} \leqq Q_i$, dok za slučajeve kad je $Q_{sr} > Q_i$ treba postaviti, da je $Q''_{is} = Q_i$.

Postavlja se pitanje, međutim, kako bi se mogao odrediti iskoristivi protok, kad je volumen akumula-



Sl. 13. Maksimalno potrebni volumen akumulacije za korištenje vode u mjesecu augustu za Cetinu, profil Trilj

cije manji od maksimalno potrebnog. Tada bi mogli dotok Q_{sr} (ili volumen vode V koji protječe kroz akumulaciju) podijeliti u dva dijela: dio Q'_{sr} (ili V') koji se može izregulirati postojećom akumulacijom i dio Q''_{sr} (ili V'') koji nereguliran protječe kroz akumulacioni bazen. Krivulja trajanja ukupnog protoka sastavljena je sada od dvije krivulje, od kojih jedna Q'' odgovara prirodnom (tj. nereguliranom) protoku, a druga Q' reguliranom protoku (sl. 15). Možemo smatrati, da se regulirani volumen vode može tako raspoređiti da se potpuno iskoristi (u granicama veličine izgradnje hidroelektrane). Takvu pretpostavku možemo prihvatiti, jer računamo s maksimalno potrebnim volumenom akumulacije — kako je to u tač. 3.1 prikazano — koji se traži za najnepovoljnije prilike, koje su se pojavile u prošlosti. Možemo dalje računati — ako je volumen akumulacije manji od maksimalno potrebnog — da se od ukupnog volumena vode koji protječe kroz akumulaciju može izregulirati dio koji je proporcionalan s omjerom između raspoloživog (a) i maksimalnog potrebnog (a_m) volumena akumulacije,



Sl. 14. Maksimalno potrebni relativni volumen akumulacije za korištenje vode u mjesecima augustu i novembru u ovisnosti o relativnoj veličini izgradnje za Cetinu, profil Trilj

dok na ostatak treba primijeniti korekcioni faktor određen prema veličini tog ostatka. Prema tomu, da se odredi iskoristivi protok, može se poslužiti slijedećim izrazom

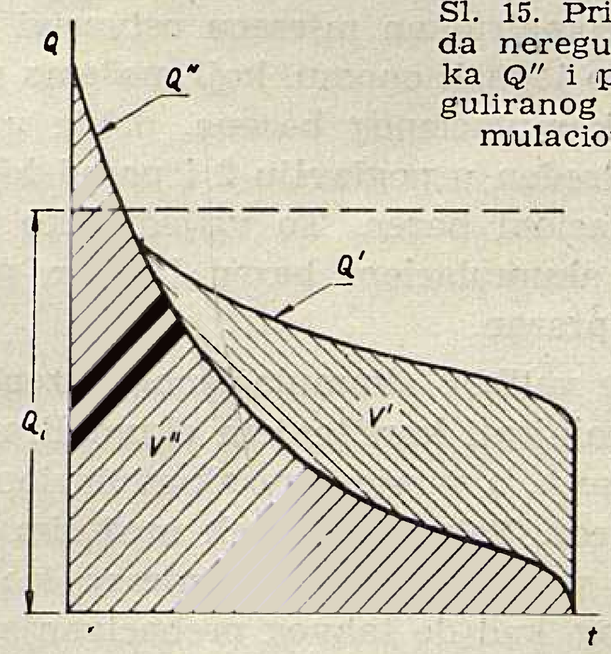
$$Q''_{is} = \frac{a}{a_m} Q_{sr} = k \left(1 - \frac{a}{a_m}\right) Q_{sr} \qquad (24)$$

Ovdje valja napomenuti, da treba razlikovati dva slučaja: prvi, kad je $(1 - a/a_m)\, Q_{sr} < Q_i$ i drugi kad je $(1 - a/a_m)\, Q_{sr} \geqq Q_i$. U prvom slučaju (24) treba izračunati prema vrijednosti a, a_m i Q_{sr}, dok u drugom slučaju treba postaviti $(1 - a/a_m)\, Q_{sr} = Q_i$, jer je i korekcioni faktor određen uz tu pretpostavku. Treba dalje naglasiti, da u svim izrazima za određivanje srednjeg iskoristivog protoka to vrijedi za svaki izraz koji se množi s korekcionim faktorom k.

Omjer q_i za određivanje korekcionog faktora prema, npr., sl. 9, određujemo sada iz relacije

$$q_i = \frac{Q_i}{\left(1 - \frac{a}{a_m}\right) Q_{sr}} \qquad (25)$$

Naravno da i relacija (24) ima značenje sve dok je $Q''_{is} \leqq Q_i$, a za veće Q''_{is} treba uvijek postaviti $Q''_{is} = Q_i$.



Sl. 15. Primjer rasporeda nereguliranog protoka Q'' i protoka Q' reguliranog pomoću akumulacionog bazena

Da ilustriramo odnose, poslužimo se primjerom za koji vrijede odnosi prikazani na sl. 9 (korekcioni faktori) i sl. 12 (maksimalno potrebni volumen akumulacije). Neka je $Q_{sr\,god} = 100$ m³/s, $Q_i = 160$ m³/s, $A_k = 50$ hm³, te $Q_{sr} = 140$ m³/s.

Raspoloživi volumen akumulacije iznosi

$$a = \frac{50 \cdot 10^6}{100 \cdot 31{,}54 \cdot 10^6} \cdot 100 = 1{,}52\,\%$$

dok je omjer

$$\frac{Q_i}{Q_{sr\,god}} = \frac{160}{100} = 1{,}60$$

pa je maksimalno potrebni volumen akumulacije (sl. 12)

$$a_m = 4{,}6\,\%$$

Relativna veličina izgradnje je — prema (25) —

$$q_i = \frac{160}{\left(1 - \frac{1{,}52}{4{,}6}\right) \cdot 140} = 1{,}71$$

pa je korekcioni faktor (sl. 9)

$$k = 0{,}952.$$

Prema tomu je (24) srednji iskoristivi protok

$$Q''_{is} = \frac{1{,}52}{4{,}6} \cdot 140 + 0{,}952 \left(1 - \frac{1{,}52}{4{,}6}\right) \cdot 140 = 46{,}2 + 89{,}4 = 135{,}6\ \text{m}^3/\text{s}.$$

Uzmimo isti primjer i pretpostavimo da je $Q_{sr} = 250$ m³/s. Veličina q_i (25) sada je

$$q_i = \frac{160}{\left(1 - \frac{1,52}{4,6}\right) \cdot 250} = 0,955$$

pa je korekcioni faktor (sl. 9)

$$k = 0,799.$$

Uzevši u obzir da je $(1 - a/a_m)\ Q_{sr} = 167,4$ m³/s, tj. veće od Q_i, dobivamo (24)

$$Q''_{is} = \frac{1,52}{4,6} \cdot 250 + 0,799 \cdot 160 = 82,5 + 127,9 = 210,4 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Budući da je dobiveni rezultat veći od Q_i, relacija (24) nema značenja, pa je

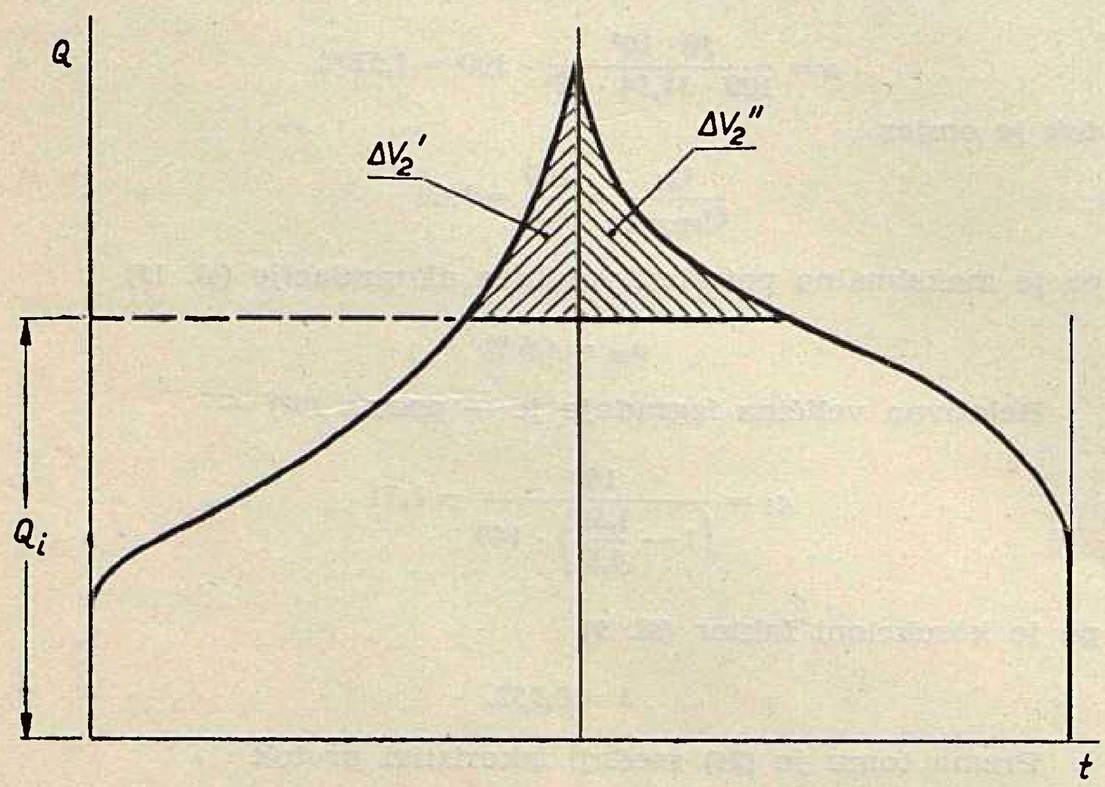
$$Q''_{is} = Q_i = 160 \text{ m}^3/\text{s}.$$

3.3. Utjecaj vremenskog rasporeda protoka unutar mjeseca

Određivanje srednjeg iskoristivog protoka u promatranom mjesecu osnovano je na pretpostavci, da se protoci pojavljuju onim kronološkim redom kako su prikazani na krivulji trajanja. Tako određeni srednji iskoristivi protok, međutim, ne može se ostvariti — i pored toga što postoji potrebni akumulacioni bazen — ako je npr. kronološki redoslijed pojave protoka suprotan redoslijedu po krivulji trajanja. Tada je u promatranom mjesecu ostvarivi iskoristivi protok upravo jednak onomu, koji možemo postići bez postojanja akumulacionog bazena, dakle uz korekcioni faktor određen u poglavlju 2 i pored toga što postoji akumulacioni bazen. To vrijedi, ako pretpostavimo da je akumulacioni bazen krajem prethodnog mjeseca bio prazan.

Postojanje velikog akumulacionog bazena može tu pogrešku eliminirati korištenjem akumulirane vode u početku mjeseca, a punjenjem akumulacionog bazena krajem mjeseca. Takav postupak međutim dovodi do prebacivanja vode iz mjeseca u mjesec, što traži veći bazen od onog, kad do takvog prebacivanja ne bi dolazilo.

Promotrimo prilike prikazane na sl. 16. Radi se o dva mjeseca, koja slijede jedan za drugim: u prvom protoci iz dana u dan postaju sve veći i veći, a u drugom iz dana u dan sve manji. Da bi se iskoristila sva voda — jer je $Q_{sr} < Q_i$ — potrebno je da se u akumulacioni bazen može spremiti volumen iznad Q_i u oba mjeseca $(\Delta V'_2 + \Delta V''_2)$. Ako, dakle, pretpostavimo, da će se u oba mjeseca pojaviti najnepovoljniji raspored dotoka, pa će u oba mjeseca biti potreban maksimalni volumen prema sl. 14, ukupni relativni volumen iznosio bi $a_m = a'_m + a''_m$, gdje je a'_m maksimalni relativni volumen u prvom, a a''_m maksimalni relativni volumen u drugom mjesecu, koji kronološki slijedi za prvim mjesecom. Međutim, malo je vjerojatno, da će se dva takva mjeseca pojaviti jedan za drugim. Pored toga, treba imati u vidu da je potrebni volumen akumulacionog bazena maksimalni koji se je pojavio kao potreban u razmatranom nizu mjeseci, te da je taj potrebni volumen bazena određen uz najnepovoljniji raspored protoka unutar mjeseca (potrebni volumen akumulacije bio bi manji kad bi dnevni protoci oscilirali oko veličine izgradnje, jer bi unutar mjeseca dolazilo i do punjenja i do pražnjenja bazena).



Sl. 16. Potrebni volumen akumulacije $(\Delta V'_2 - \Delta V''_2)$ u dva mjeseca s prikazanim kronološkim redoslijedom protoka

Uzevši sve to u obzir, može se računati da u sasvim iznimnim slučajevima (vrlo mala vjerojatnost) neće biti dovoljan volumen akumulacionog bazena određen prema prilikama u jednom mjesecu ne uzimajući u obzir prilike ni u prethodnom ni u slijedećem mjesecu.

3.4. Određivanje iskoristivog protoka za akumulacionu hidroelektranu s međudotokom za slučaj kad nema akumulacionog bazena neposredno pred hidroelektranom

Shema postrojenja za promatrani slučaj prikazana je na sl. 17. Prilikom određivanja srednjeg iskoristivog protoka treba razlikovati dva slučaja: prvi, češći, kad je raspoloživi volumen akumulacije jednak maksimalno potrebnom ili veći od njega $(a \geqq a_m)$, i drugi, rjeđi, kad je $a < a_m$.

Maksimalno potrebni volumen akumulacije određuje se prema srednjem godišnjem protoku u profilu brane i prema veličini izgradnje hidroelektrane za koju se određuje srednji iskoristivi protok. To vrijedi bez obzira na to koliko je udaljena akumulacija od hidroelektrane i bez obzira da li se voda iz akumulacije koristi u jednoj ili u više uzvodnih hidroelektrana.

3.41. Slučaj, kad je $a \geqq a_m$

Srednji iskoristivi protok kroz hidroelektranu sastoji se od dva dijela: protoka $Q_{sr\,1}$, koji je protekao kroz akumulacioni bazen i koji je radi toga reguliran i prilagođen potrebama, i nereguliranog međudotoka $Q_{sr\,2}$. Za regulirani dio vode nije potrebno uzeti u obzir korekcioni faktor, dok iskoristivi dio međudotoka možemo odrediti pomoću korekcionog faktora, kako je opisano u poglavlju 2.

Prema tomu srednji iskoristivi protok određujemo iz izraza

$$Q''_{is} = Q_{sr\,1} + k\,Q_{sr\,2} \qquad (26)$$

Naravno da Q''_{is} ima značenje kad je $Q''_{is} \leqq Q_i$, pa ako iz relacije (26) dobijemo, da je $Q''_{is} > Q_i$, treba postaviti, da je $Q''_{is} = Q_i$.

Korekcioni faktor k za relaciju (26) određuje se prema omjeru $Q_i/Q_{sr\,2}$, jer je $Q_{sr\,2}$ onaj protok koji nije reguliran.

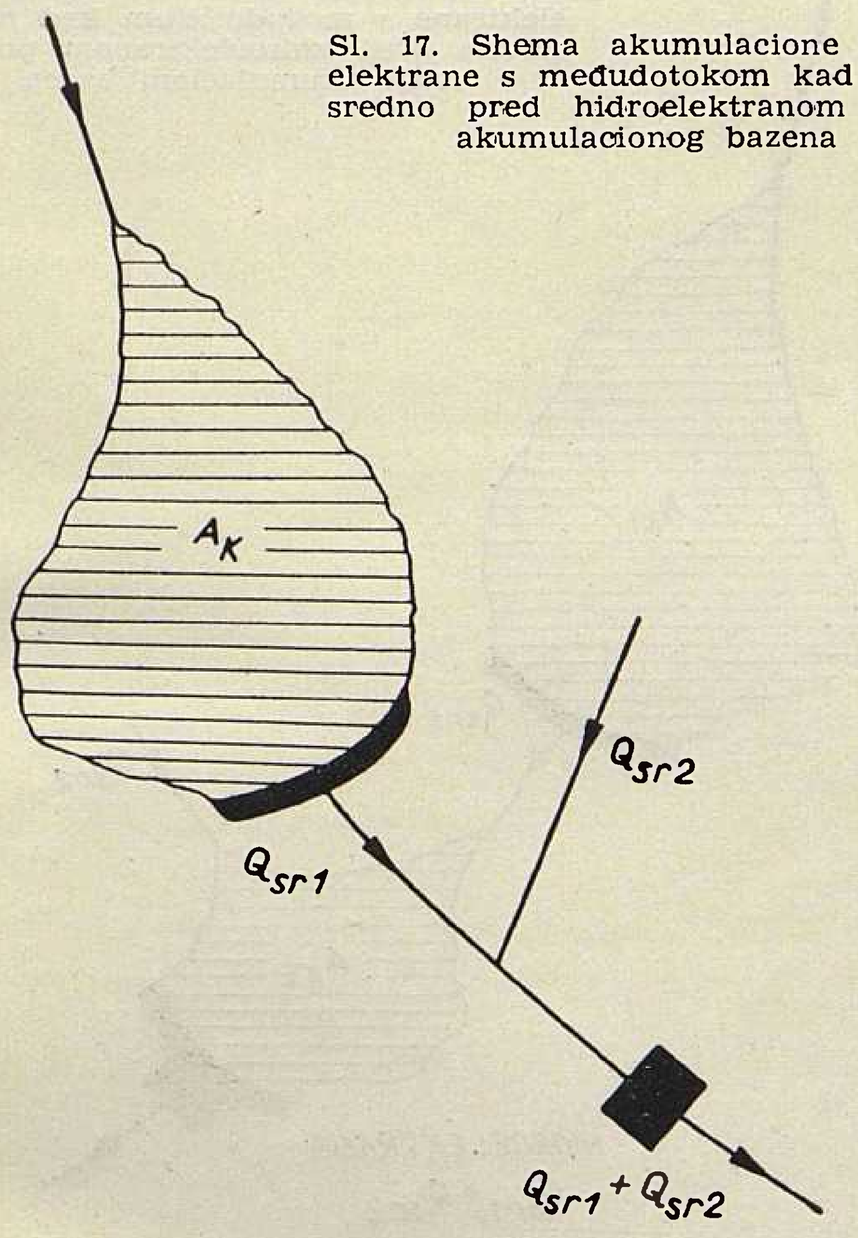
Ilustrirajmo to numeričkim primjerom. Neka u profilu brane imamo slijedeće podatke: $Q_{sr\,god\,1} = 40$ m³/s, $Q_{sr\,1} = 50$ m³/s, te neka je $A_k = 150$ hm³. Neka su podaci međudotoka $Q_{sr\,god\,2} = 70$ m³/s, a $Q_{sr\,2} = 120$ m³/s, te konačno neka je $Q_i = 160$ m³/s.

Relativni volumen akumulacije iznosi

$$a = \frac{150 \cdot 10^6}{40 \cdot 31{,}54 \cdot 10^6}\,100 = 11{,}9\,\%$$

dok je omjer

$$\frac{Q_i}{Q_{sr\,god\,1}} = \frac{160}{40} = 4{,}00\,,$$



Sl. 17. Shema akumulacione hidroelektrane s međudotokom kad neposredno pred hidroelektranom nema akumulacionog bazena

pa je prema sl. 12

$$a_m = 1{,}56\,\%\,.$$

Prema tomu je zadovoljen uvjet $a > a_m$. Korekcioni faktor određujemo prema omjeru

$$q_i = \frac{Q_i}{Q_{sr\,2}} + \frac{160}{120} = 1{,}33$$

pa prema sl. 9 iznosi

$$k = 0{,}885$$

Dakle je iskoristivi protok (26)

$$Q''_{is} = 50 + 0{,}885 \cdot 120 = 50 + 106{,}3 = 156{,}3\,\text{m}^3/\text{s}\,.$$

3.42. Slučaj, kad je $a < a_m$

Ako je raspoloživi volumen akumulacije (a) manji od maksimalno potrebnog (a_m), može se računati da se samo dio vode koja protječe kroz akumulaciju može izregulirati i to dio koji je jednak produktu omjera a/a_m i srednjeg dotoka u akumulacioni bazen. Drugi dio protječe kroz akumulaciju nereguliran, pa na njega treba primijeniti korekcioni faktor k. Prema tomu srednji iskoristivi protok određujemo iz relacije

$$Q''_{is} = \frac{a}{a_m} Q_{sr\,1} + k\left[\left(1 - \frac{a}{a_m}\right) Q_{sr\,1} + Q_{sr\,2}\right] \qquad (27)$$

Naravno, da (27) ima značenje kad je $Q''_{is} \leqq Q_i$, dok za veće Q''_{is} treba postaviti $Q''_{is} = Q_i$. Korekcioni faktor k u (27) određuje se prema omjeru

$$q_i = \frac{Q_i}{\left(1 - \frac{a}{a_m}\right) Q_{sr\,1} + Q_{sr\,2}} \qquad (28)$$

Prikažimo izloženo na numeričkom primjeru. Polazni podaci su isti kao u primjeru u tač. 3.41, osim volumena akumulacije, za koji sada pretpostavljamo da iznosi $A_k = 10$ hm³. Relativni volumen akumulacije iznosi sada

$$a = \frac{10 \cdot 10^6}{40 \cdot 31{,}54 \cdot 10^6}\,100 = 0{,}79\,\%$$

dok je $a_m = 1{,}56$, kako je u tač. 3.41. određeno. Omjer q_i iznosi

$$q_i = \frac{160}{\left(1 - \frac{0{,}79}{1{,}56}\right) 50 + 120} = 1{,}107$$

pa je (sl. 9) korekcioni faktor

$$k = 0{,}819$$

Prema tomu je iskoristivi protok (27)

$$Q''_{is} = \frac{0{,}79}{1{,}56}\,50 + 0{,}819\left[\left(1 - \frac{0{,}79}{1{,}56}\right) 50 + 120\right] = 144{,}1\ \text{m}^3/\text{s}.$$

3.5. Određivanje iskoristivog protoka za akumulacionu hidroelektranu kad se za reguliranje koriste dvije akumulacije

Određivanje srednjeg iskoristivog protoka za shemu na sl. 18 promatrajmo i sada jednom uz pretpostavku, da je volumen gornjeg akumulacionog bazena jednak ili veći od maksimalno potrebnog ($a_1 \geqq a_{1m}$), a drugi put, da je volumen gornjeg akumulacionog bazena manji od maksimalnog potrebnog ($a_1 < a_{1m}$).

3.51. Slučaj, kad je $a_1 \geqq a_{1m}$

Ako je volumen gornjeg akumulacionog bazena veći od maksimalnog potrebnog, može se smatrati da je za protok, koji se ispušta iz gornjeg akumulacionog bazena, korekcioni faktor $k = 1$. Protok $Q_{sr\,1}$ predstavlja prvi dio iskoristivog protoka u hidroelektrani. Za određivanje maksimalno potrebnog volumena a_{1m} mjerodavan je srednji godišnji protok koji protječe kroz akumulaciju i veličina izgradnje hidroelektrane.

Drugi dio iskoristivog protoka prolazi kroz donju akumulaciju, a mogućnost njegovog iskorištenja ovisi o volumenu donje akumulacije. Ako je volumen akumulacionog bazena (relativni volumen a_2) manji od maksimalno potrebnog (a_{2m}), dio vode može se potpuno iskoristiti, jer se može izregulirati akumulacionim bazenom, dok se iskorištenje ostale vode može odrediti pomoću korekcionog faktora. Relativni volumen akumulacije određuje se prema $Q_{sr\,god\,2}$, a

maksimalno potrebni prema $Q_{sr\,god\,2}$ i Q_i. Ako je dakle $a_2 < a_{2m}$, srednji iskoristivi protok određujemo iz formule

$$Q''_{is} = Q_{sr\,1} + \frac{a_2}{a_{2m}} Q_{sr\,2} + k\left(1 - \frac{a_2}{a_{2m}}\right) Q_{sr\,2} \qquad (29)$$

dok se omjer q_i određuje iz relacije

$$q_i = \frac{Q_i}{\left(1 - \frac{a_2}{a_{2m}}\right) Q_{sr\,2}} \qquad (30)$$

Promotrimo navedeni slučaj u numeričkom primjeru. Neka imamo iste podatke kao i u primjeru u tač. 3,41, te neka je $A_{k2} = 15$ hm³. Tada je relativni volumen gornje akumulacije

$$a_1 = \frac{150 \cdot 10^6}{40 \cdot 31{,}54 \cdot 10^6} \cdot 100 = 11{,}9\ \%$$

omjer

$$\frac{Q_i}{Q_{sr\,god\,1}} = \frac{160}{40} = 4{,}00\,,$$

a maksimalno potrebni relativni volumen akumulacije

$$a_{1m} = 1{,}59\ \%$$

Udovoljeno je, dakle, uvjetu $a_1 > a_{1\,m}$. Relativni volumen donje akumulacije (za dio vode koji nije reguliran) iznosi

$$a_2 = \frac{15 \cdot 10^6}{70 \cdot 31{,}54 \cdot 10^6} \cdot 100 = 0{,}68\ \%\,,$$

omjer mjerodavan za određivanje maksimalno potrebnog volumena akumulacije iznosi

$$\frac{Q_i}{Q_{sr\,god\,2}} = \frac{160}{70} = 2{,}29\,,$$

pa je (sl. 12) maksimalno potrebni volumen

$$a_{2m} = 5{,}1\ \%\,.$$

Omjer q_i je (30)

$$q_i = \frac{160}{\left(1 - \frac{0{,}68}{5{,}1}\right) \cdot 120} = 1{,}54$$

pa je korekcioni faktor (sl. 9)

$$k = 0{,}929\,.$$

Prema tomu srednji iskoristivi protok (29) iznosi

$$Q''_{is} = 50 + \frac{0{,}68}{5{,}1} \cdot 120 + 0{,}929\left(1 - \frac{0{,}68}{5{,}1}\right) \cdot 120 =$$
$$= 50{,}0 + 16{,}0 + 97{,}7 = 163{,}7\ \mathrm{m^3/s}\,.$$

Ako je $a_2 > a_{2m}$, korekcioni faktor $k = 1$, pa je srednji iskoristivi protok

$$Q''_{is} = Q_{sr\,1} + Q_{sr\,2} \qquad (31)$$

Naravno, da Q_{is} u oba slučaja ima značenja ako je $Q''_{is} \leq Q_i$, dok za $Q''_{is} > Q_i$ treba postaviti $Q''_{is} = Q_i$.

3.52. Slučaj, kad je $a_1 < a_{1m}$

Sada za gornju akumulaciju postupamo kao u slučaju opisanom u tač. 3.42. Prema tomu neregulirani protok koji dotječe u donju akumulaciju — prema (27) — iznosi

$$\left(1 - \frac{a_1}{a_{1m}}\right) Q_{sr\,1} + Q_{sr\,2} \qquad (32)$$

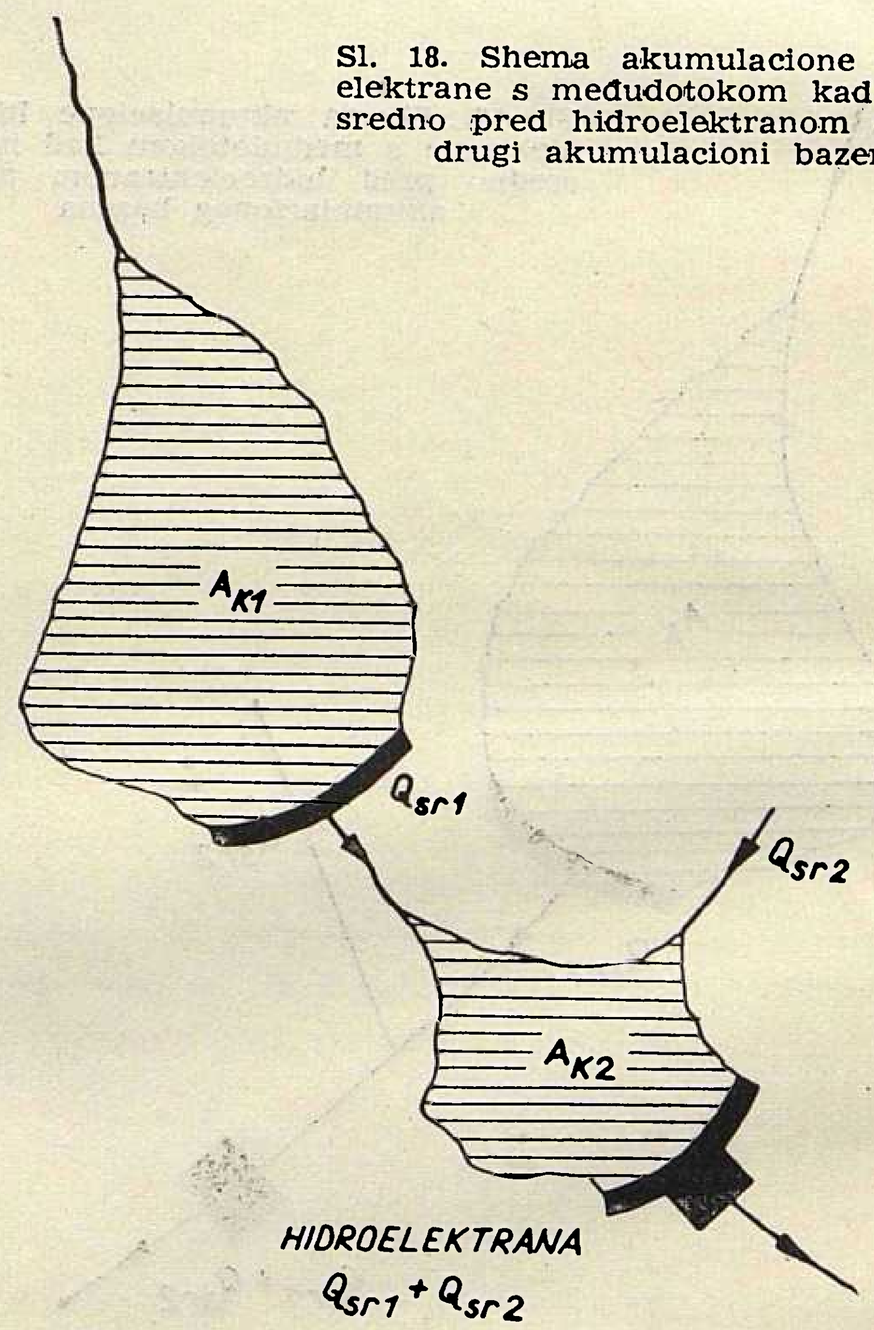
pa je taj protok mjerodavan kako za određivanje relativnog volumena akumulacije tako i za omjer q_i.

Analogno tomu za određivanje omjera $Q_i/Q_{sr\,god}$, koji imamo na apscisi dijagrama za određivanje maksimalno potrebnog volumena akumulacije, treba za $Q_{sr\,god}$ postaviti relaciju

$$\left(1 - \frac{a_1}{a_{1m}}\right) Q_{sr\,god\,1} + Q_{sr\,god\,2} \qquad (33)$$

Prema tomu ako je $a_2 < a_{2m}$, srednji iskoristivi protok određujemo prema formuli

$$Q''_{is} = \frac{a_1}{a_{1m}} \cdot Q_{sr\,1} + \frac{a_2}{a_{2m}}\left[\left(1 - \frac{a_1}{a_{1m}}\right) Q_{sr\,1} + Q_{sr\,2}\right] +$$
$$+ k\left(1 - \frac{a_2}{a_{2m}}\right)\left[\left(1 - \frac{a_1}{a_{1m}}\right) Q_{sr\,1} + Q_{sr\,2}\right] \qquad (34)$$



Sl. 18. Shema akumulacione hidroelektrane s međudotokom kad neposredno pred hidroelektranom postoji drugi akumulacioni bazen

Omjer q_1 za određivanje korekcionog faktora određujemo sada iz relacije

$$q_1 = \frac{Q_i}{\left(1 - \frac{a_2}{a_{2m}}\right)\left[\left(1 - \frac{a_1}{a_{1m}}\right) Q_{sr\,1} + Q_{sr\,2}\right]} \qquad (35)$$

Prikažimo i taj slučaj numeričkim primjerom. Neka je $Q_{sr\,god\,1} = 40$ m³/s, $Q_{sr\,1} = 50$ m³/s, $A_{k1} = 10$ hm³, $Q_{sr\,god2} = 70$ m³/s, $Q_{sr\,2} = 120$ m³/s, $A_{k\,2} = 15$ hm³, a $Q_i = 160$ m³/s. Relativni volumen prve akumulacije iznosi

$$a_1 = \frac{10 \cdot 10^6}{40 \cdot 31{,}54 \cdot 10^6} \cdot 100 = 0{,}79\ \%\,,$$

omjer

$$\frac{Q_i}{Q_{sr\,god\,1}} = \frac{160}{40} = 4{,}00$$

pa je prema sl. 12

$$a_{1m} = 1{,}56\ \%\,.$$

Prema tomu je neregulirani dotok, koji dotječe u donju akumulaciju (32)

$$\left(1 - \frac{0{,}79}{1{,}56}\right) \cdot 50 + 120 = 144{,}7\ \mathrm{m^3/s}$$

dok je srednji godišnji dotok, mjerodavan za određivanje maksimalno potrebnog volumena donje akumulacije (33)

$$\left(1-\frac{0{,}79}{1{,}56}\right)\cdot 40+70=89{,}7\ \mathrm{m^3/s}$$

Omjer $Q_i/Q_{sr\ god}$ je, dakle,

$$\frac{Q_1}{Q_{sr\ god}}=\frac{160}{89{,}7}=1{,}78\,,$$

pa je maksimalno potrebni volumen donje akumulacije (sl. 12)

$$a_{2m}=5{,}0\,\%\,,$$

dok je relativni volumen donje akumulacije

$$a_2=\frac{30\cdot 10^6}{89{,}7\cdot 31{,}54\cdot 10^6}\cdot 100=1{,}06\,\%\,.$$

Omjer q_i za određivanje korekcionog faktora iznosi (35)

$$q_1=\frac{160}{\left(1-\frac{1{,}06}{5{,}0}\right)\left[1-\frac{0{,}79}{1{,}56}\cdot 50+120\right]}=1{,}41$$

pa je korekcioni faktor (sl. 9)

$$k=0{,}903\,.$$

Prema tomu je srednji iskoristivi protok (34)

$$Q''_{is}=\frac{0{,}79}{1{,}56}\cdot 50+\frac{1{,}06}{5{,}0}\left[\left(1-\frac{0{,}79}{1{,}56}\right)50+120\right]+$$
$$+0{,}903\left(1-\frac{1{,}06}{5{,}0}\right)\left[\left(1-\frac{0{,}79}{1{,}56}\right)50+120\right]=$$
$$=25{,}3+30{,}6+101{,}9=157{,}8\ \mathrm{m^3/s}\,.$$

Ako je, međutim $a_2 > a_{2m}$, izraz (34) prelazi u oblik

$$Q''_{is}=Q_{sr\,1}+Q_{sr\,2}$$

jer tada treba postaviti da je $a_2 = a_{2m}$.

3.6. Određivanje iskoristivog protoka niza hidroelektrana

Na način opisan u prethodnoj tački mogu se odrediti srednji iskoristivi protoci za niz hidroelektrana. Tako se, npr. ako za slučaj na sl. 18 postoji hidroelektrana neposredno uz gornju akumulaciju, iskoristivi protok u toj hidroelektrani određuje na način opisan u tač. 3.2. bez obzira na postojanje donje akumulacije.

Postojanje treće nizvodne akumulacije za slučaj prikazan na sl. 18 tražit će uzimanje u obzir i prve i druge akumulacije za određivanje srednjeg iskoristivog dotoka u trećoj hidroelektrani. Pri tomu za određivanje relativnog volumena akumulacije u trećoj hidroelektrani treba uzeti u obzir sav protok koji se ne može izregulirati uzvodnim akumulacijama, a za određivanje maksimalno potrebnog volumena akumulacije treba računati s veličinom izgradnje treće hidroelektrane.

Teoretski uzevši, za niz hidroelektrana na jednom vodotoku trebalo bi uzeti u račun sve uzvodne hidroelektrane. Takav račun, međutim, u većini praktičnih slučajeva neće biti potreban, jer će se uvijek naći neka akumulacija koja će s obzirom na promatranu hidroelektranu imati akumulacioni bazen s volumenom većim ili jednakim maksimalno potrebnom, pa se sve uzvodne akumulacije mogu isključiti iz računa.

4. Zaključak

Prikazanom metodom mogu se, dakle, s dovoljnom tačnošću iz srednjih mjesečnih protoka odrediti srednji iskoristivi protoci u hidroelektrani, odnosno iz srednjih mjesečnih protoka odrediti ostvariva proizvodnja hidroelektrane.

Korekcioni faktori kao i krivulje maksimalnog potrebnog volumena, određene za jedan vodotok, mogu se upotrijebiti i za vodotok sa sličnim hidrološkim karakteristikama. Pri tom treba uzeti u obzir, kod upotrebe korekcionih faktora za drugi vodotok, da se srednji godišnji protoci oba vodotoka znatno ne razlikuju, jer o veličini vodotoka ovisi svakako strmina krivulja trajanja. Tako npr., ako se za vodotok koji ima srednji godišnji protok od 25 m³/s, upotrebe korekcioni faktori vodotoka od 300 m³/s, sigurno će se dobiti veća pogreška (radi različitih strmina krivulja trajanja) nego kad bi se koristili korekcioni faktori određeni za vodotok sa srednjim godišnjim protokom od 60 m³/s.

Smatramo, konačno, da će se upotrebom korekcionih faktora, određenih za nekoliko karakterističnih vodotoka kod nas, za određivanje moguće proizvodnje svih hidroelektrana, doći svakako do realnijih podataka o mogućoj proizvodnji, od onih koji se dobivaju kad se sa srednjima računa kao s iskoristivim protocima.

Naslov pisca: Prof. dr ing. Hrvoje Požar, suradnik Instituta za elektroprivredu Zagreb, Elektrotehnički fakultet, Ulica 8. maja br. 82

MOGUĆNOSTI ZAMJENE BAKRA ALUMINIJEM U ELEKTROTEHNIČKIM POSTROJENJIMA I OPREMI*

Pavle Jovanović, Sarajevo

Posljednjih godina u SAD, Francuskoj i SSSR-u postignut je velik napredak u otklanjanju nedostataka aluminija (kao zamjene za Cu), i to pojavom oksidne izolacije aluminija visokih karakteristika (debljine 8–15 μ, dielektrične čvrstoće do 500 kV/mm, u radnoj temperaturi do 400 °C), novim aluminijskim legurama i bimetalima i novim metodama i postupcima za spajanje aluminija. Na osnovu toga izrađeni su novi električni strojevi s namotima od anodiranog aluminijskog vodiča, ekonomičniji od onih s bakrenim vodičima. Isto su tako građeni i transformatori s aluminijskim vodičima do 70 MVA istih tehničkih karakteristika i otpornosti na elektrodinamičke sile pri kratkom spoju kao i odgovarajući transformatori s bakrenim namotima. Pored toga našao je aluminij široku primjenu u industriji kabela do napona 300 kV, u širokim razvodima, sabirnicama, u razvodnim postrojenjima itd.

DK 621.315.5

Uvod

Sve veće potrebe za bakrom, u svjetskoj privredi, s jedne strane, i sve brže korištenje ekonomičnih rudnih nalazišta s druge strane, stavljaju naročito visoko razvijene industrijske zemlje pred zahtjev zamjene bakra drugim metalima u svim onim slučajevima primjene gdje bakar nije neophodan, a to se posebno odnosi na primjenu u elektrotehnici, gdje se u prvom redu zamjena vrši aluminijem i njegovim legurama kao metalom budućnosti za ove svrhe.

Proizvodnja aluminija posljednjih decenija brzo i stalno raste. Od 1938. do 1958. proizvodnja aluminija se u zapadnim zemljama povećala za 615 %, dok je za isto vrijeme proizvodnja bakra porasla za 200 %, iako su uloženi izuzetni napori za povećanje proizvodnje bakra kao strategijske sirovine prvoga reda. Pored toga proizvodnja električne energije također daleko brže raste od proizvodnje bakra. Tako je npr. proizvodnja bakra zapadnih zemalja za period od 1938—54. porasla za oko 45 %, a električna energija za 2,25 puta. Potrebno je naglasiti da se 1957. u odnosu na 1956. istovremeno u SAD smanjila proizvodnja bakra za 11,3 %, a u Kanadi za 20 %.

Od ukupne proizvodnje bakra za potrebe elektrotehnike otpada 20 — 25 %.

Godišnji porast svjetske proizvodnje aluminija od 1938. iznosi prosječno 10 %, a bakra 3 %; tendencija je da se odnos i dalje poveća u korist aluminija. U tablici 1 dan je pregled proizvodnje aluminija i bakra u zapadnim zemljama od 1938 — 1960.

Predviđa se da će svjetska proizvodnja aluminija dostići u 1965. godini 65—70 milijuna tona.

Od 1958. svjetske cijene na londonskoj burzi za aluminij i bakar izjednačene su i iznose 490 funti sterlinga po toni. Međutim, dok je cijena aluminija od 1950. uglavnom konstantna, dotle je cijena bakra, za isti period, bila vrlo promjenljiva, varirajući od 490—1180 funti sterlinga, što stvara posebne teškoće elektrotehničkoj industriji.

Tablica 1

Godina	Cu 10^6 t/god.	Al 10^6 t/god.
1938.	1996	579
1945.	2158	1651
1950.	2685	1307
1954.	2976	2550
1958.	3419	3550
1960.	3490	5546

Zamjena bakra aluminijem uopće, a posebno u elektrotehnici, ima i za našu zemlju velik značaj s obzirom na naše izvanredne rezerve boksita (Jugoslavija je druga u Evropi) kao i na veličinu, ekonomičnost i raspored hidroenergetskih potencijala za proizvodnju električne energije s jedne strane, a s druge strane da bi se bakar sačuvao za druge neophodne potrebe.

Svojstva i karakteristike aluminija

U tablici 2 dan je uporedni pregled fizičkih, električnih i mehaničkih karakteristika za bakar čistoće 99,9 % i aluminija čistoće 99,5 %, za elektrotehničke svrhe.

Na aluminij ne djeluje čitav niz kiselina, baza i soli i organskih spojeva: borna, karbolna, ugljična kiselina, amonijak, nitrati, voda, dušik, benzin, toluol, mlijeko, produkti nafte, organske rastopine itd.

Jaku koroziju izazivaju klorovodikova, fosforna i sumporna kiselina, kloridi, bromidi, živa i njene soli, metilni klorid itd.

Tablica 2

Karakteristike	Cu	Al
Spec. težina gr/cm³	8,89	2,703
Temp. taljenja °C	1083	658
Spec. el. otpor Ω mm²/m	0,01724	0,0278
Elektr. vodljivost na 20° C Ω^{-1} cm^{-1}	57×10^4	$37,6\times10^4$
Temp. koef. el. otpora °C	$3,93\times10^{-3}$	$4,03\times10^{-3}$
Temp. koef. širenja	17×10^{-6}	24×10^{-6}
Čvrstoća na kidanje kg/mm²		
tvrdi metal	36	16
meki metal	26	8
Relativno rastezanje %	18—35	10—18
Koef. linear. širenja 0—100 °C	17×10^{-6}	24×10^{-6}
Spec. toplinski kapacitet 0—200 kal/h, °C	0,0918	0,226
Toplina taljenja kal. kg^{-1}	50,6	77
Tvrdoća HB	40—50	18—20
Modul elastičnosti kg/mm²	11000	7220

Kao što je vidljivo iz tablice 2, pri jednakom presjeku aluminija i bakra, aluminij ima 1,61 puta veći električni otpor, a težinu za 3,3 puta manju. Za isti električni otpor (i omske gubitke) za dva vodiča, od aluminija i bakra, potreban je presjek aluminijskog 1,61 puta veći od bakrenog, a težina 2 puta manja od bakrenog vodiča.

* O zamjeni bakra aluminijem u električnim postrojenjima, vidi i članak našeg suradnika ing. J. Vide-a iz Maribora, u Energiji 1961, br. 7–8, str. 243

Pri tome je za aluminijski vodič, imajući bolje hlađenje za slučaj istog zagrijavanja, dovoljno da presjek bude za svega 1,45 puta veći od presjeka bakrenog vodiča, a težina i cijena aluminijskog vodiča je u tom slučaju 2,2 puta manja. Budući da aluminij ima veću specifičnu toplinu i toplinu taljenja od bakra, to se pri kratkotrajnim kratkim spojevima aluminijski vodiči manje zagrijavaju od bakrenih, što je vrlo povoljna osobina kod sabirnica, šinskih razvoda, transformatora, kabela itd.

Upotrebljeni kod visokih i vrlo visokih napona aluminijski vodiči zbog većeg presjeka za isto zagrijavanje imaju i manje gubitke na koronu od posljednjih.

Međutim aluminij u odnosu na bakar u elektrotehničkoj primjeni ima slijedeće nedostatke:

a) aluminij ima manju mehaničku čvrstoću;

b) klasična izolacija aluminijskih vodiča skuplja je za oko 30 % od odgovarajuće izolacije za bakrene vodiče (zbog većeg opsega);

c) aluminij se relativno teže spaja (priključci).

Ovi nedostaci aluminija bili su glavna prepreka za njegovu širu primjenu u elektrotehnici. Međutim posljednjih godina dugotrajni organizirani napori, da se otklone ili smanje gornji nedostaci, dali su odgovarajuće rezultate stvaranjem nove tehnike oksidne izolacije aluminijskih vodiča, pojavom novih legura i bimetala aluminij visokih mehaničkih i električnih svojstava, kao i rješenjem problema priključaka posljednjih godina u SAD, Kanadi, Francuskoj i SSSR-u.

Na taj način stvorena je osnova za širok prodor aluminija u elektrotehnici koji može zamijeniti bakar u mnogo slučajeva.

Anodna oksidacija aluminija

Upotreba klasičnih izolacija za aluminijske vodiče s obzirom na povećane, odgovarajuće, presjeke traži skuplje i neekonomičnije aparate i uređaje negoli je to potrebno za odgovarajuće bakrene vodiče. Ovo je bio jedan od glavnih razloga što aluminij za namote transformatora i električnih strojeva nije mogao da ekonomično zamijeni bakar. Međutim za uspješnu konkurenciju bakru bili su neophodni usavršeni procesi industrijske proizvodnje novih izolacija, anodno oksidiranih aluminijskih vodiča kao i fluoriranje aluminija i stvaranje izoliranih aluminijskih vodiča visokih karakteristika. Cijena izolacije je kao kod klasične izolacije bakrenih, a debljine svega 10—15 μ. Sve to omogućilo je, pored ostalih poboljšanja aluminija, njegovu široku ekonomičnu upotrebu u elektrotehničkoj industriji i izgradnji elektroenergetskih postrojenja.

U ograničenim količinama proizvodnja anodno oksidiranih aluminijskih vodiča u SAD, Švicarskoj, SSSR-u počela je 30-tih godina, ali kvaliteta oksidnog sloja nije zadovoljavala. Proces se odvijao samo istosmjernom strujom. Međutim, pred II svjetskim ratom pojavili su se novi usavršeni industrijski procesi anodne oksidacije aluminijskih vodiča izvrsnih karakteristika, a posljednjih godina u SAD, Kanadi i Francuskoj počela je masovna industrijska proizvodnja i priprema anodno-oksidnih aluminijskih vodiča.

Kod anodnog procesa stvaraju se dva molekularna oksidna sloja Al_2O_3, i to vanjski debljine 1500 Å koji ima heksagonalnu kristalnu strukturu, a na razmaku od oko 2500 Å drugi od oko 350 Å. Proces se provodi kombiniranim djelovanjem istosmjerne i izmjenične struje i to pri gustoći izmjenične struje od oko 2 A/cm², a istosmjerne struje 1—2 A/cm². Pri tome je brzina oksidacije vodiča malih i srednjih presjeka veća od 0,25 m/s. Francuski koncern SATMA proizvodi od 1955. anodno oksidirane aluminijske vodiče presjeka 0,5 — 6 mm, uređajem za 24 vodiča istovremeno, uz impregnaciju lakom i njegovom polimerizacijom na 350 °C.

Analogno vrši se i anodna oksidacija šina širine 2 — 20 mm, debljine 0,6 — 4 mm i presjeka 50 mm². U SSSR-u proizvode se anodirani aluminijski vodiči presjeka do 25 mm² i kružni vodiči 0,15 — 4 mm.

O gustoći struje i trajanju procesa ovisi i debljina sloja, koja se kreće od 8 — 15 μ (postupak A, B i C u tablici 3). S debljinom oksidnog sloja raste njegova krutost i adhezivnost.

Srednja vrijednost dielektrične čvrstoće oksidnog sloja je 47,2 kV/mm, a dielektrična konstanta je 7,5 — 8.

Anodni proces odvija se u rastopini H_2SO_4 (20—40 %), s dodatkom $MgCl_2$ za povećanje gipkosti vodiča (za francuski postupak). Najbolji rezultati postignuti su sa 20 % H_2SO_4 + 3,5 % klornih spojeva pri gustoći izmjenične struje 2 A/cm², a istosmjerne struje 0,2 A/cm². Sovjetski postupak za povećanje gipkosti vodiča upotrebljava $NaSO_4$.

Tablica 3

Režim	Elektrolitska rastopina	Vrijeme oks. sek.	A/cm²	Gipk. n/d	Dep. oks. s.	Prob. napon V
A	H_2SO_4	27	2,0	12	12—15	400
B	$H_2SO_4+Na_2SO_4$	11	4,0	8	10	300
C	$H_2SO_4+Na_2SO_4$	11	3,5	5	8	250
SATMA	$H_2SO_4+MgCl_2$	—	2	5	8	250

U tablici 3 dan je pregled elektrolita, vremena oksidacije i debljine prevlake za 3 postupka razvijena u SSSR-u (postupak A za debeo, manje elastičan oksidni sloj, B elastičan, C vrlo meki i elastičan oksidni sloj), kao i za francuski postupak firme SATMA za anodno oksidirane aluminijske vodiče, promjera 0,65 mm. Dakle sa smanjenjem gipkosti raste probojni napon i mehanička otpornost oksidne prevlake.

Radi povećanja antihigroskopnih svojstava oksidnih aluminijskih vodiča, oni se najčešće lakiraju. Tako se zatvaraju pore na oksidnoj presvlaci od kojih se s vremenom širi razaranje oksidnog sloja i korodiranje. Na ovaj se način nešto povećavaju i vrijednosti električnih karakteristika izolacije, a i vodič se zaštićuje pri transportu.

Industrijski proces anodiranja aluminija vrši se u kadama podijeljenim na tri dijela koji su međusobno izolirani. Izvor istosmjerne struje je preko prigušnice priključen na elektrode (+) prvog i trećeg (—) odsjeka, a izvor izmjenične struje na elektrode drugog i trećeg odsjeka. Hlađenje se vrši preko sistema gra-

fitnih cijevi, a namatanje vodiča preko ebonitnih valjaka. Prednost anodno-oksidne izolacije je njena izvanredna postojanost na temperature. Radna temperatura joj je do 600 °C, dakle viša i od emajlno-silikonskih. U tablici 4 dan je pregled probojnih napona između dva namota za razne temperature za vodiče francuske firme SATMA namotane na keramički cilindar promjera 23 mm, visine 40 mm.

Tablica 4

Uslovi	Probojni napon V	
	Nezaštićen v.	Zaštićen v.
Na 20 °C	160	282
Kroz 4h pri 100 °C	174	272
Kroz 4h pri 200 °C	167	272
Kroz 4h pri 300 °C	173	272
Kroz 4h pri 400 °C	182	215
Kroz 4h pri 500 °C	176	209
Kroz 4h pri 600 °C	183	199
Poslije hlađenja do 100 °C	191	201

U tablici 5 dan je pregled vrijednosti probojnih napona dehidritiziranih anodno-oksidnih vodiča kanadske proizvodnje za promjer 1,3 mm, debljine izolacionog sloja 12 μ, i to između dva sloja namota, namotanih jedan na drugi, na keramičkoj cjevčici promjera 25,3, visine 50,8 mm, i to za dva kvaliteta (gustoće) oksidne izolacije (tip 100 za 1,7 — 1,95 g/cm³ i tip 200 za 2,3 — 2,9 g/cm³).

Tablica 5

Uslovi	Probojni vodiča V	
	Tip 100	Tip 200
Na 20 °C	310	330
Poslije 1h pri 100 °C	315	320
Poslije 1h pri 200 °C	300	300
Poslije 1h pri 300 °C	305	290
Poslije 1h pri 400 °C	320	315
Poslije 1h pri 500 °C	285	315
Poslije 1h pri 600 °C	345	325

U tablici 6 dan je pregled karakteristika za razne promjere (kružnih) anodiranih vodiča.

Tablica 6

Karakteristike vodiča	Promjer vodiča mm			
	veći 2,0	0,8—2	0,4—0,8	0,2—0,4
Debljina sloja	20—12	10—12	8	6
Probojni napon između dva namotna zavoja V	350—400	280—350	260—280	240—260
Gipkost, višestrukost promjera navijanja	100—50	30—50	10—30	10

Za razliku od ostalih, posebno organskih izolacija za bakrene vodiče, anodno-oksidna izolacija se, dakle, praktično ne mijenja s temperaturom u cijelom području do 600 °C.

Američka firma »Permaluster« izrađuje anodirane aluminijske gipke vodiče debljine izolacije 4 s mogućnošću namatanja na svega trostruko veći promjer i srednji probojni napon izolacionog sloja od 308 V.

U pogledu zadržavanja izolacionih svojstava na visokim temperaturama oksidna izolacija se ponaša vrlo stabilno. Tako je kod 400 °C električni otpor veći od 10 MΩ (za francusku proizvodnju — SATMA), a za vodiče tipa A i B (tablica 3) veći je od 150 MΩ; kod 250 °C električni otpor iznosi 10^4 — 10^5 MΩ. Električna izolacija bakrenog vodiča kroz 1000 h pri 600 °C, imala je električni otpor od 3,2 MΩ, a aluminijski anodirani vodiči električni otpor od 174 MΩ.

Prednosti anodiranih aluminijskih vodiča jesu:

1) visoka radna temperatura (400 °C);
2) mala debljina oksidne izolacije (15), tako da je za namote s vodičima promjera do 1,2 mm ista debljina kao s bakrenim vodičima;
3) odavanje topline namota od anodiranih aluminijskih vodiča bolje je (29 W/dm²) nego kod namota s bakrenim vodičima (24 W/dm³), jer oksidna izolacija ima neznatan toplinski otpor;
4) namoti su kemijski vrlo otporni;
5) pri proboju oksidne izolacije ne stvara se probojni most između izolacije namota, već se na prvoj lokalizira (na samom mjestu proboja);
6) anodirani oksidni vodiči mogu raditi i na vrlo niskim temperaturama blizu apsolutne nule;
7) impregnirani anodirani vodič je nehigroskopičan;
8) u industrijskoj proizvodnji cijena anodiranih vodiča jednaka je cijeni odgovarajućih izoliranih bakrenih vodiča.

Pored izoliranih vodiča prije 3 godine u SAD je počela nagla proizvodnja i primjena anodiranih aluminijskih šina (i njihovih legura, kao konstruktivnog materijala u elektroindustriji).

Anodirani detalji odlikuju se velikom tvrdoćom i postojanošću, i malom težinom, antimagnetičnim i elektroizolacionim svojstvima. Oksidni sloj čvrsto je vezan metalom, ima mali koeficijent trenja i raspolaže osobinom da upija tehnička maziva pri metalnoj obradi (MoS_2), što olakšava strojnu obradu. Debljina oksidnog sloja za ove svrhe je 25 — 50 μ. U tablici 7 dan je pregled karakteristika anodno-izolacionog sloja za ove svrhe.

U SAD i Engleskoj počela je proizvodnja i anodiranih aluminijskih traka i limova. Tako se trake rade do debljine 0,15 mm i širine veće od 3 mm, a limovi do debljine 6,35 mm i širine do 500 mm.

Anodirani limovi i trake engleske firme »TYNE Chemical«, koja ih izrađuje do debljine 0,05 — 1,5 mm, širine do 30 cm i dužine do 1000 m, s debljinom oksidnog sloja od 6 μ u centru i na krajevima 7—9 μ, ima probojni napon 375 V u centru a 480 V na krajevima i 400 V na 1—2 mm od njega. Probojni napon oksidnog sloja ne mijenja se do 400°C.

Tablica 7

Karakteristike	Jedinice	Iznos
Koef. linearnog širenja	stupanj $^{-1}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$
Specifična težina	g/cm³	2,5
Spec. otpor (50) debljine		
Spec. otpor 20 °C	Ω cm	$4 \cdot 10^{15}$
Spec. otpor 100 °C	Ω cm	$8 \cdot 10^{14}$
Spec. otpor 200 °C	Ω cm	$1,1 \cdot 10^{14}$
Spec. otpor 300 °C	Ω cm	$3 \cdot 10^{12}$
Topl. zračenja pri 100—200 °C	—	80 % crnog t.
Čvrstoća na rastezanje	kg/mm²	7,1 — 10,6
Čvrstoća na pritisak	kg/mm²	35 — 42,5

Gipkost oksidnog sloja na anodnim trakama i limovima dobra je i na visokoj temperaturi. Tako anodirana traka debljine 90 μ s oksidnim slojem od 5 μ može biti namotana na cjevčicu promjera 3 mm bez promjene izolacionih svojstava oksidnog sloja i pri temperaturi od 500 °C. Ni međusobno trenje slojeva anodiranih traka vodiča ne dovodi do proboja oksidnog sloja ni pri 250 V.

Istraživanja posljednjih godina pokazala su mogućnost stvaranja novih elektroizolacionih metalnih slojeva i postupkom stvaranja sloja AlF_3 i CuF_2 na aluminiju i bakru, djelovanjem na metal, pri visokim temperaturama plinovitog fluora kod aluminija, odnosno vodikovog fluorida kod bakra.

Pri 550 °C, u atmosferi fluora, stvara se za 5—10 min sloj AlF_3, debljine 1 μ. Sloj je vrlo gibak i čvrsto prianja uz metal. Specifični otpor kod 20 °C je 10^{13} — 10^{14} Ω cm, a pri 500 °C je 10^{11} — 10^{12} Ω cm. Dielektrična čvrstoća u cijelom obujmu 20 °C — 500 °C je 450 kV/mm, s dielektričnom konstantom 4. Sloj je otporan na rastvarače i vrelu vodu; na zraku je postojan do 550 °C, a temperatura taljenja mu je 1040 °C. Ova izolacija otvara nove puteve za stvaranje još kvalitetnijih metalnih izolacija od anodno-oksidnih.

Sloj CuF_2 pokazuje daleko slabije karakteristike od sloja AlF_3: specifični otpor kod 20 °C je 10^{10}—10^{11} Ω cm, kod 225 °C pada na 10^8 cm; dielektrična čvrstoća kod 20 °C je 250 kV/mm. Ovaj sloj je manje otporan na vlagu od sloja AlF_3, a kod 250 °C reagira s kisikom u zraku, obrazujući poluvodljivi sloj CuO, te je njegova upotreba, za razliku od aluminijskog, na visokim temperaturama moguća samo u vakuumu odnosno ako je hermetički izoliran od atmosfere.

Poboljšanja mehaničkih karakteristika

Posljednjih godina ostvaren je napredak i u stvaranju novih legura i bimetala aluminija.

Pored odavno poznatog aldreja (0,3 — 0,5 Mg, 0,4 — 0,7 Si, 0,2 — 0,3 Fe, ostalo Al, sa specifičnim otporom 0,0317 Ω mm²/m i prekidnom čvrstoćom 35 kg/mm² dakle čvrstoćom na kidanje tvrdog bakra [silumina i durala] legura Al — Mg — Mn — Fe, Ti čija prekidna čvrstoća poslije termičke obrade i vještačkog starenja dostiže prekidnu čvrstoću 38 kg/mm²; sva tri su izvrstan konstruktivni materijal i u elektroindustriji naročito za aparate visokog napona), nedavno je u Engleskoj izrađena nova legura na bazi Al, Mg, Si, koja ima svega 10 % manju specifičnu vodljivost od čistog aluminija, s prekidnom čvrstoćom od 20 kg/mm². Cijena je za 5—20 % veća od aluminija. Izrađena je i legura s mehaničkom prekidnom čvrstoćom od 60 kg/mm², a sa svega 25 % smanjenom specifičnom vodljivošću u odnosu na aluminij. U Francuskoj se za sabirnice i šinski razvod izrađuju profili od aluminijske legure sa 3 % Mg s odličnim mehaničkim karakteristikama.

Aluminijski vodiči s čeličnom jezgrom kao nosiocem mehaničkih opterećenja posjeduju veliku mehaničku čvrstoću, a radi zaštite čelična jezgra se pocinčava. Nedavna ispitivanja alučelnih vodiča u SAD, u industrijskim i primorskim područjima, pokazala su da su najosjetljivije na koroziju baš čelične jezgre.

Ova vrsta vodiča uglavnom se upotrebljava za dalekovode (u SAD npr. 80 % dalekovoda 220 kV je od alučelnih vodiča). Međutim, pokazalo se da se oni mogu upotrijebiti i za kontaktnu mrežu kod električne vuče (i trolejbusa). Za kontakt se primjenjuju grafitne četkice. Desetogodišnja ispitivanja na jednoj trolejbusnoj mreži pokazala su samo neznatno, praktično zanemarljivo habanje.

U SAD od 1959. počela je proizvodnja bimetala tzv. aluminijskog čelika. Do tada izrada aluminijskog čelika nije uspijevala zbog niske tačke taljenja aluminija u odnosu na čelik, a i zbog stvaranja krtog sloja na granici aluminija i čelika. Novi postupak nanošenja sitnog zrnastog aluminijskog praha na čelik pri visokoj temperaturi i pritisku, omogućio je stvaranje visoko kvalitetnog bimetala. U aluminijsko-čeličnom vodiču se zauzima 25 % presjeka, a raspoređen je koncentrično oko čelika. Vodljivost pri niskim frekvencijama iznosi 33 %, a pri visokim 100 % električne vodljivosti aluminija. Ovi vodiči jeftiniji su za oko 20 % od bakrenih odgovarajućeg električnog otpora. Oni su vrlo povoljni za dalekovode. Laboratorijska ispitivanja pokazala su da su aluminijski čelik i aluminij podjednako otporni u uslovima 100 %-tne vlažnosti i morskih isparivanja. Eksploataciona ispitivanja pod vrlo teškim atmosferskim uslovima na vodičima od aluminijskog čelika, promjera 9,5 mm koji su se sastojali od po 7 žila od aluminijskog čelika, debljine aluminija 40 μ, pokazala su, da se karakteristike vodiča ni poslije pet godina eksploatacije nisu izmijenile.

Pored spomenutog procesa za aluminijski čelik razvijen je i drugi elektrokemijski postupak, tj. taloženja aluminija visoke čistoće na čelik. Pomoću elektrolita stvara se rastopina kloriranog aluminija u vakuumu (3,5 Mol/lit), koji se filtrira u inertnoj atmosferi dok ne postane providan, zatim se zasićuje litijevim hidratom i ponovo filtrira. Elektrolit se čuva u polietilenskim posudama na temperaturi od 10 — 30 °C. Proces elektrotaloženja se vrši pri prolazu struje gustoće do 20 mA/cm² i kod temperature od 10 — 30 °C. Brzina taloženja je 13 μ/h pri struji gustoće 10 mA/cm².

Spajanje aluminijskih priključaka

Aluminij u zraku stvara oksidni sloj koji se uglavnom sastoji od Al_2O_3, koji se poslije čišćenja stvara za nekoliko sekunda do debljine 20 Å, a poslije 30 minuta dostiže debljinu 60 — 100 Å. Ovaj sloj ima veliku čvrstoću i visoku tačku taljenja (2050 °C). To otežava lako i sigurno spajanje priključaka na zraku. Ovo je bila jedna od velikih prepreka za širu primjenu aluminija u elektrotehnici. Posljednjih godina razvijene su uspješne metode i postupci koji su riješili i problem spajanja aluminijskih priključaka, zavarivanjem, lemljenjem, spojnicama i hladnim zavarivanjem.

Posljednjih godina steklo je široku primjenu električno zavarivanje u argonskom luku (električni luk u atmosferi argona), koje se izvodi bilo netaljivim elektrodama od volframa bilo taljivim od aluminija ili njegovih legura. Argonski luk tali i isparuje ok-

sidni sloj, kod čega neutralna atmosfera argona onemogućuje ponovnu oksidaciju. Tako je moguće efektivno i kvalitetno zavarivanje aluminija.

Hladno zavarivanje aluminija izvodi se primjenom velikih pritisaka od 12.000 — 13.000 kg/cm² pri sobnoj temperaturi. Postupak se primjenjuje neposredno poslije čišćenja priključaka od oksidnog sloja. Visokim pritiskom uništi se tanak sloj Al_2O_3 koji se momentano stvara u zraku, a krajevi metala dođu u neposredan, tijesan dodir. Kod ovog se postupka primjenjuju ručni instrumenti, ili složeniji hidraulični i mehanički uređaji.

Spajanje aluminijskih vodiča (šina) vijcima i spojnicama našlo je široku primjenu. Radi dobrog kontakta najprije se skida površinski oksidni sloj čeličnim četkama, ručno ili mehanički, poslije premaza uljem. U Engleskoj je uveden specijalni kompaund koji kemijski razara oksidni sloj na aluminiju, taložeći cink.

Pošto zagrijavanje pri radu aluminijskih šina dovodi do dilatacija i smanjenja kontaktnog pritiska na mjestima ovakvih spojeva, to se smanjuje konkretni pritisak u granicama 10 — 14 kg/mm², pri čemu kontaktni otpor iznosi 49 — 52 · $10^{-6}\,\Omega$; zatim se šire spojnice kao i spojnice od aluminijskih legura ili legura željeza koje imaju vlastite koeficijente linearnog širenja vrlo bliske aluminiju.

Da se omogući trajni mali kontaktni otpor, kako bi se spriječilo ponovno stvaranje oksidnog sloja na aluminiju, priključci se zaštićuju sa dva ili više specijalnih slojeva. Američki aluminijski koncern »Reynolds Metals« razvio je mnogoslojnu zaštitu tipa Cn-Cu-Ag, koji ima veliku adheziju prema aluminiju, veliku otpornost protiv korozije i otiranja, a mali kontaktni otpor. Ovako posrebreni priključci šina mogu biti spojeni vijcima, spojnicama, lemljenjem ili zavarivanjem dok se kontaktni otpor ne mijenja.

Postoje dva principijelno različita načina spajanja aluminijskih priključaka lemljenjem.

Prvi način lemljenja može se primjenjivati samo kada je mjesto lakom ili kakvim premazom zaštićeno od atmosferske vlage, ili ako se nalazi u benzinu, kerozenu ili mineralnom ulju. Ne treba ga primjenjivati ako se zalemljeno mjesto trajno nalazi na temperaturi višoj od 80 °C, ili kada dolazi u dodir s kiselinama, bazama i nekim rastopinama. Metalne površine priključaka moraju se neposredno prije lemljenja očistiti od oksidnog sloja čeličnom četkom. Lemljenje se izvodi legurom Zn i Pb, a u određenim slučajevima i s dodatkom Al. Temperatura mekog lemljenja je 195 — 450 °C i vrši se bez topioca.

Drugi način je tvrdo lemljenje, koje je znatno otpornije na koroziju. Izvodi se na temperaturi većoj od 550 °C, lemovima sa 77 % Al i klornim solima Pb, Cn i Cd, odnosno sa spojevima fluora i klora, koji istovremeno kemijski rastvaraju oksidni sloj.

Obično se sastoji iz organskog nosioca (trietanolamin) u koji se uvode fluorni spojevi. Budući da ovi spojevi pri povišenoj temperaturi lemljenja izazivaju koroziju, to iza lemljenja treba odstraniti i posljednje tragove. Međutim, posljednjih godina izrađen je novi lem s topiocem u obliku neorganske paste koja je neaktivna i na povišenim temperaturama te je na ovaj način lemljenje sasvim lako.

Za zagrijavanje mjesta lema do temperature potrebne za stvaranje reakcije, u Njemačkoj se upotrebljava lampa s propanom, s lulom za regulaciju pravca plamena, dok se u Francuskoj za ove svrhe primjenjuje električni luk.

Neki rezultati zamjene bakra aluminijem

Čitav niz velikih svjetskih proizvođača transformatora u SAD, Kanadi, Engleskoj, SSSR-u, Njemačkoj, Čehoslovačkoj itd., uspješno je riješio tehničke probleme primjene aluminija i tehnološke probleme proizvodnje transformatora s aluminijskim vodičima. Ovi su transformatori s istim gubicima u bakru i željezu kao i odgovarajući moderni transformatori s bakrenim vodičima uz iste napone kratkog spoja i otpornosti na elektrodinamičke (aksijalne i radijalne) sile kratkog spoja.

Ispitivanja izvršena u ispitnoj stanici za kratke spojeve u Behovicama (Čehoslovačka) obuhvatila su jednofazne kratke spojeve da bi se dobilo maksimalno naprezanje od dinamičkih sila u svakoj fazi; pored toga izveden je i jedan ciklus ispitivanja za trofazni kratki spoj. Ispitivanja su pokazala izvrsnu otpornost aluminijskih namota na elektrodinamičke sile pri kratkom spoju u najtežim uslovima.

Posebno su velike kompanije Engleske, SAD i Kanade posvetile pažnju osvajanju transformatora s aluminijskim namotima i to još prije industrijske primjene anodiranih aluminijskih vodiča, dakle još s klasičnom izolacijom, čime su dobivene konstrukcije većih dimenzija i težina no što je moguće dobiti novo osvojenim anodiranim vodičima, folijama itd., što će još povećati ekonomičnost i proširiti primjenu transformatora s aluminijskim vodičima. Firma »English Electric« izradila je npr. za firmu »Aluminium of Canada« transformatore s aluminijskim namotima 70 MVA, 275/13,2 kV. Težina aluminijskih namota je 4,5 tone. Svi odvodi, šine, radijator i drugi detalji takođe su od aluminija. Transformator ima mogućnost povećanja trajne snage do 79 MVA, uvođenjem još po dva radijatora za hlađenje pored već postojećih pet za nominalnu snagu.

Firma »Feranti« izradila je za istog isporučioca transformatorsku grupu 3 × 71 MVA, 301,4 kV s aluminijskim namotima kao i 7 trofaznih transformatora po 71 MVA i 6 po 37 MVA. U tablici 8 dane su uporedne karakteristike transformatora s aluminijskim i bakrenim namotima firme »Feranti« i to za jednofazni 71 MVA, 300/13 kV i trofazni 100 kVA, 11 kV.

U SAD firme »GEC« i »Westinghouse« bave se takođe pitanjem zamjene bakra aluminijem u transformatorima. Firma »Westinghouse« izradila je više od 100 suhih transformatora s aluminijskim namotima snage od 225 — 3000 kVA pri čemu su postignuti isti gubici u bakru i željezu i napon kratkog spoja, kao i kod odgovarajućih transformatora s bakrenim namotima.

Tablica 8

	Transformatori			
	trofazni 100 kVA 11 kV		jednofazni 71 MVA 300/13 kV	
Materijal namotaja	Cu	Al	Cu	Al
Cijena	100	99,7	100	106
Od toga mag. krug	30	34,4	32	38,5
Od toga namoti	41	36,3	34,5	31
Težina kg	930	925	89,200	93.950
Gabar. dimen. mm	1220×840	1280×865	7722×3 505	7620×3607
Gubici u Fe kW	0,3 59	0,3 59	74	77
Gubici u Cu kW	1,9	1,9	305	320
Napon krat. spoja %	6	6	11	11

Napomenuto je, da je zbog povećanog presjeka skuplja klasična izolacija aluminijskih vodiča od odgovarajućih bakrenih, što znatno smanjuje ekonomičnost upotrebe aluminijskih vodiča. Tako je na dan 1. VII 1956. cijena jedne tone okruglih vodiča od bakra i aluminija promjera 0,4 mm, bila 436 i 501 funtu sterlinga. Pa i po tim uslovima, transformatori s aluminijskim vodičima za iste karakteristike do snage 300 kVA neznatno su jeftiniji od transformatora s aluminijskim namotima. Kod velikih jedinica cijena transformatora s aluminijskim namotima povećava se za 4—6 % u odnosu na transformatore s bakrenim namotima, i to prema rezultatima postignutim do 1958. Međutim, upotreba anodiranih vodiča koji su približno iste cijene kao i odgovarajući od bakra te primjena postupaka za varenje vodiča argonskim lukom omogućuje sniženje cijene manjih i srednjih transformatora za 9—12 %, a velikih jedinica za 3—5 % u odnosu na odgovarajuće transformatore s bakrenim vodičima.

Američka firma »Reynolds Metals« upotrebljava već i anodirane trake s oksidnim slojem, debljine 5—8, za namote transformatora, elektromotora i generatora. Namoti se izrađuju bez međuslojne izolacije, te je koeficijent ispune namota čak 0,97, jer je, zahvaljujući dobrom podnašanju topline i zbog neposrednog dodira krajeva namota s rashladnim sredstvom moguće, u većini slučajeva, izbjeći kanale za rashlađivanje, te se dimenzije aparata ne uvećavaju u odnosu na isto takove s vodičima od bakra.

Primjena anodiranih limova i traka omogućuje, s jedne strane, dvostruko sniženje težine transformatora, a s druge strane široko proširuje temperaturni radni dijapazon transformatora. Tako je američka kompanija »Robert Handley« izradila trofazni transformator s anodiranim trakama za radnu temperaturu od 200 °C. Prototip je uspješno ispitivan na vlažnost i vibracije i uspješno je radio na temperaturama sredine od —55 °C do + 125°C. Pregrijavanje od 100 °C nije utjecalo na karakteristike transformatora.

Kod električnih strojeva primjena anodiranih aluminijskih vodiča pruža široke mogućnosti kao zamjena bakru te su građeni kompaktni i ekonomičniji strojevi, što nije bilo moguće samo primjenom aluminijskih vodiča s klasičnom izolacijom; pored toga moguća su veća preopterećenja i više radne temperature no što je bilo moguće kod strojeva s bakrenim vodičima (zbog starenja izolacije).

Anodirani vodiči omogućuju izradu strojeva za radnu temperaturu do 400 °C. Na primjer asinhroni motor 0,4 kW s namotima od anodiranog aluminija promjera 0,8 mm bio je podvrgnut 8-strukom preopterećenju pri čemu nije ni na jednom mjestu oštećena izolacija na namotima i motor je odmah mogao nastaviti rad.

U tablici 9 dan je uporedni pregled za 3 elektromotora i to za 2 s izoliranim bakrenim vodičem i jedan s anodiranim alumunijskim vodičem. Pri tom je motor s aluminijskim vodičima bio čak za 20 % jeftiniji od motora s bakrenim vodičima, a težine su smanjene od 840 kg na 435 kg.

Tablica 9

	Cu ∅ 3,8 „Terebek"	Cu 6,3 × 2,8 email	anod. Al 8 × 4
Težina kg	810	690	435
Cijena %	100	94	80
Dimenzije mm	535×797×1059	535×725×915	530×830×1130
Temperatura nakon 8 h rada °C	161	177	140
Dozvoljena temp. vodiča	200	150	300

Za kratko spojene rotore asinhronih motora razrađene su industrijske metode strojnog lijevanja u kokilama kaveza aluminijskih kratko spojenih rotora i to za najmanje motore do promjera rotora od 20 mm i za srednje snage motora, promjera rotora 30 — 200 mm. U Francuskoj se ova metoda industrijski primjenjuje za kratko spojene motore do 15 kW, a u SAD do 60 kW i veće.

Kod sabirnica i šinskih razvoda pružaju se široke mogućnosti za zamjenu bakrenih sabirnica i šinskih razvoda aluminijem. Ovo je već uveliko uvedeno u Francuskoj, SAD, Njemačkoj, Kanadi, SSSR-u itd. Manja mehanička čvrstoća aluminija od bakra, što je važno kod elektrodinamičkih sila na kratki spoj, može se kompenzirati upotrebom aluminijskih legura s poboljšanim mehaničkim karakteristikama (sa 3 % Mg), ili upotrebom aluminijskih profila. Na taj se način može povećati otporni moment po osi X i Y na potrebnu vrijednost. Zamjena bakra aluminijem kod šina i šinskih razvoda, a uz riješeni problem spajanja priključaka, omogućuje uštede od oko 51 % u odnosu na odgovarajuće bakrene. Nove tendencije kod šinskih razvoda jest i upotreba bakrenih šina izoliranih plastičnim masama, čime se smanjuje razmak između faza a manje su i dimenzije limenog kanala u kome se ove nalaze ili ovaj čak potpuno otpada. Međutim, upotreba šina od anodiranog aluminija ili šina od legura aluminija za ove svrhe, pruža daleko ekonomičnije rješenje. Treba naglasiti da je aluminij povoljniji od bakra zbog većeg termičkog kapaciteta pri kratkotrajnim kratkim spojevima.

Kod niskonaponskih i visokonaponskih razvoda i ćelija, lijevani aluminij i njegove legure omogućuju lakše i trajnije konstrukcije od čeličnog i dekapiranog lima koji se kod nas još ne proizvodi.

Za prijenos energije počela je već 1948—49. široka primjena aluminijskih kabela niskog i visokog napona mjesto bakrenih kabela s olovnim plaštem, od kojih su oni prvi jeftiniji za 25—30 %.

U Zapadnom Berlinu, kabeli s aluminijskim žilama i s aluminijskim plaštem mjesto olovnog potpuno

su istisnuli bakrene kabele, a posljednjih godina se postavljaju samo aluminijski kabeli. U Berlinu postavljeno je više od 300 km aluminijskih kabela s aluminijskim plaštem (kao 4. žilom). Istovremeno je montirano 10.000 spojnica i 15.000 priključnica za aluminijske kabele i do sada nije na njima bilo kvarova.

Danas se proizvode, i već se nekoliko godina nalaze u eksploataciji, kabeli s aluminijskim žilama i plaštem i do napona 300 kV.

Alučelni vodiči već se na veliko primjenjuju i već su gotovo istisli bakrene vodiče za dalekovode. U Francuskoj, SSSR-u i odnedavna kod nas zabranjena je upotreba bakrenih vodiča za dalekovode.

Međutim ne samo alučel ili nove legure aluminija s poboljšanim mehaničkim karakteristikama, nego se, prema radovima prof. Vidmara, i čist aluminij može ekonomično upotrijebiti za vodiče dalekovoda, naravno uz odgovarajuće zatezanje, što su izgrađeni dalekovodi u potpunosti već potvrdili.

Osim nekoliko navedenih primjera zamjene aluminija za bakar u elektrotehnici, aluminij se upotrebljava i u nizu drugih uređaja: npr. u elektromagnetima, prigušnicama, specijalnim transformatorima za zavarivanje, namotima za fokusiranje kod klistrona i tako dalje.

Zaključak

Karakteristike, cijena aluminija i poboljšanja koja su postignuta novim oksidnim izolacijama aluminijskih vodiča, novim aluminijskim legurama i bimetalima, novim postupkom spajanja priključaka, kao i već dobivenim rezultatima, pokazuju da se bakar u većini slučajeva u elektrotehnici može uspješno zamijeniti aluminijem pri čemu se postiže:

1. ekonomičnija proizvodnja;
2. manja težina proizvoda;
3. širi dijapazon radnih temperatura strojeva i uređaja s anodiranim vodičima (—250 °C do 400 °C).

Literatura

1. V. V. Slonskii, *Elektrodugovaja svarka aljuminievih šinoprovodov.* Gosenergoizdat, 1961, Moskva.
2. G. Bergtsson, *Soudage de l'aluminium et de ses alliages en atmosphère d'argon.* Asea-Revue, 1961, br. 6, str. 208.
3. S. D. Holodnii, *Aljuminievie provoda s oksidnoj izolaciei.* Električestvo, 1962, br. 3, str. 62.
4. A. S. Edeljman, A. S. Fridman, *Aluminii v kabeljnoi tehnike.* Gosenergoizdat, Moskva 1960.
5. J. A. Bernštein, L. V. Leites, *Transformatorostroenije za rubežom.* Gosenergoizdat, Moskva 1958.
6. W. Zwehl, *Wicklungen aus anodisiertem Aluminium-Draht.* E und M 1961, br. 3, str. 69.
7. N. N. *Beitrag zur Herstellung von Kurzschlussläufern für Elektromotoren durch Ausgiessen mit Aluminium.* E und M 1961, br. 11, str. 318.
8. K. K. Balašov, *Transformatori s aluminievimi obmotkami.* Vestnik elektropromišljenosti, 1958. br. 5.
9. G. S. Jakopian, Z. Pogosjan, *Transformatori s aluminijevimi obmotkami na 6 kV i 10 kV.* Vestnik elektropromišljenosti, 1959, br. 8, str. 10.
10. J. Valeš, *Large Transformers with Aluminium Windings.* Technical Digest, 1960, sv. II, br. 7., str. 11.
11. B. M. Taraev, *O zamene medi aljuminiem v elektrotehnike.* Električestvo, 1960, br. 10, str. 78.
12. Parish A., *Aluminium in electrical engineering, its standing as alternative to copper.* Electr. Rev. 1959, br. 9, str. 399.
13. Greenield E., Everhart E., *A field study of ACSR cable in severe marine and industrial environment.* Power Appar. and Systems, 1957, br. 29.
14. Patric J., Roussel B., *Les conducteurs »filoxal« en aluminium isolés par oxydation anodique. I — Principe de l'oxydation par deroulement continu. II — Application des conducteurs »filoxal« dans les bobinages électriques.* Bull, Soc. fran. electric., 1958. br. 94, str. 663—682.
15. Flaschen S. S., Garn P. D., *Inorganic electrical insulating coatings on aluminium and copper.* J. Amer. Ceram. Soc., 1959, br. 12, str. 641.
16. Burley C., *Silver plated aluminium bus conductor,* El. Eng., 1958, br. 10, str. 892.

Naslov pisca: Ing. Pavle Jovanović, docent Elektrotehničkog fakulteta, Sarajevo, Trg Oslobođenja br. 1

HIDRAULICITET CETINE

Nikola Bilčar, Zagreb

Uvode se pojmovi o »hidraulicitetu« nekog vodotoka kao mjerilu njegove vodne izdašnosti u srednjim mjesečnim protocima. Na bazi 32-godišnjeg prosjeka rijeke Cetine, kao glavnog reprezentanta primorskih vodotoka jadranskog sliva, određuje se »standardni hidraulicitet« tog slivnog područja kao nul-nivo vlažnosti. Trajna i redovita promatranja vodotoka Cetine u hidrološkoj godini 1961/62. i u zimskom periodu godine 1962/63. koriste se kao primjer za određivanje vlažnosti odn. sušnosti riječnog sliva u tim periodima. Konačno se iznose metode za određivanje prirodnog protoka Cetine i u slučaju akumulacije ugrađene u riječni vodotok. Svrha uvođenja ovih međunarodnih pojmova i trajnih promatranja protoka je njihovo korištenje za uspješno vođenje hidroenergetskih pogona.

DK 621.22

Uvod

Praćenje protoka i vodostaja pojedinih rijeka vrlo je važno i sve kulturne zemlje odavno provode i objelodanjuju takova mjerenja. Ispočetka su se ti podaci koristili za borbu protiv poplava, a kod velikih rijeka i za probleme plovnosti. U novije vrijeme ti podaci bitno utječu i na područje narodne privrede.

Elektroprivredi ti su podaci od odsudnog značenja bilo kod izgradnje novih hidroelektrana, bilo kod eksploatacije već izgrađenih objekata. Pri promatranju protoka govori se o sušnim i vlažnim godinama. Koja je godina sušna ili vlažna i koliko, nije bilo tačno određeno — ili tačnije rečeno nije bio definiran nulnivo, od kojeg bi se polazilo pri klasifikaciji.

Hidraulicitet

Vodoprivredne administracije nekih država srednje i zapadne Evrope nastojale su još prije drugog svjetskog rata da uklone smetnje uslijed neodređenog nul-

nivoa i odlučile su, da nul-nivo bude srednji protok svakog pojedinog vodotoka u dugom nizu godina. Taj srednji protok nazvali su najprije Francuzi, a kasnije i ostale administracije, *hidraulicitetom* (vodnom izdašnošću) tog vodotoka, a niz godina trebao bi da bude veći od 20 godina, kako bi bile obuhvaćene i vlažne i sušne godine.

Promatranjem protoka pokazalo se, da gotovo sve vode u tom području imaju u toku mjeseca oktobra izraženi prijelom u vodnim količinama (sl. 1), pa se iz praktičkih razloga odlučilo, da *hidraulička godina* počne 1. oktobra, radi poklapanja s tim prijelomom, i da traje do 30. septembra slijedeće godine.

Elektroprivredu naročito zanima proizvodnja u zimskom periodu, kad je u Evropi potrošnja najjača. Hidraulička godina podijeljena je na dva dijela po 6 mjeseci: na zimski period od 1. oktobra do 31. marta (zimski hidraulicitet) i na ljetni period od 1. aprila do 30. septembra (ljetni hidraulicitet). Srednja vrijednost protoka kroz cijelu godinu čini »srednji godišnji hidraulicitet«, koji je mjerodavan za ocjenu vodne izdašnosti nekog vodotoka.

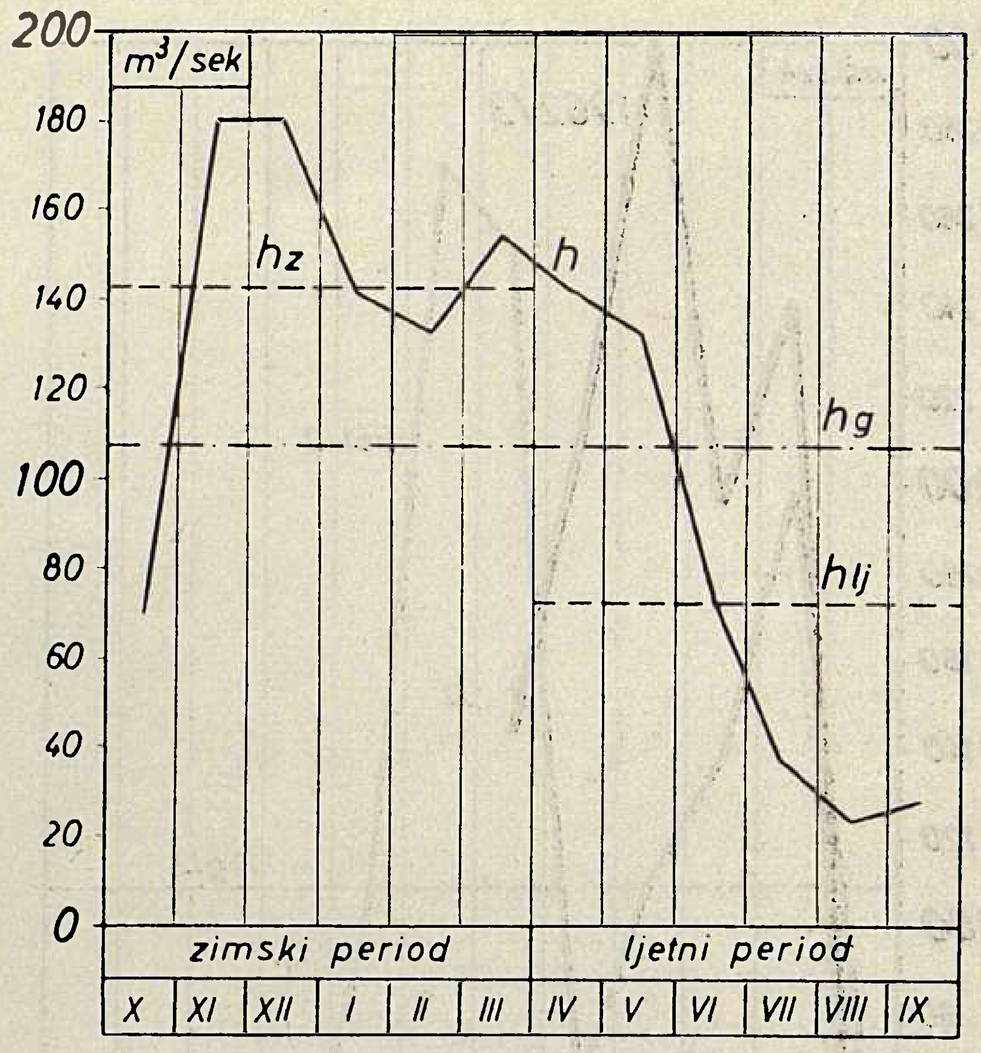
Vlažnost ili sušnost neke godine određenog vodotoka iskazuje se odstupanjem srednjeg mjesečnog protoka tekuće godine od odgovarajućeg srednjeg mjesečnog protoka »standardnog« hidrauliciteta i taj je omjer mjerilo, koliko je odnosni mjesec vlažan ili sušan. Ovo je mjerilo obuhvaćeno *faktorom hidrauliciteta,* koji se dobiva iz ove formule:

$$h_{mj} = \frac{Q_{sr\cdot\ mj\cdot\ tek\cdot\ god\cdot}}{Q_{sr\cdot\ mj\cdot\ niza\ god\cdot}}$$

Dugogodišnji prosjek označava se sa 100 % ili sa 1,00. Odgovarajućim uvrštavanjem srednjih polugodišnjih ili godišnjih protoka dobiva se polugodišnji ili godišnji hidraulicitet odnosnog vodotoka. Vrijednosti preko 100 % odn. 1,00 predstavljaju vlažne periode, a vrijednosti ispod 100 % odn. 1,00 suhe periode.

Ekonomska komisija za Evropu OUN

Poslije drugog svjetskog rata preuzela je koordinaciju hidrauliciteta za evropske vodotoke »Ekonomska komisija za Evropu« (ECE). Jedinstveno je određena hidraulička godina s trajanjem od 1. X do 30. IX slijedeće godine. »Standardni« hidraulicitet odnosi se na prosjek protoka za period 1930/31. do 1939/40. i 1945/46. do 1954/55. ispustivši godine rata s vrlo nepouzdanim podacima. Taj hidraulicitet označen je sa 100 %.



Sl. 1. Hidraulicitet Cetine

h prosječni mjesečni hidraulicitet za 32-godišnji period određen za mjerno mjesto kod Trilja

h_z zimski hidraulicitet (polugodišnji prosjek za 6 zimskih mjeseci)

h_{lj} ljetni hidraulicitet (polugodišnji prosjek za 6 ljetnih mjeseci)

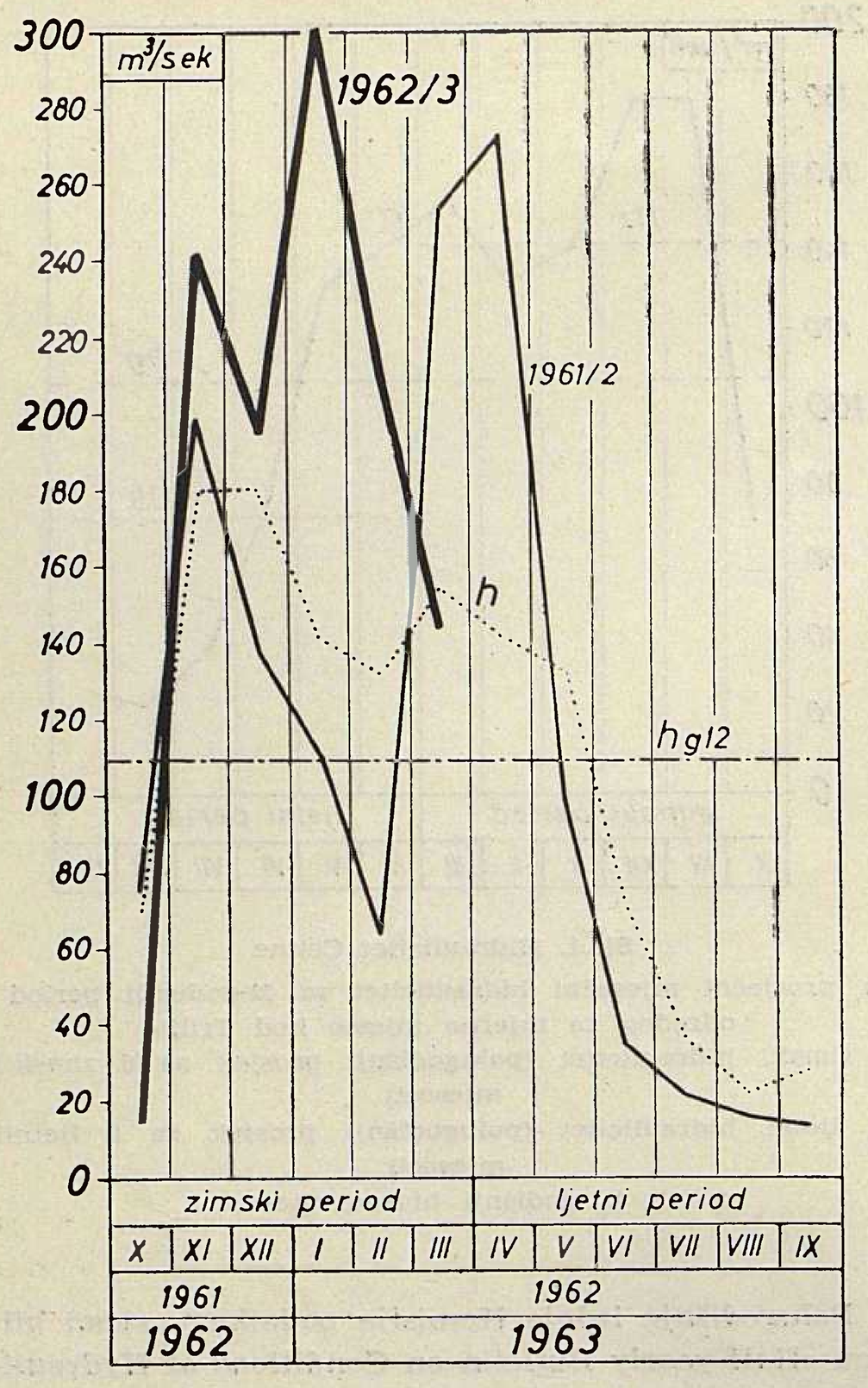
h_g godišnji hidraulicitet

Polugodišnje izdaje Komisija podatke u svom biltenu »Half-yearly Bulletin on Conditions of Hydraulicity in Europe« s pregledom stanja hidrauliciteta u Evropi. U tu su svrhu izabrani vodotoci karakteristični za pojedina oborinska područja Evrope i za te se vodotoke daju protoci u m³/s i u faktoru hidrauliciteta za svaki od 6 mjeseci tog hidrološkog polugodišta, za samo polugodište i za 12 posljednjih mjeseci; zatim je naveden maksimalni i minimalni protok u tom periodu s oznakom odnosnog datuma. U posebnoj tablici navedeni su podaci za svih 12 mjeseci »standardnog« hidrauliciteta, pa se mogu kontrolirati faktori hidrauliciteta.

Za naše prilike interesantan je Dunav, za koji se daju podaci kod Hofkirchena (Njemačka), kod Wien-Nussdorfa (Austrija), kod Nagymarosa i Mohacsa (Mađarska) i kod Oršove (Rumunjska). Jugoslavija stavlja na raspolaganje podatke za Savu (kod Sremske Mitrovice) i za Drinu (kod Zvornika). Jadranska obala nije obrađena, iako bi to sigurno bilo interesantno.

Srednji protoci i hidraulicitet rijeke Cetine Tablica 1

			Mjesečni												Polugodišnji		Godišnji
			X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	zimski	ljetni	
32-god. prosjek	Q_{sr}	m³/s	69	180	180	141	132	155	141	131	73	37	22	28	142,8	71,9	107,2
	h	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Hidrol. godina 1961/62.	Q_{sr}	m³/s	74,9	199,3	138,1	110,4	62,9	253,5	273,1	100,0	34,6	22,1	15,9	14,1	140,8	76,1	108,4
	h	%	108,6	110,7	76,7	78,3	47,7	163,5	193,7	76.3	47,4	59,7	72.3	50,4	—	—	—
	$h_{kum.}$	%	108,6	110,1	95,9	91,5	83,9	98,6	111,9	107,7	104,1	102,7	102,2	101,1	98,6	105,9	101,1
Hidrol. godina 1962/63.	Q_{sr}	m³/s	13,7	242,3	195,0	301,5	210,9	144,2							183,8		
	h	%	19,9	134,6	108,1	213.8	159,8	93,0							—	—	—
	$h_{kum.}$	%	19,9	102,1	104,7	131,2	136,8	128,7							128,7		



Sl. 2. Srednji mjesečni protoci Cetine
h hidraulicitet Cetine prema sl. 1
h_{g12} godišnji hidraulicitet za 1961/62. = 101,1 %

Hidraulicitet u elektroprivredi

Podaci o protocima energetski najvažnijih rijeka i o vlažnosti u seriji godina od velike je važnosti za elektroprivredu kao i mnogi drugi statistički podaci. U jednu nam ruku dijagram tekućeg hidrauliciteta zorno ilustrira mnoge karakteristike vodotoka, koje su nam potrebne za iskorištavanje vodnih snaga i za donošenje odluka o veličini izgradnje novih hidroenergetskih objekata. U drugu ruku praćenjem hidrauliciteta iz mjeseca u mjesec moguće je predviđanje toka krivulje protoka u tekućoj godini odnosno moguće je u neku ruku prognoziranje vodnih protoka, što je općenito od neprocjenjive vrijednosti, a pogotovo ako je na tom vodotoku izgrađena akumulacija. Ukratko, u hidraulicitetu je sadržan niz podataka, iz kojih se mogu izvući dragocjeni zaključci.

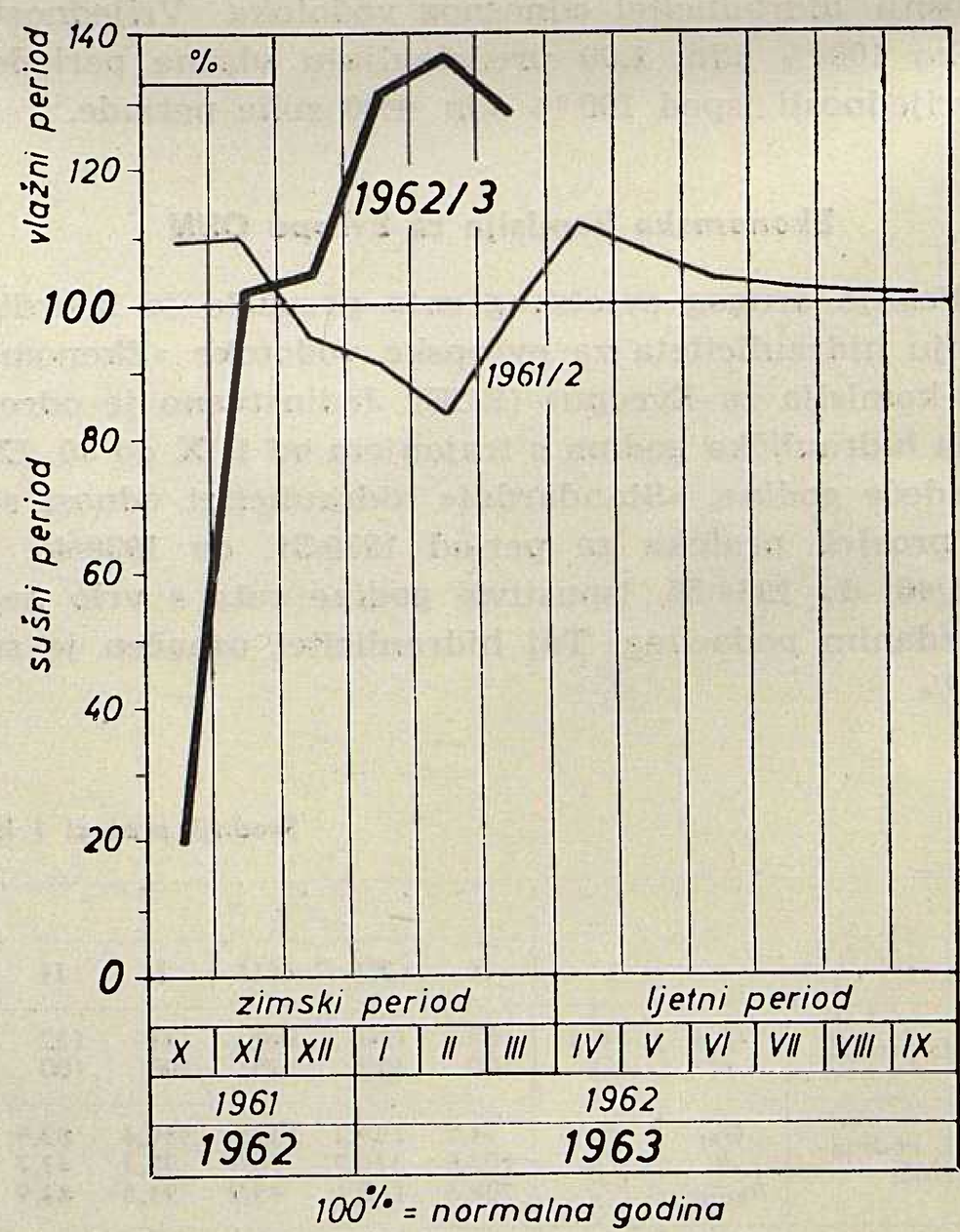
Hidraulicitet Cetine

U operativi naše elektroprivrede do sada se nisu koristili podaci hidrauliciteta ni najvažnijih vodotoka. Bilo je pogonskih razloga, da se elektroprivreda Hrvatske odlučila da prenese ove metode, koje su — kako je naprijed navedeno — dobile i međunarodno priznanje, i na naše prilike. Za početak odabrana je rijeka Cetina kao karakterističan reprezentant jadranskog sliva koji i neposredno utječe na količinu proizvedene električne energije; on je bio praćen i razmatran tokom godine 1962. i u Mjesečnim izvještajima Tehničke službe Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske.

Polazna baza za rad na vodnoj izdašnosti Cetine je »standardni hidraulicitet« utvrđen kao prosjek mjesečnih protoka Cetine za period od 32 godine i prikazan na sl. 1. Tu je označen i srednji polugodišnji hidraulicitet za zimsko i ljetno hidrauličko polugodište, te za cijelu godinu. Ove vrijednosti predstavljaju nul-nivoe, koji se za svaki promatrani period označuju sa 100 %.

Za hidroenergetsku pogonsku službu važni su stvarni protoci rijeke i oni su na Cetini promatrani konstantno, a dnevno unošeni i u pogonski dnevnik dispečerskog centra. Iz ovih su vrijednosti stvarani srednji mjesečni protoci. U tablici 1 prikazani su ti mjesečni protoci za hidrološke godine 1961/62. i 1962/63, u posljednjoj godini samo za do sada protekli zimski period.

Stavljajući te podatke u odnos sa »standardnim hidraulicitetom« prema naprijed navedenoj formuli moguće je utvrditi, koji su mjeseci vlažni ili sušni i koliko — odnosno ustanoviti mjesečne, polugodišnje i godišnje hidraulicitete. U tablici 1 ovi su podaci uneseni za godinu 1961/62. i za zimski period 1962/63. u postocima »standardnog hidrauliciteta«. U sl. 2 isti su podaci prikazani i grafički. Tu se vidi, da protoci Cetine i njezin hidraulicitet vrlo variraju u pojedinim hidrološkim godinama i da je za pogonsku službu neobično važno i odsudno trajno praćenje hidrauliciteta.



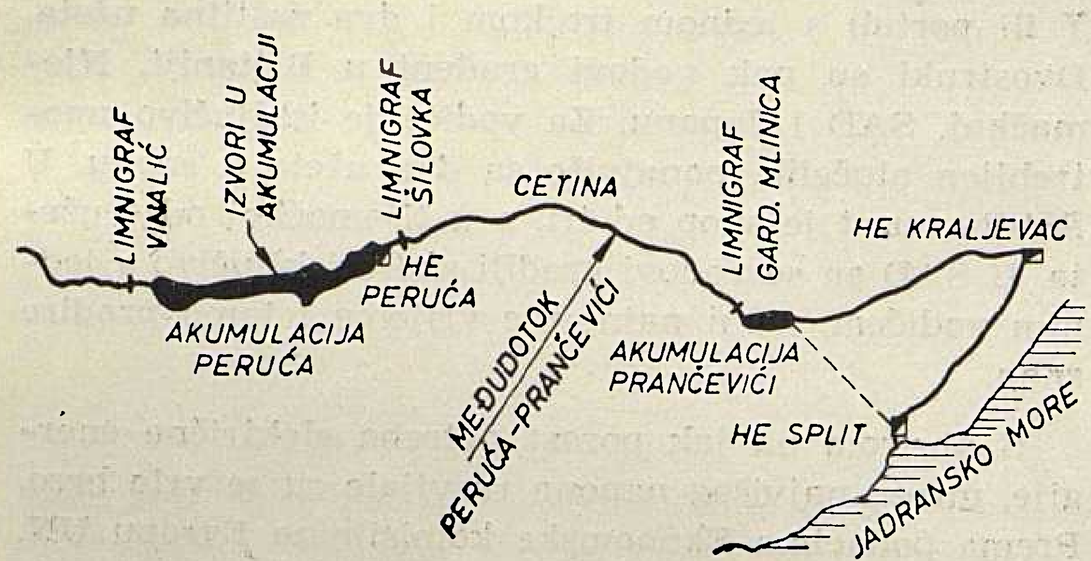
Sl. 3. Kumulativni hidraulicitet Cetine
(od početka hidrološke godine do promatranog mjeseca)

Za planiranje hidroenergetske pogonske službe na dulji rok svakako je interesantan podatak o ukupnom (kumulativnom) hidraulicitetu promatranog vodotoka od početka svake hidrološke godine do određenog perioda. Za Cetinu je u tu svrhu izrađena sl. 3, u kojoj je ukupni hidraulicitet naveden za godine 1961/62. i 1962/63. (zimski period) u postocima »standardnog hidrauliciteta«. Isti su podaci uvršteni i u tablicu 1.

Razmatrajući pojedine mjesece godine 1961/62. vidi se, da je ova godina većim dijelom sušna, a da se godišnji hidraulicitet gotovo poklapa sa standardnim (101,1 %). Godina je upala u prosjek zahvaljujući vrlo vlažnom III i IV mjesecu. U hidrološkoj godini 1962/63. zimski je period izrazito vlažan, a velikim protocima ističu se mjeseci I i II, koji su inače dosta oskudni vodom.

Hidraulicitet Cetine u mjesečnim izvještajima »Energije«

Između podataka o protocima i hidraulicitetu Cetine u ovom članku i u mjesečnim izvještajima štampanima u »Energiji« postoje neke razlike. Da bi se one objasnile, potrebno je nešto kazati o načinu registriranja protoka. Naime, zbog izgradnje akumulacije »Peruća«, što je jasno samo po sebi, nije moguće direktno mjeriti prirodni protok, nego se on dobiva



Sl. 4. Razmještaj mjernih mjesta na Cetini

računom iz ostalih podataka. Na sl. 4 prikazana je situacija Cetine s mjernim mjestima. Na limnigrafu Vinalić dobivamo dotok u akumulaciju »Peruća«, ali to nije ukupni dotok, jer u akumulacionom bazenu postoje izvori. Ovi su izvori obuhvaćeni korespondencijom »Šilovke« s obzirom na »Vinalić« formulama:

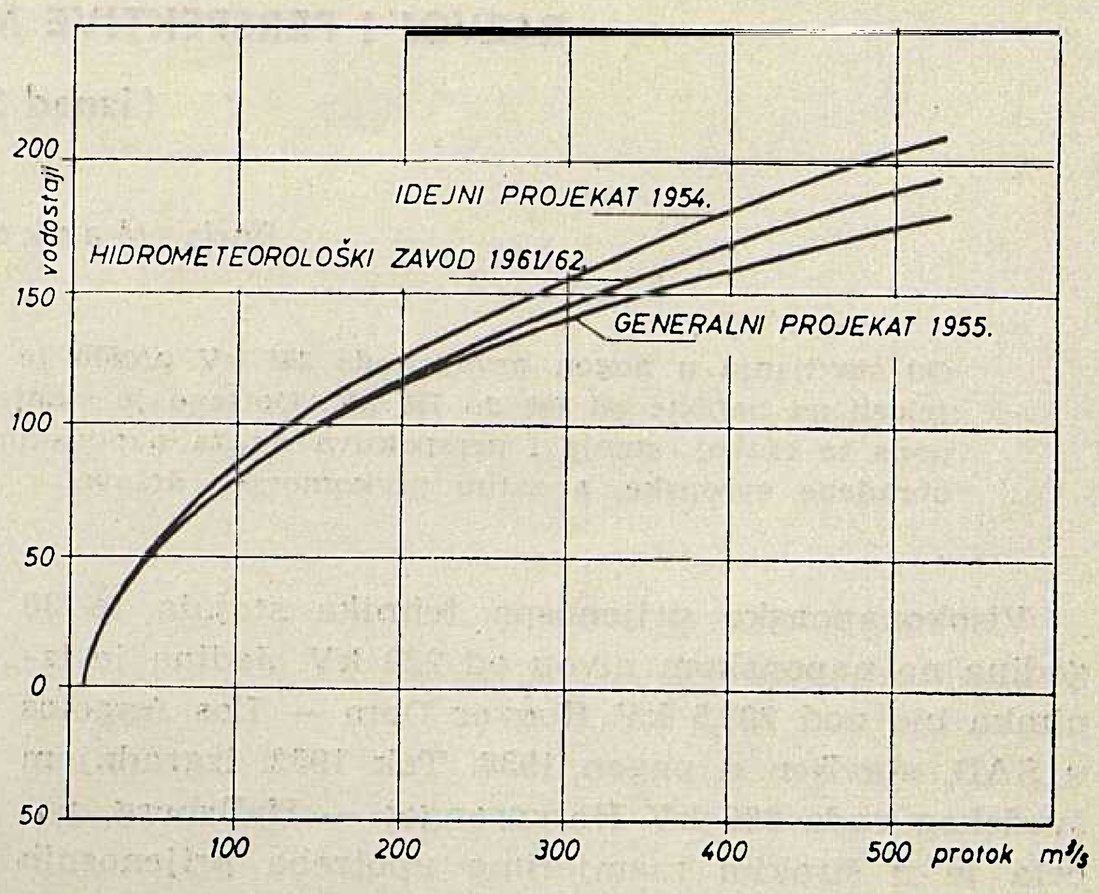
$$Q_Š = 4{,}35\ Q_{VIN} + 2{,}2 \qquad (\text{do } Q_{VIN} = 8{,}5\ m^3/s)$$

odnosno

$$Q_Š = 2{,}13 \cdot Q_{VIN} + 21{,}3 \qquad (\text{od } Q_{VIN} = 8{,}6\ m^3/s)$$

Na ovaj način obuhvaćene su sve količine vode do brane.

Neposredno ispod brane je limnigraf Šilovka, koja mjeri procjeđivanja iz akumulacije i sve ono što se ispusti kroz evakuacione organe ili turbine, dakle količine koje su već izmjerene ili obuhvaćene korespondencijom. Limnigraf Gardunska mlinica mjeri ono, što je izmjerio limnigraf Šilovka i međudotok Peruća-



Sl. 5. Konzumpcione krivulje limnigrafa kod Trilja i Gardunske mlinice

Prančevići. Ako od ove količine oduzmemo količine koje je izmjerio limnigraf Šilovka, dobijemo čisti međudotok; ako pak ovome dodamo količinu Šilovke obzirom na Vinalić, dobijemo prirodni protok Cetine kod Gardunske mlinice.

Izgradnjom akumulacije Prančević napušten je profil Trilj, pa je umjesto ovog u neposrednoj blizini nizvodno uspostavljen novi profil Gardunska mlinica, kao mnogo pouzdaniji. Razlogom spomenutih razlika je činjenica da se zadržala ista konzumpciona krivulja, tj. konzumpciona krivulja profila Trilj za novo uspostavljeni profil Gardunska mlinica. Na sl. 5 se vide razlike između profila Trilj (idejni projekt 1954. god.) i profila Gardunska mlinica, koju je snimio Hidrometeorološki zavod Hrvatske krajem 1961. i početkom 1962. Kod nižih vodostaja razlike nisu nikakove ili su minimalne, dok kod viših vodostaja ove razlike ispadaju osjetne.

Zaključak

S obzirom na iznesene prednosti treba nastaviti obradom hidrauliciteta Cetine kao najvažnijeg reprezentanta jadranskog sliva. Iskustvo pokazuje, da čitavi bazeni imaju istu karakteristiku, a to znači, da ne bi imalo smisla obuhvatiti posebno sve naše rijeke. Međutim, u ovakvim prilikama bilo bi korisno obrađivati ukupno čitav bazen. Pored toga bila bi također od koristi obrada hidrauliciteta i za Gorski Kotar, tj. za vode zahvaćene hidroelektranom »Vinodol«, a možda i za slivno područje Dobre i Mrežnice.

Literatura

1. *Half-yearly Bulletin on Conditions of Hydraulicity in Europe* — Ekonomska komisija za Evropu, Ženeva
2. *Moguća proizvodnja hidroelektrana* — Institut za elektroprivredu, Zagreb
3. *Pogonska hidrologija Cetine* — Elektroprojekt, Zagreb
4. Mjesečni izvještaji za 1961, 1962. i 1963., ZEPH, Zagreb

Naslov pisca: Ing. Nikola Bilčar, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37

RAZVOJ I PERSPEKTIVE MREŽA NAJVIŠIH NAPONA

(iznad 220 kV)

Boris Markovčić, Zagreb

Od stavljanja u pogon prvog voda 380 kV prošlo je tek 10 godina, a već se u svijetu ozbiljno radi na prijelazu na napone od 700 do 750 kV. Opisano je stanje u standardizaciji najviših prijenosnih trofaznih napona te razvoj, stanje i perspektiva mreža naponskih nivoa u pojedinim državama svijeta. Najprije su obrađene evropske, a zatim prekomorske države.

DK 621.311.1

Visokonaponska prijenosna tehnika stajala je 30 godina na naponskom nivou od 220 kV. Jedina je iznimka bio vod 287,5 kV Hoover Dam — Los Angelos u SAD, stavljen u pogon 1937. Tek 1952. izgradnjom švedskog voda 380 kV Harspranget — Hallsberg, počela je u širokim razmjerima upotreba prijenosnih napona iznad 220 kV.

Prije rata izgledalo je da će nekih 400 km biti maksimalna daljina koja će se moći svladati trofaznim prijenosnim sistemom, no u daljnjim se istraživanjima pokazalo, da praktički nema tehničkih granica, već je samo u pitanju ekonomija takvog prijenosa.

Prijelaz na više napone nisu tražile samo velike daljine prijenosa, već također i velike snage. Sovjetski Savez tipičan je primjer zemlje dalekih prijenosa, dok naprotiv zemlje srednje Evrope izgrađuju svoju mrežu najviših napona zbog prijenosa velikih snaga i oskudice prostora za nove trase. Pored toga, međunarodna razmjena električne energije, koja sve više raste, traži također linije velike prijenosne moći.

Izgradnji mreža najvišeg napona prethodila su vrlo obimna istraživanja u ispitnim stanicama. Ona su započela još prije rata. Za vrijeme rata o njima se, iz razumljivih razloga, malo pisalo, no nakon rata mnogo je o tome publicirano, naročito u okviru CIGRE, međunarodne organizacije za velike električne mreže. Rad je intenzivno nastavljen, te su uskoro uslijedila praktička ostvarenja prijenosa na višim naponskim nivoima u pojedinim državama. Ispitne su stanice u pojedinim zemljama imale više-manje isti program ispitivanja i to:

a) ispitivanje gubitaka korone s obzirom na visinu napona, tip, narav i razmještaj vodiča u različitim atmosferskim prilikama;
b) utjecaj vodiča i opreme pod naponom na radio-smetnje. Neke su stanice obuhvatile i mehanička ispitivanja, osobito u pogledu ponašanja snopova vodiča.

Sasvim je jasno, da se ispitivanja nisu mogla samo ograničiti na prijenosne linije i njihovu konstrukciju, već je bilo neophodno razvijati tehniku rasklopnih aparata i transformatora za visoke napone i velike snage.

Pitanju izgradnje i pogona mreža najvišeg napona posvećena je u stručnom svijetu naročita pažnja, pa je u organizaciji CIGRE osnovana posebna sekcija za električne mreže napona iznad 220 kV. Internacionalna pak elektrotehnička komisija IEC također ima u svom okviru posebni komitet za vrlo visoke napone.

U Evropi je kao prvi viši napon iznad 220 kV bio prihvaćen napon nivoa 380 kV do 400 kV, dok je Amerika uzela 330 kV do 345 kV.

Industrijska eksploatacija prijenosnih linija iznad 220 kV počela je u pojedinim državama svijeta kako slijedi:

1937.	SAD	287,5 kV	1957.	Njemačka	380 kV
1952.	Švedska	380 kV	1958.	Francuska	380 kV
1952.	Njemačka	300 kV	1959.	Australija	330 kV
1953.	V. Britanija	275 kV	1959.	Rodezija	330 kV
1953.	Japan	275 kV	1960.	Finska	400 kV
1953.	SAD	330 kV	1960.	Norveška	300 kV
1954.	Kanada	300 kV	1962.	Brazilija	300 kV
1956.	SSSR	400 kV			

Kod gradnje vodova najvišeg napona najviše je primjenjivan raspored vodiča u jednoj ravnini (stup Y ili portal) s jednom trojkom i dva zaštitna užeta. Dvostruki su pak vodovi građeni u Britaniji, Njemačkoj, SAD i Japanu. Za vodiče je isključivo upotrebljen alučelik, ponajviše sa dva užeta u snopu. U SSSR-u uzet je snop od tri, a u Njemačkoj od 4 užeta. U SAD su se vodovi gradili skoro isključivo s jednim vodičem, no u najnovije vrijeme i tamo prodire snop.

S obzirom na jak porast potreba električne energije, mreže najvišeg napona razvijale su se vrlo brzo. Prema podacima Ekonomske komisije za Evropu UN, početkom 1961. bile su u pogonu slijedeće dužine vodova iznad 220 kV:

Finska	760 km	Švedska	3140 km
Francuska	1720 km	V. Britanija	3467 km
Norveška	8 km	SAD	4970 km
Njemačka	598 km		

Treba naglasiti, da su ovdje iznesene samo dužine onih vodova koji su stvarno bili u eksploataciji s naponima iznad 220 kV. Međutim duljina vodova koji su izgrađeni za najviše napone, a privremeno rade pod nižim naponima daleko je veća.

I u mnogim drugim zemljama, gdje još nema vodova najviših napona, čine se planovi za njihovu izgradnju, jer se u porastu potreba električne energije još ne vidi zasićenje. Po svemu izgleda da ni izgradnja nuklearnih elektrana neće učiniti izlišnim vodove visoke prijenosne moći.

Premda nas od stavljanja prvog voda 380 kV u pogon dijeli tek 10 godina, u mnogim industrijski razvijenim zemljama intenzivno se radi na tome, da se izgrade mreže još viših napona. Na tom problemu rade velike elektroindustrije i ispitne stanice prije-

nosnih linija. Prema najnovijim podacima CIGRE, u svijetu rade slijedeće stanice za istraživanje prijenosnih problema vrlo visokih napona:

1. Projekt E.H.V. Pittsfield, SAD;
2. Ispitni uređaj 750 kV, Apple Grove, SAD;
3. Ispitna stanica za prilike u velikim nadmorskim visinama, Leandville, SAD;
4. Ispitna stanica 600 kV Coldwater, Kanada;
5. Centralni ispitni laboratorij, Leatherhead, V. Britanija;
6. Ispitna stanica 400 kV Rheinau, Z. Njemačka;
7. Eksperimentalna linija Göteborg, Švedska
8. Moskovska ispitna stanica, SSSR;
9. Lenjingradska ispitna stanica, SSSR;
10. Ispitna stanica 600 kV Šiobara, Japan.

Pored toga još 5 ispitnih stanica radi samo za istraživanje radiotelevizijskih smetnji.

Danas je u industrijskoj eksploataciji prijeđen napon 400 kV samo u Sovjeskom Savezu, gdje već rade vodovi pod 500 kV.

Na sastanku CIGRE u Parizu 1962, te na zasjedanju IEC u Interlakenu 1961. i Bukureštu 1962. mnogo se raspravljalo o standardizaciji jednog trofaznog napona iznad 500 kV, no između zapadnih država i SSSR-a nije došlo do suglasnosti. Zapadne države predlagale su slijedeću ljestvicu najviših napona:

Nominalni napon mreže kV	Maksimalni napon kV
287,5 — 275	300
345 — 330	362
400 — 380	420
500	525
700	725

Sovjetski Savez, naprotiv, već je standardizirao slijedeće napone:

Nominalni napon mreže kV	Maksimalni napon kV
330	363
500	525
750	787

Razmimoilaženje je postojalo, dakle, samo kod najvišeg napona 700 kV. Elektroindustrije zapadnih zemalja smatrale su, da je 700 kV granični napon za današnju elektrotehniku, te treba još prijeći dugački put istraživanja da se on ostvari u praksi. Konačno je u studenomu 1962. u Parizu došlo do sporazuma. Nominalni napon nije definiran te se može kretati između 700 kV i 750 kV, ali se definira najviši pogonski napon koji iznosi 765 kV.

U daljnjem su izlaganju izneseni podaci o mrežama odnosno vodovima najvišeg napona najprije za evropske, a zatim za vanevropske zemlje. Redoslijed je uzet prema kronološkom redu stavljanja u pogon vodova najvišeg napona. Spomenute su također i one zemlje, koje su izgradile vodove 220 kV za mogućnost prijelaza na više napone, a i neke koje takve vodove planiraju za bližu budućnost.

Švedska

Budući da Švedska ima 85 % svojih vodnih snaga na sjeveru zemlje, koji je slabo naseljen, potrebno je bilo prići konstrukciji vodova vrlo visokog napona, da se omogući prijenos velikih snaga na srednju udaljenost od 700 km do težišta konzuma. U ožujku 1952. stavljen je u pogon prvi vod 380 kV u Švedskoj i u svijetu na potezu Halspranget — Hallsberg dužine 954 km. Prijenosna moć ovog voda povećana je stavljanjem u pogon (1953) prvog serijskog kondenzatora na vodu 380 kV u svijetu.

Studije za ovaj veliki prijenos vršene su u pokusnoj stanici Švedske univerze i firme ASEA u Upsali. Već su 1946. pravljena ispitivanja gubitaka korone do 600 kV.

Porast potreba energije tražio je, da se ispitaju mogućnosti prijenosa sa sjevera na jug, pa su izvedena opsežna analizatorska mjerenja. Pokazalo se, da se pomoću triju linija 400 kV, kompenziranih 40 % serijskim kondenzatorima, može prenijeti 2000 MW, a tome se može još dodati 1000 MW koji se mogu prenijeti postojećim vodovima 220 kV. Vodne snage, pak, koje bi se mogle ekonomično iskoristiti na sjeveru dosižu 8000 MW. Ova je dakle snaga mnogo veća od navedene prijenosne moći vodova 220 kV i 400 kV, pa su vršena ispitivanja, da se odabere najekonomičniji prijenosni napon. Razmatrani su naponi 400 kV, 500 kV i 650 kV. Kod 500 kV ne bi bilo nikakvih novih tehničkih poteškoća. Prijelaz postojećih vodova 400 kV na 500 kV bio bi razmjerno lagan. Izolacija vodova 400 kV ostala bi nepromijenjena, a radiofonske bi se smetnje ugradnjom trećeg vodiča u postojeći snop svele na dopuštenu mjeru. Prijenos naponom 650 kV pokazao se najjeftiniji, ali su prednosti — ako se ne mijenja napon 400 kV — toliko male, da se ne isplati rizik i komplikacije koje povlači za sobom konstrukcija mreže novog naponskog nivoa. Pala je odluka, da se nastavi razvojem mreže 400 kV, ali da se kod novih vodova uzimaju u snopu tri užeta od alučelika presjeka 593 mm² i promjera 31,7 mm, umjesto takova dva, upotrebljavana u početku.

Nastojat će se, da se i postojeći vodovi 400 kV kompletiraju trećim užetom. Budući da bi vodovi mogli raditi sa 500 kV, kako je već prije navedeno, predviđa se mogućnost umetanja štednih transformatora na početku i kraju vrlo opterećenih vodova.

Njemačka

Prva dionica njemačke mreže 380 kV stavljena je u pogon u listopadu 1957. To je dionica dužine 340 km između Kölna (Rommerskirchen) i Stuttgarta (Hoheneck). Treba međutim spomenuti, da je Njemačka već 1952. prešla na napon iznad 220 kV. Da se pojača prijenosna moć glavne arterije jug — sjever prešlo se s vodom 220 kV Braunweiller — Rheinau dužine 255 km, na 300 kV. To je bio naime najviši napon na koji se moglo prijeći bez veće pregradnje spomenutog voda koji je sagrađen 1929. za mogućnost prijelaza na 380 kilovolta.

Za mrežu 380 kV odabran je stup sa dvije trojke u dvije visine (tip Dunav) s jednim zaštitnim užetom. Uzeti su vodiči u snopu sa četiri užeta 240/40 Ač.

Njemačka, zbog svoje guste naseljenosti i prilično jednoliko razdijeljenih elektrana, nema prijenosa na velike daljine, već se radi samo o prijenosima velike

snage. Mreža vrlo visokog napona potrebna je u prvom redu stoga, što je već teško naći trase novih vodova, a treba računati s podvostručenjem snaga elektrana svakih 10 ili 12 godina.

Navedeni porast snage naveo je elektroprivredne stručnjake u Njemačkoj, da studiraju prijelaz na još više napone. U obzir bi došli nominalni naponi 440 kV i 500 kV kojima odgovaraju najviši pogonski naponi 485 i 550 kV. Stalo se na stanovište, da bi se uvođenjem jednoga od viših napona svakako napustio postojeći naponski nivo 380 kV, te bi sva postrojenja trebala prijeći na novi napon. U tom su pravcu bila usmjerena ispitivanja.

Ona su pokazala da ni gubici korone, a ni nivo visokofrekventnih smetnji kod prijelaza na napon 440/485 kV ne bi bili pretjerani na postojećim vodovima 380 kV. Izolacija vodova bi zadovoljila u područjima bez taloženja industrijske prašine, ali ne bi zadovoljila u jakim industrijskim rajonima. Kako treba računati s još jačim taloženjem nečistoće na izolatore, a pogon linija najvišeg napona mora biti vrlo siguran, Nijemci su odustali od prijelaza na viši naponski nivo od 380 kV.

Velika Britanija

Preopterećenje mreže 132 kV na području Engleske i južnog Walesa tražilo je, da se 1950. započne sa studijima o izgradnji supermreže na bazi ukupnog opterećenja od 30.000 MW, koje se očekivalo negdje između 1965. i 1975. Rezultat studija bila je odluka da se izgradi mreža 275 kV. Već početkom 1962. supermreža je imala 2700 km nadzemnih vodova, većinom sa dvije trojke, 46 transformatorskih i rasklopnih stanica ukupne snage 14.000 MVA. Veliki dio nadzemnih vodova izgrađen je za mogućnost prijelaza na 380 kV.

Međutim porast potrošnje toliko je jak da se već 1962/63. očekuje opterećenje koje je bilo planirano za razdoblje 1965—1975. Ta činjenica potakla je opširne studije prijelaza na daljnji viši naponski nivo. Studije su vršene za prilike opterećenja u budućih 15 do 20 godina na bazi opterećenja od 70.000 MW. Predviđeno je, da će biti potrebno prenositi snage 4000 do 8000 MW na daljine 80 do 160 km. Komparacije su vršene za napone 275, 400 i 500 kV te je donesen zaključak, da se usvoji 400 kV, kao daljnja naponska stepenica. Jedan od glavnih razloga za odabiranje ovog napona bila je mogućnost prijelaza izgrađenih vodova na viši napon. Komplikacija prijelaza i nagli porast prijenosnih snaga traže, da se prijelaz provede što prije. Predviđeno je, da se pojačanjem izolacije na postojećim vodovima 275 kV započne već 1962. i da rad traje pet daljnjih godina. Prema planu ušla bi prva dionica 400 kV u pogon 1965. To bi bila linija koja ulazi u centar Londona, a sada je već u gradnji. Glavni su radovi na pregradnji predviđeni u 1966. i 1967. Predviđa se, da će 1970. već biti u pogonu 3860 km vodova i 40 stanica 400 kV. Od novih linija predviđa se oko 1600 km dvostrukih vodova (dvije trojke) nove konstrukcije, s vodičima od 4 užeta u snopu. Granično termičko opterećenje ovih vodova bilo bi 1800 MVA po trojki. Računa se međutim, da zbog stabilnosti neće glavne linije biti opterećene više od 1200 do 1500 MVA.

Dok se u južnom dijelu države planira već mreža 700 kV, Škotska je tek 1960. izgradila prvu dionicu buduće mreže 235 kV u dužini od 25 km, koja je privremeno stavljena pod 132 kV.

Britanija vrši osnovna visokonaponska ispitivanja u Leatherheadu. U početku (1949) ispitivali su se vodiči za budući sistem 275 kV, a zatim (1957) za 400 kV. Međutim, za potrebe daljnje izgradnje trebat će prijeći na napajanje još višim naponima. Među britanskim elektroprivrednim stručnjacima vlada mišljenje, da će opterećenja za nekih 12 godina biti tolika, da će skok od 275 kV biti premalen. I ovdje, kao i u nekim drugim vrlo napučenim industrijskim zemljama, velike su teškoće kod polaganja novih trasa, pa se smatra jedinim izlazom usvajanje napona 700 kV. U stanici Leatherhead demontiran je 1959. stari uređaj i montiran novi. Izgrađena je monofazna linija sa dva strujna kruga, dužine 740 m. Ispitivanja će biti moguća za vodiče vodova koji će raditi u rasponu napona 500 kV do 800 kV. Glavna će se pažnja posvetiti radiofonskim smetnjama i gubicima energije na snopovima vodiča.

Sovjetski Savez

Mreža najvišeg napona koja se izgrađuje u SSSR-u u prvom će redu prenositi energiju iz istočnih predjela u zapadne. U istočnim naime krajevima ima 92 % zaliha goriva i 84 % mogućih hidroenergetskih izvora (u svemu 87 % energetskih rezervi). Energiju treba prebaciti na Ural, koji je bogat rudama, a siromašan gorivom, i u evropski dio SSSR-a, gdje živi 75 % stanovništva.

Prednosti velike mreže bit će slijedeće:

a) mogućnost izmjene energije između područja različite klime i različite dobe dana;
b) smanjenje rezerve u strojevima;
c) bolje iskorištenje vodnih snaga;
d) mogućnost primjene velikih agregata;
e) mogućnost ekonomske raspodjele opterećenja na elektrane.

Područje Moskve dobit će energiju iz termoelektrana Donjeckog bazena i iz hidroelektrana na Volgi, a pored toga iz Donjeckog će bazena biti opskrbljivane i istočnoevropske zemlje i sjeverni Kavkaz. Iz Kuznjeckog bazena pak prenosit će se energija na južni Ural. Snaga i prijenosne daljine bit će vrlo velike, npr.:

Vod	Dužina km	Prijenosna snaga MW
Kujbišev — Ural	1050	750 — 1000
Kuznjec — Ural	1800	9000 — 12.000
Ob — Moskva	1700	3000 — 5000
Donjec — Moskva	900	15.000
Kazakstan — Sred. Azija	1000	1000
Donjec — Istočne zemlje	1300	1000 — 3000

Smatra se da će dobar dio ovih vodova trebati izgraditi istosmjernim sistemom, koji ima prednosti kod velikih snaga (500 — 1000 MW) i velikih daljina (700 — 900 km). Prve dionice velikog elektrosistema već su izgrađene. U travnju 1956. stavljen je u pogon prvi vod (južni) prijenosa Kujbišev — Moskva dužine 813

km s vodičima u snopu 3 × 480/60 Ač, pod naponom 400 kV. Vod je uveden u stanicu Moskva Sjever, a zatim je produžen za 78 km do stanice Moskva Istok i stavljen u pogon u listopadu 1956. Od prosinca 1956. već rade obje trojke prijenosa Kujbišev — Moskva.

Na temelju iskustava stečenih na linijama 400 kV studirana je mogućnost prijelaza na 500 kV na postojećim uređajima 400 kV, čime se postiže slijedeće:

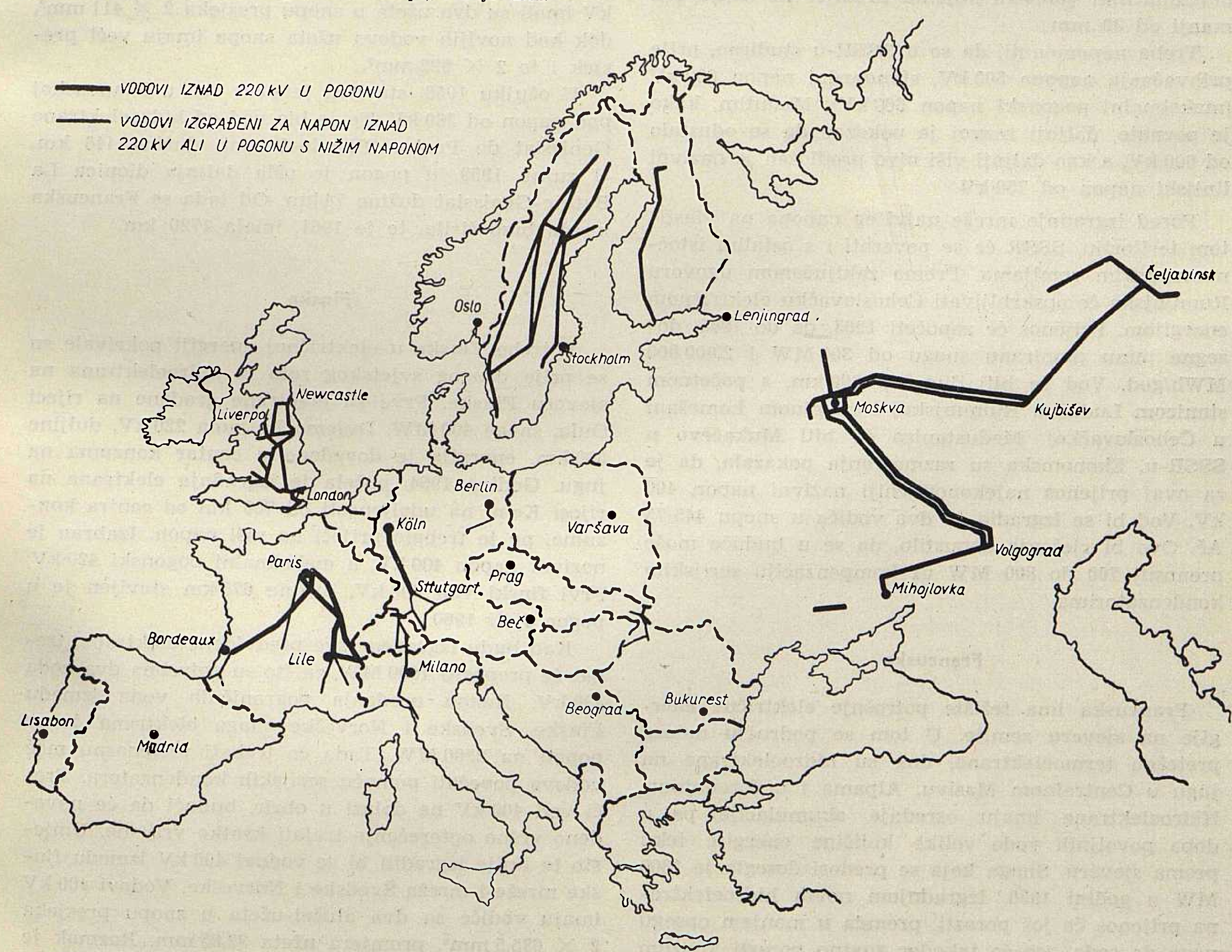
a) Prijenosna se moć povećava za 40 %. Gdje ovo povećavanje nije interesantno, može se uštedjeti na mjerama za postizavanje stabilnosti (sinhronim kompenzatorima, serijskim kondenzatorima i međustanicama).
b) Smanjuju se termički gubici, a povećavaju gubici korone.
c) Troškovi za stanice se nešto povećavaju, ali troškovi linija ostaju praktički isti.
d) Kod prijenosa 650 — 700 MW na 800 do 1000 km, smanjuju se troškovi uređaja 3 do 5 %, a prijenosa energije 4 do 9 %.

Kod prijelaza na 500 kV, uz faktor unutarnjih prenapona od 2,5, izolacija današnjih vodova 400 kV može ostati nepromijenjena. Kod tri vodiča u snopu kao kod 400 kV, nivo gubitaka korone i radio-smetnji ostaje još u dopuštenim granicama. Jedino je nešto veća poteškoća, da se transformatori 400 kV osposobe za rad pod 500 kV. Zbog toga je tada odlučeno, da postojeći vodovi i vodovi koji će ući u pogon do 1958. rade neko vrijeme pod 400 kV, a kod svih novih vodova da se prijeđe na 500 kV. U ožujku 1957. pokusno je ušla u pogon pod 500 kV dionica 78 km između istočne i sjeverne moskovske stanice.

Planom je predviđeno da 1970. bude u pogonu 15.000 km vodova i 60 stanica najvišeg napona u evropskom dijelu SSSR-a. Mreža će se vezati na mrežu azijskog dijela Sovjetskog Saveza.

Prijenos Kujbišev — Moskva pojačan je 1958. ugradnjom serijske kondenzatorske baterije 486 MVAr u međustanici Arzamas. To su tri paralelne baterije od kojih jedna može služiti kao rezerva. Ovime je prijenosna moć dvostrukog voda Kujbišev — Moskva povećana za 350 MW. Daljnja velika dionica mreže najvišeg napona bio je vod Kujbišev — Ural (1050 km) sa tri vodiča 480/60 Ač u snopu, najprije zamišljen kao prijenos za 400 kV, a zatim kao 500 kV. Prve dvije stanice Bugulma i Zlatoust izgrađene su po prvotnom projektu za 400 kV, dok su stanice Sverdlovsk i Čeljabinsk već izgrađene za 500 kV (u pogonu od 1959.)

Sl. 1. Vodovi najvišeg napona u Evropi, stanje 1962.



Slične dužine je također dvostruka linija 500 kV Volgograd — Moskva (1000 km). Taj će vod prenositi 1500 MW. Prva trojka stavljena je u pogon krajem 1959, a druga 1961. U trasi su tri međustanice i to Balašov sa dvije transformatorske grupe 720 MVA, 500/121/38,5 kV, Lipetsk sa dvije grupe 405 MVA, 500/242/38,5 kV i Rjazan također s dvije takve grupe. I ovaj je vod s obzirom na postojeća iskustva izoliran i konstruiran kao vod 400 kV Kujbišev — Moskva. Sva oprema za 500 kV izgrađena je u SSSR-u, osim opreme jedne stanice za koju je materijal dobavljen iz Francuske.

Budući da se napušta napon 400 kV, pokazala se potreba, da se uvede neki međunapon između 220 kV i 500 kV. Studije su pokazale, da je 330 kV takav prikladan nivo (maksimalno 347 kV). U SSSR-u se smatra da bi se do 1965. moglo izgraditi 7000 km vodova 330 kV. Mnogi postojeći vodovi 220 kV mogli bi se pregraditi na 330 kV uz razmjerno male troškove, jer vodiči većinom zadovoljavaju. U stanicama bi se ugradili autotransformatori 330/220 kV. Novi vodovi 330 kV grade se u načelu s dva vodiča u snopu s 240/40 Ač, kao najmanjim presjekom. No izvode se također i s alučel-vodičima presjeka aluminija 2 × 330 mm², 2 × 400 mm², 2 × 480 mm². Ovim presjecima odgovara ekonomsko opterećenje 350 do 500 MW. Studira se međutim također izvedba vodova s pojedinačnim vodičem kojemu promjer ne smije biti manji od 30 mm.

Treba napomenuti, da se u SSSR-u studirao, prije prihvaćanja napona 500 kV, standardni napon 600 kV (maksimalni pogonski napon 660 kV). Međutim, kako je poznato, daljnji razvoj je pokazao da se odustalo od 600 kV, a kao daljnji viši nivo predložen je nazivni linijski napon od 750 kV.

Pored izgradnje mreže najvišeg napona na vlastitom teritoriju, SSSR će se povezati i s ostalim istočnoevropskim zemljama. Prema zaključenom ugovoru Rumunjska će opskrbljivati Čehoslovačku električnom energijom. Prijenos će započeti 1963, da do 1965. dosegne punu planiranu snagu od 300 MW i 2,000.000 MWh/god. Vod će biti dugačak 399 km, s početnom stanicom Luduš u Rumunjskoj i završnom Lomešani u Čehoslovačkoj. Međustanica će biti Mukačevo u SSSR-u. Ekonomska su razmatranja pokazala, da je za ovaj prijenos najekonomičniji nazivni napon 400 kV. Vod bi se izgradio sa dva vodiča u snopu 445/75 Ač. Ovo bi rješenje dopustilo, da se u buduće može prenositi 700 do 800 MW uz kompenzaciju serijskim kondenzatorima.

Francuska

Francuska ima težište potrošnje električne energije na sjeveru zemlje. U tom se području nalaze pretežno termoelektrane, dok su hidroelektrane na jugu u Centralnom Masivu, Alpama i u Pirenejima. Hidroelektrane imaju osrednje akumulacije, pa u doba povoljnih voda velike količine energije teku prema sjeveru. Snaga koja se prenosi dosegla je 1600 MW u godini 1958. Izgradnjom novih hidroelektrana prijenos će još porasti, premda u manjem opsegu nego do sada, jer će također znatno porasti konzum na jugu. S druge će pak strane na povećanje prijenosa djelovati otkriće velikih količina zemnog plina i lignita na jugozapadu Francuske i mogućnost dobave električne energije iz Španije. Pored toga, opći porast proizvodnje i potrošnje traži da mreža najvišeg napona preuzme sve više energije.

Sve su ove činjenice dovele do toga, da je uz postojeću francusku mrežu 225 kV trebalo izgraditi superponiranu mrežu 380 kV, koja će predstavljati novi viši nivo zamkaste mreže za potrebe u zemlji i vezu s inozemstvom.

Prijenos od juga na sjever već je studiran prije rata, te je 1942. započela gradnja voda 380 kV Le Breuil — Chevilly dužine 405 km. Vod je građen za dvije trojke 225 kV s mogućnošću prijelaza na jednu trojku 380 kV. Završen je 1946.

Nekako u isto vrijeme proradila je u mjestu Chevilly eksperimentalna stanica za ispitivanje vodova do međufaznog napona 500 kV. Izgrađen je pokusni raspon od 500 m. Ispitivan je gubitak korone, utjecaj različitog međusobnog položaja vodiča pojedinačnih i u snopu, mehanički efekti kod snopa, gubici u izolaciji te utjecaj korone na radio-smetnje. Da se pak ispita utjecaj nadmorske visine, izgrađena su dva jednaka voda i to jedan u Chevillyju, a drugi u Alpama na visini od 1800 m. Oba su voda radila pod naponom 140 kV, te su uspoređivani gubici korone i radiosmetnje. Prvi vodovi koji su građeni za napon 380 kV imali su dva užeta u snopu presjeka 2 × 411 mm², dok kod novijih vodova užeta snopa imaju veći presjek i to 2 × 592 mm².

U ožujku 1958. stavljen je prvi vod u Francuskoj pod napon od 380 kV. To je bio vod od hidroelektrane Genissiat do Pariza (Plessis-Gassot) dužine 446 km. U rujnu 1959. u pogon je ušla daljnja dionica La Bathie-Genissiat dužine 74 km. Od tada se Francuska mreža brzo širila, te je 1961. imala 1720 km.

Finska

Potrebe Finske u električnoj energiji pokrivale su se prije drugog svjetskog rata iz hidroelektrana na sjeveru Finske. Prve su elektrane građene na rijeci Oula, snage 400 MW. Dvjema linijama 220 kV, duljine 500 km, energija je dovedena u centar konzuma na jugu. Godine 1954. počela je izgradnja elektrana na rijeci Kemi na udaljenosti od 700 km od centra konzuma, pa je trebalo prijeći na viši napon. Izabran je nazivni napon 400 kV, a maksimalni pogonski 420 kV. Prvi finski vod 400 kV, dužine 675 km stavljen je u pogon ljeti 1960.

Kad budu izgrađene sve predviđene elektrane, trebat će prenositi 1600 MW, za što su potrebna dva voda 400 kV. Nakon uređenja pograničnih voda između Finske, Švedske i Norveške snaga elektrana će se popeti na 2200 MW. Tada će trebati prijenosnu moć vodova povećati pomoću serijskih kondenzatora. Treći vod 400 kV ne dolazi u obzir, budući da će navedeno vršno opterećenje trajati kratko vrijeme. Umjesto te linije izgradili bi se vodovi 400 kV između finske mreže i mreža Švedske i Norveške. Vodovi 400 kV imaju vodiče sa dva alučel-užeta u snopu presjeka 2 × 635,5 mm², promjera užeta 32,85 mm. Razmak je

užeta u snopu 45 cm, a srednji razmak faza 11 m. Stupovi su portalni sa zategama (tip koji je i kod nas po tome poznat pod imenom finski stup). Na vrhu stupa su dva zaštitna čelična užeta presjeka 70 mm², koja čine prema vodičima kut zaštite od 27⁰. Gradnja voda 400 kV započela je 1954. na liniji Petäjäskoski — Pikkarala — Alajärvi dužine 380 km, a 1956. ušla je u pogon pod 220 kV.

Norveška

Norveška je vrlo bogata vodnim snagama, ali je prijenos energije težak zbog mnogih fjordova koji presijecaju zemlju. Zbog toga je u Norveškoj vrlo značajna upotreba kabela najvišeg napona. Kabelska mreža od 300 kV položena je oko glavnog grada Osla. Opterećenje grada doseglo je 400 MW u godini 1957. a opskrbljuje se iz hidroelektrana koje su udaljene 40 do 200 km. Prijenos se vršio vodovima 245 kV, do triju transformatorskih stanica na periferiji grada. Napon vodova povišen je na 300 kV (u eksploataciji 280 kV). Stanice su međusobno bile spojene vodovima 30 i 45 kV koji nisu više mogli svladati teret razmjene, pa je trebalo prijeći na jače povezivanje. One su povezane podzemnim kabelima 300 kV, jer se zbog naseljenosti područja nije mogao izgraditi nadzemni vod. Ukupna dužina kabela iznosi 12 km, a stavljena je u eksploataciju u zimi 1956/57, ali pod nižim naponom. Kabel je uljni jednožilni s vodičem od bakra, presjeka 600 mm, vanjskog promjera 96 mm. Prijenosna moć iznosi 630 A pod pogonskim naponom 280 kV, uz temperaturu 15 ⁰C.

Mreža 300 kV oko Osla proširena je 1959. polaganjem podmorskog kabela kroz Oslo-Fjord dužine 2,03 km. Kabel je nastavak 56 km dugog nadzemnog voda kojim treba napajati područje istočno od fjorda iz mreže koja se nalazi zapadno. Odmah su položena 4 jednožilna uljna kabela presjeka 400 mm². Vanjski je promjer kabela 113 mm. Mogućnost opterećenja 700 A. Maksimalna dubina polaganja iznosi 220 m.

Prema podacima Ekonomske komisije UN za Evropu, prvi su vodovi pod 300 kV ušli u pogon u Norveškoj u 1960. Dakle kabeli izgrađeni za 280/300 kV radili su do tada pod 245 kV.

Sada je u gradnji vod 380 kV Hassle — Borvik, koji će povezati Norvešku s južnim švedskim sistemom 380 kV.

Švicarska

Premda mala zemlja, Švicarska je vrlo rano počela izgrađivati svoju mrežu 380 kV. Veliki specifični potrošak električne energije, uske doline i male mogućnosti za više paralelnih vodova, kao i centralni smještaj u Evropi između najjače industrijski razvijenih država govorili su u prilog izgradnje vodova velike prijenosne moći. Već godine 1932. izgrađen je vod preko Gottharda za mogućnost prijelaza na 380 kV. Kao nastavak ovog voda izgrađen je 1959. vod preko Lukmanier prijelaza do Lavorga, također za mogućnost prijelaza na 380 kV. Svi su ovi vodovi međutim bili u pogonu sa 154 kV. Tek 1953. Švicarska prelazi na 220 kV, a to je još i danas najviši prijenosni napon u toj zemlji.

Italija

U Italiji se upravo završava prva velika dionica budućeg voda 380 kV, koji vodi od velike termoelektrane (I etapa 2 × 170 MW) kod La Spezie preko Milana do švicarske granice. Vod je građen na stupovima tipa Y s vodičima u snopu 2 × 585 Ač i 3 × 585 Ač. Na dionici s teškim klimatskim uslovima uzet je pojedinačni šuplji vodič 1108 Ač, promjera 50 mm. Vod će biti provizorno stavljen pod napon 220 kV.

Sjedinjene Američke Države

Nakon završetka rata pokazalo se, da je u SAD neophodno prijeći na napon viši od 132 kV, koji je bio korišten do tada trideset godina. Povišenje napona nisu tražile velike udaljenosti, jer su termoelektrane jednoliko raspoređene, već slijedeći razlozi:

a) izjednačenje između proizvodnih i konzumnih centara;
b) izbjegavanje poteškoća i troškova kod povećanja trasa vodova nižih napona;
c) smanjenje troškova prijenosa.

Da se ustanovi najpovoljniji viši napon i faktori koji su vezani na pogon vrlo visokim naponima, osnovana je 1946. ispitna stanica Tidd (Ohio). Ispitivanja su obuhvatila gubitke korone, radiosmetnje, problem promjera i rasporeda vodiča u klimatskim uvjetima koji nastupaju tokom cijele godine. Rezultat navedenih ispitivanja doveo je do izbora napona 330 kV (maksimalno 345 kV), i vodiča od alučelika promjera 1,6 cola (40,65 mm), presjeka 645 mm².

Američka kompanija American Gas and Electric Company (AGE) stavila je prvi vod 330 kV u pogon u listopadu 1953. Zatim je krajem 1954. slijedio vod istog napona kompanije Ohio Valley Electric Corporation (O.V.E.C.), koji je izgrađen za potrebe opskrbe uređaja atomske komisije u okolini Portsmoutha. Prva iskustva u pogonu ovih linija (do 1956) pokazala su, da su radio-smetnje nešto veće od očekivanih i da su defekti prilično veliki. Odlučeno je, da se na novim vodovima 330 kV uzmu vodiči većeg promjera (1,75 cola), a pogonske smetnje da se uklone upotrebom ultrabrzog ponovnog uključenja. Do početka 1960. u pogonu je već bilo oko 3360 km vodova 330 kV. Vodovi su građeni za dvije trojke, ali je u početku druga trojka montirana samo na opterećenijim linijama. Svi vodovi imaju dva zaštitna užeta. Transformatori 345/138 kV izgrađeni su kao autotransformatori. U izvještaju CIGRE za 1960. navodi se, da se pogon mreže 330 kV pokazao vrlo dobar i siguran i da nema poteškoća s radio-smetnjama.

Daljnji nagli porast potreba električne energije traži još više napone, pa se predviđa da će do 1975. trebati izgraditi mreže napona oko 700 kV. Za proučavanje problema mreže vrlo visokog napona izgradila je grupa od 8 američkih poduzeća pod vodstvom General Electric Company ispitnu stanicu kod Pittsfielda nedaleko velikih visokonaponskih laboratorija GEC (projekt nazvan »Project E. H. V.«). Pokusni vod dužine 7 km izgrađen je na terenu vrlo varijabilne specifične vodljivosti (10 do 1000 oma/m), u prilično oštrim atmosferskim prilikama. Pokusni se napon

može mijenjati od 380 do 750 kV. Početni napon 380 kV uzet je zato, da se mogu uspoređivati rezultati s evropskih mreža 380 kV, a maksimum 750 kV bio bi maksimalni napon koji se kod kvara može očekivati kod nazivnog napona 650 kV. Osnovna su naime ispitivanja bila namijenjena za naponske nivoe 460 i 650 kV. Uz ovaj kratki vod instalirano je 5 kompletnih meteoroloških stanica, budući da se unatoč male duljine mogu očekivati istovremeno različite meteorološke prilike duž voda. Ovi su podaci osobito važni za mjerenja u vezi gubitaka korone. Pokusni je vod na oba kraja priključen na postojeću mrežu 110 kV preko regulacionih transformatora i autotransformatora 40 MVA. Tako uključen u mrežu vod radi pod normalnim uvjetima kao dio mreže prenoseći snagu do 50 MVA. Predviđa se, da će pokusi trajati od 1960. do 1963, a zatim će se prijeći bilo na više izmjenične napone bilo na pokuse istosmjernim prijenosom 2 × 500 kV

Kako u SAD više velikih kompanija proizvodi i prodaje električnu energiju, one za svoje specifične potrebe osnivaju svoje ispitne stanice. Tako je i The Public Company (Colorado) izgradila pokusnu stanicu Leadville, zapadno od Denvera u brdima Rocky Mountains. Stanica ima svrhu da ispituje pojave korone, radio-smetnje i mehaničke probleme vodova. Takva su ispitivanja neophodna, jer će budući vodovi ove kompanije prolaziti na visinama od preko 4000 m, gdje su klimatske prilike vrlo oštre. Do sada je kompanija imala u eksploataciji vodove do maksimalnog napona 115 kV, te je potrebno da uskoro prijeđe na viši napon. Pokusni je vod dug 2,2 km. Stupovi su različite konstrukcije, 8 drvenih i 2 čelična za trofazni vod, za mogućnost pogona do 345 kV. Vod se napaja jednofaznim transformatorom s mogućnošću regulacija napona od 100 kV do 300 kV prema zemlji. Djelomična su ispitivanja počela već krajem 1956, a puna ispitivanja sredinom 1957.

Treća najnovija velika ispitna stanica, koja radi pod, do sada najvišim, naponom od 750 kV, izgrađena je u mjestu Apple Grove u zapadnoj Virginiji, oko 25 milja od Hustingtona, doprinosom više poduzeća od kojih su najvažnija Westinghouse i American Electric Power Service Corporation. Stanica ima tri trofazna ispitna voda dužine 800 m, vezana međusobno u obliku slova T. U sredini je pojni transformator 138/750 kV, pomoću kojega se može staviti pod napon svaka sekcija. Svaki vod ima tri nejednaka raspona. Ispitivat će se korona i radio-smetnje kod napona od 750 kV. Ovo je u stvari nastavak ispitivanja koja su započela u već spomenutoj ispitnoj stanici Tidd, koja je tada radila s ispitnim naponima do 500 kV. Nova je stanica opskrbljena preciznim aparatima za registraciju mjerenja električnih i atmosferskih pojava te računskim strojevima za statističku obradu podataka. Da budu prilike što sličnije pogonskim, predviđeno je grijanje vodiča. Uređaj je stavljen u pogon sredinom 1961, a program rada je predviđen za petogodišnje razdoblje, kako bi se sakupila iskustva za prijenos 750 kV.

Potreba za prelaskom na više napone pokazala se također i na području američke kompanije Pennsylvania Electric Co, pa je u prosincu 1959. počela s gradnjom voda 460 kV. Vod je dug 21 km, a radit će paralelno s postojećim vodom 115 kV koji spaja dvije elektrane. Trasa je tako odabrana, da prijelazom preko planina ulazi u područje teških klimatskih prilika. Zbog ispitivanja korone vod je podijeljen u 4 dijela. Tri dijela imaju vodiče od dva Ač užeta u snopu, s različitim promjerima (44,4 mm, 40,7 mm i 35,6 mm), a četvrti pak dio ima pojedinačni Ač vodič 58,9 mm. Na krajevima voda ugrađeni su štedni transformatori i to s jedne strane trofazni transformator 50 MVA, a s druge strane dva jednofazna 20 MVA. Ako se vod pokaže dobar u pogonu kako je predviđeno, postat će dio buduće superponirane mreže spomenute kompanije.

Prema najnovijim vijestima, kompanija Bennevillе Power Administration (Oregon), koja opskrbljuje električnom energijom površinu od 570.000 km² planira pokusnu liniju dužine 8 km za napon 1100 kV.

Kao što se vidi, premda su mreže u SAD dugo radile pod razmjerno niskim naponima, u najnovije su vrijeme ispitivanja u području vrlo visokih napona naročito intenzivna.

Kanada

Kao i u Sjedinjenim Državama tako i u Kanadi, električnu energiju proizvodi i distribuira više velikih kompanija. Najveće su one u provincijama Columbia, na krajnjem zapadu i Ontario i Quebec na istoku.

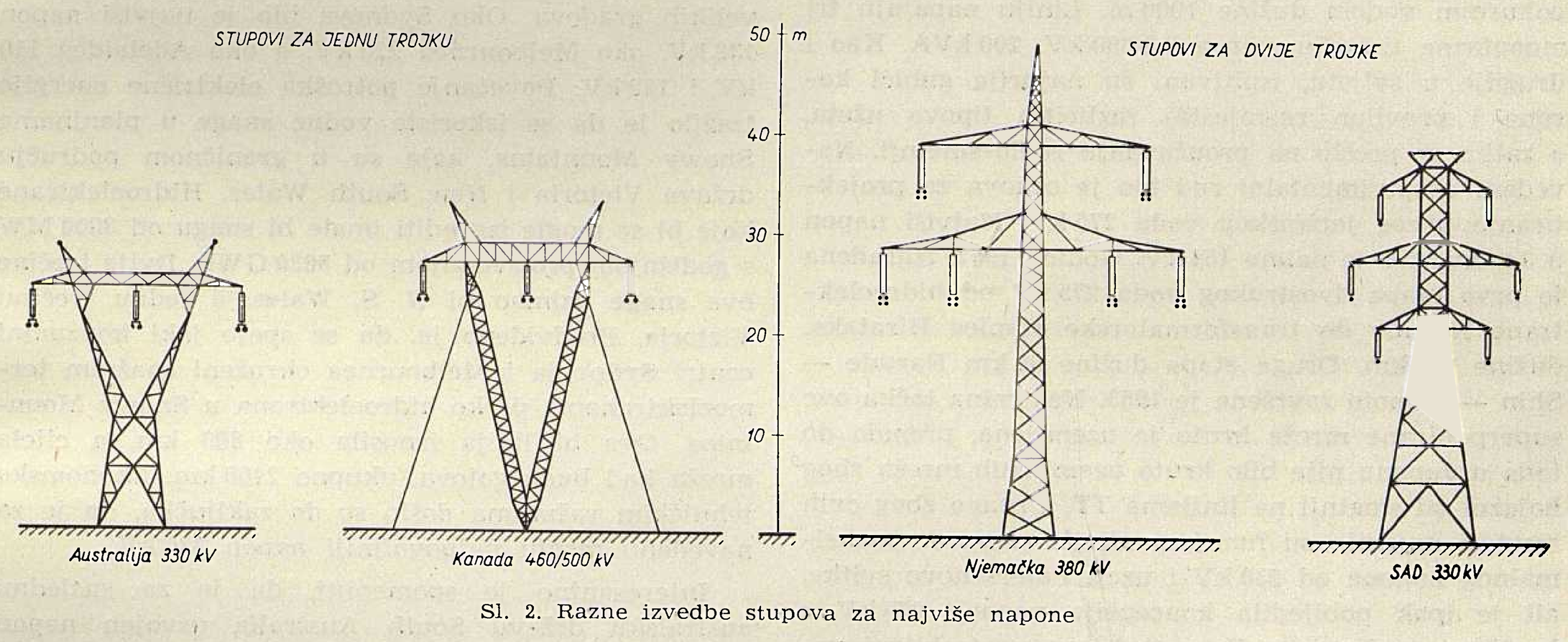
Godine 1952. izgrađen je prvi vod 345 kV u Kanadi, u području Vancouvera (Columbia), ali je privremeno stavljen pod napon 220 kV. Međutim pogonski napon iznad 220 kV, upotrebljen je prvi puta 1954. na prijenosnom dvostrukom vodu, dužine 80 km, između hidroelektrane Kenano (konačno instalirana snaga 16 × 106 MVA) i tvornice aluminija Kitimat, a iznosio je 300 kV. U konačnoj su izgradnji predviđena dva voda po dvije trojke. Vod je izgrađen kao dvostruki na cijeloj dužini, osim dionice duge 17 km koja prelazi vrlo teškim gorskim terenom s vrlo surovom klimom. Na dijelu s dvije trojke uzet je aluminijski vodič 805 mm², dok je u planinskoj dionici ugrađen također aluminijski vodič, ali presjeka 1707 mm², promjera 58,3 mm. Zaštitna su užeta ugrađena samo uz krajnje stanice. Ovaj prijenosni sistem nije vezan na javnu mrežu najvišeg napona.

Quebec Hydro-Electric Comission počela je 1953. graditi mrežu 300 kV. Povezane su hidroelektrane Bersinis I (880 MW) i Bersinis II (590 MW) s gradovima Quebec i Montreal. Prva dionica dvostrukog voda Labrieville — Quebec, dužine 740 km, ušla je u pogon 1956, a 1959. već je mreža imala dužinu od 1600 km.

Ontario Hydro ima prijenosnu mrežu 110 i 230 kV, ali već u bližoj budućnosti ovi naponi neće zadovoljiti. Potrebno će biti da se iskorišćuju vodne snage udaljene od konzuma, na sjeveru provincije. U tom se području može ekonomično iskoristiti do 2000 MW. U prvoj bi se etapi izgradile četiri elektrane ukupne snage 570 MW. Energija elektrana dovela bi se do sabirne točke Pinard vodovima 230 kV, a zatim bi se prijenos vršio odgovarajućim vrlo visokim naponom do Sudburyja (270 km) i dalje do Toronta (350 km). Da

se utvrdi najekonomičniji prijenosni napon, rađene su opsežne studije i uspoređivani prijenosi s naponima 345 kV, 400 kV i 460 kV. Istraživanja su pokazala da je 460 kV (maksimum 483 kV) najpogodniji napon u danim prilikama, s mogućnošću kasnijeg prijelaza na 500 kV (maksimum 525 kV). Prema planu izgradnje prva bi dionica od 270 km bila izgrađena za 460/500 kV, ali bi 1963. ušla u pogon sa 230 kV, a zatim bi se 1965. prešlo na 460 kV.

Da se mogu dobiti potrebni podaci o gubicima korone, radiofonskim smetnjama i konstrukciji voda izgrađena je ispitna stanica Coldwater s pokusnim trofaznim vodom dužine dva puta po 800 m. Stanica se napaja transformatorima 3 MVA s mogućnošću regulacije gornjeg napona 205 do 600 kV. Na temelju ispitivanja u ovoj stanici, za liniju Pinard — Sudbury usvojeni su vodiči u snopu sa četiri alučelna užeta presjeka 295,5 mm², na razmaku 45,7 cm. S obzirom na težak teren pun rupa i močvara odabran je željezni rešetkasti stup tipa V sa zategama. Taj stup naime treba samo jedan temelj opterećen na tlak, što jako pojednostavnjuje gradnju u lošem terenu.



Sl. 2. Razne izvedbe stupova za najviše napone

Brazil

Ljeti 1962. stavljen je u pogon u Brazilu — a ujedno i u cijeloj Latinskoj Americi — prvi vod napona iznad 220 kV.

U velikoj hidroelektrani Tres Marias, konačne snage 520 MW, proradila su prva dva agregata. Elektrana je spojena vodom 300 kV, dužine 280 km, s glavnim gradovima savezne države Minas Gerais, Belo Horizonte. Ekonomski su računi pokazali da je 300 kV za sada najekonomičniji prijenosni napon za dane uvjete, ali vod je izgrađen tako, da je moguć prijelaz na 345 kV. Na taj će napon naime trebati prijeći kad se izgrade i ostale hidroelektrane ovog područja.

Argentina

Glavni grad Argentine, Buenos Aires dobio je 1957. priključak termoelektrane San Nicolas (300 MW) pomoću dvostrukog voda 132 kV dužine 205 km. Ovaj je vod građen tako, da je moguća pregradnja na vod 380 kV s jednom trojkom i vodičima u snopu sa dva užeta Ač 564/72 mm². Vod je prva dionica buduće mreže 380 kV kojom će se prenositi hidroenergija s istočnog dijela Anda prema području glavnoga grada. Dvije su glavne grupe hidroelektrana, koje treba povezati s Buenos Airesom. To su hidroelektrane Rios Mendocinos 750 MW, Rios Mendocinos Sud 700 MW, Rio San Juan 500 MW i grupa hidroelektrana Chocan ukupne snage 2350 MW. Plan izgradnje argentinske mreže najvišeg napona predviđen je za razdoblje od 20 godina (1955 — 1975).

Rodezija

Rodezija je poznata zbog svojih bogatih rudnika bakra. Rudnici troše velike količine električne energije koju su dobavljale rodezijske termoelektrane i elektrane u Katangi preko vodova 220 kV. Prilike su se međutim promijenile ulaskom u pogon prvog dijela prve etape (200 MW) velike hidroelektrane Kariba na rijeci Zambezi, krajem 1959. Elektrana će u punoj izgradnji imati snagu 1200 MW, sa srednjom godišnjom proizvodnjom 8200 GWh. Paralelno s izgradnjom elektrane izgrađuje se mreža 330 kV. U prvoj je etapi puštena u pogon dionica dužine 430 km od hidroelektrane do mjesta Kittwe, gdje je centar rudnika bakra. Tu će biti povezan sistem 330 kV Rodezije sa sistemom 220 kV Katange. Do 1965. imala bi se izgraditi mreža dužine oko 1100 km. Vod za Kittwe je jednostruk na pocinčanim čeličnim stupovima, oblika Y, sa rasponima oko 450 m. Vodiči su u snopu sa dva užeta Ač, bakrenog ekvivalenta 226 mm², promjera 27 mm. Izolacija je izvedena staklenim izolatorima za napon koji bi normalno odgovarao 380 kV, budući da veliki dio voda prolazi nadmorskom visinom od 1500 m.

UAR — Egipat

Daleko najvažnije konzumno područje Egipta nalazi se na sjeveru zemlje oko delte Nila i Sredozemnog mora. Potrebe električne energije pokrivaju termoelektrane u blizini konzuma, te vrlo visoki naponi nisu bili potrebni.

Izgradnjom hidroelektrane kod stare asuanske brane (2700 GWh/god) potrebno će biti prenijeti izvjesne snage prema sjeveru uz Nil. Te količine međutim neće biti velike, jer će glavni dio proizvodnje apsorbirati tvornica gnojiva u blizini Asuana, pa će napon 132 kV biti dovoljan. Kad se pak izgradi hidroelektrana uz novu asuansku branu (10.000 GWh godišnje), bit će potrebno izgraditi dva voda najvišeg napona od Asuana do Kaira na dužini od 900 km. Najprije se prema preporuci EDF-a planirao vod napona 400 kV, a sada je prema sovjetskim preporukama odabran napon 500 kV. Predviđa se, da će se velika hidroelektrana stavljati u pogon etapno, od 1967. do 1970.

Japan

U Japanu je za potrebe mreže najvišeg napona izgrađena pokusna stanica Tanashi blizu Tokija, s pokusnim vodom dužine 1000 m. Liniju napajaju tri monofazna transformatora 3,3/300 kV, 200 kVA. Kao i drugdje u svijetu, ispitivani su najprije gubici korone i pravilan razmještaj različitih tipova užeta, a zatim se prešlo na proučavanje radio-smetnji. Navedeni eksperimentalni rad bio je osnova za projektiranje prvog japanskog voda 275 kV. Najviši napon u Japanu bio je naime 154 kV. Godine 1952. izgrađena je prva etapa dvostrukog voda 275 kV od hidroelektrane Narude do transformatorske stanice Hirataka, dužine 230 km. Druga etapa dužine 90 km Narude — Shin — Aimoto završena je 1953. Neutralna tačka ove superponirane mreže kruto je uzemljena, premda do tada u Japanu nije bilo kruto uzemljenih mreža zbog bojazni od smetnji na linijama TT. Upravo zbog ovih smetnji najprije su namjeravali ići samo do maksimalnog napona od 230 kV i uzeti Petersenove svitke, ali je ipak pobijedila koncepcija napona 275 kV s krutim uzemljenjem. Za vodove su upotrebljeni vodiči 520 mm² Ač, promjera 31,5 mm, 410 mm² Ač, promjera 28,5 mm i šuplji bakreni vodič 250 mm², promjera 28 mm. Vodiči novijih vodova su od alučela presjeka 610 mm², promjera 34,2 mm. Vodovi imaju dva zaštitna užeta (90 mm²), a tamo gdje postoji opasnost smetnje na linijama TT uzeta su zaštitna užeta od kombiniranog bakra i čelika.

Kako u Japanu ima nekoliko kompanija koje se bave proizvodnjom i distribucijom električne energije, izgradila je kompanija Tokyo Electric Power Co neovisno o spomenutim vodovima, mrežu 275 kV za opskrbu širokog područja Tokija. Budući da je vršno opterećenje tog područja poraslo od 1950. do 1960. od 1500 MW na 4750 MW, postojeća mreža 154 kV nije više mogla zadovoljiti. Zbog toga je povezano nekoliko elektrana i izgrađen je prsten 275 kV oko Tokija, koji je završen 1960. Vodovi su sa dvije trojke na čeličnim stupovima sa dva zaštitna užeta na vrhu. Vodiči su od alučela sa dva užeta u snopu presjeka 240 mm² i 330 mm². Zaštitna su užeta skoro na svim dionicama od alučela 90 mm² i 120 mm², a samo na manjim dionicama uzet je bakar-čelik i čelik. Kut zaštite vodiča iznosi 18°. Dio trase koji je uz more, ugrožen je od zasoljavanja naročito u doba tajfuna.

Za povećanje potreba električne energije u području Tokio — Yokohama, koje bi se po procjeni trebale povećati za 3 puta do 1970, planira se drugi prsten napona 440 kV. Vodovi bi imali vodiče sa 4 užeta Ač 410 mm² u snopu. Prva bi se dionica Kita — Tokio (81 km) stavila u pogon već 1963, ali pod naponom 275 kV. Prijelaz na 440 kV predviđa se negdje oko godine 1968. Ovim će se vodom prenositi energija iz hidroelektrana (u planu izgradnja 1940 MW), te bi se nadopunjavala energija iz termoelektrana samog područja. Iza 1970. predviđa se izgradnja i trećeg prstena, no treba svladati više tehničkih poteškoća.

Australija

Australija je najnapučenija u južnom i jugoistočnom obalnom pojasu. Potreba za električnom energijom vrlo je velika (1955. potrošnja je iznosila 1930 kWh/stan). Do 1959. nije u Australiji bilo velikih mreža najvišeg napona, budući da su elektrane bile blizu velikih gradova. Oko Sydneya bio je najviši napon 132 kV, oko Melbournea 220 kV, a oko Adelaidea 110 kV i 132 kV. Povećanje potroška električne energije tražilo je da se iskoriste vodne snage u planinama Snowy Mountains, koje su u graničnom području država Victoria i New South Wales. Hidroelektrane koje bi se mogle izgraditi imale bi snagu od 3000 MW s godišnjom proizvodnjom od 5830 GWh. Dvije trećine ove snage uzimao bi N. S. Wales, a jednu trećinu Victoria. Predviđeno je, da se spoje jaki konzumni centri Sydneyja i Melbournea okruženi snažnim termoelektranama preko hidroelektrana u Snowy Mountains. Ova bi linija iznosila oko 800 km, a cijela mreža kad bude gotova, ukupno 2400 km. Ekonomsko tehničkim računima došlo se do zaključka, da je za navedenu mrežu najpovoljniji napon 330 kV.

Interesantno je spomenuti, da je za susjednu australsku državu South Australia usvojen napon 275 kV, kao najpovoljniji. Kod toga je naglašeno, da je to vrlo prikladan napon i stoga, što je primijenjen u britanskom »supergridu« i u Japanu.

Za vodove 330 kV odabrani su jednostruki stupovi zbog bolje mogućnosti razvoja mreže i veće sigurnosti pogona. Vodiči imaju dva alučelna užeta u snopu. Prva etapa ovog projekta realizirana je 1959. kad je stavljen u pogon vod 330 kV od stanice 330/132 kV Yass (N. S. Wales) do hidroelektrane Upper Tumut, a zatim do stanice Dederang 330/220 kV u državi Victoria, ukupne dužine oko 295 km. Osim toga je stavljeno u pogon do 1959. oko 400 km vodova građenih za 330 kV, ali u pogonu privremeno pod 132 kV ili 220 kV. Najviša nadmorska visina do koje siže trasa vodova je 1600 m, pa je trebalo računati s jakim zaleđivanjem.

*

Razvoj visokonaponskih mreža najvišeg napona u punom je dakle zamahu na svim kontinentima. Tempo povećanja potreba električne energije toliko je brz, da sigurno tehnika prijenosa neće stajati na najvišem naponskom nivou od 400 do 500 kV 30 godina kao što je to bilo kod naponskog nivoa 220 kV.

Naslov pisca: Ing. Boris Markovčić, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37

ENERGETSKI POTENCIJAL SVIJETA

Daniel Feöcze, Zagreb

Za ocjenu mogućnosti optimalnog pokrića budućih potreba za energijom u svijetu i za perspektivni razvoj energetske privrede potrebne su što realnije inventure energetskih rezervi. Poznavanje ovih rezervi važno je naročito danas, kad dostignuća nauke i tehnike sve brže i neposrednije prodiru u privredu — što neki ocjenjuju kao drugu industrijsku revoluciju — i kad porast potrošnje energije još više potenciraju zemlje u razvoju. U članku je prikazana struktura energetskog potencijala svijeta prema procjenama WPC za 1962. s rokovima trajanja zaliha, količinom proizvodnje i komentarom za pojedine nosioce energije.

DK 620.9 (100)

1. Uvod

Potrošnja energije u svijetu sve više raste pa se i rezerve fosilnih goriva (ugljen, nafta, zemni plin i drugi do sada neznatno iskorištavani ostaci izumrlog životinjskog i biljnog svijeta geološke prošlosti) sve više smanjuju, jer se u prirodi ne regeneriraju kao ostali nosioci energije (vodne snage, drvo, vegetacioni otpaci, snaga vjetra, plima-oseka, sunčeva energija, geotermija).

Osnova energetike su još uvijek fosilna goriva. To najbolje ilustriraju podaci OUN[1] o strukturi svjetske potrošnje energije proteklih decenija.

Struktura potrošnje energije u svijetu od 1860 — 1953. po nosiocima energije, u %

Tablica 1

Godina	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Nafta	Zemni plin	Hidro-energija
1860.	98,0	1,4	—	—	0,6
1870.	97,2	1,8	0,5	—	0,5
1880.	95,6	2,2	1,6	—	0,6
1890.	93,5	2,4	2,7	1,0	0,4
1900.	92,0	2,9	3,5	1,2	0,4
1910.	90,0	2,9	5,1	1,7	0,3
1920.	84,5	3,5	9,1	2,3	0,6
1930.	74,5	3,8	16,2	4,4	1,1
1940.	69,0	5,0	19,3	5,5	1,2
1950.	56,7	4,4	27,1	10,2	1,6
1953.	51,3	4,8	30,1	12,0	1,8

Gornji podaci i oni pod [2] pokazuju da se živo mijenja, naročito zadnjih godina, samo struktura potrošnje fosilnih goriva, ali da ona još uvijek sudjeluju s 98 % u ukupnoj svjetskoj potrošnji energije. Struktura potrošnje primarne energije pojedinih zemalja zavisi od strukture njihovog energetskog potencijala. Zemlje s bogatim, ekonomski iskoristivim, hidroenergetskim potencijalom imaju veći udio hidroenergije u ukupno potrošenoj energiji. Međutim i kod njih su fosilna goriva još uvijek odlučni energetski faktor što pokazuju podaci OEEC[3] o strukturi potrošnje energije 5 industrijski razvijenih zemalja Evrope s različitim energetskim potencijalom[4].

Struktura potrošnje primarne energije u 1954. u %

Tablica 2

Nosioci energije	Velika Britan.	Zap. Njem.	Francuska	Švedska	Švicarska
Kruta goriva	86	88	68	24	26
Tekuća i plinovita goriva	13	9	22	40	23
Fosilna goriva	99	97	90	64	49
Hidroenergija	1	3	10	36	51

Stalni i sve veći porast potrošnje energije uvjetovan općim ekonomskim rastom i sve veće smanjivanje rezervi osnovnih energetskih faktora koji se ne regeneriraju izazvali su zabrinutost energetičara u svijetu. U godinama iza drugog svjetskog rata mislilo se da su rezerve fosilnih goriva, s obzirom na stalni porast potrošnje energije, dosta ograničene i predvidivo već na izmaku. Govorilo se i o predstojećoj energetskoj krizi te o prvim poteškoćama koje će u vezi održanja postojećeg tempa općeg napretka nastupiti već 1975. ako se do tada ne bi pronašli novi izvori jeftine energije, čija cijena ne bi smjela biti viša od dvostruke današnje cijene[5].

Prema jednoj ranijoj inventuri energetskih rezervi fosilnih goriva, urana i torija u svijetu, udio fosilnih goriva iznosio je 4,4 % ili 27,34 milijuna TWh[6] (od toga 4 % krutih i samo 0,4 % tekućih i plinovitih goriva), dok je udio atomske energije iznosio 95,6 % ili 593 milijuna TWh (od toga 92 % urana i 3.6 % torija).

U godinama iza rata ulagana su znatna sredstva u istražne i pripremne radove oko primjene atomske energije u privredne svrhe. Godine 1945. se mislilo da će električna energija atomskih elektrana biti već 1957. jeftinija od električne energije termoelektrana na ugljen. Međutim, ova se predviđanja nisu ostvarila. Nuklearna tehnika se nije razvijala predviđenim

---

[1] Contribution of Nuclear Energy to Future World Power Needs (Ovdje nije uzeto gorivo biljnih otpadaka čija energija iznosi oko 5 milijuna MWh, što je preko 10 % od ukupne energije.)

[2] Na temelju podataka Statističkog godišnjaka Ujedinjenih nacija za 1961. (UN. Statistical Yearbook 1961.) struktura potrošnje energije razvijala se dalje ovako:

Nosioci energije	1959. Milijuna tona ugljenog ekvivalenta 7,0 Mcal/tona	1959. %	1960. Milijuna tona ugljenog ekvivalenta 7,0 Mcal/tona	1960. %
Kruta goriva	2.074	52,7	2.213	52,3
Tekuća goriva	1.218	31,0	1.318	31,1
Plin	566	14,3	618	14,6
Hidroenergija	79	2,0	86	2,0

[3] Growing Needs

[4] Hidroenergija obračunana je pri tome s energijom goriva potrebnog da se proizvede ista količina električne energije.

[5] Putman: Energy in the Future. Ed. Van Nostrand, New York 1955. (Prema: Ing. M. Leskovar: Perspektivni razvoj proizvodne cijene. Energija, Zagreb 1958, br. 1–2.)

[6] Pretvorbeni koeficijenti OUN:

1 kg kamenog ugljena = 8,0 kWh
1 kg mrkog ugljena = 2,5 kWh
1 m³ zemnog plina = 10,6 kWh
1 kg nafte = 12,6 kWh

tempom. Nasuprot tome, proizvodnost termoelektrana na ugljen znatno je porasla. Stupanj toplinskog iskorištenja termoelektrana toliko je povećan da se količinom ugljena utrošenom 1930. proizvodi danas 40 % više električne energije. Proizvodnost termoelektrana još će se više povećati kad u pogon uđu magnetohidrodinamički generatori na čijem usavršavanju rade SAD, SSSR, Francuska i Njemačka.

Zahvaljujući daljnjim intenzivnim istraživanjima energetskih rezervi svijeta ustanovljeno je da su rezerve fosilnih goriva mnogo veće nego što se prije mislilo, pa su i vremenski planovi izgradnje atomskih elektrana (Velike Britanije, EURATOM[7]) nešto usporeni. Na temelju postojećih iskustava i današnjih rezultata istražnih radova na području nuklearne tehnike predviđa se (IAEO[8] i EURATOM) da će električna energija iz atomskih elektrana biti konkurentna u temeljnom opterećenju tek 1975.

Slične prognoze daju i SAD koje raspolažu s gotovo 50 % svjetskih zaliha kvalitetnog ugljena s najekonomičnijom ekstrakcijom. U SAD se predviđa da će konkurencija između atomskih elektrana i termoelektrana s konvencionalnim gorivom nastupiti u razdoblju između 1975. i 1980. U toku ovog decenija predviđa se spori porast udjela atomske energije u strukturi proizvodnje električne energije. Tako se za proizvodnju električne energije u 1963. predviđa ova struktura primarne energije: hidroenergija 15,6 %, ugljen 61,6%, nafta odnosno njezini derivati 5,6 %, zemni plin 16 % i atomska energija 1,2 %. Udio atomske energije neće se znatno povećati ni u prekretnoj 1975. godini. Električna energija će se 1975. proizvoditi predvidivo s 11,1 % iz hidroenergije, 67,2 % iz ugljena, 5,8 % iz nafte, 12,5 % iz zemnog plina i samo 3,4 % iz atomske energije. Dakle, fosilna goriva, a naročito ugljen, još će uvijek dominirati. Poznato je da SAD izgrađuju već sada atomske elektrane velike snage (u planu je skora izgradnja atomske elektrane od 800 MW kod Hanforda, Washington[9]), pa se predviđa da će preuzeti vodeću ulogu u elektroenergetici SAD tek koncem ovog stoljeća. Ugljen će međutim i u toj situaciji održati svoju poziciju važnog energetskog faktora — naročito u elektroprivredi — iako će potrošnja ugljena rasti sasvim polagano, a možda čak i opadati. Elektroprivreda SAD troši danas 20 % ukupne proizvodnje energetskih goriva, uglavnom ugljena. U 1975. ovaj potrošak će porasti predvidivo na 24 %, a u 2000. godini čak na 40 %, što znači, da će elektrane trošiti 2/5 ukupne proizvodnje energetskih goriva SAD. U godini 1960. elektrane su utrošile 45 % proizvodnje ugljena u zemlji a u 1975. će predvidivo utrošiti čak 63 %.

Za perspektivni razvoj energetike i za ocjenu mogućnosti optimalnog pokrića budućih potreba za energijom u svijetu nužne su što realnije inventure energetskih rezervi. Poznavanje energetskih rezervi važno je naročito danas kad dostignuća nauke i tehnike[10] mnogo brže i neposrednije prodiru u privredu — što neki ocjenjuju kao drugu industrijsku revoluciju — i kad porast potrošnje energije još više potenciraju zemlje u razvoju.

2. Najnovija inventura energetskih rezervi svijeta

Povodom Svjetske energetske konferencije (WPC) održane u Melbourneu oktobra 1962. izdana je publikacija o energetskim rezervama u svijetu pod nazivom: »World Power Conference, Survey of Energy Resources, 1962«.

Ova publikacija sadrži slijedeće podatke:

- površinu i broj stanovnika raznih područja svijeta;
- energetske rezerve krutih, tekućih i plinovitih nosilaca primarne energije i vodne snage;
- rezerve uranijevog i torijevog oksida za dobivanje atomske energije.

Gornje podatke prijavljuju Nacionalni komiteti WPC pojedinih zemalja.

Manjkaju podaci o energiji drva, geotermiji, sunčevoj energiji, energiji plime i oseke, vjetra, vegetacionih otpadaka i asfaltnog pijeska[11]. Ovi podaci manjkaju bilo zbog nejednakog iskazivanja i ocjene energetskih rezervi od strane pojedinih nacionalnih komiteta WPC, bilo zbog nejednakog gledanja na ekonomičnost eksploatacije tih nosilaca energije. Neki nacionalni komiteti WPC nisu obuhvatili i ocijenili rezerve treseta, uljnih škriljaca i dr. jer za njihove zemlje nemaju u ovom času nikakav privredni značaj. S razvojem tehnike i metoda ekonomične eksploatacije ovih nosilaca energije nadopunjavat će se i inventura energetskih rezervi svijeta.

Na temelju prijava pojedinih nacionalnih komiteta WPC energetske rezerve svijeta ocijenjene su za 1962. kako je prikazano u tablici 3.

3. Ugljen, lignit i treset

Procjena ukupnih svjetskih rezervi kamenog ugljena u količini od 7,5 teratona[12], te mrkog ugljena i lignita u količini od 2 teratone znatno je veća od ranije procjene prema kojoj su rezerve kamenog ugljena bile iskazane sa 4 teratone a rezerve mrkog ugljena i lignita s 1 teratonom. Na porast procjene u 1962. godini pretežno su utjecale korekture izvršene u SSSR-u. Rezerve kamenog ugljena SSSR-a povišene su od 1 teratone na oko 4,6 teratona, a re-

---

7 EURATOM = Evropska zajednica za atomsku energiju. Članice su Belgija, Francuska, Italija, Luksemburg i Zapadna Njemačka.

8 IAEO = (International Atomic Energy Agency) = Međunarodna organizacija za atomsku energiju. Specijalizirana agencija OUN sa sjedištem u Beču kojoj je cilj da ubrzava i proširuje primjenu atomske energije u miroljubive svrhe u privredi, medicini i dr. FNRJ je članica ove agencije.

9 ETZ 1962, br. 22.

10 S obzirom na primjenu dostignuća nauke u privredne svrhe, A. Zvorikin, SSSR, luči tri karakteristične epohe: 1. Iskorištavanje zakona prirode u tehnici i proizvodnji — prije nauke; 2. Prva etapa svjesne šire primjene nauke u proizvodnim snagama; 3. Pretvaranje nauke neposredno u proizvodne snage.

11 Zemna smola, amorfni mineral. U prirodi se pojavljuje kao mješavina pijeska i asfalta, zatim u obliku stijena natopljenih asfaltom i kao asfaltne stijene (bituminozni vapnenci i škriljci). Nastali su od nafte koja je u dodiru sa zrakom ili na neki drugi način izgubila hlapljive dijelove a ostatak se pretvorio u asfalt.

12 1 kilotona = 10^3 tona ili tisuću tona
1 megatona = 10^6 tona ili milijun tona
1 gigatona = 10^9 tona ili milijardu tona
1 teratona = 10^{12} tona ili bilijun tona

Energetske rezerve svijeta 1962. Tablica 3

Nosioci energije	Rezerve			Kamenom ugljenu od 7000 kcal/kg ekvivalentne tone fosilnih goriva, koja je vrijedno eksploatirati		Vijek trajanja prema sadašnjem intenzitetu eksploatacije
	sigurne	vjerojatne	ukupno			
	10^9 t odnosno 10^{12} m^3			10^9 ut[13]	struktura %	godina
Kameni ugljen	600	6.900	7.500	3.000	86,21	1.200
Mrki ugljen i lignit	200	1.800	2.000			
Treset	—	—	225	100	2,87	—
Nafta: provjereno	36					
sigurno	16	70	122	90	2,59	60
Ulje iz uljnih škriljaca i asfaltnog pijeska	40	95	135	200	5,74	—
Zemni plin	15	60	75	90	2,59	150
Fosilna goriva	—	—	—	3.480	100	—
Hidroenergija TWh			5.000	2	—	—
Uranijev oksid:						
> 0,1 % 10^3 t	57,725			2.000		
0,01 — 0,1 % 10^3 t	35,837		1.900	2.470		
Torijev oksid	—		—			

zerve mrkog ugljena i lignita od 0,2 na 1,3 teratone. Nasuprot tome Kina nije revidirala svoje rezerve kamenog ugljena još od 1913. kad su bile utvrđene s 1 teratonom. S druge strane SAD su, za razliku od većine ostalih zemalja, procijenile samo čvršće slojeve kamenog ugljena i na manjim dubinama. Procjena ukupnih rezervi kamenog ugljena SSSR-a, SAD i Kine iznosi 6,7 teratona prema ukupnim rezervama svijeta od 7,5 teratona. Od ukupnih svjetskih rezervi mrkog ugljena i lignita u količini od 2 teratone, otpada na SSSR, SAD i Australiju 1,8 teratona.

Ako se pretpostavi da mrki ugljen i ligniti imaju oko 50 % toplinske moći kamenog ugljena, onda se ukupne svjetske rezerve kamenog ugljena, mrkog ugljena i lignita (sigurne i vjerojatne) mogu procijeniti s 8,5 ugljenih teratona od kojih je 0,7 ugljenih teratona sigurno. Ako se dalje pretpostavi da je od procijenjenih sigurnih rezervi ekonomski iskoristivo samo 50 %, odnosno 0,35 ugljenih teratona, onda ove rezerve mogu podmiriti predvidivu svjetsku potrošnju kamenog i mrkog ugljena te lignita samo još 150 godina. Međutim, ako se osim sigurnih svjetskih rezervi uzmu u obzir još i vjerojatne rezerve, te ako se pretpostavi da je 1/3 ovih rezervi, ili oko 3 ugljenih teratona ekonomski iskoristivo onda će ovako ocijenjene rezerve kamenog i mrkog ugljena te lignita trajati — prema predvidivom intenzitetu potrošnje — još 1200 godina.

Svjetska proizvodnja kamenog i mrkog ugljena te lignita kretala se zadnjih 5 godina ovako:

Svjetska proizvodnja kamenog i mrkog ugljena te lignita u megatonama

Tablica 4

Nosilac energije	1956.	1957.	1958.	1959.	1960.
Kameni ugljen	1.689	1.737	1.820	1.897	1.988
Mrki ugljen i lignit	565	594	614	618	639

[13] Fosilna goriva preračunana su u uvjetno gorivo, odnosno u ugljene tone po slijedećem ključu:

1 tona kamenog ugljena	= 1,0 ut[14]
1 tona mrkog ugljena i lignita	= 0,5 ut
1 tona nafte	= 1,5 ut
1 tona treseta	= 0,45 ut
10^3 m^3 zemnog plina	= 1,2 ut
10^3 kWh hidroenergije	= 0,4 ut

Najveći proizvođači kamenog ugljena su SAD, SSSR i Velika Britanija.

Proizvodnja kamenog ugljena SAD, SSSR i Velike Britanije u megatonama

Tablica 5

Godina	SAD	SSSR	Velika Britanija
1956.	478	304	226
1957.	468	329	227
1958.	389	353	219
1959.	390	365	209
1960.	392	375	197

Dok proizvodnja kamenog ugljena u SAD i Velikoj Britaniji stalno opada, u SSSR-u sigurno raste.

Najveći proizvođači mrkog ugljena i lignita su DR Njemačka, SSSR i SR Njemačka.

Proizvodnja mrkog ugljena i lignita DR Njemačke, SSSR-a i SR Njemačke u megatonama

Tablica 6

Godina	DR Njemačka	SSSR	SR Njemačka
1956.	206	125	95
1957.	213	135	97
1958.	215	143	94
1959.	215	141	94
1960.	225	138	96

Perspektiva razvitka energetike SSSR-a daje prednost termoelektričnoj energiji. Za brzi razvoj elektroenergetike prvenstveno će se iskorišćivati bogati prirodni izvori fosilnih goriva, naročito jeftini ugljen dnevnog kopa tako, da će nakon 20 godina na termoelektrane otpasti 80 % proizvodnje električne energije. U tu svrhu ulažu se napori za povećanje proizvodnje ugljena koju treba udvostručiti do 1980. Povećanje produktivnosti ugljenokopa namjerava se postići širom eksploatacijom dnevnih kopova, koji bi trebali osigurati polovicu ukupne proizvodnje ugljena. Troškovi proizvodnje u dnevnim kopovima bili su

(Pr. a. Pretvorbeni ključ za mrki ugljen i lignit od 0,50 ut je previsok jer se prema normama OUN računa s nižim vrijednostima. Isto važi i za pretvorbeni ključ treseta dok se za zemni plin uzima nešto viši ključ.)

[14] SKE = Steinkohleneinheit ili na našem jeziku »ut« = ugljena tona = ekvivalent energije sadržane u jednoj toni normalnog kamenog ugljena energije od 8,15 MWh/t.

1961. za oko 80 % niži od troškova proizvodnje ugljenokopa pod zemljom. U toku je provedba dalekosežnog programa mehanizacije i automatizacije proizvodnje ugljena na kojem radi oko 10.000 naučnih radnika, projektanata i konstruktora.

Glavni konkurenti ugljena na energetskom tržištu su nafta, zemni plin i hidroenergija. Kako su ekonomski iskoristive vodne snage relativno male u odnosu na zalihe ugljena i kako su dobrim dijelom već iskorištene, to nafta i zemni plin ostaju — zbog svojih nižih cijena po jedinici toplinske moći — i dalje ozbiljni konkurenti ugljenu. Međutim, rezerve tekućih i plinovitih goriva nisu tako velike kao rezerve ugljena. U vezi s tim postavlja se pitanje opstanka ugljena na energetskom tržištu u toku trajanja zaliha nafte i zemnog plina.

Preorijentacija s ugljena na druge nosioce energije počinje već poslije prvog svjetskog rata. Za održanje nivoa proizvodnje ugljena u ovim uvjetima trebalo je povećati produktivnost i sniziti cijenu. Ovo se moglo postići tek dodatnim ulaganjem kapitala. Dok Velika Britanija i druge evropske zemlje bogate ugljenom nisu bile u to vrijeme spremne ulagati nova sredstva u modernizaciju ugljenokopa, SAD su u tu svrhu stalno ulagale velika sredstva. Uloženo je više stotina milijuna dolara pa su postignuti i znatni rezultati.

Produktivnost u ugljenokopima SAD[15] iznosila je 1946. godine 6,3 tone po radniku dnevno. Stalnim proširenjem mehanizacije i automatizacije, produktivnost je porasla 1961. godine na 14,5 tona spram evropskog prosjeka od 2,1 tone ugljena po radniku dnevno. U proizvodnji ugljena SAD su postigle automatizaciju najvišeg stupnja. Automatizirana postrojenja izbacuju 5 tona ugljena svake minute i prenose ga na beskrajnu vrpcu preko koje se poslije raznih procesa obrade ubacuje direktno u teretne vagone. Ekstrakcija ugljena usavršuje se i dalje. U pokusnoj fazi je novi proces eksploatacije kod kojeg jedan jedini operator pomoću radara i drugih elektronskih uređaja upravlja orijaškim robotom-rudarom koji će vršiti cjelokupnu operaciju ekstrakcije.

Međutim, nivo proizvodnje ugljena SAD ipak opada. Zbog preorijentacije na naftu i plin proizvodnja ugljena je 1954. pala na nepunih 400 megatona od 630 megatona ostvarene proizvodnje u 1947. Željeznice su prešle od parnih na dizelske lokomotive. Time je istisnuto iz potrošnje 135 megatona ugljena godišnje. Osim toga i velika ekspanzija potrošnje zemnog plina u domaćinstvu istisla je iz potrošnje daljnjih 100 megatona ugljena godišnje.

Ekspanziji potrošnje ugljena smetaju visoki troškovi transporta. Ovaj problem se sada rješava novim načinom transporta putem cjevovoda. Ugljen se melje u prah i miješa s vodom u omjeru 60 % ugljena i 40 % vode. Ova smjesa ugljene prašine i vode tlači se kroz izgrađene cjevovode do velepotrošača. (Transport ugljena morskim putem je 2,5 puta skuplji po jedinici kalorijske vrijednosti od transporta nafte)[16].

Biro za ugljenokope SAD predviđa da će proizvodnja ugljena 1975. opet dostići svoj maksimalni nivo iz 1947. odnosno da će iznositi 670 megatona. Pri tome će elektroprivreda trošiti svoj kontingent ugljena iste količine sve do 1980. Računa se da rezerve ugljena mogu pokrivati potrebe za energijom SAD još 500 godina, odnosno 800 godina po tempu proizvodnje ugljena u 1961.

Nalazišta treseta eksploatiraju se tek u malo zemalja. Zbog toga se može uzeti da su stvarne rezerve mnogo veće od procijenjenih 225 gigatona. Od ovih rezervi SSSR raspolaže sa 158 gigatona, Finska s 30 gigatona i SAD s 12,5 gigatona.

4. Nafta

Procijenjene ukupne rezerve nafte (provjerene sigurne i vjerojatne) iznose 122 gigatone. Uz pretpostavku da je 30 % sigurnih i vjerojatnih rezervi ekonomski iskoristivo, onda ove zajedno s provjerenim rezervama daju nešto preko 60 gigatona ili šezdesetorostruku godišnju potrošnju nafte iz 1959. Od provjerenih 36 gigatona rezervi nalaze se 2/3, odnosno 24 gigatone na Srednjem istoku, 4,9 gigatona u SAD i oko 4 gigatone u SSSR-u.

Procijenjene rezerve rastu iz godine u godinu. Paralelno s usavršavanjem uređaja za istraživanje nafte pronalaze se nova nalazišta i u složenijim geološkim uvjetima. Među najsavršenije uređaje spadaju seizmografi kojima se ispituju podzemni slojevi do dubine od nekoliko kilometara. Uz ove uređaje upotrebljavaju se i elektronski strojevi za računanje[17].

Nafta se eksploatira pod različitim geološkim uvjetima. Npr. u zemljama kraj Perzijskog zaljeva i u sjevernoj Africi nafta izbija na površinu u snažnom mlazu. Međutim, nafta se najčešće nalazi u tzv. naftonosnim slojevima i može se dobiti bilo prirodnim tlakom koji je izbacuje na površinu, bilo umjetno upotrebom pumpi. Razlike u uvjetima eksploatacije utječu i na veličinu potrebnih investicija za proizvodnju nafte, što pokazuju slijedeći podaci:

Investicije za 1 tonu proizvedene nafte u dolarima SAD[18]

Tablica 7

Zemlja odn. područje	1950.	1953.	1957.	1958.
SAD	8,75	12,50	14,50	12,80
Kanada	51,80	29,80	19,30	18,60
Venezuela	2,14	2,94	6,80	4,30
Srednji istok	0,96	0,81	1,26	1,55
Daleki istok	5,18	5,85	7,85	6,50
Ostale zemlje	3,33	7,60	15,20	17,10

Svjetska proizvodnja nafte kretala se je u zadnjih 5 godina ovako:

Svjetska proizvodnja sirove nafte u megatonama

Tablica 8

1956.	1957.	1958.	1959.	1960.
842	887	910	982	1057

15 The Magazin of Wall Street 1. 12. 1962. (Ekonomska politika, Beograd 560/1962.)

16 Guyol: Energy Resources of the World, 1949.

17 Handelsblatt 189/1962 (Ekonomska politika, Beograd 550/1962)

18 Ekonomska politika, Beograd 522/1962.

Najveći proizvođači nafte su SAD, Venezuela, SSSR, Kuvajt, Saudijska Arabija, Iran i Irak.

Ekspanzija potrošnje nafte uvjetovana je izgradnjom odnosno proširenjem naftovodne mreže. Naftovodi pojeftinjuju transportne troškove nafte. Prvi naftovod u Evropi izgrađen je odmah poslije rata između Le Havrea i Pariza s početnim transportnim kapacitetom od 2,5 megatone godišnje. Godine 1960. kapacitet ovog naftovoda je povećan na 4 megatone, a u 1965. će se povećati na 6 megatona.[19]

Najveći proizvođači nafte (megatone)

Tablica 9

Zemlja	1956.	1957.	1958.	1959.	1960.
SAD	354	354	331	348	348
Venezuela	132	148	139	148	152
SSSR	84	98	113	130	148
Kuvajt	55	57	70	70	82
Saudijska Arabija	49	49	50	54	62
Iran	26	36	41	46	52
Irak	31	22	36	42	47

U cilju sniženja troškova transporta ogromnih količina potrebne nafte u Evropi grade se novi i spajaju postojeći naftovodi. Godine 1961. započelo se izgradnjom najvećeg naftovoda u Evropi na trasi Marseille—Karlsruhe, dugoj 760 km[20]. Naftovod se istovremeno polaže u dva smjera, prema jugu i sjeveru, počevši od Beaupairea 50 km južno od Lyona. Napojno mjesto je Lavera zapadno od Marseillea s prirodnim pristaništem koje može primiti, manje više, sve veličine brodova. Trasa ide dolinom Rone pa područjem Alpa do visina od 500 m, zatim dolinom Rajne do Karlsruhe gdje su izgrađene 3 nove rafinerije. Prije toga, naftovod dodiruje Strasburg u čijem području će se izgraditi dvije rafinerije i više petrokemijskih industrija. Godišnji kapacitet prijenosa ovog naftovoda iznosit će u prvoj fazi izgradnje 10 a po dovršenju izgradnje 30 megatona nafte. Da bi se ovaj naftovod napunio treba 8 tankera po 50.000 tona nosivosti, odnosno 555 litara/m. Do sada je izgrađeno već više stotina kilometara. Na Karlsruhe će biti priključen i naftovod Rajna—Dunav kapaciteta 15 megatona. Izgradnjom naftovoda Marseille—Karlsruhe skraćuje se postojeći put nafte a s tim u vezi se u velikoj mjeri snizuju troškovi transporta (oko 1 dolar po toni). Nafta se sada prevozi morskim putem od Sredozemnog do Sjevernog mora, dugim 3.500 km (odnosno 7.000 km u oba smjera) i suhozemnim putem od luka Sjevernog mora do Gornje Rajne, dugim 650 km. Raspravlja se i o produljenju naftovoda Rotterdam—Köln do Karlsruhe.

Govori se i o projektu naftovoda Genova—Milano. Od Milana bi se jedan krak odvajao prema Švicarskoj a drugi preko Austrije prema južnom dijelu Zapadne Njemačke. Osim toga razmatra se i pitanje naftovoda Trst—Beč koji bi se mogao spojiti s naftovodnom mrežom SSSR-a koja se preko Bratislave i Budimpešte približava austrijskoj granici. Evropu napajaju dva naftovoda SSSR-a: jedan preko Čehoslovačke, a drugi preko Poljske.

Potrošnja nafte u Evropi rasla je 1962. bržim tempom nego prethodne godine. Prema podacima »Petroleum Intelligence Weekly« Velika Britanija, Zapadna Njemačka, Francuska i Italija povećale su potrošnju nafte za 19 %. Najveći porast potrošnje nafte zabilježen je u Zapadnoj Njemačkoj sa 30 %, u Italiji sa 22 %, u Francuskoj sa 15 % i u Velikoj Britaniji sa 12 %[21].

5. Uljni škriljci i asfaltni pijesak

Samo malo zemalja članica WPC pokušalo je procijeniti svoje rezerve uljnih škriljaca i asfaltnog pijeska. Od prijavljenih procjena sigurne rezerve iznose 23 gigatona u SAD, 16 gigatona u Kanadi i oko 0,88 gigatona u Švedskoj. Od prijavljenih vjerojatnih rezervi nalazi se 63 gigatone u SAD i 32 gigatone u Kanadi. Stvarne svjetske rezerve ovih nosilaca energije sigurno su znatno veće ali za sada još ne pobuđuju naročit interes jer je proces ekstrakcije ulja jako neekonomičan u odnosu na naftu.

6. Zemni plin

Procijenjene sigurne i vjerojatne rezerve zemnog plina od 75 tisuća km³ mogu podmiriti 150-erostruku predvidivu godišnju potrošnju. Od ukupnih rezervi zemnog plina nalazi se 35 tisuća km³ u SAD, 24 tisuća km³ u SSSR-u i preko 9 tisuća km³ u Kanadi, a od sigurnih rezervi od 15 tisuća km³ nalazi se 7,5 tisuća km³ u SAD, 2 tisuće km³ u SSSR-u, 1,2 tisuća km³ u Sahari i 0,9 tisuća km³ u Kanadi.

Zemni plin se dobiva bilo prilikom eksploatacije nafte, tzv. naftni zemni plin, bilo kao izvorni plin iz plinskih polja neovisno o nafti.

Prilikom proizvodnje naftnog zemnog plina korisno se može utrošiti samo jedan dio. Proizvodnja zemnog plina koji se izlučuje pri proizvodnji nafte ovisna je isključivo o proizvodnji nafte. Ovaj plin se može ili vratiti u slojeve nafte ili potrošiti odnosno akumulirati za budući konzum ili spaliti na baklji. Da bi se smanjili gubici, poželjno je razviti potrošnju naftnog zemnog plina. Npr. od proizvodnje zemnog plina u Venezueli 1960. oko 98 % je dobiveno prilikom eksploatacije nafte. Međutim od ukupne količine korisno je utrošeno samo 51 % dok ostatak nije iskorišten. U Saudijskoj Arabiji neiskorišteni zemni plin iznosi čak 57 %. Ovaj se otpadni plin može iskoristiti: a) za tzv. sekundarno dobivanje nafte (utiskivanjem u slojeve nafte); b) za domaću potrošnju u industriji i domaćinstvu; c) za izvoz. Pored toga, zemni plin se može i akumulirati i sačuvati za budući konzum.

Zemlje proizvođači nastoje proširiti domaću potrošnju zemnog plina. Tako npr. Venezuela plasira na taj sektor potrošnje 16 %, a Saudijska Arabija samo 10 %

19 France Observateur (Ekonomska politika, Beograd, 489/61)

20 »Europas grösste Ölleitung im Bau«, Elektrizitätswirtschaft, 1962. br. 9.

21 Ekonomska politika, Beograd 567/1963.

otpadnog zemnog plina. Saudijska Arabija ulaže napore oko osnivanja poduzeća koja troše velike količine zemnog plina (elektrane, petrokemijska industrija, destilacija vode).

U Sovjetskom Savezu zemni plin se već uspješno upotrebljava u industriji željeza i čelika u 70 visokih peći i u 180 Siemens-Martinovih peći čime je ušteđeno više milijuna tona koksa. Pored toga, preko 150 gradova će dobiti zemni plin za široku potrošnju. Ekspanziju potrošnje zemnog plina pomažu plinovodi. Npr. u SSSR-u plinovodi spajaju Ukrajinu sa Sjevernim Kavkazom i centralnim područjem evropskog dijela SSSR-a. Projektirani plinovod od Buhare do Urala snabdijevat će uralsku industriju sa 21 giga m^3 zemnog plina godišnje. Više tisuća kilometara ovog plinovoda već je završeno. Predviđa se da će zemni plin poteći 1964. iz Centralne Azije na Ural.

U svrhu izvoza metanski plin iz plinskih polja ili degazolinaža kaptažnog plina može se ukapljiti. Značajni uvoznik ukapljenog plina je Velika Britanija. U toku niza proteklih godina Velika Britanija je podmirivala svoje energetske potrebe vlastitim zalihama kamenog ugljena. Energetske potrebe zadnjih godina toliko su porasle da se iz tehničkih i ekonomskih razloga više ne mogu pokrivati isključivo kamenim ugljenom. Velika Britanija je bila prisiljena, među prvima, razvijati primjenu atomske energije u privredne svrhe. Osim toga počela je izgrađivati termoelektrane velike snage — i do 2000 MW — na loživo ulje. Kao treći izvor energije dolazi ukapljeni zemni plin koji bi se uvozio iz Sahare. U tu svrhu već se izgrađuju dva tankera s po 12.000 tona nosivosti, a bit će dovršeni sredinom 1964.

Postrojenja za ukapljivanje zemnog plina izgrađuje i kompanija »ARAMCO«. U Saudijskoj Arabiji se smatra da bi se ukapljeni zemni plin mogao izvoziti u Veliku Britaniju po povoljnijoj cijeni od one koja se ostvaruje za ukapljeni zemni plin iz Sahare.

Mogućnost akumulacije neiskorištenog zemnog plina za budući konzum je u fazi ispitivanja. Traži se ekonomičan način akumulacije zbog dugoročnih investicija.

Nedavno je otkriveno novo nalazište zemnog plina u Groningenu u Nizozemskoj[22]. Procijenjeno je na 400 km^3. Kalorijska vrijednost ovog plina je 7.500 kcal i znatno je niža od kalorijske vrijednosti zemnog plina iz Sahare kod Hasi R'Mela koji ima 9.400 kcal. Ukupne rezerve zemnog plina kod Hasi R'Mela procijenjene su na 1.100 km^3.

Ekonomska komisija OUN za Evropu povjerila je Komitetu za plin studiju u vezi problema cijene i potrošnje zemnog plina. Ovaj komitet je izradio dvije alternativne cijene zemnog plina i to: prema cijeni kalorije iz ugljena i prema najnižoj cijeni plina iz koksa u trenutku isporuke iz koksare. Po cijeni prve alternative plasman zemnog plina na područje EEC[23] u 1965. procijenjen je na 22 km^3, računajući sa 9.000 kcal. Od te količine Francuska bi preuzela 10 km^3, zemlje Beneluksa (Belgija, Nizozemska, Luksemburg) i Zapadna Njemačka 10 km^3 a Italija 2 km^3. Po cijeni druge alternative plasman zemnog plina iznosio bi samo 4 km^3 i to 2 km^3 u Francusku i 2 km^3 u ostale zemlje EEC.

Ocjenjuje se da će isporuka zemnog plina iz Nizozemske iznositi oko 13 do 16 km^3 godišnje odnosno po toplinskom ekvivalentu saharskog zemnog plina samo oko 11 do 13 km^3. Prema tome, ova količina je još uvijek daleko od procijenjene potrošnje zemnog plina EEC u 1970. od 35 km^3 (Nizozemska 7 do 8 km^3), utoliko više, što se prema sadašnjim planovima isporuke zemnog plina iz Hasi R'Mela predviđa 10 km^3 godišnje do 1969.

Najveći proizvođači zemnog plina su SAD sa 793,1 km^3, SSSR sa 103,8 km^3, Kanada s 14,3 km^3, Meksiko s 9,7 km^3, Venezuela s 4,6 km^3 itd.[24]

7. Vodne snage

Hidroenergetski potencijal svijeta procijenjen je na 5000 TWh godišnje što odgovara cca dvostrukoj sadašnjoj svjetskoj godišnjoj proizvodnji električne energije iz svih nosilaca energije.

Svjetska proizvodnja električne energije kretala se je zadnjih 5 godina ovako:

Svjetska proizvodnja električne energije u TWh

Tablica 10

1956.	1957.	1958.	1959.	1960.
1.694	1.805	1.908	2.099	2.295

Najveći proizvođači električne energije
količine u TWh

Tablica 11

Zemlja	1956.	1957.	1958.	1959.	1960.
SAD	685	716	725	795	841
od toga hidroenergije	125	133	144	141	149
SSSR	192	210	235	265	292
od toga hidroenergije	...	...	...	...	...
Velika Britanija	101	106	113	121	137
od toga hidroenergije	2	3	3	3	3
Zapadna Njemačka	85	92	95	103	106
od toga hidroenergije	13	12	13	11	13
Japan	74	81	85	99	115
od toga hidroenergije	53	57	61	62	58
Kanada	88	91	97	105	114
od toga hidroenergije	82	83	91	97	...

U SSSR-u je 1959. proizvedeno 47,6 TWh u hidroelektranama. Porast proizvodnje hidroelektrana iznosio je 2,3 % a termoelektrana 14,6 %. Od upotrebljenog energetskog goriva otpada 66 % na ugljen, 14 % na plin, 10 % na mazut, 9 % na treset i 1 % na uljne škriljce[25].

Od sadašnje svjetske proizvodnje hidroelektrana od 700 TWh godišnje otpada cca 1/4 na SAD, 1/7 na Kanadu i 1/12 na SSSR. Za proizvodnju 700 TWh termoenergije trebalo bi, pri sadašnjem prosječnom stupnju toplinskog iskorištenja, oko 350 ugljenih megatona godišnje.

---

22 »Service Economique et Financier, Paris« (prema »Privredni pregled«, Beograd 2166/1963.)

23 EEC = The European Economic Community (Evropska ekonomska zajednica osnovana 1957. Članice: Belgija, Francuska, Italija, Luksemburg, Nizozemska i Zapadna Njemačka)

24 Das Gas- und Wasserfach, 1962, br. 47

25 Elektrizitätswirtschaft 1961, br. 7

8. Uran i torij

Samo malo zemalja članica WPC moglo je procijeniti svoje rezerve urana i torija. Prijavljene sigurne rezerve uranijevog oksida, u uranovim rudama koje sadrže preko 0,1 % uranijevog oksida, iznose 57.725 tona i još 35.837 tona u rudama s 0,01 do 0,1 % uranijevog oksida. Zajedno s vjerojatnim zalihama rezerve su procijenjene s 2000 kilotona. Međutim, prema procjeni IAEO iz decembra 1959. ekonomski iskoristive rezerve urana sadrže 5000 kilotona uranijevog oksida.

Pri današnjem stupnju razvoja nuklearne tehnologije atomskih elektrana može se iz jedne metričke tone uranijevog oksida proizvesti oko 3000 do 10.000 megavat-dana toplinske energije. Pri tome ne sagorijeva ni 1 % prirodnog urana.

Ukupne svjetske rezerve torijevog oksida procijenjene su sa 2.740 kilotona. Međutim, prema procjeni IAEC iz decembra 1959., ekonomski iskoristive rezerve imaju samo oko 1000 kilotona torijevog oksida.

Predviđa se da će evropski kontinent oko godine 2000. proizvoditi četiri puta više električne energije nego 1962. Kako će do tada hidroenergetski potencijal biti gotovo već izgrađen, atomske elektrane će biti u povoljnijem položaju i to naročito zbog potreba za autonomnom energijom. Pored toga, nuklearna tehnologija se sve više usavršuje pa će i cijena električne energije iz atomskih elektrana biti niža naročito kad u pogon uđu reproduktivni reaktori u kojima će se sagorijevati u njima proizvedeni plutonij.

Prema izvještaju Komiteta za elektroprivredu OECD (The Electricity Supply Industry in Europe, 12th Enquiry[26]) o predvidivom razvoju atomske energetike do 1966. instalirana snaga atomskih elektrana zemalja članica OECD kreće se ovako:

Razvoj snage atomskih elektrana od 1960. do 1966.

Tablica 12

Godina	EURATOM MW	Ostali MW	OECD ukupno MW
1960.	51	300	351
1961.	75	600	675
1962.	325	900	1225
1963.	690	1510	2200
1964.	855	2510	3365
1965.	1355	3070	4425
1966.	1455	3970	5425

Veličinom snage atomskih elektrana dominiraju u udruženju EURATOM Francuska i Italija, a u OECD Velika Britanija. Od ukupne snage atomskih elektrana EURATOM od 1455 MW u 1966. otpada na Francusku 900 MW, Italiju 515 MW, Zapadnu Njemačku 30 MW, Belgiju 10 MW, dok snaga atomskih elektrana ostalih članica OECD od 3970 MW otpada na Veliku Britaniju 3900 MW, Švedsku 60 MW i Švicarsku 10 MW.

Prognoze komisije EURATOM za 1966. su veće i predviđaju 1669 MW. Prema postojećem perspektivnom planu EURATOM će do 1980. izgraditi 250 atomskih elektrana ukupne snage 37.000 MW.

[26] Atom und Strom 1962, br. 8–9

Velika Britanija će prema svom revidiranom desetogodišnjem planu izgradnje atomskih elektrana raspolagati na kraju 1967. sa oko 6000 MW.

Proizvodnju električne energije u atomskim elektranama do 1966., OECD predviđa sa 30.655 GWh.[27]

Razvoj proizvodnje atomskih elektrana do 1966.

Tablica 13

Godina	EURATOM GWh	Ostali GWh	OECD ukupno GWh
1962.	970	4700	5670
1963.	1850	7800	9650
1964.	3350	13120	16470
1965.	5650	17602	23252
1966.	8150	22505	30655

U proizvodnji električne energije iz atomskih elektrana EURATOM od 8150 GWh sudjeluju Francuska i Italija sa po 4000 GWh, Zapadna Njemačka sa 100 GWh i Belgija sa 50 GWh. (Komisija EURATOM predviđa za 1966. od 8 do 10 TWh). U proizvodnji ostalih članova OECD Velika Britanija sudjeluje s 22.300 GWh, Švedska sa 200 GWh i Švicarska sa 5 GWh. Ovom proizvodnjom atomskih elektrana pokrilo bi se 2 % konzuma električne energije. U Francuskoj je to 3,4 %, u Italiji 4,8 %, u Velikoj Britaniji 11 %.

Komitet OECD smatra da će troškovi izgradnje atomskih elektrana iznositi u narednim godinama 280 dolara po kilovatu. Ova prognoza je vrlo oprezna jer su troškovi izgradnje za neke već sada projektirane atomske elektrane znatno niži.

SAD su 1961. raspolagale sa 6 atomskih elektrana snage 400 MW. Godine 1962. u pogon je ušlo novih 5 atomskih elektrana ukupne snage 330 MW. Do 1965. se predviđa povećanje na 1500 MW, dakle dvostruko.

U SSSR-u u razdoblju između 1960. do 1970. izgrađivat će se samo eksperimentalne atomske elektrane za istraživanja i industriju, dok će se u razdoblju između 1970. do 1980. izgraditi široka mreža atomskih elektrana i to u regionima u kojima nema dostatnih resursa.

Kad se riješi pitanje radioaktivnih otpadaka, atomske elektrane će imati prednost i iz zdravstvenih razloga. Sagorijevanjem fosilnih goriva stvara se godišnje 10 milijardi tona ugljičnog dioksida. Stalno nagomilavanje ugljičnog dioksida u atmosferi moglo bi imati katastrofalnih posljedica u daljnjoj budućnosti.

Literatura

1. World Power Conference, *Survey of Energy Resources 1962* (prema O. Bixa: ÖZE 1962, br. 11)
2. Dr. Ghani Ghaussy, *Die Rolle des Energiesektors in der Entwicklungspolitik*
3. I. T. Novikov, *Perspektivi razvitija energetiki v SSSR*. Teploenergetika, Moskva 1961, br. 12.
4. Anton Kroms, Boston/USA, *Der Kraftwerksbau in den USA*. Elektrizitätswirtschaft 1962, br. 6
5. Savezni zavod za statistiku FNRJ, *Statistički godišnjak 1962*.

Naslov pisca: Dipl. ec. Daniel Feöcze, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37

[27] Atom und Strom 1962, br. 8–9

POTROŠNJA GORIVA I ELEKTRIČNE ENERGIJE U DOMAĆINSTVIMA GRADA ZAGREBA

Jakob Lucati, Zagreb

DK 620.9 : 621.31

U cilju utvrđivanja energetskog standarda stanovništva grada Zagreba vršena je u oktobru 1960. anketa o potrošnji energije u domaćinstvima. Anketa je bila sastavni dio opsežne studije *Perspektivna opskrba energijom grada Zagreba,* čiju izradu je GNO Zagreb povjerio Institutu za elektroprivredu. Na organiziranju ankete i naučnoj obradi surađivao je prof. B. Bedenić, dok je anketu na terenu sprovodio Student-servis — Zagreb.

U slijedećem dajemo prikaz postavljenih zahtjeva i rezultate ankete.

Postavljen je bio zahtjev utvrđivanja potrošnje u 16 nezavisnih dijelova — grupa stanovništva grada Zagreba. Nadalje da se svaka grupa ocijeni s relativnom greškom od prosječno 12 %, a s tačnošću od cca 96 %. U skladu s tim zahtjevom određena je u ovoj anketi veličina uzorka.

Podaci su prikupljeni za slijedećih 16 nezavisnih dijelova:

Teritorijalno grupiranje

1. Dubrava, Pešćenica
2. Gornji grad, Maksimir, Medveščak
3. Donji grad, Trnje
4. Trešnjevka, Črnomerec, Susedgrad
5. Zagreb (1 + 2 + 3 + 4)

Grupe po veličini domaćinstava

6. Domaćinstva s jednim članom
7. Domaćinstva s dva člana
8. Domaćinstva s tri člana
9. Domaćinstva s četiri člana
10. Domaćinstva s pet članova
11. Domaćinstva sa šest članova
12. Domaćinstva sa sedam i više članova

Grupe po veličini stana

13. Veličina stana 1 — 29 m²
14. Veličina stana 30 — 59 m²
15. Veličina stana 60 — 89 m²
16. Veličina stana 89 m² i više

Podaci prikupljeni ovom anketom pomoću anketnog upitnika omogućili su ocjenjivanje slijedećih pokazatelja:

1. prosječne godišnje potrošnje drva po jednom domaćinstvu u 1959. i 1960;
2. prosječne godišnje potrošnje mrkog ugljena po jednom domaćinstvu u 1959. i 1960;
3. prosječne godišnje potrošnje lignita po jednom domaćinstvu u 1959. i 1960;
4. prosječne godišnje potrošnje ugljena općenito po jednom domaćinstvu u 1959. i 1960. (u ovaj pokazatelj obuhvaćeni su odgovori onih domaćinstava koja nisu znala odgovoriti koje su vrste ugljena trošila);
5. prosječne ukupne godišnje potrošnje ugljena po jednom domaćinstvu u 1959. i 1960;

Potrošnja goriva i električne energije u ovisnosti o veličini stana Tablica 3

Prosj. vel. stana	Velič. stana	Prosj. veličina domać. (broj članova)	Prosječna potrošnja drva				Prosiečna potrošnja ugljena				
			1959.		1960.		1959.				
			pr. m/d.	pr. m/m²	pr. m/d.	pr. m/m²	mrki t/d.	lignit t/d.	nepoznati t/d.	ukup. t/d.	ukup. t/m²
m²	m²										
19,6	0—29	2,5	2,4	0,12	2,2	0,11	0,3	0,3	0,8	1,4	0,07
41,4	30—59	3,3	2,9	0,07	2,8	0,07	0,4	0,4	0,8	1,6	0,04
70,8	60—89	4,0	3,5	0,05	3,1	0,04	0,5	0,8	0,8	2,1	0,03
115,0	90 i više	4,2	3,8	0,03	3,5	0,03	0,9	0,4	1,4	2,7	0,03

Prosj. vel. stana	Velič. stana	Prosj. veličina domać. (broj članova)	Prosječna potrošnja ugljena					Prosječna potrošnja			
			1960.					el. energ. 1960.		gr. plina 1960.	
			mrki t/d.	lignit t/d.	nepoznati t/d.	ukup. t/d.	ukup. t/m²	Din/mj., d.	Din/mj., m²	Din/mj., d.	Din/mj., m²
m²	m²										
19,6	0—29	2,5	0,3	0,3	0,8	1,4	0,07	540	27	25	12
41,4	30—59	3,3	0,3	0,5	0,9	1,7	0,04	760	19	110	27
70,8	60—89	4,0	0,4	0,7	0,8	1,9	0,03	910	13	230	32
115,0	90 i više	4,2	0,5	0,4	1,2	2,1	0,02	1240	11	700	60

Potrošnja goriva i električne energije u domaćinstvima grada Zagreba — Tablica 1

	Općina	Prosječna veličina domaćinstva (broj članova)	Prosječna potrošnja drva pr. m. po 1959. dom.	Prosječna potrošnja drva pr. m. po 1959. dom.	Prosječna potrošnja drva pr. m. po 1960. dom.	Prosječna potrošnja drva pr. m. po 1960. st.	Prosječna potrošnja ugljena 1959. mrki t/d.	1959. lignit t/d.	1959. nepoznati t/d.	1959. ukup. t/d.	1959. ukup. t/st.	1960. mrki t/d.	1960. lignit t/d.	1960. nepoznati t/d.	1960. ukup. t/d.	1960. ukup. t/st.	Prosječna potrošnja električne energije 1960. Din/mjes., dom.	Prosječna potrošnja plina 1960. Gradski plin Din/mj., d.	Gradski plin a	Tekući plin Din/mj., d.	Tekući plin b
1	Dubrava	3,4	3,7	1,1	3,6	1,1	0,1	0,1	1,8	2,0	0,6	0,1	0,2	1,9	2,2	0,6	570	6	0,013	75	0,140
2	Pešćenica	3,3	3,0	0,9	2,6	0,8	0,3	0,8	0,8	1,9	0,6	0,3	0,6	0,7	1,6	0,5	600	14	0,054	20	0,039
	1 + 2	3,3	3,3	1,0	3,0	0,9	0,2	0,5	1,3	2,0	0,6	0,2	0,4	1,3	1,9	0,6	580	11	0,035	45	0,085
3	Gornji Grad	3,2	3,1	1,0	2,8	0,9	0,4	0,5	0,7	1,6	0,5	0,4	0,4	0,7	1,5	0,5	810	151	0,200	16	0,039
4	Maksimir	2,8	2,8	1,0	2,4	0,9	0,7	0,4	0,7	1,8	0,7	0,6	0,3	0,8	1,7	0,6	720	83	0,180	20	0,042
5	Medveščak	3,4	2,9	0,9	2,8	0,8	0,2	0,5	0,7	1,4	0,4	0,3	0,4	0,7	1,4	0,4	920	344	0,500	8	0,013
	3 + 4 + 5	3,2	2,9	0,9	2,7	0,8	0,4	0,5	0,7	1,6	0,5	0,4	0,4	0,7	1,5	0,5	830	214	0,310	14	0,028
6	Donji Grad	3,0	2,6	0,9	2,2	0,8	0,2	0,4	0,8	1,4	0,5	0,1	0,4	0,8	1,3	0,4	780	168	0,320	8	0,012
7	Trnje	3,0	2,5	0,8	2,7	0,9	0,4	0,4	0,9	1,7	0,6	0,3	0,5	1,0	1,8	0,6	650	32	0,060	11	0,019
	6 + 7	3,0	2,5	0,8	2,5	0,8	0,3	0,4	0,8	1,5	0,5	0,2	0,5	0,9	1,6	0,5	720	100	0,190	10	0,016
8	Trešnjevka	3,4	2,8	0,8	2,6	0,8	0,4	0,6	1,2	2,2	0,7	0,4	0,6	1,1	2,1	0,6	810	3	0,026	16	0,026
9	Črnomerec	3,3	2,6	2,5	0,8	0,8	0,8	0,5	0,5	1,8	0,6	0,8	0,6	0,4	1,8	0,6	770	183	0,020	17	0,028
10	Susedgrad	3,3	3,3	1,0	3,3	1,0	0,4	0,4	1,3	2,1	0,6	0,3	0,3	1,4	2,0	0,6	600	0	0	23	0,078
	8 + 9 + 10	3,3	2,8	0,8	2,7	0,8	0,5	0,5	0,9	1,9	0,6	0,5	0,5	1,9	1,9	0,6	750	71	0,110	18	0,036
	ZAGREB	3,2	2,9	0,9	2,7	0,8	0,3	0,5	0,9	1,7	0,5	0,3	0,4	0,9	1,6	0,5	740	118	0,190	18	0,035

Opaska: d., dom. = domaćinstvo; st = stanovnik
a = proporcija domaćinstva — potrošača plina u čitavom stanovništvu
b = proporcija domaćinstva — potrošača butana u čitavom stanovništvu

Potrošnja goriva i električne energije u ovisnosti o veličini domaćinstava — Tablica 2

Broj članova domaćinstva	Udio u ukupnoj strukturi %	Prosječna veličina stana m²/d.	Prosječna veličina stana m²/st.	Prosječna potrošnja drva 1959. pr. m/d.	1959. pr. m/st.	1960. pr. m/d.	1960. pr. m/st.	Prosječna potrošnja ugljena 1959. mrki t/d.	1959. lignit t/d.	1959. nepoznati t/d.	1959. ukup. t/d.	1959. ukup. t/st.	1960. mrki t/d.	1960. lignit t/d.	1960. nepoznati t/d.	1960. ukup. t/d.	1960. ukup. t/ts.	Prosječna potrošnja el. energije 1960. Din/mj., d.	el. energije 1960. Din/mj., st.	gr. plina 1960. Din/mj., d.	gr. plina 1960. Din/mj., st.
1	12	22,0	22,0	1,7	1,7	1,5	1,5	0,2	0,3	0,6	1,1	1,1	0,2	0,2	0,6	1,0	1,0	410	410	22	22
2	25	34,2	17,1	2,3	1,2	2,2	1,1	0,3	0,4	0,8	1,5	0,8	0,2	0,3	0,8	1,3	0,6	680	340	90	34
3	24	42,6	14,2	3,0	1,0	2,9	0,9	0,5	0,5	0,8	1,8	0,6	0,5	0,5	0,8	1,8	0,6	730	240	145	43
4	22	49,0	12,3	3,4	0,9	3,1	0,3	0,4	0,6	1,1	2,1	0,5	0,4	0,5	1,0	1,9	0,5	870	218	140	49
5	11	52,2	10,4	3,5	0,7	3,1	0,6	0,3	0,4	1,2	1,9	0,4	0,3	0,4	1,3	2,0	0,4	870	170	190	52
6	4	73,2	12,2	3,7	0,6	3,5	0,6	0,4	0,5	1,4	2,3	0,4	0,4	0,5	1,3	2,2	0,4	860	140	320	73
6 i više	2	72,0	9,0	4,5	0,6	4,1	0,5	0,4	0,6	1,5	2,5	0,3	0,7	0,7	1,3	2,7	0,3	1056	130	360	72

Struktura korištenja električne energije u domaćinstvima Tablica 4

	Općina	Koristi za kuhanje %					Koristi za grijanje %				
		samo e. e.	e.e. + p.	e. e. + k.g.	e. e. + p. + k.g.	ne e. e.	samo e. e.	e. e. + p.	e. e. + k.g.	e. e. + p. + k.g.	ne e. e.
1	Dubrava	9	4	57	13	17	8	0	11	0	81
2	Pešćenica	11	2	67	0	20	8	2	13	0	77
	1 + 2	11	3	62	6	18	8	1	11	0	80
3	Gornji Grad	14	4	46	2	34	3	0	25	2	70
4	Maksimir	19	9	48	4	20	6	0	13	3	78
5	Medveščak	19	6	24	2	49	6	1	23	2	68
	3 + 4 + 5	18	6	38	2	36	5	0	15	2	78
6	Donji Grad	23	7	38	1	31	3	0	33	0	64
7	Trnje	7	3	72	2	16	1	0	11	0	88
	6 + 7	15	5	55	2	23	2	0	22	0	76
8	Trešnjevka	5	0	70	1	24	1	0	20	0	79
9	Črnomerec	17	15	50	5	13	5	1	29	1	64
10	Susedgrad	0	0	53	0	47	5	0	8	0	87
	8 + 9 + 10	8	6	61	2	23	3	0	21	1	75
	ZAGREB	12	5	52	3	28	3	0	19	8	70

Opaska: e. e. = električna energija; p = plin; k. g. = kruta goriva; ne e. e. = ne koristi električnu energiju

6. prosječnog mjesečnog iznosa plaćanja za električnu energiju po jednom domaćinstvu u 1960;
7. prosječnog mjesečnog iznosa plaćanja za tekući plin (butan) po jednom domaćinstvu u 1960;
8. prosječnog mjesečnog iznosa plaćanja za gradski plin po jednom domaćinstvu u 1960;
9. prosječne veličine stana koji domaćinstvo koristi;
10. prosječne veličine domaćinstva;
11. pokazatelja strukture domaćinstva prema tome da li domaćinstvo koristi za kuhanje:
    - električnu energiju,
    - električnu energiju i plin,
    - električnu energiju i kruta goriva,
    - električnu energiju, plin i kruta goriva,
    - ne koristi električnu energiju za kuhanje;
12. pokazatelja strukture domaćinstva prema tome da li domaćinstvo koristi za zagrijavanje:
    - električnu energiju,
    - električnu energiju i plin,
    - električnu energiju i kruta goriva,
    - električnu energiju, plin i kruta goriva,
    - ne koristi električnu energiju za zagrijavanje;
13. pokazatelja strukture domaćinstva prema zanimanju starješine domaćinstva;
14. proporcije domaćinstava koja troše gradski plin;
15. proporcije domaćinstava koja troše tekući plin.

Prosječna veličina stana i struktura domaćinstava po zanimanjima starješina domaćinstava Tablica 5

	Općina	Prosj. vel. stana	Zanimanje starješine domaćinstva					
			radnik	službenik	penzioner	domaćica	zemljoradnik	nespomenuto
		m²	%	%	%	%	%	%
1	Dubrava	37,3	21	24	20	12	3	20
2	Pešćenica	38,0	44	10	25	3	3	15
	1 + 2	37,7	33	17	23	8	3	16
3	Gornji Grad	44,0	20	44	17	10	2	7
4	Maksimir	36,8	15	28	35	11	1	10
5	Medveščak	53,5	11	43	20	15	0	11
	3 + 4 + 5	46,1	15	39	24	13	1	8
6	Donji Grad	44,0	28	35	21	9	0	7
7	Trnje	30,1	30	22	22	9	1	16
	6 + 7	37,0	29	29	21	9	1	11
8	Trešnjevka	38,2	17	28	16	7	2	30
9	Črnomerec	47,1	29	29	28	6	2	6
10	Susedgrad	39,2	24	16	9	16	6	29
	8 + 9 + 10	41,8	23	26	19	8	3	21
	ZAGREB	41,6	22	30	22	10	2	14

Rezultati ankete

Podaci za izračunavanje pokazatelja potrošnje energije u gradu Zagrebu prikupljeni su anketom na bazi metode uzorka (reprezentativnom metodom).

Anketiranje je vršeno 1960, a podaci o potrošnji odnose se na 1959.

Budući da je koncem 1959. došlo do znatne promjene cijena električne energije, što je moglo imati upliva na strukturu potrošnje energija, izvršeno je prilikom ove ankete i kontrolno anketiranje potrošnje u 1960.

Za električnu energiju i plin izražena je potrošnja u novčanim pokazateljima, jer anketirane osobe obično više vode računa o izdatku za utrošenu energiju, nego o utrošenoj količini.

Rezultati ankete dati su u tablicama 1, 2, 3 i 4.

Rezultati ove ankete slažu se u pogledu potrošnje električne energije i plina s rezultatima koji su dobiveni preračunavanjem podataka od naplatne službe »Elektre« Zagreb, odnosno »Gradske plinare«, Zagreb.

Naslov pisca: Ing. Jakob Lucati, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37

Kompenzatorski pogon agregata Francis i Kaplan

Potreba mreže na jalovoj energiji ne može se uvijek podmiriti iz onih generatora koji momentano proizvode radnu energiju. To je bilo zato što se nastoji da se oni potpuno strujno iskoriste za proizvodnju radne energije (kod protočnih HE za vrijeme preljeva), nadalje što nisu građeni za odgovarajući cos φ mreže (svi veći generatori u posljednje se vrijeme grade za cos $\varphi = 0{,}9$), ili pak što se nastoji, da se jalova energija proizvodi što bliže potrošaču, kako bi se što manje opterećivali prijenosni vodovi.

Za proizvodnju jalove energije do sada su se kao kompenzatori uspješno koristili generatori u termoelektranama. Neki agregati u starijim termoelektranama preuređeni su za trajan kompenzatorski pogon (TE Zagreb I), dok se u novim termoelektrama neki agregati, u vrijeme kada nema potrebe da se proizvodi termoenergija, povremeno stavljaju u kompenzatorski pogon (TE Kakanj). Pored generatora u termoelektranama dosada su se koristili i oni agregati u hidroelektranama koji imaju Pelton-turbine ili pak horizontalne Francis-turbine, jer je proces prelaženja iz generatorskog u kompenzatorski režim rada kod njih vrlo jednostavan. Treba samo obustaviti privod vode turbini i generator ostaje na mreži kao motor. Ako se ovakav generator odnosno sada sinhroni motor uzbudi punom uzbudnom strujom, on može dati u mrežu iznos MVAr koji odgovara punom prividnom učinu generatora. Često se međutim usko grlo nalazi u snazi uzbudnika, koji ne može dati toliku uzbudnu struju. Ilustrativan primjer korištenja hidrogeneratora kao kompenzatora pruža nam HE Vinodol, čiji se generatori od samog ulaska u pogon koriste kao kompenzatori, uzimajući iz mreže električnu energiju potrebnu za svladavanje gubitaka trenja, ventilacije, potroška uzbudnika, te električnih gubitaka. Iskustva stečena dosadanjim pogonom ove elektrane ukazuju nam da nema praktičkih poteškoća u kompenzatorskom pogonu generatora.

Sasvim je drugačija situacija kod vertikalnih Francisovih i Kaplanovih agregata. Rotori ovih turbina nalaze se trajno u vodi i zatvaranjem dovoda vode kod prelaska iz generatorskog u motorski pogon rotor bi se nadalje okretao u vodi, izazivajući kod toga relativno velike gubitke trenja rotora i turbulencije vode u aspiratoru. Ovo je bio najveći razlog što se vertikalni Francisovi i Kaplanovi agregati do sada nisu koristili u kompenzatorskom pogonu. Kako je potreba na jalovoj energiji naše mreže u svakom periodu godine, bez obzira na udio termoenergije ili hidroenergije u podmirenju konzuma vrlo akutna, to se ovakovi agregati u periodu malih protoka vrlo nepovoljno koriste, jer rade 10 sati dnevno. Kod toga turbine rade u području vrlo loše korisnosti, koja ponekad padne i ispod 0,5. Gubitak od ovakovog načina pogona je dvostruki. S jedne strane izgubljene su znatne količne električne energije, a s druge strane sva ova energija mogla bi se iskoristiti kao vršna, čime bi joj i vrijednost bila znatno veća.

Da bi se omogućilo optimalno korištenje vertikalnih Francisovih i Kaplanovih agregata, kako za proizvodnju jalove tako i za proizvodnju radne energije, bilo bi potrebno iz područja rotora, pomoću tlačnog zraka, istisnuti vodu, tako da rotor turbine ostane u zraku. Postupak prijelaza iz generatorskog u kompenzatorski rad bio bi:

1) Zatvoriti dovod vode turbini (generator će dalje raditi kao sinhroni motor, ali se rotor turbine još uvijek nalazi u vodi).
2) U kućište turbine privesti zrak pod tlakom od cca 7–8 at, koji potisne vodu iz kućišta do ispod rotora turbine. Zrak s pritiskom 7–8 at potreban je da bi se postiglo odvajanje vode od rotora turbine, jer nakon zatvaranja privoda vode turbina počinje raditi kao pumpa.
3) Nakon odvajanja vode od rotora, u turbinu se uvodi zrak manjeg pritiska (cca 0,5–1 at), koji održava nivo vode oko 1 m ispod rotora turbine.

Sada je agregat u kompenzatorskom pogonu uz minimalne gubitke potrebne samo za svlađavanje trenja zraka, ležaja i električnih gubitaka.

Za prijelaz iz kompenzatorskog u generatorski rad potrebno je samo zatvoriti dovode zraka i otvoriti privodnu zapornicu. U pravilu je cijeli postupak automatiziran, tako da se pritiskom na dugme prelazi iz jednog područja rada u drugo. Pored znatno boljeg iskorištenja kao i oplemenjivanja raspoložive količine električne energije, ovakav režim eksploatacije vertikalnih Francisovih i Kaplanovih agregata omogućuje da se u pogonu stalno drži izvjesna rotirajuća rezerva, koja u vrlo kratkom vremenu može preuzeti punu snagu.

Ovakav režim eksploatacije hidroelektrana mnogo primjenjuju u Švedskoj, gdje su čak agregati snage 120 MVA podešeni za kompenzatorski pogon uz istisnutu vodu iz rotora. Radi ilustracije navodim primjer hidroelektrane Kilforsen sa snagom agregata od 3 × 100 MVA i neto-padom od 99 m, u kojoj su instalirane vertikalne Francisove turbine. Ovdje su vršena detaljna ispitivanja svih mogućih režima rada generatora kao isključivog proizvođača jalove energije. Dok je agregat bio u praznom hodu, odvojen od mreže ali na punom broju okretaja, turbina je trošila količinu vode od 10 m^3/s. Alternativa, da se generator tjera sa strane turbine, a da proizvodi isključivo jalovu energiju, zbog toga je odmah odbačena kao neekonomična, jer bi agregat za prazni hod trošio oko 12 % iznosa snage generatora. Priključen na mrežu kao kompenzator, ali s rotorom u vodi, uzimao je iz mreže 7,1 MW odnosno 8 % iznosa snage generatora. U trećem slučaju priključen na mrežu kao kompenzator, ali s vodom istisnutom ispod rotora turbine, uzimao je iz mreže 1,4

MW odnosno 1,6 % iznosa snage generatora. Ako se zna približan broj sati kompenzatorskog rada generatora, vrlo se lako mogu izračunati i stvarne uštede koje se ovime dobivaju.

Da bi se dobio uvid u uspješnost ovakvog režima rada u našim prilikama, detaljno je analiziran rad HE Gojak, uspoređujući stvarni režim eksploatacije s onim koji bi ta elektrana imala kada bi mogla raditi u kompenzatorskom pogonu s istisnutom vodom iz rotora. Iz analize proizlazi da bi u 1961, uz isti pretpostavljeni iznos sati pogona ali u uvjetima rada generatora kao kompenzatora uz istisnutu vodu iz rotora, ova elektrana mogla proizvesti oko 9 milijuna kWh električne energije više od one koju je proizvela radeći kao generator uz mali protok, što čini cca 4–5 % njene ukupne godišnje proizvodnje. Interesantno je napomenuti, da ukupne investicije za ovakav režim rada iznose cca 15–20 milijuna dinara, što znači da bi u toku jedne godine bile isplaćene.

Pored HE Gojak u našoj zemlji ima još izgrađenih hidroelektrana koje imaju slične uvjete rada, a njihova je lokacija takova, da se povremeno javlja potreba za pogonom ovih agregata samo radi proizvodnje jalove energije na nivou mreže 110 ili 220 kV, pa bi svakako bilo interesantno razmotriti mogućnost prilagođavanja ovih agregata kompenzatorskom režimu rada. Pored izgrađenih postrojenja, trebalo bi također unaprijed predvidjeti mogućnost ovakovog rada i kod onih postrojenja koja su u gradnji ili će se kasnije graditi, jer su potrebne investicije za ovakav režim rada minimalne, a prednosti koje se time dobivaju su višestruke.

Ing. Tomislav Pavlović

Tehnika i ekonomika

Nije tome davno da su se strogo lučile tehničke od ekonomskih nauka i da su djelatnosti tehničara i ekonomista bile dosta oštro odvojene, pa da su štaviše bile i u kontradikciji. Na žalost takva zastarjela shvaćanja postoje ponekad još i danas.

Ako polazimo sa stanovišta da je proizvodnja proces rada, u kojem čovjek putem oruđa za rad djeluje na predmete rada, sigurno je, da je u industrijskom i građevinskom poduzeću težište poslovanja u pravilu na neposrednoj proizvodnji, tj. na tehničko-ekonomskom dijelu. Problemima, kako će se primijeniti fizika, kemija, matematika i druge discipline na preradu sirovina, koliko strojeva i alata i kakovih treba upotrijebiti, koliko ljudi i kako moraju postupati sa sirovinom i strojevima, da bi se dobile korisne stvari, bave se tehničke znanosti i, u užem smislu, nauka o organizaciji rada, a ovim se znanostima služe u industrijskom i građevinskom poduzeću u prvom redu inženjeri, tehničari i ostali članovi radnog kolektiva u neposrednoj proizvodnji.

Pored toga treba da postoji razmatranje »koje polazi od vrijednosti i cijena, od odnosa ljudi prema stvarima i stvari prema ljudima«* od problema kako treba poduzeće da sudjeluje u društvenom procesu proizvodnje, razmjeni, raspodjeli i potrošnji, da društvo dobije proizvode koje traži i da se pri tom stvori dohodak. Tim se pitanjima bave ekonomske znanosti uopće i ekonomika i organizacija poduzeća napose. Područje ekonomike poduzeća u širem smislu zahvaća cjelokupnu djelatnost poduzeća i ona sa ranije spomenutog stanovišta određuje zadatke i tehničko-ekonomskom dijelu poslovanja poduzeća. Tim se područjem bave ekonomisti, ali danas već i drugi, naročito tehnički stručnjaci.

U našim socijalističkim industrijskim i građevinskim poduzećima u sistemu radničkog samoupravljanja, ekonomičnost, rentabilnost i uopće uspješnost poslovanja industrijskog i građevinskog poduzeća, ovisi ne samo o tehničkoj stručnosti u užem smislu, nego i o ekonomskom znanju svakog člana radnog kolektiva i njihovoj pravilnoj suradnji. Prema tome svaki član radnog kolektiva mora u određenom opsegu poznavati ne samo svoju radnu operaciju, nego i načela i metode ekonomike i svog radnog mjesta (svoje operacije) i čitavog poduzeća kao i društva u cjelini, a time i značaj ciljeva i »društveno značenje vremena i sredstava potrebnih za njihovo ostvarenje«.**

Zbog toga postoji danas bitna razlika u području tehničkih znanosti od prijašnjih. Danas se tehničke znanosti i rad inženjera i tehničara u industriji i građevinarstvu ne može ni zamisliti, ako ne poznaju ekonomiku poduzeća. Tehničar više ne računa i ne smije računati samo u naturalnim, fizičkim jedinicama, nego mora uspoređivati i koristi i žrtve i u novčanim jedinicama, tražeći optimum, jer tehnika nije sama sebi cilj. Isto tako i ekonomist ne misli više samo na komercijalno poslovanje (»što jeftinije nabaviti i što skuplje prodati«), nego polazeći od vrijednosti i cijena mora poznavati načela i metode tehničkih znanosti (posebno tehnologije) i nauke o organizaciji rada, bez kojih ne može uspješno obavljati svoju funkciju industrijskog i građevinskog ekonomiste.

To znači, da se tehničke i ekonomske znanosti međusobno dopunjuju i sve više povezuju, a u tom smislu treba da postupaju tehničari i ekonomisti u industrijskom i građevinskom poduzeću, kako bi postigli što bolje zajedničke rezultate.

Treba naglasiti još dvije discipline i djelatnosti, koje sve više dolaze do izražaja u poduzeću, ali koje su kao nekad tehnika i ekonomika još uvijek često odvojene i međusobno i od tehnike i od ekonomike. To su znanosti, koje se odnose neposredno na glavnog faktora proizvodnog procesa — na č o v j e k a. Dok su prije tehnika i ekonomika proučavale u prvom redu i gotovo isključivo odnose između koristi i žrtava s t v a r i (bilo u fizikalnim, bilo u novčanim jedinicama, bilo zajedno), suvremene tehničke i ekonomske znanosti treba da u prvom redu imaju na umu č o v j e k a p r i r a d u, njegove fizičke i psihičke osobine i sposobnosti, jer čovjek stvara vrijednost. I pri najmodernijim i najsavršenijim uređajima, to je danas u automaciji, čovjek je onaj koji ih projektira i izrađuje i u krajnjoj liniji njima upravlja. O skladnosti njegova rada, o umješnosti, zalaganju i volji, o utrošku njegove energije koja je brzo iscrpiva, o organizaciji rada ovisit će u određenim okolnostima korisnost proizvodnje. Tim se problemima bave danas i pomažu tehnici i ekonomici posebne discipline — medicina rada — (higijena rada) psihologija rada, odnosno specijalni industrijski liječnici, industrijski psiholozi i industrijski sociolozi.

Prema tome, i tehničar i ekonomist, te industrijski liječnik i industrijski psiholog kao i svaki član radnog kolektiva moraju svaki u određenom opsegu poznavati tehnologiju, ekonomiku i organizaciju rada, te industrijsku medicinu (higijenu rada) kao i industrijsku psihologiju, a svi zajedno društvene probleme naše stvarnosti. Drugo je pitanje u kojem će pravcu svaki od njih usmjeriti svoju aktivnost. Tehničar prvenstveno na postrojenja i izradu, ekonomist na komercijalno i financijsko poslovanje čitavog poduzeća, liječnik i psiholog na čovjeka pri radu, pravnik na pravna pitanja, ali će pri tom svi uvijek imati pred očima probleme svih disciplina. Taj rad treba da bude koordiniran, harmonički povezan sa svim aktivnostima. Svi zajedno treba da dobro poznaju društvene probleme naše stvarnosti vodeći pri tom brigu ne samo o razvoju proizvodnje i o ekonomici poduzeća već i o razvoju socijalističkih društvenih odnosa, u čemu je posebna uloga svjesnih društvenih snaga u poduzeću i ko-

* Babić, Š., *Uvod u ekonomiku poduzeća,* Zagreb, 1959, str. 9. O ovoj temi održavao je autor kratko predavanje prigodom otvaranja postdiplomskog studija o tehnici i ekonomici automatizacije.

** ibidem

muni. Oni će na taj način naći zajednički jezik i tek onda će moći kolektivnim radom postići što bolje ekonomske rezultate i pojedinca i poduzeća.

Nastojanje, da tehničari i ekonomisti već u fakultetskom studiju nađu zajednički jezik došlo je do izražaja prvi puta u našoj zemlji u *postdiplomskom studiju* (studiju III stupnja) iz područja automatizacije. Taj je studij organizirao, na incijativu sveuč. prof. dr Dušana Čalića — Elektrotehnički fakultet u kooperaciji s Ekonomskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu pod nazivom »Tehnika i ekonomika automatizacije«. Studij je počeo oktobra prošle godine, a trajat će 4 semestra. Slušači su inženjeri i diplomirani ekonomisti, matematičari i fizičari.

U studiju automatizacije kao logičnom tehničko-ekonomskom razvoju i njenoj pravilnoj primjeni u praksi treba da proučavamo kojim i kakvim automatskim uređajem možemo prema potrebama tržišta povećati proizvodnju uz što bolji kvalitet proizvoda, uz što veću uštedu ljudske i pogonske energije, materijala i vremena i uz što veću sigurnost pri radu, te time postići nižu cijenu koštanja i stvarati uvjete za sniženje prodajne cijene, a time i povećanje životnog standarda.

To znači primijeniti novu tehniku po načelu proizvodnosti, ekonomičnosti i rentabilnosti pri čemu, ponovno naglašavamo, treba posebnu pažnju posvetiti faktoru »čovjek« kao proizvođaču i potrošaču. Prema tome automatizacija sadrži, kako je to istaknuto već prigodom svečanog otvaranja studija, skup tehničkih i ekonomskih problema, a studij automatizacije se sastoji iz tehničkih, ekonomskih i psihofizioloških disciplina, na temelju čega je i stvorena osnovna koncepcija postdiplomskog studija. Prema nastavnom planu inženjeri i ekonomisti slušaju najprije odvojeno neke predmete (inženjeri ekonomske, a ekonomisti tehničke), a zatim ostale predmete zajednički.

Primjer ovog postdiplomskog studija neka posluži u daljoj razradi i usavršavanju nastavnih planova i programa tehničkih, ekonomskih, pravnih i medicinskih fakulteta i psiholoških studija. Tehničarima znatno više ekonomskih, a ekonomistima znatno više tehničkih znanja!

Nadajmo se da će ovakav studij što užom suradnjom nastavnika, slušača i naše privrede u spomenutom smislu dati rezultate koje društvo i naša privreda očekuju.

Prof. ing. Dragutin Domainko
Ekonomski fakultet, Zagreb

Križanje dalekovoda napona 400 kV i rijeke Temze

U augustu 1959. započeta je, a u oktobru 1961. završena izgradnja križanja dalekovoda 400 kV i rijeke Temze, u blizini elektrane West Thurrock (Essex) koja se nalazi na lijevoj obali, dok je na desnoj obali Swanscombe (Kent).

Film o tome prikazan je na kongresu Jugoslavenskog Nacionalnog Komiteta CIGRE 1962. u Budvi.

Zasada se ovo križanje uklapa u mrežu napona 275 kV (»supergrid«), koja se mreža u nastavku kod Dungenessa povezuje kabelom s francuskom mrežom visokog napona. Povezivanje francuske i engleske mreže opisano je u Energiji 1962, br. 3—4.

U ovom se članku daju ukratko tehničke pojedinosti.

Uprava Londonske luke postavila je zahtjev da najniži vodiči budu iznad najviše vode najmanje 76 m, na osnovu iskustva da je dosada najveća visina broda u londonskoj luci iznosila 67 m.

Temza je na mjestu križanja široka 1250 m, što je uvjetovalo visinu nosnih stupova od 192 m. Dana je skica uzdužnog profila križanja, iz koje se vidi da se križanje sastoji od dva visoka nosna stupa i od dva zatezna stupa, visine 44 m.

Raspon između nosnih stupova iznosi 1371 m, a raspon između nosnog i zateznog stupa 487 m. Ukupna dužina prijelaza je 2346 m. Udaljenosti između stupova određene su teodolitom točnošću od 76,2 mm. Stupovi su iskolčeni u pravcu točnošću od 6,35 mm, a mjerenja su vršena noću uz pomoć fluorescentnih cijevi.

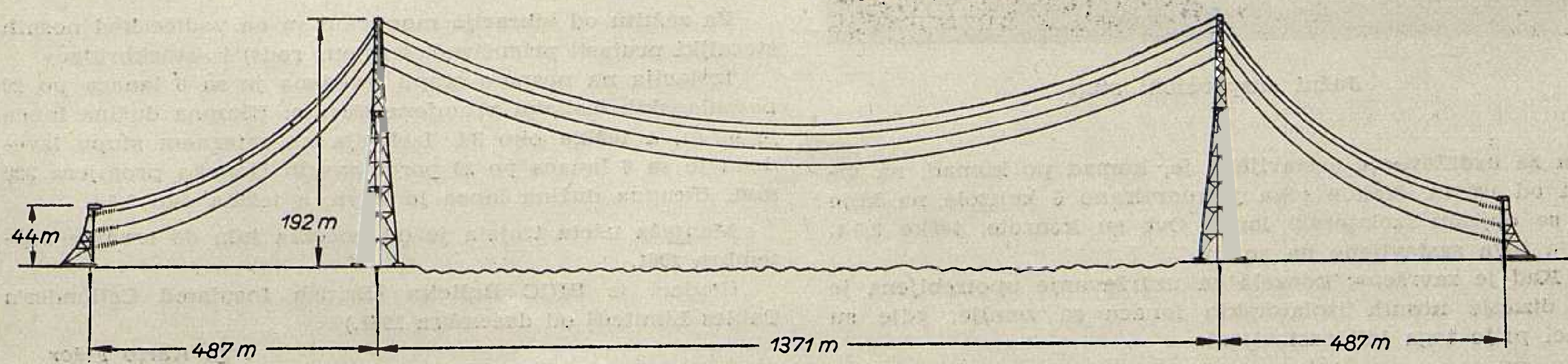
Zbog male nosivosti tla moralo se temeljenje za sva četiri stupa izvršiti betonskim pilotima. Ispod svake noge nosnih stupova zabijeno je 30 armiranih betonskih pilota i to na sjevernoj obali na dubinu od 12 m, a na južnoj obali na dubinu od 13,8 m. Svaki zatezni stup temeljen je na 99 pilota, zbog odupiranja momentu prevrtanja uslijed vlaka vodiča i zaštitnog užeta.

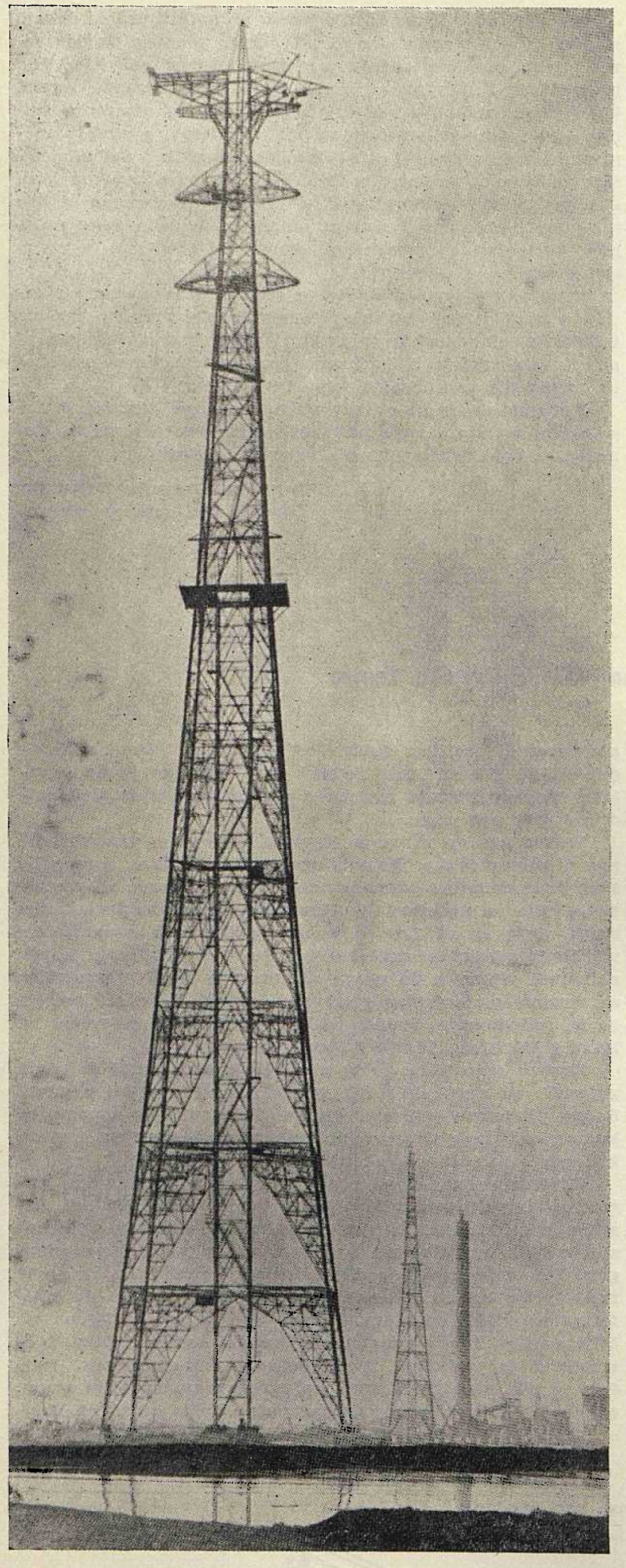
Težina nosnog stupa je 436 tona, uglavnom visokovrijednog profilnog čelika. Širina stupa na dnu je 30 m, a na vrhu 3 m. Predviđene su permanentne radne platforme, zbog olakšanja rada na uzdržavanju. Konzole za uzdržavanje na vrhu stupa, duže su za 3 m od konzola na kojima su zavješeni vodiči. Kvadratni centralni dio stupa, širine 4,5 m, u kojem se nalaze stepenice do visine od 114 m, je šupalj i predviđen za dizanje unutar stupa rezervnih dijelova i opreme potrebne za uzdržavanje. Stalna dizala predviđena su na visini od 114 m i 170 m za dizanje i spuštanje dijelova.

Zatezni stup težak je 99 tona. Na strani prema križanju pojasnici su vertikalni, dok su na stražnjoj strani nagnuti. Radne platforme su stalni dijelovi konstrukcije, a pomoćne konzole su predviđene za nošenje strujnih mostova između križanja i nastavka dalekovoda.

Gradnja svakog nosnog stupa počela je podizanjem centralnog dijela stupa, čija visina iznosi 38 m. Na taj dio stupa montirana je igla visine 24 m, pomoću koje je podignut slijedeći dio stupa visine 19 m. Dizalica je premještena zatim gore i pomoću nje je podignut slijedeći dio stupa visine 19 m. Na ovaj se način nastavilo, dok se nije stiglo do platforme na visini od 114 m. Nakon toga je igla obješena na čelična užeta i osigurana na pojasnicima stupa i tako upotrebljena za podizanje preostalog dijela konstrukcije. Najteža je bila montaža konzole za uzdržavanje na vrhu stupa, za što je bila potrebna dodatna igla na visini od 180 m. Kon-

Profil križanja Temze kod Londona





Južni suspenzioni stup

zola za uzdržavanje sastavljena je, komad po komad, na visini od 190 m. Nakon toga je montirano 6 konzola na koje će se objesiti izolatorski lanci. Ove su konzole, teške 2,5 t, prije toga sastavljene na zemlji.

Kad je završena, konzola za uzdržavanje upotrebljena je za dizanje nosnih izolatorskih lanaca sa zemlje, gdje su lanci prije toga bili sastavljeni.

Dva dizala su služila na svakom stupu za dizanje ljudi i materijala, a brzina dizanja iznosila je 12 do 15 m u minuti.

Alučelična užeta sastoje se od čelične jezgre promjera 3,352 mm od 90 žica promjera 3,024 mm. Aluminijski plašt sastoji se od 74 aluminijskih žica promjera 3,373 mm, koje su raspoređene u dva sloja i od jednog sloja koji se sastoji od 37 aluminijskih žica segmentnog presjeka 17,16 mm². Segmentnim presjekom žica postiže se glatka površina užeta i reducira aerodinamični efekat u velikom rasponu. Ukupni promjer užeta iznosi 56,236 mm.

Za montažu užeta bio je postavljen zahtjev da užeta ne smiju dotaknuti zemlju ili vodu ni u kojem slučaju, zbog opasnosti od korozije ili oštećenja. Nadalje je iz istih razloga za vrijeme montaže bilo zabranjeno pričvršćenje stezaljki ili uređaja za vučenje na vodiče. Zato su upotrebljena kod montaže dva čelična užeta koja su položena kroz rijeku pomoću broda.

S upravom Londonske luke postignut je sporazum da se plovidba između dva stupa obustavi u trajanju od četiri sata, kako bi se omogućilo da se izvuku oba čelična užeta i polože preko sva četiri stupa. Jedno čelično uže predviđeno je kao fiksno nosivo uže za vođenje niza vješalica, koje služe za razvlačenje užeta, dok drugo pokretno čelično uže služi kao vučno.

Fiksno nosno čelično uže promjera 31,75 mm, položeno je na koture, preko sva četiri stupa, i učvršćeno na zemlju pomoću koloturnika iza svakog zateznog stupa. Uzduž ovog užeta i neznatno iznad ovoga bilo je postavljeno čelično vučno uže, promjera 14,287 mm, koje je imalo dvostruku dužinu prijelaznog polja i bilo je spojeno s odgovarajućim vitlima, koja su se nalazila iza zateznih stupova. Svaki vodič bio je položen u male kožom obložene koture, pričvršćene na kraju 3 m dugih vješalica, koje na gornjem kraju imaju dva kotura, pomoću kojih se pomiču po fiksnom nosivom užetu. Ovi se koturi spajaju s vučnim užetom. Vodič (odnosno zaštitno uže) razvlači se malom vlačnom silom.

Vješalice su bile međusobno udaljene 24 m, te ih je trebalo skinuti pred nosnim stupovima i opet postaviti iza nosnih stupova. Za pridržavanje vodiča kod nosnih stupova i zbog olakšanja da se vodiči kasnije spuste u svoj konačni položaj spuštena je od vrha nosnih stupova, ispod vučnog užeta, konstrukcija (montažna bina) sa dva kotura, obložena kožom, promjera 1,5 m, na međusobnoj udaljenosti od 7,9 m, koji se nalaze na krajevima konstrukcije.

Vodič namotan na bubanj, koji se je nalazio iza sjevernog zateznog stupa, spojen je pomoću vješalica s vučnim užetom, koja su zatim zajedno vučena na južnu stranu. Vodič je polagan postepeno u male koture vješalicama.

Kad je prednji kraj svakog vodiča došao do drugog zateznog stupa, izvršeno je zatezanje na oba kraja da se vodič oslobodi od vješalica. Zatim je vodič spušten, pomoću prije spomenute konstrukcije kod nosnih stupova, u svoj konačni položaj, pošto je podešen provjes. Montažna opterećenja iznosila su 30 do 35 tona po vodiču. Šest vodiča i zaštitno uže mogu zajedno proizvesti radno opterećenje na zatezne stupove od 301 tone.

Nakon montaže svakog pojedinog vodiča, vješalice su vraćene na svoja početna mjesta, kao priprema za slijedeći vodič iste trojke. Vodiči jedne trojke montirani su slijedećim redoslijedom: donji, srednji, gornji. Nakon dovršene montaže prve trojke, vučna užeta su premještena u slični položaj, na stupove, iznad druge trojke. Kad je i to bilo završeno, vučna su užeta pomaknuta u sredinu stupova, zbog montaže zaštitnih užeta. Montaža je trajala približno jedan tjedan za jedan vodič. Svi radovi su vršeni uz pomoć vrlo visokih radiofrekvencija.

Za zaštitu od vibracija montirani su na vodiče kod nosnih stezaljki prutasti prigušivači (armour rods) i »stockbridge«.

Izolacija na nosnom stupu izvedena je sa 6 lanaca po 20 porculanskih članaka promjera 350 mm. Ukupna dužina lanca je 6,7 m, a težina oko 3 t. Izolacija na zateznom stupu izvedena je sa 8 lanaca po 20 porculanskih članaka promjera 320 mm. Ukupna dužina lanca je 7,4 m, a težina oko 3,5 t.

Montaža užeta trajala je od početka jula do sredine septembra 1961.

(Podaci iz BICC Bulletin [British Insulated Callender's Cables Limited] od decembra 1961.)

Ing. Karlo Fišer

Osobine investiranja u godini 1962.

Investiranje u elektroenergetska postrojenja na području Hrvatske ima u 1962. slijedeće karakteristike:

1. Stavljanje u pogon Toplane Zagreb;
2. Puni razvoj glavnih građevinskih radova na gradilištima HE Dubrovnik i HE Senj;
3. Opada apsolutni iznos i procentualno učešće Općeg investicionog fonda u izgradnji elektroenergetskih objekata na području Hrvatske u odnosu na godinu 1961;
4. Republički investicioni fond nije u 1962. odobrio nikakva nova sredstva za izgradnju elektroenergetskih postrojenja;
5. Ulaganja iz kotarskih investicionih fondova daleko su manja nego u 1961;
6. Iako ulaganja izravnih interesenata u procentualnom odnosu pokazuju izvjestan porast, po apsolutnoj visini uloženih sredstava i kod ove grupe je u 1962. došlo do osjetnog pada visine ulaganja.

Ulaganja u elektroenergetska postrojenja na području Hrvatske u 1962. pokazuju se i naturalno i financijski manja nego u 1961. Ulaganja iz OIF-a manja su za otprilike 28 % u odnosu na 1961, a ulaganja iz RIF-a i KIF-a otprilike za polovinu. Veća ulaganja nego prethodne godine pokazuje jedino grupa elektroprivrede zajedno s industrijom.

Kao značajan događaj za elektroprivredu Hrvatske iz 1962. treba u prvom redu spomenuti stavljanje u pogon Toplane Zagreb. Na žalost ovaj objekat ne može još zasad davati pune efekte zbog kojih je građen, jer zbog zakašnjenja u izgradnji toplinske mreže mora raditi kondenzaciono, što je nepovoljno.

Drugi događaj iz 1962. važan da se spomene, ne toliko po svom značenju za elektroprivredu koliko po izuzetnim naporima da se jedan objekat izgradi u najkraćem mogućem vremenu i pod nepovoljnim okolnostima, jest stavljanje u pogon dalekovoda 220 kV Vinodol—Matulji, koji je izgrađen u roku od približno 2 mjeseca. Zbog ovako forsirane izgradnje poskupili su neki radovi, što je dovelo do još uvijek spornih gledišta Banke i investitora u pogledu visine investicionih ulaganja.

Radovi na dva najkrupnija elektroprivredna objekta na području NRH, tj. na izgradnji HE Senj i HE Dubrovnik odvijali su se u 1962, u cjelini uzevši, povoljno. Kod HE Senj ostaje i nadalje otvoreno pitanje žalbe investitora povodom utvrđene visine potrebnih investicionih ulaganja. Isto tako i pitanje građevinske mehanizacije nije još dosad riješeno. Kod HE Dubrovnik postoji ozbiljna opasnost da zbog velikog zakašnjenja radova na nekim objektima izvan područja naše Republike, tj. na području investitorskog pogona HE Grančarevo dođe do znatnog zakašnjenja u puštanju u pogon ove hidroelektrane. Djelomično kasni isporuka opreme.

Stagniranje u izvedbi prijenosne mreže 110 kV, konstatirano i u prethodnim godinama, nastavljeno je i u 1962. Dapače ova stagnacija izaziva sve veću zabrinutost. Iako su ulaganja u ova postrojenja u 1962. znatno veća nego u 1961, kritičnost i potreba hitne izgradnje nekih prijenosnih postrojenja 110 kV sve je veća iz godine u godinu, a mogućnosti izgradnje s obzirom na sredstva sve su manja. Propisano visoko učešće (80 %) kod izgradnje ovih objekata posebno će još znatno otežati mogućnosti izgradnje. Kao što je poznato, elektroenergetska postrojenja, tj. novi izvori električne energije i prijenosna postrojenja 220 kV i 110 kV, gradila su se dosad iz OIF-a bez učešća. U drugoj polovini 1962. najavljeno je međutim, a kasnije i ostvareno, da će se učešće tražiti i kod izgradnje elektroenergetskih objekata koji su se dosad gradili iz OIF-a bez učešća. Iako je načelno ispravno tražiti učešće i u izgradnji elektroenergetskih objekata, nužno je bilo ovom problemu prići postepeno i s istovremenim rješavanjem pitanja osiguranja sredstava za učešće. Ovako je međutim elektroprivreda stavljena u izuzetno težak položaj, jer joj nedostaju sredstva za učešće i za najhitnija i neodgodiva ulaganja.

Srednjenaponska mreža je u 1962. također spadala u one vrste elektroenergetskih postrojenja, čija je izgradnja opala u odnosu na prethodnu godinu. Već je spomenuto da iz RIF-a u 1962. nisu odobrena nikakva nova sredstva za izgradnju distributivne srednje naponske mreže (izuzevši bivši kotar Gospić koji je iz kvote za nerazvijene krajeve odobrio izvjesna sredstva RIF-a u tu svrhu), pa iskazani utrošci iz RIF-a u 1962. predstavljaju ostatke utrošaka po odobrenim učešćima iz prijašnjih godina. Kotarski i općinski fondovi također su se u 1962. znatno manje angažirali u izgradnji ove mreže nego ranijih godina. Povećana ulaganja elektroprivrede nisu mogla kompenzirati manja ulaganja iz već spomenutih izvora.

Visina ulaganja i naturalni obim izgrađenih postrojenja 10 kV i niskonaponskih postrojenja bio je u 1962. oko 8 % manji nego u 1961. S obzirom na znatno manja ulaganja općenito, a posebno u srednjenaponsku mrežu, ovaj podatak je u izvjesnoj mjeri logična posljedica općeg kretanja novih investicionih ulaganja.

Bilanca utrošaka u 1962. u milijardama dinara je slijedeća:

Vrste postrojenja		*Izvori*	
Hidroelektrane	11,2	Opći investicioni fond	14,6
Termoelektrane	1,7		
Vodovi i stanice 220 kV	1,7		
Vodovi i stanice 110 kV	1,4	Republički investicioni fond	0,2
Vodovi i stanice 30—35 kV	1,1	Elektroprivreda, investiranja, samodoprinos i lokalni fondovi (KIF i RIF)	7,2
Vodovi i stanice 10 kV	2,5		
Niskonaponska mreža	2,4		
	22,0		22,0

Veličina i broj postrojenja, stavljenih u pogon 1962. je slijedeći:

Toplana Zagreb	snaga	64 MW
	proizvodnja el. energije	325 GWh
	proizvodnja pare	
	a) tehnološke	600.000 t
	b) za grijanje	200.000 t
Jedan dalekovod 220 kV, u dužini		33 km
Jedan dalekovod 110 kV, u dužini (NRH)		65 km
Tri transformatorske stanice 110 kV		60 MVA
8 dalekovoda i kabela 30—35 kV, u dužini		73 km
5 transf. stanica 30—35 kV		37 MVA
Vodova i kabela 10 kV		799 km
Transf. stanica 10 kV		449 kom
Vodova i kabela 0,4 kV		1.284 km
Novih potrošača oko		58.000

U postrojenjima koja ostaju u studiju i izgradnji koncem 1962. zadržavaju se još neaktivirane investicije u visini od 23,3 milijarde dinara. Ova brojka približno odgovara onoj iz konca 1961, a nešto je veća od visine aktiviranih elektroprivrednih investicija u toku 1962, što je pozitivno. Pretežan dio neaktiviranih sredstava odnosi se na HE Senj i HE Dubrovnik.

Odjel za elektrifikaciju ZEPH

Od Gospića do Senja

Zapisi i zabilješke o gradnji hidroelektrane Senj

O vodama Like

Povijesni spisi govore o zamjernom blagostanju i kulturnim dobrima Like u srednjem vijeku prije turskih provala. No čim se čovjek otjeran višom silom morao povući, priroda koja je jača od ljudskih ruku, dala je kraju svoj biljeg divljine i neimaštine. Lika je planinsko područje, a njene gore nisu pitome. Obrasle ih guste mrke šume iz čijih obronaka proviruju, jedna za drugom, kraške stijene osebujnih oblika, da konačno poput neprelaznog bedema zatvore horizont svojim neprekidnim lancima iza kojih se ukazuju sveđ nove i nove gromade litica. To su obje Kapele, Mala i Velika, prednji i istočni bastion velebitskog masiva. Sam Velebit je suvereni gospodar života Like. Jedva deset kilometara ptičjega leta dijeli ličke obronke od mora, ali Velebit zadržava njegov topli dah i daje čitavom kraju svoj biljeg! Dugotrajni duboki snijezi hrane svakoga proljeća bujice što ugrožavaju rijetke plohe plodne zemlje.

I te vode, koje na mjestima pružaju najveličanstveniju sliku, što ju je priroda uopće mogla ostvariti na zemlji, negdje vodopadi, negdje brzice, negdje kristalno čista gorska jezerca, negdje tajanstvene ponornice, privlačile su godinama, a i još uvijek privlače, pažnju estetičara, ali i ekonomista. Od Plitvica do Švice i dalje kroz prodoline sve do mora.

Pedesetogodišnjica prve koncesije za gradnju hidroelektrane Senj

Nije nam pri ruci dokument na temelju kojeg je i kakvog projekta kr. Županijska oblast u Gospiću izdala dne 20. lipnja 1911. pod brojem 12890, vodne knjige broj LVII-84, dioničkom društvu »Adriatique électricité« na Sušaku *»Dozvolu za porabu vode rijeke Gacke u hidroelektrične svrhe«*.

Činjenica je da je koncesija izdana, ali da taj projekt nije bio temeljito raspravljen, a pogotovo da nije vodio mnogo računa ni o javnim ni o privatnim interesima, jer mu je stavljeno mnogo prigovora. Zainteresirani pojedinci, općine i ustanove osjetile su se tim projektom ugroženima i prikraćenima, pa su, izgleda, zatražile reviziju. Neki su od postavljenih zahtjeva bili pomalo i pretjerani, kao npr. zahtjev općine Otočac, koja je od društva tražila, da joj mora, ako želi da mu se izda koncesija, sagraditi u Otočcu čak tri tvornice.

Sve u svemu posljedica je tih prigovora bila, da je na traženje Županijske oblasti bio na 24. travnja 1913. održan u zgradi Općinskog poglavarstva u Otočcu sastanak svih zainteresiranih stranaka, na kojem je provedena temeljita rasprava o svačijim zahtjevima i prigovorima.

Rezultat te rasprave bio je, da je kr. Županijska oblast stavila koncesiju od 20. VI 1911. van snage i pod brojem 16678 od 6. kolovoza 1913. donijela novu, temeljito dokumentiranu, »Odluku«, odnosno »Osnovnu dozvolbenu ispravu«, kojom se dioničkom društvu »Adriatique électricité« na Sušaku »dozvoljava da može od rijeke Gacke u kotaru otočkom, županije Ličko-krbavske popriečno sekundno dvanaest kubičnih metara vode odvoditi za pogon hidroelektrične naprave«.

U koncesiji, koja ima 25 tačaka, detaljno je izloženo sve što ima društvo izgraditi, gdje i komu što isplatiti. Koncesiji je priloženo 15 isprava razne tehničke dokumentacije.

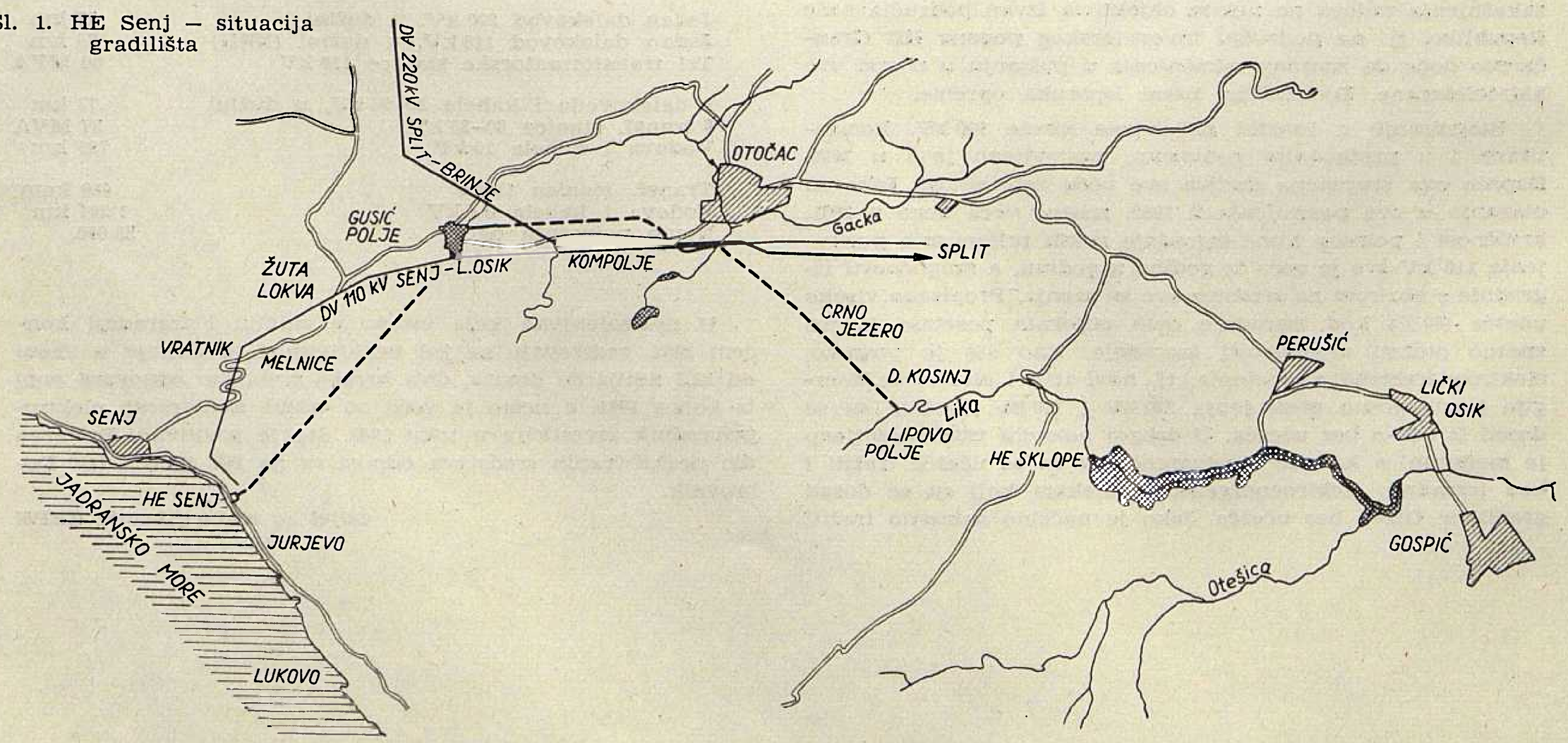
I sve bi, izgleda, bilo krenulo, da nije u srpnju 1914. buknuo prvi svjetski rat, koji je pomeo i mnoge druge osnove, pa tako i gradnju hidroelektrane Senj.

Od tada je prošlo blizu pola stoljeća i stvar je pala skoro sasvim u zaborav. Ponekad se, doduše, o njoj i govorilo, ali su prilike bile tako nesigurne, a investicije tako goleme, da se u to nije nitko usudio upuštati.

Što je sve predvidjala prva koncesija izdana prije 50 godina

Na velikoj javnoj raspravi održanoj u općinskoj kući u Otočcu 24. travnja 1913. bilo je prisutno 25 predstavnika općina, kotara i drugih državnih oblasti i čitav niz privatnih interesenata iz Otočca, Švice, Brloga, Kompolja, Vlaškog po-

Sl. 1. HE Senj — situacija gradilišta



Sl. 2. HE Senj — gradilište. Grabova (strojarnica, rasklopište i komanda)

lja, Brloške Dubrave, Drenova Klanca i dr. Od strane županije bio je prisutan podžupan Ivan pl. Vuchetich, a od strane dioničkog društva »Adriatique électricité« dr Dragutin Halmoš i Ladislav pl. Krajacz, t ravnatelj Dragutin pl. Grosschmid nadinžinir i Dragutin pl. Kakujy iz Budimpešte kao tehnički savjetnik elektrana grada Trsta.

Zastupstvo Upravne općine Otočac, koje nije od društva moglo ishoditi tri tvornice, sada u svom pismenom prigovoru tvrdi »da bi naumljeno poduzeće bilo na općenitu štetu naroda, a ne na korist«, te kaže da bi se naumljenom vodogradnjom oduzele Švici mnoge livade kao i ponori i gorići i da odšteta za oduzete livade neće odgovarati trajnoj koristi, koju narod sada ima od tih livada. Isto bi se tako tom vodogradnjom mnoge mlinice u Švici oduzele radi čega bi nastala trajna šteta po narod.

Najkonkretniji je bio župnik Ibel, koji traži da se 30.000 kruna, koje se društvo obavezalo davati za zemaljsko-kulturne svrhe, dade za školske svrhe na području zainteresiranih općina i to 15.000 za pučke škole općine Otočac, a 15.000 za pučke škole općina Sinac, Škare, Brlog i Sv. Juraj. Ujedno zahtijeva da se zajamči, da će se kod ovoga poduzeća namjestiti samo domaći sinovi u svojstvu stalnih namještenika.

Konkretna je bila i općina Sv. Juraj, koja zahtijeva: odštetu za oduzeta zemljišta; 50 % popusta za svu preuzetu energiju; osiguranje vode, ako bi se dokazalo, da su uslijed izgradnje kanala vrela u primorju presušila i da se u prvom redu zaposle domaći radnici.

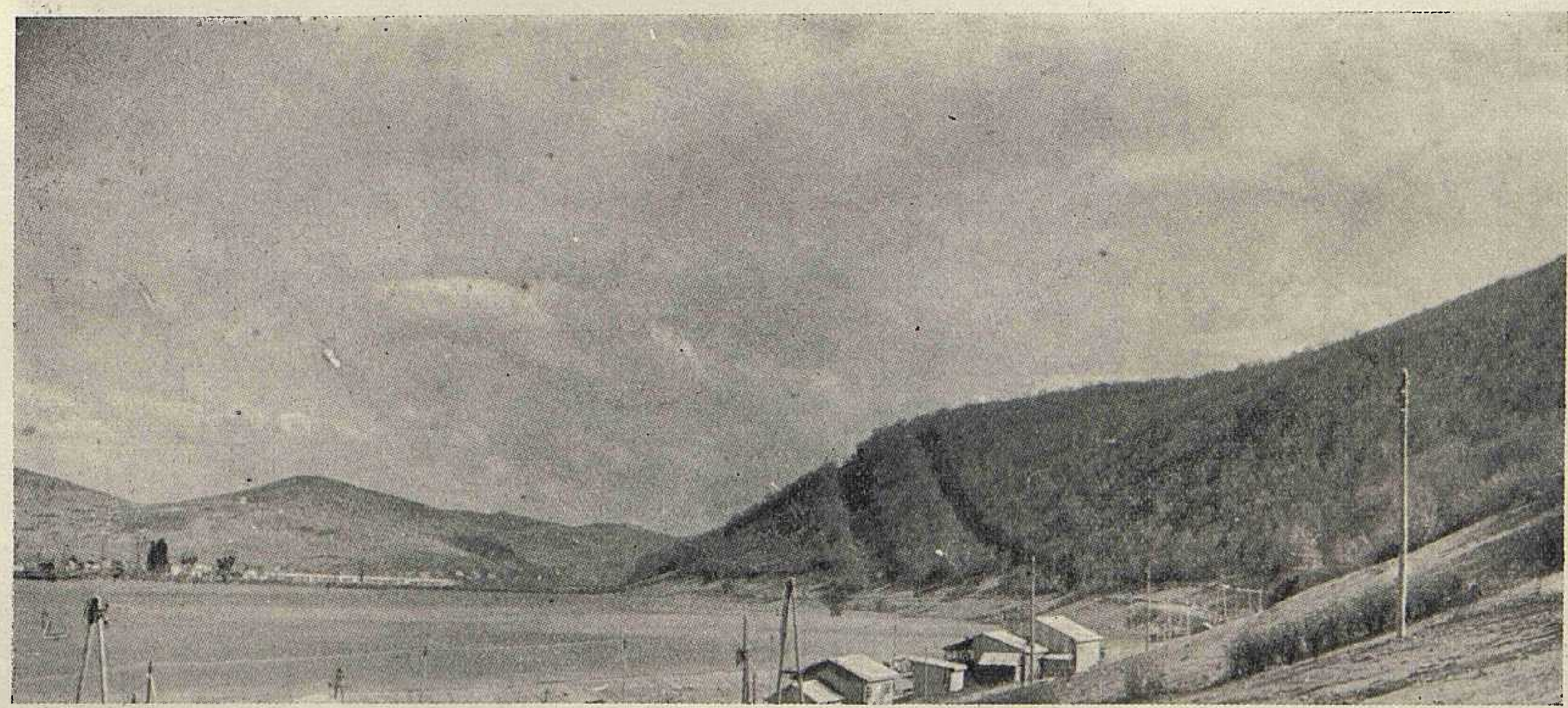
Nakon te velike rasprave koja je izgledala kao neka narodna skupština slijedila je *»Odluka o porabi voda Gacke za hidroelektričnu napravu«* društvu »Adriatique électricité«, odnosno *»Osnovna dozvolbena isprava«*, koju je pod brojem 16678 dne 6. kolovoza 1913. izdala kr. Županijska oblast u Gospiću.

Ova »Dozvolbena isprava« u prvom redu stavlja van snage koncesiju izdanu 20. VI 1911. pod brojem 12890.

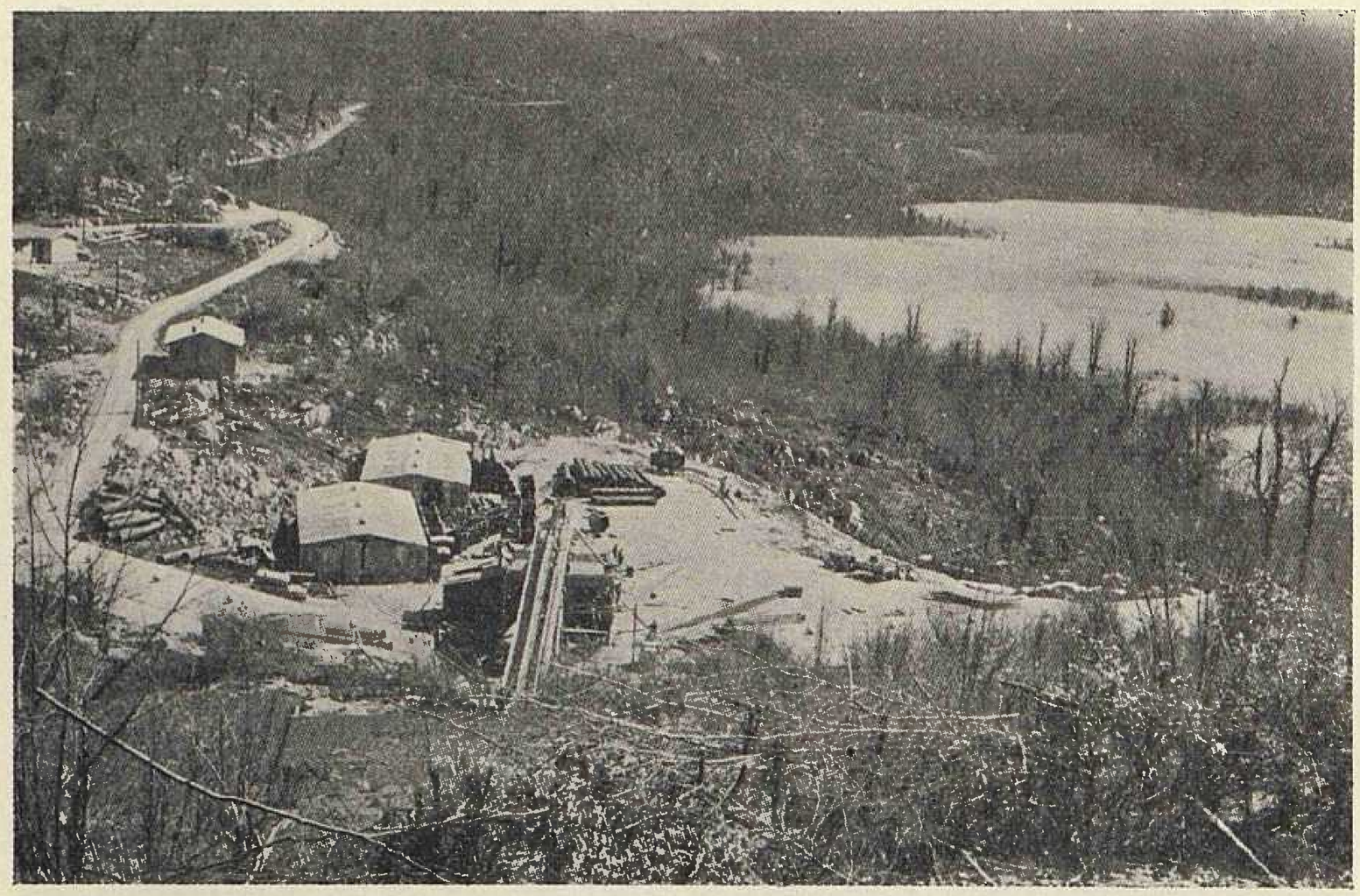
Iza toga fiksira sve dužnosti i sva prava koncesionara. Zatim navodi što će se sve izgraditi i citira doslovce:

I Na potoku Gacka

a) Začepljenje ponora na takovim mjestima, gdje se voda gubi, kao na sjevernom rukavu potoka Gacke između Otočca i Trkljica tako da će se 400 do 1000 lit/sek. vode konstantno bez znatnijeg ,gubitka moći odvoditi.



Sl. 3. HE Senj — gradilište na Gusić-polju kod Brloga (ulazni uređaj glavnog dovodnog tunela i područje bazena Gusić-polje)



Sl. 4. HE Senj – srednje napadno okno tunela Lika–Gacka kod Crnog jezera

Ponori će se tako preurediti, da može kod visokog vodostaja jedan dio suvišne vode ponirati u postojeće ponore uz Gacku.

b) Regulatorna splavnica pod kamenim mostom kod Otočca u svrhu otpuštanja 400 do 1000 lit/sek. vode u sjeverni ogranak potoka Gacke prema Brlogu.

c) Regulatorna splavnica na poljičkom rukavu u svrhu natapanja livada u Poljicu, dočim će se ponor na ogranku Gacke u Poljicu zatvoriti.

d) Izvedba odbojne splavnice u Švici između mlinova sa potrebnim vodobranama, ustavama i ugradbama za utok vode u umjetni kanal, vodeći uz desnu obalu Švičkog jezera.

II Prorovi i zemljoradnje

Gornji vodovodni kanal i prorov dimenzionirani su tako da tim vodotokom 12 m³ vode na sekundu protjecati može.

Gornji vodovodni kanal sastoji se iz slijedećih dijelova:

a) Priključni otvoreni gornji kanal u duljini od 5124 m s jednim preljevom za suvišnu vodu, a na kraju kanala će se napraviti jedna sprema za talog, te jedna regulatorna splavnica.

b) Naprava za otpuštanje vode na dnu pri zapadnom kraju Švičkog jezera koja se sastoji iz splavnice spojnog prorova, kamo će padati voda 15 m visoko sa gornjeg priključnog kanala, preljev vodovoda sa odvađajućim prorovom u najbliži ponor.

c) Izgradnja jedne pomoćne strojarnice za porabu vodopada od 15 m visine između priključnog prorova i gornjeg vodovodnog kanala s potrebitim zgradama.

d) Prorov za oduzimanje vode na koncu jezera 26 + 11 sa dva okna u tri dijela razdijeljen.

e) Otvoreni kanal u profilu 26 + 41 – 40 + 30 s jednim preljevom i s jednom rešetkom na početku velikog prorova.

f) Prorov od profila 40 + 30 — 182 + 79, na sedam mjesta posebni prorovi do terena za vađenje materijala.

Sl. 5. HE Senj – područje brane Sklope na rijeci Lici

g) Rezervoar za izjednačenje dnevne porabe vode kod profila 182 + 79 — 184 +34, koji zaprema prostor od 110.000 m³ eventualno do 300.000 m³ u nadmorskoj visini od 397 metara.

h) Tlačni prorov od prof. 184 + 34 — 188 + 74.

i) Vodena zaustava kod prof. 188 + 74 — 188 + 84.

k) Tlačni cjevovod od prof. 188 + 74 — 203 + 64.

l) Hidroelektrična strojarnica sa nuzzgradama u Vlaškoj dragi kod prof. 203 + 64 — 204 + 60.

m) Izvedba odvodne vode iz strojarnice u more.

III Umjetne gradnje u Švičkom jezeru

Tri Švička jezera do ponora bit će upotrebljena za rezervoar, koji će služiti za izjednačenje porabe vode.

Voda će biti podignuta uspornim branama do visine 438 metara iznad mora, koja visina odgovara visini mjesta za oduzimanje vode iz vodopada u Švičkom jezeru. U visini toga uspora izgradit će se preljevi, koji će biti prikladni da mogu suvišak vode odvesti u more. Osim toga će se više ponora preurediti za propuštanje vode u dnu jezera. Pomnim čišćenjem ponora polučit će se to, da će voda bolje ponirati moći. Sakupljena usporena voda u jezeru služit će u suhim periodima godine za pokriće manjka vode, tako da će se moći kroz čitavu godinu 10 do 12 m³ vode odvoditi.

Da se nadoknadi potrebiti manjak vode, trebat će na zapadnom kraju jezera spomenutom napravom za oduzimanje vode otpustiti u vodovodni prorov toliko vode, koliko će manjkati do 10.000 m³.

Ostale radnje koje se imaju izvesti u Švičkom jezeru jesu slijedeće:

a) začepljenja manjih ponora na dnu jezera;

b) ograđenje i čišćenje većih ponora, izvedenje priključnih prorova i preljeva sa propustima na dnu takovih ponora;

c) pregradni zidovi, preljevi sa splavnicom na zapadnom kraju jezera ispred velikih ponora;

d) uređenje cijelog dna jezera potrebnim betoniranjem da Švičko jezero može služiti za nepropusni rezervoar.

e) spajanje svih triju jezera međusobno sa prokopima na dnu jezera.

IV Dalekovod za prenašanje električne energije

a) Od Vlaške drage preko Senja, Novoga, Selca, Crikvenice, Kraljevice, Bakra na Sušak;

b) od Sušaka na Rijeku, Trst te okolicu Istre;

»... razumijeva se samo sobom, ako bude u pogledu Trsta i okolice Istre polučena dozvola nadležnih austrijskih oblasti«.

V Sjegurnosne radnje

Da se predusretne oskudici pitke vode te nepredvidivim štetama, koje bi eventualno mogle nastati od tuda, što će se u sjeverni ogranak Gacke samo 400 lit/sek. vode u ljetno doba odvoditi, imat će koncesionar splavnice kod kamenog presvođenja mosta u Otočcu urediti tako, da će se moći i veća količina vode do 1000 lit/sek odvoditi u sjeverni ogranak Gacke prema Brlogu. U ovom slučaju treba također korito potoka Gacke urediti tako da se voda u njemu ne gubi.

Dozvoljava se ipak koncesionaru da može svu suvišnu vodu iz Vlaškog polja, koja bi se inače u ponore gubila, odvoditi tlačnim vodovodom kroz postojeći prorov Vlaškog polja i Crnog Kala, te na zgodnom mjestu priključiti u otvoreni odvodni kanal između profila 26 + 1 do prof. 30 + 00.

Duljina tlačnog cjevovoda iznosila bi pp. 3500 metara. Razlika u visini je 5 m, pad bi bio 1,43 %.

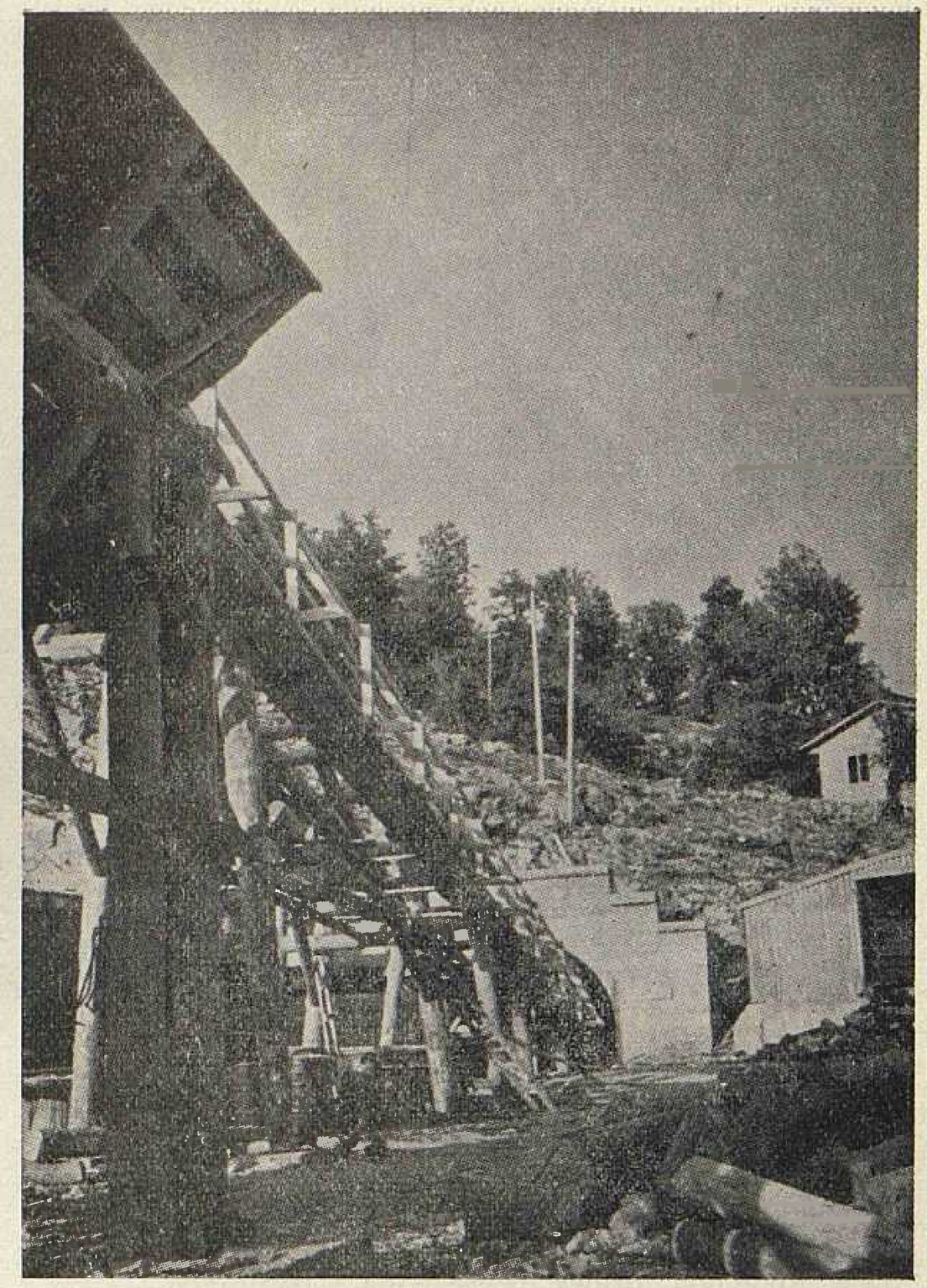
Privremene definitivne radnje u Švici na kanalima, na prorovima i na obali morskoj, koje su potrebne za ove gradnje. Između ovih moraju se spomenuti: putevi, ceste, žične željeznice, dalekovodi, uspinjače, vodovodi, male željeznice, kuće, daščare, skladišta, odvodni kanali itd.«

Daljnje 22 točke ove »Dozvolbene isprave« predviđaju detaljno sve moguće obaveze, koje je koncesionar dužan izvršiti.

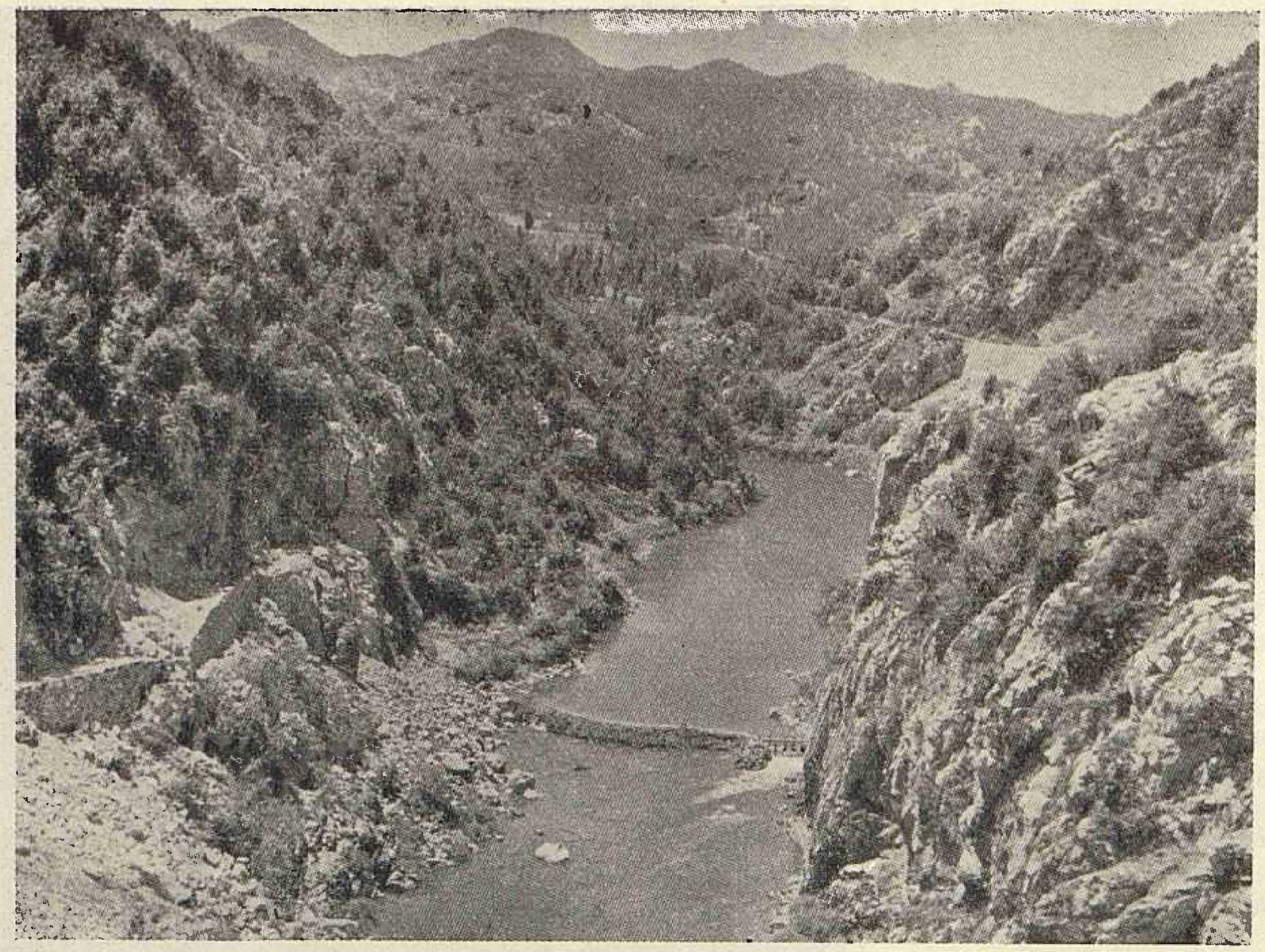
»Tako je dužan:

radove započeti najkasnije u roku od godinu dana i u tom roku otkupiti prava služnosti za nekretnine za koje ne bi mogao steći pravo izvlastbe;

sve radove i građevine izvesti valjano i solidno od dobra gradiva, te jamči za sve štete, koje bi nastale preinakom stanja od njegovih radnja i vodograđevina;



Sl. 6 i 7. HE Senj — Napadna okna kod ulaza u tunel



Sl. 8. HE Senj – područje brane Sklope na rijeci Lici

sva mjesta koja bi odvodom rijeke Gacke ostatala bez pitke vode opskrbiti dovodima ili bunarima i vodospremama. Utvrđeno je i koliko litara vode otpada dnevno na svakog čovjeka, svako živinče veliko i malo (na čovjeka 50 l, na konja ili govedo 100 l, na svinjče ili ovcu 10 l itd.);

dužan je dovesti potrebnu vodu i za natapanje Vlaškog polja, Kompolja, Brloga, Gusić polja i Poljica;

opskrbiti gospodarskom i pitkom vodom sva mjesta na morskoj obali na području općine Sv. Juraj, a eventualno i vrela Senjskog vodovoda;

svake godine koncesionar je dužan uplatiti za promicanje javnih, gospodarskih i kulturnih svrha 30.000 kruna u zemaljsku blagajnu u Zagrebu;

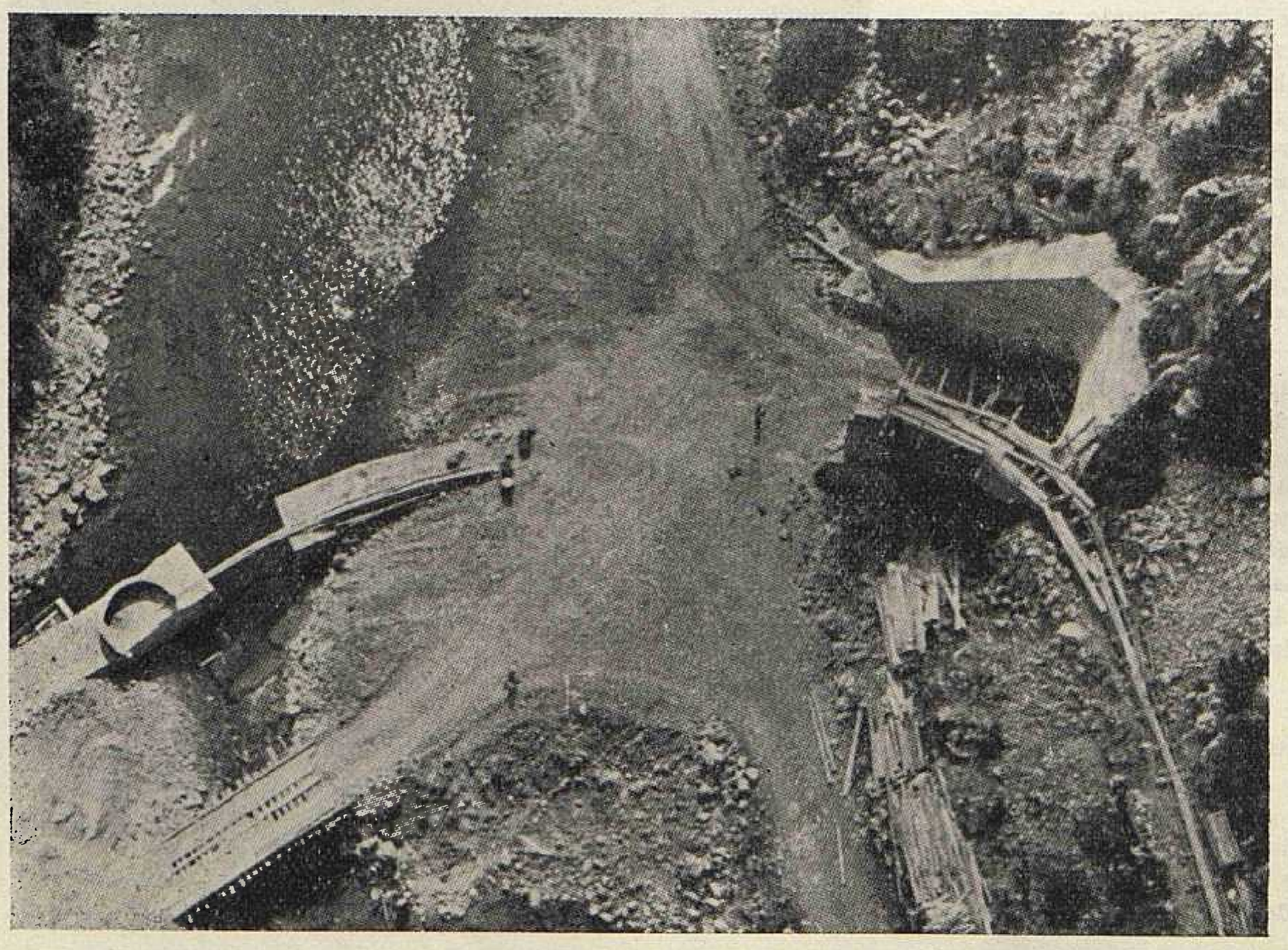
za čitavo vrijeme koncesije koncesionar mora imati svoj glavni nastan na području Kraljevine Hrvatske i Slavonije i ovdje ima biti sudbeno protokoliran kao tvrtka, a naslov društva ima biti: »Adriatique électricité« dioničko društvo na Sušaku u Hrvatskoj, a hrvatski jezik mora imati prvo mjesto na dionicama i oglasima;

električnu je energiju koncesionar dužan dobavljati u prvom redu oblastima, javnim zavodima i općinama, te za opće svrhe, a u inozemstvo ju može dobavljati samo uz privolu kr. hrv. slav. zemaljske vlade.«

Kako vidimo dozvola je vrlo savjesno obrađena i ne može se reći da nije vodila računa o općim interesima, pa se u obrazloženju naglasuje da je »izvedba ovog projekta od velike narodno gospodarske koristi«.

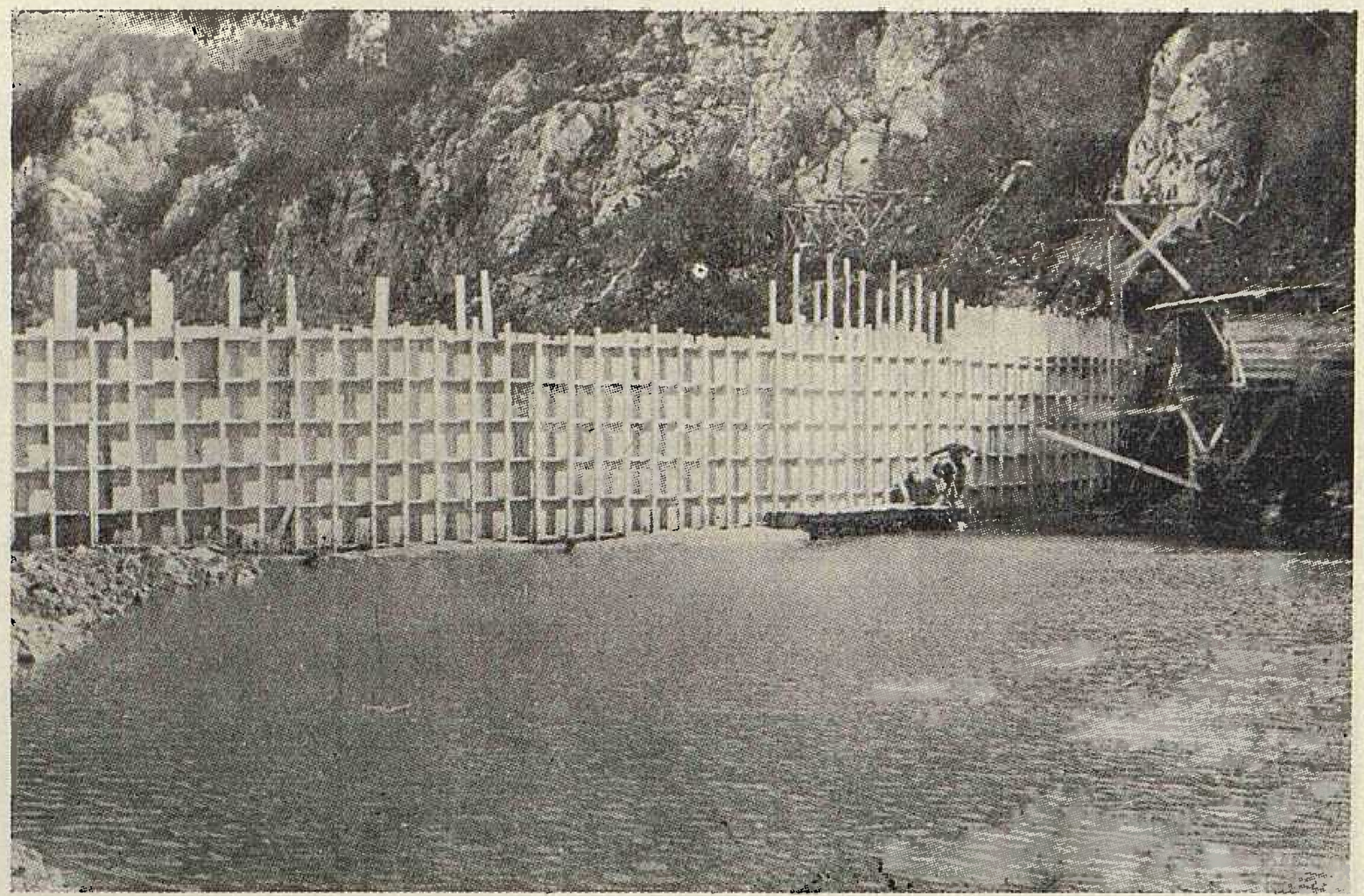
Izgradnja HE Senj rediviva

Rekli smo već, da je prvi svjetski rat omeo radove na izgradnji HE Senj, odnosno ostvarenje koncesije koju je dobilo »Adriatique électricité« godine 1913. Ideja ipak nije sasvim umrla, ona je možda tek zamrla. Jer ne može se reći



Sl. 9. HE Senj – početak radova na uzvodnom zagatu za branu Sklope (pogled s kabelskoga krana)

Sl. 10. HE Senj — gradnja zagata na području brane Sklope



da se o njoj nije i kasnije mislilo. Vodograđevni odsjek kr. Hrvatsko-Slavonske Zemaljske Vlade u Zagrebu vodio je od 1915. do 1922. istražne radove o korištenju vodnih snaga Like i Gacke i izradio čak jedan opsežan elaborat o tome (koji se je međutim negdje izgubio!). Godine 1937. Odbor za elektrifikaciju bivše Savske banovine, kasnije »BEP-Banovinsko električno poduzeće«, nastavio je s geodetskim, hidrološkim i hidrografskim istraživanjima.

Za vrijeme drugog svjetskog rata zainteresirali su se za taj zaista primamljivi objekt i Talijani i Nijemci. Njemačko poduzeće »Hansa Leichtmetall A. G.« zatražilo je od svojih stručnjaka mišljenje o tom projektu, ali je u međuvremenu izdana koncesija DEP-u, Državnom električnom poduzeću, koje, naravno, zbog ratnih prilika, nije moglo ništa ni započeti.

Istom poslije drugog svjetskog rata u projektima o obnovi zemlje, kada je izgrađena hidrološka i meteorološka mreža, došla je ponovno do izražaja namisao o korištenju vodnih snaga Like i Gacke. To je pogotovo postalo aktuelno u času kada se je počelo govoriti o mogućnosti izvoza električne energije iz Jugoslavije. Projekt »Adriatique électricité« o izvozu u Italiju preko Trsta postao je zanimljiv, pa se 1954. pristupilo opsežnim istražnim radovima, koji su nastavljeni sve do konca 1958. na što je utrošeno preko 372 milijuna dinara.

Konačno je godine 1959. dne 26. veljače, pod brojem 53 Savezno Izvršno Vijeće donijelo odluku da se iz sredstava Općeg Investicionog Fonda financira izgradnja hidroelektrane Senj, koja će imati instaliranu snagu od 216 MW s godišnjom proizvodnjom od 1.040 GWh.

Odmah zatim Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske osniva svojim rješenjem broj 3713 od 2. travnja 1959. »poduzeće u izgradnji« Hidroelektranu Senj, sa sjedištem u Senju.

Gradi se punom parom

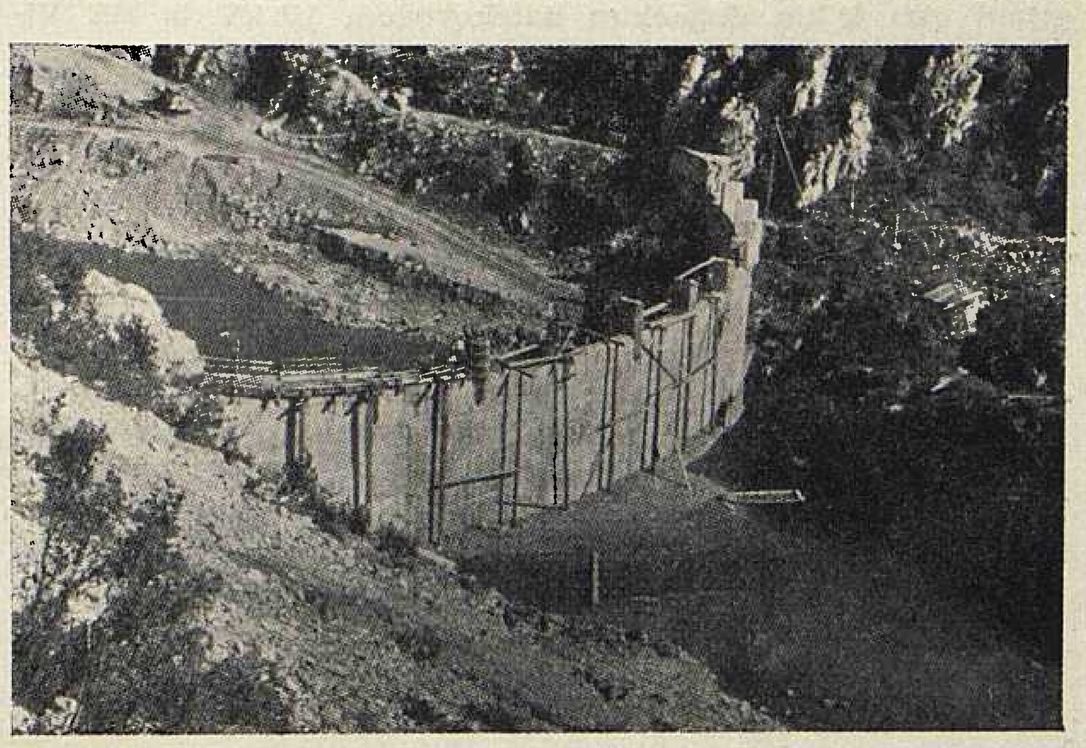
Iste godine (1959) u jesen prasnule su prve mine i započeli prvi radovi. Tri su osnovne stvari bile potrebne: izgraditi prilazne putove, organizirati radilišta i dovesti na njih vodu i elektriku. Zadatak je ogroman, jer je područje veliko: prostire se od Gospića do Senja, od središta Like do mora. Iskorištavaju se dvije rijeke ponornice: Lika s pritocima i Gacka. Osnovna se koncepcija sastoji u tome da se zahvati rijeka Lika, koja je veoma bujičnog karaktera (njezin protok znade biti ljeti i ispod jednog kubičnog metra u sekundi, a znade narasti i do 1200 m^3; srednji joj je protok 30 m^3) i da se na nju dimenzioniraju preljevni organi. Planira se izgradnja brane, koja će napraviti jezero sadržine od oko 130 milijuna kubičnih metara vode. Tako uhvaćena voda koristit će se u pribranskoj elektrani Sklope, zatim će ići reguliranim koritom rijeke Like do sela Selište, gdje će biti zahvaćena ulaznim uređajem i jednom malom branom, te skrenuti u tunel, koji će izlaziti kod sela Šumečice u blizini Otočca. Dužina toga tunela iznosi 10,5 kilometara i na tom se mjestu spaja voda Like s vodom Gacke. U tu se svrhu pregrađuje i rijeka Gacka sa dvije manje brane i odatle se zajedničke vode Like i Gacke odvode otvorenim kanalom do ulaza u drugi tunel Gornja Švica — Marasi. Dužina toga drugog tunela iznosi 9,5 kilometara.

Nakon izlaza iz drugog tunela voda ide otvorenim kanalom dalje i puni jednu manju akumulaciju na Gusić-polju za dnevno izravnanje. Od Gusić-polja voda teče trećim tunelom, dugim 13,5 kilometara i izbija kod sela Hrmotine oko 430 m iznad mora. Ovdje se ruši tlačnim cjevovodom u strojarnicu, koja se nalazi na morskoj razini udaljena svega oko 650 metara od morske obale (sam se ulaz nalazi sasvim uz obalu), tako da se iskorištava sav pad do morske razine. Odrađena voda izlazi iz strojarnice u Grabovi izlaznim kanalom 650 metara dugim izravno u more.

Da bi se mogli izvršiti svi ti veliki građevinski radovi, bilo je potrebno organizirati 4 sektora izgradnje sa 11 gradilišta: kod brane — ulaz Selište — napadno okno Crno jezero — Šumečica — napadno okno Kosmačevo jezero — napadno okno Kompolje — Marasi — Gusić-polje — Melnice — Hrmotine i konačno objekti strojarnice u Grabovi na morskoj obali.

Ukupna udaljenost od Kruščice do strojarnice iznosi 54 km, od čega 34 kilometara otpada na tunele ili »prorove«,

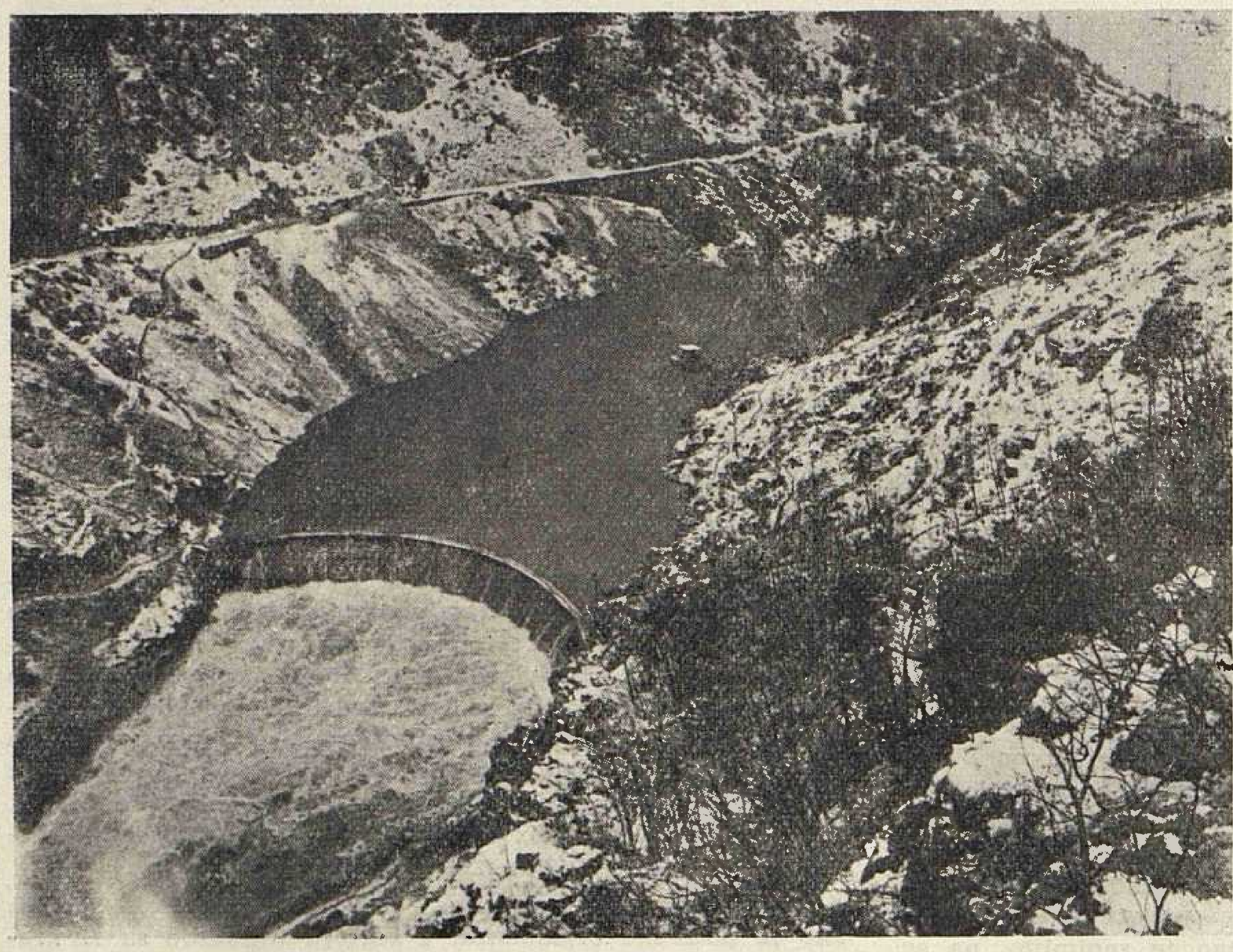
Sl. 11. HE Senj — dovršeni uzvodni zagat za branu Sklope



kako ih je nazivala stara koncesija. To predstavlja jedinstveni podvig u izgradnji naših elektroprivrednih objekata, ali ukazuje i na složenost izgradnje ove velike hidroelektrane, koja brojem gradilišta i pogonskih objekata premašuje sve ostale naše hidroelektrane.

Već sada u toku izgradnje hidroelektrana Senj predstavlja svojevrsnu atrakciju i tko nije obišao ta gradilišta ne može ni zamisliti ono vrenje, onaj život pun dinamike, pun stvaralačkog elana na radilištima, na branama, po tunelima.

Što to znači za obnovu Like, za obnovu čitavog onog područja od Gospića do Senja, prosudit će generacije. Jer, da bi radilišta mogla funkcionirati, izgrađeno je na kilometre i kilometre dobrih i ispravnih puteva, uređena je ogromna vodovodna mreža, koja je opskrbila zdravom pitkom vodom sva sela kuda je morala proći. Elektrika, ta primarna životna snaga svakog prosperiteta, dovedena je na čitavo to ogromno



Sl. 12. HE Senj — uzvodni zagat brane Sklope

područje. Sva su gradilišta međusobno povezana telefonskom mrežom, a osim toga na svakom je gradilištu izgrađeno i moderno stambeno naselje, koje će, kada radovi budu završeni, moći eventualno poslužiti kao zdrave nastambe opskrbljene vodom, putevima, elektrikom i telefonom.

Za dobavu električne energije potrebne na gradilištima izgrađena je čitava mreža dalekovoda 110, 35 i 10 kV. Na području primorja gradilišta se opskrbljuju električnom energijom oko 40 km dugačkim dalekovodom 110 kV iz HE Vinodol. U Grabovi je izgrađena provizorna transformatorska stanica Grabova 110/35 kV snage 10 MVA. Iz te transformatorske stanice odlaze vodovi 35 kV za gradilište strojarnice i gradilište u Hrmotinama, gdje su montirane po dvije montažne transformatorske stanice od 630 i 400 kVA, a u Žrnovnici je montirana montažna transformatorska stanica od 100 kVA. Za potrebe naselja montirana je također montažna stanica 250 kVA.

Od TS Grabova izgrađuje se dalekovod 110 kV prema transformatorskoj stanici u Ličkom Osiku, od čega je do sada izgrađeno 32 km do grada Otočca. Taj je vod iskorišten za dobavu električne energije u Liku pod naponom od 35 kV, a na njega je priključena montažna stanica Žuta Lokva snage 2500 kVA 35/10 kV. Iz nje izlaze dva dalekovoda od 10 kV za potrebe gradilišta u Melnicama, gdje su montirane 2 montažne TS po 630 kVA, te za potrebe gradilišta Gusić-polje – Marasi, gdje su montirane 4 TS snage 400 i 100 kVA.

U samom Otočcu izgrađena je transformatorska stanica snage 2 × 2500 kVA, 35/10 kV, a iz nje izlaze dva dalekovoda, jedan za gradilište Kompolje i Kosmačevo, gdje su montirane dvije TS svaka po 630 kVA, i drugi za gradilište Šumečica (sa MTS 630 kVA) te za gradilište u Crnom jezeru (sa MTS 2×400 kVA).

Transformatorske stanice u Žutoj Lokvi i u Otočcu povezane su dalekovodom 35 kV dužine 21 kilometar. Iz stanice Otočac ide dalekovod 35 kV u dužini od 17 km do montažne TS Janjče, koja ima snagu od 1600 kVA. Iz TS Janjče izlazi jedan dalekovod 10 kV dug oko 20 km, koji se grana prema gradilištu Selište, gdje je montirana MTS snage 630 kVA, te prema gradilištu Kruščica (brana), gdje su montirane dvije MTS po 630 kVA.

Od MTS Janjče do TS Lički Osik izgrađen je dalekovod 35 kV u dužini od oko 16 kilometara.

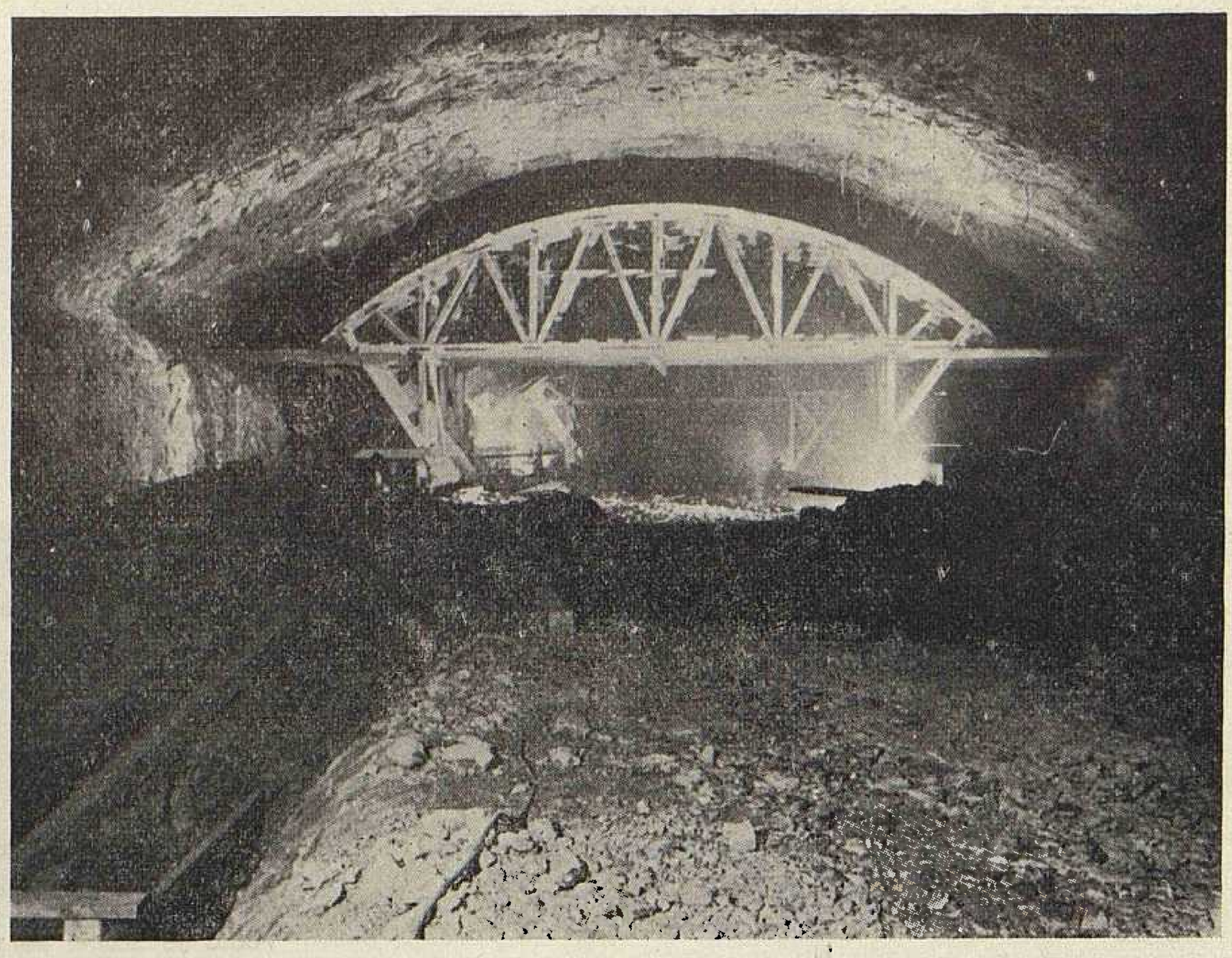
Već same ove brojke bez detaljnijih obrazloženja dokazuju, da je zapravo hidroelektrana Senj posrednim putem izvršila elektrifikaciju vrlo prostranog područja, koje bi na to čekalo u normalnim prilikama godine i godine, a možda ju nikad ne bi ni dočekalo.

Istaknemo li još da su svi dalekovodi izgrađeni vrlo solidno i na dugi rok, a ne kao provizoriji, shvatit ćemo značenje toga velikog pothvata. (Usput ćemo napomenuti, da je sve te radove izvodilo poduzeće »Dalekovod« iz Zagreba u zajednici s lokalnim Električnim poduzećem iz Otočca, da su transformatori od Rade Končara, a montažne transformatorske stanice od Hidromontaže iz Maribora.)

Rekli smo već, da je svako radilište, osim prilaznim cestama vodom i elektrikom, trebalo snabdjeti i telefonskom vezom signalizacijom na punktnim postrojenjima. Zbog toga je izgrađeno do sada preko 80 kilometara telefonske mreže, koja se još uvijek dograđuje i usavršava. (Telefonsku mrežu gradila su poduzeća »Telefonvod« iz Zagreba i PTT poduzeća iz Senja i Gospića.)

Što se tiče opskrbe gradilišta vodom najveći je problem bio dovesti vodu do gradilišta u Hrmotinama, gdje visina iznosi 440 m nad morem, pa je stoga morala biti izgrađena automatska prepumpna stanica. (Vodovode je gradilo poduzeće »Monter« iz Zagreba uz suradnju lokalnih poduzeća).

Još nekoliko riječi o građevinskim radovima. »Napada se« (to je stručni izraz za probijanje) u 13 smjerova. Iskop



Sl. 13. HE Senj – kalota kaverne podzemne strojarnice u Maloj Grabovi, detalj oplate svoda

ide prilično dobro unatoč teškom terenu, jer je materijal na nekim dionicama iznad svakog očekivanja loš. Posebne poteškoće činilo je graditeljima poplavljivanje tunela, radi oborinskih voda i voda rijeke Like. Ubrzo će međutim doći do probijanja i spajanja pojedinih dionica tako da se koncem ove godine može očekivati dovršetak. Na radilištima je koncentrirana velika mehanizacija, pa će se nakon istražnih radova, koji su sada u završnoj fazi, početi s intenzivnom izgradnjom brane.

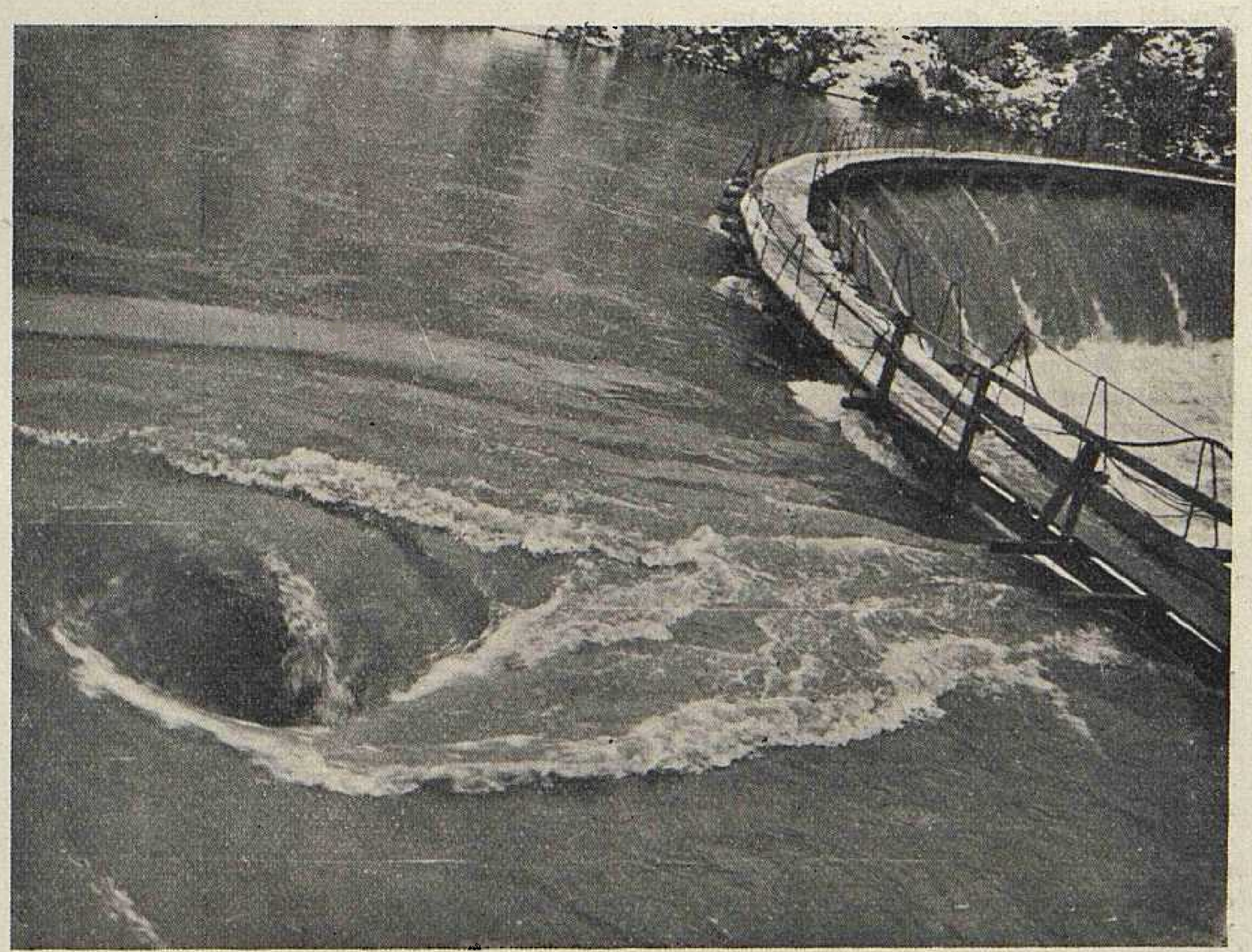
Građevinske radove obavljaju, na brani: »Tehnogradnja« iz Maribora i »Elektrosond« iz Zagreba, tunele probijaju: »Tunelogradnja« Beograd, »Hidroelektra« Zagreb i »Konstruktor« Split, a strojarnicu gradi »Konstruktor« Split.

Oprema je, uglavnom, sva već ugovorena, a sve se nabavke vrše preko poduzeća »Elektroopskrbe« Zagreb.

Tri generatora po 80 MVA dobavit će »Rade Končar«. Isto tako i 2 blokovska transformatora po 80 MVA 110/10 kV i 1 blokovski transformator od 80 MVA 220/10 kV, 1 transformator od 110/220 kV i 1 od 10 MVA 110/35 kV, kao i kućne transformatore.

Opremu rasklopišta 220, 110 i 35 kV isporučit će tvornice »Rade Končar«, »Elektrosrbija« i »Energoinvest«.

Od rasklopišta 220 kV izlazi jedan dalekovod 220 kV, koji će biti vezan u rasklopnoj stanici Brinje na delokovod Split–Mraclin. Isto se tako predviđa izgradnja triju dalekovoda od 110 kV i to 2 prema Vinodolu a 1 prema Ličkom Osiku. Sa



Sl. 14. HE Senj – pomoćna brana (uzvodni zagat) i vrtlog na ulazu u obilazni rov brane Sklope

sabirnica 35 kV odlaze dva dalekovoda od 35 kV za grad Senj, te prema Jablancu i prema Rabu.

Turbinska oprema ugovorena je s »Litostrojem«, koji radi u kooperaciji sa švicarskom tvornicom Charmilles iz Ženeve. »Litostroj« isporučuje i uređaje za rashladnu vodu, drenažne uređaje, opremu difuzorskih zatvarača, te dizalicu od 150 tona.

Tlačni cjevovod u dužini od oko 610 metara, koji će biti ubetoniran u stijenu isporučuje djelomično »Metalna« iz Maribora, a djelomično talijanska firma »Cofor« Rim. Hidromehaničku opremu dobavit će »Metalna« Maribor, a zaštitu i visokofrekventnu opremu firma Brown Boveri, Baden.

Zaključak

Naša radilišta vrve kao mravinjaci od kopača, bušača, minera i inženjera. Sve naše tvornice i radionice od Maribora do Skopja surađuju punom parom, bilo izravno bilo neizravno, na gradnji ovog našeg golemog objekta, koji im je svima radna škola, radni polet i zanos, a konačno i bolji životni standard i bijeli kruh njima i njihovim obiteljima.

Zaposlili smo svu industriju, digli na noge, na plodan i konstruktivan rad tisuće i tisuće trudbenika, a čitava zemlja odzvanja jekom pijuka, lopata, motora i mehanizacije.

Ernest Radetić

Vijesti iz elektroprivrednih poduzeća

Izgradnja značajnijih elektroprivrednih objekata u godini 1962.

U toku 1962. na području NR Hrvatske završena je izgradnja mnogih značajnih elektroprivrednih objekata. Investitor izgradnje nekih od tih objekata, »Elektroprenos« iz Zagreba, povjerio je kompletnu izvedbu građevinskih i montažnih radova poduzeću »Dalekovod« iz Zagreba.

Dalekovod 220 kV Vinodol – Rijeka – Matulji predstavlja dio magistrale 220 kV Brinje – Trst, a zadatak mu je prijenos električne energije u Italiju. Dužina dionice od Vinodola do Rijeke iznosi 30,5 km; posebno je izveden spoj na TS Matulji (0,95 km) i TS Vinodol (1,95 km).

Stupovi su željezni rešetkasti, pocinčani, osim priključka na TS Vinodol koji su bojadisani. Postavljeno je 97 stupova ukupne težine oko 495 tona.

Vodič je alučelno uže 360 mm² i zaštitno čelično uže 95 mm². Ukupno je ugrađeno 150 tona alučelnog užeta i 25 tona zaštitnog željeznog užeta. Nadalje je ugrađeno 7200 izolatora domaće proizvodnje. Ovjesni i spojni materijal za glavni vod nabavljen je iz uvoza, dok je za spojeve na TS Matulji i Vinodol materijal domaće proizvodnje.

Iako trasa voda ide po vrlo teškom terenu, kao i unatoč vremenskim nepogodama i drugim poteškoćama, svi su radovi završeni u planiranim rokovima. Dalekovod Vinodol–Rijeka–Matulji bio je izgrađen u rekordnom vremenu od svega dva mjeseca. Taj uspjeh treba pripisati nastojanju stručnih ekipa »Dalekovoda«, zatim dobroj organizaciji rada te potpunom korištenju mehanizacije.

Investitor je izvođačima odao priznanje za solidno izvedene radove u kratkom roku. Talijanski stručnjaci, koji su bili prisutni prilikom završetka radova, poklonili su kolektivu »Dalekovoda«, ukusan veliki pokal u znak priznanja za kvalitetnu izgradnju voda.

Brzina izgradnje dalekovoda Vinodol–Matulji imala je međutim i neke negativne posljedice, koje treba navesti, da se o tome vodi računa prilikom izgradnje budućih objekata.

Vod je naime, s obzirom na cijenu po kilometru ispao skup, budući da cijena za 1 km građevinsko-montažnih radova s opremom iznosi 12,434.000 dinara. Nadalje je brz način građenja bio riskantan, jer su se neke stvari rješavale tehnički neispravno. Kao primjer navodimo ugrađivanje nekompletiranih konstrukcija u sirovi beton. Konačno su uslijed kratkoće roka u kojem su radovi trebali biti izvedeni, bili i veoma skupi radovi na drugim objektima tj. poslovi koje je izvodilo poduzeće PTT saobraćaja Rijeka i »Elektroprimorje« Rijeka.

Za izgradnju voda ukupno je investiran oko 391 milijun dinara, od čega je najveći dio utrošen za građevinske radove, dok je za kupnju domaće opreme utrošeno oko 122 milijuna, a za nabavke iz uvoza 8,6 milijuna dinara.

Dalekovod 220 kV Mraclin – Kidričevo. Dužina voda iznosi 91 km, stupovi su željezni, rešetkasti, ima ih 234, a ukupno teže oko 418 tona.

Vodič je alučel 360 mm² i zaštitno željezno uže 95 mm². Izolatori su K-3, ugrađeno ih je 14.500 komada i svi su domaće proizvodnje, dok je ovjesni i spojni materijal iz uvoza.

Stupove je izvelo poduzeće »Energoinvest« Sarajevo.

Kod izgradnje voda bilo je doduše teškoća (podzemne vode, zatim kiša prilikom početka montaže vodiča) no i pored toga vod je uspješno i na vrijeme završen.

Željezni rešetkasti stup dalekovoda 220 kV Mraclin-Kidričevo

U okviru objekta izgrađuje se vodno polje 110 kV u TS 110/10 kV Kidričevo, a radove izvodi »Elektroprenos« Ljubljana. Od domaće opreme još nisu isporučeni strujni transformatori, proizvod »Rade Končar«, jer su za njih kasno isporučeni porculanski izolatori.

Za građevne radove izvršene u 1961. i 1962. utrošeno je oko 395 milijuna dinara, za domaću opremu 380 milijuna, a za uvoznu oko 27 milijuna dinara.

Dalekovod 110 kV Brčko – Osijek. Dužina voda iznosi 41 km, stupovi su željezni, rešetkasti, bojadisani, ima ih 129 težine cca 233 tone.

Vodič je alučel 150 mm², ugrađeno je 77 tona. Zaštitno željezno uže 50 mm² teži oko 17 tona.

Izolatora K-3 ugrađeno je 3700 komada. Ovjesni i spojni materijal kao i izolatori su domaće proizvodnje.

Blatan i djelomično podvodan teren uzrokovao je naročite poteškoće kod gradnje.

Dalekovod je na dionici od Osijeka do Vinkovaca stavljen pod napon dne 30. prosinca 1962.

U okviru ovog objekta financirana je izgradnja jednog DV polja 110 kV u TS Brijest (kod Osijeka), čija je izgradnja završena tako da je koncem prošle godine polje stavljeno pod napon. U tom polju treba montirati uvoznu opremu, koja još nije isporučena.

Za građevne i montažne radove te za nabavu opreme za DV 110 kV Brčko – Osijek ukupno je investirano oko 367 milijuna dinara.

Dalekovod 110 kV Međurić – Virovitica. Dužina voda je oko 62 km, postavljena sa 193 željezna rešetkasta pocinčana stupa ukupne težine oko 300 tona.

Aluvodiča 150 mm² ugrađeno je 158 tona, dok je zaštitnog željeznog užeta ugrađeno 18 tona. Nadalje je ugrađeno 4600 izolatora K-3 domaće proizvodnje. Ovjesni i spojni materijal dobavili su domaći proizvođači.

Ukupne investicije za izgradnju DV 110 kV Međurić – Virovitica do konca 1962. iznosile su oko 279 milijuna dinara.

Dalekovodna mreža 35 kV. U toku 1962. poduzeće »Dalekovod« izvelo je i radove na dalekovodnoj mreži 35 kV, tako da je kompletno završena izgradnja slijedećih vodova:

Vinkovci – Vukovar, TS Sisak – Željezara Sisak, Lički Osik – Janjče, Lički Osik – Gospić, Otočac – Žuta Lokva i Resnik – Sesvete.

Ukupna dužina navedenih vodova iznosi 66 km. Stupovi željezni, rešetkasti teže ukupno 241 tonu, a pored toga ugrađeno je i 116 centrifugalnih stupova tipa »Karpoš«.

Pored toga je ugrađeno u gornje vodove 3460 izolatora K-3, zatim 75 tona alučel vodiča i 18 tona željeznog zaštitnog užeta, koje je kao i ovjesni i spojni materijal domaće proizvodnje.

Transformatorska stanica 110/30 kV Međurić. U toku godine konačno su završeni građevinski radovi koje je izvelo poduzeće »Visokogradnja« iz Kutine. Završeni su i montažni radovi, tako da je TS puštena u pogon u rujnu prošle godine.

Cjelokupno postrojenje stanice smješteno je istočno od ceste Banova Jaruga — Međurić. Sastoji se od vanjskog dijela 110 kV i unutarnjeg 30 kV s komandom i pomoćnim postrojenjima. U energetskom sistemu stanica je povezana s dalekovodom 110 kV iz Siska, te vodovima 30 kV za Daruvar, Pakrac, Novsku i kabelskim izlazom za Međurić (u staru TS 30/10 kV).

U postrojenju se transformira električna energija sa 110 na 30 kV ili obrnuto, transformatorom snage 20 MVA. Transformator je smješten u posebnoj betonskoj ćeliji. U konačnoj izgradnji u stanicu će biti uklopljen još jedan transformator iste snage.

Položen je učinski, signalni i telefonski kabel između komandne prostorije i stambene zgrade.

Svu opremu dijela 110 kV nabavio je investitor i odgovara uslovima za vanjsku montažu. Dio opreme 30 kV kao i ostali materijal za ugradnju osiguralo je poduzeće »Dalekovod«.

Pored dijela 30 kV u zgradi se nalazi i komanda. S komandne ploče daljinski se upravlja svima sklopkama 110 i 30 kV električki i pneumatski. Pored komandnih uređaja na ploči su montirani i kontrolni instrumenti.

Za građevne i montažne radove, te za nabavu domaće i uvozne opreme za TS 110/30 kV u Međuriću utrošeno je oko 293 milijuna dinara.

Pored svih završenih radova prošle su godine započeti radovi i na ovim objektima:

Zbog kritične elektroenergetske situacije u Slavoniji izvedena je iz sredstava udružene amortizacije izgradnja transformacije u Vinkovcima, koja se sada napaja iz Osijeka i preko starog DV 110 kV Doboj – Brod – Osijek.

Isto tako zbog loših naponskih prilika u području Bjelovara započeta je, iz sredstava udružene amortizacije, izgradnja DV 110 kV Mraclin – Bjelovar i to na potezu Ivanićgrad–Bjelovar.

I. R.

Iz »Kvarnerskih elektrana«, Rijeka

U toku 1962. »Kvarnerske elektrane« iz Rijeke su uspješno realizirale program radova financiranih iz sredstava amortizacije.

Kao i sve elektroprivredne organizacije u NR Hrvatskoj, udruživale su i one zadnjih godina svu amortizaciju, a zatim je koristile na temelju posebnog pravilnika Upravnog odbora Zajednice EPH.

U prošloj godini je prvi put dogovorom između ZEPH i poduzeća ostavljen određen iznos koji se ne udružuje. Prema usvojenom perspektivnom programu za tri godine Termoelektrani Rijeka ostavlja se 10, a Termoelektrani Vlaška 13 milijuna dinara godišnje. Taj iznos je i suviše malen, ako se želi koliko toliko zadržati postojeća spremnost pogona. No i pored malog iznosa, program radova u pojedinim pogonima uspješno je izvršen zahvaljujući deblokiranju amortizacije iz prošlih godina.

Udružena amortizacija se raspoređuje prvenstveno za veće rekonstrukcije kao i za nove objekte proizvodnje i prijenosa. Iz zajedničkih sredstava za prošlu godinu »Kvarnerske elektrane« nisu dobile ništa.

Pojedinačno po pogonima izvršeni su ovi radovi.

TE Rijeka. Brodogradilište »Viktor Lenac« u zajednici s režijskom grupom elektrane izmijenilo je ventile za paru i vodu. Naručena je oprema za dizalice od 1 i 3 tone, zatim škare, brusilica i 4 japanera, koji će biti isporučeni u prvoj polovici 1963. S tvornicom »Prvomajska« naručen je tokarski stroj, što će omogućiti obradu većih predmeta ne samo za potrebe elektrane, nego i za druge interesente.

TE Vlaška. Dovršen je priključak na vodovod Koromačno u izvedbi građevnog poduzeća »Jadran« iz Rijeke. Novi vodovodni priključak ima dvostruki značaj za TE Vlaška, jer je njime riješena ne samo opskrba pitkom vodom, koju do sada pogon nije imao, nego i buduće snabdijevanje pojnom vodom, budući da je postojeći vodovod »Istarskih ugljenokopa« iz kojeg se danas napaja elektrana, u trošnom stanju.

Izmijenjen je hladionik generatora AEG, koji je isporučila i montirala tvornica »Rade Končar«. Novi hladionik je većeg učina tako da je uklonjeno usko grlo koje se pojavljuje zagrijavanjem generatora kod forsiranog pogona.

Nabavljeno je novo dizalo za drozgu, jer je vedričasti transporter za odvoz drozge toliko dotrajao da je nesiguran za pogon, a i njegovo je uzdržavanje prilično skupo. Opremu su isporučila i montirala dizalo poduzeća »Radnik« i »Jugomontaža« iz Zagreba.

Nastavljena je zamjena mjernih instrumenata iz prethodnih godina. Zamijenjeni su kotlovski mjerni instrumenti, pošto su stari već posve dotrajali. Ugradnjom novih uređaja postignut će se bolja kontrola rada kotlova. U vlastitoj režiji uređena je nova ventilacija pogona čime će se ljudi, strojevi, instrumenti i drugi uređaji bolje zaštititi od plinova i prašine.

Na području Istre postoje velike potrebe za kompenzacijom reaktivne energije tako da se moralo prijeći na rad s kompenzatorom. Njegova montaža počela je u toku 1962., a radovi se nastavljaju i u ovoj godini. Pored toga zamijenjena je centrifugalna pumpa za čistilo vode i postavljene su nove tresaljke za ugljen koje su izrađene u vlastitim radionicama.

Kompresor za rasklopni uređaj montirat će se u 1963. i trebat će ubrzati njegovu nabavku, jer na domaćem tržištu nema kompresora odgovarajuće konstrukcije za potrebe pogona TE Vlaška. Sredstva su osigurana i stroj će se nabaviti iz uvoza. Sklopke za mlinove su preuređene u vlastitoj režiji, tako da ne treba kupiti nove. Od tvornice »Iskra« je nabavljen univerzalni instrument, a od »Prvomajske« tokarski stol TS III. Nadalje su zamijenjeni dotrajali radni stolovi u mehaničkoj radionici i popravljena je industrijska pruga.

Neki radovi koji nisu dovršeni prošle godine prenose se u ovogodišnji program. To je u prvom redu zamjena zagrijača vode, muljne crpke, zamjena dotrajalih ispuhivača, te sekcionih komora i poklopaca, kompresora za rasklopni uređaj, deponiranje drozge i rekonstrukcija mosne dizalice.

Radovi iz investicionog uzdržavanja

Kod trošenja sredstava za investiciono uzdržavanje poduzeće je imalo u vidu razvoj svojih pogona, te je i tu program obuhvatio najneophodnije radove za uzdržavanje pogona.

U *TE Rijeka* popravljene su pogonske zgrade, dimni kanali i izolirani cjevovodi. Zamijenjeni su lijevani dijelovi, uglavnom žljebovi i članci roštilja, koje su isporučila poduzeća »Litostroj« iz Ljubljane i »A. Mamić« iz Rijeke. Nadalje su popravljeni svodovi kotlova br. III, IV i V, te alatni strojevi mehaničke radionice. Remont turboagregata 1 i 2 izvršilo je »Titovo brodogradilište« iz Kraljevice.

U *TE Vlaška* glavni investicioni radovi bili su remont kotlova 1 i 2, te revizija turboagregata AEG i TOSI. U vlastitoj režiji izvršen je remont preokretača vagoneta, izolacija kolektora pare, zamjena nosača kabelskih glava transformatora CGE 6,5 MVA, te remont svih pomoćnih uređaja i popravak radionica.

Posebno treba istaknuti da je znatan dio radova izvršenih u 1962. izveden u vlastitoj režiji. Na taj je način iskorištena raspoloživa snaga za vrijeme stajanja pogona, a uz to je mnogo dobiveno na materijalnim uštedama i pravovremenom izvršenju postavljenih zadataka na rekonstrukciji pogona.

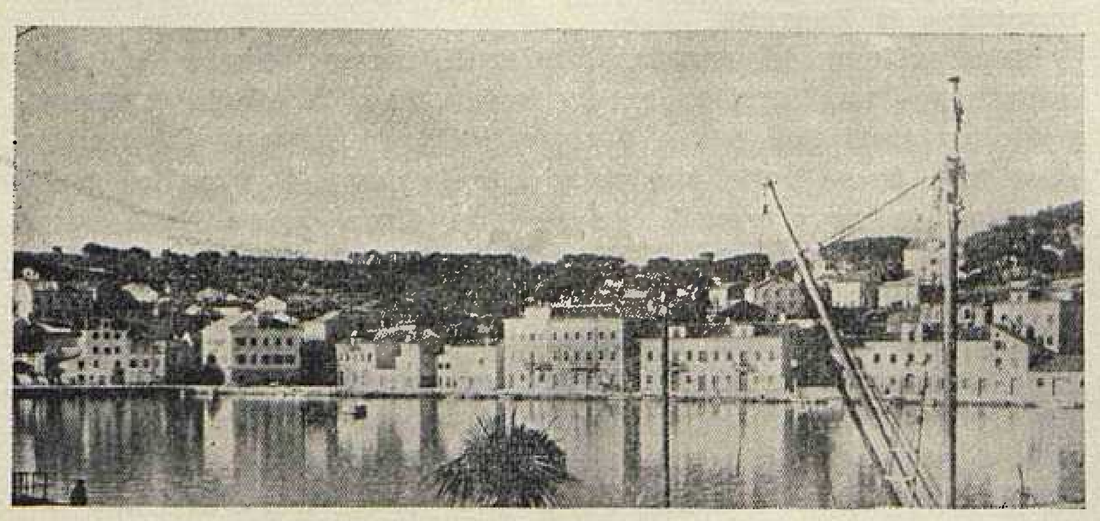
I. R.

Otoci Rab, Cres i Lošinj bit će priključeni na zemaljsku mrežu

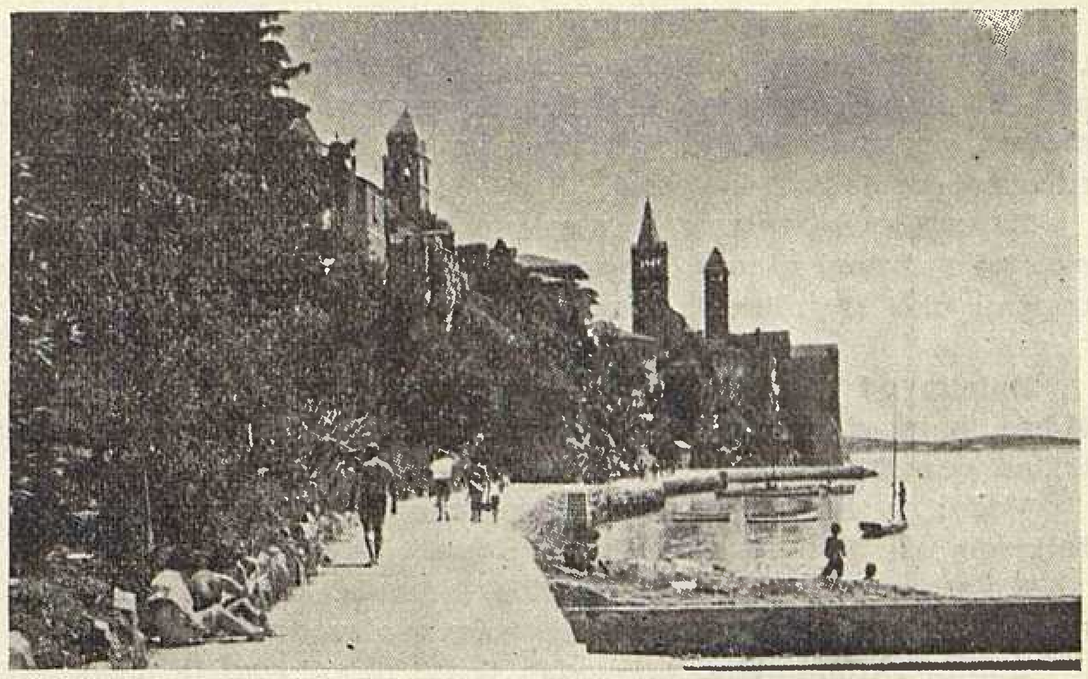
O potrebi elektrifikacije otoka uz Jadransku obalu, odnosno o njihovu priključenju na zemaljsku mrežu, bilo je posljednjih desetak godina mnogo govora. Nije čudo, ta to je za njih, pogotovo za one u kojima se predviđa snažan razvoj turizma, od životne važnosti.

Prvi takav korak izvršen je 1956. priključkom otoka Brača podmorskim kabelom na Dugi Rat. Iza toga slijede Šolta (1958) i Zadarsko otočje, te 1959. Hvar. Snažni hidroenergetski izvori na obližnjem kopnu omogućuju obilnu upotrebu električne energije za malu industriju na otocima (kamenolomi, tvornice za preradu riba, uljare) a pogotovo za grijanje i kuhanje u ovom pojasu blage klime, koji oskudijeva drvom.

Intenzivnije povezivanje jadranskih otoka s električnom visokonaponskom distributivnom mrežom na kopnu slijedi 1959. i 1960. godine, kada je položeno preko 6 km podmorskih kabela 30 i 35 kV, te preko 27 km kabela 10 kV. U tom su periodu povezani otoci Hvar, Korčula, Koločep, Lopud, Šipan, Pag i Vir, te skoro svi otoci Zadarskog arhipelaga (Ugljan, Iž, Rava, Dugi otok).



Mali Lošinj — luka



Rab — zaljev Eufemija

Otoci u sjevernom dijelu Jadrana priključuju se dosta kasno (Krk, koji je pokazao neobičnu upornost svojih stanovnika, da to provede, sredinom 1959., Cres 1961.), a neki od njih unatoč svog velikog značaja u turizmu ni do dana današnjega.

Gradnjom hidroelektrane Senj ili bolje, dovođenjem električne energije na gradilišta u neposrednoj blizini (dalekovodom 110 kV iz Vinodola, izgradnjom transform. stanice u Žrnovnici i dr.) dozrelo je konačno i pitanje priključka za turizam neobično važnog otoka i mjesta Rab.

Dokumentacija za priključak Raba i Lošinja izrađena je još 1959. godine, ali se ostvarenju toga projekta moglo tek sada pristupiti. Priključak će ići sa gradilišta HE Senj u Grabovi, preko otoka Goli podmorskim kabelom, koji izlazi u Loparu na Rabu, istočno od tzv. Rajske plaže.

Prva dionica zračnog voda od 35 kV na potezu Grabova — Žrnovnica već je izvedena kao provizorij za pumpnu stanicu Žrnovnica. (Ove je zime zbog jakog smrzavanja, snijega i bure ta dionica pretrpjela znatna oštećenja, te je polomljeno i nekoliko stupova i vodiča, ali predstoji potpuna zamjena). Sve pripreme za nastavak toga voda na kopnenoj strani već su dogotovljene do uvale Biluča, odakle će vod prijeći u podmorski kabel, koji ide do otoka Goli i ulazi u transformatorsku stanicu 35/10 kV koja se upravo dovršava. Iz nje produžuje i opet podmorskim kabelom do Lopara, odakle nastavlja kao zračni vod 35/10 kV do transf. stanice Rab, koja je smještena u njihovoj dosadašnjoj lokalnoj elektrani.

Kabel je već naručen i treba biti isporučen u prvoj polovici mjeseca srpnja tako da bi njegovo polaganje uslijedilo u drugoj polovici srpnja ove godine. Do kraja 1963. vod treba biti u pogonu i otok Rab bi se u prvoj etapi napajao preko 35 kV kabela, odnosno 10 kV vodom iz TS Goli.

U isto se vrijeme predviđa i priključak Cres — Lošinj, gdje je već položen kabel 30 kV Glavotok — Merag. (Taj je kabel, doduše, prilikom puštanja pod napon bio probio, no u međuvremenu je već popravljen). Cres se za sada napaja 10 kV vodom iz transf. stanice 30/10 kV Malinska. Na Cresu će biti izgrađena transf. stanica 30/10 kV te zračni vod 30 kV od Cresa do Malog Lošinja sa kabelskom dionicom na prijelazu kod Osora. Na Lošinju će također biti izgrađena transform. stanica 30/10 kV.

Dokumentacija za sve ove radove je već, tako reći, gotova, pa ima nade da će sve ove radove uspjeti izvesti možda već do kraja ove godine. Pitanje priključka tih otoka na zemaljsku mrežu za njih je životna potreba te glavni i osnovni uvjet njihovog turističkog i gospodarskog razvoja, a da i ne spominjemo potrebu konačnog podignuća životnog standarda ovog radišnog i vrijednog puka, koji je već decenijima i decenijima bio prisiljen tražiti kruha u dalekim prekomorskim zemljama.

Sve radove oko priključka Raba, Cresa i Lošinja provodi poduzeće Elektroprimorje, u čije područje rada i oni spadaju.

E. R-ć

Plan investicija poduzeća »Elektra« Zagreb za 1963.

Poduzeće za elektrifikaciju i opskrbu električnom energijom »Elektra«, koje djeluje na užem i širem području Zagreba, izradilo je plan investicija za 1963. Planirana su ukupna ulaganja u iznosu od cca 922 milijuna dinara koja će se koristiti za izgradnju novih transformatorskih stanica i kabelske mreže, kao i za održavanje postojećih objekata.

Od većih objekata u prvom redu dolazi u obzir izgradnja TS 30/10 kV – Uklopna II na Lenjinovom trgu, čiji je zadatak preuzimanje opterećenja postojeće TS 30/5 kV u Branimirovoj ulici, koja će se rušiti radi izgradnje prilaza novom podvožnjaku u Držićevoj ulici. Nadalje će se dovršiti 10 TS 10/0,4 kV kojih je gradnja počela prošle godine. Znatan dio sredstava uložit će se za zamjenu kabela i zračnih vodova, zatim za dovršenje rekonstrukcije javne rasvjete, izgradnju daljinske komande i nabavu nove opreme.

Na zagrebačkom području ukupna godišnja potrošnja električne energije povećava se iz godine u godinu u prosjeku za 14 %. Duljina mreže povećava se godišnje za oko 287 km, tako da je ukupna duljina u 1962. iznosila oko 4.475 kilometara. Postojeća mreža dobrim je dijelom dotrajala, a i presjeci vodova, snage izgrađenih transformatora i sklopki ne mogu zadovoljiti današnje potrebe konzuma. Ovakvo stanje mreže onemogućava normalnu opskrbu potrošača električnom energijom pa je zato opravdano da se u narednim godinama osiguraju znatno veća sredstva, zbog poboljšanja opskrbe električnom energijom na području grada.

Od planiranih investicija u 1963. godini najveći dio u iznosu od 300 milijuna dinara utrošit će se za izgradnju TS 30/10 kV – Uklopna II.

Za ostale radove utrošit će se:

	milij. dinara
kabeli 30 kV	123
dovršenje izgradnje TS 10/0,4 kV iz 1962. g. i građevni dio novih 10 transf. stanica	204
zamjena kabela i zračnih vodova s dovršenjem radova iz 1962.	70
zamjena transformatora 30/10 kV 8 MVA (2 kom.)	52
za javnu rasvjetu, daljinsku komandu, zamjenu sklopki i drugi troškovi	168
za projekte i pripreme izgradnje TS 30/10 kV-Uklopna VIII	5

Sredstva za ovogodišnje investicije poduzeće »Elektra« je osiguralo iz amortizacije (636 mil. dinara), iz dijela čistog prihoda, iz doprinosa iz dohotka, te iz investicionog fonda NO Općine.

I. R.

Izgradnja pogonsko-poslovnih i stambenih zgrada poduzeća »Elektroprenos«

Poduzeće »Elektroprenos« iz Zagreba počelo je prije dvije godine građenjem pogonsko-poslovne šesterokatne zgrade u Kupskoj ulici. Pošto je završen glavni dio građevinskih i obrtničkih radova, »Elektroprenos« se već početkom ove godine uselio u novu zgradu.

Do kraja ove godine bit će dovršeni i preostali obrtnički radovi i montirana dizala, a uredit će se i okoliš s pristupnim putevima. Izgradnja zgrade je financirana dijelom iz Općeg investicionog fonda, a dijelom iz vlastitih fondova, te iz udjela poduzeća »Elektroprojekt«. Kad budu potpuno uređene sve prostorije, što će vjerojatno biti u travnju 1963, uselit će se u novu zgradu i poduzeće »Elektroprojekt«, koje za sada posluje još u Gundulićevoj ulici broj 32.

U 1962. »Elektroprenos« je gradio: stambene zgrade za pogonsko osoblje u TS Mraclin i Sisak. Zgrada u Mraclinu već je posve gotova i useljena, dok u Sisku treba još dovršiti neke obrtničke radove. Dogotovljena je i stambena zgrada u Međuriću. Također su završeni i radovi na stambenom objektu u Matuljima koji je već useljen. Za izgradnju zgrada u Međuriću i Matuljima utrošeno je oko 36 milijuna dinara.

U transformatorskim stanicama Resnik, Rakitje i Varaždin popravke su izvršile tamošnje stambene zgrade.

Pored izgradnje stambenih i poslovnih zgrada »Elektroprenos« je počeo graditi i druge pomoćne građevne objekte. Tako su u sklopu TS Mraclin završeni radovi na uređenju skladišta i veće garaže za vučni voz. Uz pogonsko-poslovnu zgradu u Kupskoj ulici u Zagrebu izgrađena su skladišta ugljena i proširene su garaže i radionica.

Iz sredstava amortizacije adaptirat će se u TS Klara poslovne prostorije, vodovod, kanalizacija i ostala postrojenja.

I. R.

Poruke uredništva

Naš časopis »ENERGIJA« ulazi ovim brojem u dvanaestu godinu svoga izlaženja. Već sama ta činjenica dokazuje i njegovu vrijednost i njegovu potrebu. Citirajući mišljenja drugih možemo reći, da ga smatraju jednim od najboljih časopisa te vrste u Jugoslaviji. Strana ga stručna literatura često citira i donosi skraćene sadržaje njegovih članaka, a nerijetko se dešava da se i opširnije pozabavi pojedinim našim člancima, studijama i prikazima.

Strane naklade rado nam šalju na stručnu recenziju i objavu svoje knjige, a značajnije svjetske firme samoinicijativno traže da objavimo oglase njihovih proizvoda.

Sve se češće javljaju pretplatnici iz najudaljenijih krajeva svijeta. Biblioteke, naučne ustanove i instituti od Tokija do Washingtona redovito svake godine obnavljaju pretplatu.

Ti su uspjesi u prvom redu zasluga naših suradnika, koji nalaze uvijek vremena i mogućnosti, da nas obogate po kojim svojim vrijednim prilogom. Time podižu ne samo vrijednost i dobar glas našega lista, nego i naše zemlje. Na njih apeliramo i nadalje, želeći da naša dugogodišnja suradnja bude i u ovoj godini jednako živa i plodna.

Međutim ove bismo se godine željeli još uže i tješnje povezati i s našim suradnicima-čitateljima i pretplatnicima, te još više proširiti njihov broj.

Kad su jednom zgodom upitali glavnog urednika jednog velikog engleskog dnevnika u čemu leži tajna njihove vanredno dobro organizirane mreže dopisnika, odgovorio je: »Svaki naš čitalac je ujedno i naš dopisnik, a tih imamo oko 4 milijuna. Naš pretplatnik, npr., putuje vlakom i doživi željezničku nesreću. A znate li što smatra svojom prvom dužnošću? Da na licu mjesta napiše svome listu kartu i detaljno ga, kao najneposredniji očevidac, informira o događaju«.

Želimo da se takav odnos uspostavi između našega lista i naših brojnih čitalaca. U elektroprivredi Hrvatske zaposleno je prema posljednjim podacima oko 8000 ljudi. Dobar dio njih pozna naš list. Koliko se toga dešava svakog dana u elektroprivredi: u proizvodnji, prijenosu i distribuciji, na radilištima i gradilištima, na sindikalnim i društvenim sastancima. Netko je uspio, drugi nastradao, netko nagrađen drugi pohvaljen. Sve su to zbivanja, interesantna za cijelu našu elektroprivrednu zajednicu, za sve naše kolektive. Pa zašto da se to ne objavi?

Pozivamo stoga sve naše čitaoce, da nam se što češće javljaju i izvješćuju nas o svemu što se zbiva u njihovim kolektivima: što se je izgradilo, što započelo, a što dovršilo, u čemu je zaslužan kolektiv, a u čemu pojedinac. Vijest može biti kratka, tek nekoliko rečenica, a može biti i opširniji opis. Ako je popraćena slikom ili fotografijom to bolje!

Svaku tako prispjelu vijest, koju objavimo u našem listu, honorirat ćemo sa najmanje 750 dinara (sedamstopedeset), a prema vrijednosti i opsegu i mnogo više. Na posao, dakle, drugovi! Napisati jednu kartu ili pismo vama nije tako teško, a nama će to biti dragocjen podatak o vašem životu i o zbivanjima u vašim kolektivima.

Kome nedostaju pojedini stari brojevi »Energije«, a želio bi kompletirati ili uvezati cijelo godište, neka nam se javi kartom i navede, koji mu brojevi fale. Uz odštetu od 60 dinara po dvobroju mi ćemo mu ih odmah poslati poštom, ukoliko je naš pretplatnik, a uposlen je u kojem od elektroprivrednih poduzeća Hrvatske.

Poduzeća koja su uplatila cijelu godišnju pretplatu, a pojedini im se broj možda zametnuo, neka se također jave i saopće nam koji im brojevi trebaju za kompletiranje pojedinih godišta.

Ima pretplatnika koji nisu podmirili pretplatu za prošlu, a neki ni za pretprošlu godinu. Pretplata je tako minimalna, da zaista nemaju opravdanja, da je nisu u mogućnosti podmiriti.

Za radnike i službenike zaposlene u elektroprivredi Hrvatske, te za studente Elektrotehničkog fakulteta iznosi 360 dinara godišnje, a za one zaposlene izvan elektroprivrede 720 dinara godišnje. Pretplata za privredna poduzeća i ustanove iznosi 9000 dinara godišnje.

Pretplata se doznačuje na naš račun kod **Narodne banke u Zagrebu broj 400-17-602-4.**

Drugi o nama. Časopis »Water Power«, s kojim izmjenjujemo naš list, u rubrici »Izvaci iz svjetske tehničke štampe«, donosi sadržaje gotovo svih članaka o hidroelektranama, koji izađu u »Energiji«. U broju za travanj 1963. pod naslovom »A New Croatian Project« donosi sve važne pojedinosti o energetskom korištenju voda u području Zrmanje, prema članku ing. Stjepana Reštarevića, koji je pod naslovom »Energetsko područje Ričica—Zrmanja HE Obrovac« izašao u »Energiji« br. 9—10/1962.

STO SVIJETA

Elektroprivreda Austrije raspisuje novi elektroenergetski zajam. Savezni koncern za elektroprivredu Austrije (Verbundkonzern, Wien) raspisao je u razdoblju od 29. X do 9. XI 1962. svoj novi elektroenergetski zajam u visini od 600,000.000 šilinga s rokom otplate od 25 godina i kamatnom stopom od 7 %. U cilju povećanja interesa kupaca obveznice se emitiraju »sub pari« po kursu 98.

Istražni štab Euratoma. Istražni štab udruženja Euratom raspolagao je krajem marta 1961. s 1200 suradnika prema 238 suradnika u prethodnoj godini. Od raspoloživih 50,4 milijuna dolara knjigovodstveno je utrošeno samo 30,7 milijuna dolara. Za planirane istražne radove treba ukupno 165 milijuna dolara.

Prognoze razvitka potrošnje električne energije zemalja OECD. Prema predviđanjima Komiteta za elektroprivredu OECD porast potrošnje električne energije do 1965. je za pojedine zemlje vrlo različit:

Zemlja	TWh 1965.	Godiš. stopa rasta %	Zemlja	TWh 1965.	Godiš. stopa rasta %
Austrija	19,6	6,9	Nizozemska	21,2	6,3
Belgija	17,8	4,8	Norveška	43,5	6,2
Danska	7,2	7,2	Portugal	5,0	9,3
Francuska	102,0	7,8	Španjolska	28,0	8,8
Grčka	4,1	13,4	Švedska	46,1	6,2
Italija	74,3	7,0	Švicarska	21,8	4,6
Irska	3,0	7,4	Turska	4,0	9,0
Island	0,6	4,3	Vel. Britanija	171,6	6,3
Jugoslavija	17,0	13,5	Z. Njemačka	158,7	7,4
Luksemburg	2,0	5,9			

Prosječna godišnja stopa porasta potrošnje energije iznosi, prema ovim predviđanjima, samo 6,8 % u odnosu na 7,2 % porasta u proteklih 5 godina. Međutim Komitet za elektroprivredu Ekonomske komisije UN za Evropu (ECE = = Economic Commission for Europe — Committee on Electric Power) predviđa veću ekspanziju evropske elektroprivrede. U svojoj studiji o financiranju elektroenergetske izgradnje (Financing of new electric Power projects. Genf 1961) ECE predviđa godišnji porast potrošnje električne energije između 8 i 10%, što je znatno iznad desetgodišnjeg udvostručenja potrošnje kojem odgovara stopa od 7,2 %.

Prognoze OECD o razvoju proizvodnje električne energije iz atomskih elektrana. Izvještaj Komiteta za elektroprivredu OECD (The Electricity Supply Industry in Europe, 12th Enquiry) o predvidivom razvoju atomske energetike za pokriće rastućih potreba Evrope za električnom energijom, sadrži podatke o opterećenju i proizvodnji atomskih elektrana do g. 1966. Prognoze OECD-a su kao i obično veoma oprezne. Polazi se od pretpostavke udvostručenja potrošnje električne energije u svakih 10 godina.

Velika Britanija gradi termoelektranu snage 2000 MW. »Central Electricity Generating Board« gradi termoelektranu snage 2000 MW s 4 jedinica po 500 MW. Prva jedinica će biti stavljena u pogon juna 1963, a cijela elektrana krajem 1967. Specifični troškovi investicija su ocijenjeni sa 48 do 112 $/kW.

Zajam Svjetske banke za izgradnju energetskih postrojenja u Meksiku. Svjetska banka odobrila je Meksiku zajam od 130 milijuna dolara kao dopunska sredstva za financiranje tekućeg četverogodišnjeg programa energetske izgradnje »Federal Electricity Commission« za koji će se utrošiti ukupno 435 milijuna dolara. Programom se predviđa izgradnja elektrana ukupne snage 2550 MW i proširenje prenosne i distributivne električne mreže.

Proizvodnja električne energije u SSSR. Proizvodnja električne energije u SSSR u prvom polugodištu 1962. porasla je za 13 % i dostigla količinu od 180 milijardi kilovatsati. Investicije u elektrane povećane su u prosjeku za 13 % od toga u termoelektrane za 17 %. Specifični utrošak topline je 3346 kcal/kWh. Od energetskog goriva otpada na ugljen 66 %, plin 14 %, mazut 10 %, treset 9 % i ulje 1 %. Utrošeni ugljen je dobavljen iz Donjeckog bazena 34 %, Uralskog bazena 23 %, Kuznjeckog bazena 13 % [djelomično dnevni kop], Kazakstana 8 % i dr.

Proljetno savjetovanje UCPTE. Travnja 1962. godine UCPTE je održao u Parizu svoje proljetno savjetovanje. Generalna skupština [Assemblée générale] i Uži odbor skupštine [Comité restreint] razmatrali su pitanja u vezi energetske situacije i liberalizacije međunarodne razmjene električne energije te pitanje pristupa novih država u UCPTE u svojstvu regionalnih grupa.

Zemno ulje potiskuje ugljen. Prema izvještaju OECD o kretanju strukture primarne energije u periodu od 1950. do 1960. godine, udio ugljena je opao od 73 % na 53 % dok je udio zemnog ulja i njegovih derivata porastao od 13 % na 30 %. Godine 1958/59. opao je potrošak ugljena od 526 na 454 milijuna tona, dok je potrošak teških derivata zemnog ulja porastao od 78 na 110 milijuna tona [ugljenog ekvivalenta].

Na ovo stanje tržišta ugljena utjecali su: recesija u crnoj metalurgiji [naročito u 1958/59], porast proizvodnje električne energije te opadanje potrošnje ugljena kod željeznica, plinara, i domaćinstva. Rudnici ugljena se zaštićuju slijedećim mjerama: snižuju radno vrijeme i broj radne snage, stavljaju izvan pogona manje ekonomične ugljenokope [Belgija 60, Velika Britanija 46, Zapadna Njemačka 10] i primjenjuju racionalizacije na području eksploatacije te prerade i distribucije ugljena.

Proizvodnja atomskih elektrana zemalja EURATOM. Prema izvještaju EURATOM [Evropska zajednica za atomsku energiju u kojoj se nalaze: Belgija, Francuska, Italija, Luksemburg i Zapadna Njemačka], atomske elektrane su u 1961. proizvele 270 GWh električne energije što ne predstavlja ni 1 ‰ od ukupne proizvodnje električne energije od 285 milijardi kilovatsati. U toku proteklih 5 godina, proizvodnja atomskih elektrana, zemalja članica, razvijala se ovako: 1957 = 1 GWh; 1958 = 4 GWh; 1959 = 41 GWh; 1960 = 130 GWh; 1961 = = 270 GWh. Predviđa se da će do kraja 1966, dakle u toku narednih 5 godina, proizvodnja atomskih elektrana porasti na oko 8 do 10 TWh i da će iznositi oko 2 % od ukupno predviđene proizvodnje električne energije.

Instalirana snaga atomskih elektrana zemalja EURATOM iznosi na kraju 1961. godine 73 MW [od toga 58 MW u Francuskoj i 15 MW u Zapadnoj Njemačkoj]. Predviđa se da će se ova snaga udvostručiti već u toku 1962. i da će u 1966. dostići 1600 MW. Prema tome, u 1966. će trebati 1500 tona urana. Smatra se, međutim, da će cijena električne energije iz atomskih elektrana tek 1970. biti niža od cijene električne energije koja je proizvedena preradom klasičnih nosilaca energije.

Italija izgrađuje vod visokog napona istosmjerne struje između Apeninskog poluotoka i Sardinije kako bi ekonomičnije iskoristila sardinijske naslage lignita. U regionu lignita na jugu Sardinije kod Porto Vesme gradi se Termoelektrana Sulcis s 3 agregata po 240 MW. Proizvedena električna energija prenosit će se u pravcu sjevera izmjeničnom strujom 230 kV do Sassaria gdje će biti pretvorena u istosmjernu struju i naponom 200 kV prenesena preko tjesnaca Bonifacio, Korzike i Toskanskog arhipelaga do druge pretvaračke stanice u La Speziji, na sjevernom dijelu Apeninskog poluotoka te spojena sa sistemom izmjenične struje 380 kV. Pretvaračka stanica Sassari sastoji se iz dva Graetzova serijski spojena mosta. Takav sistem omogućuje prijenos polovine snage [puna struja – polovina napona] kad je jedan most isključen. Ovom vezom je omogućen izravan prijenos snage od 215 MW od Sardinije prema kontinentu i 200 MW u suprotnom pravcu. Veza ima ukupnu duljinu od 278 milja. Od toga:

43 milje zračnog voda od Sassaria do tjesnaca Bonifacio;

9 milja podmorskog kabela između Sardinije i Korzike [tjesnac Bonifacio];

112 milja zračnog voda preko Korzike;

52 milje podmorskog kabela od Korzike do Apeninskog poluotoka i

62 milje zračnog voda do pretvaračke stanice u La Speziji.

Izgradnjom ovog prijenosnog sistema omogućuje se ekonomičnije iskorištavanje sardinijskog lignita.

Proizvodnju Termoelektrane Sulcis koristit će talijanski elektroenergetski sistem samo u toku 9 mjeseci jer u ostala 3 mjeseca u godini ima viška hidroelektrične energije s područja talijanskih Alpa. U toku ta 3 mjeseca, za potrebe »Società Mineraria Carbonifera Sarda« (Sardinijsko ugljenokopno društvo), bit će u pogonu samo jedan od agregata TE Sulcis a energetska veza s Apeninskim poluotokom bit će pod minimalnim naponom kako bi se, u slučaju ispada, snabdijevanje električnom energijom moglo vršiti iz kontinentalnog elektroenergetskog sistema.

NOVE KNJIGE I ČASOPISI

A. Stucky: *Druckwasserschlösser von Wasserkraftanlagen.* Naklada Springer, Berlin / Göttingen / Heidelberg 1962. 181 strana, mnogo slika i tablica, format 23,5 × 15,5. Broširano 38.— DM. Preveo s francuskog O. J. Rescher.

Ova knjiga je prijevod na njemački 3. izdanja knjige s originalnim naslovom »Alfred Stucky: Chambres d' équilibre« 3e édition, Lausanne, 1958. Prijevod je dopunjen jednim poglavljem u VIII dijelu knjige, u kom je detaljno razmotrena teorija vodne komore na čelu odvodnog kanala pod tlakom s numeričkom obradom primjera iz prakse. Za ilustraciju dobrog prijema na koji je djelo naišlo, navodimo da je 3. francusko izdanje bilo razgrabljeno u 4 godine. Knjiga predstavlja sintezu sveg dosadašnjeg osnovnog znanja s ovog područja, te se prema tome osim na originalnim radovima samog autora osniva na radovima istraživača raznih narodnosti, od kojih navodimo ove: Thoma, Allievi, Bergeron, Schnyder, Prekel, Schoklitsch, Calame i Gaden, Johnson, Eydoux, Escande, Gardel, Jaeger, Michaud, Ransford, Ribaux... Dajemo pregled po 8 dijelova knjige.

1. Svrha vodnih komora. Teoretska razmatranja započinju obradom hidrauličkog udara u sistemu bez vodne komore, a zatim se razmatra hidraulički udar u sistemu s vodnom komorom, te su istaknute ekonomske prednosti i posljedice za pogon koje donosi uključivanje vodne komore u tlačno-derivacijski sistem hidroenergetskog postrojenja. Ističemo kao odliku ove knjige da je u njoj odmah na početku ukazano na činjenicu, da su oscilatorne pojave hidrauličkog udara i oscilacije u sistemu s vodnom komorom dva razna vida jednog te istog fenomena. Na kraju 1. dijela knjige pokazano je da analitički i grafički proračun dovode do rezultata koji se podudaraju.

2. Osnovna teorija vodne komore. Izloženi su analitički i grafički načini proračuna vodne komore u njenom osnovnom obliku vertikalnog cilindra na čelu tlačnog cjevovoda, te je pokazano da jedan i drugi način proračuna dovode do istih rezultata.

3. Općenita teorija za proračun vodne komore bilo kakovog oblika. Razmatraju se komore raznih oblika bez prigušenja i sa raznim prigušenjima bez preljeva, sa preljevom unutar sistema vodne komore i sa preljevom van derivacionog sistema hidroelektrane. Napose se uspoređuje grafička metoda proračuna po Schoklitschu s onom po Bergeron – Schnyder-u.

4. U ovom dijelu knjige razmatra se detaljno vodna komora u svom primarnom obliku vertikalnog cilindra, bez prigušenja i sa njim. Iako će se ovakove komore danas već rijetko gdje izvoditi, razmatranje njihovog ponašanja je korisno, jer se iz toga mogu povući korisni zaključci o utjecajnosti pojedinih parametara studiranog hidroenergetskog postrojenja na sve dijelove projekta i na pogon buduće elektrane.

5. Utjecaj turbinske regulacije na oscilacije u vodnoj komori. Uključivanje razmatranja o utjecaju turbinske regulacije u djelo koje daje i uvod u osnovnu teoriju vodne komore druga je odlika ove knjige. Stvarno, u toj su knjizi

obrađene sve teoretske osnove, cijela teorija vodne komore i njena primjena na najjednostavnija rješenja kao i na rješenja iz najsavremenije prakse. U tom su dijelu knjige obrađeni Thomini uslovi stabiliteta i razmotrene su oscilacije izazvane kod raznih načina pogona: s regulacijom na konstantnu snagu, i kod pogona sa naglim promjenama opterećenja.

6. *Razgranata vodna komora i komora s preljevom.* Detaljni grafički proračun, analitički proračun s približnim formulama. Grafički proračun po Schoklitschu. Grafičko-analitički proračun po Calameu i Gadenu. Utjecaj turbinske regulacije — uslovi stabiliteta.

7. *Vodne komore s prigušenjem i diferencijalne vodne komore po Johnsonu.* Utjecaj turbinske regulacije na stabilitet sistema.

8. *Primjena raznih načina proračuna na nekoliko karakterističnih slučajeva iz prakse.* — U prvih 7 dijelova knjige pokazano je da analitičke metode proračuna koje se osnivaju na integraciji diferencijalnih jednadžbi, imaju osobitu vrijednost poradi općenitosti rješenjâ, koja daju i mogućnosti za diskusiju koje pružaju. Međutim, taj način proračuna vodnih komora nailazi na velike poteškoće kod kompliciranijih oblika komore i kod obrade manje jednostavnih pogonskih događaja. Numeričke, grafičke i kombinirane, analitičko-grafičke metode integriranja pomoću postupne obrade s malim diferencijama dovode lako do cilja i u najkompliciranijim slučajevima i zadacima. U ovom dijelu primjena raznih načina proračuna prikazana je na raznim slučajevima izvedenih postrojenja, i ukazano je, za koje tipove slučajeva je prikladnije primijeniti ovu ili onu metodu proračuna. Napose skrećemo pažnju na obradu hidroenergetskog postrojenja sa reduktorom tlaka na početku tlačnog dovodnog tunela, koja je dana u poglavlju 2. ovog dijela knjige. Ugradnja reduktora tlaka postala je potrebnom kada je stara brana potopljena izgradnjom nove više brane. Zatim je posebno interesantna obrada vodne komore na početku odvodnog tunela pod tlakom, dana u 5. poglavlju ovog dijela.

Zaključak. Ova se knjiga ističe time da je na vrlo pregledan i teoretski ispravan način dan uvod u kompletnu teoriju vodnih komora s rješenjima iz savremene prakse na svega 181 strani. Ona će dobro poslužiti studentima, a i iskusnim praktičarima za osvježenje njihovog znanja, a i kao oslonac kod rješavanja zadataka iz savremene prakse. Iako nisu dane sve dosada izvedene formule i svi specijalni postupci čija je primjena korisna u pojedinim slučajevima, ova će knjiga ipak omogućiti inženjeru da kvalitetno i u skladu sa savremenim stanjem tehnike riješi svaki zadatak iz prakse.

Ing. Marijan Leskovar

A. Leonard: *Die selbsttätige Regelung, Grundlagen und Beispiele.* Treće prerađeno izdanje, 16×24 cm, 337 strana, 367 slika. Izdavač Springer — Verlag, Berlin /Göttingen/ Heidelberg, 1962. Cijena 54 DM.

Ova monografija o automatskoj regulaciji potječe od autentičnog svjedoka nastanka ove nove naučne discipline i suradnika u njenom razvitku. Razvoj automatske regulacije bio je neobično blistav i brz, te u literaturi iz ove oblasti često nema onako sistematskog pregleda gradiva, kakav se nalazi u klasičnim disciplinama. Ova knjiga, osobito iz aspekta elektroenergetičara, predstavlja u tom pogledu vrijedan izuzetak, zahvaljujući načinu izlaganja gradiva: teoretska i praktična razmatranja i prikazi rješavanja regulacione problematike posvuda su ilustrirani na primjerima koji su bliski i poznati elektroenergetičarima. Treće izdanje u ciglih dvanaest godina rječito govori o traženosti ove knjige, pogotovu stoga što se radi o djelu za razmjerno uski krug specijalista, a ne o udžbeniku za široke visokoškolske potrebe.

Knjiga je podijeljena u četiri poglavlja u kojima je gradivo ovako raspoređeno:

Osnovi. Općenito o regulaciji, vrste i svrha, jednostavni regulacioni krug, zamkasti regulacioni krugovi, samoudesivi regulacioni krugovi, analogni i digitalni regulacioni uređaji, problemi regulacionog procesa, matematske analize članova regulacionog kruga i pretpostavke potrebne u tu svrhu.

Direktni mjerni instrumenti i regulatori. Statički mjerni sistem i proporcionalni regulator, astatički mjerni sistem i integralni regulator, astatički mjerni sistem s prolaznim statičkim osobinama i proporcionalno-integralni regulator, mjerni sistemi, odnosno regulatori, na koje utječe brzina promjene ulazne veličine (diferencijalni regulatori), kombinacije elektronskih spojeva, postavljanje jednadžbi za mjerne sisteme, odnosno regulatore.

Karakteristika redukcionih članaka. Sistematizacija regulacionih članova, regulacioni članovi na koje utječe jedino postavna veličina, regulacioni članovi na koje utječe samo promjena postavne veličine, regulacioni članovi na koje utječe postavna veličina i promjena postavne veličine, regulacioni članovi sa zakašnjenjem, pregled jednadžbi i krivulja za regulacione članove.

Analiza procesa regulacije. Klasični postupak analize pomoću Laplaceove transformacije, poboljšanje stabilnosti.

Sinteza regulacionog kruga. Zahtjevi, postavljeni regulaciji, ustanovljenje strukture regulatora i njegovih konstanti. prilagođenje vremena smirivanja različitih parcijalnih procesa, linearna regulacija površine, određivanje regulacionih konstanti iz frekvencijskog odziva regulacije; Root-Locusova metoda; određivanje konstanti pomoću parcijalnih frekvencijskih odziva regulacione staze i regulatora po Root-Locusovoj metodi, ispitivanje nelinearnih regulacionih krugova, optimiranje pomoću modela.

U temama o samoudesivoj regulaciji, optimum-regulaciji, zamkastim regulacionim krugovima, digitalnoj regulaciji i nelinearnim oscilacijama u regulacionoj ravnini obuhvaćena su najnovija dostignuća teorije regulacije.

Knjiga završava tabelarnim pregledom svojstava regulatora i regulacionih staza, te iscrpnim popisom literature, koji ujedno reprezentira i razvoj automatske regulacije do samostalne naučne discipline u punom njegovom zamahu.

Knjiga će odlično poslužiti svakom zainteresiranom čitaocu, kojem nisu strane osnove više matematske analize, a naročito elektroenergetičaru, da u svom području suvereno ovlada problematikom automatske regulacije, koja uz nuklearnu i raketnu tehniku predstavlja karakterističnu značajku našeg vremena.

F. Šprung

Aleksandar Freudenreich: *Narod gradi na ogoljelom krasu.* Izdanje Saveznog instituta za zaštitu spomenika kulture. Zagreb—Beograd 1962. Zapažanja — snimci i crteži arhitekta. 254 strane velikog formata, sa 648 slika i crteža, te 2 zemljovidne karte. S predgovorima arhitekta Stjepana Planića i etnologa profesora Milana Gavazzija.

Ovo dokumentarno djelo o narodnom graditeljstvu na ogoljelom krasu zapravo je tek jedan dio ogromnog i bogatog materijala, što ga je autor, poznati zagrebački arhitekt i graditelj, sabrao godinama obilazeći teren diljem domovine, s velikim strpljenjem i upornošću samo njemu svojstvenom.

Kao član Ministarstva građevina on je već 1945/6 obišao područje od Istre do ušća Bojane, zalazeći nerijetko i dublje u unutrašnjost po Baniji i Kordunu, po Slavoniji, pa sve tamo do Subotice s blokom za skice i bilježnicom u ruci. Popaljenu je i opustošenu zemlju trebalo obnoviti (njegovo prvo djelo s toga područja nosi naslov: Po garištima). Obnoviti, ponovno izgraditi, kako? Razmetati se svim mogućim modernim stilovima? Ne! Ono što savremeni arhitekt danas traži, narod je već davno obradio s puno duha, invencije i praktičnosti, uvažujući instinktivno sve prirodne okolnosti: vrijeme, klimu, građevni materijal, osunčanje. Promišljeno, jednostavno, jeftino. Sam je projektirao, sam birao materijal, pljunuo u šake i sam gradio, a cijelo mu selo pomagalo. Sve je to s mnogo bogatog i stručnog poznavanja predmeta, ali i s mnogo ljubavi autor obradio i oslikao tekstovno i u slikama. S mnogo originalnih fotografija i crteža.

Cijena je djelu 3500 dinara, a može se naručiti kod Saveznog instituta za zaštitu spomenika kulture, Beograd, Gospodara Vučića br. 50, pošt. pretinac 764.

E. Radetić

STATISTIČKI ENERGETSKI IZVJEŠTAJ

ZA MJESECE STUDENI I PROSINAC 1962.

Proizvodnja i razmjena električne energije NR Hrvatske

Mjeseci	Proizvodnja na generatoru u MWh								Razmjena			Ukupno (7-11)
	Elektrane u sistemu		Industrijske elektrane		Lokalne elektrane		Ukupno		Slovenija	Bosna i Hercegovina	Mađarska	
	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE				
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. 1962.	156511	15433	1884	15663	18	—	158413	31096	44414	23802	— 8265	249450
2. 1962.	167355	17528	1469	15642	18	—	168842	33170	12722	14719	— 416	229037
3. 1962.	243194	11750	1860	16015	—	—	245054	27765	—12798	4485	— 7043	257463
4. 1962.	221072	4821	2262	13600	—	—	223334	18421	—14214	1523	— 2526	226538
5. 1962.	178653	4399	1423	12175	—	—	180076	16574	21674	9095	— 3731	223688
6. 1962.	89419	19757	943	13737	—	—	90362	33494	84847	9863	— 2474	216092
7. 1962.	83384	16278	782	13924	—	—	84166	30202	95756	1401	— 2438	209087
8. 1962.	119138	20028	230	14759	—	—	119368	34787	95257	— 26759	— 5905	216748
9. 1962.	126674	26118	216	18689	—	—	126890	44807	94038	— 38576	— 5416	221743
10. 1962.	113337	43484	195	20947	—	—	113532	64431	70589	— 12870	1868	237550
11. 1962.	163487	26638	1694	19248	—	—	165181	45886	26631	4438	— 3910	238226
12. 1962.	226207	27178	1987	14928	—	—	228194	42106	28048	36688	449	279389
Ukupno 1962.	1888431	233412	14945	189327	36	—	1903412	422739	490868	— 27809	— 39807	2805021

Pogonski pokazatelji elektrana NR Hrvatske za mjesece studeni i prosinac 1962.

Obilježje elektrana		Naziv elektrane	Raspoloživa snaga MW	Proizvodnja u MWh			Indeks[1]			Iskorišćenje %[2]		Utrošak topline kcal/kWh	
				Studeni	Prosinac	Od početka godine	Studeni	Prosinac	Od početka godine	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac
a		b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Elektrane u sistemu	HE	Vinodol-Fužine	78,9	17577	20675	138765	78,0	119,0	108,2	31,0	35,0	—	—
		Gojak	48,0	23790	25726	200043	88,6	151,6	132,7	70,0	72,0	—	—
		Ozalj	5,1	2682	2156	22476	123,4	83,8	115,4	71,0	57,0	—	—
		Kraljevac	67,0	19740	13090	119597	54,7	34,5	32,7	41,0	26,0	—	—
		Peruća	42,0	8	2310	102540	1,1	31,0	95,4	0,0	7,7	—	—
		Split	108,0	83458	142460	1128092	292,0	287,0	699,5	53,6	88,6	—	—
		Manojlovac	20,5	10930	13657	115724	97,6	102,6	108,1	63,0	76,4	—	—
		Jaruga	5,5	2950	3952	32678	78,6	100,0	90,0	76,0	98,0	—	—
	TE	Zagreb TO	...	8673	13341	27324	—	—	—	...	...	...	...
		Zagreb	17,0	2066	—	8185	—	—	31,9	17,0	—	6200	—
		Jertovec	36,0	12461	11463	172709	204,5	126,1	93,2	43,5	38,7	4121	4169
		Vlaška	8,0	1760	1997	16113	615,2	269,0	73,5	34,9	33,0	4894	4718
		Rijeka	7,2	1276	—	4075	—	—	37,0	25,3	—	6692	—
Industrijske elektrane	TE	Jugovinil, Split	17,4	3631	1333	20605	276,0	95,2	105,1	34,5	9,7	...	...
		Sladorana, Županja	3,6	2000	—	6245	88,0	—	73,6	77,2	—	...	...
		Jug. komb., Borovo	6,0	1879	2008	22105	100,0	95,7	101,3	43,5	45,0	...	...
		Željezara, Sisak	5,5	2753	2525	37909	138,4	77,2	96,7	69,5	61,7	...	...

[1] Indeks u ovoj tablici kao i svim narednim iskazan je u odnosu na 1961 = 100

[2] Kod hidroelektrana iskazano je iskorišćenje vode, a kod termoelektrana iskorišćenje raspoloživog kapaciteta

Energetska bilanca NR Hrvatske za mjesece studeni i prosinac 1962.

Elementi energetske bilance	Studeni		Prosinac		Od početka god.		Indeks 1961 = 100		
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	Studeni	Prosinac	Od početka godine
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proizvodnja elektrana u sistemu	190125	65,5	253385	75,9	2121844	64,2	135,2	157,0	159,2
Proizvodnja industrijskih elektrana	20942	7,2	16915	5,1	204272	6,2	113,2	85,2	94,0
Proizvodnja lokalnih elektrana	—	—	—	—	36	0,0	—	—	1,2
Ukupna proizvodnja na generatoru	211067	72,7	270300	81,0	2326152	70,4	132,5	149,0	214,2
Nabava el. en. od susjed. zajednica	79055	27,3	63322	19,0	973771	29,4	78,6	51,8	72,0
Nabava el. en. iz inozemstva	—	—	—	—	5303	0,2	—	—	203,6
Ukupno raspoloživa električna energija	290122	100,0	333622	100,0	3305228	100,0	111,6	109,4	113,7
Vlast. potr. elektrana u sistemu	4817	1,7	5367	1,6	42503	1,3	262,0	186,5	114,6
Vl. potr. industr. i lokal. elektrana	2094	0,7	1692	0,5	20431	0,6	112,6	84,4	92,8
Ukupno raspolož. na pragu elek.	283211	97,6	326563	97,9	3242794	98,1	110,4	109,1	113,8
(Dobava industr. elektrana sistemu)	(1375)	(0,5)	(298)	(0,1)	(7404)	(0,2)	(223,0)	(33,6)	(92,5)
(Prag elektrana u sistemu)	(265738)	(91,5)	(311638)	(93,4)	(3065819)	(92,8)	(110,5)	(110,4)	(115,3)
Gubici prijenosa u sistemu	16928	5,8	14470	4,3	170880	5,2	187,2	168,4	125,8
Gubici razvoda u sistemu	19653	6,8	41541	12,5	234251	7,1	93,6	121,3	114,6
Gubici razvoda lokalnih elektrana	—	—	—	—	4	0,0	—	—	1,3
Ukupna predaja el. en. potrošačima	246630	85,0	270552	81,1	2837159	85,8	109,2	105,4	113,1
Od toga:									
Predano susjed. zajednicama	47986	16,5	54682	16,4	455094	13,7	252,0	137,9	151,4
Predano inozemstvu	3910	1,4	— 449	— 0,2	45110	1,4	31,9	— 5,5	58,2
Industrijska vlastita opskrba	17473	6,1	14925	4,5	176442	5,3	109,6	87,8	94,1
Lokalna opskrba	—	—	—	—	28	0,0	—	—	1,1
Potrošači u sistemu	177261	61,0	201394	60,4	2160485	65,4	99,5	105,2	111,4
Struktura potrošnje u sistemu = 100 % / Ukupna predaja potrošačima u sistemu = 100 %									
Kućanstva (domaćinstva)	51319	29,0	54166	26,9	554458	25,7	118,1	123,3	121,2
Rasvjeta poslov. prostorija	7002	3,9	8863	4,4	76774	3,5	119,4	124,0	121,0
Rasvjeta društv. prostorija	1544	0,9	1992	1,0	16108	0,8	124,8	125,1	122,8
Motori i aparati	7896	4,4	8516	4,2	87310	4,1	118,1	116,0	114,4
Poljoprivredni motori	619	0,4	696	0,3	7394	0,3	72,0	73,2	79,6
Javna rasvjeta	3935	2,2	3938	2,0	37526	1,7	120,3	114,0	117,0
Preprodavaoci	901	0,5	1034	0,5	11152	0,5	66,6	88,9	84,5
Ukupna potrošnja na malo	73216	41,3	79205	39,3	790722	36,6	116,8	120,8	118,9
Vodovod	4561	2,6	4506	2,3	58674	2,7	106,7	97,4	112,9
Gradska električna vuča	1925	1,1	2282	1,1	23813	1,1	102,6	105,1	108,3
Ukupna komunalna velepotrošnja	6486	3,7	6788	3,4	82487	3,8	105,6	100,0	111,5
Ugljenokopi	6558	3,7	6798	3,4	76653	3,5	99,0	94,6	97,3
Tvornice cementa	9546	5,3	8560	4,2	109828	5,1	125,3	106,4	112,5
Ostala opća velepotrošnja	54899	31,0	59553	29,6	588617	27,3	116,5	120,5	118,0
kod elektrokemije	(835)	(0,5)	(1332)	(0,7)	(12807)	(0,6)	(79,9)	(116,2)	(104,7)
kod elektrometalurgije	(1925)	(1,1)	(2018)	(1,0)	(22075)	(1,0)	(119,2)	(119,2)	(111,7)
kod ostalih	(52139)	(29,4)	(56203)	(27,9)	(553735)	(25,7)	(117,3)	(120,6)	(118,6)
Ukupna ostala velepotrošnja	71003	40,0	74911	37,2	775098	35,9	115,7	115,8	114,8
Karbid	1812	1,0	5961	3,0	96381	4,5	13,8	42,8	78,8
Aluminij	14155	8,0	15392	7,6	190039	8,8	97,4	97,1	114,5
Ostala elektrokemija	2433	1,4	3623	1,8	39440	1,8	78,0	102,1	99,9
(Ukupno elektrokemija)	(18400)	(10,4)	(24976)	(12,4)	(325860)	(15,1)	(59,7)	(74,9)	(99,4)
Ferolegure el. metalurgije	1532	0,8	8815	4,4	109586	5,1	13,0	58,5	88,7
Elektrotoplina	3103	1,8	3111	1,5	35849	1,6	114,7	107,8	97,7
Željeznička električ. vuča	3301	1,9	3478	1,7	37816	1,8	131,3	117,5	105,1
Melioracije	220	0,1	110	0,1	3067	0,1	117,6	97,3	169,8
Ukupna specijalna velepotrošnja	26556	15,0	40490	20,1	512178	23,7	55,2	74,4	97,4

Proizvodnja električne energije udružene elektroprivrede u FNR Jugoslaviji za mjesece studeni i prosinac 1962.

Pokazatelj	Mjesec	FNRJ			Po narodnim republikama											
					Hrvatska		Srbija		Slovenija		BiH		Makedonija		Crna Gora	
		Ukupno	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE
Proizvodnja u GWh	11. 1962.	923	621	302	163	27	71	137	178	83	90	53	31	2	88	0
	12. 1962.	1080	715	365	226	27	76	151	111	138	157	44	44	4	101	1
Indeks na bazi	11. 1961.	113	108	123	116	432	100	120	108	102	73	137	102	55	190	41
	12. 1961.	122	125	118	149	372	127	118	77	109	116	91	126	90	213	82

Proizvodnja ugljena za mjesece studeni i prosinac 1962.
Po podacima »Udruženih ugljenokopa« — sastavio ing. Franjo Sapač

Vrste ugljena — Područje — Poduzeće		Proizvodnja u tonama			Indeks 1961 = 100		
		Studeni	Prosinac	Od početka godine	Studeni	Prosinac	Od početka godine
a		1	2	3	4	5	6
Kameni — Istarski ugljenokopi Raša		64570	76840	809660	91,0	96,3	97,3
Mrki	Hrvatsko Zagorje: Golubovečki ugljenokopi	4945	5423	66276	92,9	83 8	93,8
	Rudnik Pregrada	5710	6504	70146	102,1	113,4	116,8
	Ostali	3986	5031	56776	112,2	171,7	118,3
	Međimurje: Međimurski ugljenokopi	15001	15178	175810	130,4	109,6	101,8
	Dalmacija: Rudnik Siverić	9314	9311	120169	97,3	94,7	104,6
	Ostali	658	560	8062	82,3	80,0	93,1
	Ostala područja	3109	3047	36447	95,9	141,3	80,5
	Ukupno mrki	42723	45054	533686	107,9	108,1	102,6
Lignit	Hrvatsko Zagorje: Ivanečko-Ladanjski ugljen.	30486	34556	385125	105,9	105,0	99,8
	Konjščinski ugljenokopi	—	—	52480	—	—	—
	Zagorski rudnici	14252	11874	159216	—	—	—
	Stubički ugljenokopi	—	—	79597	—	—	—
	Rudnik Poljanica	4509	5500	10009	—	—	—
	Ostali	2504	3140	27177	110,3	157,9	108,9
	Bilogora—Podravina: Koprivnički ugljenokopi	6619	6791	83733	94,5	88,8	86,8
	Križevački ugljenokopi	2520	2864	32316	82,1	93,0	83,7
	Ostali	3971	3565	63355	54,9	48,1	72,7
	Ostala područja	1085	1173	10012	126,2	586,5	104,3
	Ukupno lignit	65946	69463	903020	84,0	83,9	84,4
Ukupno sve vrste ugljena		173239	191357	2246366	91,7	93,7	92,8

Proizvodnja ugljena i koksa u FNR Jugoslaviji za mjesece studeni i prosinac 1962.

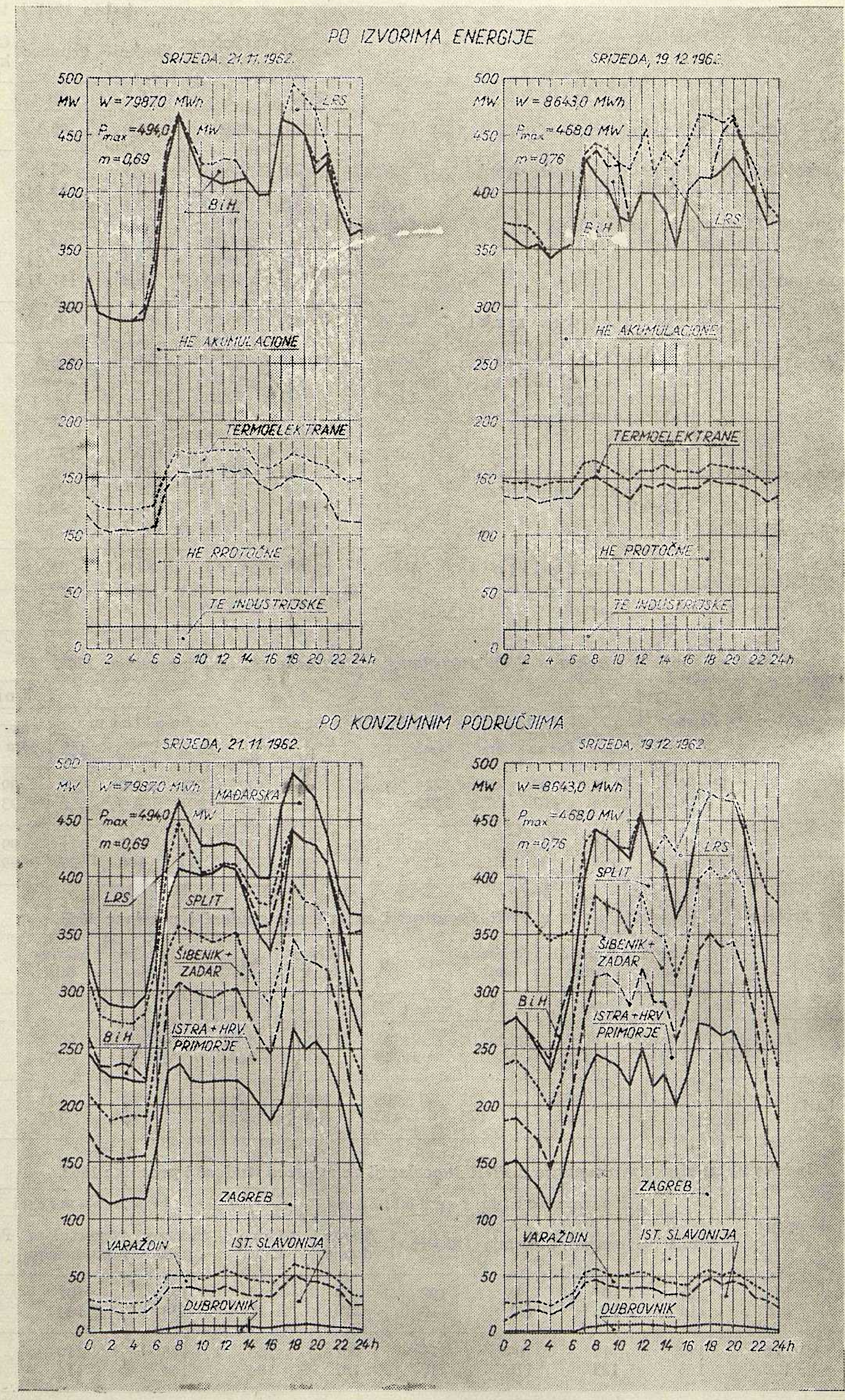
Pokazatelj	Mjesec	Ugljen										Koks iz	
		FNRJ				Po narodnim republikama						koksara	plinara
		Ukupno	Kameni	Mrki	Lignit	Srbija	Hrvatska	Slovenija	BiH	Makedonija	Crna Gora		
Proizvodnja u 1000 t	11. 1962.	2114	90	800	1224	638	173	442	833	0,8	26,7	89	1,5
	12. 1962.	2276	110	870	1296	690	191	470	901	0,9	22,6	93	1,6
Indeks na bazi	11. 1961.	110	83	107	114	112	92	114	110	67	111	99	107
	12. 1961.	109	94	108	111	114	94	105	111	100	97	99	100

Proizvodnja i prerada nafte u FNR Jugoslaviji za mjesece studeni i prosinac 1962.

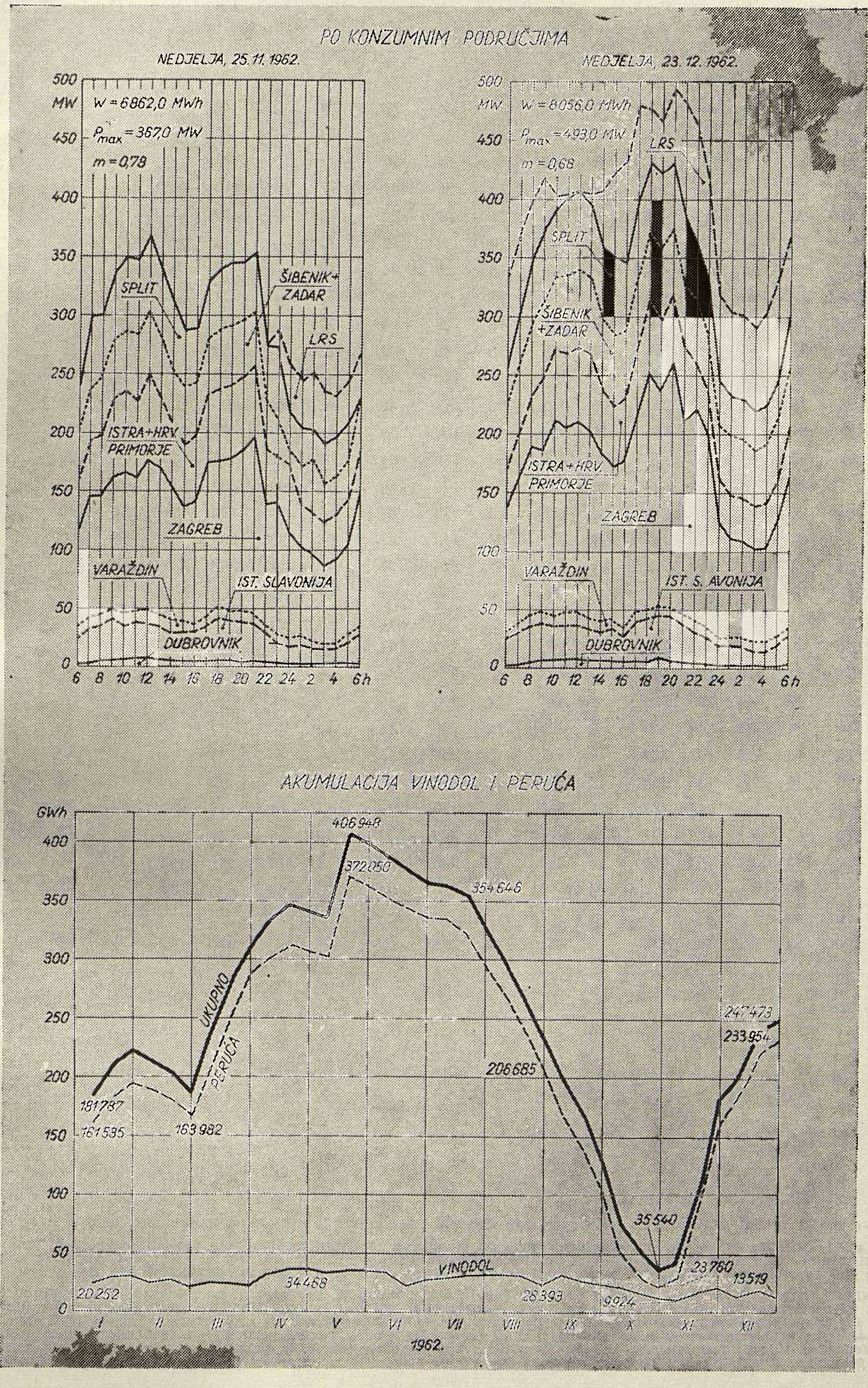
Pokazatelj	Mjesec	Sirova nafta	Zemni plin	Prerada nafte	Benzin	White špirit	Petrolej	Plinsko ulje	Maziva ulja	Čađ
		t	1000 m³	t	t	t	t	t	t	t
Proizvodnja	11. 1962.	132032	11181	149316	24506	1193	8801	46348	6699	415
	12. 1962.	128047	12746	158053	31743	902	9434	45599	8303	337
Indeks na bazi	11. 1961.	118	187	161	109	318	219	152	121	126
	12. 1961.	110	171	123	127	108	246	147	166	99

Indeks industrijske proizvodnje u FNR Jugoslaviji za mjesece studeni i prosinac 1962.

Mjesec	FNRJ	Po narodnim republikama						Po namjeni		
		Srbija	Hrvatska	Slovenija	BiH	Makedonija	Crna Gora	Sredstva rada	Materijal za reprodukciju	Potrošna roba
11. 1961.	105	110	105	98	102	106	115	108	101	111
12. 1961.	112	115	110	111	110	112	127	138	104	111
11. 1962.	116	122	117	109	111	101	160	115	110	127
12. 1962.	122	123	123	116	118	132	194	144	114	125


PO IZVORIMA ENERGIJE
SRIJEDA, 21.11.1962.
W=7987,0 MWh
Pmax=494,0 MW
m=0,69
LRS
BiH
HE AKUMULACIONE
TERMOELEKTRANE
HE PROTOČNE
TE INDUSTRIJSKE
SRIJEDA, 19.12.1962.
W=8643,0 MWh
Pmax=468,0 MW
m=0,76
MW
PO KONZUMNIM PODRUČJIMA
MAĐARSKA
SPLIT
ŠIBENIK+ZADAR
ISTRA+HRV. PRIMORJE
ZAGREB
VARAŽDIN
IST. SLAVONIJA
DUBROVNIK

TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 25. 11. i 23. 12. 1962.
AKUMULACIJA VINODOL I PERUĆA



Srednji dnevni protoci vode za mjesece studeni i prosinac 1962.

Datum	Cetina						Krka				Lokvarka		Ličanka		Mrežn.-Dobra		Kupa	
	Peruća		Split		Kraljevac		Manojlovac		Jaruga		Vinodol		Vinodol		Gojak		Ozalj	
	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac
1	12	60	3	162	0,5	114	15	35	35	74	30	10	41	12	34	39	43	57
2	14	60	10	142	0,5	90	24	28	24	71	18	15	29	18	29	38	63	57
3	14	42	10	131	1,0	40	24	24	32	62	10	—	11	—	8	35	65	57
4	12	45	8	127	1,0	8	20	24	34	85	8	10	10	16	7	35	47	43
5	12	45	7	122	0,5	2	19	23	29	84	7	4	10	7	6	33	43	43
6	13	40	10	117	0,5	6	23	21	41	74	25	—	39	—	6	30	14	43
7	24	40	20	122	1,0	6	44	20	34	45	22	—	32	—	7	27	pr.*	29
8	27	32	20	130	1,0	6	47	18	20	41	19	—	33	—	6	23	44	29
9	90	30	90	109	14	6	180	18	90	40	87	—	31	—	5	20	62	29
10	95	29	128	105	70	8	223	18	128	64	77	2	84	3	22	14	56	29
11	70	29	98	103	46	5	168	18	98	52	52	—	67	—	22	12	pr.*	29
12	85	28	120	100	39	4	205	18	120	50	50	2	75	3	31	10	„	29
13	153	30	173	109	90	6	326	18	173	48	96	528	100	662	29	30	„	43
14	130	84	180	140	116	11	310	35	180	59	68	379	87	398	34	172	„	pr.*
15	93	83	146	269	87	74	239	54	146	94	300	101	397	127	51	109	„	„
16	91	120	176	188	88	56	267	51	176	114	210	109	300	132	172	105	„	57
17	110	90	175	210	116	84	285	66	175	87	97	53	100	61	84	130	„	57
18	105	91	178	209	93	77	283	54	178	87	95	25	108	29	55	68	„	57
19	148	71	224	180	179	61	372	52	224	77	140	23	200	33	107	52	„	57
20	185	61	275	166	221	40	460	50	275	71	161	487	188	763	221	48	„	72
21	185	64	260	144	212	26	445	35	260	56	72	8	123	14	114	44	„	57
22	163	40	232	129	183	10	395	31	232	52	420	5	482	11	76	38	„	43
23	153	51	270	127	196	10	423	30	270	46	315	2	353	3	157	31	„	29
24	162	45	314	129	314	8	476	24	314	45	102	—	139	—	97	33	„	29
25	130	34	280	109	468	8	410	22	280	41	42	—	85	—	62	31	„	29
26	115	44	256	102	329	8	371	18	256	40	32	—	53	—	51	28	„	29
27	90	30	252	122	258	8	342	21	252	35	31	—	55	—	47	25	„	29
28	83	50	217	144	227	14	300	21	217	34	15	6	23	10	44	25	„	29
29	78	41	202	127	191	8	280	21	202	32	14	8	25	14	41	18	62	29
30	58	50	187	102	180	6	245	53	187	32	11	114	31	152	39	19	61	14
31		95		172		84		58		54		69		87		21		57
Mjes. prosjek	90	53	151	140	124	32	241	32	156	60	88	63	110	82	55	43	19	38

* pr. = preljev

UREDNIŠTVO I UPRAVA. Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37, pošt. pret. 451, telefon 53–822, kućni 341.

IZDAVAČKI ODBOR. Miloš *Damjanić,* glavni direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Horvat,* tehnički direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Franjo *Kovač,* direktor ekonomsko-financijskog sektora Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Herman *Mattes,* direktor Instituta za elektroprivredu, Zagreb.

UREDNIČKI ODBOR. Glavni i odgovorni urednik: ing. Božidar *Filipović. Urednici rubrika.* Energetika: ing. Vinko *Brajnović.* Studije i istraživanja: ing. Jakob *Lucatti,* ing. Boris *Markovčić* i ing. Blaž *Uzelac.* Tehnička i pogonska problematika: ing. Ivo *Božin.* Izgradnja energetskih postrojenja: ing. Radoslav *Planić.* Elektrodispečerska problematika: ing. Milan *Šodan.* Ekonomsko-financijska problematika: Anđelko *Marušić* i dipl. ec. Daniel *Fëocze.* Tarifna pitanja: ing. Ivan *Lučev.* Opća problematika: Ivan *Medvedec.* Vijesti: Josip *Pišpek.* Vijesti s gradilišta: ing. Radoslav *Planić.* Iz strane stručne literature: prof. ing. Vladimir *Žepić.* Statistika: Krešimir *Lang.* Tehnički urednik: ing. Vlatko *Dabac.* Komercijalno i financijsko rukovodstvo: Ernest *Radetić.*

GOD. 12 (1963) energija BROJ 3 — 4

BILTEN ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA HRVATSKE I INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU

JEDNA OD MOGUĆNOSTI ZA VALORIZACIJU ENERGIJE HIDROELEKTRANA

Hrvoje Požar, Zagreb

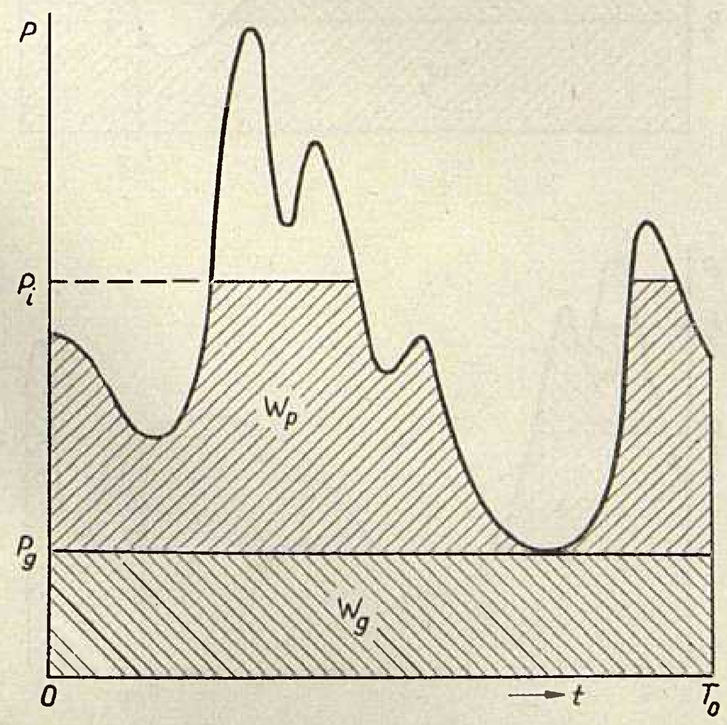
Polazeći od garantirane proizvodnje protočne hidroelektrane kod koje se minimalna moguća proizvodnja pojavljuje u kritičnom razdoblju sistema, mogu se definirati relativne vrijednosti garantirane i promjenljive energije u ostalim hidroelektranama. Kao garantirana energija uzima se ona količina energije koju promatrana hidroelektrana može proizvesti tokom godine sa srednjom snagom koju ima u kritičnom razdoblju, dok je promjenljiva energija razlika između ukupne moguće proizvodnje i garantirane energije. Relativna vrijednost energije prikazana je kao omjer između vrijednosti promatrane hidroelektrane i vrijednosti garantirane proizvodnje protočne hidroelektrane. Pri određivanju vrijednosti energije uzima se u obzir smanjenje potrebne izgradnje termoelektrana kao i smanjenje potrebne proizvodnje u termoelektranama radi izgradnje promatrane hidroelektrane.

DK 621.311.21

1. Osnova za komparaciju

Uobičajeno je [1 do 5] da se vrijednost energije hidroelektrana izrazi u relativnim veličinama u odnosu na neku osnovnu vrijednost energije. Osnovnu vrijednost možemo u pravilu odabrati po volji. Za konačni rezultat izbor osnovne veličine nema nikakovog značenja, jer se sve ostale veličine podređuju prema odabranoj osnovnoj vrijednosti, koja je ista za sve promatrane veličine.

Najjednostavnije je poći od protočne hidroelektrane. Na sl. 1 prikazan je raspored proizvodnje neke protočne hidroelektrane u nekoj godini. Prikaz prilika samo u jednoj godini služi samo kao ispomoć za definiranje pojmova, dok će proširenje na niz godina biti prikazano u kasnijim razmatranjima. Na osnovu sl. 1 možemo ukupnu proizvodnju protočne hidroelektrane podijeliti u dva dijela: garantirana proizvodnja W_g i promjenljiva proizvodnja W_p. Garantirana proizvodnja ostvaruje se snagom P_p, koju možemo nazvati garantiranom snagom, pa je garantirana proizvodnja



Sl. 1. Podjela na garantiranu (W_g) i promjenljivu (W_p) energiju protočne hidroelektrane

$$W_g = P_g T_o \tag{1}$$

Ako bi htjeli tu garantiranu proizvodnju ostvariti u termoelektrani, bila bi potrebna snaga na pragu termoelektrane rP_g, gdje je $r > 1$ faktor rezerve, potreban da bi se u svakom momentu osigurala snaga P_g na pragu termoelektrana. Osim toga u termoelektranama bila bi potrebna proizvodnja iste količine energije koliko iznosi količina garantirane energije. Ukupni troškovi za tu proizvodnju u termoelektranama iznosili bi

$$K_t = rb_t P_g + c_{gs} W_g \tag{2}$$

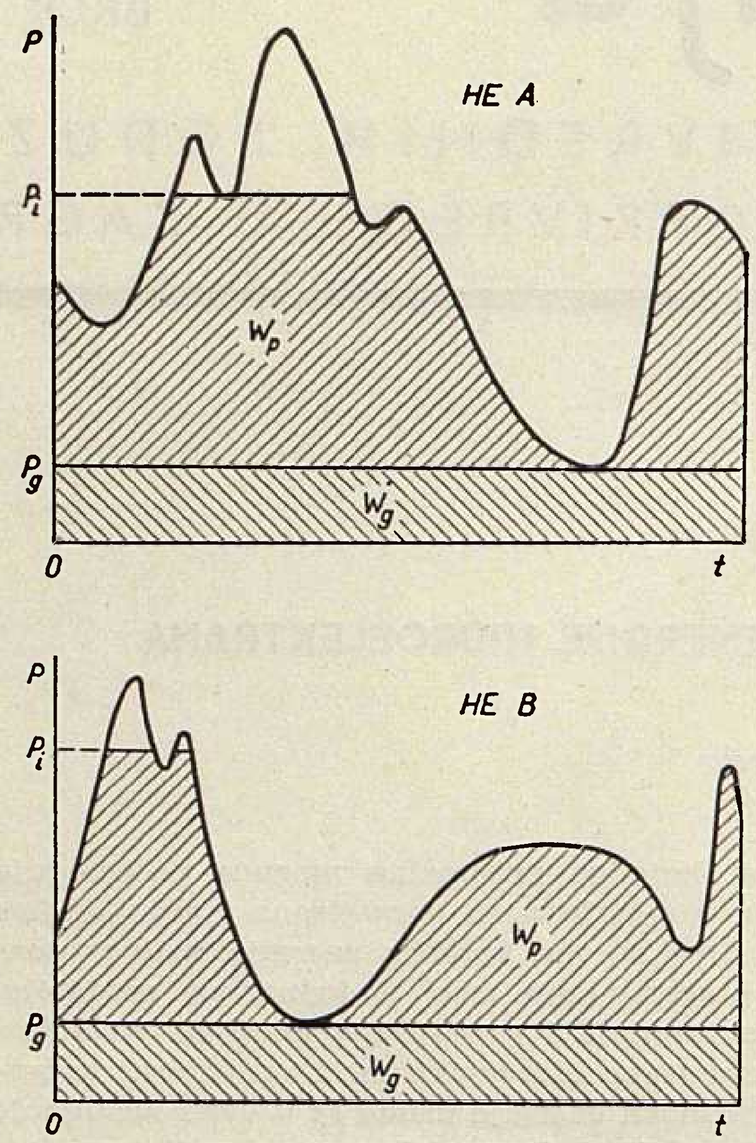
gdje su c_{gs} prosječni promjenljivi specifični troškovi u termoelektrani, a b_t specifični stalni troškovi u termoelektranama po jedinici snage na pragu elektrane. Dijeljenjem s garantiranom energijom dolazimo do specifičnih troškova

$$c_t = \frac{K_t}{W_g} = \frac{rb_t}{T_o} + c_{gs} \tag{3}$$

koje možemo označiti kao osnovnu vrijednost energije v_o za koju dakle vrijedi izraz

$$v_o = \frac{rb_t}{T_o} + c_{gs}\,. \tag{4}$$

Sl. 2. Primjeri za raspored proizvodnje u dvije hidroelektrane (HE) (garantirana snaga određena bez obzira na prilike u elektroenergetskom sistemu)



Odredimo primjera radi navedenu osnovnu vrijednost uz pretpostavku da specifične investicije za termoelektranu iznose 140 . 10^3 Din/kW na generatoru, da je potrebna snaga za vlastiti potrošak 9% od maksimalne snage na generatoru, da godišnja kvota troškova iznosi 16% od investicija, da je faktor rezerve $r = 1{,}15$, te da su prosječni promjenljivi specifični troškovi u termoelektranama c_{gs} = 3,00 Din po kWh. Uz te pretpostavke osnovna vrijednost energije iznosi

$$v_0 = \frac{1{,}15 \cdot 0{,}16 \cdot 140 \cdot 10^3}{0{,}91 \cdot 8{,}760 \cdot 10^3} + 3{,}00 = 6{,}26 \text{ Din/kWh}$$

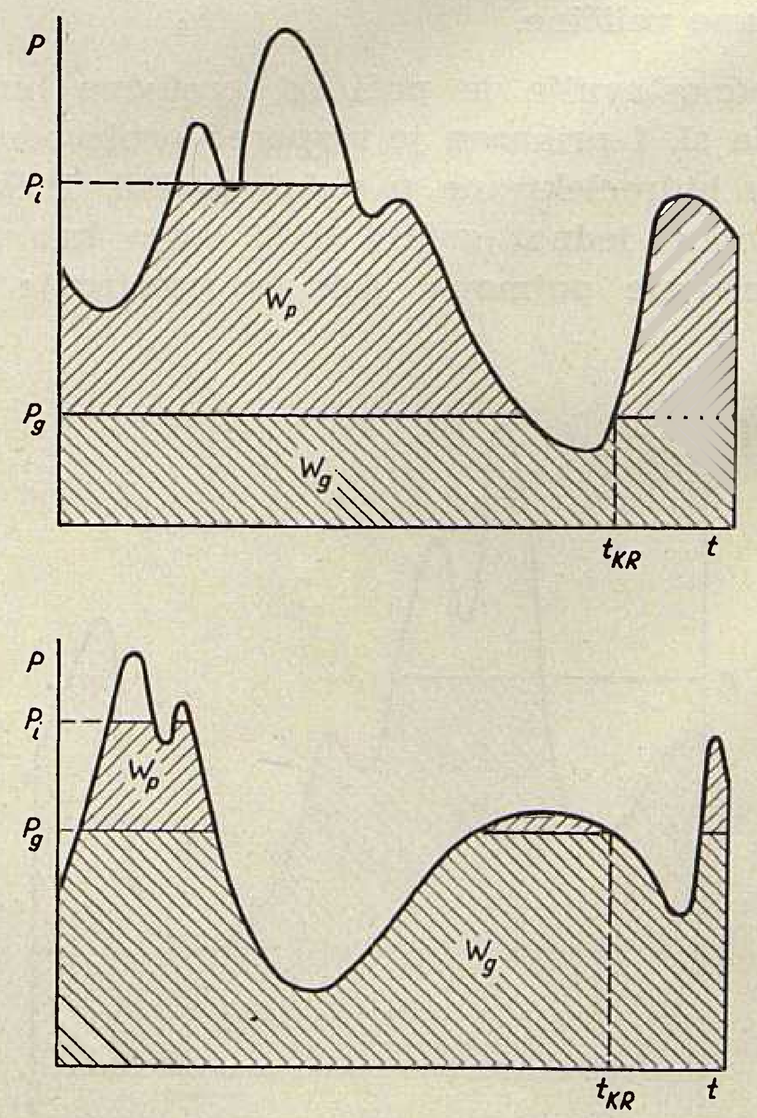
Vrijednost energije iz hidroelektrana može se sada prikazati u odnosu na tu osnovnu vrijednost. Tada osnovna relativna vrijednost energije iz hidroelektrana iznosi g_0 = 1,00.

2. Garantirana snaga i garantirana energija

Odnosi u elektroenergetskom sistemu nisu normalno tako jednostavni, da bi mogli neku hidroelektranu promatrati neovisno o sistemu u kojemu će raditi. Razmatrajući utjecaj sistema naići ćemo na dva faktora, koja treba uzeti u obzir prilikom određivanja vrijednosti hidroelektrane: raspored dotoka u promatranu hidroelektranu u odnosu na raspored dotoka u ostale hidroelektrane elektroenergetskog sistema, te mogućnost korištenja snage promatrane hidroelektrane.

Bilo bi potpuno neopravdano promatrati hidroelektranu neovisno o ostalim hidroelektranama, pa kao garantiranu snagu hidroelektrane smatrati najmanju snagu koju može hidroelektrana proizvesti tokom promatranog razdoblja. Da to ilustriramo, na sl. 2 prikazan je raspored proizvodnje za dvije hidroelektrane, koje imaju bitno različiti raspored proizvodnje tokom godine. Pri tomu zamislimo da hidroelektrana *A* ima raspored proizvodnje u principu jednak kao većina hidroelektrana u sistemu. Razlika rasporeda proizvodnje u hidroelektrani *B* posljedica je ili razlike u prirodnim dotocima hidroelektrani ili postojanja akumulacionog bazena pomoću kojeg se reguliraju dotoci hidroelektrani *B*. Radi toga imamo u hidroelektrani *B* minimalnu proizvodnju kad hidroelektrana *A* (a prema pretpostavci, i većina hidroelektrana u sistemu) ima veliku mogućnost proizvodnje, osim toga u doba male proizvodnje u hidroelektrani *A* (dakle u doba male proizvodnje u većini hidroelektrana u sistemu) u hidroelektrani *B* može se proizvesti relativno velika količina energije. Kad bi promatrali obje hidroelektrane odvojeno od elektroenergetskog sistema, izgledalo bi da su obje hidroelektrane — s obzirom na garantiranu energiju i garantiranu snagu — međusobno istovrijedne, što nikako nije slučaj. Garantirana energija hidroelektrane *B* je samo prividno jednaka garantiranoj energiji u hidroelektrani *A*.

Prema tomu treba svakako uzeti u obzir utjecaj elektroenergetskog sistema. U elektroenergetskom sistemu možemo definirati kritično razdoblje, kao razdoblje u kojemu je potrebna najveća snaga termoelektrana za zadovoljenje konzuma. Poznavajući prilike u elektroenergetskom sistemu može se odrediti razdoblje (mjesec i godina ili — da se izbjegnu slučajnosti — veći broj mjeseci u istoj ili različitim godinama) kad će za zadovoljenje potreba biti potrebna najveća snaga iz termoelektrana. To isto vrijedi i za



Sl. 3. Primjeri za raspored proizvodnje u dvije hidroelektrane (garantirana snaga određena prema prilikama u elektroenergetskom sistemu)

elektroenergetski sistem u kojemu su predviđene redukcije potrošnje s razlikom, što tada kao kritično razdoblje treba smatrati onaj mjesec i godinu (odnosno grupu mjeseci) kad je za potpuno zadovoljenje potreba potrebno angažirati maksimalnu raspoloživu snagu termoelektrana.

Ako u dijagramu rasporeda proizvodnje s t_{KR} označimo kritično razdoblje, moći ćemo odrediti srednju snagu promatrane hidroelektrane (sl. 3) koju ta hidroelektrana može proizvesti u razdoblju koje je najkritičnije u elektroenergetskom sistemu. Treba naglasiti, da tako definirana garantirana snaga predstavlja srednju snagu hidroelektrane (P_g) u kritičnom razdoblju.

Pomoću te snage sada možemo definirati i garantiranu količinu energije. Pod garantiranom količinom energije razumijevamo onu količinu energije koja se u promatranoj hidroelektrani može proizvesti uz najbolje moguće iskorištenje garantirane snage P_g. Prema tomu uz tako definiranu garantiranu energiju, tu količinu energije ne možemo više odrediti pomoću relacije (1), već moramo uvesti veličinu

$$\gamma \leqq 1 \tag{5}$$

koja je konstanta za promatranu hidroelektranu, a koja je definirana relacijom

$$\gamma = \frac{W_g}{P_g T_o} \tag{6}$$

gdje je W_g garantirana energija određena prema gore navedenoj definiciji (sl. 3).

Veličina γ ovisna je o stepenu različitosti rasporeda proizvodnje u promatranoj hidroelektrani u odnosu na raspored proizvodnje u hidroelektranama sistema, odnosno o veličini akumulacionog bazena pomoću kojega se reguliraju protoci u promatranoj hidroelektrani. Što je veći stepen različitosti rasporeda proizvodnje i što je veći akumulacioni bazen, veličina γ bit će manja, jer će tada i omjer W_g/P_g biti manji.

Postupajući analogno prikazanom u tač. 1, vrijednost garantirane energije možemo sada odrediti iz relacije

$$v_g = \frac{rb_t}{\gamma T_o} + c_g \tag{7}$$

gdje su c_g prosječni promjenljivi specifični troškovi u termoelektranama, koje treba još odrediti, o čemu će biti govora u kasnijim razmatranjima.

Relativnu vrijednost garantirane energije određujemo dakle iz izraza

$$g = \frac{v_g}{v_o} \tag{8}$$

pa, uzevši u obzir relacije (4) i (7), dobivamo

$$g = \frac{1}{\gamma} \frac{\frac{rb_t}{T_o} + \gamma c_g}{\frac{rb_t}{T_o} + c_{gs}} \tag{9}$$

Uvedimo još odnos

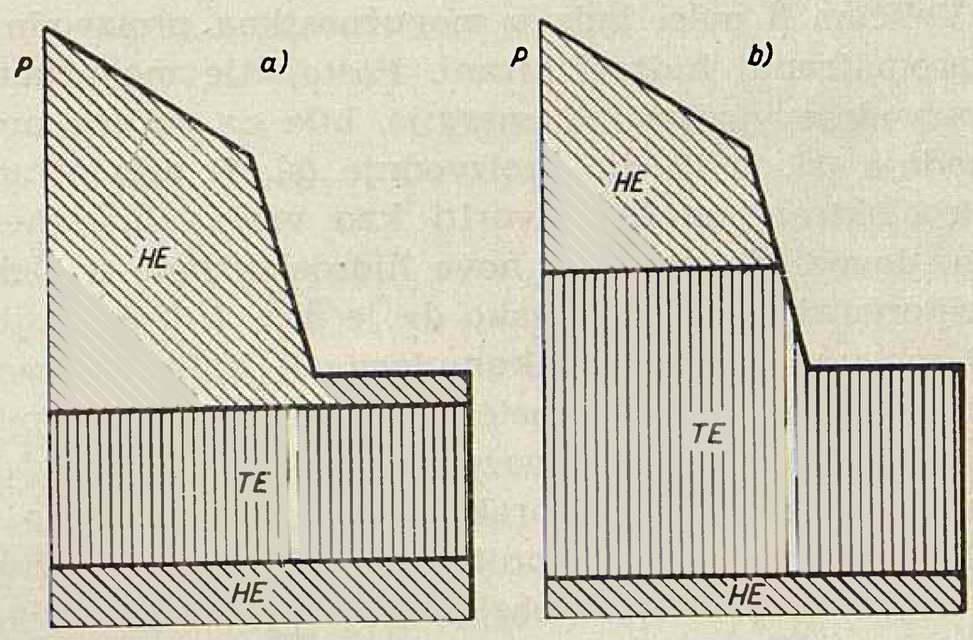
$$\alpha_g = \frac{c_g}{c_{gs}} \tag{10}$$

koji prikazuje omjer između smanjenja specifičnih promjenljivih troškova c_g radi proizvodnje garantirane energije u promatranoj hidroelektrani i smanjenja specifičnih promjenljivih troškova c_{gs}, kako je definirano u tač. 1. Normalno je $c_g \geqq c_{gs}$. Omjer α_g je to veći što je veća razlika u rasporedu proizvodnje u promatranoj hidroelektrani u usporedbi s rasporedom proizvodnje u većini hidroelektrana elektroenergetskog sistema.

Uvođenjem odnosa α_g, relaciju (9) za relativnu vrijednost garantirane energije možemo pisati u obliku

$$g = \frac{1}{\gamma} \frac{\frac{rb_t}{T_o} + \alpha_g \cdot \gamma \cdot c_{gs}}{\frac{rb_t}{T_o} + c_{gs}} \tag{11}$$

Kako je već spomenuto garantirana snaga P_g definirana je kao srednja snaga. Međutim hidroelektrana u kritičnom razdoblju ne mora da radi sa sred-



Sl. 4. Moguće prilike u elektroenergetskom sistemu u kritičnom razdoblju

njom snagom, ako ima akumulacioni bazen ma kako njegov volumen bio malen. U svakom slučaju nastojat će se iskoristiti što veća snaga, ali iskorištenje snage hidroelektrane ovisi o prilikama u kritičnom razdoblju. Uzevši u obzir odnose u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije, mogu nastupiti dva slučaja, kad promatramo odnose u kritičnom razdoblju. Prvi, kad je u kritičnom razdoblju varijabilnom energijom iz hidroelektrana *moguće potpuno zadovoljiti* potrebe na varijabilnoj energiji (sl. 4a), i drugi, kad je u kritičnom razdoblju varijabilnom energijom iz hidroelektrana *moguće zadovoljiti samo dio* potreba na varijabilnoj energiji (sl. 4b).

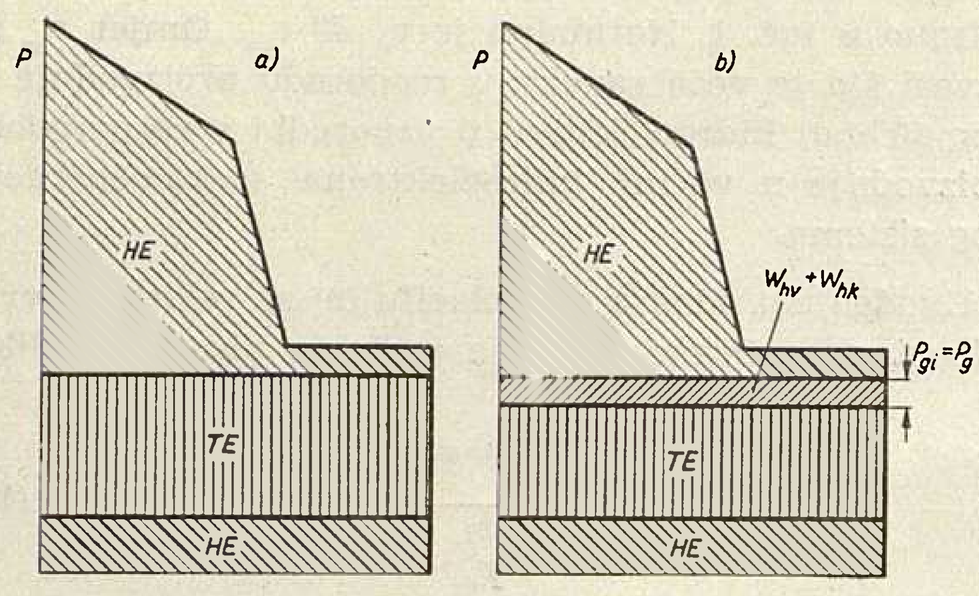
Ako u kritičnom razdoblju vladaju prilike kao na sl. 4a, iskoristiva garantirana snaga u svakom slučaju jednaka je srednjoj garantiranoj snazi. Postavljajući slijedeći odnos između iskoristive garantirane snage (P_{gi}) i srednje garantirane snage (P_g)

$$\beta = \frac{P_{gi}}{P_g} \tag{12}$$

dobivamo za slučaj prilika prikazanih na sl. 4a, da je uvijek $\beta = 1$, što je vidljivo na sl. 5.

Sl. 5. Zamjena energije termoelektrana (TE) novom hidroelektranom (HE) u kritičnom razdoblju za prilike prikazane na sl. 4

a) prije ugradnje nove hidroelektrane, *b)* nakon izgradnje nove hidroelektrane



Ako u elektroenergetskom sistemu vladaju prilike kao na sl. 4b, omjer β (12) može imati vrijednost

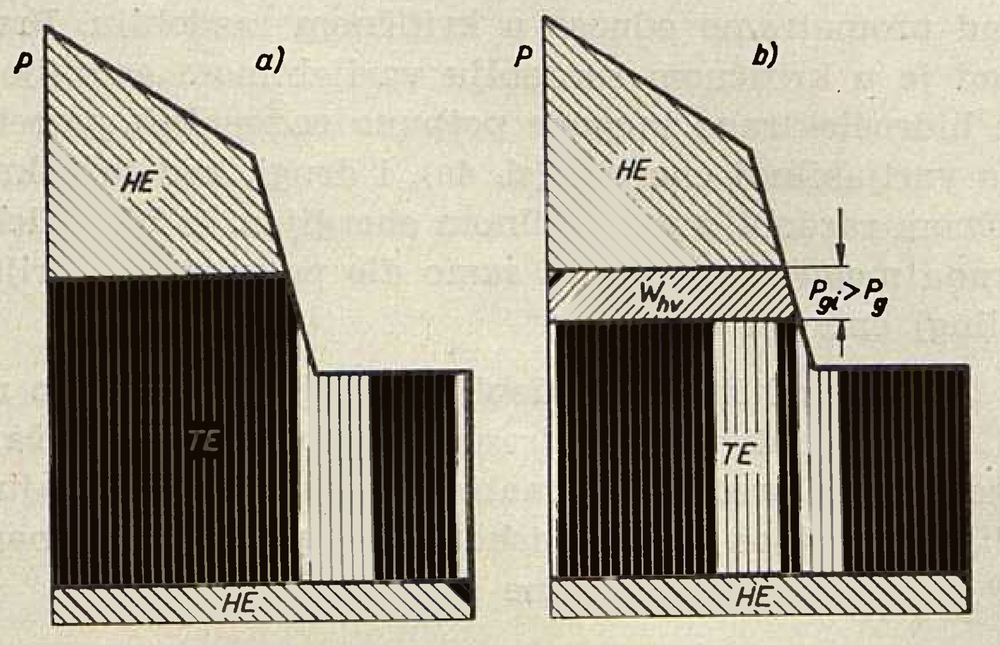
$$\beta \geqq 1 . \tag{13}$$

Veličina β ovisi tada o mogućnostima proizvodnje u promatranoj hidroelektrani. Postojanje mogućnosti proizvodnje varijabilne energije, bilo da se sva proizvodnja (sl. 6) ili dio proizvodnje (sl. 7) promatrane hidroelektrane može ostvariti kao varijabilna energija, dovodi do položaja nove hidroelektrane u elektroenergetskom sistemu tako da je $\beta > 1$. Takav slučaj moguć je samo u akumulacionoj hidroelektrani, dok se u protočnoj hidroelektrani sva energija proizvodi kao konstantna energija (uz pretpostavku da nema preljeva, što je praktički uvijek ispunjeno u kritičnom razdoblju). U protočnoj hidroelektrani, dakle, uvijek je $\beta = 1$ bez obzira da li u sistemu vladaju prilike prikazane na sl. 4a ili na sl. 4b.

Uzevši u obzir veličinu β, definiranu omjerom (12), dolazimo do izraza za vrijednost garantirane energije

$$v_g = \frac{\beta\, rb_t}{\gamma\, T_o} + c_g \tag{14}$$

jer se sada u kritičnom razdoblju može iskoristiti veća (u općenitom slučaju) snaga P_{gi} od garantirane snage



Sl. 6. Zamjena energije termoelektrana (TE) novom hidroelektranom (HE) u kritičnom razdoblju za prilike prikazane na sl. 4b, ako nova hidroelektrana može proizvoditi samo varijabilnu energiju

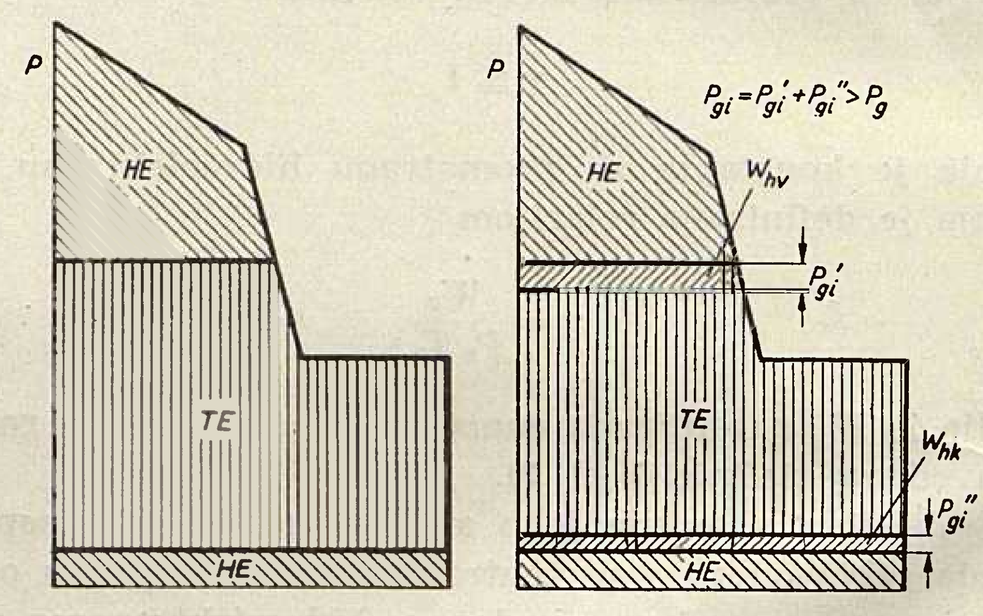
a) prije izgradnje nove hidroelektrane, *b)* nakon izgradnje nove hidroelektrane

P_g. Relativna vrijednost garantirane energije određuje se sada iz izraza

$$g = \frac{1}{\gamma} \frac{\dfrac{\beta\, rb_t}{T_o} + \alpha_g \cdot \gamma c_{gs}}{\dfrac{rb_t}{T_o} + c_{gs}} \tag{15}$$

Relacija (15) predstavlja opći izraz za relativnu vrijednost garantirane energije.

Za protočnu hidroelektranu, a bez obzira na prilike u elektroenergetskom sistemu, kao i za akumulacionu hidroelektranu, ako prilike u sistemu u kritičnom razdoblju odgovaraju sl. 4a, uvijek je $\beta = 1$, pa tada u potpunosti vrijedi relacija (9). Za akumulacionu hidroelektranu, međutim, kad u kritičnom razdoblju u elektroenergetskom sistemu vladaju prilike prikazane na sl. 4b, treba uzeti u obzir i veličinu β (12), pa za određivanje relativne vrijednosti garantirane energije treba upotrijebiti relaciju (15).



Sl. 7. Zamjena energije termoelektrana (TE) novom hidroelektranom (HE) u kritičnom razdoblju za prilike prikazane na sl. 4b, ako nova hidroelektrana može pored konstantne energije proizvoditi i varijabilnu energiju

Na sl. 8 prikazana je ovisnost relativne vrijednosti *g* garantirane energije o veličini γ (6), veličini α_g (10) i veličini β (12). Prilikom određivanja relativne vrijednosti *g* uzeto je u obzir da je $\alpha_g \geqq 1$, te da je

$$\gamma \geqq 0{,}3 \tag{16}$$

Omjer γ/β možemo prema (6) i (12) prikazati relacijom

$$\frac{\gamma}{\beta} = \frac{T_g}{T_o} : \frac{T_g}{T_{gi}} = \frac{T_{gi}}{T_g} \tag{17}$$

gdje je T_g trajanje korištenja srednje garantirane snage P_g za proizvodnju garantirane energije

$$T_g = \frac{W_g}{P_g} \tag{18}$$

dok je T_{gi} trajanje korištenja iskoristive snage P_{gi} za proizvodnju garantirane energije

$$T_{gi} = \frac{W_g}{P_{gi}} \tag{19}$$

Budući da T_{gi} može najviše biti jednako korištenju T_i instalirane snage, a to se postiže u slučaju da hi-

droelektrana nema proizvodnje promjenljive energije što se događa ako hidroelektrana ima najveću proizvodnju baš u kritičnom razdoblju, te kad se u kritičnom razdoblju može iskoristiti maksimalna snaga hidroelektrane. Budući da je rijedak slučaj da je $T_i > 2500$ sati/god, dobivamo da je

$$\frac{\gamma}{\beta} = \frac{T_{gi}}{T_g} \geqq \frac{T_i}{T_o} > 0{,}3 \qquad (20)$$

Dosadašnja razmatranja bila su ilustrirana krivuljom, koja prikazuje raspored proizvodnje u jednoj godini. Takav način prikazivanja bio je odabran radi jednostavnijeg prikaza. Za praktična određivanja vrijednosti garantirane energije, međutim, treba analizu provesti za niz godina, pa je najpovoljnije da se u tu svrhu poslužimo krivuljama vjerojatnosti moguće proizvodnje za niz godina. Da se dobije dobar uvid u prilike, potrebno je krivulje vjerojatnosti moguće proizvodnje odrediti za svaki mjesec posebno. Na sl. 9 prikazane su krivulje vjerojatnosti proizvodnje (srednjih snaga) za promatranu hidroelektranu za koju je godina podijeljena u tri razdoblja (radi pojednostavnjenja prikaza), na kojima je označena garantirana srednja snaga, garantirana i promjenljiva energija.

Treba napomenuti da garantirana snaga na sl. 9 nije određena na osnovu neke unaprijed određene vjerojatnosti na prikazanim krivuljama vjerojatnosti promatrane hidroelektrane, već na osnovu srednje snage promatrane hidroelektrane u kritičnom razdoblju elektroenergetskog sistema kao cjeline.

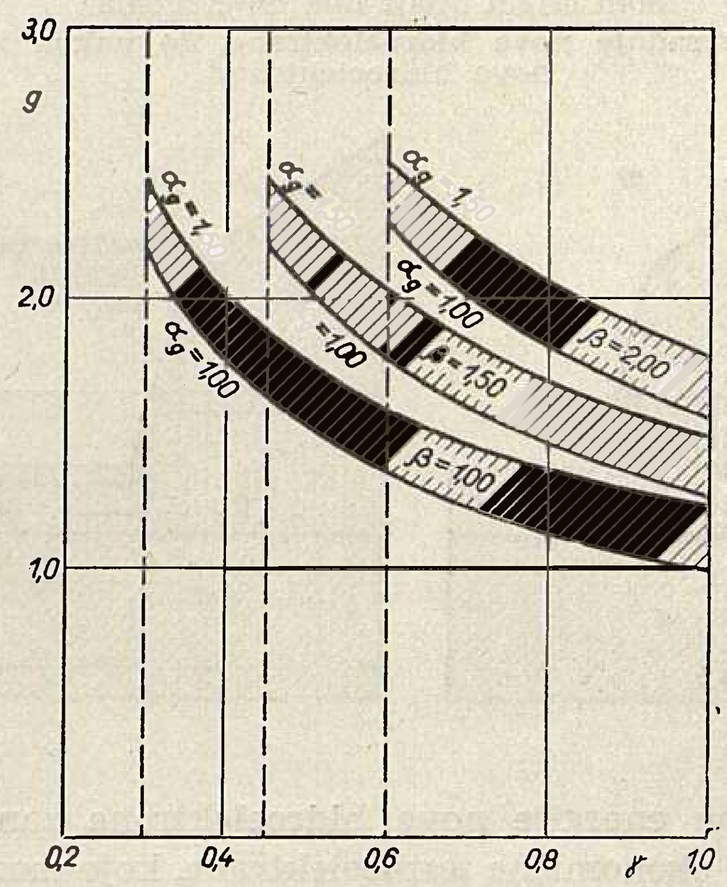
3. Određivanje veličina c_{gs} i c_g u izrazima za vrijednost garantirane energije

3.1. Određivanje veličine c_{gs}

Prema izloženom u tač. 1. veličina c_{gs} predstavlja srednje specifične promjenljive troškove u termoelektranama, čiju proizvodnju zamjenjuje garantirana proizvodnja iz protočne hidroelektrane, koja služi kao osnov za komparaciju vrijednosti energije iz hidroelektrana.

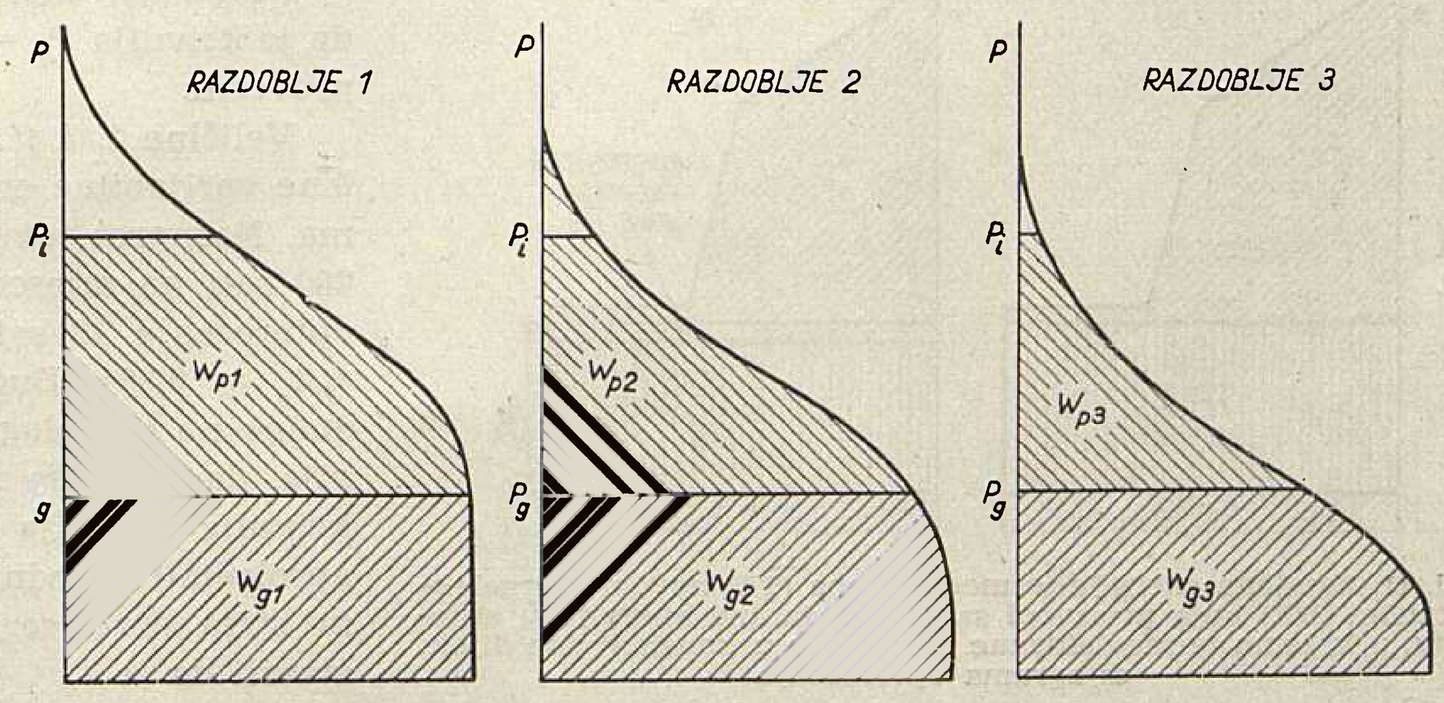
Budući da se radi o protočnoj hidroelektrani, sva energija pojavljuje se kao konstantna energija, pa promotrimo prilike u elektroenergetskom sistemu kad promatrana hidroelektrana može proizvoditi, a da ne dođe do preljeva, samo konstantnu energiju.

Sl. 8. Ovisnost relativne vrijednosti g (15) garantirane energije o veličinama γ (6), α_g (10) i β (12)



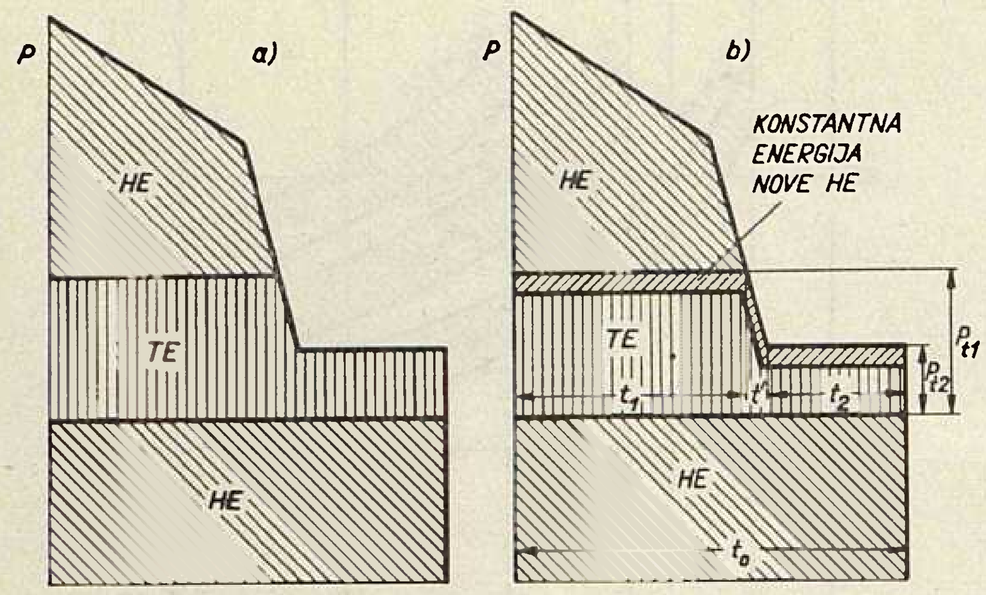
Ako pretpostavimo, da u elektroenergetskom sistemu neće dolaziti do preljeva, možemo sve slučajeve — s obzirom na prilike u elektroenergetskom sistemu — svesti na dva slučaja: prvi (sl. 10), kad termoelektrane treba da rade i u varijabilnom i u konstantnom dijelu dijagrama opterećenja, i drugi (sl. 11), kad termoelektrane treba da rade samo u konstantnom dijelu dijagrama opterećenja. Rad termoelektrana samo u varijabilnom dijelu dijagrama opterećenja (kad hidroelektrana proizvodi samo konstantnu energiju) — uz pretpostavku da nema preljeva — ne može se pojaviti. Pretpostavka, da nema preljeva još iskoristive vode u hidroelektranama, može se prihvatiti, jer je postotak preljeva i uz visoki postotak hidroenergije u sistemu Jugoslavije [6] relativno malen, i jer treba računati s činjenicom da će se već godinu-dvije nakon stavljanja u pogon nove hidroelektrane moći sva energija potpuno iskoristiti.

Na sl. 10 i 11 prikazan je položaj nove hidroelektrane s obzirom na zamjenu najnepovoljnijih termoelektrana, koje još moraju biti u pogonu za zadovoljenje konzuma prije izgradnje nove hidroelektrane. U slučaju kad termoelektrane rade i u varijabilnom i u konstantnom dijelu dijagrama opterećenja (sl. 10) dio



Sl. 9. Prikaz garantirane i promjenljive energije promatrane hidroelektrane u krivuljama vjerojatnosti za tri razdoblja

Sl. 10. Zamjena energije termoelektrana (TE) novom hidroelektranom (HE) koja proizvodi samo konstantnu energiju u sistemu, u kojemu termoelektrane rade u varijabilnom i konstantnom dijelu dijagrama opterećenja
a) prije izgradnje nove hidroelektrane, *b)* nakon izgradnje nove hidroelektrane

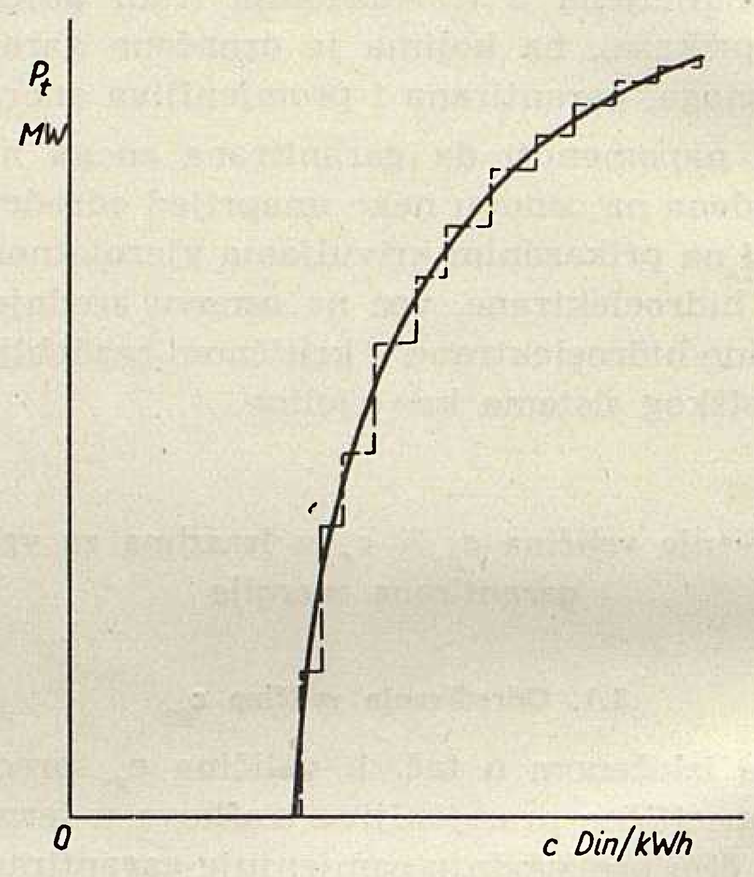


konstantne energije nove hidroelektrane zamjenjuje najmanje ekonomične termoelektrane, koje moraju biti u pogonu radi zadovoljenja potreba. Drugi dio konstantne energije zamjenjuje proizvodnju termoelektrana u najvišem području konstantnog dijela dijagrama opterećenja. U slučaju, međutim, prikazanom na sl. 11 konstantna energija promatrane hidroelektrane zamjenjuje najmanje ekonomične termoelektrane, koje su u promatranoj situaciji potrebne za zadovoljenje konzuma. Poznavanje položaja promatrane hidroelektrane omogućuje određivanje promjenljivih troškova u termoelektranama, koje zamjenjuje promatrana hidroelektrana.

Da bi odredili promjenljive troškove, potrebno je odrediti krivulju, koja prikazuje ovisnost specifičnih troškova (*c*) u termoelektranama sistema u ovisnosti o angažiranoj snazi termoelektrana (P_t). Krivulja $P_t = f(c)$ na sl. 12 prikazuje tu ovisnost. Da se dobije krivulja $P_t = f(c)$, termoelektrane su poredane prema veličini specifičnih promjenljivih troškova. Unošenjem u dijagram raspoloživih snaga pojedinih termoelekrana i njihovih specifičnih promjenljivih troškova dobiva se stepeničasta krivulja, koju za nešto veći sistem možemo bez veće pogreške zamijeniti krivuljom (sl. 12). Prilikom određivanja krivulja $P_t = f(c)$ treba uzeti u obzir i potrebnu rezervu u termoelektranama. Bilo bi sigurno neopravdano računati, da se sva rezervna snaga osigurava u termoelektranama s najvećim specifičnim dodatnim troškovima, jer je za sve termoelektrane potrebno predvidjeti vrijeme za remont, i jer u svim termoelektranama može doći do defekta. Da bi se uzele u obzir sve te mogućnosti, a uz pretpostavku da je vjerojatnost defekta i potreba remonta za sve termoelektrane međusobno jednaka, krivulju $P_t = f(c)$ treba odrediti uz pretpostavku snižene snage termoelektrana, kao da je ukupna rezervna snaga podijeljena na sve termoelektrane proporcionalno njihovoj maksimalnoj snazi na pragu ($P_{t\,max}$). Za konstrukciju krivulje $P_t = f(c)$ treba dakle računati s raspoloživom snagom termoelektrana, koju određujemo iz izraza

$$P_t = \frac{P_{t\,max}}{r} \tag{21}$$

Poznavajući položaj nove hidroelektrane (sl. 10) u dijagramu opterećenja, potrebne angažirane snage termoelektrana P_{t1} i P_{t2} (sl. 10), te krivulje $P_t = f(c)$ (sl. 12), mogu se (sl. 13) odrediti specifični promjenljivi troškovi u termoelektranama c_1 i c_2. Specifični pro-



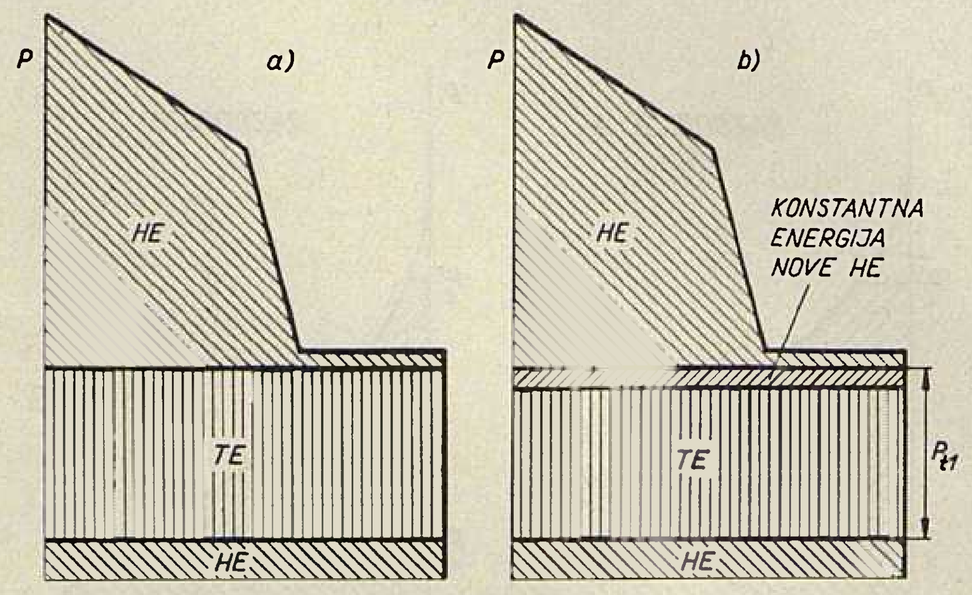
Sl. 12. Konstrukcija krivulje $P_t = f(c)$

mjenljivi troškovi u termoelektranama, koje su zamijenjene proizvodnjom u novoj hidroelektrani, mogu se odrediti iz slijedeće relacije

$$c_{gn} = \frac{t_1}{t_0} c_1 + \frac{t_2}{t_0} c_2 + \frac{t'}{t_0} \cdot \frac{c_1 + c_2}{2} \tag{22}$$

Posljednji član u (22) određen je uz pretpostavku, da je krivulja $P_t = f(c)$ između P_1 i P_2 aproksimirana pravcem.

Veličine t_1 i t' mogu se odrediti poznavajući količine varijabilne energije u postojećim hidroelektranama. Nasuprot tomu t_2 je konstantna veličina i iznosi 280 sati na mjesec, ako je trajanje razdoblja velikih opterećenja 18 sati u radnom danu. Prema tomu je $t_2/t_0 = 0{,}384$. Budući da u sistemu Jugoslavije ima stalno na raspolaganju barem toliko varijabilne energije, da se može pokriti gornji trokut aproksimirane krivulje trajanja [6], te budući da je pravac, koji aproksimira srednji dio krivulje trajanja [7] normalno strm, može se za sve slučajeve dovoljno tačno postaviti da je



Sl. 11. Zamjena energije termoelektrana (TE) novom hidroelektranom (HE) koja proizvodi samo konstantnu energiju u sistemu, u kojemu termoelektrane rade samo u konstantnom dijelu dijagrama opterećenja

$$c_{gn} = 0{,}6\, c_1 + 0{,}4\, c_2 \qquad (23)$$

što omogućuje jednostavno određivanje veličine c_{gn}.

Još jednostavnije je određivanje veličine c_{gn}, ako u sistemu vladaju prilike kao na sl. 11, jer je tada $P_{t1} = P_{t2}$, pa je i

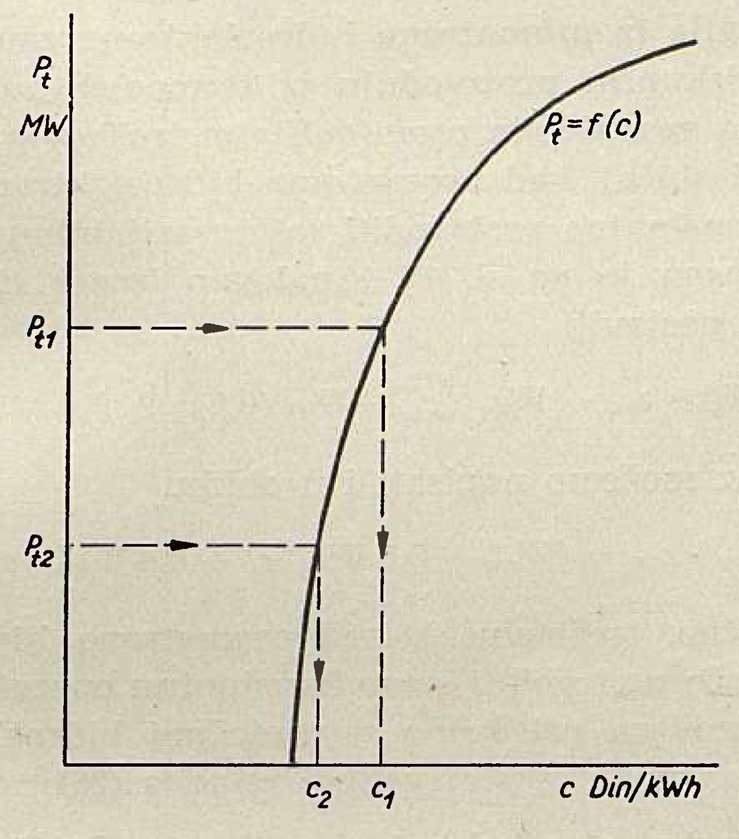
$$c_{gn} = c_1 \qquad (24)$$

Indeks n u c_{gn} znači n-to razdoblje među jednakim razdobljima za koja se vrši razmatranje. Budući da u svakom razdoblju (sl. 1) imamo istu količinu garantirane energije, veličinu c_{gs} koja dolazi u izrazima za određivanje vrijednosti energije, određujemo iz relacije

$$c_{gs} = \frac{1}{n} \sum_{1}^{n} c_{gn}\,, \qquad (25)$$

jer je cijeli razmatrani period podijeljen u n jednakih razdoblja.

Prema tomu za određivanje veličine c_{gs} potrebno je poznavati potrebnu ukupnu snagu termoelektrana (P_{t1}) i potrebnu konstantnu snagu termoelektrana (P_{t2}) u pojedinim razdobljima, te krivulju $P_t = f\,(c)$.

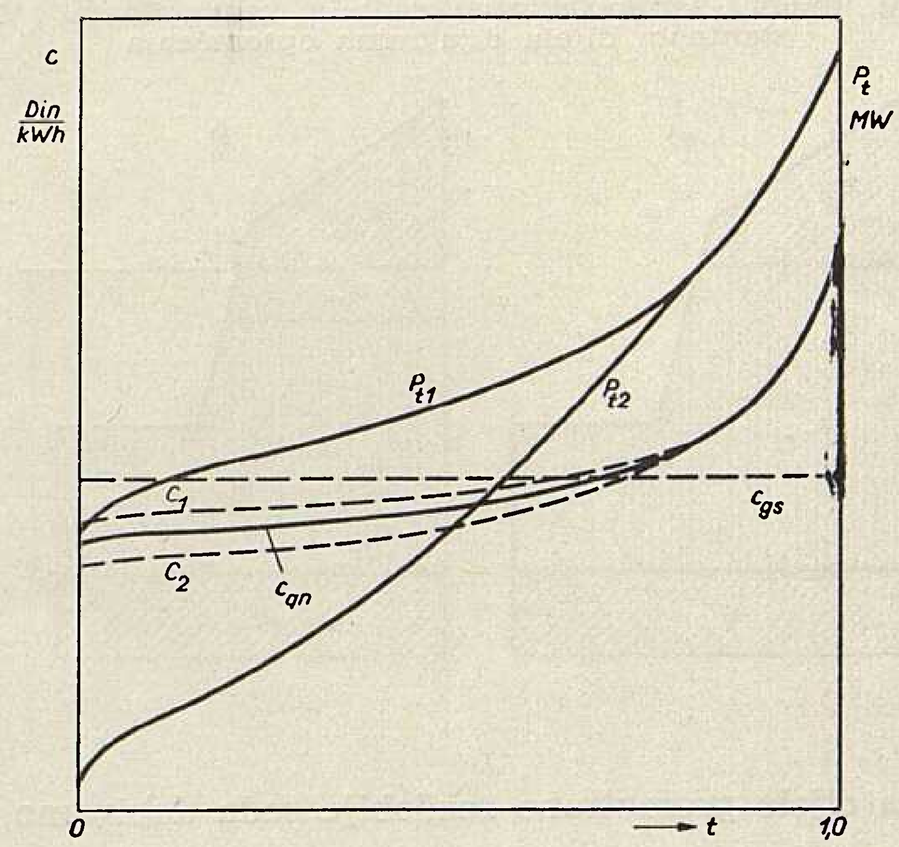


Sl. 13. Primjer za određivanje specifičnih promjenljivih troškova u termoelektranama koje zamjenjuje proizvodnja nove hidroelektrane

Na sl. 14 prikazan je primjer za tok krivulja P_{t1} i P_{t2} za neko promatrano vremensko razdoblje (mjesec, sezonu ili godinu). Pomoću tih krivulja i krivulja $P_t = f\,(c)$ (sl. 13) mogu se odrediti krivulje c_1 i c_2, a prema izrazu (23) i krivulja c_{gn}. Određivanjem srednje vrijednosti krivulje c_{gn} dolazimo do veličine c_{gs}, za promatrano razdoblje. Ako je godina promatrano razdoblje, tako određena vrijednost za c_{gs} je veličina, koja ulazi u izraz (4) za određivanje osnovne vrijednosti garantirane energije. Ako je, međutim, promatrano razdoblje dio godine, vrijednost c_{gs} za cijelu godinu bit će određena kao aritmetska sredina vrijednosti za sve jednake dijelove godine.

Određivanje veličina c_1 i c_2 na opisani način osniva se na pretpostavci, da je proizvodnja promatrane hidroelektrane malena u usporedbi s proizvodnjom u elektroenergetskom sistemu. To u većini slučajeva od-

Sl. 14. Primjer određivanja veličine c_{gn} i c_{gs}

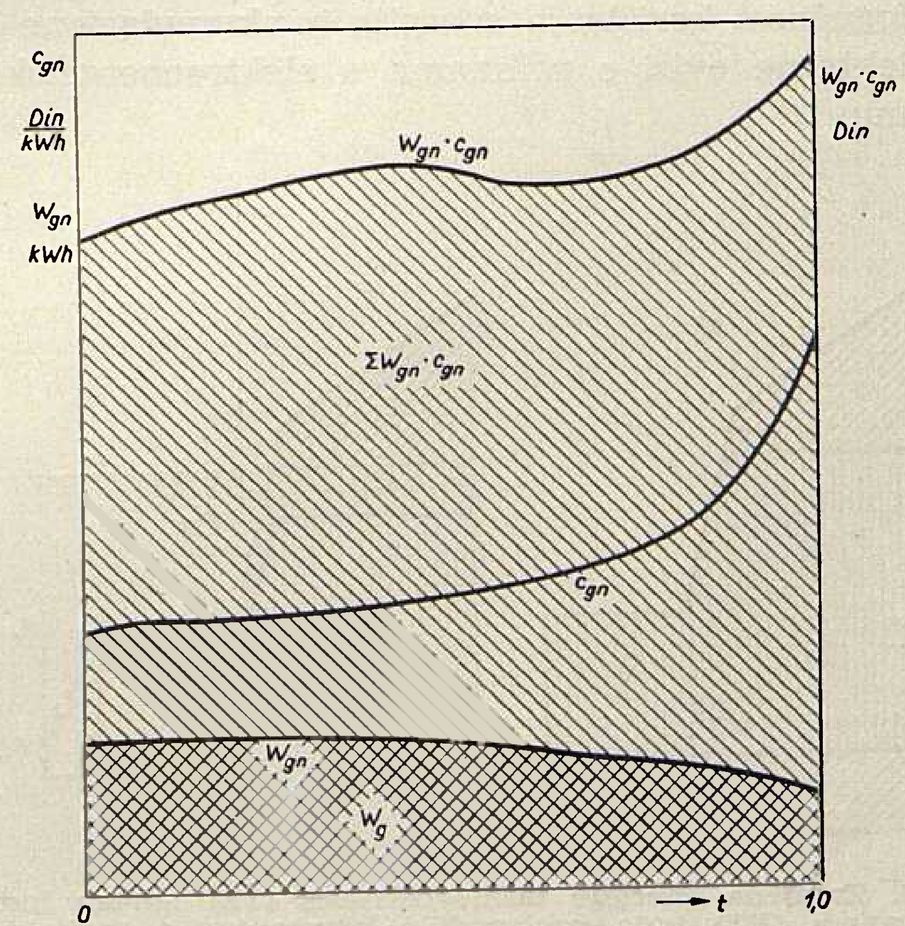


govara i stvarnim prilikama. Ako se međutim radi o relativno velikoj hidroelektrani, određivanjem veličina c_1 i c_2 na opisani način čini se mala pogreška, jer su stvarne vrijednosti tih veličina nešto manje.

3.2. Određivanje vrijednosti c_g za protočnu hidroelektranu

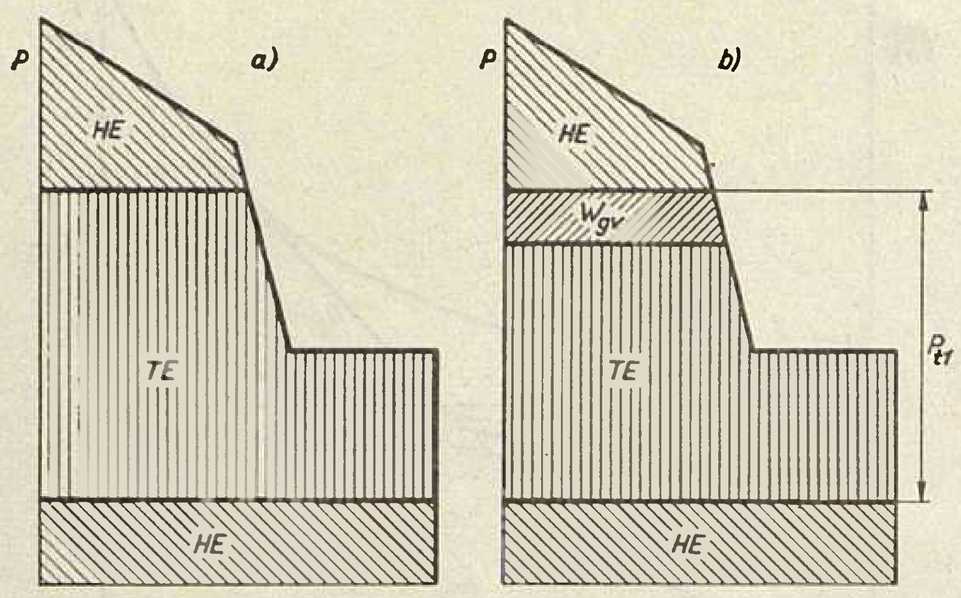
U protočnoj hidroelektrani može se — bez preljeva još iskoristive vode — proizvoditi samo konstantna energija. Radi toga mogu nastupiti samo slučajevi prikazani na sl. 10 i 11. Budući da u svakom razdoblju nemamo istu količinu energije (sl. 3), ne možemo za određivanje veličine c_g upotrijebiti izraz (25), koji je određen uz pretpostavku da u svakom razdoblju imamo istu količinu energije iz promatrane hidroelektrane. Ako se proizvodnja promatrane hidroelektrane mijenja, za n-to razdoblje možemo relaciju (23) pisati u obliku

$$W_{gn} \cdot c_{gn} = W_{gn}\,(0{,}6\, c_1 + 0{,}4\, c_2) \qquad (26)$$



Sl. 15. Primjer određivanja produkta $W_{gn} \cdot c_{gn}$

Si. 16. Zamjena energije termoelektrana (TE) novom hidroelektranom (HE) koja proizvodi samo varijabilnu energiju u sistemu u kojemu termoelektrane rade u varijabilnom i konstantnom dijelu dijagrama opterećenja



Za cijelo promatrano razdoblje sada dobivamo

$$c_g = \frac{1}{W_g} \sum_{1}^{n} W_{gn} (0{,}6\, c_1 + 0{,}4\, c_2) \qquad (27)$$

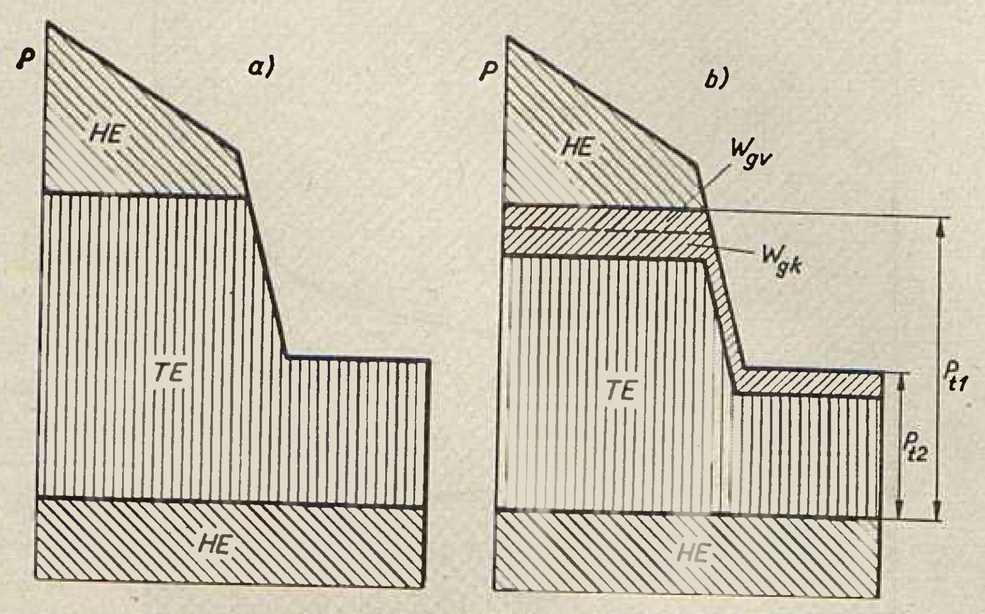
Na sl. 15 prikazana je krivulja c_{gn}, koja je već određena na sl. 14, te krivulje promjene W_{gn}, pomoću kojih određujemo produkt $W_{gn} \cdot c_{gn}$. Površina ispod krivulje $W_{gn} \cdot c_{gn}$ predstavlja ukupne troškove, pa dijeljenjem sa W_g, koju prikazuje površina ispod krivulje W_{gn}, dolazimo do veličine c_g, koja dolazi u izrazu (9) za relativnu vrijednost garantirane energije.

Naravno da se veličina c_g može odrediti bez crtanja i planimetriranja. U tu svrhu — kako će u numeričkom primjeru biti prikazano — mogu se za svako razdoblje (dekadu, mjesec) odrediti pojedine veličine, pa zbrajanjem doći do sume u izrazu (27).

3.3. Određivanje vrijednosti c_g za akumulacionu hidroelektranu

U akumulacionoj hidroelektrani može se — bez preljeva još iskoristive vode — proizvoditi ili samo varijabilna, varijabilna i konstantna, ili samo konstantna energija.

Mogućnost korištenja energije iz akumulacione hidroelektrane ovisi o prilikama u elektroenergetskom sistemu.



Sl. 17. Zamjena energije termoelektrana (TE) novom hidroelektranom (HE) koja proizvodi i konstantnu i varijabilnu energiju u sistemu u kojemu termoelektrane rade u varijabilnom i konstantnom dijelu dijagrama opterećenja

Promotrimo najprije slučaj, kad u elektroenergetskom sistemu vladaju prilike prikazane na sl. 4a, kad postojeće hidroelektrane mogu proizvesti toliko varijabilne energije da zadovoljavaju potrebe varijabilne energije. Tada položaj nove hidroelektrane potpuno odgovara položaju prikazanom na sl. 11 bez obzira na to da li nova hidroelektrana može proizvoditi samo varijabilnu, konstantnu i varijabilnu, ili samo konstantnu energiju. Prema tomu, kad u sistemu imamo prilike kao na sl. 4a, za određivanje veličine c_{gn} vrijedi izraz (24).

Kad, međutim, u elektroenegetskom sistemu vladaju prilike prikazane na sl. 4b, dakle kad proizvodnja varijabilne energije u hidroelektranama nije dovoljna da zadovolji potrebe varijabilne energije, treba posebno razmotriti sva tri slučaja mogućnosti proizvodnje u promatranoj hidroelektrani.

Prvi slučaj, kad promatrana hidroelektrana može proizvoditi samo varijabilnu energiju, prikazan je na sl. 16. Tada, uzevši u obzir izloženo u tač. 3.1, vrijedi relacija, koja je analogna relaciji (24), a koja uzima u obzir oznake na sl. 10

$$W_{gn} \cdot c_{gn} = W_{gv}\, c_1\,, \qquad (28)$$

jer energija iz promatrane hidroelektrane zamjenjuje sada najskuplju proizvodnju iz termoelektrana, a to je ona sa specifičnim promjenljivim troškovima c_1.

Drugi slučaj, kad promatrana hidroelektrana može pored konstantne proizvoditi još i varijabilnu energiju, prikazan je na sl. 17. Analogno izrazu (26) sada možemo postaviti

$$W_{gn} \cdot c_{gn} = W_{gv} \cdot c_1 + W_{gk} (0{,}6\, c_1 + 0{,}4\, c_2) \qquad (29)$$

koji izraz možemo napisati i u obliku

$$W_{gn} \cdot c_{gn} = (W_{gv} + 0{,}6\, W_{gk})\, c_1 + 0{,}4\, W_{gk} \cdot c_2 \qquad (30)$$

Konačno, treći slučaj, kad promatrana hidroelektrana može proizvoditi samo konstantnu energiju, potpuno odgovara prilikama u protočnoj hidroelektrani (sl. 10), pa za taj slučaj vrijedi relacija (26).

Prema tomu vrijednost c_g može se odrediti iz slijedećeg izraza

$$c_g = \frac{1}{W_g} \Big\{ \Sigma\, W_{gv} \cdot c_1 + \Sigma\, [\, (W_{gv} + 0.6\, W_{gk})\, c_1 + 0{,}4\, W_{gk} \cdot c_2] + \Sigma\, W_{gk} (0{,}6\, c_1 + 0{,}4\, c_2) \Big\} \qquad (31)$$

Veličina c_g (31) je veličina koja ulazi u izraz (9) za određivanje relativne vrijednosti garantirane energije.

4. Vrijednost promjenljive energije

Vrijednost promjenljive energije možemo definirati kao promjenljive troškove u termoelektranama, koje zamjenjuje promatrana hidroelektrana. Treba naglasiti, da se sada radi samo o promjenljivim troškovima termoelektrane, jer je garantirana iskoristiva snaga određena prema prilikama u kritičnom razdoblju, kad je potrebna najveća snaga iz termoelektrana, pa postojanje ili nepostojanje promjenljive energije u promatranoj hidroelektrani ne može utjecati na potrebu izgradnje termoelektrana.

Prema tomu vrijednost promjenljive energije možemo prikazati izrazom

$$v_p = c_p \,, \tag{32}$$

gdje su c_p prosječni promjenljivi troškovi u termoelektranama koje zamjenjuje promjenljivom energijom promatrana hidroelektrana. Uzevši u obzir osnovnu vrijednost energije v_0 (4), dobivamo izraz za relativnu vrijednost promjenljive energije

$$p = \frac{c_p}{\frac{rb_t}{T_0} + c_{gs}} \tag{33}$$

Uvođenjem omjera

$$\alpha_p = \frac{c_p}{c_{gs}} \,, \tag{34}$$

možemo (33) pisati u obliku

$$p = \frac{\alpha_p \, c_{gs}}{\frac{rb_t}{T_0} + c_{gs}} \tag{35}$$

Na sl. 18 prikazana je ovisnost relativne vrijednosti p o veličini α_p, da bi se dobila predodžba o redu veličine relativne vrijednosti p. Podaci na sl. 18 prikazani su uz iste pretpostavke kao i na sl. 8.

Vrijednost promjenljive energije određuje se na isti način kao i vrijednost veličine c_g (tač. 3.2 i 3.3), s razlikom da se mjesto garantirane energije uvrsti promjenljiva energija.

Ostaje pitanje, kako podijeliti garantiranu i promjenljivu energiju promatrane hidroelektrane na konstantnu i varijabilnu energiju. Mislim da ne treba dati prednost ni garantiranoj ni promjenljivoj energiji, već treba računati da garantirana energija može proizvesti isti postotak varijabilne energije kao i promjenljiva. To praktički znači, da — ako se može od ukupne energije (garantirana + promjenljiva) proizvesti 60 % varijabilne energije — treba računati da će se isti postotak od garantirane energije proizvesti kao varijabilna energija, te da će se od promjenljive energije isti postotak proizvesti kao varijabilna energija. Pitanje podjele garantirane i promjenljive energije utječe na vrijednosti tih dviju vrsta energija, ali ne utječe na ukupnu vrijednost energije iz hidroelektrane.

5. Usporedba hidroelektrana

Pošto su određene relativne vrijednosti garantirane i promjenljive energije, može se odrediti i valorizirana količina energije iz promatrane hidroelektrane prema relaciji

$$W_{val} = g \cdot W_g + p \cdot W_p \,. \tag{36}$$

To omogućuje i određivanje omjera između valorizirane moguće proizvodnje i stvarne moguće proizvodnje

$$w = \frac{W_{val}}{W} = \frac{g \, W_g + p \, W_p}{W_g + W_p} \tag{37}$$

koji omjer omogućuje energetsku usporedbu hidroelektrana. Ona je hidroelektrana energetski vrednija koja ima veći omjer w, što znači da takva hidroelektrana proizvodi vredniju energiju.

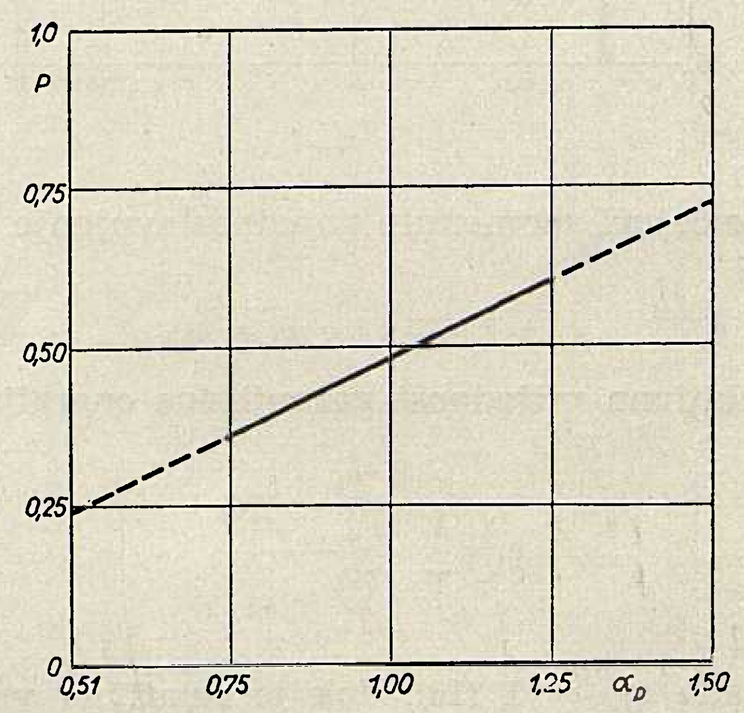
Omjer w daje samo energetsku usporedbu hidroelektrana, a ne govori ništa o njihovoj energetsko-ekonomskoj vrijednosti. Da to obuhvatimo, potrebno je uvesti i investicije u razmatranje, pa kao usporedbenu veličinu možemo uzeti specifične investicije po jedinici valorizirane proizvodnje. Ako za specifične investicije po jedinici stvarne proizvodnje postavimo

$$i = \frac{I}{W} \text{ Din/kWh} \tag{38}$$

gdje su I investicije za promatranu hidroelektranu, specifične investicije po valoriziranoj proizvodnji dobivamo iz izraza

$$i_{val} = \frac{i}{w} \,. \tag{39}$$

Hidroelektrana s manjim i_{val} energetsko-ekonomski je povoljnija od hidroelektrane s većim specifičnim investicijama po jedinici valorizirane proizvodnje.



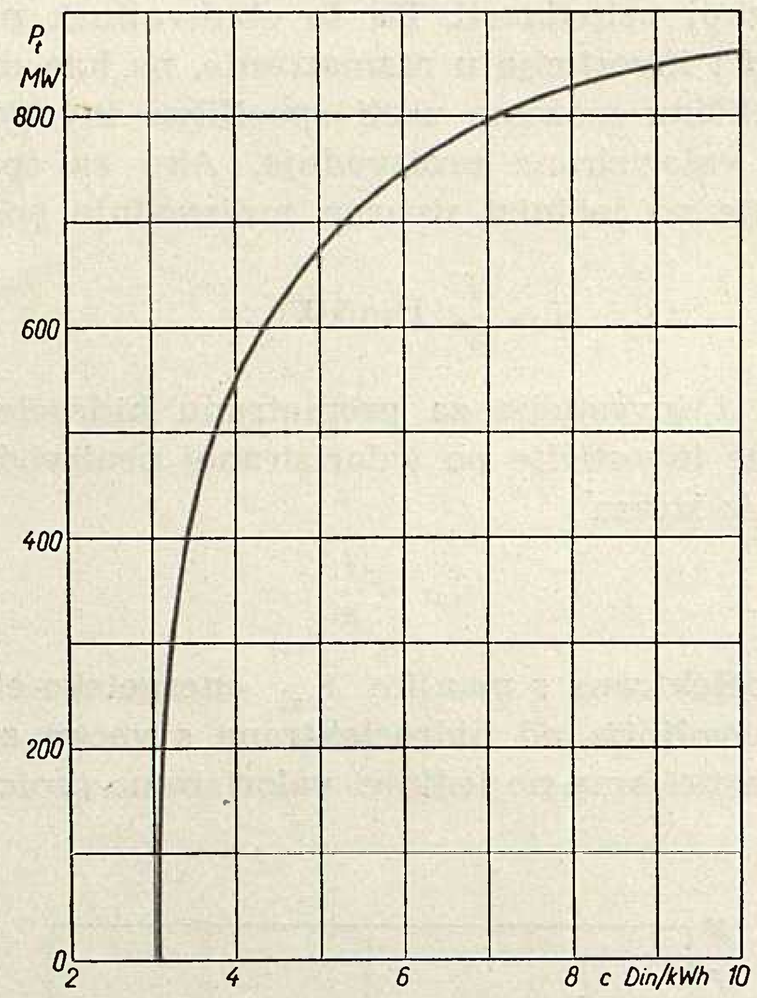
Sl. 18. Ovisnost relativne vrijednosti promjenljive energije o veličini α_p (puno izvučena linija — praktično područje)

6. Pojednostavnjenje razmatranja

Izvedene formule za određivanje relativne vrijednosti energije uzimaju u obzir i utjecaj položaja hidroelektrane u dijagramu opterećenja, pa kao posljedica toga i utjecaj različitih promjenljivih troškova u termoelektranama. To ima naročitog značenja kad se uspoređuju hidroelektrane s različitim rasporedom protoka.

Kao prva aproksimacija međutim može se poći od prosječnih promjenljivih troškova u termoelektranama, pa zanemariti utjecaj novih i starih termoelektrana u elektroenergetskom sistemu. Takvim postupkom pojednostavnjuje se određivanje relativnih vrijednosti energije, ali se istodobno protočne hidroelektrane, a pogotovo one koje imaju praktički isti raspored proizvodnje kao većina hidroelektrana u sistemu, prikazuju kao povoljnije nego što stvarno jesu, dok akumulacione hidroelektrane, a naročito one s vrlo velikim akumulacijama, izgledaju nepovoljnije. Pojednostavnjeni postupak, međutim, ima ipak smisla uvoditi, jer će dati jednostavno i brzo približnu sliku o vrijednostima hidroelektrana, koja se — ako su razlike malene — na ranije opisani način može tačnije odrediti.

Sl. 19. Krivulja $P_t = f(c)$ za numerički primjer u tač. 5



Prihvaćajući spomenuto pojednostavnjenje možemo postaviti

$$c_g = c_{gs} = c_p = c_1 = c_2 \tag{40}$$

pa je relativna vrijednost garantirane energije prema

$$g = \frac{1}{\gamma} \frac{\frac{\beta\, rb_t}{T_o} + \gamma\, c_g}{\frac{rb_t}{T_o} + c_g} \tag{41}$$

jer je tada $\alpha_g = 1$ (10), dok je relativna vrijednost promjenljive energije prema (35)

$$p = \frac{c_g}{\frac{rb_t}{T_o} + cg} \tag{42}$$

7. Primjeri određivanja vrijednosti hidroelektrana

7.1. Hidroelektrana A

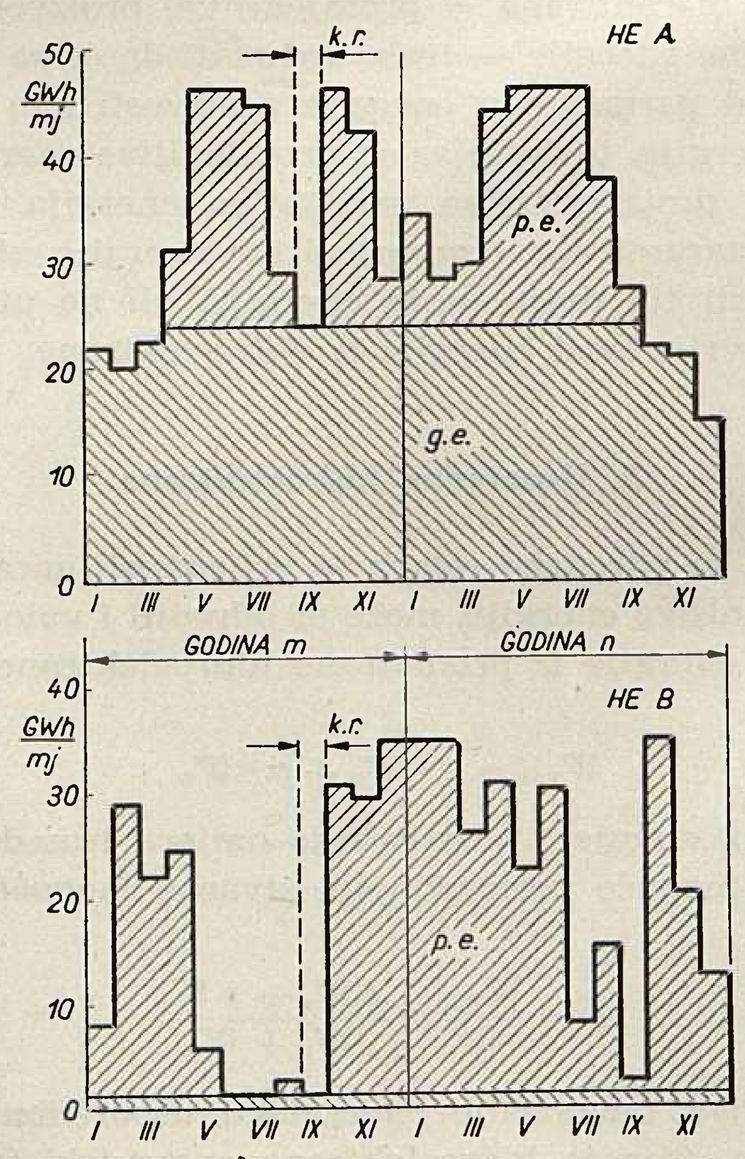
Prvi je korak za određivanje vrijednosti hidroelektrana izračunavanje osnovne vrijednosti energije, a da bi tu osnovnu vrijednost odredili, treba poznavati specifične promjenljive troškove u termoelektranama u ovisnosti o angažiranoj snazi termoelektrana $P_t = f(c)$. Određivanje te ovisnosti opisano je u tač. 3. 1. Za primjere, koji će biti prikazani, krivulja $P_t = f(c)$ vidi se na sl. 19. Njezin tok naravno ovisi o strukturi termoelektrana u sistemu i podvrgnuta je promjenama, koje su posljedica razvoja elektroenergetskog sistema.

Prikazani primjeri osnivaju se na prilikama u dvije godine. Naravno, da tako malo vremensko razdoblje nije dovoljno za ispravno određivanje vrijednosti hidroelektrane, jer je potrebno razmatrati dulji niz godina. Međutim, za ilustraciju postupka, čemu služe izrađeni primjeri, dovoljne su i dvije godine.

Da bi se odredile vrijednosti c_1 i c_2, koje dolaze u izrazima za određivanje vrijednosti energije, treba poznavati prilike u elektroenergetskom sistemu, pomoću kojih se može odrediti potreba angažiranja termoelektrana kako u varijabilnom, tako i u konstantnom dijelu dijagrama opterećenja. Za određivanje potrebe angažiranja termoelektrana može se upotrijebiti metoda prikazana u [8]. Za promatrani primjer i za promatrane dvije godine, na osnovu poznavanja prilika u sistemu, određena je potrebna angažirana snaga termoelektrana i to: P_{t1} (kolona 3 u tab. 1), maksimalna potrebna snaga termoelektrana (zbroj potrebne snage termoelektrana u varijabilnom i konstantnom dijelu dijagrama opterećenja), i P_{t2} (kolona 4 u tab. 1) minimalna snaga termoelektrana (potrebna snaga termoelektrana u konstantnom dijelu dijagrama opterećenja). Značenje snaga P_{t1} i P_{t2} prikazano je na sl. 10. U nekim slučajevima (npr. VI mjesec godine *m* u tab. 1) $P_{t1} = P_{t2}$, što znači da u elektroenergetskom sistemu vladaju prilike prikazane na sl. 11. Na osnovu jednakosti ili nejednakosti razlikujemo, dakle, dva osnovna slučaja: slučaj *a* (sl. 11) i slučaj *b* (sl. 10). Oznake slučajeva navedene su u koloni 5 tab. 1. Pomoću snaga P_{t1} i P_{t2}, a iz krivulje $P_t = f(c)$ na sl. 19, određujemo veličine c_1 i c_2 (kolone 6 i 7 u tab. 1). Za slučajeve kad je $P_{t1} = P_{t2}$ naveden je samo jedan podatak za vrijednost *c*, jer je $c_1 = c_2$. Pomoću vrijednosti za c_1 i c_2, a prema (23) i (24) određene su vrijednosti za c_{gn} za svaki mjesec. Prvi član izraza (23) naveden je u koloni 8, drugi član u koloni 9, dok je njihov zbroj upisan u kolonu 10 tab. 1. Za slučajeve *a* neposredno je u kolonu 10 upisana vrijednost c_{gn}, jer je $c_{gn} = c_1$.

Zbrajanjem vrijednosti za c_{gn} u pojedinim mjesecima i dijeljenjem s brojem mjeseci dobivamo (25) vrijednost za c_{gs}

$$c_{gs} = \frac{92{,}88}{24} = 3{,}867 \text{ Din/kWh}.$$



Sl. 20. Raspored proizvodnje u hidroelektranama *A* i *B*
k. r. – kritično razdoblje; *p. e.* – promjenljiva energija; *g. e.* – garantirana energija

Uz pretpostavku, da specifične investicije za termoelektranu iznose 140 · 10^3 Din/kW na generatoru, da je za vlastiti potrošak potrebno 9 % od snage na generatoru, da godišnja kvota godišnjih troškova iznosi 16 % od investicija, te da faktor rezerve iznosi 1,15, vrijednost energije — prema (4) — iznosi.

$$v_0 = 7{,}127 \text{ Din/kWh}.$$

Odredimo sada vrijednost energije za hidroelektranu *A*, čiji je raspored proizvodnje prikazan na sl. 20.

Kritično je razdoblje sistema IX mjesec godine *m*. U kritičnom razdoblju vladaju prilike kao na sl. 5, pa je radi toga i $\beta = 1$ (12). Garantirana snaga je

$$P_g = \frac{24{,}0}{0{,}73} = 32{,}9 \text{ MW},$$

jer moguća proizvodnja u kritičnom mjesecu iznosi 24 GWh.

U tab. 2, u kolonama 3—5, navedeni su podaci o mjesečnim ukupnim proizvodnjama, o mogućoj proizvodnji varijabilne i konstantne energije. S obzirom na kritično razdoblje može se odrediti — kako je opisano u tač. 2. — količina garantirane energije, kako je navedeno u koloni 6 tab. 2. Podjela garantirane energije na varijabilnu i konstantnu energiju izvršena je tako da je udio varijabilne u garantiranoj energiji jednak udjelu varijabilne u ukupnoj energiji. Varijabilna i konstantna energija garantirane energije navedene su u kolonama 7 i 8 tab. 2. Poznavajući ukupnu količinu garantirane energije, koja za dvije godine iznosi

$$W_g = 554{,}7 \text{ GWh},$$

može se odrediti omjer γ (6). Pri određivanju treba uzeti u obzir, da se radi o garantiranoj energiji u toku dvije godine, pa relaciju (6) treba pisati u obliku

$$\gamma = \frac{W_g}{2 \cdot P_g \cdot T_0} = \frac{554{,}7}{2 \cdot 32{,}9 \cdot 8{,}76} = 0{,}959 .$$

Za određivanje veličine c_g treba i sada poznavati c_1 i c_2 (kolone 9 i 10 u tab. 2), koje su jednake navedenim u tab. 1, jer se radi o istom elektroenergetskom sistemu.

Pri određivanju veličine c_g treba, osim slučajeva, koji karakteriziraju prilike u elektroenergetskom sistemu, slučaj *a* (sl. 11) i *b* (sl. 10), razlikovati i tri situacije koje karakteriziraju odnose u promatranoj hidroelektrani. Situaciju *1* imamo onda kad hidroelektrana može proizvoditi samo varijabilnu energiju, situaciju *2* kad hidroelektrana može pored konstantne proizvoditi i varijabilnu energiju, te situaciju *3* kad hidroelektrana može proizvoditi samo konstantnu energiju.

Uzevši u obzir izloženo u tač. 3.3 možemo za pojedine slučajeve postaviti jednadžbe za određivanje produkta $W_{gn}\ c_{gn}$:

slučajevi a_1, a_2 i a_3:

$$W_{gn} \cdot c_{gn} = W_{gn} \cdot c_1$$

slučaj b_1:

$$W_{gn} \cdot c_{gn} = W_{gv} \cdot c_1$$

slučaj b_2:

$$W_{gn} \cdot c_{gn} = W_{gv} \cdot c_1 + 0{,}6\, W_{gk} \cdot c_1 + 0{,}4\, W_{gk} \cdot c_2$$

Primjer određivanja veličine c_{gs}

Tablica 1

Godina	Mjesec	Angažirana snaga TE		Slučaj sl. 4a ili sl. 4b	Promjenljivi troškovi u TE		Određivanje veličine c_{gs}		
		P_{t1} MW	P_{t2} MW		c_1 Din/kWh	c_2 Din/kWh	0,6 c_1 Din/kWh	0,4 c_2 Din/kWh	c_{gn} Din/kWh
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	I	726	535	b	5,67	3,90	3,40	1,56	4,96
	II	566	395	b	4,08	3,22	2,45	1,29	3,74
	III	583	237	b	4,18	3,15	2,51	1,26	3,77
	IV	436	195	b	3,50	3,13	2,10	1,25	3,35
	V	405	124	b	3,41	3,10	2,05	1,24	3,29
	VI	351	351	a	3,31		—	—	3,31
	VII	501	501	a	3,75		—	—	3,75
	VIII	681	681	a	5,08		—	—	5,08
	IX	811	811	a	7,39		—	—	7,39
	X	454	454	a	3,57		—	—	3,57
	XI	348	70	b	3,32	3,06	1,99	1,23	3,22
	XII	455	91	b	3,57	3,07	2,15	1,23	3,38
n	I	478	96	b	3,65	3,07	2,20	1,23	3,43
	II	442	88	b	3,52	3,07	2,12	1,23	3,35
	III	397	69	b	3,36	3,06	2,02	1,23	3,25
	IV	353	71	b	3,31	3,06	1,99	1,23	3,22
	V	372	182	b	3,34	3,12	2,01	1,25	3,26
	VI	210	210	a	3,14		—	—	3,14
	VII	301	301	a	3,23		—	—	3,23
	VIII	495	495	a	3,73		—	—	3,73
	IX	708	708	a	5,43		—	—	5,43
	X	252	252	a	3,17		—	—	3,17
	XI	450	288	b	4,56	3,21	2,74	1,28	4,02
	XII	711	530	b	5,47	3,88	3,29	1,55	4,84
									92,88
								c_{gs} =	3,867

Primjer određivanja veličine c_g za hidroelektranu A

Tablica 2

Godina	Mjesec	Proizvodnja hidroelektrane			Garantirana energija			Promjenljivi troškovi u TE		Slučaj	Određivanje parcijalnih vrijednosti garantirane energije				Ukupno
		W GWh	W_v GWh	W_k GWh	W_g GWh	W_{gv} GWh	W_{gk} GWh	c_1 Din/kWh	c_2 Din/kWh		$W_{gv} \cdot c_1$ 10^6 Din	$0{,}6\ W_{gk} \cdot c_1$ 10^6 Din	$0{,}4\ W_{gk} \cdot c_2$ 10^6 Din	$W_g \cdot c_1$ 10^6 Din	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
m	I	21,9	13,6	8,3	21,9	13,6	8,3	5,67	3,90	b2	77,1	28,3	12,9	—	118,3
	II	20,0	13,4	6,6	20,0	13,4	6,6	4,08	3,22	b2	54,7	16,1	8,5	—	79,3
	III	22,6	13,7	8,9	22,6	13,7	8,9	4,18	3,15	b2	57,3	22,3	11,2	—	90,8
	IV	31,3	15,3	16,0	24,0	11,7	12,3	3,50	3,13	b2	40,9	25,8	15,4	—	82,1
	V	46,6	—	46,6	24,0	—	24,0	3,41	3,10	b3	—	49,1	29,8	—	78,9
	VI	46,6	—	46,6	24,0	—	24,0	3,31		a3	—	—	—	79,4	79,4
	VII	44,8	2,8	42,0	24,0	1,5	22,5	3,75		a2	—	—	—	90,0	90,0
	VIII	29,0	14,8	14,2	24,0	12,2	11,8	5,08		a2	—	—	—	121,9	121,9
	IX	24,0	13,9	10,1	24,0	13,9	10,1	7,39		a2	—	—	—	177,4	177,4
	X	46,6	—	46,6	24,0	—	24,0	3,57		a3	—	—	—	85,7	85,7
	XI	42,4	6,8	35,6	24,0	3,9	20,1	3,32	3,06	b2	12,9	40,0	24,6	—	77,5
	XII	28,4	14,7	13,7	24,0	12,4	11,6	3,57	3,07	b2	44,3	24,8	14,2	—	83,3
n	I	34,7	16,5	18,2	24,0	11,4	12,6	3,65	3,07	b2	41,6	27,6	15,5	—	84,7
	II	28,4	14,7	13,7	24,0	12,4	11,6	3,52	3,07	b2	43,6	24,5	14,2	—	82,3
	III	30,0	15,1	14,9	24,0	11,3	12,7	3,36	3,06	b2	38,0	25,6	15,5	—	79,1
	IV	44,5	3,4	41,1	24,0	1,8	22,2	3,31	3,06	b2	5,9	44,1	27,2	—	77,2
	V	46,6	—	46,6	24,0	—	24,0	3,34	3,12	b3	—	48,1	29,9	—	78,0
	VI	46,6	—	46,6	24,0	—	24,0	3,14		a3	—	—	—	75,4	75,4
	VII	46,6	—	46,6	24,0	—	24,0	3,23		a3	—	—	—	77,5	77,5
	VIII	38,1	13,7	24,4	24,0	8,6	15,4	3,73		a2	—	—	—	89,5	89,5
	IX	27,4	14,4	13,0	24,0	12,6	11,4	5,43		a2	—	—	—	130,3	130,3
	X	22,1	13,6	8,5	22,1	13,6	8,5	3,17		a2	—	—	—	70,0	70,0
	XI	21,0	13,6	7,4	21,0	13,6	7,4	4,56	3,21	b2	62,0	20,2	9,5	—	91,7
	XII	15,1	13,1	2,0	15,1	13,1	2,0	5,47	3,88	b2	71,6	6,6	3,1	—	81,3
		805,3	227,1	578,2	554,7	194,7	360,0				549,9	403,1	231,5	997,1	2181,6

Primjer određivanja veličine c_p za hidroelektranu A

Tablica 3

Godina	Mjesec	Promjenljiva energija			Promjenljivi troškovi u TE		Slučaj	Određivanje parcijalnih vrijednosti promjenljive energije				Ukupno
		W_p GWh	W_{pv} GWh	W_{pk} GWh	c_1 Din/kWh	c_2 Din/kWh		$W_{pv} \cdot c_1$ 10^6 Din	$0{,}6\ W_{pk} \cdot c_1$ 10^6 Din	$0{,}4\ W_{pk} \cdot c_2$ 10^6 Din	$W_p \cdot c_1$ 10^6 Din	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
m	I	—	—	—	5,67	3,90	—	—	—	—	—	—
	II	—	—	—	4,08	3,22	—	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	4,18	3,15	—	—	—	—	—	—
	IV	7,3	3,6	3,7	3,50	3,13	b2	12,6	7,8	4,6	—	25,0
	V	22,6	—	22,6	3,41	3,10	b3	—	46,2	28,0	—	74,2
	VI	22,6	—	22,6	3,31		a3	—	—	—	74,8	74,8
	VII	20,8	1,3	19,5	3,75		a2	—	—	—	78,0	78,0
	VIII	5,0	2,6	2,4	5,08		a2	—	—	—	25,4	25,4
	IX	—	—	—	7,39		—	—	—	—	—	—
	X	22,6	—	22,6	3,57		a3	—	—	—	80,7	80,7
	XI	18,4	2,9	15,5	3,32	3,06	b2	9,6	30,8	19,0	—	59,4
	XII	4,4	2,3	2,1	3,57	3,07	b2	8,2	4,5	2,6	—	15,3
n	I	10,7	5,1	5,6	3,65	3,07	b2	18,6	12,3	6,9	—	37,8
	II	4,4	2,3	2,1	3,52	3,07	b2	8,1	4,4	2,6	—	15,1
	III	6,0	3,8	2,2	3,36	3,06	b2	12,8	4,4	2,7	—	19,9
	IV	20,5	1,6	18,9	3,31	3,06	b2	5,3	37,5	23,1	—	65,9
	V	22,6	—	22,6	3,34	3,12	b2	—	45,3	28,2	—	73,5
	VI	22,6	—	22,6	3,14		a3	—	—	—	71,0	71,0
	VII	22,6	—	22,6	3,23		a3	—	—	—	73,0	73,0
	VIII	14,1	5,1	9,0	3,73		a2	—	—	—	52,6	52,6
	IX	3,4	1,8	1,6	5,43		a2	—	—	—	18,5	18,5
	X	—	—	—	3,17		—	—	—	—	—	—
	XI	—	—	—	4,56	3,21	—	—	—	—	—	—
	XII	—	—	—	5,47	3,88	—	—	—	—	—	—
		250,6	32,4	218,2				75,2	193,2	117,7	474,0	860,1

slučaj b_3:

$$W_{gn} \cdot c_{gn} = 0{,}6\, W_{gk} \cdot c_1 + 0{,}4\, W_{gk} \cdot c_2$$

Slučajevi koji se pojavljuju za promatranu hidroelektranu navedeni su u koloni 11 tab. 2, dok su parcijalne vrijednosti navedene u kolonama 12 — 15 iste tablice. Zbroj parcijalnih vrijednosti predstavlja (kolona 16) mjesečnu vrijednost garantirane energije. Ukupna vrijednost garantirane energije kroz dvije promatrane godine iznosi

$$W_g \cdot c_g = 2181{,}6 \cdot 10^6 \text{ Din},$$

pa je veličina c_g (31)

$$c_g = \frac{2181{,}6}{554{,}7} = 3{,}933 \text{ Din/kWh}.$$

Relativna vrijednost garantirane energije hidroelektrane A iznosi (9)

$$g = \frac{1}{0{,}959} \frac{3{,}260 + 0{,}959 \cdot 3{,}933}{3{,}260 + 3{,}867} = 1{,}029\,.$$

Isti postupak ponovit ćemo za određivanje veličine c_p, s razlikom da sada polazimo od promjenljive energije, koja je određena kao razlika između ukupne i garantirane energije.

Količina je promjenljive energije (tab. 3, kolona 3)

$$W_p = 250{,}6 \text{ GWh},$$

dok je ukupna vrijednost promjenljive energije (kolona 13)

$$W_p \cdot c_p = 860{,}1 \cdot 10^6 \text{ Din},$$

pa je

$$c_p = \frac{860{,}1}{250{,}6} = 3{,}432 \text{ Din/kWh}.$$

Prema (33) relativna je vrijednost promjenljive energije

$$p = \frac{3{,}432}{3{,}260 + 3{,}867} = 0{,}482\,.$$

Valorizirana moguća proizvodnja je u hidroelektrani A kroz dvije godine

$$2\, W_{val} = 1{,}029 \cdot 554{,}7 + 0{,}482 \cdot 250{,}6 = 619{,}6 \text{ GWh}$$

pa je godišnja valorizirana moguća proizvodnja

$$W_{val} = 395{,}8 \text{ GWh}.$$

7.2. Hidroelektrana B

Za hidroelektranu B postupak je prikazan u tab. 4. i 5. Prikazat ćemo rezultate za hidroelektranu B.

Za određivanje relativne vrijednosti garantirane energije dobivamo (tab. 4) slijedeće veličine:

$$P_g = \frac{1{,}3}{0{,}73} = 1{,}78 \text{ MW}$$

$$W_g = 31{,}2 \text{ GWh}$$

$$\gamma = \frac{31{,}2}{2 \cdot 1{,}78 \cdot 8{,}76} = 1{,}00$$

$$W_g \cdot c_g = 123{,}8 \cdot 10^6 \text{ Din}$$

$$c_g = \frac{123{,}8}{31{,}2} = 3{,}968 \text{ Din/kWh}$$

Primjer određivanja veličine c_g za hidroelektranu B

Tablica 4

Godina	Mjesec	Proizvodnja hidroelektrana			Garantirana energija			Promjenljivi troškovi u TE		Slučaj	Određivanje parcijalnih vrijednosti garantirane energije				
		W GWh	W_v GWh	W_k GWh	W_g GWh	W_{gv} GWh	W_{gk} GWh	c_1 Din/kWh	c_2 Din/kWh		$W_{gv} \cdot c_1$ 10^6 Din	$0{,}6\, W_{gk} \cdot c_1$ 10^6 Din	$0{,}4\, W_{gk} \cdot c_2$ 10^6 Din	$W_g \cdot c_1$ 10^6 Din	Ukupn
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
m	I	8,1	8,1	—	1,3	1,3	—	5,67	3,90	b1	7,4	—	—	—	7,4
	II	28,8	10,0	18,8	1,3	0,5	0,8	4,08	3,22	b2	2,0	1,9	1,0	—	4,9
	III	21,9	21,2	0,7	1,3	1,3	—	4,18	3,15	b2	5,4	—	—	—	5,4
	IV	24,6	16,8	7,8	1,3	0,9	0,4	3,50	3,13	b2	3,1	0,8	0,5	—	4,4
	V	5,7	5,7	—	1,3	1,3	—	3,41	3,10	b1	4,4	—	—	—	4,4
	VI	1,4	1,4	—	1,3	1,3	—	3,31		a1	—	—	—	4,3	4,3
	VII	1,3	1,3	—	1,3	1,3	—	3,75		a1	—	—	—	4,9	4,9
	VIII	2,7	2,7	—	1,3	1,3	—	5,08		a1	—	—	—	6,6	6,6
	IX	1,3	1,3	—	1,3	1,3	—	7,39		a1	—	—	—	9,6	9,6
	X	30,7	6,9	23,8	1,3	0,3	1,0	3,57		a2	—	—	—	4,6	4,6
	XI	29,4	9,0	20,4	1,3	0,4	0,9	3,32	3,06	b2	1,3	1,8	1,1	—	4,2
	XII	35,1	—	35,1	1,3	—	1,3	3,57	3,07	b3	—	2,8	1,6	—	4,4
n	I	35,1	—	35,1	1,3	—	1,3	3,65	3,07	b3	—	2,8	1,6	—	4,4
	II	35,1	—	35,1	1,3	—	1,3	3,52	3,07	b3	—	2,7	1,6	—	4,3
	III	26,6	13,6	13,0	1,3	0,5	0,8	3,36	3,06	b2	1,7	1,6	1,0	—	4,3
	IV	31,1	6,2	24,9	1,3	0,3	1,0	3,31	3,06	b2	1,0	2,0	1,2	—	4,2
	V	22,5	20,2	2,3	1,3	1,2	0,1	3,34	3,12	b2	4,0	0,2	0,1	—	4,3
	VI	30,4	7,4	23,0	1,3	0,3	1,0	3,14		a2	—	—	—	4,1	4,1
	VII	7,9	7,9	—	1,3	1,3	—	3,23		a1	—	—	—	4,2	4,2
	VIII	15,4	15,4	—	1,3	1,3	—	3,73		a1	—	—	—	4,8	4,8
	IX	2,7	2,7	—	1,3	1,3	—	5,43		a1	—	—	—	7,0	7,0
	X	35,1	—	35,1	1,3	—	1,3	3,17		a3	—	—	—	4,1	4,1
	XI	20,4	20,4	—	1,3	1,3	—	4,56	3,21	b1	5,9	—	—	—	5,9
	XII	12,6	12,6	—	1,3	1,3	—	5,47	3,88	b1	7,1	—	—	—	7,1
		465,9	190,8	275,1	31,2	20,0	11,2				43,3	16,6	9,7	54,2	123,8

Primjer određivanja veličine c_p za hidroelektranu B

Tablica 5

Godina	Mjesec	Promjenljiva energija			Promjenljivi troškovi u TE		Slučaj	Određivanje parcijalnih vrijednosti promjenljive energije				
		W_p GWh	W_{pv} GWh	W_{pk} GWh	c_1 Din/kWh	c_2 Din/kWh		$W_{pv} \cdot c_1$ 10^6 Din	0,6 $W_{pk} \cdot c_1$ 10^6 Din	0,4 $W_{pk} \cdot c_2$ 10^6 Din	$W_p \cdot c_1$ 10^6 Din	Ukupno
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
m	I	6,8	6,8	—	5,67	3,90	b1	38,5	—	—	—	38,5
	II	27,5	9,5	18,0	4,08	3,22	b2	38,8	44,1	23,2	—	106,1
	III	20,6	19,9	0,7	4,18	3,15	b2	83,2	1,7	0,9	—	85,8
	IV	23,3	15,9	7,4	3,50	3,13	b2	55,6	15,5	9,3	—	80,4
	V	4,4	4,4	—	3,41	3,10	b1	15,0	—	—	—	15,0
	VI	0,1	0,1	—	3,31		a1	—	—	—	0,3	0,3
	VII	—	—	—	3,75		—	—	—	—	—	—
	VIII	1,4	1,4	—	5,08		a1	—	—	—	7,1	7,1
	IX	—	—	—	7,39		—	—	—	—	—	—
	X	29,4	6,6	22,8	3,57		a2	—	—	—	104,9	104,9
	XI	28,1	8,6	19,5	3,32	3,06	b2	28,5	38,8	23,9	—	91,2
	XII	33,8	—	33,8	3,57	3,07	b3	—	72,4	41,5	—	113,9
n	I	33,8	—	33,8	3,65	3,07	b3	—	74,0	41,5	—	115,5
	II	33,8	—	33,8	3,52	3,07	b3	—	71,4	41,5	—	112,9
	III	25,3	13,1	12,2	3,36	3,06	b2	44,0	24,6	14,9	—	83,5
	IV	29,8	5,9	23,9	3,31	3,06	b2	19,5	47,5	29,3	—	96,3
	V	21,2	19,0	2,2	3,34	3,12	b2	63,5	4,4	0,7	—	68,6
	VI	29,1	7,1	22,0	3,14		a2	—	—	—	91,4	91,4
	VII	6,6	6,6	—	3,23		a1	—	—	—	21,3	21,3
	VIII	14,1	14,1	—	3,73		a1	—	—	—	52,6	52,6
	IX	1,4	1,4	—	5,43		a1	—	—	—	7,6	7,6
	X	33,8	—	33,8	3,17		a3	—	—	—	107,1	107,1
	XI	19,1	19,1	—	4,56	3,21	b1	87,1	—	—	—	87,1
	XII	11,3	11,3	—	5,47	3,88	b1	61,8	—	—	—	61,8
		434,7	170,8	263,9				535,5	394,4	226,7	392,3	1548,9

pa je relativna vrijednost garantirane energije

$$g = \frac{3{,}260 + 3{,}968}{3{,}260 + 3{,}867} = 1{,}014\,.$$

Za određivanje relativne vrijednosti promjenljive energije polazimo od slijedećih podataka (tab. 5):

$$W_p = 434{,}7 \text{ GWh}$$

$$W_p \cdot c_p = 1548{,}9 \cdot 10^6 \text{ Din}$$

$$c_p = \frac{1548{,}9}{434{,}7} = 3{,}563 \text{ Din/kWh}$$

pa je relativna vrijednost promjenljive energije

$$p = \frac{3{,}563}{3{,}260 + 3{,}867} = 0{,}500\,.$$

Valorizirana količina energije u dvije godine iznosi dakle

$$2\,W_{val} = 1{,}014 \cdot 31{,}2 + 0{,}500 \cdot 434{,}7 = 249{,}0 \text{ GWh}$$

pa je godišnja valorizirana količina energije za hidroelektranu *B*

$$W_{val} = 124{,}5 \text{ GWh}\,.$$

7.3. Usporedba hidroelektrane A i B

Omjer između valorizirane i stvarne količine energije (prosječno godišnje) — prema (37) — iznosi

za HE *A*: $$w = \frac{395{,}8}{402{,}6} = 0{,}983$$

za HE *B*: $$w = \frac{124{,}5}{232{,}9} = 0{,}535$$

Specifične investicije (38) po jedinici stvarne moguće proizvodnje iznose

za HE *A*: $$i = \frac{12600}{402{,}6} = 31{,}3 \text{ Din/kWh}$$

za HE *B*: $$i = \frac{5100}{232{,}9} = 22{,}0 \text{ Din/kWh}\,,$$

dok specifične investicije (39) po jedinici valorizirane proizvodnje iznose

za HE *A*: $$i_{val} = \frac{31{,}3}{0{,}983} = 31{,}8 \text{ Din/kWh}$$

za HE *B*: $$i_{val} = \frac{22{,}0}{0{,}535} = 41{,}2 \text{ Din/kWh}\,.$$

Prema tomu HE *A* je povoljnija i u energetskom i u energetsko-ekonomskom smislu i pored toga što su specifične investicije po jedinici stvarno moguće proizvodnje za skoro 50 % veće nego u HE B.

8. Zaključak o prikazanoj valorizaciji energije hidroelektrana

Prikazana metoda valorizacije energije hidroelektrana uzima s jedne strane u obzir prilike u sistemu u kojemu će promatrana hidroelektrana raditi, dok s druge strane uzima u obzir sve bitne karakteristike

promatrane hidroelektrane: raspored proizvodnje tokom godine (utjecaj razlikosti hidroloških karakteristika, postojanje sezonske akumulacije), količinu energije koju hidroelektrana može proizvesti u doba velikih opterećenja (varijabilna energija) kao i količinu energije koja se ne može regulirati (konstantna energija), zatim uzima u obzir postojanje akumulacionog bazena koji omogućuje prilagođavanje dnevnom dijagramu opterećenja kao i instaliranu snagu, jer o te dvije karakteristike ovisi mogućnost proizvodnje varijabilne energije.

Konačno, prikazana metoda osniva se na usporedbi hidroelektrane s termoelektranama, koja usporedba predstavlja sigurno objektivno mjerilo za komparaciju energije iz hidroelektrana, a bazira se osim toga na stvarnim troškovima za proizvodnju električne energije u kombiniranom elektroenergetskom sistemu.

Literatura

[1] Mainardis M., *Centrali elettriche*, 2. izdanje, Hoepli, Milano 1952.

[2] Marcelo Ć., *Consideration sur les valeurs rélatives des differents qualités d'énergie hydroélectriques sur le versant italien des Alpes*, UNIPEDE, 1949, Rapp. III 10.

[3] Marcelo C., *Détermination d'index de qualité pour les differentes formes d'énergie hydroélectriques*, UNIPEDE, 1958, Rapp. III 4.

[4] Schweizerischer Wasserwirtschaftverband, Verbandschrift Nr. 28, *Richtlinien für die vergleichende Beurteilung der relativen Wirtschaftlichkeit von Wasserkraft-Vorprojekten*, Zürich, 1949.

[5] Klamet A., *Koju vrijednost ima proizvedena energija hidroelektrana?* Elektroprivreda, 1954, str. 7.

[6] Požar H., Udovičić B., *Prilike u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije 1962 — 1967*, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1961.

[7] Udovičić B., *O aproksimaciji dnevne krivulje trajanja opterećenja*, Energija, 1961, br. 11/12.

[8] Požar H., *Nove mogućnosti za izradu elektroenergetskih bilanca velikih elektroenergetskih sistema*, Energija, 1959, str. 75.

Naslov pisca: Prof. dr ing. Hrvoje Požar, suradnik Instituta za elektroprivredu Zagreb, Elektrotehnički fakultet, Zagreb

MONTAŽA VODIČA SAVREMENOM MEHANIZACIJOM

Ranko Škarica, Zagreb

Opisana je mehanizacija talijanske firme Edison koja je kod nas prvi puta upotrebljena pri gradnji dalekovoda 220 kV Split—Zagreb. Uz opis iznesen je i način upotrebe strojeva, kao i glavne prednosti prema uređajima klasičnog tipa. Prikaz je interesantan zbog toga što je o materiji ove vrste vrlo malo pisano u literaturi.

DK 621.315.1.004

Općenito

Prilikom gradnje dalekovoda treba izvesti čitav niz raznih radnja, koje dijelimo na građevinske i montažne. Između montažnih radnja razvlačenje vodiča je svakako najsloženija i najinteresantnija operacija, pa ćemo se na nju posebno osvrnuti u ovom članku.

Na koji način će se obaviti razvlačenje ovisi u prvom redu o materijalu i presjeku vodiča, te o terenskim prilikama. Dalekovodi napona 110 i 220 kV opremljeni su kod nas isključivo vodičima od alučela, pa zbog toga treba primijeniti takav način razvlačenja, koji ne dozvoljava da vodič dođe u dodir s tlom. Potrebno je dakle za vrijeme razvlačenja vodič toliko zategnuti, da bude u svim rasponima dovoljno visoko iznad tla ili ako to nije izvedivo, onda treba postaviti između stupova potporne koture, ili zaštitne skele i koze, kako bi se izbjeglo oštećenje vodiča dodirom o tle. Razvlačenje se može izvesti na više načina, međutim za dalekovode s vodičima velikog presjeka i od mekanog metala u obzir dolazi jedino razvlačenje mehanizacijom, koja je specijalno konstruirana za tu svrhu.

Na dalekovodu 220 kV Split — Mraclin uz mehanizaciju starijeg tipa upotrebljena je i moderna mehanizacija sistema »Edison« Italija. Uz opća razmatranja u nastavku ćemo prikazati rad s tom mehanizacijom i opisati pojedine važnije dijelove, što će svakako biti od interesa za naše graditelje dalekovoda.

Sastavni dijelovi mehanizacije su slijedeći: motorno vitlo, motalica, naprava za kočenje (kočnica), viseći i potporni koturi, dinamometri, te manje važni dijelovi kao što su koze za odmatanje bubnjeva, kolica za postavljanje odstojnika u rasponu, montažne klinaste stezaljke i ostalo (sl. 1).

Da bi se rad ovom mehanizacijom mogao obavljati u tehničkom pogledu ispravno, a istovremeno ekonomično, potrebno je prije svega razraditi elaborat razvlačenja. Ovim elaboratom određuju se sile na početku i na kraju svakog radnog polja tj. sile kočenja i vučne sile, zatim parametri za sve raspone i sile koje djeluju na koture. Pomoću familije šablona za različite lančanice, jer se parametri mijenjaju od raspona do raspona, kontrolira se visina vodiča iznad tla. Normalno se upotrebljavaju strojevi takve snage da nije moguće u svim rasponima ispuniti zahtjev, da vodič ne dođe u dodir sa tlom, pa se na ta kritična mjesta postavljaju potporni koturi. Naime, iskustvo je pokazalo, da je ekonomičnije raditi sa strojevima nešto slabije snage, nego što to zahtijeva vodič, uz upotrebu manjeg broja potpornih kotura. Ovo osobito dolazi do izražaja na dalekovodima s nejednakim rasponima i na neravnom terenu, što je obično najčešći slučaj.

Kao podloge za izradu elaborata služe tehnički podaci o vodiču i vučnom užetu, uzdužni profili s razmještenim stupovima, koji se dobiju iz glavnog projekta dalekovoda, zatim tehnički podaci o strojevima te duljine vodiča pojedinih bubnjeva. Na uzdužnom profilu prethodno se razdijeli trasa dalekovoda na radna polja i označe mjesta za strojeve i potporne koture. Nakon toga treba na terenu provjeriti odabrana mjesta i utvrditi mogućnost pristupa i kvalitetu pristupnih puteva. Prilikom odabiranja mjesta za strojeve treba kočnicu, ukoliko je to moguće, uvijek postaviti na ono mjesto kojemu je lakši pristup, jer se osim

kočnice na isto mjesto dopremaju i teški bubnjevi s vodičem. U brdovitom terenu treba nastojati da se motorno vitlo postavi na kraj radnog polja, koji je viši, tako da se vodič za vrijeme razvlačenja kreće uzbrdo. Snaga motornog vitla normalno je veća od snage kočnice, pa su ovakvim rasporedom bolje iskorišteni strojevi. Naravno ovo neće biti uvijek izvedivo, jer se premještanje kočnice odnosno vitla obično vrši izmjenično, tako da je radno mjesto bilo kočnice bilo motornog vitla zajedničko za dva susjedna radna polja.

Obilaskom terena provjeravaju se također prethodno određene duljine radnih polja, koje mogu doseći duljinu od 7 pa i 10 km, jer se sa duljim radnim poljima povećava ekonomičnost rada. Veće duljine od spomenutih nisu ekonomične, jer se troškovi za nabavu velikog broja dosta skupih kotura i dugih specijalnih čeličnih užeta ne mogu pokriti uštedama, koje se postižu rjeđim premještanjima strojeva.

Nakon obilaska terena nastavlja se rad u birou i za svako se radno polje crta dijagram »Carpentier« koji je neophodno potreban za razradu elaborata. Međutim o tome neće sada biti govora, nego ćemo se na to osvrnuti drugom prilikom.

Pošto su pripremni radovi završeni, kao izrada elaborata, doprema strojeva i potrebnog materijala na određena mjesta, zavješenje kotura na stupove i postavljanje potpornih kotura na kritična mjesta, započinje se razvlačenjem.

Između naprave za kočenje, koja se nalazi na početku i motornog vitla, koji se nalazi na kraju radnog polja razvlači se čelično uže. Može se upotrebiti samo jedno čelično uže tzv. vučno uže ili dva čelična užeta, pomoćno manjeg promjera i vučno uže većeg promjera. Razvlačenje s jednim čeličnim užetom nazvat ćemo direktno, a sa dva užeta indirektno razvlačenje. Direktno razvlačenje primjenjuje se obično u ravnom ili ravničastom terenu, bez većih zapreka bilo prirodnih bilo umjetnih, dok se indirektno razvlačenje primjenjuje u težem brdovitom ili kamenitom terenu osobito ako na takvom terenu ima dosta zapreka. Kao vuča za čelična užeta služi radna snaga ili konjska zaprega. Kod direktnog razvlačenja najprije se razvuče vučno uže, a zatim se vuče vodič preko kotura namatanjem vučnog užeta na motorno vitlo, dok se kod indirektnog razvlačenja najprije razvuče pomoćno uže, onda strojevima vučno uže pa zatim vodič.

Kretanje čeličnih užeta u toku razvlačenja može biti jednako ili protivno smjeru kretanja vodiča, tako da imamo istosmjerno ili protusmjerno razvlačenje. Kod indirektnog razvlačenja smjer kretanja pomoćnog užeta može biti jednak ili protivan smjeru kretanja vodiča dok je smjer kretanja vučnog užeta uvijek jednak smjeru kretanja vodiča. Kod direktnog razvlačenja za vučno uže vrijedi ono što je rečeno za pomoćno uže kod indirektnog razvlačenja. Smjer kretanja čeličnih užeta u prvom redu ovisan je o konstrukciji motornog vitla, a zatim o terenskim prilikama. Spomenut ćemo da je npr. klasičnim vitlom razvlačenje uvijek direktno i protusmjerno.

Veoma važan element mehanizacije su koturi preko kojih ide čelično uže odnosno vodič. Dobro konstruiran kotur mora biti veoma pokretan, lagan, a nutarnji promjer treba da je 23 — 30 puta veći od promjera vodiča. Povećanjem promjera smanjuje se otpor savijanja žica, koje izaziva trenje između pojedinih slojeva i žica. Oštećenje vodiča za vrijeme prolaza preko ovakvog kotura svodi se na neznatnu mjeru.

Veličina vlačne sile kojom je zategnut vodič za vrijeme razvlačenja utječe na tok razvlačenja pa se postavlja pitanje da li je bolje raditi malom ili velikom vlačnom silom, dakle sa strojevima male ili velike snage. Da bismo mogli razmotriti utjecaj veličine sile na tok razvlačenja, pretpostavit ćemo da se rad obavlja na ravnom terenu, da je radno polje dosta dugo i da su koturi malog promjera. Na ovaj način doći će osobito do izražaja kočno djelovanje kotura, a to je baš bitno u ovom razmatranju.

Uzmimo najprije, da se razvlačenje obavlja strojevima male snage, pa će i vodič biti slabo zategnut, a potrebno će biti primijeniti dosta veliki broj potpornih kotura, kako bi se spriječio dodir vodiča s tlom. Ukupno kočno djelovanje možemo podijeliti na silu kočenja kočnice i silu koja se suprotstavlja prolazu vodiča preko visećih kotura. Ova posljednja je u odnosu na silu kočenja, u promatranom slučaju dosta velika, pa će prema tome i veći dio od ukupnog kočnog djelovanja biti izvan kontrole kočničara. Kako kočno djelovanje kotura nije nikada kontinuirano, nego isprekidano, to će kretanje vodiča biti neujednačeno i zbog toga će biti potrebno nadzirati vodič u toku razvlačenja uzduž radnog polja.

Upotrebom kotura velikog promjera sa kugličnim ležajima smanjuje se kočno djelovanje kotura i to će biti prva mjera za stabiliziranje kretanja vodiča. Ovo međutim neće uvijek biti dovoljno, nego će se tek povećanjem vučne i kočne sile, dakle jačim zatezanjem vodiča razvlačenje praktički potpuno stabilizirati. Naime u ovom slučaju kontrolirana sila tj. sila kočenja po veličini znatno prelazi kočno djelovanje kotura, tako da ono neće doći do izražaja, kao u slučaju kada je vlačna sila u vodiču niska. Kako je već spomenuto iz ekonomskih razloga međutim primjenjuju se strojevi nešto manje snage, nego što odgovaraju vodiču uz upotrebu dobrih kotura i manjeg broja potpornih kotura, kao što je to bilo npr. prilikom montaže vodiča na dalekovodu 220 kV Split — Mraclin.

Što se tiče brzine razvlačenja ona također utječe na tok razvlačenja, pa treba i o tome nešto reći. U početku kao i za vrijeme rada pojavljuju se dvije vrste oscilacija vlačne sile, koje imaju različito porijeklo. Jednim oscilacijama je uzrok nejednoliko okretanje kotura, a drugima pak inercija rotirajućih masa razvlačenja.

Kako je već prije rečeno, koturi pružaju izvjestan otpor prolazu vodiča, tako da je vlačna sila na ulazu u kotur manja od vlačne sile na izlazu iz kotura. Zbog toga dolazi do otklona kotura iz vertikalnog položaja i on se, okretanjem oko tačke zavješenja, podigne za neku visinu. U najvišoj tački otklona kotur posjeduje potencijalnu energiju, koja je jednaka umnošku denivelacije i gravitacione težine vodiča.

Uspostavljena ravnoteža sila je labilna i kada veličina vlačne sile na izlazu iz kotura postane veća od

one, koja je držala ravnotežu, kotur se pokrene i akumulirana potencijalna energija pretvara se u kinetičku, koja dovodi kotur u prvotni vertikalni položaj. Ciklus se nastavlja i gibanje kotura je karakteristično gibanje njihala, koje prouzrokuje oscilacije vlačne sile u vodiču. Frekvencija oscilacija je razmjerna brzini razvlačenja i one imaju stalan karakter, jer ih kočnica ne može prigušiti zbog svoje velike inercije. One međutim nisu štetne, jer se brzom promjenom vlačne sile u vodiču ne mijenja njegova visina iznad tla.

Druga vrsta oscilacija, znatno niže frekvencije, može biti prigušena ili neprigušena što ovisi o brzini razvlačenja. Stavljanjem u pokret motornog vitla ne dolazi istovremeno do pokretanja kočnice, nego tek onda kada vlačna sila u vodiču postane veća od sile kočenja za izvjesnu vrijednost, koja je potrebna za svladavanje inercije okretnih masa kočnice. U tom momentu bubnjevi kočnice ubrzano se pokrenu, tako da je nakon nekog vremena brzina kočnice veća od brzine vitla i bubnjevi će se nastaviti ubrzano okretati sve dok je vlačna sila veća od sile kočenja. Uslijed toga poremetit će se ravnoteža između duljine vučnog užeta što ga namata motorno vitlo i duljine vodiča, koji se odmata s kočnice, što će imati za posljedicu smanjenje vlačne sile u nekoliko napona na početku radnog polja tj. do kočnice. Smanjenjem vlačne sile brzina okretaja bubnjeva također se smanjuje pa može doći i do njihovog zaustavljanja, što ovisi o brzini razvlačenja. Ako je brzina razvlačenja dosta velika, brzo će se uspostaviti ravnoteža između odmotane i namotane duljine vodiča odnosno vučnog užeta te će vlačna sila ponovno porasti i doseći veličinu sile kočenja prije nego što se bubnjevi zaustave. Ako je međutim brzina razvlačenja mala, bubnjevi će se zaustaviti prije nego što vlačna sila dosegne veličinu sile kočenja. U oba slučaja imamo pojavu oscilacije vlačne sile u vodiču, koje kod veće brzine razvlačenja imadu tendenciju, da se dosta brzo priguše, dok se kod male brzine razvlačenja oscilacije periodski ponavljaju, jer se kočnica pokrene pa zaustavi itd., sve dok se ne poveća brzina razvlačenja. Inercija vodiča utječe također na opisanu pojavu kao i inercija kočnice i ona tu pojavu pojačava.

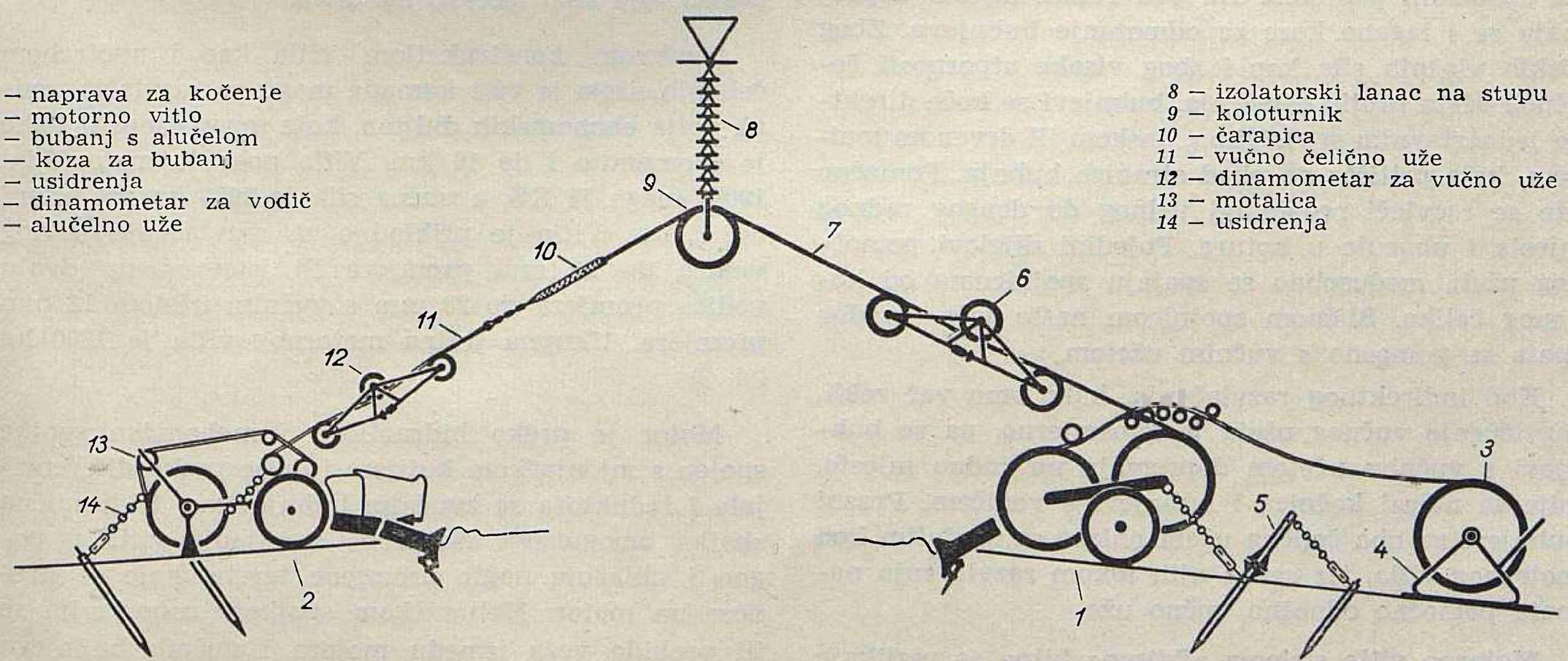
Kako vidimo na ujednačenost razvlačenja utječe veličina vlačne sile i brzina kretanja vodiča. Povećanjem vlačne sile i brzine postizava se ujednačeno razvlačenje. Prema iskustvu firme »Edison« ne dolazi do osjetljivijih promjena visine vodiča iznad tla, ako se radi brzinama od 30 cm/s do 1 m/s i parametrima od oko 900 do 1000 m.

Nakon ovih razmatranja u nastavku ćemo dati opis pojedinih dijelova mehanizacije i prikazati njihovo funkcioniranje. Nastojat ćemo da o pojedinim dijelovima bude riječ onim redom kako ulaze u funkciju na samom terenu.

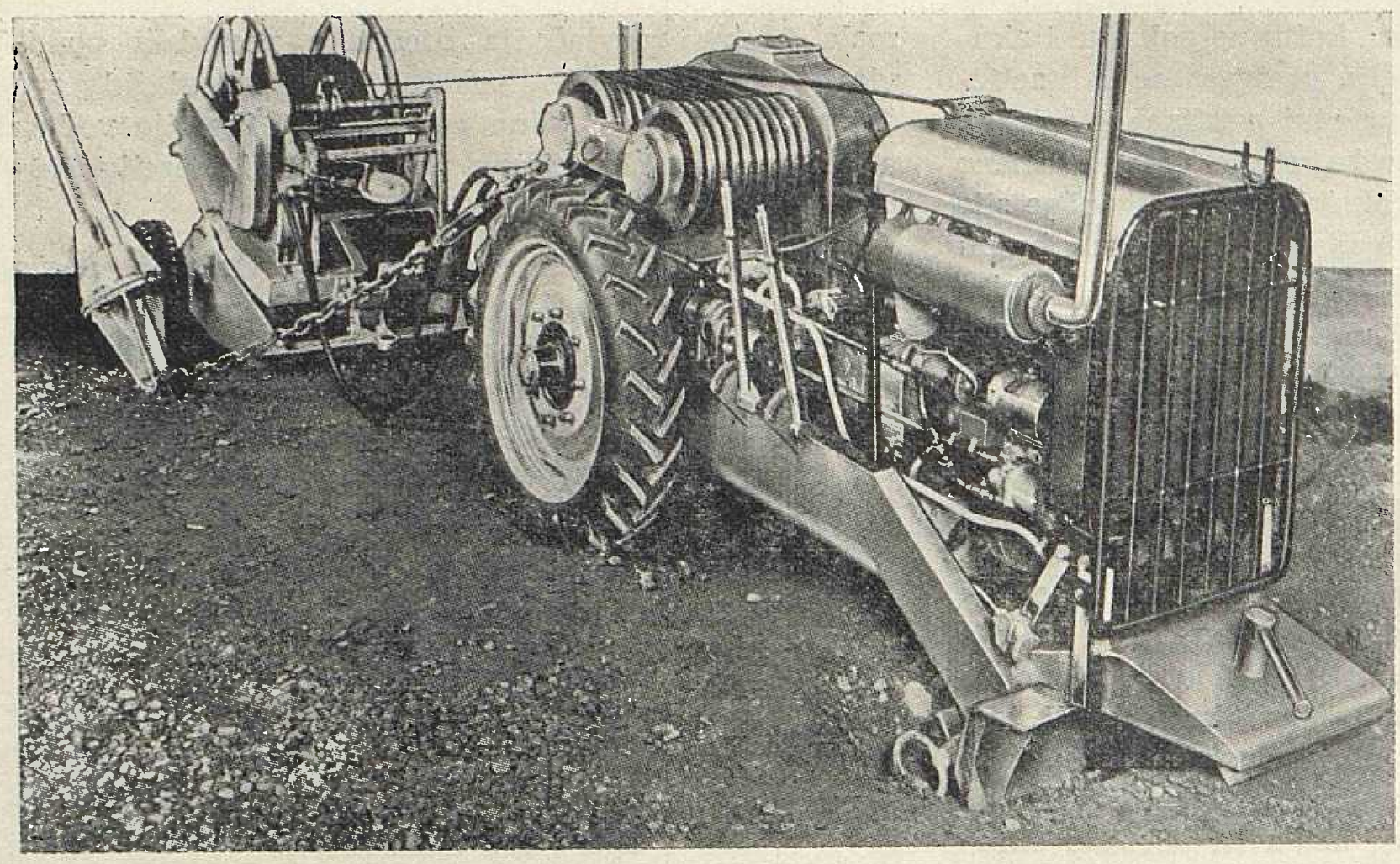
Opis i rad mehanizacije

Kako je poznato prva faza rada prilikom montaže užeta je zavješenje kotura na stupove. Na dionici Split—Brinje dalekovod je opremljen alučeličnim vodičima presjeka 360/57 mm² i promjera 26,6 mm. Za taj vodič upotrebljeni su koturi nutarnjeg promjera 800 mm s kugličnim ležajima, čime se postiže velika pokretljivost. Žbice su od čeličnih cijevi na koje su pričvršćena vijcima dva prstena od aluminijske legure. Između prstena nalazi se plastična masa, koja ima tvrdoću nešto nižu od tvrdoće aluminijskog plašta vodiča. Ovakvom izvedbom izbjegava se oštećenje aluminija i onda ako se prilikom prolaza čeličnog užeta preko kotura ošteti plastični uložak u žlijebu. Težina kotura je oko 23 kg, a dozvoljeno opterećenje je 2600 kg.

Potporni koturi su po izvedbi slični visećim, nešto su slabije konstrukcije i manjeg promjera, jer su manje opterećeni. Pričvršćeni su na nosačima iz cijevi



Sl. 1. Shematski prikaz mehanizacije



Sl. 2. Motorno vitlo i motalica

duljine po 2 m, tako da se mogu kombinirati razne duljine nosača od 2 do 8 m. Nosači se sidre za tlo sa četiri čelična užeta.

Čelična su užeta pletena kao pletenica, tako da se ne okreću kad dođu pod mehanički napon, a ne prave se ni omče, što sve u velikoj mjeri olakšava i ubrzava rad. Užeta su namotana na bubnjeve od čeličnih cijevi, koji se za pomoćno uže sastoje iz dva dijela, kako bi se u slučaju potrebe olakšalo razvažanje bubnjeva po terenu. Duljina pomoćnog užeta po bubnju iznosi 1600 m, a vučnog 800 m, dok je ukupna težina bubnja 270 kg odnosno 420 kg. Prekidni teret je 2400 kg za pomoćno uže i 8650 kg za vučno uže.

Ako je razvlačenje indirektno, onda se najprije razvlači pomoćno uže ljudskom snagom ili konjskom zapregom. Pojedini bubnjevi s pomoćnim užetom se razvoze uzduž trase na radna mjesta, koja su određena uzdužnim profilom. Na ova radna mjesta dopremaju se i lagane koze za odmatanje bubnjeva. Zbog niskih vlačnih sila kao i zbog visoke otpornosti čeličnog užeta protiv oštećenja, bubnjevi se koče direktno jednostavnim sredstvima, daskom ili drvenom motkom, koja pritišće na obod stranice bubnja. Pomoćno uže se razvlači redom od jednog do drugog radnog mjesta i ubacuje u koture. Pojedini dijelovi pomoćnog užeta međusobno se spajaju spojnicama od kovanog čelika. Sličnom spojnicom nešto jače izvedbe spaja se pomoćno s vučnim užetom.

Kod indirektnog razvlačenja, kako smo već rekli, razvlačenje vučnog užeta je istosmjerno, pa se bubnjevi s vučnim užetom dopremaju na radno mjesto, gdje se nalazi kočnica i bubnjevi s vodičem. Prazni bubnjevi za oba čelična užeta nalaze se međutim kod motornog vitla, jer se na njih tokom razvlačenja namata pomoćno odnosno vučno uže.

Motorno vitlo sistema »Edison« bitno se razlikuje od motornog vitla klasične izvedbe. Na klasično vitlo namata se čelično uže (vučno) sloj po sloj na vučni bubanj, koji je sastavni dio stroja. Zbog toga dolazi do postepenog povećanja promjera namatanja čeličnog užeta, pa uz pretpostavku, da snaga motora ostaje nepromijenjena, stalno se mijenja linearna brzina vodiča i njegova vlačna sila. Osim toga klasičnim vitlom ograničena je duljina radnih polja, jer su dimenzije vučnog bubnja normalno tolike da se ne može na njega namotati više od oko 5000 m. Ako se želi razvlačiti radno polje dulje od 5000 m, treba namotano čelično uže premotati ili ukoliko konstrukcija vitla dozvoljava zamijeniti puni bubanj s praznim, što iziskuje dosta vremena.

Navedeni nedostaci kod modernog vitla su otklonjeni, tako da se čelično uže ne namata nego omata helikoidalno oko dva ožlijebljena vučna bubnja. Namatanje užeta obavlja se na posebne bubnjeve, koji nisu sastavni dio motornog vitla. Ovi bubnjevi okreću se ručno na kozi ili motorno na specijalnoj napravi, koju smo nazvali motalica.

Ovakvom konstrukcijom vitla kao i upotrebom čeličnih užeta iz više komada mogu se razvlačiti radna polja ekonomskih duljina, koje mogu iznositi kako je spomenuto i do 10 km. Vitlo pokreće motor Fiat 1900, snage 55 KS, a vučna sila je 2600 kg pri brzini od 1 m/s. Vitlo je prikladno za razvlačenje jednog vodiča do 29 mm promjera ili istovremeno dvaju vodiča promjera do 23 mm s vučnim užetom 12 mm promjera. Ukupna težina motornog vitla je 1800 kg (sl. 2).

Motor je preko hidraulične i mehaničke spojke spojen s mjenjačkom kutijom i dalje preko diferencijala i reduktora sa zvučnim bubnjevima. Hidraulična spojka omogućava »mekano« stavljanje vitla u pogon i ublažuje nagle promjene tereta, koje se prenose na motor. Mehaničkom spojkom uspostavlja se ili prekida veza između motora i vučnih bubnjeva prilikom upućivanja odnosno zaustavljanja motora ili prilikom prelaženja iz jedne brzine u drugu.

Na osovini diferencijala ispred njegovog kućišta nalazi se ručna kočnica, kojom se zakoče vučni bubnjevi za vrijeme prekida rada, koji može nastupiti iz bilo kojeg razloga. Funkcija ove kočnice veoma je važna, jer osim kočenja ona služi i za otpuštanje užeta, ako se za to ukaže potreba. Za automatsko kočenje bubnjeva, u slučaju da prestane djelovati pogonska sila, služi zupčasti zadržač, koji se inače upotrebljava za kočenje bubnjeva kod duljeg stajanja, jer se time nepotrebno ne opterećuje ručna kočnica.

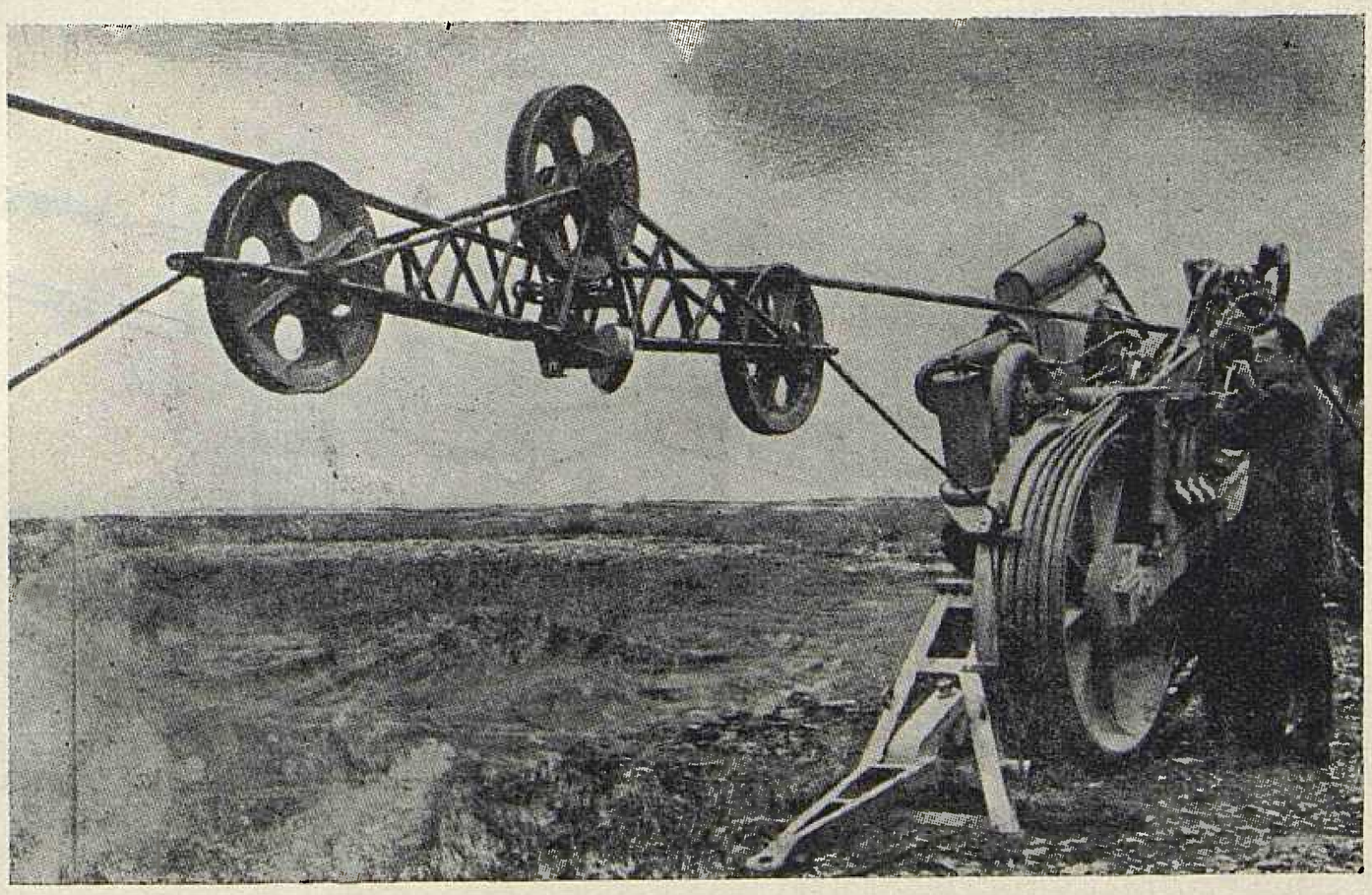
Abnormalno naprezanje zupčanika reduktora, koje može nastupiti kad obodne brzine vučnih bubnjeva iz bilo kojeg razloga nisu jednake, odstranjuje se diferencijalom. Ovo se može dogoditi npr. kad su osovine, koje pokreću bubnjeve netačno centrirane, što prouzrokuje nejednoliko trošenje oboda bubnjeva. Slična smetnja nastaje prilikom prolaza spojnica čeličnih užeta preko bubnjeva. Ova smetnja ne može se odstraniti diferencijalom, jer ne dolazi do promjene obodne brzine cijelog bubnja, nego samo na jednom žlijebu, pa treba žljebove učiniti neovisnim jedan od drugoga i omogućiti im izvjestan pomak po obodu osovine koja ih pokreće. Ovakvom izvedbom ne dolazi do povećanja vlačne sile u užetu iako poraste brzina užeta zbog fiktivnog povećanja promjera bubnja prilikom prolaza spojnice. Prva tri žlijeba od ukupno devet izvedena su neovisno jedan od drugog, a kod najnovije izvedbe taj je broj povećan na šest.

Na komandnoj ploči vitla nalaze se instrumenti za kontrolu rada motora i pumpe za pokretanje motalice, instrument za mjerenje brzine užeta s registratorom razvučenog užeta u metrima i kontrolna svjetla minimalne i maksimalne vučne sile.

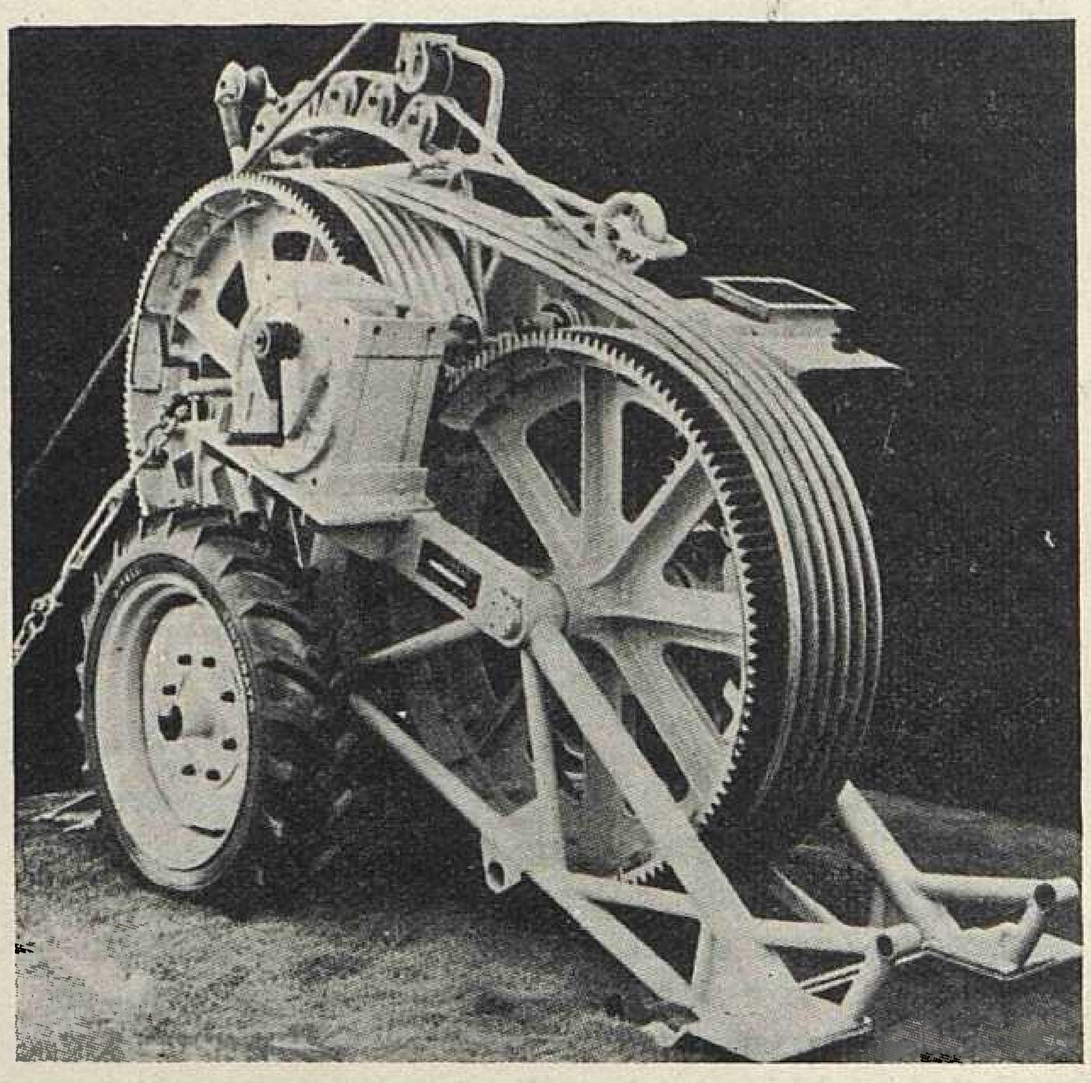
Motalicu pokreće hidromotor uljem, koje dobavljaju dvije pumpe ugrađene na vitlu, preko fleksibilnih visokotlačnih gumenih cijevi. Pomoćna manja pumpa nalazi se uvijek u pogonu kad motor radi i ako se ne obavlja razvlačenje, jer se time drži zategnuto uže između vitla i motalice čime se sprečava klizanje užeta na vučnim bubnjevima. Velika pumpa naprotiv dobavlja ulje hidromotoru motalice samo onda, kada se bubnjevi okreću, dakle kad je razvlačenje u toku. Vučna sila motalica u ovom slučaju je oko 50 kg pri brzini od 1 m/s, a regulira se ventilom, koji se nalazi na kućištu pumpe. U istom hidraulličnom krugu nalazi se na motalici cilindar sa stapom za dizanje i spuštanje bubnjeva s čeličnim užetom, što se obavlja ventilom, kojim se usmjeruje ulje s jedne ili druge strane stapa. Posebna naprava vodi uže od jednog do drugog kraja bubnja i redom namata slojeve; moguće je i ručno pokretanje ove naprave radi korekcije namatanja.

Pošto je i vučno uže razvučeno, uže se spoji s vodičem krajnom čarapicom, te se zatim postave dinamometri na početak i na kraj radnog polja. Dinamometri služe za mjerenje vlačne sile u vodiču odnosno vučnom užetu, a konstruirani su tako, da je moguće mjerenje sila i za vrijeme gibanja užeta. Naprava za mjerenje sastoji se iz dvodjelne šasije sa tri kotača i hidrostatskog dinamometra. Zglobni spoj oba dijela šasije poklapa se s osovinom srednjeg kotača. Kotači leže u istoj ravnini, a raspoređeni su na šasiji tako, da se uže, kad prolazi između njih, lomi pod kutem od cca 5^0. Zbog toga na kotače djeluju sile, koje su razmjerne vlačnoj sili u vodiču i one nastoje savinuti šasiju. Kako je šasija dvodjelna i u gornjem pojasniku zglobno spojena, to se tlačna sila u donjem pojasniku, koja je također razmjerna vlačnoj sili u vodiču, prenosi na kapsulu dinamometra. Dinamometar za vodič dozvoljava mjerenje vlačnih sila do 3000 kg na vodičima promjera do 29 mm, a za vučno uže do 3500 kg na užetima promjera do 12 mm (sl. 3).

Kontrola veličine vlačnih sila je veoma važna, jer dozvoljava da se radi sigurno s velikim silama i velikim brzinama. Ako se vlačne sile, koje pokazuju dinamometri održavaju kako je predviđeno u elaboratu, onda tehničko vodstvo montaže ima potpuni uvid u tok razvlačenja i neugodna iznenađenja su skoro isključena. Ako se još doda, da se uz mjerenje sila



Sl. 3. Dinamometar za vodič



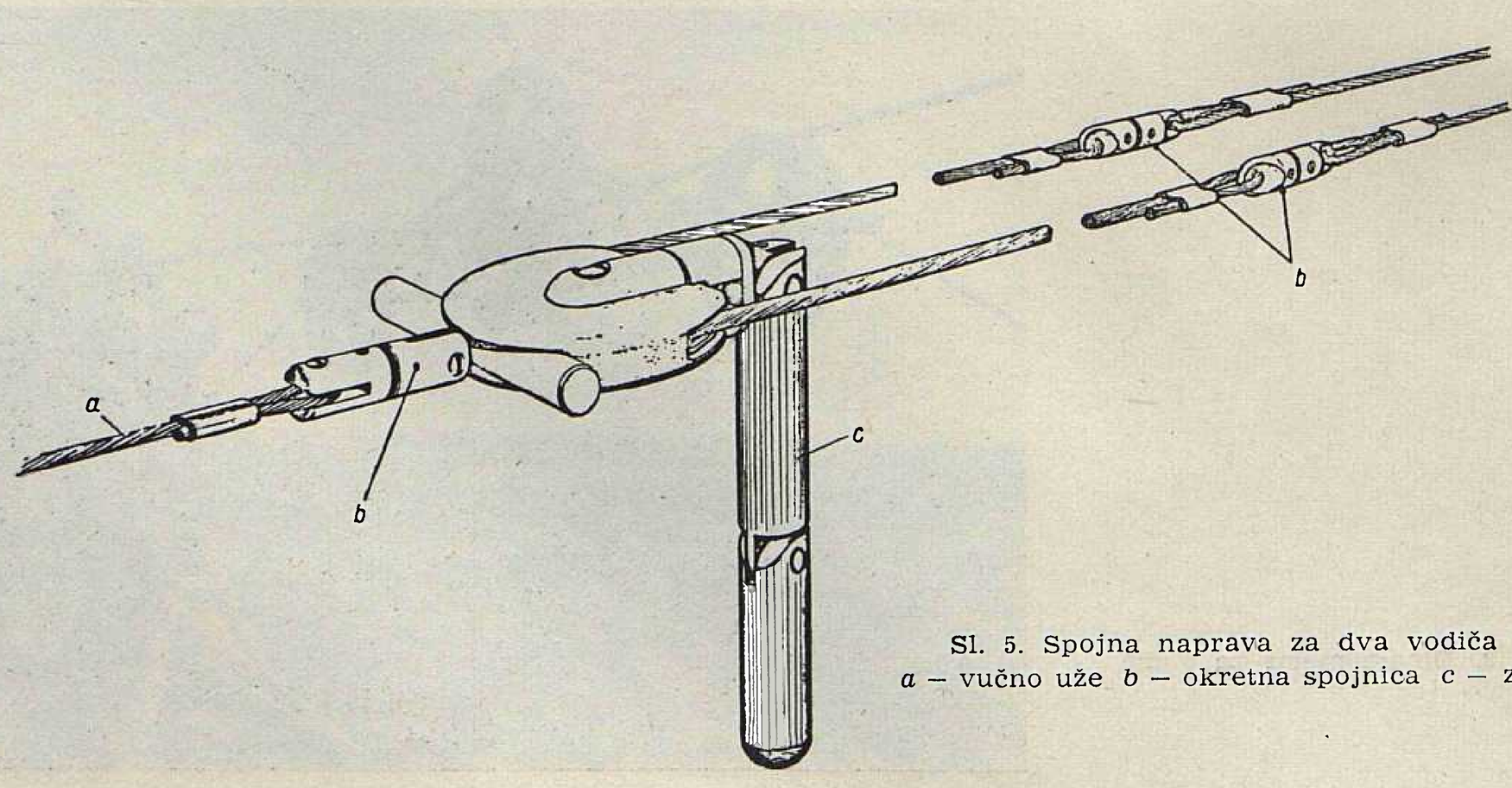
Sl. 4. Naprava za kočenje

može mjeriti i brzina razvlačenja tahimetrom, onda ne može doći do razlike u duljini između odmotanog vodiča i namotanog vučnog užeta, a to je jedan od najvažnijih uvjeta dobrog funkcioniranja ovakvog načina razvlačenja.

Da bi se vodič mogao održavati na potrebnoj visini iznad tla, treba ga zategnuti, dakle kočiti dok se odmata s bubnja. Visina vodiča iznad tla ovisna je o veličini vlačne sile i kad je jednom postignuta predviđena visina, sila kočenja ostaje tokom razvlačenja nepromijenjena za jedno određeno radno polje uz pretpostavku, da se vučna sila mijenja, kako je predviđeno elaboratom razvlačenja. Naime vučna sila za razliku od sile kočenja mijenja se i u ravnom terenu je najmanja kad se vodič nalazi na početku, a najveća kad se vodič nalazi na kraju radnog polja. U brdovitom terenu vučna sila se povećava kad se vodič uspinje na stup, koji se nalazi na vrhu i poprimit će maksimalnu vrijednost, kad se na jednoj strani tog stupa nalazi vodič, a na drugoj vučno uže. O ovome treba voditi računa, jer na terenu s izrazitim vrhovima veličina vučne sile u tom momentu može biti znatno veća od početne veličine, osobito onda ako je prvi dio trase u ravnici.

Kako vidimo vučna sila vitla mora se stalno kontrolirati i strojar je mora podešavati prema položaju vodiča u radnom polju. Praktički će se ona znatnije mijenjati samo onda kad se vodič nalazi na karakterističnim mjestima radnog polja. Na ostalim mjestima održavat će se više-manje nepromijenjena veličina vučne sile, što će imati za posljedicu promjenu vlačne sile u vodiču, a time će doći i do izvjesnih promjena u visini vodiča iznad tla. Naravno, te promjene ne smiju biti tolike, da dođe vodič u dodir sa tlom, pa treba upozoriti strojara, kad vučna sila poprimi minimalnu vrijednost. Ovo se postizava kontaktom minimalne vučne sile na dinamometru za vučno uže, kojim se pali zeleno svjetlo na kontrolnoj ploči vitla. S druge pak strane nedozvoljeno povećanje vlačne sile u vodiču može imati nepovoljne posljedice, pa je na dinamometru također predviđen kontakt maksimalne vučne sile, kojim se pali crveno svjetlo i ukapča zvučni signal, a konačno ako strojaru izmaknu ova upozorenja, automatski se prekida rad motora.

Da se u vodiču izazove vlačna sila, treba vodič kočiti, što se obavlja napravom za kočenje. S tehničkog gledišta ona je najinteresantniji dio mehanizacije sistema »Edison« (sl. 4). Za razliku od klasične kočnice, na ovoj se napravi koči hidrauličnom kočnicom. Hidraulična kočnica zapravo je pumpa, koja tjera ulje kroz hidraulički krug u kojem se nalazi regulacioni tlačni ventil. Ovaj ventil automatski održava praktički konstantan pritisak u glavnom hidrauličkom krugu, a time i konstantnu silu kočenja i u slučaju da se promijeni brzina razvlačenja. Veličina sile kočenja mijenja se, ako se promijeni pritisak u glavnome hidrauličnom krugu, što se postizava pomoćnim ventilom, koji je spojen s tlačnim ventilom preko sporednog



Sl. 5. Spojna naprava za dva vodiča u snopu
a – vučno uže *b* – okretna spojnica *c* – zglobni uteg

hidrauličnog kruga. Ovim ventilom može se po volji mijenjati pritisak odnosno fino regulirati sila kočenja. Fino reguliranje sile kočenja kao i njezina neovisnost o brzini razvlačenja su svojstva, koja određuju kvalitet ove naprave za kočenje.

Tokom rada zagrijava se ulje, koje može doseći prilično visoku temperaturu što utječe na rad kočnice. Ulje se hladi u hladioniku, koji se nalazi u glavnom hidrauličnom krugu. Ventilator, pokretan hidromotorom tlači kroz hladionik zrak radi intenzivnijeg hlađenja. Ako je okolišna temperatura dosta niska, ventilator se može isključiti posebnim ventilom, kojim se mijenja tok ulja u glavnom hidrauličnom krugu.

Bubnjevi oko kojih se omata vodič izrađeni su od aluminijske legure, a promjer im je 1200 mm. Bubnjevi imaju na obodu pet žljebova. Između bubnjeva i hidraulične kočnice nalazi se reduktor. Naprava za kočenje opremljena je brojačem okretaja, kojim se indirektno mjeri odmotana duljina vodiča. Da bi se dobila odmotana duljina vodiča, treba broj okretaja pomnožiti s brojem, koji ovisi o promjeru vodiča. Na kontrolnoj ploči nalaze se termometar i manometar za mjerenje temperature odnosno tlaka ulja, te pomoćni ventil za regulaciju sile kočenja.

Naprava za kočenje opremljena je frikcionom kočnicom, koja treba da zadrži vodič za vrijeme stajanja ili nakon završenog razvlačenja. Ova naprava prikladna je za razvlačenje jednog vodiča promjera do 29 mm, maksimalna sila kočenja je 2000 kg pri brzini od 1 m/s. Težina kočnice je 1510 kg, a s uljem 1610 kg.

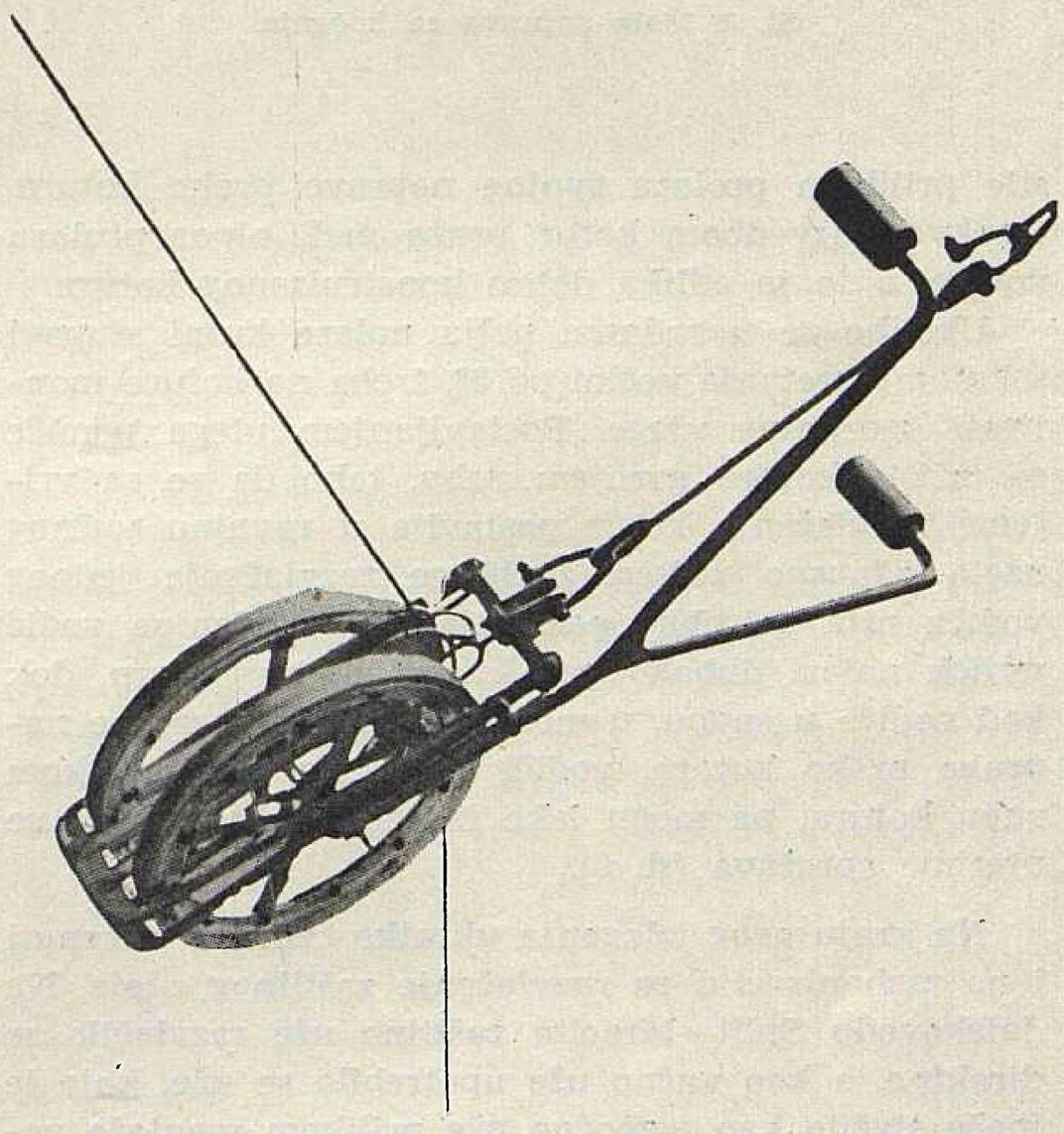
Motorno vitlo i kočnica moraju biti dobro pričvršćeni za tlo za vrijeme rada. Oba stroja imaju na prednjoj strani ralo preko kojega se sile prenose na tlo, a otraga su usidrene specijalnim priborom za sidrenje. Ako je teren male nosivosti ili kamenit, onda se strojevi mogu sidriti za bazu odgovarajućeg stupa dalekovoda.

Prije nego što se mehanizacija stavi u pogon, treba izvršiti probno opterećenje silom, koja je bar 30 % veća od maksimalne vučne sile. Probnim opterećenjem provjeravaju se spojevi između užeta, koturi, dinamometri i usidrenja stroja.

Na dalekovodu 220 kV Split—Mraclin, na dionici Brinje—Mraclin prvi put su kod nas montirani vodiči u snopu. Svaka faza je opremljena sa po dva alučelična vodiča u snopu presjeka 240/40 mm². Montaža vodiča u snopu izvedena je također mehanizacijom sistema »Edison«, te ćemo se osvrnuti i na tu mehanizaciju i to samo na ono što se bitno razlikuje od mehanizacije za rad s jednim vodičem. Svi dijelovi ove mehanizacije tako su konstruirani, da se oba vodiča razvlače istovremeno, što je s ekonomskog gledišta potpuno opravdano.

U ovom slučaju ne postoji nikakva razlika u konstrukciji motornog vitla i isto vitlo se može upotrijebiti za razvlačenje jednog vodiča većeg presjeka ili istovremeno dva vodiča manjeg presjeka. Kočnica je međutim izvedena tako, da je omogućeno razvlačenje bilo jednog bilo dva vodiča s jednim vučnim užetom. Razlika između standardnog tipa i univerzalnog tipa kočnice je u tome što su bubnjevi univerzalne kočnice ožlijebljeni sa deset žljebova, a standardne sa pet žljebova. Univerzalnom kočnicom mogu se razvlačiti odjednom dva vodiča promjera do 23 mm, a ona se može osposobiti za rad s jednim vodičem promjera do 29 mm. U tu svrhu treba montirati na obode bubnjeva segmente sa pet žljebova, što se izvodi jednostavno i brzo, pa se tako univerzalna kočnica pretvara u standardni tip uz nešto veće nabavne troškove.

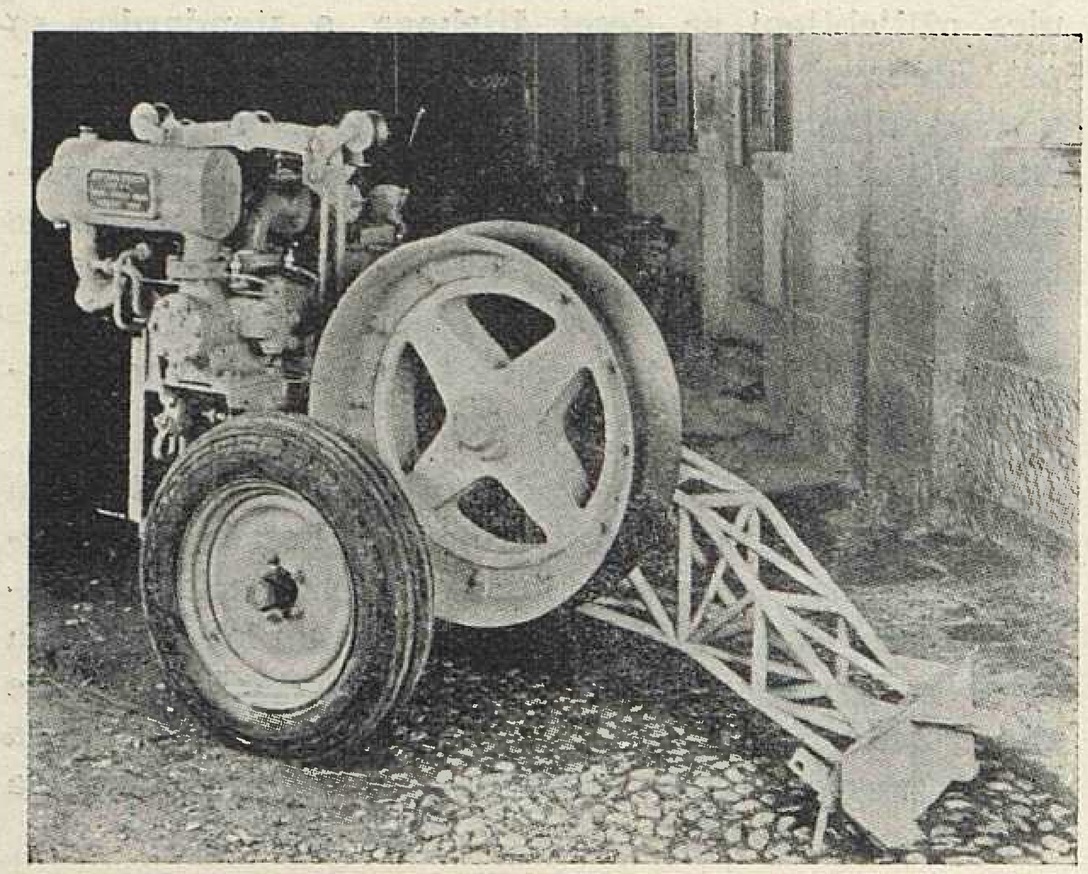
Spoj vučnog užeta s vodičima izvodi se posebnom napravom, koja se sastoji iz jednog kotača s kugličnim ležajima, zatim specijalnog čeličnog užeta ukupne duljine oko 100 m, te okretnih spojnica i krajnih čarapica. Pomoću kotača stalno se izjednačuju vlačne sile između oba vodiča, a horizontalan položaj kotača bilo u rasponu bilo prilikom prolaza preko kotura



Sl. 6. Kotur za dva vodiča u snopu s utezima

održava se zglobnim utegom. Radi lakšeg prolaza preko kotura na kućištu kotača nalazi se s prednje strane vodilica u obliku valjka. Vučno uže spojeno je s kućištem okretnom spojnicom, a isto tako i oba kraja čeličnog užeta, koje ide oko kotača, s vodičima. Između okretnih spojnica i vodiča nalaze se krajnje čarapice (sl. 5).

Specijalni koturi dozvoljavaju istovremeno razvlačenje dvaju vodiča jednim vučnim užetom. Koturi se sastoje iz nosača u obliku vilice i četiri kotača. Dva kotača velikog promjera (650 mm) postavljeni su jedan do drugog na razmaku, koji je jednak razmaku između vodiča u snopu i preko njih idu vodiči. Preko ostala dva kotača znatno manjeg promjera ide vučno uže, a postavljeni su jedan iza drugog. Prvi kotač, gledano u smjeru dolaska vodiča, služi samo kao vodilica, dok je zadatak drugog kotača da što više smanji razliku između ulazne i izlazne vlačne



Sl. 7. Mala naprava za kočenje

sile prilikom prolaza spojne naprave preko kotura. Ovakvom izvedbom kotur pruža mali otpor prolazu vodiča, a to je odlika dobro konstruiranog kotura.

Ukoliko se u radnom polju nalaze kutni stupovi s kutem skretanja većim od 3⁰, treba na koture montirati specijalne utege. Postavljanjem utega pomiče se težište kotura gornjem rubu, tako da se za vrijeme razvlačenja kotur postavlja u ravninu vučnog užeta odnosno vodiča. Prilikom razvlačenja jednog vodiča nije potrebno postavljati utege, jer se vodič uvijek nalazi duboko položen u žlijebu kotura, dok kod vodiča u snopu, u momentu prijelaza spojne naprave preko kotura, vodiči se nalaze na vanjskom rubu kotura, pa mogu lako iskočiti iz kotura što se utezima sprečava (sl. 6).

Na kraju ovog izlaganja ukratko ćemo se usvrnuti i na mehanizaciju za razvlačenje zaštitnog užeta. Na dalekovodu Split—Mraclin zaštitno uže razvlačilo se direktno, a kao vučno uže upotrebilo se uže, koje je inače služilo kao pomoćno uže prilikom montaže vodiča. Kao vuča upotrebljeno je motorno vitlo, kojim se razvlačio vodič, dok se je kočenje obavljalo malom kočnicom. Ova kočnica opremljena je također hidrauličnom kočnicom manje snage, koja radi na istom principu kao i velika. Uže se smota oko jednog bubnja od lijevanog željeza sa širokim žlijebom specijalnog oblika. Kočnica je prikladna za razvlačenje užeta promjera do 12 mm, sila kočenja je 600 kg pri brzini od 1 m/s (sl. 7).

Mehanizacija sistema »Edison« izvodi se u četiri razna tipa, koji su definirani maksimalnim promjerom vodiča i maksimalnom silom kočenja. U niže navedenoj tablici dani su podaci za pojedine tipove.

Tip	Maksimalni promjer vodiča mm		Maksimalna sila kočenja kg
	jednostruki vodič	dva vodiča u snopu	
A	23	—	1300
B	23—29	23	2000
C	29—38	23—29	3000
D	38—50	29—38	5000

Da bi se mogao izvršiti pravilan izbor mehanizacije, treba poznavati težinu vodiča, prosječni raspon radnih polja, provjese vodiča za prosječne raspone i sigurnosnu visinu umanjenu za dva metra. Na temelju tih podataka izračuna se vlačna sila razvlačenja, a time i sila kočenja, čime je određen tip kočnice. Kad je odabran tip kočnice, onda se lako mogu odabrati ostali dijelovi mehanizacije. Za vodiče u snopu dobivenu vlačnu silu treba udvostručiti, da bi se dobio tip kočnice.

Najnovijom uputom, koju je izdala firma »Edison«, lako se može odabrati tip mehanizacije, kad raspolažemo prije navedenim podacima.

Literatura

1. L. Paris, *Contribution a l'étude du déroulage et du réglage des conducteurs sur les lignes électriques a T. H. T.*, CIGRE 1956/224.
2. Upute za upotrebu mehanizacije »Edison« Milano (Iz ove su publikacije uzete sve slike prikazane u članku).

Naslov pisca: Ing. Ranko Škarica, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37

O INDUSTRIJSKIM PARNIM TURBINAMA

Zvonko Elčić, Karlovac

Obrađuju se specifični problemi izgradnje industrijskih turbina, te novije metode za njihovo rješavanje. Prikazani su primjeri industrijskih turbina izrađenih u posljednje vrijeme, te dane usporedbe pojedinih rješenja.

DK 621.165

Uvod

Toplina i elektricitet dva su glavna oblika energije, koji pokreću većinu industrijskih procesa. Svaka industrijska djelatnost, bilo koje grane, temelji se na radu strojeva, a električna energija je danas gotovo isključivi oblik energije za njihovo pokretanje. Toplinska energija pare svakako je na drugom mjestu po širini primjene, jer se zagrijavanje parom koristi u većini pogona procesne industrije. Ova oba glavna oblika energije, u bilo kojem međusobnom odnosu može dati jedino termoelektrana, tj. jedno kompleksno postrojenje, čiji glavni dio predstavlja blok kotao—turbina—generator, koji troši gorivo, a daje električnu i toplinsku energiju u obliku ogrjevne pare. Mogućnost lakog povezivanja proizvodnje toplinske i električne energije te razni drugi faktori, doveli su do toga, da se unutar mnogih industrijskih pogona ugrađuju kompletne termoelektrane, tzv. industrijske elektrane, koje u principu nisu namijenjene za odavanje električne energije u opću mrežu potrošača. One pokrivaju potrošnju energije jednog industrijskog objekta, a u većini slučajeva sudjeluju i u ciklusu za snabdijevanje toga pogona parom potrebnom za tehnološki proces. Turbine u sklopu takvih postrojenja razlikuju se od onih, koje rade u elektroprivrednim elektranama, i to ne samo po veličini, nego i po osnovnim konstruktivnim koncepcijama, koje moraju biti tako odabrane, da se turbina logično uklapa u namjenu industrijske elektrane.

Da li će neki pogon u svom sklopu sadržavati i vlastitu energanu, ovisi uglavnom o karakteru tehnološkog procesa u tom pogonu. Tako npr. većina metaloprerađivačkih pogona nema u svom sklopu taj objekt.

Uslovi, koji opravdavaju izgradnju vlastite termoelektrane u nekoj tvornici, mogu se podijeliti na osnovne grupe:

a) Karakter tehnološkog procesa ne trpi zaustavljanja, te se ne može dopustiti ovisnost tvornice od vanjskog izvora energije. Za ovaj uslov najbolji primjer daju šećerane. Proces prerade repe teče kontinuirano od ulaska repe do izlaska šećera. U najbitnijem dijelu postrojenja cirkulira šećerni sok, te kod prekida dobave električne struje uslijed zaustavljanja pumpi dolazi do opasnosti od skrućivanja soka u cjevovodima i niza drugih teških poremećaja, što se sve još pojačava obustavljanjem pogona kotlovnice, koja se također zaustavlja u momentu prekida dovoda električne energije (pogona, ventilatora promaje itd.) te nastupa hlađenje soka.

b) Tehnološki proces troši veće količine pare, bilo u svrhu zagrijavanja, bilo da para sudjeluje u kemijskim reakcijama proizvodnog procesa. Pri tom je uvijek ekonomičnije u vlastitom pogonu proizvoditi svu potrebnu električnu energiju, uz potpuno iskorištenje otpadne topline, nego kupovati struju sa strane, a paru proizvoditi u visokotlačnim kotlovima [1, dio IV/1]. Ovaj uslov ostvaruju mnoge grane kemijske i prehrambene industrije.

c) U mnogim pogonima javljaju se velike količine otpadne topline raznih oblika, koja se može upotrijebiti za proizvodnju pare. U takovom slučaju se investicije za izgradnju vlastite termoelektrane brzo isplaćuju, a osim toga se postiže neovisnost pogona o vanjskom izvoru energije. Otpadna toplina se javlja u više oblika, bilo kao vrući plinovi, drvena piljevina ili gorivi plinovi. Ovu soluciju prihvaća danas skoro sva metalurgija, te se dimni plinovi Siemens-Martinovih i drugih peći iskorištavaju u tzv. kotlovima-utilizatorima, razmještenim po željezari. Njihova para se sabirnim parovodom odvodi u centralu, gdje pokreće turbine. Industrijska termoelektrana u općenitom slučaju daje električnu energiju i toplinu. Ova toplina se predaje u obliku topline izlazne pare iz turbine.

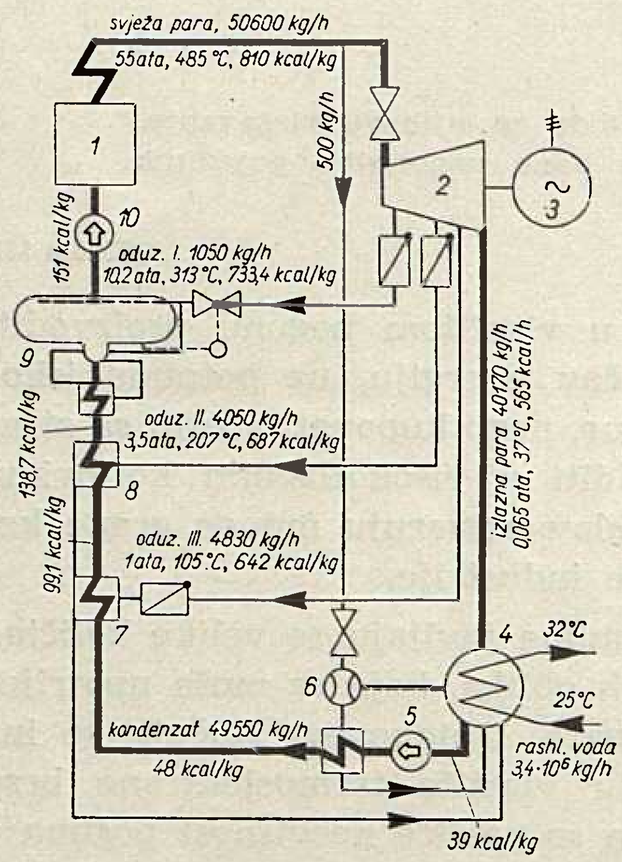
Izbor energetskog nivoa tj. sadržaja topline ove pare ovisi o potrebama pogona. Nerijetko se upotrebljavaju dvije vrste izlazne pare, s višim i nižim tlakom, pored mogućnosti upotrebe svježe pare. Odnos između utrošene količine pare i količine električne energije po 1 kg proizvoda, ili u jedinici vremena, mijenja se prema vrsti industrije, u koju je energana uklopljena. Ovaj odnos iznosi npr. kod šećerana 20 do 40 kg pare na 1 utrošeni kWh, a kod proizvodnje piva 3 do 9 kg/kWh [1, dio II/1]; u pojedinim slučajevima otpadna toplina turbine se ne može koristiti, ili je njena primjena neznatna, kao što je to kod većine željezara. Ako pored svega iznesenog uzmemo u razmatranje i različite parametre pare na ulazu iz turbine u raznim pogonima, te različite potrebe energije, moramo uvidjeti, da je broj tipova i veličina industrijskih turbina vrlo velik, što kod proizvođača parnih turbina stvara poteškoće, jer je standardizacija tipova nemoguća i svaki se slučaj posebno rješava.

U industrijskim elektranama ugrađuju se svi postojeći tipovi turbina: kondenzacione, protutlačne i kondenzacione turbine s oduzimanjem pare.

Kondenzacione turbine

Kondenzaciona turbina kao industrijski agregat pojavljuje se u slučajevima, kada je pogon orijentiran u prvom redu na potrošnju električne energije, a potrošnja topline je neznatna. Pored željezara, ovakav energetski režim imaju i cementare, te neke druge grane industrije. Osnovni preduvjet za izgradnju ovakvog tipa industrijske elektrane je mogućnost da

Sl. 1. Toplinska shema kondenzacione turbine za Željezaru Skopje s podacima za rad kod optimalnog opterećenja 12 MW (maksimalna snaga 15 MW)



1 — kotao
2 — turbina
3 — generator
4 — kondenzator
5 — kondenzatna pumpa
6 — ejektor
7; 8 — zagrijač kondenzata
9 — otplinjač
10 — napojna pumpa

kotlovnica iskorištava otpadnu toplinu — vruće dimne plinove i grotleni plin kod željezara, koksni plin u koksarama, vruće plinove iz rotacionih peći u tvornicama cementa itd. U protivnom slučaju uopće se ne isplati izgradnja vlastite elektrane, jer je zbog male instalirane snage iskorištenje goriva toliko loše, da je kupovanje električne energije iz mreže ekonomski više opravdano [2].

Ugradnja čisto kondenzacionog agregata nadalje se uopće ne isplati za snagu manju od cca 5 MW, zbog investicionih troškova, koji se sporo amortiziraju.

Gornja granica snage industrijske kondenzacione turbine ne može se postaviti. U nekim željezarama ugrađene su čak jedinice od 50 MW i više. Uz raniju pretpostavku, da snaga agregata nije manja od 5 MW možemo bez daljnjega utvrditi, da su kondenzacioni agregati građeni bez reduktora, s brojem okretaja od 3000 o/min (dvopolni generator, 50 Hz).

Toplinska shema ovakvog objekta (sl. 1) postavljena je na takav način, da se iz jednog kilograma pare uz što manje gubitaka dobije što više energije. Ovo se može ostvariti jedino ekspanzijom pare do dubokog vakuuma, koji se postiže u kondenzatoru. Premda je para na taj način iskorištena do maksimuma, ona na ulazu u kondenzator ipak nosi sa sobom čak oko 550 kcal/kg. Najveći dio ove topline mora se u svrhu kondenzacije (kako bi se postigao vakuum) odvesti s rashladnom vodom kondenzatora u okolinu. Ova izlazna toplina, koja se stalno gubi, glavna je slaba strana kondenzacionog pogona. U navedenom primjeru (sl. 1) prolazi kroz kondenzator $3{,}4.10^6$ kg/h rashladne vode, koja se ugrije za 7^0, što znači, da u okolinu odlazi cca 24,000.000 kcal svakog sata. Zbog niske temperature rashladne vode na izlazu iz kondenzatora (32^0 C) ova je toplina tehnički neiskoristiva.

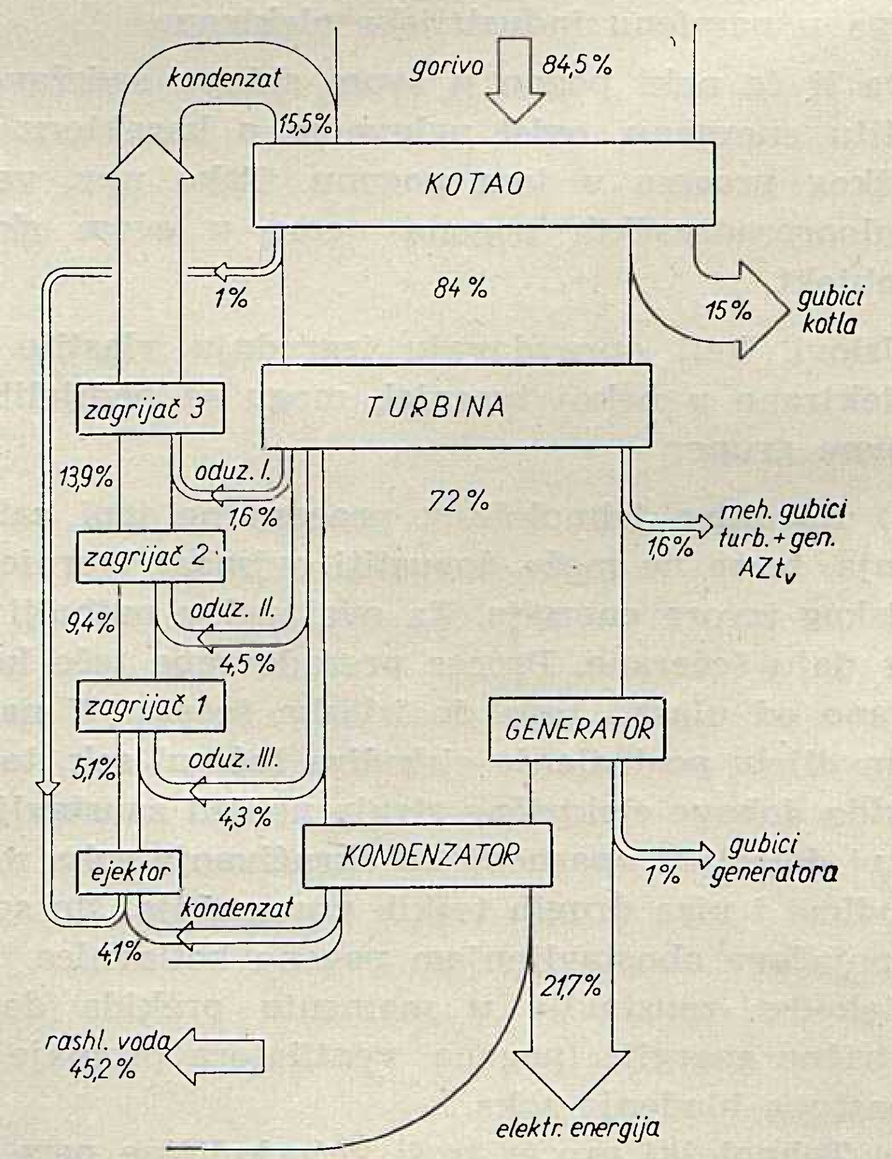
Da bi se smanjio ovaj gubitak topline s rashladnom vodom, ne vodi se sva para kroz čitavu turbinu do kondenzatora, nego se manji dijelovi pare, nakon prolaza kroz dio turbine oduzimaju za zagrijavanje kondenzata, koji se vraća u kotao. Ovom i drugim mjerama, osobito povišenjem ulaznih parametara pare, potrošnja pare kondenzacionih turbina kako u industrijskim tako i u elektroprivrednim elektranama smanjena je do minimuma i kreće se u uskim granicama 3,9 do 5 kg pare po 1 kWh. (Oduzimanje pare u svrhu zagrijavanja vlastitog kondenzata, koje smo upravo spomenuli, ne smije se zamijeniti s oduzimanjem pare za grijanje tehnološkog procesa tvornice, kao u slučaju kondenzacionih turbina s oduzimanjem, koje će biti posebno opisane.) Približni procentualni odnosi unutar energetske bilance kondenzacionog pogona grafički su prikazani na sl. 2. Regulacija kondenzacione turbine je jednostavna. Pogon vodi regulator broja okretaja, koji kod povišenja opterećenja više otvara regulacione ventile za dovod pare u turbinu i obratno.

Kondenzaciona turbina u industrijskoj elektrani principijelno se ne razlikuje od one, koja radi u elektroprivredi. Zbog toga je materijal o kondenzacionim turbinama dobro poznat, te smo ga izložili ukratko.

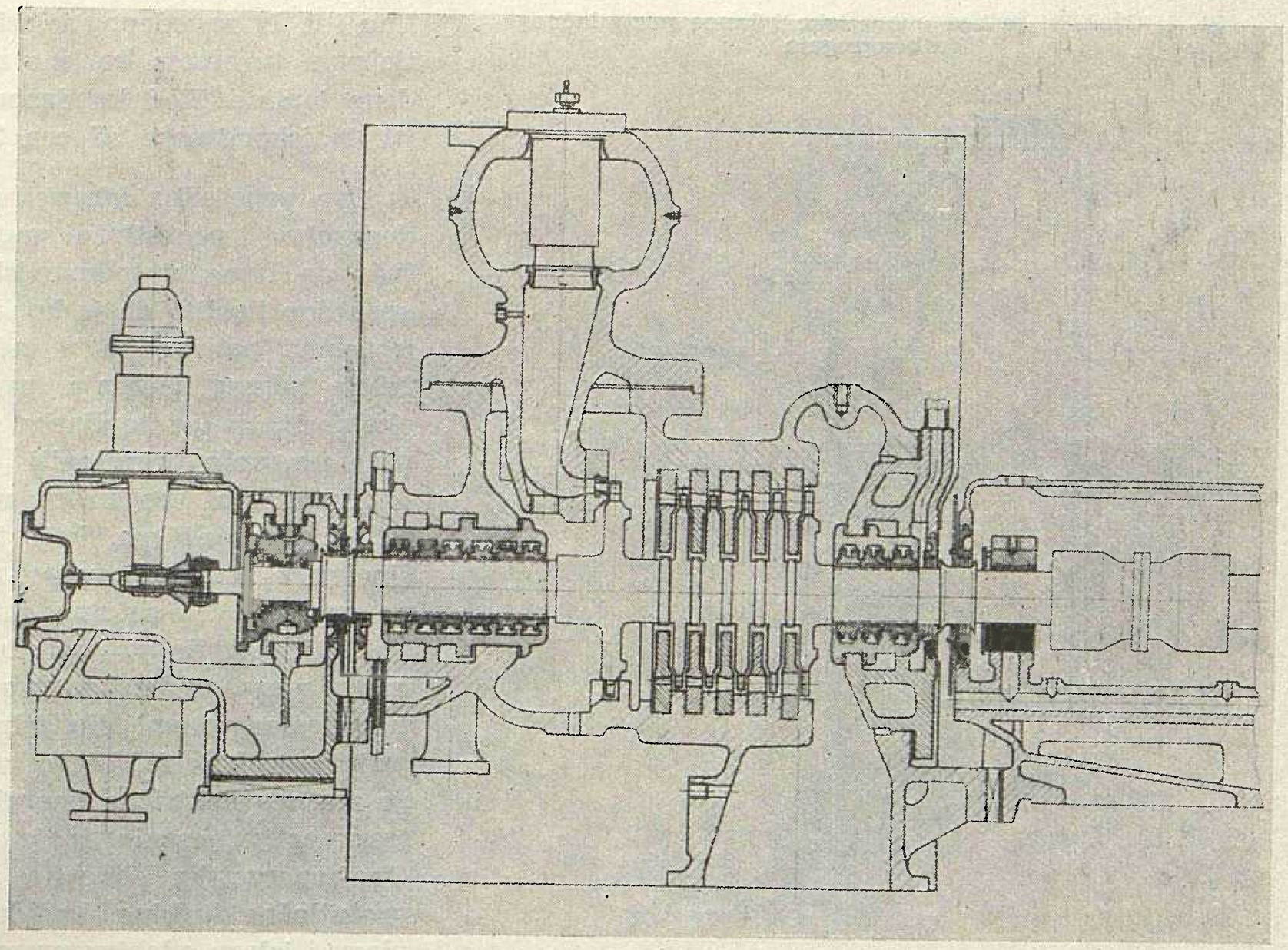
Protutlačne turbine

Protutlačne turbine imaju najširu primjenu u industrijskim elektranama. Ugradnjom protutlačne turbine postižu se potpuno suprotni odnosi iskorištenja topline od kondenzacionog pogona, tako da se kondenzacioni i protutlačni pogon mogu smatrati dvama ekstremima po iskorištenju topline u familiji industrijskih turboagregata [3].

Energana s protutlačnom turbinom izgrađuje se u pogonima koji su jaki potrošači pare za zagrijavanje s tlakom od 2 do cca 10 atp (protutlak). U ideal-



Sl. 2. Grafički prikaz energetske bilance kondenzacionog turboagregata



Sl. 3. Presjek protutlačne turbine 2,4 MW. Ulazna para 22/30 ata, 380/400 ^{0}C, protutlak 4 ata, broj okretaja 7500/1500 o/min (klasični reduktor sa strelastim ozubljenjem) Ovakve jedinice su ugrađene u novim šećeranama u Peći, Kovinu i Senti te pri rekonstrukciji šećerane u Ćupriji (TP 2,4 – 32)

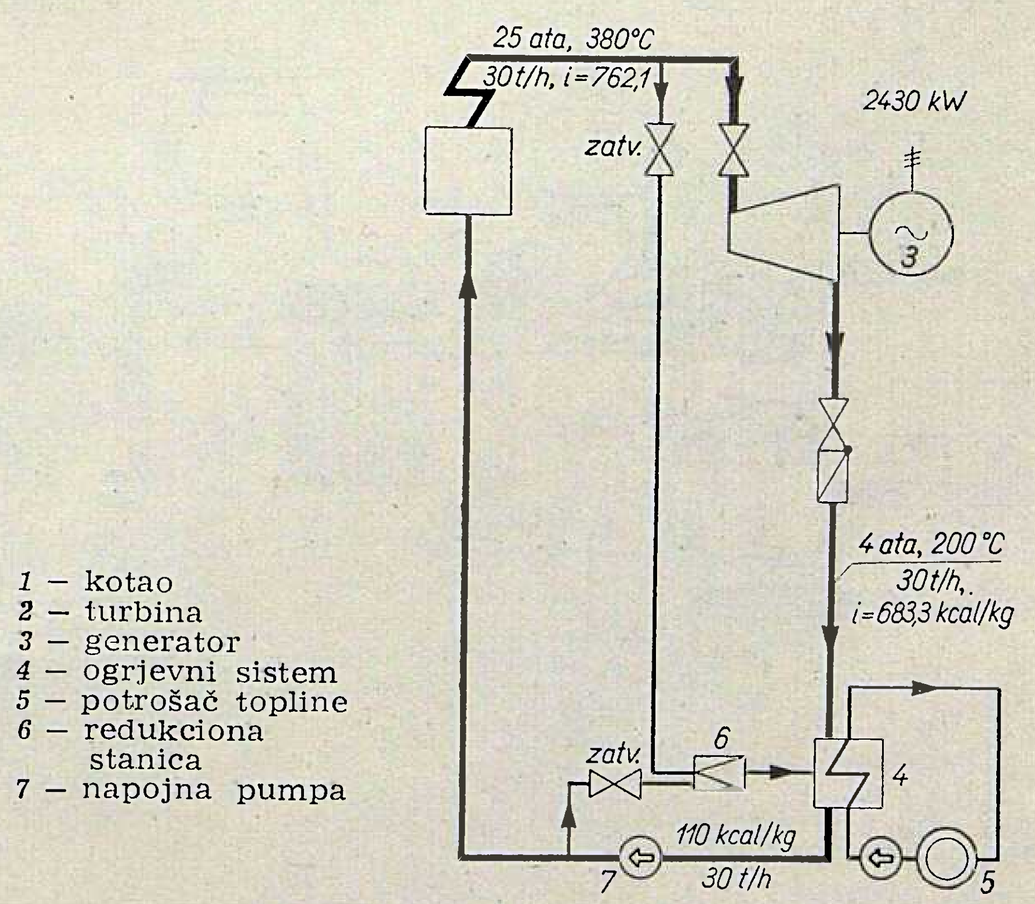
nom slučaju sva para, proizvedena u kotlovnici, vodi se kroz turbinu, gdje ekspandira do protutlaka i time daje potrebnu energiju za pokretanje generatora. Pri tom količina i tlak izlazne pare tačno odgovaraju potrebama zagrijavanja, a proizvedena energija upravo zadovoljava vlastitu potrošnju tvornice. Međutim ovakva idealna ravnoteža u potrošnji obje vrsti energija ne može se u većini slučajeva postići niti u optimalnom radnom režimu cjelokupnog postrojenja, a pogotovo je to nemoguće u svim pogonskim situacijama.

Obično je sistem u osnovi postavljen tako da kroz turbinu prolazi sva para iz kotlovnice i to u količini, koja je potrebna za tehnološki proces. Generator je uključen na vanjsku mrežu.

Kod ovog načina rada, energija koju daje generator ne odgovara uvijek potrebama pogona. U slučaju manjka električne energije ovaj se pokriva iz mreže, a kod suvišaka predaje se dio proizvedene energije mreži. Između kotlovnice i potrošača pare za grijanje, paralelno s turbinom postavlja se i redukciona stanica, koja stupa u djelovanje u slučaju kvara na turbini. Ona snizuje tlak i temperaturu svježe pare na vrijednosti tražene u potrošačkoj parnoj mreži. Tlak se snizuje prigušivanjem, a temperatura ubrizgavanjem kondenzata. Shema ovakvog postrojenja prikazana je na sl. 4.

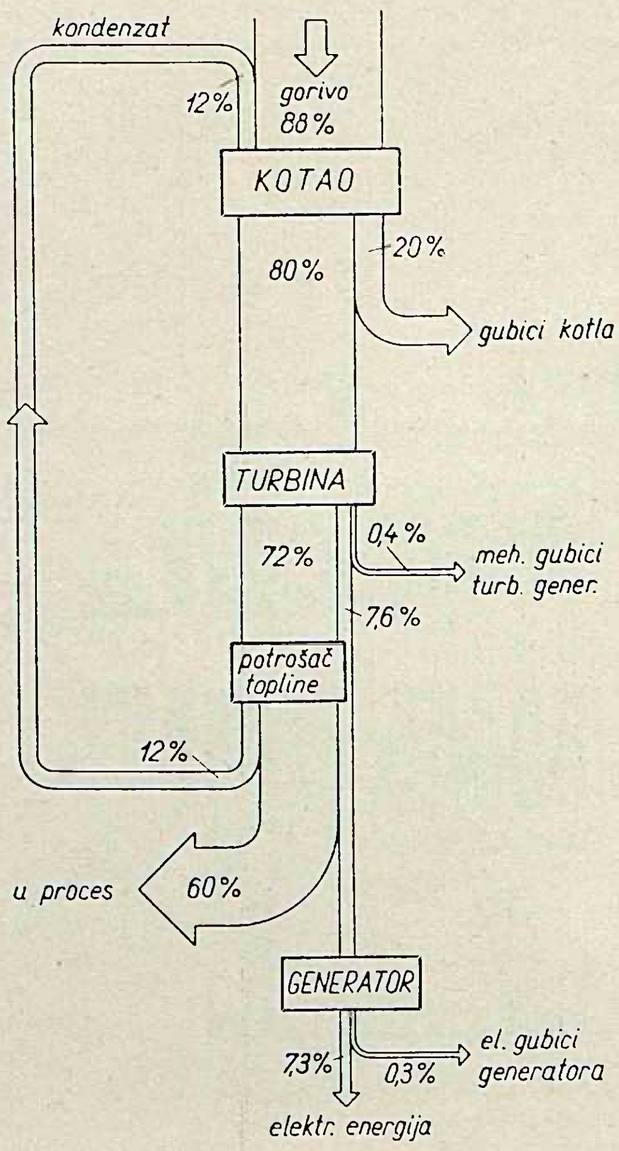
U drugom slučaju, pogon se vodi prema potrošnji električne energije i to tako, da generator nije vezan na vanjsku mrežu, te radi samostalno, samo s vlastitim potrošačima električne energije. Redukciona stanica vrši ulogu uravnoteženja potrošnje pare i energije. Naime, kako u ovom slučaju opterećenje turbine mora tačno pokrivati potrošnju električne energije tvornice, to će i protok pare kroz turbinu varirati prema električnom opterećenju, bez obzira na potrebnu količinu pare. Tako može doći do manjka pare u ogrjevnoj mreži, koji se pokriva dodavanjem preko redukcione stanice. I kod ovog načina rada ostaje principijelno na snazi shema prema sl. 4.

Na sl. 4 pretpostavlja se, da postrojenje radi s takvim uslovima ravnoteže u potrošnji toplinske i električne energije, da je dodavanje pare preko redukcione stanice nepotrebno, te su ventili za dovod pare i napojne vode u redukcionu stanicu zatvoreni. Zbog vrlo sretnog načina povezivanja potrošnje pare i električne energije protutlačna turbina predstavlja glavni tip industrijske turbine. Da bi lakše uočili prednosti



Sl. 4. Toplinska shema protutlačne parne turbine

Sl. 5. Grafički prikaz energetske bilance protutlačnog turboagregata



iskorištavanja energije na ovaj način, poslužimo se grafičkim prikazom na sl. 5. Upadaju u oči vrlo mali gubici:

Gubici kotla	20 %
Mehanički gubici turbogeneratora	0,4 %
Električni gubici generatora	0,3 %
Ukupno	20,7 %

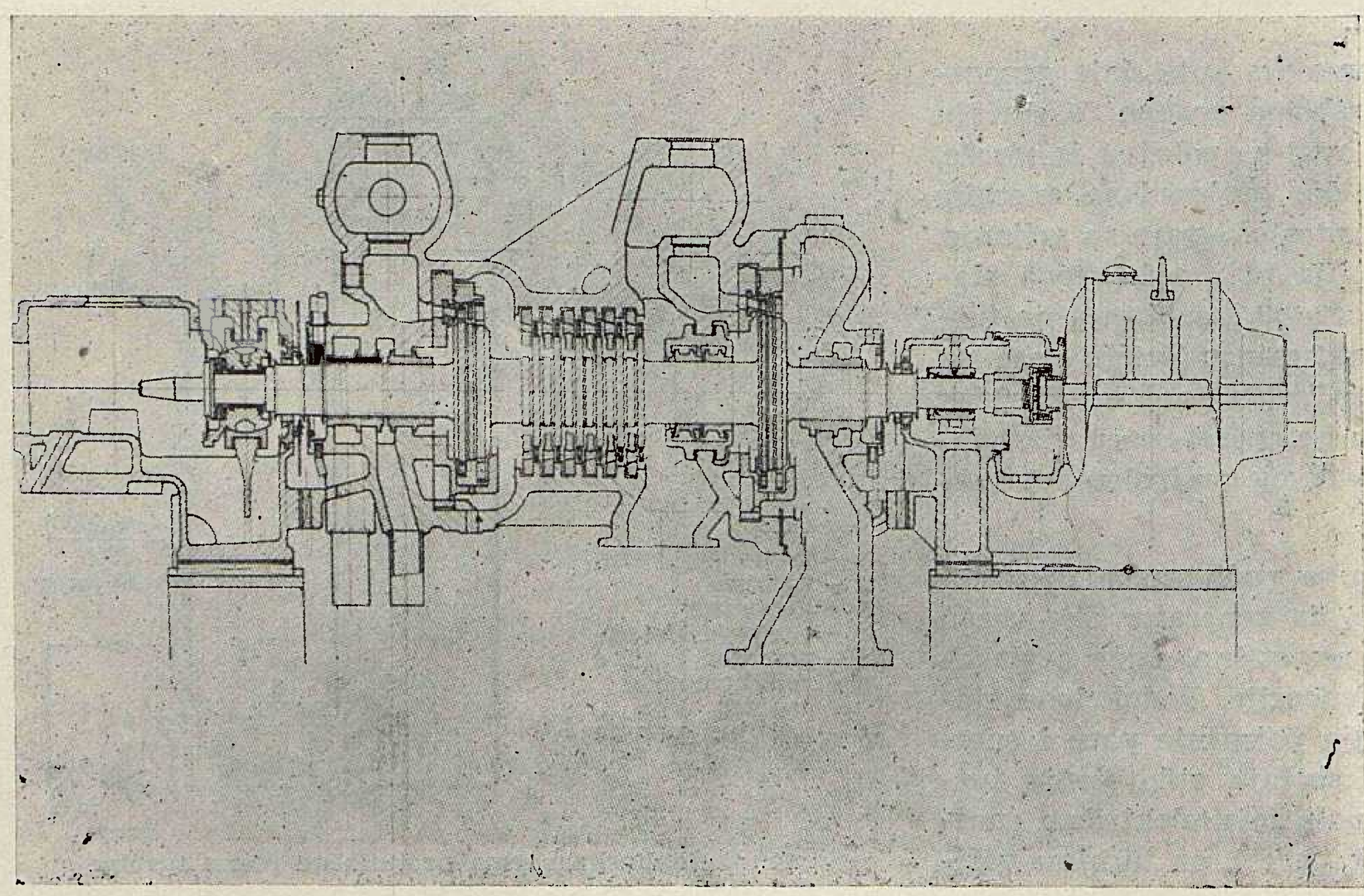
Pri tom je kao vrijednost 100 % uzeta toplina dovedena kotlu gorivom i napojnom vodom, a zanemareni su sporedni gubici kao prijelaz topline na okolinu itd. Iz navedenog izlazi da se u sistemu s protutlačnom turbinom korisno utroši čak cca 80 % dovedene topline. Kod kondenzacionih turbina imali smo (sl. 2) iskorištenje od cca 37 %.

Ova usporedba iskoristivosti energije stavlja kondenzacioni i protutlačni pogon u dva ekstremna položaja na ljestvici industrijskih turbina. Ipak bi bilo apsurdno tvrditi, da je kondenzacioni pogon radi toga u osnovi nepovoljan u industrijskoj termoelektrani. Izbor takvog rješenja uvijek je logična posljedica okolnosti, da se toplinska energija u obliku izlazne pare ne može primijeniti.

Protutlačni pogon se ugrađuje u takvim industrijskim objektima, koji troše relativno veće količine pare za zagrijavanje, a manje količine električne energije. To su npr. razne grane kemijske industrije, industrija za preradu nafte, industrija za preradu mesa, šećerane, tvornice papira itd. U tim tvornicama glavni dio tehnološkog procesa čini zagrijavanje koje zahtijeva velike količine pare. S druge strane, električna energija se uglavnom koristi za transport proizvoda, te je njena potrošnja umjerena. Ova energetska situacija je i dovela do stvaranja protutlačne turbine, kod koje se parametri pare na ulazu i izlazu odabiru prema potrebama osnovne proizvodnje, te paru ne treba ekspandirati u turbini do vakuuma, da bi se iz nje izvuklo što više električne energije.

Da bi se turbina što više prilagodila uslovima potrošnje toplinske energije, uvedene su u pojedinim pogonima protutlačne turbine s reguliranim oduzimanjem pare (sl. 6). Takva turbina se može tretirati kao dvije udružene protutlačne turbine (sl. 7). Prva od njih, dio VT, dobiva svježu paru iz kotla i radi do tlaka, koji vlada u visokotlačnoj ogrjevnoj mreži.

Druga turbina, dio NT, dobiva ostatak izlazne pare iz dijela VT, koji se ne utroši u visokotlačnoj parnoj mreži, te ga prerađuje do tlaka niskotlačne ogrjevne mreže.



Sl. 6. Presjek kroz protutlačnu turbinu s reguliranim oduzimanjem za rafineriju nafte u Rijeci; 1,5 MW, 6000/1500 o/min, planetni reduktor (TOP 1,5—40) Svježa para 30/40 ata, 400/420 °C, oduzimanje 13 ata, 310 °C, protutlak 7 ata

Potrošnja pare po proizvedenom kWh kreće se suprotno kondenzacionom pogonu u vrlo širokim granicama, u ovisnosti o veličini objekta, ulaznim i izlaznim parametrima pare. Kao i kod svake druge turbine specifični potrošak pare računa se po formuli

$$d_{spec} = \frac{860}{H_o \eta_e}$$

gdje je

d_{spec} = specifična potrošnja pare kg/kWh
H_o = raspoloživi adijabatski pad kcal/kg
η_e = efektivni stepen djelovanja turbine.

Prema tome, specifična potrošnja pare ovisi jedino o raspoloživom adijabatskom padu i stepenu djelovanja turbine. Sasvim općenito, stepen djelovanja protutlačne parne turbine ima manji značaj nego u slučaju kondenzacione turbine, jer se u protutlačnim pogonima ugrađuju uglavnom manje jedinice od nekoliko stotina kW pa do cca 30 MW. Većina protutlačnih turbina instaliranih danas u Jugoslaviji ima snagu manju od 4 MW, te se kod tako malih snaga ne isplati kupnja komplicirane i skupe jedinice, da bi se dobila nešto bolja iskoristivost.

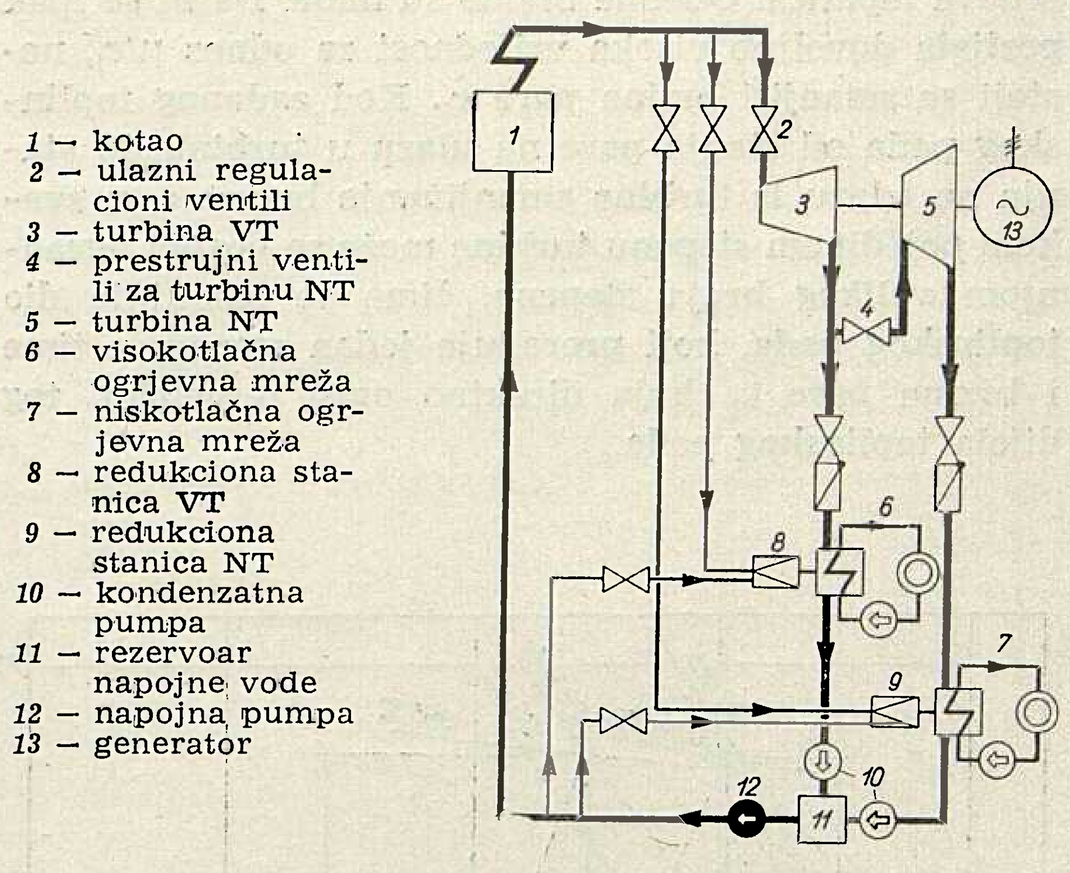
Efektivni stepen djelovanja kreće se kod protutlačnih turbina od 0, 4 do 0,8 pri čemu veće vrijednosti pripadaju većim agregatima. Ako protok pare kroz turbinu ne zadovoljava potrebe ogrjevne mreže zbog male potrošnje električne energije, može na prvi pogled, zbog dodavanja pare u ogrjevnu mrežu preko redukcione stanice, izgledati, da su stepen djelovanja i potrošnja pare turbine potpuno nevažni. Međutim, ne smije se zaboraviti, da se ogrjevna para iz redukcione stanice dobiva uz manju potrošnju svježe pare, jer se dio pare dobiva isparavanjem kondenzata u svrhu ohlađivanja. Zbog malih instaliranih snaga s jedne strane, a s druge zbog potrebe da se postigne neki prihvatljiviji stepen djelovanja turbine i sigurnost proračuna u pogledu dobivanja energije, izbor broja okretaja kod svih industrijskih jedinica za konstruktora je delikatan problem.

Rješenje agregata s 3000 o/min, uz direktno vezani dvopolni generator (sl. 8a), kakvo se ranije mnogo primjenjivalo, ima niz prednosti, ali i nedostataka. Oni su doveli do toga, da se danas kod agregata s manjim protokom pare uglavnom upotrebljava prijenos snage od turbine na generator preko zupčanog prijenosa — reduktora (sl. 8b), pri čemu turbina ima broj okretaja od 5000 o/min i više (do cca 15000 o/min), a generator 15000 o/min.

Prednost je direktno spojenog agregata prema sl. 8a s brojem okretaja od 3000 o/min, da je općenito jednostavniji, njegova se os ne lomi u reduktoru, a fundament je uži za iznos osnog razmaka zupčanika itd. Međutim zbog malog protoka pare (ako agregat ima umjerenu snagu, kao u većini industrijskih pogona) kod turbine s 3000 o/min visina se rotorskih i statorskih lopatica konstruktivno smanjuje ispod granice, koja je dopuštena s obzirom na iskorištenje pare.

Adijabatski pad od ulaznog do izlaznog tlaka pare može se u turbini ekonomično preraditi u mehaničku radnju samo uz ispravan odnos brzine strujanja pare

Sl. 7. Pojednostavnjena toplinska shema industrijske toplane s ugrađenom protutlačnom turbinom s oduzimanjem pare



i obodne brzine rotorskih lopatica unutar jednog stepena. Ovaj odnos iznosi kod akcionih turbina

$$\mu/c_1 \cong 0{,}5\,,$$

a kod reakcionih turbina

$$\mu/c_1 \cong 0{,}9\,,$$

gdje je

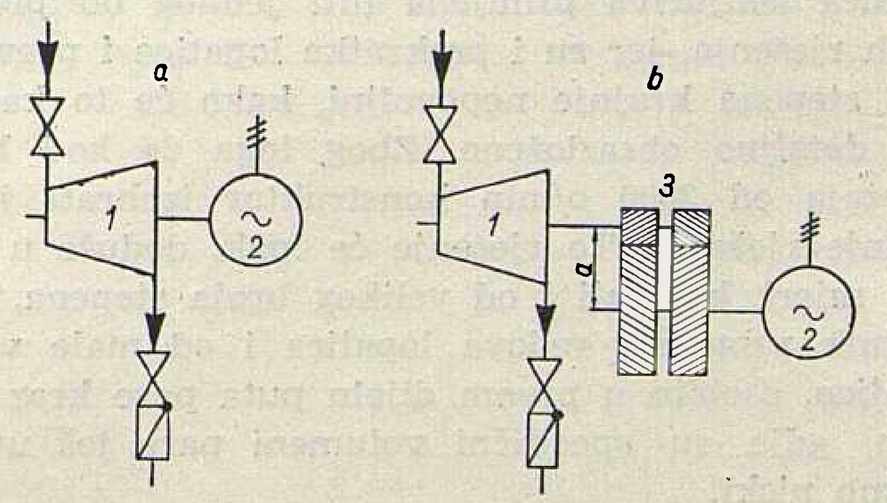
μ — obodna brzina rotorskih lopatica
c_1 — brzina pare na izlazu iz statora.

Odnos μ/c_1 je jedna od osnovnih veličina pri konstruiranju parne turbine. Da bi se postigle dovoljno visoke vrijednosti za μ/c_1, konstruktor turbine može odabrati jedno od tri moguća rješenja:

1) Broj okretaja turbine je 3000 o/min. Da bi se postigle što veće obodne brzine, usvajaju se veliki promjeri redova lopatica.

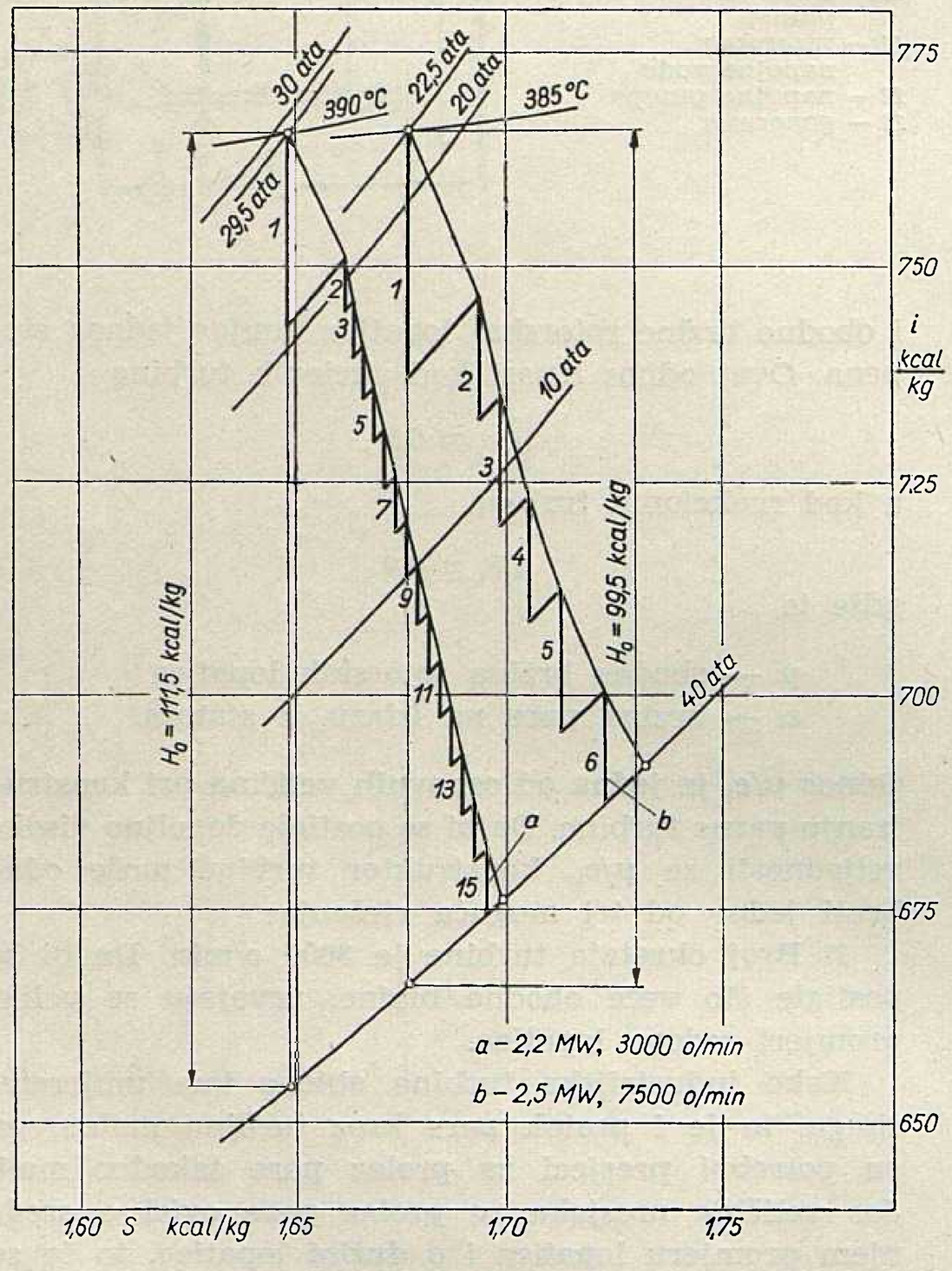
Kako industrijska turbina obično ima umjerenu snagu, to je i protok pare kroz turbinu malen, pa su potrebni presjeci za prolaz pare također mali. Jer veličina presjeka za prolaz pare ovisi o srednjem promjeru lopatica i o dužini lopatica, to će se povećanjem promjera na kojem su smještene lopatice pojaviti vrlo kratke statorske i rotorske lopatice.

2) Broj okretaja turbine je također 3000 o/min. Kako je prva solucija nepovoljna zbog suviše kratkih



Sl. 8. a) Direktno gonjeni generator
b) Pogon preko generatora
1 — turbina 2 — generator 3 — reduktor

lopatica, konstruktor ne primjenjuje velike promjere redova lopatica. Obodne brzine su male. Da bi se ipak postigla dovoljno visoka vrijednost za odnos μ/c_1, nastoji se smanjiti brzina pare c_1. Kod zadanog toplinskog pada od stanja pare na ulazu u turbinu do stanja na izlazu iz turbine smanjivanje brzine c_1 u svakom pojedinom stepenu turbine može se postići ugradnjom velikog broja stepena, čime se smanjuje dio toplinskog pada, koji prerađuje jedan stepen, a time i brzina pare c_1, koja direktno ovisi o veličini tog dijela toplinskog pada.



Sl. 9. *is*-dijagram za protutlačne turbine sa 3000 i 7000 o/min (optimalno opterećenje)

Sumirajući zaključke, dobivene razmatranjem prvih dvaju rješenja, vidimo da kod razrade industrijske turbine s brojem okretaja od 3000 o/min, nije moguća isključiva primjena niti jednog od predloženih rješenja, jer su i prekratke lopatice i preveliki broj stepena krajnje nepovoljni, kako će to kasnije biti detaljno obrazloženo. Zbog toga će kod broja okretaja od 3000 o/min konstruktor izabrati jedno srednje rješenje. To rješenje će ipak, doduše u manjoj mjeri, bolovati i od velikog broja stepena, i od znatnih promjera redova lopatica i od male visine lopatica, osobito u prvom dijelu puta pare kroz turbinu, gdje su specifični volumeni pare još uvijek znatno niski.

3) Mnogo povoljniji rezultati dobivaju se kada se broj okretaja turbine povisi na 5000—15000 o/min. U ovom slučaju, red lopatica malog promjera postiže visoke obodne brzine, te je sposoban da preradi dio ukupnog toplinskog pada u turbini sa zadovoljavajućim odnosom μ/c_1. Tako se dobiva turbina s malo stepena i s malim promjerima.

Dakako, ovdje se pojavljuje između turbine i generatora reduktor, koji ima svoju posebnu problematiku i neke loše strane.

Pošto smo se upoznali s osnovnim postavkama, koje utječu na izbor tipa industrijske turbine, nastavimo daljnje izlaganje pomoću komparacije dviju izvedenih turbina, koje imaju slične performanse, a različite brojeve okretaja. Izabrane su dvije protutlačne turbine.

1) Turbina šećerane u Bitoli, koja je izgrađena u »Jugoturbini« 1959. po licenci firme »De Laval« ima slijedeće osnovne karakteristike:

snaga	norm. 2,2 MW, maks. 2,5 MW
broj okretaja	3000 o/min
tlak pare na ulazu u turbinu	norm. 29 ata, maks. 33 ata
temp. pare na ulazu u turbinu	norm. 390° C, maks. 420°
protutlak	4 ata
protok pare kod 2,2 MW	2400 kg/h
ukupni toplinski pad	111,5 kcal/kg.

Zbog niskog broja okretaja ugrađen je velik broj stepena s dosta velikim promjerima i kraćim lopaticama (tablica 1)

Karakteristike turbine 2,2 MW u Šećerani Bitola

Tablica 1

Stepen	Sred. promjer mm	Izlaz iz stepena		Visina lopatice	
		tlak ata	temp. °C	statora mm	rotora mm
1a	660,0	20,80	356	12,0	16,0
1b	660,0	20,80	356	23,0	31,0
2	639,0	18,80	345	11,0	13,5
3	640,0	17,20	331	12,0	14,5
4	641,0	15,50	322	13,0	14,5
5	642,0	14,00	310	14,0	16,0
6	643,0	12,50	299	15,0	18,0
7	644,5	11,20	286	16,5	19,5
8	646,0	10,00	274	18,0	21,0
9	648,0	8,85	262	20,0	23,0
10	650,0	7,85	250	22,0	25,0
11	652,0	6,90	237	24,0	27,0
12	654,5	6,10	224	26,5	29,5
13	657,0	5,35	212	29,0	32,0
14	660,0	4,68	199	32,0	35,0
15	663,0	4,00	181	35,0	38,0

2) Turbina šećerane u Vrbasu, koja je puštena u rad 1960, izrađena je u »Jugoturbini« po licenci firme »AEG«. Osnovne karakteristike ove jedinice su slijedeće:

snaga	norm. 2,5 M
	maks. 3 M
broj okretaja	7500 o/min
tlak pare na ulazu u turbinu	norm. 22,5 ata
	maks. 26 ata
temp. pare na ulazu u turbinu	norm. 385° C
	maks. 400° C
protutlak	4 ata
protok pare kod 2,5 MW	29 750 kg/h
ukupni toplinski pad	99,5 kcal/kg

Turbina je brzohodna, odlikuje se malim brojem stepena i malim promjerima redova lopatica. Između turbine i generatora ugrađen je planetni reduktor. U tablici 2 dane su osnovne vrijednosti termodinamičkog dijela turbine.

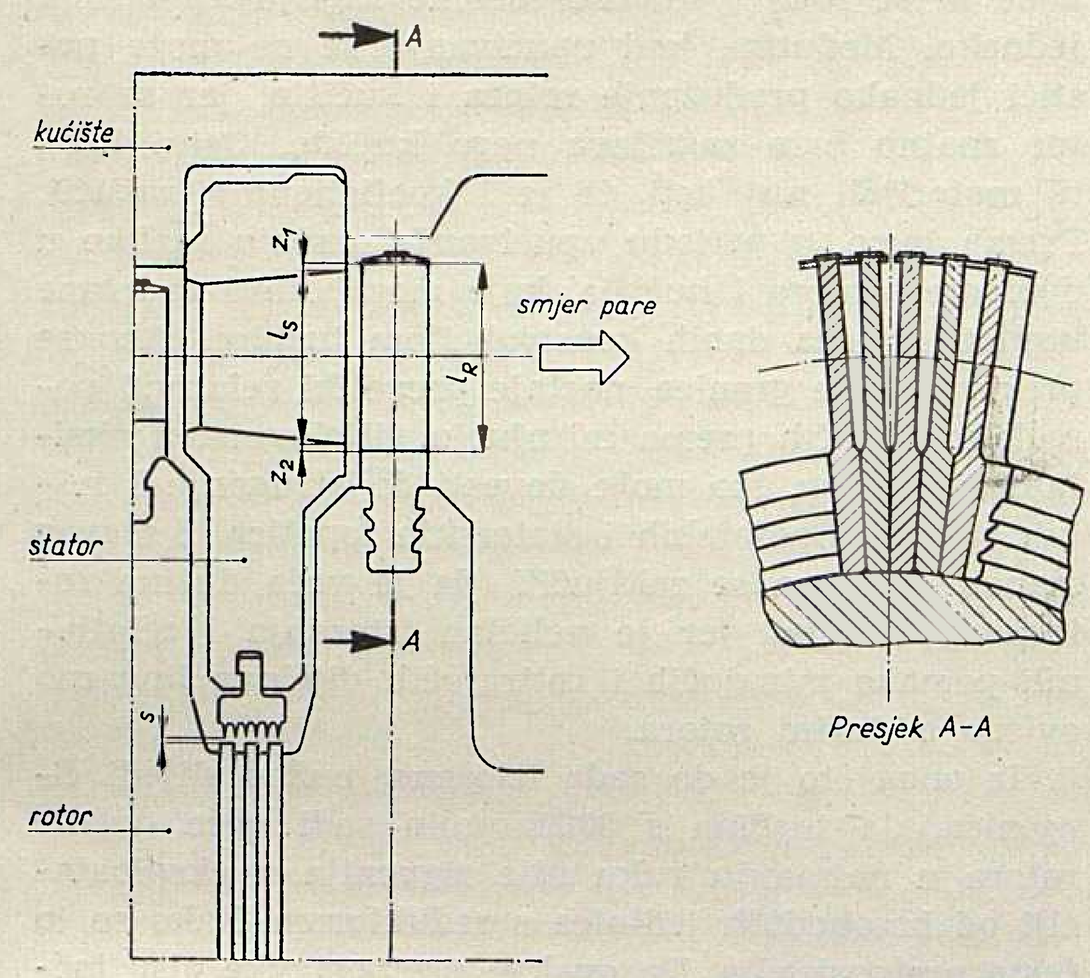
Karakteristike turbine 2,5 MW u Šećerani Vrbas

Tablica 2

Stepen	Srednji promjer mm	Izlaz iz stepena		Visina lopatice	
		tlak ata	temp. °C	statora mm	rotora mm
1	450	14,50	341	20,0	26
2	400	11,45	315	19,0	25
3	400	9,00	291	23,5	30
4	400	7,00	264	28,5	35
5	400	5,35	238	36,0	44
6	400	4,00	218	45,5	55

Na slici 9 prikazan je tok promjene stanja pare kod turbina iz primjera 1 i 2. Unatoč tome, što je ukupni toplinski pad u slučaju 2 nešto manji, ipak je zbog manjeg broja stepena toplinski pad u jednom stepenu znatno veći.

Usporedba ovih dvaju tipova, koji su po performansama vrlo slični, dokazuje ranije iznesenu tvrdnju, da će kod turbine s 3000 o/min doći do primjene većeg broja stepena, s većim promjerima i kraćim lopaticama.



Sl. 10. Detalj termodinamičkog dijela turbine

Općenito uzevši, kraća lopatica je nepovoljnija u pogledu stepena djelovanja turbine. U provedenoj usporedbi ovo se još ne vidi u nekoj naročito velikoj mjeri, jer je stepen djelovanja turbine s 3000 o/min jedva nešto niži: 0,705 prema 0,725 kod turbine sa 7500 o/min. Stepen djelovanja neznatno se smanjuje zbog toga, što je upotrebljen neuobičajeno velik broj stepena za akcionu turbinu tako male snage, te što su brtvenice izvedene s minimalnim zračnostima i velikim brojem labirinata (uz primjenu naročitih konstruktivnih zahvata, koji obaraju propuštanje pare kroz brtvenice, ali ujedno donekle smanjuju pogonsku sigurnost turbine).

Lošiji stepen djelovanja kod primjene kratkih lopatica rezultira iz nepovoljnih uvjeta strujanja pare oko profila lopatica pri korijenu i na vrhu lista (sl. 10). Iz aerodinamike je poznato, da se pravilna slika strujanja oko nekog profila može dobiti samo na sredini dužine profila [10]. Uz vrh i pri dnu visine lista (l_R) pojavljuju se nepravilnosti strujanja zbog prekrivanja z_1 i z_2, zbog zaobljenja prijelaza lista u nogu lopatice, zbog trenja pare, sekundarnih strujanja i raznih drugih uzroka. Utjecaj ovih gubitaka smanjuje prema nekim autorima [7 i 9] stepen djelovanja lopatica za 1 do 5 %, pri čemu se najlošije vrijednosti dobivaju kod visine statorskih lopatica od kojih 5 mm, a iznad visine 30 mm utjecaj ovih gubitaka postaje neznatan, jer se relativno smanjuju zone uz vrh i pri dnu profila prema povećanoj visini lista. Vrlo poznat je također kriterij Krafta [6] po kojem je:

$$\eta_u = \eta_{u\infty} (1 - c/l_R)$$

gdje je

η_u — stepen djelovanja lopatica
$\eta_{u\infty}$ — stepen djelovanja lopatica pri $l_R = \infty$
l_R — dužina lista lopatice
c — konstantna vrijednost (prema Kraftu $c = 2$ mm)

Prema izloženom može se zaključiti, da primjenu kratkih lopatica treba po mogućnosti što više izbjegavati.

Druga loša strana turbine s 3000 o/min je velik broj stepena. S povećanjem broja stepena povećava se razmak ležaja, prema tome i ukupna dužina agregata.

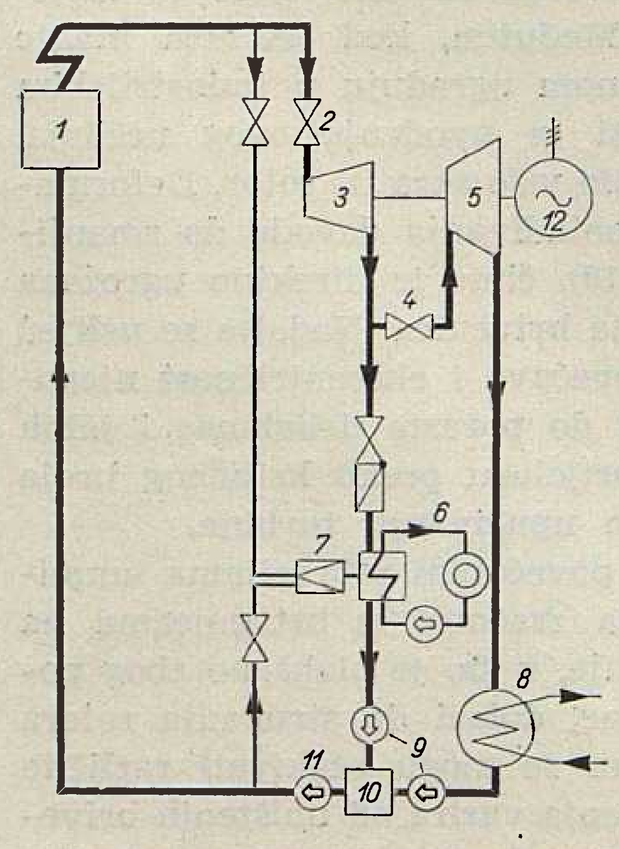
Bez obzira na povećani gabarit jedinice, veću težinu dijelova za koje se traži legirani materijal i na druge faktore, koji utječu na cijenu agregata, povećanje razmaka ležaja i dužine turbine uopće ima vrlo loše posljedice po pogonsku sigurnost turbine. Turbina s dugačkom osovinom osjetljiva je naročito za vrijeme perioda upućivanja, a baš pri tome dešava se većina svih havarija i nesretnih slučajeva pri radu s turbinama. S dužinom osovine raste i njezin progib. Naročito veliki progibi nastaju u periodu hlađenja turbine nakon zaustavljanja, jer je vruća osovina izrazito sklona stvaranju deformacija. Kod jedinica sa snagom većom od 3 MW ovo se danas izbjegava ugradnjom uređaja za okretanje rotora, kojim se preko elektromotora osovina okreće u periodu hlađenja i zagrijavanja turbine, čime se izbjegavaju deformacije. Međutim, kod jedinica manje snage, kakve se uglavnom ugrađuju u industrijskim energanama, ne isplati se uvođenje ovog uređaja, nego se radije nastoji što više skratiti rotor. Deformacije rotora u periodu ohlađivanja dovode do smanjivanja zračnosti S (sl. 10), čime je direktno ugrožena sigurnost od zaribavanja brtvenica. Nadalje se uslijed savijanja osi rotora povećava i ekscentričnost njegovog težišta, što dovodi do porasta debalansa i jakih vibracija osobito pri prijelazu preko kritičnog broja okretaja pri ponovnom upućivanju turbine.

Ako su pri takvim povećanim vibracijama amplitude toliko narasle, da zračnost u brtvenicama na momente potpuno nestaje, a što je olakšano zbog povećanog progiba osovine, dolazi do struganja rotora u brtvenicama. Pri tom se mogu očekivati različite havarije, a težina oštećenja varira od uništenih brtvenica u najlakšem slučaju, do loma osovine u najtežem.

Takav slučaj havarije dogodio se krajem mjeseca rujna 1961. u Županji. Tamošnja šećerana ima pored protutlačnih jedinica i jednu kondenzacionu turbinu s oduzimanjem pare za potrebe procesa. Turbina je građena na starijim koncepcijama, s 3000 o/min, što je dovelo do ugradnje enormnog broja stepena (24 stepena), te se unatoč maloj snazi moralo pribjeći izvedbi u dva kućišta. Time je agregat turbina-generator dobio ukupno 4 glavna ležaja na istoj osovini, a cjelokupna dužina agregata ogromna je za tu snagu i po današnjim mjerilima. Osnovni podaci agregata su slijedeći:

godina gradnje: 1938.
snaga: 4000 kW
broj okretaja: 3000 o/min
kritični broj okretaja: 1700 o/min
proizvođač: AEG — Berlin

Zahvaljujući velikom razmaku ležaja osobito na rotoru turbine visokog tlaka koji je izložen većim zagrijavanjima i deformacijama, i ranijih godina se pojavljivao izvjestan debalans, što je izazvalo pojačanje vibracija. Ipak do havarija nije dolazilo, jer su se brtvenice postepeno istrošile, a zračnost između brtvenice i rotora iznosila je mjestimično i više od 1 mm. U jesen 1961. izvršen je djelomičan remont agregata, te su dotrajale brtvenice zamijenjene novim. Pri ugradnji novih brtvenica nije se dovoljno vodilo računa o iskrivljenju i pojačanim vibracijama rotora, te su zračnosti podešene kao kod nove turbine. Ovaj propust doveo je pri prvom puštanju turbine nakon remonta do teške havarije i to u najnezgodnijem momentu, na samom početku kampanje prerade repe. Već ranije deformirani rotor izazvao je prevelike vibracije pri upućivanju agregata u momentu prijelaza preko kritičnog broja okretaja. Pri tom je osovina zahvatila brtvenice, koje su sve uništene, a sama osovina se iskrivila u tolikoj mjeri, da bi se u normalnim okolnostima morao obustaviti rad s agregatom i poduzeti dugotrajan i skup postupak za izravnavanje. Osovina se savila za 0,25 mm. Zanimljivo je, da je zbog teške energetske situacije agregat pušten u rad i s tako iskrivljenom osovinom. Brtvenice su donekle dotjerane, a zračnosti su sada



1 — kotao
2 — ulazni regulacioni ventili
3 — turbina VT
4 — prestrujni ventili za turbinu NT
5 — turbina NT
6 — ogrjevni sistem
7 — redukciona stanica
8 — kondenzator
9 — kondenzatne pumpe
10 — rezevoar napojne vode
11 — napojna pumpa
12 — generator

Sl. 11. Pojednostavnjena toplinska shema industrijske toplane s oduzimno-kondenzacionom turbinom

iznosile i preko 1,2 mm. Kod upućivanja je primijenjen naročiti režim, pomoću kojega se uspjelo u priličnoj mjeri smanjiti debalans rotora. Dakako, da su sva ta rješenja mogla imati samo privremenu vrijednost.

Slična havarija, ali sa manjim posljedicama, dogodila se i kod prvog puštanja u rad opisane turbine šećerane u Bitoli. Osim upravo opisane opasnosti od iskrivljenja rotora, turbina s velikim razmakom ležaja ima i veće toplinske dilatacije u aksijalnom smjeru. Toplinske dilatacije se računaju prema poznatoj jednadžbi:

$$\Delta l = l \alpha \Delta t$$

gdje je

Δl izduženje mm
l dužina kod početne temperature mm
α koeficijent linearnog rastezanja mm/mm, ^{0}C
Δt povišenje temperature iznad početne.

Širenje turbine kod zagrijavanja, koje kod većih industrijskih jedinica dosiže vrijednost od desetak mm, samo po sebi ne bi stvaralo nikakvih problema, kada bi se rotor i kućište turbine zagrijavali i širili jednako. Međutim, kod upućivanja se ne može postići jednako produženje rotora i kućišta, jer se rotor znatno brže zagrijava nego kućište. Osim toga, ni materijali nisu isti, te je i koeficijent α različit. Prema tome, u periodu upućivanja nastaju razlike u dužinama rotora i kućišta, koje moraju biti zadržane unutar granica danih konstrukcijom turbine. Ako se prekorače ove granice, nastaje preveliki relativni pomak rotirajućih prema mirujućim dijelovima u aksijalnom smjeru, što može dovesti do struganja i teških oštećenja rotorskih i statorskih lopatica. I s ovog stanovišta mora se zaključiti, da je veća dužina rotora nepovoljna, jer je veličina istezanja i relativnih pomaka mirujućih i rotirajućih dijelova linearno ovisna o dužini rotora.

Iz onog što je do sada izloženo, nužno slijedi činjenica, da turbina s 3000 o/min radi veće dužine rotora u najmanju ruku nije sigurnija u eksploataciji od brzohodnih jedinica s reduktorom, kako se to često pretpostavlja. Da ovakve pretpostavke nisu tačne, praktički dokazuje i podatak, da su se od osnutka »Jugoturbine« do danas pojavila 4 slučaja iskrivljenja osovine kod turbina s 3000 o/min, raznih proizvođača, a samo jedan kod turbine od 7500 o/min.

Ugradnja reduktora također bitno utječe na formiranje cijene agregata. Poslužimo se i ovdje već ranije provedenom usporedbom protutlačnih turbina u Bitoli i Vrbasu. Turbina sa 3000 o/min ima devet stepena više, nego turbina sa 7500 o/min. Ovo se u cijeni odražava tako, da je samo rotor turbine sa 3000 o/min za cca 15—18 milijuna dinara skuplji. Naime, prema svim kalkulacijama, rotorske lopatice su najskuplji dio turbine, te same čine do 25 % ukupne cijene turbine. Ovo proizlazi iz toga, što za obradu jedne lopatice treba u pojedinim slučajevima provesti i 25 tehnoloških operacija, od kojih većina zahtijeva specifičan mjerni, rezni i stezni alat. Kako su serije lopatica obično male, tj. broj istih lopatica ograničen je na jedan red, to cijena ovih alata i naprava ima odlučujući značaj u cijeni lopatica. Ovo-

me nadalje treba pribrojiti novčane iznose za materijal i izradu devet diskova, te znatno povećan obim montažnih radova na rotoru, pa će nam viša cijena sporohodnog rotora biti sasvim razumljiva. Međutim, povišenje cijene sporohodne turbine proizlazi iz još dva faktora. U prvom redu, paralelno s povećanjem broja rotorskih redova lopatica nastaje i povećanje broja statorskih redova, a statorske lopatice po cijeni ne zaostaju mnogo za rotorskim. Nadalje je čitavo kućište turbine duže i veće u promjeru, što također doprinosi povišenju cijena.

Nasuprot svim ovim povišenjima izdataka stoji kod brzohodne turbine cijena reduktora. Reduktor je po broju dijelova najjednostavniji dio agregata, u biti se sastoji od kućišta, 4 ležaja i dva zupčanika, te mu je cijena umjerena. Tako na primjer turbinski reduktor za prijenos snage od 2,5—3 MW i redukciju od 7500 na 1500 o/min stoji oko 13 milijuna dinara, pa je nedvojbeno, da je brzohodni agregat uvijek jeftiniji.

Bilo bi, dakako, pogrešno tvrditi, da brzohodni agregat s ugrađenim reduktorom nema svojih loših strana. U prvom se redu, usprkos manjem rasponu ležaja turbine, ukupni gabarit agregata povećava, jer je reduktor širi od smanjenja dužine rotora turbine. Nadalje, kada se već ugrađuje reduktor, proizvođač generatora preporuča ugradnju 4-polnog generatora s 1500 o/min, koji je jeftiniji od 2-polnog zbog jednostavnije izvedbe namota, a po gabaritu je znatno veći. Uljni sistem reduktorskog agregata je znatno kompliciraniji, a dimenzioniran je na cca četiri puta veću količinu ulja zbog hlađenja zupčanika, te se i time povećava gabarit. Zbog osnog razmaka zupčanika (*a* na sl. 8) povećava se i širina agregata. Tako npr. protutlačni agregat snage 2,5 MW u Osječkoj šećerani, koji je izveden s 3000 o/min, bez reduktora, zauzima u tlocrtu prostor od 4000 × 7900 mm, a agregat šećerane u Peći, snage 2,4 MW, sa 7500/1500 o/min prostor od 4350 × 8650 mm. Povećanje širine agregata kod agregata s reduktorom može se izbjeći izborom planetnog reduktora, koji zbog malog gabarita, te osnovne prednosti, da se kod ovog prijenosa os turbine i generatora podudaraju (ne postoji »osni razmak«) sve više prodire u područje gradnje turbostrojeva. Međutim zbog kompliciranije izvedbe ovdje se zahtijeva takova tačnost obrade i visoka specijalizacija proizvodnje, da će se i u dogledno vrijeme malo koji domaći proizvođač moći upustiti u proizvodnju planetnih reduktora s performansama, kakve se traže u proizvodnji turbostrojeva.

Daljnje loše strane primjene reduktora proističu iz uslova eksploatacije. Kod revizije i pregleda agregata on zahtijeva naročiti postupak, osobito zbog velikog broja ležaja i kompliciranijeg centriranja osovine. Zbog visokog broja okretaja pogonskog zupčanika turbinski reduktor može u slučajevima lošije obrade ili neprecizne montaže stvarati u radu izvanredno jake šumove. Osobito su neugodni visoki tonovi, koji se često pri tom pojavljuju. Radi ilustracije navodimo ovdje jačinu šuma prema [11].

a) Vrlo dobri turbinski reduktori stvaraju šum jačine do 85 fonova (80 fonova odgovara jačini šuma brzog vlaka ili motocikla s prigušivačem);
b) Dovoljno dobri reduktori stvaraju šum jačine 95 do 100 fonova (100 fonova je jačina zvuka motora putničkog aviona bez prigušivača);
c) Loši reduktori mogu stvarati i jače šumove (120 fonova odgovara jačini zvuka pneumatskog čekića za zakivanje).

Primjena reduktora kod industrijskih turbina ograničena je na područje manjih snaga. Ovo ograničenje ovisi o broju okretaja, te broju ležaja u kojima se okreće osovina pogonskog zupčanika [2, str. 272]. Pretpostavimo li — što je danas uobičajeno — da pogonski zupčanik leži na dva ležaja, te da je broj okretaja turbine veći od 5000 o/min, dobiva se 5 MW kao gornja granica prenesene snage. Ovo se dobro podudara sa zahtjevima gradnje industrijskih, osobito protutlačnih turbina, jer kod većih snaga i većih protoka pare zbog povoljnije visine lopatica ugradnja reduktora i nije potrebna.

Turbinski reduktor vrhunski je domet u gradnji zupčanih prijenosa zbog visokih brojeva okretaja i velikih prenesenih snaga, te predstavlja predmet posebnih studija i istraživanja. Ovdje ćemo samo napomenuti da se odabiru uvijek veliki brojevi zubaca i mali moduli, i da je zbog mirnijeg rada ozubljenje uvijek koso. Da bi se izbjegle pretjerano velike aksijalne sile, kod reduktora većih snaga obično se upotrebljava strelasto ozubljenje. Razmatranja o izboru okretaja i primjeni reduktora proveli smo na primjerima protutlačnih turbina, jer je primjena reduktora karakteristična upravo za protutlačne turbine, koje se u velikoj većini grade na taj način.

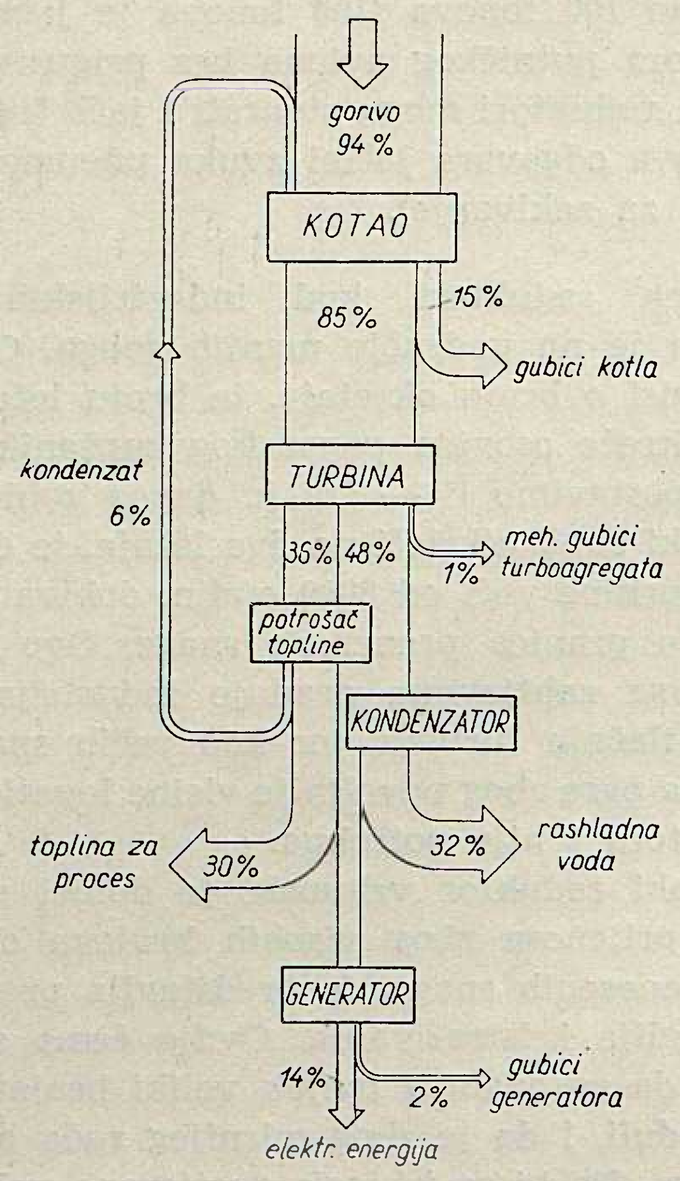
Regulacija protutlačne turbine je kompliciranija, nego kod kondenzacione. Na regulacione ventile, koji upravljaju dovodom pare u turbinu djeluju regulator tlaka u parnoj ogrjevnoj mreži i regulator broja okretaja. Međutim, njihovo djelovanje nije istovremeno. Ako je generator vezan na vanjsku električnu mrežu, isključuje se regulator broja okretaja, jer ovaj diktira sama mreža prema vlastitoj frekvenciji. Pogon vodi regulator tlaka, koji pušta kroz turbinu onoliku količinu pare, koliku troši ogrjevni sistem i tako podešava konstantan tlak u tom sistemu. Pri ovom načinu rada, proizvodnja električne energije uopće je neovisna o potrebama vlastitog pogona, a viškovi i manjkovi uravnotežuju se putem vanjske mreže, kako je to već ranije opisano.

U drugom slučaju, kada se želi voditi pogon prema potrebama električne energije u vlastitom pogonu, generator se ne veže s vanjskom mrežom, uključuje se regulator broja okretaja, a regulator tlaka isključuje. Tlak u parnoj ogrjevnoj mreži podešava sada na konstantnoj vrijednosti redukciona stanica, jer je sada količina pare koja izlazi iz turbine, sasvim neovisna o potrebama tehnološkog procesa tvornice.

Kondenzaciona turbina s oduzimanjem pare

Kondenzaciona turbina s oduzimanjem pare u svrhu zagrijavanja nekog tehnološkog procesa (ili ukratko oduzimno-kondenzaciona turbina) po uslovima iskorištenja topline stoji negdje između kondenzacione i protutlačne. Ona se ugrađuje u takvim kom-

Sl. 12. Energetska bilanca oduzimno-kondenzacione turbine

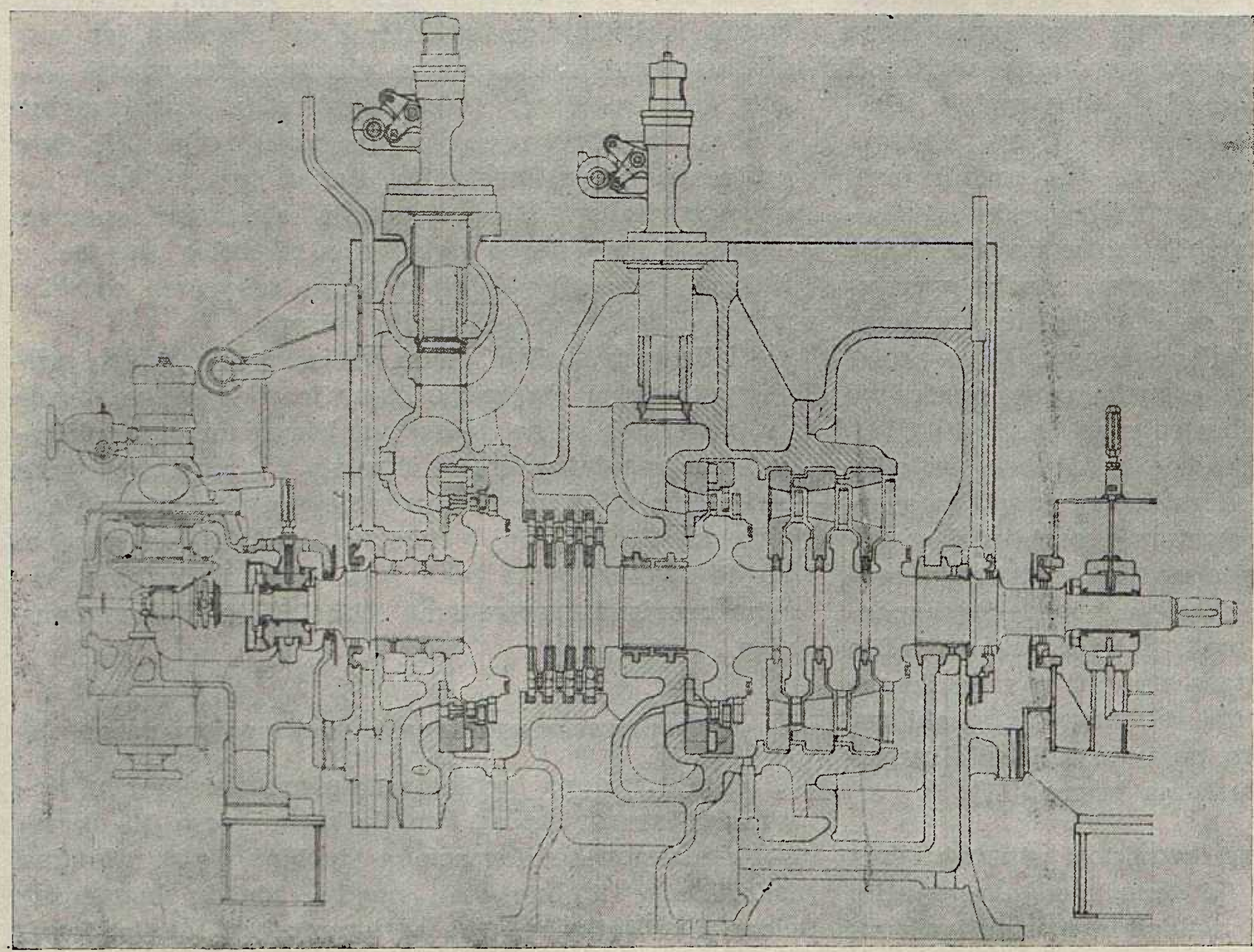


pleksima, kod kojih je količina potrebne ogrjevne pare po 1 kWh umjerena, te se zbog manjeg protoka pare kroz turbinu potrošnja električne energije ne može pokriti ekspanzijom raspoložive količine pare od kotlovskog tlaka do tlaka ogrjevne mreže. Zbog toga se opći protok pare kroz turbinu povećava iznad vrijednosti potrebne za zagrijavanje i taj višak vodi kroz niskotlačni dio turbine, gdje ekspandira do vakuuma, što se postiže kondenzacijom.

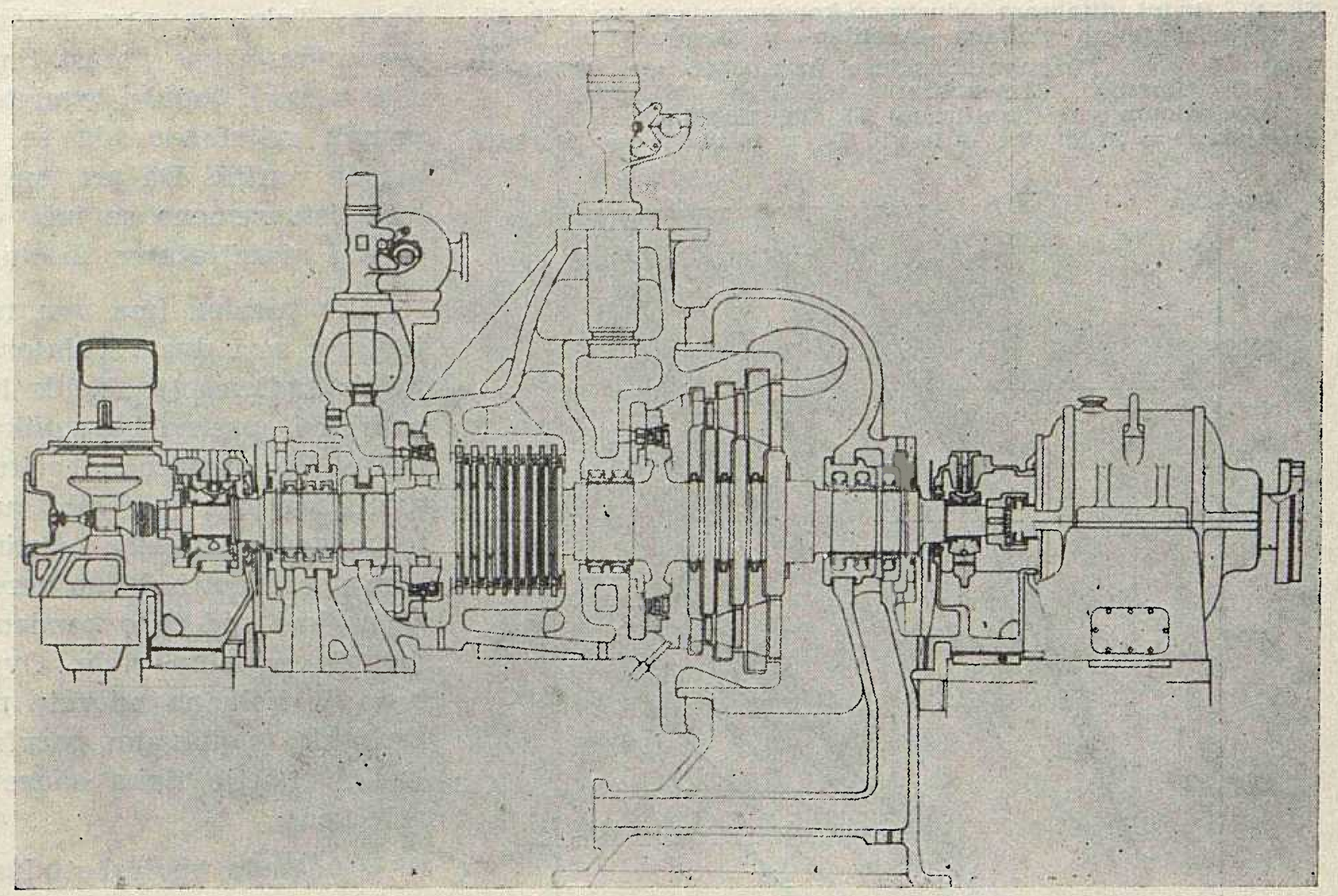
Shema takvog sistema prikazana je na sl. 11. Kod ovog načina povezivanja proizvodnje električne i toplinske energije postiže se najveća elastičnost u pogledu prilagođivanja turbine uslovima potrošnje obiju vrsti energija. Sama turbina se može smatrati sastavljenom od jedne protutlačne (dio VT) i jedne kondenzacione jedinice (dio NT). Visokotlačni dio turbine prerađuje toplinski pad od ulaznih parametara pare do tlaka u ogrjevnoj mreži (protutlak). Na izlazu iz visokotlačnog dijela turbine parni tok se grana, te ogrjevna mreža uzima potrebnu količinu pare, a ostatak prelazi u niskotlačni dio, koji radi kao kondenzaciona turbina, te prerađuje toplinski pad od tlaka pare u ogrjevnoj mreži do tlaka u kondenzatoru. Prijelaz pare u niskotlačni dio kontroliraju niskotlačni regulacioni ventili i to tako, da se podešava konstantan tlak pare u zagrjevnom sistemu. Ako se preko turbine iz bilo kojeg razloga ne može dobiti dovoljna količina pare za zagrijavanje, uključuje se u rad redukciona stanica.

Kod oduzimno-kondenzacionog pogona pojavljuje se kao logična posljedica uvođenja kondenzacije gubitak topline s rashladnom vodom (sl. 12). Međutim ovaj je gubitak u usporedbi s čisto kondenzacionim pogonom bitno manji zbog odvođenja pare na višem energetskom nivou za potrebe zagrijavanja. Ipak iskorištenje topline nije tako potpuno, kao kod protutlačnih turbina.

Kod konstruktivne izvedbe oduzimno-kondenzacione jedinice pojavljuju se dva rješenja. Kod većih snaga (20 MW i više) pretežno se upotrebljava izvedba turbine u dva kućišta. Pri tom su osovine VT-



Sl. 13. Presjek kroz oduzimno-kondenzacionu turbinu za tvornicu papira u Kočanima (TOK 2—40) Snaga 3,5 MW, 6000/1500 o/min; svježa para 35/42 ata, 440/450 °C, oduzimanje 3 ata, 237 °C



Sl. 14. Presjek kroz oduzimno-kondenzacionu turbinu za tvornicu superfosfata u Kosovskoj Mitrovici (TOK 3,5—64). Snaga 3,5 MW, 6000/1500 o/min; svježa para 35/40 ata, 440/465 °C, oduzimanje 3 ata, 217 °C

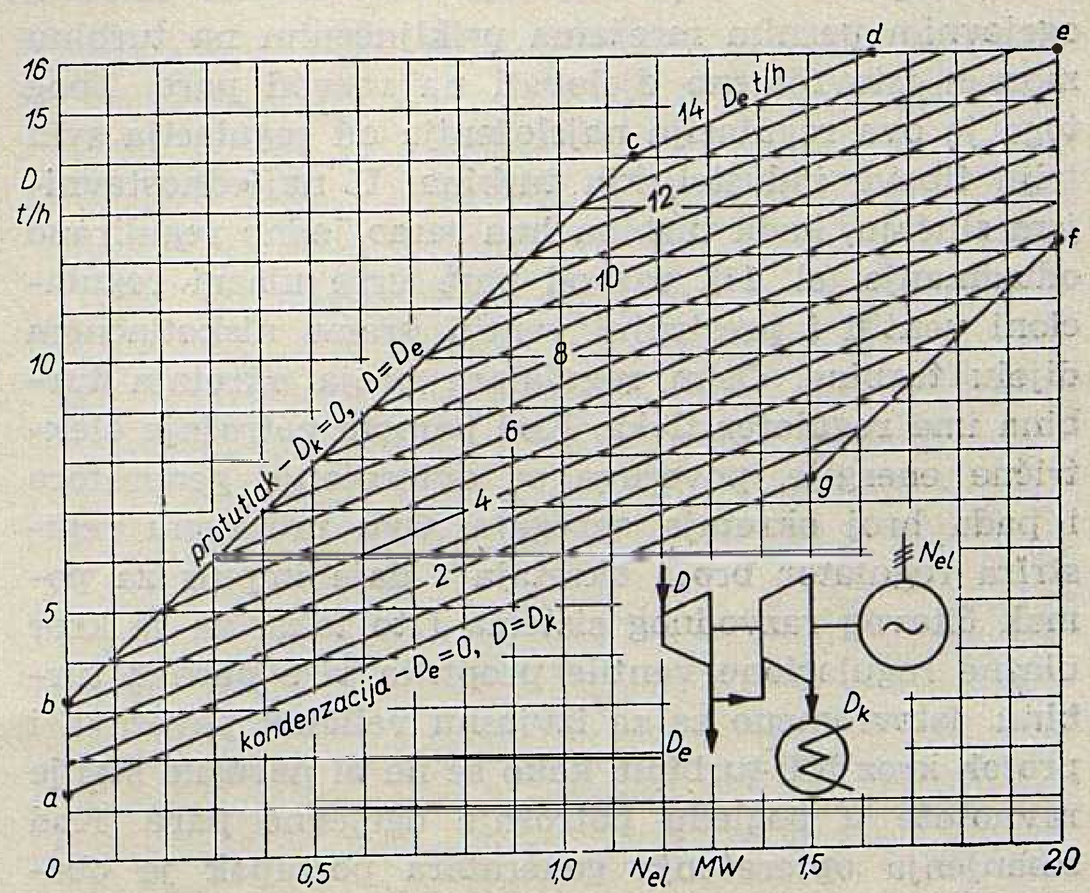
turbine i NT-turbine vezane jedna iza druge. Kod manjih snaga (sl. 13 i 14) oba dijela se uklapaju u jedinstveno kućište, čime se smanjuje gabarit agregata i postiže niža cijena materijala i izrade. Međutim, ovakva kućišta predstavljaju komplicirane odljevke, uglavnom od čeličnog lijeva, čime se produžuju rokovi za izradu modela, a time i rokovi isporuke odljevaka.

Elastičnost pogona kondenzaciono-oduzimne turbine, te laka prilagodljivost raznim odnosima između potražnje topline i električne energije rezultira iz mogućnosti, da se kroz niskotlačni dio turbine propušta upravo tolika količina pare, kolika je potrebna da se ostvari tražena proizvodnja električne energije.

Ovisnost potrošnje pare i proizvodnje električne energije kod kondenzacione i protutlačne turbine prikazuje se grafički u dijagramu D t/h—N_{el} kW jednim pravcem ili blago zakrivljenom linijom. Kod oduzimno-kondenzacione turbine, ova se zavisnost ne može prikazati jednom linijom, nego čitavom površinom. Na sl. 15 ovu površinu predstavlja sedmerokut *abcdefg*. Pri tom linija *a—g* predstavlja ovisnost dobivene električne energije i potrošnje pare u slučaju da je oduzimanje pare nepotrebno, te turbina radi u čisto kondenzacionom pogonu. Drugi ekstremni slučaj daje linija *b—c*, koja daje istu ovisnost za čisto protutlačni pogon, tj. sva se para oduzima ispred NT-turbine, koja se vrti na prazno, u vakuumu. Ostale konturne linije radnog područja predstavljaju razna ograničenja, kao npr. linija *d—e* ograničenje maksimalnim protokom kroz VT-turbinu ili *e—f* ograničenje maksimalnim učinom generatora. Pomoću linija D_e = konst. može se za svaku tačku unutar radnog područja odrediti količina utrošene i oduzete pare, te proizvedena električna energija. Unatoč najvećoj elastičnosti ovog tipa agregata u prilagođivanju zahtjevima, ipak se sve ekstremne vrijednosti ne mogu postići u istoj tački radnog područja. Tako je npr. sa slike 15 evidentno, da se najveća snaga od 2000 kW ne može postići kod maksimalnog oduzimanja, a ni u čisto kondenzacionom pogonu.

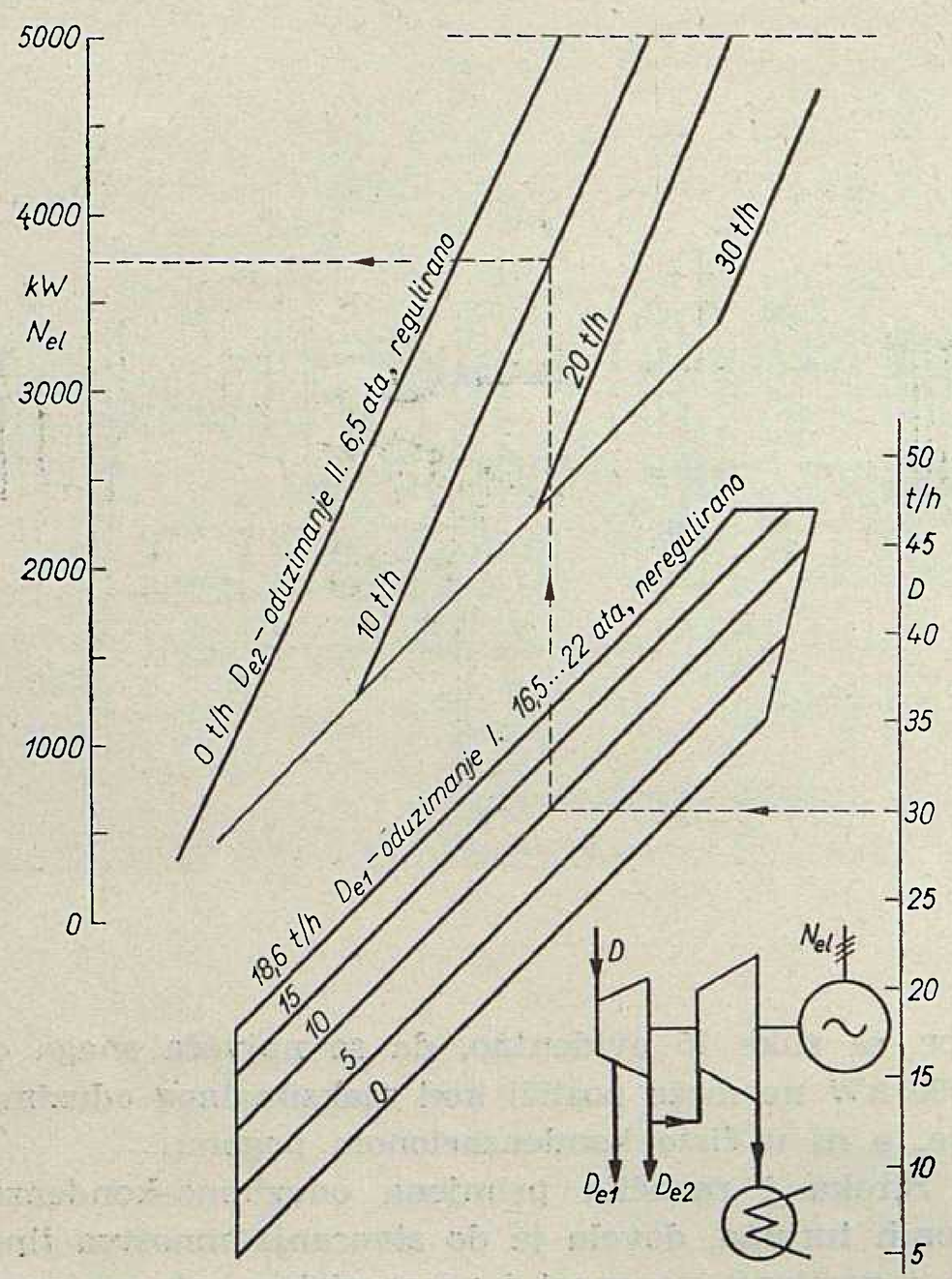
Široka i različita primjena oduzimno-kondenzacionih turbina, dovela je do stvaranja mnoštva tipova i varijanti po snazi i parametrima oduzete pare. Tako su nastale turbine s nekoliko oduzimanja, bilo nereguliranih, bilo reguliranih (sl. 16 i 17). U pogledu snage ovakvih jedinica, ne može se dati neko ograničenje, osobito, ako se ovamo uključe i turbine toplanskog tipa, koje snabdijevaju ogrjevnom parom čitave industrijske bazene.

Najveće jedinice posljednje grupacije instalirane u Jugoslaviji su turbine snage 32 MW u zagrebačkoj toplani (sl. 18).



Sl. 15. Radni dijagram oduzimno-kondenzacione turbine snage 2 MW (vidi sl. 13)

Sl. 16. Radni dijagram oduzimno-kondenzacione turbine za tvornicu umjetnih vlakana »Acetilen« u Skopju (TOK 5–60)
Snaga 5 MW, 3000 o/min; svježa para 57/60 ata, 485/500 °C
Oduzimanje I (neregulirano) 16,5/22 ata, 367/393 °C
Oduzimanje II (regulirano) 6,5 ata, 273/288 °C
Primjer: $D = 30$ t/h, $D_{e1} = 10$ t/h, $D_{e2} = 10$ t/h, $N_{el} = 3840$ kW

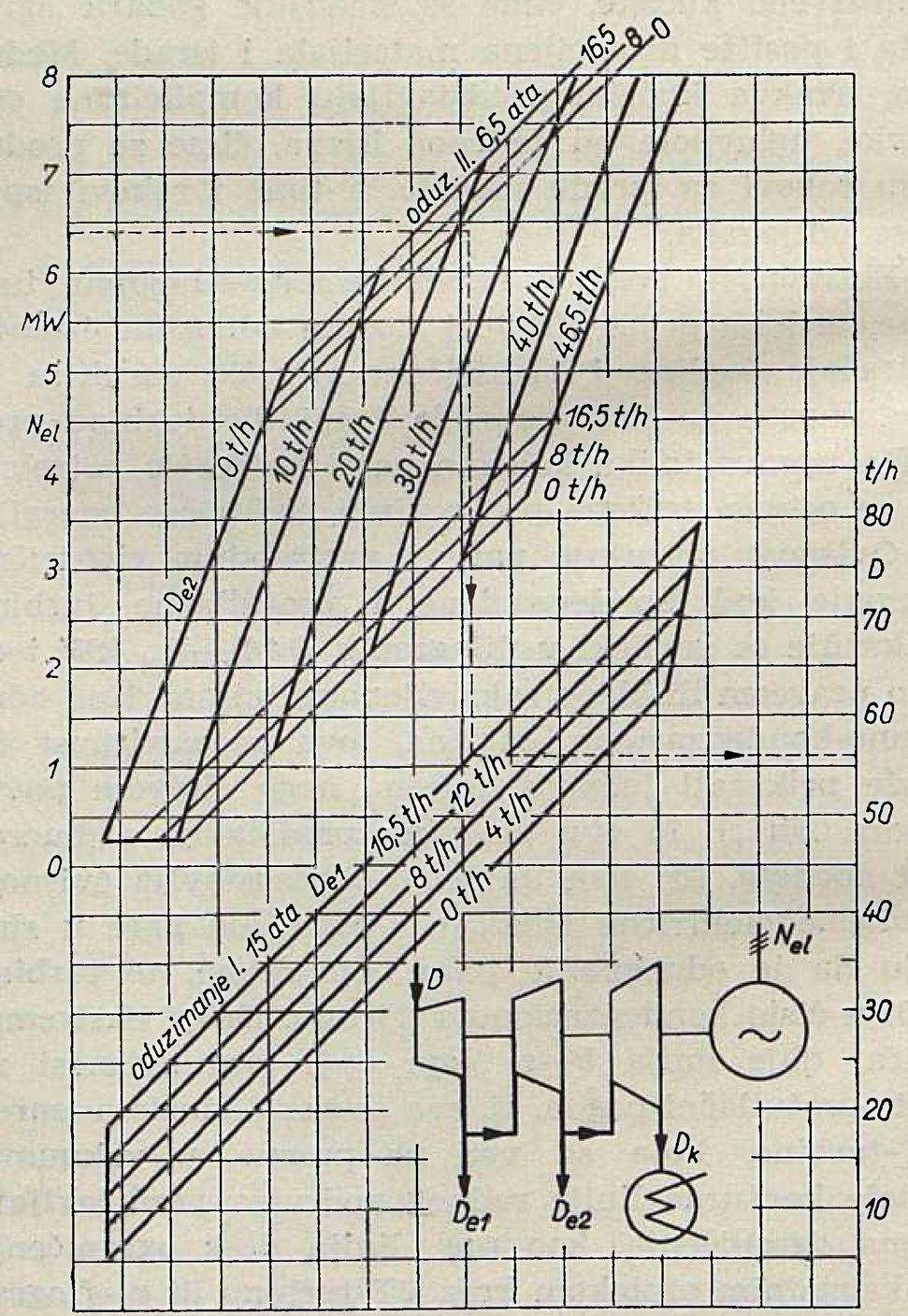


U pogledu broja okretaja važe razmatranja navedena kod protutlačnih turbina. I ovdje se turbine sa snagom većom od cca 5 MW izvode sa 3000 o/min, dok se kod manjih snaga upotrebljavaju veći brojevi okretaja i zupčanički prijenosi.

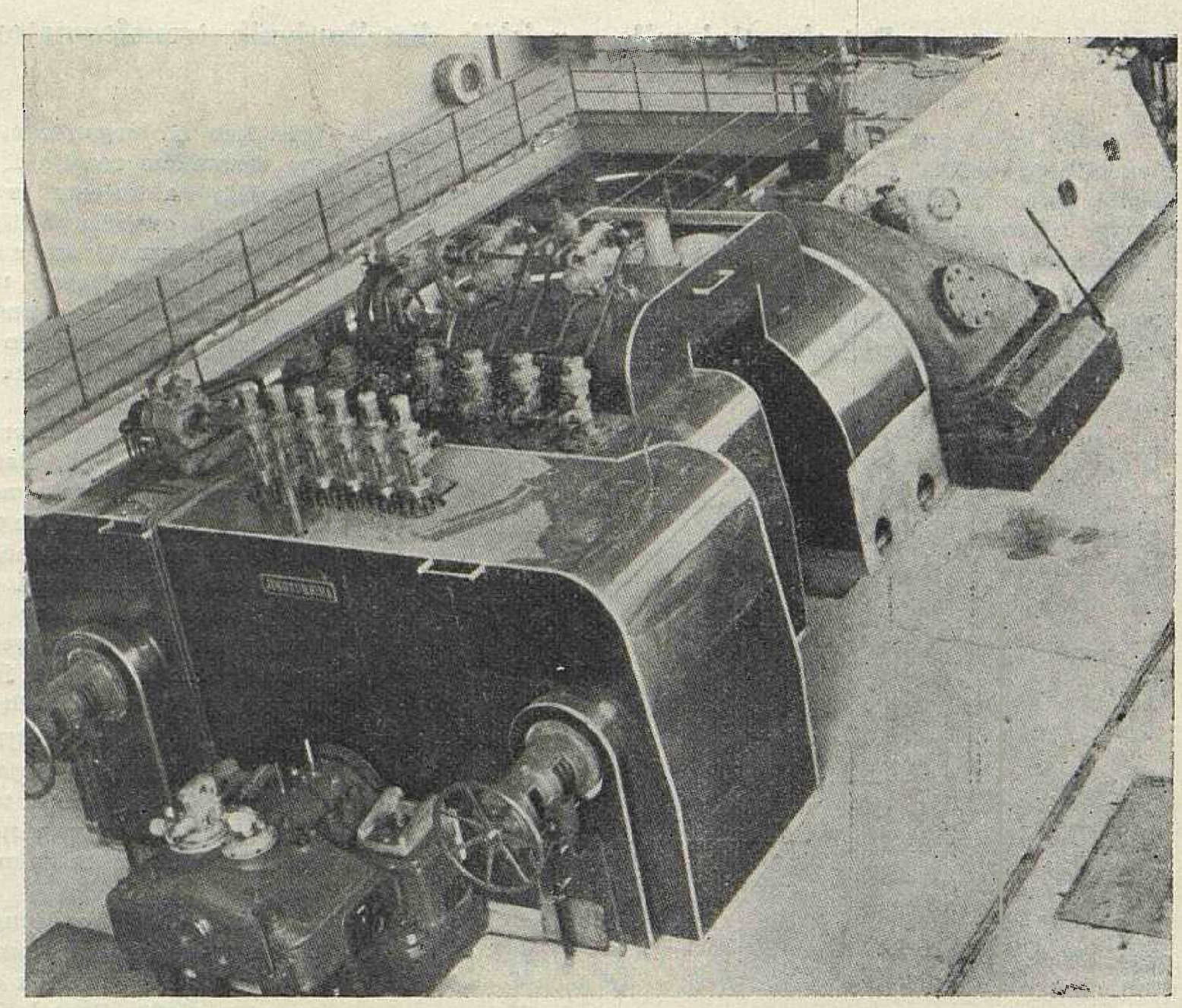
Regulacija kondenzaciono-oduzimne turbine vodi pogon tako, da se zahtjevi potrošnje topline i električne energije udovoljavaju istovremeno. Prema tome, regulator broja okretaja i regulatori tlaka u ogrjevnim parnim mrežama priključenim na turbinu moraju istovremeno djelovati na razvod pare. Zbog toga je ova regulacija najsloženija od regulacija svih triju tipova industrijskih turbina. U najjednostavnijem slučaju, kada turbina ima samo jedno regulirano oduzimanje (sl. 11), razvod pare vrše ulazni regulacioni ventili i prestrujni ventili prema niskotlačnom dijelu turbine. Osim regulatora broja okretaja turbina ima regulator tlaka. Kod porasta potrošnje električne energije, povećava se opterećenje generatora i pada broj okretaja agregata. Ovu promjenu registrira regulator broja okretaja i daje impuls za pomak čitavog razvodnog sistema i to tako, da se kroz ulazne regulacione ventile propušta više pare u turbinu. Istovremeno se za izvjesnu veličinu povećava i protok kroz NT-turbinu, kako se ne bi narušilo stanje ravnoteže u pogledu potrošnje ogrjevne pare. Kod smanjenja opterećenja generatora postupak je obrnut. Kad se ravnotežno stanje regulacije poremeti sa strane ogrjevne mreže, stupa u djelovanje regulator tlaka. Tako se npr. smanjenje potrošnje ogrjevne pare očituje kao porast tlaka u sistemu za oduzimanje, a ovaj impuls regulator tlaka pretvara u takav pomak regulacije, da se smanji dovod pare kroz ulazne ventile. Da pri tom ne bi pala snaga generatora, istovremeno se jače otvaraju prestrujni ventili prema niskotlačnom dijelu turbine.

Ako turbina ima dva regulirana oduzimanja, pojavljuju se i dva regulatora tlaka, te je čitav sistem još kompliciraniji. Velik broj regulacionih uređaja, polužja i opsežna hidraulika loše su strane ove regulacije, što se naročito očituje u otežanom uzdržavanju. Zbog toga se nastoji, u svim slučajevima gdje je to moguće, umjesto oduzimanja s reguliranim tlakom upotrijebiti obično neregulirano oduzimanje pare, slično kao kod čisto kondenzacionog pogona za zagrijavanje napojne vode. Ova je solucija prihvatljiva kada je količina oduzete pare procentualno mala u usporedbi s glavnim parnim tokom kroz turbinu, te kad varijacije tlaka oduzete pare ne čine naročitih poteškoća.

U pogledu upotrebe oduzimno-kondenzacionih turbina ne postoje neka naročita pravila kao što je to kod čisto kondenzacionih jedinica. Velik broj takvih agregata ugrađen je u industrijskim toplanama za-



Sl. 17. Radni dijagram oduzimno-kondenzacione turbine sa 2 regulirana oduzimanja pare za tvornicu »Crvena zastava« u Kragujevcu (TOK 8–40)
Snaga 8 MW, 3000 o/min; svježa para 36/40 ata, 435/450 °C
Oduzimanje II 6,5 ata, 266 °C
Oduzimanje I 15 ata, 353 °C
Primjer: $N_{el} = 6.4$ MW, $D_{e1} = 16,5$ t/h, $D_{e2} = 22,5$ t/h
$D = 56$ t/h



Sl. 18. Oduzimno-kondenzaciona turbina za Toplanu Zagreb II
Snaga 36 MW (u montaži), 3000 o/min, 2 kućišta, 2 regulirana oduzimanja (TOK 32–125); svježa para 90/100 ata, 520/530 ^{0} C. Oduzimanje I 7/9 ata, 230/260 ^{0} C Oduzimanje II 1,8/2,5 ata, 140/150 ^{0} C

jedno s protutlačnim ili kondenzacionim jedinicama pri čemu zbog svoje veće elastičnosti vrše ulogu uravnotežavanja proizvodnje elastične i toplinske energije. Ipak je najveći dio oduzimno-kondenzacionih jedinica ugrađen u elektranama tekstilne industrije.

Zaključak

Završavajući ovaj elementarni prikaz o industrijskim turbinama treba još istaći, da je ukupna električna energija, koju one daju potrošačima daleko manja od energije proizvedene u elektranama elektroprivrede, što, međutim, nikako ne umanjuje važnost njihovog položaja u općoj energetskoj privredi zemlje. Povezivanje proizvodnje toplinske i električne energije zbog opisanih ekonomskih prednosti uzima sve više maha u modernoj industriji. Opća težnja za izgradnjom većih industrijskih objekata, te spajanjem postojećih pogona u krupne kombinate kemijske i prehrambene industrije otvara mogućnosti za rješavanje energetske problematike na širem planu, s jedinicama veće snage i viših parametara ulazne pare, čime se postižu daljnje uštede pogonskog goriva.

Ovdje je učinjen pokušaj, da se prikaže stanje proizvodnje i principijelno rješavanje pojedinih problema industrijskih turbina sa stanovišta proizvođača. Time je tek načeto široko područje, kojem se u domaćoj literaturi ne posvećuje naročita pažnja. Međutim, zbog razvoja procesne industrije, bit će potrebna i posebna obrada industrijske turbine, naročito s obzirom na mogućnosti standardizacije, čime bi bila omogućena jeftinija i brža proizvodnja.

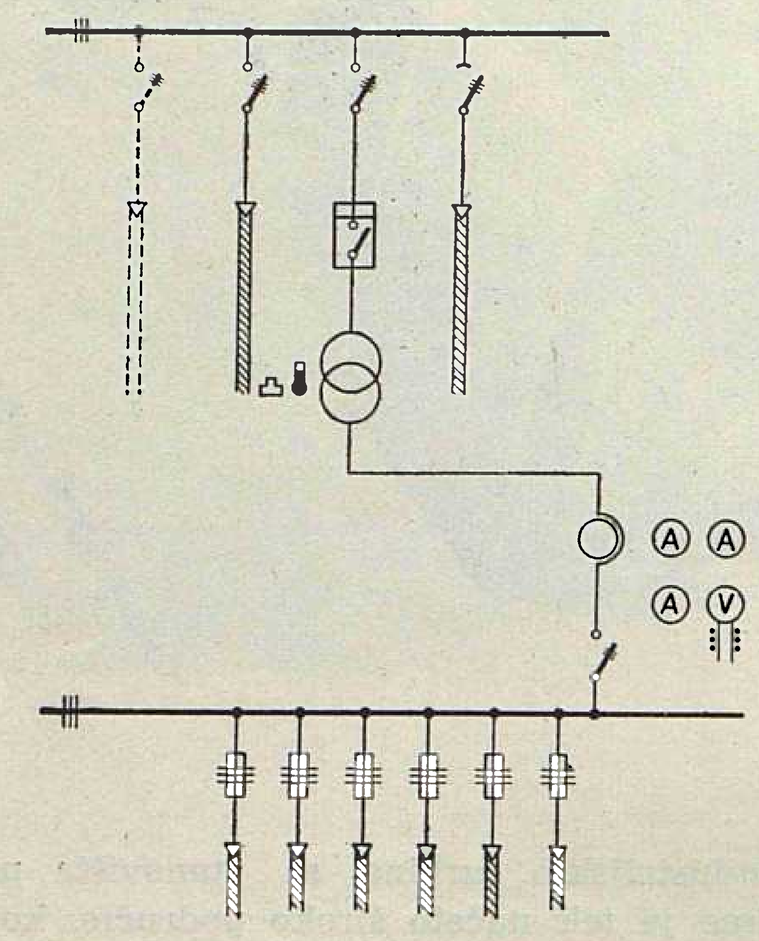
Literatura

[1] H ü t t e, *Inženjerski priručnik.* Građevinska knjiga, Beograd, 1952.
[2] J. M i l e r, *Parne i plinske turbine.* Tehnička knjiga, Zagreb, 1955.
[3] H. P a n z e r, *Die Dampfturbine in der industriellen Kraft-und Wärmewirtschaft.* AEG – Mitt. 1960, 6/7
[4] A. V. Š č e g l j a j e v, *Parovije turbini,* Gosenergoizdat, Moskva, 1955.
[5] L. M u s i l, *Die Gesamtplanung von Dampfkraftwerken* Springer-Verlag, Berlin, 1948.
[6] E. A. K r a f t, *Die neuzeitliche Dampfturbine,* VEB Verlag Technik, Berlin, 1954.
[7] S. G. M o r o z o v, *Tjeplovije rasčeti parovoj turbini pri pjeremjenih režimah.* MAŠGIZ, Moskva, 1962.
[8] E. A. K r a f t, *Die Dampfturbine im Betriebe.* Springer Verlag – Berlin 1952.
[9] A. A. M o j s j e j e v, *Sudovije parovije turbini.* Morskoj transport, Moskva, 1958.
[10] J. J. K i r i l o v, *Aerodinamika protočnoj časti parovih i gazovih turbin.* MAŠGIZ, Moskva 1958.
[11] G. N i e m a n n, *Maschinenelemente.* Springer-Verlag, Berlin, 1961.

Naslov pisca: Ing. Zvonko E l č i ć, Jugoturbina, Karlovac

Potreba tipizacije gradskih distributivnih transformatorskih stanica

Visoka upotrebna vrijednost električne energije, kao najplemenitijeg oblika energije uopće, utjecala je na njenu veoma široku primjenu u životu suvremenog čovjeka, te je postala njegov nerazdvojiv pratilac, služeći mu za zadovoljenje neobično širokog registra svakodnevnih potreba. Na taj način postala je neophodna u svakoj kući, kao i na svakom mjestu ljudske djelatnosti. Radi toga se sigurnost i neprekidnost dobave energije do zadnjeg potrošača nameće kao



Sl. 1. Osnovna shema transformatorske stanice 10/0,4 kV, 1 x 400 kVA

neophodan zahtjev, kojemu moraju biti dorasle distributivne mreže, a naročito one u gradskim područjima. Taj zahtjev je dosta teško zadovoljiti, budući da se elektrificiranost dnevno jako povećava, a time opterećenje naglo raste, te mreže postaju slabe, što utječe na opadanje kvaliteta energije. Neophodno je stoga u distributivnim mrežama brzo intervenirati, kako bi se mogao slijediti ovaj nagli porast opterećenja, koji se pojavljuje, kako na području postojećih mreža, tako i u novim stambenim naseljima, koja se brzo izgrađuju. Jedan od načina rasterećenja postojećih mreža, odnosno povećanje njihove prijenosne sposobnosti, je interpolacija novih transformatorskih stanica na mjestima za to podesnima, čime se mreže skraćuju, prijenosna sposobnost povećava, gubici smanjuju, a kvalitet dobavljene energije dovodi na normalan nivo, uz relativno niske troškove i kratko vrijeme izgradnje.

Da bi se omogućila što brža, lakša, jednostavnija i jeftinija izgradnja ovih transformatorskih stanica, treba ih tipizirati, jer se time postiže ušteda i financijskih sredstava potrebnih za njihovu montažu, i na vremenu izgradnje od projektiranja preko same gradnje do uzdržavanja u pogonu. Tipizacijom, naime, opreme i pojedinih elemenata postrojenja, te svođenjem na jedan tip i jednog proizvođača, pojednostavnjuje se i olakšava nabava, svodi na minimum držanje neophodnih rezervi u skladištu, olakšava i ubrzava zamjena i popravak u pogonu oštećenih elemenata, te izbjegava zabuna montažom krivih elemenata prilikom zamjene i popravka, što može imati veoma loše i teške posljedice na čitav daljnji pogon. Pri usvajanju tipa opreme treba voditi računa o perspektivnom stanju mreže i njezinim parametrima, kako bi se u tom pogledu mogao odabrati optimalan tip, što se postiže razradom osnovnih rješenja pojedinih mreža. Pri tome treba distributivnu mrežu promatrati kao živ organizam, kakav zapravo i jest, koji se veoma dinamično razvija i raste prateći razvoj grada, odnosno područja na kojemu je razgranata.

Nakon odabiranja tipa opreme treba pristupiti razradi tipa transformatorske stanice, koja se može bez poteškoća i stalno upotrebljavati u određenoj mreži.

Tri su osnovna elementa, koji bitno utječu na kvalitet i rentabilnost tipa stanice i s kojim se treba posebno pozabaviti pri razradi tipske transformatorske stanice kao optimalnog rješenja.

Shema transformatorske stanice mora omogućiti jednostavnost postrojenja, elastičnost mreže i sigurnost pogona.

Dispozicija transformatorske stanice treba osigurati preglednost postrojenja, logičan i svrsishodan raspored pojedinih elemenata, što kraće spojne vodove između elemenata, sigurnost i lakoću rada pogonskog osoblja.

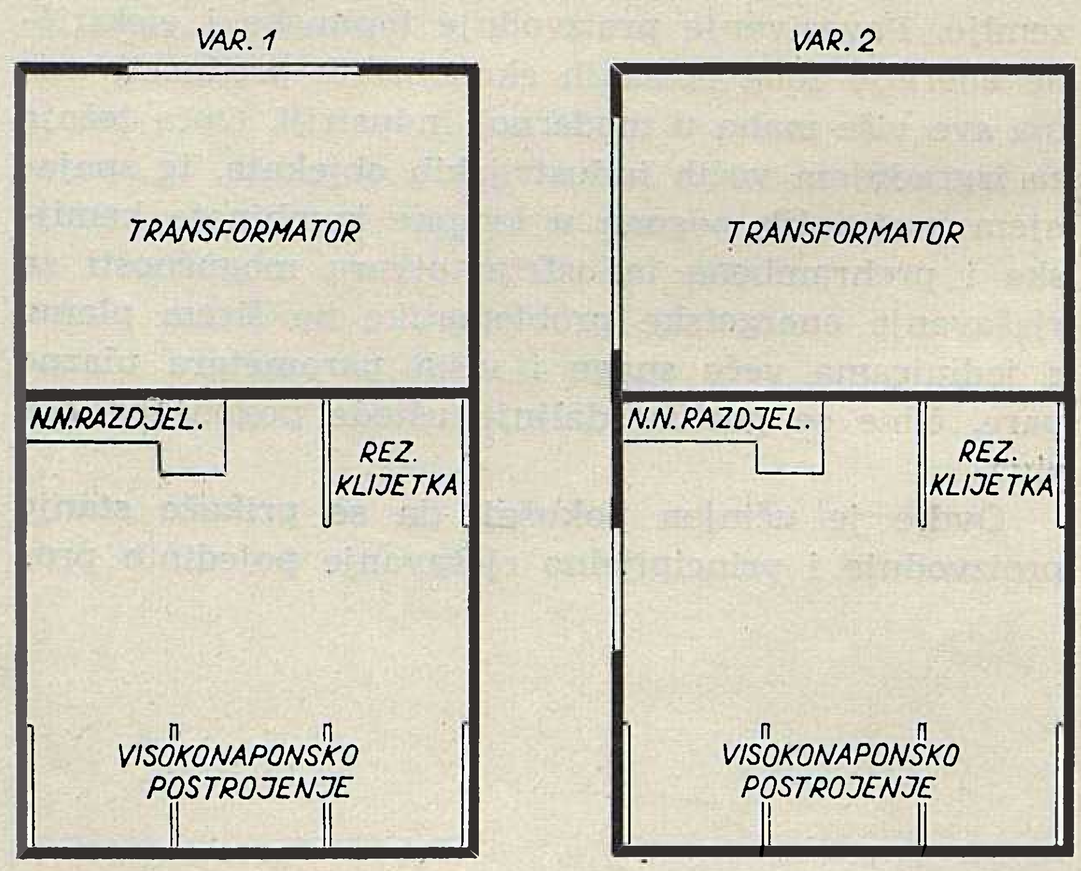
Veličina montažnog prostora treba biti što je moguće manja, ali ipak toliko velika da omogući laku montažu predviđenih elemenata, te je uglavnom određena pravilnim izborom dvaju prethodnih rješenja.

Ako želimo zadovoljiti postavljene uvjete, nema velikog izbora različitih rješenja, koja bi međusobno bila jednako vrijedna. Da je tomu tako, dovoljno je pregledati raznolikost i šarenilo tipova novih stanica, koje se primjenjuju u pojedinim distributivnim mrežama samo na području Hrvatske.

Sve gradske mreže uglavnom upotrebljavaju stanice s jednom transformatorskom jedinicom snage 400—500 kVA kao optimalnom. U pogledu osnovne sheme sve su veoma slične, no u pogledu dispozicije postrojenja i veličine montažnog prostora, odnosno tlocrtne površine, veoma se razlikuju, te se za istu instaliranu snagu i jednako vrijednu shemu izgrađuju s tlocrtom od 16 do 45 m². Uzme li se u obzir cijena građevinskog dijela stanice, koja se kreće oko 100.000 dinara za jedan kvadratni metar tlocrtne površine i broj transformatorskih stanica, koje se u toku jedne godine izgrađe samo na teritoriju Hrvatske, lako je uočiti da se velika sredstva nepotrebno ulažu, budući da su sve one funkcionalno približno jednako vrijedne, a po veličini, odnosno cijeni, veoma različite.

Radi toga bi bilo jako korisno pristupiti odabiranju takovog tipa stanice, koji bi bio što jeftiniji i jednostavniji, a pogonski siguran, te uporabiv u svim gradskim distributivnim mrežama.

Ilustracije radi prikazat ćemo tip gradske distributivne transformatorske stanice, koji se već niz godina uz male ispravke uspješno primjenjuje u distributivnoj mreži na području Hrvatskog primorja i Gorskog Kotara.



Sl. 2. Dvije varijante tlocrta transformatorske stanice 10/0,4 kV, 1 x 400 (630) kVA; površina 18 m²

Transformatorska stanica je 10/0,4 kV s mogućnošću ugradnje transformatora do 630 kVA. Osnovna shema ove stanice prikazana je na slici 1, iz koje se vidi, da na strani visokog napona pored transformatorske klijetke postoje normalno još dvije vodne klijetke, a za slučaj potrebe može se bez poteškoća, pa i naknadno, ugraditi i montirati treća vodna klijetka, koja može služiti za dijagonalnu kabelsku vezu ili za montažu otcjepnog voda za nekog jačeg potrošača.

Na strani niskog napona predviđeno je ukupno šest strujnih krugova, što u normalnim uvjetima, i na gradskom području, potpuno zadovoljava i omogućava razvod energije iz transformatora predviđene snage.

Iako se visokonaponska gradska mreža u pravilu radijalno napaja, u svakoj transformatorskoj stanici se obavezno montiraju obadvije vodne klijetke tj. ulazna i izlazna. Svaki visokonaponski kabel normalno napaja pet ovakovih stanica, no posljednje stanice pojedinih strujnih krugova međusobno su povezane, iako su u normalnom pogonu rastavljene pomoću rastavljača. Na ovaj način je u slučaju kvara na jednom od kabela moguće preuzeti na napajanje neoštećeni dio preko susjednog kabela. Time se postiže velika elastičnost distributivne mreže kao i dovoljna sigurnost pogona, jer se u relativno kratkom vremenu jednostavnim preklapanjima mogu promijeniti tokovi energije i omogućiti napajanje čitave mreže osim oštećene kabelske dionice.

Na slici 2 prikazana je u dvije varijante dispozicija transformatorske stanice. Prikladan raspored i međusobni položaj visokonaponskog postrojenja, transformatora i niskonaponskog razdjelnika omogućava kratke spojne vodove, jednostavnost čitavog postrojenja, dobru preglednost, te lakoću i sigurnost upravljanja.

U prvoj varijanti je prilaz transformatorskoj komori i rasklopnom postrojenju omogućen s jedne strane, dok ostale tri strane stanice mogu biti i nepristupačne za vozila pa čak i za ljude. Ovakav raspored olakšava lokaciju stanice, jer se može smjestiti na veoma skučenom prostoru uz minimalne troškove uređenja okoliša i prilaznih komunikacija.

Druga varijanta predviđa bočni ulaz u transformatorsku komoru. Podesna je za lokaciju na uglovima ulica ili ostalim mjestima, gdje je slobodan prilaz sa dvije strane. Ni u čemu drugome se ne razlikuje od prve varijante.

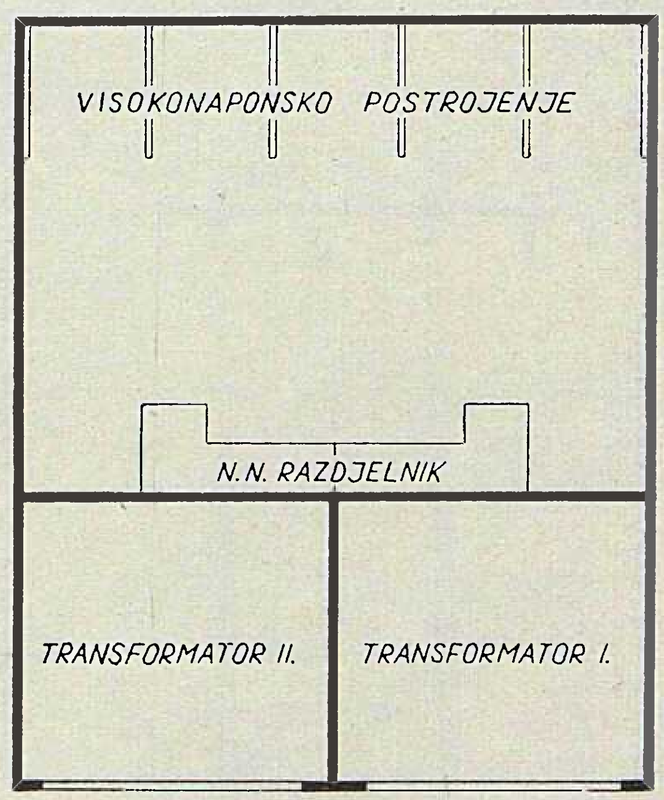
Shema i dispozicija stanice ostale su nepromijenjene od prvog dana izgradnje, jer su se pokazale kao veoma povoljne u svakom pogledu i zadovoljavaju svim postavljenim uvjetima.

U pogledu veličine ova je transformatorska stanica preživjela manje izmjene. U početku primjene unutrašnje dimenzije iznosile su 6,71 x 3,86 m, odnosno tlocrtna površina 26 m². To se pokazalo kao nepotrebno velik tlocrt, jer je bilo dosta neiskorištenog, odnosno suvišnog prostora, te se prišlo suženju i skraćenju čitave površine, tako da je tlocrtna površina smanjena na 18 m². Na tom prostoru transformatorska stanica kao postrojenje nije u pogledu pogonskih i montažnih kvaliteta ništa izgubila, nego je samo napušten nekoristan prostor.

U posljednje vrijeme tlocrt joj je još više smanjen i sveden na svega 16,2 m². Ovo smanjenje je, međutim, prouzrokovalo izvjesne nedostatke u odnosu na onu s tlocrtom od 18 m², jer dimenzije klijetki po svojoj dubini i širini dozvoljavaju montažu samo jedne opreme, a spoj visokonaponskog postrojenja s transformatorom moguć je jedino pomoću kabela, dok je prije bio omogućen i spoj golim sabirnicama, što je povoljnije u odnosu na kabelski spoj.

Relativno veće površine bravarskih proizvoda u odnosu na zide čak su poskupile građevinski dio, te se po svemu vidjelo, da je tlocrtna površina od 18 m² predstavljala optimalno rješenje, kako u pogledu cijene, tako i u pogledu montažnih i pogonskih kvaliteta ove transformatorske stanice.

Na slici 3 prikazan je tlocrt transformatorske stanice 2 x 400 (2 x 630) kVA. Ova stanica se rjeđe primjenjuje, jer je instalirana snaga od ukupno 800 do 1260 kVA koncentrirana na jednom mjestu prevelika, te ju je teško razvesti.



Sl. 3. Tlocrt transformatorske stanice 10/0,4 kV; 2 x 400 (630) kVA; površina 32 m²

Upotrebljiva je jedino u područjima s velikom gustoćom opterećenja, gdje je obično i teško pronaći mjesta za lokaciju dviju stanica. Tlocrtna površina ove stanice iznosi 36,5 m².

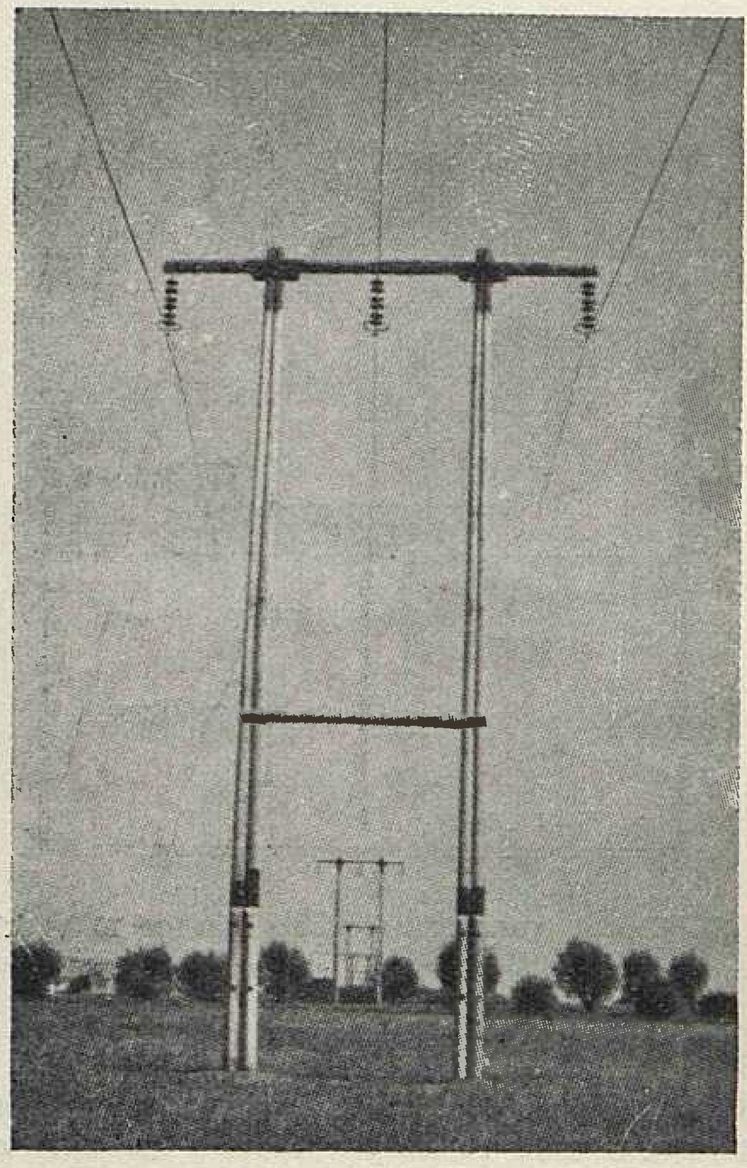
Zaključak

1. Visok stepen elektrificiranosti domaćinstava i brz porast opterećenja zahtijeva hitnost intervencije u distributivnim mrežama u pogledu povećanja njihove prijenosne sposobnosti.
2. Da bi se mogao pravovremeno i ekonomično pratiti porast opterećenja i zadovoljavati rastuće potrebe, neophodno je pristupiti tipizaciji opreme, a naročito transformatorske stanice u distributivnim mrežama, jer se time olakšava, ubrzava i pojeftinjuje projektiranje, lociranje i izgradnja čitavog postrojenja.
3. S obzirom na veliku raznolikost tipova transformatorskih stanica koji se danas primjenjuju u distributivnim mrežama veoma korisno bi bilo odabrati jedan tip koji bi bio ekonomično uporabiv u svim distributivnim mrežama.

Ing. Ante Primožić, Elektroprimorje, Rijeka

20-godišnjica gradnje prvog voda 110 kV u Hrvatskoj

Već pred nekih tridesetak i više godina došlo se do zaključka, da racionalna opskrba konzumnog područja Zagreba električnom energijom ne može počivati na jednoj termoelektrani u gradu. Premda je gradska termoelektrana od svog osnutka više puta proširivana, ipak nije mogla zadovoljiti potrebe koje su stalno rasle. U prijeratnom razdoblju bilo je više pokušaja, da se zagrebački konzum priključi na neki značajni elektroenergetski izvor, no do ostvarenja nije došlo. Tako je došao i drugi svjetski rat, potrošak električne energije je rastao, a da ništa nije učinjeno za poboljšanje snabdijevanja. Da se ipak riješi kriza u opskrbi grada, započela je 1943, dakle pred dvadeset godina, gradnja dalekovoda između Zagreba i termoelektrane u Brestanici (Rajhenburg). Vod je izgrađen za napon 110 kV, na drvenim portalnim stupovima s vodičima od čistog aluminija presjeka 120 mm². To je bio prvi vod u Hrvatskoj građen za taj napon. Treba primijetiti, da je doduše već 1940. izgrađeno nekoliko kilometra dvostrukog voda 100 kV na liniji Zagreb – Vinodol i stavljeno provizorno pod napon 6 kV, ali ta je dionica poslije rata demontirana, pa vod nije nikada služio predviđenoj svrsi. Vod Zagreb – Brestanica, premda kompletno opremljen za napon 110 kV, u prvoj etapi rada stavljen je pod napon 35 kV. Zbog toga i nije trebalo da se u Zagrebu podigne posebna stanica, već je vod izgrađen samo do Podsuseda i tu priključen na jednu trojku postojećeg voda 30 kV za Karlovac. Taj je naime vod od elektrane do prijelaza Save izveden s dvije trojke. Dužina novog voda iznosila je 40 km. S obzirom na priličnu duljinu prijenosa i napon u Brestanici od 35 kV, postavljen je u zagrebačkoj elektrani regulacioni transformator 35/30 kV, 8 MVA.



Drveni nosni stup dalekovoda 110 kV Zagreb–Brestanica

Prvi stup voda kod prijelaza Save, dvostruka drvena piramida, podignut je 25. III 1943, a vod je pod 35 kV stavljen u pogon 4. IX iste godine. Nakon izgradnje provizorne stanice 110/30 kV u Sv. Klari, prekinut je spomenuti spoj kod prijelaza Save, a vod je produžen dionicom 3 x 150 Ač Rakitje – Klara i uveden u stanicu Klara. U kolovozu 1948. prešao je na pogon sa 80 kV, a u listopadu 1949. konačno na napon 110 kV, za koji je i građen.

Godine 1952. stavljena je u pogon nova čvorna tačka 110 kV u Rakitju, pa je vod u toj tački učvoren s vodovima iz Vinodola i Zagorja. Time je stvorena konfiguracija vodova kakva je danas.

U vrijeme stavljanja u pogon, a i daljnjih devet godina, vod je odigrao neobično važnu ulogu u opskrbi Zagreba električnom energijom. On je naime do 1952. bio jedina veza kojom se zagrebačko područje moglo dopunski napajati uz svoju staru termoelektranu. Međutim, važnost se voda nije bitno promijenila niti nakon priključenja hidroelektrane Vinodol i uspostavljenja druge veze Zagreba sa Slovenijom preko Varaždina. Već u prvoj godini rada vodom je preneseno 25 GWh, uz maksimalnu snagu od nekih 6 MW. Tokom godina prijenos se stalno povećavao. Do priključka Zagreba na bosanske elektrane i uspostavljanja jedinstvenog elektroenergetskog sistema 110 kV (krajem 1957) energija je skoro isključivo tekla iz Slovenije prema Zagrebu. Nakon toga bilo je omogućeno da se u doba niskih voda ili kvarova energija također razmjenjuje i u suprotnom smjeru. Mogućnost prijenosa u Sloveniju još se više povećala poslije povezivanja zapadne Hrvatske s Dalmacijom vodom 220 kV Mraclin – Split.

Tako je 1962. preneseno vodom Brestanica – Rakitje u Hrvatsku 223 GWh, a u Sloveniju 39 GWh. Kod toga se maksimalna snaga kretala oko 60 MW, a bilo je momenata kad je prešla čak i 70 MW. Time je vod bio naravno znatno preopterećen pa je bilo neophodno, da se veza između sjeverozapadne Hrvatske i Slovenije pojača. Pojačanje je izvršeno izgradnjom voda Mraclin – Kidričevo, čime je vod Brestanica – Rakitje dobio više značaj voda za lokalnu izmjenu energije. Ta će uloga biti još jače naglašena prijelazom spomenutog voda Mraclin – Kidričevo na 220 kV koji će tada preuzeti glavnu međurepubličku razmjenu.

Na kraju treba reći da na vodu tokom proteklih 20 godina nije bilo nikakovih posebnih pogonskih poteškoća unatoč tome, što su, kako je rečeno, vodiči od čistog aluminija. Vod je bez zaštitnih užeta u području grmljavinske aktivnosti od 30 grmljavinskih dana godišnje, no broj ispada uslijed atmosferskih pražnjenja kretao se u normalnim granicama. Jedina je poteškoća bila u tome, što drvena građa voda brzo propada, naročito nogari i prečke, što izaziva znatne troškove uzdržavanja.

Ing. Boris Markovčić

Radovi na elektrifikaciji željezničke pruge Rijeka — Zagreb

Dugoročni program elektrifikacije naših željeznica počeo je elektrifikacijom pruge Rijeka – Srpske Moravice – Ogulin – Karlovac – Zagreb.

Premda su Jugoslavenske željeznice u realizaciji programa elektrifikacije usvojile monofazni sistem 50 Hz, 25 kV, ipak je odlučeno da pruga Rijeka – Zagreb bude elektrificirana istosmjernim sistemom 3 kV, jer je ona nastavak već prije rata elektrificirane pruge Trst – Pivka – Rijeka. Izgradnjom priključka Pivka – Ljubljana stvorilo bi se zaokruženo područje istosmjernog sistema 3 kV. Na ostali dio zemlje bio bi primijenjen monofazni sistem.

Elektrifikacija pruge od Rijeke prema Zagrebu započela je pred nekih desetak godina, no zbog pomanjkanja financijskih sredstava napredovala je vrlo sporo. Do kraja 1962. završena je dionica od Rijeke do Ogulina, dugačka oko 120 km. Najteži su radovi bili na dionici Rijeka – Srpske Moravice na kojoj se nalazi veći broj tunela.

Elektrovučne stanice tj. usmjerivačke stanice na ovoj pruzi napajaju se iz jedinstvenog elektroenergetskog sistema vodovima 30 kV. Svaka podstanica ima zbog sigurnosti napajanje s dvije strane. U pogonu su slijedeće elektrovučne podstanice: Matulji, Podvežica, Meja, Drivenik, Lokve, Skrad i Vrbovsko, koje su građene na udaljenosti od 15 do 25 km. Sve elektrovučne podstanice zatvorenog su tipa osim u Meji koja je izvedena s vanjskim montažnim postrojenjem 30 kV.

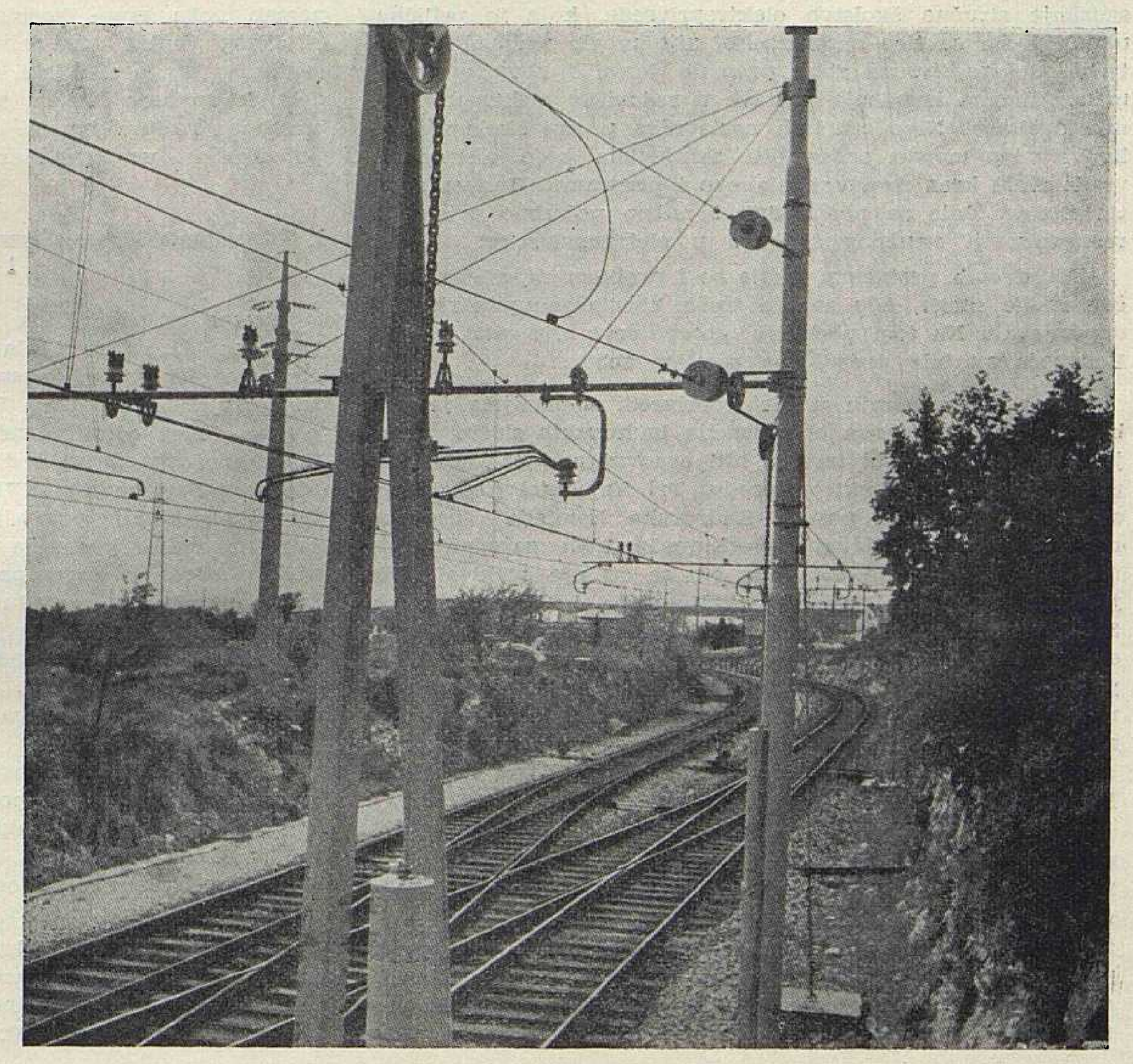
Navedene elektrovučne podstanice napajaju se dalekovodovima 30 kV i to: iz TS 110/30 kV Matulji idu dva voda 30 kV u elektrovučnu podstanicu Matulji, iz novosagrađene TS 110/30 kV Rijeka izveden je vod za podstanicu Podvežica, a iz te podstanice jedan vod ide u podstanicu Meja, dok je druga veza za Meju izvedena iz TS 30 kV Plase. Hidroelektrana »Nikola Tesla« napaja elektrovučnu podstanicu Drivenik iz koje jedan vod opskrbljuje energijom podstanicu Lokve. Lokve se s druge strane napajaju iz TS 30 kV Vrata. Transformatorska stanica 110/30 kV Vrbovsko (provizorij) napaja podstanicu Vrbovsko, drugi vod za Vrbovsko prenosi energiju iz elektrovučne podstanice Skrad. TS 30 kV Kupjak povezana je dalekovodima s elektrovučnom podstanicom Skrad.

U svrhu uspješnije elektrifikacije naših željeznica domaći proizvođači opreme iz područja strojogradnje i elektroindustrije, poduzeća »Rade Končar«, »Dalekovod«, »Nikola Tesla« svi iz Zagreba, te »Đuro Đaković« Sl. Brod, »Elektrosrbija« Beograd, »Sever« i »Sigma« iz Subotice i »Stanko Paunović« Niš, sklopili su poslovni ugovor o zajedničkoj suradnji. Formirana je grupa »Jugoslavenska zajednica za elektrifikaciju željeznica« sa zadatkom zajedničke suradnje na projektiranju i prodaji postrojenja za elektrifikaciju. Zadaci su podijeljeni i to napose za:

kontaktne mreže i dalekovode (»Dalekovod« i »Elektrosrbija«)
vučne podstanice (oprema »Rade Končar« i »Elektrosrbija«)
proizvodnja i postavljanje željezničkih i sigurnosno-signalnih uređaja (»Nikola Tesla«, »Sigma«, »Sever« i dr.)

Elektrifikacija dionice Ogulin — Karlovac

Početkom 1963. nastavljeni su radovi na elektrifikaciji dijela pruge na potezu Ogulin – Karlovac, u dužini 52 km. Nakon izvršenih svih tehničkih predradnja, projekata i pri-



Elektrificirana pruga Rijeka – Škrljevo – Ogulin

prema pristupljeno je izvođenju građevnih radova i postavljanju stupova. Za građevne i montažne radove, kao i za izvedbu dalekovodne mreže i elektrovučnih podstanica na dionici Ogulin — Karlovac investirat će se iznos od 1200 milijuna dinara. Željezničko transportno poduzeće Rijeka osiguralo je potrebna sredstva.

Prema programu izgradnje planirano je da svi radovi i priključci na elektroenergetsku mrežu moraju biti posve završeni do kraja 1963.

Izgradnjom ove dionice ukupno će biti elektrificirano oko 176 km željezničke pruge Rijeka — Zagreb.

U planu je da se iduće godine pristupi radovima na dionici Karlovac — Zagreb, i da se započne s elektrifikacijom prve dionice monofaznog sistema prema Novskoj. Već se vrše tehničke pripreme i projekti za radove na trasi Zagreb — Novska.

Za napajanje dionice Ogulin — Karlovac izgradit će se dalekovodi 30 kV Hidroelektrana Gojak — Oštarije, te Karlovac — Draganić, koji će opskrbljivati električnom energijom elektrovučne podstanice potrebne za elektrovuču.

Reviziona republička komisija revidirala je projekte spomenutih vodova i Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske dala je suglasnost na priključak u elektroenergetski sistem.

Nakon svih potrebnih odobrenja investitor je pristupio izvedbenim radovima na izgradnji vodova HE Gojak — Oštarije i Karlovac — Draganić. *I. R.*

VIJESTI IZ PODUZEĆA I OBNICE I INSTITUTA

Položaj školskih centara elektroprivrede kao samostalnih ustanova

Nagli razvoj elektroprivrede i sve veće ulaganje u izgradnju novih i rekonstrukciju starih elektroenergetskih postrojenja zahtijeva i novu podjelu rada u elektroprivredi, a samim tim i nove profile kadrova. Polazeći s tog stanovišta, pojavila se potreba za bržim, ekonomičnijim i nadasve drugačijim oblicima i načinom obrazovanja kadrova u elektroprivredi.

Stari oblici uzdizanja kadrova u elektroprivredi postali su nedovoljni da savladaju sve zahtjeve u odnosu na tehnički napredak i opseg razvoja elektroenergetskih postrojenja. Dosadašnje stručno školstvo elektroprivrede, koje je prilično uhodano što se tiče organizacije, nije moglo zadovoljiti potrebe elektroprivrede zbog premalo formi i zbog nesavremenog načina izvođenja nastave u redovitim elektroprivrednim školama. Nivo stručnih nastavnika u tim školama, također nije mogao zadovoljiti zahtjevima koje elektroprivreda traži kroz nastavne planove i programe. Upravo zbog tih razloga bilo je neophodno i nužno potrebno pristupiti reorganizaciji stručnog školstva u elektroprivredi.

Pored ovih problema, javlja se i problem zaposlene stručne radne snage, čije znanje treba konstantno proširivati i dopunjavati. Na tom području, gotovo se i nije ništa radilo. Poduzeća su bila prepuštena samima sebi.

Tako lošem stanju u elektroprivredi doprinijela je slaba ili gotovo nikakova organizacija kadrovskih službi, u zajednicama, a koje bi trebale biti osnovni nosioci kadrovske politike za cijelu elektroprivredu. Pri Zajednici jugoslovenske elektroprivrede postoji Kadrovska komisija Upravnog odbora, koju sačinjavaju predstavnici svih zajednica, no niti ta komisija nije dala ono što se od nje očekivalo. Na jednom proširenom sastanku te Komisije, koji je održan u Sarajevu godine 1961, i kojem su prisustvovali i direktori elektroprivrednih škola, konstatirano je, da se moraju hitno poduzeti sve raspoložive mjere na polju uzdizanja zaposlenih radnika. Kao najbitnije treba izvršiti potrebne analize zaposlenih, te pristupiti formiranju i organiziranju školskih centara, koji će biti svestraniji i kvalitetniji od sadašnjih škola.

Rukovodeći se zaključcima Kadrovske komisije Jugela, te vlastitim potrebama, dobivenim na osnovu provedene analize Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, osnovala je 1. januara 1962. Školski centar, sa zadatkom redovitog i vanrednog načina obrazovanja kadrova u elektroprivredi Hrvatske. Centar treba imati u svom sastavu verificirane programe za stepen kvalificiranog i visokokvalificiranog radnika, zatim višeg tehničara (još u analizi). Bez svake sumnje, Centar preuzima na sebe veoma važne i obimne zadatke na polju uzdizanja kadrova za cijelu elektroprivredu Hrvatske.

Već na početku svoga djelovanja Centar se susreo s nizom poteškoća organizaciono-pravne naravi, koji se nameću kao osnovni problemi, a dobiva se dojam, da je područje obrazovanja sporedan problem i da ono sporije napreduje.

Kao učesnik u svim fazama osnivanja Školskog centra, smatram za potrebno analizirati neke probleme, koji su postali neka vrsta kočnice za budući napredak ne samo Školskog centra elektroprivrede Hrvatske, nego i ostalih centara i škola. Školski centar elektroprivrede postavio je nekoliko pitanja u vezi sa svojom organizacijom i nadležnostima svojih organa. Pokušat ću ta pitanja obraditi pojedinačno, uz komentar s važećim propisima.

1. Postavljanje i razrješavanje direktora ustanove, te nastavnika i odgojitelja

Prema odredbi člana 245. i 246. Zakona o javnim službenicima, direktore škola postavlja NO općine na zajedničkoj sjednici vijeća, a ostalo nastavno-odgojno osoblje organ za prosvjetu NO općine. Izmjenom Zakona o javnim službenicima, te su odredbe nešto modificirane. Tako je u čl. 39. Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o javnim službenicima (»Službeni list FNRJ« br. 31/62) određeno, da direktore škola i dalje postavlja NO općine, dok ostalo nastavno odgojno osoblje postavlja školski odbor, na prijedlog nastavničkog vijeća, a organ prosvjete vrši samo kontrolu zakonitosti, naročito u pogledu ispunjavanja uvjeta koji su propisani Zakonom. Postavljanje direktora škola ostaje i dalje u nadležnosti NO općine.

Iz navedenog slijedi, da samoupravljanje postaje jače i kod samostalnih ustanova, odnosno, da je uhvatilo korijen i u školama.

Dok je tako riješeno pitanje postavljanja, ostaje i dalje pitanje oportunosti procedure otkaznog roka. Neizmijenjeni član 266. Zakona o javnim službenicima u stavu 1. kaže, da za nastavno i odgojno osoblje otkazni rok iznosi 6 mjeseci i uvijek se računa od 1. marta, bez obzira kada je dan.

Po mome shvaćanju zakonodavac je ovdje neopravdano stavio u privilegiran položaj nastavno i odgojno osoblje, odredivši samo jedan otkazni rok u godini dana. Na ovaj način omogućeno je, a čini mi se da je to naša praksa već potvrdila, da se neka škola ili đački dom ne mogu riješiti

loših nastavnika ili odgojitelja. Dovoljno je da se on nađe na bolovanju u vrijeme davanja otkaza i da se vraća na posao poslije prvog marta i da mu otkazni rok teče od 1. marta slijedeće godine. Ovakav stav bi trebalo mijenjati, tim više što niti nastavnik niti odgojitelj nisu ovako strogo ograničeni u davanju otkaza školi, odnosno domu. Pored toga sigurnost djeluje destimulativno na nastavno-pedagoško osoblje.

Osnivajući Školski centar elektroprivrede, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske regulirala je tu materiju nešto drugačije. Prema odredbi člana 22. Pravila o organizaciji i poslovanju Školskog centra, direktora Školskog centra postavlja Upravni odbor Zajednice, a prema članu 42. istih pravila, naštavno-pedagoško osoblje, kao i ostalo rukovodno, postavlja Savjet Školskog centra na osnovu raspisanog natječaja.

Iz toga slijedi, da je član 42. Pravila suglasan zakonskom propisu, dok je član 22. suprotan članu 246. Zakona o javnim službenicima. Pored toga zauzeto je stanovište, iako još nije ostvareno, da bi se otkaz nastavno-odgojnom osoblju mogao dati i poslije 1. morta, odnosno da bi se on izjednačio s uvjetima otkaza ostalim radnicima i službenicima samostalnih ustanova.

Nameće se pitanje, da li je postupak oko postavljanja direktora pravilan, i da li je stanovište zauzeto u pogledu otkaza oportuno i valjano. Regulirajući tu materiju Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske rukovodila se prvenstveno načelima Rezolucije o obrazovanju stručnih kadrova, koju je donijela Savezna Narodna Skupština na junskom zasjedanju 1960, te Rješenja koje je donio NO Općine Trešnjevka, u Zagrebu, na 54. sjednici Općinskog vijeća od 20. VII 1961. i 54. sjednici Vijeća proizvođača, održanoj istog dana odvojeno, a kojim se prenose sva prava osnivača nad Elektroprivrednom školom, te đačkim domovima Elektroprivredne i Tehničke škole, od kojih Zajednica osniva Školski centar.

Postupajući kao osnivač, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske je u smislu odredaba iz Osnovnog zakona o financiranju školstva, te stava 5. člana 3. Osnovne Uredbe o ustanovama sa samostalnim financiranjem (»Službeni list FNRJ« br. 51/53), odredila položaj ustanove — Školskog centra — propisujući mu pored zadataka i osnovna načela Statusa samostalne ustanove.

Smatram, da je važno naglasiti da Školski centar elektroprivrede nije škola klasičnog tipa, a nije ni organizacija udruženih škola, već je to nov tip organizacije, jedinstven i formiran prema načelima Rezolucije. Pored navedenog, Školski centar se striktno pridržava svih važećih propisa vršeći svoju osnovnu djelatnost na području obrazovanja kadrova za potrebe elektroprivrede.

Na osnovu iznesenog treba konstatirati, da Školski centar elektroprivrede Hrvatske vrši svoju osnovnu djelatnost na osnovi planova i programa potvrđenih od nadležnih državnih organa, te da u personalnoj politici i proceduri ima stanovitog odstupanja od zakonskog propisa. Smatram, da personalna odstupanja, koja provodi Školski centar, nisu u poslovanju Školskog centra bitna, pa bi se ona kao takova trebala i prihvatiti. U prilog ovog stanovišta ide intencija za pribavljanjem kvalitetnijeg nastavno-odgojnog kadra, a pored toga i veći utjecaj osnivača na organizaciju i efikasnost ustanove. Budući da su ovakva stanovišta pokazala niz pozitivnih elemenata u radu Školskog centra, smatram da bi ih trebalo sankcionirati i uzeti u obzir kod izmjene i dopune odgovarajućih propisa.

2. Disciplinski postupak

Jedna od spornih tačaka je i disciplinski postupak. Naime, postavlja se pitanje da li će se u disciplinskom postupku primijeniti odredba člana 103. druge iz Zakona o javnim službenicima ili čl. 267. i drugi Zakona o radnim odnosima. Pravila Školskog centra predviđaju da će se za slučaj disciplinske odgovornosti njihovih radnika i službenika primjenjivati odredbe Zakona o radnim odnosima. Da li je ovakav izbor, koji je Centar odnosno osnivač izvršio kroz Pravila, ispravan?

Naprijed je izneseno da je Školski centar samostalna ustanova a to znači, da se svaki radnik i službenik za slučaj disciplinske odgovornosti mora podvesti pod onaj dio Zakona o javnim službenicima, koji govori o disciplinskoj i materijalnoj odgovornosti.

Smatram da osnivač ne bi mogao odrediti neki drugačiji postupak, nego što ga je Zakon odredio, iako bi bilo oportuno da Školski centar ima disciplinsku komisiju, analogno privrednim organizacijama, time da njihove odluke stupaju na snagu pošto ih potvrdi Upravni odbor Zajednice. Tako bi se stvorila efikasnost u tim hitnim postupcima, a pored toga imao bi sam postupak više uspjeha i realnosti.

3. Nagrade učenika industrijskih škola i škola učenika u privredi

U izobrazbi kvalificiranog radnika pojavljuju se dvije vrste škola i to: industrijska škola s praktičnom obukom i škola učenika u privredi. Iako polaznik u oba slučaja dobiva isto zvanje, one se kvalitetno razlikuju. Industrijska škola se sve više približava svojim programom tehničkoj školi, sa znatno jačom praktičnom obukom, stvarajući tako industrijskog radnika, koji postaje sve neophodniji za naše današnje potrebe, dok Škola učenika u privredi stagnira i čak bi se moglo reći opada u kvalitetu. Pored toga razlika se javlja i u načinu praktične izobrazbe. Dok učenik industrijske škole radi po unaprijed određenom planu, koji je usklađen s teoretskom nastavom i pod vodstvom stručnog učitelja, dotle učenik u privredi nema planom utvrđen praktični rad, niti posebno osposobljenog učitelja. Ovome treba dodati, da je i sistem teoretske nastave slabiji nego u industrijskim školama, a napose u centrima. Sve je ovo uvjetovalo i različiti sistem u nagrađivanju učenika. Dok se kod učenika u privredi želi onemogućiti svaka eksploatacija, jer je on dužan raditi određeno vrijeme kod svoga poslodavca, a time i privređivati, dotle se kod učenika industrijske škole želi postići određeni stimulans u učenju i praktičnom radu.

Budući da s materijalni uvjeti poslodavca povoljniji nego industrijske škole, stalo se na stanovište da se učeniku u privredi ima točno odrediti visina nagrade, koju poslodavac ne može mijenjati na manje. Učeniku industrijske škole određuje se nagrada shodno propisima, koji vrijede za učenike u privredi. Naime, zakonodavac nije mogao izjednačiti školu i poslodavca, odnosno njihove obaveze u pogledu nagrade prema učeniku, jer njihov položaj stvarno niti nije jednak; upravo iz tih razloga u Uredbi o nagradi učenika u privredi (Sl. list FNRJ br. 16/52) u članu 7. stoji, da će se Uredba primjenjivati shodno i na učenike industrijskih škola. Financijska sredstva za ove đake imaju se osigurati u proračunu prihoda i rashoda.

Prema tome svaka industrijska škola, a time i Školski centar, odnosno Centar za izobrazbu radnika, mora kod sastavljanja proračuna prihoda i rashoda imati u vidu i tu stavku. Osnovne elemente proračuna znamo, tj. prihode i rashode i da se u prihodima nalazi i stavka prihoda od učeničkih radionica, koji će se po određenim proporcijama dijeliti na stavke rashoda, koje nastaju u Školskom centru.

Rješenje o poslovanju učeničkih radionica stručnih škola s praktičnom obukom (Sl. list FNRJ br. 46/52) daje iscrpno obrazloženje kako se imaju rasporediti prihodi, stvoreni u tim radionicama.

Na osnovu tačke 3. spomenutog rješenja, rashodi se dijele kako slijedi:

I — a) nabava materijala i sitnog alata, te popravci strojeva;
b) nagrade učenika;
c) plaćanje električne energije, troškovi za ogrjev, vodu i održavanje čistoće
d) nabava radnih odijela za učenike;
e) osiguranje radionica;
f) amortizacija strojeva i alata;
g) plaće radnika zaposlenih u tim radionicama, kao i drugi troškovi vezani za obuku đaka.

Ostatak prihoda, koji ostane nakon raspodjele ima se podijeliti ovako:

II — a) 20 % fond investicija;
b) 20 % fond za nagrade učenika, radnika i instruktora i nastavnika;
c) 60 % u fond osnivača, u konkretnom slučaju u fondove Školskog centra.

Osobni dohoci instruktora i nastavnika ne terete sredstva učeničkih radionica.

Prema naprijed iznesenom nema formalnih zapreka, da se nagrade učenika stručnih škola s praktičnom obukom, a time i Školskog centra obračunavaju i isplaćuju. No, postavlja se pitanje kako i koliko obračunavati nagrade učenicima. Smatram, da bi trebalo prethodno utvrditi pedagoško-odgojnu stranu ovog postupka, pa, ako je ona pozitivna, pristupiti određivanju načina nagrađivanja.

Sam sistem ne bi se smio bitno razlikovati od nagrađivanja u privrednim organizacijama, to znači morao bi postojati Pravilnik o raspodjeli prihoda radionice i Pravilnik o raspodjeli nagrada. Raniji sistem linearne podjele nema svog opravdanja u sistemu školovanja industrijskih škola, već on mora imati u sebi stimulativnih elemenata, tj. visina mora ovisiti o uspjehu, kako na praktičnom radu, tako i u teoretskoj nastavi. Učenicima, koji su smješteni u domovima tih škola, ili konkretno školskih centara, treba umanjiti nagradu najmanje za 2.500 dinara mjesečno, odnosno za obračunski period, i taj novac staviti na raspolaganje domovima, kao izvanredan prihod, dobiven bez zasluge kolektiva.

Pokušaj primjene propisa Uredbe o povećanju nagrada učenika u privredi (Sl. list FNRJ br. 6/52), nema nikakve osnove, jer se ona odnosi samo na te učenike, a ne i na učenike industrijskih i drugih stručnih škola.

Na osnovu iznesenog učeničke radionice moraju u svojim kalkulacijama cijena usluga voditi strogo računa o elementima koji su naprijed navedeni, jer se ne smije dogoditi da se u proračunu prihoda i rashoda ti troškovi podmiruju iz sredstava dotacije.

4. Zaključak

Nakon ovako provedene analize može se odmah zaključiti da se postojanje Školskih centara oslanja na stvarnu potrebu, a ne na pozitivne propise, da su oni osnovani na osnovu Rezolucije SNS donesene godine 1960. Treba istaći da Rezolucija spada u kategoriju akata, koji se tiču preporuke, a ne u normativne akte, i da Rezolucija ne može osloboditi niti jednu takovu organizaciju od primjene pozitivnih propisa. Do danas nisu izašli propisi koji bi omogućili punu primjenu Rezolucije, no treba očekivati da će uskoro biti doneseni i ti propisi.

Prema postojećim propisima, privredne organizacije bi trebale ići na organizaciju Centara za izobrazbu radnika, a ne školskih centara. Školski centri fungiraju kao udruženje samostalnih jedinica u svrhu racionalnijih učila i prostora. Dok zakonodavac ne odredi drugačije, Školski centri treba da posluju na principu prosvjetnih ustanova, a Centri za izobrazbu na principu samostalnih ustanova i Uredbe o centrima.

U pogledu radnog vremena u Centrima i školama, treba prihvatiti stanovište koje je zauzeo Školski centar u Zagrebu.

Učeničke nagrade treba prihvatiti kao regulativ za učenje, no treba ih potpuno odvojiti od sistema nagrada učenika u privredi. Učeničke nagrade ne smiju biti linearne, već moraju biti isključivo ovisne o uspjehu u učenju i financijskim mogućnostima radionice. Pored toga nagradama se mora postići upoznavanje učenika sa sistemom nagrađivanja u privredi. Upravo zbog toga preporučuje se da škole i Centri donesu pravilnike o nagrađivanju učenika, kod kojega će učestvovati i sami učenici. Ovom problemu treba posvetiti mnogo više pažnje, nego što mu se danas posvećuje.

Na kraju treba još podvući, da disciplinski postupak u školama i Centrima mora biti podvrgnut propisima Zakona o javnim službenicima, a ne propisima o radnim odnosima, kako je to određeno u Pravilniku Školskog centra u Zagrebu. Naime, ovdje treba poći od činjenica da je Školski centar samostalna ustanova, bez obzira što smatramo da on nije prosvjetna ustanova klasičnog tipa.

Eto, između svih, bar po mom shvaćanju, to su osnovni i najakutniji problemi na području obrazovanja u elektroprivredi. Nadajmo se da će ovo biti ujedno i njihov kraj i da će se donesti novi propisi, koji će biti dinamičniji i pogodniji u primjeni.

Mirko Jovanović

Nagrada »Nikola Tesla 1963« istaknutom elektroprivrednom stručnjaku

Ove je godine među stručnjacima i naučnim radnicima koji su nagrađeni prvomajskim nagradama, dobio ovo veliko priznanje i jedan naučni radnik iz redova elektroprivrednih stručnjaka. Nagradu »Nikola Tesla« primio je naime dr ing. Hrvoje P o ž a r, redoviti profesor Elektrotehničkog fakulteta, suradnik Instituta za elektroprivredu u Zagrebu i autor mnogih članaka u našem listu.

Prof. Požar je nakon završetka studija na zagrebačkom Tehničkom fakultetu 1939. počeo svoju stručnu karijeru kao inženjer industrijske termoelektrane u Borovu. Odatle 1946. prelazi u elektroprivredu. Kao rukovodilac dispečerskog centra najprije radi u Splitu, a zatim u Zagrebu.

Svoju nastavničku karijeru započeo je 1949. kao honorarni predavač predmeta »Dispečerska služba« na tadašnjem Tehničkom fakultetu, a zatim prelazi na fakultet za stalnog nastavnika preuzima nastavu iz predmeta »Proizvodnja električne energije« i »Rasklopna postrojenja«. Uz svoj nastavnički rad tijesno surađuje s elektroprivredom radeći na kompleksnim problemima elektroenergetskih sistema.

On je mnogobrojnim svojim stručnim i naučnim radovima stekao velik ugled ne samo u našoj zemlji, već je svojim radovima i nastupima na međunarodnim kongresima stekao znatan renome u inozemnim stručnim krugovima koji se bave pitanjima dimenzioniranja elektrana, gubicima energije, raspodjelom opterećenja u elektroenergetskim sistemima i sličnim pitanjima. Tako treba spomenuti njegove referate za kongrese Svjetske energetske konferencije u Beogradu 1957, Montrealu 1959, Madridu 1960. te kongres elektrotermije 1960. u Beogradu i 1962. u Varšavi, zatim sastanke J.N.K. CIGRE. Mnogo je publicirao u našim stručnim časopisima, a 1953. izašla je u nakladi »Školska knjiga« u Zagrebu njegova brošura »Ekonomična raspodjela opterećenja u elektroenergetskom sistemu«.

Sintezu dugogodišnjeg stručnog i naučnog rada prof. Požara predstavlja knjiga »Energija i snaga u elektroenergetskim sistemima« koja je upravo pred izlaskom na njemačkom jeziku u nakladi poznate izdavačke kuće Springer-Verlag, Wien. Ovo djelo obrađuje problematiku elektrana u elek-

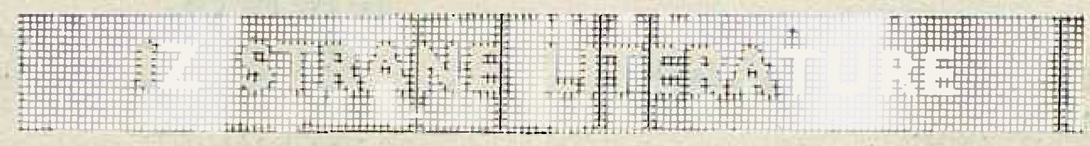
troenergetskom sistemu s obzirom na snagu i energiju, osiguranje opskrbe potrošača električnom energijom, vrijednost elektrana sa stanovišta energetskog gospodarstva, veličinu i iskorištenje akumulacija, procjene gubitaka u elektroenergetskim sistemima i njihovim elementima te izbor najpovoljnijeg momenta za stavljanje u pogon novih hidroelektrana.

Bitno za ocjenu rada prof. Požara jest to, da on nije kompilator koji prenosi iz svjetske literature u našu sredinu pojedina inozemna dostignuća. On je originalan naučni radnik koji obrađuje probleme elektroenergetike na posve nov način.

Za njegove je radove značajno, da nisu apstraktni naučni radovi, već su to sve radovi koji imaju veliko praktično značenje za izgradnju energetskih objekata. Oni su poslužili u mnogo slučajeva kao osnova za izbor najpovoljnijeg rješenja u izgradnji i pogonu elektroprivrednih objekata.

Uz sav navedeni golemi naučni i stručni rad prof. Požar je kao redoviti profesor Elektrotehničkog fakulteta odličan pedagog i predavač. Dvije je godine bio dekan Elektrotehničkog fakulteta, a sada je na dužnosti prodekana. Suradnik je Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti.

Ing. B. M.



Generatori za crpno-akumulacionu elektranu Vianden

Pokrivanje vršnih opterećenja je problem, koji zadaje mnogo brige u pogonu elektroprivrednih sistema. Za njegovo rješenje traže se stalno bolja i ekonomičnija rješenja. Jedno takovo rješenje opisano je u časopisu »Siemens Zeitschrift« 1963, br. 1, pa ga iznosimo kao primjer s crpnom akumulacijom.

Luksemburško poduzeće »La Société Electrique de l'Our« i zapadnonjemačko »Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG« na graničnoj rijeci Our grade zajednički crpno-akumulacionu elektranu Vianden sa značajnom ukupnom instaliranom snagom od 1035 MVA, koja će ujedno biti i najveća elektrana ove vrste u Evropi. Elektrana će imati devet generatora (četiri će isporučiti tvornica »Siemens«), a svaki će od njih imati snagu od 115 MVA uz 426 okr/min. To će ujedno biti i dosada najveći generatori s horizontalnom osovinom. Rotori vodnih turbina smješteni su s obje strane generatora i s njima direktno vezani prirubnicima. Najvažniji podaci generatora su ovi:

Snaga stroja u generatorskom pogonu	115/110 MVA
Faktor snage u generatorskom pogonu	0,9 (0,82 naduzbuđen)
Snaga stroja u motorskom pogonu	73 MW 85 MW kod 52 Hz
Faktor snage u motorskom pogonu	1,0
Snaga stroja kao kompenzatora	
kod naduzbuđenja	75 Mvar
kod poduzbuđenja (oko 12 % praznog hoda)	70 Mvar
Nazivni napon	13,8 kV
Opseg regulacije napona, kod konstantne snage	± 5 %
Nazivna frekvencija	50 Hz
Nazivni broj okretaja	428 okr/min
Maks. broj okretaja kod pobjega	770 okr/min
Zamašni moment	1900 Mpm²
Nominalna uzbuda	
kod 115 MVA, cos φ = 0,9	314 kW kod 310 V
kod 110 MVA, cos φ = 0,82	335 kW kod 322 V
Udarna uzbuda (10 s)	707 kW kod 465 V
Ugrađeni pomoćni strojevi:	uzbudni stroj i pilotni generator

Izolacija generatora klase B dozvoljava nadtemperaturu statorskog namota od 76 ^{0} C, a rotorskog namota od 90 ^{0} C. Međutim, kako se ovi strojevi stavljaju vrlo često u pogon i van pogona, podvrgnuti su jakim izmjeničnim termičkim naprezanjima, pa se nije konstruktivno potpuno iskoristila maksimalna dozvoljena temperaturna granica. Nadtemperature dobivene iz pokusa kratkog spoja, odnosno praznog hoda i preračunane na puno opterećenje dale su ove vrijednosti: maksimalna temperatura statora 55^0 C, a rotora 67^0 C, što znači da su maksimalne temperature za oko 20^0 C niže od dozvoljenih.

Kako se energija kod crpno-akumulacionih elektrana dva puta transformira, morala se osobita pažnja posvetiti korisnosti, kako u generatorskom tako i u motorskom pogonu. Prigodom primopredaje generatora postignute su ove vrijednosti za korisnost:

Opterećenje	4/4	3/4	2/4	1/4
Generatorski pogon 4/4 ~ 115 MVA, cos φ = 0,9	98,59	98,45	98,06	96,64
Generatorski pogon 4/4 ~ 115 MVA, cos φ = 1	98,80	98,68	98,33	97,05
Generatorski pogon 4/4 ~ 110 MVA, cos φ = 0,82	98,41	98,25	97,80	—
Motorni pogon 4/4 ~ 73 MW	98,55	—	—	—

Gubici su izračunani s tolerancijom od cca 10 %. Kod određivanja korisnosti uzeti su u obzir svi gubici glavnog generatora, osim gubitaka trenja turbinskih ležaja i gubitaka glavnog i pomoćnog uzbudnika. Vrijednost za ¼ opterećenja su približne.

Interesantno je još spomenuti i dimenzije ležaja. Promjer jednog ležaja iznosi 900, a drugog 800 mm, širina prvog iznosi 850, a drugog 800 mm. Obodna brzina osovine u prvom je 20, a u drugom 17,8 m/sek., te pritisak na prvi ležaj 14,7, a na drugi 20,3 kp/cm². Veći je ležaj na strani uzbudnog generatora, a manji na suprotnoj strani.

Ing. Tomislav Pavlović

Trofazne struje kratkog spoja u talijanskoj mreži 220 i 380 kV

Radna grupa za talijanski paralelni pogon, u kojoj su zastupana sva talijanska poduzeća, koja učestvuju u pogonu interkoneksne transportne mreže, zadužena je da proučava funkcioniranje rečenih mreža i elemenata koji je sačinjavaju.

U jednom prethodnom članku istog autora objelodanjenom u časopisu »L'Energia Elettrica« br. 1, 1960. i 1961. pod naslovom: »Alcuni studi effettali dal Grupo di Lavoro per il Parallelo Italiano (GLPI) nel 1960. e 1961«, javljen je tip studija koje je razvijao GLPI u prošlim godinama. U ovom članku se iznose rezultati jednog novijeg studija koji se odnosi na određivanje maksimalnih vrijednosti struja trofaznog kratkog spoja, koje se mogu očekivati u talijanskoj transportnoj interkonektiranoj mreži, početkom 1964.

Ispitana je zimska pogonska konfiguracija, jer – prema sadašnjoj raspodjeli talijanske proizvodnje energije između hidrauličkih i termičkih elektrana – zimi se normalno nalazi najveći broj sinhronih strojeva u pogonu, koji, kako je poznato, pridonose, u slučaju kvarova u mreži, formiranju struja kratkih spojeva.

Određene su struje kratkog spoja za različite konfiguracije mreže, uz pretpostavke ilustrirane u članku.

Ovu studiju će koristiti tehničari talijanskih društava za određivanje najboljih tipova sklopki koje treba upotrebiti u mrežama visokog napona.

Članak sadržava 15 geografskih skica mreže 220–380 kV, tabelarni popis struja kratkih spojeva po stanicama i popis strojeva u pogonu za studij ove radnje.

(E. Mariani, *Le correnti di corto circuito trifase sulla rete italiana a 220 e 380 kV per l'anno 1964.* L'energia elettrica, Milano 1962, br. 10.)

J. Jerić

Ekonomski kriteriji pri dimenzioniranju gradskih distributivnih uređaja

U članku se izlažu savremeni kriteriji kojih bi se trebalo držati pri projektiranju gradskih distributivnih mreža niskog napona 380/250 V i 50 Hz s ekonomskog stanovišta, s osobitim osvrtom na transformatorske stanice.

U distributivnim postrojenjima niskonaponskih mreža, transformatorske stanice koje napajaju energijom potrošače za rasvjetu, kućanstva i male movtore do 30 kW snage, predstavljaju glavni dio električne mreže niskog napona, bilo da je ona radijalna ili prstenasta, bilo da je zamkasta.

Broj i snaga ovih stanica, a dosljedno i vodovi mreže sačinjavaju osnovne i glavne elemente koje je potrebno odrediti s najpovoljnijih tehničko-ekonomskih gledišta i sigurnosti pogona.

Ako se projektira veliki broj stanica ograničene snage, prirodno je da proizlaze ukupne investicije veće u odnosu na manji broj jačih stanica. Ali postoji mogućnost da se upotrebe vodovi ograničenog presjeka uz iste uvjete pada napona od 3–4 %, a time da se postigne mreža s umjerenim investicijama. Obratno, s manjim brojem jakih stanica opadaju investicije za njihovu izgradnju, ali rastu znatno presjeci vodova, dakle rastu investicije za mrežu.

Autor u članku dalje razmatra broj transformatora instaliranih u pojedinim stanicama, te utvrđuje njihove gubitke energije tokom jedne godine. Pri izboru jednog transformatora snage 250 kVA i dva iste snage ili jednog 500 kVA, uzimajući u obzir struje kratkog spoja te uz pretpostavke mjesečnih varijacija opterećenja u stanicama za velike gradove (preko 500.000 stanovnika i 2 MW/km²) zaključuje:

a) Snage stanice ne bi smjele prelaziti 630 kVA.
b) Presjeci kabela ne bi smjeli biti veći od 125 mm².
c) Sve transformatorske stanice trebale bi biti iste snage.
d) Svi kabeli zamkastih mreža (ili onih koje mogu takove postati) trebali bi imati iste presjeke.
c) Transformatorske stanice trebale bi biti opremljene samo jednim transformatorom.

(V. Cataliotti, *Criteri di dimensionamento economico degli impianti di distribuzione urbana.* L'Energia elettrica, Milano, br. 12a 1962.)

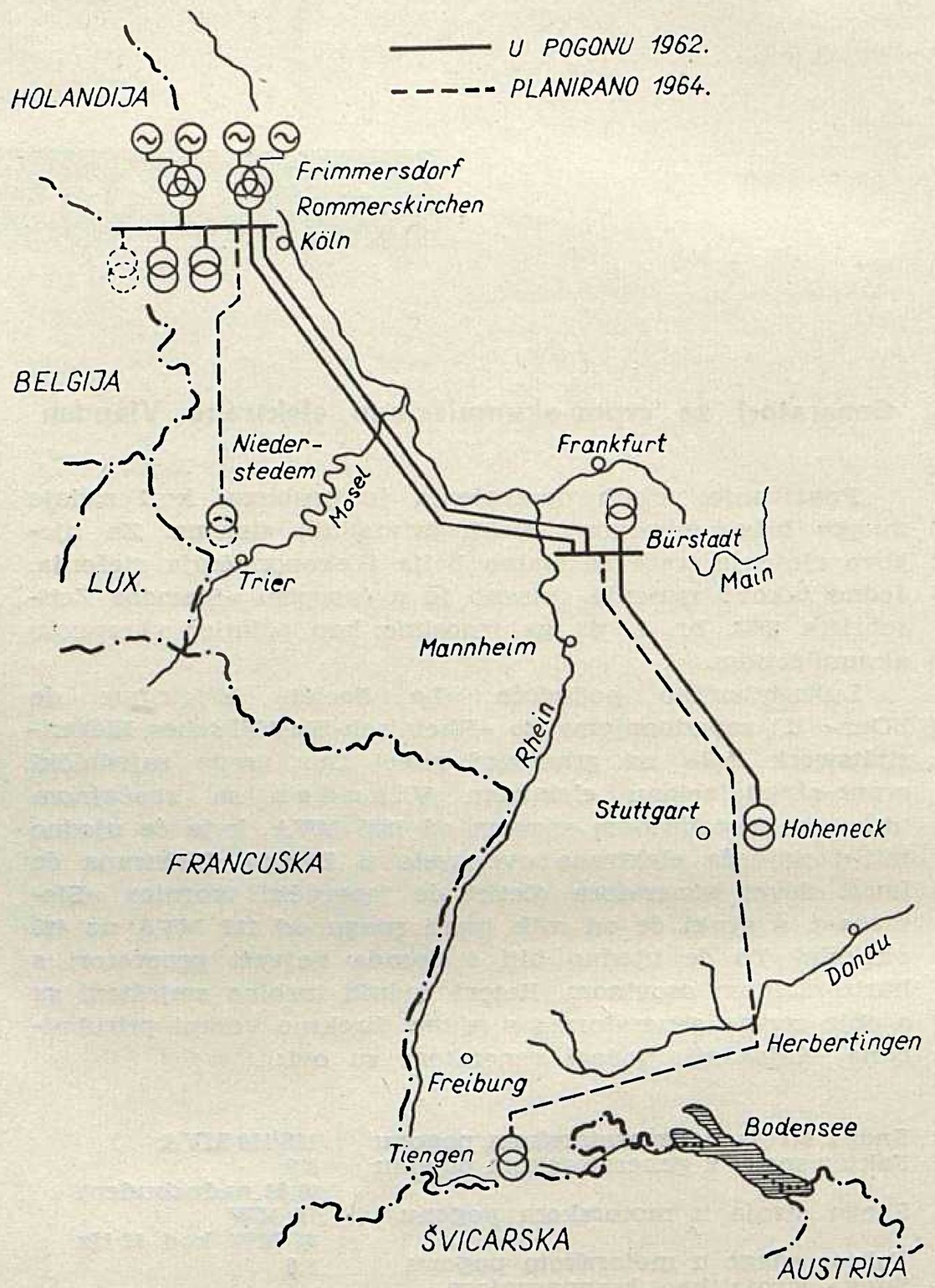
J. J.

Daljnja izgradnja njemačkog sistema 380 kV

Prva etapa njemačkog sistema 380 kV stavljena je u pogon 1957, (vidi Energija 5/6, 1959, str. 193). To je bila jedna trojka dvostrukog voda Rommerskirchen – Hoheneck s pripadnim krajnjim stanicama. Nakon petogodišnjeg uspješnog pogona, koncem 1962. završena je izgradnja druge etape sistema. Opis ove etape kao i daljnji planovi izgradnje, te dosadašnja pogonska i kustva iznesena su u časopisu ETZ-a br. 10, 1963, str. 309.

U spomenutom vodu prve etape izgrađena je međustanica Bürstadt (Worms), a na potezu Bürstadt – Rommerskirchen dužine 230 km, prebačena je druga trojka dvostrukog voda na 380 kV. Na transformatorsku stanicu Rommerskirchen priključena je termoelektrana Frimmersdorf koja ima četiri generatora po 150 MW. Po dva generatora priključena su na jednu transformatorsku jedinicu 380 kV, 400 MVA. Treća etapa razvoja ovog sistema najvišeg napona planirana je za 1964.

Od stanice Rommerskirchen izgradit će se vod 380 kV, dužine 145 km do stanice Niederstedem na granici Luksemburga i vod Bürstadt – Hoheneck (druga trojka) – Herbertingen – Tiengen dužine 350 km. Na kraju ovog poteza izgradit će se transformatorska stanica Tiengen za razmjenu energije sa Švicarskom.



Njemački sistem 380 kV

Petogodišnji pogon ovog prijenosnog sistema 380 kV dužine 340 km pokazao se vrlo siguran. Na vodu je upotrebljeno jednopolno ponovno uključivanje s mehaničkom pauzom od 1,2 sekunde. Pokazalo se, da se luk struje ostatka ugasio najviše za 0,35 sekunda. Samo u tri slučaja ustanovljeno je vrijeme gorenja luka od 0,95 sekunda.

Naročita je pažnja posvećena kritičkom promatranju transformatora, kao najdragocjenijih elemenata sistema. Pokazalo se, da je potpuno zadovoljena konstrukcija a i odabrani parametri, te se svi ovi elementi mogu zadržati u daljnjoj izgradnji.

Ponovno je pažljivo studiran problem izgradnje transformatorskih stanica u pogledu osnovne sheme spoja, automatike ukapčanja rezervne jednofazne transformatorske jedinice, razmaka faza, veličina polja, prilagođivanja terenu i visine željezne konstrukcije.

U prvoj fazi izgradnje svi su uređaji računani na veličinu snage kratkog spoja od 12 GVA, međutim brzi porast snaga traži da se u buduće računa sa 25 GVA.

Interesantno je spomenuti, da je nakon studija različitih tipova stanica, također onih s miješanim fazama, ponovno izbor pao na klasični tip, ali nešto manjih dimenzija. Općenito može se reći da je u izgradnji novih stanica 380 kV učinjeno mnogo poboljšanja na temelju do sada stečenih iskustava, a uz suradnju elektroprivrede i elektroindustrije.

Ing. B. M.

Problem povišenih frekvencija u elektroenergetskom sistemu

U sovjetskom časopisu »lektričestvo« 1963, br. 3, izašao je vrlo interesantan članak Kulebakina i Venikova o upotrebi frekvencija 100 do 150 Hz u elektroprivrednim sistemima. Premda izgleda da je pitanje industrijske frekvencije izmjenične struje već davno riješeno usvajanjem frekvencije 50 Hz (Amerikanci 60 Hz), ipak su autori smatrali potrebnim da se problem u SSSR-u još jednom detaljno i kompleksno razmotri. Oni su analizirali utjecaj povišenja frekvencije na sve elemente uzete od generatora do potrošača i došli do zaključka, da usvajanje viših frekvencija pruža tolike ekonomske prednosti, da predlažu čak prijelaze u postojećim elektroenergetskim sistemima. Za zemlje Evrope i druge razvijene zemlje, koje su izgradile svoje elektroenergetske sisteme, prijelaz na povišene frekvencije ne bi došao u obzir, ali za SSSR, gdje je elektroprivredni razvoj u punom zamahu (2700 do 3000 TWh u 1980) treba rješavati problem optimalne frekvencije.

Kod generatora i prijenosa nema prednosti, čak kod velikih generatorskih jedinica prilike su lošije nego kod frekvencije 50 Hz, a i prijenosni su problemi veći. No glavna prednost se sastoji u razdiobi električne energije. U SSSR-u zaostaje elektrifikacija seoskih područja s malom gustoćom potrošnje zbog visoke cijene vodiča i malih transformatora, a povišenjem frekvencije upravo bi se ti elementi pojeftinili.

Opasnost za ljude od električne struje se smanjuje razmjerno s povećanjem frekvencije, pa bi se moglo ići na više napone, a time pojeftiniti mrežu.

Transformatori za više frekvencije su lakši, a time i jeftiniji, no oni bi se mogli izbjeći upotrebom kapacitivnih djelitelja napona.

Povišenje frekvencije korisno bi se odrazilo i u industrijskim pogonima premda tu treba riješiti pitanje velikih pogonskih brzina i prikladnih reduktora.

Autori predlažu, da se povede detaljna analiza utjecaja različitih frekvencija na troškove i rad sistema po svim elementima, te da se na taj način ustanovi najoptimalnija frekvencija bilo za cijelu zemlju, bilo za pojedine njene dijelove. Kod tih analiza treba povremeno imati pred očima budući razvoj elektroprivrede i nove mogućnosti i materijale u gradnji strojeva i aparata. Ukoliko bi se za razne dijelove zemlje pokazale azličite frekvencije kao optimalne, ti bi se sistemi vezali istosmjernim vodovima visokog napona.

Autori su zamislili kao primjer ovakvu shemu proizvodnje prijenosa i razdiobe: generatori u velikim elektranama bi proizvodili električnu energiju s frekvencijom 50 Hz, a prijenos bi se vršio najvišim naponima od 220 kV do 750 kV. Energija bi se zatim transformirala na napone 110 kV, 35 kV i 6 kV i pomoću ventilnih presmjerivačkih uređaja pretvarala u struju odgovarajuće optimalne frekvencije, negdje između 100 i 150 Hz. Mali distributivni transformatori ne bi bili potrebni, jer bi se upotrijebili mnogo jeftiniji kapacitivni dijelitelji napona.

Sigurno je da je stav autora suviše radikalan naročito za postojeće sisteme, no prijedlog je interesantan za eventualne specijalne slučajeve.

Bo. Ma.

IZ SVIJETA

Elektroprivreda SSSR. U 1959, prvoj godini »Sedmoljetke 1959—1965« SSSR-a, proizvedeno je 264 milijardi kWh od koje količine su termoelektrane proizvele 216,4 a hidroelektrane 47,6 milijardi kWh. Porast proizvodnje termoelektrana iznosio je 14,6 % a hidroelektrana samo 2,3 %. Na manji porast proizvodnje hidroelektrana utjecale su nepovoljne hidrološke prilike. Elektrane elektroenergetskog sistema proizvele su 230 milijardi kWh a ostatak od 34 milijardi kWh su proizvele izolirane industrijske i područne elektrane saobraćaja.

Instalirana snaga elektrana na početku 1960. iznosila je 59,2 milijuna kW. U odnosu na prethodnu godinu prirast je 5,5 milijuna kW od čega je prirast snage termoelektrana 3,75 milijuna kW. Od upotrebljenog energetskog goriva otpada 66 % na ugljen, 14 % na plin, 10 % na ulje za loženje (mazut), 9 % na treset i 1 % na uljni škriljevac. Ugljene naslage Sibira još se dovoljno ne iskorištavaju. Donjecki bazen isporučuje elektroprivredi 34 % potrebnog ugljena. Slabokalorični ugljen s područja Urala zastupan je sa 23 %. Ugljen Kuznjeckog bazena, koji je jednim dijelom dnevni kop, sudjeluje samo s 13 %, ugljen Kazakstana (Karaganda, Pavlodar) s 8 %. Specifični potrošak topline termoelektrana elektroenergetskog sistema iznosio je 3346 kcal/kWh.

Proširena je i prijenosna mreža. Izgrađeno je i stavljeno u pogon 12500 km novih vodova napona između 110 i 500 kV. Od toga je 5000 km vodova napona 220 kV a 3300 km napona 110 kV. Poseban uspjeh prijenosne tehnike je stavljanje u pogon dalekovoda napona 500 kV između hidroelektrane Volgograd i Moskve. S dalekovodima napona 400 i 500 kV između hidroelektrane Kujbišev i Moskve s jedne strane, i južnog Urala s druge strane, spojena su tri najjača elektroenergetska sistema SSSR. Međutim, naponske prilike između hidroelektrane Volgograd industrijskog regiona Urala ne zadovoljavaju. One će se popraviti tek nakon stavljanja u pogon visokonaponskog dalekovoda istosmjerne struje na relaciji Volgograd—Donjecki bazen kapacitetom prijenosa od 750 MW.

Na postojeću mrežu jedinstvenog elektroenergetskog sistema priključit će se u toku 1960/61. godine 25 regionalnih elektroenergetskih sistema s godišnjom proizvodnjom od oko 130 milijardi kWh. Ovo spajanje će omogućiti stavljanje izvan pogona većeg broja manjih neekonomičnih elektrana koje su dosada opterećivale ekonomski kvalitet elektroenergetske bilance SSSR.

Postignuti su znatni rezultati i na području istraživanja i projektiranja turbina i generatora 150 do 200 MW, kotlova učina 500 i 640 t/h te na području sagorijevanja plina, mazuta i ugljena. U završnoj fazi su istraživanja oko 300 MW blok-jedinica s kotlom 950 t/h. Ova istraživanja su dio perspektivnog plana za osvajanje izgradnje jedinica velike snage za elektrane kapaciteta čak i do 2400 MW. Znatan broj velikih elektrana čit će stavljen u pogon već u toku ove sedmoljetke.

Perspektiva razvoja elektroenergetike SSSR. Plan privrednog razvoja SSSR predviđa potrostručenje proizvodnje električne energije u periodu od 1960. do 1970. U daljnjih 10 godina, odnosno u periodu od 1970. do 1980, predviđa se završenje kompletne elektrifikacije zemlje. Prema tome, količina proizvodnje bi se kretala ovako:

1970. godine 900 do 1.000 milijarda kWh,
1980. godine 2.700 do 3.000 milijarda kWh.

Instalirana snaga elektrana iz 1960. godine od 66,7 milijuna kW povećala bi se

1970. godine na 190 do 220 milijuna kW,
1980. godine na 540 do 600 milijuna kW.

U tu će se svrhu izgraditi

180 hidroelektrana i
460 velikih termoelektrana od kojih 200 kondenzacionih

Za brzi razvoj elektroenergetike, prvenstveno će se iskorišćivati veliki i bogati prirodni izvori krutih, tekućh i plinovitih goriva, naročito jeftini ugljen dnevnog kopa, tako da će nakon 20 godina na termoelektrane otpasti 80 % proizvodnje električne energije.

Već u toku prvih 10 godina gradit će se termoelektrane s agregatima po 100, 300, 500, 800 pa i 1000 MW. U termoelektranama instalirane snage 600 do 2400 MW postavljat će se agregati po 100 do 300 MW, a u termoelektranama instalirane snage 2000 do 4000 MW agregati po 500, 800 i 1000 MW, s kotlovima od 2500 do 3000 t/h. U toku 20 godina će se izgraditi i staviti u pogon 700 termojedinica od 100 do 1000 MW.

Pored termoelektrana na ugljen izgradit će se i niz termoelektrana na naftu i plin. Atomske elektrane će se izgrađivati u rajonima u kojima nema dostatnih nalazišta i to u prvih 10 godina samo eksperimentalne i pokusno industrijske, dok će se u drugih 10 godina izgraditi široka mreža atomskih elektrana uz nastavak istraživanja.

Za energetsko povezivanje ovih elektrana izgradit će se stotine tisuća kilometara električnih vodova, među ovima i za istosmjernu struju napona i do 1400 kV.

Termoelektrane na gorivo ulje ili na kameni ugljen? Elektroprivreda Zapadne Njemačke koristila je dosada za pogon svojih termoelektrana gotovo isključivo kameni ugljen. Pojava nafte i njezinih derivata kao ekonomičnijih i u odnosu na kameni ugljen konkurentnijih energetskih goriva, prisiljava elektroprivredu Zapadne Njemačke da razmotri korisnost primjene gorivog ulja kao energetskog goriva u termoelektranama za alternativu temeljnog (6000 sati godišnje) i vršnog opterećenja (3000 sati godišnje). Alternativnim kalkulacijama dobivene su ove veličine:

Alternativa termoelektrana na pogon gorivim uljem daje povoljnije veličine utroška topline i kapitala a i produktivnosti. Pored toga, neuporedivo su niži i tekući troškovi oko manipulacije energetskim gorivom, a nema ni troškova za deponiju i odvoz pepela. Alternativa gorivog ulja daje povoljnije troškove i u slučaju uračunavanja poreza na gorivo ulje od 25 DM/t.

Pitanje je međutim veliki udio sumpora u gorivom ulju koji iznosi do 4 %, dok ga u kamenom ugljenu (njemačkom) ima prosječno samo 1,5 % pa u obzir treba uzeti i veći stupanj korozije odgovarajućih postrojenja kao i uređaje za odsumporivanje koji su i zakonom propisani u svrhu osiguranja čistog zraka. Stoga elektroprivreda traži gorivo ulje s malim procentom sumpora uz dugoročnu garanciju isporuke. Pored toga, današnja cijena gorivog ulja, koja ima karakter konkurencijske cijene u borbi s ugljenom na energetskom tržištu, nije sigurna veličina za plan izgradnje termoelektrana na pogon gorivim uljem, jer nema jamstvo stabilnosti u budućnosti.

Proizvodnja ugljena i nafte u SSSR. Predviđa se da će se ove godine u SSSR-u proizvesti preko 600 milijuna tona ugljena. Iako je posljednjih godina u strukturi energetike SSSR došlo do velikih promjena, potrošnja ugljena nije smanjena već naprotiv povećana. Prema perspektivnom planu, sovjetska proizvodnja ugljena trebala bi se udvostručiti do 1980. Značajno je pri tome, da se u ovom intervalu ne predvida znatnije povećanje broja rudara.

Povećanje produktivnosti ugljenokopa namjerava se postići širom eksploatacijom dnevnih kopova, koji bi trebali osigurati polovinu ukupne proizvodnje ugljena. Troškovi proizvodnje u dnevnim kopovima bili su 1961. za oko 80 % niži od troškova ugljenokopa pod zemljom. U toku je provedba dalekosežnog programa mehanizacije i automatizacije proizvodnje na čemu radi 10.000 naučnih radnika, projektanata i konstruktora.

Prema izvještaju časopisa »Ekonomičeskaja gazeta«, za prvih šest mjeseci 1962. proizvedeno je u SSSR-u 89,3 milijuna tona nafte, odnosno za 9,6 milijuna tona više od prvih šest mjeseci 1961.

Nacionalizacija elektroprivrede Italije. Talijanski parlament razmatra Zakon o nacionalizaciji elektroprivrede. Prvi član ovog zakona, koji govori o osnivanju državnog poduzeća za elektroprivredu Italije »ENEL«, već je usvojen. Zadatak poduzeća je proizvodnja i distribucija električne energije. Izglasavanje ostalih 13 članova Zakona je u toku. Nakon izglasavanja, o Zakonu će diskutirati Senat.

	Jedinica mjere	Temeljno opterećenje (6000 sati godišnje)		Vršno opterećenje (3000 sati godišnje)	
		Gorivo ulje	Kameni ugljen	Gorivo ulje	Kameni ugljen
Goriva					
Kalorična moć [dol. vrij.]	kcal/kg	9600	7000	9600	7000
Cijena goriva	DM/t	93,70	84,0	93,70	84,0
Cijena topline	DM/10^6 kcal	9,76	12,0	9,76	12,0
Utrošak topline					
Generator	kcal/kWh	2110	2110	2310	2310
Prag	kcal/kWh	2230	2270	2430	2470
Električne veličine					
Generator	MW	100	100	100	100
Vlastiti potrošak	MW	5,5	7,0	5,1	6,5
Prag	MW	94,5	93,0	94,9	93,5
Prag	MWh	567,0	558,0	284,7	280,5
Troškovi investicija					
Izgradnja	10^6DM	40,9	49,0	39,5	47,8
Interkalar. kamati	10^6DM	3,3	3,9	3,2	3,8
Investicioni kapital	10^6DM	44,2	52,9	42,7	51,6

STUDIJSKI, LABORATORIJSKI I MJERNI RADOVI INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU U GODINI 1962.

I Osnutak i razvoj Instituta

Pojačana elektrifikacija Jugoslavije, koja se je nakon rata počela provoditi ubrzanim tempom, našla se — pored izgradnje — i pred problemima tehničke i ekonomske prirode, od kojih su neki bili posve specifični — domaći, za koje nisu postojala nikakova slična rješenja. U uslovima takove izgradnje i prelaskom na plansku izgradnju, zadaci se više nisu mogli rješavati od slučaja do slučaja, već ih je trebalo obrađivati i studijski rješavati po nekom određenom programu, u instituciji, koja bi se tim problemima stalno bavila i sav svoj budući rad usmjerila u tom pravcu.

U tu svrhu osnovan je 1948. u Zagrebu ogranak Instituta za elektroprivredu Ministarstva elektroprivrede FNR Jugoslavije sa zadatkom da se studijski bavi elektrotehničkim, termotehničkim i privrednim pitanjima u vezi s elektrifikacijom zemlje. Rad ovog institutskog ogranka tokom idućih godina stalno se je dalje razvijao i povećavao, tako da je početkom 1952. pretvoren u Institut za elektroprivredu, koji je najprije poslovao kao odjeljenje Generalne direkcije elektroprivrede NR Hrvatske, ali već u 1953. postaje samostalnom ustanovom.

Za vrijeme svog 10-godišnjeg rada, čiji jubilej će biti proslavljen ove godine, Institut se afirmirao u jugoslavenskim razmjerima i postigao vrlo zapažene rezultate. Pored stalne suradnje sa Zajednicom jugoslovenske elektroprivrede u Beogradu i Zajednicom elektroprivrede SR Hrvatske, koja mu je i osnivač, Institut je najuže povezan i s ostalim Zajednicama elektroprivrednih poduzeća drugih republika, kao i srodnim institutima u Beogradu i Ljubljani. Osim toga Institut je najuže povezan i s elektroindustrijom, brodogradnjom, crnom metalurgijom i ostalim granama privrede, s kojima osim elektroprivrede i energetike surađuje i na području elektrotehnike, toplinskog gospodarstva i sl.

II Program rada

Zadaci Instituta formulirani su ukratko kako slijedi:

a. da naučno obrađuje perspektivne i aktuelne probleme, te razvoj elektroprivrede i energetike, u koju svrhu:

   prikuplja, sređuje i proučava dokumentaciju o razvitku elektroprivrede i ispituje energetske baze i razvoj električnog konzuma i razrađuje raspored uređaja za proizvodnju, prijenos i razdiobu električne energije;

   rješava aktuelna pitanja za potrebe pogona i izgradnje elektroprivrednih postrojenja;

   surađuje s privrednim i ostalim organizacijama na rješavanju problema u vezi s domaćom proizvodnjom elektrotehničkog materijala;

   usavršava istraživačke metode;

b. da naučno, teoretski i eksperimentalno obrađuje energetske probleme, u koju svrhu:

   proučava i obrađuje korištenje domaćih energetskih izvora;

   proučava i obrađuje razvojnu primjenu energetskih procesa postrojenja i materijala;

c. da vrši usluge državnim organima i odgovarajućim organizacijama iz područja svog djelovanja, naročito:

   izrađuje stručne elaborate i ekspertize;

   razvija prototipne aparature i male serije specijalnih uređaja;

   sprovodi primopredajna, ispitna i kontrolna mjerenja;

   vrši savjetovanja kod rješavanja elektroprivrednih i energetskih problema u primjeni;

d. da izdaje stručni časopis »Energija«, te objavljuje studije, elaborate i stručne podatke, kao i ostale rezultate svog rada u stručnim časopisima;

e. da prati naučno-istraživačku djelatnost, te surađuje s odgovarajućim organizacijama u zemlji i inostranstvu.

U skladu s gornjim zadacima iz elektroenergetike u Institutu se prvenstveno rješavaju elektroprivredni zadaci, među kojima su najvažniji studiji elektroenergetskih osnova hidroelektrana, termoelektrana i nuklearnih elektrana, studij mreža visokog napona i razvodnih mreža, te proučavanje privredno-ekonomskih problema i statistike.

Na polju toplinske problematike Institut u prvom redu rješava probleme toplinskog gospodarenja, racionalizacije topline, toplinskih procesa, termoenergetskog bilanciranja, obavlja toplinska mjerenja u pogonima, razvija tehniku toplinskih mjerenja i vrši razna toplinska ispitivanja u vlastitom laboratoriju. Gotovo svi radni zadaci proizlaze iz neposrednih ili budućih potreba jugoslavenske termoenergetike koje često puta zahtijevaju najsmjelija rješenja.

Studij elektrotehničke i toplinske opreme obavlja se u Institutu proučavanjem primjene osnovne opreme raznih izvedbi u elektroprivredi, toplinskim izvorima i potrošačima, izradom tehničkih uvjeta, prijedlozima standardizacije i tipizacije, predlaganjem propisa za materijal, opremu, ispitivanje, mjerenje, po-

gonsko uzdržavanje i sl. Izvanredan porast količine i izbora ugrađene opreme u Jugoslaviji uvjetuje da rješenja nabrojenih zadataka postaju sastavnim dijelom normalnog funkcioniranja energetskih postrojenja.

Ispitivanja u energetskim pogonima, mjerenja u institutskim laboratorijima (visokonaponski, toplinski i slabostrujni) i rad na razvoju uređaja zaokružuju djelatnost Instituta i predstavljaju svakodnevnu vezu između energetskih postrojenja na terenu, proizvođača, potrošača, državnih elektroenergetskih inspekcija i naučnih ustanova s jedne strane i Instituta s druge strane. Ovo djelovanje obuhvaća niz raznovrsnih radova kao npr. od primopredajnih ispitivanja i puštanja u pogon energetskih postrojenja do laboratorijskih atestiranja instrumenata, materijala, naprava i razvoja raznih specijalnih uređaja.

III Organizacija

Rad Instituta vrši se preko organizacionih i radnih jedinica. Organizacione jedinice sastoje se od

a) Tehničkog sektora
b) Administrativno-financijskog sektora.

Tehnički sektor dijeli se na 9 radnih jedinica, koje u ekonomskom smislu imaju značaj ekonomskih jedinica. To su

I. Elektroenergetski sistemi
II. Prijenosne mreže
III. Distributivne mreže
IV. Termoenergetski sistemi
V. Toplinski laboratorij
VI. Laboratorij za visoki napon i jaku struju
VII. Laboratorij za slabu struju i elektroniku
VIII. Ekonomska pitanja, elektroprivreda i statistika
IX. Opća enegetika

Administrativno-financijski sektor sačinjavaju slijedeće radne jedinice:

1. Opći i kadrovski odsjek
2. Ekonomsko-financijski odsjek
3. Odsjek za dokumentaciju, biblioteku i izdavačku djelatnost.

IV Poslovanje

U skladu s opisanim djelokrugom rada Institut prima narudžbe za poslove studijskog, laboratorijskog, mjerno-pogonskog i razvojnog značaja od privrednih i industrijskih naručitelja iz svih krajeva SFR Jugoslavije, kao i od raznih državnih i društvenih ustanova, što je vidljivo iz Pregleda studijskih i drugih radova.

U Institutu se primjenjuju dva načina ugovaranja. Prvi je u obliku dugoročnih okvirnih ugovora — uglavnom petogodišnjih, gdje se Institut obavezuje da će stanovitu oblast problema obraditi u nizu raznih studija koje se i vremenski i tematski nadovezuju jedna na drugu. Unutar toga ugovorenog perioda nastaju tzv. »stalne teme« koje pružaju kompleksno i uvijek najnovije rješenje specijaliziranih problema. Na ovaj način je postignut ne samo optimum korisnih studijskih istraživanja, nego su i stečena i specifična iskustva koja Institut stavljaju u red najboljih instituta u zemlji. Ova iskustva su povećana i neprestanim kontaktima s najuglednijim stranim ustanovama i sličnim institutima, tako da Institut može uspješno rješavati sve zadatke iz svog područja rada.

Drugi dio ugovaranja je čisto klasičnog tipa i odnosi se na konkretan studijski zadatak, na mjerno ili laboratorijsko ispitivanje ili pak na izradu nekog prototipnog uređaja ili sl.

Ekonomsko-financijsku sliku za više godina poslovanja daje slijedeća tablica.

Godina	Službenici broj	Specifični bruto-produkt 1000 Din/službenik
1954.	74	738
1955.	90	688
1956.	87	614
1957.	86	788
1958.	86	1030
1959.	84	1580
1960.	97	1670
1961.	104	1650
1962.	96	2200

Osnovu kadra u Institutu čini tehničko osoblje sa slijedećom strukturom u godini 1962.

Inženjeri i diplomirani ekonomisti	32 %
Tehničari, crtači i kvalificirani radnici	38 %
Administrativno i ostalo osoblje	30 %

U Pregledu kratkih sadržaja objavljujemo sažetke većeg broja studijskih, mjernih i razvojnih radova objavljenih u godini 1962. Navedeni su samo veći ili važniji radovi, dok je izostavljen niz sitnijih, ali nimalo manje važnih ispitnih i drugih radova na terenu ili u laboratorijima, kao i niz radova stručnjaka Instituta na domaćim ili međunarodnim savjetovanjima, kongresima, konzultacijama, revizionim komisijama i sl.

Pregled kratkih sadržaja

Elektroenergetski sistemi

Analiza kontrole vodnih komora kod hidroelektrana
Ovisnost opterećenja termoelektrana o postotku hidroenergije u sistemu
Neki podaci za korištenje hidroelektrana na slivu Cetine
Tokovi energije među područjima Jugoslavije u godini 1980.
Optimalno vrijeme stupanja u pogon nove hidroelektrane u ovisnosti o razvoju konzuma
Pogon i izgradnja hidroelektrana i termoelektrana u kombiniranom elektroenergetskom sistemu
Valorizacija energije u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije
O strukturi proizvodnje električne energije u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije
Karakteristične veličine hidroelektrana
Usporedba energetske vrijednosti hidroelektrana na Trebišnjici s nekim drugim hidroelektranama
Elektroenergetske podloge za studij superponirane mreže FNR Jugooslavije
Korištenje hidroelektrane Vinodol
Eksploatacija hidroelektrane Gojak
Moguća proizvodnja HE Obrovac, HE Djale, HE Senj, HE Sklope i HE na Dravi
Korekturni faktori za određivanje iskoristivih protoka na osnovu srednjih mjesečnih protoka
Analitička i grafička metoda superpozicije krivulja vjerojatnosti

Mreže visokog napona

Perspektivna mreža 110 kV Bosne i Hercegovine
Kompenzacija jalovih snaga u mreži Hrvatske
Kompenzacija jalovih snaga na području Istre
Ispitivanje modela uzemljivača za stupove nadzemnih vodova
Statistika kvarova u mreži 110 kV i 220 kV u NR Hrvatskoj
Proračun raspodjele struja jednopolnog kratkog spoja u nadzemnim vodovima
Tropolni distantni kratki spoj
Rad lokatora jednopolnih kvarova na paralelnim i nehomogenim vodovima
Numeričke metode proračuna električnih mreža
Primjena meteoroloških podataka o brzini vjetra kod projektiranja dalekovoda
Metodologija proučavanja kratkog spoja
Ugrijavanje vodiča
Stanje veleprijenosa električne energije najvišim naponima u svijetu (iznad 220 kV)

Distributivne mreže

Osnovno rješenje elektrifikacije nacionalnog parka Plitvička jezera
Osnovno rješenje elektrifikacije srednje i južne Dalmacije
Granični parametri opreme rasklopnih uređaja u distributivnim mrežama NR Hrvatske
Perspektivna potrošnja električne energije u poljoprivredi na području istočne Slavonije i sjevernog dijela Bosne za period 1961—1965.
Vrlo tačna metoda modeliranja kontinuirano i diskontinuirano opterećenih zamkastih mreža na istosmjernom analizatoru
Osnovno rješenje mreže 35 (30) kV NR Hrvatske
Snage i struje kratkog spoja u distributivnoj mreži 35 (30) kV u NR Hrvatskoj

Termoenergetski sistemi

Termoenergetska ispitivanja u TE Kakanj
Ispitivanja rashladnih tornjeva u TE Zagreb
Bilance Željezare Sisak
Studija o unapređenju vođenja pogona u termoelektranama
Elaborat o normativnim specifičnim potrošcima u javnim termoelektranama
Minimalna opterećenja u termoelektranama
Ispitivanje napojne pumpe u TE Kakanj
Ispitivanje elektrofiltera bloka IV u TE Kakanj
Ispitivanje turboduvaljki u Željezari Zenica
Termoenergetski priručnik za termoelektrane
Termoenergetska ispitivanja TE Kolubara
Komparativna loženja na kotlovima u Termoelekrani Kakanj
Razni radovi

Opća energetika

Termopotencijal i bazeni Jugoslavije
Optimalno energetsko korišćenje zemnog plina na području NR Hrvatske
Zemni plin u energetskoj privredi NR Hrvatske
Optimalni razvoj elektrane Zagreb Zapad
Ugljen u energetskoj privredi Jugoslavije
Električna energija u razvoju energetske privrede NR Hrvatske

Ekonomska pitanja i statistika

Metodologija kalkulacije graničnih troškova u elektroprivredi za potrebe tarifiranja
Planiranje dugoročnog razvoja elektroprivrednog bruto-produkta
Usporedbeni prikaz razvoja elektroprivrede kod nas i u drugim zemljama Evrope
Suvremena tarifa električne energije
Međunarodna elektroprivredna usporedbena statistička analiza
Analiza strukture osnovnih sredstava i utjecaj vrijednosti osnovnih sredstava na cijenu električne energije u distribuciji

Laboratorij za visoki napon i jaku struju

Prijevozna ispitna stanica
Uređaj za ispitivanje releja
Uređaj za elektromehaničko ispitivanje izolatora
Ispitivanje elektrotehničke opreme
Ispitivanje za znak kvalitete
Ispitivanje odvodnika prenapona
Ispitivanje mjernih instrumenata, uređaja, releja i transformatora
Ispitivanje izolatora, kabela, izolacionih i instalacionih materijala

Laboratorij za slabu struju

Prijedlog rješenja i izvedbe uređaja za dojavu zaleđivanja dalekovoda
Fotoakustički stimulator
Razvoj elektroencefalografa

Laboratorij za toplinska mjerenja

Ispitivanje hladnjače za brodski teret M/B »Primorje«
Savremene metode ispitivanja toplinskih izolacija
Karta klimatskih zona FNRJ za potrebe građevinarstva
Shunt-dimnjaci
Shunt, ventilacioni kanali
Vlaga u drvetu
Elaborati o toplinskom ispitivanju toplinskih i akustičkih osobina zgrade i elemenata
Mjerenja i atesti

Izdavačka djelatnost Instituta

Analiza kontrole vodnih komora kod hidroelektrana

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Marijan Leskovar; dovršeno u ožujku 1962.

Razrađena je i objašnjena metoda EDF za proračun stepena s kojim određeno postrojenje opremljeno radnom komorom može sudjelovati u sekundarnom reguliranju snage i frekvencije, kod raznih visina svog opterećenja u permanentnom režimu. Na kraju su priložene upute za primjenu ove metode.

Opseg 25 strana.

Ovisnost opterećenja termoelektrana o postotku hidroenergije u sistemu

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Božo Udovičić; dovršeno u ožujku 1962.

Kod razmatranja prilika u elektroenergetskom sistemu dolazi se u situaciju da treba ili reducirati potrošnju ili graditi nove izvore. Pitanje je do koje granice treba vršiti redukcije, odnosno koliko treba graditi novih izvora da bi korist za navedenu privredu bila najveća. Optimalna korist ne može se tako jednostavno odrediti, jer ona ovisi o postotku hidroenergije u sistemu, o troškovima za gorivo, o investicijama, o potrošačima kod kojih se vrši redukcija itd.

U elaboratu je određeno angažiranje termoelektrana za različite udjele protočnih hidroelektrana u sistemu, te angažiranje termoelektrana (krivulje trajanja), za različite veličine redukcija kao i određivanje optimalne veličine izgradnje termoelektrana.

Opseg: 15 strana, 16 tablica, 183 slike.

Neki podaci za korišćenje hidroelektrana na slivu Cetine

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autori prof. dr ing. Hrvoje Požar, ing. Božo Udovičić (I dio) i ing. Vjekoslav Filipović (II dio); dovršeno: I dio u ožujku, a II dio u kolovozu 1962.

Elaborat se sastoji od dva dijela i to od prvog dijela koji je tretirao probleme dotoka, prognoze dotoka i energetsku vrijednost akumulacije, dok drugi dio elaborata, koji nosi naslov »Eksploatacija HE Split i HE Peruća« tretira način korištenja akumulacije Peruća i Prančevići, obzirom na njihovu udaljenost i volumene. U prvom dijelu elaborata na osnovu dnevnih podataka o protocima načinjene su kratkoročne prognoze dotoka koji mogu korisno poslužiti pri radu dispečerske službe.

Opseg: 78 strana, 8 tablica, 42 slike.

Tokovi energije među područjima Jugoslavije u godini 1980.

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, autori prof. dr ing. Hrvoje Požar i ing. Božo Udovičić; dovršeno u travnju 1962.

U skladu s elaboratima »Razvoj potrošnje električne energije u Jugoslaviji u daljnjoj budućnosti« i »O strukturi proizvodnje električne energije u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije« određena je teritorijalna raspodjela konzuma po konzumnim područjima i izvori po pojedinim područjima. Na osnovu manjka odnosno viška energije u pojedinim područjima nacrtani su tokovi energija uz uvjet da se iz područja s viškom električne energije pokriva manjak prvog susjednog područja itd. Ovaj elaborat može poslužiti kao osnova za sagledavanje superponirane mreže u budućnosti.

Opseg: 23 strane, 75 tablica, 9 slika.

Optimalno vrijeme stupanja u pogon nove hidroelektrane u ovisnosti o razvoju konzuma

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Božo Udovičić, dovršeno u svibnju 1962.

Opisan je izbor hidroelektrana s obzirom na hidrološke prilike i način njihova korištenja, te je određena njihova moguća proizvodnja. Razrađene su potrebe konzuma (za nekoliko veličina konzuma) te su određene kritične snage termoelektrana i preljevi u hidroelektranama. Svaka od promatranih novih hidroelektrana dodavana je postojećim hidroelektranama i analizirani su njeni utjecaji na prilike u elektroenergetskom sistemu. Osim navedene energetske usporedbe u elaboratu je vršena usporedba s obzirom na investicije i troškove. Usporedbom elektrana s obzirom na investicije, troškove i energetske karakteristike dolazi se do traženog rezultata kada je najpovoljniji momenat i koje elektrane da uđu u pogon.

Opseg: 24 strane, 47 tablica, 17 slika.

Pogon i izgradnja hidroelektrana i termoelektrana u kombiniranom elektroenergetskom sistemu

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor prof. dr ing. Hrvoje Požar; dovršeno u svibnju 1962.

Detaljno su razrađene karakteristike opterećenja u elektroenergetskom sistemu, osnovne karakteristike hidroelektrana i termoelektrana, te uloga elektrana u elektroenergetskom sistemu. Nadalje su razrađene metode za iskorištenje energije i snage iz hidroelektrana, te problem rezerve snage u elektroenergetskom sistemu. U jednom dijelu elaborata tretira se pitanje sigurnosti opskrbe potrošača. Veći dio elaborata obrađuje materiju hidroelektrana i to njihovu energetsku vrijednost, zatim način korištenja sezonskih akumulacija, te vezu između instalirane snage hidroelektrana i veličine akumulacionog bazena. Pri kraju govori se o vrijednosti gubitaka snage i energije u prijenosu i transformaciji, te općenito o opterećenju u elektroenergetskom sistemu.

Opseg: 303 strane, 33 tablice, 219 slika.

Valorizacija energije u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, autori ing. Jerko Jerić i prof. dr ing. Hrvoje Požar; dovršeno u srpnju 1962.

Prikazane su metode valorizacije električne energije, principi i načini određivanja vrijednosti električne energije u nekoliko zemalja. Razrađena je analitička i grafička metoda ispitivanja dnevnih dijagrama opterećenja za valorizaciju odnosa vrijednosti električne energije, te valorizacija odnosa vrijednosti između danje i noćne energije. Osim navedenoga razrađena je metoda za valorizaciju energije hidroelektrana s obzirom na garantiranu snagu i garantiranu energiju.

Opseg: 68 strana, 4 tablice, 32 slike.

O strukturi proizvodnje električne energije u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, autor prof. dr ing. Hrvoje Požar; dovršeno u kolovozu 1962.

Analizirani s međusobni odnosi hidroenergije i termoenergije za 1970. i 1975., dok su u 1980. i 1985. promatrani odnosi hidroenergije, termoenergije i energije iz nuklearnih elektrana. Uvijek se tražio najpovoljniji odnos, koji bi dao optimalno ekonomsko rješenje uz uzimanje u obzir potrebnih investicija i godišnjih troškova. U 1980. i 1985. razmatrane su alternative s nuklearnim elektranama i bez njih.

Opseg: 54 strane, 7 tablica, 85 slika.

Karakteristične veličine hidroelektrana

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Marijan Leskovar; dovršeno u listopadu 1962.

Ovaj rad treba dati samo neku vrstu direktnog pregleda, koji ne može biti iscrpljiv i kao takav treba upozoriti na aktuelno stanje i smjernice, čije će poznavanje biti korisno kod studija, planiranja i projektiranja u području izgradnje vodnih snaga.

Opseg: 35 strana.

Usporedba energetske vrijednosti hidroelektrana na Trebišnjici s nekim drugim hidroelektranama

Narudžba Hidroelektrane Trebišnjica, Trebinje, autor prof. dr ing. Hrvoje Požar; dovršeno u listopadu 1962.

Obuhvaćena je važnost vremenskog rasporeda moguće proizvodnje hidroelektrana te usporedba hidroelektrana prema specifičnim investicijama po kW i kWh. Zatim su energetske vrijednosti hidroelektrana na Trebišnjici uspoređene s nekim drugim elektranama i to jednom uz veću sigurnost opskrbe potrošača i drugi put uz manju sigurnost opskrbe potrošača.

Opseg: 32 strane, 10 tablica, 3 slike.

Elektroenergetske podloge za studij superponirane mreže FNR Jugoslavije

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, autori prof. dr ing. Hrvoje Požar i ing. Božo Udovičić; dovršeno u studenom 1962.

U principu se koriste iste metode kao i u prethodnom elaboratu »Superponirana mreža FNRJ (Elektroenergetske podloge)«, koji je izrađen u Institutu za elektroprivredu u godini 1959. Glavna je razlika između njih, što se u ovom elaboratu razmatraju prilike u Jugoslaviji na osnovu velikog broja konzumnih i proizvodnih područja i što je detaljnije izvršen izbor karakterističnih mjeseci. I jedna i druga promjena omogućit će sigurnije zaključivanje o potrebi izgradnje mreže. Osim toga posebno je analizirana potreba prijenosa između područja s velikom koncentracijom hidroenergije (južno, jadransko područje) i ostalih područja Jugoslavije, što će omogućiti bolje sagledanje potreba izgradnje vodova iz tog naročito suficitnog područja.

Opseg: 41 strana, 190 tablica, 30 slika.

Korištenje hidroelektrane Vinodol

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autori prof. dr ing. Hrvoje Požar i ing. Juraj Keglević; dovršeno u studenom 1962.

Elaborat sadrži krivulje vjerojatnosti protoka za sve mjesece u godini, te krivulje opadanja protoka za pet godišnjih razdoblja za Ličanku, Lokvarku i Križ-potok. Pored toga utvrđena je ovisnost veličine preljeva Ličanke o načinu korištenja akumulacije Bajer i cijelog postrojenja. Na kraju su određene mogućnosti smanjenja preljeva Križ-potoka izgradnjom akumulacije ili povećanjem instalirane snage pumpne stanice Križ.

Opseg: 22 strane, 9 tablica, 52 slike.

Eksploatacija hidroelektrane Gojak

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autori prof. dr. ing. Hrvoje Požar i ing. Božo Udovičić; dovršeno u prosincu 1962.

Da bi se mogla ocijeniti pojava dotoka rijeke Zagorske Mrežnice i Ogoulinske Dobre, prvi dio elaborata sadrži krivulje vjerojatnosti srednjih dekadnih protoka za navedene rijeke, dok drugi dio elaborata sadrži krivulje opadanja dnevnih protoka navedenih rijeka i to za nekoliko razdoblja unutar godine. Krivulje opadanja dnevnih protoka omogućit će kratkoročna predviđanja protoka za razdoblje kada nema oborina. U trećem dijelu elaborata tretirano je pitanje mogućnosti eksploatacije hidroelektrane Gojak s obzirom na mogućnost koncentracije proizvodnje u satima velikih opterećenja.

Opseg: 20 strana, 2 tablice, 28 slika.

Moguća proizvodnja HE Obrovac, HE Djale, HE Senj, HE Sklope i HE na Dravi

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autori prof. dr ing. Hrvoje Požar i ing. Božo Udovičić, dovršeno u prosincu 1962.

Moguća proizvodnja hidroelektrana Obrovca, Djala, Sklopa, Senja i hidroelektrana na Dravi obrađena je na isti način i u istom opsegu kao što su obrađene hidroelektrane u elaboratu »Moguća proizvodnja hidroelektrana Jugoslavije« izrađenog u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu 1960.

Opseg: 2 strane, 34 tablice, 16 slika.

Korekturni faktori za određivanje iskoristivih protoka na osnovu srednjih mjesečnih protoka

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor prof. dr ing. Hrvoje Požar; dovršeno u prosincu 1962.

Prikazana je ovisnost korekcionog faktora o veličini izgradnje hidroelektrane i korištenje korekcionog faktora za određivanje iskoristivog protoka za protočnu hidroelektranu. Za akumulacionu hidroelektranu i za hidroelektrane s utjecajem akumulacije određeni su korekcioni faktori za različite veličine akumulacija, te su nacrtane krivulje za određivanje korekcionog faktora i maksimalno potrebne akumulacije za rijeku Cetinu.

Opseg: 40 strana, 9 tablica, 25 slika.

Analitička i grafička metoda superpozicije krivulja vjerojatnosti

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Jerko Jerić; dovršeno u prosincu 1962.

U ovom elaboratu pokušano je da se ukaže na metode statističke matematike, pomoću kojih se mogu sumirati i superponirati krivulje trajanja, i da se teoretske postavke i izvodi iz ovog naučnog područja objasne primjenom na konkretnim praktičnim primjerima.

S obzirom na praktični karakter i cilj ove studije pretpostavlja se da su osnovni elementi iz matematske statistike dovoljno poznati i zbog toga se u tekstu navode samo gotove potrebne jednadžbe i izrazi bez izvoda i dokaza, ali s naznakom literature, gdje se mogu naći detaljna objašnjenja.

Opseg: 115 strana teksta i tablica, 20 slika.

Mreže visokog napona

Perspektivna mreža 110 kV Bosne i Hercegovine

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Bosne i Hercegovine, autor ing. Boris Markovčić; dovršeno u kolovozu 1962.

Elaborat je rađen prema jedinstvenom projektnom zadatku Zajednice jugoslavenske elektroprivrede na bazi okvirnog konzuma i elektrana danih u elaboratu »Superponirana mreža Jugoslavije«.

Kako bi se dobila solidna podloga za daljnje planiranje, najprije su sređeni podaci o potrošnji električne energije ranijih godina. Na temelju dosadašnjeg razvoja i postojećeg stanja, a prema okvirima spomenutog elaborata planiran je perspektivni konzum. On je obrađen u dvije varijante uz

pretpostavku bržeg i laganijeg porasta potreba velikih potroša'a.

Teritorij Bosne i Hercegovine podijeljen je na 4 elektroenergetska rajona i 20 konzumnih područja, imajući u vidu područja budućih transformatorskih stanica 110/35 kV. Na temelju energetskih podloga za svako je konzumno područje utvrđena potrebna godišnja energija i odgovarajuća maksimalna snaga, kako bi se utvrdilo opterećenje pripadne pojne tačke 110/35 kV.

Obrada je vršena za dva razdoblja i to po godinama do 1965. detaljno, a za 1967. i 1970. informativno.

Oblikovanje i prijedlog konfiguracije perspektivne mreže 110 kV bio je glavni zadatak cijelog rada. Pojedine varijante mreže za različita pogonska stanja provjeravane su i ispitivane na modelu mreže. Ispitivanja su vršena na mrežama analizatora Instituta »Nikola Tesla« u Beogradu. Na temelju rezultata ispitivanja i provedenih analiza predložene su za svaku promatranu godinu transformatorske stanice 110/35 kV i 220/110 i vodovi 110 kV. S gledišta mreža 110 kV obrađen je također problem kompenzacije i gubitaka u mreži.

Na kraju elaborata dan je pregled novih objekata, s potrebnim investicijama.

Opseg: 120 strana teksta, 42 tablice, 70 crteža, 66 strana analizatorskih mjerenja.

Kompenzacija jalovih snaga u mreži Hrvatske

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Boris Markovčić; dovršeno u prosincu 1962.

Stalno praćenje jalovih snaga neophodno je za planiranje prilika u sistemu i blagovremenog osiguranja potrebnih izvora jalove snage. Budući da je područje Slavonije već bilo obrađeno u prethodnom elaboratu, obrada se ograničila na područja sjeverozapadne Hrvatske, Primorja i Dalmacije. Za svako od ovih područja obrađeni su odgovarajući faktori snage za 1958, 1959. i 1961. iz velikog niza podataka. Za 1961. su za tri radna dana konstruirani tokovi djelatne i jalove snage, te je iz tih podataka određen faktor snage za jutarnja i večernja opterećenja pojedinih stanica 110/30 kV.

Uz pretpostavku, da će odnos djelatnih i jalovih snaga ostati isti, utvrđena je maksimalno potrebna jalova snaga do 1965. po stanicama 110/35 kV i proanaliziran utjecaj mreže 110 kV. Na temelju rezultata ove analize utvrđena je potreba izvora jalove snage.

Opseg rada: 26 strana teksta, 23 tablice, 17 crteža.

Kompenzacija jalovih snaga na području Istre

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Boris Markovčić; dovršeno u svibnju 1962.

Visokonaponska mreža Istre krajnji je zapadni dio elektroenergetskog sistema Hrvatske. Kako u slijedećih nekoliko godina nema izgleda da mreža Istre dobije jaču potpornu tačku, neophodno je izvršiti kompenzaciju jalove snage u prvome redu zbog održavanja napona, kako ne bi pao ispod tehničkog minimuma i ugrozio potrošnju.

Na temelju sakupljene dokumentacije proanalizirane su postojeće prilike u mreži 110 kV i 30 kV i prilike koje će nastati predviđenim porastom konzuma. Kod toga su uzimane u obzir također prilike u mreži Hrvatskog i Slovenskog primorja.

Navedenim analizama dobiven je uvid u potrebne snage i lokaciju kompenzacionih uređaja do 1965. Utvrđeno je da bi trebalo ugraditi u područje Pule 11 MVAr, u područje Raše 7 MVAr, a u područje Buja 5 MVAr snage kondenzatora.

Opseg: 18 strana teksta i 22 crteža.

Ispitivanje modela uzemljivača za stupove nadzemnih vodova

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autori prof. ing. Božidar Stefanini i ing. Željko Zlatar; dovršeno u prosincu 1962.

Dani su rezultati ispitivanja uzemljivača s potencijalnom branom za stupove nadzemnih vodova i bez te brane.

U prvom dijelu ispitivanja ispitano je 7 oblika uzemljivača (1 prsten, 2 prstena, prstena, 1 prsten sa 4 zrake po 15 m i 25 m, 2 prstena sa 4 zrake po 15 m i 3 prstena sa 4 zrake po 55 m). Opseg ispitivanja je snimanje ekvipotencijalnih linija na površini i mjerenje otpora uzemljenja. Prema tim ispitivanjima su izrađene krivulje potencijala, napona koraka i geometrijskog otpora uzemljenja.

U drugom dijelu ispitivanja ispitana je potencijalna brana za cestu s uzemljivačem u obliku prstena. Opseg ispitivanja bilo je snimanje ekvipotencijalnih linija na cesti za razne udaljenosti brane od uzemljivača i za brane s obje strane ceste ili samo s jedne strane ceste. Prema izvršenim ispitivanjima izrađene su krivulje potencijala i napona koraka za smjer kretanja okomito na branu.

Opseg: 14 strana teksta, 2 tablice, 59 slika.

Statistika kvarova u mreži 110 kV i 220 kV u NR Hrvatskoj

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Željko Zlatar; dovršeno u rujnu 1962.

Predložen je oblik statistike kvarova i smetnji u mreži 110 kV i 220 kV u NR Hrvatskoj te njen način vođenja za vodove, transformatore i generatore. Kod izrade statistike oslanjalo se na dosadašnja iskustva i zahtjeve Studijskog komiteta za zaštitu i releje CIGRE.

Statistika je izrađena u obliku tablice s potrebnim uputama, definicijama i objašnjenjima.

Kvarovi se ocjenjuju po mjestu, uzroku, broju pogođenih faza, trajanju i posljedicama na pogon. Smetnje se ocjenjuju po uzroku, mjestu i posljedicama na pogon. Prilikom ocjenjivanja kvarova i smetnji ocjenjuje se i ponašanje električnih zaštitnih uređaja.

Opseg: 49 strana, 18 tablica, 1 slika.

Proračun raspodjele struja jednopolnog kratkog spoja u nadzemnim vodovima

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Miroslav Jung; dovršeno lipnja 1962.

Radi proračuna induktivnog utjecaja struja jednopolnog kratkog spoja, u elektroenergetskim mrežama visokog napona s kruto uzemljenim zvjezdištem, na telekomunikacione linije, potrebno je poznavati raspodjelu spomenutih struja, kod određenog pogonskog stanja mreže, u ovisnosti o mjestu kvara na nadzemnom vodu. Kako rezultati proračuna kratkog spoja u perspektivnim mrežama redovito sadrže samo raspodjelu struja kod tropolnih i jednopolnih kvarova u čvorištima mreže, a detaljnija se razrada ne može smatrati rentabilnom, to je na ovom mjestu izložen postupak za proračun spomenute raspodjele za bilo koje mjesto kvara u mreži, na bazi uobičajenih rezultata proračuna raspodjele struja kratkog spoja u čvorištima mreže.

Primjenom predloženog postupka može se naknadno proračunavati raspodjela struja kvara u bilo kojoj tački mreže, pa se on može koristiti i šire, npr. kod studija prijelaznog otpora uzemljenja stupova ili izbora zaštitnog užeta. Što više, njegovom primjenom mogu se uvažiti i eventualne manje naknadne promjene u konfiguraciji mreže ili u konstantama njezinih elemenata.

Opseg: 21 strana, 8 tablica, 9 slika.

Tropolni distantni kratki spoj

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Miroslav Jung; dovršeno lipnja 1962.

U posljednja dva decenija prodire sve više u elektrotehničku praksu saznanje, da za pravilan izbor i korištenje sklopaka u elektroenergetskim mrežama visokog napona ni-

je dovoljno poznavati samo rasklopne snage, već i oblik povratnog napona, koji se javlja neposredno po isključivanju struja kratkog spoja. Prijelaz od neznatnog napona luka na puni pogonski napon odvija se, uslijed utjecaja induktiviteta i kapaciteta mreže, u obliku visokofrekventnih oscilacija koje se superponiraju induciranom naponu. U prilogu su opisane okolnosti pod kojima može doći do težih uvjeta iskopčanja struja jednopolnih i tropolnih kvarova, kada oni nastupe negdje na prvim kilometrima nadzemnog voda (distantni kvarovi), a u odnosu na uvjete iskopčanja istih struja kod kvarova neposredno na početku voda. Najteži uvjeti javljaju se kod distantnih tropolnih kratkih spojeva, bez spoja sa zemljom na mjestu kvara, ali bi s obzirom na vjerojatnost pojave ovakvih kvarova, dimenzioniranje sklopaka na te uvjete bilo neekonomično.

Opseg: 20 strana, 6 slika.

Rad lokatora jednopolnih kvarova na paralelnim i nehomogenim vodovima

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Miroslav Jung; dovršeno prosinca 1962.

Naše mreže 110 i 220 kV su simetrične trofazne električne mreže, s kruto uzemljenim zvjezdištem. Od jednopolnih kvarova one su zaštićene sklopkama s jednopolnim ponovnim uključivanjem, a za određivanje mjesta kvara u njih su ugrađeni lokatori jednopolnih kvarova francuske proizvodnje. Lokatori se sastoje od voltmetra i ampermetra s povlačnim kazaljkama, pa se udaljenost mjesta kvara na jednostrukim homogenim vodovima određuje iz smjera njihovih otklona pomnoženim s omjerom pripadnih konstanata mjernih transformatora.

Kod paralelno vođenih vodova i nehomogenih vodova, vodova koji nisu u cijeloj svojoj dužini izvedeni jednoliko ili imaju priključene otcjepe, odnosi nisu više tako jednostavni. Elaborat je, prikazao, kako se i u takvim slučajevima mogu izvesti izrazi za proračun udaljenosti mjesta kvara na temelju pokazivanja ugrađenih instrumenata. Posebno je na primjeru obrađen slučaj voda 220 kV Zagreb – Brinje – Split.

Opseg: 48 strana, 4 slike.

Numeričke metode proračuna električnih mreža

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Srđan Babić; dovršeno ožujka 1962.

Za potrebe proračuna električnih mreža razvijene su i koriste se različite numeričke metode. Ovaj elaborat sakupio je i prikazao na jednom mjestu osnovne pretpostavke i način upotrebe pojedinih metoda. U tom poglavlju prikazane su metode rješavanja mreža pomoću jednadžbi, redukcije mreže i obilaženja strujama. U poglavlju metoda rješavanja pomoću jednadžbe prikazana je metoda struja zamki i njezino rješavanje pomoću determinanata i matrica, te metoda napona čvorišta i njezino rješavanje pomoću sistematske eliminacije, postepenog približavanja i matrica. U poglavlju rješavanja redukcijom prikazani su teoremi eliminacije čvorišta i transfiguracije trokut-zvijezda, te metode otpora, jediničnih veličina, reduciranih admitancija kao i vlastitih međusobnih padova. U poglavlju metode obilaženja strujama prikazana je njezina upotreba na nesimetrične trofazne sisteme. Na kraju je dana usporedba pojedinih metoda i navedena korištena literatura.

Opseg: 89 strana.

Primjena meteoroloških podataka o brzini vjetra kod projektiranja dalekovoda

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Boris Markovčić; dovršeno u lipnju 1962.

Elaboratima izrađenim u prethodnim godinama meteorološki su stručnjaci dali podatke o brzinama vjetra na području Hrvatske i razradili metodu pretvaranja brzina izraženih u Beaufortima u brzine u m/sek. U ovom su pak elaboratu preanalizirani rezultati navedenih prethodnih radova u pogledu mogućnosti njihove primjene u okviru postojećih propisa za gradnju nadzemnih vodova. Ispitana su vjerojatna odstupanja maksimalnih udara vjetra od srednjih maksimalnih brzina, te mogućnost primjene opažene brzine vjetra u Beaufortima preračunate predloženim metodama meteorologa.

Konstatirano je, da se iz raspoloživih podataka o brzinama vjetra u Beaufortima ne mogu dobiti dovoljno tačni podaci za utvrđivanje pritiska vjetra na dalekovode, već oni mogu služiti samo orijentaciono.

Opseg: 15 strana teksta, 7 tablica, 17 crteža.

Metodologija proučavanja kratkog spoja

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, autor ing. Miroslav Jung; dovršeno srpnja 1962.

Izložene su metode proračuna kratkog spoja prema važećim američkim i njemačkim propisima, zatim problematika izbora konfiguracije mreža koju spomenuti propisi ne tretiraju, učinjen je prijedlog za postupke u našim mrežama, te je ukazano na probleme koji iziskuju dalja istraživanja.

Nakon kraćeg prikaza povijesnog razvoja, prikazan je današnji način proračuna prema propisima ASA C 37.5 – 1953. i VDE 0670/1. 1954., kao i prema prijedlogu za izmjenu američkih propisa.. Usporedba postupaka, aproksimativnosti pretpostavki, tačnosti rezultata i prikladnosti upotrebe pojedinih postupaka ilustrirana je na konkretnim primjerima u tekstu i prilozima. Pri tom je prikazan i primjerima ilustriran proračun raznih vrsta kratkih spojeva, na različitim mjestima u mreži, i za različita trajanja kvara.

Dalje su prikazani: način prikupljanja i procjene osnovnih podataka za izvršenje proračuna; računske, analogne i digitalne metode, kao i metode mjerenja kratkog spoja na živoj mreži; utjecaj sheme spoja mreže, različitih unutarnjih i vanjskih otpora, te uzbude i zasićenja generatora, kao i pojedinih sredstava za ograničenje struja kratkog spoja na iznose struja i napona u mreži kod različitih kvarova.

Posebno poglavlje posvećeno je metodologiji izbora karakterističnih pogonskih stanja mreže s obzirom na svrhu proračuna, uvrštenje generatora u hidroelektranama i termoelektranama, kao i povezanost mreža različitih napona odnosno izbor točaka za izvedbu uzemljenja zvjezdišta mreža. Pored toga posebno su razmotrene veličine koje treba odrediti prilikom izvršenja proračunavanja eventualnih manjih promjena u konfiguraciji i karakterističnim veličinama pojedinih elemenata mreže.

Opseg: 141 strana, 12 slika.

Ugrijavanje vodiča

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, autor ing. Boris Markovčić; dovršeno listopada 1962.

Budući da se prema jugoslavenskim propisima provjesi vodiča dalekovoda računaju pod pretpostavkom maksimalne temperature od 40° C, a strujna opterećenja mogu izazvati i daleko više temperature, trebalo je istražiti da li kod gradnje dalekovoda treba to povišenje uzeti u obzir.

Najprije su proračunana povećanja provjesa vodiča uslijed povećane temperature, a zatim je ispitano povećanje investicija koje bi izazvala potreba povišenja stupova zbog povećanih provjesa. Međutim, kako nije svejedno kolika su i koliko su česta preopterećenja vodova, istražena su na temelju postojećih pogonskih podataka i mjerenja perspektivnih opterećenja na modelu mreže, opterećenja s kojima treba računati.

Na temelju navedenih analiza predloženo je da se ne povećava pretpostavljena maksimalna računska temperatura od 40° C, već da se kod vodova gdje se očekuju naročito velika zagrijavanja vodiča računa s maksimalnom temperaturom od 60° C.

Radi ilustracije dan je i pregled stranih propisa, a dotaknut je također i problem spojeva u prvome redu onih koji su izvedeni strujnim stezaljkama.

Opseg: 26 strana teksta, 20 crteža.

Stanje veleprijenosa električne energije najvišim naponima u svijetu (iznad 220 kV)

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Boris Markovčić; dovršeno listopada 1962.

Tehnika prijenosa najvišim naponima stajala je 30 godina na najvišem naponskom nivou od 220 kV, kad je 1952. učinjen daljnji skok na naponski nivo 380 kV. Prikazan je razvoj mreža najvišeg napona (iznad 220 kV) u posljednjih 10 godina u svijetu. Najprije je dan opći osvrt na pitanje najviših napona, a zatim su po državama Evrope i prekomorskih zemalja prikazani vodovi i mreže najviših napona kao i njihovi planovi razvoja. Na kraju je navedena obilna literatura.

Opseg: 45 strana teksta, 11 slika.

Distributivne mreže

Osnovno rješenje elektrifikacije Nacionalnog parka Plitvička jezera

Narudžba Uprave nacionalnog parka Plitvička jezera, Plitv. Leskovac, autor ing. Ivan Janić; dovršeno u svibnju 1962.

Dano je idejno rješenje elektrifikacije područja Nacionalnog parka Plitvička jezera.

Najprije je za područje Nacionalnog parka provedena analiza razvoja turizma i sadašnje stanje elektrifikacije i konzuma električne energije. Zatim je analiziran perspektivni konzum posebno za široku potrošnju, a posebno za ostale potrošače, te oblikovana i dimenzionirana visokonaponska mreža.

Izrađen je aproksimativni troškovnik za novu visokonaponsku mrežu unutar Nacionalnog parka kao i za dovod električne energije za potrebe Nacionalnog parka.

Opseg: 56 strana, 8 tablica, 20 slika.

Osnovno rješenje elektrifikacije srednje i južne Dalmacije

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Vladimir Štengl; dovršeno u srpnju 1962.

Određeno je rješenje perspektivne visokonaponske distributivne mreže na području srednje i južne Dalmacije, u granicama kotara Split, Makarska i Dubrovnik prema administrativnoj podjeli iz 1958.

Rješenje mreže razrađeno je za 100%-tnu elektrifikaciju svih naselja, uključivši i povezivanje otoka s mrežom na kopnu, i za dugoročni budući razvoj konzuma od oko 30 godina. U obradi rješenja mreže težište je stavljeno na oblikovanje i dimenzioniranje distributivne mreže 35 (30) kV i 10 kV, koje je i detaljnije dokumentirano. Mreža 110 kV rješavana je samo u granicama regionalnih potreba distributivne mreže, i samo kao dopuna već poznatim širim planovima razvoja te mreže.

Uz konačno stanje te mreže, u elaboratu je dan i kraći pregled etapne izgradnje mreže do 1965. i 1970. Osim aktuelnih potreba širenja mreže pri tome je pretpostavljeno, da će osnovna elektrifikacija svih naselja biti provedena do 1970. Za obje etape izgradnje mreže dan je pregled grubih investicionih troškova.

Opseg: 134 strana, 40 tablica, 85 slika.

Granični parametri opreme rasklopnih uređaja u distributivnim mrežama NR Hrvatske

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Miroslav Balling; dovršeno u listopadu 1962.

Na temelju planova perspektivnih mreža NR Hrvatske određeni su granični parametri rasklopnih uređaja: sklopaka, rastavljača, strujnih transformatora, potpornih i provodnih izolatora, i kabela. Granični parametri određeni su sa stanovišta snaga u pogonu i snaga kratkog spoja koje se očekuju u budućim mrežama.

Rezultati elaborata služit će projektantima rasklopnih uređaja kao orijentacija i podloga za izbor opreme, a elektroindustriji kao pokazatelj za popunu asortimana njenih proizvoda.

Opseg: 61 strana, 3 priloga, 27 slika.

Perspektivna potrošnja električne energije u poljoprivredi na području istočne Slavonije i sjevernog dijela Bosne za period 1961 — 1965.

Narudžba Instituta »Nikola Tesla«, Beograd, autor ing. Ivan Janić; dovršeno u studenom 1962.

Analizirana je perspektivna potrošnja električne energije u poljoprivredi na području istočne Slavonije i sjevernog dijela Bosne za period 1961—1965. godine. Elaborat je izrađen na temelju podloga za melioracije, krupna socijalistička gospodarstva i industriju u poljoprivredi dobivenih od naručioca.

Energetski prikaz je dan posebno za četiri glavne kategorije potrošača električne energije u poljoprivredi: za navodnjavanje, odvodnjavanje, krupna socijalistička gospodarstva i industriju u poljoprivredi.

Na kraju je prikazana mogućnost napajanja električnom energijom, a također je naveden gorubi predračun potrebnih investicija za izgradnju električne mreže za potrebe poljoprivrede do 1965.

Opseg: 20 strana, 15 tablica, 2 slike.

Vrlo tačna metoda modeliranja kontinuirano i diskontinuirano opterećenih zamkastih mreža na istosmjernom analizatoru

Narudžba Saveznog fonda za naučni rad, Beograd, autor ing. Marijan Brezinšćak; dovršeno u studenom 1962.

Obrađene su metode modeliranja niskonaponskih zamkastih mreža na istosmjernom analizatoru, s osloncem na teoretski i eksperimentalan rad izvršen tokom više godina u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu.

Dana je kritička ocjena poznatih metoda modeliranja, da bi se na osnovu uočenih nedostataka i pogreški pojedine metode razvila potpuno nova, tačnija metoda modeliranja.

Uz teoretsku obradu nove metode modeliranja navedeni su i rezultati njene primjene na konkretnom primjeru, te usporedba s analognim rezultatima, dobivenim primjenom drugih, tzv. »klasičnih« metoda modeliranja.

Elaborat sadrži i razmatranja o mogućnostima modeliranja zamkastih vodovodnih mreža na istosmjernom analizatoru te predlaže načela za modeliranje takvih problema.

Opseg: 176 stranica, 83 slike.

Osnovno rješenje mreže 35 (30) kV NR Hrvatske

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autori ing. Ivan Janić, ing. Vladimir Štengl, tehn. Krešimir Španiček; dovršeno u prosincu 1962.

Na osnovu niza radova u kojima su obrađena parcijalna rješenja elektrifikacije pojedinih područja NR Hrvatske izrađeno je sumarno rješenje elektrifikacije cijelog njenog područja. Pojedina parcijalna rješenja međusobno su usklađena i aktualizirana, kako u pogledu energetskih osnova, tako i u pogledu samog rješenja mreže.

Pobliže je obrađena distributivna mreža 45 (40) kV za potpunu elektrifikaciju svih naselja u NR Hrvatskoj i za stanje konzuma u daljoj budućnosti. Polazeći od užih, regionalnih zahtjeva distributivne mreže, obrađeno je i odgovarajuće načelno rješenje mreže 110 kV, kao orijentacija za detaljniji studij te mreže.

Priložene su dvije pregledne karte postojeće i buduće distributivne mreže u mjerilu 1 : 200.000.

Opseg: 127 strana, 30 tablica, 19 slika.

Snage i struje kratkog spoja u distributivnoj mreži 35 (30) kV u NR Hrvatskoj

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Vladimir Štengl; dovršeno u prosincu 1962.

Proračunane su struje i snage kratkog spoja u distributivnoj mreži 35 (30) kV NR Hrvatske, za stanje mreže oko godine 1965. i za stanje u daljoj budućnosti. Proračun se oslanja na rezultate sličnih radova za mrežu 110 kV, kao i na planove razvoja distributivne mreže, koji su izrađeni također u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu.

Za svaki objekt distributivne mreže 35 (30) kV tj. za sabirnice 35 (30) kV u stanicama 110/35 (30) kV te za sabirnice 35 (30) i 10 kV u stanicama 35 (30)10 kV, proračunane su: udarna struja kratkog spoja, početna vrijednost i trajna vrijednost snage kratkog spoja. Proračun je izveden samo za simetričan kratki spoj.

Rezultati proračuna služit će projektantima kao osnova za kontrolu naprezanja postojećih uređaja u mreži kao i za dimenzioniranje novih postrojenja distributivne mreže.

Opseg: 19 strana, 2 tablice, 33 slike.

Termoenergetski sistemi

Termoenergetska ispitivanja u TE Kakanj

Narudžba TE Kakanj, Čatići, autori ing. Stjepan Ivančić, ing. Mira Jeras, ing. Zdenko Selanec.

Rad obuhvaća kompleksna ispitivanja postrojenja elektrane, te energetske bilance. Na temelju ovih radova utvrđene su optimalne sprege i optimalna raspodjela opterećenja na osnovne jedinice. Ovaj rad daje detaljan uvid u rad elektrane, te dobiveni rezultati služe i kao osnova za određivanje normativa.

Ispitivanje rashladnih tornjeva u TE Zagreb

Narudžba TE Zagreb, autori ing. Vlado Feuerbach, tehn. Slavko Harapin.

Izvršen je niz ispitivanja uz promjenljivo hidrauličko opterećenje i različite meteorološke prilike. Rezultati ispitivanja razrađeni su pregledno u tablicama i dijagonalama, a u ovisnosti o promjeni meteoroloških prilika i protočnih količina. Elaborat pruža uvid u dobrotu rada tornjeva, te daje potrebne podatke, na bazi kojih bi se dala provesti eventualna poboljšanja.

Opseg: 85 strana.

Bilance Željezare Sisak

Narudžba Željezare Sisak, autori ing. Zdenko Selanec, ing. Hrvoje Brkić.

Željezari Sisak predstoji daljnji razvoj u obliku proširenja. S tim u vezi treba utvrditi i potrošak energetskih tekovina (para, komprimirani zrak, rashladna voda, električna energija, visokopećni plin itd.) koje će se trošiti nakon proširenja, kako bi se na bazi tih podataka moglo pristupiti projektiranju proširenja energetskih objekata.

Opseg: 170 strana.

Studija o unapređenju vođenja pogona u termoelektranama

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, Beograd, autor ing. Jakob Lucati.

U pogonu termoelektrana postoje izvjesni problemi, koji stvaraju poteškoće kao i problemi čije pravilno rješenje doprinosi povećanju pogonske sigurnosti i unapređenja ekonomije. Zajednica jugoslavenske elektroprivrede postavila je zadatak Institutu da navedene probleme razmotri i predloži odgovarajuća rješenja.

Poteškoće s obzirom na neusklađenost i neujednačenost kvaliteta ugljena, nedostaci današnje kontrole kvaliteta, prikaz savremenog skladištenja i bilanciranje skladišta;

metode pogonskog bilanciranja specifične potrošnje goriva i kontrola potrošnje pare;

metode određivanja normativa potrošnje topline i vlastite potrošnje;

pogonska kontrola izolacija cjevovoda i sudova.

Opseg: 110 strana.

Elaborat o normativnim specifičnim potroščima u javnim termoelektranama

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede Beograd, autori ing. Jakob Lucati, ing. Stjepan Ivančić.

Elaborat sadrži rezultate ispitivanja u pet javnih termoelektrana s normativnim osnovama specifičnog potroška goriva i vlastitog potroška s energetskim karakteristikama.

Opseg: 70 strana.

Minimalna opterećenja u termoelektranama

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Jakob Lucati.

Obrađuju se problemi minimalnih opterećenja i noćnih obustava termoelektrana. Prikazana je problematika s konstruktivno-tehničkog, pogonskog i ekonomskog stanovišta. Iznesena su iskustva i rezultati postignuti u drugim zemljama.

U izradi su konkretni prijedlozi za Termoelektranu »Jertovec« i TE-TO Zagreb.

Rad se nastavlja u godini 1963.

Ispitivanje napojne pumpe u TE Kakanj

Narudžba TE Kakanj, autor ing. Hrvoje Brkić.

Ispitivana je napojna centrifugalna pumpa kotla IV, koju pokreće protutlačna parna turbina. Ispitivanje je izvršeno kod različitih dobavnih količina i raznih brojeva okretaja, na bazi čega su dane karakteristike Q-H pri 2550, 2640, 2720 i 2970 okretaja u minuti.

Opseg: 61 strana.

Ispitivanje elektrofiltera bloka IV u TE Kakanj

Narudžba TE Kakanj, autor ing. Hrvoje Brkić.

Ispitivan je stepen otprašivanja elektrofiltera dimnih plinova bloka IV u TE Kakanj, da se provjere garantne veličine, koje je dao isporučilac. Rezultati ispitivanja i obračuna pokazuju da je stepen otprašivanja bio niži od garancijom predviđenog, međutim su i uslovi rada elektrofiltera tokom mjerenja bili drugačiji, nego je projektom bilo predviđeno.

Opseg: 48 strana.

Priložene su dvije pregledne karte postojeće i buduće distributivne mreže u mjerilu 1 : 200.000.

Opseg: 127 strana, 30 tablica, 19 slika.

Snage i struje kratkog spoja u distributivnoj mreži 35 (30) kV u NR Hrvatskoj

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Vladimir Štengl; dovršeno u prosincu 1962.

Proračunane su struje i snage kratkog spoja u distributivnoj mreži 35 (30) kV NR Hrvatske, za stanje mreže oko godine 1965. i za stanje u daljoj budućnosti. Proračun se oslanja na rezultate sličnih radova za mrežu 110 kV, kao i na planove razvoja distributivne mreže, koji su izrađeni također u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu.

Za svaki objekt distributivne mreže 35 (30) kV tj. za sabirnice 35 (30) kV u stanicama 110/35 (30) kV te za sabirnice 35 (30) i 10 kV u stanicama 35 (30)10 kV, proračunane su: udarna struja kratkog spoja, početna vrijednost i trajna vrijednost snage kratkog spoja. Proračun je izveden samo za simetričan kratki spoj.

Rezultati proračuna služit će projektantima kao osnova za kontrolu naprezanja postojećih uređaja u mreži kao i za dimenzioniranje novih postrojenja distributivne mreže.

Opseg: 19 strana, 2 tablice, 33 slike.

Termoenergetski sistemi

Termoenergetska ispitivanja u TE Kakanj

Narudžba TE Kakanj, Čatići, autori ing. Stjepan Ivančić, ing. Mira Jeras, ing. Zdenko Selanec.

Rad obuhvaća kompleksna ispitivanja postrojenja elektrane, te energetske bilance. Na temelju ovih radova utvrđene su optimalne sprege i optimalna raspodjela opterećenja na osnovne jedinice. Ovaj rad daje detaljan uvid u rad elektrane, te dobiveni rezultati služe i kao osnova za određivanje normativa.

Ispitivanje rashladnih tornjeva u TE Zagreb

Narudžba TE Zagreb, autori ing. Vlado Feuerbach, tehn. Slavko Harapin.

Izvršen je niz ispitivanja uz promjenljivo hidrauličko opterećenje i različite meteorološke prilike. Rezultati ispitivanja razrađeni su pregledno u tablicama i dijagonalama, a u ovisnosti o promjeni meteoroloških prilika i protočnih količina. Elaborat pruža uvid u dobrotu rada tornjeva, te daje potrebne podatke, na bazi kojih bi se dala provesti eventualna poboljšanja.

Opseg: 85 strana.

Bilance Željezare Sisak

Narudžba Željezare Sisak, autori ing. Zdenko Selanec, ing. Hrvoje Brkić.

Željezari Sisak predstoji daljnji razvoj u obliku proširenja. S tim u vezi treba utvrditi i potrošak energetskih tekovina (para, komprimirani zrak, rashladna voda, električna energija, visokopećni plin itd.) koje će se trošiti nakon proširenja, kako bi se na bazi tih podataka moglo pristupiti projektiranju proširenja energetskih objekata.

Opseg: 170 strana.

Studija o unapređenju vođenja pogona u termoelektranama

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, Beograd, autor ing. Jakob Lucati.

U pogonu termoelektrana postoje izvjesni problemi, koji stvaraju poteškoće kao i problemi čije pravilno rješenje doprinosi povećanju pogonske sigurnosti i unapređenja ekonomije. Zajednica jugoslavenske elektroprivrede postavila je zadatak Institutu da navedene probleme razmotri i predloži odgovarajuća rješenja.

Poteškoće s obzirom na neusklađenost i neujednačenost kvaliteta ugljena, nedostaci današnje kontrole kvaliteta, prikaz savremenog skladištenja i bilanciranje skladišta;

metode pogonskog bilanciranja specifične potrošnje goriva i kontrola potrošnje pare;

metode određivanja normativa potrošnje topline i vlastite potrošnje;

pogonska kontrola izolacija cjevovoda i sudova.

Opseg: 110 strana.

Elaborat o normativnim specifičnim potroščima u javnim termoelektranama

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede Beograd, autori ing. Jakob Lucati, ing. Stjepan Ivančić.

Elaborat sadrži rezultate ispitivanja u pet javnih termoelektrana s normativnim osnovama specifičnog potroška goriva i vlastitog potroška s energetskim karakteristikama.

Opseg: 70 strana.

Minimalna opterećenja u termoelektranama

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Jakob Lucati.

Obrađuju se problemi minimalnih opterećenja i noćnih obustava termoelektrana. Prikazana je problematika s konstruktivno-tehničkog, pogonskog i ekonomskog stanovišta. Iznesena su iskustva i rezultati postignuti u drugim zemljama.

U izradi su konkretni prijedlozi za Termoelektranu »Jertovec« i TE-TO Zagreb.

Rad se nastavlja u godini 1963.

Ispitivanje napojne pumpe u TE Kakanj

Narudžba TE Kakanj, autor ing. Hrvoje Brkić.

Ispitivana je napojna centrifugalna pumpa kotla IV, koju pokreće protutlačna parna turbina. Ispitivanje je izvršeno kod različitih dobavnih količina i raznih brojeva okretaja, na bazi čega su dane karakteristike Q-H pri 2550, 2640, 2720 i 2970 okretaja u minuti.

Opseg: 61 strana.

Ispitivanje elektrofiltera bloka IV u TE Kakanj

Narudžba TE Kakanj, autor ing. Hrvoje Brkić.

Ispitivan je stepen otprašivanja elektrofiltera dimnih plinova bloka IV u TE Kakanj, da se provjere garantne veličine, koje je dao isporučilac. Rezultati ispitivanja i obračuna pokazuju da je stepen otprašivanja bio niži od garancijom predviđenog, međutim su i uslovi rada elektrofiltera tokom mjerenja bili drugačiji, nego je projektom bilo predviđeno.

Opseg: 48 strana.

Ispitivanje turboduvaljki u Željezari Zenica

Narudžba Željezare Zenica, autor ing. Zdenko Selanec.

U vezi s proširenjem učina visokih peći trebalo je utvrditi kakovi su dobavni kapaciteti postojećih duvaljki za zrak pri raznim režimima pogona. U tu svrhu izvršena su potrebna ispitivanja, na temelju čega su izrađene karaktestike rada duvaljki pri raznim režimima pogona.

Opseg: 80 strana.

Termoenergetski priručnik za termoelektrane

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autori: kolektivni rad studijske grupe.

Ovaj priručnik sadrži materijal potreban za pogonsko osoblje termoelektrana.

Koncepcija priručnika je u obliku zbornika teoretskih i praktičnih podataka tablica i dijagrama, koji su potrebni u svakidašnjem radu.

Rad se nastavlja u godini 1963.

Termoenergetska ispitivanja TE Kolubara

Narudžba TE Kolubara, autori ing. Stjepan Ivančić, ing. Mira Jeras, ing. Zdenko Selanec.

Izvršena su garantna ispitivanja na jednom kotlu, turboagregatu 65 MW i jednom turboagregatu od 32 MW.

Nakon garantnih ispitivanja izvršena su kompleksna ispitivanja termoelektrane u cjelini kod različitih blokovskih i kotlovskih sprega. Na temelju ovih ispitivanja određen je normativ specifične potrošnje topline i vlastite potrošnje.

U pogonske svrhe izvedeni su dijagrami optimalnih sprega na temelju kojih se pogon može voditi pod optimalnim uvjetima.

Opseg: 200 strana.

Komparativna loženja na kotlovima u Termoelektrani Kakanj

Narudžba Termoelektrane Kakanj, autori ing. Kostadin Džinev, tehn. Slavko Harapin.

U cilju utvrđivanja podesnosti ugljena »Breza« izvršena su sistematska kontinuirana ispitivanja na kotlovima s dvije vrste ugljena. Mjerene su temperature u ložištu i u cijelom toku strujanja dimnih plinova. Analize dimnih plinova služile su za ocjenu kvaliteta sagorijevanja.

Opseg: 50 strana.

Razni radovi

Po narudžbi raznih industrijskih poduzeća i tvornica parnih kotlova izvršena su ispitivanja parnih kotlova u »Novoles«, Bugojno, »M. Badel«, »RIS«, Sremska Mitrovica, Zagrebačka tvornica papira, Tvornica ulja Zagreb, Županja, Peć, Beograd i dr.

Ispitivane su turbine u TE Jertovec i TE Zagreb. Za Tvornicu papira Rijeka izvršeno je preuzimanje turboagregata na ispitnoj stanici poduzeća Siemens.

Tijesnost kondenzatora ispitana je u TE Zagreb i TE-TO Zagreb.

Ispitivane su vibracije u Zagrebačkoj tvornici papira, a pogonske i kotlovske vode u Tvornici »RIS«, Zagrebačkoj tvornici papira i dr.

Nadalje su obavljena razna mjerenja i ispitivanje količine pare, baždareni su pogonski instrumenti i slično u industrijskim i elektroprivrednim poduzećima. Isto je tako bilo konzultacije o raznim termoenergetskim problemima, na zahtjev elektroprivrednih i industrijskih poduzeća.

Opća energetika

Termopotencijal i bazeni Jugoslavije

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede Beograd, autor ing. Ivo Jamnicki; dovešeno u studenom 1962.

Elaborat je izrađen za almanah o 15-godišnjici elektroprivrede Jugoslavije u izdanju »Privrednog pregleda« Beograd.

U elaboratu se navodi potencijal obnovljenih i iscrpljivih klasičnih termoenergetskih izvora Jugoslavije. Dani su podaci o potencijalu ugljenih zaliha po vrsti ugljena i bazenima uz razvrstavanje prema raspoloživosti na geološke, vanbilančne, bilančne i komercijalne, a po istraženosti na dokazane i vjerojatne zalihe.

Navode se podaci o eksploataciji glavnih izvora u posljednjim godinama i analizira odnos između današnje i buduće potražnje energije Jugoslavije prema raspoloživom energetskom potencijalu. Navodi se i predviđanje raspoloživosti termopotencijala za elektroprivredu te njegov utjecaj na usmjerivanje proizvodnje električne energije.

Priložen je aneks s razjašnjenjima o razvrstavanju zaliha ugljena i upotrebljenim oznakama i vrijednostima mjera.

Elaborat je u nešto skraćenom obliku objavljen u »Privrednom pregledu« Beograd.

Opseg: 32 strane, 5 tabelarnih pregleda.

Optimalno energetsko korišćenje zemnog plina na području NR Hrvtaske

Narudžba časopisa »Energija«, autor ing. Ivo Jamnicki; dovršeno u svibnju 1962.

Članak je izvod iz opširnih analiza vršenih u vezi s izradom studije »Zemni plin u energetskoj privredi NRH« i utvrđivanja najpovoljnijih korišćenja zemnog plina u SR Hrvatskoj.

Navode se podaci o energetskim izvorima i potražnji energije te o razvoju dosadašnje proizvodnje i korišćenja plina u NR Hrvatskoj, uz usporedbu s razvojem u ostalim zemljama. Iznose se faktori koji usmjeravaju pravilno korišćenje plina i daje se plan za razvoj njegovog korišćenja sve do kraja ovog stoljeća.

Ekonomija energetske upotrebe plina navodi se u usporedbi s upotrebom drugih goriva i električne energije i to u cjelini i pri korišćenju u domaćinstvu, komunalnoj potrošnji, na parnim kotlovima i industrijskim pećima. Upotreba plina za proizvodnju novih kemijskih proizvoda promatra se samo kvantitativno.

Članak je objavljen u časopisu »Energija« broj 9/10, 1962.

Opseg: 9 štampanih strana, 12 tablica, 4 slike, 8 dijagrama.

Zemni plin u energetskoj privredi NR Hrvatske

Narudžba Sekretarijata za industriju NR Hrvatske preko Instituta za naftu Zagreb, autor ing. Ivo Jamnicki, suradnici ing. Jakob Lucati, ing. V. Boranić, tehn. Dragutin Suppe; dovršeno u ožujku 1962.

Prikazuje se energetska situacija NR Hrvatske, njezin predvidivi razvoj, značaj zemnog plina i njegovo optimalno korišćenje.

Navode se energetski izvori NR Hrvatske, te današnja i predvidiva buduća potrošnja energije u NR Hrvatskoj, u ovisnosti o razvoju narodnog dohotka. Ukazuje se na siromaštvo vlastitih izvora i navode osnovne smjernice za osi-

guranje ekonomičnog podmirenja potražnje energije. U okviru ovih daje se prijedlog budućeg razvoja uključivo uvoza energije i njezine dobave nuklearnim putem.

Zemni plin ima danas malu ulogu u energetici NR Hrvatske; navode se faktori i smjernice za njegovo optimalno korištenje. Na osnovu ovih daje se prijedlog raspodjele plina na domaćinstva, komunalnu potrošnju, industrijske parne kotlove i peći, te za njegovu kemijsku preradu. Ekonomija energetske upotrebe plina navodi se u usporedbi s upotrebom drugih goriva te električne energije, i to u cjelini i pri korišćenju u pojedinim sektorima potrošnje. U okviru ekonomije iznose se i potrebne investicije, te vrijednost plina na izvoru kao i vrijednost za pojedine sektore potrošnje.

U aneksnoj studiji detaljno se analizira energetska i ekonomska korist od upotrebe plina u pojedinim sektorima potrošnje.

Opseg: osnovna studija 66 strana, 9 tablica; prilozi 10 dijagrama i nacrta; aneksna studija 64 strane, 20 tablica.

Ugljen u energetskoj privredi Jugoslavije

Narudžba Zveze strojnih inženirjev in tehnikov LR Slovenije, autor ing. Ivo Jamnicki; dovršeno u prosincu 1962.

Elaborat je izrađen kao prošireni referat na Savjetovanju o upotrebi niskokaloričnih ugljena u industriji i domaćinstvu, održanom u Celju dne 14. i 15. XII 1962. u organizaciji Zveze strojnih inženirjev in tehnikov LRS i Saveza mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Jugoslavije Beograd.

Elaborat prikazuje značaj ugljena u energetskoj privredi, energetski potencijal Jugoslavije i njegovu eksploataciju te potrošnju energije područja Jugoslavije. Navode se smjernice za razvoj energetske privrede te predviđanje razvoja potražnje energije i njezinog podmirenja do kraja ovog stoljeća. Daje se detaljni prikaz dosadašnje proizvodnje ugljena, te usmjeravanje buduće upotrebe i proizvodnje ugljena sa dugoročnim predviđanjima razvoja. Navode se i podaci o troškovima dobivanja ugljena i predviđanje njihovog budućeg razvoja.

Elaboratu je priložen opširan pregled upotrebljene literature i razjašnjenja o razvrstavanju zaliha ugljena te o upotrebljenim oznakama i mjerama.

Studija je objavljena u Zbirci referata sa Savjetovanja o upotrebi niskokaloričnih ugljena u industriji i domaćinstvu, u izdanju Komisije za energetiku Zveze strojnih inženirjev in tehnikov LR Slovenije, decembar 1962.

Opseg: 56 strana, 16 tablica, 12 dijagrama.

Optimalni razvoj elektrane Zagreb Zapad

Narudžba Elektrane Zagreb, autor ing. Ivo Jamnicki, suradnici ing. Ivo Petrović i tehn. Dragutin Suppe; prelazi u narednu godinu.

U studiji se analizira opravdanost povećavanja kapaciteta i utvrđuju optimalne karakteristike novih uređaja stare zagrebačke elektrane smještene u zapadnom području Zagreba. Ujedno se daju preporuke za smještaj novih postrojenja i osnovni podaci za izradu investicionih programa i izvedbenih projekata.

U analizi opravdanosti povećavanja kapaciteta navode se tehničke i ekonomske karakteristike današnjih postrojenja EZZ, utvrđuje se njezin značaj i vrijednost za elektroprivredu te za snabdijevanje toplinom zapadnog Zagreba. Navodi se predviđanje budućeg razvoja potražnje toplinske i električne energije iz EZZ te razvoja toplinske mreže. Na osnovu bilance potražnje i mogućnosti podmirenja dokazuje se potreba proširenja i određuje korist od njezine provedbe.

U utvrđivanju optimalnih karakteristika novih osnovnih uređaja daje analiza izbora vrste loženja i izračunava ekonomija podizanja novog kotla i protutlačnog turboagregata raznih nazivnih tlakova i veličina. Na osnovi dobivenih rezultata odabiru se glavne karakteristike nove opreme i termini kada bi ih trebalo postaviti.

Pored osnovne studije izrađuje se i opširan dokumentarni elaborat.

Električna energija u razvoju energetske privrede NR Hrvatske

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Ivo Jamnicki; dovršeno u prosincu 1962.

Razmatra se usmjeravanje upotrebe i dobave električne energije na području NR Hrvatske u okviru predviđanja cjelokupnog dugoročnog razvoja njezine energetske privrede. Ovo kompleksno razmatranje električne energije u razvoju cjelokupne energetike, osnovna je karakteristika cijele studije.

Navode se osnove i faktori koji usmjeruju razvoj energetske privrede NR Hrvatske, naročito izvori energoije, njihovo korištenje, te potrošnja energije i njezino podmirenje, kao i predviđanje općeg društvenog razvoja zemlje. Iznose se smjernice za razvoj energetske privrede NR Hrvatske i predviđanje razvoja potražnje energije te njezinog podmirenja do kraja ovog stoljeća. Analizira se raspoloživost energetskih izvora NR Hrvatske za proizvodnju električne energije i usmjeravanje upotrebe, dobave i proizvodnje električne energije za područje NR Hrvatske. Iznosi se i rezime te zaključak.

Opseg: 86 strana, 16 tablica, 6 dijagrama.

Ekonomska pitanja i statistike

Metodologija kalkulacije graničnih troškova u elektroprivredi za potrebe tarifiranja

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske; autor ing. Božidar Filipović, suradnici dipl. ek. Ljiljana Wipplinger, stat. Ružica Dilberović; dovršeno u svibnju 1962.

Za potrebe tarifiranja električne energije razrađena je metodologija proračuna graničnih troškova opskrbe potrošača električnom energijom. Ona vodi računa o energetskoj strukturi i karakteristikama elektroprivrednih opskrbnih baza i specifičnostima javne opskrbe električne energije širih konzumnih područja u daljeročnoj perspektivi. Uvažena je praktična mogućnost primjene metode proračuna za iznalaženje za elektrogospodarstvo opravdano stimulativnih tarifnih stavova za prodaju električne energije. Uvaženo je iskustvo stranih elektroprivreda oko primjene graničnih troškova.

Definiraju se pojmovi kratkoročnih i dugoročnih graničnih troškova u elektroprivredi i ukazuje se na njihov utjecaj na oblikovanje prodajne cijene električne energije. — Obrađen je ilustrativni primjer primjene razrađene metodologije kalkulacije graničnih troškova na elektroenergetski sistem NR Hrvatske uključivo odabiranja tarifnih sezona i doba dana, proračuna graničnih troškova akumulacione hidroenergije i međurepubličke ocjene, te utjecaja dugoročnih graničnih troškova na graničnu cijenu.

Granične cijene za odabrane odnose iz godine 1960. daju ukupnu realizaciju koja osigurava predviđeni prihod. Pokazuju se stanovita odstupanja u korist elektroprivrede što znači da postavljene metode omogućuju postizavanje stanovitog stupnja sigurnosti kod oblikovanja cijena.

Opseg: 78 strana teksta, 9 tablica, 24 dijagrama; u prilogu 6 pomoćnih tablica i 24 dijagrama.

Planiranje dugoročnog razvoja elektroprivrednog bruto-produkta

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Božidar Filipović, suradnici dipl. ek. Ljiljana Wipplinger, Dragutin Kostanjšek i Ruža Dilberović; dovršeno u veljači 1962.

Iznosi se jedna od mogućih metoda dugoročnog planiranja elektroprivrednog bruto-produkta. Na osnovu dugoročnog predviđanja elektroenergetskog razvoja, koristeći kritički pri tome i matematsko-statističku metodu i pojedinačno predviđanje po grupama potrošnje, postavlja se procjena elektroenergetske osnove razvoja Jugoslavije kroz 15 godina. Analizom sadašnjih elemenata i strukture troškova ocjenjuje se perspektivni dugogodišnji razvoj stalnih i promjenljivih troškova elektroprivrede u proizvodnji, prijevozu i distribuciji.

Metoda dugoročnog prognoziranja elektroprivrednog bruto-produkta postavlja razvoj vrijednosti osnovnih sredstava proizvodnje električne energije kao osnovni elemenat prognoziranja. Postavlja se, počevši od polazne godine, na temelju prognozirane energetske bilance, plan uvrštavanja elektrana u pogon i time i vrijednost sredstava proizvodnje u odabranom vremenskom razdoblju. Kod iznalaženja te vrijednosti primjenjuje se novodefinirani »razvojni faktor vrijednosti«.

Vrijednost osnovnih sredstava prijenosa i distribucije iznalazi se putem iskustvenih faktora korelacije sa sredstvima proizvodnje. Primijenjena stopa troškova i dobiti, promjenljivih tokom promatranog razdoblja i ocjenom troškova goriva dolazi se do dugoročnog razvoja vrijednosti bruto-produkta. Postavljena je po kategorijama djelatnosti i kalkulacionim elementima raščlanjena jednadžba produkta primjenljiva za provedbu aktualizacije vrijednosti produkta, a podesna za potrebe elektroprivredne operative u dugoročnom prognoziranju.

Opseg: 247 stranica teksta, s 55 tablica i 40 dijagrama.

Usporedbeni prikaz razvoja elektroprivrede kod nas i u drugim zemljama Evrope

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor Dragutin Kostanjšek; dovršeno u veljači 1963.

Svrha elaborata je da se stalno prati kroz karakteristične pokazatelje razvoj opskrbe potrošača električnom energijom u NR Hrvatskoj i uspoređenje s razvojem u drugim republikama Jugoslavije i drugim zemljama Evrope. Obuhvaćen je vremenski period od 1952. do uključivo 1961. Usporedbena analiza podijeljena je u dva dijela, od kojih prvi obrađuje odnose elektroprivrede FNR Jugoslavije s elektroprivredama pojedinih evropskih država i SAD, a drugi obuhvaća odnose između pojedinih narodnih republika FNR Jugoslavije.

Obrađene su opširno maksimalne neto-snage i proizvodnja električne energije s razvojem, strukturom i porastom. Karakteristike opterećenja izračunane su na osnovu dnevnih dijagrama za FNRJ, republike i neke države Evrope.

Posebno se obrađuju neki jedinični elektroprivredni pokazatelji, kao i proizvodnja po stanovniku, potrošnja električne energije u industriji i širokoj potrošnji po stanovniku, zatim gubici po km², proizvodnja po km², te gustoće proizvodnje električne energije u Jugoslaviji u postocima gustoće nekih država.

Narodni dohodak promatran je s nekoliko aspekata. Za republike izvršene su i neke usporedbe u pogledu plaća i zaposlenosti osoblja u elektroprivredi, u odnosu na ukupnu privredu Jugoslavije.

Zaključno je prikazan ukupni razvoj promatranog vremenskog razdoblja u pogledu instaliranih snaga, proizvodnje i potrošnje električne energije.

Opseg: 80 strana teksta, 36 dijagrama i 80 strana tablica.

Suvremena tarifa električne energije

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Božidar Filipović; dovršeno u veljači 1962.

Razvoj potrošnje električne energije u našoj zemlji, a naročito u grupi potrošača »kućanstvo« nameće potrebu da se kritički ocijeni podesnost sadašnjih tarifa električne energije u daljnjem elektroprivrednom rastu.

Usporedbene analize opskrbe kućanstava električnom energijom i opremljenosti električnim trošilima u naprednim zemljama Evrope, ukazuju na nagli razvoj proširene primjene električne energije uključivo i grijanje prostorija što upućuje na zaključak da takav razvoj neposredno predstoji i za našu elektroprivredu. Nagli porast potražnje iziskuje takove tarifne oblike koji će moći stimulativno djelovati na potrošače, na racionalno korištenje iz javne elektroprivrede angažiranih snaga. Promatranje suvremenih tarifnih oblika u razvijenim zemljama ukazuje na tendenciju omogućavanja potrošačima izbora između više tarifa, podešenih raznim stupnjevima elektrificiranosti kućanstava. Uvažujući dosadašnji odraz jedinstvene tarife jugoslavenske elektroprivrede za razvoj konzuma, a napose potrošnju u kućanstvima, dolazi se do zaključka potrebe moderniziranja sadašnjeg tarifnog sistema za malopotrošače, potenciranjem uvažavanja veličine angažirane aktivne i reaktivne snage i stupnja njihovog iskorištavanja. Razrađene su osnovne karakteristike prijedloga za suvremeni tarifni sistem u našoj zemlji za sve grupe potrošača, podavajući naročitu pažnju malopotrošačima, a napose kućanstvima.

Opseg: 156 strana teksta, 36 tablica i 26 dijagrama.

Međunarodna elektroprivredna usporedbena statistička analiza

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor Dragutin Kostanjšek; dovršeno u svibnju 1962.

Svrha je elaborata da se odrede karakteristični elektroprivredni parametri u cilju kompariranja elektroprivrede SFR Jugoslavije i njenih nar. republika s elektroprivredom evropskih država i SAD u razdoblju od 1952 do 1960.

Elaborat je podijeljen dva dijela. U prvom se obrađuju odnosi elektroprivrede FNR Jugoslavije s elektroprivredama pojedinih evropskih država i SAD, dok drugi obuhvaća odnose između pojedinih republika FNR Jugoslavije.

Obrađene su maksimalne neto-snage i proizvodnja električne energije s razvojem, strukturom i porastom. Karakteristike opterećenja izračunane su na osnovu dnevnih dijagrama za FNR Jugoslaviju, republike i neke države Evrope.

Posebno se tretiraju neki jedinični elektroprivredni pokazatelji, kao i proizvodnja po stanovniku, potrošnja električne energije u industriji i širokoj potrošnji po stanovniku, zatim gubici po km², proizvodnja po km², te gustoća proizvodnje električne energije u Jugoslaviji u postocima gustoće nekih država.

Narodni dohodak promatran je s nekoliko aspekata. Za narodne republike izvršene su i neke usporedbe u pogledu plaća i zaposlenog osoblja u elektroprivredi, u odnosu na ukupnu privredu Jugoslavije.

Opseg: 83 strana teksta, 36 strana dijagrama i 75 strana tablica.

Analiza strukture osnovnih sredstava i utjecaj vrijednosti osnovnih sredstava na cijenu električne energije u distribuciji

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor dipl. ek. Ljiljana Wipplinger, dovršeno u veljači 1962.

Svrha je elaborata, da se pronađu prosječne vrijednosti koje mogu služiti kao orijentacija kod investiranja za izgradnju distributivne mreže.

Prvi dio elaborata sadrži osnovne podatke o distributivnim poduzećima Hrvatske i to: ukupnu nabavnu vrijednost osnovnih sredstava i stepen njihove istrošenosti, ulaganje u distributivna postrojenja na teret amortizacionog fonda i na teret ostalih troškova, dužinu vodova koja otpada na ukupnu potrošnju i malopotrošnju te odgovarajuće vrijednosti osnovnih sredstava, zatim potrošnju električne energije i područje opskrbe distributivnih poduzeća. Iz tih su podataka izračunani specifični pokazatelji i neke specifične veličine za ukupnu potrošnju i malopotrošnju u svrhu statističko-matematičke obrade.

U drugom su dijelu prikazane korelacione veze između specifičnih pokazatelja (dužine vodova u km, utroška energije tokom godine dana i vrijednosti osnovnih sredstava) i to: dužine vodova po km² teritorija pojedinog distributivnog poduzeća i vrijednosti osnovnih sredstava po km² istog teritorija, i između gustoće vodova i gustoće konzuma.

Rezultati korelacionih analiza pokazuju, koliko se prilikom investiranja u distributivna poduzeća odstupilo od prosječnog stanja i u kojoj su mjeri iskorišteni postojeći vodovi u pogledu snabdijevanja potrošača.

Opseg: 56 strana, 19 tablica, 6 slika.

Laboratorij za visoki napon i jaku struju

Prijevozna ispitna stanica

Narudžba »Elektroprenosa« Split.

»Tehnički propisi za pogon, održavanje i reviziju elektroenergetskih postrojenja« (Sl. list FNRJ od 6. 2. 1957.) nalažu, da se odvodnici prenapona ispituju poslije velikih atmosferskih pražnjenja, a najmanje jedanput godišnje. Ipak se nije uvijek moglo udovoljavati tim propisima, jer se odvodnici prenapona moraju demontirati iz postrojenja i slati u laboratorij na ispitivanje. Pri tome prijeti opasnost, da se ta skupocjena oprema prilikom transporta ošteti, a osim toga, dok se odvodnici opet ne postave na svoje mjesto ostaje postrojenje bez zaštite.

Radi toga je razvijena prijevozna ispitna stanica, čija se izrada nalazi pred završetkom. Stanica je montirana na automobilskoj prikolici, pa će se prevoziti od jednog postrojenja do drugoga i na taj način će se odvodnici prenapona ispitivati na licu mjesta. Ispitni izmjenični napon je 160 kV, pa će se njime moći ispitati uglavnom odvodnici svih nazivnih napona, jer su odvodnici za više napone obično sastavljeni iz elemenata.

Ova prijevozna ispitna stanica poslužit će i za ispitivanje izolatora, transformatorskog ulja itd., kao i za sva ostala visokonaponska ispitivanja do veličine svog ispitnog napona.

Uređaj za ispitivanje releja

Narudžba poduzeća: Železarna Jesenice, Toplana Zagreb, ZEPS Beograd, »Trepča« Zvečan, Termoelektrana Jertovec, Elektronabavka Sarajevo.

Za ispitivanje i udešavanje releja razvijen je u »Laboratoriju za visoki napon i jaku struju« odgovarajući uređaj. Njime se mogu ispitivati nadstrujni releji bilo primarni bilo sekundarni, a također i sve vrsti naponskih releja. Uređaj se izrađuje u dvije varijante: a) za ispitivanje i udešavanje primarnih i sekundarnih nadstrujnih releja (oznaka tipa IR-2 S), b) za ispitivanje i udešavanje samo sekundarnih nadstrujnih releja (oznaka tipa IR-3).

Tip IR-2 S sastoji se iz slijedećih dijelova: izvor reguliranih struja i napona, izvor jakih struja, električna stopura i posebni vodiči za spajanje. Izvor reguliranih struja i napona omogućava regulaciju napona od 0—250 V, a za ispitivanje sekundarnih releja regulaciju struje od 0—12 A i priključuje se na mrežu 220 V, 50 Hz. Izvor jakih struja upotrebljava se za ispitivanje i primarnih nadstrujnih releja od 1000 A, a priključuje se na izvor reguliranih struja. Električna stop-ura prespojiva je za istosmjerne i izmjenične napone 110 i 200 V s područjima 0—1 sekunde i 0—20 sekunda. Cijeli uređaj osigurava tačnost klase 1.

Tip IR-3 sastoji se od izvora reguliranih struja do 30 A za priključak na mrežu 220 V, 50 Hz, električne stop-ure i potrebnih vodiča za spajanje.

Prema potrebi izrađuju se i uređaji specijalne izvedbe.

Uređaj za elektromehaničko ispitivanje izolatora

Izrađen je uređaj za elektromehaničko ispitivanje izolatora, koji je postavljen u »Laboratoriju za visoki napon i jaku struju« Instituta.

Ispitivanje elektrotehničke opreme

Narudžba HE Trebišnjice, pogon Dubrovnik i pogon Grančarevo.

Ugovoreno je ispitivanje čitave elektrotehničke opreme za HE Trebišnjica tj. generatora, učinskih transformatora, visokonaponske elektroopreme napona 220 kV, 35 kV, 14,4 kV i 10 kV, dizalica, hidromehaničke opreme, kućnih agregata, zaštite, regulacije, uređaja za komandu i daljinska mjerenja, UKV i VF telefonije.

Ispitivanja se vrše kod preuzimanja u tvornici, kao i poslije montaže prije puštanja u pogon; ona obuhvaćaju i laboratorijska ispitivanja.

Ispitivanje za znak kvalitete

Narudžba Sekretarijata Tehničkih komisija Saveza elektrotehničkih inženjera i tehničara Zagreb.

Sekretarijat Tehničkih komisija Saveza elektrotehničkih inženjera i tehničara Zagreb kvalitetnim proizvodima dodjeljuje znak kvalitete, koji je ujedno garancija da dotični proizvod potpuno odgovara standardima. Proizvod koji dobije kvalitetni znak mora imati zagarantirano: besprijekornost proizvodnje, adekvatnu konstrukcionu izvedbu, kvalitetan upotrebljeni materijal, estetski vanjski izgled i praktičnost upotrebe.

Sekretarijat Tehničkih komisija Saveza elektrotehničkih inženjera i tehničara Zagreb povjerava ispitivanje za kvalitetni znak »Laboratoriju za visoki napon i jaku struju«. Ispitivanja se provode prema propisima JUS, a ako ih za neki proizvod nema, provjerava se prema propisima CEE i VDE. U tu svrhu Laboratorij raspolaže svim potrebnim uređajima, tako da se mogu provesti sva ispitivanja potpuno u skladu s propisima.

Na osnovu rezultata ispitivanja i analize proizvodnih mogućnosti tražilaca, posebna komisija Sekretarijata Tehničkih komisija Saveza elektrotehničkih inženjera i tehničara odlučuje da li dotični proizvod zaslužuje znak kvalitete.

Ispitivanje mjernih instrumenata, uređaja, releja i transformatora

Narudžbe poduzeća »Pliva« Zagreb, »Elektra« Varaždin, Željezara Nikšić, »Elektronabavka« Sarajevo, »Varteks« Varaždin, TEP Vrapče, »Elektra« Zabok, Remontna radiona Prijedor, »Rade Končar« Zagreb, »Elektra« Križ.

»Laboratorij za visoki napon« raspolaže instrumentima klase 0,1 i ispitnim uređajima za ispitivanje mjernih instrumenata za istosmjernu i izmjeničnu struju. Osim toga raspolaže etalonima za ispitivanje kao i svim potrebnim uređajima. Laboratorij ispituje i udešava sve vrsti releja po-

moću uređaja vlastite proizvodnje. Za ispitivanje strujnih i naponskih mjernih transformatora raspolaže mostom za mjerenje kutne i postotne greške. Klasa tačnosti mosta za strujne transformatore 0,1 a za naponske 0,2. Osim toga Laboratorij može ispitivati, a i izvoditi, razne mjerne uređaje.

Ispitivanje odvodnika prenaponom

Narudžbe poduzeća »Elektra« Karlovac, »Elektra« Bjelovar, »Elektra« Zabok, »Elektra« Koprivnica, »Elektroprenos« Zagreb, Termoelektrana Jertovec, »Jugoturbina« Karlovac, »Elektra« Zagreb, »Elektrotehna« Zagreb.

U »Laboratoriju za visoki napon i jaku struju« ispitan je niz odvodnika prenapona. Laboratorij u tu svrhu raspolaže potrebnim ispitnim transformatorom za ispitivanje odvodnika pogonskom frekvencijom, kao i udarnim generatorom. Za snimanje prorade na raspolaganju je katodni oscilograf za snimanje prijelaznih pojava.

Ispitivanje izolatora, kabela, izolacionih i instalacionih materijala

Narudžbe poduzeća »Elektroprenos« Zagreb, Sekretarijat tehničkih komisija Saveza elektrotehničkih inženjera i tehničara Zagreb, »Elektroslavonija« Osijek, Tehnički fakultet Zagreb, »Galdovo« Sisak, »Tehnoplast« Kaštel Sućurac, »Elektroprenos« Split, »Katran« Zagreb, »Kontakt« Zagreb, »Elektra« Zagreb, »Bokeljka« Kotor, »Novi život« Zenica, »Elektrotehničko« Osijek.

U »Laboratoriju za visoki napon i jaku struju« ispituju se izolatori svih napona bilo pojedinačno ili u lancima ili stupovima po svim propisima određenim uvjetima. Isto tako ispituju se sve vrsti izolacionih materijala mjerenjem njihove električne čvrstoće, dielektrične konstante i kuta gubitaka. Osim toga ispituju se kabeli prema propisima JUS, a također i različiti izolacioni dijelovi. Također se ispituje instalacioni materijal, razna niskonaponska oprema, kao oprema za kranove, sklopke itd.

Laboratorij za slabu struju

Fotoakustički stimulator

Narudžbe raznih bolnica. Studija i razvoj fotoakustičnog stimulatora; autori ing. Miroslav Kolaj i ing. Ante Šantić; dovršeno u prosincu 1962.

Razvijen je fotoakustični stimulator koji optičkim odnosno akustičkim efektima izaziva biološke reakcije čime se dopunjuju elektroencefalografska ispitivanja na pacijentima. Izrađen je projekt aparata i izvršena ispitivanja na maketi, tako da je aparat priređen za proizvodnju, koju će započeti u 1963.

Prijedlog rješenja i izvedbe uređaja za dojavu zaleđivanja dalekovoda

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Momir Vujnović, suradnik ing. Vilko Petera; prelazi u slijedeću godinu.

U studiju se obrađuju problemi automatskog distancionog dojavljivanja zaleđivanja dalekovoda. Opisane su moguće metode indikacije zaleđivanja kao i njihove dobre i loše osobine. Ujedno se daje obrazloženje za ekonomsku opravdanost izvedbe uređaja za daljinsku dojavu s obzirom na utroške električne energije i materijala pri havarijama, kojima mogu dalekovodi biti izloženi, ako se na vrijeme ne dojavi povećanje tereta leda. Osim toga daje se prijedlog izvedbe uređaja za daljinsko dojavljivanje pojave leda na vodu za jedan odabrani dalekovod u našoj zemlji.

Razvoj elektroencefalografa

Narudžbe 7 raznih bolnica i klinika. Razvoj elektronskog dijela: ing. Ante Šantić; razvoj mehaničkog dijela: ing. Miroslav Kolaj.

Izvršene su neke promjene i usavršavanja prema dosadašnjoj konstrukciji. Ove promjene su uslijedile kao rezultat iskustava stečenih na dosadašnjim uređajima. Povećan je znatno faktor rejekcije što osigurava još manji utjecaj vanjskih smetnji. Na osnovu ispitivanja i istraživanja također su izvršene i stanovite izmjene u shemama u pretpojačalu i pojačalu. Neka svrsishodnija mehanička rješenja osigurala su bržu proizvodnju. Ovi radovi su izvršeni u 1962. i primijenjeni su na novoj seriji od 7 elektroencefalografa, koji će biti isporučeni početkom 1963.

Laboratorij za toplinska mjerenja

Ispitivanja hladnjače za brodski teret M/B »Primorje«

Narudžbe »3. Maja«, Rijeka, autor ing. Zvjezdana Šprung.

U elaboratu je obrađeno ispitivanje hladnjače za brodski teret na motornom brodu »Primorje« od 10.000 BRT. Ovo ispitivanje rađeno je po propisima društva »Lloyd's Register of Shipping«. Na temelju ispitivanja i rezultata obrađenih u ovom elaboratu hladnjača je dobila najvišu klasu. Elaborat obuhvaća opis hladnjače i rezultate baždarenja opreme, opis metoda baždarenja, opis rashladnog pokusa, tok i rezultate, te komentar.

Savremene metode ispitivanja toplinskih izolacija

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Vladimir Debogović.

Obrađene su savremene izvedbe pločastih, kuglastih i cijevnih izolacija, te korekture u metodi mjerenja gotovih toplinskih izolacija na postrojenjima u pogonu pomoću mjerača toplinskog toka. Naročita pažnja posvećena je automatiziranoj metodi po dr Bocku sa dvije ploče i električnim kilovatsatnim brojilom kao instrumentom za mjerenje toplinskog toka.

Karta klimatskih zona FNRJ za potrebe građevinarstva

Narudžba Centra za unapređenje građevinarstva u Beogradu, autor ing. Fedor Šprung.

Sadrži definicije pojmova, metode obrade, podjelu teritorija FNR Jugoslavije na tri klimatske zone, prijedlog propisa koeficijenta prolaza topline za sve tri klimatske zone za karakteristične građevne elemente u teškoj i lakoj izvedbi, primjere elemenata i njihovu upotrebljivost u zonama, metode određivanja koeficijenata prolaza topline i dijagrame zona kondenzacije za nove konstrukcije, te prijedlog normiranih metoda ispitivanja toplinskih osobina stanova kao cjeline.

Shunt-dimnjaci

Narudžba Centra za unapređenje građevinarstva u Beogradu, autor ing. Fedor Šprung.

Sadrži definicije pojmova, termodinamičku analizu shunt-dimnjaka, prijedlog normi za prosjeke, materijale, elemente i priključke goriva i peći za ovakve dimnjake. Na kraju elaborata dan je pregled metoda kontrole i sankcija.

Shunt ventilacioni kanali

Sadrži definicije pojmova, termodinamičku i aerodinamičku analizu funkcije, prijedlog norma za presjeke u vezi s klimatskim zonama FNR Jugoslavije, prijedlog normi za materijale, elemente i priključke, te plinska ložišta. Na kraju elaborata dan je pregled metoda kontrole i sankcija.

Vlaga u drvetu

Narudžba Centra za unapređenje građevinarstva u Beogradu, autor ing. Fedor Šprung.

Sadrži definicije pojmova koji se koriste u elaboratu, termodinamičku analizu problema izmjene vlage u drvetu, komparativnu analizu metoda mjerenja vlage u drvetu, potrebne iznose vlage u drvetu za razne primjene u građevinarstvu u svim klimatskim zonama FNR Jugoslavije, te metode i mjesta kontrole.

Elaborati o toplinskom ispitivanju toplinskih i akustičkih osobina zgrade i elemenata

Narudžbe raznih interesenata, autor v. tehn. Kurt Sonns.

Izrađeno je 10 elaborata.

Mjerenja i atesti

Narudžbe raznih interesenata.

Kontrolirano je 385 uređaja za mjerenje i automatsku regulaciju. Rezultati su dani u obliku atesta ili kontrolnih karata.

Izdavačka djelatnost Instituta

Tokom 1962. objavljeno je 6 dvobrojeva časopisa »Energija« (ukupno 420 strana formata A4) i više posebnih otisaka iz časopisa »Energija«. Šapirografirano je i 6 broja časopisa brze dokumentacije »Pregled tehničke dokumentacije«.

Na institutskim uređajima za umnožavanje kopirano je tokom 1962. na ozalid-papiru oko 7 800 kvadratnih metara nacrta, a na ručnim strojevima za umnožavanje umnoženo je oko 150 000 listova papira formata A4.

STATISTIČKI ENERGETSKI IZVJEŠTAJ

ZA MJESECE SIJEČANJ i VELJAČA 1963.

Proizvodnja i razmjena električne energije NR Hrvatske

Mjeseci	Proizvodnja na generatoru MWh						Razmjena			Ukupno (5-9)
	Elektrane u sistemu		Industrijske elektrane		Ukupno		Slovenija	Bosna i Hercegovina	Mađarska	
	HE	TE	HE	TE	HE	TE				
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3. 1962.	243194	11700	1860	16015	245054	27765	—12798	4485	— 7043	257463
4. 1962.	221072	4821	2262	13600	223334	18421	—14214	1523	— 2526	226538
5. 1962.	178653	4399	1423	12175	180076	16574	21674	9095	— 3731	223688
6. 1962.	89419	19757	943	13737	90362	33494	84847	9863	— 2474	216092
7. 1962.	83384	16278	782	13924	84166	30202	95756	1401	— 2438	209087
8. 1962.	119138	20028	230	14759	119368	34787	95257	— 26759	— 5905	216748
9. 1962.	126674	26118	216	18689	126890	44807	94038	— 38576	— 5416	221743
10. 1962.	113337	43484	195	20947	113532	64431	70589	— 12870	1868	237550
11. 1962.	163487	26638	1694	19248	165181	45886	26631	4438	— 3910	238226
12. 1962.	226207	27178	1987	14928	228194	42106	—28048	36688	449	279389
Ukupno 1962.	1888431	233412	14945	189327	1903412	422739	490868	27809	— 39807	2805021
1. 1963.	254631	43118	2000	13479	256631	56597	—50364	32044	— 2429	292479
2. 1963.	215270	60598	1535	13228	216805	73826	—61278	50215	— 1737	277831
Ukupno 1 — 2. 1963.	469901	103716	3535	26707	473436	130423	—111642	82259	— 4166	570310

Napomena: Lokalne elektrane iskazivane u 1962. godini prestale s radom zbog priključenja njihovog područja na elektroenergetsku mrežu

Pogonski pokazatelji elektrana NR Hrvatske za mjesece siječanj i veljaču 1963.

Obilježje elektrana		Naziv elektrane	Raspoloživa snaga MW	Proizvodnja u MWh			Indeks[1]			Iskorišćenje %[2]		Utrošak topline kcal/kWh	
				Siječanj	Veljača	Od početka godine	Siječanj	Veljača	Od početka godine	Siječanj	Veljača	Siječanj	Veljača
a		b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Elektrane u sistemu	HE	Vinodol-Fužine	78,9	21296	9640	30936	179,6	62,0	112,9	36,0	18,0	—	—
		Gojak	48,0	21647	8012	29659	67,6	56,0	64,0	64,0	23,0	—	—
		Ozalj	5,1	2187	1253	3440	70,4	57,5	65,0	59,0	34,0	—	—
		Kraljevac	67,0	26848	15973	42821	283,3	340,6	302,3	54,0	35,0	—	—
		Peruća	42,0	13527	18214	31741	677,7	149,8	224,3	44,6	60,0	—	—
		Split	108,0	148391	143391	291782	189,9	138,5	160,6	92,3	98,8	—	—
		Manojlovac	20,5	14480	13454	27934	101,5	132,2	114,3	81,0	83,4	—	—
		Jaruga	5,5	3982	3616	7598	101,0	102,9	101,8	99,1	99,6	—	—
	TE	Zagreb TO	...	22261	32877	55138	—	—	—	—	—	—	—
		Zagreb	17,0	1591	2204	3795	—	—	—	12,6	19,4	...	...
		Jertovec	36,0	14100	18640	32740	93,8	108,7	101,7	47,6	69,7	4137	4155
		Vlaška	8,0	3057	3687	6744	—	—	—	51,4	68,6	4764	5012
		Rijeka	7,2	1645	2775	4420	—	—	—	29,5	55,0	6304	6281
Industrijske elektrane	TE	Jugovinil, Split	17,4	1383	1425	2808	95,4	106,5	100,8	11,0	7,9	...	...
		Sladorana, Županja	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Jug. komb., Borovo	6,0	2051	1970	4021	95,3	100,3	97,7	46,2	52,4	...	...
		Željezara, Sisak	5,5	3320	3013	6333	99,7	89,1	94,4	81,6	82,0	...	...

[1] Indeks u ovoj tabeli kao i u svim narednim iskazan je u odnosu na 1962. = 100
[2] Kod hidroelektrana iskazano je iskorišćenje vode, a kod termoelektrana iskorišćenje raspoloživog kapaciteta
* Probni pogon

Energetska bilanca NR Hrvatske za mjesece siječanj i veljaču 1963.

Elementi energetske bilance	Siječanj		Veljača		Od početka god.		Indeks 1962 = 100		
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	Siječanj	Veljača	Od početka godine
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proizvodnja elektrana u sistemu	297749	80,1	275868	78,0	573617	79,1	173,2	149,1	161,0
Proizvodnja industrijskih elektrana	15479	4,2	14763	4,2	30242	4,2	88,2	86,2	87,3
Ukupna proizvodnja na generatoru	313228	84,3	290631	82,2	603859	83,3	165,5	144,0	154,3
Nabava el. en. od susjed. zajednica	58432	15,7	62934	17,8	121356	16,7	58,7	112,5	78,1
Nabava el. en. iz inozemstva	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ukupno raspoloživa električna energija	371660	100,0	353565	100,0	725225	100,0	128,6	137,1	132,4
Vlast. potr. elektrana u sistemu	6365	1,7	7640	2,2	14005	1,9	164,6	241,0	199,0
Vl. potr. industrijskih elektrana	1548	0,4	1476	0,4	3024	0,4	87,2	86,1	87,0
Ukupno raspolož. na pragu elek.	363747	97,9	344449	97,4	708196	97,7	128,3	136,1	132,0
(Dobava industr. elektrana sistemu)	(800)	(0,2)	(694)	(0,2)	(1494)	(0,2)	(112,1)	(101,4)	(106,9)
(Prag elektrana u sistemu)	(350616)	(94,3)	(331856)	(93,9)	(682472)	(94,1)	(130,7)	(139,0)	(134,6)
Gubici prijenosa u sistemu	23325	6,3	24896	7,0	48221	6,7	430,0	240,8	306,2
Gubici razvoda u sistemu	24418	6,6	16125	4,6	40543	5,6	120,1	128,4	123,3
Ukupna predaja el. en. potrošačima	316004	85,0	303428	85,8	619432	85,4	122,7	131,8	126,8
Od toga:									
Predano susjed. zajednicama	76752	20,6	73997	20,9	150749	20,8	245,0	259,9	251,9
Predano inozemstvu	2429	0,7	1737	0,5	4166	0,6	29,4	416,0	48,1
Industrijska vlastita opskrba	13131	3,5	12593	3,6	25724	3,5	87,1	85,5	86,3
Potrošači u sistemu	223692	60,2	215101	60,8	438793	60,5	110,0	115,2	112,7
Struktura potrošnje u sistemu = 100 % — Ukupna predaja potrošačima u sistemu =									
Kućanstva (domaćinstva)	65765	29,4	62694	29,1	128459	29,3	123,1	140,6	134,5
Rasvjeta poslov. prostorija	11141	5,0	9875	4,6	21016	4,8	106,2	113,5	116,6
Rasvjeta društv. prostorija	2461	1,1	2105	1,0	4566	1,0	121,0	118,0	119,6
Motori i aparati	9513	4,3	10233	4,7	19746	4,5	119,7	130,0	120,3
Poljoprivredni motori	513	0,2	473	0,2	986	0,2	77,8	73,6	75,7
Javna rasvjeta	4530	2,0	4000	1,9	8530	1,9	118,9	113,0	116,3
Preprodavaoci	1268	0,6	1229	0,6	2497	0,6	88,3	97,3	94,0
Ukupna potrošnja na malo	95191	42,6	90609	42,1	185800	42,3	118,2	132,5	128,0
Vodovod	4722	2,1	4484	2,1	9206	2,1	98,7	109,6	106,7
Gradska električna mreža	2329	1,0	2117	1,0	4446	1,0	102,8	102,6	102,7
Ukupna komunalna velepotrošnja	7051	3,1	6601	3,1	13652	3,1	96,9	107,4	105,3
Ugljenokopi	7402	3,3	6609	3,1	14011	3,2	89,5	102,0	101,0
Tvornice cementa	7782	3,5	7921	3,7	15703	3,6	92,6	103,8	97,1
Ostala opća velepotrošnja	61122	27,3	60480	28,1	121602	27,7	124,2	122,2	123,3
kod elektrokemije	(1420)	(0,3)	(1276)	(0,6)	(2696)	(0,6)	(114,6)	(108,8)	(111,8)
kod elektrometalurgije	(2136)	(1,0)	(2014)	(0,9)	(4150)	(1,0)	(115,8)	(103,6)	(109,6)
kod ostalih	(57566)	(25,7)	(57190)	(26,6)	(114756)	(26,1)	(124,8)	(123,4)	(124,1)
Ukupna ostala velepotrošnja	76306	34,1	75010	34,9	151316	34,5	115,0	118,0	117,4
Karbid	6549	2,9	7630	3,5	14179	3,2	47,0	59,6	53,0
Aluminij	15774	7,1	14863	6,9	30637	7,0	92,9	105,0	101,5
Ostala elektrokemija	3544	1,6	3117	1,5	6661	1,5	88,3	103,0	101,8
(Ukupno elektrokemija)	(25867)	(11,6)	(25610)	(11,9)	(51477)	(11,7)	(76,4)	(85,5)	(81,1)
Ferolegure el. metalurgije	12876	5,8	12188	5,7	25064	5,7	79,6	92,2	88,0
Elektrotoplina	2928	1,3	3055	1,4	5983	1,4	108,5	121,1	112,1
Željeznička električ. vuča	3132	1,4	1706	0,8	4838	1,2	120,9	66,6	93,9
Melioracije	341	0,1	322	0,1	663	0,1	138,8	189,4	164,9
Ukupna specijalna velepotrošnja	45144	20,2	4288	19,9	88025	20,1	78,8	88,6	85,6

Proizvodnja električne energije udružene elektroprivrede u FNR Jugoslaviji za mjesece siječanj i veljaču 1963.

Pokazatelj	Mjesec	FNRJ			Po narodnim republikama											
					Hrvatska		Srbija		Slovenija		BiH		Makedonija		Crna Gora	
		Ukupno	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE
Proizvodnja u GWh	1. 1963.	1076	744	332	254	43	113	119	101	125	158	41	35	4	83	0
	2. 1963.	993	608	385	215	60	84	125	73	130	143	66	26	4	67	0
Indeks na bazi	1. 1962.	126	137	105	162	281	211	97	74	108	136	73	129	96	162	40
	2. 1962.	127	126	128	129	343	142	125	90	100	137	137	97	—	153	8

Proizvodnja ugljena za mjesece siječanj i veljaču 1963.
Po podacima »Udruženih ugljenokopa« — sastavio ing. Franjo Sapač

Vrste ugljena — Područje — Poduzeće		Proizvodnja u tonama			Indeks 1962 = 100		
		Siječanj	Veljača	Od početka godine	Siječanj	Veljača	Od početka godine
a		1	2	3	4	5	6
Kameni — Istarski ugljenokopi Raša		64510	69220	133730	95,5	104,2	99,8
Mrki	Hrvatsko Zagorje: Golubovečki ugljen., Golubovec	5210	5527	10737	89,8	97,8	93,8
	Rudnik Pregrada	6240	6760	13000	130,2	120,7	125,1
	Ostali	4756	5095	9851	116,9	125,5	121,2
	Međimurje: Međimurski ugljenokopi M. Središće	12318	13494	25812	91,9	86,6	89,0
	Dalmacija: Rudnik Siverić	7706	8584	16290	72,4	86,8	79,4
	Ostali	294	294	588	47,5	49,3	48,4
	Ostala područja	2871	3252	6123	89,7	78,7	83,5
	Svega mrki	39395	43006	82401	92,6	94,5	93,6
Lignit	Hrv. Zagorje: Ivanečko-Ladanjski ugljen., Ivanec	33215	34492	67707	97,3	115,2	105,7
	Zagorski rudnici, Konjščina	11815	12517	24332	—	—	—
	Rudnik Poljanica	5402	4989	10391	—	—	—
	Ostali	2150	2355	4505	90,4	105,6	97,8
	Bilogora-Podravina: Bilogorski rudnici, Koprivnica[1])	9945	9974	19919	95,7	85,6	90,4
	Ostali	3417	4095	7512	49,4	55,9	52,7
	Ostala područja	1209	1742	2951	150,6	183,4	168,3
	Svega lignit	67153	70164	137317	78,0	81,9	79,9
Ukupno sve vrste ugljena		171058	182390	353448	87,2	92,3	89,8

Napomena: [1] Ouhvaća u bivše koprivničke ugljenokope, Koprivnica, te križevačke ugljenokope, Vojakovački Kloštar.

Proizvodnja ugljena i koksa u FNR Jugoslaviji za mjesece siječanj i veljaču 1963.

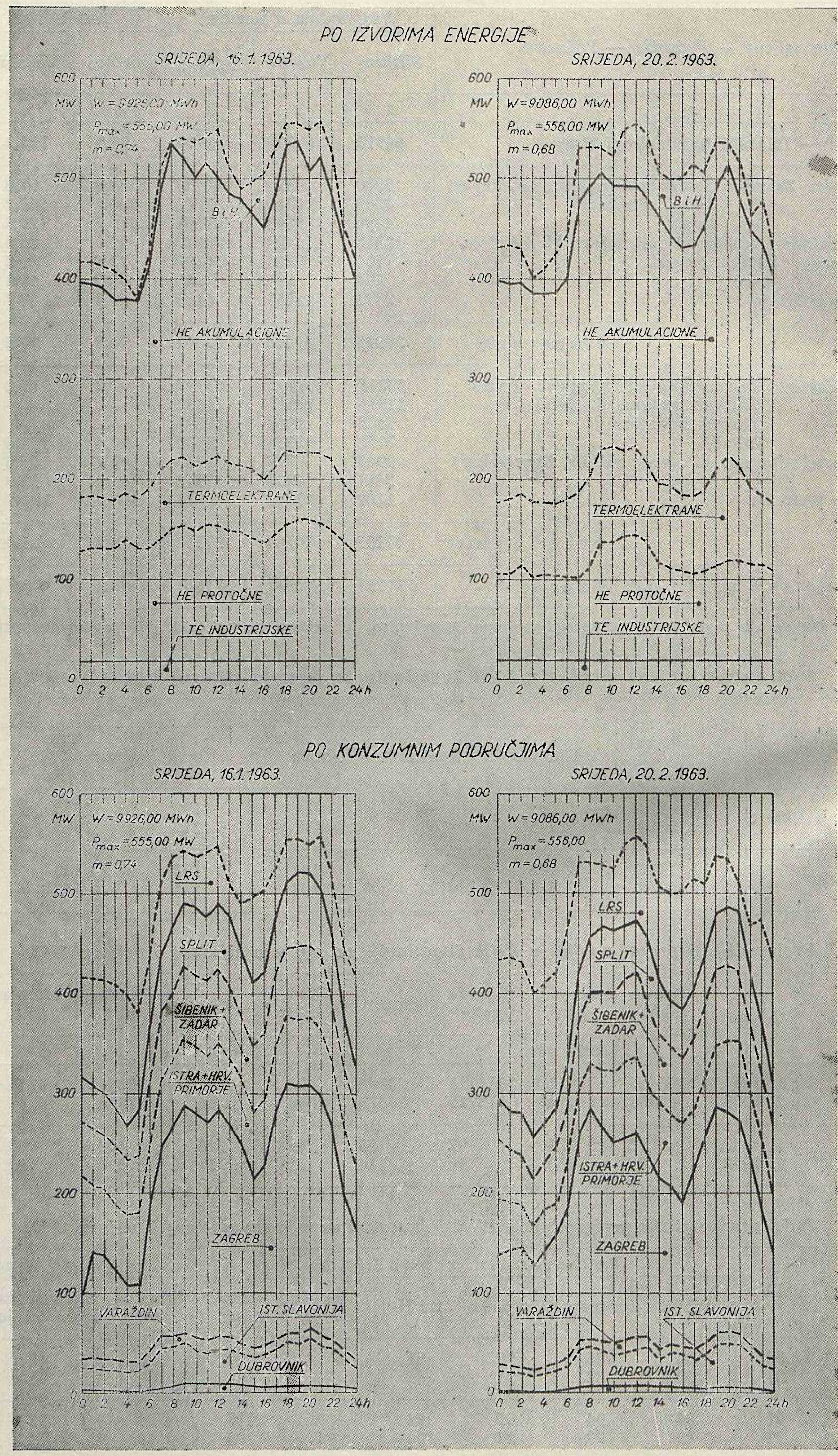
Pokazatelj	Mjesec	Ugljen i koks					
		Ukupno	Kameni	Mrki	Lignit	Uslovni mrki 4000 kalorija	Koks
Proizvodnja u 1000 t	1. 1963.	2065	96	777	1192	1736	84
	2. 1963.	2248	105	831	1312	1776	80
Indeksna baza	1. 1962.	103	93	101	103	108	86
	2. 1962.	115	102	108	121	113	91

Proizvodnja i prerada nafte u FNR Jugoslaviji za mjesece siječanj i veljaču 1963.

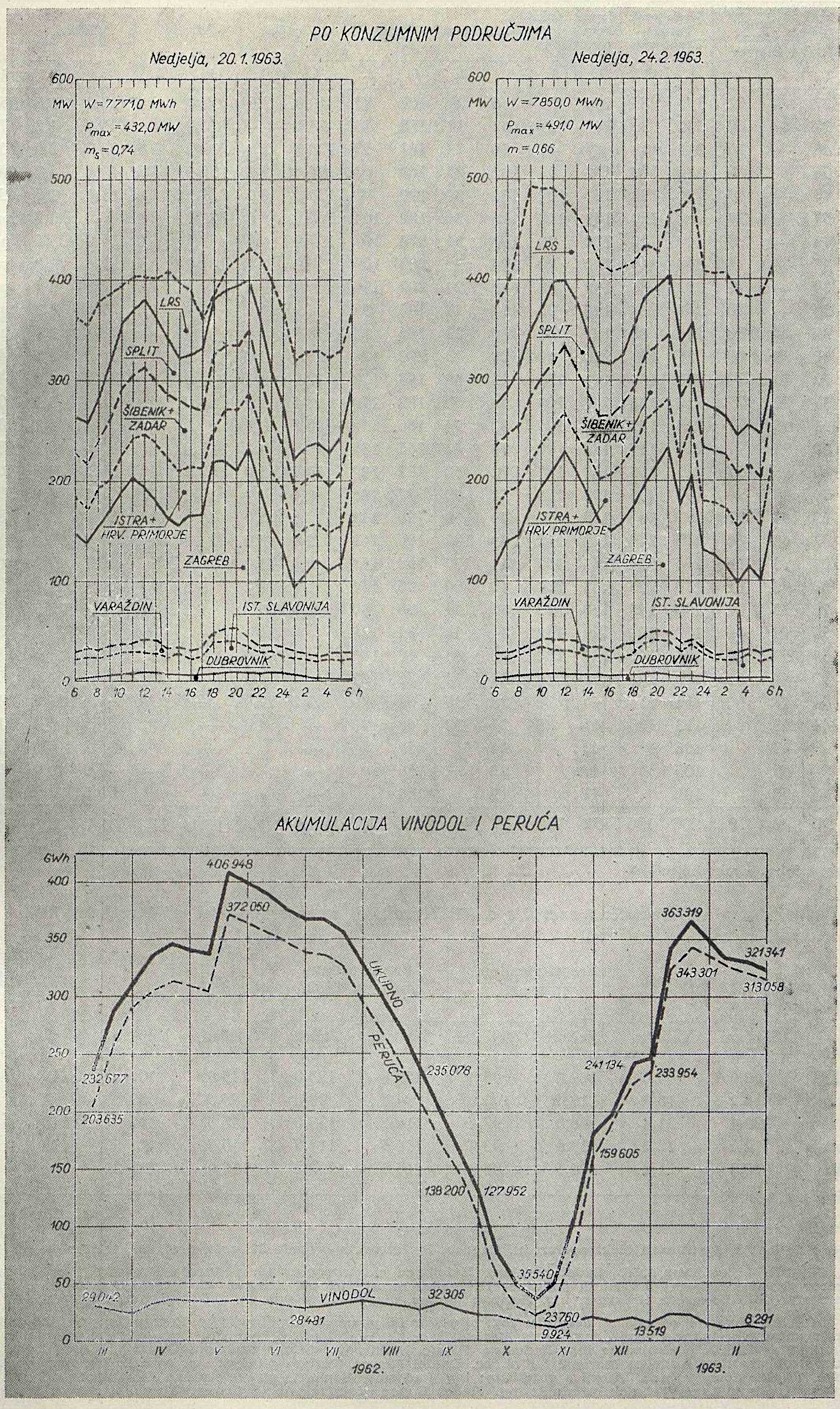
Pokazatelj	Mjesec	Sirova nafta	Zemni plin	Prerada nafte	Benzin	White špirit	Petrolej	Plinsko ulje	Maziva ulja	Čađ
		t	1000 m³	t	t	t	t	t	t	t
Proizvodnja	1. 1963.	101486	14411	114131	23006	492	2291	38244	4154	34528
	2. 1963.	83408	13572	113725	26328	1040	2266	37418	9747	36805
Indeks na bazi	1. 1962.	93	224	92	93	69	48	107	55	95
	2. 1962.	77	150	96	114	65	51	106	100	100

Indeks industrijske proizvodnje u FNR Jugoslaviji za mjesece siječanj i veljaču 1963.

Mjesec	FNRJ	Po narodnim republikama						Po namjeni		
		Srbija	Hrvatska	Slovenija	B i H	Makedonija	Crna Gora	Sredstva rada	Materijal za reprodukciju	Potrošna roba
1. 1962.	86	82	86	90	91	88	90	74	89	87
2. 1962.	87	82	87	91	89	84	84	80	88	86
1. 1963.	91	84	94	95	92	89	117	84	92	94
2. 1963.	97	93	99	97	100	94	108	99	94	99


PO IZVORIMA ENERGIJE
SRIJEDA, 16.1.1963.
W = 9925,00 MWh
Pmax = 555,00 MW
m = 0,74
B i H
HE AKUMULACIONE
TERMOELEKTRANE
HE PROTOČNE
TE INDUSTRIJSKE
SRIJEDA, 20.2.1963.
W = 9086,00 MWh
Pmax = 556,00 MW
m = 0,68
PO KONZUMNIM PODRUČJIMA
SRIJEDA, 16.1.1963.
W = 9926,00 MWh
Pmax = 555,00 MW
m = 0,74
LRS
SPLIT
ŠIBENIK + ZADAR
ISTRA + HRV. PRIMORJE
ZAGREB
VARAŽDIN
IST. SLAVONIJA
DUBROVNIK
SRIJEDA, 20.2.1963.
W = 9086,00 MWh
Pmax = 556,00
m = 0,68
MW
600
500
400
300
200
100
0
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24h

TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 20. 1. i 24. 2. 1963.
AKUMULACIJA VINODOL I PERUĆA



Srednje dnevne protoke vode za mjesece siječanj (1) i veljaču (2) 1963. (m^3/s)

Datum	Cetina								Krka				Lokvarka		Ličanka		Mrežn.-Dobra		Kupa	
	Dotok u akumulaciju Peruća		Ispust iz ak. Peruća Limn. Šilovka		Međudotok Peruća-Prančevići		Ispust iz ak. Prančevići u kor. Cetine		Manojlovac		Jaruga		Vinodol		Vinodol		Gojak		Ozalj	
	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
1	106	27	—	52	194	85	108	50	66	21	107	52	40,9	3,9	57,0	6,1	23,9	4,8	55,9	14,3
2	115	37	—	62	232	83	147	35	92	17	158	50	27,1	—	50,0	...	15,7	4,8	47,3	14,3
3	114	48	—	26	215	119	87	47	86	24	162	52	103,5	2,1	209,0	4,8	23,3	5,5	43,0	7,1
4	150	56	—	50	270	120	133	60	102	23	162	62	94,5	2,2	188,0	4,3	49,5	4,7	66,0	14,3
5	136	70	—	60	270	140	151	100	130	30	190	90	130,0	6,0	261,3	7,0	61,6	3,6	63,1	14,3
6	134	54	—	70	260	120	160	110	118	34	182	104	508,0	1,0	1024,9	2,8	140,9	3,7	pr.[1]	14,3
7	140	44	—	75	290	110	200	80	107	31	174	107	197,0	0,6	395,5	1,0	137,0	3,4	pr.	11,4
8	180	45	—	75	310	93	210	90	124	33	205	107	130,0	0,5	207,0	0,5	147,8	2,9	pr.	8,6
9	170	44	—	70	292	88	190	68	142	24	200	100	65,7	3,0	119,5	4,0	88,1	3,4	pr.	7,1
10	140	38	—	70	266	88	146	70	117	24	186	94	46,9	3,6	90,0	4,0	63,6	4,2	pr.	14,3
11	130	39	—	70	256	88	127	60	110	23	146	94	38,7	—	77,6	—	62,8	3,1	pr.	11,4
12	133	68	33	70	250	105	110	60	120	43	200	128	26,6	3,6	53,3	4,0	48,9	3,7	64,5	15,7
13	138	72	50	70	275	130	195	100	113	68	195	170	17,2	0,2	34,4	1,9	46,0	3,5	64,5	15,7
14	113	57	72	75	250	138	165	109	94	60	182	170	18,1	2,5	34,0	6,1	42,0	3,3	60,2	14,3
15	117	51	95	77	233	123	175	105	82	54	166	158	15,8	0,7	26,0	2,0	39,1	3,1	50,2	11,4
16	83	50	95	77	217	117	180	90	70	42	145	139	11,9	4,1	19,0	7,5	37,6	2,7	48,7	15,7
17	89	69	95	57	205	155	160	105	62	60	132	132	10,7	3,0	19,2	4,6	35,8	4,8	40,1	18,6
18	89	79	95	70	197	205	150	155	51	60	87	146	8,6	4,1	17,4	7,5	34,2	4,1	35,8	17,2
19	70	63	95	77	199	188	155	150	49	60	120	142	12,5	8,0	19,0	11,0	31,4	13,0	28,7	15,7
20	80	92	65	86	195	244	178	210	43	102	107	162	3,8	15,0	18,4	35,5	27,2	52,6	37,3	45,9
21	70	107	73	95	195	234	154	255	41	100	100	182	6,6	73,9	13,5	121,7	22,1	47,9	30,1	pr.
22	70	83	90	91	170	205	135	200	40	80	96	154	1,5	34,2	3,3	48,9	15,1	33,6	25,8	63,1
23	60	73	92	91	168	180	130	170	42	54	90	139	3,6	25,0	5,0	97,8	11,1	27,2	27,2	63,1
24	53	50	73	82	162	172	120	152	41	51	84	128	—	21,0	—	40,4	7,6	21,0	25,8	48,7
25	39	55	50	72	150	141	130	120	30	45	48	140	—	10,5	—	22,1	5,9	17,6	18,6	40,1
26	47	50	47	55	116	124	72	80	29	34	71	107	—	15,3	—	20,0	6,1	14,6	20,0	31,5
27	47	44	47	60	114	117	46	70	28	36	65	96	3,2	12,9	6,5	11,0	6,9	10,2	24,3	31,5
28	47	44	47	62	113	108	45	65	24	32	62	90	—	4,0	—	8,5	5,3	9,4	21,5	28,7
29	47		47		106		40		24		59		—		—		5,2		17,2	
30	33		55		105		47		23		56		—		—		4,9		15,7	
31	41		58		100		41		19		54		—		—		5,6		14,3	
M.p.[2]	96	57	44	70	206	136	132	106	72	45	129	118	44,1	9,6	95,1	17,3	40,4	11,3	30,5	21,7

[1]pr. = preljev [2]M.p. = mjesečni prosjek

Razvoj potrošnje električne energije u NR Hrvatskoj za mjesece siječanj i veljaču 1963.

Bruto-potrošnja u NR Hrvatskoj	I. vještajni mjesec		Prema prošlom mjesecu		Prema istom mjesecu 1962.		I. i II. mj. 1963. prema I. i II. mjesecu 1962.		12 mjeseci 1963/62. prema mjesecima 1962/61.	
	Siječanj	Veljača	Siječanj	Veljača	Siječanj	Veljača	Siječanj	Veljača	Siječanj	Veljača
Ukupno NRH	100,0	100,0	107,0	95,5	115,0	123,0	115,0	120	112	113
Spec. potrošači	16,2	16,2	113,5	100,0	84,5	93,0	84,5	88	94	92
Industrija	32,4	31,8	106,0	97,4	116,5	113,0	116,5	113	113	112
Opća potrošnja	12,6	12,2	113,0	93,2	110,5	113,7	110,5	113	103	113
Domaćinstva	20,8	21,2	108,5	89,8	116,0	132,0	116,0	131	121	123

UREDNIŠTVO I UPRAVA. Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37, pošt. pret. 451, telefon 53–822, kućni 341.

IZDAVAČKI ODBOR. Miloš *Damjanić,* glavni direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Horvat,* tehnički direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Franjo *Kovač,* direktor ekonomsko-financijskog sektora Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Herman *Mattes,* direktor Instituta za elektroprivredu, Zagreb.

UREDNIČKI ODBOR. Glavni i odgovorni urednik: ing. Božidar *Filipović. Urednici rubrika.* Energetika: ing. Vinko *Brajnović.* Studije i istraživanja: ing. Jakob *Lucatti,* ing. Boris *Markovčić* i ing. Blaž *Uzelac.* Tehnička i pogonska problematika: ing. Ivo *Božin.* Izgradnja energetskih postrojenja: ing. Radoslav *Planić.* Elektrodispečerska problematika: ing. Milan *Šodan.* Ekonomsko-financijska problematika: Anđelko *Marušić* i dipl. ec. Daniel *Fëocze.* Tarifna pitanja: ing. Ivan *Lučev.* Opća problematika: Ivan *Medvedec.* Vijesti: Josip *Pišpek.* Vijesti s gradilišta: ing. Radoslav *Planić.* Iz strane stručne literature: prof. ing. Vladimir *Žepić.* Statistika: Krešimir *Lang.* Tehnički urednik: ing. Vlatko *Dabac.* Komercijalno i financijsko rukovodstvo: Ernest *Radetić.*

GOD. 12 (1963) energija BROJ 5 — 6

BILTEN ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA HRVATSKE I INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU

ELEKTRIČNA ENERGIJA U ENERGETSKOJ PRIVREDI SR HRVATSKE

Ivo Jamnicki, Zagreb

Razmotren je utjecaj razvoja energetske privrede na usmjeravanje upotrebe i proizvodnje električne energije u Hrvatskoj, a prikazani su i faktori, koji taj razvoj usmjeruju. Na osnovu tih smjernica dano je i dugoročno predviđanje razvoja upotrebe i dobave električne energije za područje SR Hrvatske i to u ovisnosti o visini njenog narodnog dohotka, za razdoblje od 1960—2000. kao orijentaciono. Gledište, da se razvoj pojedinih oblika energije može pravilno usmjeravati samo u okviru kompleksnog razmatranja razvoja cjelokupne energetske privrede zauzimlje sve više maha i ova studija je prva naliza u kojoj je razvoj upotrebe i dobave električne energije za područje SR Hrvatske tako promatran.

DK 621.31

1. Osnove i opseg prikaza

Značaj električne energije u snabdijevanju energijom iz dana je u dan sve veći. Prirodna je to posljedica općeg razvoja ljudskog društva, čiji je razvoj uvjetovan, između ostalog, i dobavom energije u što pogodnijim oblicima. U te pogodne oblike energije spada u prvom redu električna energija. Njezina potražnja raste stoga znatno brže nego ukupna potrošnja energije i brže nego što raste ukupni ekonomski razvoj čovječanstva. Značajno je stoga da se razvoj elektropriverde, tj. upotrebe, proizvodnje i dostave električne energije, usmjeri tako da ona bude što optimalnija. Nadalje je važno da se predvidi taj razvoj, jer on ima velik utjecaj na opći društveni razvoj.

Utvrđivanje optimalnog razvoja elektroprivrede može se izvršiti samo u okviru dugoročnog predviđanja općeg energetskog razvoja zemlje. Svrha je ovih izlaganja prikazati dugoročno predviđanje toga općeg energetskog razvoja i njegovog utjecaja na razvoj elektroprivrede. Važno je da to usmjerivanje i predviđanje bude dugoročno. Pravilan razvoj u bližoj budućnosti može se postići samo onda kada se ima u vidu i dalja budućnost.

Dugoročni plan razvoja energetske privrede SR Hrvatske ne postoji. Zbog toga je pri razmatranjima dugoročnog razvoja bilo potrebno izvršiti najprije procjenu toga razvoja. Ova procjena izvršena je na osnovi korelacija između razvoja narodnog dohotka i potrošnje korisne energije konačnih potrošača energije, tj. industrije, saobraćaja, domaćinstva i komunala, te ostale sitne potrošnje, kao i izvoza energije te proizvodnje tehnološko-energetskih materijala. Iz korisne energije, i ostalih faktora koji usmjeruju pravilan energetski razvoj, utvrđena je ukupna potrošnja temeljne energije, tj. ukupna primarna i uvoz sekundarne energije, te konzumna energija koja se dovodi konačnim potrošačima. Na osnovu faktora koji usmjeruju pravilan energetski razvoj utvrđene su opće smjernice pravilnog energetskog razvoja. Prema tim smjernicama te ukupne potrošnje energije utvrđeno je usmjeravanje i predviđanje razvoja pojedinih nosilaca temeljne i konzumne energije, a u okviru razvoja njihove ukupne potrošnje, koja je utvrđena naprijed navedenom metodologijom.

Predviđanje razvoja na ovaj način moglo se izvršiti na osnovu poznatih glavnih faktora usmjeravanja energetske privrede SR Hrvatske i analogije s predviđanjem razvoja energetske privrede Jugoslavije.

U prikazima razvoja energetske privrede SR Hrvatske nije unesena živa energija tj. energija koju razvijaju ljudi i stoka. Ovo je učinjeno zbog pojednostavnjenja i bolje mogućnosti komparacije s ostalim prikazima energetskog razvoja, koji živu energiju obično ne prikazuju.

Od neklasičnih izvora energije uzeta je u obzir samo nuklearna energija. Nije naime vjerojatno da će se do smjene stoljeća moći u većoj količini koristiti energija sunca, vjetra, valova, plime i oseke te ostalih novih izvora.

2. Osnovni faktori energetskog razvoja

Razvoj energetske privrede, a u okviru ovoga i elektroprivrede, uvjetuju brojni faktori. Među ovima su najznačajniji: opći društveni razvoj; energetski izvori zemlje; dosadašnji energetski razvoj i potražnja energije; ekonomija upotrebe, dobave i proizvodnje energije; razvoj energetske tehnike; energetski razvoj svijeta, naročito okolnih područja.

Navedeni faktori međusobno su usko povezani. Viši stepen društvenog razvitka, kod kojega je vrijednost ljudskog rada veća, zahtijeva npr. da se energija konačnim potrošačima dobavlja u takovoj formi da utrošak ljudske radne snage pri proizvodnji konačno potrebnih oblika energije, tj. mehaničke toplinske i ke-

mijske energije, bude što manji. Kao primjer može se navesti da potrošnja 1 tone ugljena u domaćinstvu zahtijeva najmanje 30 sati rada članova toga domaćinstva. Ako se pak ekvivalentna energija dobavlja domaćinstvu plinom ili električnom energijom, svodi se rad članova domaćinstva za snabdijevanje toplinskom energijom praktički na nulu.

Najvažnije značajke društvenog razvoja, o kojima ovisi energetski razvoj, su ekonomski potencijal zemlje, te broj i standard njezinog stanovništva. Prikazano usmjerivanje i predviđanje općeg energetskog razvoja i razvoja elektroprivrede SR Hrvatske, izrađeni su uz pretpostavku glavnih značajki društvenog razvoja navedenih u tablici 1.

Pretpostavljene osnovne značajke društvenog razvoja SR Hrvatske

Tablica 1

Narodni dohodak	bilij. Din	0,72	2,5	6,4
Broj stanovnika	milijuna	4,1	4,7	5,3
Broj stanova	milijuna	1,0	1,4	1,75
Vrijednost rada	Din/h	150	500	1200
Orijentac. razdoblje	godina	1960.	1980.	2000.

Navedene vrijednosti prikazane su i u sl. 1. Vrijednost dinara uzeta je uvijek po cijenama u godini 1960. Godine su u svim prikazima samo orijentacione. Osnovni faktor je narodni dohodak. Brži razvoj narodnog dohotka uvjetuje i brži energetski razvoj. Za rima energije područja SR Hrvatske, ekonomski rasvoja. Godine u grafičkim prikazima samo su pomoćni parametar prikazivanja pojedinih vrijednosti.

3. Izvori energije i njihovo korištenje

Energija sadržana u obnovljivim klasičnim izvorima energije područja SR Hrvatske, ekonomski raspoloživa za buduće snabdijevanje energijom, procjenjuje se na iznose prikazane u narednoj tablici:

Obnovljivi izvori energije SRH

Nosilac energije	TWh/god
Voda	17
Biljno gorivo	16
Svega	33

S navedenom vodnom energijom može se proizvesti oko 12 TWh/god. električne energije. Biljno gorivo obuhvaća gorivo drvo i poljoprivredne otpatke, koji se ne koriste za biološke i tehnološke svrhe, te rashodovanu drvnu građu.

Energija sadržana u iscrpljivim klasičnim izvorima područja SR Hrvatske, predvidivo ekonomski upotrebiva za buduće snabdijevanje energijom, procijenjena je u narednoj tablici

Iscrpljivi izvori energije SRH (1960)

Nosilac energije	Energija u TWh/god. A + B + C_1	vjerojatna
Ugljen	640	1000
Nafta	310	760
Plin	50	240
Svega	1000	2000

U prednjem nisu sadržane zalihe nafte i plina koje se mogu očekivati na području Dinarida, koje je još premalo istraženo da bi se mogla dati neka tačnija procjena. To područje daje međutim dobre izglede da će se pronaći ekonomski raspoložive zalihe. Orijentaciono se mogu one ocijeniti istim iznosom kao zalihe panonskog bazena u SR Hrvatskoj, oko 1000 TWh.

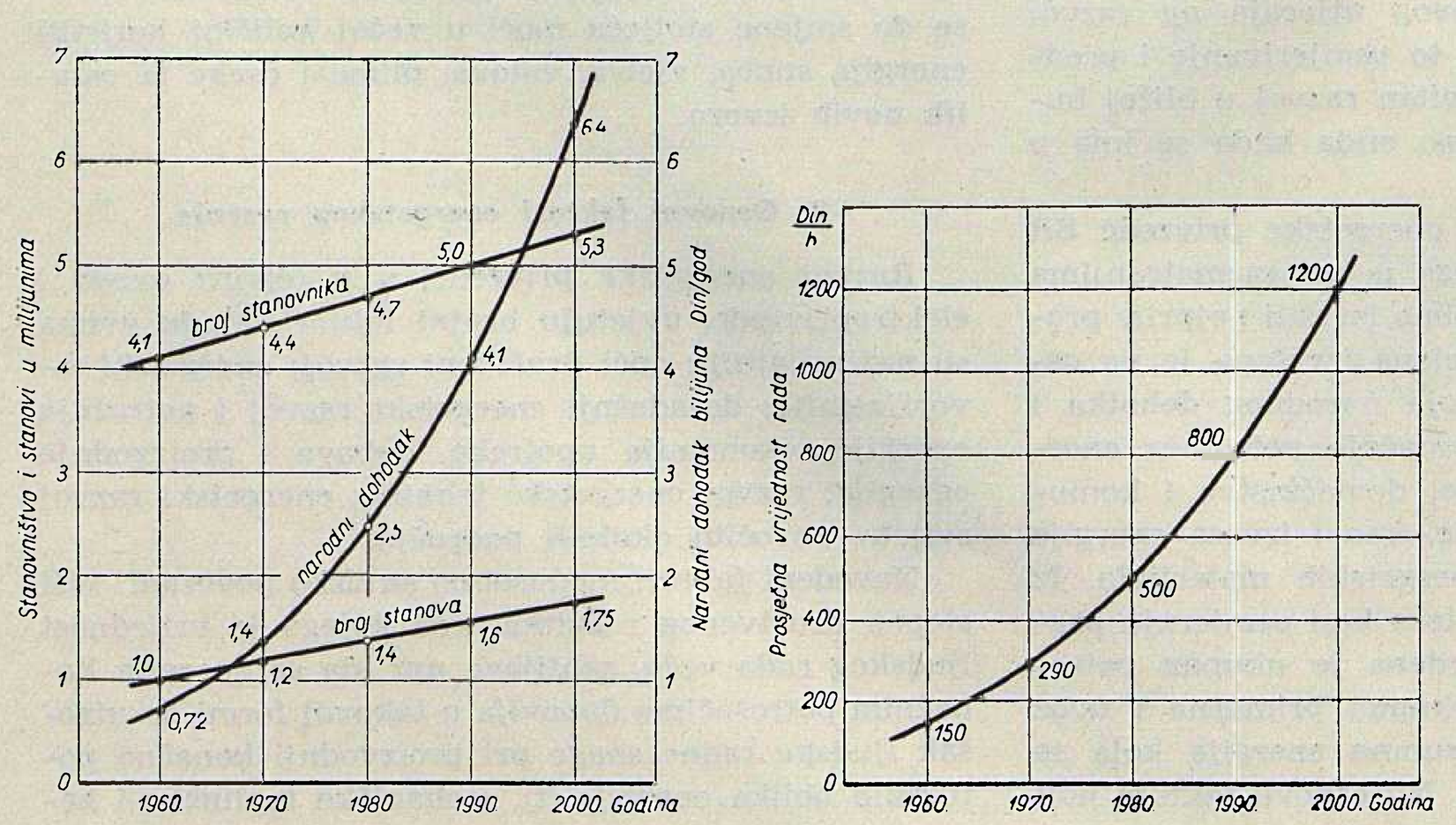
Obnovljivi izvori područja SR Hrvatske po veličini su osrednji. Zbog malih zaliha ugljena, a još više zbog teških uslova njegove eksploatacije, ekonomski iskoristivi iscrpljivi izvori su međutim vrlo slabi.

4. Potrošnja energije područja SR Hrvatske

Ukupna potrošnja temeljne energije područja SR Hrvatske iznosila je 1960. godine

iz vlastitih izvora, primarna	40 TWh/god.
uvoz primarne + sekundarne	14 TWh/god.
svega temeljna energija SRH	54 TWh/god.

Pretpostavlja se da je ova energija bila iskorištena s ukupno 38 %. Prema tomu se utrošak energije područja SR Hrvatske u godini 1960. može procijeniti na $54 \cdot 0{,}38 = 21$ TWh/god.



Sl. 1. Osnovne postave društvenog razvoja SR Hrvatske

Sve novčane vrijednosti po cijenama u 1960.

Potrošnja konzumne energije SR Hrvatske u godini 1960. može se, iz statistika i podataka o temeljnoj energiji, procijeniti na 45 TWh/god. U ovom nije uključena potrošnja pretvaranja energije npr. rafinerija nafte, parnih kotlova i elektrana, dok je uključen izvoz i energija sadržana u energetsko-tehnološkim materijalima, tj. materijalima koji se dobivaju iz istih sirovina kao i sekundarna energija, kao što su npr. maziva, bitumen i katran. Nadalje u konzumnoj energiji nisu uključeni gubici dostave energije do potrošača.

Potrošnja električne energije iznosila je u Hrvatskoj 1960. godine:

Konačni potrošači	1,93 TWh/god.
Izvoz	0,38 TWh/god.
Gubici mreže	0,31 TWh/god.
Vlastita potrošnja elektrana	0,06 TWh/god.
Svega	2,68 TWh/god.

5. Smjernice za razvoj energetske privrede SR Hrvatske

Pod pretpostavkom dugoročnog prosjeka porasta narodnog dohotka od 6 % godišnje, može se na teritoriju SR Hrvatske očekivati potrošnja temeljne energije krajem stoljeća od preko 200 TWh/god. Obnovljivi izvori mogu pokriti oko 30 TWh/god. Oko 10 TWh/god. morat će se u svakom slučaju uvesti zbog kvaliteta i bunkerovanja brodova u inozemstvu. Domaći iscrpljivi izvori s energijom od oko 2000 TWh, u najboljem slučaju 3000 TWh, nisu niti iz daleka dovoljni da pokriju manjak od najmanje 160 TWh/god.

Iz naprijed navedenog i iz ostalih faktora, naročito onog o potrebi stalnog porasta produktivnosti rada u energetskoj privredi, mogu se dati slijedeće osnovne smjernice za razvoj energetske privrede SR Hrvatske.

U dobavi energije

Intenzivno iskorišćivanje obnovljivih izvora, tj. vodnih snaga i biljnih goriva, neupotrebljivih za druge svrhe.

Eksploatacija i ekonomski nepovoljnih izvora te izbjegavanje gubitaka pri eksploataciji.

Intenziviranje istražnih radova za naftu i plin.

Uvoz energije odnosno njezinih nosilaca iz ostalih narodnih republika i inozemstva.

Uvođenje nuklearne proizvodnje energije.

U dobavi potrošačima

Prijelaz na sve veću upotrebu tekućih goriva, plina i električne energije umjesto ugljena i drva kod malih potrošača.

Upotrebu oblika energije kojih dobava zahtijeva velike investicije odlagati za kasnije.

Pretvorba i ostava energije

Štednja energetskih sirovina upotrebom tehnički što boljih procesa i dobrim vođenjem pogona.

Upotreba starih postrojenja kao dopunskih dobavljača energije.

Smanjivanje prijevoza i prijenosa energije korištenjem lokalnih izvora.

U gradnji energetskih postrojenja

Postavljanje tehnički i ekonomski optimalnih postrojenja.

Štednja investicija, u prvom redu deviznih, pravilnim korištenjem postojećih postrojenja.

Posebno treba istaknuti da vlastite izvore treba eksploatirati tako da se do njihovog potpunog iscrpljenja dođe tek postupno. Naročito to vrijedi za naftu i plin.

Kao primjer dobave energije po ovim smjernicama prikazano je u sl. 2 podmirenje potrošnje korisne energije u sektoru gradskih domaćinstva na području panonske Hrvatske.

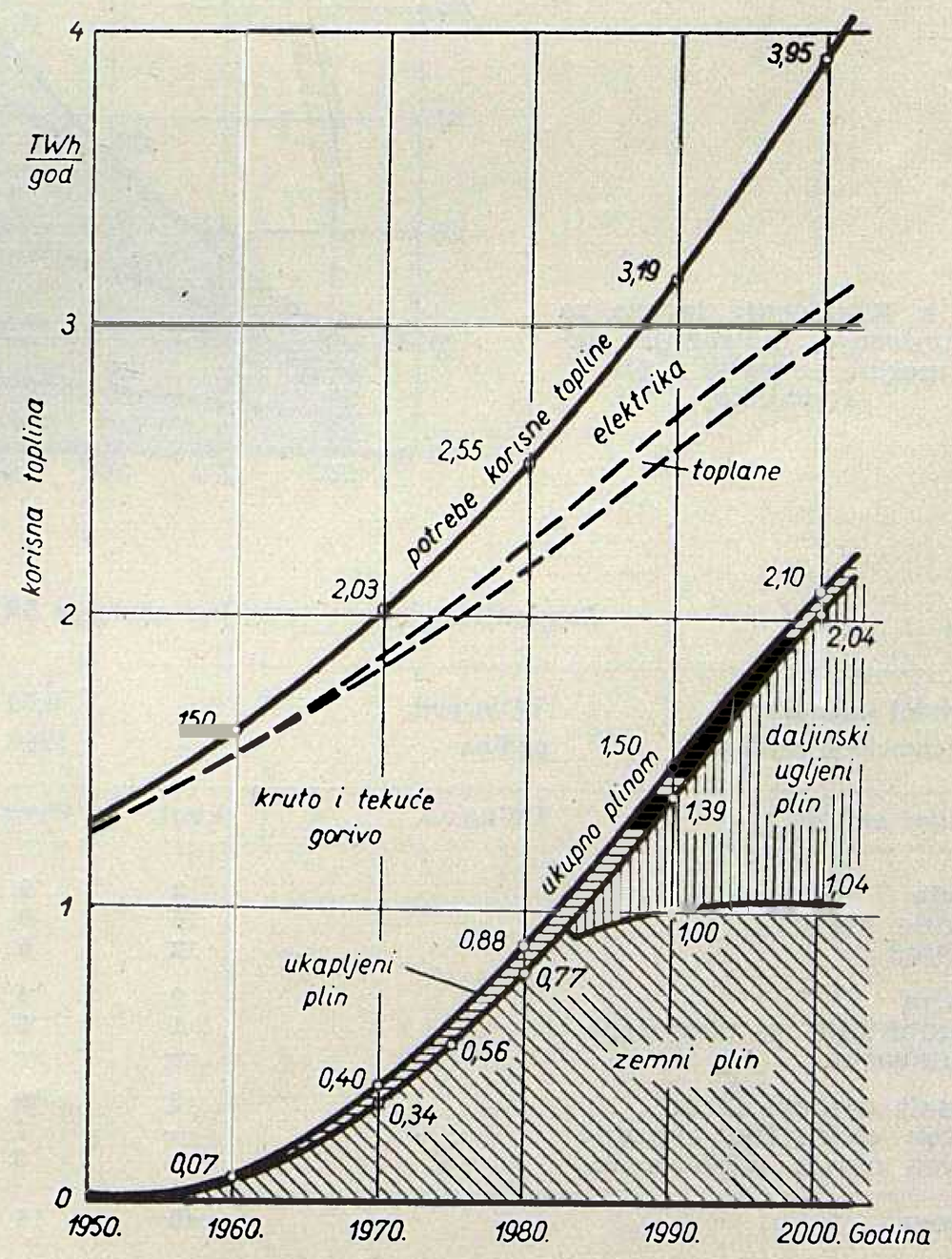
6. Potražnja energije i njezino podmirenje

Na osnovi naprijed navedenih osnovnih smjernica po kojima bi trebalo usmjeravati razvoj energetske privrede SR Hrvatske, te korelacija između procijenjenog narodnog dohotka, korisne i temeljne energije, može se postaviti predviđanje osnovnog razvoja energetske privrede SR Hrvatske, navedeno u tablici 2.

Osnovni razvoj energetske privrede SR Hrvatske

Tablica 2

Narodni dohodak	TDin/god.	0,72	2,5	6,4
Orijentac. razdoblje	godina	1960.	1980.	2000.
Korisna energija	TWh/god.	21	50	80
Konzumna energija	TWh/god.	45	100	166
Temeljna energija	TWh/god.	54	132	250



Sl. 2. Podmirenje potražnje korisne energije u sektoru gradskog domaćinstva na području panonske SR Hrvatske
Optimalno korišćenje zemnog plina u SR Hrvatskoj

Predvidivi razvoj potražnje korisne i temeljne energije područja SR Hrvatske Tablica 3

Narodni dohodak	TDin/god.	0,72		1,4		2,5		4,1		6,4
Orijentaciono razdoblje	godina	1960.		1970.		1980.		1990.		2000.
Porast narodnog dohotka										
10-godišnji indeks	—		1,97		1,79		1,65		1,55	
Stopa god. porasta *PN*	%		7,0		6,0		5,0		4,5	
Korisna energija K										
Iznos kor. energije	TWh/god.	21		35		50		65		80
Indeks 10-god. porasta	—		1,70		1,43		1,30		1,23	
Stopa god. porasta p_K	%		5,50		3,65		2,65		2,10	
Odnos p_K/p_N	—		0,78		0,61		0,53		0,47	
Iskorištenje temeljne energije	K/T	0,38		0,39		0,38		0,35		0,32
Temeljna energija T										
Iznos tem. energ.	TWh/god.	54		90		132		185		250
Indeks 10-god. porasta	—		1,66		1,47		1,40		1,35	
Stopa god. porasta p_T	%		5,2		3,9		3,4		3,06	
Odnos p_T/p_N	—		0,74		0,65		0,68		0,68	

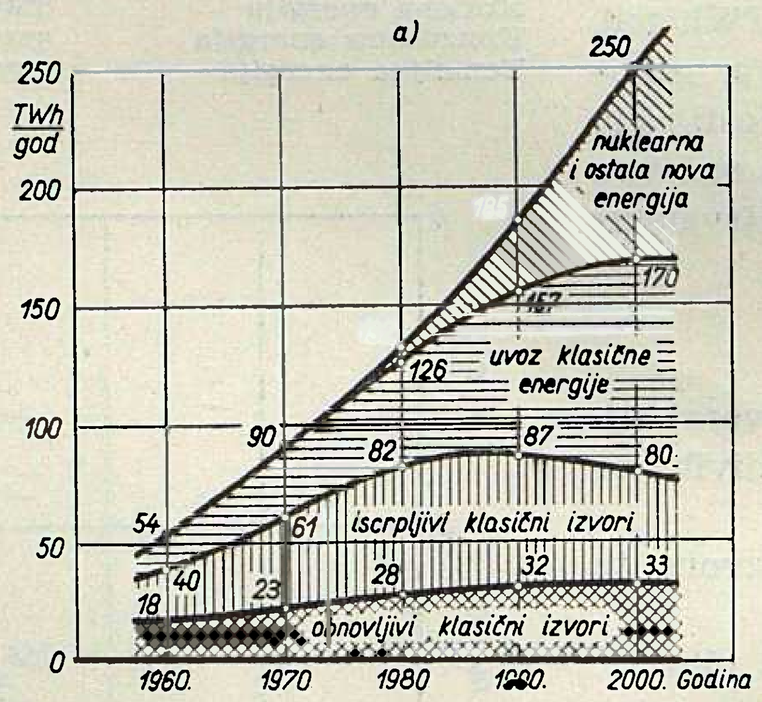
a) Potražnja i podmirenje temeljne energije

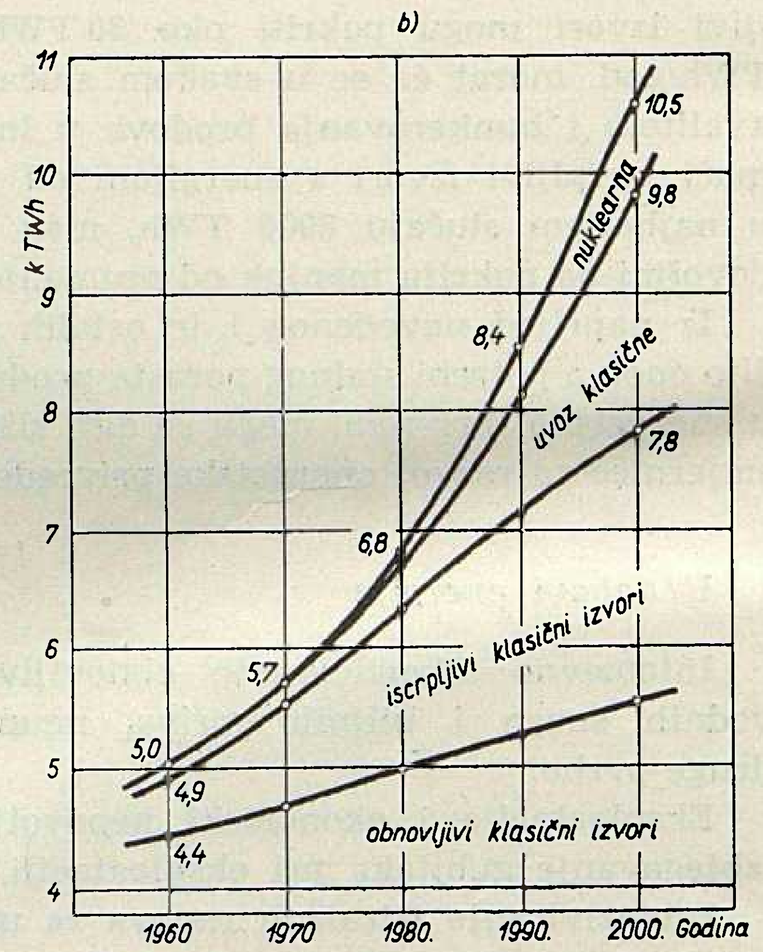
31. 12. 1960. poznati vjerojatni komercijalni izvori područja SR Hrvatske (A + B + C):
obnovljivi: 33 TWh/god.
iscrpljivi:: 2000 TWh

b) Zbirni potrošak temeljne energije

Polazni utrošak energije područja SR Hrvatske tj. ukupni utrošak do 1960. procijenjen je sa 5 kTWh

Utrošak 1960. do 2000. u kTWh:	
obnovljeni klasični	1,1
iscrpljivi klasični	1,8
uvoz klasični	2,0
nuklearni	0,6
svega	5,5





Sl. 3. Korišćenje izvora za podmirenje potražnje temeljne energije u SR Hrvatskoj

Raspodjela dobave temeljne energije SR Hrvatske po nosiocima energije u TWh god. Tablica 4

Narodni dohodak	TDin/god.	0,72			2.5			6.4		
Orijentaciono razdoblje	godina	1960.			1980.			2000.		
Nosilac energije	TWh/god.	Vlast.	Uvoz	Svega	Vlast.	Uvoz	Svega	Vlast.	Uvoz	Svega
Voda		2	0	2	13	0	13	17	0	17
Biljno gorivo		16	0	16	15	0	15	16	0	16
Ugljen		12	6	18	20	12	32	18	15	33
Nafta		9	4	13	27	20	47	25	45	70
Zemni plin + ukapljeni		1	0	1	7	0	7	4	0	4
Nuklearna		—	—	—	0	6	6	20	60	80
Ostali domaći izvori		0	0	0	0	—	0	0	—	0
Uvoz električne energije		—	1	1	—	2	2	—	3	3
Uvoz ostale sekundarne		—	3	3	0	10	10	0	27	27
Svega		40	14	54	82	50	132	100	150	250

Uvoz obuhvaća uvoz iz inozemstva i ostalih socijalističkih republika Jugoslavije.
Uvoz ostale sekundarne energije obuhvaća koks, derivate nafte uključivo bunkerovanja domaćih brodova u inozemstvu, sekundarni (ugljeni) plin.

Korelacijski odnosi po kojima su iz narodnog dohotka izračunana predviđanja razvoja visine korisne i temeljne energije, prikazani su u tablici 3.

Korištenje pojedinih izvora za podmirenje potražnje temeljne energije SR Hrvatske, prema navedenim smjernicama i predviđanjima, prikazano je na sl. 3. U njoj je naveden i zbirni utrošak energije pojedinih izvora sve dok narodni dohodak SR Hrvatske ne postigne vrijednost od 6,4 bilijuna dinara po cijenama u 1960. godini. (Orijentaciono oko godine 2000).

Detaljniji raspored razvoja dobave temeljne energije po glavnim nosiocima naveden je u tablici 4 i prikazan na sl. 4.

Procjena razvoja potrožnje konzumne energije prikazana je u tablici 5 i na sl. 5. I ovdje treba naglasiti da u konzumnoj energiji nije uključena energija koja se troši za proizvodnju primarne i sekundarne energije te za gubitke dostave energije do potrošača.

Procjena razvoja potražnje konzumne energije (TWh god.) područje SR Hrvatske

Tablica 5

Narodni dohodak	TDin/god	0,72	2,5	6,4
Orijentaciono razdoblje	godina	1960.	1980.	2000.
Ugljen direktni (bez pare)		8	5	2
Drvo i gorivi otpaci		14	13	13
Plin zemni + ukapljeni		0	7	4
Plin sekundarni (uključ. rafiner.)		1	3	12
Sekundarna kruta goriva		2	8	13
Tekuća goriva		6	20	35
Električna energija		2	88	28
Para i vrela voda		5	8	13
Nuklearno gorivo (brodovi + vanreakt.)		0	0	10
Svega konačni konzum		38	72	130
Tehnološko energetski materijal		1	3	5
Izvoz električne energije		0	4	3
Izvoz ostalih (tek. gor., ugljen, razno)		3	21	28
Svega konzumna energija		45	100	166

7. Raspoloživost energetskih izvora za elektroprivredu

Za proizvodnju električne energije stoje SR Hrvatskoj na raspolaganju vodne snage i klasična goriva iz vlastitih izvora, uvoz klasičnih goriva i električne energije te nuklearno gorivo.

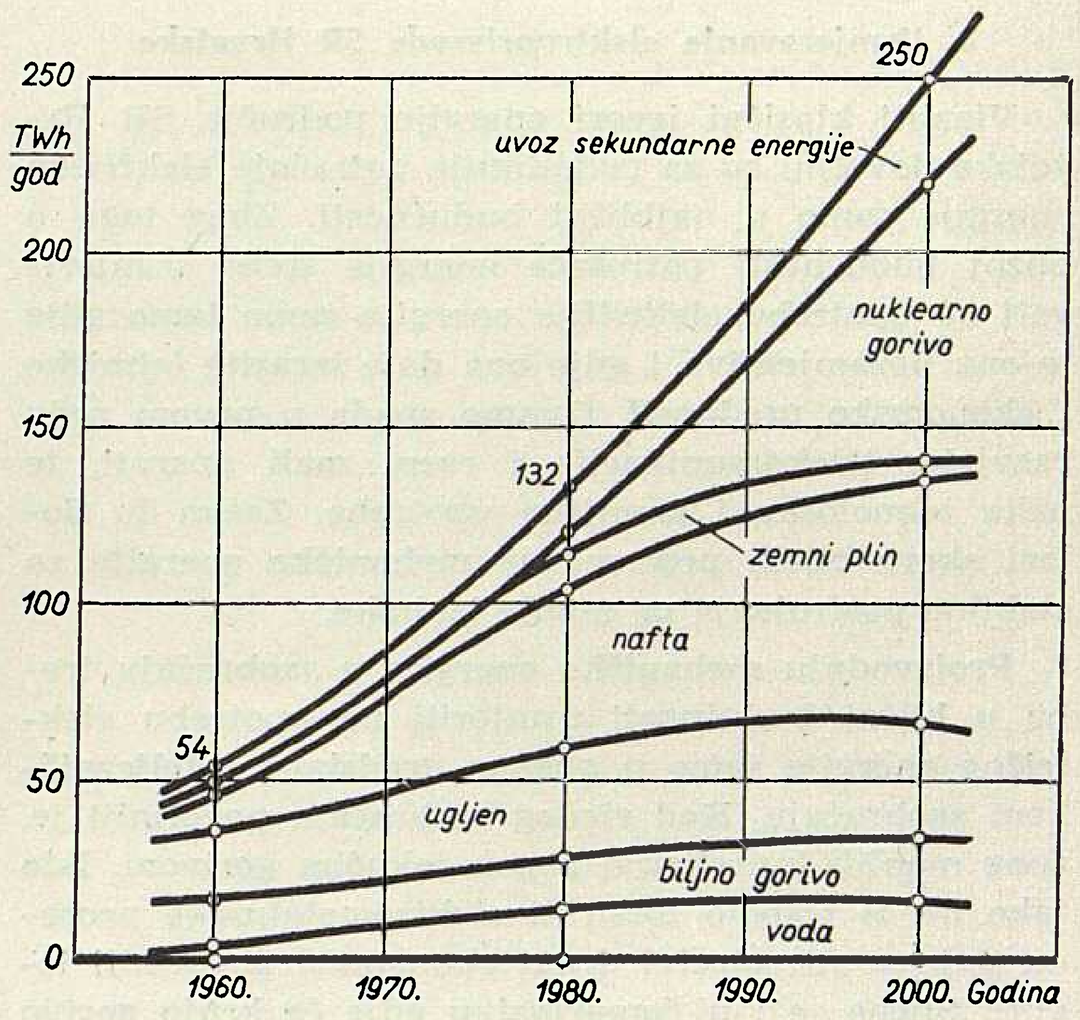
Vodne snage na vlastitom području s energijom od oko 17 TWh/god. mogu se praktički u cijelosti koristiti za proizvodnju električne energije; njima se može proizvesti oko 12 TWh/god. električne energije.

Od klasičnih goriva bit će za elektroprivredu raspoloživi prašinasti i kvantitativno lošiji ugljeni s energijom od oko 5 TWh/god, od toga oko 2 TWh/god. u kamenom ugljenu i oko 1 TWh/god. u otpadnim metalurškim niskokaloričnim plinovima i u tekućem gorivu.

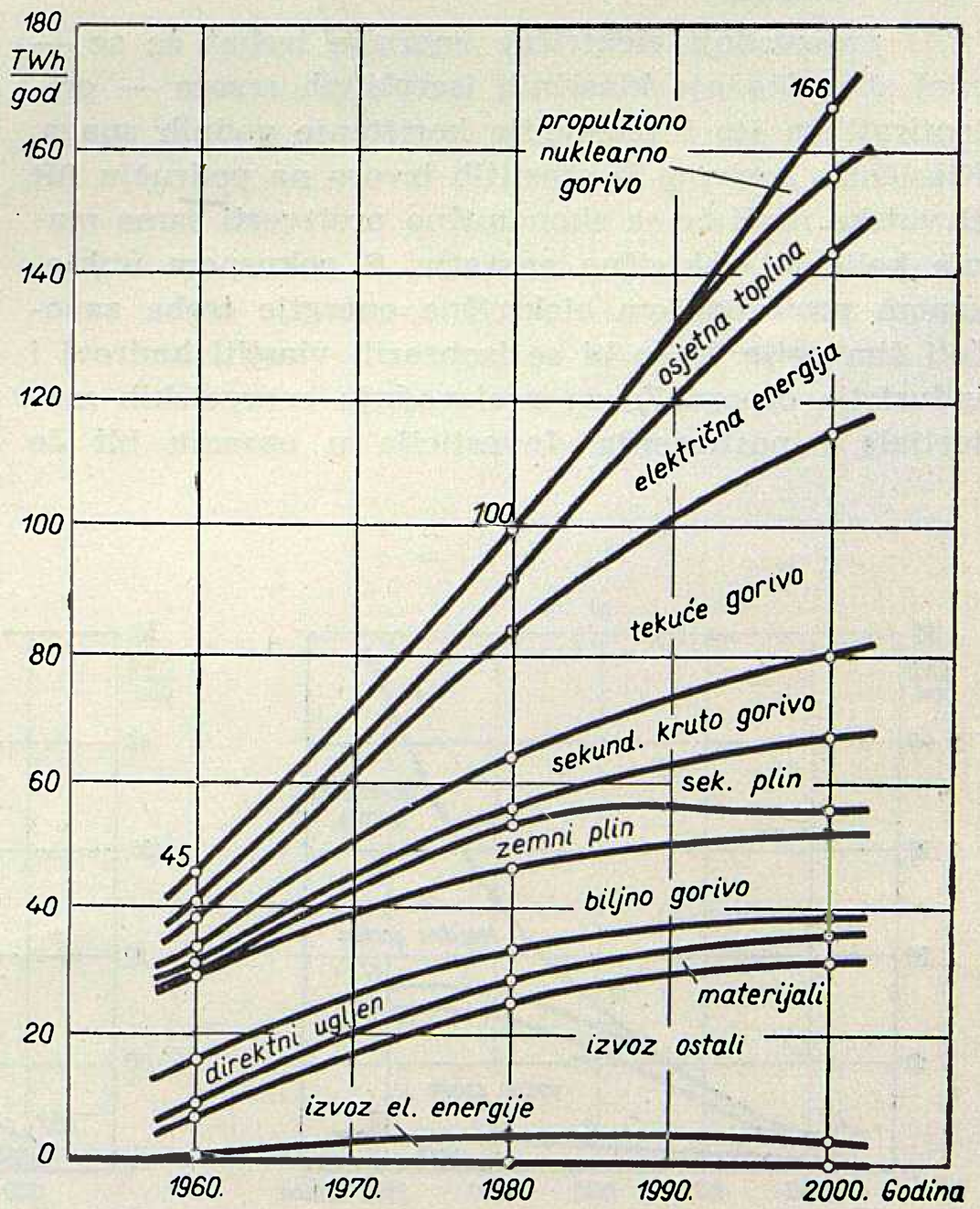
Uvoz klasičnih goriva iz ostalih jugoslavenskih narodnih republika trebao bi pri pravilnom razvoju biti sasvim neznatan. Prijenos električne energije na male udaljenosti je naime ekonomičniji negoli prijevoz ugljena za proizvodnju te energije.

Nuklearno gorivo bit će pod kraj stoljeća vjerojatno glavni izvor dobave električne energije za područje SR Hrvatske. U kojoj će mjeri nuklearno gorivo biti uvoženo, ne može se još sada prosuditi.

Sl. 4. Energetski razvoj područja SR Hrvatske
Temeljna energija
Primarna energija: domaća + uvoz
Sekundarna energija: samo uvoz
Godine su samo pomoćni parametar vezan na narodni dohodak



Sl. 5. Razvoj konzumne energije područja SR Hrvatske
Bez utroška prerade energije i gubitaka dostave
Godine su samo pomoćni parametar vezan za narodni dohodak



Uvoz električne energije svodit će se u daljoj budućnosti vjerojatno uglavnom na izmjenu električne energije sa susjednim jugoslavenskim narodnim republikama i inozemstvom.

8. Usmjeravanje elektroprivrede SR Hrvatske

Vlastiti klasični izvori energije područja SR Hrvatske dovoljni su za podmirenje potražnje električne energije samo u najbližoj budućnosti. Zbog toga u bližoj budućnosti potrošače energije treba usmjerivati na upotrebu električne energije samo tamo gdje je ona nezamjenjiva i gdje ona daje izrazite tehničke i ekonomske prednosti. Ovamo spada u prvom redu rasvjeta, telekomunikacije i razni mali aparati, te neka tehnološka i kemijska upotreba. Zatim tu dolazi skoro cijela proizvodnja mehaničke energije za stabilna postrojenja uz manje iznimke.

Proizvodnju mehaničke energije u saobraćaju treba u bližoj budućnosti usmjeriti na upotrebu električne energije samo u gustom gradskom i željezničkom saobraćaju. Kod rjeđeg saobraćaja povoljniji je, zbog manjih investicija, pogon tekućim gorivom. Isto tako ne bi trebalo forsirati elektrometalurške procese, dok su raspoloživi drugi ekonomski povoljniji izvori. Slično je i u domaćinstvu gdje će kruto gorivo i plin, osim za kuhanje, biti još dugo povoljniji od električne energije.

U daljnjoj budućnosti, kada nuklearna proizvodnja električne energije postane tehnički i ekonomski povoljna, a nastupi nestašica tekućih goriva, trebat će električnu energiju u pravilu koristiti svuda gdje je ona primjenljiva. To zahtijeva štednja klasičnih goriva za kemijsko-tehnološke potrebe i one energetske potrebe gdje se nuklearna energija neće moći ekonomično koristiti.

U proizvodnji električne energije trebat će se — opet zbog štednje klasičnih iscrpljivih izvora — orijentirati na što intenzivnije korištenje vodnih snaga. Klasičnim gorivom iz vlastitih izvora na području SR Hrvatske moći će se ekonomično proizvesti samo manje količine električne energije. S pokusnom nuklearnom proizvodnjom električne energije treba započeti čim prije, kako bi se izobrazili vlastiti kadrovi i industrija osposobila za proizvodnju energetskih materijala i postrojenja. Investicija u opremu bit će predvidivo i u budućnosti glavna stavka troškova nuklearne proizvodnje električne energije. Masovnom proizvodnjom električne energije nuklearnim putem treba međutim započeti tek onda kada se dovoljno razvije tehnika i ekonomija te proizvodnje, i kada nastanu teškoće u dobavi električne energije iz klasičnih izvora.

Prema naprijed navedenim smjernicama, a u okviru prikazanog općeg razvoja energetske privrede, može se osnovna potrošnja i dobava električne energije procijeniti kako je prikazano u tablici 6.

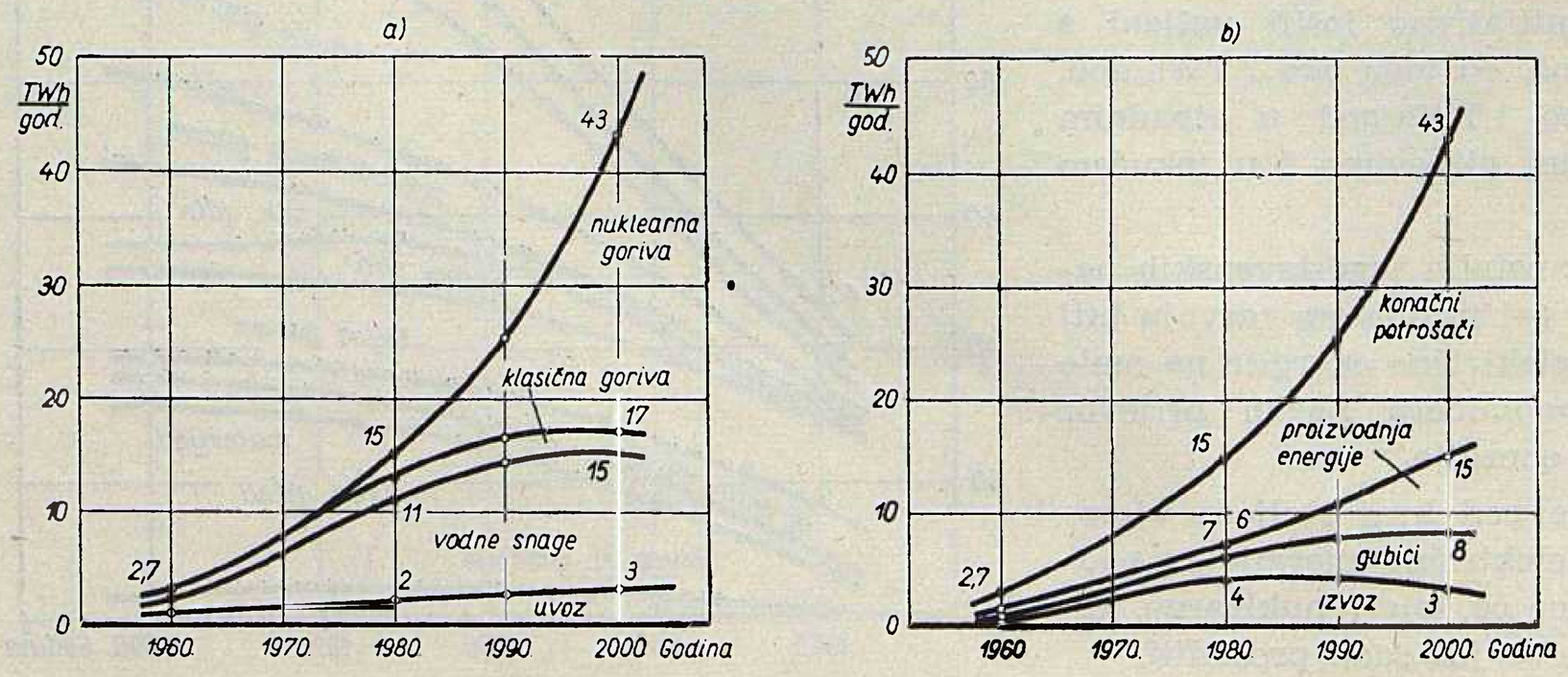
Potrošnja i dobave električne energije SR Hrvatske

Tablica 6

Narodni dohodak Orijentac. razdob.	bilij. Din/god. godina	1960. 0,72	1980. 2,5	2000. 6,4
Potrošnja energije	TWh/god	2,7	15	43
Konačni potrošači	TWh/god	1,7	8	28
Proizvodnja energije	TWh/god	0,3	1	7
Izvoz	TWh/god	0,4	4	3
Gubici dostave	TWh/god	0,3	2	5
Dobava energije	TWh/god	2,7	15	43
Vodne snage	TWh/god	1,2	9	12
Klasična goriva	TWh/god	0,5	2	2
Nuklearna energija	TWh/god	—	2	26
Uvoz	TWh/god	1,0	2	3

Istaknuti treba razmjerno malenu proizvodnju električne energije klasičnim gorivom, koja bi, po predloženom planu razvoja, krajem stoljeća u SR Hrvatskoj bila 20 puta manja od proizvodnje cijelog područja SFR Jugoslavije. Ukupna potrošnja električne energije i njezina proizvodnja nuklearnim putem bile bi međutim nešto veće nego što odgovara udjelu stanovnika SR Hrvatske u Jugoslaviji. Ovo je logična posljedica siromaštva SR Hrvatske na ugljenu, koja stoga nema mogućnosti da ugljen upotrebljava ni direktno ni kao sirovinu za rasplinjavanje i ostalu preradu u većoj količini. Manjak ugljena mora se nadoknaditi dobavom energije iz nekog novog dovoljno jakog izvora. Taj novi izvor — koliko se sada može sagledati — je nuklearna energija, koja će se koristiti u prvom redu putem električne energije.

Naprijed navedeno usmjeravanje i predviđanje razvoja potrošnje i dobave električne energije područja SR Hrvatske prikazano je i grafički na sl. 6



Sl. 6. Usmjeravanje razvoja elektroprivrede SR Hrvatske
a) Dobava po izvorima
b) Potražnja i raspodjela

Na osnovu svega što je ovdje izneseno može se donijeti daljnji zaključak o usmjeravanju i predviđanju razvoja upotrebe i proizvodnje električne energije u SR Hrvatskoj u okviru njezinog općeg energetskog razvoja.

Zaključak

Klasični energetski izvori SR Hrvatske nisu dovoljni da podmire njenu buduću potrošnju energije. Velike količine klasičnog goriva primarnog i sekundarnog, trebat će stoga uvoziti iz ostalih narodnih republika SFR Jugoslavije i iz inozemstva, a morat će se koristiti i novi, neklasični, izvori energije.

Dobava električne energije zahtijeva velike investicije, a kod njezine proizvodnje termičkim putem iskorištenje primarne energije je maleno. Zbog toga, te zbog siromaštva vlastitih energetskih izvora trebat će u bližoj budućnosti upotrebu električne energije usmjeriti na područja gdje je ona nezamjenjiva i gdje daje izrazito ekonomske prednosti. U daljnjoj budućnosti, kada se električna energija bude masovno proizvodila i nuklearnim putem, trebat će nasuprot potrošače energije usmjeravati sve više na upotrebu njezine električne forme, da bi se klasično gorivo sačuvalo za neophodno potrebne svrhe.

Proizvodnju električne energije treba u SR Hrvatskoj — u cilju čuvanja zaliha goriva — orijentirati na što intenzivnije korištenje vodnih snaga, a proizvodnju električne energije klasičnim gorivom razvijati samo na bazi viškova sitnozrnatih i nekvalitetnih goriva iz vlastitih ugljenokopa. Pokusnom nuklearnom proizvodnjom treba započeti čim prije zbog osposobljavanja kadrova i industrije za proizvodnju nuklearnih materijala i postrojenja. Masovnu nuklearnu proizvodnju električne energije treba međutim uvesti tek onda, kad njezina tehnika i ekonomija dosegnu dovoljnu visinu. Nuklearna proizvodnja bit će naročito značajna kada se — zbog iscrpljenja zaliha nafte i plina — započne osjećati nestašica pogodnih goriva za saobraćaj i sitnu potrošnju.

Naslov pisca: Ing. Ivo Jamnicki, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37

METODE INDIKACIJE I SIGNALIZACIJE ZALEĐIVANJA DALEKOVODA

Momir Vujnović, Zagreb

U zimskim periodima godine mnogi su dalekovodi podvrgnuti povećanim mehaničkim naprezanjima uslijed stvaranja taloga leda i snijega po njima. Radi omogućavanja provođenja zaštitnih mjera, opisane su moguće metode za ustanovljenje i dojavu stvaranja navedenih taloga. Ujedno su spomenute i mogućnosti primjene tih metoda u našoj zemlji.

DK 621.315.175 : 624.144.2

Uvod

Problem zaleđivanja dalekovoda kao i način borbe protiv te pojave još su prije rata bili razvrstani i rješavani na razne načine u mnogim stranim zemljama. To je i razumljivo ako se uzmu u obzir goleme štete, koje nastaju pri elementarnim nepogodama, u kojem slučaju dolazi do lomljenja pojedinih dionica dalekovoda. Iako do nepogoda ne mora često dolaziti, ipak mogu i u tom slučaju nastati veće štete, naročito kad naiđu u vrijeme nepripravnosti odgovornih faktora.

Nestabilne vremenske prilike dovele su do potrebe da se povede računa o razvoju metoda i uređaja za signalizaciju pojave taloga na dalekovodima. Usporedo s ovim problemom rješavan je i problem uklanjanja nepoželjnih taloga.

U našoj se zemlji dosad nisu aktivno obrađivali ovi problemi. Prije rata to nije bilo aktuelno zbog slabe elektrifikacije. Međutim sada, nakon izgradnje mnogih hidroenergetskih izvora i niza dalekovoda koji ih povezuju, pojavila se nasušna potreba za njihovim osiguranjem od havarija, jer ispadanjem dalekovoda iz pogona nastaju za zajednicu veliki gubici. Neposredno su uočljivi gubici potrebni za plaćanje mehaničkih popravaka, dopreme materijala do mjesta kvara, kao i radnog vremena zaposlenih ljudi. Osim tog, ovamo se pribrajaju i gubici uslijed neisporučene električne energije potrošačima. Međutim, važno je ovdje naglasiti da su ovako nabrojeni gubici približni. Tu nisu uzeti u obzir oni često puta momentano nevidljivi gubici, koji nastaju pri zaustavljanju nekog tehnološkog procesa u industrijskim pogonima (proizvodnja aluminija, plastičnih masa i sl.) kada utrošci za ponovno uspostavljanje pogonskog stanja proizvodnih objekata mnogostruko nadmašuju vidljive gubitke. Drugi faktor, koji forsira rješenje problema je postojanje nepredviđenih promjena vremenskih prilika zapaženih u mnogim krajevima naše zemlje.

Za ustanovljenje vrste i količine taloga atmosferskog porijekla (snijeg, led, inje, kiša) po dalekovodima, postoji nekoliko upotrebljivih metoda. Sve one nisu jednako efikasne niti daju iste rezultate. Jedna daje manje tačne podatke od druge, jer do rezultata dolazi subjektivnim kriterijima. Tačnije podatke daje ona, čiji se indikatorski sistem osniva na fizikalnom procesu, kod kojega se promjena neke veličine dade objektivno mjeriti određenim instrumentima. Upotreba manje tačne ili više tačne metode ovisi o važnosti koja se polaže na samo mjerenje.

Za određivanje važnosti nužno je razmotriti učestalost pojave zaleđivanja. Ona zavisi o geografskom smještaju dalekovoda. Više su izloženi zaleđivanju dalekovodi koji prolaze močvarnim terenima, uz jezera ili preko rijeka. Više se zaleđuju i oni, koji se nalaze u predjelima, preko kojih pušu česti i jaki

vjetrovi (doline između brda, visoravni i sl.). U vezi ovog kriterija važno je i statistički razmotriti kako se često pojavljuju u dužem vremenskom razdoblju jače zime.

Drugi bitan kriterij je ekonomska važnost dalekovoda za privredu zemlje. Iako možda neki dalekovod nije podvrgnut čestim zaleđivanjima, može se ipak od njega tražiti da gotovo nikad ne ispada iz pogona zbog zaleđivanja. Slučaj ovakova dalekovoda je onaj, pomoću kojega odvodimo električnu energiju u strane zemlje, jer bismo u slučaju ispadanja iz pogona imali ekonomske i političke gubitke.

Opis pojedinih metoda

1) Obilazak i nadzor trase dalekovoda

Ova metoda predstavlja najjednostavniji način kako će se ustanoviti stvaranje snježnih ili ledenih naslaga na vodičima dalekovoda. Kod toga je potrebno da ljudstvo obilazi dalekovod u predjelima najviše podvrgnutim zaleđivanjima. Pri obilasku mora se stalno statistički bilježiti niz podataka, kao što su priroda opterećenja (meko ili tvrdo inje, caklina — led, mokar ili suhi snijeg), količina opterećenja (na faznim vodičima, zaštitnom užetu, izolatorima i sl.) kao i odgovarajuća strujna gustoća o kojoj ovisi brzina i količina stvaranja taloga po vodičima.

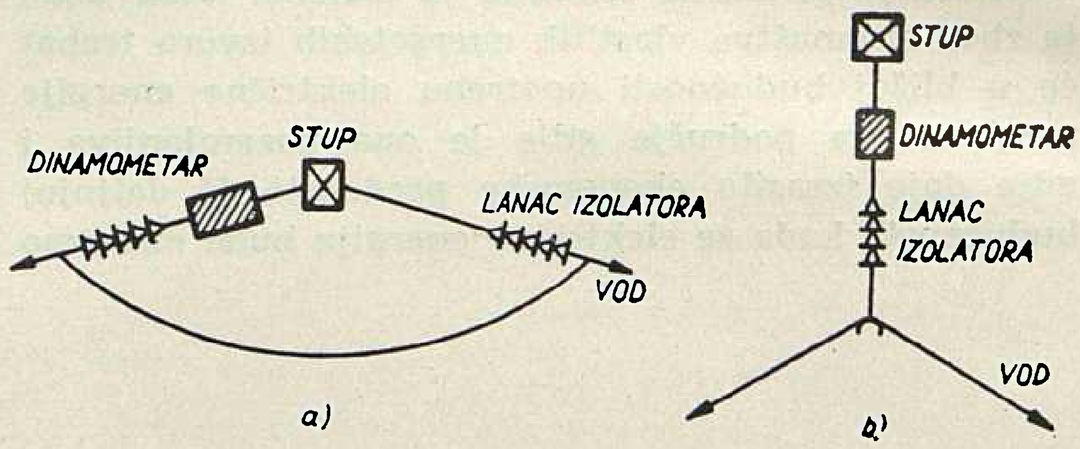
Za studijsku obradu dobivenih podataka nužno je istovremeno ustanoviti i niz meteoroloških podataka (maksimalnu i minimalnu temperaturu, relativnu vlažnost zraka, brzinu i smjer vjetra, vrstu oborina, visinu oblaka i sl.) o kojima ovisi karakter taloga na dalekovodu.

Prednost ove metode leži u činjenici da kod nje ne treba posebno konstruirati niti priključivati tehnički komplicirane uređaje, nego je dovoljno poslati ljude na teren; oni ustanove npr. stvaranje sve veće i veće količine taloga i dojave odgovornima da nastupa stanje opasno po dalekovod, nakon čega se provedu zaštitne mjere.

Loše strane ove metode leže kako u njenoj subjektivnosti, tako i u nemogućnosti procjene nekih od promatranih elemenata. Često je obilazak trase onemogućen baš u vrijeme kada je promatranje najpotrebnije (snježne oluje, zapusi i sl.). U slučaju pak kada je obilazak i moguć, teško je bez veće prakse procijeniti »od oka« masu leda (u kg/m). Volumen se može procijeniti prema promjeru taloga, no masa samo približno, jer su moguće razne gustoće taloga. Raspon mogućih gustoća iznosi skoro do 1 : 10 (od rahlog inja do staklenastog leda), pa se lako može pogriješiti pri ocjeni mase taloga promatrajući samo promjer taloga.

Sporost izvještavanja također je jedna od manjkavosti ove metode.

Kolikogod se ovom metodom dolazi do rezultata donekle subjektivnim procjenama, ipak se ona iskorištava za indikaciju zaleđivanja i u zemljama s razvijenom elektrifikacijom npr. u Švedskoj. U toj se zemlji i talog s vodiča vrlo često skida pomoću vrpci od dobrog izolacionog materijala za vrijeme samog pogona. U Švedskoj je mehaničko skidanje moguće jer su njihovi dalekovodi uglavnom opterećeni injem, koje je rahlo i lako se skida, dok je to kod leda teško moguće. Korist, koja se postiže ovom metodom, ako se samo promatranje vodi savjesno i istovremeno s promatranjem meteoroloških prilika, nikako se ne može odbaciti. Višegodišnja iskustva, koja ukazuju na ovisnost vrste i količine taloga o pojedinim meteorološkim prilikama u određenim rajonima, mogu kasnije ukloniti potrebu slanja ljudi na teren, jer će se znati da kod određene temperature i vlažnosti zraka i još kojeg drugog parametra dolazi do stvaranja baš određene količine taloga.



Sl. 1. Uključivanje dinamometra uzduž natezne linije (*a*) i ispod natezne linije (*b*)

2) Postavljanje ispitnih primjeraka vodiča u ugroženim područjima

U najugroženijim dijelovima trase dalekovoda postave se na stalke probni primjerci vodiča od kakovih je izgrađen i sam dalekovod. U vrijeme kad započnu snježne prilike nadgledaju se stalci i ustanovljuje količina nakupljenog taloga jednostavnim mjerenjem mase pojedinih probnih vodiča.

I kod ove metode je poželjno kontrolirati zaleđivanje u suradnji s kojom meteorološkom stanicom koja izvještava o nadolasku nepogode.

Dobre strane metode leže u njenoj jednostavnosti i jeftinoći. Nedostatak je, međutim, da su probni vodiči podvrgnuti donekle izmijenjenim uvjetima zaleđivanja, iako se nalaze u neposrednoj blizini dalekovoda. Naime, uvjeti zaleđivanja vodiča raspoređenih na raznim visinama od zemlje su različiti. Vodiči na većim udaljenostima od zemlje podvrgnuti su većem zaleđivanju i obratno.

Ovisnost taloženja leda o visini zavješenja vodiča ispitivana je i potvrđena nizom pokusa (ČSSR, SSSR, Kanada) na probnim odsječcima dalekovoda. Pritom je ustanovljeno da se na svaki metar visine iznad 7,5 m debljina stijenke leda povećava približno za 2%, a masa taloga za 3%. Ako se ne pozna ova činjenica, tada se iz količine leda na probnim vodičima (koji se nalaze blizu zemlje) zaključi na manju količinu leda na dalekovodu, nego što to ustvari jest.

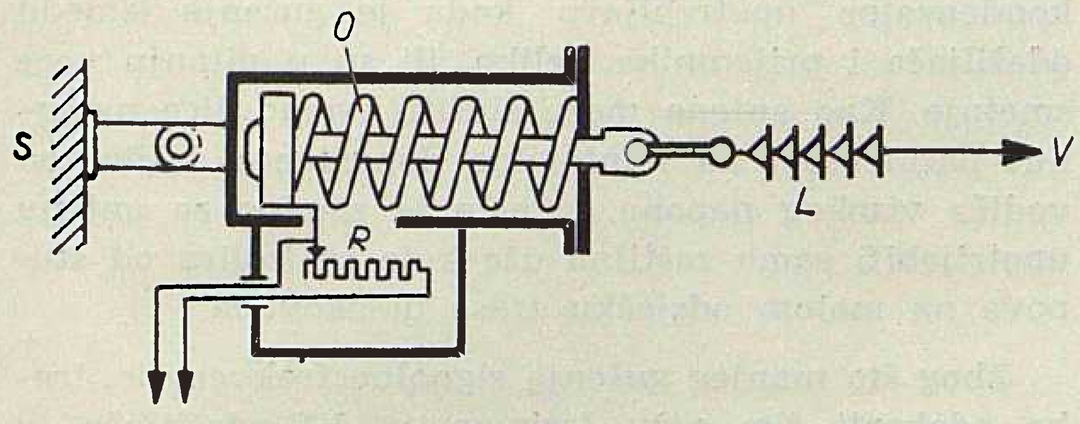
Sporost dojavljivanja je glavna mana ove metode. Brzi dolazak zaleđivanja može spriječiti ispitivanje količine taloga, a time i samu dojavu.

Ovom se metodom indikacije zaleđivanja koriste neke kanadske kompanije.

3) Indikacija zaleđivanja dinamometrom

Indikacija promjenljivog opterećenja dalekovoda uslijed naslaga leda i snijega može se provesti upotrebom dinamometra. Ovi se mogu na pogodnim mjestima postaviti duž dalekovoda i mjeriti povećano naprezanje vodiča.

Dobre su strane ove metode, da se povećanje opterećenja vodiča može mjeriti s udaljenih i nepristupačnih terena. Samo se mjerenje vrši kontinuirano tokom dana i noći, pa ne može doći do iznenađenja. Na taj je način moguće dobiti vjernu sliku trajanja i brzine mijenjanja ledenog opterećenja.



Sl. 2. Konstrukcija dinamometra
S – stup, *O* – opruga, *L* – lanac izolatora, *V* – vodič

Loše strane leže u većem utrošku novčanih sredstava za izvedbu i postavljanje samog dinamometra, nego u slučaju ulaganja kod prvih dviju metoda. Međutim, ovo i nije baš tako loše, kada se zna da se dobiju objektivni podaci mjerenja.

Opis mjerenja

U osnovi se dinamometar sastoji od jake opruge u zatvorenom kućištu. Veće ili manje istezanje opruge ukazuje na odgovarajuće opterećenje samog vodiča. Dinamometar se može postaviti u sam vodič između zateznog lanca izolatora i stupa (sl. 1a) ili iza visećeg izolatorskog lanca na stupu (sl. 1b). Kod prvog načina postavljanja, dinamometar mjeri ukupno natezanje vodiča, proizvedeno promjenom ledenog opterećenja, temperature, kao i uslijed djelovanja vjetra. U svrhu ustanovljavanja ukupnog opterećenja vodiča, koje ne smije prijeći dozvoljenu granicu za dani vodič, ovaj način je podesan za izvođenje. No ako se želi izmjeriti povećanje opterećenja samo uslijed naslaga leda, onda ovaj način unosi pogrešku u mjerenje (radi utjecaja temperature i vjetra).

Da se uklone uzroci pogreške, dinamometar se ugrađuje prema slici 1b. Kad nema tereta leda, na dinamometar djeluje težina vodiča od dviju polurdužina između dvaju susjednih stupova. Ovdje ne utječu promjene temperature na pokazivanje dinamometra, jer se većim ili manjim rastezanjem vodiča ne povećava sila na dinamometar. Utjecaj vjetra i ovdje ostaje na snazi, pa dinamometar mjeri u stvari rezultantno naprezanje vodiča uslijed ledenog opterećenja zajedno s težinom vodiča i uslijed djelovanja vjetra.

Za samu indikaciju promjene opterećenja vodiča na dinamometru mora postojati neki uređaj za registraciju. Za to postoji više načina. Jedan od njih je da se zatezanje opruge mehanički prenosi na kazaljku s pisačem, koji ucrtava krivulju opterećenja na okretajući valjak. Sav se taj mehanizam nalazi u kućištu s oprugom. Zbog toga se nakon nekog vremena mora popeti na stup i skinuti papir, što je vrlo nepraktično.

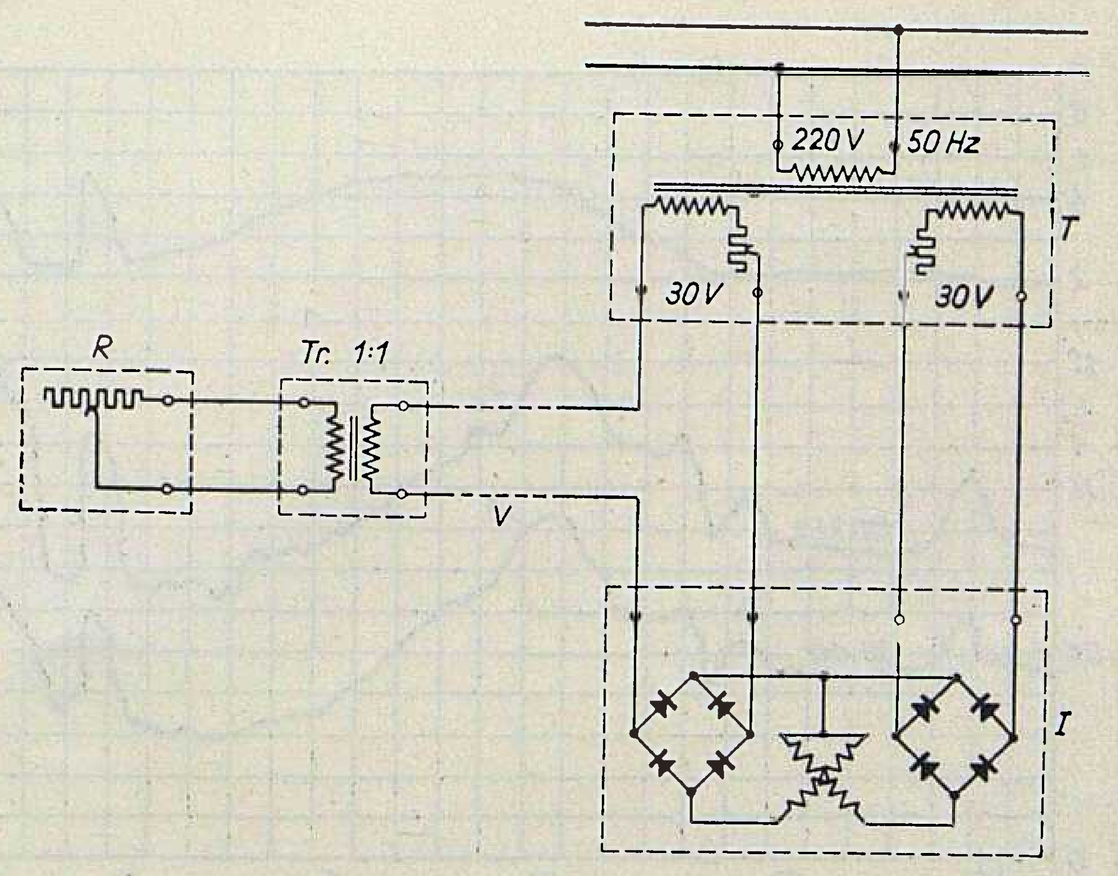
U drugoj izvedbi dinamometar može imati u kućištu zajedno s oprugom i otpornik koji mijenja veličinu pri raznim naprezanjima opruge (sl. 2). Na ovaj se način promjena naprezanja može prenositi na udaljeno mjesto električnim putem.

Umjesto otpornika unutar dinamometra se može postaviti jedan ili čak više pari kontakata koji se spajaju pri željenoj veličini naprezanja. Razmak među kontaktima se može po volji naregulirati. Spajanjem kontakata aktivira se udaljeni alarmni uređaj.

Izvedba s otpornim davačem ima prednost što se može kontinuirano kontrolirati promjena opterećenja, ali je s druge strane izvedba nešto kompliciranija nego u slučaju ~ kontaktima.

Dojavu pomoću dinamometra vrši i propagira svojim uređajima švicarska firma Trüb—Täuber. Na slici 3 dana je praktična shema za dojavu. *R* je otporni davač na dinamometru. Neposredno uz njega nalazi se prijenosni transformator odnosa 1 : 1. *V* je dojavni vod do jedinice za registriranje, koja se sastoji iz napajajućeg transformatora *T*, promjenljivih otpornika za uravnoteženje čitavog sistema dojave i instrumenta za pokazivanje *I* (ispravljači i instrument s unakrsnim zavojnicama). U slučaju kad na dalekovodu nema nikakovih taloga, sistem se uravnoteži tako da pokazuje nulu. Narastanjem ledenog taloga indikatorski sistem pokazuje konstruiranu promjenu opterećenja.

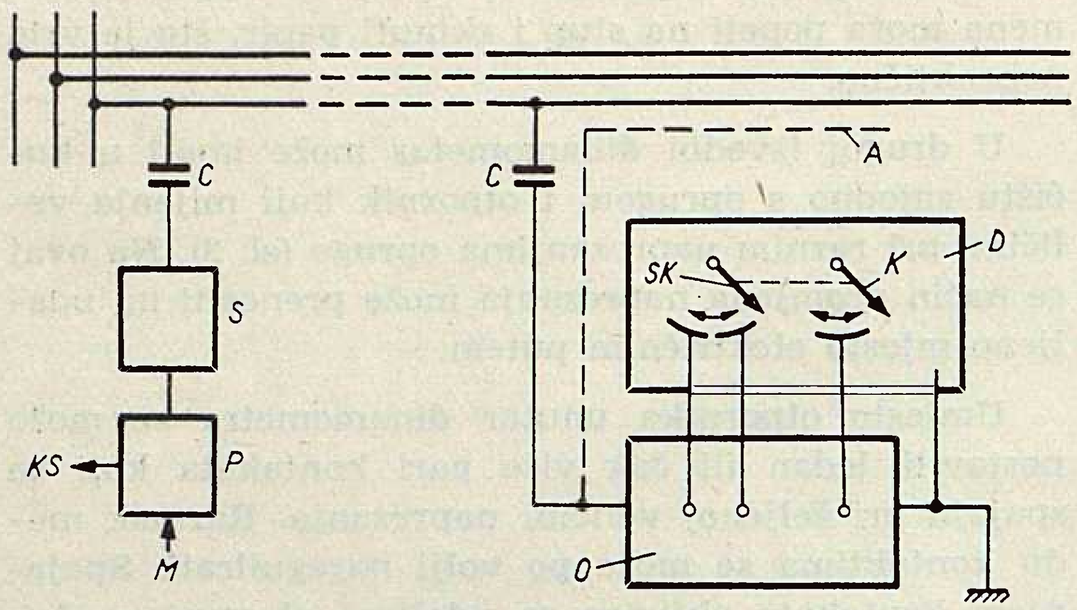
Metoda dojave pomoću dinamometra naveliko se iskorištava i u SSSR-u, samo se, u ovisnosti o udaljenosti između ugroženog mjesta i kontrolnog organa, upotrebljávaju razni načini signaliziranja [3]. Osim toga, izbor signalnog uređaja ovisi o sigurnosti pre-



Sl. 3. Signalizacija na daljinu dinamometrom

Sl. 4. Blok-shema sistema signalizacije

C — vezni kondenzator, *S* — spojni i zaštitni elementi, *P* — prijemnik, *KS* — krug signalizacije, *M* — mreža 220 V/30 W, *SK* — signalni kontakti, *A* — antena, *D* — dinamometar s kontaktima, *K* — kontakt za uključivanje napajanja odašiljača, *O* — VF-odašiljač



daje i o ekonomskim faktorima. Pri malim udaljenostima do nekoliko kilometara, za vezu između otpornog davača i registracionog uređaja iskorištava se posebna zračna ili kabelska linija (u tu se svrhu čak iskorištava i zaštitno uže, koje se izolira od stupova na dužini potrebnoj za dojavu). Same zračne linije za vezu su podvrgnute djelovanju leda, pa ih treba osobito sigurno izraditi.

Međutim, povećanjem udaljenosti cijena specijalno izgrađenih linija za dojavu raste, pa je signale ekonomski pogodnije slati po vodičima dalekovoda visokofrekventnim strujama *(VF)*. Pri tom su potrebni složeniji uređaji — odašiljači na mjestu otpornog davača, kao i prijemnik na prijemnom mjestu. Ovi su uređaji korisni pri predaji signala na rastojanjima većim od 2 do 3 km.

Za signalizacije je moguća i radio-veza, no kod radio-odašiljača je potrebna mnogo veća snaga da se postigne ista udaljenost prostiranja signala.

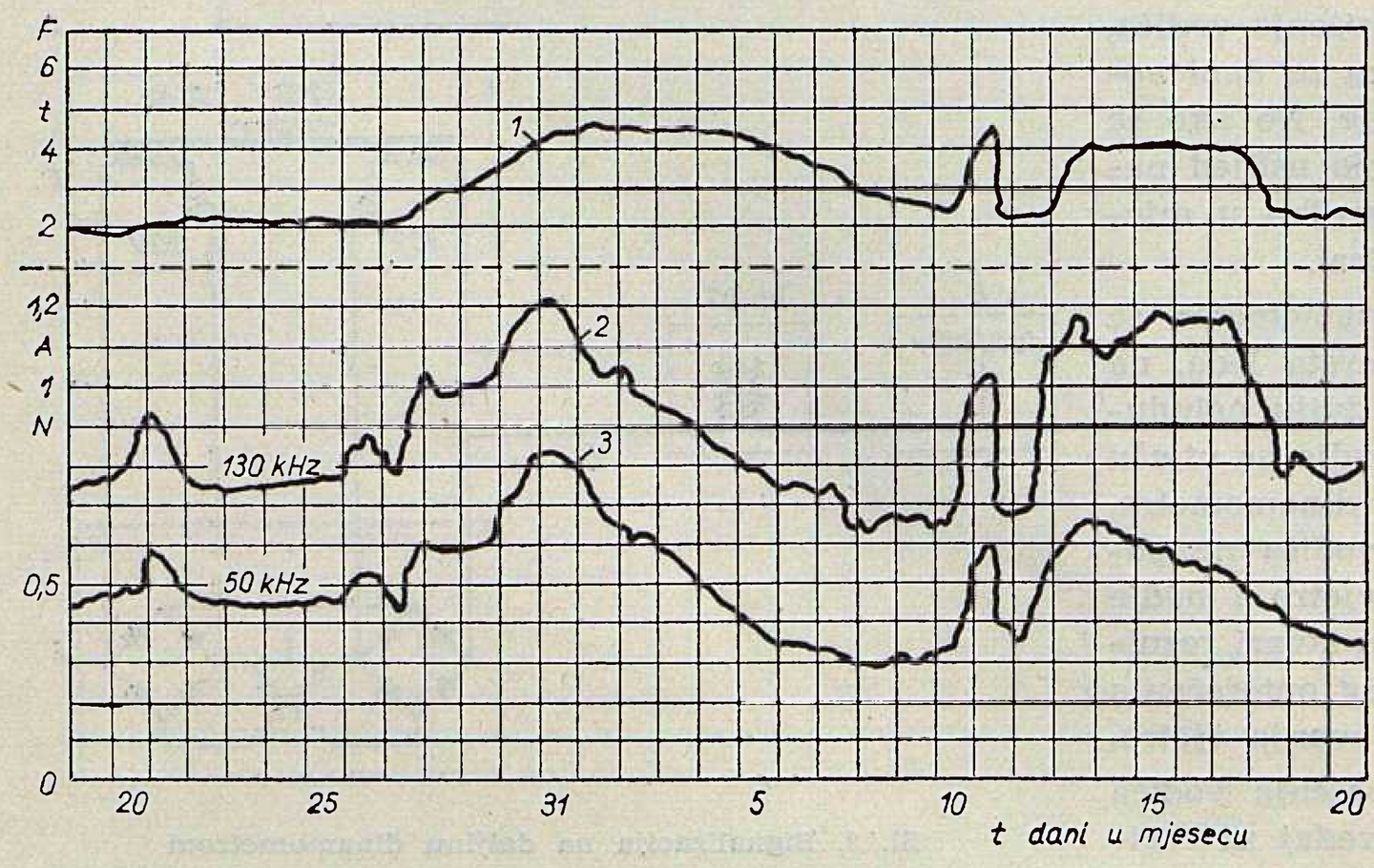
Na slici 4 prikazan je jedan način signaliziranja pomoću VF-veze. Na ugroženom mjestu od zaleđivanja postavljen je kao davač dinamometar s kontaktima *(D)*. Postavljena su tri para kontakata. Jedan *(K)* služi za uključivanje napajanja VF-odašiljača *(O)*. Drugi i treći par se uključi kod dva različita opterećenja ledom *(SK)*. Npr. drugi se par kontakata uključuje pri nekom manjem opterećenju od opasnog, javljajući da je zaleđivanje započelo, da treba biti na oprezu i poduzeti mjere za sprečavanje daljnjeg porasta ledene naslage. Ujedno se upozoravaju konzumenti i dispečer o mogućem isključenju dalekovoda radi topljenja leda. Treći par aktivira signal nakon većeg opterećenja, kada svakako već treba provesti otapanje leda.

VF-odašiljač *(O)* šalje signal u dalekovod ili preko veznog kondenzatora *C* ili preko antene *A*. Vezni se kondenzator upotrebljava kada je gušenje između odašiljača i prijemnika veliko, ili su u pitanju veće smetnje. Kao antena može služiti komad žice nategnut paralelno i na minimalno dopuštenoj daljini od vodiča visokog napona. Često je zgodno za antenu upotrijebiti samo zaštitno uže koje se izolira od stupova na malom odsječku trase dalekovoda.

Zbog što manjeg gušenja signalne frekvencije, treba odabrati čim nižu frekvenciju VF-odašiljača (u opsegu 50—150 kHz). Ta se frekvencija modulira kod uključivanja drugog ili trećeg para kontakata s 500 Hz ili 800 Hz. Na taj način do prijemnika *P* dolazi ili jedan ili drugi signal (svaki odgovara određenoj količini leda) na koje reagiraju dva ugrađena kruga u krugu signalizacije *(KS)*.

VF-odašiljač se napaja iz akumulatorske baterije koja se automatski nabija kroz vezni kondenzator.

Opisani način signalizacije daje mogućnost samo diskontinuiranog pokazivanja promjenljivog opterećenja vodiča talogom. U ovom je slučaju moguće registrirati dva različita opterećenja s dva para kontakata. Međutim, poželjnije je imati uvid o kontinuiranom mijenjanju opterećenja, kako radi praćenja narastanja taloga, tako i radi kontroliranja efikasnosti izvađanih mjera za odleđivanje. U tu se svrhu mora izvesti nešto drugačija konstrukcija dinamometra. Jednim se parom kontakata uključuje VF-signal odaši-



Sl. 5. Mijenjanje naprezanja užeta (*F*) i gušenja (*A*) VF-signala (*f* = 50 kHz i 130 kHz) u toku jednog zimskog mjeseca

ljača pri nekoj maloj količini taloga, a zatim, kako se ona konstruirano mijenja, nekim bi se promjenljivim elementom oscilatora (otpornikom ili kondenzatorom) konstruirano mijenjala frekvencija VF-signala. Isto bi i prijemnik morao biti tako izveden da pokazuje promjenu frekvencije.

Poseban je problem postavljanje dinamometra s VF-odašiljačem na vodič. Može se postaviti izolirano od visokog napona (dinamometar se stavi iznad visećeg lanca izolatora, a odašiljač spregne preko veznog kondenzatora na vodič) ili direktno na potencijal visokog napona (dinamometar ispod lanca izolatora, a odašiljač direktno na vodič). Prvi način ima više slabih strana od drugoga. Naime, vezni kondenzator mora biti dimenzioniran za visoki napon, pa je glomazan i skup. Ako se pak VF-odašiljač spregne s vodičem preko antene, onda njezino postavljanje može stvarati niz poteškoća. Prvo, antena mora biti sigurnija učvršćena od vodiča da je eventualno ne bi talog leda srušio. Drugo, prilagođenje za najpovoljniji prijenos VF-energije na vodič, postignuto kod normalnih prilika bez taloga, može biti poremećeno pri uvjetima opterećenja ledom (uslijed promjene dielektrične konstante, odn. kapaciteta antena — vodič).

4) Mjerenje gušenja visokofrekventnih signala odaslanih kroz dalekovod

Duže je poznata činjenica da prisustvo snijega, leda i inja na vodičima izaziva prigušenje visokofrekventnih (VF) signala. Prigušenje je to veće, čim su veće spomenute naslage. Ta činjenica upućuje na mogućnost ustanovljenja količine nataloženog leda mjerenjem prigušenja VF-signala. U tu se svrhu na jednom kraju ili dijelu dalekovoda, podvrgnutog zaleđivanju, postavi izvor VF-signala, a na drugom kraju se mjeri veličina prigušenja tog signala.

Dobre strane ove metode leže u jednostavnosti same dojave kao i u mogućnosti momentanog signaliziranja nastanka i kontinuiranog mijenjanja količine taloga na vodičima.

Mana ove metode je da ona ne mora uvijek dati objektivni rezultat stanja na vodu. Npr. dalekovod može biti opasno zaleđen, ali samo na vrlo malom dijelu trase između odašiljača i prijemnika: indicirano gušenje je manje nego bi to bilo u slučaju da je čitava dionica zaleđena. Na taj način stanje je procijenjeno kao neopasno, a u stvari može nastupiti havarija.

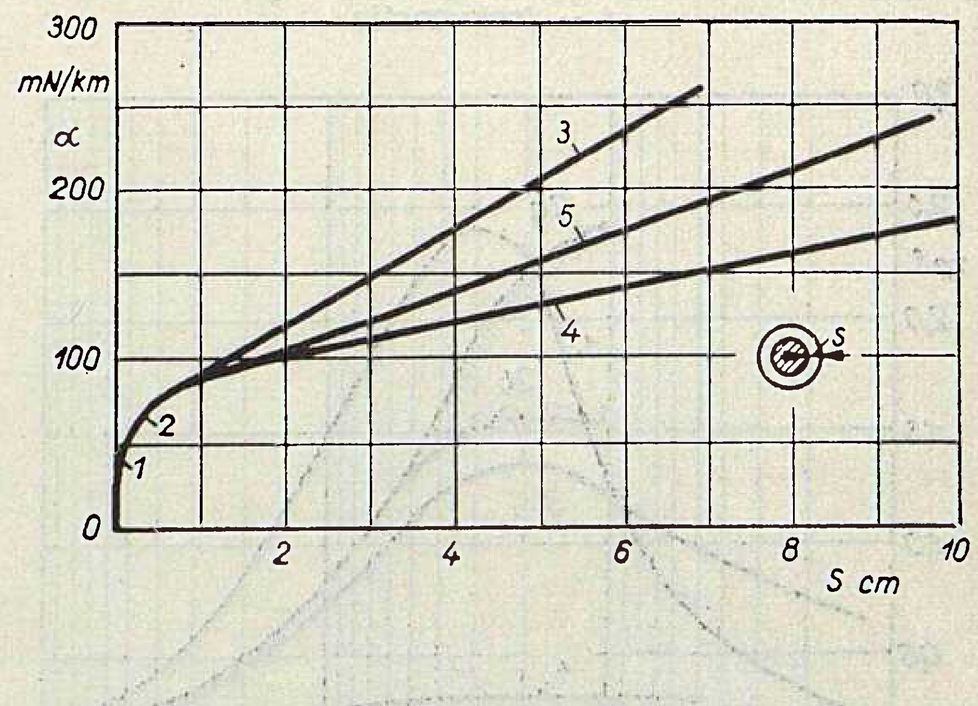
Opis mjerenja

Prva ispitivanja ovom metodom provedena su još prije rata u Francuskoj. Ispitivanja su vršena pomoću VF-uređaja za telefoniranje po dalekovodima.

Mnogo temeljitija, kontinuirana i raznolika ispitivanja vršena su u Švicarskoj od 1942. do 1949 [4]. U tu je svrhu odabran kratak (1400 m) pojni vod 10 kV visoko u brdima (vod Schwägalp — Säntisgipfel). Kratak vod je odabran radi dobivanja objektivnih podataka, jer je uvijek duž čitave dužine podvrgnut jednakim meteorološkim uvjetima. Čitav je

Sl. 6. Gušenje po kilometru frekvencije 50 kHz u funkciji vrste i debljine sloja taloga

1 — magla, *2* — tanki ledeni sloj, *3* — meko inje natopljeno vodom ili mokrim snijegom, *4* — meko inje s jezgrom od tvrdog inja, 5 — led, *α* gušenje, *s* debljina taloga



u danom trenutku podvrgnut i istoj vrsti i istoj debljini taloga, pa je bilo omogućeno utvrđivanje gušenja kao funkcije vrste i promjera taloga.

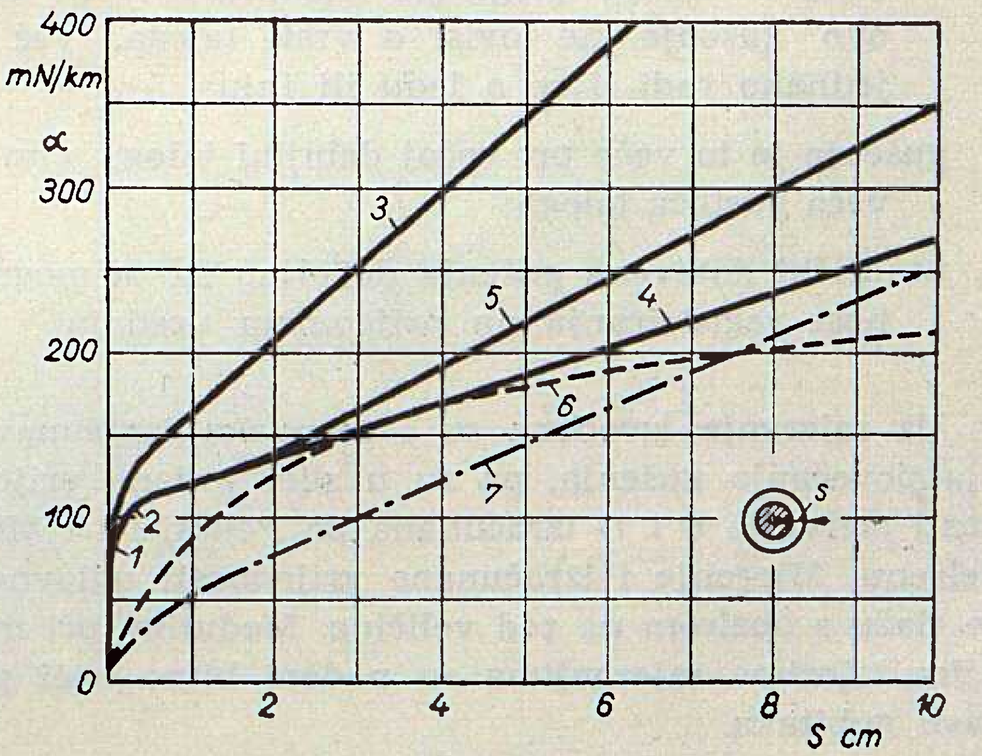
Radi utvrđivanja mehaničkog utjecaja taloga na vod, postavljen je u brdskoj stanici i dinamometar zajedno s registrirajućim uređajem u jednoj od tri faze voda. Osim toga su istovremeno mjereni i meteorološki podaci, kako bi se ustanovila ovisnost gušenja i o tim uslovima.

Statistički vođenim mjerenjima ustanovljeni su niže opisani podaci. Prije svega utvrđene su tri bitno različite vrste taloga:

a) Led staklenast, gustoće (specifične mase): 700—800 kg/m³; stvara se uglavnom pri temperaturi 0° C.

b) Gusto inje, tvrdo, zrnatog oblika: 300—700 kg/m³.

c) Meko inje, lisnatog ili spužvastog oblika: 100—300 kg/m³; stvara se pri nižim temperaturama.

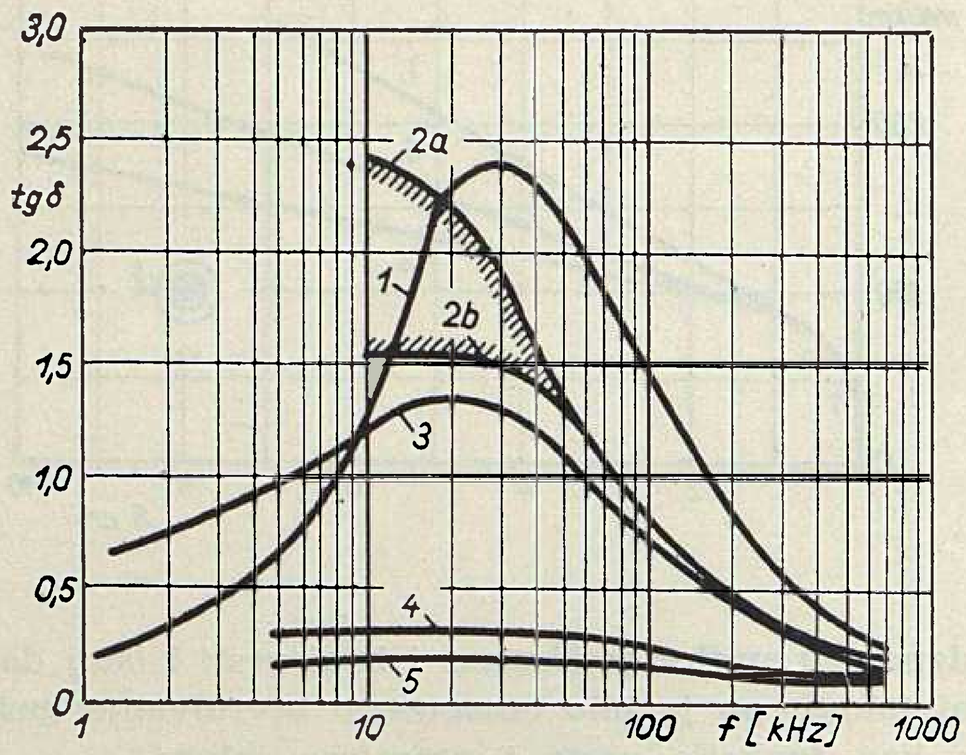


Sl. 7. Gušenje po kilometru frekvencije 130 kHz u funkciji vrste i debljine taloga

1 — čisti led, *2* — vodom natopljeni snijeg, *3* — isti snijeg kao pod *2* samo zaleđen ρ = 830 kg/m³, *4* — zrnati snijeg ρ = 430 kg/m³, *5* — meko inje ρ = 290 kg/m³, *6* — izračunane vrijednosti za led po Péllissieru, *7* — izračunane vrijednosti za led po Mikkelsenu, *α* — gušenje, *s* — debljina taloga

Sl. 8. Ovisnost kuta gubitaka o frekvenciji i vrsti taloga (temperatura — 3 °C)

1 — čisti led, *2a* i *2b* vodom natopljeni snijeg kod različitih stepena zaleđivanja, *3* — isti snijeg kao kod *2a* i *2b*, samo zaleđen ς = 830 kg/m³ *4* — zrnati snijeg ρ = 430 kg/m³, *5* — meko inje = 290 kg/m, tg δ — tangens kuta gubitaka *f* — frekvencija



Ispitivanje promjenljivog mehaničkog opterećenja vodiča uslijed taloga s istovremenim mjerenjem promjenljivog gušenja VF-signala dalo je rezultate u toku jednog mjeseca prema slici 5. Kod toga krivulja *1* prikazuje vlak na uže *(F)* u tonama, a krivulje *2* i *3* gušenja *(A)* u neperima VF-signala od 130 kHz i 50 kHz. Iz slike se razabire da promjenama mehaničkog opterećenja vodiča uglavnom sinhrono odgovaraju i promjene gušenja. Ujedno je vidljivo veće gušenje više frekvencije.

Na slikama 6 i 7 dane su vrijednosti gušenja u milineperima po kilometru dužine voda u ovisnosti o vrsti i debljini sloja taloga. Usporedbom onih slika dolazi se do slijedećih zaključaka:

gušenje se povećava povećanjem odaslane frekvencije pod inače istim ostalim uvjetima;

najveća promjena gušenja nastaje u prvim trenucima stvaranja taloga (do otprilike s = 0,5 cm); ovo gušenje ne ovisi o vrsti taloga, već je jednako radi li se o ledu ili inju;

gušenje je to veće pri većoj debljini taloga, čim je veća gustoća taloga;

praktički dobivena gušenja dovoljna su za mogućnost registriranja na prijemnom uređaju.

Uz mjerenja izvedena su i teoretska izračunavanja povećanja gušenja, pa su u slici 7 dane vrijednosti (krivulja 6 i 7) izračunana po Pélissieru i Mikkelsenu. Mjerenje i izračunane vrijednosti uglavnom se slažu s obzirom na red veličine. Međutim, pri manjim talozima mjerenjima su nađeni bitno veći porasti gubitaka.

Budući da su razlozi povećanog gušenja traženi u dielektričkim gubicima taloga na vodičima, laboratorijski su vršena mjerenja kuta gubitaka i dielektričke konstante raznih vrsta taloga u ovisnosti o frekvenciji. Rezultati su dani na slikama 8 i 9.

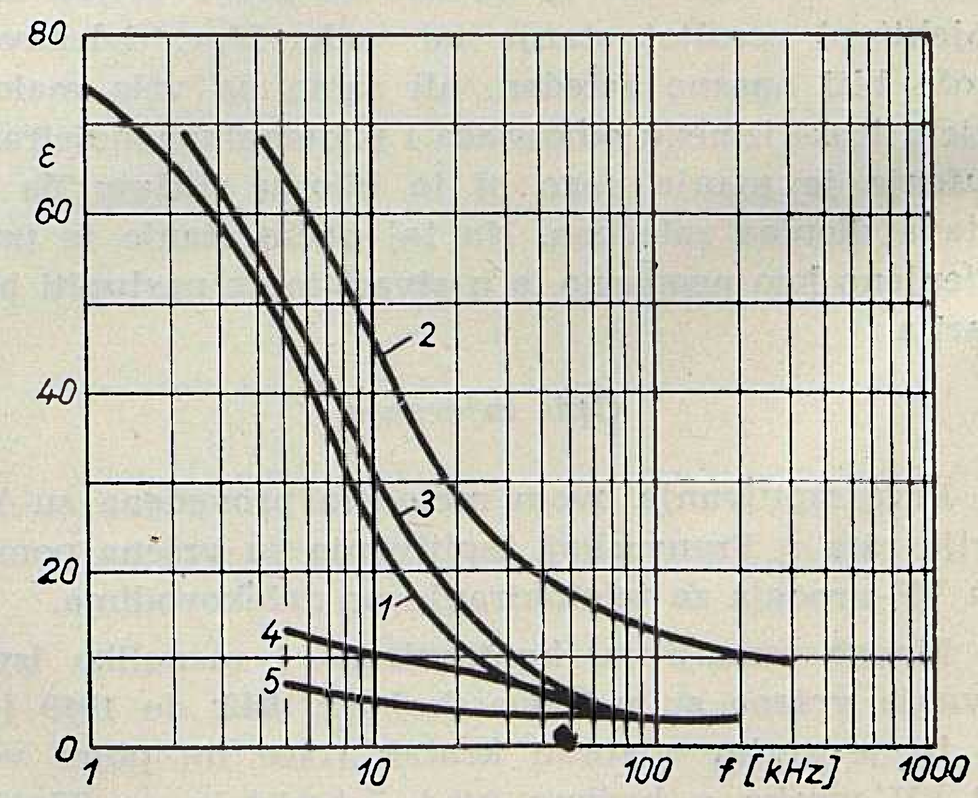
Mogućnosti primjene u našoj zemlji

Odabiranje jedne od navedenih metoda za primjenu u nekom konkretnom slučaju ovisi o meteorološkim prilikama koje vladaju duž trase dalekovoda, kao i o ekonomskim faktorima. Naprečac nije moguće odabrati jedinstveni sistem dojave kod svih dalekovoda. Vrlo je dobro poznato da naša zemlja ima, uslijed velike raznolikosti svog reljefa, vrlo raznolike klimatske prilike, pa su prema tome dalekovodi, koji prolaze tako raznolikim predjelima, podvrgnuti velikom mnoštvu specifičnih uvjeta.

Ako je dalekovod duži i pritom podvrgnut raznim i promjenljivim klimatskim uslovima, najpogodnija je za primjenu metoda dojave dinamometrom. Ova je metoda najobjektivnija. Postavljanje dinamometra na mjestu, gdje se očekuju najčešći i najveći tereti snijega i leda, daje mogućnost mjerenja stvarno opterećenih vodiča na tom mjestu.

Kod dalekovoda, kod kojih se pretpostavlja da će biti zaleđeni jednoliko duž čitave trase, opravdana je primjena metode mjerenja gušenja VF-signala (pogotovo ako na trasi već postoje uređaji za VF-telefonije), pa će odluka o odabiranju ove metode ili metode pomoću dinamometra biti diktirana uglavnom cijenom čitavog sistema signalizacije.

Metode, navedene u tačkama 1) i 2) mogu uglavnom služiti kao dopunsko obavještenje uz, svakako svrsishodnije, gore navedene dvije metode. Međutim, upotreba metoda pod 1) i 2) može imati i preventivnu ulogu. Naime, pri planiranju trasa budućih dalekovoda, postavljanje meteoroloških promatračkih stanica, kao i probnih odsječaka vodiča, od neocjenjive je vrijednosti za projektiranje danog dalekovoda, kao i za eventualnu korekciju predviđene trase. Istina je da su ove metode od veće vjerojatnosti, ako se promatranje vrši kroz veći vremenski period, no već i izvještaji unatrag nekoliko godina mogu posve dobro poslužiti svrsi.



Sl. 9. Ovisnost dielektričke konstante o frekvenciji i vrsti taloga (temperatura — 3 °C)

1 — led po F. X. Ederu, *2 . . . 5* — isti pokusi kao i za tg mjerenja, ε — dielektrička konstanta, *f* — frekvencija

Konačno se kod ekonomski važnih dalekovoda, kod kojih je potrebno osigurati stalan rad bez zastoja, može postaviti i više sistema signalizacije, od kojih jedan nadopunjuje drugi.

Literatura

[1] F. Jelušić, *Borba sa zaleđivanjem vodiča,* Zagreb 1948.
[2] P. A. Dolin, *Vlijanie visoti podreski provodov na veličinu gololednih otloženij,* Električeskie stancii 1958. br. 4
[3] R. A. Izrailev, E. P. Nikifirov, *Signalizacija pojavlenija gololeda na provodah linij elektroperedači,* Energetik 1961, br. 9
[4] A. de Quervain, *Die Dämpfung von leitungsgerichteten Trägerfrequenzwellen durch Rauhreif,* Bulletin SEV 1951, br. 24
[5] M. Vujnović, *Prijedlog rješenja i izvedbe uređaja za dojavu zaleđivanja dalekovoda,* Institut za elektroprivredu, Zagreb 1963.
[6] Izvještaji švedske elektroprivrede, švicarskog poduzeća Trüb-Täuber i kanadskih poduzeća »The Shawinigan Water and Power Company«, »The Hydro-Electric Power Commission of Ontario«.

Naslov autora: Ing. Momir Vujnović, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37

ELEKTRIFIKACIJA NACIONALNOG PARKA PLITVIČKA JEZERA

Ivan Janić, Zagreb

Iznosi se idejno rješenje elektrifikacije područja Nacionalnog parka Plitvička jezera. Predviđa se, da se glavno područje Nacionalnog parka opskrbljuje iz nove transformatorske stanice 35/10 kV Mukinje. TS 35/10 kV Mukinje napajala bi se vodom 35 kV Prijeboj – Mukinje duljine 5,5 km, dok bi se kod Prijeboja izgradila rasklopna stanica 35 kV.

DK 621.311.1

Uvod

Plitvička jezera, smještena između gorskih masiva Male Kapele i Plješivice na nadmorskoj visini 500—650 m, spadaju među najljepše prirodne ljepote naše zemlje, poznate i izvan njenih granica. U udolini između visokih i gustih šuma niže se, jedno ispod drugoga, šesnaest jezera i niz malih jezeraca modrozelene boje. Jezera dobivaju vodu od Crne i Bijele rijeke te ostalih brojnih rječica i potoka, a prelijevaju se jedno u drugo uz mnoštvo slapova i kaskada. Jezera završavaju dubokim kanjonom kojim počinje svoj tok rijeka Korana.

Plitvička jezera su biodinamički sistem, u kojem vrlo važnu ulogu igraju sedrotvorne biljke. Vode koje nadolaze sadrže izvjesnu količinu kalcijevog i magnezijevog karbonata koji se talože posredstvom tih sedrotvornih biljaka (vrste mahovina i algi), te tako stvaraju barijere i slapove različitih oblika. Taj proces prirodne izgradnje odvija se neprekidno i traje još i danas.

Da se sačuvaju ove jedinstvene ljepote prirode, proglašeno je područje Plitvičkih jezera Nacionalnim parkom U. br. 22 od 8. 4. 1949. (Narodne novine br. 29 od 9. 4. 1949.). Ukupna površina Nacionalnog parka iznosi 19.172 ha. Površina jezera iznosi 191 ha, a šuma 13.320 ha. Najniža kota Nacionalnog parka nalazi se na rijeci Korani sa 417 m, a najviša na Seliškom vrhu sa 1280 m. Park je podijeljen na uže i šire zaštitno područje. Na uže zaštitno područje otpada oko 3.000 ha. Na užem zaštitnom području zabranjena je svaka sječa šume. Na širem zaštitnom području može se vršiti sanitarna sječa. Operativni organ na terenu je Uprava Nacionalnog parka »Plitvička jezera« sa sjedištem u Plitvičkom Ljeskovcu, koja je započela radom 1. 1. 1951.

Godine 1954. izrađen je u Institutu za elektroprivredu elaborat o elektrifikaciji Plitvičkih jezera. Međutim, kako je sada Urbanistički Institut SRH dovršio generalni uređaj plan za Nacionalni park Plitvička jezera, koji predviđa mnogo novih objekata kao i promjene lokacija nekih već prije predviđenih objekata, a ujedno su i poznate koncepcije Uprave Nacionalnog parka, to je bilo potrebno izraditi novo rješenje elektrifikacije Nacionalnog parka Plitvička jezera. Rješenje je dano za potpunu elektrifikaciju cijelog područja, koja će se provoditi etapno, već prema izgradnji pojedinih objekata. Nije se ulazilo u rješenja pojedinih mjesnih niskonaponskih mreža, nego je dano samo rješenje visokonaponske mreže, te rješenje napajanja električnom energijom.

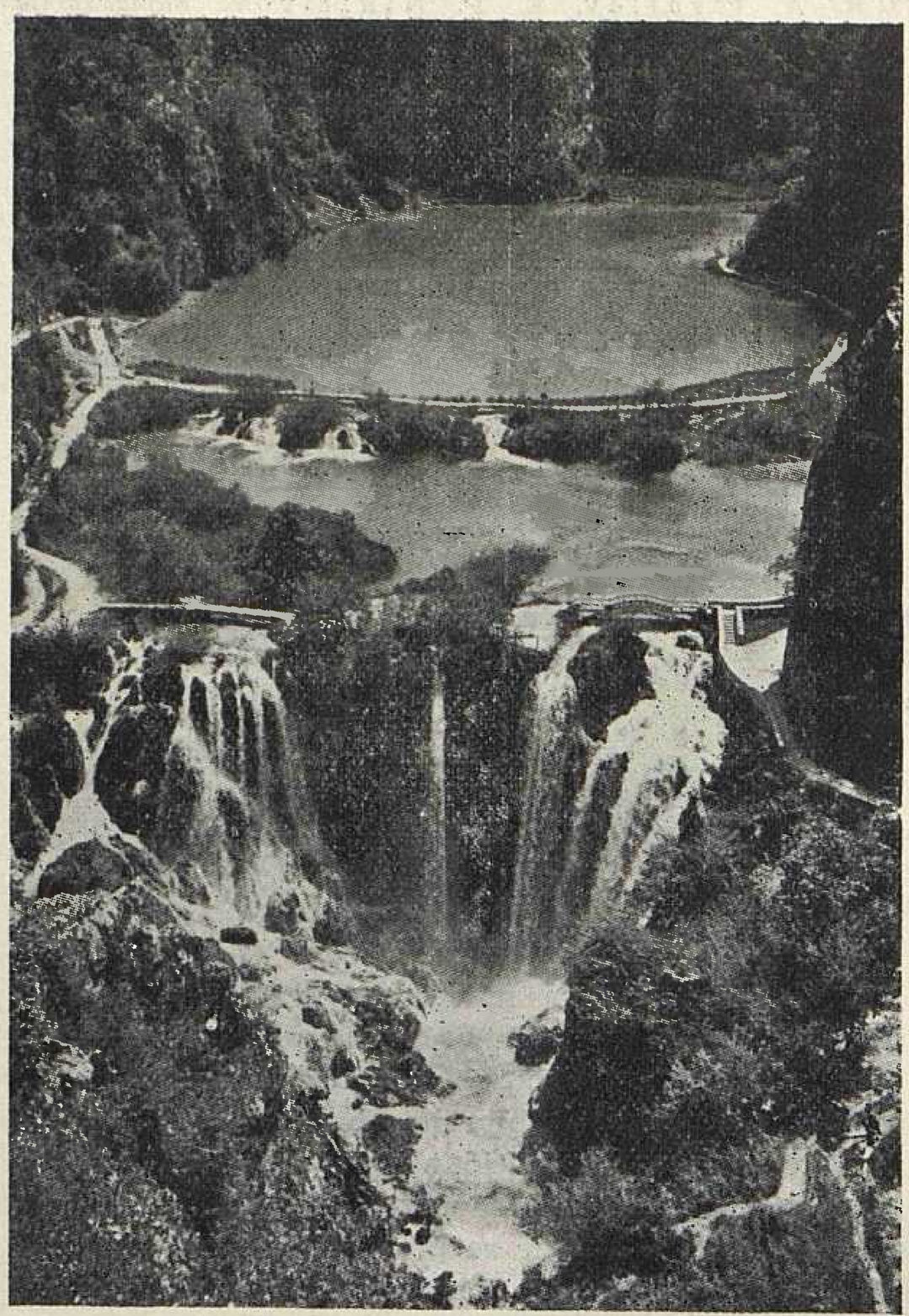
Područje i stanovništvo

Na području Nacionalnog parka Plitvička jezera (19,2 km²) zajedno s graničnim područjem postoji sada 25 naselja u kojima živi ukupno 2.600 stanovnika u 575 kućanstava. Na jedno kućanstvo dolazi prosječno 4,5 stanovnika. Kako neka mjesta prelaze granice Nacionalnog parka, to je broj stanovnika unutar Nacionalnog parka nešto manji i tu živi oko 2.000 stanovnika u cca 440 kućanstava. U užem području nalaze se svega tri naselja: Velika Poljana, Plitvički Ljeskovac i Mirića Štropine.

Razvoj turizma

Glavna i skoro isključiva privredna grana tog područja je turizam. Prva turistička kuća na Plitvičkim jezerima podignuta je godine 1861. nad Kozjakom na Velikoj Poljani. Godine 1895. podignut je na mjestu stare drvene turističke kuće veliki hotel, a ujedno su uređene staze i putevi. S vremenom se oko hotela izgradilo više privatnih vila. Na Labudovcu je također podignut mali hotel. Veliki hotel nad Kozjakom izgorio je godine 1938. U toku drugog svjetskog rata uništeni su svi preostali turistički objekti.

Poslije rata sagrađena su na Velikoj Poljani tri manja drvena paviljona sa oko 50 ležaja a zatim je god. 1958. podignut nad jezerom Kozjak veliki i moderni hotel sa oko 150 ležaja.



Sl. 1. Plitvička jezera

Dok je godine 1938. broj posjetilaca iznosio 8038, a broj noćenja 24017, godine 1961. je broj posjetilaca (bar s jednim noćenjem) iznosio 19.341, a broj noćenja 28.723. Naročito je velik porast broja posjetilaca i broja noćenja inozemnih turista.

Stanje elektrifikacije i konzum

Na području Nacionalnog parka elektrificirana su samo mjesta: Velika Poljana, Mukinje (Jezerce) te Plitvički Ljeskovac. Velika Poljana i Mukinje dobivaju električnu energiju iz visokonaponske mreže 10 kV, preko transformatorskih stanica 10/0,4 kV, dok Plitvički Ljeskovac ima vlastitu malu hidroelektranu snage 28 kW.

Osnova za elektrifikaciju Like bila je izgradnja voda 35 kV HE Slapovi na Uni — Titova Korenica — Lički Osik. Vod je izgrađen godine 1956. na betonskim stupovima. Duljina voda iznosi 64,3 km, a prosjek vodiča 3 × 70 mm² Cu.

Od TS 35/10 kV Titova Korenica (1957) izgrađen je iste godine vod 10 kV na drvenim stupovima Titova Korenica — Mukinje 3 × 35 mm² Alče duljine 16,5 km s kabelskim priključkom TS 10/0,4 kV Mukinje (70 m), zatim Mukinje — Velika Poljana 3 × 35 mm² Alče duljine 0,9 km i kabelskim dijelom NKBA 3 × 25 mm² duljine 0,5 km. Ukupna duljina voda 10 kV TS 35/10 kV Titova Korenica — Velika Poljana iznosi oko 18 km.

U Mukinjama je podignuta zidana kabelska transformatorska stanica 10/0,4 kV 50 kVA, a na Velikoj Poljani također kabelska stanica 10/0,4 kV snage 400 kVA u sklopu novog hotela. Godine 1958. sagrađena je i transformatorska stanica 35/10 kV Ličko Petrovo Selo.

Ukupna potrošnja električne energije na području Nacionalnog parka iznosila je godine 1961. oko 560 000 kWh, a maksimalno opterećenje oko 260 kW. Od toga na Veliku Poljanu i Mukinje otpada potrošnja od 390.000 kWh, odnosno maksimalno opterećenje od 175 kW.

Kao rezerva, za pogon pumpa vodovoda i kanalizacije, te djelomično za rasvjetu, instaliran je privremeno u hotelu dizelski agregat 28 kW. Kasnije se predviđa postavljanje jačeg rezervnog agregata snage 80 kW izvan hotela, koji bi bio spojen pomoću niskonaponskog kabela s transformatorskom stanicom u hotelu.

Predviđa se da se agregat automatski pušta u pogon u slučaju nestanka napona u električnoj mreži.

Analiza perspektivnog konzuma

Perspektivno maksimalno opterećenje i potrošnja električne energije procijenjeni su za potpunu izgradnju objekata u Nacionalnom parku prema Generalnom uređajnom planu. Konzum je procijenjen posebno za široku potrošnju, a posebno za ostale potrošače.

Široka potrošnja

U grupu »široka potrošnja« uzet je konzum za kućanstvo, obrt, poslovne i društvene prostorije (bez turističkih objekata) i javnu rasvjetu.

Kod analize konzuma sveden je konzum široke potrošnje na jedno kućanstvo. Posebno je promatrano seosko stanovništvo, a posebno stanovništvo novog naselja Mukinje. U Mukinjama, koje je predviđeno kao centralno naselje, bila bi smještena Uprava Nacionalnog parka i Ugostiteljskog poduzeća, stambeni objekti za osoblje, te ostali objekti javnog značaja kao osmogodišnja škola, ambulanta i dr. Nadalje bi se izgradio niz gospodarskih, ekonomskih i prometnih objekata. Analiza konzuma široke potrošnje dala je ove rezultate.

Specifična potrošnja električne energije

a) seosko kućanstvo	1000 kWh/kuć, god.
b) Mukinje	3000 kWh/kuć, god.

Specifično vršno opterećenje

a) seosko kućanstvo	1600 W/kuć.
b) Mukinje	4350 W/kuć.

Zbog neistovremenosti nastupa vršnih opterećenja pojedinih kućanstava, ukupno vršno opterećenje na nivou TS 35/10 kV je znatno manje i iznosi za

a) seosko kućanstvo	340 W/kuć.
b) Mukinje	1000 W/kuć.

Na promatranom području predviđa se u daljoj budućnosti oko 4000 stanovnika i oko 1150 kućanstava. Od toga bi samo naselje Mukinje imalo 2000 stanovnika i 600 kućanstava.

Ukupni konzum široke potrošnje iznosio bi oko 2,350.000 kWh, a ukupno vršno opterećenje na nivou TS 35/10 kV oko 800 kW.

Ostali potrošači

U grupu »ostali potrošači« spadaju uglavnom turistički objekti, pumpne stanice vodovoda i kanalizacije, poljoprivredni pogoni, žičara Čudine Livade te ostali manji objekti uglavnom na Velikoj Poljani, Plitvicama, Plitvičkom Ljeskovcu, Bijeloj Rijeci i Prijeboju.

Za centralno naselje Plitvičkih jezera, Mukinje, za koje još nije potpuno određen plan izgradnje, a predviđa se sa 2000 stanovnika, uzeta je veća »široka potrošnja« koja je svedena na kućanstvo.

Osim izgradnje centralnog naselja Mukinje, treba spomenuti izgradnje depandansa na Velikoj Poljani, izgradnju 100 bungalova s ukupno 600 ležaja i restorana na platou Plitvice, izgradnju turističkog naselja Medvedjak sa 500 ležaja s pripadnim restoranom, omladinsko naselje s 350 ležaja i s restoranom Rastovača, kamp Koranu sa 600 ležaja i pripadnim restoranom i dr. Na području Nacionalnog parka Plitvička jezera predviđa se da će biti ukupno oko 4400 ležaja. Također se predviđa izgradnja novih pumpnih stanica vodovoda i kanalizacije, te niz ostalih objekata.

Prema analizi ukupno maksimalno opterećenje ostalih potrošača iznosilo bi 2900 kW, a ukupna potrošnja električne energije 4,350.000 kWh/god.

Prema tome, ukupna potrošnja električne energije na području Nacionalnog parka Plitvička jezera iznosila bi 6,700.000 kWh, uz maksimalno opterećenje od 3.700 kW.

Oblikovanje visokonaponske mreže

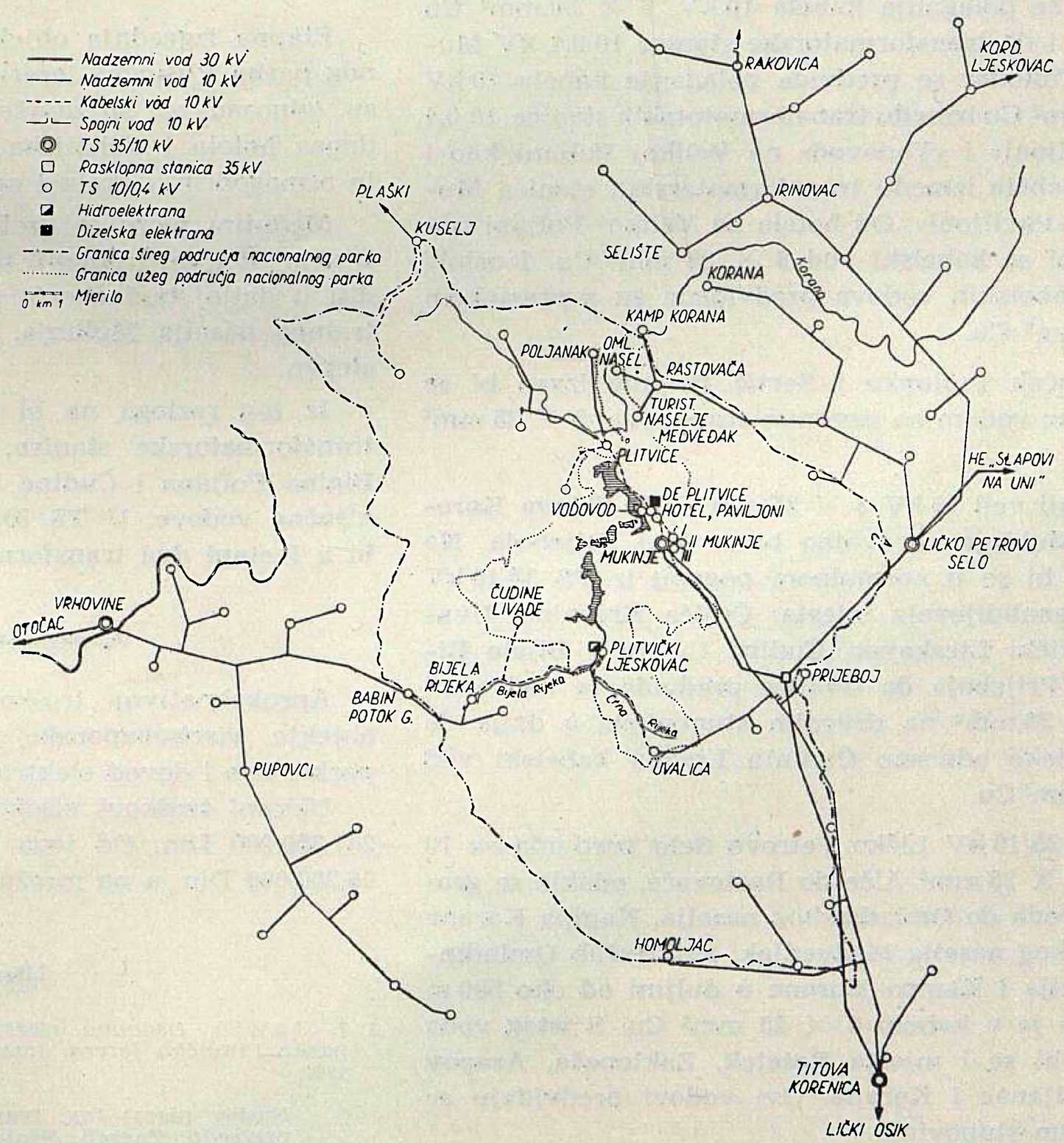
Priključak na elektroenergetski sistem

Zbog svoje konfiguracije područje Nacionalnog parka Plitvička jezera snabdijevat će se iz različitih tačaka elektroenergetskog sistema. Glavno područje Nacionalnog parka, tj. Velika Poljana, Mukinje, Plitvice, Bigina Poljana, Plitvički Ljeskovac, Bijela Rijeka i dr. snabdijevalo bi se iz nove transformatorske stanice 35/10 kV Mukinje.

Kamp Korana, omladinsko naselje, Turističko naselje Medvedjak, te sela Rastovača, Korana, Smoljanac i ostala pripadna sela snabdijevala bi se iz postojeće transformatorske stanice Ličko Petrovo Selo.

Iz postojeće transformatorske stanice 35/10 kV Titova Korenica snabdijevala bi se mjesta: Vrelo, Korenička Rijeka, Homoljac, Rudanovac, Korenička Kapela i Prijeboj.

Iz predviđene transformatorske stanice 35/10 kV Vrhovine, koja bi se izgradila u daljoj budućnosti, dobivala bi električnu energiju mjesta: Končarov Kraj, Babin Potok Gornji, Babin Potok Donji, Borić Selište, Vlast te ostala pripadna sela.



Sl. 2. Situacija projektirane visokonaponske mreže na području Plitvičkih jezera

Čorkova Uvala bi dobivala električnu energiju iz buduće transformatorske stanice 35/10 kV Plaški putem voda 10 kV koji dolazi do Kuselja.

Mreža 35 kV

Transformatorska stanica 35/10 kV Mukinje napajala bi se vodom 35 kV Prijeboj — Mukinje 3 × 70 mm² Alče, duljine 5,5 km. Vod je predviđen na čeličnim rešetkastim stupovima. Kod Prijeboja bi se izgradila zidana rasklopna stanica 35 kV, koja bi imala sklopku u polju za Mukinje. U tom slučaju kvar na vodu 35 kV Mukinje — Prijeboj ne bi uzrokovao izbacivanje voda HE Slapovi na Uni — Lički Osik. Kako se u bližoj budućnosti predviđa izgradnja transformatorske stanice 110/35 kV Lički Osik, bila bi preko rasklopne stanice Priboj osigurana dobava električne energije iz dva izvora: iz HE Slapovi na Uni ili iz buduće TS 110/35 kV Lički Osik.

Ukupno maksimalno opterećenje transformatorske stanice 35/10 kV Mukinje predviđa se u iznosu od 3.400 kVA. Uzevši u obzir da redukcija kod kvara na transformatoru ne iznosi više od 1000 kVA, odabrana su za TS 35/10 kV Mukinje dva transformatora po 2500 kVA. Stanica je predviđena sa osam ćelija 10 kV i prostorom za dio 35 kV.

Mreža 10 kV

Iz nove transformatorske stanice 35/10 kV Mukinje predviđa se polaganje kabela 10 kV, 3 × 50 mm² Cu do hotela i do transformatorske stanice 10/0,4 kV Mukinje I. Također se predviđa polaganje kabela 10 kV 3 × 50 mm² Cu između transformatorskih stanica 10/0,4 kV »Paviljoni« i »Vodovod« na Velikoj Poljani kao i spojnog kabela između transformatorskih stanica Mukinje I i »Paviljoni«. Od hotela na Velikoj Poljani nastavljao bi se kabelski vod 3 × 25 mm² Cu. I ostale dionice kabelskih vodova predviđene su s presjekom 3 × 25 mm² Cu.

Priključak Poljanka i Sertić Poljane izveo bi se nadzemnim vodom na drvenim stupovima, 3 × 25 mm² Alče.

Sadašnji vod 10 kV 3 × 35 mm² Alče Titova Korenica — Mukinje razdvajao bi se kod Prijeboja. Na taj način bi se u normalnom pogonu iz TS 35/10 kV Mukinje snabdijevala mjesta: Čujića Krčevina, Uvalica, Plitvički Ljeskovac, Čudine Livade i Bijela Rijeka. Od Prijeboja do Uvalice predviđa se nadzemni vod 3 × 35 mm² na drvenim stupovima, a dalje do Bijele Rijeke odnosno Čudinih Livada kabelski vod 3 × 25 mm² Cu.

Iz TS 35/10 kV Ličko Petrovo Selo predviđa se 10 kV vod 3 × 25 mm² Alče do Rastovače, odakle se granaju tri voda do Omladinskog naselja, Kampa Korane i Turističkog naselja Medvedjak. Priključak Omladinskog naselja i Kampa Korane u duljini od oko 500 m predviđen je u kabelu 3 × 25 mm² Cu. S istog voda napajala bi se i mjesta Rešetak, Zaklopača, Arapov Dol, Smoljanac i Korana. Ovi vodovi predviđaju se na drvenim stupovima.

Iz buduće TS 35/10 kV Vrhovine predviđa se vod 10 kV 3 × 35 mm² do Končarevog Kraja, odnosno Bijele Rijeke s otcjepima za pripadna sela. Ovaj vod se također predviđa na drvenim stupovima.

Priključak Čorkove Uvale predviđa se kabelom 3 × 16 mm² Cu do Kuselja koji će dobivati energiju putem nadzemnog voda 10 kV 3 × 25 mm² Alče Plaški-Kuselj.

Situacija projektirane visokonaponske mreže na području Plitvičkih jezera prikazana je na sl. 2.

Ukupna duljina kabelskih vodova 10 kV unutar Nacionalnog parka iznosi oko 25 km, a novih nadzemnih vodova oko 47 km. Na području Nacionalnog parka predviđa se ukupno 29 transformatorskih stanica 10/0,4 kV, od toga 15 kabelskih stanica. Dvije stanice već postoje, tj. Mukinje i Hotel na Velikoj Poljani. Ukupna instalirana snaga tih transformatorskih stanica iznosi oko 5.100 kVA.

Na užem zaštitnom području predviđene su sve transformatorske stanice kao kabelske, a na ostalom području u pravilu kao nadzemne stanice.

Predviđena je nadstrujna zaštita sklopkom za svaki izvod 10 kV iz transformatorskih stanica 35/10 kV.

Također je radi zaštite kabela i selektivnog odvajanja predviđena sklopka u odlaznom polju za Plitvice iz TS 10/0,4 kV Hotel. U odlaznim poljima u TS 10/0,4 kV Plitvice predviđa se radi selektivnog odvajanja zaštita pomoću osigurača.

Etapna izgradnja

Etapna izgradnja objekata na području Nacionalnog parka Plitvička jezera nije određena. U izgradnji su, odnosno već su završeni, slijedeći objekti: depandansa hotela i milicijska stanica na Velikoj Poljani te osmogodišnja škola i ambulanta u Mukinjama.

Međutim može se pretpostaviti da će se hotel na Biginoj Poljani i objekti na Čudinim Livadama izgraditi u daljoj budućnosti. S druge strane razvoj centralnog naselja Mukinja, kao i Prijeboja bit će postepen.

Iz tog razloga ne bi trebalo u I etapi izgraditi transformatorske stanice: Mukinje II, Mukinje III, Bigina Poljana i Čudine Livade, kao ni njihove priključne vodove. U TS 35/10 kV Mukinje zadovoljila bi u I etapi dva transformatora po 1 MVA.

Aproksimativni troškovi

Aproksimativni troškovi obuhvaćaju samo nove objekte visokonaponske mreže unutar Nacionalnog parka, kao i dovod električne energije.

Ukupni troškovi visokonaponske mreže bi iznosili 341,350.000 Din. Od toga bi na mrežu 35 kV otpalo 66,200.000 Din, a na mrežu 10 kV 275,150.000 Din.

Literatura

1. I. Janić, *Osnovno rješenje elektrifikacije Nacionalnog parka Plitvička jezera*, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1962.

Naslov pisca: Ing. Ivan Janić, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37

TRANSFORMACIJA STRUJA I NAPONA KVARA

Josip Vuletić, Zagreb

Prikazana je, pomoću simetričkih komponenata, transformacija struja i napona kvara u transformatoru Dy5, koji se često upotrebljava. Razmatran je slučaj kad se kvar pojavljuje u mreži na strani namota spojenog u trokut, kao i slučaj kad je kvar na strani namota spojenog u zvijezdu. Prikazani način može se upotrijebiti i za bilo koji spoj transformatora.

DK 621.314

1. Uvod

Pravilan izbor releja u trofaznim mrežama zahtijeva poznavanje struja i napona, koji se javljaju za vrijeme kvara na pojedinim mjestima mreže. Izvjesnu poteškoću pri određivanju napona i struja kvara predstavlja transformacija, koja ovisno o grupi spoja učinskog transformatora, dovodi do faznog pomaka napona i struja.

U ovom prikazu bit će pokazan način određivanja struja i napona kvara u transformatoru grupe spoja Dy5, a koji je dio veće mreže, s mogućnošću napajanja s obje strane. Potpuno analogan postupak vrijedi za transformatore ostalih grupa spoja. Proračun će biti proveden s jediničnim vrijednostima struja i napona [1] metodom simetričnih komponenata. U svim slučajevima polazi se od struja i napona na onoj strani transformatora, na kojoj je došlo do kvara. Struja magnetiziranja se zanemaruje, kao što je uobičajeno kod računa struja kratkog spoja.

2. Struje kvara u trainsformatoru Dy5 za slučaj kvara u mreži na strani namota spojenog u zvijezdu

Neka su jedinične simetrične komponente struja, npr. jednopolnog kratkog spoja u mreži na strani namota spojenog u zvijezdu $\mathbf{i}_d$, $\mathbf{i}_i$ i $\mathbf{i}_o$. Za struje direktnog sistema u svim fazama može se pisati

$$\mathbf{i}_{Rd} = \mathbf{i}_d \tag{1a}$$

$$\mathbf{i}_{Sd} = a^2\,\mathbf{i}_d \tag{1b}$$

$$\mathbf{i}_{Td} = a\mathbf{i}_d \tag{1c}$$

gdje su a i a^2 operatori, definirani slijedećim izrazima

$$a = 1 \,\underline{|\, 2\pi/3} = e^{j2\pi/3} \tag{2a}$$

$$a^2 = 1 \,\underline{|\, 4\pi/3} = e^{j4\pi/3} \tag{2b}$$

Analogno vrijedi za struje inverznog sistema

$$\mathbf{i}_{Ri} = \mathbf{i}_i \tag{3a}$$

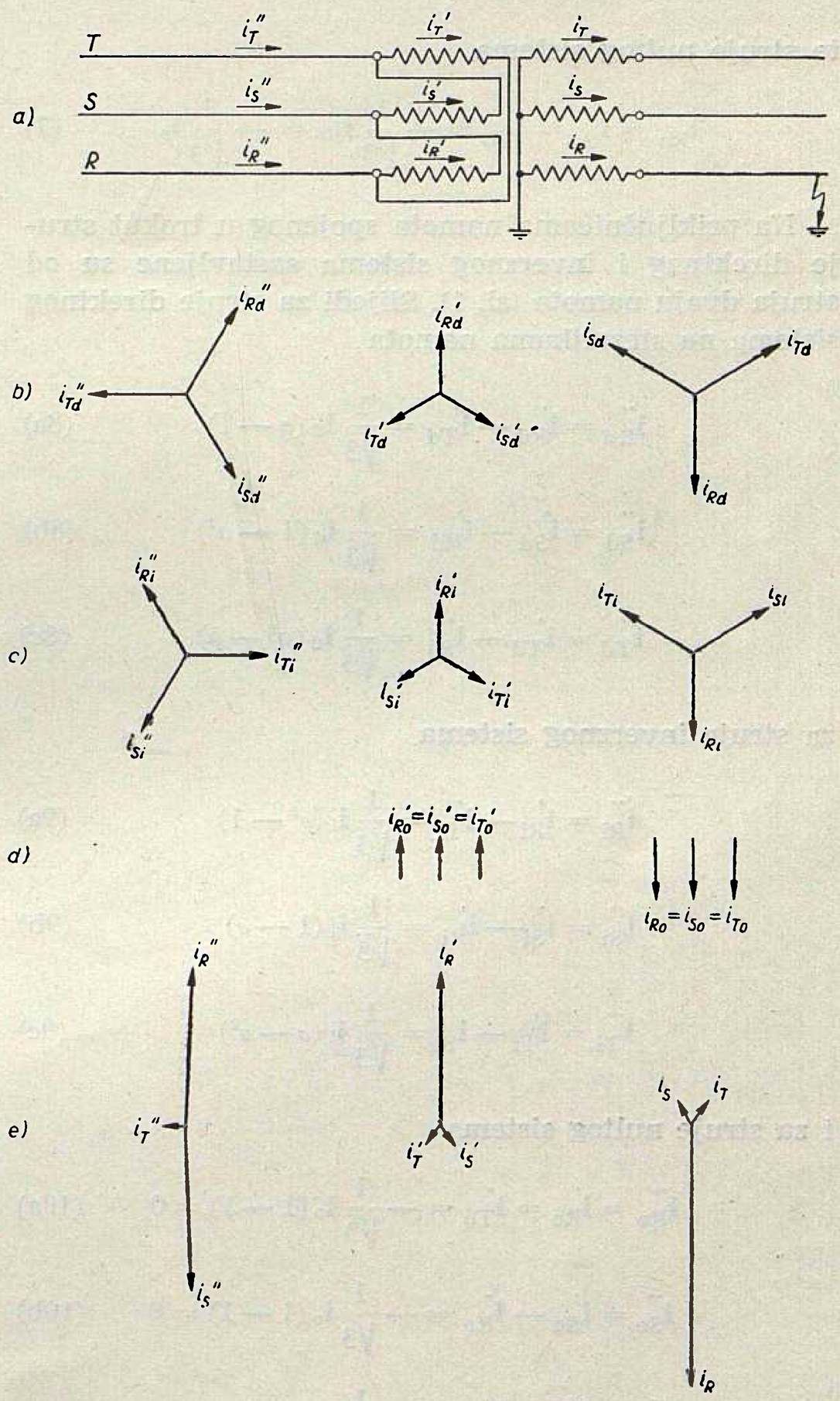
$$\mathbf{i}_{Si} = a\,\mathbf{i}_i \tag{3b}$$

$$\mathbf{i}_{Ti} = a^2\,\mathbf{i}_i \tag{3c}$$

i za struje nultog sistema

$$\mathbf{i}_{Ro} = \mathbf{i}_{So} = \mathbf{i}_{To} = \mathbf{i}_o \tag{4}$$

Radi jednakosti protjecanja i jer je broj zavoja namota spojenog u trokut za $\sqrt{3}$ puta veći od broja zavoja namota spojenog u zvijezdu transformatora prijenosnog odnosa 1:1, u namotu spojenom u trokut javljaju se struje direktnog, inverznog i nultog sistema, a koje su za $\sqrt{3}$ puta manje od struja u namotu spojenom u zvijezdu. Smjer struja u namotu spojenom u trokut mora biti takav, da su primarna i sekundarna protjecanja protufazna (sl. 1). Dakle, uz pretpostavljeni smjer struja na sl. 1, a da bi bio zadovoljen uvjet protufaznosti protjecanja, treba strujama u namotu spojenom u trokut postaviti negativan predznak.



Sl. 1. Struje kvara i njihove simetrične komponente u transformatoru Dy5 za slučaj jednopolnog kratkog spoja u mreži na strani namota spojenog u zvijezdu

a) Shema spoja transformatora Dy5

Struje: *b)* direktnog sistema; *c)* inverznog sistema; *d)* nultog sistema; *e)* kvara

Prema tome struje direktnog sistema u namotu spojenom u trokut iznose

$$\mathbf{i}'_{Rd} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_{Rd} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_d \qquad (5a)$$

$$\mathbf{i}'_{Sd} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_{Sd} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,a^2 \cdot \mathbf{i}_d \qquad (5b)$$

$$\mathbf{i}'_{Td} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_{Td} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,a \cdot \mathbf{i}_d \qquad (5c)$$

struje inverznog sistema

$$\mathbf{i}'_{Ri} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_{Ri} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_i \qquad (6a)$$

$$\mathbf{i}'_{Si} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_{Si} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,a \cdot \mathbf{i}_i \qquad (6b)$$

$$\mathbf{i}'_{Ti} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_{Ti} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,a^2 \cdot \mathbf{i}_i \qquad (6c)$$

te struje nultog sistema

$$\mathbf{i}'_{Ro} = \mathbf{i}'_{So} = \mathbf{i}'_{To} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_{Ro} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_o \qquad (7)$$

Na priključnicama namota spojenog u trokut struje direktnog i inverznog sistema sastavljene su od struja dvaju namota (sl. 1). Slijedi za struje direktnog sistema na stezaljkama namota

$$\mathbf{i}''_{Rd} = \mathbf{i}'_{Rd} - \mathbf{i}'_{Td} = \frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_d\,(a-1) \qquad (8a)$$

$$\mathbf{i}''_{Sd} = \mathbf{i}'_{Sd} - \mathbf{i}'_{Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_d\,(1-a^2) \qquad (8b)$$

$$\mathbf{i}''_{Td} = \mathbf{i}'_{Td} - \mathbf{i}'_{Sd} = \frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_d\,(a^2-a) \qquad (8c)$$

za struje inverznog sistema

$$\mathbf{i}''_{Ri} = \mathbf{i}'_{Ri} - \mathbf{i}'_{Ti} = \frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_i\,(a^2-1) \qquad (9a)$$

$$\mathbf{i}''_{Si} = \mathbf{i}'_{Si} - \mathbf{i}'_{Ri} = \frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_i\,(1-a) \qquad (9b)$$

$$\mathbf{i}''_{Ti} = \mathbf{i}'_{Ti} - \mathbf{i}_{Si} = \frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_i\,(a-a^2) \qquad (9c)$$

i za struje nultog sistema

$$\mathbf{i}''_{Ro} = \mathbf{i}'_{Ro} = \mathbf{i}'_{To} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_o\,(1-1) = 0 \qquad (10a)$$

$$\mathbf{i}''_{So} = \mathbf{i}'_{So} - \mathbf{i}'_{Ro} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_o\,(1-1) = 0 \qquad (10b)$$

$$\mathbf{i}''_{To} = \mathbf{i}'_{To} = \mathbf{i}'_{So} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{i}_o\,(1-1) = 0 \qquad (10c)$$

što pokazuje, kao što je trebalo i očekivati, da se struje nultog sistema ne mogu prenijeti preko namota spojenog u trokut.

Superpozicijom struja direktnog, inverznog i nultog sistema dolazimo do ukupnih struja kvara. Struje kvara u namotu spojenom u zvijezdu iznose

$$\mathbf{i}_R = \mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i + \mathbf{i}_o \qquad (11a)$$

$$\mathbf{i}_S = a^2\mathbf{i}_d + a\mathbf{i}_i + \mathbf{i}_o = \\ = -0{,}500\,(\mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i) + \mathbf{i}_o - j\,0{,}866\,(\mathbf{i}_d - \mathbf{i}_i) \qquad (11b)$$

$$\mathbf{i}_T = a\,\mathbf{i}_d + a^2 \cdot \mathbf{i}_i + \mathbf{i}_o = \\ = -0{,}500\,(\mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i) + \mathbf{i}_o + j\,0{,}866\,(\mathbf{i}_d - \mathbf{i}_i) \qquad (11c)$$

a struje u namotu spojenom u trokut

$$\mathbf{i}'_R = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,(\mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i + \mathbf{i}_o) = -0{,}578\,(\mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i + \mathbf{i}_o) \qquad (12a)$$

$$\mathbf{i}'_S = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,(a^2\mathbf{i}_d + a\,\mathbf{i}_i + \mathbf{i}_o) = \\ = 0{,}289\,(\mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i) - 0{,}578\,\mathbf{i}_o + j\,0{,}500\,(\mathbf{i}_d - \mathbf{i}_i) \qquad (12b)$$

$$\mathbf{i}'_T = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,(a\mathbf{i}_d + a^2\mathbf{i}_i + \mathbf{i}_o) = \\ = 0{,}289\,(\mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i) - 0{,}578\,\mathbf{i}_o - j\,0{,}500\,(\mathbf{i}_d - \mathbf{i}_i) \qquad (12c)$$

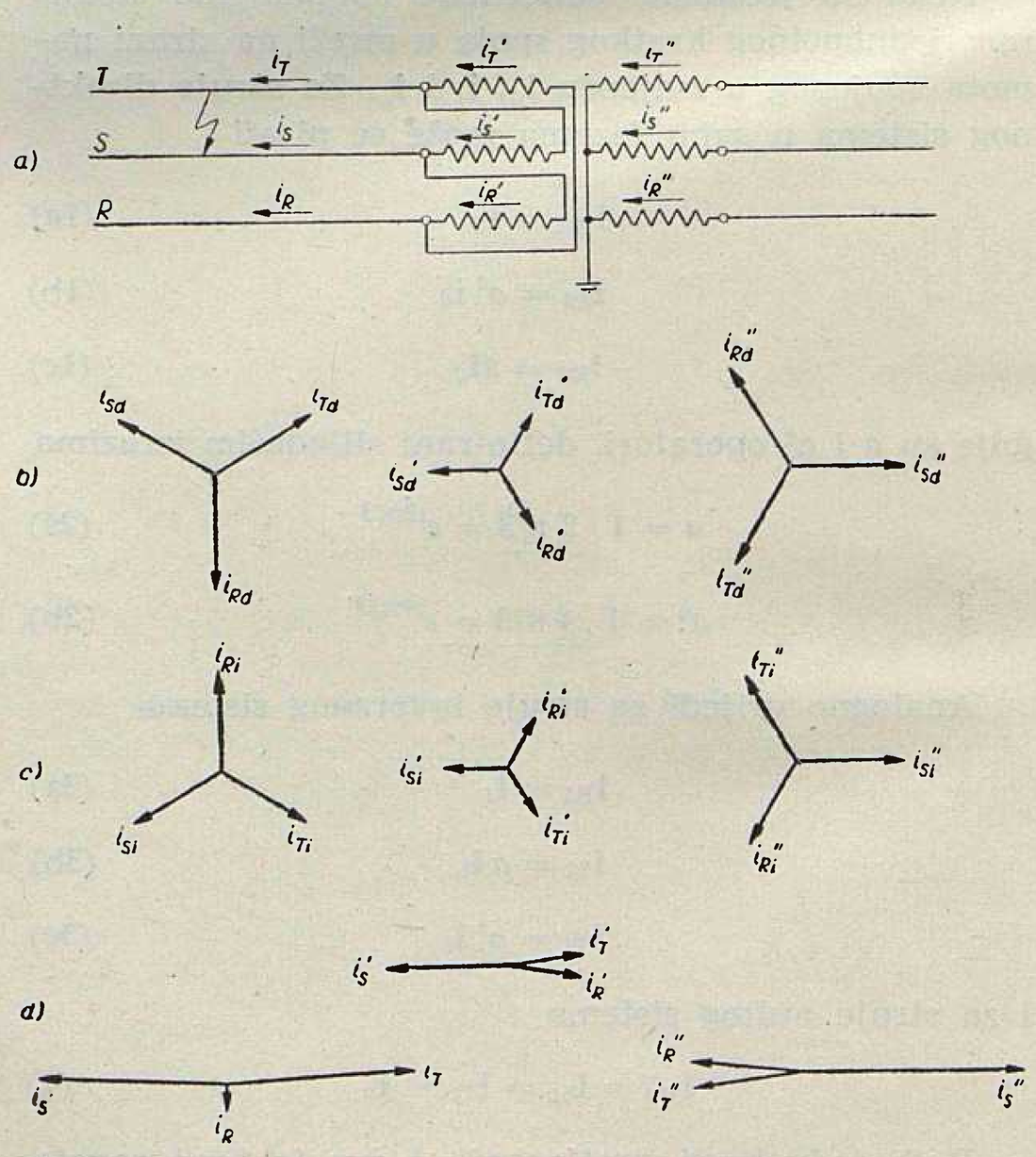
Na isti način se dobivaju struje na stezaljkama namota spojenog u trokut

$$\mathbf{i}''_R = -0{,}866\,(\mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i) + j\,0{,}500\,(\mathbf{i}_d - \mathbf{i}_i) \qquad (13a$$

$$\mathbf{i}''_S = 0{,}866\,(\mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i) + j\,0{,}500\,(\mathbf{i}_d - \mathbf{i}_i) \qquad (13b)$$

$$\mathbf{i}''_T = -j\,(\mathbf{i}_d - \mathbf{i}_i) \qquad (13c)$$

Struje kvara i njihove simetrične komponente prikazane su na sl. 1.



Sl. 2. Struje kvara i njihove simetrične komponente u transformatoru Dy5 za slučaj dvopolnog kratkog spoja u mreži na strani namota spojenog u trokut

a) Shema spoja transformatora Dy5

Struje: b) direktnog sistema; *c)* inverznog sistema; *d)* kvara

3. Struje kvara u transformatoru Dy5 za slučaj kvara u mreži na strani namota spojenog u trokut

Budući da je promatrani transformator dio veće mreže s mogućnošću napajanja s obje strane, za slučaj kratkog spoja u mreži na strani namota spojenog u trokut, pojavit će se struje kvara sastavljene od struja direktnog i inverznog sistema. Struje nultog sistema ne pojavljuju se, jer je nulta reaktancija promatranog transformatora sa strane kvara neizmjerno velika.

Ako pretpostavimo da su struje direktnog i inverznog sistema u mreži na strani namota spojenog u trokut jednake $\mathbf{i}_d$ i $\mathbf{i}_i$, vrijede za struje direktnog sistema u pojedinim fazama izrazi (1), a za struje inverznog sistema izrazi (3). Za struje u namotu spojenom u trokut prema sl. 2 dobivamo

$$\mathbf{i}_{Rd} = \mathbf{i}'_{Rd} - \mathbf{i}'_{Td} \qquad (14a)$$

$$\mathbf{i}_{Sd} = \mathbf{i}'_{Sd} - \mathbf{i}'_{Rd} \qquad (14b)$$

$$\mathbf{i}_{Td} = \mathbf{i}'_{Td} = \mathbf{i}'_{Sd} \qquad (14c)$$

Budući da je

$$\mathbf{i}'_{Rd} + \mathbf{i}'_{Sd} + \mathbf{i}'_{Td} = 0 \qquad (15)$$

slijedi za struje direktnog sistema u namotu spojenom u trokut

$$\mathbf{i}'_{Rd} = \frac{1}{3}(\mathbf{i}_{Rd} - \mathbf{i}_{Sd}) = \frac{1}{3}\mathbf{i}_d(1 - a^2) \qquad (16a)$$

$$\mathbf{i}'_{Sd} = \frac{1}{3}(\mathbf{i}_{Sd} - \mathbf{i}_{Td}) = \frac{1}{3}\mathbf{i}_d(a_2 - a) \qquad (16b)$$

$$\mathbf{i}'_{Td} = \frac{1}{3}(\mathbf{i}_{Td} - \mathbf{i}_{Rd}) = \frac{1}{3}\mathbf{i}_d(a - 1) \qquad (16c)$$

Relacije analogne izrazima (14) i (15) vrijede i za struje inverznog sistema, pa se može postaviti

$$\mathbf{i}'_{Ri} = \frac{1}{3}(\mathbf{i}_{Ri} - \mathbf{i}_{Si}) = \frac{1}{3}\mathbf{i}_i(1 - a) \qquad (17a)$$

$$\mathbf{i}'_{Si} = \frac{1}{3}(\mathbf{i}_{Si} - \mathbf{i}_{Ti}) = \frac{1}{3}\mathbf{i}_i(a - a_2) \qquad (17b)$$

$$\mathbf{i}'_{Ti} = \frac{1}{3}(\mathbf{i}_{Ti} - \mathbf{i}_{Ri}) = \frac{1}{3}\mathbf{i}_i(a^2 - 1) \qquad (17c)$$

Struje u namotu spojenom u zvijezdu veće su za $\sqrt{3}$ puta od struja u namotu spojenom u trokut, a smjer im je takav da su protjecanja u obim namotima protufazna. Prema tome struje direktnog sistema na strani zvijezde iznose

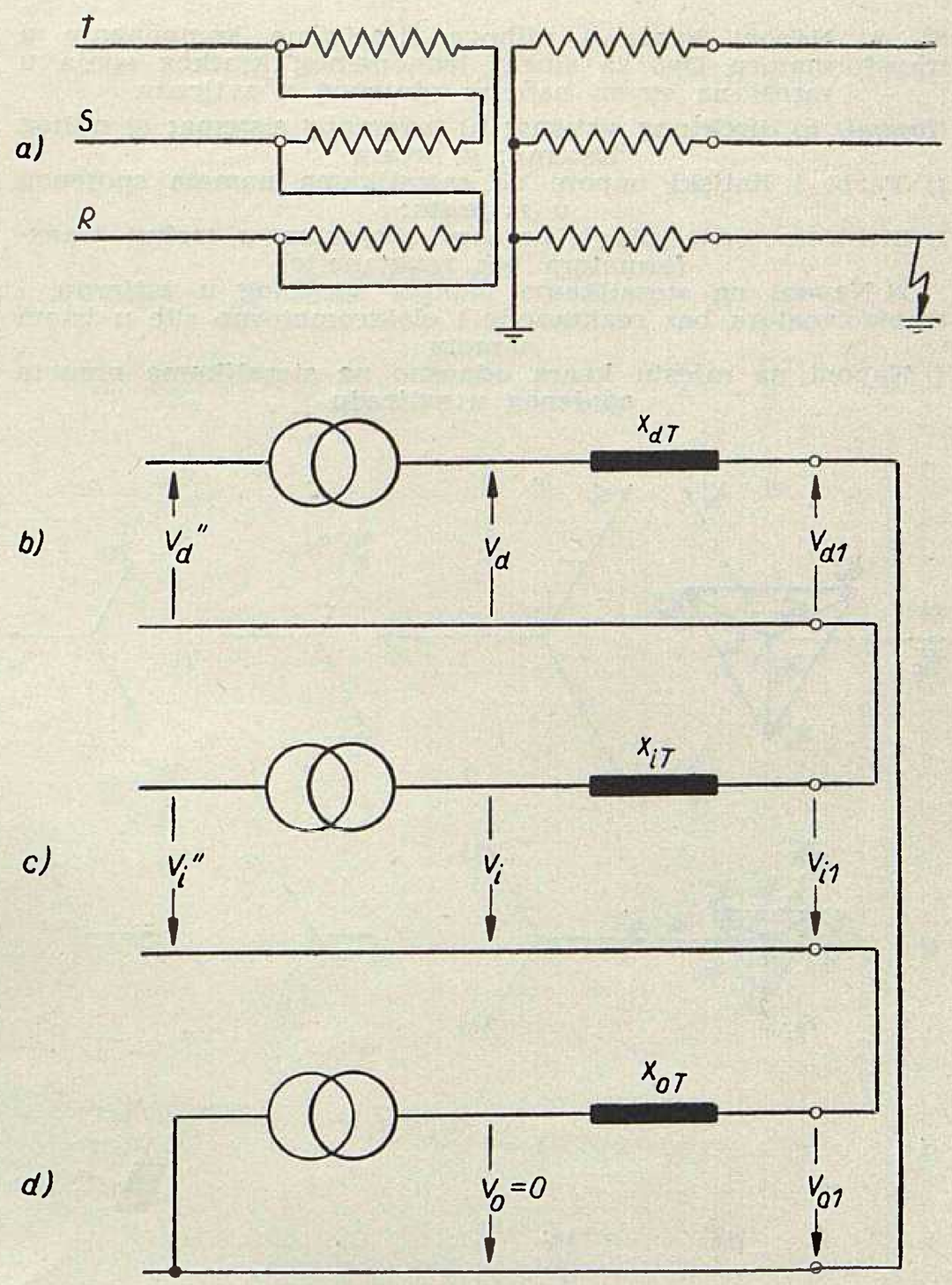
$$\mathbf{i}''_{Rd} = -\sqrt{3}\,\mathbf{i}'_{Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}}\mathbf{i}_d(a^2 - 1) \qquad (18a)$$

$$\mathbf{i}''_{Sd} = -\sqrt{3}\,\mathbf{i}'_{Sd} = \frac{1}{\sqrt{3}}\mathbf{i}_d(a - a^2) \qquad (18b)$$

$$\mathbf{i}''_{Td} = -\sqrt{3}\,\mathbf{i}'_{Td} = \frac{1}{\sqrt{3}}\mathbf{i}_d(1 - a) \qquad (18c)$$

a struje inverznog sistema

$$\mathbf{i}''_{Ri} = -\sqrt{3}\,\mathbf{i}'_{Ri} = \frac{1}{\sqrt{3}}\mathbf{i}_i(a - 1) \qquad (19a)$$



Sl. 3. Shema spoja transformatora Dy5 *(a)* i ekvivalentna shema direktnog *(b)*, inverznog *(c)* i nultog *(d)* sistema za slučaj jednopolnog kratkog spoja u mreži na strani namota spojenog u zvijezdu

$$\mathbf{i}''_{Si} = -\sqrt{3}\,\mathbf{i}'_{Si} = \frac{1}{\sqrt{3}}\mathbf{i}_i(a^2 - a) \qquad (19b)$$

$$\mathbf{i}''_{Ti} = -\sqrt{3}\,\mathbf{i}'_{Ti} = \frac{1}{\sqrt{3}}\mathbf{i}_i(1 - a^2) \qquad (19c)$$

Superpozicijom struja direktnog i inverznog sistema dobivaju se struje kvara. Struje kvara u mreži na strani namota spojenog u trokut

$$\mathbf{i}_R = \mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i \qquad (20a)$$

$$\mathbf{i}_S = -0{,}500(\mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i) - j\,0{,}866(\mathbf{i}_d - \mathbf{i}_i) \qquad (20bc$$

$$\mathbf{i}_T = -0{,}500(\mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i) + j\,0{,}866(\mathbf{i}_d - \mathbf{i}_i) \qquad (20c)$$

dok su struje unutar trokuta

$$\mathbf{i}'_R = 0{,}500(\mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i) + j\,0{,}289(\mathbf{i}_d - \mathbf{i}_i) \qquad (21a)$$

$$\mathbf{i}'_S = -j\,0{,}578(\mathbf{i}_d - \mathbf{i}_i) \qquad (21b)$$

$$\mathbf{i}'_T = -0{,}500(\mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i) + j\,0{,}289(\mathbf{i}_d - \mathbf{i}_i) \qquad (21c)$$

Struje u namotu spojenom u zvijezdu dobiju se iz relacija (18) i (19)

$$\mathbf{i}''_R = -0{,}866(\mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i) + j\,0{,}500(\mathbf{i}_d - \mathbf{i}_i) \qquad (22a)$$

$$\mathbf{i}''_S = j(\mathbf{i}_d - \mathbf{i}_i) \qquad (22b)$$

$$\mathbf{i}''_T = 0{,}866(\mathbf{i}_d + \mathbf{i}_i) - j\,0{,}500(\mathbf{i}_d - \mathbf{i}_i) \qquad (22c)$$

Sl. 4. Naponi kvara i njihove simetrične komponente u transformatoru Dy5 za slučaj jednopolnog kratkog spoja u mreži na strani namota spojenog u zvijezdu

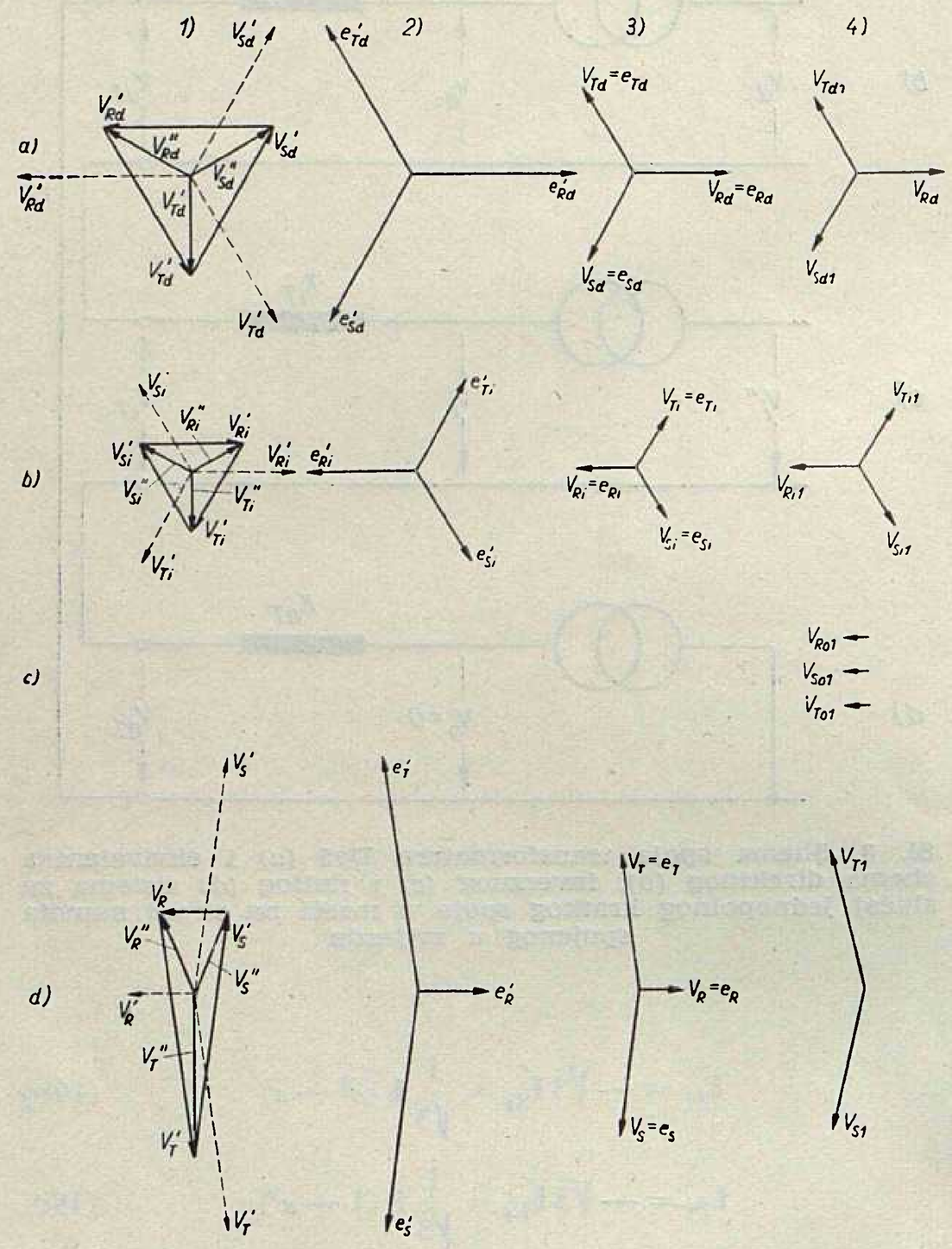
Naponi: a) direktnog sistema; *b)* inverznog sistema; *c)* nultog sistema; *d)* kvara

1) Fazni i linijski naponi na stezaljkama namota spojenog u zvijezdu;

2) Elektromotorne sile u namotu spojenom u trokut transformatora bez reaktancije;

3) Naponi na stezaljkama namota spojenog u zvijezdu transformatora bez reaktancije i elektromotorne sile u istom namotu

4) Naponi na mjestu kvara odnosno na stezaljkama namota spojenog u zvijezdu



Struje kvara kao i simetrične komponente tih struja prikazane su na sl. 2.

4. Naponi kvara u transformatoru Dy5 za slučaj kvara u mreži na strani namota spojenog u zvijezdu

Transformator u promatranom dijelu mreže (sl. 3) izazvat će fazni pomak napona. Polazeći od ekvivalentnih shema u kojima su poznate struje kvara i reaktancije, mogu se odrediti simetrične komponente napona u bilo kojoj točki mreže. Neka su naponi na stezaljkama namota spojenog u zvijezdu zadani simetričnim komponentama $\mathbf{v}_{d1}$, $\mathbf{v}_{i1}$ i $\mathbf{v}_{o1}$, a naponi na stezaljkama namota spojenog u trokut simetričnim komponentama $\mathbf{v}_d$ i $\mathbf{v}_i$ (sl. 3.). Naponi $\mathbf{v}_d$ i $\mathbf{v}_i$ razlikuju se od napona $\mathbf{v}_{d1}$ i $\mathbf{v}_{i1}$ za pad napona u reaktancijama transformatora. Naponi $\mathbf{v}_d$ i $\mathbf{v}_i$ u fazi su s naponima $\mathbf{v}_{d1}$ i $\mathbf{v}_{i1}$, jer još nije uzet u obzir njihov zakret radi spoja transformatora. Ekvivalentna shema, dakle, odijelila je reaktanciju transformatora od njegovog namota, pa su $\mathbf{v}_d$ i $\mathbf{v}_i$ samo računski naponi. U ekvivalentnoj shemi (sl. 3) simbol za transformator označava samo potrebu zakretanja napona, pa taj transformator možemo shvatiti kao transformator bez reaktancije. Naponi direktnog sistema na stezaljkama namota spojenog u zvijezdu tog transformatora iznose

$$\mathbf{v}_{Rd} = \mathbf{v}_d \tag{23a}$$

$$\mathbf{v}_{Sd} = a^2\,\mathbf{v}_d \tag{23b}$$

$$\mathbf{v}_{Td} = a\,\mathbf{v}_d \tag{23c}$$

dok su naponi inverznog sistema

$$\mathbf{v}_{Ri} = \mathbf{v}_i \tag{24a}$$

$$\mathbf{v}_{Si} = a\,\mathbf{v}_i \tag{24b}$$

$$\mathbf{v}_{Ti} = a^2\,\mathbf{v}_i \tag{24c}$$

Naponi nultog sistema na stezaljkama transformatora bez reaktancije jednaki su nuli, jer je nul-točka uzemljena. Napon nultog sistema $\mathbf{v}_{o1}$ upravo je jednak padu napona u nultoj reaktanciji transformatora.

Elektromotorne sile u istom namotu transformatora bez reaktancije ($\mathbf{e}_{Rd}\ldots$, $\mathbf{e}_{Ri}\ldots$) jednake su naponima u relacijama (23) i (24), dok su elektromotorne sile izražene jediničnim veličinama u namotu spojenom u trokut za $\sqrt{3}$ puta veće od elektromotornih sila u namotu spojenom u zvijezdu. Za direktni sistem u trokutu se prema tome može postaviti

$$\mathbf{e}'_{Rd} = \sqrt{3}\,\mathbf{v}_d \tag{25a}$$

$$\mathbf{e}'_{Sd} = \sqrt{3}\,a^2\,\mathbf{v}_d \tag{25b}$$

$$\mathbf{e}'_{Td} = \sqrt{3}\,a\,\mathbf{v}_d \tag{25c}$$

a za inverzni sistem

$$\mathbf{e}'_{Ri} = \sqrt{3}\,\mathbf{v}_i \tag{26a}$$

$$\mathbf{e}'_{Si} = \sqrt{3}\,a\,\mathbf{v}_i \tag{26b}$$

$$\mathbf{e}'_{Ti} = \sqrt{3}\,a^2\,\mathbf{v}_i \tag{26c}$$

Narinuti linijski naponi imaju suprotan smjer od elektromotornih sila, pa je — uzevši u obzir (25) —

$$\mathbf{v}'_{Rd} = -\sqrt{3}\,\mathbf{v}_d \tag{27a}$$

$$\mathbf{v}'_{Sd} = -\sqrt{3}\,a^2\,\mathbf{v}_d \tag{27b}$$

$$\mathbf{v}'_{Td} = -\sqrt{3}\,a\,\mathbf{v}_d \tag{27c}$$

Analogno slijedi za linijske napone inverznog sistema (26)

$$\mathbf{v}'_{Ri} = -\sqrt{3}\,\mathbf{v}_i \tag{28a}$$

$$\mathbf{v}'_{Si} = -\sqrt{3}\,a^2\,\mathbf{v}_i \tag{28b}$$

$$\mathbf{v}'_{Ti} = -\sqrt{3}\,a^2\,\mathbf{v}_i \tag{28c}$$

Fazni naponi slijede iz relacija (sl. 3)

$$\mathbf{v}'_{Rd} = \mathbf{v}''_{Rd} - \mathbf{v}''_{Sd} \tag{29a}$$

$$\mathbf{v}'_{Sd} = \mathbf{v}''_{Sd} - \mathbf{v}''_{Td} \tag{29b}$$

$$\mathbf{v}'_{Td} = \mathbf{v}''_{Td} - \mathbf{v}''_{Rd} \tag{29c}$$

Osim toga vrijedi

$$\mathbf{v}''_{Rd} + \mathbf{v}''_{Sd} + \mathbf{v}''_{Td} = 0 \qquad (30)$$

Rješenjem relacija (29) i (30) dobivaju se fazni naponi direktnog sistema na stezaljkama namota spojenog u trokut

$$\mathbf{v}''_{Rd} = \frac{1}{3}(\mathbf{v}'_{Rd} - \mathbf{v}'_{Td}) = -\frac{1}{\sqrt{3}}\mathbf{v}_d(1 - a) \qquad (31a)$$

$$\mathbf{v}''_{Sd} = \frac{1}{3}(\mathbf{v}'_{Sd} - \mathbf{v}'_{Rd}) = -\frac{1}{\sqrt{3}}\mathbf{v}_d(a^2 - 1) \qquad (31b)$$

$$\mathbf{v}''_{Td} = \frac{1}{3}(\mathbf{v}'_{Td} - \mathbf{v}'_{Sd}) = -\frac{1}{\sqrt{3}}\mathbf{v}_d(a - a^2) \qquad (31c)$$

i inverznog sistema

$$\mathbf{v}''_{Ri} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\mathbf{v}_i(1 - a^2) \qquad (32a)$$

$$\mathbf{v}''_{Si} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\mathbf{v}_i(a - 1) \qquad (32b)$$

$$\mathbf{v}''_{Ti} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\mathbf{v}_i(a^2 - a) \qquad (32c)$$

Superpozicijom simetričnih komponenata dobivaju se naponi kvara na stezaljkama namota spojenog u zvijezdu

$$\mathbf{v}_{R_1} = \mathbf{v}_{d_1} + \mathbf{v}_{i_1} + \mathbf{v}_{i_0} \qquad (33a)$$

$$\mathbf{v}_{S_1} = -0{,}500(\mathbf{v}_{d_1} + \mathbf{v}_{i_1}) + \mathbf{v}_{o_1} - j\,0{,}866(\mathbf{v}_{d_1} - \mathbf{v}_{i_1}) \qquad (33b)$$

$$\mathbf{v}_{T_1} = -0{,}500(\mathbf{v}_{d_1} + \mathbf{v}_{i_1}) + \mathbf{v}_{o_1} + j\,0.866(\mathbf{v}_{d_1} - \mathbf{v}_{i_1}) \qquad (33c)$$

te na stezaljkama namota spojenog u trokut

$$\mathbf{v}''_R = -0{,}866(\mathbf{v}_d + \mathbf{v}_i) + j\,0{,}500(\mathbf{v}_{d_1} - \mathbf{v}_i) \qquad (34a)$$

$$\mathbf{v}''_S = 0{,}866(\mathbf{v}_d + \mathbf{v}_i) + j\,0{,}500(\mathbf{v}_d - \mathbf{v}_i) \qquad (34b)$$

$$\mathbf{v}''_T = -j(\mathbf{v}_d - \mathbf{v}_i) \qquad (34c)$$

Na sl. 4 prikazani su naponi na stezaljkama obaju namota te njihove simetrične komponente.

5. Naponi kvara u transformatoru Dy5 za slučaj kvara u mreži na strani namota spojenog u trokut

Za slučaj kvara na strani namota spojenog u trokut mogu se pojaviti struje direktnog i inverznog sistema pa prema tome i naponi direktnog i inverznog sistema na mjestu kvara. Struje i naponi nultog sistema jednaki su nuli, jer je nulta reaktancija transformatora, gledano sa strane kvara, neizmjerno velika.

Ako su naponi direktnog i inverznog sistema $\mathbf{v}_{d1}$ i $\mathbf{v}_{i1}$ na stezaljkama namota spojenog u trokut, dolazimo do napona na stezaljkama namota spojenog u zvijezdu $\mathbf{v}_d$ i $\mathbf{v}_i$ uzevši u obzir padove napona u reaktancijama transformatora (sl. 5). Treba naglasiti da kod računanja napona $\mathbf{v}_d$ i $\mathbf{v}_i$ nije uzeto u obzir zakretanje napona u transformatoru. Dakle, da bi u ekvivalentnim shemama dobili prilike jednake stvarnim prilikama, možemo i sada zamisliti da pored reaktancije transformatora postoji i transformator bez reaktancije. Na stezaljkama namota spojenog u trokut djeluju naponi $\mathbf{v}_d$ i $\mathbf{v}_i$, a na stezaljkama namota spojenog u zvijezdu naponi $\mathbf{v}''_d$ i $\mathbf{v}''_i$ (sl. 5).

Za napone direktnog odnosno inverznog sistema na stezaljkama namota spojenog u trokut transformatora bez reaktancije vrijede relacije (23) odnosno (24).

Linijski naponi na stezaljkama namota spojenog u trokut mogu se dobiti iz slijedećih relacija

$$\mathbf{v}'_{Rd} = \mathbf{v}_{Rd} - \mathbf{v}_{Sd} = \mathbf{v}_d(1 - a^2) \qquad (35a)$$

$$\mathbf{v}'_{Sd} = \mathbf{v}_{Sd} - \mathbf{v}_{Td} = \mathbf{v}_d(a^2 - a) \qquad (35b)$$

$$\mathbf{v}'_{Td} = \mathbf{v}_{Td} - \mathbf{v}_{Rd} = \mathbf{v}_d(a - 1) \qquad (35c)$$

Analogno vrijedi za inverzni sistem

$$\mathbf{v}'_{Ri} = \mathbf{v}_{Ri} - \mathbf{v}_{Si} = \mathbf{v}_i(1 - a) \qquad (36a)$$

$$\mathbf{v}'_{Si} = \mathbf{v}_{Si} - \mathbf{v}_{Ti} = \mathbf{v}_i(a - a^2) \qquad (36b)$$

$$\mathbf{v}'_{Ti} = \mathbf{v}_{Ti} - \mathbf{v}_{Ri} = \mathbf{v}_i(a^2 - 1) \qquad (36c)$$

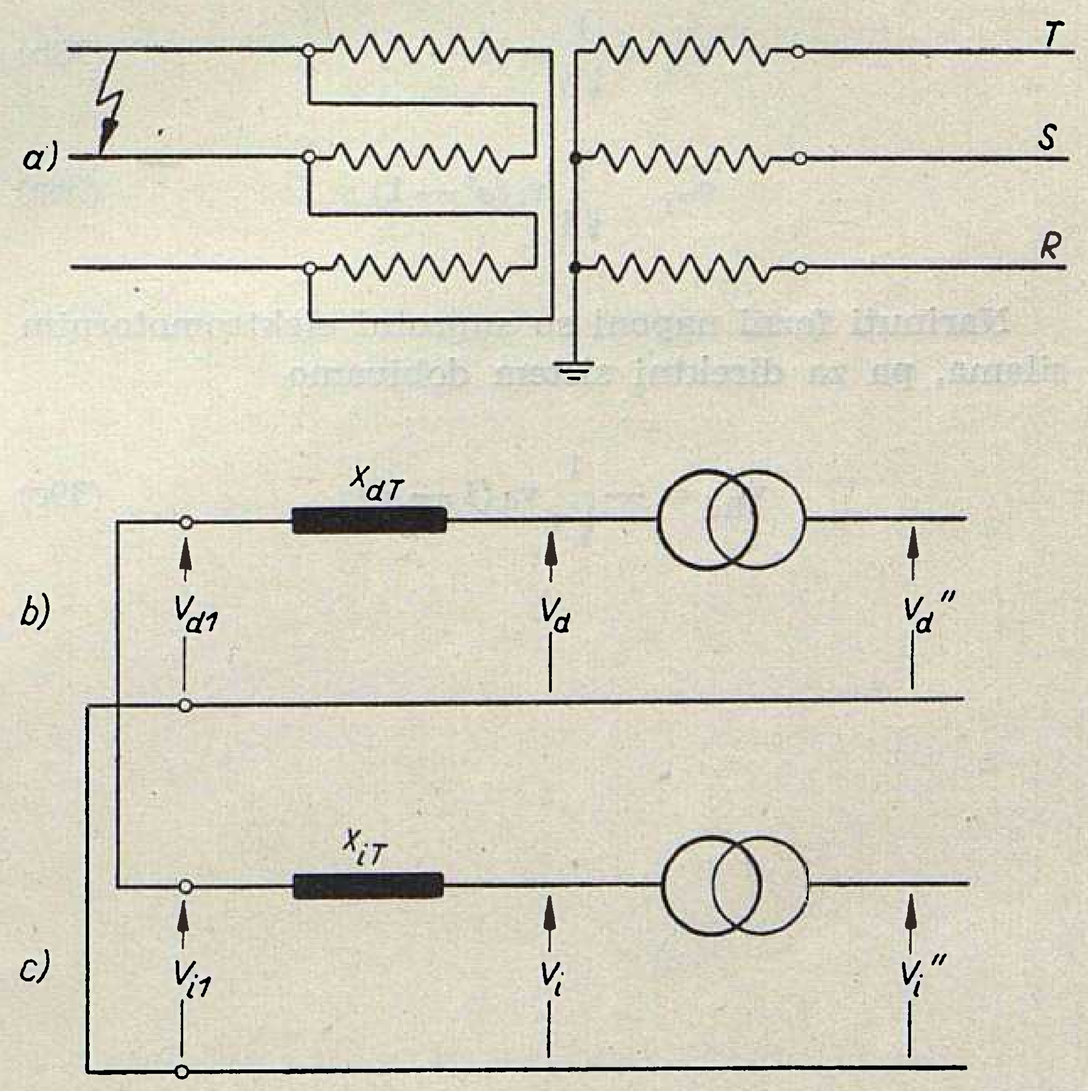
Elektromotorne sile u istom namotu jednake su po veličini i smjeru naponima prema relacijama (35) i (36) za transformator bez reaktancije. Elektromotorne sile u namotu spojenom u zvijezdu transformatora bez reaktancije bit će za $\sqrt{3}$ puta manje od elektromotornih sila u namotu spojenom u trokut.

Dakle, za direktni sistem vrijedi

$$\mathbf{e}''_{Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}}\mathbf{v}_d(1 - a^2) \qquad (37a)$$

$$\mathbf{e}''_{Sd} = \frac{1}{\sqrt{3}}\mathbf{v}_d(a^2 - a) \qquad (37b)$$

$$\mathbf{e}''_{Td} = \frac{1}{\sqrt{3}}\mathbf{v}_d(a - 1) \qquad (37c)$$



Sl. 5. Shema spoja transformatora Dy5 (*a*) i ekvivalentne sheme direktnog (*b*) i inverznog (*c*) sistema za slučaj dvopolnog kratkog spoja u mreži na strani namota spojenog u trokut

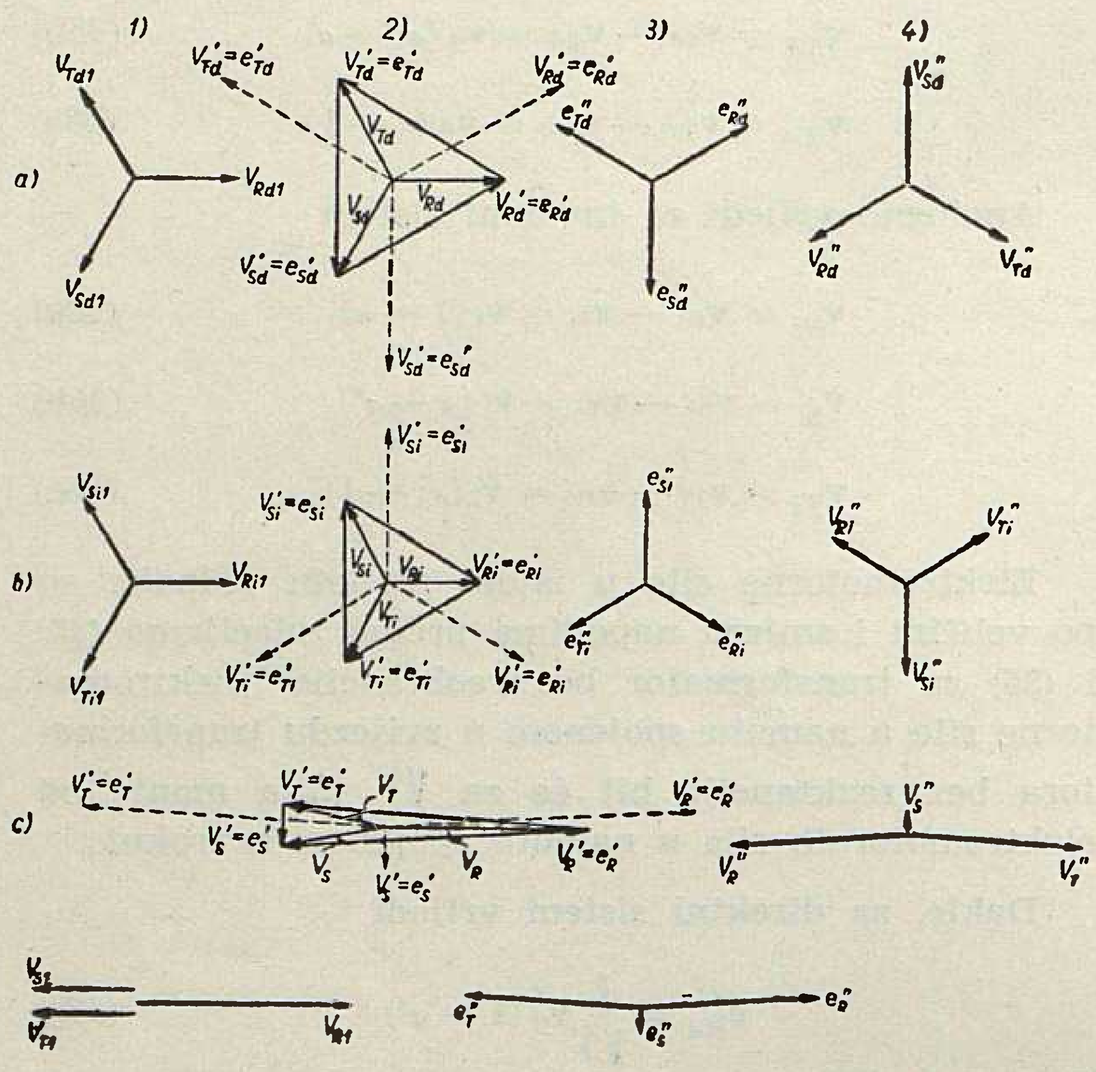
Sl. 6. Naponi kvara i njihove simetrične komponente u transformatoru Dy5 za slučaj dvopolnog kratkog spoja u mreži na strani namota spojenog u trokut

Naponi: a) direktnog sistema;*b)* inverznog sistema; *c)* kvara
Naponi: a) direktnog sistema; *b)* inverznog sistema; *c)* kvara jenog u trokut;

2) Naponi na stezaljkama namota spojenog u trokut transformatora bez reaktancije i elektromotorne sile u istom namotu;

3) Elektromotorne sile u namotu spojenom u zvijezdu transformatora bez reaktancije;

4) Fazni naponi na stezaljkama namota spojenog u zvijezdu



a za inverzni sistem

$$\mathbf{e}''_{Ri} = \frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{v}_i\,(1 - a) \qquad (38a)$$

$$\mathbf{e}''_{Si} = \frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{v}_i\,(a - a^2) \qquad (38b)$$

$$\mathbf{e}''_{Ti} = \frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{v}_i\,(a^2 - 1) \qquad (38a)$$

Narinuti fazni naponi su suprotni elektromotornim silama, pa za direktni sistem dobivamo

$$\mathbf{v}''_{Rd} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{v}_d\,(1 - a^2) \qquad (39c)$$

$$\mathbf{v}''_{Sd} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{v}_d\,(a^2 - a) \qquad (39b)$$

$$\mathbf{v}''_{Td} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{v}_d\,(a - 1) \qquad (39c)$$

odnosno za inverzni sistem

$$\mathbf{v}''_{Ri} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{v}_i\,(1 - a) \qquad (40a)$$

$$\mathbf{v}''_{Si} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{v}_i\,(a - a^2) \qquad (40b)$$

$$\mathbf{v}''_{Ti} = -\frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{v}_i\,(a^2 - 1) \qquad (40c)$$

Superpozicijom simetričnih komponenata dobivaju se naponi na stezaljkama namota spojenog u trokut

$$\mathbf{v}_{R_1} = \mathbf{v}_{d_1} + \mathbf{v}_{i_1} \qquad (41a)$$

$$\mathbf{v}_{S_1} = -0{,}500\,(\mathbf{v}_{d_1} + \mathbf{v}_{i_1}) - j\,0{,}866\,(\mathbf{v}_{d_1} - \mathbf{v}_{i_1}) \qquad (41b$$

$$\mathbf{v}_{T_1} = -0{,}500\,(\mathbf{v}_{d_1} + \mathbf{v}_{i_1}) + j\,0.866\,(\mathbf{v}_{d_1} - \mathbf{v}_{i_1}) \qquad (41c$$

i naponi na stezaljkama namota spojenog u zvijezdu

$$\mathbf{v}''_R = -0{,}866\,(\mathbf{v}_d + \mathbf{v}_i) - j\,0{,}500\,(\mathbf{v}_d - \mathbf{v}_i) \qquad (42a)$$

$$\mathbf{v}''_S = j\,(\mathbf{v}_d - \mathbf{v}_i) \qquad (42b)$$

$$\mathbf{v}''_T = 0{,}866\,(\mathbf{v}_d + \mathbf{v}_i) - j\,0{,}500\,(\mathbf{v}_d - \mathbf{v}_i) \qquad (42c)$$

Naponi odnosno njihove komponente na stezaljkama obaju namota prikazani su na sl. 6.

Proračun napona u 5. i 6. proveden je uz pretpostavku da se kvar dogodio u mreži, ali da između mjesta kvara i stezaljki transformatora nema nikakve reaktancije, pa su u tom slučaju na stezaljkama transformatora naponi jednaki naponima izračunatim iz relacija kvara. Uz pretpostavku da se kvar dogodio daleko u mreži, bilo bi potrebno izračunati napone na stezaljkama transformatora preko ekvivalentnih shema, i s tim naponima ući u račun proveden u 5. i 6. Pokazani postupak na primjerima jednopolnog i dvopolnog kratkog spoja, može se primijeniti za bilo kakav spoj, kao i za normalno opterećenje.

Literatura

[1] H. Požar, *Struje kratkog spoja u trofaznim visokonaponskim mrežama,* Zagreb 1960.

Naslov pisca: Ing. Josip Vuletić, Elektrotehnički fakultet, Zagreb

ZAŠTITA KOD PUCANJA TLAČNIH CJEVOVODA U HIDROELEKTRANAMA*

Nikola Bilčar, Zagreb

Zaštite kod pucanja tlačnih cjevovoda ugrađene u hidroelektranama SR Hrvatske djelovale su vrlo nepouzdano i često izazivale smetnje u proizvodnji električne energije, pa su morale biti blokirane. Autor tim povodom najprije kritički obrađuje problem takove zaštite, navodi zatim tipove ugrađene u hidroelektranama Hrvatske, te na kraju iznosi prijedloge za poboljšanje zaštite. Od Savjetovanja u Splitu očekuju se daljnji prijedlozi za rješenje ovog gorućeg problema.

DK 621.311.21

Općenito

Kakve se štete mogu očekivati, ako dođe do pucanja tlačnog cjevovoda, nije potrebno naglašavati. Projektanti su do kraja svjesni posljedica, pa je u svakom projektu ova zaštita predviđena, a prilikom izgradnje i izvedena. Međutim, u pogonu umjesto krajnje nužne i sigurne zaštite, u ovoj zaštiti imamo izvor smetnji i kao posljedicu toga gubitke električne energije, jer je zatvarala leptirasti zatvarač u normalnom pogonu, a s tim izbacivala pojedine jedinice iz pogona po nekoliko sati. Ovakva česta ponavljanja prisilila su pogonsko osoblje, da ovu zaštitu blokiraju. Nastojanja, da s isporučiocem otklone nedostatke, nisu do danas dala pozitivnih rezultata.

Izvedbe zaštite

Do sada poznate i izvedene konstrukcije zaštite kod pucanja tlačnih cjevovoda, mogu se podijeliti u slijedeće grupe:

1) aktuatori (poticajne naprave) maksimalne zaštite ugrađene na početku tlačnog cjevovoda;
2) aktuatori diferencijalne zaštite ugrađene na početku i kraju tlačnog cjevovoda;
3) aktuatori pomoću plovaka i
4) aktuatori mehaničke povrede tlačnog cjevovoda.

Od pomenutih grupa u hidroelektranama na području Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske primijenjena je samo prva grupa tj. maksimalna zaštita i to u dva rješenja:

a) maksimalna zaštita s dinamičkom lopaticom, sl. 1, ugrađena u hidroelektranama Manojlovac, Vinodol i Kraljevac i
b) maksimalna zaštita s diferencijalnim aktuatorom ugrađenim samo na početku cjevovoda, sl. 2, izvedena u hidroelektranama Gojak i Split.

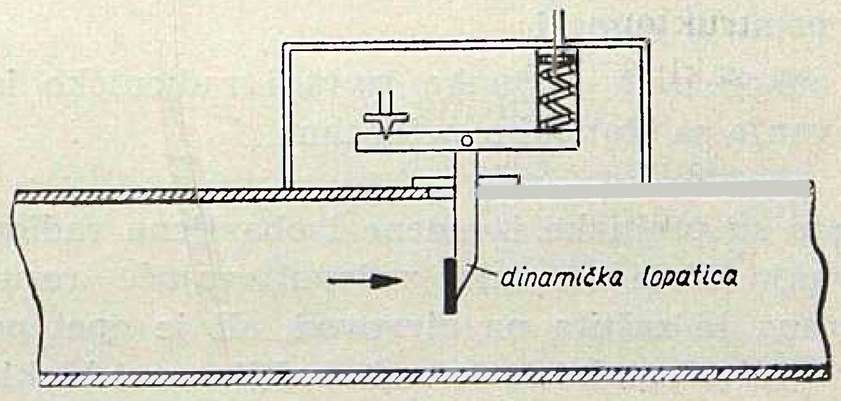
Uočeni nedostaci ovih zaštita

a) Maksimalna zaštita s dinamičkom lopaticom

Mehanički predmeti, koji dođu s vodom, uzrokom su djelovanja ove zaštite. Nakupljanje trave na poluzi s lopaticom, koja onda dobije veću površinu, a što je isto kao i povećanje brzine vode, zapinjanje granja ili općenito komada drveta, prouzrokuju okidanje ove zaštite u normalnom pogonu, kad se to od nje najmanje traži.

Redovito je ova zaštita udešena da djeluje, kad se brzina vode u cjevovodu poveća za cca 20—30% iznad nominalne, što bi skoro uvijek značilo dosta kasno reagiranje, pogotovo što se pucanje cjevovoda redovito događa kod naglih zatvaranja sprovodnih aparata, kad dolazi do hidrauličkih udara, dakle onda, kad su brzine vrlo malene.

Osim toga, u praksi se pokazalo da vrlo često dolazi do otkidanja nosača i lopatica uslijed stalnog vibriranja, odnosno umornosti materijala, tako da otkinuti nosač s lopaticom dospijeva u turbinu. Posljedice su jasne — cjevovod ostaje bez zaštite, a turbina se otvara radi vađenja pomenutog komada (HE Manojlovac).



Sl. 1. Poticajna naprava maksimalne zaštite s dinamičkim lopaticama

Pogrešno okidanje odnosno djelovanje zaštite uzrokom je ispada agregata, jer se cjevovod brzo isprazni. Punjenje cjevovoda obilaznim ventilom (»by-pass«) traje prilično dugo, te su i gubici električne energije radi ispada znatni, a nastupaju i poremećaji u mreži, ako se radi o ispadu veće jedinice.

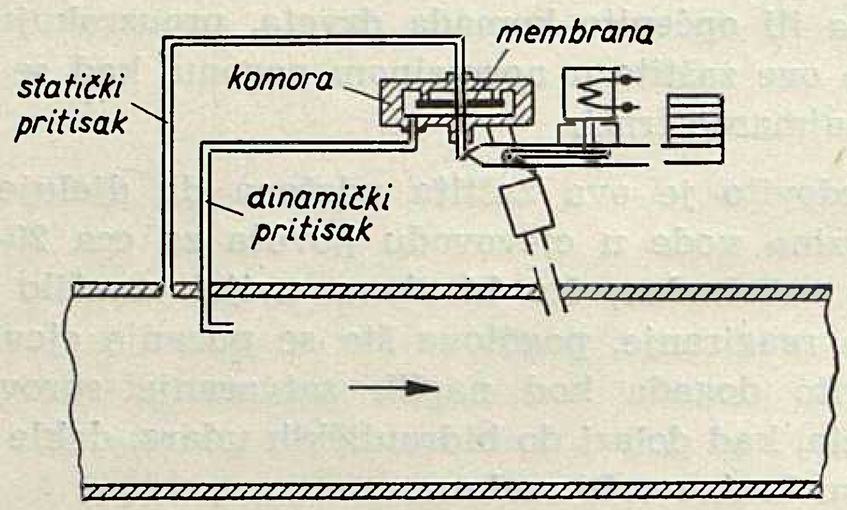
Neizvjesnost, kad će zaštita zatvoriti leptirasti zatvarač, odnosno česta nepoželjna zatvaranja, prisilila su pogonsko osoblje, da u svim elektranama ovu zaštitu blokira.

b) Maksimalna zaštita s diferencijalnim aktuatorom

U pogledu rada ove zaštite, ugrađene na cjevovodima HE Split i HE Gojak, može se reći da su iskustva jednako loša. Kod HE Split, koja je tek nešto manje od 2 godine dana u pogonu, ova zaštita je blokirana, nakon učestalih pogrešnih okidanja, odnosno nepoželjnih zatvaranja leptirastog zatvarača.

* Gornji je izvještaj spremljen za »Savjetovanje o izmjeni iskustava u pogonu hidroelektrana«, koje organizira Zajednica jugoslavenske elektroprivrede u Splitu 25. do 29. lipnja 1963.

Kod HE Gojak zaštita je također blokirana. Međutim, HE Gojak je prije blokiranja pokušala u nekoliko navrata s isporučiocem osposobiti i udesiti ovu zaštitu da ispravno funkcionira, ali u tome nije uspjelo. O tim pokušajima postoji niz zapisnika. Tako se na primjer u jednom zapisniku konstatira, da je ovu zaštitu *nemoguće udesiti*, jer kod 50 m³/s (nominalni protok) okida kod utega na poluzi postavljenog na



Sl. 2. Poticajna naprava maksimalne zaštite s diferencijalnim poticajem

35 cm, a i na 45 cm, te se preporuča hitan sastanak s konstruktorom. Na ovom sastanku doneseni su slijedeći zaključci:

1) osigurati paralelno gibanje membrane (pločice) ugradnjom vođica i izvršiti brtvenje membrane pomoću gume i
2) nakon ovih preinaka izvršiti radioničko ispitivanje sa statičkim pritiscima.

Pošto su preinake izvedene i obavljena radionička ispitivanja, koja su dala zadovoljavajuće rezultate, montirana je zaštita na cjevovod, ali je opet pogrešno proradivala, tako da je sada zaštita opet blokirana.

Smjernice za poboljšanje rada zaštite

Polazeći od činjenice, da su u svim hidroelektranama na području Hrvatske blokirane zaštite od pucanja cjevovoda s jedne strane, a da je ova zaštita neophodna s druge strane, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske je organizirala stručnu raspravu, na kojoj je analiziran rad zaštite.

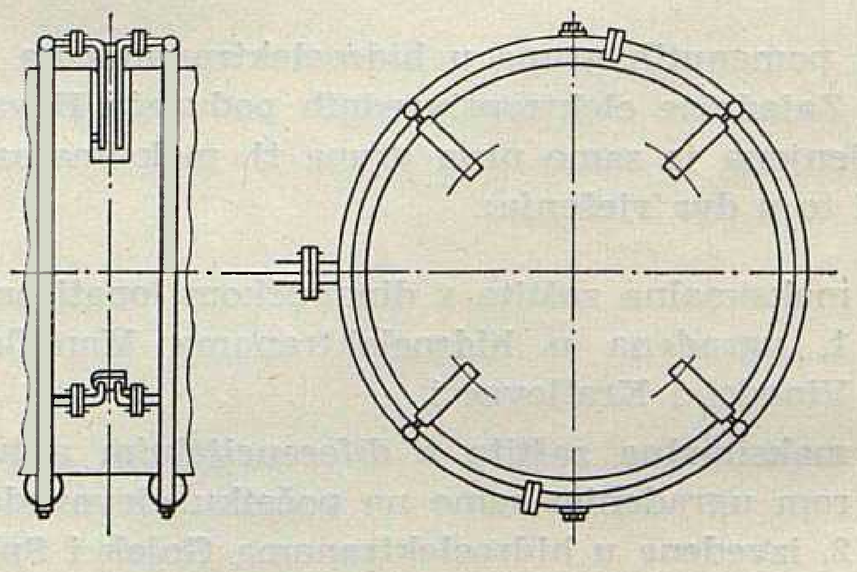
Prema ovome što se dogodilo, naročito u HE Gojak, gdje je funkcioniranje zaštite ocijenjeno kao dobro pri ispitivanjima sa statičkim pritiscima, može se zaključiti, da uzrok nepravilnog funkcioniranja ove zaštite, ili kako se još naziva indikatora brzine, treba tražiti u *pulzacijama brzine strujanja* na mjestu indikatora.

Pod ovim pulzacijama razumijevaju se lokalne pulzacije brzine, a ne promjene srednje brzine strujanja. Da je to uzrok neispravnog funkcioniranja indikatora brzine prije nego eventualni konstruktivni razlozi, svjedoči činjenica, da je indikator u nekoliko navrata ispitan, kako je u početku spomenuto, na reagiranje s propisanom razlikom pritisaka. Ako je ova pretpostavka tačna tj. da su pulzacije uzrokom neispravnog djelovanja indikatora, onda je jedini način da se poboljša djelovanje indikatora u tome, da se isključi djelovanje pulzacije. Da bi se isključilo djelovanje pulzacija na indikator brzine, potrebno je osigurati da na njega djeluju srednji statički i srednji dinamički pritisci u tom presjeku cjevovoda. Ovo se može postići tako, da se umjesto na jednom mjestu (sl. 2), Pitotove cijevi postave na bar 4 približno dijametralna suprotna mjesta (sl. 3), i povežu sabirnom cijevi, a ova s komorom indikatora. Na isti način treba osigurati i srednji statički pritisak.

Budući da ovo rješenje bazira na pretpostavci, da sadašnji indikator neispravno funkcionira zbog lokalnih pulzacija brzine, odnosno pritisaka, odlučeno je da se prije definitivnog prihvaćanja ovog rješenja, na mjestu indikatora snime (izmjere) pulzacije brzine i pritisaka. Pripremni radovi za ova mjerenja su u toku, a izvest će ih »Turboinstitut« iz Ljubljane na postrojenju HE Gojak.

Ako rezultati mjerenja pulzacija brzine i pritiska potvrde učinjenu pretpostavku, te se prihvati usavršeni indikator, ovaj će se najprije ugraditi u jednoj elektrani, da bi se kroz izvjesno vrijeme pogona moglo ocijeniti funkcioniranje zaštite. Ako se kroz probni pogon ovaj indikator pokaže dobar, on će se uvesti kod postojećih elektrana s ovim tipom zaštite, a istovremeno će tvornica proučiti mogućnost da se taj indikator u svojem djelovanju stepenuje prema broju agregata u pogonu, ukoliko je na jednom cjevovodu više agregata.

Kod elektrana s dinamičkom lopaticom preinaka nije moguća, nego je potrebna kompletna izmjena zaštite.



Sl. 3. Prijedlog diferencijalne poticajne naprave maksimalne zaštite s 4 poticajna člana radi eliminiranja lokalnih pulzacija u strujanju vode

Što se tiče novih elektrana, koje se projektiraju ili već izvode, dolazi u obzir primjena ovako usavršenog indikatora na principu Pitota, a treba također uzeti u obzir da se osiguranje cjevovoda može postići i na taj način, da se ulazni dio cjevovoda u strmi dio izvede u obliku Venturijeve cijevi, radi toga što je kod ovakvog načina osiguranja efekt pulzacija uklonjen.

Zaključna razmatranja

I indikator s dinamičkom lopaticom i s diferencijalnim aktuatorom, postojeće zaštite kod pucanja cjevovoda u elektranama Hrvatske, nisu se pokazale pouzdane, nego naprotiv, bile su izvorom poteškoća u pogonu neispravnim djelovanjem ispod nominalnih protoka, pa su blokirane, jer nije bilo garancija da će djelovati ni onda, kad budu trebale.

Prema tomu, postoji problem zaštite cjevovoda, koji je koliko važan toliko i hitan.

U času kad se pristupa rješavanju ovog problema, a u cilju da se postigne optimalno rješenje, trebalo bi razmotriti još i ova pitanja:

a) kakva su iskustva u ostalim elektranama u zemlji s ovim zaštitama i jesu li primijenjena kakva druga rješenja;
b) eventualna iskustva iz drugih zemalja, te
c) ocjena naprijed iznesenih smjernica za poboljšanje rada zaštite s diferencijalnim aktuatorom.

Naslov pisca: Ing. Nikola Bilčar, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37

RAZVOJ ELEKTROPRIVREDE SJEDINJENIH AMERIČKIH DRŽAVA

Daniel Feöcze, Zagreb

Javna elektroprivreda SAD povećat će do 1975. (u odnosu na 1960) instaliranu snagu svojih elektrana 2,7 puta (od 176 na 480 GW), vršno opterećenje 3 puta (od 133 na 393 GW) i godišnju proizvodnju 3,1 puta (od 770 na 2.400 TWh). Predviđa se, da će se do 1975. potražnja električne energije u SAD moći pokriti iz raspoloživih izvora bez nekog znatnijeg povišenja cijena. Zbog toga će atomska energija u narednih 10 godina imati neznatnu ulogu. Za 1975. se predviđa ova struktura nosilaca energije za proizvodnju električne energije: vodne snage 11,1 %, ugljen 67,2 %, nafta 5,8 %, zemni plin 12,5 % i atomska energija 3,4 %. Snaga atomskih elektrana SAD iznosit će 1970. oko 5.000 MW a 1980. oko 45.000 MW.

DK 621.311.1

1. Uvod

SAD se prostiru na 7,827.000 km² i imaju 185 milijuna stanovnika. Po površini su peta država na svijetu (iza SSSR-a, Kine, Kanade i Brazila, odnosno trideset puta su veće od SFR Jugoslavije) a po broju stanovnika četvrta (iza Kine, Indijske Unije i SSSR-a). Udaljenost od njezinih pacifičkih do atlantskih obala velika je kao od Londona do Urala, a između njezinih sjevernih i južnih granica kao udaljenost od Helsinkija do Peloponeza. SAD su 1952. imale samo 6,6% svjetskog stanovništva a proizvele su od cjelokupne svjetske proizvodnje: 33% ugljena, 52% nafte, 42% električne energije, 47% čelika, 43% aluminija, 38% bakra itd.

SAD su prve na svijetu po kapacitetima energetskih instalacija i po proizvodnji energije. Mehanička energija je već 1937. obavljala 96% svega rada, dok je na ljudsku i životinjsku fizičku snagu otpalo samo 4%. Od cjelokupne mehaničke energije ugljen je 1901. davao 89%. S razvojem energetike i povećanjem proizvodnje drugih oblika energije počeo je iz godine u godinu opadati udio ugljena u proizvodnji mehaničke energije tako da 1945. iznosi samo 46%. U istom razdoblju porastao je udio nafte i zemnog plina od 6% na 42% a udio hidroenergije od 2% na 12%.

Zalihe ugljena SAD procijenjene su s 3200 milijarda tona, do dubina od 1000 metara a u većim dubinama s daljnjih 600 milijarda tona. To je gotovo polovica svih svjetskih zaliha ugljena. Zalihe ugljena su raspoređene u tri velika područja: Appalachko područje s jezgrom u Pennsylvaniji i Zapadnoj Virginiji, Centralno područje u velikoj Središnjoj nizini između Michiganskog jezera i Teksasa i Zapadno područje u Stijenjaku. Ovakav raspored i bogatstvo zaliha ugljena utjecali su na alokaciju parnih termoelektrana velike snage i na strukturu energetike. Velika prednost američkih zaliha ugljena je u tome što oko 1900 milijarda tona (50% zaliha) otpada na kvalitetni kameni ugljen. Kvalitetom se osobito ističe antracit Appalachi područja koje daje 84% cjelokupne proizvodnje SAD. Od ukupne proizvodnje električne energije SAD od 850 milijarda kWh u 1960. godini, iz ugljena je proizvedeno 450,7 milijarda kWh ili 53%.

Na strukturu proizvodnje električne energije utječu i bogate zalihe nafte koje su procijenjene s preko 3 milijarde tona. Nafta se počela eksploatirati tek početkom druge polovice 19. stoljeća. Prva bušotina nafte duboka 20 metara izvedena je 1859. u Pennsylvaniji (kod Titusvilla). Eksploatacija se zatim proširila na Ohio, Indianu i Illinois. Ovo područje je danas uglavnom iscrpljeno i daje samo 5% cjelokupne proizvodnje nafte. Mnogo izdašnije zalihe otkrivene su u Centralnom području u državama Kansas, Oklahoma, Texas i Louisiana. Samo ovo područje dalo je 1945. godine 65% cjelokupne američke proizvodnje nafte, odnosno 43% svjetske proizvodnje nafte. U novije vrijeme razvilo se kalifornijsko eksploataciono područje na zapadnoj strani Sierra Nevade, proizvodnja kojeg je 1951. iznosila 37% od 304 milijuna tona ukupne američke proizvodnje nafte. (Iste godine je proizvodnja svijeta 592, Venezuele 91, SSSR-a 42, Saudijske Arabije 37, Kuvajta 28 milijuna tona.) Iz nafte odnosno njezinih derivata proizvedeno je 1960. godine 57,7 milijarda kWh ili 6,8% ukupne proizvodnje električne energije. (Te godine je proizvodnja nafte svijeta 1057, SAD 348, Venezuele 152, SSSR-a 148, Kuvajta 82, Saudijske Arabije 62 milijuna tona.) Iz zemnog plina je iste godine proizvedeno 183,6 milijarda kWh ili 21,6% ukupne proizvodnje električne energije SAD.

Vodne snage SAD procijenjene su s 310 milijuna kW. Do 1935. iskorišćeno je bilo samo 36% prirodnog potencijala. Ali u toku daljnjih 15 godina izgradnja hidroelektrana je porasla. Paralelno s velikim radovima na sprečavanju erozije i na stvaranju umjetnih jezera u cilju natapanja sušnih predjela izgrađene su velike brane i hidroelektrane na rijekama Tennessee, Colorado i Columbia.

2. Razvoj potrošnje električne energije

Porast potrošnje električne energije uvjetovan je: a) porastom stanovništva, b) stalnim porastom specifičnog potroška energije (per capita), c) unapređenjem elektrifikacije industrije i domaćinstva. Specifični potrošak električne energije SAD iznosio je 1920. godine 600 kW po stanovniku. U toku daljnjih 40 godina specifični potrošak električne energije porastao je na 4800 kWh po stanovniku. Predviđa se da će broj stanovnika do 1975. porasti od 185 na 236 milijuna i da će specifični potrošak električne energije po stanovniku rasti u narednih deset godina istim tempom kao do 1960.

Porast potrošnje električne energije u industriji i domaćinstvu brži je od općeg porasta potrošnje energije. Ova tendencija će se bez sumnje održati i u budućnosti.[1] Udio električne energije u strukturi potrošnje ukupne energije kretat će se predvidivo ovako:

Udio električne energije u strukturi potrošnje ukupne energije SAD

Tablica 1

	1960	1975		2000	
	uMt[2]	uMt	Porast	uMt	Porast
Električna energija	333	700	+ 110 %	1.600	+ 130 %
Ostala energija	1.377	2.050	+ 49 %	2.400	+ 17 %
Ukupna energija	1.710	2.750	+ 60 %	4.000	+ 45 %

Elektroprivreda SAD troši danas 20% ukupne proizvodnje energetskih goriva u zemlji. U 1975. ovaj potrošak će predvidivo porasti na 24% a u 2000. godini čak na 40%, dakle 2/5 od ukupne proizvodnje energetskih goriva utrošit će elektrane. Budući da elektroprivreda troši uglavnom ugljen, porast proizvodnje električne energije utjecat će i na porast ekstrakcije ugljena. Elektrane su 1960. utrošile 45% proizvodnje ugljenokopa, 1975. utrošit će predvidivo 63%. Na ovaj porast će utjecati izgradnja termoelektrana velike snage na ugljenokopima pa će biti moguće upotrebljavati i ugljen slabije kvalitete (lignit) u velikim količinama.

U razdoblju od 1975. do 1980. očekuje se konkurencija između atomskih elektrana i termoelektrana na fosilna goriva, dok će koncem ovog stoljeća vodeću ulogu preuzeti atomske elektrane. Međutim, ugljen će još i tada održati svoju ulogu važnog energetskog faktora, iako će njegova potražnja rasti sasvim polagano a možda čak i opadati. U 1960. proizvedeno je preko 50% električne energije u termoelektranama na ugljen. Na drugom mjestu je zemni plin pa tek onda dolazi hidroenergija.

Struktura proizvodnje električne energije SAD u 1960. prema nosiocima energije:

Termoelektrane	
na ugljen	53,5 %
na zemni plin	21,1 %
na naftu	6,1 %
ukupno	80,7 %
Hidroelektrane	19,3 %
	100 %

Udio zemnog plina u proizvodnji električne energije mogao bi se narednih godina povećati, dok će se udio hidroenergije predvidivo smanjiti, jer su ekonomski iskoristive vodne snage uglavnom već izgrađene i jer izgradnja hidroelektrana traži velika i dugoročna ulaganja kapitala.

SAD raspolažu u velikim energetskim rezervama fosilnih goriva pa nije potrebno žuriti s izgradnjom atomskih elektrana — što najbolje ilustriraju podaci o strukturi energetskih potencijala u atomskoj energiji i fosilnim gorivima.[3]

Sigurne ekonomski iskoristive energetske rezerve atomske energije i fosilnih goriva SAD

Tablica 2

Oblici energije	Količine sigurnih ekonomski iskoristivih energetskih rezervi 10^8 Tcal
1. Atomska energija (uranij)	37,0
2. Ugljen i lignit	16,5
3. Nafta i uljni škriljevci	1,5
4. Zemni plin	0,5

Međutim, potencijalne energetske rezerve uranija i fosilnih goriva procijenjene su sa 70 i 130 . 10^8 Tcal.

Elektrane SAD utrošile su 1960. oko 2.10^6 Tcal energije zajedno s vodnim snagama. U razdoblju od 1950. do 1960. godišnja stopa porasta potrošnje energije iznosila je 7%. Od toga je stopa porasta potrošnje ugljena 7%, plina 10,5%, nafte 1,1% i hidroenergije 4,3%.

Predviđa se da će se do 1975. moći pokriti potražnja energije u SAD iz raspoloživih izvora bez nekog znatnijeg povišenja cijena. Zbog toga će atomska energija u narednih deset godina igrati neznatnu ulogu. Neznatni udio atomske energije u proizvodnji električne energije do 1975. pokazuje i prognoza strukture nosilaca energije koje će elektroprivreda koristiti za svoju proizvodnju.[4]

Predviđa se da će udio ugljena u proizvodnji električne energije i dalje rasti. Prema nekim prognozama udio ugljena će 1975. porasti čak na 74% dok će udio nafte i plina imati slabiji porast.

---

[1] The Future of Fuels, Electrical World, sv. 156, br. 2.
[2] Ugljena tona = ut = ekvivalent energije sadržane u jednoj toni normalnog kamenog ugljena energije od 8,15 MWh/tona; Mt = megatona = milijun tona.

[3] King Coal to Reign through '75. Electrical World, sv. 149, br. 21.
[4] Fuel Outlook III. Electrical World, sv. 149, br. 23

Prognoza strukture raznih oblika energije za proizvodnju električne energije SAD

Tablica 3

	Oblici energije	1965		1975	
		TWh	%	TWh	%
1	Vodne snage	184	15,6	266	11,1
2	Ugljen	723	61,6	1612	67,2
3	Nafta	66	5,6	139	5,8
4	Zemni plin	188	16,0	301	12,5
5	Atomska energija	14	1,2	82	3,4
	Ukupno	1175	100	2400	100

3. Razvoj snaga elektrana javne elektroprivrede

Nagli porast potrošnje električne energije odrazuje se i na izgradnji elektroenergetskih kapaciteta. Instalirana snaga elektrana SAD iznosila je 1960. godine 176 milijuna kW i bila je 30% veća od godišnjeg maksimalnog opterećenja. Instalirana snaga elektrana porasla je 1961. na 188,6 milijuna kW i dala proizvodnju od 910 milijardi kWh ili 7% veću od prethodne godine.

Prema prognozama Edison Electric Institute (EEI) instalirana snaga elektrana će 1964. iznositi 220 milijuna kW, vršno opterećenje 180 milijuna kW, a godišnja proizvodnja 1100 milijarda kWh. Ove veličine daju stopu porasta od 6,2% u odnosu na 1959.

SAD imaju karakterističan dijagram opterećenja. Vršno opterećenje se u zadnje tri godine naglo diže u srpnju i traje do sredine rujna kad počinje opadati. Zatim, ponovno počinje rasti u studenome. Ovo zbog toga što se u toku ljeta troše velike količine električne energije za rashlađivanje prostorija i dizanje vode. U jugozapadnim regionima vršno opterećenje ljetnih mjeseci već sada nadmašuje vršno opterećenje mjeseca prosinca pa kako ljetno vršno opterećenje sve više raste, predviđa se, da će u 1964. nadvisiti vršno opterećenje zimskog perioda. Uslijed velike udaljenosti između regiona s maksimalnim ljetnim i maksimalnim zimskim opterećenjem teško je izjednačiti njihove sezonske razlike u opterećenju pa na pojedinim mjestima treba držati velike rezerve snage. Razvoj snage i opterećenja javne elektroprivrede SAD u narednih petnaest godina[5] prikazuje se u tablici 4.

Struktura opterećenja elektrana u 1960. bila je ova:

termoelektrane	79,0 %
hidroelektrane	19,3 %
dizelske elektrane	1,7 %

Godišnji porast opterećenja u razdoblju od 1950. do 1960. iznosio je kod

termoelektrana	10,3 %
hidroelektrana	6,2 %
dizelskih elektrana	3,9 %

[5] Stegeman, A. J., 12th Annual Electrical Industry Forecast. Electrical World, sv. 156, br. 12

Stegeman, A. J., 10th Annual Electrical Industry Forecast. Electrical World, sv. 152, br. 11

[6] EEI Looks for Rise in Output by Year-End. Electrical World, sv. 156, br. 8

Prognoza porasta instalirane snage, vršnog opterećenja i godišnje proizvodnje javne elektroprivrede SAD

Tablica 4

Godina	Instalirana snaga		Vršno opterećenje		Godišnja proizvodnja	
	GW	Indeks	GW	Indeks	TWh	Indeks
1960.	176	100	133	100	770	100
1965.	230	131	192	144	1.160	151
1970.	337	192	276	208	1.680	218
1975.	480	271	393	296	2.400	312

Nakon tehničkih dostignuća oko izgradnje termoelektrana vrlo velike snage (≧ 1000 MW) investiranja u termoelektrane postaju vrlo značajna ne samo u SAD već i u drugim industrijski razvijenim zemljama.

Porast snage elektrana javne elektroprivrede SAD od 12,6 GW u 1961. ima ovu strukturu[6]:

86 termoagregata s ukupnom snagom od	9,1 GW
46 hidroagregata s ukupnom snagom od	3,5 GW
132 agregata s ukupnom snagom od	12,6 GW

Prema tome, odnos između novih termoagregata i hidroagregata je 2,6. Ovaj odnos će se u budućnosti još više razviti u korist termoagregata tako da će u 1965. iznositi 3,5.

Premda će termoelektrane dati glavni dio proizvodnje čak i u 1980, ipak će 15 do 20% opterećenja otpasti na atomske elektrane. Nakon 1980. proizvodnja atomskih elektrana će rasti brže, dok će se proizvodnja hidroelektrana stabilizirati uz godišnji porast snage od 1 do 1,2 GW.

U toku proteklih petnaest godina neprekidno je opadao udio hidroelektrana u ukupnoj proizvodnji električne energije. Stalnim proširivanjem električne mreže izmijenio se i dijagram opterećenja hidroelektrana, jer su sve više morale pokrivati vršna opterećenja. Prijašnjih godina, kad su hidroelektrane pokrivale uglavnom temeljno opterećenje, imale su u prosjeku i veće satno iskorištenje od termoelektrana. Opadanje godišnjeg satnog iskorištenja hidroelektrana, u toku proteklih pet do šest godina, uzrokovano je i povećanjem rezerve vodnih snaga koje iznose 25 do 30% prosinačkog vršnog opterećenja.

Danas se izgrađuju ekonomični agregati velike snage. Ostvarene su već takove snage turboagregata koje se još nedavno nisu mogle, tako reći, ni zamisliti. Izgradnju jedinica velike snage uzrokovalo je više faktora:

Potražnja električne energije raste tako brzo da se može pokriti samo s agregatima velike snage;

razvoj elektroenergetskih sistema omogućuje da se povoljno i ekonomično opterete veliki strojevi;

izgradnjom jedinica velike snage snizuju se specifični troškovi investicija i povećava se stupanj energetskog iskorištenja;

u gusto naseljenim područjima teško je naći odgovarajuće mjesto za izgradnju elektrane.

Najveće hidroelektrane SAD Tablica 5

	Naziv elektrane	Rijeka	Država	Snaga MW	Broj agregata	Visina pada m	Godina gradnje
1	Grand Coulee	Columbia	Washington	1974	21	110	1941
2	R. Moses Niagara	Niagara	New York	1950	13	100	1961
3	R. Moses R. Saunders	St. Lawrence	New York – Can.	1824	32	27	1959
4	Hoover	Colorado	Arizona Nevada	1345	19	160	1961
5	Chief Joseph	Columbia	Washington	1029	16	55	1958
6	Mc Nary	Columbia	Oregon	986	16	27	1957
7	Glen Canyon	Colorado	Arizona	900	8	150	u gradnji
8	Wanapum	Columbia	Washington	831	10	25	1963
9	Priest Rapids	Columbia	Washington	788	10	26	1961
10	The Dalles	Columbia	Oregon	657	12	27	1960

Upotreba električne energije prodrla je gotovo potpuno u industriju, kućanstvo i poljoprivredu SAD. Dok je 1900. bilo elektrificirano samo 5% tvornica, već 1951. elektrificirano je 100%. Preko 95% svih kućanstava priključeno je na električnu mrežu. U kućanstvima je široko primijenjena električna energija za rasvjetu, grijanje, hlađenje, čišćenje, pranje, kuhanje, radio i televiziju. Upotreba električne energije naročito je naglo uznapredovala na farmama. Dok se električnom energijom 1940. služilo samo 35% farmi, 1950. služi se već 90%.

Ekspanzija potrošnje utjecala je i na elektroenergetsku izgradnju. S razvojem elektroenergetskih sistema i šire interkoneksije proizvodnje sve više se smanjuje broj elektrana. Izgrađuju se ekonomične elektrane. U razdoblju između 1882. i 1917. broj elektrana SAD je naglo rastao tako da je 1917. bilo u pogonu preko 6500 elektrana ukupne snage nešto ispod 20 GW. Od 1917. broj elektrana je počeo naglo opadati sve do 1932. kad ih je u pogonu bilo samo oko 3470, ali s ukupnom snagom od oko 44 GW. Poslije 1932. broj elektrana postepeno raste do 1943. na nešto preko 4000 s ukupnom snagom od oko 64 GW. Nakon 1943. broj elektrana ponovo opada tako da ih je 1960. bilo u pogonu samo oko 3350 uprkos stalnom porastu ukupne snage na 176 GW. Broj elektrana će predvidivo i dalje opadati.

Indikatori deset najvećih hidroelektrana SAD prikazani su na tablici 5, a deset najvećih parnih elektrana SAD na tablici 6.[7]

Najveće parne elektrane SAD Tablica 6

	Naziv elektrane	Država	Snaga MW	Broj agregata	Indikatori pare at-°C	Godina gradnje
1	Astoria	New York	1459	5	136-565/540	1962
2	Kingston TVA	Tennessee	1440	9	123-565/565	1955
3	Shawnee TVA	Kentucky	1350	10	123-540/540	1956
4	Pittsburg	California	1310	6	163-565/540	1961
5	Clifty Creek	Indiana	1304	6	136-565/540	1957
6	Paradise TVA	Kentucky	1300	2	163-565/540	1962
7	St. Clair	Michigan	1275	6	163-565/540	1961
8	New Johnsville TVA	Tennessee	1275	10	136-540/540	1959
9	Widows Creek TVA	Alabama	1250	7	163-540/540	1960
10	Colbert TVA	Alabama	1200	5	163-565/540	1962

Osim elektrana opisanih u tablici 6, u pogonu je i veliki broj elektrana ≧ 1000 MW. TVA gradi samo izrazito velike elektrane u kojima će biti instalirana 2 do 4 agregata po 900 MW. Pretežni dio novoinstaliranih agregata SAD imaju snagu od 150 do 350 MW, a u novije vrijeme 500 do 600 MW. Poduzeće Consolidated Edison Co. naručilo je agregat čak od 1000 MW. Prosječna snaga novijih parnih turboagregata iznosila je 1961. godine 173 MW. Perdviđa se da će nove toplinske jedinice instalirane do 1965. imati prosječnu snagu od 300 do 400 MW tako da će se prosjek svih novoinstaliranih jedinica povisiti na 220 MW.

Povećanjem snage parnih turboagregata, znatno je povećan stupanj toplinskog iskorištenja. Predviđa se da će godine 1970. prosječni specifični utrošak topline iznositi 2500 kcal/kWh. Specifični utrošak topline parnih elektrana TVA ostvaren je 1960/61. sa 2400 kcal po kWh u odnosu na prosjek SAD od 2700 kcal/kWh.

[7] 1961 Central Station Design Survey. Power, October 1961

Specifični utrošak topline po pojedinim elektranama prikazan je na tablici 7, a po pojedinim elektroenergetskim sistemima na tablici 8.

Pregled specifičnog utroška topline u nekim elektranama SAD

Tablica 7

	Naziv elektrane	Utrošak topline kcal/kWh
1	Clinch River	2260
2	Dickerson	2270
3	Kanavha River	2280
4	G. G. Allen	2290
5	Clifty Creek	2300
6	Eddistone	2300
7	D. E. Karn	2310
8	Muskingum River	2310
9	Kammer	2320
10	Tanners Creek	2320

Uslijed šire izgradnje termoelektrana na fosilna goriva usporena je izgradnja atomskih elektrana. Godine 1961. bilo je u pogonu 6 atomskih elektrana uku-

pne snage 400 MW. Uskoro će biti dovršeno novih 5 atomskih elektrana snage 330 MW. U planu je više atomskih elektrana snage 1500 MW. Kako će izgradnja ovih elektrana trajati više godina, ne može se očekivati da će atomska energija u narednih 10 godina igrati značajniju ulogu. U nekim regionima, međutim, u kojima nema prirodnih energetskih izvora,

Pregled specifičnog utroška topline u nekim elektroenergetskim sistemima SAD

Tablica 8

Naziv elektroenergetskog sistema	Godišnja proizvodnja	Utrošak topline
	TWh	kcal/kWh
1 Tennessee Valley Authority	63,6	2400
2 Duke Power	15,0	2420
3 American Electric Power	29,8	2420
4 Southern California Edison	19,4	2480
5 Consumers Power	10,6	2490
6 Carolina Power and Light	....	2490
7 Niagara Mohawk	19,3	2490
8 South Carolina Electric and Gas	....	2510
9 Potomac Electric Power	....	2510

atomske elektrane će uskoro konkurirati termoelektranama, naročito s ozbirom na predviđanja prema kojima će cijene konvencionalnih goriva porasti narednih 10 godina za 12 do 14% dok će istovremeno cijene nosilaca atomske energije (uranij, torij) pasti za 10 do 15%. Predviđa se da će snaga atomskih elektrana SAD iznositi 1970. godine 5000 MW, a 1980. možda 45.000 MW.

4. Interkoneksija proizvodnje

Zbog povoljnog rasporeda energetskih resursa u SAD, nije se mogla razviti superponirana mreža. Interkoneksija proizvodnje većih razmjera je tek u razvoju. Razvoj elektroprivredne dalekovodne mreže planira se u narednim godinama. Za izgradnju visokonaponske dalekovodne mreže predviđa se do 1970. utrošak od 8 milijarda dolara SAD[8]. Naponi ovih dalekovoda nisu još utvrđeni. Istraživanja su završena na pokusnom vodu napona 600 do 700 kV.[9] Radi se i na dalekovodima istosmjerne struje. Izgradnjom superponirane dalekovodne mreže omogućit će se

bolje iskorištenje energetskih izvora i energetskih instalacija te izravnanje opterećenja između regiona s različitim karakteristikama energetskih izvora i konzuma električne energije;

proizvodnja električne energije u velikim najekonomičnijim agregatima i elektranama izgrađenim neposredno na prirodnim izvorima energije;

smanjenje rezervnih snaga i povećanje sigurnosti opskrbe.

U prvo vrijeme izgrađivat će se glavni dio planiranih dalekovoda za napon od 345 kV. Neki od ovih dalekovoda bit će tako izvedeni da će kasnije moći raditi s naponom od 500 kV.

Pojedina regionalna poduzeća za elektroprivredu postepeno spajaju svoje mreže u cilju formiranja većih elektroenergetskih sistema.

5. Troškovi termoelektrana

»Electrical World«, američki časopis za elektroprivredu, objavljuje svake druge godine podatke o troškovima proizvodnje termoelektrana[10]. Do ovih podatada dolazi anketom. Podaci zadnje ankete iz 1961. odnose se na 24 nove i 33 proširene termoelektrane na paru s ukupnom snagom od oko 20 GW. Novim elektranama smatraju se one koje su stavljene u pogon od 1958. pa dalje. Najviše opterećenje anketiranih elektrana bilo je 1200 MW, najniže 15 MW, a srednje 345 MW. Anketirane elektrane imaju 150 turboagregata instaliranih snaga od 7 do 355 MW odnosno u prosjeku 134 M po agregatu.

Elementi troškova parnih elektrana prema podacima zadnje i ranijih anketa prikazani su na tablici 9.

Trend troškova parnih elektrana SAD

Tablica 9

Opis		1960	1956	1950
Troškovi izgradnje (bez vanjskog rasklopnog postrojenja)	$/kW	152,5	146,0	145,0
Troškovi proizvodnje				
stalni	[11]Mills/kWh	3,40	3,90	4,75
pogonski	Mills/kWh	3,50	3,25	3,65
ukupno	Mills/kWh	6,90	7,15	8.40
Udio energetskog goriva u pogonskim troškovima	%	82,5	83,0	75,0
Faktor iskorištenja elektrane	%	64,8	69.0	79,4
Specifični utrošak topline	kcal/kWh	2610	2740	3100
Veličina posade	osoba po MW	0,306	0,37	0,71

Oko 50% anketiranih elektrana ima troškove proizvodnje ≦ 7 Mills/kWh,a kod jedne trećine anketiranih elektrana čak ≦ 6 Mills/kWh.

Prema veličini snage elektrane troškovi proizvodnje se kreću ovako:

Snaga elektrane MW	Troškovi proizvodnje Mills/kWh
> 500	5,6
300 500	5,9
150 300	6,6
100 150	7,7
75 100	9,3

Specifični troškovi investicija od 152,5 $/kW su prosjek raspona ovih troškova od 78 i 273 $/kW. Na skalu specifičnih troškova investicija unutar ovog raspona utječu: veličina elektrane, način izgradnje

8 $ 8 — Billion Transmission Plan Unveiled. Electrical World, 11. 9. 1961.

9 Abetti, P., More Details of »Project EHV«. Power Engineering, rujan 1961

10a Brayner, D., 12th Steam Station Cost Survey. Electrical World, sv. 156, br. 14

10b Kroms, A., Kostenangaben über neue amerikanische Dampfkraftwerke. Elektrizitätswirtschaft, sv. 59 (1960)

11 1 Mill = 0,1 centa = 0,001 $

(otkriveno ili u zgradama) i vrsta energetskog goriva (ugljen, plin, ulje). Najniže troškove izgradnje imaju otkrivene, a najviše natkrite ili ugrađene elektrane koje se nalaze u sjevernim regionima SAD.

Veličina troškova energetskog goriva zavisi od lokacije elektrane. Najniže troškove izgradnje i najniže troškove proizvodnje imaju elektrane u jugozapadnim regionima SAD, gdje se izgrađuju pretežnim dijelom otkrivene elektrane i gdje ima na raspolaganju jeftinog zemnog plina. Troškovi izgradnje su ovdje 100 $/kW a troškovi proizvodnje 4,8 do 5,0 Mills/kWh. Naprotiv u sjeveroistočnim regionima gdje nema prirodnih izvora energija (New England) i gdje se postrojenja elektrana moraju — zbog klimatskih prilika — instalirati u zgradama, troškovi izgradnje i proizvodnje su znatno viši i to 207 $/kW i 8,1 do 8,2 Mills/kWh, a sami troškovi energetskog goriva 0,73 i 1,40 $/Gcal. Troškovi izgradnje i proizvodnje u ostalim regionima SAD kreću se unutar ovih graničnih vrijednosti. Specifični troškovi investicija rastu uprkos jednostavnijem načinu izgradnje novih elektrana i povećanim snagama agregata zbog stalnog porasta cijena opreme, građevinskih radova i radne snage.

Troškovi izgradnje otkrivenih elektrana niži su za 30 do 35% od troškova izgradnje elektrana u zgradama. Na visinu troškova izgradnje nenatkrivenih elektrana koje se podižu u južnim regionima, bogatim zemnim plinom i naftom, utječe i razlika troškova u vezi postrojenja oko manipulacije ugljena i pepela. Troškovi izgradnje 11 potpuno otkrivenih elektrana iznose 78 do 166 $/kW, odnosno u prosjeku 117 $/kW, a za 34 natkritih (ugrađenih) elektrana 99 do 273 $/kW ili u prosjeku 174 $/kW.

Jedinični pogonski troškovi anketiranih elektrana iznose u prosjeku 3,5 Mills/kWh. Ovi troškovi se nisu povisili u zadnjih 10 godina iako je cijena energetskog goriva stalno rasla. Stabilizacija jediničnih pogonskih troškova u uvjetima rastućih cijena energetskog goriva osigurana je poboljšanjem stupnja termičkog iskorištenja, povećanjem snage agregata i automatizacijom pogona.

Raspon individualnih pogonskih troškova je vrlo velik i kreće se od 1,9 do 8,3 Mills/kWh. Na ovaj raspon utječu uglavnom različite cijene energetskog goriva po regionima budući da 80% pogonskih troškova otpada na troškove energetskog goriva. U 30% anketiranih elektrana pogonski troškovi su ispod 3 Mills po kWh. Troškovi uzdržavanja i reparatura iznose 7 do 10% ukupnih pogonskih troškova.

Cijene energetskog goriva utječu i na način tehničke izvedbe elektrana. U regionima koji raspolažu jeftinim energetskim gorivom (0,6 do 0,8 $/Gcal) izgrađuju se jednostavnije elektrane koje troše 2600 do 2700 kcal/kWh, dok se u regionima visokih cijena energetskog goriva (1,2 do 1,6 $/Gcal) nastoji, što je moguće više, sniziti utrošak topline po kilovatsatu. Specifični utrošak topline u tim regionima ostvaren je s 2400 kcal/kWh i niže, ali su zato specifične investicije dostigle 180 do 200 $/kW. Zbog toga i jesu specifične investicije parnih elektrana u sjeveroistočnim regionima SAD ≧ 170 $/kW ali s utroškom topline ispod 2500 kcal/kWh. U centralnim i južnim regionima, koji raspolažu jeftinim zemnim plinom (~ 0,7 $/Gcal), specifične investicije iznose od 100 do 120 $/kW ali zato je utrošak topline veći (2500 do 2900 kcal/kWh).

Specifični utrošak topline iznosi kod anketiranih elektrana od 2260 do 3920 kcal/kWh, a kod 10 najekonomičnijih elektrana od 2260 do 2610 kcal/kWh. Prosječna vrijednost je 2610 kcal/kWh odnosno za 15% niža nego u 1950. godini.

Broj posade stalno opada s porastom snage agregata i elektrana te s proširenjem automatizacije pogona. Na pogonsko osoblje (pogon i uzdržavanje) otpada 70% svih namještenika. Broj posade zavisi od vrste goriva. Termoelektrane na ugljen trebaju 1,5 do 2,5 puta više pogonskog osoblja nego termoelektrane na plin i ulje.

6. Tennesse Valley Authority

Pretežni dio električne energije SAD isporučuju privatna poduzeća. Međutim, najveći proizvođač je državna organizacija »Tennessee Valley Authority« ili skraćeno TVA (Uprava doline Tennessee).

Tennessee je pritok rijeke Ohio koji dovodi u Mississippi vode s Velikog podolja na Appalachima. Vrlo prostrane stare šume sprečavale su razorno djelovanje bujica i poplava tamošnjih vodom bogatih rijeka i njihovih pritoka. Agrarna kolonizacija je iskrčila te šume i time uništila prirodnu branu razornom djelovanju erozije. U dolini Tennessee erozija je u kratkom roku razorila velike površine plodnog tla i opustošila cijeli kraj tako da se najveći dio stanovništva iselio. Tek je u doba velike ekonomske krize 1933, kad je trebalo zaposliti mase nezaposlenih radnika, počela, u okviru Rooseveltova plana »New Deal«, obnova Tennessee bazena.

Na rijeci Tennessee i njezinim pritocima podignuta je 31 velika brana od kojih 25 pripada organizaciji TVA, a 6 poduzeću »Aluminium Company of America«. Osim ovih postoji još 12 sporednih brana koje zajedno iskorišćuju TVA i Aluminium Company of America.

Zadaća TVA je da na području od 80.000 kvadratnih milja regulira protoke vode, unapređuje riječni saobraćaj, kontrolira vodostaj i da proizvodi maksimalno moguću količinu električne energije.

Vlade 7 država ovog područja (Tennessee, Kentucky, Mississippi, Virginia, Alabama, Georgia i N. Carolina), nezadovoljne s cijenama električne energije i službom opskrbe privatnih elektroprivrednih kompanija, donijele su zakon na temelju kojeg su gradovi ovih država mogli izgrađivati električne mreže i kupovati električnu energiju od TVA. Istim zakonom omogućeno je osnivanje potrošačkih zadruga. Kako su potrošači električne energije tog područja sve češće zahtijevali jeftiniju električnu energiju i u sve većim količinama, Kongres država ovog područja odobrio je 1939. priključenje TVA mrežama mjesnih uprava i zadruga. TVA je time postigla i sva svojstva elektroprivrednog poduzeća. Na taj način je osnovan i izgrađen najveći elektroenergetski sistem SAD. Eko-

nomski odnosi u tom sistemu regulirani su dugoročnim ugovorima, normalno za period od 20 godina. TVA je isključivi isporučilac električne energije distributerima po ugovorenim cijenama na bazi tzv. vlastite cijene koštanja (troškovi proizvodnje i porez.)

U poslovanje elektroprivrednih poduzeća SAD, TVA je uvela princip degresivne tarife koja stimulira na povećanje potrošnje električne energije u poljoprivredi, kućanstvu i trgovini. Na primjer, degresivna tarifna skala za potrošače kućanstva ima ove cijene:

za prvih	50 kWh	potrošnje 3,0 c/kWh,
za daljnjih	150 kWh	potrošnje 2,0 c/kWh,
za daljnjih	200 kWh	potrošnje 1,0 c/kWh,
za daljnjih	1000 kWh	potrošnje 0,4 c/kWh.

Slične tarifne skale su utvrđene i za ostale grupe malopotrošnje.

Niže cijene električne energije za veću količinu potrošnje uvedene su sa svrhom da se proširi upotreba električne energije naročito na području kućanstva i poljoprivrede.

TVA je 1960. proizvela oko 64 milijarde kWh električne energije. Deset najvećih elektroprivrednih kompanija SAD proizvodi svaka po cca 20 milijardi kWh godišnje. Daljnjih petnaest proizvode od 8 do 20 milijardi kWh godišnje.

Literatura

1. Anton Kroms, Boston, *Der Kraftwerksbau in den USA* (prema časopisima: »Power« i »Electrical World«, te godišnjacima »Edison Electric Institutes« i »Federal Power Commission«). Elektrizitätswirtschaft 6/1962.
2. Dr Rude Petrović, *Sjedinjene Države Amerike; Geografija svijeta.* Sloga, Zagreb IV knjiga, 1958.
3. H. Herbert J. Bingham, *Tennessee Valley Authority.* 1er Congrès International Des Entreprises Du Secteur Public De L'Electricité. Liège, lipanj 1958.
4. Enciklopedija Leksikografskog zavoda, Zagreb

Naslov pisca: Daniel Feöcze, dipl. ek., Zagreb, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Proleterskih brigada 37

O ODREĐIVANJU TEMPERATURE ROŠENJA U KOTLOVIMA

Milan Crlenjak, Zagreb

DK 621.137

Na temelju reduciranih vrijednosti elementarne analize goriva na onu količinu grube vlage, s kojom gorivo izgara u ložištu, lako se može izračunati udio volumena vodene pare H_2O u ukupnim dimnim plinovima $V = V_{H2O} + V_s$. Omjer volumena vodene pare i dimnih plinova, umnožen s tlakom p, koji vlada na mjestu rošenja, daje veličinu parcijalnog tlaka vodene pare.

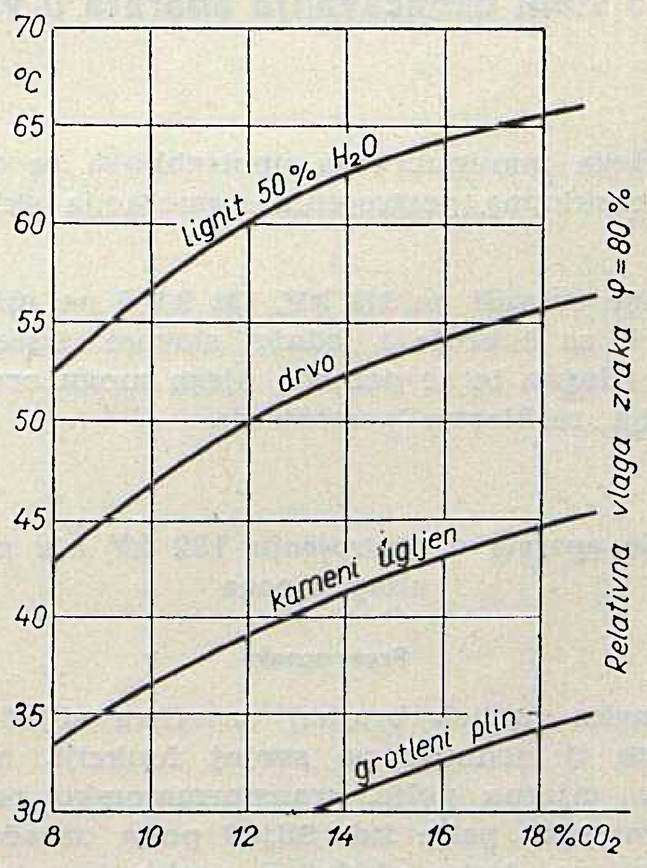
$$p_{H_2O} = p \cdot \frac{V_{H_2O}}{V} \text{ ata.}$$

Tom tlaku pripada samo jedna temperatura zasićenja (iz parnih tablica), koja je ujedno i temperatura rošenja.

Naravno, da ovaj račun važi samo za takove mješavine dimnih plinova i vodene pare, koje međusobno kemijski ne reagiraju, a to nije u parnim kotlovima zanemarivo, ako gorivo ima više od 2 % sumpora. Kod računanja treba uzeti u obzir i onu vlagu, koju unosi u ložište atmosferski zrak, jer povisuje rosište.

Udio SO_2 i SO_3 u dimu koje kalijeva lužina u Orsat-aparatu apsorbira zajedno s CO_2 teško je odrediti. Ispitivanja utjecaja sumpora na temperaturu rošenja dimnih plinova u SAD*) pokazala su povišenja do 60° C iznad uvodno navedene računske temperature rošenja, što je vrlo nepovoljno za »EKO« i »LUVO« kotlova.

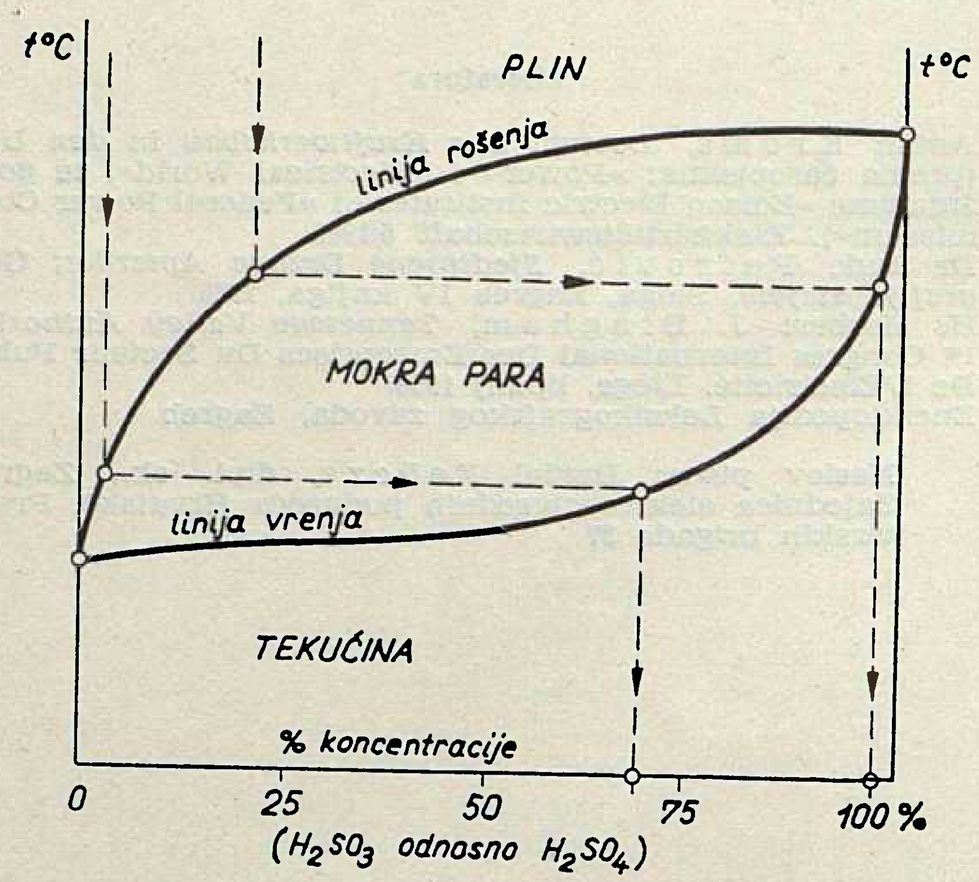
Vrlo nepovoljno djelovanje rošenja vodene pare na najhladnijim površinama zagrijača zraka i predgrijača pojne vode parnih kotlova, bilo pri obustavljanju, ili čak za vrijeme pogona, sastoji se u stvaranju filmova kondenzata vodene pare na metalnim površinama, bilo u obliku koncentrirane otopine H_2SO_3, ili čak H_2SO_4, koje razorno korodiraju. Tumačenje, iz kojeg razloga dolazi do stvaranja tako visokokon-



Sl. 1

* Johnstone, H. F., *Univ. of Illinois Bull.* svezak 28, i drugo.

centriranih kondenzata, daje dijagram za dvojnu smjesu H_2SO_4 i H_2O (slika 2) iz koje jasno proizlazi, da i malene koncentracije SO_3 (odnosno SO_2) u dimu, daju visokokoncentrirane otopine. Pored toga, povisuje SO_3 temperaturu rosišta iznad računske znatno, u redu veličine od 50 do 60° C, naročito kod jake turbulencije dima.



Sl. 2. Rosišta nekih goriva u dimu

Zaštita metalnih površina od korozije sumporaste ili sumporne kiseline kod parnih kotlova, činila je decenijima poteškoće konstruktorima i velike troškove korisnicima kotlova. Onemogućenje rošenja danas je vrlo jednostavno riješeno za vrijeme pogona kotlova. Paradoksno zvuči činjenica, da u struji dima od 200 °C i više može nastati rošenje vodene pare na ekonomajzeru ili zagrijaču zraka, ukoliko nije dovoljno jasan »Daltonov zakon« za mješavine idealnih plinova. No i laiku je jasno, da se može i stvarati kondenzat na površinama cijevi i limovima kod zagrijavanja i ohlađivanja kotlova. Preporučljivo je stoga, da se kotlovi nakon obustave dobro provjetre i time izbace čak i tragovi SO_2 iz unutrašnjosti ložišta kotla.

Izgleda — prema američkim ispitivanjima — da se realna temperatura rošenja, tj. uključivo i utjecaj SO_2, odnosno SO_3, znatno mijenja s opterećenjem kotla. Temperatura rošenja skoro linearno raste s porastom opterećenja kotla.

Određivanje rosišta tokom pogona je vrlo komplicirano, no učinak korozije može se dobro lokalizirati pomnim pregledom kritičkih površina. Time je dana mogućnost, da se na kritičnim mjestima postave instrumenti, odnosno reagensi za praćenje pojava rošenja tokom pogona. Svrha je takovog ispitivanja, da se dobiju osnovne fizikalne ovisnosti i uvid u nastanak i razvoj procesa korozije, što je dovoljno razjašnjeno u spomenutim američkim i drugim ispitivanjima.

U praksi dovoljno je konstatirati osnovnu temperaturu rošenja (računski) i opažanjem lokalizirati mjesta korozije, koja se primjernim mjerama može spriječiti tokom pogona kotlova. Nakon obustave svakako je potrebno unutrašnjost kotlova dobro provjetriti, kod loženja ugljenima iznad 2 % sumpora.

Naslov pisca: Prof. ing. Milan Crlenjak, Zagreb, Tehnološki fakultet

Sistem označavanja aparata u vanjskim rasklopnim postrojenjima u Velikoj Britaniji

Radi lakšega manipuliranja upotrebljava se u Engleskoj za vanjska rasklopna postrojenja numeracija sklopki i rastavljača.

Numeracija se vrši na 275 kV, 132 kV i na nižem naponu sa 3 broja ili sa 2 broja i jednim slovom. Sistem je dosta jednostavan i lagan te se pomoću njega mogu označiti i najkompliciranija rasklopna postrojenja.

Označavanje aparata u postrojenju 132 kV i u postrojenju nižeg napona

Prva oznaka

Prva oznaka (uvijek brojka) označava slijed polja koji su iste vrste tj. jednaki po svojoj funkciji, npr. dalekovodno polje, mjerno polje, transformatorsko polje, spojno polje, generatorsko polje itd. Slijed polja označava se normalno slijeva na desno gledajući preko transformatora na sabirnice ili u izuzetnim slučajevima zdesna na lijevo ili od sredine na lijevo i na desno, zavisno od same konstrukcije transformatorske stanice. Ako se označava od sredine na lijevo i desno, onda se polje na lijevo označava s parnim brojevima, a na desno s neparnim brojevima. Svako transformatorsko polje dobije broj koji odgovara broju generatora.

Druga oznaka

Druga oznaka označava polje npr. dalekovodno polje, transformatorsko polje, prigušnicu itd. kao u priloženoj tablici 1.

Označavanje aparata u postrojenju 275 kV

Prva oznaka (slovo) kod postrojenja 275 kV ima značenje kao druga oznaka kod 132 kV i nižeg napona.

Druga oznaka (broj) ima značenje kao prva oznaka kod 132 kV i nižeg napona.

Tablica 1

275 kV	132 kV	Niži napon	Polje
1	2	3	4
L — —	— 0 —	— L —	Dalekovodno polje ili transformatorsko polje koje čini dio glavnog prijenosnog sistema
H — —	— 1 —	— H —	Transformatorsko polje prema nižem naponu ili transformatorsko polje koje ne čini dio glavnog prijenosnog sistema
S — —	— 2 —	— S —	Polje za razdvajanje sabirnica
W — —	— 3 —	— W —	Spojno polje
	— 4 —		
R — —	— 5 —	— R —	Polje serijske prigušnice
	— 6 —		Polje paralelne prigušnice
Z — —	— 7 —	— Z —	U izvjesnim slučajevima za rastavljanje rezervnih sabirnica ili za označavanje rastavljača za uzemljenje na dalekovodu pred izlazom iz transf. stanice
	— 8 —	— T —	Transformatorsko polje prema višem naponu
M — —	— 9 —	— M —	Generator ili drugi rotirajući strojevi
		— A —	Neki pomoćni aparati

Treća oznaka

(važi za sve napomene)

Treća oznaka označava funkciju aparata u polju prema tablici 2.

Tablica 2

Svi naponi	Funkcija aparata
1	2
— — 0	Sklopka osim u izlaznim dalekovodnim poljima (ne upotrebljava se u izlaznim DV-poljima, jer bi bilo nejasno izgovarati završetak oznake sa 00)
— — 1	Rastavljač za uzemljenje
— — 2	Rastavljač paralelnog (sporednog) kruga
— — 3	Rastavljač u dalekovodnom polju na strani od sklopke prema izlazu dalekovoda ili na transformatorskim poljima od sklopke prema transformatoru
— — 4	Rastavljač spojen uz glavne sabirnice
— — 5	Sklopka u dalekovodnim poljima
— — 6	Rastavljač spojen na rezervne sabirnice
— — 7	Rastavljač na sabirničkoj strani sklopke, a koji ne služi za izbor sabirnica
— — 8	Zajedno s brojem 4 i 6 za označivanje rastavljača u poljima za razdvajanje sabirnice
— — 9	Razni rastavljači npr. rastavljači u pomoćnim sabirnicama na strani 13 kV

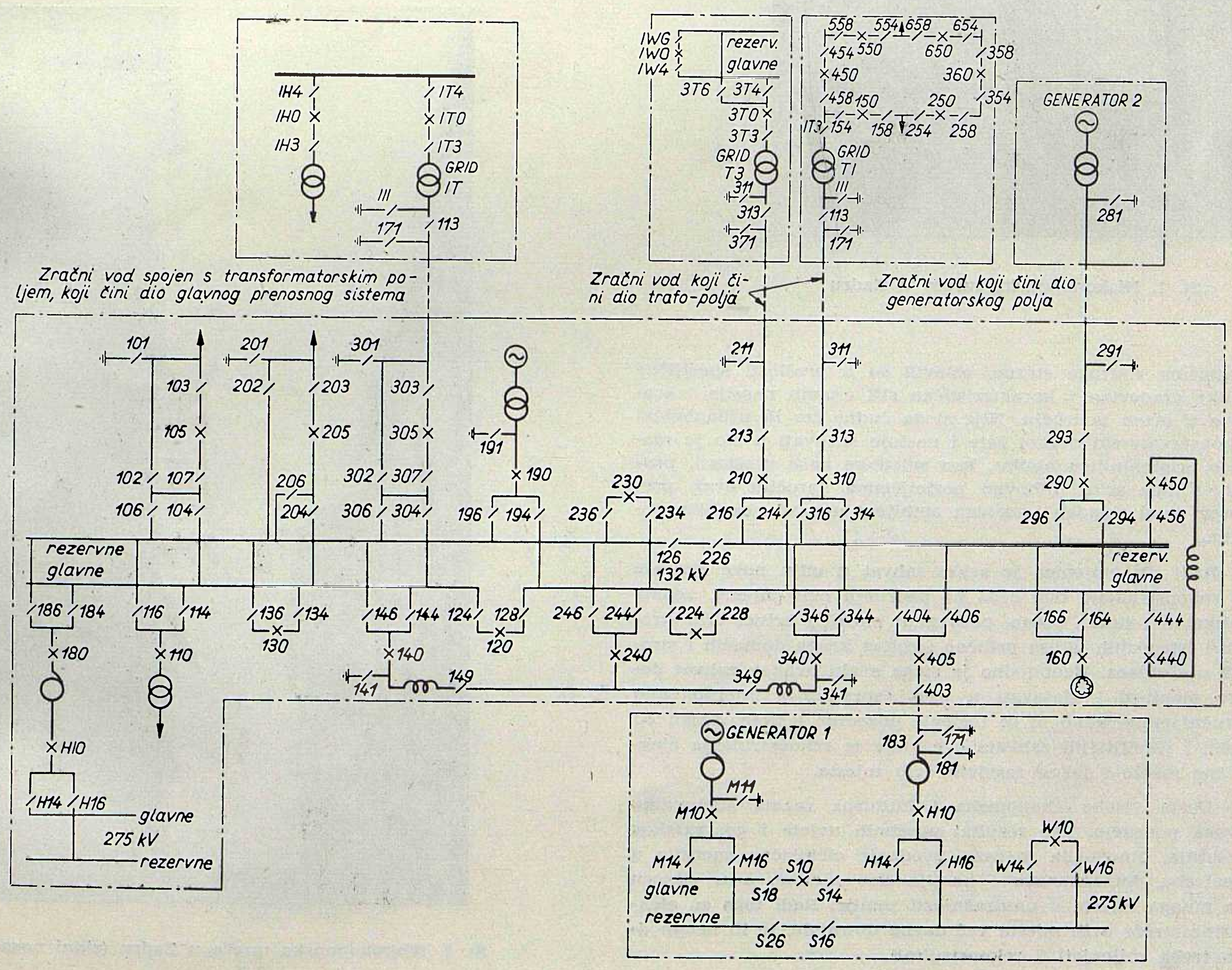
U slici je prikazana i shema označavanja rasklopnih uređaja u vanjskom rasklopnom postrojenju u Engleskoj.

Ovakav način označavanja dao bi se lako primijeniti i za označavanje naših rasklopnih uređaja prijenosne mreže uz male preinake.

Literatura

1. *British Electricity Authority System Operation Memorandum No 26* (30. V. 1951)

Ing. Zlatimir Posedel



Gradnja i rekonstrukcija niskonaponskih mreža u mjestima obalnog područja

Duž obala Jadrana i na otocima postoji čitav niz gradova i mjesta, koji su sa turističkog i privrednog gledišta veoma interesantni, a u kulturno-historijskom pogledu veoma vrijedni i značajni, te radi toga kod urbanističkih i konzervatorskih institucija uživaju posebnu pažnju i zaštitu. Neobični, naime, klimatski i atmosferski uvjeti s jedne, te buran historijski razvitak sa svojim kulturnim i ekonomskim

Sl. 1. Niskonaponska mreža u Zadru

faktorima s druge strane, uslovili su u prošlosti specifične oblike građevina i karakterističan stil čitavih naselja i gradova u ovom području. Nije stoga čudno što ih urbanistički i konzervatorski organi žele i nastoje sačuvati u što je moguće originalnijem obliku, kao svjedoke naše prošlosti, pružajući time svim njihovim posjetiocima naročitu draž, prenoseći ih u skladan i ugodan ambijent unazad nekoliko stoljeća.

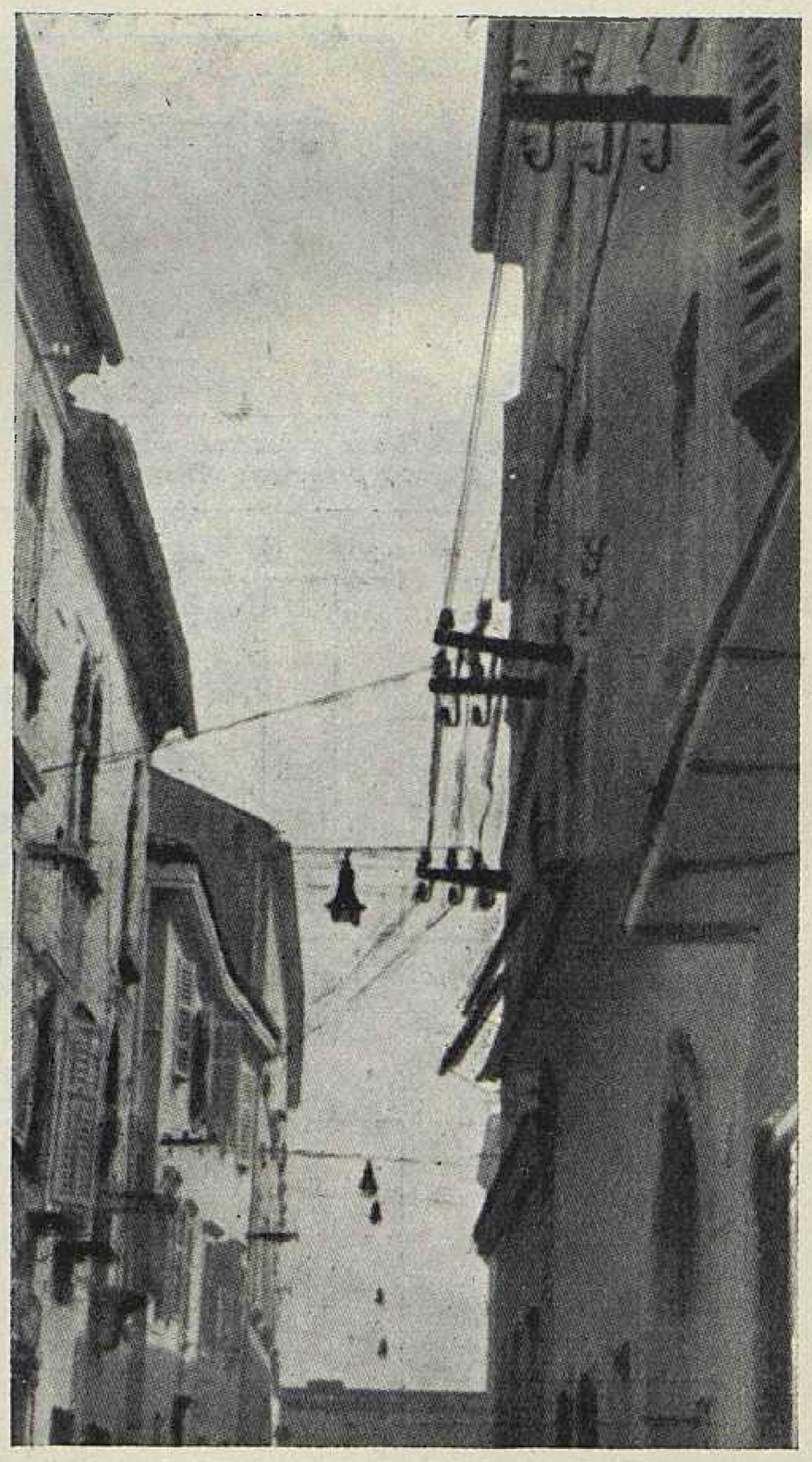
Radi tih činjenica je svaki zahvat u cilju nove gradnje ili rekonstrukcije bilo čega na području ovih mjesta, veoma delikatan i složen posao, podvrgnut pažnji i kritici vrlo strogih i istančanih ukusa prilično širokog kruga domaćih i stranih posjetilaca. Neophodno je stoga svaki ovakav zahvat dobro planirati i rješavati u uskoj suradnji s mjerodavnim stručnjacima, kako bi se izbjegle pogreške i štete. Jedan od jačih i osjetljivijih zahvata ove vrste je rekonstrukcija električne mreže i javne rasvjete ovih mjesta.

Dosta visoka ekonomska i kulturna razina stanovnika ovoga područja, kao rezultat posebnih uvjeta i geografskog položaja, omogućila je rano uvođenje električne energije u upotrebu domaćinstava i naselja kao cjeline, a u odnosu na mnoga mjesta u unutrašnjosti zemlje. Radi toga su električne mreže ovih mjesta već davno dotrajale, te ih neophodno treba mijenjati i rekonstruirati.

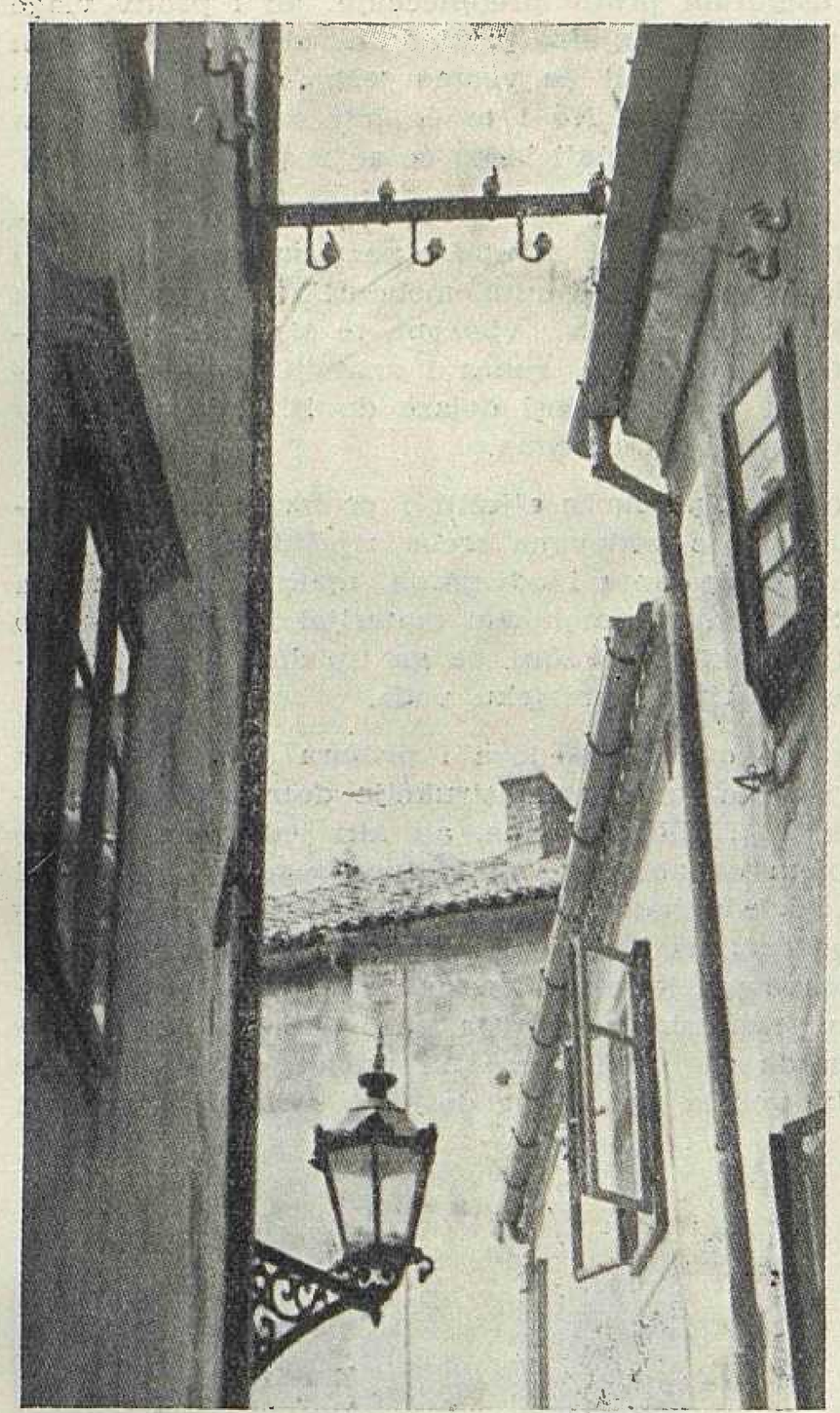
Postojeće stanje

U početku šire primjene električne energije i njenog uvođenja u domaćinstvo nije ljudima bio toliko značajan vanjski izgled ovih mjesta, koliko je vrijedna bila korist energije u kućanstvu. Radi toga su, u pomanjkanju kabelskih vodova, sve ove mreže pretežno izvedene kao nadzemne, vođene uglavnom po zidnim nosačima ukopanim u fasade zgrada. Jaki vjetrovi i morska sol, koju ovi nose, nameću mrežama posebno teške uvjete, kako u pogledu mehaničkog naprezanja, tako još više u pogledu kemijskog djelovanja soli i vlage na sve metalne dijelove mreže, a naročito na zidne nosače. Naslage soli, koje se taložе obično za vrijeme bure, prilikom vlažnog vremena i slabe kiše, znatno smanjuju izolacionu sposobnost izolatora, te se pojavljuju jaki odvodi preko solju pokrivenih izolatora i čeličnih nosača na fasade, odnosno u zemlju. Ova pojava ne samo da prouzrokuje velike gubitke energije, nego ostavlja teške posljedice na nosače, stupove i potporne tačke mreže uopće, te se za vrijeme vlažnog perioda veoma često pojavljuje gorenje stupova, zagrijavanje nosača i pucanje izolatora, što veoma otežava održavanje ovih mreža.

Na prijelazima nosača iz zraka u zid sol uz pomoć vlage prodire u fasadu prouzrokujući jako rđanje čeličnog nosača, koji uslijed bubrenja razorno djeluje na zidove zgrada, te izaziva pukotine. Jaka mehanička naprezanja proizvedena vjetrovima još više pojačavaju ove poteškoće, jer proširuju nastale pukotine, te time prouzrokuju neobično teške pogon-



Sl. 2. Niskonaponska mreža u Zadru (zidni nosači)



Sl. 3. Niskonaponska mreža u Senju (zidni nosači)

ske uvjete ovih postrojenja. U ovakvim prilikama je stoga vrlo teško, naporno i skupo uzdržavanje mreža, a pogonska sigurnost znatno umanjena.

Veoma malena širina ulica, zbijenost i raznolikost tipova zgrada, nepravilan raspored prozora i neujednačenost visina krovova, nameće potrebu čestog mijenjanja pravca i visine mreže, koja se prilagođuje obliku zgrade. Na taj način i u takovim uvjetima građene mreže ne zadovoljavaju propisima, i ne pružaju potrebnu sigurnost, jer se ne postižu dovoljni razmaci od prozora, balkona, krovova pa često puta i od ulaznih vrata, Sve ovo nameće neophodnu potrebu rekonstrukcije ovih mreža, kako bi se stavile u okvire propisa i izvele tako, da što bolje odolijevaju teškim pogonskim prilikama, te zadovolje naglom porastu opterećenja i potrošnje energije. U ovim se poslovima nailazi na velike poteškoće, koje se često puta i ne mogu riješiti.

Poteškoće oko rekonstrukcije

Najjednostavniji i ujedno najjeftiniji način rekonstrukcije i zamjene mreža ovog područja svakako bi bilo prihvaćanje istog principa, koji je usvojen kod njihove izgradnje, što znači vođenje golih vodiča po zidnim nosačima postavljenim na zidovima zgrada. Ovaj se način međutim ne može primijeniti zbog više razloga. Već su iz postojećeg stanja mreža građenih po ovom principu vidljivi i navedeni motivi i poteškoće koje odlučno pobijaju ovaj princip, jer je iz objektivnih razloga nemoguće zadovoljiti propise i neophodnu sigurnost ljudi, koja se svakako mora uvažiti.

Rekonstrukcija mreže po istom principu, nadalje, zahtijeva postavljanje potpornih točaka na ista mjesta na kojima su i sada, jer su i prvobitni izvađači koristili upravo za ovo najpovoljnija i često puta jedino moguća mjesta, iako su na ovaj način montirane mreže unatoč toga nepropisne. Ova mjesta je često puta također nemoguće koristiti, jer su pukotine u zidovima prouzrokovane postojećim zidnim nosačima takove da ugrožavaju statičku sigurnost zgrada.

Daljnji razlog protiv ovakovog rješenja rekonstrukcije je obavezno povećanje presjeka vodiča, koje se nameće radi povećanja opterećenja i potrošnje energije izazvane povećanim stepenom elektrificiranosti kućanstava. Pojačani presjeci vodiča, međutim, prouzrokuju jača mehanička naprezanja i time pogoršavaju pogonske uvjete mreže.

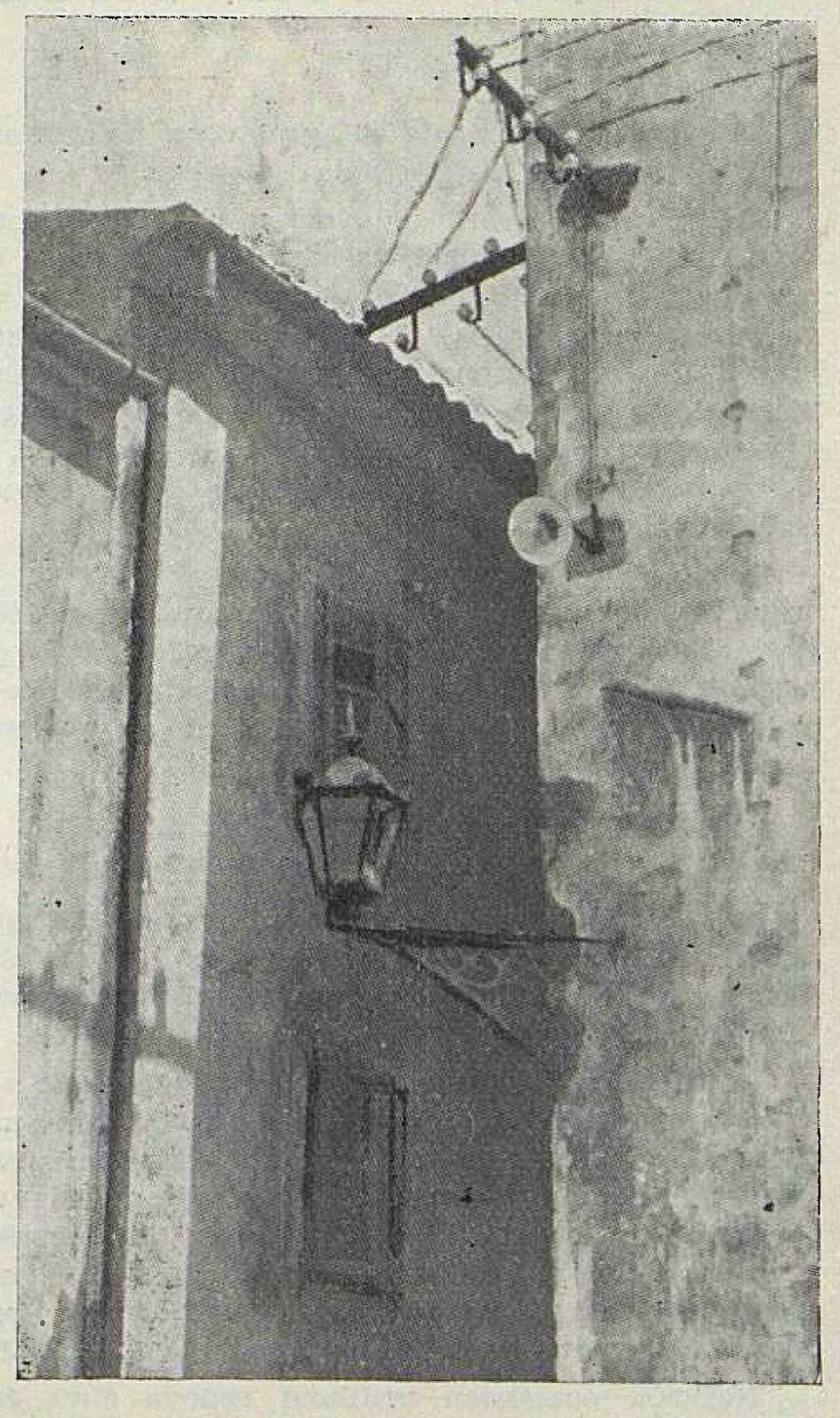
Konačan, i za današnje zahtjeve veoma važan, razlog protiv ovog principa je estetski izgled ovih, u kulturno-historijskom pogledu značajnih mjesta, kojima ovako nepropisno izvedena nadzemna mreža nagrđuje i izobličava prvobitan i originalan izgled, koji bez nje djeluje daleko skladnije, ukusnije i ugodnije. Prema tome dovoljan broj krupnih činjenica odlučno stoji protiv rekonstrukcije u obliku nadzemne mreže.

Rekonstrukcija mreža uz upotrebu podzemnih kabela kao vodiča, također imade znatnih poteškoća i nedostataka preko kojih se ne može prelaziti. Prvenstveno je u pitanju cijena ovih mreža, koja je uz primjenu podzemnih kabela tolika, da je distributivno poduzeće ne može podnijeti, iako po vanjskom izgledu i sigurnosti pogona ovakove mreže daleko prednjače ispred nadzemnih s golim vodičima.

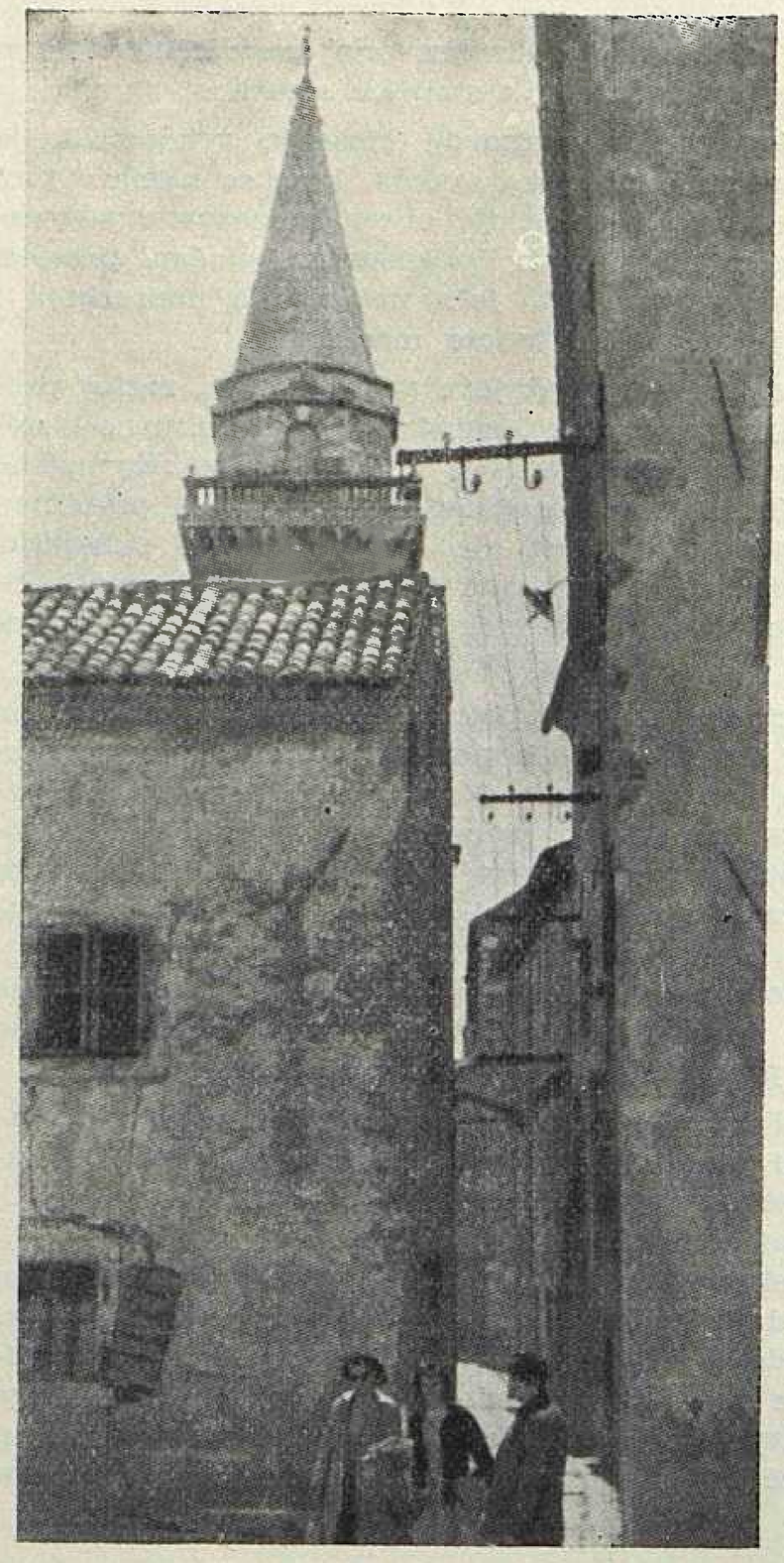
Pored troškova za preuređenje same mreže pojavljuju se veliki troškovi preuređivanja kućnih instalacija, odnosno preorijentacije priključaka od zračne na kabelsku mrežu.

Ovi troškovi također terete rekonstrukciju mreže, odnosno distributivno poduzeće, jer se pojavljuju radi rekonstrukcije mreže, a ne krivicom ili po želji vlasnika instalacije.

Daljnja i najveća poteškoća prilikom ovih radova se pojavljuje kod iskopa kabelskih kanala. Tvrd kameni teren za iskope kanala zahtijeva upotrebu eksploziva, a zbijenost stambenih zgrada to ne dozvoljava. Veoma malena širina ulica, u kojima je već položen vodovod i kanalizacija, s druge strane jednostavno onemogućuje ukapanje kabela u zemlju, jer su ulice već zauzete gotovo po čitavoj širini postojećim instalacijama.



Sl. 4. Niskonaponska mreža u Senju (zidni nosači)



Sl. 5. Niskonaponska mreža u Senju (zidni nosači)

Iz svega proizlazi, da niti upotreba podzemnih kanala za uređenje ovih mreža ne dolazi u obzir.

Da bi se ove mreže dovele u sklad sa propisima, a izbjegle neke od nesavladivih poteškoća, koje se nameću nadzemnim i podzemnim mrežama, te da bi se u velikoj mjeri sačuvao originalan izgled samih mjesta, neophodno je pristupiti kompromisnom rješenju, što znači polagati izolirane vodove neposredno po fasadama zgrada. Primjena ovog načina izgradnje također nailazi na niz poteškoća, koje se međutim mogu savladati uz niže troškove nego kod podzemnih kabelnih mreža.

Primjena jednožilnih izoliranih vodova je povoljnija u pogledu dopreme, razvlačenja i montaže, no često zauzima dosta širok pojas na fasadi uslijed većeg broja paralelno poredanih vodiča. Također se pojavljuju poteškoće kod otcjepa pojedinih kućnih priključaka, kao i na prijelazima preko ulica i praznih prostora bez zgrada.

Unazad nekoliko godina ovakovi su vodovi bili primijenjeni kod rekonstrukcije mreže starog dijela grada u Splitu.

Ovaj način je napušten radi toga što industrija više ne proizvodi upotrebljeni tip vodiča, a i dasadašnja iskustva stečena u pogonu ne preporučuju daljnju upotrebu ovog načina rekonstrukcije.

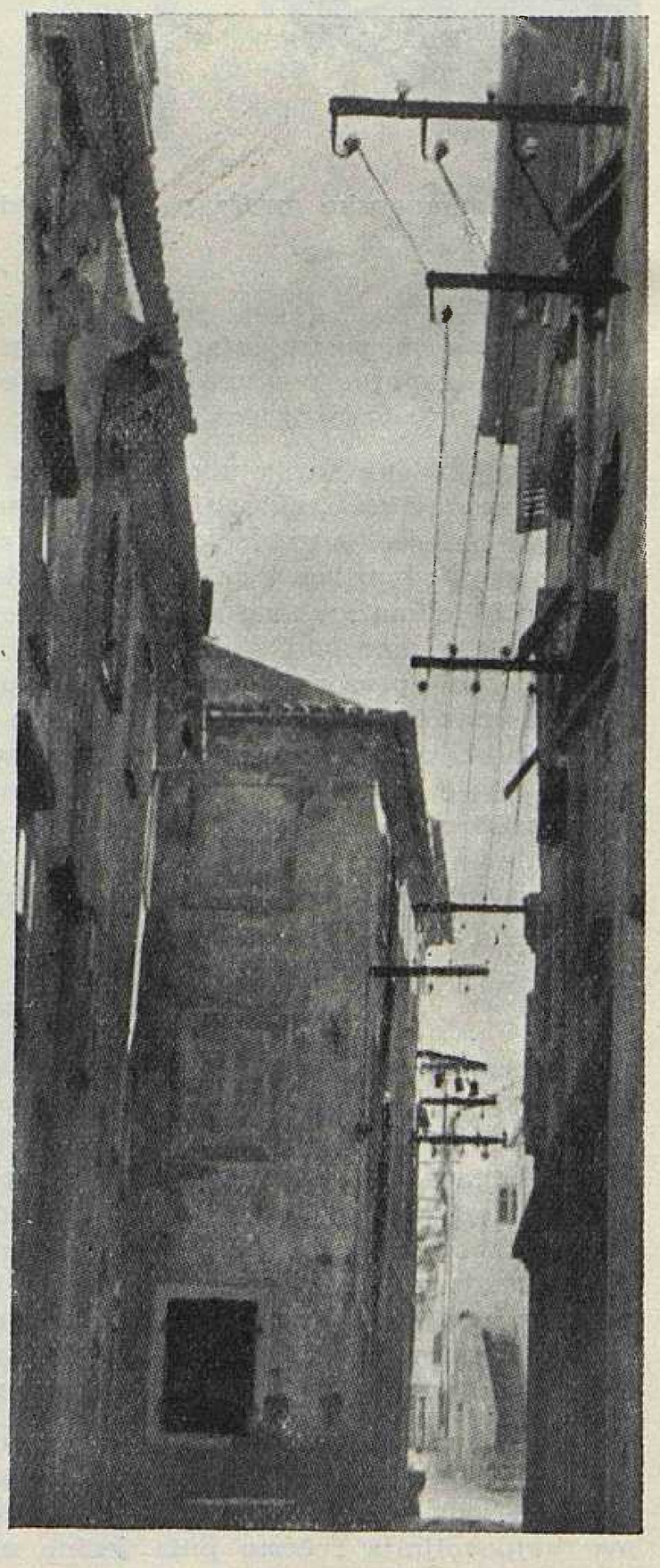
Za neka mjesta na području distributivne mreže Rijeke vrše se pripreme za rekonstrukciju ovakovih mreža pomoću kabela izoliranih termoplastičnim masama. Ovi će kabeli biti obujmicama pričvršćeni na fasade zgrada u razmacima 30 do 50 centimetara. Obujmice će biti učvršćene na zid preko nosača, koji se u zid montiraju bušenjem, kako bi se fasade što manje oštećivale. Na prijelazima preko ulica i praznih prostora kabeli će biti zavješeni na čelično uže.

Najveću poteškoću prilikom radova činit će otcjepi za kućne priključke i pojedine ulice, koji bi morali biti lako pristupačni, osigurani protiv preopterećenja, ali i protiv vlage i soli, te montirani u kutijama prikladnih veličina kako ne bi kvarili izgled zgrada. Bit će veoma teško uspješno riješiti sve postavljene zahtjeve. No i to će biti samo pokušaj, za koji je teško unaprijed znati kako će se u pogonu ponašati.

Najbolji i jedini način bila bi upotreba višežilnih izoliranih vodova podesnih za montažu po fasadama zgrada, i sposobnih da odole nametnutim mehaničkim naprezanjima izazvanim vlastitom težinom i vjetrom, te otpornih na atmosferske utjecaje soli, vlage, sunca i znatnih promjena temperature, koji u velikoj mjeri dolaze do izražaja upravo u obalnom području i na otocima.

Vodove ovoga tipa može riješiti i proizvesti samo industrija, ali zajedno s vodovima treba riješiti također način njihove montaže, spajanja i odvajanja, upotrebom osigurača i bez njih. Sav spojni i montažni materijal i pribor trebalo bi također tvornički proizvoditi, te ga tipizirati prilagođavanjem određenom tipu i presjeku voda.

U nedostatku ovakvih vodova i pribora distributivna su poduzeća prisiljena vršiti rekonstrukcije dotrajalih i nepropisnih mreža na različite načine, ali niti jedan od njih ne rješava problem ekonomično, praktično, pogonski sigurno i u estetskom pogledu zadovoljavajuće, a koji zahtjevi se upravo u ovim područjima javljaju kao specifični i posebno oštri. Stoga bi bilo veoma korisno ne samo za korisnike distributivnih mreža primorskog područja, nego sigurno i za industriju vodiča, da se ovom problemu posveti više pažnje, te proizvede tip vodiča koji bi zadovoljio svim postavljenim uvjetima.



Sl. 6. Niskonaponska mreža u Senju (zidni nosači)

Zaključak

1. Sva naselja i gradovi duž morske obale i na otocima imaju stare, te u tehničkim, fizičkom i ekonomskom pogledu dostrajale distributivne mreže, koje neophodno treba mijenjati.
2. Atmosferske prilike, neposredan dodir s morem, te kulturno-historijski i turistički značaj ovih mjesta, nameću mrežama uvjete, koje ne mogu uspješno zadovoljiti tipovi vodiča koji se danas proizvode u našoj industriji.
3. Korisno bi i potrebno bilo, da se naša industrija električnih vodiča interesira za ovaj problem, te proizvede tip vodiča i pripadajućeg pribora, koji bi u cijelosti zadovolji specifičnim uvj tima obalnog područja.

Ing. Ante Primožić, Elektroprimorje, Rijeka

Financiranje elektroenergetske izgradnje »Electricité de France«

Electricité de France (EdF) je državno poduzeće za elektroprivredu Francuske. Na EdF otpada samo oko 60 % proizvodnje i oko 70 % potrošnje električne energije cijele Francuske. EdF je u zadnjih nekoliko godina financirala oko 60 % svoje elektroenergetske izgradnje sredstvima Državnog fonda za razvoj i oko 28 % elektroenergetskim zajmovima. Za zajmove EdF jamči vlada Francuske. Preostali dio je financiran vlastitim sredstvima. EdF raspisuje svoje zajmove obično na početku svake godine. Kondicije zajma zavise od prilika na tržištu kapitala. Dosadašnji zajmovi imaju zbog toga različite kamatne stope (4,5 %, 5 %, 5,5 %, 6 %) i različite rokove otplate. Osim toga, elektroenergetski zajmovi raspisani u godinama jače inflacije sadrže i indeksne klauzule koje se vežu uz razvoj proizvodnje i cijene električne energije. Stanovništvo Francuske je živo zainteresirano za upis elektroenergetskih zajmova EdF. Broj obligacionara je ocijenjen s oko 2 milijuna.

Elektroenergetski zajmovi iz 1960. i 1961. (stabilizacija francuskog franka) ne sadrže više indeksne klauzule. Nominalna vrijednost obveznica je kod oba zajma 250 NF uz 5 % kamata s rokom otplate na 20 odnosno 30 godina. Smatra se da 5%-tna kamatna stopa ne odgovara sasvim postojećim prilikama tržišta kapitala. Elektroenergetski zajam iz 1960. realiziran je sa 798 milijuna NF a zajam iz 1961. s 867 milijuna NF. Predviđa se da će zajam iz 1962. u iznosu od jedne milijarde NF podmiriti 1/3 ukupnih investicija EdF.

EdF je najveći investitor Francuske. U 1958. i 1959. investirani su slijedeći iznosi:

Objekt	milijuna NF 1958.	1959.
Hidroelektrane	780	860
Termoelektrane	530	570
Atomske elektrane	80	140
Prijenos	210	290
Raspodjela	510	690
Ostalo	310	380
Ukupno	2420	2930

Potrošnja električne energije 1960. iznosila je 72 milijarde kWh što čini porast od 11,6 % u odnosu na potrošnju 1959, dok je potrošnja 1961. dostigla samo 76,5 milijardi kWh i porasla za 6,2 % u odnosu na 1960. U razdoblju od 1950. do 1960. potrošnja električne energije je više nego udvostručena. Perspektivni plan predviđa porast potrošnje u 1965. na 110 milijardi kWh, u 1975. na 250 milijardi kWh i u 1980. na 300 milijardi kWh. Prema tome, predviđa se udvostručenje potrošnje električne energije svakih 10 godina. To je poslijeratni evropski prosjek. U odnosu na druge, industrijski razvijenije zemlje, potrošnja električne energije u Francuskoj je dosta niska, što pokazuju i indikatori specifičnog potroška po stanovniku:

Zemlja	kWh/stanovnik godišnje
Francuska	1580
Zapadna Njemačka	2060
Velika Britanija	2475
Švicarska	3520
USA	4675
Norveška	8775

Nerazvijena je i potrošnja električne energije u domaćinstvima Francuske:

Zemlja	kWh/domaćinstvo godišnje
Francuska	500
Zapadna Njemačka	800
Austrija	800
Velika Britanija	2000
Švicarska	3000
USA	3600

U toku 1961. započelo se s gradnjom 8 termojedinica po 125 MW. EdF izgrađuje i termojedinice od 250 MW. U toku 1962. će biti instalirano 5 do 8 termojedinica po 250 MW. Spomena je vrijedna i francusko-belgijska atomska elektrana Chooz u Ardenima snage 240 MW koja se, u okviru sporazuma Euroatom-USA, izgrađuje uz pomoć američkih financijskih sredstava.

Plan investicija EdF za 1962. predviđa utrošak od preko 3 milijarde NF (prema 2,4 milijarde NF u 1960). Ukupni plan elektroenergetske izgradnje Francuske (uključivši i industrijske elektrane) predviđa za 1962. slijedeće iznose:

Objekt	milijuna NF
Termoelektrane	745
Atomske elektrane	400
Hidroelektrane	1170
Prijenos i raspodjela	1235

U toku 1962. započelo se gradnjom pet novih hidroelektrana koje će dati prosječnu godišnju proizvodnju od 1659 milijuna kWh. Proizvodnja hidroelektrana, koje su već na početku 1962. bile u izgradnji iznosit će prosječno godišnje 5450 milijuna kWh. Među ovima je i hidroelektrana na bazi energije plime i oseke — prva na svijetu — pri ušću Rance u zaljevu St. Malo snage 240 MVA s godišnjom proizvodnjom od 544 milijuna kWh. Plimovanje u uvali St. Maloa je 12 m. Od hidroelektrana koje će u toku 1962. biti dovršene i stavljene u pogon očekuje se proizvodnja od 618 milijuna kWh.

U toku je i izvršenje plana izgradnje termoelektrana od 2644 MW. Od ovih termičkih snaga stavit će se 1962. u pogon 894 MW. Utrošak topline novih termojedinica je 2200 kcal/kWh, dok je prije 10 godina utrošak topline iznosio 2800 kcal/kWh. Radna snaga posade u modernim termoelektranama s jedinicama od po 125 MW iznosi 0,4 za svaki MW. Prije 10 godina ova norma je iznosila 4 za svaki MW.

Tekući program izgradnje atomskih elektrana od 800 MW neće se izvršiti u toku 1962. Atomska elektrana EdF 1 kod Chinona snage 60 MW bit će predvidivo stavljena u pogon krajem 1962.

Porast potrošnje električne energije zahtijeva i proširenje električne mreže. Prijenosna mreža je 1961. proširena za daljnjih 1000 km od čega 1/2 otpada na vodove 380 kV. Na kraju 1961. duljina vodova 380 kV iznosi 2290 km. Decembra 1961. pušten je u pogon podmorski kabel istosmjerne struje

200 kV prijenosnog kapaciteta 160 MW s kojim su spojene francuska i engleska električna mreža.

Poslovanje EdF završilo je u 1960. sa znatnim dobitkom usprkos revalorizaciji osnovnih sredstava koja je utjecala na povišenje troškova amortizacije i usprkos povećanim kamatama na zajmove. Međutim, povećanje amortizacije omogućuje povišenje udjela samofinanciranja EdF u elektroenergetskoj izgradnji, koji je prijašnjih godina iznosio samo 10 do 15 %. U odnosu na elektroprivrede ostalih zemalja to je vrlo malo. Na povećanje financijskog rezultata EdF u 1960. utjecale su modernizacije i racionalizacije svih područja rada a i jači porast potrošnje električne energije.

Cijena električne energije EdF zaostaje za općim porastom cijena u Francuskoj. Dok su cijene ugljena, metala i industrijskih proizvoda porasle 35 do 40 puta u odnosu na svoj predratni nivo, cijene električne energije su znatno zaostale i porasle samo:

15 do 19 puta za potrošnju u industriji,
16 do 19 puta za potrošnju u domaćinstvu i
13 do 14 puta za potrošnju u poljoprivredi.

Ako se postojeća stabilnost cijena u Francuskoj održi dulje vrijeme, EdF se nada da će moći bez većih poteškoća prebroditi svoje probleme oko povećanih investicija i rastućih troškova kapitala.

(Prema: Dr. H. W. Oerlack, *Investitionsfinazierung der EdF*. Elektrizitäts-Wirtschaft, Frankfurt a/M 1961 br. 12 i 1962 br. 9).

D. F.

VJESTI IZ GRADOVA

Toplana Zagreb puštena u redoviti pogon

U jednoj Unesco-voj ediciji o populaciji Evrope konstatirano je: »Zagreb je jedna od najvitalnijih metropola Evrope, centar svjetski značajnih privrednih i kulturnih koncentracija.«

Pokušajmo to provjeriti.

Ukupna površina područja grada Zagreba iznosila je na dan 1. XII 1962. godine 4.016,1 četvornih kilometara na kojima živi 850.000 stanovnika. Na najužem gradskom području živi 550.000 stanovnika na 495 km². Najnapučenije je Trnje sa 7.325 stanovnika na jednom četvornom km. U prosjeku žive 204 stanovnika na jednom četvornom kilometru.

Zagreb ima 1300 privrednih organizacija, 138 industrijskih poduzeća, 1862 trgovine, 498 ugostiteljskih radnji, 347 škola, 32 fakulteta, akademija i visokih škola, 477 biblioteka, 22 muzeja, 5 kazališta, 20 narodnih sveučilišta, 20 gradskih komuna itd.

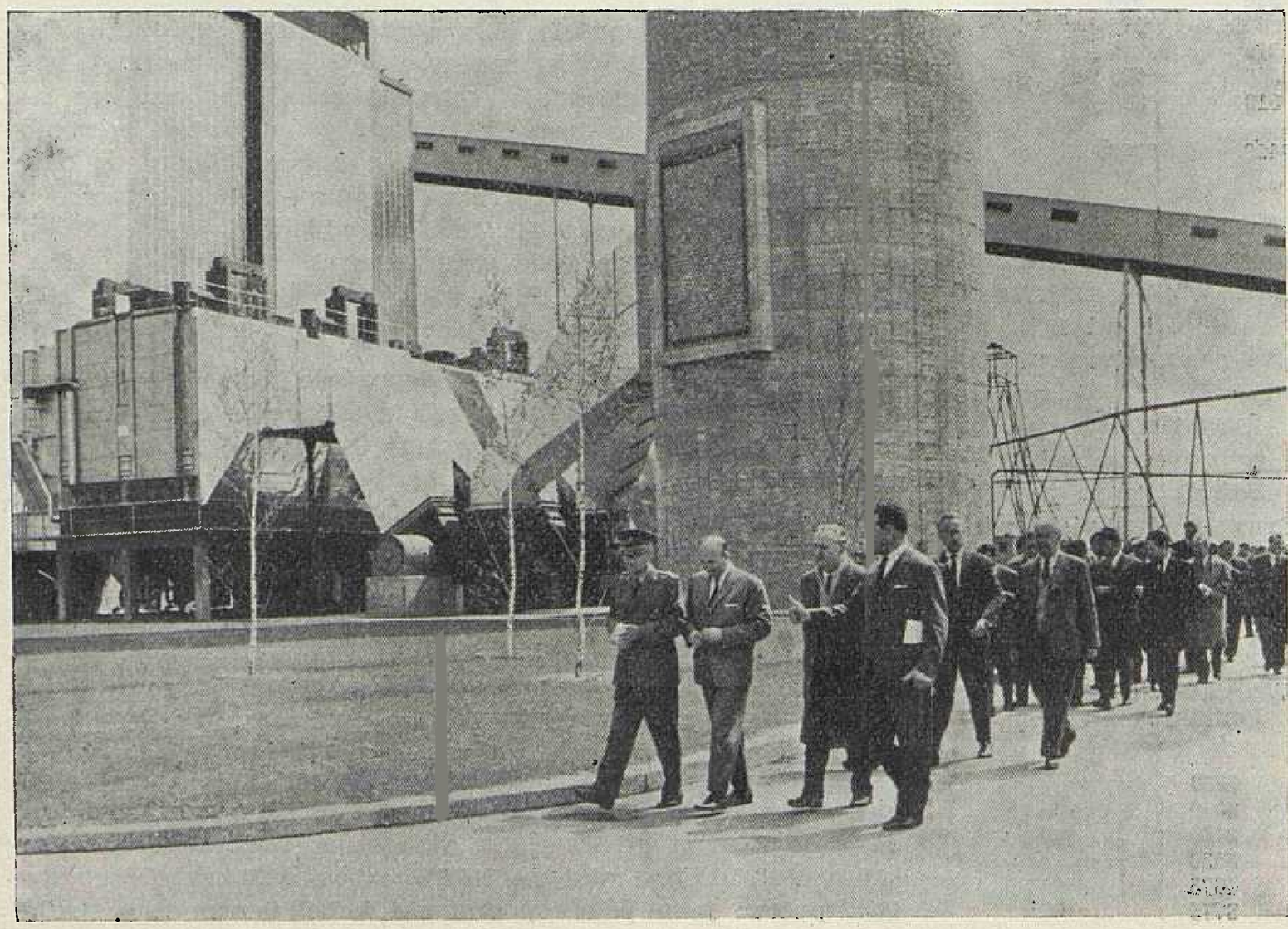
Od ukupno zaposlenih 228.000 radnika, u industriji ih radi 84.000.

Studenata ima 32.000, a učenika 111.000.

Grad Zagreb je industrijski najrazvijeniji grad u zemlji koji daje Federaciji 100 milijarda dinara godišnje.

Društveni bruto-proizvod Zagreba iznosi 12 % ukupnog društvenog bruto-proizvoda Jugoslavije. Narodni dohodak po jednom stanovniku iznosio je u Zagrebu 1960. godine 252.000 dinara. (Prosjek jugoslavenskog stanovnika iznosi 129.600.– dinara.)

Izgleda nevjerojatno, a ipak je istina, da je tako jaki industrijski i privredni centar, sve do nedavna teško oskudijevao na električnoj energiji.



Uzvanici na čelu s drugom *Bakarićem* razgledavaju toplanu

Pomanjkanje električne energije u sjeverozapadnoj Hrvatskoj a u Zagrebu napose, veoma se teško bilo osjetilo u razdoblju od 1953–1956, kada, naročito za vrijeme zimskih mjeseci privreda Zagreba nije bila u stanju da potpuno koristi svoje kapacitete, pa je dolazilo ne samo do reduciranja opsega proizvodnje, nego je negdje proizvodnja čak i sasvim obustavljena. Tako je samo za 3 godine (1953–1956) izgubljeno preko 2 milijarde nacionalnog dohotka.

Sve je to navelo Narodni odbor Zagreba da u svrhu opskrbe električnom energijom poduzme energične mjere. Najprije je donesena odluka, da se svi važniji industrijski objekti snabdiju manjim agregatima, kako bi u vrijeme kad nema dovoljno električne energije mogli proizvoditi vlastitu struju. Tako je oko 40 industrijskih poduzeća tih godina nabavilo agregate.

Da bi se sanirale energetske prilike grada izgrađen je i dalekovod Zagreb–Jajce, čiji je provodni kapacitet bio u prvoj fazi 10, a zatim 30 MW.

Stara Elektrana Zagreb, koja je već bila dotrajala, (puštena je u pogon 1907) nije u takovim prilikama mogla ostati skrštenih ruku, pa 1954. zajedno s Institutom za elektroprivredu izdaje elaborat o uslovima za izgradnju Toplane u Zagrebu.

Godine 1955. Narodni odbor i Gradska skupština odobravaju izradu investicionog programa, ZEPH odobrava koncepciju, a Elektrana podnosi Zavodu za privredno planiranje NRH na odobrenje program investicione izgradnje. Gradska skupština osniva 1956. poduzeće u izgradnji »Termoelektrana Zagreb II« i donosi zaključak o formiranju financijskih sredstava za izgradnju toplinskih mreža.

Godine 1957. stručna komisija Jugela u »Prijedlogu za perspektivni razvoj elektroprivrede Jugoslavije« predlaže gradnju Toplane u Zagrebu.

Dne 18. II 1958. Savezno izvršno vijeće donosi rješenje o financiranju izgradnje elektroprivrednih objekata iz OIF-a među koje ulazi Toplana Zagreb sa 64 MW. Komisija Jugel-a odobrava program Toplane, NOG Zagreba prenosi funkciju osnivača na ZEPH i već 1. travnja 1958. započinje izgradnja industrijskog kolosijeka u dužini od 8,5 km. Dne 18. listopada iste godine predsjednik NOG Zagreb Većeslav Holjevac polaže kamen temeljac za glavni pogonski objekt i gradnja je započela. (Vidi »Energiju« br. 11–12/1958. str. 504).

Završetak montaže i početak ispitnog pogona turboagregata II uslijedio je 25. X. 1962.

Konačno je, dne 27. IV. 1963. Termoelektrana–Toplana Zagreb puštena u redovan pogon.

Termoelektrana – Toplana Zagreb dočekala je toga dana svoje goste ne samo s potpuno ispitanim postrojenjem, koje je prošlo kroz teške uslove probnog pogona tokom prošle zime, već je iznenadila svoje uzvanike i svojim vanjskim izgledom, svojim travnjacima i nasadima, svojim modernim i uređenim prostorijama i skladnošću svojih arhitektonskih linija.

Među prvim gostima stigao je drug Ivan Krajačić potpredsjednik Izvršnog vijeća Sabora SRH, pa dr Zlatan Sremec potpredsjednik Sabora SRH, a zatim točno u 10 sati i predsjednik Sabora SRH dr Vladimir Bakarić u društvu Veče Holjevca, predsjednika NO grada Zagreba, Mike Tripala, Marijana Cvetkovića i ostalih rukovodilaca.

Na ulazu u Toplanu dočekao je i pozdravio goste direktor Stjepan Šercl sa svojim suradnicima, uručivši im pri tom ukusnu malu publikaciju sa svim podacima o TETO i ispratio ih do male tribine u krugu Toplane, gdje se je okupilo nekoliko stotina gostiju i uzvanika, koji su svi na ovaj ili onaj način učestvovali u izgradnji ovog značajnog objekta.

Goste je prvi pozdravio predsjednik Radničkog savjeta TETO drug Stipe Marinić, predavši zatim riječ direktoru Stjepanu Šerclu, koji je u svom iscrpnom referatu iznio niz podataka, počevši od prvih dana kada je nikla ideja o izgradnji toplane u Zagrebu pred deset godina, evociravši zatim uspomene na 1958. kada je ovdje na ovom istom mjestu, usred puste ledine, na dan 18. listopada, predsjednik NO-a grada Zagreba drug Većeslav Holjevac položio kamen temeljac. Od tada pa sve do danas trajala je velika radna bitka za izgradnju, za montažu i za dovršenje. Bilo je raznih zapreka od poplava koje su s obzirom na blizinu Save i dubinu temelja, ugrozile radove, pa do časovitih pomanjkanja sredstava i deviza. No sve su te poteškoće konačno uspješno savladane.

Iza direktora Šercla uzeo je riječ predsjednik Narodnog odbora grada Zagreba drug Većeslav Holjevac, koji je u svom kratkom i sažetom govoru istaknuo kako veliko značenje ima ova termoelektrana-toplana za grad Zagreb i njegovu industriju, koja se posljednjih godina tako snažno razvila, ukazavši pri tom i na perspektive koje se još otvaraju procvatu grada Zagreba, kao centra veoma važnog energetskog i toplinskog konzuma.

Iza toga je predsjednik Radničkog savjeta drug Marinić zamolio predsjednika Sabora druga dr. Vladimira Bakarića da obiđe postrojenja Toplane i da pusti u pogon objekt. Već u samoj strojarnici duboko impresioniraju turbine, koje je izradila domaća tvornica JUGOTURBINA iz Karlovca po sistemu njemačke firme AEG. Svaka od tih dviju turbina ima 36 MW, a čitavo je postrojenje građeno tako, da je predviđen prostor i za još jednu takvu turbinu, koja bi se ugradila u drugoj etapi. Predsjednik Bakarić prerezao je zatim škarama crvenu vrpcu glavnog ventila. Pljesak prisutnih radnika i uzvanika na tren je zaglušio i samu turbinu. Ovo je zaista jedna radna pobjeda koja je svakoga koji je prisustvovao ispunila ponosom. Jer među svim prisutnima nije tako reći bilo niti jednog čovjeka koji nije bar nešto doprinio da se ovo postrojenje, prvo takve veličine i takvog kapaciteta u Jugoslaviji, izgradi ili montira.

U kotlovnici su zatim pregledani kotlovi, koji su također djelo naših radnika iz tvornice TPK, koja je radila u suradnji s firmom Waagner Biro Graz. Ovo je prvi puta, da su kod nas izrađeni u tzv. visećoj izvedbi kotlovi od kojih svaki ima kapacitet od 180 tona pare na sat.

Dimnjak, 100 m visok, ima jake električne filtere, koji sprečavaju da čađa, koja je u velikim gradovima velik problem, ne zagađuje okolinu. Filtere je izradilo domaće poduzeće Ventilator u suradnji sa švicarskom firmom ELEN iz Züricha.

Pokraj brda ugljena, koji istovaruju dva čeona naginjača, koji za dvije minute istovare dva vagona od po 20 tona, dolazi se do zgrade demineralizacije, u kojoj se voda potrebna za kotlove, kemijski čisti i termički priprema. Ova su postrojenja također domaći proizvod, a izradilo ih je poduzeće ENERGOINVEST iz Sarajeva.

Svuda okolo Toplane nalaze se skladno uređeni i lijepo njegovani travnjaci.

U upravnoj zgradi priređena je mala zakuska, na kojoj su se opet sreli svi učesnici ove velike radne pobjede i evocirali uspomene na pojedine događaje iz velike radne bitke. Izvođači, dobavljači, montažisti, uvoznici, predstavnici banke, i svih mogućih poduzeća, od giganata kao što su Rade Končar i Jugoturbina, pa do malih bravarskih i zanatskih poduzeća.

E. R. ml.

Istražni radovi na novim energetskim izvorima u SR Hrvatskoj

U svrhu izgradnje novih elektroenergetskih postrojenja na području SR Hrvatske usvojen je dugogodišnji program studijsko-istražnih radova dosad nekorištenih energetskih izvora. U realizaciji programa postignuti su vidni uspjesi. Naročito dobri rezultati ostvareni su kod ispitivanja energetskih kapaciteta u pojedinim rječnim slivovima.

Iz sredstava amortizacije udruženih poduzeća i Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, kao i fondova studija kojim raspolaže Jugoslavenska elektroprivredna zajednica, financiraju se studijsko-istražni radovi.

Na području naše republike istražni su radovi vršeni na slivovima rijeka Cetine, Drave, Kupe, Krke-Butišnice, Ričice-Zrmanje i dr. Ispitivanja su vršena i u vezi buduće izgradnje TE Plomin, kao i dopunskih studija HE Gojak, Vinodol, Peruća i Manojlovac, radi utvrđivanja mogućnosti povećanja proizvodnje električne energije spomenutih hidro-

elektrana. U kratkom prikazu osvrnut ćemo se na dosadašnje rezultate ispitivanja na pojedinim rječnim slivovima.

Sliv Cetine. U toku 1962. nastavljeno je s daljnjim geološkim detaljnim kartiranjem na horizontu livanjskog i glamočkog polja, pozadine Buškog Blata, a ispitivana je također trasa tunela Lipa – Korita. Zadatak ovih ispitivanja je dobivanje potrebnih elemenata za donošenje što pouzdanijih hidrogeoloških zaključaka.

Nadalje je hidrometeorološki ispitan i cijeli širi sliv Cetine. Obavljeni su i geodetski radovi, te geomehanička ispitivanja na pregradnom profilu Buškog Blata, i na trasi budućeg odvodnog kanala Buško Blato – Lipa. Paralelno s navedenim radovima pristupilo se izradi osnovnog projekta, koji je završen koncem prošle godine. Prema procjeni stručnjaka, mogući energetski potencijal sliva rijeke Cetine iznosi 278 MW s godišnjom proizvodnjom od cca 1143 GWh.

Za sve navedene radove kao i za izradu osnovnog projekta i drugih troškova investitora (uključujući osnovna sredstva) prošle je godine utrošeno oko 129 milijuna dinara.

Sliv donje Drave. Na vodoprivredno korištenje i rješenje sliva donje Drave od Lovrečana do ušća u Dunav zainteresirano je više privrednih grana s područja SR Hrvatske, Slovenije, a djelomično i Mađarske.

U prošloj godini izrađen je osnovni projekt dijela Drave uzvodno od Molva odnosno Botova s dvije osnovne varijante:

1. južne s prevođenjem u Savu, s podvarijantama zahvata kod Brezja i Ormoža, te restitucije kod Botova i Molva, i
2. sjeverne sa zahvatom kod Ormoža i restitucijom kod ušća Mure.

Usvajajući navedene varijante na slivu Drave obavljena su detaljna geološka istraživanja po trasi tako zvane sjeverne varijante od Ormoža preko Čakovca do ušća Mure. Geološke radove obavljali su stručnjaci Instituta za geološka istraživanja iz Zagreba.

Na užem području Drave od ušća Mure do Botova, pa dalje nizvodno do Molva, rađeno je na geodetskim snimanjima poprečnih profila. Na osnovu prikupljenih podataka izrađena je detaljna situacija u mjerilu 1:10.000.

Program hidrometeoroloških istraživanja obuhvatio je dopunska i kontrolna mjerenja protoka i vodokaznih profila. Uspostavljen je privremeni vodokaz na Dravi blizu Molva, a rekonstruiran je postojeći na skeli kod Lovrečana. Nadalje je završena pedološka meliorativna studija područja južno od Drave, između Brezja i Botova, zbog potpunijeg upoznavanja poljoprivredne problematike toga dijela Podravine.

U toku prošle godine za izvršena ispitivanja sliva donje Drave uloženo je oko 24 milijuna dinara. Daljnji radovi nastavljaju se i u ovoj godini.

Sliv Kupe. Na osnovu ispitivanja sliva Kupe u 1962. izrađen je osnovni projekt energetskog korištenja Kupe s energetskim rješenjem pritoka Dobre, Mrežnice i Korane. Ukupan energetski potencijal sliva Kupe procijenjen je na cca 1000 GWh/godišnje, uključiv i postojeću HE Gojak, koja predstavlja najveće postrojenje sliva. U ovoj godini nastavit će se istražni radovi na geodetskim, hidrološkim i geološkim ispitivanjima. Naročito opsežni radovi organizirat će se na području budućih HE Lešće na Gojačkoj Dobri i HE Lučice na Korani.

U slivu **Krke-Butišnice** u prošloj godini izvršena su samo hidrološka ispitivanja. Uspostavljene su limnigrafske stanice Matose, uzvodno od istoimenog prokopa, te Manojlovac III, nizvodno od postojeće HE Manojlovac. Nadalje popravljena je postojeća mreža dopunskih i osnovnih vodokaznih i limnigrafskih stanica. Vršena su redovita promatranja vodostaja, te dopunska i kontrolna mjerenja protoka i vodokaznih profila, kao i snimanja situacija pojedinih stanica. Budući da je hidrometeorološka mreža dovedena u ispravno stanje, dobit će se pouzdani hidrometeorološki podaci potrebni za daljnje studije i projektiranja, koja se nastavljaju u 1963.

U vezi izgradnje **HE Sklope** prošle je godine komisija Jugela izvršila reviziju ove pribranske hidroelektrane.

Opsežni radovi istražnog karaktera obavljeni su na području buduće **HE Obrovac**, koja će koristiti snagu Ričice – Zrmanje. Analizom podataka iz osnovnog projekta Ričice–Zrmanja donesen je zaključak, da je najekonomičnija izgradnja s jednostepenim rješenjem tj. iskorištenjem cijelog raspoloživog pada do Zrmanje u jednoj stepenici HE Obrovac.

Prema novousvojenom jednostepenom rješenju I etapa imat će snagu od 76,0 MW, proizvodnju od 350,0 GWh/god. i korisnu akumulaciju preko 40,0 milijuna m³, što predstavlja akumuliranu energiju od 50,0 GWh.

Na području HE Obrovac dosad su izvršeni slijedeći pripremni i istražni radovi:

Od geodetskih radova snimljena su područja pregrada, nasipa, kanala, ulaznih uređaja, strojarnice i drugih objekata, kao i položaja istražnih jama i bušotina. Dovršeno je geološko kartiranje i profiliranje akumulacionih bazena i zahvata, pogonskih profila tunelskih trasa.

Plan hidrometeoroloških ispitivanja obuhvatio je redukciju dopunskih mreža vodokaza i postavljanje novoga na Krupi. Vršeno je normalno održavanje i opažanje hidroloških i meteoroloških stanica, te obavljen potreban broj mjerenja protoka na vodokaznim i limnigrafskim stanicama uz kontrolu profila.

Započeta su geomehanička ispitivanja zemljanog materijala za izgradnju nasipa i nasutih brana. Od sondažnih radova započeta su istražna bušenja na svim mjestima zahvata i akumulacionih bazena, te na području strojarnice radi utvrđivanja geoloških i hidroloških odnosa, potreba injekcionih radova, te uslova izvedbe.

Nadalje je izveden dio građevinskih istražnih radova u svrhu istraživanja uslova izvedbe pojedinih objekata.

Svi ovi radovi koji su započeti u toku prošle godine nastavljaju se i u 1963.

Dopunska ispitivanja. Na području HE Nikola Tesla – Vinodol, HE Gojak, He Peruća, te HE Manojlovac ona trebaju dati potrebne podatke u vezi povećavanja električne energije u spomenutim hidroelektranama.

Za HE *»Nikola Tesla«* najinteresatnije je područje Crnog Luga. Na tome su dijelu izvršena detaljna geološka ispitivanja, kao i građevinski istražni radovi manjeg opsega. Na temelju dobivenih podataka izrađena je za područje Crnog Luga prethodna studija, koja ukazuje na mogućnost povećanja proizvodnje HE »Nikola Tesla« za 30–40 GWH/god prevođenjem vode iz Crnog Luga. Daljnje studije i istražni radovi nastavljaju se i u ovoj godini.

Na području Ogulinske Dobre, čiju energiju koristi *HE Gojak*, postoji niz ponora u kojima se gubi praktički sva mala i jedan dio srednjih voda Ogulinske Dobre, što predstavlja značajne energetske gubitke. U svrhu utvrđivanja gubitaka izvršeno je detaljno snimanje ponora kao i ručno sondiranje, te se na temelju tih podataka pristupilo izradi projekta. Rezultati ispitivanja pokazali su, da se gubici u prosjeku kreću oko 20,0 GWh/god. koji se mogu dobrim dijelom spasiti jednostavnim i jeftinim građevinskim radovima, koji se amortiziraju u jednoj godini.

U *HE Manojlovac* ugrađena su tri agregata i rekonstrukcijom četvrtog, kapacitet turbina je 20% veći od kapaciteta dovodnog tunela.

Da bi se kapacitet turbine iskoristio, izrađen je projekt proširenja dovodnog kanala. Proširenjem dovodnog tunela godišnja proizvodnja mogla bi se povećati za oko 14,5 GWh.

Na *HE Peruća* izvršena su kompletna geodetska snimanja, a nakon toga pristupilo se izradi projekta za privođenje voda Bistrice, Žabljaka i Sturbe u ponor na Livanjskom polju, a preko njega u akumulaciju Peruća. Novim zahvatom povećala bi se proizvodnja HE Peruća i HE Split za oko 35 do 50 GWh/god uz relativno male investicije.

Iz sredstava udružene amortizacije financirani su istražni, studijski i projektantski radovi na termoelektranu *Plomin*. Istražni radovi napredovali su vrlo dobro, tako da su nakon odobrenog projektnog zadatka izgradnje TE Plomin u poduzeću »Elektroprojekt« u Zagrebu počeli izradom idejnog projekta.

I. R.

Elektrifikacija Like do početka gradnje Hidroelektrane Senj*

Prema statistici električnih centrala Jugoslavije od 1933. prva elektrificirana mjesta u Lici bila su: Gospić 1925, Gračac 1927, Perušić 1929, Otočac 1930. i Vrhovine 1935. godine, koja su se snabdijevala iz malih lokalnih elektrana, uglavnom za potrebe električne rasvjete.

U Gospiću je općina sagradila 1925. elektranu na upojni plin snage 45 kVA sa 3 km niskonaponske mreže. Radi povećanih potreba za električnom energijom dograđen je 1929 još jedan stroj na upojni plin snage 120 kVA, tako da je ukupna snaga elektrane iznosila 165 kVA. Generatori su bili trofazni napona 400/231 V, te je u 1931. proizvedeno 60.000 kWh. Priključna vrijednost trošila iznosila je za rasvjetu 116 kW, a za ostala trošila 9 kW. Maksimalno opterećenje bilo je 40 kW. Cijena električne energije u 1931. bila je 8 Din za 1 kWh.

U Gračacu je ložionica državnih željeznica sagradila 1927. elektranu sa dva dizelska agregata ukupne snage 75 kVA koja je u početku služila samo za potrebe željeznice. Generatori su bili trofazni i napona 400/231 V, a u 1931. proizvedeno je 136.000 kWh. Priključna vrijednost trošila iznosila je za rasvjetu 45 kW, za ostala trošila 27 kW, a maksimalno opterećenje 50 kW. Godine 1936. sagrađeno je 1,5 km niskonaponske mreže za snabdijevanje ostalih potrošača u blizini ložionice Gračac.

U Perušiću je Mile Lulić (Draja) sagradio 1929. elektranu na upojni plin snage 10 kW i 2 km niskonaponske mreže. Generator je bio istosmjerni 220 V, te je u 1931. proizveo 15.000 kWh. Priključna vrijednost iznosila je za rasvjetu 7 kW. Cijena električne energije 1931. bila je 10 Din za 1 kWh.

U Otočcu je Franjo Šnidarčić sagradio 1930. elektranu s dizelskim agregatom snage 25 kVA, a niskonaponsku mrežu izvela je općina Otočac. Generator je bio trofazni napona 400/231 V. Priključna vrijednost za rasvjetu iznosila je 42 kW, a maksimalno opterećenje 15 kW. Električnu energiju kupovala općina od vlasnika elektrane po 4,5 Din, a prodavala ju potrošačima po 8 Din za 1 kWh.

Na željezničkoj stanici Ličko Lešće je 1930. u postojećoj pilani »Rašić i Jerbić d. d.« na lokomobil snage 160 KS priključen trofazni generator 400/231 V snage 100 kVA. Za potrebe vodocrpne stanice željeznice sagrađen je dalekovod 5 kV na drvenim stupovima presjeka 3 x 16 mm² Cu u dužini 1,9 km od Ličkog Lešća (pilane) do Vrela Sinac, sa dvije transformatorske stanice 5/0,4 kV snage 100 kVA u pilani i 150 kVA na Vrelu Sinac. Ova elektrana, ujedno s prvim dalekovodom u Lici, služila je samo za potrebe željeznice, a radila je do likvidacije poduzeća »Rašić i Jerbić« d. d.« godine 1932.

U Vrhovinama je ložionica državnih željeznica sagradila 1935. elektranu s lokomobilom snage 15 KS i trofaznim generatorom 400/231 V snage 10 kVA za potrebe željeznice i 1 km niskonaponske mreže za snabdijevanje jednog dijela Vrhovina.

Na Plitvičkim jezerima (jezero Kozjak) bila je 1928. sagrađena hidroelektrana s trofaznim generatorom 400/231 V snage 70 kW, koja je sve do 1945. služila za potrebe hotela i ostalih potrošača u Velikoj Poljani.

Osim toga su za vlastite potrebe sagrađene manje elektrane u bolnici Titova Korenica, koja je radila od 1934. do 1941. godine; u hotelu »Velebno« Baške Oštarije, koja je radila od 1938. do 1942.; na ribnjaku u Brušanima, koja je radila od 1939. do 1943. Isto su tako sagrađene i razne industrijske elektrane na pilanama, mlinovima i ostalim industrijskim objektima u nekim drugim mjestima Like.

Prvi korak u pogledu jeftinijeg izvora električne energije učinila je općina Otočac 1936., kada je na slapovima Švice kraj Otočca sagradila malu hidroelektranu snage 100 kVA. Da bi se električna energija mogla prenijeti u Otočac sagrađeno je 6 km dalekovoda 10 kV na drvenim stupovima presjeka 3 x 35 mm² Fe i zidana transformatorska stanica Otočac 10/0,4 kV snage 50 kVA, za snabdijevanje samog mjesta. Stara dizelska elektrana je prestala raditi, a snabdijevanje je preuzela HE Švica. Izgradnjom dalekovoda 10 kV HE Švica — TS Otočac, izgrađen je prvi dalekovod opće elektrifikacije u Lici.

U toku rata radile su razne manje elektrane za potrebe partizanskih jedinica i Narodnooslobodilačke vojske, vojnih radionica itd. i to: u Bijelim Potocima, općina Titova Korenica 1942. i 1943, Borje — Šeganovac, općina Titova Korenica 1943. i 1944, u Srednjoj Gori, općina Udbina 1943. i 1944, i u Vranovači, općina Titova Korenica 1944.

Po završetku rata prišlo se obnovi oštećenih elektrana, te je 1945. u Vrhovinama lokomobil u elektrani zamijenjen dizelskim motorom snage 20 KS, na Tonković Vrelu u Sincu montiran je dizelski agregat snage 50 kVA, a u Zrmanji dizelski agregat snage 8 kVA, u Gračacu je postavljen u elektrani lokomobil snage 120 KS s trofaznim generatorom 400/231 V, na Plitvičkim jezerima produžena je niskonaponska mreža u dužini 2 km od Velike Poljane do Mukinja.

U Brinju je 1943. sagrađena elektrana s pogonom na lokomobil snage 135 KS i trofaznim generatorom 400/231 V snage 75 kVA. U Stajnici je 1949. montiran dizelski agregat snage 41 kW i sagrađena niskonaponska mreža u dužini 6 km.

U Kompolju kod Titove Korenice je 1947. sagrađena mala hidrocentrala snage 12 KS s trofaznim izmjeničnim generatorom 400/231 V snage 10 kVA.

U Ličkom Cerju je 1948. sagrađena elektrana s dizelskim agregatom snage 25 KS i trofaznim izmjeničnim generatorom 400/231 V snage 25 kW kao i 1 km niskonaponske mreže za potrebe rudnika barita i stambenog naselja radnika.

U Donjem Lapcu je 1949. sagrađena niskonaponska mreža u dužini 3 km koja se snabdijevala električnom energijom iz elektrane DIP-a. Od 1953. do 1957. radila je mala elektrana s dizelskim agregatom u šumskom naselju Željezno polje kod Donjeg Lapca.

U Udbini je 1954. sagrađena elektrana s dizelskim agregatom 15 KS i trofaznim izmjeničnim generatorom 400/231 V snage 15 kVA. Kasnije je niskonaponska mreža priključena na DIP Udbina koji je preuzeo snabdijevanje Udbine električnom energijom.

U Vrhovinama je 1957. montiran dizelski agregat s trofaznim izmjeničnim generatorom 400/231 V snage 45 kVA koji je snabdijevao mjesto električnom energijom. Povremeno se mjesto snabdijevalo energijom iz elektrane DIP-a Vrhovine.

U Gornjem Babinom Potoku je 1952. sagrađena niskonaponska mreža u dužini 3 km i priključena na elektranu pilane, s trofaznim izmjeničnim generatorom 400/231 V snage

* Podaci su crpljeni iz monografije »Elektrifikacija Like«, koju su izdali Narodni odbor kotara Gospić i poduzeće »Elektrolika« Gospić, godine 1962.

15 kVA. Nakon prestanka rada pilane 1957. snabdijevanje električnom energijom nastavila je Poljoprivredna zadruga dizelskim agregatom snage 9 KS i generatorom 10 kVA.

U Gračacu je 1949. montiran dizelski agregat u bolnici, koji je u početku snabdijevao električnom energijom mjesto, a od 1950. snabdijevanje je vršila Tvornica cikorije iz svoje elektrane.

U Plitvičkom Ljeskovcu je 1954. privremeno montiran na vodeno kolo trofazni izmjenični generator snage 7,5 kVA, a 1959. sagrađena je nova hidroelektrana s trofaznim generatorom snage 36 kVA i 4 km niskonaponske mreže s javnom rasvjetom na betonskim stupovima.

U Karlobagu je 1952. sagrađena elektrana s dizelskim agregatom snage 5 kVA i 2 km niskonaponske mreže. Godine 1956. postavljen je jači dizelski agregat s trofaznim generatorom 400/231 V snage 15 kVA, a kako je potrošnja porasla, to je 1957. postavljen novi dizelski agregat s trofaznim generatorom 400/231 V, snage 25 kVA.

U Lovincu je 1953. montiran dizelski agregat snage 10 kVA i sagrađen 1 km niskonaponske mreže. Elektrana je prestala raditi 1957. Od 1953. do 1955. radili su u Metku i Smiljanu dizelski agregati snage 10 kVA za potrebe općine, ustanova i javne rasvjete.

U Srbu je 1954. sagrađena elektrana s trofaznim generatorom 400/231 V snage 80 kVA, te 9 km mreže, napona 1000 V sa tri stupne transformatorske stanice 1000/400 V i 11 km niskonaponske mreže, te su elektrificirana mjesta Gornji Srb, Donji Srb, Osredci, Kruškovac Neteka, Suvaja i Begluci. Godine 1955. sagrađena je hidroelektrana Tiškovac s trofaznim generatorom 400/231 V snage 30 kVA s 2 km niskonaponske mreže. Godine 1958. sagrađena je hidroelektrana Kunovac sa trofaznim izmjeničnim generatorima 400/231 V snage 40 kVA s 2 km niskonaponske mreže.

Izgradnja industrijskih objekata u Lici zahtijevala je i jače izvore električne energije, pa je tako u Gospiću 1954. sagrađena nova termoelektrana s dizelskim agregatom ukupne snage 2000 kVA. Nakon stavljanja u pogon nove dizelske elektrane prestala je radom stara termoelektrana u Gospiću, koja je 1957. rashodovana i demontirana.

Na području Otočca je 1954. dovršena rekonstrukcija stare hidroelektrane u Švici i dodana su dva agregata ukupne snage 460 kVA što je predstavljalo znatno povećanje prema dosadašnjih 100 kVA. Godine 1953. željeznica u Ličkom Lešću (na željezničkoj stanici) sagradila je elektranu na pogon lokomobilom snage 180 KS s trofaznim i izmjeničnim generatorom 400/231 V snage 120 kVA.

Kako je elektrana Švica nakon rekonstrukcije imala dosta slobodnih kapaciteta a i povoljnu cijenu električne energije to se pristupilo izgradnji novih dalekovoda, te je iste godine sagrađen dalekovod 10 kV na drvenim stupovima presjeka 3 x 16 mm² Cu Otočac – Vrelo Sinac u dužini 14 km, koji je povezivao već sagrađeni dalekovod Vrelo Sinac – Lešće s Otočcem.

Potrošnja električne energije u području Otočca naglo je rasla tako da je u 1959. iznosila 1,650.000 kWh godišnje. U 1961. hidroelektrana Švica nije mogla podnijeti dnevno vršno opterećenje koje je bilo veće od kapaciteta elektrane, te je morala raditi u to vrijeme sa sniženim naponom.

Daljnja izgradnja novih industrijskih objekata u Lici zahtijevala je jače i jeftinije izvore električne energije, te se 1954. pristupilo izgradnji dalekovoda 35 kV na betonskim stupovima 3 x 70 mm² Cu u dužini 65 km od Bihaća do Ličkog Osika s transformatorskim stanicama 35/10 kV snage 4100 kVA u Ličkom Osiku i transformatorskom stanicom 35/10 kV snage 1000 kVA u Titovoj Korenici. Radovi na izgradnji dalekovoda 35 kV Bihač – Lički Osik, koji je ujedno prvi dalekovod u Lici napona 35 kV, kao i transformatorske stanice 35/10 kV Lički Osik, završeni su u godini 1956.

Kako se vidi osnovni i jedini oblik elektrifikacije Like bio je do 1956. lokalna elektrifikacija. U nekim područjima Like, kao na primjer u Otočcu, Srbu, Udbini, Vrhovinama, Brinju i Karlobagu to se razdoblje produžuje sve do konca 1961.

Područje Like, kao pasivan kraj, doživljava u elektroprivrednom smislu pravu revoluciju povezivanjem na bosanski sistem Bihać – Prijedor 24. IV. 1956, kada je pušten u pogon dalekovod HE Slapovi na Uni – Lički Osik napona 35 kV na suvremenim betonskim stupovima u dužini od 64,384 km. Izgrađena je i prva moderna transformatorska stanica napona 35/10 kV snage 2 x 2500 kVA u Ličkom Osiku. Toga dana priključila se i postojeća skromna mreža 10 kV, naselje Lički Osik, Tvornica »Marko Orešković«, pumpa na Lici i Gospić. Počinje nova etapa u elektrifikaciji Like.

Dizelska elektrana Gospić prestala je radom i postala rezervni pogon. Transformatorska stanica 35/10 kV Titova Korenica i dalekovod 10 kV za Titovu Korenicu i Plitvice s transformatorskim stanicama 10/0,4 kV dovršeni su i stavljeni u pogon 24. XI. 1957. Također je 1957. stavljen u pogon dalekovod 35 kV na betonskim stupovima Bihać – Donji Lapac, u dužini 32 km.

Izgradnjom dalekovoda 35 kV godine 1956. stvoreni su uslovi za širu elektrifikaciju Like, te se ukazala potreba za formiranje poduzeća koje će djelovati na cijelom području kotara Gospić i objediniti pojedine lokalne elektrifikacije u jednu energetsko-ekonomsku cjelinu. Iz tih razloga je Narodni odbor kotara Gospić na svojoj skupštini dne 17. ožujka 1956. donio odluku o formiranju poduzeća »Elektro-Lika« sa sjedištem u Gospiću. U novo poduzeće »Elektro-Lika« ušla su sva električna postrojenja na području općina Gospić, Perušić, Titova Korenica, Plitvice, Donji Lapac, Gračac, Srb, Vrhovine, Otočac i Brinje, Karlobag i Udbina.

Time se cijela distributivna mreža u Lici povezala, a svi općinski centri dobili su električnu energiju iz elektroprivredne mreže i solidnu osnovu za daljnji razvitak elektrifikacije na svom području, kako je bilo predviđeno perspektivnim planom NOK-a Gospić za razdoblje 1956–1961.

Potrošnja i proizvodnja električne energije u Lici
(proizvodnja javnih i industrijskih elektrana na pragu)

Godina	Ukupna potrošnja GWh	Gubici distribucije GWh	Sveukupno GWh	Proizvedeno u Lici GWh	Preneseno GWh
1958.	5,180	0,800	5,980	1,833	4,147
1961.	13,301	1,720	15,021	3,024	11,997
1962.	21,272	3,014	24,286	0,788	23,498

Izgradnjom objekata za gradilište HE Senj prestalo je 31. XII. 1961 poslovati Električno poduzeće Otočac, te se od tada snabdijevanje električnom energijom na području čitavog kotara vrši preko poduzeća »Elektro-Lika« Gospić. Time je HE Švica prestala redovitom proizvodnjom električne energije.

* * *

Na području Like gradi se sada jedna od najvećih hidroelektrana u Jugoslaviji. Prema smještaju strojarnice nazvana je HE Senj. Međutim glavni radovi obavljaju se na području kotara Gospić, u općinama Perušić i Otočac. Hidroelektrana Senj koristit će vodni potencijal rijeke Like Proizvodnja električne energije iznosit će godišnje prosječno milijardu i dvije stotine milijuna kilovatsati.

Izgradnja ovog velikog objekta od velikog je utjecaja na razvitak Like. Glavni radovi vrše se na izgradnji brane u Kruščici, te na vodnim tunelima Selište – Šumečica, Gacko Polje – Marasi i Gusić Polje – Grabova. Organizirana su velika gradilišta s modernom mehanizacijom, velikim angažiranjem radne snage, a time i izgradnjom nastambi za nju, te velikom potrebom električne energije. Istovremeno na radilištu radi više specijaliziranih poduzeća, koja će kroz period od više godina zaposliti veliki broj radnika.

Ovdje nećemo opisivati utjecaj izgradnje HE Senj na sve oblike privrednog života Like, nego ćemo istaknuti veliki utjecaj izgradnje HE Senj na elektrifikaciju Like.

Za uspješno izvođenje radova na izgradnji HE Senj treba svako gradilište opskrbiti dovoljnim količinama električne energije. Kako se gradilište HE Senj nalazi na potezu

Kruščica – Selište – Šumećica– Kosmačevo Jezero – Kompolje – Marasi – Brlog – Gusić Polje – Melnice – Grabova, bilo je za opskrbu gradilišta HE Senj potrebno izgraditi čitav splet dalekovoda i transformatorskih stanica napona 110 kV, 35 kV i 10 kV. Izgrađen je prije svega dalekovod napona 110 kV Vinodol – Senj i provizorij 110/35 kV Senj. Dalje je izgrađen dalekovod 110 kV Senj – Otočac koji je privremeno u pogonu sa 35 kV. Izgrađena je i TS 35/10 kV 2500 kVA Žuta Lokva, koja je poslužila da se i općina Brinje priključi na elektroenergetski sistem. Dalje je izgrađena TS 35/10 kV Otočac snage 2 x 2500 kVA, te TS 35/10 Janjče 1600 kVA. Izgrađen je i dalekovod 35 kV Otočac – Janjče s potrebom produženja sve do Ličkog Osika. Elektrificirana su sva gradilišta s potrebnim vodovima 10 kV i transformatorskim stanicama. S obzirom na potrebu velike snage u električnoj energiji pristupa se i izgradnji 110 kV voda Otočac – Lički Osik s izgradnjom TS 110/35 kV Lički Osik. Time se rješava i goruće pitanje ličkog energetskog bazena, specijalno u području Gospića, jer je porastom potrošnje, te ulaskom u pogon industrijskih potrošača i šire elektrifikacije dalekovod Bihać – Lički Osik napona 35 kV, postao usko grlo prijenosa, a osim toga bosanski je sistem oko Bihaća, koji napaja taj vod, deficitaran u pogledu električne energije.

Iz gornjeg izlaganja vidi se koliko je veliki utjecaj izgradnje HE Senj na razvoj elektrifikacije Like.

Većina izgrađenih elektroenergetskih objekata za napajanje gradilišta HE Senj nužno će služiti i širokoj elektrifikaciji. Njihovi kapaciteti zadovoljit će i kasnije razvitak konzuma, jer će nakon izgradnje otpasti potrošak za gradilišta.

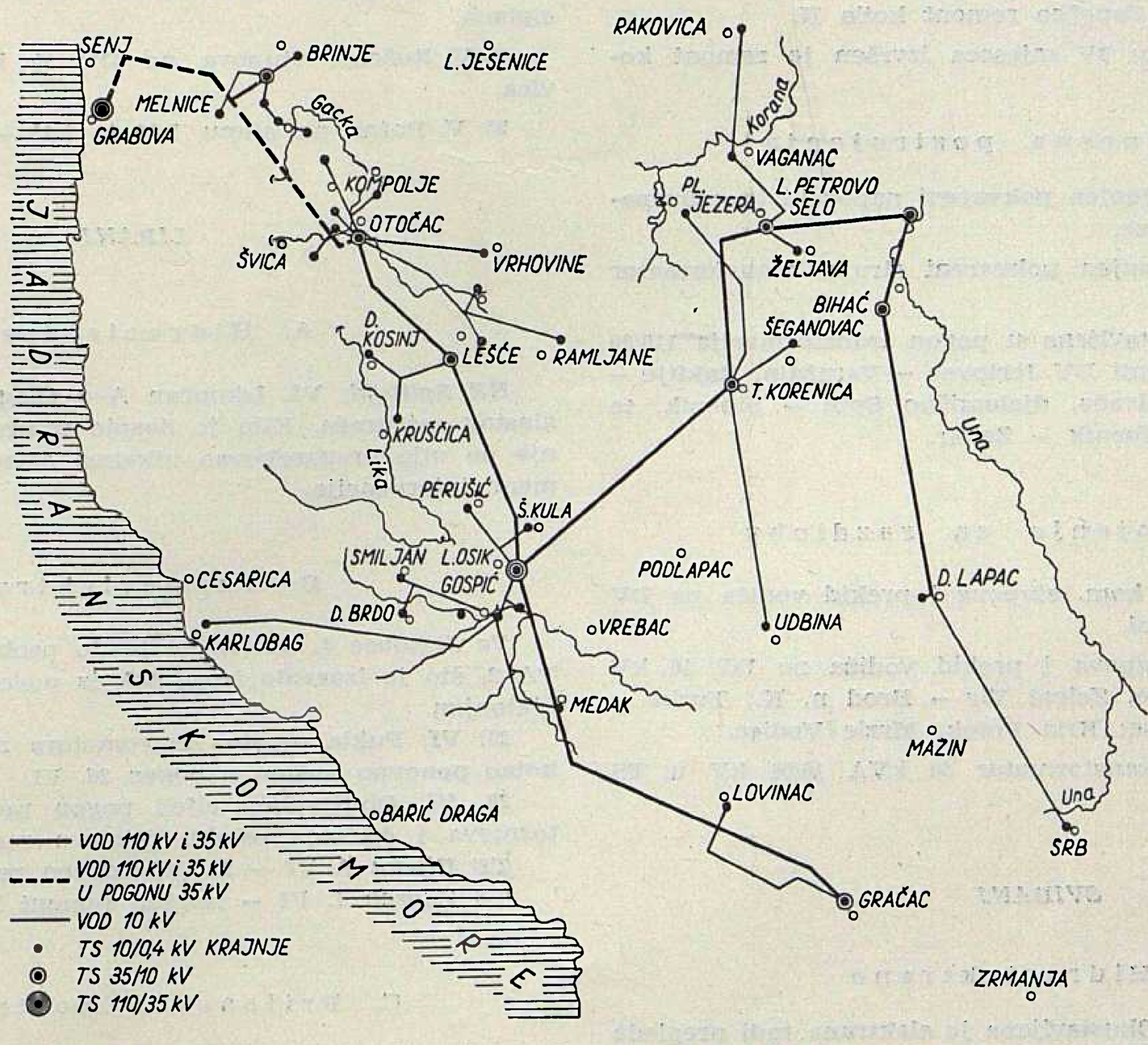
Svjetlo na gradilištima HE Senj nužno će pokrenuti široke akcije u svim usputnim selima da se najenergičnije pristupi radovima na prikupljanju sredstava i izgradnji objekata elektrifikacije sela. Kao što će odlično organizirana gradilišta HE Senj pružati radno mjesto za tisuće radnika, tako će se i kulturne potrebe i navike tih istih radnika prenositi s gradilišta u sela i stvarati poticaj angažiranja svih snaga da se elektrificiraj domovi. U tome se očituje još jedan veliki utjecaj izgradnje HE Senj na elektrifikaciju Like.

Posebno će potrošak električne energije na gradilištima utjecati na poboljšanje strukture konzuma, što će se ekonomski odraziti na ukupnu cijenu koštanja.

Sama proizvodnja električne energije u HE Senj nema prvorazredni značaj za snabdijevanje Like. Konzum Like iznosi prema perspektivnom planu ukupno 81,400.000 kWh godišnje. Proizvodnja HE Senj je gotovo petnaest puta veća od ukupne potrošnje Like u opterećenju kroz budućih 30 godina. Vidi se prema tome da je proizvodnja HE Senj prije svega jugoslavenskog značaja. Međutim, izgradnja dopunske elektrane HE Sklope, koja bi se također u sastavu HE Senj trebala graditi uz branu Kruščica, ima prvorazredni značaj energetskog izvora za Liku. Zamišljena je kao pribranska elektrana s parametrima ličkog konzumnog područja i vodnim izravnanjima za HE Senj. Svoju energiju ona će plasirati preko dvostrukog voda napona 35 kV Sklope – Lički Osik prvenstveno u mrežu Like, a po potrebi i mogućnostima i u mrežu 110 kV.

Izgradnjom HE Sklope Lika će dobiti treći izvor energije uz izvor 110 kV i postojeći i budući spoj s Bosnom. S obzirom na blizinu elektrane Sklope ona će definitivno pridonijeti stalnosti opskrbe ličkog energetskog područja električnom energijom. Poznato je, naime, da dugi dalekovodi u pretežno teškom klimatskom terenu ne pružaju 100 %-tnu garanciju stalnosti opskrbe energijom, zbog mogućnosti većih kvarova kod izuzetno teških vremenskih nepogoda. Izgradnjom HE Sklope, praktički će se ukloniti ovaj tehnički nedostatak. U tome je, uz ostali privredni značaj, glavna prednost izgradnje HE Sklope za elektroprivredu Like.

Sveukupno uzevši, izgradnja HE Senj ubrzala je elektrifikaciju Like za najmanje do 8 godina, te će se unatoč općejugoslavenskom značaju ove elektrane, njena izgradnja osjetiti i u najudaljenijem ličkom selu.



Stanje visokonaponske mreže u Lici godine 1961.

Važniji pogonski događaji u elektroenergetskim postrojenjima 1962.*

TRAVANJ

A. Hidroelektrane

HE Split 24. IV. Primijećeno je njihanje opterećenja na oba agregata, koje se je pojačavalo, pa se pretpostavlja, da je uzrok početak njihanja došao iz mreže. Daljnji porast amplituda njihanja je posljedica izlučenog zraka iz vode, koji se vjerojatno sakupio u lomnoj tački tunela (tačka promjene pada tunela, koljeno), pa je uslijed promjene pritiska u tunelu radi njihanja počeo i zrak da se giba prema mjestu manjeg pritiska. Budući da se je pritisak mijenjao i zrak je putovao čas uzvodno čas nizvodno, to je dolazilo do kompримiranja i ekspandiranja Ovo je sa svoje strane povećalo i smanjivalo otpore u tunelu, odnosno njihanje u istom ritmu. Uslijed toga došlo je do rezonancije, pa je elektrana stavljena van pogona. Ovaj događaj je u toku detaljnog analiziranja i studiranja, kako uzroka tako i otklanjanja ove neugodne pojave.

HE Peruća 14. IV. Prigodom izlaska generatora II iz pogona nije potpuno iskopčala generatorska sklopka. Uzrok ove pogreške je lijepljenje brtve i otvarača (pečurke) u glavnom ventilu, pa je prerano proradio klip u razvodniku zraka, uslijed čega je pol 1 ostao neiskopčan. Zbog toga je prilikom zaustavljanja i razbuđivanja generatora došlo do zagrijavanja pare generatora i pojave dimljenja. Brzom intervencijom spriječena su jača oštećenja.

B. Termoelektrane

TE Jertovec 16. IV. Završen remont K-II. U toku je remont turboagregata 2. Prilikom pregleda generatora ustanovljeno je da su utorski klipovi olabavili i nagorjeli tako, da su neki kod dodira ispali iz utora. Uzrok oštećenja je prekomjerno zagrijavanje generatora, uslijed prekida u dionim vodičima. Tvornica »Rade Končar« pristupila popravku.

TE Vlaška 23. IV. Započeo remont kotla II.

TE Zagreb. U toku IV mjeseca izvršen je remont kotla II.

C. Prijenosna postrojenja

U *TS Mraclin* izmijenjen pokvareni naponski transformator 220 kV u dvije faze.

U *TS Senj* izmijenjen pokvareni strujni transformator 110 kV.

U *TE-TO Zagreb* stavljena u pogon transformacija 110/30 kV. Obavljeni su remonti DV Jertovec – Varaždin, Rakitje – Jertovec, Matulji – Divača, djelomično Split – Šibenik, te započeo remont DV Šibenik – Zadar.

D. Postrojenja za razdiobu

10. IV. Rušenje 17 kom. stupova i prekid vodiča na DV 30 kV Plase – Vinodol.

11. IV. Rušenje stupova i prekid vodiča na DV 10 kV Skrad – Srp. Moravice, Zeleni Vir – Brod n. K., Turke – Gerovo, Vrata – Lokve; Križ Potok, Mrzle Vodice.

12. IV. Pregorio transformator 50 kVA 10/04 kV u TS Kloštar.

SVIBANJ

A. Hidroelektrane

HE Vinodol 13. V. Obustavljena je elektrana radi pregleda cjevovoda i dovodnog tunela. Svrha pregleda je bila da se ocijeni kvaliteta prošlogodišnjih radova na tunelu, te pregleda cjevovod Lič na mjestu slijeganja. Ispitivanja gubitaka vode pokazala su, da su gubici očito manji i u granicama tolerancije. Novo izvedeni torkret ocijenjen je kao dobar. Na cjevovodu Lič nije primijećeno ništa osobito što bi zahtijevalo hitne intervencije, ali treba i dalje vršiti promatranja na ovom dijelu. Nadalje je pregledan temeljni ispust i prigušivači, i cijela brana, te je utvrđeno da više ne treba ograničavati punjenje akumulacije Lokvarka, jer se izvršeni radovi smatraju dovoljnim.

B. Termoelektrane

TE Jertovec 10. V. Završen remont turboagregata II. Rezultati popravka generatora 2 još nisu zadovoljavajući.

TE Vlaška. Tokom cijelog mjeseca vršeni su remontni radovi na kotlovima 1 i 2, te na turboagregatorima 1 i 2 kao i ostali remontni radovi.

TE Zagreb 10. V. Završen remont kotla 2, a 26. V. započeo remont kotla 3.

C. Prijenosna postrojenja

3. V. Rasprsnula se kabelska glava u kabelu 35 kV TS Pula – Šišan, te probio strupni transformator II.

U *TS Klara* postavljena brojila za obračun sa distribucijom na strani transformatora 30 kV.

Obavljeni remonti dalekovoda 110 kV Zakučac – Split II, Zakučac – Split, Kraljevac – Mostar, Raša – Pula, te Sisak – Una.

D. Postrojenja za razdiobu

28. V. Pregorio transformator 250 kVA – 10/04 kV Žažina ciglana.

20 V. Rušenje stupova na DV 30 kV Split I i Sboševica.

25. V. Požar na stupu DV 30 kV – Županja.

LIPANJ

A. Hidroelektrane

HE Split 27. VI. Iskopčan A–2 zbog ispada klina iz kuglastog zatvarača. Klin je dospio u turbinu i izazvao lupanje no nije prouzrokovao nikakva oštećenja zbog pravovremene intervencije.

B. Termoelektrane

Te Jertovec 4. VI. Došlo je do proboja signalnog kabela TA 2, što je izazvalo ispad TA iz pogona. Kvar je isti dan otklonjen.

25. VI. Pukla osovina servomotora za pogon roštilja K2; kotao ponovno pušten u pogon 26. VI.

28. VI. Obustavljen cijeli pogon radi pranja rashladnih tornjeva i čišćenja ostalih dijelova rashladnog uređaja.

TE Rijeka 7. VI – 23. VI izvršen remont TA 1.

TE Zagreb 1. VI – izvršen remont K3.

C. Prijenosna postrojenja

Dalekovodi

Izvršen remont dalekovoda 110 kV Rakitje – Vinodol, Zakučac – Kraljevac, Zakučac – Mostar, te 30 kV Miljacka – Lozovac.

---

* U članku pod istim naslovom u »Energiji« 11 (1962), br. 5—6, str. 182. mjesto 1960. treba biti 1961., a mjesto 1961. treba biti 1962.

SRPANJ

A. Hidroelektrane

HE Split. Na cjevovodu II došlo je do kvara na ventilu za pražnjenje cjevovoda, te je bio poplavljen prostor kuglastog zatvarača.

HE Vinodol. Izvršen redovan godišnji remont na postrojenju od 5.–25. VII na agregatima I, II, III.

HE Gojak. U redovnom godišnjem remontu od 13. VII–31. VII.

B. Prijenosna postrojenja

Transformatorske stanice

Stavljena u pogon *TS* 110/30 kV *Rijeka,* koja će napajati područje grada Rijeke i time rasteretiti TS Matulji.

U *TS Resnik* ugrađen novi automatski regulator napona, ali još nije aktivan.

U *TS Šibenik* izvršena zamjena 110 kV sklopki na vodovima Split I i II. Dosadašnje sklopke »Magrini« zamijenjene su sklopkama »Elektrosrbije«. Izmijenjeni strujni transformatori u *TS Split* na vodovima prema Šibeniku. Umjesto dosadašnjih strujnih transformatora 200/5A postavljeni 400/5A.

Dalekovodi

U periodu od 4–8. VII i 27–29. VII zamijenjeno dotrajalo Al–Če uže na DV Matulji – Raša u rasponima 28–35 i 116–136 u sve tri faze. Ovom prilikom su postavljeni i magnetni štapići za ispitivanje struje groma.

C. Postrojenja za razdiobu

17. VII. Rušenje stupova na DV 30 kV Gradiška.

15. VII. Rušenje stupova na DV 30 kV Čakovec – Mursko Središće.

KOLOVOZ

A. Hidroelektrane

HE Kraljevo 1. VIII–21. VIII. Izvršen remont agregata 2, te započet na agregatu 2.

HE Manojlovac 9. VIII–27. VIII. Izvršen remont na agregatu 1, te započet na agregatu 2.

HE Gojak. Od 1. VIII u remontu agregat 1 i agregat 2., a 8. VIII započeo remont agregata 3.

B. Prijenosna postrojenja

Transformatorske stanice

Stavljena u pogon *TS* 110/30 kV *Međurić,* koja će djelomično preuzeti konzum TS Slavonski Brod.

TS Nedeljanec prilikom revizije od strane tvornice »Rade Končar« stradao transformator 1 od 20 MVA. Vrijeme popravka cca 2 mjeseca.

Dalekovodi

Izvršen godišnji remont DV Rakitje – Gojak i Gojak Vinodol.

C. Postrojenja za razdiobu

1. VIII. Pregorio transformator 2500 kVA–30/10 kV u *TS Kupjak.*

RUJAN

A. Hidroelektrane

HE Split 14. IX došlo do ponovnog žarenja svornika za spoj s kliznim prstenom kao 24. VIII što je posljedica lošeg konstruktivnog rješenja.

B. Termoelektrane

TE Jertovec 15. IX puknula je traka II za dopremu ugljena kosog transportera, te je elektrana bila 2 dana izvan pogona.

C. Prijenosna postrojenja

Dalekovodi

Obavljen remont DV 110 kV Mostar – Ston,
Obavljen remont DV 110 kV Šibenik – Split.

D. Postrojenja za razdiobu

17. IX. Pregorio transformator 30/10 kV, 2140 kVA u TS Makarska.

28. IX. Rušenje stupa na DV 30 kV Ploče.

LISTOPAD

A. Hidroelektrane

HE Split. Od 10. X do konca mjeseca obustavljena je HE Peruća zbog toga što je nivo vode u jezeru bio ispod onoga kod kojeg još može raditi elektrana.

HE Vinodol. 3. X. Došlo je do proboja statorskog namotaja četvrtog po redu u posljednje dvije godine, odnosno trećeg po redu u tekućoj godini i to uvijek na istom agregatu br. 1. Izolacija je u takvom stanju da treba misliti na zamjenu.

B. Prijenosna postrojenja

Transformatorske stanice

Postavljeno vodno polje 110 kV u TS *Matulji* za novi DV 110 kV Matulji – Vinodol.

Dalekovodi

31. X u 11,55 sati stavljen je pod napon 110 kV DV Vinodol – Matulji II. Ovaj DV je dio budućeg DV 220 kV Senj – Matulji. Vod je sagrađen i izoliran za napon 220 kV, ali će privremeno biti pod naponom 110 kV, kako bi se osigurao što nesmetaniji izvoz električne energije u Italiju.

8.–13. X. Izvršen djelomični remont DV 110 kV Kraljevac–Meterize.

C. Postrojenja za razdiobu

4. X. Pregorio transformator 2000 kVA u *TS* 50/10 kV *Karojba.*

STUDENI

A. Hidroelektrane

HE Split. 24. XI–2. XII. obustavljena elektrana radi popravka oštećenog tunela injektiranja.

HE Peruća. Tokom cijelog mjeseca elektrana u remontu.

B. Termoelektrane

TE Jertovec. 19. XI. Započeo remont kotla 1; trajat će oko 2 mjeseca. U naročito lošem stanju je roštilj ovog kotla.

TE–TO Zagreb. Tokom mjeseca nastavljen je probni pogon TA–1, a počelo se i sa postepenim probama na TA-2.

C. Prijenosna postrojenja

Dalekovodi

U toku mjeseca izvršeni su remonti DV 110 kV Kraljevac – Meterize i DV 30 kV Ražine II.

D. Postrojenja za razdiobu

15. XI. Pregorio transformator 940 kVA u *TS* 35/10 kV *Senj*.

22. XI. DV 30 kV Klara – Resnik u kvaru zbog velikih snježnih naslaga.

23. XI. Zbog velikih snježnih naslaga u prekidu su bili dalekovodi: DV 35 kV Bihać – Ličko Petrovo selo i Žuta Lokva – Otočac, DV 30 kV Varaždin – N. Marof, DV 30 kV Zabok – Klanjec.

25. XI. Pregorio transformator 2140 kVA 30/10 u TS Kalinovica.

PROSINAC

A. Hidroelektrane

HE Vinodol. Ponovni proboj izolacije, ali ovaj puta na generatoru 2, što je očiti dokaz lošeg stanja izolacije.

HE Gojak. Izlazak zraka iz tunela s eksplozijom.

Kvarom na DV Gojak – Rakitje i njegovim ispadom iz pogona rasterećena je HE Gojak sa 45 MW na 15 MW, pri čemu je izašao zrak na ulaznom uređaju Sabljaci, pa je oštećena kućica zatvarača (sva stakla i nosači od U-željeza izbijeni su prema vanjskoj strani). Iz toga se zaključuje da je zraka bilo prilično mnogo. Analizom se došlo do zaključka, da je zrak uvučen na Bukoviku, jer je dan ranije zbog niskog vodostaja zatvarač bio zatvoren, pa je sisan zrak kroz odzračno okno.

Tunel je dosta hrapav tj. otpori su znatni, pa je uslijed uzimanja vode samo iz Sabljaka na dionici Sabljaci – Bukovik povećan gubitak pada odnosno stvoreni uslovi za sisanje zraka u Bukoviku, ako je ovdje zatvarač sasvim zatvoren, kao što je bilo. Ovo se može izbjeći tako, da se kod niskog vodostaja na Bukoviku ili kad treba zatvoriti zatvarač, ovaj na vrijeme pritvori, ali ne sasvim zatvori. Osim toga moguće je prelijevanje vode iz Sabljaka u Bukovik, pa se i na ovaj način može onemogućiti prednja pojava.

B. Prijenosna postrojenja

Transformatorske stanice

Dne 30. XII stavljena je pod napon *TS* 110/35 kV *Vinkovci*. Stavljanjem ove TS u pogon znatno će se poboljšati snabdijevanje područja Slavonije, koje će snabdijevati ova TS. Znatnije poboljšanje snabdijevanja područja Slavonije može se očekivati tek nakon stavljanja u pogon DV 110 kV Vinkovci – Brčko – Lukavac.

Dalekovodi

Dne 30. XII. stavljen je pod napon DV 110 kV Brijest – Vinkovci, a u svrhu snabdijevanja nove TS 110/35 kV Vinkovci.

Iz pogonskog odjela ZEPH

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

Silikonska mast kao zaštita izolatora

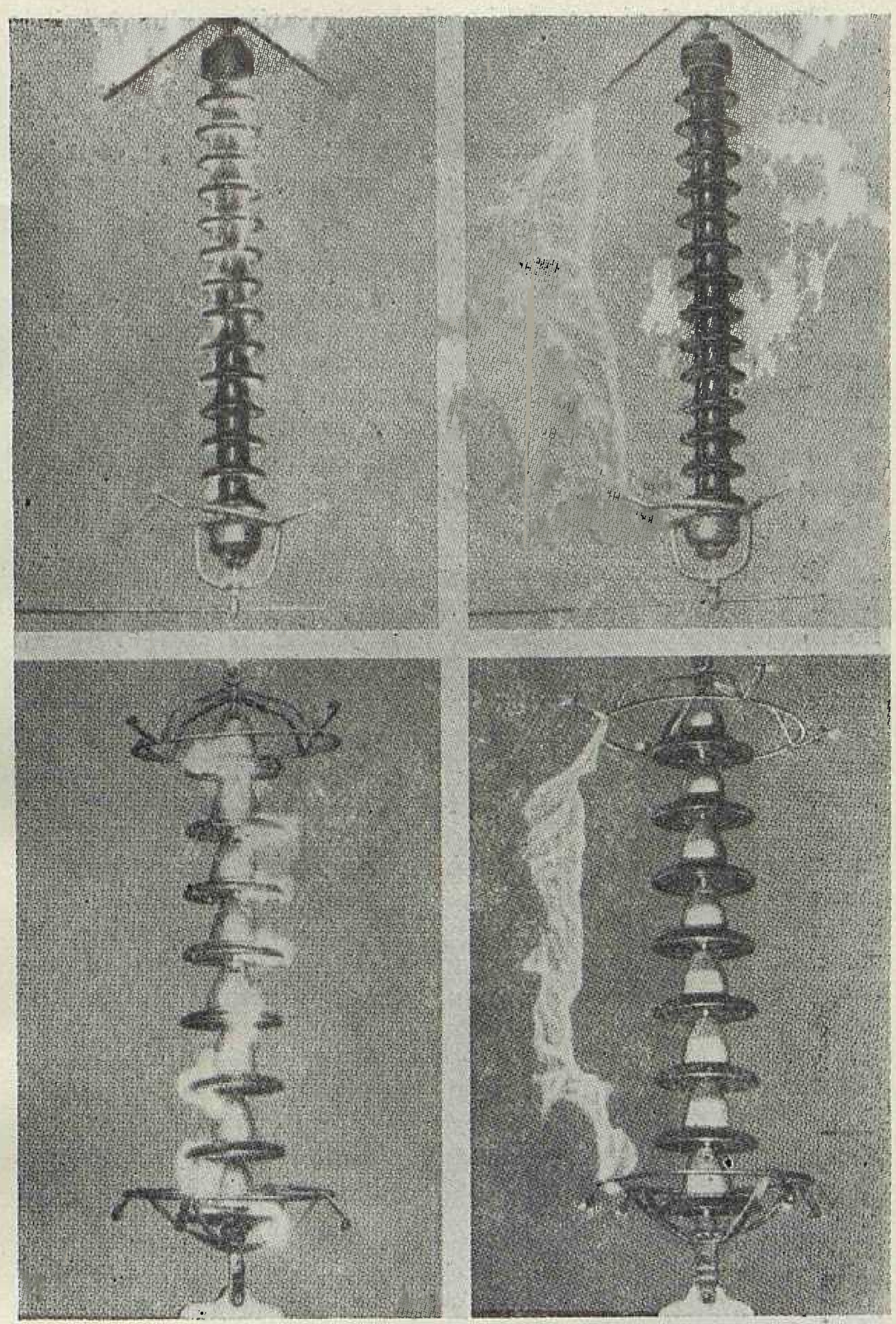
Uvod

Površinski proboji na izolatorima dalekovoda i postrojenja, koja se nalaze u blizini kemijskih tvornica ili pogona, čiji dim sadrži znatnije količine pepela i otpadaka, zatim na postrojenjima i dalekovodima smještenim uz morsku obalu ili u predjelima s jakom maglom, vrlo često izazivlju ispade vodova i smetnje u pogonu. Radi toga se tom problemu u posljednje vrijeme u svijetu, a naročito u nekim zemljama Evrope, poklanja sve veća pažnja. U Engleskoj, Njemačkoj i Mađarskoj, gdje su smetnje radi površinskih proboja dosta česte, dugo su vremena proučavali okolnosti zbog kojih nastaju takove smetnje. O tim istraživanjima opširno izvještava Dr. techn. Ignácz u »Elektrizitätswirtschaft« 1963, br. 2. Vlastita istraživanja, a ujedno i dobra iskustva s primjenom silikonskih masti u svrhe zaštite površine izolatora u SAD, naveli su stručnjake u mađarskoj elektroprivredi na primjenu silikonskih masti. Nakon premaza izolatora, stanje se potpuno izmijenilo i proboji na izolatorima, na kojima je izvršen premaz, potpuno su prestali.

Primjena silikonskih masti

Prije upotrebe silikonskih masti površinske proboje pokušalo se spriječiti češćim čišćenjem i pranjem izolatora. Međutim, čišćenje je izolatora skopčano s prekidanjem pogona, a osim toga moralo se često izvoditi. Uz to je bilo i nepouzdano, jer je za vrijeme magle vrlo brzo dolazilo do onečišćenja radi slijeganja prašine na izolatore. Da bi se na neki način povećao preskočni napon, gdje god je to prostor dozvoljavao, povećana je izolacija. Tako je npr. u jednoj transformatorskoj stanici napona 10 kV preskočni napon od 350 kV povećan na 430 kV, ali ni to nije dalo očekivane rezultate. Da bi se na neki način spriječile česte smetnje, pomišljalo se i na postavljanje kabela namjesto vodova srednjeg napona na tom području, jer su osobito vodovi srednjeg napona bili često u kvaru. To je međutim bilo relativno teško izvedivo, jer je zahtijevalo suviše velike investicije, budući da je područje onečišćivanja obuhvatalo prilično velike komplekse. S obzirom na sve to rješenje se moralo tražiti u zaštiti samih izolatora. Upravo u to vrijeme u stručnoj literaturi objavljeni su i prvi rezultati postignuti premazom izolatora silikonskim mastima u SAD. Već i prije toga postojala su izvjesna, iako ne baš najbolja, iskustva upotrebom silikonskih lakova za zaštitu izolatora. Silikonski lak djeluje odbojno za vodu, ali poteškoća u primjeni sastoji se u upotrebi da se lak nakon premaza mora peći na temperaturi od 300° C, što zahtijeva potpunu demontažu i dopremu izolatora do veće radionice. Zamisao, da se za premaz upotrebi silikonska mast, vrlo je rado prihvaćena, jer se premaz može vršiti na licu mjesta, a osim toga može se prema potrebi vrlo lako obnoviti, kada se tokom vremena djelovanja smanji.

Kako su objavljeni podaci o primjeni silikonske masti u SAD bili vrlo oskudni, morala se laboratorijskim ispitivanjima utvrditi otpornost različitih masti prema različitim vrstama prašine i zagađivanja, kao i potrebna debljina premaza. Provedena ispitivanja dala su vrlo dobre rezultate, pa se u jednom postrojenju napona 120 kV kao i na ulaznim vodovima pristupilo premazivanju izolatora. Već slijedeći zimski period pokazao je dobre rezultate, a i drugi zimski period također je opravdao očekivanja. Na premazanim izolatorima nije bilo ni jednog jedinog površinskog proboja, ali su se zato proboji pojavili na izolatorima koji su bili najbliži zoni premazanih i na kojima je postojalo izvjesno onečišćenje. Radi toga je zona premaza već slijedeće godine proširena na oko 4 km pred postrojenjem, nakon čega su površinski proboji potpuno prestali.



Sl. 1. Karakteristični oblici preskoka na onečišćenim izolatorima bez premaza (lijevo) i s premazom silikonske masti (desno)

Vrste onečišćenja površine izolatora

Kod primjene silikonskih masti u svrhu zaštite izolatora treba točno ustanoviti, o kakovoj se vrsti onečišćenja radi: da li je onečišćenje samo elektrolitskog karaktera, kad onečišćenje pokriva najveći dio površine izolatora, ili je onečišćenje zrnatog karaktera, kao što je cementna prašina, pepeo, pijesak, čađa i sl., kad je samo dio površine pokriven onečišćenjem. Ta onečišćenja, ako su u suhom stanju, nisu vodljiva. U praksi se međutim oba onečišćenja redovito sreću istovremeno, samo što jednom u većoj mjeri prevladava prvo, a drugi put drugo. Onečišćenje od morske soli ima karakter kombiniranog elektrolitsko-zrnatog onečišćenja.

Trajanje efikasnosti zaštite

Od velikog je interesa za pouzdan pogon bilo, da se točno odredi period u kojem treba ponoviti premaz. Nakon jedne godine na nekim je izolatorima izvršeno ponovo premazivanje, dok su neki namjerno ostavljeni sa starim premazom. Nakon druge godine premaz je još uvijek bio relativno dobar i na njima nisu opažena nikakva sumnjiva električna oštećenja, a niti odbojnost prema vodi nije pokazivala znakove slabljenja. Iz ovog se može zaključiti, da premaz nije neophodno ponoviti svake godine.

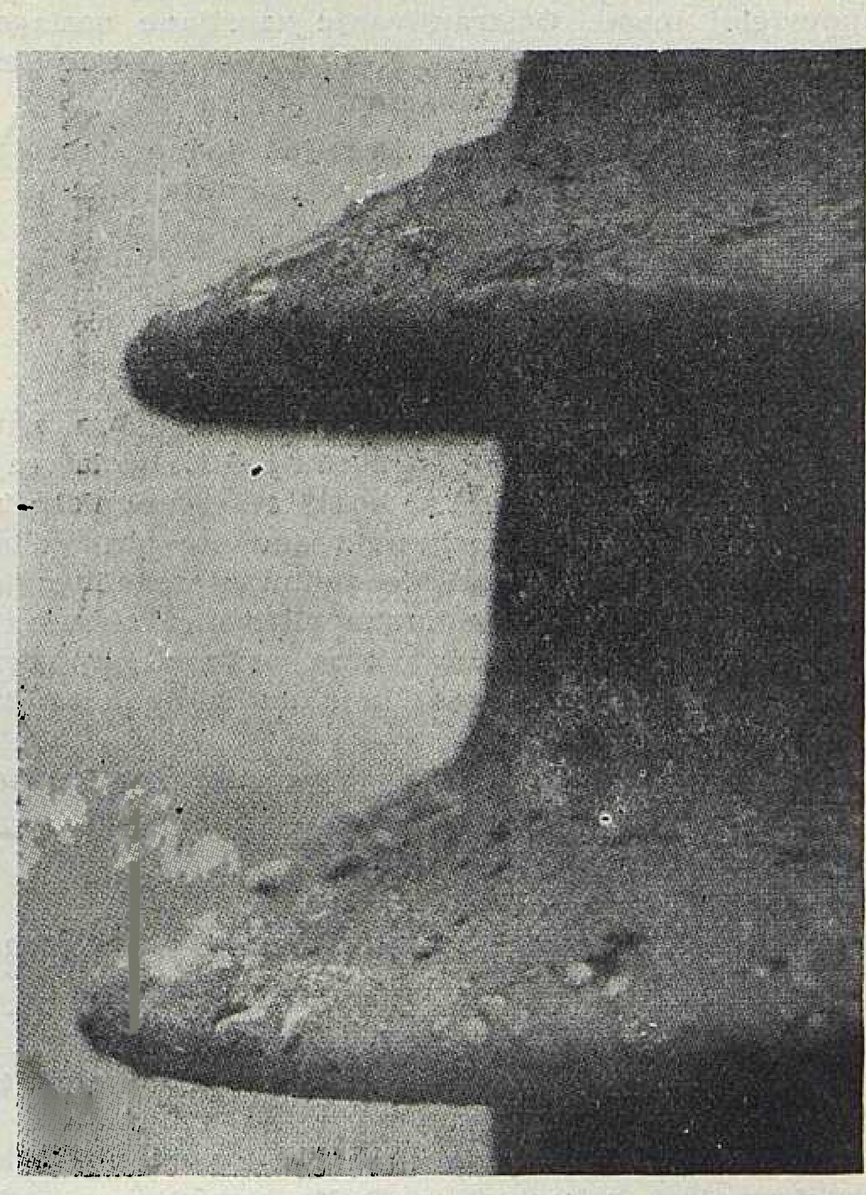
Iskustva silikonskim mastima u elektroprivredi Mađarske

Više nego zadovoljavajući rezultati, koji su postignuti primjenom silikonskih masti kod zaštite površine izolatora na prvom eksperimentalnom postrojenju srednjeg i višeg napona, naveli su odgovorne faktore u mađarskoj elektroprivredi, da premažu izolatore i u manje opasnim zonama, tako da danas već ima 6 transformatorskih stanica i 6 elektrana, te 19 ulaza vodova u postrojenja, čiji su izolatori premazani silikonskom mašću. Provedena opažanja su pokazala da je broj ispada i u ovim postrojenjima znatno smanjen. Ako se uzmu u obzir troškovi premazivanja izolatora s jedne strane i gubici koji nastaju za elektroprivredu uslijed površinskih proboja, oštećenja uređaja i ispada vodova s druge strane, vidi se da troškovi premazivanja čine tek oko 1 % iznosa gubitaka, što potpuno opravdava uložena sredstva.

Svoistva silikonskih masti

Budući da masni premaz djeluje odbojno na vodu, na površini izolatora ne može se stvoriti prevlaka vode, već se ona skuplja u pojedine kapljice. Veći dio sakupljenih kapljica oteče, čim padne na izolator. Od relativno malog broja kapljica, koje se zadrže na samom izolatoru, manje kapljice djelomično ispare, a veće se pod djelovanjem električnog polja međusobno spoje i tako se formiraju veće kapi, što pomaže njihovo otjecanje s površine izolatora. Na ovaj način nastaje cijeli niz prekinuća vodenog sloja, čime se sprečava njegova vodljivost preko površine izolatora.

Na nepremazanim izolatorima, radi djelomične vodljivosti pojedinih površina, stvara se nejednoliko električno polje, koje ima za posljedicu djelomične proboje, koji se redovito proširе u potpuni površinski proboj izolatora.



Sl. 2. Silikonskom mašću premazani izolator nakon jednogodišnjeg pogona u stanici onečišćenoj velikim količinama lećeg pepela; on još uvijek ne prihvaća vodu

Kod premazanih izolatora situacija izgleda potpuno drukčija. Zbog velikog broja prekida vodenog sloja raspodjela napona po površini praktički je konstantna, pa ne može doći do djelomičnih proboja. Kod većih prenapona, luk će se zatvoriti preko zraka i na takav način zaštiti sam izolator.

U slici 1 prikazani su različiti preskoci. Ako je površina izolatora, koji nisu premazani silikonskom masti onečišćena, već kod nižih napona počinje tinjanje i djelomični preskoci na cijeloj površini. Potpuni preskok nastupa kod nešto višeg napona. Ova se pojava može zapaziti kako kod potpornih i provodnih, tako i kod punih i lančanih izolatora dalekovoda. Kod izolatora, koji su bili premazani silikonskom

mašću, nije uopće došlo do tinjanja, a niti do djelomičnih preskoka, već se kod preskočnog napona luk zatvorio preko iskrišta.

Djelovanje silikonskih masti na nečistoće, bilo da su elektrolitičke ili mehaničke prirode, približno je isto. Ako na površinu premazanog izolatora pada pepeo, pijesak ili prašina, zrnca će se u vrlo kratko vrijeme obaviti masnim slojem i na takav će se način jedno zrno izolirati od drugog. Zbog toga silikonska mast mora sadržavati dovoljnu količinu ulja. Prvi pokusi, koji su se vršili uz molekularni sloj masti na površini izolatora, propali su, jer su samo imali svojstvo da odbijaju vodu, a nisu imali naročita izolaciona svojstva. Zbog toga naslaga masti na izolatoru ne smije biti ispod 0,05, a bolje je ako iznosi 0,1 mm, pogotovo ako su onečišćenja uglavnom zrnatog karaktera.

Mast se na izolatore nanosi ili prskanjem, kod čega mora biti pomiješana s nekim razređivačem, koji nakon prskanja brzo ishlapi, ili se pak nanosi ručno.

Čvrsti dijelovi prianjaju znatno bolje uz površinu, koja je masna, pa nakon izvjesnog vremena izolator, čija je površina premazana mašću, izgleda znatno prljavija od onog, čija površena nije bila premazana. Usprkos tomu izolacione sposobnosti premazanog izolatora neuporedivo su bolje.

Tamo gdje su onečišćenja zrnatog karaktera znatna, tokom vremena se na izolatoru stvori kora debljine i do 1 mm, što se kod pregleda izolatora može vrlo lako ustanoviti. U slici 2 prikazan je takav izolator. Ovakva kora ne pruža više dovoljnu izolacionu sposobnost, pa je treba odstraniti i nanijeti novi sloj masti. Odstranjivanje zaprljane naslage postiže se relativno lako, jer mast ne dozvoljava čvrsto vezanje nečistoća, osobito pepela i cementa.

Premaz silikonskom mašću ima još jedno dobro svojstvo. Ako se i ošteti sama površina izolatora, ona se brzo presvuće mašću i na takav način regenerira.

Zaključak

Gore navedena dobra svojstva i relativno dobra iskustva kod primjene silikonske masti u svrhu zaštite izolatora protiv tinjanja i lokalnih preskoka, kao i relativno niski izdaci za tu zaštitu, bitno su utjecali na njenu sve širu primjenu u onim zemljama, gdje dolazi do znatnijeg zagađivanja površine izolatora. Iskustva mađarske elektroprivrede na tom području mogu biti interesantna i za našu elektroprivredu, jer i kod nas ima postrojenja, koja su izložena znatnijem onečišćenju.

Ing. Tomislav Pavlović

Suhi transformatori sa silikonskom izolacijom

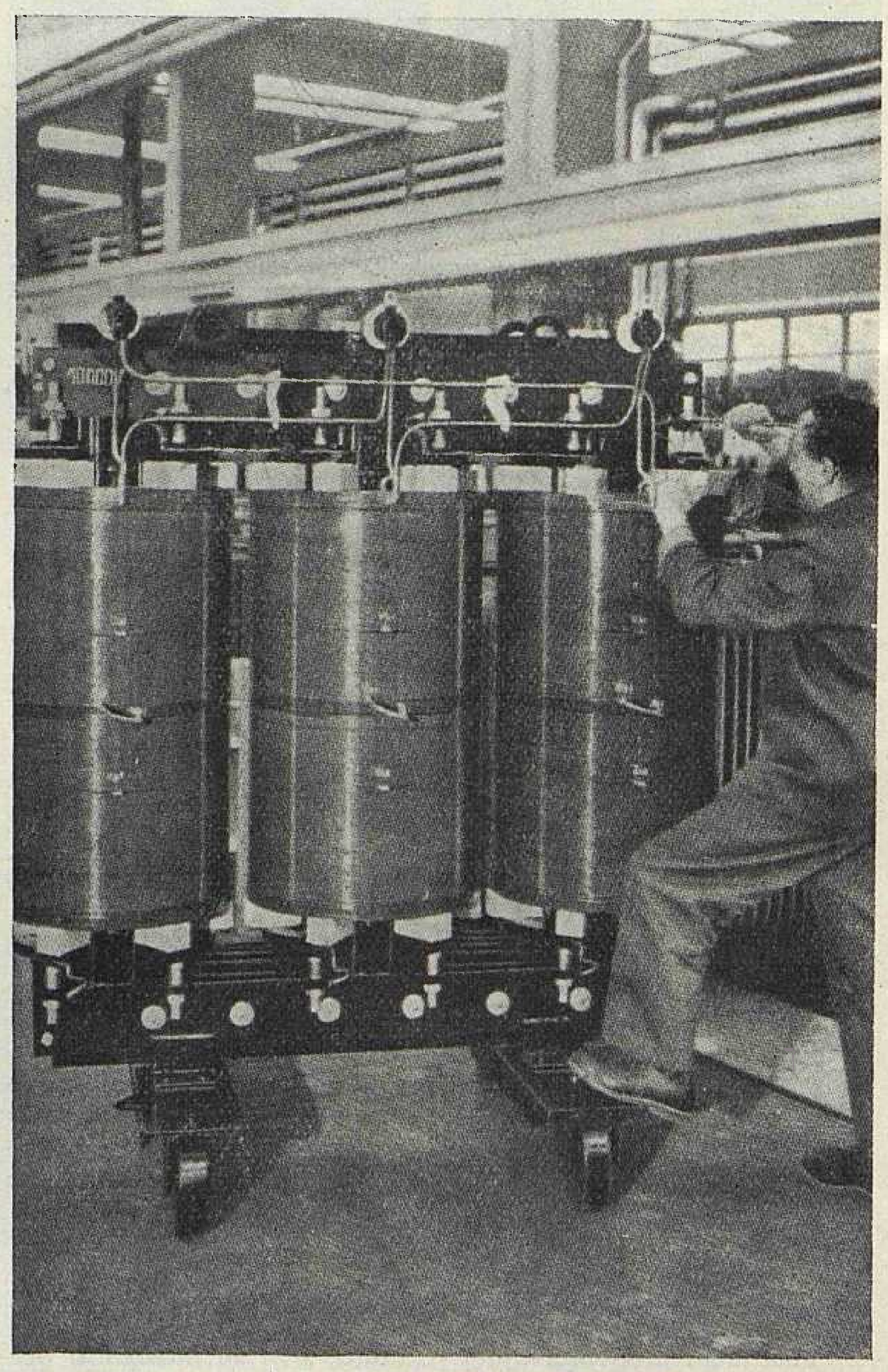
Silikonska izolacija kod suhih transformatora do sada se isključivo upotrebljavala u specijalnim izvedbama transformatora, kao npr. u transformatorima za rudarstvo, za lučno svarivanje i u drugim specijalnim izvedbama. Iako su ovi transformatori pokazivali najbolje uspjehe, u distributivnim mrežama gradova i industrijskih pogona do sada su se upotrebljavali samo transformatori punjeni uljem ili kojom nesagorivom tekućinom (npr. clophen). Kod postavljanja ovih transformatora u javnim zgradama ili u tvorničkim halama treba provesti odgovarajuće mjere zaštite od eksplozije ili od požara na ulju transformatora. Baš zbog ovih razloga transformatoru sa silikonskom izolacijom i na području javnih distributivnih mreža predstoji široka mogućnost primjene, jer pruža sigurnost protiv vatre i eksplozije, neosjetljiv je na povremena preopterećenja, a zahtijeva i manje prostora u odnosu na transformator punjen uljem. Kako kod ovih transformatora ne postoji opasnost od požara i eksplozije, nema potrebe ni za posebnim sigurnosnim mjerama.

Na temelju dobrog iskustva postignutog s ovakovim transformatorima zanimat će naše čitatelje podrobniji podaci, pa prenosimo kratke informacije iz časopisa »Siemens Zeitschrift«, br. 4, 1963.

Transformatori sa silikonskom izolacijom izrađuju se sada u sedam tipova snage od 400 do 1600 kVA i za napone od 6 do 10 kV. Oni imaju tehničke karakteristike kao transformatori izolacijom klase H, što odgovara srednjoj vrijednosti temperature namota od 135° C, odnosno temperaturi od 180° C na najtoplijem mjestu namota.

Željezna jezgra sastoji se od hladno valjanog magnetski usmjerenog lima. Za niskonaponski namot, koji leži na magnetskoj jezgri, upotrebljen je goli bakarni vodič prevučen silikonskim lakom posebnog sastava. Slojni visokonaponski namot napravljen je od bakra plosnatog profila i izoliran staklenom vunom, koja je natopljena silikonskim lakom. Na vanjskoj temperaturi silikonski lak ne otvrdne sasvim, pa se nakon formiranja i sastavljanja primarni i sekundarni namot peče na temperaturi od 250° C. Nakon toga ti namoti čine čvrstu mehaničku cjelinu.

Na slici prikazan je takav suhi transformator sa silikonskom izolacijom snage 1600 kVA. Veća izolaciona odstojanja kod ovog transformatora zahtijevaju nešto težu željeznu jezgru prema klasičnom transformatoru ili onom koji je punjen »clophenom«, pa su zbog toga kod silikonskih transformatora i gubici praznog hoda nešto veći, npr. kod primarnog napona 6 kV za 15 do 35%, a kod primarnog napona 10 kV između 30 i 60%. Niži postoci važe za transformatore veće snage. Međutim ukupni gubici u željezu i bakru kod transformatora sa silikonskim izolacijom i transformatora punjenim uljem ili »clophenom« kod 75° C praktički su jednaki radi mogućnosti znatno većeg opterećenja bakrenog namota. Ta prednost transformatora sa silikonskom izolacijom daje i za 25% manju ukupnu težinu, a zahtijeva i znatno



Trofazni suhi transformator sa silikonskom izolacijom, 1600 kVA, 10 ± 5%/400/231 V, napon kratkog spoja 6 %, na vlastitom pokretnom postolju

manji prostor, tek 65 do 75 % površine i 65 do 75 % visine transformatora punjenog uljem ili »clophenom« jednake snage i napona.

Osobito povoljno svojstvo transformatora sa silikonskom izolacijom je njihova neosjetljivost prema povremenim preopterećenjima. U SAD vršeni eksperimenti pokazali su, da ovi transformatori bez daljnjega trajno podnose dozvoljenu pogonsku temperaturu na najtoplijem mjestu od 180° C. Povremena preopterećenja, koja su imala za posljedicu maksimalnu temperaturu od 220° C, također nisu bila štetna za transformatore.

Kod tipskih ispitivanja pri nominalnom opterećenju postignute su nadtemperature kod namota gornjeg napona od 126—130° C, kod donjeg namota od 120—126° C, a kod željezne jezgre od 105—116° C. Nadtemperature namota nalazile su se prema tome ispod dozvoljenih granica prema propisima za izolaciju klase H, koja dozvoljava maksimalnu temperaturu od 135° C.

Daljnja su ispitivanja kod pokusa kratkog spoja pokazala dobru mehaničku čvrstoću. Tako je npr. transformator od 500 kVA, na sekundaru kratko spojen, primarno bio priključen s punim nazivnim naponom na izvor snage od cca 200 MVA. Da bi se dobila što vjernija slika prilika u nekoj krutoj mreži, bio je napon praznog hoda na izvoru toliko podignut, da je napon na stezaljkama transformatora iznosio 9,5 kV. Trajanje kratkog spoja bilo je 0,25 sek, a najveća tjemena vrijednost udarne amplitude 1070 A. Temeljiti pregled transformatora nakon više pokusa kratkog spoja nije pokazivao nikakvih promjena oblika namota, a niti nikakvih pomaka ili oštećenja podupirača namota. Ni kasniji pokusi s punim iznosom izmjeničnog ispitnog napona nisu pokazali nikakve nedostatke.

U kabelskim mrežama suhi su transformatori izvrgnuti nižim prenaponima od onih, koji se mogu pojaviti u zračnim mrežama. Ispitivanje suhih transformatora udarnim prenaponom propisima nije predviđeno. Ipak, provedena ispitivanja su pokazala, da silikonski transformator vrlo dobro podnosi ispitivanja strmim udarnim valovima u trostrukom iznosu tjemene vrijednosti nazivnog napona.

Provedena su također i ispitivanja buke, koja su pokazala samo njezino neznatno povećanje u odnosu na transformatore s tekućinom, ali kojoj je vrijednost još uvijek bila ispod propisima dozvoljene granice.

Dosadanja dobra iskustva s posebnim transformatorima izoliranim silikonskom izolacijom, kao i povoljni rezultati dobiveni ispitivanjem opravdavaju nadu, da će u budućnosti takovi transformatori naići na širu primjenu u distributivnim mrežama.

Ing. Tomislav Pavlović

Razdioba opterećenja za 1963. i 1964. na talijanskoj električnoj mreži visokog napona

(Prethodno saopćenje o studiji grupe za talijanski paralelni pogon)

U mjesecu srpnju prošle godine Radna grupa za talijanski paralelni pogon G. L. P. J. (vidi »L'Energia Elettrica« 1961 br. 12, Catenacci: »Il modello della rete italiana a 220 kV«) dopunila je studiju o ponašanju talijanske električne mreže visokog napona prema predviđenoj situaciji za godine 1963/64.

Cilj je studije bio provjeravanje sposobnosti transportne mreže (formirana je mreža 220 i 380 kV pojedinih električnih poduzeća, koje funkcioniraju već odprije kao jedinstveni kompleks) da primi proizvedenu energiju novih elektrana i da je transportira i distribuira u središtima potrošnje.

Ovaj tip studije predstavlja poseban interes za talijansku mrežu u odnosu na druge evropske zemlje, s obzirom na veliku dislokaciju distribucije raspoloživosti hidroenergije i također distribuiranih položaja većih centara konzuma, — okolnosti koje su uvjetovale izgradnju transportne, u velikom stupnju, interkonektirane mreže.

U ovom prethodnom saopćenju Grupe G. L. P. J. kao primjer navedene su dvije situacije raspodjele opterećenja ljeti i zimi. Daljnji detalji studije bit će uskoro objavljeni.

(A. Segre, *Le ripartizioni del carico per gli anni 1963. e 1964. sulla rete elettrica italiana.* L'Energia elettrica, Milano 1962, br. 10).

J. Jerić

Elektroprivreda u Čehoslovačkoj

Autor članka je lično prikupio iznesene podatke o čehoslovačkoj elektroprivredi, prigodom proljetnog kongresa sekcije CEE (Commision Internationale de Réglementation en vue de l'Approbation de l'Equipement Electrique), održanog u Pragu 1962.

S energetskog stanovišta pretežni izvori energije zemlje su ugljenokopi, smješteni u sjevernim zonama na granici s Poljskom. Proizvodnja mrkog ugljena je u 1960. dosizala do 29,8 milijuna tona, lignita 58 milijuna tona, nafte oko 100.000 tona, te ograničene količine zemnog plina.

Ministarstvo za gorivo i energetiku je najviši organ o kojem zavise energetski izvori. Ono ima dužnost organizacije i kontrole, te rukovođenja centralnim dispečerom, koji pak ima zadatak da kupuje svu proizvedenu energiju i da je prodaje distributerima.

U sektoru djeluju ove organizacije i društva, ekonomski neovisna:

- neka određena za proizvodnju hidraulične energije (po jedna za veće hidroelektrane), a druga za više manjih elektrana;
- deset (jedna po pokrajini) za distribuciju, s upravom transportne mreže, koja pripada pokrajini;
- jedno poduzeće za studije i upravu novoizgrađenih postrojenja;
- dva poduzeća za velike popravke;
- jedno poduzeće za istraživanja i savjetovanja, unutar kojega je i Institut za istraživanje.

Proizvodnja energije iznosila je 24,4 milijarde kWh godine 1960, od koje otpada oko 10 % na hidroenergiju. Ostatak, oko 90 %, je proizveden u termoelektranama, loženjem kotlova otpadnim sortama ugljena, lignitom i tresetom.

Plan predviđa da će proizvodnja u 1965. doseći količinu od 39 milijardi kWh. Sadašnja instalirana snaga u elektranama iznosi 5500 kW. U posljednje doba je godišnji prirast konzuma bio 11 %.

Za hidroelektričnu proizvodnju u toku su radovi na vodnim tokovima Vltave i Vaha. Proizvodnja na Vltavi je predviđena na 13 stepenica od kojih je 8 već izvedeno ili se radovi nalaze u odmakloj fazi izgradnje. Vltava predstavlja 10 % teoretske mogućnosti proizvodnje u Čehoslovačkoj. Korištenje Vltave počinje od perioda 1930—35. kada je bila izgrađena brana kod Vrany-a nizvodno od Praga. Dosada izgrađene hidroelektrane i njihova godišnja proizvodnja na Vltavi su (od izvora nizvodno):

	kWh . 10⁶
Lipno I (u izgradnji)	(nema podataka)
Lipno II (regulacija)	6,6
Orlik (u toku završetka)	400
Kamik	77
Slopy	300
Stehovice (sa pumpanjem)	86
Vrany	66

Hidroelektrana Lipno I je podzemna, ostale su pribranske.

Na rijeci Vah izgrađen je posljednjih godina kompleks od 16 hidroelektrana, sve manje od onih na Vltavi. Kada se završi izgradnja hidroelektrana koje su sada u gradnji predviđa se da će hidraulična snaga doseći ukupno 1575 MW. Pored toga je poznato da su na Dunavu projektirane izvjesne hidroelektrane koje bi se izgradile u zajednici s Mađarskom.

U termoelektranama do sada su instalirane grupe s maksimalnom snagom od 50 MW, dok se predviđa naredna maksimalna snaga 100 MW sa tlakom pare od 100 at i 535° C. Proizvođači termoenergije plaćaju gorivo na bazi 110 kruna (K) za 7 000 000 kalorija. Prema službenom kursu 1 KČ = = 87,80 Lit.

Dispečer pri Ministarstvu za energiju regulira kretanje cjelokupne energije, kupujući od proizvođača proizvodnju i prodavajući je distributerima na bazi cijene od 51 K po kW, mjesec i 0,072 K/kWh. U slučaju da mjesečno iskorišćenje vrha opterećenja prelazi 500 sati dodatak na cijenu je 0,16 K/kWh.

Čehoslovačka je električki povezana sa susjednim zemljama osim sa SRSS. Međutim je u projektu veza i sa ovom zemljom.

Prijenosna je mreža predviđena za tri napona: 400 kV (postoji oko 500 km, za sada sa 220 kV u pogonu); 220 kV, sada 1100 km i 110 kV, prvotna mreža, sada upotrebljena za manje interkonekcije i distribuciju većim potrošačima. Stupovi su željezni rešetkasti, izolatori viseći i tipa »Longstab«.

Primarne stanice su opremljene pneumatskim malouljnim sklopkama, monofaznim ponovnim uklapanjem 0,1 sek (trofaznim ponovnim uklapanjem) i rasklopne snage:

400 kV	15 MVA (20 — 25 predviđeno),
220 kV	7,5 MVA (10 predviđeno),
110 kV	4,5 mVA (5 predviđeno).

Jedinice transformacije su od 3 x 33 MVA, a predviđene su od 3 x 66 MVA za stanice 220/130 kV. Za stanice 400/220 kV predviđaju se monofazne grupe od 400 do 600 MVA trofazne, a za transformacije 400/100 kV grupe za 400 MVA trofazno.

Distributivna mreža ima tri naponska stepena: 35 — 22 — — 10 kV. Ukupna dužina ovih mreža sada dosiže 50 000 km (zračnih) i oko 6000 km kabela. Pretežno je izvedena drvenim stupovima. Vodiči su od aluminijum — čelika.

Sadašnje tarife su jedinstvene za čitav teritorij zemlje, a objelodanjene su u službenim novinama. Karakteristično je da tarife za upotrebu električne energije u kućanstvu ograničavaju potrošnju time da cijena raste kad je potrošnja veća.

(M. Ferrario, *L'industria elettrica in Cecoslovacchia.* L,Energia elettrica, Milano 1962, br. 11).

J. Jerić

Sadašnja struktura talijanske elektroprivrede

U prošlim decenijima talijanska elektroprivreda brzo se razvijala ritmom koji joj je dozvoljavao da pravovremeno i s dovoljnim stupnjem sigurnosti pokriva jake poraste potreba. Istodobno se njezina struktura na vrijeme prilagođivala ekonomskim i socijalnim uvjetima zemlje. Njezina sadašnja organizacija predstavlja ukratko glavne etape evolucije od početka do danas.

U članku autor navodi razvoj talijanske elektroprivrede od prvih početaka u godini 1883, kada je u Milanu izgrađena prva termoelektrana snage 400 kW, sve do drugoga svjetskog rata, ilustrirajući ga jednim grafikonom. Prva proizvodna postrojenja su bila termička, ograničenih snaga, do oko godine 1891, kada je bio riješen problem prijenosa električne energije na velike udaljenosti. To je dalo jak impuls korištenju vodnih snaga zemlje, koje je bilo snažno poduprto racionalnim i svrsishodnim zakonodavstvom, zasnovanim na principu slobode, otvarajući tako mogućnosti svima koji su pružali dostatne tehničke i financijske garancije za izgradnju odgovarajućih hidropostrojenja i mreža prijenosa i distribucije.

Već u prvim godinama iza 1900. ocrtava se tendencija distributivnih poduzeća da se razvijaju izvan ograničenih gradskih prostora i da se postepeno koncentriraju u kompleksna industrijska postrojenja opsežnijih razmjera, koja su u stanju da tehnički i financijski ostvaruju veće radove, koji su omogućili evoluciju hidrauličkih strojeva i transportnih linija energije s rastućim naponima.

Racionalnim korištenjem hidrauličkih snaga, čemu je pogodovao zakon iz godine 1916, izbjegnuta je veća primjena uvoznih goriva u ondašnjoj situaciji, što bi bilo predstavljalo krupnu zapreku općem razvoju zemlje.

Poslije prvog svjetskog rata proces se ističe gradnjama, sa strane mnogobrojnih društava organski vezanih u grupe, takvih dimenzija koje su osiguravale optimalno iskorištavanje postrojenja. Već je onda bilo jasno da je za postizavanje harmonične ravnoteže između proizvodnje i potrošnje, unutar ekonomskih granica transporta energije potrebna integracija postrojenja na regionalnoj, a do izvjesne mjere i na desregionalnoj bazi. Ovaj proces koncentracije bio je nužan i s financijskog gledišta s obzirom na ogromna novčana sredstva potrebna za izgradnju sve većih postrojenja.

Proces koncentracije komercijalnih elektroprivrednih društava u grupama približno regionalnim bio je dopunjen praktički između 1930. i 1940, što postavlja Italiju na prvo mjesto u Evropi. U Francuskoj npr. ovaj proces se je samo djelomično ostvario u proizvodnji, ostavljajući naprotiv distribuciju karakteriziranu znatnom nehomogenošću i fragmentarnošću; u Engleskoj pak, uslijed pogrešne postavke zakonodavstva, pokazuje se tendencija malih poduzeća u lokalnim mjerilima i elektroprivreda je karakterizirana krupnom fragmentarnošću i gotovo upornošću koordinacije ne samo u distribuciji, nego i u produkciji.

Po završetku drugog svjetskog rata u Italiji, uslijed ratnih razaranja bila je reducirana raspoloživa snaga za oko 27 % od one što je postojala početkom rata, a u Njemačkoj npr. za 21 %, u Francuskoj za 5 %, u Engleskoj za 3,5 %, uslijed čega je u Italiji opala produkcija za 60 % prema onoj realiziranoj u 1941.

Poratnu rekonstrukciju postrojenja, otežanu pomanjkanjem odgovarajuće opreme i kapitala, poduzeća su odmah provela odlučno i bez državne subvencije i izgradila nova postrojenja u pravo vrijeme. Tako je talijanska elektroprivreda prva između zemalja u Evropi u godini 1947. dosegla nivo proizvodnje iz 1942. bez ograničenja konzuma u prvim mjesecima 1950. dok su u Francuskoj trajala ograničenja kroz cijelu 1951. U Njemačkoj su ona prestala na početku 1952, a u Engleskoj su sve redukcije mogle biti potpuno ukinute tek 1956—1957.

Instalirana snaga u proizvodnim postrojenjima raste od 7.488 MW u 1950. na 17.168 MW krajem 1961. (oko 11781 MW u hidroelektranama) s porastom od oko 13%. U istom periodu je ukupna mogućnost proizvodnosti (hidro i termo) porasla od okruglo 29 milijarda na gotovo 66 milijarda kWh. Proizvodnja je porasla od 24,7 milijarda kWh u 1950. na 60,6 milijarda u 1961. (u hidroelektranama 42 milijarde, u termoelektranama 18,6 milijarda) s porastom od okruglo 145 %.

Indeks električn proizvodnje u Italiji 1961. u odnosu na 1938 (= 100) iznosio je 392, dakle je veći od indeksa industrijske proizvodnje, koji je bio u istom periodu 328.

Prema današnjim cijenama ukupne investicije talijanske elektroprivrede u proizvodna postrojenja, transportne i interkonekcione linije, transformatorske stanice, distributivne mreže srednjeg i niskog napona, mogu se procijeniti na oko 6000 milijarda talijanskih lira.

Vrijednost energije zajedno s onom proizvedenom od proizvođača za vlastite potrebe uz današnje cijene valutira se na 600 milijarda talijanskih lira. Odnos između investicija i prihoda je reda veličine 10/1.

Sadašnju organizaciju talijanske elektroprivrede karakterizira koegzistencija privatnih i javnih poduzeća, te onih koja imaju mješoviti karakter, tj. koja sačinjavaju dionička društva, ali s većinom učešća države, te konačno proizvođači za vlastite potrebe tj. za vlastite tvornice.

Učešće svake od navedenih kategorija društva u proizvodnji energije bilo je godine 1961. u postocima:

poduzeća komercijalna privatna	47,4
poduzeća mješovita (finotehnika)	24,5
Lordorello (geotermička)	3,8
državne željeznice	1,5
komunalna poduzeća	6,3
potrošači za vlastite potrebe	16,5
	100,0

Karakteristika sadašnje faze organizacije je osnivanje posebnih društava učešća među različitim grupama i poduzećima za zajedničku izgradnju i pogon važnijih postrojenja: Hidroelektrično društvo Sarca Molveno, Hidroelektrično društvo Srednje Ade, Talijansko termoelektrično društvo itd.

U daljnjim izlaganjima autor iznosi probleme koje je trebalo u toku razvoja rješavati u pogledu prijenosa energije sa sjevera na jug Italije, te pitanja o izmjenama energije s pograničnim zemljama. Naročito ističe unifikaciju frekvencije u cijeloj Italiji provedenu poslije rata, čime je omoguće paralelni pogon interkonektiranih linija 220 kV unutar same Italije i Evrope.

Mreža je 220 kV dugačka je danas 11.000 km. Spominje se da je 29. IX 1962. puštena u pogon termoelektrana La Spezia s jedinicom snage 320 MW, koja će biti postepeno proširena s još jednim agregatom iste snage i dva agregata po 600 MW, tako da će ova elektrana u konačnoj fazi izgradnje premašiti 1800 MW.

(N. Faletti, *L'attuale struttura della industria elettrica italiana.* L'Energia elettrica, Milano, br. 10, 1932.) *J. Jer.*

IZ SVIJETA

Pregovori između elektroprivrede Mađarske i Jugoslavije. U Beogradu su od 3. do 7. VI o. g. vođeni pregovori između delegacija mađarske i jugoslavenske elektroprivrede. Delegacije su proučavale mogućnost eventualne izgradnje elektroenergetskih objekata u Jugoslaviji za koje bi opremu isporučila i kreditirala Mađarska. Kredit bi se otplaćivao isporukom električne energije iz objekata sagrađenih kreditiranom opremom.

Perspektivni planovi proizvodnje ugljena. Dugoročnim planovima zapadnoevropske industrije ugljena predviđeno je osjetno smanjenje proizvodnje ugljena u Belgiji i Francuskoj do 1965. U Zapadnoj Njemačkoj se predviđa zatvaranje ugljenokopa čiji kapaciteti iznose ukupno 3 do 4 milijuna tona godišnje. Dugoročni program pomoći industriji ugljena, koji je predložila bonska vlada, temelji se na pretpostavci — čija tačnost nije zajamčena — da će biti moguće stabilizirati proizvodnju ugljena na sadašnjem nivou od 140 milijuna tona godišnje. U Velikoj Britaniji Nacionalna uprava za ugljen stoji na stanovištu da će se proizvodnja i prodaja ugljena do 1965. uravnotežiti i da će se kretati oko 200 milijuna tona godišnje.

Struktura proizvodnje potrošnje energije SAD u zadnjih 10 godina pretrpjela je znatne promjene. Iako je potražnja energije bila u stalnom porastu, udio ugljena se osjetno smanjio u ukupnoj potrošnji energije, dok su nafta i zemni plin sve više sudjelovati u pokriću povećane potražnje energije. Proizvodnja ugljena u SAD pala je 1961. na 381 milijuna tona. Već u 1962. porasla je na 396 milijuna tona. Zbog porasta potrošnje energije, naročito električne, koja se sve više proizvodi u termoelektranama na ugljen, proizvodnja ugljena SAD će se prema nekim predviđanjima povećati u toku narednih 20 godina čak na 800 milijuna tona. Ova predviđanja se temelje na velikoj produktivnosti i sniženju troškova ekstrakcije ugljena, na postignutom unapređenju transporta ugljena cjevovodima te na povećanju stupnja toplinskog iskorištenja u termoelektranama.

Prema sadašnjim predviđanjima proizvodnja kamenog ugljena u Evropi (bez SSSR-a) dostići će 1965. godine 590 do 600 milijuna tona prema proizvodnji od 568 milijuna tona u 1960. U zemljama članicama Evropske zajednice za ugljen i čelik (European Coal and Steel Community — ECSC; članice: Francuska, Zapadna Njemačka, Italija, Belgija, Luksemburg, Nizozemska, a kasnije i Velika Britanija no s nešto drukčijim obavezama) proizvodnja kamenog ugljena treba se smanjiti od 234 milijuna tona iz 1960. na 210 do 220 milijuna tona u 1965. dok bi se u ostalim zapadnoevropskim državama trebala održati na istom nivou od 20 milijuna tona.

Prognoze proizvodnje kamenog i mrkog ugljena u zemljama istočne Evrope. U zemljama Istočne Evrope predviđa se do 1965. slijedeća proizvodnja kamenog i mrkog ugljena u milijunima tona, odnosno u milijunima »ugljenih tona«:

	1955	1956	1962	1965
1. Bugarska				
kameni i mrki ugljen	10,1	17,1	21,5	33,5
2. Čehoslovačka				
kameni ugljen	20,6	27,5	—	35,5
mrki ugljen	40,8	58,4	67,8	77,5
3. Istočna Njemačka				
mrki ugljen	200,6	225,5	—	278.0
4. Mađarska				
kameni ugljen	2,7	2,8	—	—
mrki ugljen	19,6	23,7	—	31,0
5. Poljska				
kameni ugljen	94,5	104,5	109,0	114,5
mrki ugljen	6,0	9,3	10,9	27,0
6. Rumunjska				
kameni i mrki ugljen	5,7	8,1	—	12,2
7. SSSR				
kameni ugljen	276,1	374,9	385,6	461,0
mrki ugljen	114,9	134,7	133,6	151,0

Podzemno rasplinjavanje ugljena. Rudarski institut u Sarajevu predlaže podzemno rasplinjavanje ugljena. Postoje ogromne količine ugljena čije se vađenje na klasičan rudarski način više ne isplati, ili je na granici rentabilnosti.

Analizama je ustanovljeno da bi eksploatacija ugljena putem podzemnog rasplinjavanja bila dva puta jeftinija. Pored toga, transport plina i njegova primjena u postrojenjima konzuma daleko su jeftiniji.

Predloženo je da se prvi pokus podzemnog rasplinjavanja primijeni na području jednog napuštenog pogona Rudnika Kakanj. U slučaju pozitivnih rezultata, proizvedeni plin bi se koristio kao energetsko gorivo u susjednoj Termoelektrani Ćatići. Za klasični rudarski način eksploatacije nerentabilne zalihe ugljena u ovom napuštenom ugljenokopu iznose oko 35 milijuna tona. Prema tome, Termoelektrana Ćatići bila bi osigurana plinom, za sadašnji volumen proizvodnje, oko 30 godina.

Podzemno sagorijevanje ugljena u procesu rasplinjavanja vrši se na temperaturi od 1100 do 1200 stupnjeva. Sonde se postavljaju u kvadratu a ugljen se pali usijanim koksom. Kroz sonde se utiskuje zrak pod tlakom, kako bi došlo do sagorijevanja ugljena između bušotina. Za potrebnu opremu treba oko 150 milijuna dinara.

Razvoj potrošnje električne energije u domaćinstvu Zapadne Njemačke. Potrošak električne energije u domaćinstvu Zapadne Njemačke raste brže od porasta potrošnje i javne mreže. Razvoj potrošnje električne energije Zapadne Njemačke [bez Saar-a] u razdoblju od 1950. do 1960. izgleda ovako:

Godina	Potrošak u domaćinstvima		Ukupni potrošak iz javne mreže	
	TWh	Indeks	TWh	Indeks
1950.	3,1	100	24,3	100
1951.	3,6	116	29,2	120
1952.	4,1	132	32,3	133
1953.	4,6	148	34,7	143
1954.	5,1	164	40,2	165
1955.	5,9	190	45,6	188
1956.	7,1	229	51,3	211
1957.	8,1	265	56,0	230
1958.	9,3	300	59,0	243
1959.	10,4	336	65,6	270
1960.	12,0	387	74,3	306

Razvoj strukture potrošnje pojedinih vrsta energije za kategoriju tzv. široke potrošnje, izražen indeksima, pokazuje da za električnom energijom zaostaju: kameni ugljen, plin i ostali nosioci energije, dok je nafta daleko ispred svih.

Godina	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Nafta	Električna energija	Plin	Ostalo	Ukupno
1950.	100	100	100	100	100	100	100
1951.	109	105	250	110	123	96	109
1952.	136	106	250	130	131	89	124
1953.	124	110	200	140	139	82	117
1954.	152	122	250	160	139	82	137
1955.	172	133	500	180	154	79	154
1956.	186	137	1050	210	169	79	169
1957.	180	143	1550	230	162	82	172
1958.	137	156	2350	250	177	75	159
1959.	131	141	3000	280	177	82	160
1960.	144	143	4200	310	185	82	178

Kriza ugljena je očita i na ovom sektoru potrošnje. Potrošak nafte, kao najekonomičnijeg oblika primarne energije, naglo se širi a elektrika kao oplemenjeni oblik energije s izvanrednim svojstvima pretvorbe u druge oblike energije [toplinsku, mehaničku, svjetlosnu, kemijsku, zvučnu] stalno raste. Na porast potrošnje električne energije utječe i njezina relativno niska cijena što je vidljivo iz kretanja indeksa cijena pojedinih vrsta energije [1930 = 100] za srednjeg potrošača.

Godina	Ogrjev rasvjeta ukupno	Drvo	Ugljen	Plin	Električna energija
1950.	135	161	179	116	106
1951.	146	189	198	122	111
1952.	157	206	216	132	117
1953.	162	203	220	140	122
1954.	170	203	247	144	124
1955.	175	206	260	145	125
1956.	178	215	269	146	124
1957.	183	225	283	148	125
1958.	192	229	306	155	128
1959.	184	229	307	157	131
1960.	198	229	314	165	131

Proizvodnja električne energije u SAD. Ukupna proizvodnja električne energije SAD u 1962. ocijenjena je sa 876 milijardi kilovatsati. Predviđa se da će instalirana snaga elektrana od 200,4 milijuna kilovata na kraju 1962. porasti do kraja 1965. godine na 231,7 milijuna kilovata.

Dispečerski centar u Pragu. Prema obavijesti TASS [SSSR] sedam zemalja istočnog lagera potpisalo je sporazum o daljnjoj integraciji svoje električne mreže i o osnivanju dispečerskog centra u Pragu.

Prognoze OECD o razvoju proizvodnje električne energije iz atomskih elektrana. Izvještaj Komiteta za elektroprivredu OECD (The Electricity Supply Industry in Europe, 12th Enquiry) o predvidivom razvoju atomske energetike za pokriće rastućih potreba Evrope za električnom energijom, sadrži podatke o opterećenju i proizvodnji atomskih elektrana do g. 1966. Prognoze OECD-a su kao i obično veoma oprezne. Polazi se od pretpostavke udvostručenja potrošnje električne energije u svakih 10 godina.

Razvoj snage atomskih elektrana pri kraju svake godine u MW

Zemlja	1960.	1961.	1962.	1963.	1964.	1965.	1966.
Belgija	—	10	10	10	10	10	10
Francuska	51	50	100	300	300	800	900
Italija	—	—	200	350	515	515	515
Zapadna Njemačka	—	15	15	30	30	30	30
Zemlje EUROATOM ukupno	51	75	325	690	855	1355	1455
Švedska	—	—	—	—	10	10	60	60
Švicarska	—	—	—	—	—	10	10
Velika Britanija	300	600	900	1500	2500	3000	3900
OECD ukupno	351	675	1225	2200	3365	4425	5425

Ako se uzmu u obzir i projekti za koje još nije donesena konačna odluka, onda će opterećenje atomskih elektrana na kraju 1966. iznositi oko 6000 MW. Prognoze OECD-a za zemlje EUROATOM su niže od prognoza Komisije EURATOM objavljenih u »Petom izvještaju o poslovanju« aprila 1962. Prema ovom izvještaju opterećenje atomskih elektrana u zemljama EUROATOM će na kraju 1966. iznositi 1669 MW (a ne 1455 MW). Razlika je kod Francuske za 164 MW i kod Zapadne Njemačke za 50 MW.

Zemlja	1962.	1963.	1964.	1965.	1966.
Belgija	20	50	50	50	50
Francuska	400	700	1200	2500	4000
Italija	500	1000	2000	3000	4000
Zapadna Njemačka	50	100	100	100	100
Zemlje EURATOM ukupno	970	1850	3350	5650	8150
Švedska	—	—	20	100	200
Švicarska	—	—	—	2	5
Velika Britanija	4700	7800	13100	17500	22300
OECD ukupno	5670	9650	16470	23252	30655

Prognoze Komisije EUROATOM utvrđuju za 1966. od 8 do 10 TWh. Ovom proizvodnjom atomskih elektrana pokrilo bi se 2 % konzuma električne energije. U Francuskoj je to 3,4 % a u Italiji 4,8 %. Oko 2 % pokrića konzuma električne energije u 1966. predviđa za svoje članove i organizacija OECD. U Velikoj Britaniji bi prema tom predviđanju otpalo na atomske elektrane 11 % konzuma električne energije.

Kako je proizvodnja električne energije iz atomskih elektrana još u fazi razvoja a cijene energetskog goriva nesigurne, Komitet za elektroprivredu OECD ne prognozira vrijeme ekonomičnije proizvodnje atomskih elektrana. Međutim, neki stručnjaci smatraju da će atomske elektrane već 1970. proizvoditi u temeljnom opterećenju konkurentnu električnu energiju.

Usprkos postojećoj nesigurnosti na području razvoja tehnologije proizvodnje atomskih elektrana i poteškoćama u vezi proračunavanja investicija Komitet OECD smatra da će troškovi izgradnje u narednim godinama iznositi 280 $/kW. Ova prognoza je vrlo oprezna. Za neke već sada projektirane atomske elektrane troškovi izgradnje daleko su niži.

Automatizacija poslovanja elektroprivrede. Februara 1962. održan je u Beču međunarodni seminar na temu *Praktične mogućnosti automatizacije poslovanja elektroprivrede.* Postoje dvije mogućnosti: primjena konvencionalnih strojeva sistema bušenih kartica (nepotpuna automatizacija) i primjena elektronskih strojeva za obradu podataka (potpuna automatiza-

cija). Ekonomičnost jedne i druge mogućnosti zavisi od veličine poduzeća. Smatra se da primjena elektronskih strojeva dolazi u obzir u elektroprivrednim poduzećima s oko 100.000 potrošača. Uvođenje elektronskih strojeva zahtijeva integracioni proces obrade svih podataka, dok se sistem bušenih kartica može primijeniti i za obavljanje pojedinačnih zadataka u elektranama i distributivnim poduzećima. Prema jednom referatu seminara, elektroprivredno poduzeće grada Beča ima 950.000 potrošača električne energije. Po sistemu bušenih kartica radi već od 1952. Za ispostavljanje jednog računa potroška treba svega 0,8 sekundi. Sada prelazi na elektronske strojeve. Referent iz jednog drugog manjeg poduzeća elektroprivrede iznosi, da se primjenom tzv. malog stroja sistema bušenih kartica eleminirao manuelni rad na obračunu potroška električne energije, na unašanju tarifnih stavova, na obračunavanju fakturnog iznosa i na obradi statističkih podataka.

Švicarska. Nakon stanke od dvije godine, švicarska elektroprivreda je organizirala aprila 1962. novi tečaj za tarifere električne energije. Cilj tečaja je da se tariferima iz poduzeća pruži mogućnost za proširenje teoretskog i praktičnog znanja. Na tečaju su obrađene ove teme:

Osnovni pojmovi o tarifi i tarifnom sistemu
Struktura troškova i kalkulacija cijene
Ugovori o isporuci
Pravna pitanja
Tehnička pomagala
Krivulja opterećenja i njezin utjecaj na cijenu
Psihologija i ljudski odnosi (Public relations)

Rumunjska. Potrošnja električne energije u domaćinstvu porasla je od 1938 = 100 % na 1031 % u 1960. odnosno od 1950 = 100 % na 439 % u 1960. Potrošnja domaćinstava 1955. iznosila je 195 GWh a u 1960. je porasla na 433 GWh.

Švicarska. Proizvodnja, predaja, troškovi i prihodi švicarske elektroprivrede u poslovnoj 1960/61.

Ukupna proizvodnja i kupnja električne energije u GWh

Godina	Hidroel.	Termoel.	Uvoz	Ukupno
1930/31.	5.026	23	8	5.057
1935/36.	6.022	29	4	6.055
1940/41.	8.267	22	91	8.380
1945/46.	10.060	13	57	10.130
1950/51.	12.191	56	406	12.653
1955/56.	14.660	235	1.399	16.294
1960/61.	22.177	125	926	23.228

Struktura vrijednosti bruto-produkta u milijunima Sfr

Troškovi	1930.	1940.	1950.	1960.
Troškovi uprave, pogona i uzdržavanje	76,5	77	172	295
Porezi i vododoprinosi	9,5	19	26	60
Amortizacija te izdvajanja za rezerve i fondove	61,0	79	120	270
Kamati (saldo)	32,3	35	43	133
Dividende trećih lica	15,0	14	19	33
Doprinosi javnim blagajnama	32,0	49	73	111
Ukupno	226,3	273	453	902

Tennessee Valley Authority proširuje svoju energetsku bazu. Opskrbno područje TVA (Tennessee Valley Authority = Uprava doline Tennessee) obuhvaća oko 80.000 kvadratnih milja i snabdijeva savezne države Tennessee, Kentucky, Mississippi, Virginia, Alabama, Georgia i N. Carolina. U cilju osiguranja rastućih potreba ovog područja za električnom energijom TVA je objavio svoj plan elektroenergetske izgradnje za čiju realizaciju izdaje obligacioni zajam u vrijednosti od 750 milijuna dolara. Novu tranšu svojih obligacija u iznosu od 50 milijuna dolara izdat će narednog proljeća. Time će biti realizirano 145 milijuna dolara odobrenog obligacionog zajma od 750 milijuna dolara. Godišnje potrebe sredstava za financiranje izgradnje novih elektrana ocjenjuju se sa 100 milijuna dolara.

Plan izgradnje predviđa i daljnje sniženje cijene električne energije. TVA je u više navrata, u toku svog postojanja od 27 godina, uspio sniziti troškove pa su troškovi proizvodnje u 1959. godini svedeni ispod 1 dolarskog centa po kWh. Budući da je hidroenergetski potencijal ovog područja uglavnom već izgrađen, elektroenergetski plan TVA se većim dijelom oslanja na termoelektrane velike snage.

Porast potrošnje električne energije u Evropi. Prema izvještaju Komiteta za električnu energiju Ekonomske komisije OUN za Evropu o kretanju potrošnje električne energije, stopa porasta u I tromjesečju 1962. kretala se između 11 i 15 % u odnosu na isti period 1961, iako je bilo kratkoročnih općeprivrednih promjena. Prosječna godišnja stopa porasta potrošnje električne energije u Evropi iznosila je u 1961. oko 8 % a zajedno sa SSSR 9,2 %. Karakteristično je da se potrebe za električnom energijom ne povećavaju proporcionalno s razvojem ekonomske aktivnosti, već s povećanjem potražnje specifičnih konzumenata i s povećanjem broja potrošača. Cjelokupna industrijska proizvodnja Evrope povećavala se u odnosu na prethodnu godinu sporije, a dvostruko sporije u Zapadnoj Evropi (4,5 % prema 9 %). Prosječni specifični potrošak električne energije iznosio je u 1961. godini 1500 kWh po stanovniku. Iako je potrošnja električne energije većine zemalja uvjetovana ritmom i tempom njihove privrede, koji je bio slabiji od prethodne godine, specifični potrošak električne energije po jedinici industrijske proizvodnje pokazuje u većini slučajeva tendenciju porasta. Ovaj porast je uvjetovan povećanjem mehanizacije, automatizacije i elektrifikacije nekih sektora velike industrije, pa je i specifični potrošak električne energije po zaposlenom radniku u industriji porastao za oko 5 % a u nekim slučajevima i više.

Porast potrošnje električne energije 1961. nadvisuje u mnogim zemljama porast potrošnih dobara i usluga. U Norveškoj je npr. specifični potrošak dostigao 9400 kWh po stanovniku a u Švedskoj 5000 kWh, i nema znakova zasićenosti. Povećanje potražnje u odnosu na 1960. iznosilo je u Norveškoj 7,7 % a u Švedskoj 10 %. Ove stope porasta su iznad prosječnih stopa porasta za razdoblje između 1955. i 1960. Ista situacija je u Švicarskoj i na Islandu koji se, kao Norveška i Švedska, nalaze na gornjoj ljestvici specifičnog potroška kWh/stanovnik.

Prosječni godišnji porast potrošnje električne energije za 1962. prognoziran je s preko 7 % (između 6 i 15 % za pojedine zemlje). Srednjeročne prognoze pokazuju stalni daljnji porast potrošnje električne energije po zaposlenom radniku u industriji, a naročito u domaćinstvu i ostalim sektorima široke potrošnje. Ni na jednom sektoru potrošnje električne energije nema znakova zasićenosi.

Predaja, vlastiti potrošak i gubici električne energije u GWh

Godina	Domaćinstva, obrt i poljoprivreda	Vuča	Opća industrija	Elektrokemija, metalurgija i termija	Izvoz	Pumpne stanice	Vlastiti potrošak	Gubici	Ukupno
1930/31.	1.098	578	745	838	1.012	34	155	597	5.057
1935/36.	1.242	640	662	885	1.467	24	501	634	6.055
1940/41.	1.648	864	944	1.626	1.726	71	673	828	8.380
1945/46.	2.984	916	1.322	1.596	642	71	1.403	1.196	10.130
1950/51.	3.770	1.072	1.797	2.364	1.099	101	1.024	1.426	12.653
1955/56.	5.603	1.252	2.399	2.746	1.797	215	562	1.720	16.294
1960/61.	7.743	1.509	3.292	3.571	4.404	196	487	2.026	23.228

Zbornik radova JUREMA 1963, prva knjiga. Izdavač JUREMA, Zagreb, 1963, format A4, 408 strana. Cijena (zajedno s knjigom II) 6.000 dinara.

»Zbornik radova JUREMA 1963«, knjiga I, izašao je ove godine po prvi puta prije održavanja Osmog jugoslavenskog seminara za regulaciju, mjerenje i automaciju (JUREMA), tako da se je oko 320 učesnika seminara moglo unaprijed spremiti za vrlo plodne diskusije o predavanjima. Ovogodišnji »Zbornik« u većem dijelu objavljuje referate s industrijskom tematikom, naročito u odnosu na primjenu domaćih mjernih i regulacionih uređaja. Prva knjiga sadrži 41 predavanje koja su svrstana u četiri poglavlja.

Referati iz općeg dijela obrađuju automatsku obradu podataka u planiranju proizvodnje industrijskih poduzeća, ispitivanje radne sposobnosti radnika, kao i analizu radnih mjesta. Po prvi puta se u jednom od referata govori o ozakonjenom Međunarodnom sistemu mjernih jedinica i njegovoj primjeni. Također je obrađen problem mogućnosti izrade stroja, koji bi mogao obavljati različite poslove, čak i one s područja mentalnog rada. U poglavlju o mjernoj tehnici opisano je ispitivanje električnih strojeva, ispitivanje habanja kliznih prstena radioaktivnim izotopima, a također su obrađeni aparati za mjerenje ultrazvukom. Nekoliko predavanja obuhvaća problematiku mjerenja gustoće pomoću gama-zračenja, aktivacionu analizu u industriji kao i emisionu spektroskopiju u kemiji i metalurgiji.

Predavanja iz grupe elemenata mjerne i regulacione tehnike opisuju električne niskonaponske aparate, regulator brzine vrtnje Diesel-električnog agregata za vuču, magnetski impulsni i uljno-pneumatski regulator. Također je opisan pretvarač sile i pritiska – presduktor, kao i vlagomjer na principu litijeva klorida (nagrađeni referat). U nekoliko referata izloženi su problemi gradnje istosmjernih pojačala s tranzistorima za primjenu u regulacionoj tehnici. U nizu referata opisani su još: mala uklopnica, problemi konstrukcije releja, postavni organi u regulaciji protoka i digitalni mjerni instrumenti.

Najopsežnije je poglavlje s područja regulacije i automatizacije. Opisane su mogućnosti automatizacije u industriji nafte i u industriji papira domaćim elementima. Daljnja predavanja obrađuju probleme automatiziranog varenja, zatim digitalne sisteme upravljanja, servomehanizme regulacionih šipki za energetske reaktore, automatizaciju u nekontinuiranim procesima, te kontrolu i mjerenja u vodoopskrbnim sistemima željezare. U nekim referatima opisane su nove metode optimiranja regulacionih krugova, analiza izmjerivača topline nuklearne elektrane, te algebra logičkih sklopova.

Jedna od interesantnih novosti »Zbornika« jest, da je na kraju knjige I štampan rječnik s područja regulacione tehnike i automatizacije na 6 jezika (200 izraza). Ovu inicijativu treba pohvaliti, jer je na taj način na jednom mjestu skupljen znatan dio pojmova s tog područja gdje je pitanje terminologije još uvijek akutno. S takvom praksom treba nastaviti i u narednim Jureminim »Zbornicima«.

»Zbornik« obuhvaća široko područje tehnike regulacije, mjerenja i automatizacije, pa zajedno s ranijim Zbornicima JUREMA predstavlja vrlo opsežan materijal koristan svim onima koji se bave tom problematikom, od studenata na fakultetu do stručnjaka u industriji. Stoga se ovaj »Zbornik radova JUREMA 1963«, knjiga I, preporučuje interesentima. Izlazak njegove knjige II najavljen je za 1. srpnja 1963. (Podrobne informacije daje: JUREMA, Zagreb. P. p. 123). U knjizi II objavit će se preostalih 8 predavanja, diskusije o predavanjima i s Plenarnog sastanka JUREME, izvještaj s Izložbe mjernih i regulacionih uređaja JUREMA 1963, katalog proizvoda na polju automatizacije domaćih i stranih firmi, te niz ostalih interesantnih materijala. *Red.*

Fernsehtechnik, II. Teil — Technik des elektronischen Fernsehens. Nekoliko pisaca, uredio F. Schröter. Springer-Verlag Berlin / Göttingen / Heidelberg 1963, 586 strana, 618 slika, tvrdi uvez.

Uslijed silnog razmaha televizije i televiziske tehnike u godinama poslije rata, nužno je slijedila i pojava odgovarajuće literature s tog područja. U nizu pokušaja u tom smislu napisano je i nekoliko u svijetu poznatih djela, koja svojom kvalitetom obimnošću odražavaju suvremeno stanje ove tehnike. Jedno od njih svakako je i gornja knjiga napisana od niza suradnika. Na taj način ona daje visokostručne informacije o raznim područjima koja zasijecaju u televizijsku tehniku.

Ovo je djelo zapravo drugi dio osnova elektronske televizijske tehnike. Dok se u prvom dijelu nalazi razrada problematike oko televizijskih elektronki, dotle ovaj drugi dio sadrži praktične primjene elektronske televizijske tehnike, kao što su problemi pojačanja, otklanjanja elektronskog snopa, sinhroniziranja, izvedbe odašiljača, prijemnika, planiranja mreža i tome slično. Uz teoretsku razradu niza problema sadržaj je objašnjavan velikim brojem nadopunjavajućih grafičkih prikaza, shema i slika.

Sadržaj djela raspoređen je u trinaest poglavlja. Iza svakog se nalazi neobično širok izbor literature o danom problemu. U prvom poglavlju obrađeno je područje pojačavanja televizijskih signala (širokopojasna, video- i međufrekventna pojačala), u drugom sinhroniziranja i otklanjanja katodne zrake. Problemi pretvaranja vizuelnih senzacija u električne veličine dani su u trećem poglavlju (upotreba fotoćelija, prijenos na filmsku traku, odgovarajuće kamera-elektronke za tu svrhu, uređaj za kontrolu odlazeće slike), dok četvrto obrađuje tehniku registriranja televizijske slike, na filmsku kao i na magnetofonsku traku uz opis odgovarajućih uređaja. Peto poglavlje obrađuje mogućnosti televizijskog prijenosa preko vodova.

Televizijski odašiljači i antene obrađeni su u šestom i sedmom poglavlju. Prostiranje frekvencije na kojima rade odašiljači TV, kao i planiranje mreže odašiljača u svrhu uklanjanja međusobnog smetanja pri radu (raspodjela kanala) opisano je u osmom poglavlju.

Najopširnije je obrađeno deveto poglavlje. U njemu je dan opis televizijskog prijemnika sa detaljnom razradom njegovih sastavnih dijelova od ulaznih do izlaznih stupnjeva. Odgovarajuća televizijska mjerna tehnika sadržana je unutar desetog poglavlja.

Materija interesantna za budući razvoj i primjenu televizije razrađena je u posljednja tri poglavlja. Tu je dano područje televizije u boji, zatim razne primjene televizije u industriji, medicini i prometu, kao i spremanje slike za kasniju mogućnost reprodukcije.

Momir Vujnović

STATISTIČKI ENERGETSKI IZVJEŠTAJ

ZA MJESECE OŽUJAK i TRAVANJ 1963.

Proizvodnja i razmjena električne energije SR Hrvatske

Mjeseci	Proizvodnja na generatoru MWh						Razmjena			Ukupno (5-9)
	Elektrane u sistemu		Industrijske elektrane		Ukupno		Slovenija	Bosna i Hercegovina	Mađarska	
	HE	TE	HE	TE	HE	TE				
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5. 1962.	178653	4399	1423	12175	180076	16574	21674	9095	— 3731	223688
6. 1962.	89419	19757	943	13737	90362	33494	84847	9863	— 2474	216092
7. 1962.	83384	16278	782	13924	84166	30202	95756	1401	— 2438	209087
8. 1962	119138	20028	230	14759	119368	34787	95257	— 26759	— 5905	216748
9. 1962	126674	26118	216	18689	126890	44807	94038	— 38576	— 5416	221743
10. 1962	113337	43484	195	20947	113532	64431	70589	— 12870	1868	237550
11. 1962	163487	26638	1694	19248	165181	45886	26631	4438	— 3910	238226
12. 1962	226207	27178	1987	14928	228194	42106	—28048	36688	449	279389
Ukupno 1962.	1888431	233412	14945	189327	1903412	422739	490868	27809	— 39807	2805021
1. 1963.	254631	43118	2000	13479	256631	56597	—50364	32044	— 2429	292479
2. 1963.	215270	60598	1535	13228	216805	73826	—61278	50215	— 1737	277831
3. 1963.	225845	51341	1870	14197	227715	65538	—45888	44033	— 6501	284907
4. 1963.	238659	22006	1867	11136	240526	33142	— 3675	8715	— 15694	263014
Ukupno 1 — 2. 1963.	934405	177063	7272	52040	941676	229103	—161195	135007	— 26361	1118231

Napomena: Lokalne elektrane iskazivane u 1962. godini prestale s radom zbog priključenja njihovog područja na elektroenergetsku mrežu

Pogonski pokazatelji elektrane SR Hrvatske za mjesec ožujak i travanj 1963.

Obilježje elektrana		Naziv elektrane	Raspoloživa snaga MW	Proizvodnja u MWh			Indeks[1]			Iskorišćenje %[2]		Utrošak topline kcal/kWh	
				Ožujak	Travanj	Od početka godine	Ožujak	Travanj	Od početka godine	Ožujak	Travanj	Ožujak	Travanj
a		b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Elektrane u sistemu	HE	Vinodol-Fužine	78,9	8939	5324	45199	41,3	38,4	71,9	15,0	9,4	—	—
		Gojak	48,0	27105	28481	85245	100,3	84,0	87,6	72,0	77,8	—	—
		Ozalj	5,1	2790	3252	9482	105,1	103,4	85,4	75,0	89,0	—	—
		Kraljevac	67,0	17827	22681	83329	61,1	95,7	124,3	36,7	45,0	—	—
		Peruća	42,0	10443	16349	58533	438,7	82,6	161,2	34,6	54,3	—	—
		Split	108,0	137382	142194	571358	98,7	135,1	134,0	85,5	91,4	—	—
		Manojlovac	20,5	14906	14293	57133	99,4	96,1	105,2	83,5	82,0	—	—
		Jaruga	5,5	3957	3820	15375	98,7	97,7	100,1	98,5	98,0	—	—
	TE	Zagreb TO[3]	...	33577	13076	101791	—	—	—	—	—	—	—
		Zagreb	17,0	1088	—	4883	—	—	—	8,8	—	...	...
		Jertovec	36,0	14390	8611	55741	130,2	196,1	117,0	48,5	30,5	4178	4234
		Vlaška	8,0	1844	10	8598	731,7	—	3411,9	30,9	0,5	5075	7039
		Rijeka	7,2	—	—	4420	—	—	—	—	—	—	—
Industrijske elektrane	TE	Jugovinil, Split	17,4	1512	1325	5645	96,7	96,2	98,6	...	...	...	...
		Sladorana, Županja	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Jug. komb., Borovo	6,0	2061	1874	7956	101,3	102,7	99,7	...	...	...	...
		Željezara, Sisak	5,5	3436	1974	11643	99,9	56,1	86,2	...	...	...	...

1 Indeks u ovoj tabeli kao i u svim narednim iskazan je u odnosu na 1962. = 100
2 Kod hidroelektrana iskazano je iskorišćenje vode, a kod termoelektrana iskorišćenje raspoloživog kapaciteta
3 Probni pogon

Energetska bilanca SR Hrvatske za mjesece ožujak i travanj 1963.

Elementi energetske bilance	Ožujak		Travanj		Od početka god.		Indeks 1962 = 100		
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	Ožujak	Travanj	Od početka godine
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proizvodnja elektrana u sistemu	277186	78,2	260665	80,3	1111468	79,4	108,6	115,0	132,7
Proizvodnja industrijskih elektrana	16067	4,5	13003	4,0	59312	4,2	89,9	82,4	86,7
Ukupna proizvodnja na generatoru	293253	82,7	273668	84,3	1170780	85,6	107,4	113,2	129,3
Nabava el. en. od susjed. zajednica	61147	17,3	51060	15,7	233573	16,4	183,2	176,2	107,1
Nabava el. en. iz inozemstva	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ukupno raspoloživa električna energija	354400	100,0	324728	100,0	1404353	100,0	115,7	119,9	125,0
Vlast. potr. elektrana u sistemu	7442	2,1	4492	1,4	25939	1,8	199,7	195,6	198,6
Vl. potr. industrijskih elektrana	1607	0,5	1300	0,4	5931	0,5	89,9	82,0	86,7
Ukupno raspolož. na pragu elek.	345351	97,4	318936	98,2	1372483	97,7	114,7	119,5	124,1
(Dobava industr. elektrana sistemu)	(748)	(0,2)	(690)	(0,2)	(2932)	(0,2)	(101,0)	(115,2)	(107,0)
(Prag elektrana u sistemu)	(331639)	(93,5)	(307923)	(94,8)	(1322034)	(94,1)	(116,2)	(121,7)	(126,4)
Gubici prijenosa u sistemu	19556	5,5	21072	5,5	88849	6,3	112,1	148,6	188,0
Gubici razvoda u sistemu	23782	6,7	13079	4,0	77704	5,5	84,1	106,8	105,8
Ukupna predaja el. en. potrošačima	302013	85,2	284785	87,7	1206230	85,9	118,5	118,6	122,6
Od toga:									
Predano susjed. zajednicama	62992	17,8	46019	14,2	259760	18,5	150,8	110,3	181,5
Predano inozemstvu	6501	1,8	15695	4,8	26362	1,9	92,2	621,5	144,2
Industrijska vlastita opskrba	13712	3,9	11013	3,4	50449	3,6	89,3	80,9	85,9
Potrošači u sistemu	218808	61,7	212058	65,3	869659	61,9	114,6	116,2	114,1
Struktura potrošnje u sistemu = 100 % — Ukupna predaja potrošačima u sistemu = 100 %									
Kućanstva (domaćinstva)	56942	26,0	53075	25,0	138477	27,4	129,7	118,9	129,4
Rasvjeta poslov. prostorija	9294	4,2	8057	3,8	38367	4,4	118,3	116,6	117,1
Rasvjeta društv. prostorija	2044	0,9	1714	0,8	8323	1,0	118,6	111,2	117,5
Motori i aparati	8438	3,9	8523	4,0	36707	4,2	112,6	112,9	116,6
Poljoprivredni motori	475	0,2	437	0,2	1898	0,2	80,5	67,4	74,8
Javna rasvjeta	3951	1,9	3635	1,7	16116	1,9	124,3	127,1	120,6
Preprodavaoci	1330	0,6	833	0,4	4659	0,5	117,8	90,1	99,0
Ukupna potrošnja na malo	82479	37,7	76274	35,9	344547	39,6	125,2	116,7	124,7
Vodovod	4692	2,1	4628	2,2	18527	2,1	110,7	109,7	108,3
Gradska električna mreža	2116	1,0	1955	0,9	8517	1,0	95,5	101,7	106,6
Ukupna komunalna velepotrošnja	6808	3,1	6583	3,1	27044	3,1	105,6	107,2	105,9
Ugljenokopi	7083	3,2	6625	3,1	27714	3,2	97,4	94,2	98,5
Tvornice cementa	8750	4,0	9511	4,5	33964	3,9	102,2	109,7	101,6
Ostala opća velepotrošnja	61285	28,0	59414	28,0	242505	27,8	120,4	133,2	124,8
kod elektrokemije	(1354)	(0,6)	(1307)	(0,6)	(5357)	(0,6)	(107,9)	(105,0)	(109,0)
kod elektrometalurgije	(2040)	(0,9)	(1911)	(0,9)	(8105)	(0,9)	(103,1)	(103,6)	(107,5)
kod ostalih	(57891)	(26,5)	(56106)	(26,5)	(228843)	(26,3)	(121,4)	(135,4)	(126,2)
Ukupna ostala velepotrošnja	77118	35,2	75549	35,6	303983	34,9	115,4	125,3	119,0
Karbid	11881	6,3	10275	4,8	38334	4,4	101,3	65,2	70,5
Aluminij	16561	7,6	16060	7,5	63257	7,3	103,7	102,4	102,5
Ostala elektrokemija	3558	1,6	3589	1,7	13809	1,6	101,2	103,2	101,8
(Ukupno elektrokemija)	(34000)	(15,5)	(29924)	(14,0)	(15400)	(13,3)	(102,6)	(90,3)	(89,1)
Ferolegure el. metalurgije	11320	5,2	16380	7,8	52765	6,1	93,5	153,4	102,9
Elektrotoplina	3443	1,6	3615	1,8	13040	1,5	125,7	130,2	120,1
Željeznička električ. vuča	3071	1,4	3462	1,7	11371	1,3	94,9	108,0	98,1
Melioracije	574	0,3	271	0,1	1508	0,2	108,7	26,7	77,7
Ukupna specijalna velepotrošnja	52408	24,0	53652	25,4	194084	22,4	101,2	105,6	94,5

Proizvodnja električne energije udružene elektroprivrede u SFR Jugoslaviji za mjesece ožujak i travanj 1963.

Pokazatelj	Mjesec	FNRJ			Po narodnim republikama											
					Hrvatska		Srbija		Slovenija		BiH		Makedonija		Crna Gora	
		Ukupno	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE
Proizvodnja u GWh	3. 1963.	1096	760	336	223	51	98	137	135	92	157	52	35	4	110	—
	4. 1963.	1003	788	215	231	21	109	115	184	45	148	27	26	6	91	—
Indeks na bazi	3. 1962.	122	110	163	93	464	82	188	126	97	113	248	121	100	200	—
	4. 1962.	122	110	196	104	420	71	206	117	113	116	675	113	150	294	—

Proizvodnja ugljena za mjesec ožujak i travanj 1963.

Po podacima »Udruženih ugljenokopa« — sastavio Ing. Franjo Sapač

Vrste ugljena — Područje — Poduzeće		Proizvodnja u tonama			Indeks 1962 = 100		
		Ožujak	Travanj	Od početka godine	Ožujak	Travanj	Od početka godine
a		1	2	3	4	5	6
Kameni — Istarski ugljenokopi Raša		74990	78890	287610	109,0	104,2	106,8
Mrki	Hrvatsko Zagorje: Golubovečki ugljen., Golubovec	6100	5356	22193	95,6	92,8	94,0
	Rudnik Pregrada	6560	6145	25705	109,0	116,4	118,5
	Ostali	5065	4658	19574	107,5	103,8	113,0
	Međimurje: Međimurski ugljenokopi M. Središće	14330	13367	53509	99,9	89,8	91,9
	Dalmacija: Rudnik Siverić	9100	9000	34390	85,4	111,9	87,9
	Ostali	596	695	1879	81,6	132,1	76,0
	Ostala područja	3991	2754	12868	120,3	120,3	99,4
	Svega mrki	45742	41975	170118	99,1	101,7	96,9
Lignit	Hrv. Zagorje: Ivanečko-Ladanjski ugljen., Ivanec	32800	30628	131135	98,9	101,6	102,9
	Zagorski rudnici, Konjščina	13412	10730	48474	87,0	55,2	—
	Rudnik Poljanica	6294	5702	22387	—	—	—
	Ostali	2348	1956	8809	101,1	108,7	100,9
	Bilogora-Podravina: Bilogorski rudnici, Koprivnica[1])	11175	9507	40601	106,6	106,3	97,9
	Ostali	6170	4718	18400	89,0	89,4	76,6
	Ostala područja	1157	358	4466	144,3	38,6	128,3
	Svega lignit	73356	63599	274272	83,4	82,8	81,5
Ukupno sve vrste ugljena		194088	184464	732000	95,6	99,9	93,7

Napomena: [1] Obuhvaćaju bivše koprivničke ugljenokope, Koprivnica, te križevačke ugljenokope, Vojakovački Kloštar.

Proizvodnja ugljena i koksa u SFR Jugoslaviji za mjesece ožujak i travanj 1963.

Pokazatelj	Mjesec	Ugljen i koks					
		Ukupno	Kameni	Mrki	Lignit	Uslovni mrki 4000 kalorija	Koks
Proizvodnja u 1000 t	3. 1963.	2390	113	831	1396	1888	92
	4. 1963.	2284	116	846	1322	1813	91
Indeks na bazi	3. 1962.	116	105	101	123	114	95
	4. 1962.	120	118	116	124	120	102

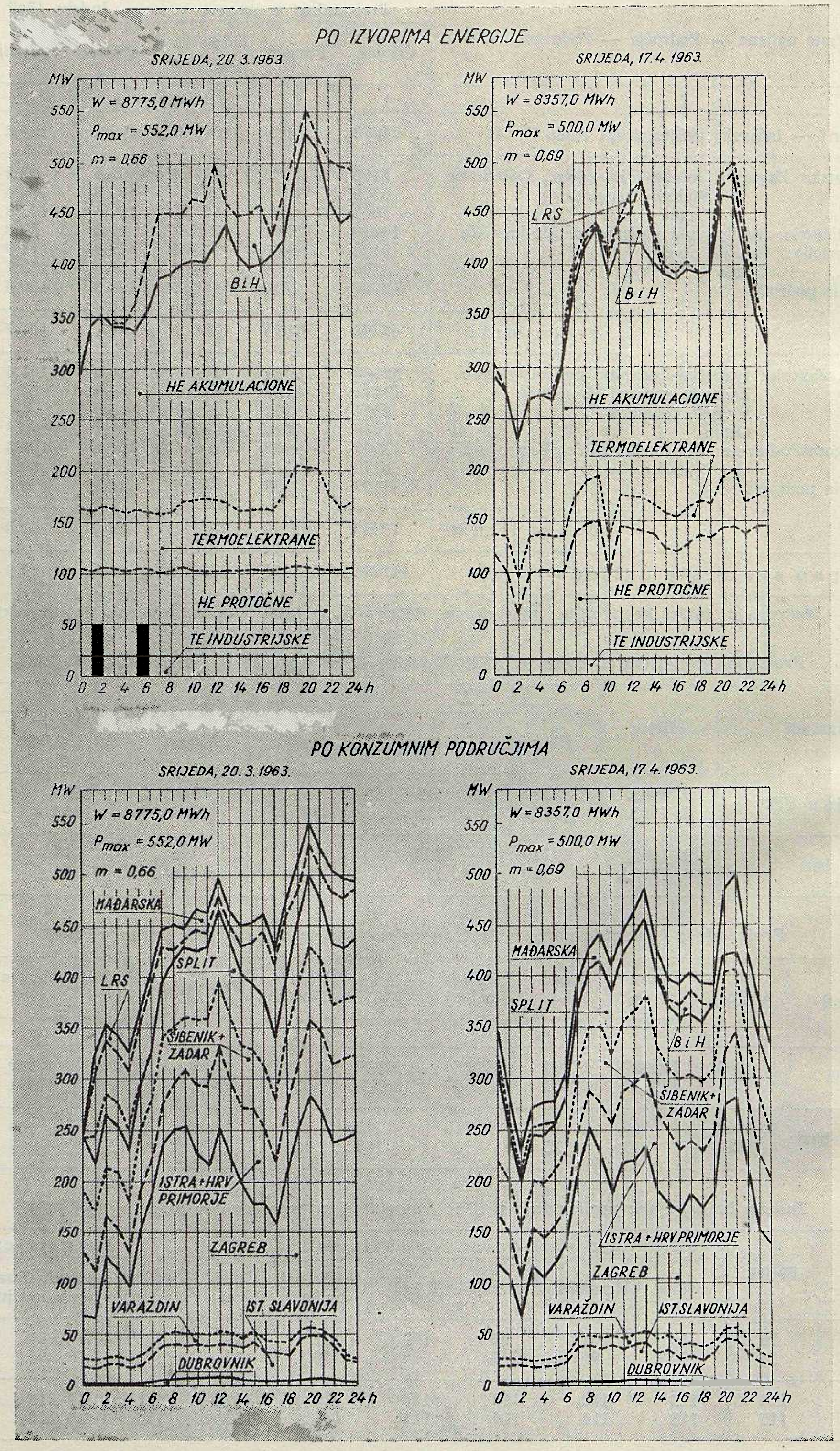
Proizvodnja i prerada nafte u SFR Jugoslaviji za mjesece ožujak i travanj 1963.

Pokazatelj	Mjesec	Sirova nafta	Zemni plin	Prerada nafte	Benzin	White špirit	Petrolej	Plinsko ulje	Maziva ulja	Čađ
		t	1000 m³	t	t	t	t	t	t	t
Proizvodnja	3. 1963.	121997	14994	153256	30624	1690	3239	50276	10759	46274
	4. 1963.	135323	8769	156647	28538	629	7671	53478	10521	44776
Indeks na bazi	3. 1962.	96	196	110	110	177	91	113	169	111
	4. 1962.	119	125	126	117	103	139	133	87	137

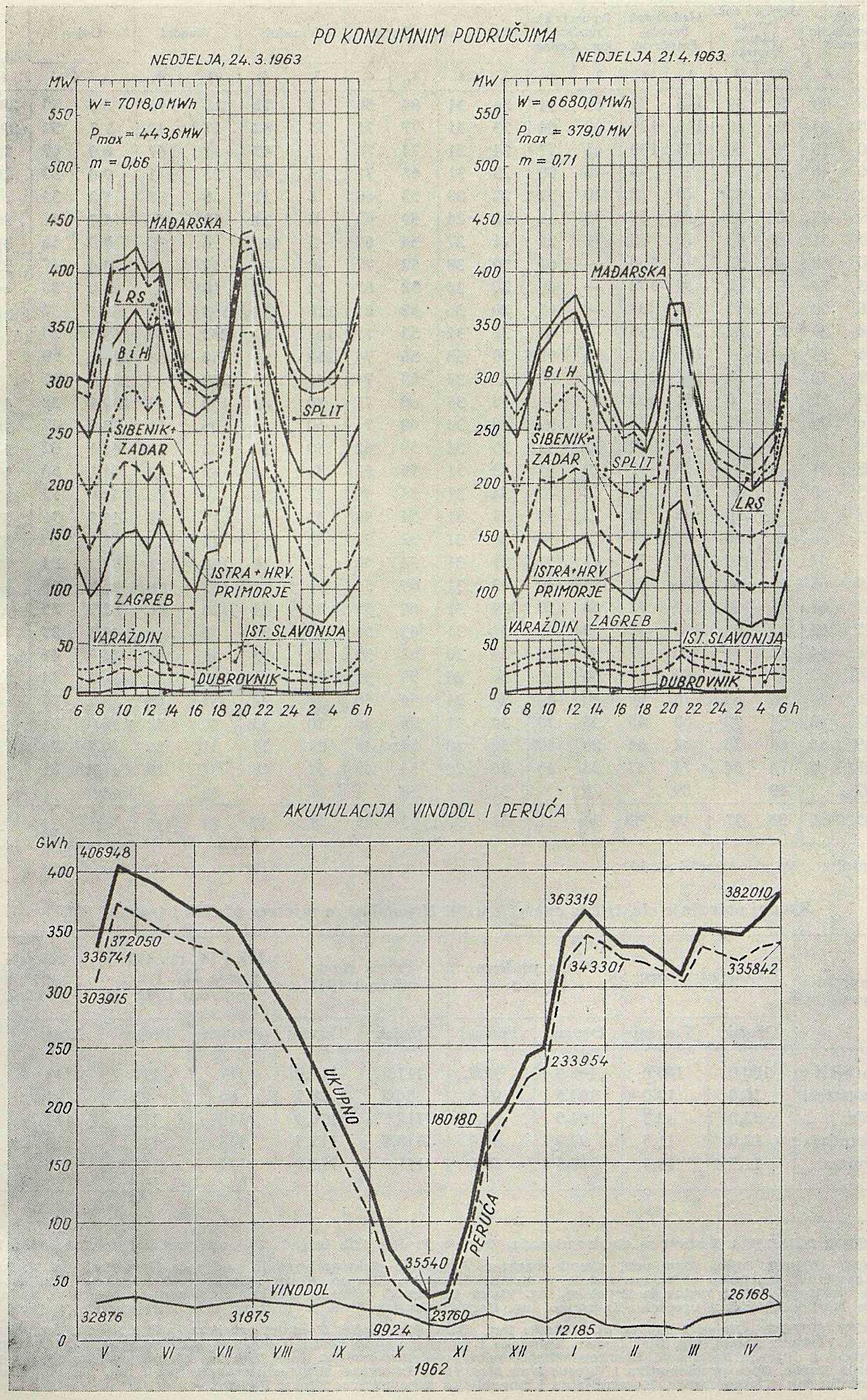
Indeks industrijske proizvodnje u SFR Jugoslaviji za mjesece ožujak i travanj 1963.

Mjesec	FNRJ	Po narodnim republikama						Po namjeni		
		Srbija	Hrvatska	Slovenija	B i H	Makedonija	Crna Gora	Sredstva rada	Materijal za reprodukciju	Potrošna roba
3. 1962.	99	96	101	99	100	101	99	103	98	97
4. 1962.	94	92	96	92	95	100	89	96	94	92
3. 1963.	114	113	112	113	117	120	145	116	113	115
4. 1963.	115	113	114	116	115	125	133	110	116	115

TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 20.3. i 17. 4. 1963.



TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 24. 3. i 21. 4. 1963.
AKUMULACIJA VINODOL I PERUČA



Srednji dnevni protoci vode za mjesece ožujak (3) i travanj (4) 1963. (m^3/s)

Datum	Cetina								Krka				Lokvarka		Ličanka		Mrežn.-Dobra		Kupa	
	Dotok u akumulaciju Peruća		Ispust iz ak. Peruća Limn. Šilovka		Međudotok Peruća-Prančevići		Ispust iz ak. Prančevići u kor. Cetine		Manojlovac		Jaruga		Vinodol		Vinodol		Gojak		Ozalj	
	3.	4.	3.	4.	3.	4.	3.	4.	3.	4.	3.	4.	3.	4.	3.	4.	3.	4.	3.	4.
1	35	45	58	39	116	87	65	44	26	31	84	59	12	72	18	92	6,6	56	29,1	57
2	35	65	58	60	119	109	60	66	23	31	77	71	13	82	17	43	7,3	52	29,7	71
3	30	55	30	60	123	100	61	77	24	31	74	74	5	47	11	67	6,0	47	27	57
4	40	48	45	70	91	95	74	60	23	31	68	71	18	49	23	141	9,0	38	26	69
5	31	47	57	82	78	72	80	57	22	28	53	68	6	21	8	32	5,2	34	27	54
6	29	42	53	85	78	65	73	45	22	24	59	62	5	21	12	33	5,7	31	30	57
7	35	51	65	42	76	75	77	22	21	27	54	65	3	102	6	180	7,0	46	31	57
8	30	62	58	53	70	100	—	64	20	38	52	77	10	50	15	145	20,9	47	51	pr.
9	33	54	47	62	69	102	—	60	20	38	52	87	12	82	18	43	41,9	36	64	,,
10	38	60	21	75	75	84	—	65	20	36	52	84	110	42	168	60	58,1	34	pr.[1]	,,
11	44	59	23	84	83	85	—	64	39	32	52	77	101	52	230	54	105,3	38	,,	57
12	45	71	—	54	136	103	34	56	39	33	56	74	259	81	550	43	226,1	50	,,	65
13	89	70	—	39	147	102	51	60	51	37	65	74	149	82	280	43	268,2	41	,,	65
14	75	82	—	8	141	103	47	60	48	35	68	71	80	82	150	43	139,9	38	46	pr.
15	66	76	6	57	130	96	18	59	40	33	68	71	60	90	106	51	83,2	47	56	,,
16	54	61	—	40	118	99	11	53	35	32	59	62	50	28	63	48	64,1	42	57	,,
17	48	61	—	39	108	97	10	47	33	31	56	62	36	31	62	32	52,1	36	57	,,
18	43	50	—	50	108	91	12	47	34	31	54	59	27	30	44	40	48,9	52	57	71
19	47	67	8	59	98	82	12	48	35	31	54	58	43	24	19	35	48,3	31	57	57
20	47	64	20	60	90	79	12	54	39	31	52	56	38	27	49	31	51,1	35	57	65
21	51	67	35	19	109	81	41	37	37	31	54	56	73	16	150	21	80,2	32	69	67
22	49	65	45	64	126	75	58	50	43	31	65	56	91	16	181	18	96,9	28	pr.	65
23	47	64	55	66	119	72	58	50	39	31	68	55	62	14	120	16	82,7	25	,,	52
24	45	64	45	64	108	69	53	48	37	31	65	54	44	33	58	16	49,8	25	4	61
25	48	64	62	74	100	67	57	50	37	30	62	52	32	73	48	93	46,7	41	pr.	69
26	46	67	71	74	83	67	60	47	36	26	59	52	26	70	46	114	42,3	44	5	61
27	46	69	66	64	78	66	40	44	36	24	56	50	27	32	35	55	42,2	36	4	67
28	37	62	64	32	68	65	38	20	30	21	56	48	30	33	30	32	46,0	31	4	pr.
29	39	66	60	75	62	64	28	40	30	20	54	48	27	25	31	26	46,7	26	4	57
30	48	65	76	84	74	57	28	46	26	20	54	45	51	18	57	19	47,8	21	4	65
31	52		40		89		25		31		54		62		85		48,9		5	
M. p.[2]	45	61	38	57	99	83	39	51	32	30	63	63	50	47	87	55	61	37	33	62

[1]pr. = preljev [2]M. p. = mjesečni prosjek

Razvoj potrošnje električne energije u SR Hrvatskoj za mjesece ožujak i travanj 1963.

Bruto-potrošnja u SR Hrvatskoj	I. vještajni mjesec		Prema prošlom mjesecu		Prema istom mjesecu 1962.		III. i IV. mj. 1963. prema III. i IV. mjesecu 1962.		12 mjeseci 1963/62. prema mjesecima 1962/61.	
	Ožujak	Travanj	Ožujak	Travanj	Ožujak	Travanj	Ožujak	Travanj	Ožujak	Travanj
Ukupno SRH	100,0	100,0	102,5	92,5	111,0	117,0	117	117	112	112
Spec. potrošači	16,0	19,0	104,5	95,5	86,5	98,5	86	93	91	92
Industrija	32,0	32,5	104,5	84,5	112,5	116,0	113	113	112	112
Opća potrošnja	12,0	11,5	97,0	93,0	118,0	112,5	114	113	113	112
Domaćinstva	21,5	19,5	98,5	88,0	141,0	111,0	137	128	125	121

UREDNIŠTVO I UPRAVA. Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37, pošt. pret. 451, telefon 53-822, kućni 452.

IZDAVAČKI ODBOR. Miloš *Damjanić,* glavni direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Horvat,* tehnički savjetnik Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Franjo *Kovač,* direktor ekonomsko-financijskog sektora Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Brajnović,* tehnički direktor Instituta za elektroprivredu, Zagreb, ing. Boris *Markovčić,* glavni urednik »Energije«, ing. Herman *Mattes,* direktor Instituta za elektroprivredu, Zagreb.

UREDNIČKI ODBOR. Glavni i odgovorni urednik: ing. Boris *Markovčić. Urednici rubrika.* Studije i istraživanja: ing. Jakob *Lucati,* ing. Vladimir *Štengl,* ing. Blaž *Uzelac.* Tehnička i pogonska problematika: ing. Ivo *Božin.* Izgradnja elektroenergetskih postrojenja: ing. Stjepan *Reštarević.* Energetskodispečerska problematika: ing. Ivan *Tkalčec.* Ekonomsko-financijska problematika: Franjo *Kovač.* Opća problematika i Vijesti: Ivan *Medvedec.* Iz strane stručne literature: prof. ing. Vladimir *Žepić.* Tehnički urednik: ing. Vlatko *Dabac.* Komercijalno i financijsko rukovodstvo: Ernest *Radetić.*

GOD. 12 (1963) energija BROJ 7 — 8

BILTEN ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA HRVATSKE I INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU

Institut za elektroprivredu slavi ove godine deset godina rada i postojanja.

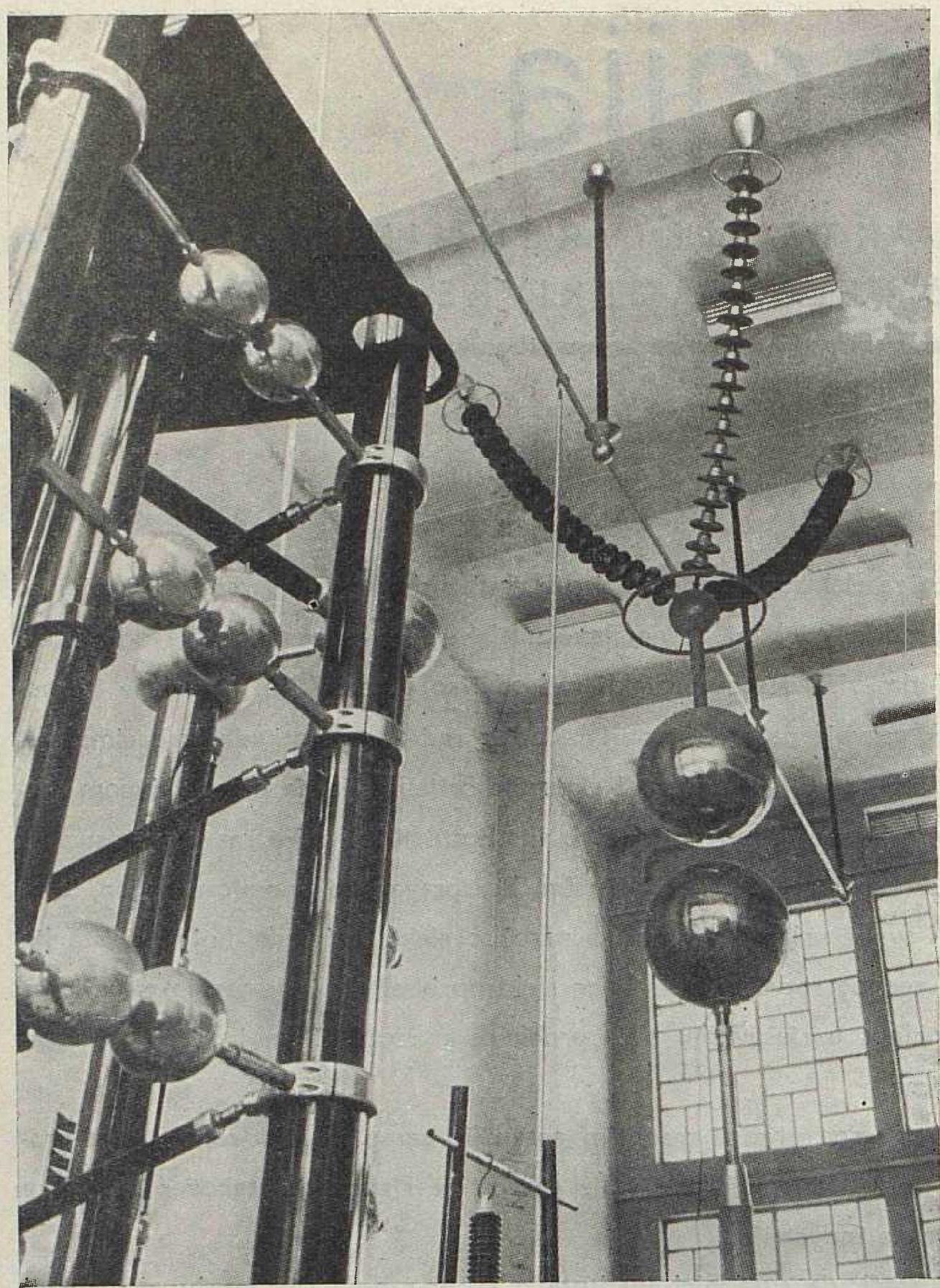
Desetogodišnji jubilej jedne naučne elektroprivredne ustanove od znatne je važnosti tim više, što se protekli rad odvijao u razdoblju intenzivne izgradnje i naglog razvoja naše elektroprivrede. Uz rad na operativnim zadacima trebalo je razviti i studijski dio, radi sigurnije orijentacije na perspektivnom razvoju elektroprivrede i to je povjereno Institutu. Koncepcije razvoja i osnovne karakteristike novih objekata, kao i tehnički ispravan i ekonomičan pogon, bitni su elementi svake privredne grane, a naročito elektroprivrede, koja predstavlja osnovu privrednog razvoja. Institut za elektroprivredu dao je svojim studijama krupan doprinos u rješavanju ovih problema u republičkim i općejugoslavenskim okvirima.

Djelokrug rada nije se međutim ograničio samo na elektroprivredne probleme, već je zahvatio i široko polje energetike rješavajući također i zadatke iz drugih grana industrije.

Treba istaći, da suradnici Instituta u svom radu i djelovanju nisu mogli ići utrtim stazama, već su u većini slučajeva morali tek razvijati metodu rada, sakupljati instrumentarij i graditi laboratorije, kako bi mogli udovoljiti postavljenim zadacima.

Institut je u tom razdoblju korisnog i plodnog rada postigao zapažene uspjehe ne samo u našoj elektroprivrednoj industriji, te kod društvenih organa upravljanja, nego i kod naučnih i stručnih organizacija u našoj zemlji i inozemstvu. Na nama je da u daljnjem radu i više i svestranije koristimo suradnju Instituta. Uzevši u obzir iskustvo radnika i raspoloživa sredstva Instituta, tu suradnju možemo dobiti. Uspjesi do danas mogli su se postići samo upornim radom i zalaganjem naučnih i stručnih suradnika, uprave i svih članova kolektiva, kojima treba i na ovom mjestu odati puno priznanje.

GLAVNI DIREKTOR
ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA HRVATSKE
MILOŠ DAMJANIĆ



Udarni generator u laboratoriju za visoki napon Instituta za elektroprivredu u Zagrebu

U ovom broju objavljujemo sakupljeni materijal o desetogodišnjem radu i djelovanju, organizaciji i poslovanju ekonomskih jedinica, te naučno-istraživačkom radu Instituta za elektroprivredu u Zagrebu. Materijal se objavljuje u obliku triju članaka. U prvom članku »Deset godina rada i djelovanja Instituta za elektroprivredu u Zagrebu«, direktor Instituta ing. Herman Mattes daje prikaz o historijatu, radu i organizaciji, izdavačkoj djelatnosti, poslovanju i financiranju, te perspektivi daljnjeg razvoja Instituta. U drugom članku »Organizacija, rad i poslovanje ekonomskih jedinica Instituta za elektroprivredu u Zagrebu«, tehnički direktor Instituta ing. Vinko Brajnović, daje rezultate rada ekonomskih jedinica, uspjeh njihovog poslovanja u prvoj godini postojanja, te njihov naučnoistraživački i razvojni program. U trećem članku »Naučnoistraživački rad Instituta za elektroprivredu u Zagrebu kroz deset godina«, daju se kratki prikazi naučnoistraživačkog, stručnog i razvojnog rada pojedinih stručnih i laboratorijskih jedinica Instituta u proteklom periodu. Na kraju svakog prikaza dodan je popis izvršenih i objavljenih radova. Ove prikaze sastavili su šefovi ekonomskih jedinica Instituta.

DESET GODINA RADA I DJELOVANJA INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU

Herman Mattes, Zagreb

Direktor Instituta za elektroprivredu u Zagrebu daje povodom desetogodišnjice osnivanja Instituta pregled rada i života ove ustanove. Opisan je historijat razvoja od osnivanja 1953, naučnoistraživački rad, izdavačka djelatnost i financijski uspjeh poslovanja. Na kraju su izneseni izgledi za daljnji rad Instituta.

DK 061.6 : 621.3

Historijat

Narodni odbor grada Zagreba donio je na zajedničkoj sjednici Gradskog vijeća i Vijeća proizvođača održanoj 29. svibnja 1953. rješenje o osnivanju Instituta za elektroprivredu u Zagrebu kao privredne ustanove sa samostalnim financiranjem. Do osnivanja instituta u Zagrebu dolazi u vrijeme kada se u elektroprivredi već pristupilo naučnoistraživačkom radu i formirale se odgovarajuće organizacije i ustanove.

Već početkom 1948. osniva se u okviru tadašnjeg Ministarstva za elektroprivredu FNRJ, Institut za elektroprivredu FNRJ. Ovaj institut koji je imao savezni karakter formirao je svoje stručne grupe u pojedinim centrima gdje su s obzirom na raspoloživi stručni kadar postojali najpovoljniji uslovi za naučnoistraživački rad. Tako su u Beogradu formirane stručne grupe za hidroenergetska postrojenja, za tehnička mjerenja i ispitivanja, tehnologiju, za dokumentaciju i stručnu literaturu; u Zagrebu je formirana grupa za privredna pitanja i za toplinsku problematiku, a u Ljubljani elektrotehnička grupa. Ove grupe bile su jezgre, iz kojih su se kasnije osnovali instituti u Beogradu, Ljubljani i Zagrebu.

Grupa za privredna pitanja kao ogranak Instituta za elektroprivredu FNRJ otpočinje svojim radom u Zagrebu 23. III 1948. Ovom grupom rukovodi ing. Božidar Filipović, a kao prvi saradnici grupe bili su ing. Borivoj Baranović, Daniel Feöcze, ing. Jerko Jerić, ing. Oto Lukičić, ing. ek. Lovro Radičević, Wilhelm Scholl i ing. Blaž Uzelac. Vanjski saradnik grupe bio je prof. ing. Juraj Horvat. Grupa za termotehničke probleme, koja je također formirana u Zagrebu, počinje radom 1. IX 1948. Ovom grupom rukovodi ing. Juraj Mihajlov sa stručnim saradnicima ing. Aleksandrom Baborski i ing. Ivanom Balint. Kao vanjski saradnik ove grupe pozvan je prof. dr ing. Franjo Bošnjaković.

U toku rada pojedinih stručnih grupa pokazala se potreba formiranja samostalnih naučnih ustanova u pojedinim centrima u kojima su radile i djelovale ove jedinice. Ovoj tendenciji pogoduje decentralizacija, koja se u to vrijeme provodi u elektroprivredi. Tako se tada formira u Beogradu Elektroprivredni institut »Nikola Tesla«, a iz hidrotehničkog laboratorija nastaje Institut »Jaroslav Černi« za naučnu razradu hidrotehničkih problema. U Ljubljani se u okviru Slovenske akademije nauka osniva Institut za rješavanje problema prijenosa električne energije, pod rukovodstvom akademika prof. dra Milana Vidmara.

U Zagrebu pokreće autor ovog članka početkom 1951. kod Glavne direkcije elektroprivrede NR Hrvatske, osnivanje instituta, na osnovu uspješnog dvogodišnjeg rada koji su postigle privredna i termotehnička grupa. Do osnivanja ne dolazi odmah. Na prijedlog ing. Borivoja Baranovića, tadašnjeg šefa energetskog odjeljenja, formira se 1952. studijsko odjeljenje u okviru Glavne direkcije elektroprivrede. U ovo odjeljenje ulazi, uz gore navedene dvije studijske grupe, i laboratorij za toplinska mjerenja, koji te godine počinje radom pod stručnim rukovodstvom prof. ing. Josipa Boncelja. Ovaj laboratorij bio je smješten u prostorijama stare zagrebačke termoelektrane. Sastojao se iz dva odsjeka: za ispitivanje toplinske vodljivosti i za termometriju.

Prva godina rada ovog studijskog odjeljenja u okviru Glavne direkcije elektroprivrede NR Hrvatske pokazuje značajne rezultate što se vidi iz prvih izvještaja podnesenih u to vrijeme. Izrađeno je 30 elaborata, nabavljeno 159 stručnih knjiga i 29 domaćih i inostranih stručnih časopisa. U laboratoriju za toplinska mjerenja ispitivana je izolacija drozgine vune, mjerena je toplinska vodljivost dijatomejske zemlje, obavljena su razna mjerenja i baždarenja termometara i pirometara i sl. Među autorima prvih elaborata pojavljuju se tada imena naših poznatih stručnjaka, npr. ing. Mladen Dokmanić, ing. Božidar Filipović, ing. Jerko Jerić, ing. Valter Krivanek, ing. Boris Markovčić, ing. Juraj Mihajlov, ing. Hrvoje Požar, ing. Božidar Stefanini, ing. Vladimir Žepić.

Do osnivanja Instituta dolazi, kako je u uvodu ovog članka navedeno, u svibnju 1953. Prvi sastanak upravnog odbora Instituta za elektroprivredu održan je 9. srpnja 1953. U prvi upravni odbor Instituta ušli su kao članovi delegirani od upravnog odbora Elektroprivrednog sistema NR Hrvatske glavni direktor Miloš Damjanić, ing. Ante Buzato i tehničar Dušan Kirinčić, a na sastanku kolektiva Instituta izabrani su kao članovi ing. Božidar Filipović, ing. Vladimir Feuerbach i tehničar Branko Čukac, te njihovi zamjenici Krešimir Lang, ing. Rikard Oštrić, i ing. Fedor Šprung. Za predsjednika upravnog odbora izabran je drug Miloš Damjanić. Upravni odbor prihvatio je pravila Instituta, plan njegova rada za 1953. i tarifni pravilnik, te odlučio, da se za direktora Instituta postavi ing. Herman Mattes, tehnički direktor Instituta »Ruđer Bošković«. Do stupanja na dužnost direktora odlučeno je da se za vršioca dužnosti direktora postavi ing. Borivoj Baranović, šef elektroenergetskog odjela.

Prve je godine ukupni broj službenika kolektiva Instituta iznosio 53, od toga s visokom stručnom spremom: 17 inženjera elektrotehničke i strojarske struke, 2 ekonomista, 1 pravnik, zatim 13 tehničara, 3 visokokvalificirana i kvalificirana radnika, dok je administrativno, financijsko i pomoćno osoblje bro-

jilo 11 ljudi. Institut je tada imao 6 vanjskih saradnika iz fakulteta i stručnjaka iz industrije.

Pred novo osnovani Institut postavlja se odmah i pitanje prostorija i nabave opreme za laboratorije. Budući da se studijske grupe i laboratoriji nisu mogli smjestiti u staroj poslovnoj zgradi Gradske električne centrale u Gundulićevoj ul. 32, u kojoj je bila smještena uprava Elektroprivrednog sistema, odmah se postavilo pitanje osiguranja prostorija. Već iduće 1954. godine dobiva Institut preko uprave Elektroprivrednog sistema nekoliko učionica u zgradi Elektroprivredne škole u Selskoj cesti 93, koje preuređuje za smještaj svojih studijskih grupa i laboratorija. U tim prostorijama smješteni su uz studijske grupe Instituta i laboratoriji za zaštitu i releje, za slabu struju i telekomunikacije i toplinski laboratorij. U toku 1954. i 1955. adaptira se gimnastička dvorana škole, s odgovarajućim nusprostorijama, za smještaj laboratorija za jaku struju i visoki napon.

Smještaj Instituta u zgradi Elektroprivredne škole bio je privremenog karaktera. Ubrzo se uvidjelo, da treba što hitnije voditi računa o smještaju Instituta u nove odgovarajuće prostorije. U to vrijeme postavilo se pitanje poslovnih prostorija za upravu Elektroprivrednog sistema i za poduzeća »Dalekovod«, »Elektroprojekt« i »Elektroprenos«, koji su svi bili smješteni u staroj zgradi u Gundulićevoj ulici 32. Na inicijativu zainteresiranih organizacija Gradski narodni odbor grada Zagreba, uz punu pomoć tadašnjeg predsjednika druga Većeslava Holjevca, dodjeljuje im 1954. nedovršenu poslovnu zgradu u Ulici proleterskih brigada 37 time, da je preurede i dovrše za potrebe svojih organizacija. Institut useljava u tu novu zgradu »Elektroprivrede« 1. III 1958. Kako se u novoj poslovnoj zgradi nisu mogli smjestiti laboratoriji Instituta, pristupa se uz sufinanciranje Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, izgradnji posebne laboratorijske zgrade u krugu dalje proširenih objekata »Elektroprivrede« u Ulici proleterskih brigada. Nova laboratorijska zgrada izgrađena je u dvije etape. Koncem 1961. dovršene su prostorije laboratorija za visoki napon i jaku struju i laboratorija za slabu struju i elektroniku. U srpnju 1963. dovršena je druga etapa laboratorijske zgrade u koju se smještavaju laboratorij za toplinska mjerenja i radionica za izgradnju prototipova elektronskih uređaja, kao i skladište materijala Instituta. Tako će ove jubilarne godine cjelokupni Institut biti smješten u nove prostorije koje funkcionalno odgovaraju njegovom radu i zadacima.

Rad i organizacija

Kako se vidi iz ranijeg izlaganja, studijske grupe koje su djelovale prije formalnog osnivanja Instituta sprovodile su svoj naučnoistraživački rad na osnovu određenog zacrtanog programa rada. Osnivanjem Instituta ovaj program rada dopunjen je i sistematiziran, a adekvatno tome i postavljena organizacija.

Osnovni zadatak novoosnovanog Instituta za elektroprivredu bio je da naučno obrađuje aktuelne probleme i razvoj na području elektroenergetike i termoenergetike. Iz područja elektroenergetike Institut treba da prikuplja, sređuje i proučava dokumentaciju o razvitku elektroprivrede; da ispituje energetske baze i razvoj električnog konzuma, te razrađuje pitanja proizvodnje, prijenosa i razdiobe električne energije, rješava aktuelna pitanja za potrebe pogona i izgradnju elektroprivrednih postrojenja, te surađuje na rješavanju problema u vezi domaće proizvodnje elektrotehničke opreme za energetska postrojenja. Iz područja termoenergetike teoretski i eksperimentalno obrađuje toplinske probleme i to naročito korištenje domaćih toplinskih izvora te razvojnu primjenu toplinskih procesa, postrojenja, uređaja i materijala. Institut svoje zadatke ostvaruje izrađivanjem studija i elaborata, sprovođenjem primopredajnih ispitnih i kontrolnih mjerenja, te savjetovanjima kod rješavanja elektroprivrednih i toplinskih problema u praksi. U cilju uspješnog izvršavanja svojih zadataka Institut nadalje prati naučnu istraživačku djelatnost i surađuje sa sličnim ustanovama u zemlji i inostranstvu, te objavljuje rezultate svoga rada.

Kroz čitavo desetogodišnje razdoblje rada, Institut je djelovao u okviru svog osnovnog zadatka; mijenjala se samo aktivnost na pojedinim područjima rada uslovljena zahtjevima interesenata kao i mogućnostima uslovljenim stručnim kadrom, raspoloživim kapacitetima i potrebnom opremom. U ovom prikazu nećemo dati pregled naučnoistraživačkih i razvojnih radova Instituta, jer je to učinjeno na drugom mjestu (vidi članak: »Naučnoistraživački rad Instituta kroz deset godina«), nego ćemo se samo osvrnuti na organizaciju rada i na najznačajnije stručne aktivnosti, koje su se razvijale u proteklom razdoblju.

Rad i organizacija Instituta razvija se u skladu s njegova dva osnovna zadatka, elektroenergetikom i termoenergetikom, koji su već kod osnivanja zavoda uvjetovali formiranje dvaju odjela: elektroenergetskog i toplinskog. Odjeli su imali u svom sastavu studijske grupe i laboratorije.

Elektroenergetski odjel rješava u svojim specijaliziranim studijskim grupama i laboratorijima cjelokupnu problematiku elektroprivrede, a naročitu pažnju posvećuje energetskim problemima, problemima prijenosa i razvoda električne energije, te je na tom području postigao značajne rezultate. Posebna se pažnja posvećuje pitanjima izgradnje hidroenergetskih izvora, kako sa stanovišta najracionalnijeg korištenja vodenih snaga, tako i sa stanovišta redoslijeda, kojim treba izgrađivati hidroelektrane, da se postigne optimalan ekonomski efekt u čitavom sistemu. Za rješavanje ove problematike izgrađene su posebne metode.

Elektroenergetski odjel imao je u svom sastavu slijedeće studijske grupe i laboratorije: grupu za studij elektroenergetskih sistema, grupu za prijenos, grupu za razvodne mreže, privrednu grupu i grupu za elektrotehničku opremu s laboratorijem za visoki napon, laboratorij za telekomunikacije i elektroniku i laboratorij za zaštitu i releje. Elektroenergetskim odjelom rukovodi od osnivanja Instituta ing. Borivoj Baranović, a nakon njegovog odlaska godine 1959. ing. Miroslav Balling.

U grupi za elektrotehničku opremu izrađuju se studije i obavljaju istraživanja o upotrebi raznog elektrotehničkog materijala i opreme u elektroprivredi, te laboratorijska i terenska ispitivanja i mjerenja. U sastav ove grupe ušli su laboratorij visokog napona, laboratorij za telekomunikacije i elektroniku i laboratorij za zaštitu i releje. Prva dva laboratorija su se kasnije razvila u samostalne jedinice, dok je laboratorij za zaštitu i releje preuzela Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske. Ovom grupom rukovodio je od osnivanja Instituta do osamostaljenja laboratorija prof. ing. Vladimir Žepić.

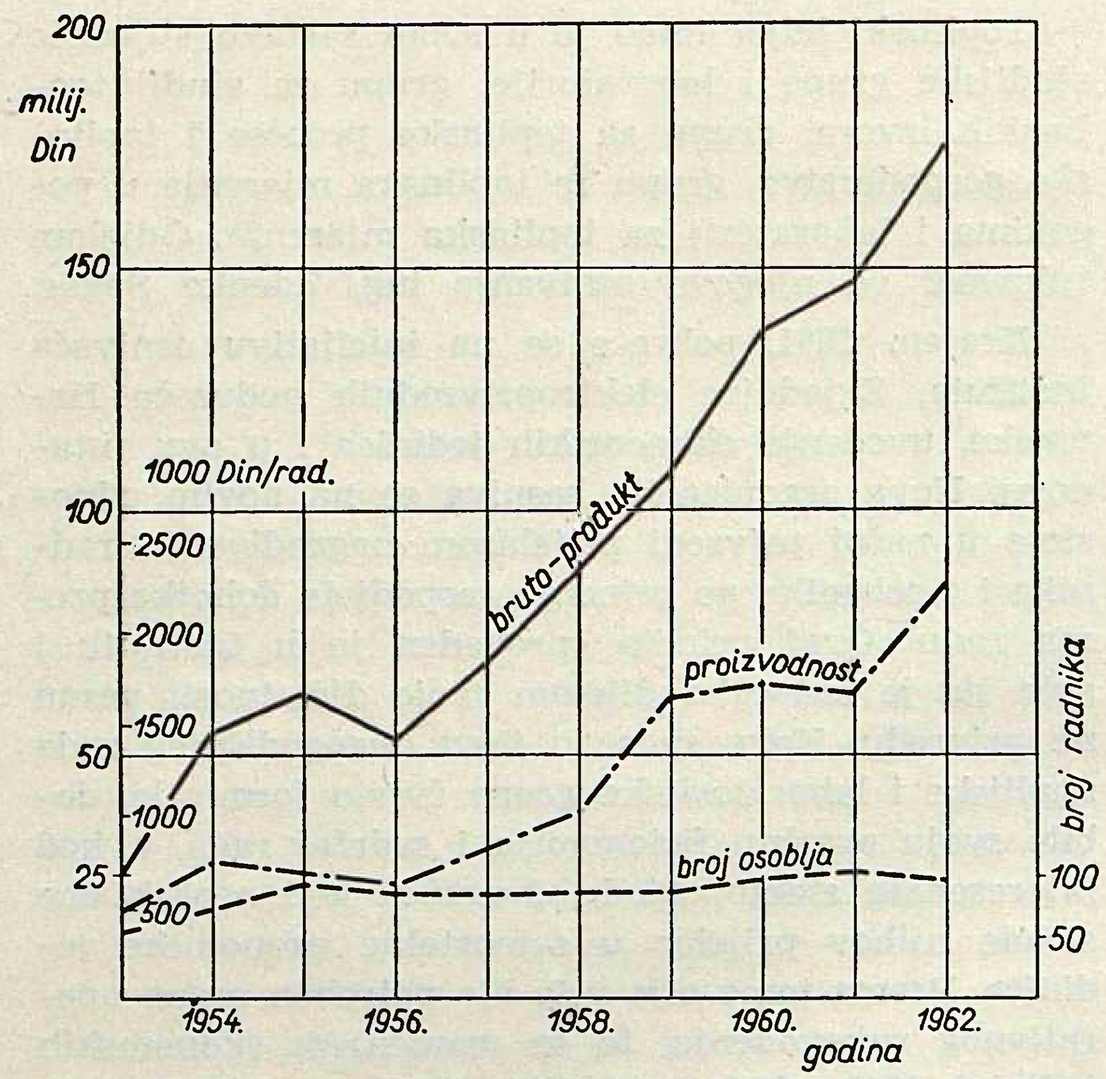
Toplinski odjel Instituta studijski obrađuje probleme toplinskih izvora i toplinske tehnike. Iz područja energetskih izvora proučavaju se problemi proizvodnje energije iz fosilnih i nuklearnih izvora. Na tom području vršene su studije o razvoju nuklearno-energetskih izvora u svijetu, kao i pitanja vrste, veličine i lokacije termoenergetskih postrojenja (kao npr. studija o izgradnji zagrebačke toplane). Posebna pažnja je posvećena izradi katastra izvora toplinske energije. Na području toplinskih procesa i toplinskog gospodarstva obrađivani su problemi tehnike i ekonomije proizvodnje i potrošnje toplinske energije, proučavaju se toplinski procesi i njihova primjena u našoj zemlji. U tom smislu proučavan je razvoj plinskih turbina i njihova primjena kod nas, izrađeni su energetski tokovi za područje Hrvatske i Jugoslavije, vršena su primopredajna ispitivanja i mjerenja na termoenergetskim postrojenjima, i davani konkretni prijedlozi za racionalizaciju toplinskih procesa, određivanje normativa i sl. Obavljena su mnogobrojna pogonska i laboratorijska toplinska ispitivanja i atestiranja toplinskih izolacija, vatrostalnog materijala, baždarenja mjerila i regulatora temperatura i sl.

Toplinski odjel imao je u svom sastavu slijedeće studijske grupe i laboratorije: grupu za studij toplinskih izvora, grupu za toplinske procese i toplinsko gospodarstvo, grupu za toplinska mjerenja u pogonima i laboratorij za toplinska mjerenja. Odjelom rukovodi od njegova osnivanja ing. Zdenko Sakar.

Krajem 1961. pokreće se na inicijativu osnivača Instituta, Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, uvođenje ekonomskih jedinica i u ovu ustanovu. Nova organizacija zasniva se na novim odnosima u našoj privredi prijelazom nagrađivanja radnika i službenika po principu raspodjele dohotka prema radu. Ovaj princip sproveden je u Institutu i zato što je najvećim dijelom svoje djelatnosti vezan na privredu. Kako su se u toku dugogodišnjeg rada studijske i laboratorijske grupe čvrsto formirale, dobile svoju stručnu fizionomiju i sadržaj rada, a kod interesenata stekle ugled, omogućen je i s praktične strane njihov prijelaz u samostalne ekonomske jedinice. Prema tome nije više bio potreban organ operativnog rukovođenja, te se uvođenjem ekonomskih jedinica 1962. ukidaju stručni odjeli, a umjesto njih formirani su Tehnički sektor i Administrativno-financijska služba.

Tehnički sektor, kojim rukovodi tehnički direktor, sačinjavaju ekonomske jedinice koje djeluju samostalno u okviru osnovnih zadataka i programa rada Instituta. Ekonomske jedinice su formirane od postojećih studijskih grupa i laboratorija Instituta na osnovu kriterija stručne problematike i ekonomske opravdanosti. U ovom prikazu ne ulazimo u organizaciju, program rada i poslovanje pojedinih ekonomskih jedinica, što se daje na drugom mjestu (vidi članak »Organizacija, program rada i poslovanje ekonomskih jedinica Instituta za elektroprivredu u Zagrebu«).

Sl. 1. U ovoj zgradi Elektroprivrede Hrvatske Institut za elektroprivredu zauzima 1. kat



Sl. 2. Prihodi, brojno stanje i produktivnost

Administrativno-financijska služba objedinjuje sve službe koje su ranije bile u sastavu Općeg odjela. Institut u svom sastavu ima biblioteku sa stručnom dokumentacijom i izdaje časopis »Energija«.

Nakon reorganizacije Instituta postavljen je za tehničkog direktora ing. Vinko Brajnović, a za šefa financijsko-administrativne službe Slavko Jelavić.

Izdavačka djelatnost

Institut za elektroprivredu, uz objavljivanje svojih radova u stručnoj štampi, na stručnim savjetovanjima i kongresima u zemlji i inostranstvu razvio je i vlastitu publicističku djelatnost. Jedan od glavnih oblika izdavačke djelatnosti je izdavanje časopisa »Energija«.

Još godine 1952. kada je trebalo elektroprivredu uskladiti s novim principima organizacije proizvodnje u zemlji, uzimajući u obzir specifične osobine opskrbe potrošača električnom energijom u kojoj su proizvodnja, razdioba i prodaja dijelovi jednog jedinstvenog tehnološkog procesa, studijsko odjeljenje elektroprivrednog sistema NR Hrvatske izdaje »Bilten elektroprivrede Hrvatske«. Tom prethodniku današnjega časopisa »Energija« stavljeno je u zadatak, da kao stručna revija objelodanjuje energetska, tehnička, pogonska i ekonomska zbivanja i da daje prikaze aktuelnih problema, s kojima se susreće ili s kojima će se susretati elektroprivreda Hrvatske.

U međuvremenu, program »Biltena« čije je izdavanje preuzeo Institut, postaje s obzirom na snažan razvoj elektroprivrede i energetike uopće, preuzak. Zbog toga Institut zajedno sa Zajednicom elektroprivrednih poduzeća Hrvatske izdaje 1957. godine časopis pod nazivom »Energija«, koji proširuje raniji sadržaj »Biltena« i na opće energetske probleme. Istodobno prelazi granice svog republičkog djelovanja i postaje časopis visokog stručnog nivoa, zanimljivog ne samo za stručnjake u zemlji nego i izvan nje. Do 1956. list se umnažao ciklostilom u 300 primjeraka, koji su uglavnom besplatno dijeljeni visokostručnim službenicima i radnicima u elektroprivredi, te referentima i kompetentnim faktorima u raznim nadleštvima i ustanovama. Te godine, časopis se počinje štampati i znatno se proširuje obujmom. Broj pretplatnika, čitalaca i oglašivača povećava se vidno i list postaje u neku ruku udžbenikom elektroprivrednih kadrova, koji proširuje njihovo stručno znanje, usavršava ga, izvještava ih o savremenim zbivanjima na elektroprivrednom i općeenergetskom području, te daje smjernice i perspektive daljeg razvoja elektroprivrede u republici i u zemlji.

Kako su u tom vremenskom razdoblju pale i neke značajne godišnjice, »Energija« im je posvetila posebnu pažnju, pa su tako štampani posebni brojevi posvećeni dovršenju TE Konjščina, 50-godišnjici prve elektrane u Zagrebu, 50-godišnjici HE Kraljevac, puštanju u pogon HE Peruća, HE Split i nedavno Toplane Zagreb.

List stiče ugled jednog od najboljih elektroprivrednih stručnih listova u zemlji, a mnogo je cijenjen i u inozemstvu, gdje ga strani stručni časopisi često citiraju i prenose. Od njegova izlaženja do danas štampano je u svemu 70.000 primjeraka, a u časopisu je do sada surađivalo 118 autora sa 886 članaka i prikaza.

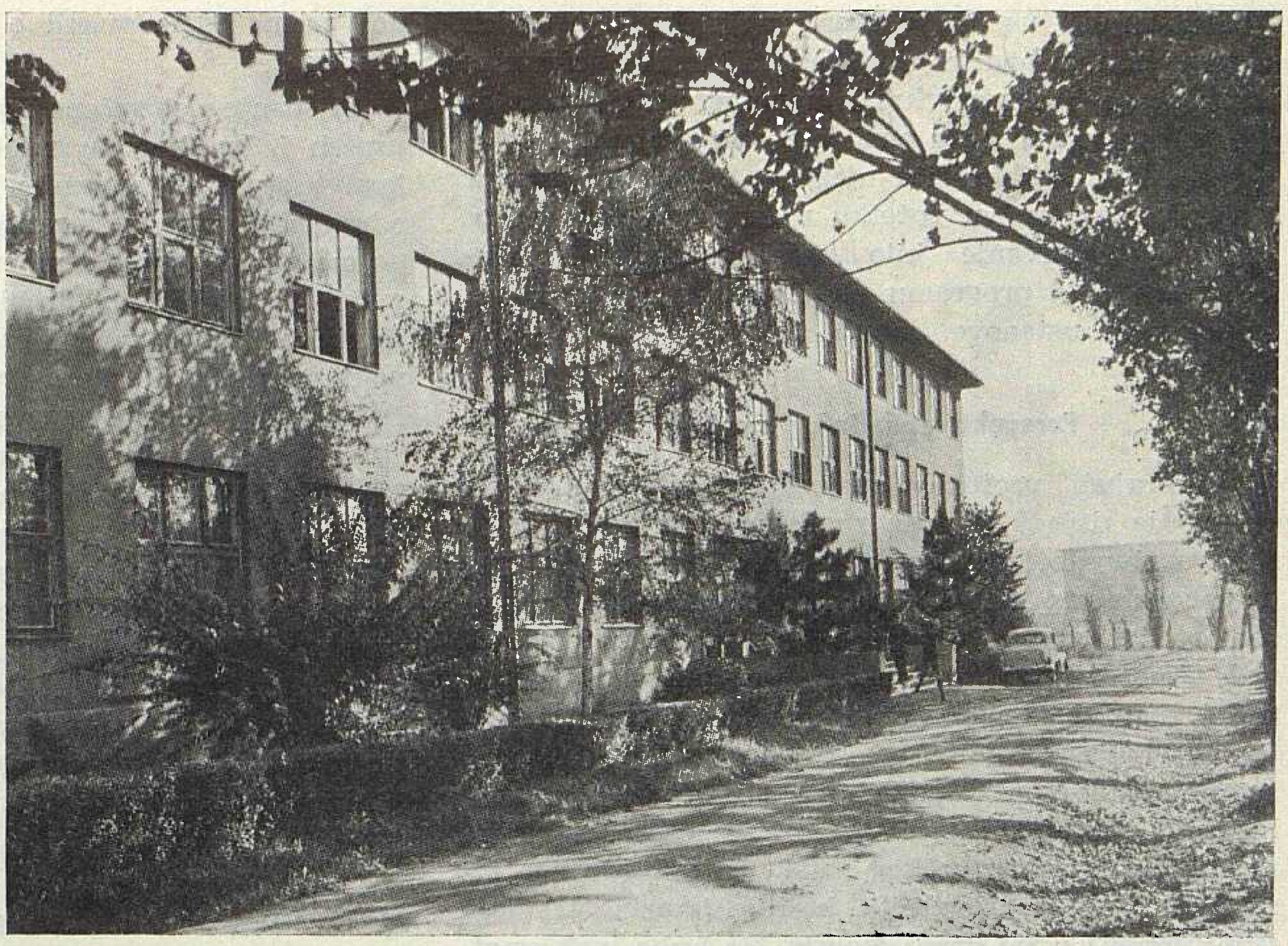
Glavni i odgovorni urednik časopisa je od njegovog osnivanja ing. Božidar Filipović. Godine 1963. postavljen je za glavnog i odgovornog urednika ing. Boris Markovčić, šef studijske grupe za mreže visokog napona Instituta. Od njegovog osnivanja do danas bili su aktivni kao urednici rubrika: ing. Miroslav Balling, ing. Boris Baranović, ing. Ivo Božin, ing. Vinko Brajnović, dr Božidar Drašković, Danijel Feöcze, Krešimir Lang, ing. Jakob Lucati, ing. Ivan Lučev, Anđelko Marušić, ing. Boris Markovčić, Ivan Medvedec, Josip Pišpek, ing. Radoslav Planić, ing. Lovro Radičević, ing. Zdenko Sakar, ing. Alojzije Ščap, ing. Milan Šodan, Držislav Šutej, ing. Blaž Uzelac, prof. ing. Vladimir Žepić.

Kao tehnički urednici časopisa radili su: ing. Marijan Brezinščak, ing. Vlatko Dabac, ing. Vladimir Štengl, a kao administrativni rukovodilac Ernest Radetić.

U izdavačkom odboru učestvuju predstavnici Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske i Instituta za elektroprivredu: Miloš Damjanić, glav. direktor ZEP Hrvatske, ing. Vinko Brajnović, tehnički direktor Instituta, ing. Vinko Horvat, stručni savjetnik ZEPH, Franjo Kovač direktor privredno-računskog sektora ZEPH i ing. Herman Mattes, direktor Instituta.

Poslovanje i financije

Institut od svog osnivanja posluje kao ustanova sa samostalnim financiranjem. Svoje prihode ostvaruje ugovaranjem studijskih radova, laboratorijskim ispitivanjima, primopredajnim ispitivanjem i mjerenjima elektroenergetskih i termoenergetskih postrojenja, razvojem prototipova, raznih uređaja za elektroprivredna i industrijska poduzeća. U cilju osiguranja dugoročnih nučnoistraživačkih radova, Insti-



Sl. 3. Zgrada Elektroprivredne škole u Zagrebu u kojoj je do nedavna bio smješten i Institut za elektroprivredu

tut je dao inicijativu za sklapanje dugoročnih okvirnih ugovora u kojima je za pojedine interesente — privredne organizacije, utvrđena tematika i program naučnoistraživačkog rada za više godina. Okvirnim ugovorom uz program rada predviđena su i financijska sredstva i način dugoročnog financiranja. Na osnovu ovih postavki sklopljeni su petogodišnji okvirni ugovori kao npr. sa Zajednicom elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, te Zajednicom jugoslavenske elektroprivrede.

Sklapanje dugoročnih ugovora nije imalo samo za posljedicu osiguranje solidne i trajne financijske baze, nego je imalo i značajan utjecaj na stalno podizanje nivoa kvaliteta radova Instituta. To je upravo omogućilo usmjeravanje naučnoistraživačkog rada na pojedina specijalizirana područja elektroenergetike, termoenergetike i elektrotehnike u okviru osnovnog zadatka ustanove. Omogućeno je nadalje provesti specijalizaciju stručnog kadra i postići značajne rezultate i kod rješavanja vrhunskih problema iz pojedinih specijaliziranih područja.

Institut se u toku svog desetogodišnjeg rada stalno bori za postizavanje kvalitetnog stručnog kadra. Stalnost s gledišta osiguranja naučnoistraživačkog rada i sklapanja dugoročnih ugovora još ne zadovoljava. Zbog toga je brojno stanje stručnog kadra podvrgnuto oscilacijama (vidi tablicu *Brojno stanje stručnog i ostalog kadra instituta.*).

Usprkos mnogim teškoćama oko osiguranja financijskih sredstava, koje je ostvarivao isključivo putem ugovora za svoje radove, prihodi Instituta pokazuju u ovih proteklih deset godina tendenciju stalnog porasta (vidi tablicu *Pregled ostvarenih prihoda).*

U čitavom proteklom razdoblju Institut je ostvarivao završni račun s pozitivnom bilancom. Ostvareni višak prihoda nad rashodima koristio se za nabavu opreme za laboratorije, proširenje laboratorijskih i uređenje poslovnih prostorija, nabavu stanova za stručnjake i radnike Instituta, te drugog potrebnog inventara. Institut je također povećao produktivnost rada izraženu specifičnim prihodom po radniku (vidi dijagram *Prihodi, brojno stanje i produktivnost).*

Brojno stanje stručnog i ostalog kadra Instituta

Godina	Visoka stručna sprema		Tehničari	VKV i KV radnici	Ostalo tehničko osoblje	Admin. financ. osoblje	Ukupno
	Inženjeri	Ekonomisti i ostali					
1953.	17	3	13	3	—	11	53
1954.	23	4	18	3	7	19	74
1955.	27	2	25	3	7	26	90
1956.	27	3	24	2	6	25	87
1957.	29	3	22	2	6	24	86
1958.	23	3	24	2	5	24	86
1959.	28	3	26	1	4	22	84
1960.	28	4	29	6	6	24	97
1961.	30	4	28	8	7	27	104
1962.	24	4	25	10	7	25	95

Pregled ostvarenih prihoda

Godina	Bruto-produkt milij. dinara
1953.	25
1954	54
1955.	61
1956.	53
1957.	67
1958.	88
1959.	132
1960.	162
1961.	171
1962.	212

nost organizacije rada i poslovanja. Umjesto ranijeg općeg odjela formirana je administrativno-financijska služba.

Prema gore postavljenom principu organizacije, formirane su u okviru Tehničkog sektora slijedeće ekonomske jedinice:

EJ I — Elektroenergetski sitemi
EJ II — Mreže visokog napona
EJ III — Distributivne mreže
EJ IV — Termoenergetski sistemi
EJ V — Toplinski laboratorij
EJ VI — Laboratorij za visoki napon i jaku struju
EJ VII — Laboratorij za slabu struju i elektroniku
EJ VIII — Ekonomska pitanja elektroprivrede i statistika
EJ IX — Opća energetika

Tehničkim sektorom rukovodi tehnički direktor, koji kroz tehničko-operativno rukovođenje objedinjuje djelatnosti ekonomskih jedinica i planiranje rada na nivou Instituta.

U novoj organizaciji Instituta djeluje i nadalje upravni odbor, koji je organ društvenog upravljanja ustanove. Organ upravljanja sačinjavaju predstavnici Instituta, osnivača — Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske (ZEPH), Zajednice jugoslavenske elektroprivrede (JUGEL) i predstavnika Republičkog sekretarijata za industriju. Kolegij Instituta je savjetodavni organ direktora i u njegov sastav ulaze tehnički direktor, šef administrativno-financijske službe i šefovi ekonomskih jedinica. Organizacija Instituta vidi se iz priložene organizacione sheme.

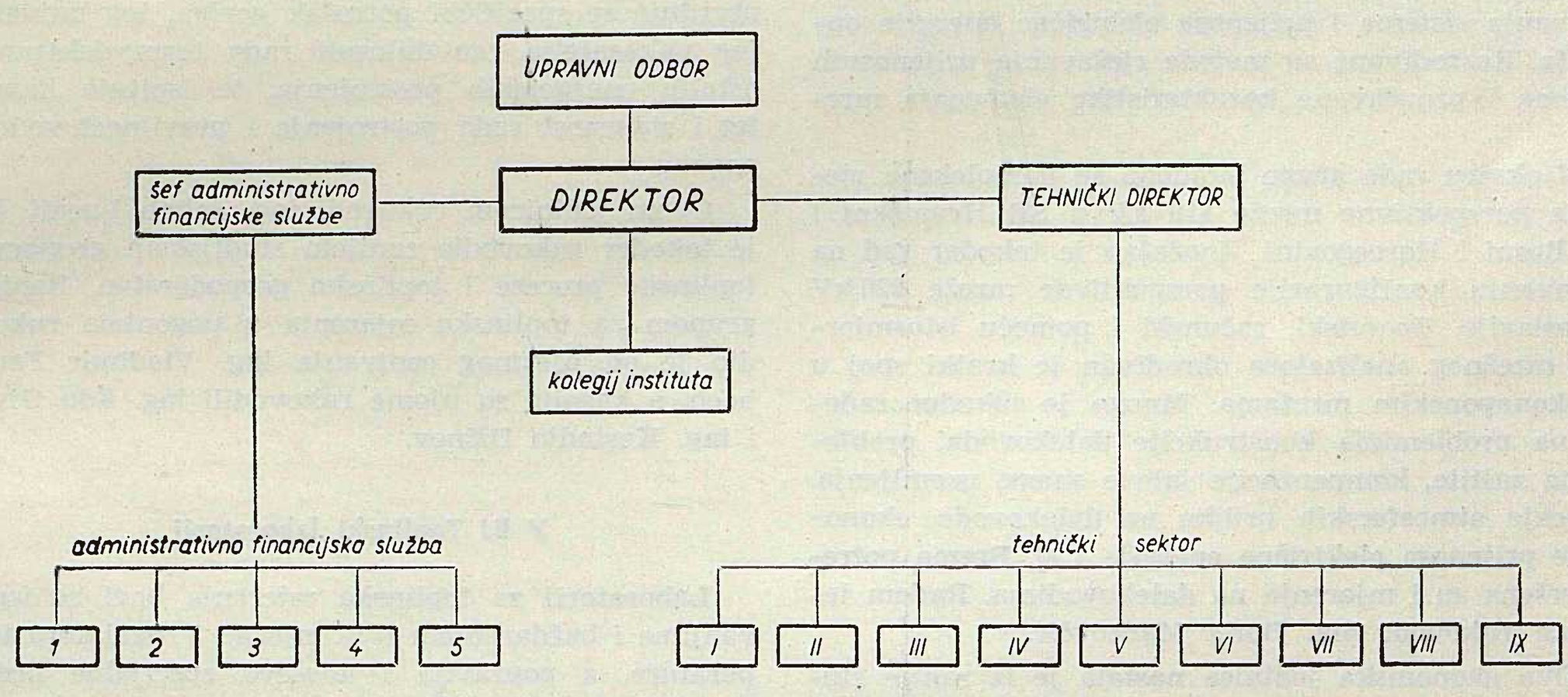
Prijelaz na sistem rada po ekonomskim jedinicama dao je značajne rezultate već u prvoj godini rada i poslovanja. Elastičnost rukovođenja povećava operativnost u rješavanju zadataka, povećavanju produktivnosti, kao i boljem kontaktiranju zainteresiranih korisnika za radove i usluge Instituta. Stimulativno nagrađivanje djelovalo je na zalaganje i radnu disciplinu.

Iz priložene tablice ostvarenja plana rada ekonomskih jedinica u 1962. vidi se da su ekonomske jedinice već u prvoj godini svog poslovanja pokazale pozitivne rezultate i premašile svoje financijske obaveze postavljene planom.

Pregled ostvarenja prihoda i rashoda u tisućama dinara po ekonomskim jedinicama za 1962.

Ekonomska jedinica	Ostvarenje prihoda	Izvršenje rashoda
I	23.371	18.878
II	12.943	10.002
III	9.634	8.564
IV	36.346	31.387
V	33.031	26.137
VI	31.088	25.782
VII	36.685	30.150
VIII	8.803	7.228
IX	6.836	4.742
Ukupno	198.737	162.870

Ovaj pregled pokazuje da je novi sistem rada i poslovanja položio ispit i opravdao novu organizacionu formu. Uz pravilnu orijentaciju u radu i povezivanjem rada Instituta, osim s elektroprivredom, i s ostalim interesentima za elektroenergetske, toplinske i ostale energetske, te srodne elektrotehničke probleme naše industrije, poduzeća i upravnih organa, omogućeno je potpuno ekonomsko samostalno poslovanje, bez raznih dotacija ili sličnih pomaganja.



Sl. 1. Shema organizacije poslovanja Instituta za elektroprivredu

1 Organiz. kadrovski
Tajništvo UO
Pravna služba
Urudžbeni zapisnik
2 Računovodstvo
Nabavna služba
Skladište
3 Dokumentacija
Biblioteka
Naučna i tehn. suradnja
4 Časopis »Energija«
5 Tehnika umnožavanja
Prijepis, crtanje
Foto-lab., arhiv nacrta i karata

I Elektroenergetski sistemi
II Mreže visokog napona
III Distributivne mreže
IV Termoenergetski sistemi
V Toplinski laboratorij
VI Laboratorij za visoki napon i jaku struju
VII Laboratorij za elektroniku
VIII Privreda i statistika
IX Opća energetika

Radi boljeg uvida u rad pojedinih ekonomskih jedinica daje se kratak pregled problematike i razvojnog rada, kojim su se bavile pojedine jedinice. Kod toga je obuhvaćeno i djelovanje ranijih studijskih grupa i laboratorija koji su ušli u sastav pojedinih ekonomskih jedinica.

I EJ Elektroenergetski sistemi

U ekonomskoj jedinici za studij elektroenergetskih sistema proučava se razvoj konzuma, raspored i karakteristične veličine elektrana, te elektroenergetske podloge za konfiguraciju mreže u sistemu. Pomoću metoda razvijenih u grupi izrađen je niz energetskih bilanca za energetske sisteme u Jugoslaviji. Izrađen je također velik broj studija i elaborata iz područja razvoja potrošnje električne energije, moguće proizvodnje i karakteristike hidroelektrana, odnos hidroenergije i termoenergije u kombiniranom elektroenergetskom sistemu, energetske podloge za proučavanje prijenosnih mreža, eksploatacija elektrana u okviru kombiniranog elektroenergetskog sistema, eksploatacione mogućnosti izgrađenih hidroelektrana s gledišta dispečerske službe i sl. Radom ove jedinice rukovodi prof. dr ing. Hrvoje Požar, redoviti profesor Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu.

Ova ekonomska jedinica razvila se iz ranije studijske grupe za elektroenergetske sisteme, kojom je također rukovodio prof. Požar.

II EJ Mreže visokog napona

Ekonomska jedinica za mreže visokog napona rješava problematiku regionalnih prijenosnih mreža 110 kV, superponirane mreže 220 kV, kao i probleme povezivanja sistema i prijenosa električne energije općenito. Razrađivane su metode rješavanja prijenosnih sistema i proučavane karakteristike elemenata mreže.

U okviru rada grupe izrađena su kompleksna rješenja perspektivne mreže 110 kV u SR Hrvatskoj i SR Bosni i Hercegovini. Značajan je također rad na rješavanju konfiguracije perspektivne mreže 220 kV Jugoslavije. Teoretski, računski i pomoću istosmjernog mrežnog analizatora obrađivan je kratki spoj u visokonaponskim mrežama. Mnogo je također rađeno na problemima konstrukcije dalekovoda, problemima zaštite, kompenzacije jalove snage, uzemljenja, utjecaja atmosferskih prilika na dalekovode, ekonomike prijenosa električne energije i sl. Prema potrebi vršena su i mjerenja na dalekovodima. Radom jedinice rukovodi ing. Boris Markovčić.

Ova ekonomska jedinica nastala je iz ranije studijske grupe za prijenos, kojom je do 1955. rukovodio prof. dr ing. Božidar Stefanini, profesor Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu, a zatim ju je preuzeo današnji rukovodilac.

III EJ Distributivne mreže

Ekonomska jedinica za distributivne mreže bavi se problemima razdjelnih vodova i gradskih mreža do srednjih napona od 30 i 35 kV. Rad grupe bio je usmjeren u tri glavna pravca: planiranje gradskih i većih mjesnih mreža, planiranje i projektiranje republičkih mreža 35 kV i mreža 10 kV za opću elektrifikaciju, te studij tehničkih ekonomskih i drugih problema, vezanih uz razvoj distributivne mreže. Grupa je obradila čitav niz konkretnih osnovnih rješenja za elektrifikaciju širih područja na cijelom teritoriju SR Hrvatske, a posebno se bavila rješenjem gradskih mreža u Zagrebu, Rijeci, Osijeku, Karlovcu, Šibeniku, Puli, Zadru i Tuzli, kao i u nekim drugim našim gradovima. Kod rješavanja problema distributivnih mreža grupa se služi istosmjernim analizatorom, koji je izrađen u Institutu. Među ostalim vršena su opsežna ispitivanja mreže grada Skopja. Jedinicom rukovodi ing. Vladimir Štengl.

Ova ekonomska jedinica nastala je iz studijske grupe za razradu distributivnih mreža, kojom je najprije rukovodio doc. ing. Mladen Dokmanić, a zatim ing. Miroslav Balling.

IV EJ Termoenergetski sistemi

Ova ekonomska jedinica nastala je spajanjem grupe za toplinske procese i toplinsko gospodarstvo s grupom za toplinsko mjerenje u pogonima. Jedinica je radila na ključnim termoenergetskim zadacima u elektroprivredi i industriji, rješavajući studijske razvojne zadatke i dajući praktičnu pomoć u unapređenju i vođenju pogona.

Iz područja toplinskih procesa i toplinskog gospodarstva razrađuje se tehnika i ekonomija proizvodnje i potrošnje toplinske energije, proučavaju se toplinski procesi i njihova primjena u zemlji.

Na području toplinskih mjerenja u pogonima utvrđuje se specifični potrošak goriva, tog najvažnijeg pokazatelja rentabilnosti rada termoelektrana i ostalih energetskih postrojenja, te ispituje kapacitet i sigurnost rada postrojenja i pravilnost vođenja pogona.

Ovom jedinicom rukovodi ing. Jakob Lucati, koji je također rukovodio ranijom studijskom grupom za toplinske procese i toplinsko gospodarstvo. Ranijom grupom za toplinska mjerenja u pogonima rukovodio je od njezinog osnivanja ing. Vladimir Feuerbach, a kasnije su njome rukovodili ing. Edo Giunio i ing. Kostadin Džinev.

V EJ Toplinski laboratorij

Laboratorij za toplinska mjerenja bavi se ispitivanjima i baždarenjem svih mjerila i regulatora temperature, a popravlja i udešava specijalne instrumente. Toplinske izolacije se ispituju u pogonima i u laboratoriju. Ispitivanje vatrostalnog materijala drugi je osnovni rad laboratorija, koji je na tom području proširio svoje djelovanje diljem cijele zemlje. Iz područja prolaza topline vršena su mnogobrojna ispitivanja na raznim postrojenjima, građevinskim objektima te brodskim i kopnenim hladnjačama. Laboratorij je ispitivao i razna toplinsko-tehnička svojstva materijala, kao na primjer koeficijente toplinske vodljivosti, specifične topline, rastezanja,

Sl. 2. Institut za elektroprivredu — zgrada laboratorija za visoki napon i jaku struju, elektroniku, slabu struju i toplinska mjerenja

temperaturne granice upotrebljivosti i dr. Ovim laboratorijem rukovodi od osnivanja Instituta ing. Fedor Šprung, a kao stalni konzultant surađuje prof. ing. Josip Boncelj.

VI EJ Laboratorij za visoki napon i jaku struju

Laboratorij za visoki napon ispituje električnu opremu do 110 kV pomoću udarnog generatora od 800 kV i drugih odgovarajućih uređaja. Svojim preciznim aparaturama laboratorij može ispitivati sve električne izolacione materijale, te ispitivati aparate široke potrošnje niskog napona. Ispitivanje instalacionog materijala također je važan zadatak ovog laboratorija. Laboratorij se bavi i tehničkim preuzimanjem električne opreme i kompletnih postrojenja, daje stručna mišljenja o opremi i materijalu, te savjetuje kod izbora aparata. (Iz ovog djelokruga rada važno je istaknuti preuzimanje opreme za hidroelektrane Trebišnjicu i Senj). Specijalnim uređajima mogu se baždariti i udešavati brojila, instrumenti i mjerni transformatori. Laboratorijem rukovodi ing. Blaž Uzelac.

VII EJ Laboratorij za slabu struju i elektroniku

Ovaj laboratorij bavi se problematikom telekomunikacionih veza u elektroprivredi, a osobito u području prijenosa visokim frekvencijama na vodovima visokog napona i spojne tehnike. Laboratorij razmatra i problematiku elektronike za razne potrebe elektroprivrede i industrije. U okviru unapređenja proizvodnje, u laboratoriju se studira industrijska televizija i drugi problemi šireg značaja. Razvijeni su mnogi uređaji i prototipovi za elektroprivredu, industriju, Jugoslavensku armiju i druge, kao npr. tragač kabela, elektronski uređaj s fotoćelijom za zaštitu od požara i provala, elektronski termoregulator, mali visokofrekventni uređaj za telekomunikacije, tranzistorizirani uređaj kao izvor visokih napona u elektronici i sl. U posljednje vrijeme grupa pristupa razvojnom radu na problematici registracije bioloških napona. Kao rezultat toga rada razvijeni su prvi jugoslavenski elektroencefalografi, koji su izrađeni za niz medicinskih klinika i bolnica u našoj zemlji. Pristupilo se također i razvoju fotostimulatora i bioloskopa. Ovim laboratorijem je rukovodio od njegovog osnutka do 1959. ing. Rikard Oštrić, a nakon njegovog odlaska iz Instituta njime rukovodi ing. Ante Šantić.

VIII EJ Ekonomska pitanja elektroprivrede i statistika

Ova se grupa bavi ekonomskom problematikom elektroprivrede. U tom okviru ona obrađuje pitanja suvremenih tarifnih sistema i na tom području već dulji niz godina surađuje sa Zajednicom jugoslavenske elektroprivrede na izradi jedinstvenog tarifnog sistema za čitavu zemlju. Predmet posebnih studija bile su i cijene električne energije za izvoz na tržište srednje Evrope. Studijski rad grupe obuhvaća i druga područja ekonomske problematike elektroprivrede, među kojima se ističu problemi racionalizacije opskrbe električnom energijom, normiranje troškova, valorizacija električne energije u energetskim sistemima, zatim prognoziranje ekonomskog razvoja elektroprivrede i drugi. U okviru rada na području elektroprivredne statistike grupa prati razvoj elektroprivrede kod nas i vrši uspoređivanje s razvojem u ostalim zemljama. U časopisu »Energija« uređuje redovne statističke izvještaje. Od osnivanja Instituta grupom rukovodi ing. Božidar Filipović.

IX EJ Opća energetika

Ova ekonomska jedinica formirana je iz ranije studijske grupe za toplinske izvore. Od početka djelovanja grupa je usmjerila rad na problematiku optimalnog razvoja energetske privrede Jugoslavije i na regionalne energetske probleme u Hrvatskoj. Studira se razvoj potrošnje energije u industriji, saobraćaju, domaćinstvu i komunalnoj djelatnosti, poljoprivredi i ostalim sektorima, i utvrđuje njeno najpovoljnije dugoročno podmirenje, a u odnosu na opći privredni i društveni razvoj zemlje. Osim klasičnih domaćih energetskih izvora razmatra se i ekonomska opravdanost uvoza energije i njezina dobava nuklearnim putem. Od značajnijih radova ističu se studije o važnosti uvođenja nuklearne proizvodnje energije, usmjerivanja i predviđanja razvoja cjelokupne energetske privrede Jugoslavije, usmjerivanja trošenja i proizvodnje ugljena, tekućih goriva, zemnog plina i električne energije. Radom ove jedinice rukovodi od njenog osnivanja prof. ing. Ivo Jamnicki.

Naslov pisca: Ing. Vinko Brajnović, tehnički direktor Instituta za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37

NAUČNOISTRAŽIVAČKI RAD INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU KROZ DESET GODINA

Naučnoistraživački i razvojni rad Instituta kroz proteklih deset godina bio je vrlo opsežan i raznovrstan. Stručni prikaz čitave te djelatnosti ne može zbog toga dati jedan autor, pa su u ovom članku o stručnom radu i problematici pojedinih ekonomskih jedinica Instituta dali svoje priloge njihovi rukovodioci. Svakom prikazu dodan je popis radova izrađenih i objavljenih u ovom desetogodišnjem razdoblju.

DK 0621.6 : 621.3

I GRUPA

STUDIJ ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA

Hrvoje Požar, Zagreb

Brzi razvoj elektrifikacije u našoj zemlji, te spajanje regionalnih mreža u elektroenergetski sistem Jugoslavije, postavili su niz pitanja koja su usmjerila rad grupe za studij elektroenergetskih sistema. Kako izgrađivati naš elektroenergetski sistem, koja i kakva postrojenja su nam potrebna, kojim postrojenjima treba dati prednost, kako koristiti već izgrađene proizvodne kapacitete, to su pitanja na koja je grupa nastojala dati odgovor i koja su obrađivana bilo kao teoretski radovi, bilo kao primjena tih osnova na određena postrojenja i određene prilike.

Radovi na elektroenergetskim bilancama predstavljaju osnovu za svaku analizu odnosa u elektroenergetskom sistemu. U početku rada Instituta razvijena je tzv. metoda konzumnog okvira [1.1; 1.2] koja je poslužila kao osnova za izradu niza elektroenergetskih analiza kao npr. Makedonije, zapadnog dijela Jugoslavije, Srbije i Jugoslavije u 1960. Metoda konzumnog okvira, međutim, za velike elektroenergetske sisteme, u kakav se je razvio sistem Jugoslavije, nije pogodna, jer traži dugotrajna izračunavanja, pa je razvijena tzv. metoda konstantne i varijabilne energije [1.12]. Ta metoda omogućila je izradu niza studija o prilikama u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije [1.14].

Osim niza procjena razvoja potrošnje električne energije bilo je potrebno utvrditi tendencije razvoja veličine koje karakteriziraju potražnju električne energije, pa se pristupilo analizi dosadašnjeg razvoja. Rezultat te analize je metoda pomoću koje se mogu odrediti sve karakteristične veličine potrošnje [2.10].

Problem pogona velikih elektrokemijskih i elektrometalurških potrošača važno je pitanje kako u pogledu izgradnje tih potrošača tako i u pogledu izgradnje elektroenergetskih postrojenja. Studij tog pitanja doveo je do metode za određivanje optimalnog opsega redukcije potrošnje električne energije [2.2; 2.5]. Spomenuta metoda korištena je za studije konkretnih objekata, a služila je kao baza za referate na simpoziju posvećenom elektrotermiji i elektrokemiji, Beograd 1960, te na simpoziju o racionalizaciji potrošnje električne energije, Varšava 1962.

U grupi su studirana i neka druga pitanja u vezi s potrošnjom električne energije [2.1; 2.8].

Osnovu za elektroenergetske analize u elektroenergetskom sistemu sa znatnim udjelom hidroenergije predstavljaju mogućnosti proizvodnje u hidroelektranama. Pri tomu je potrebno da sve hidroelektrane budu obrađene na isti način i za isto razdoblje. Takvu osnovu predstavljaju elaborati o mogućoj proizvodnji hidroelektrana [3.16; 3.31]. Tako sređeni i obrađeni podaci omogućili su izradu niza studija [3.19; 3.20; 3.24] o karakteristikama hidroelektrana.

Na raspored proizvodnje u akumulacionim hidroelektranama odlučujući utjecaj ima način korištenja

akumulirane vode. Da bi se mogla odrediti mogućnost proizvodnje akumulacionih hidroelektrana bilo je potrebno naći način za određivanje punjenja i pražnjenja akumulacionih bazena, koji će voditi računa ne samo o karakteristikama promatrane hidroelektrane već i odnosima u elektroenergetskom sistemu, uzimajući pri tom u obzir ekonomičnost korištenja i izgradnje sistema kao cjeline. Rezultat studija je metoda za određivanje punjenja i pražnjenja akumulacionih bazena [3.25], koja je omogućila dalje analize o mogućnostima proizvodnje hidroelektrana.

Pitanje veličine izgradnje hidroelektrane, kao osnovnog parametra postrojenja, bilo je prije nekoliko godina predmet studija u Institutu za elektroprivredu. Rezultat rada prikazan je u dvjema studijama [3.5; 3.9], koje su korištene za određivanje veličine izgradnje i volumena akumulacionog bazena niza hidroelektrana. Ovdje treba spomenuti i obradu pitanja investicija za dodatnu snagu u hidroelektranama, koje imaju znatan utjecaj na veličinu izgradnje [3.12].

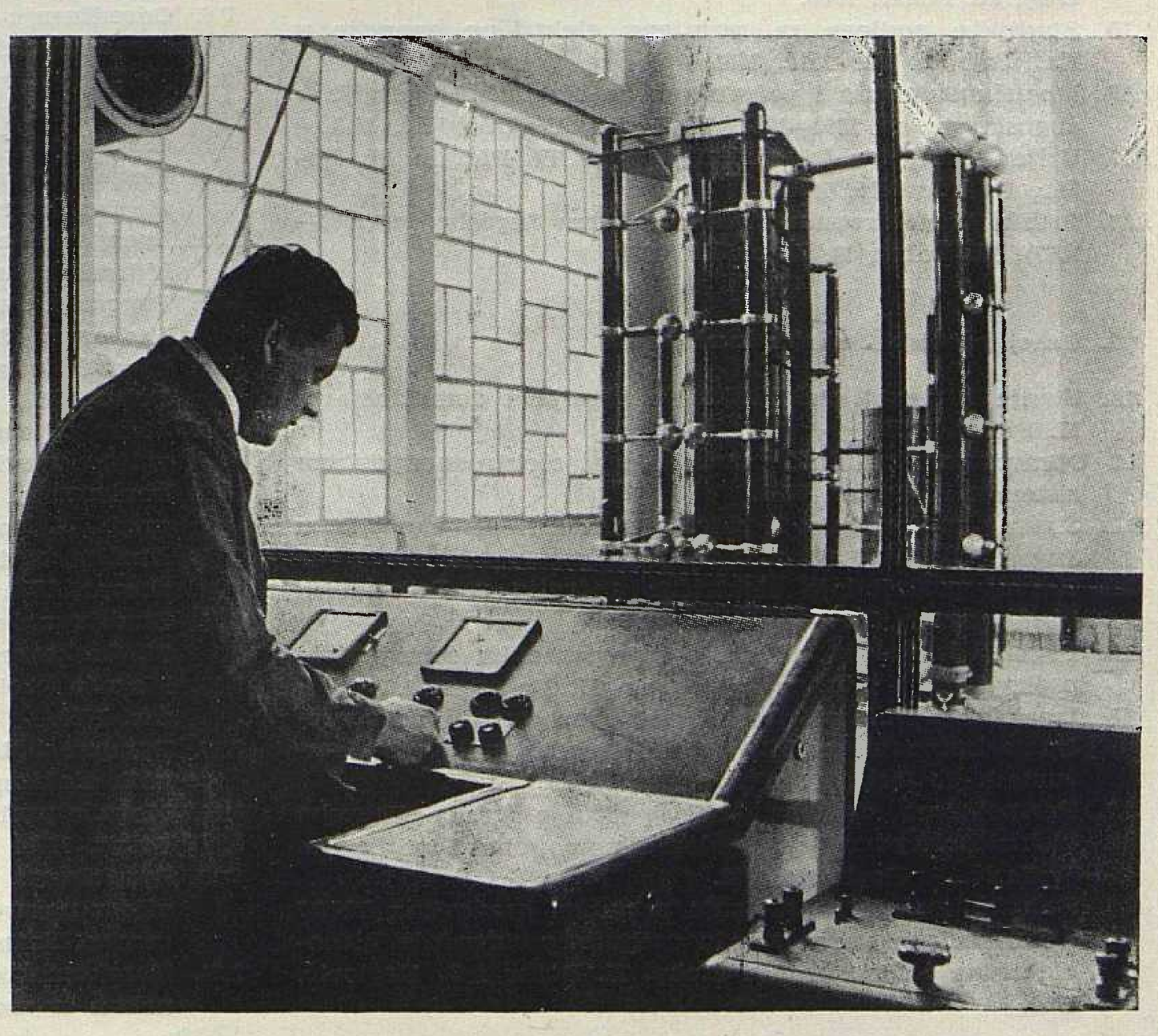
Iskorištenje vode za proizvodnju električne energije u hidroelektranama važno je pitanje za ocjenu mogućnosti proizvodnje u hidroelektranama. Da se to odredi, a bez suviše dugotrajnih računskih postupaka, kao i za vodotoke za koje ne postoje svi podaci o protocima, pronađena je u posljednje vrijeme metoda za određivanje iskorištenih protoka u hidroelektranama [3.30].

Razmatranje hidroelektrana neovisno o elektroenergetskom sistemu dovelo bi do krivih zaključaka o vrijednosti hidroelektrana odnosno o vrijednosti njezine energije. Da bi bilo moguće uspoređivati hidroelektrane međusobno, potrebno je kao mjerilo za usporedbu odabrati drugi mogući energetski izvor tj. termoelektrane. Takvo stanovište dovelo je do razrade metode za usporedbu hidroelektrana [4.11], i do metode za valorizaciju energije [4.20]. Spomenute kao i prethodne studije omogućile su da se odredi energetska vrijednost naših elektrana [4.4 do 4.10].

Odnos hidroenergije i termoenergije važna je karakteristika kombiniranog elektroenergetskog sistema, pa njegovo utvrđivanje predstavlja svakako prvu brigu prilikom planiranja izgradnje elektroenergetskog sistema. Studijama o tom pitanju pristupa se također u grupi za elektroenergetske sisteme [4.19], ali do sada još nema sigurnijih rezultata. U vezi sa strukturom proizvodnje postavlja se pitanje momenta izgradnje postrojenja, pa je i taj problem proučavan [4.18].

Potreba izgradnje prijenosnih mreža ovisna je o teritorijalnoj raspodjeli proizvodnje i potrošnje električne energije. Prije prijelaza na studij konfiguracije mreže neophodno je poznavati opterećenje čvorišta, pa u tu svrhu treba izraditi energetske bilance čiji su rezultat tražena opterećenja čvorišta. Metodološke osnove za takve analize razrađene su u okviru grupe za elektroenergetske sisteme [5.5]. Spomenute metode služile su kao osnova za proučavanje razvoja mreže visokog napona u Jugoslaviji [5.3; 5.7]. Osim toga, grupa se bavila pitanjem razvoja mreže sa stanovišta energetskih odnosa u daljoj budućnosti [5.1; 5.6]. Posebno su razmatrani utjecaji izgradnje pojedinih vodova i elektrana na odnose u mreži Jugoslavije.

Interes grupe privukao je i problem valorizacije gubitaka u prijenosu i transformaciji. Rezultat tih



Sl. 1. Glavna dvorana visokonaponskog laboratorija

studija su osnovi za energetsku valorizaciju tih gubitaka u sistemima u kojima rade hidroelektrane i termoelektrane.

Studij eksploatacije elektrana u okviru kombiniranog elektroenergetskog sistema privlačio je također pažnju grupe. Jedan je od rezultata rada opsežna studija o raspodjeli opterećenja u elektroenergetskom sistemu [6.1], zatim studija o regulaciji frekvencije i snage.

Posebnu grupu radova čine analize o eksploatacionim mogućnostima izgrađenih hidroelektrana s gledišta dispečerske službe, u kojima je obrađeno dnevno korištenje akumulacije i kratkoročne prognoze dotoka [6.6; 6.7; 6.8].

Značajniji radovi grupe u proteklih deset godina

1. Elektroenergetske bilance

1.1. Perspektivno planiranje potrošnje i proizvodnje električne energije. J. Jerić, 1952.
1.2. Praktična upotreba konzumnog okvira za izradbu energetskih bilanca. H. Požar, 1952.
1.3. Metoda za izradbu bilanca u elektroenergetskom sistemu. J. Jerić, 1953.
I dio: Osnovni elementi u dijagramima opterećenja;
II dio: Porast amplituda opterećenja u nizu godina.
1.4. Izbor karakterističnih hidroloških godina za izradbu elektroenergetskih bilanca. H. Požar, 1953.
1.5. Hidroelektrane i elektroenergetska bilanca NR Makedonije I i II. H. Požar, 1953.
1.6. Elektroenergetska bilanca i mreža FNR Jugoslavije. H. Požar, 1954.
1.7. Energetska bilanca Jugoslavije godine 1960. H. Požar, 1954.
1.8. Pokriće porasta konzuma električne energije u elektroenergetskom sistemu. J. Jerić, 1955.
1.9. Elektroenergetske prilike u NR Hrvatskoj. H. Požar, 1955.
1.10. Potrebna snaga termoelektrana u sistemu Slovenije i zap. Hrvatske. H. Požar, D. Suppe, 1957.
1.11. O izradi elektroenergetskih bilanci za projektiranje mreža. H. Požar, 1958.
1.12. Metode procjene konzuma, izbora elektrana i bilanciranje u elektroenergetskim sistemima. J. Jerić, 1959.
1.13. Prilike u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije u godini 1959. H. Požar, 1960.
1.14. Prilike u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije (1961—1965). H. Požar, 1960.
1.15. Studijske podloge za razmjenu električne energije s Italijom. B. Udovičić, 1961.
1.16. Mogućnost izvoza i potrebe uvoza električne energije u Jugoslaviju od 1963—1966. H. Požar, B. Udovičić, 1961.
1.17. Vrijeme trajanja iskorištenja snage TE Plomin. H. Požar, B. Udovičić, 1961.
1.18. Prilike u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije (1962—1967). H. Požar, B. Udovičić, 1961.

2. Razvoj potrošnje i njezine karakteristike

2.1. Stanje i razvoj elektrifikacije naselja i domaćinstava. H. Požar, 1956.
2.2 Opravdanost redukcije potrošnje u elektroenergetskom sistemu. H. Požar, 1958.
2.3. Razvoj proizvodnje i potrošnje električne energije u Jugoslaviji. M. Leskovar, 1958.
2.4. Razvoj proizvodnje električne energije u Jugoslaviji. M. Leskovar, 1959.
2.5. Pogon i izgradnja industrije s povremenim smanjenjem proizvodnje i obustavom pogona. H. Požar, 1959.
2.6. Iznalaženje veličine trenda elektroprivrednih pokazatelja za kućanstvo u NRH (I dio »Analiza sadašnjeg konzuma«). J. Jerić, 1959.
2.7. Perspektivna opskrba šireg područja grada Zagreba električnom energijom za domaćinstvo, obrt i industriju. J. Jerić, J. Keglević, 1959.
2.8. Potreba topline za grijanje u nekim gradovima FNRJ i korelaciona veza između moguće proizvodnje hidroelektrana i temperature zraka. H. Požar i J. Keglević, 1960.
2.9. Stanje i perspektiva električne energije u Jugoslaviji kao i njene mogućnosti u opskrbi velikih elektrotermičkih i elektrokemijskih potrošača. H. Požar, 1960.
2.10. Karakteristike potrošnje električne energije u Jugoslaviji. H. Požar, 1960.
2.11. Potrebe električne energije za grijanje prostorija u nekim gradovima FNRJ. M. Balling, 1960.
2.12. Perspektivna opskrba šireg područja grada Zagreba električnom energijom, II. dio. J. Jerić, J. Keglević, 1960.
2.13. Analiza razvoja konzuma električne energije u Hrvatskoj i u cijeloj Jugoslaviji. M. Leskovar, 1960.
2.14. Aproksimacija dnevne krivulje trajanja opterećenja trima pravcima. B. Udovičić, 1961.
2.15. Razvoj dijagrama i krivulja trajanja opterećenja u elektroenergetskim sistemima. J. Jerić, 1961.
2.16. Analitička i grafička metoda superpozicije krivulja vjerojatnosti. J. Jerić, 1962.

3. Moguća proizvodnja i karakteristike hidroelektrana

3.1. Vodne snage NR Hrvatske. J. Jerić, 1952.
3.2. Prikaz projekta Cetine i krških polja, te prijenosa energije u zapadnu Evropu. 1952.
3.3. Granična ekonomska proizvodna cijena u hidroelektranama. H. Požar, 1954.
3.4. Odnos optimalne veličine izgradnje (Q_1) i srednjeg godišnjeg protoka (Q_r) u protočnim hidroelektranama. H. Požar, 1954.
3.5. Veličina izgradnje temeljnih hidroelektrana. H. Požar, 1954.
3.6. Određivanje optimalnog volumena akumulacije temeljnih hidroelektrana. H. Požar, 1954.
3.7. Veličina izgradnje vršnih hidroelektrana. H. Požar, 1954.
3.8. Mogućnost proizvodnje u hidroelektranama zapadnog i centralnog dijela Jugoslavije. H. Požar, 1956.
3.9. Metoda određivanja stepena izgradnje hidroelektrana. M. Leskovar, 1956.
3.10. Energetsko-ekonomska razmatranja o veličini izgradnje hidroelektrana. J. Jerić, 1956.
3.11. Pogonski uvjeti za dimenzioniranje vodnih komora. M. Leskovar, 1956.
3.12. Investicije za dodatnu snagu u hidroelektranama. H. Požar, 1957.
3.13. Jedna od metoda za usporedbu hidroelektrana u nedovoljno razvijenim područjima. (Referat na Svjetskoj konferenciji za energiju, Sekcionalni sastanak, Beograd). H. Požar, 1957.
3.14. Analiza optimalne veličine izgradnje HE Senj. M. Leskovar, 1957.
3.15. Studija za energetski sistem Dobarnice i Lika-Gacka. M. Leskovar, 1959.
3.16. Moguća proizvodnja hidroelektrana Jugoslavije. H. Požar, 1959.
3.17. Pumpne hidroelektrane i veličina izgradnje akumulacionih elektrana. M. Leskovar, 1959.
3.18. Moguća proizvodnja hidroelektrana u NR Hrvatskoj. H. Požar, 1960.
3.19. Istodobnost pojave voda u hidroelektranama Jugoslavije s pojavom voda u hidroelektranama Austrije, Švicarske, Francuske i Italije. H. Požar, 1960.
3.20. Karakteristike proizvodnje hidroelektrana u Jugoslaviji nakon izgradnje velikih hidroelektrana. H. Požar, 1960.

3.21. Karakteristične veličine hidroelektrana. M. Leskovar, 1960.
3.22. Visina uspora u akumulacijskom bazenu pribranske elektrane. M. Leskovar, 1960.
3.23. Razrada neto-potencijala vodnih snaga, po novim projektima za slivna područja Drave, Une, Kupe, Rječine, Like i Gacke, Krke i Zrmanje, Cetine i kraških polja, Neretve i Trebišnjice i za neposredni sliv Jadranskog mora. M. Leskovar, 1960.
3.24. Karakteristike hidroelektrana po pojedinim područjima Jugoslavije. H. Požar, 1961.
3.25. Korištenje akumulacionih bazena hidroelektrana. H. Požar, 1961.
3.26. Energetsko korištenje akumulacije Buško Blato. H. Požar, 1961.
3.27. Analiza kontrole vodnih komora kod hidroelektrana. M. Leskovar, 1962.
3.28. Karakteristične veličine hidroelektrana. M. Leskovar, 1962.
3.29. Moguća proizvodnja HE Obrovac, HE Djale, HE Senj, HE Sklope i HE na Dravi. H. Požar, B. Udovičić, 1962.
3.30. Korekcioni faktori za određivanje iskoristivih protoka na osnovu srednjih mjesečnih protoka. H. Požar, 1962.
3.31. Moguća proizvodnja hidroelektrana Jugoslavije — dopunski elaborat. H. Požar, 1963.
3.32. Moguća proizvodnja hidroelektrana Jugoslavije uz korištenje akumulacija po kriteriju izravnanja proizvodnje termoelektrana. H. Požar, J. Keglević, 1963.

4. Odnosi u kombiniranom elektroenergetskom sistemu

4.1. Hidroelektrane i opskrba električnom energijom. H. Požar, 1954.
4.2. Hidroelektrane i termoelektrane u opskrbi električnom energijom. H. Požar, 1956.
4.3. Studij lokacije novih kondenzacionih termoelektrana u NR Hrvatskoj s obzirom na potrebe konzuma i nalazišta goriva. J. Jerić, 1958.
4.4. Energetska usporedba vodotoka NR Hrvatske, rijeke Drava i Kupa. J. Jerić, 1958.
4.5. Energetsko opravdanje HE Split. H. Požar, 1959.
4.6. Energetska vrijednost hidroelektrana na Dravi u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije. H. Požar, 1960.
4.7. Energetsko opravdanje izgradnje HE Jaruga. H. Požar, 1960.
4.8. Energetsko opravdanje HE Sklope. H. Požar, B. Udovičić, 1960.
4.9. Energetska vrijednost hidroelektrana Tara — Morača i Andrijevo. H. Požar, 1960.
4.10. Energetska usporedba hidroelektrana Sklope, Rijeka i trećeg agregata HE Split. H. Požar, 1961.
4.11. Metoda za određivanje redoslijeda izgradnje elektrana u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije. H. Požar, 1961.
4.12. Analiza energetske vrijednosti hidroelektrana na Uni. H. Požar, 1961.
4.13. Usmjeravanje studija, istražnih radova i izgradnje elektroenergetskih objekata na području NR Hrvatske. H. Požar sa suradnicima, 1961.
4.14. Određivanje ekonomičnosti izgradnje Toplane usporedbom s nadomjesnom termoelektranom. J. Keglević, 1962.
4.15. Katastar ugljena NR Hrvatske pri elektroprivredi. I. Jamnicki, J. Keglević, 1962.
4.16. Prilog poboljšanju metode određivanja vrijednosti hidroelektrane u elektroenergetskom sistemu. J. Keglević, 1962.
4.17. Ovisnost opterećenja termoelektrana o postotku hidroenergije u sistemu. B. Udovičić, 1962.
4.18. Optimalno vrijeme stupanja u pogon nove hidroelektrane u ovisnosti o razvoju konzuma. B. Udovičić, 1962.
4.19. Pogon i izgradnja hidroelektrana i termoelektrana u kombiniranom elektroenergetskom sistemu. H. Požar, 1962.
4.20. Valorizacija energije u elektroprivrednom sistemu Jugoslavije. J. Jerić i H. Požar, 1962.
4.21. O strukturi proizvodnje električne energije u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije. H. Požar, 1962.
4.22. Usporedba energetske vrijednosti hidroelektrana na Trebišnjici s nekim drugim hidroelektranama. H. Požar, 1962.
4.23. Uklapanje TE Šoštanj B (2 × 150 MW) u elektroenergetski sistem Jugoslavije. H. Požar, B. Udovičić, 1963.

5. Energetske podloge za proučavanje prenosnih mreža

5.1. O potrebi prijenosa električne energije među područjima Jugoslavije u daljnjoj budućnosti. H. Požar, 1955.
5.2. Konfiguracija mreže najvišeg napona u Jugoslaviji. H. Požar, B. Markovčić, 1958.
5.3. Superponirana mreža FNR Jugoslavije. H. Požar, B. Markovčić, 1959.
5.4. Metoda za određivanje vrijednosti gubitaka prijenosa u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije. H. Požar, 1960
5.5. O pripremi elektroenergetskih podataka za rad na iz mjeničnom mrežnom analizatoru. H. Požar, 1960.
5.6. Tokovi energije među područjima Jugoslavije u godini 1980. H. Požar, B. Udovičić, 1962.
5.7. Elektroenergetske podloge za studij superponirane mreže FNR Jugoslavije. H. Požar, B. Udovičić, 1962.

6. Pogon elektroenergetskog sistema

6.1. Ekonomična raspodjela opterećenja u elektroenergetskom sistemu. H. Požar, 1953.
6.2. Meteorološka služba elektroprivrede. M. Leskovar, 1959.
6.3. Frekvencije sušnih i vrlo sušnih januara, februara, martova . . . i decembara u slivu međudotoka rijeci Cetini između profila brane Peruća i zahvatnog profila Prančevići za HE Split. M. Leskovar, 1961.
6.4. Dispečerska služba i meteorološke prognoze s osobitim osvrtom na prognoze protoka. M. Leskovar, 1961.
6.5. Paralelni rad transformatora koji ne ispunjavaju uvjete za paralelni rad, J. Vuletić, 1961.
6.6. Neki podaci za korištenje hidroelektrana na slivu Cetine. H. Požar, B. Udovičić, 1962.
6.7. Eksploatacija hidroelektrane Gojak. H. Požar, B. Udovičić, 1962.
6.8. Eksploatacija HE Split i HE Peruća. V. Filipović, 1962.

II GRUPA

STUDIJ MREŽA VISOKOG NAPONA

Boris Markovčić, Zagreb

Grupa za studij mreža visokog napona bavi se problemima prijenosa električne energije i studijem mreža napona 110 kV i 220 kV. Rad grupe bio je najprije usmjeren na rješavanje aktuelnih problema elektroprivrede Hrvatske, a zatim, nakon osnutka savezne organizacije, Zajednice jugoslovenske elektroprivrede, i problema mreže Jugoslavije.

Kako se pred desetak godina tek počela stvarati mreža 110 kV u Hrvatskoj izgradnjom pojedinih dionica, to je grupa radila na studiji karakteristika i prijenosnih mogućnosti pojedinih vodova. Jedan od prvih takvih radova bila je studija mogućnosti prijenosa između hidroelektrane Vinodol i Zagreba. Grupa je zatim značajno surađivala na izradi tehničkih elaborata »Jugeleksporta« o mogućnostima izvoza električne energije iz Jugoslavije. Kod toga su došli u pitanje i viši naponi od 110 kV, tj. naponi 220 kV i 300 kV. Naravno, da je u tom razdoblju uz konkretna rješenja trebalo unapređivati i odgovarajuće računske i grafičke (kružni dijagrami) metode. Uz rješavanje sasvim tehničkih problema prijenosa nije se mogla mimoići ni ekonomska problematika prijenosa, osobito pitanje specifičnih cijena prijenosnih postrojenja kao i pitanje gubitaka.

Budući da nije došlo do spomenutog projekta »Jugeleksporta«, daljnje su se studije osnivale na iskorištenju vodnih snaga jadranskog područja za domaće potrebe. U okviru ovih projekata grupa je dala niz studija o Jadranskoj magistrali koja bi povezivala sve znatnije hidroenergetske izvore uz Jadran sa sjeverozapadnim konzumnim područjem i omogućila izvoz energije u Austriju i Italiju.

Kad je HE Split ušla u izgradnju, trebalo je intenzivno početi s predstudijama za projektiranje voda najvišeg napona za povezivanje Dalmacije i zapadne Hrvatske. Na ovom zadatku grupa je bila neobično mnogo angažirana rješavajući sa svojim stalnim i vanjskim suradnicima probleme prijenosne moći voda, najoptimalnije trase, oblika stupa, tipa vodiča, raspona, meteoroloških utjecaja, uzemljenja, kompenzacije i raspleta vodova. Kako su tadašnji važeći propisi za gradnju nadzemnih vodova obuhvaćali samo vodove do 110 kV, trebalo je razraditi i potrebne osnove za projektiranje.

Grupa je sudjelovala i kod električnih proračuna i drugih važnih vodova, npr. voda Split — Mostar i Jajce — Zagreb.

Studirane su osim toga mogućnosti uklapanja velikih elektroenergetskih postrojenja u mrežu, npr. uklapanje TE Bakar, TE Plomin i HE Dubrovnik i lokacije i raspleti oko velikih čvorišta Mraclina i Brinja.

Uz rješavanje problema vezanih na neki određeni objekt, rješavani su također problemi općeg i teoretskog značaja. Tako je studirano pitanje prijenosne mogućnosti vodova, opteretivosti vodiča, uloge i potrebe zaštitnog užeta, uzemljenja stupova dalekovoda itd. U suradnji s meteorološkim stručnjacima proučavane su, za teritorij Hrvatske, grmljavine i konstruirane izokerauničke karte, te karakteristike i jačine djelovanja vjetra na nadzemne vodove.

Kako su jugoslavenski propisi za dalekovode iz 1949. bili već zastarjeli, osnovana je posebna radna grupa za izradu novih propisa koji su ozakonjeni štampanjem u Službenom listu sredinom 1960.

Radom na planiranju i projektiranju republičkih mreža 110 kV i jugoslavenske superponirane mreže 220 kV u cjelini, grupa je započela 1956. U prvim su se studijama vršili samo grubi proračuni razdiobe snaga, budući da je prvenstveni zadatak bio utvrđivanje osnovne konfiguracije mreže. U kasnijim pak radovima konfiguracija mreže je provjeravana u pogledu razdiobe djelatnih i jalovih snaga, naponskih prilika i kompenzacije na izmjeničnom mrežnom analizatoru.

Kod studija superponirane mreže Jugoslavije razvila se vrlo dobra suradnja s Institutima u Beogradu i Ljubljani, što je došlo naročito do izražaja u posljednjoj razradi jugoslavenske mreže, kad je elaborat izrađen kao jedinstveni rad triju instituta.

U okviru studija visokonaponskih mreža naročita je pažnja posvećena problemima kratkog spoja, te je izrađeno nekoliko značajnih radova za potrebe Zajednice elektroprivrednih poduzeća u Zagrebu i Zajednice jugoslovenske elektroprivrede u Beogradu. Mjerenja su vršena na istosmjernom analizatoru u poduzeću »Elektra« u Zagrebu. Uz rješavanje prilika u mreži kao cjelini, rješavani su također i problemi struja kratkog spoja u vezi promjena parametara velikih postrojenja, utjecaja na TT linije, kao i mogućnosti priključka velikih jednofaznih opterećenja. Od ove posljednje grupe radova najznačajniji je elaborat o minimalnim kratkim spojevima na željezničkoj magistrali Jesenice — Zagreb — Beograd u vezi elektrifikacije željeznica monofaznim sistemom.

Posebno su proučavane metode i elementi za računanje kratkog spoja, te je izrađena metodologija koja je predložena Zajednici jugoslavenske elektroprivrede.

U sklopu rješavanja mreža, obrađivan je nadalje i problem kompenzacije jalovih snaga na visokom naponu kako na 30 kV, tako i na 110 kV i 220 kV. Kod toga je posebna pažnja posvećena sređivanju postojećih pogonskih podataka o jalovoj snazi za pojedina područja SR Hrvatske i korištenje tih podataka za daljnje planiranje i projektiranje.

Kao što je već rečeno kod studija o prijenosu tako treba i ovdje istaknuti, da je rađen niz teoretskih radova gdje su obrađivane metode rješavanja mreža računski, grafički i pomoću računskih strojeva.

Stabilitetni problemi rješavani su računski i uz pomoć izmjeničnog analizatora Instituta »Nikola Tesla« u Beogradu.

U novije se vrijeme u grupi sve više radi na pogonskoj problematici vodova i mreža i uvođenju potrebnih ispitivanja i mjerenja na živoj mreži. Uz opisani djelokrug rada, ispitivanja na mreži bit će i u buduće važan oblik djelovanja grupe.

Suradnici neprekidno prate stranu literaturu, a u nekoliko je elaborata obrađen razvoj, stanje i problematika mreža visokog napona u inozemstvu.

U okviru grupe djeluje Studijski komitet za mrežu 220 kV Jugoslavije, JNK CIGRE. Suradnici grupe vrlo su aktivni općenito u radu JNK CIGRE, što se najbolje vidi po tome što su za razna zasjedanja dali do sada 16 aktuelnih referata iz svog djelokruga rada.

Značajniji radovi grupe u proteklih deset godina

1. Prijenosni sistemi

1.1. Pogonske prilike na vodu 110 kV Vinodol — Zagreb. B. Markovčić, 1953.
1.2. Studija o prijenosu energije između Dalmacije i zap. Hrvatske. B. Stefanini, 1953.
1.3. Opravdanje izgradnje voda 220 kV Dalmacija — zap. Hrvatska. B. Markovčić, 1954.
1.4. Prijenos 110/220 kV Dalmacija — Bosna. Boris Markovčić, 1954.
1.5. Prijenos energije iz Bosne do talijanske odnosno austrijske granice. Boris Markovčić, 1954.
1.6. Studija o jadranskom dalekovodu. B. Baranović, B. Markovčić, 1955.
1.7. Mogućnost prijenosa dalekovoda Jajce — Zagreb, B. Markovčić, 1956.
1.8. Podloge za ispitivanje paralelnog rada 110 kV mreže Jugoslavije i Mađarske. M. Jung, 1957.
1.9. Usporedba dviju koncepcija veze Dalmacija — zap. Hrvatska. B. Markovčić, 1959.
1.10. Prva faza pogona voda 220 kV Split — Zagreb. M. Jung, 1961.

2. Uklapanje čvorišta

2.1. Lokacija čvorišta 220 kV u zap. Hrvatskoj. B. Stefanini, 1953.
2.2. Čvorište superponirane mreže u Dalmaciji. B. Stefanini, 1954.
2.3. Rješenje raspleta oko TS 220/110 kV Mraclin. B. Markovčić, 1958.
2.4. Principna shema HE Dubrovnik i veza s mrežom. F. Jelušić, 1959.
2.5. Uklapanje TE Bakar u elektroprivrednu mrežu. B. Markovčić, 1960.
2.6. TE Plomin u mreži primorsko — istarskog sistema. B. Markovčič, 1962.

3. Konfiguracija mreža 110 i 220 kV

3.1. Mreža 110 i 220 kV u Jugoslaviji (1958 — 1970); predstudija. H. Požar i B. Markovčić, 1956.
3.2. Mreže visokog napona NR Hrvatske; grubi plan. B. Markovčić, 1956.
3.3. Studija mreže 110 i 220 kV NR Hrvatske. B. Markovčić, 1958.
3.4. Konfiguracija mreže najvišeg napona u Jugoslaviji. H. Požar i B. Markovčić, 1959.
3.5. Superponirana mreža FNR Jugoslavije. H. Požar i B. Markovčić, 1959.
3.6. Perspektivna mreža NR Hrvatske 110 kV. B. Markovčić, 1961.
3.7. Perspektivna mreža 110 kV Bosne i Hercegovine. B. Markovčič, 1961/62.
3.8. Orijentaciona mreža Jugoslavije 1980; suradnja s Institutom u Beogradu i Ljubljani.

4. Problemi kratkog spoja

4.1. Proračun kratkog spoja u visokonaponskoj mreži Hrvatske (za 1962). M. Jung 1957.
4.2. Proračun kratkog spoja u mreži 110 i 220 kV Jugoslavije. M. Jung, 1960.
4.3. Proračun kratkog spoja u HE Senj. M. Jung, 1960.
4.4. Raspodjela struja početnog jednopolnog kratkog spoja u vodu 110 kV Vinodol — Senj. M. Jung, 1961.
4.5. Proračun raspodjele struja jednopolnog kratkog spoja u vodu 220 kV Split — Zagreb. M. Jung, 1961.
4.6. Kratki spoj u mreži 110 kV duž željezničke magistrale Jesenice — Zagreb — Beograd. M. Jung, 1961.
4.7. Proračun nesimetričnih opterećenja mreže. M. Jung, 1961.
4.8. Uzemljenje zvjezdišta i proračun kratkog spoja u visokonaponskoj mreži SR Hrvatske, stanje krajem 1965. M. Jung, 1963.
4.9. Metodologija proučavanja kratkog spoja. M. Jung, 1962.

5. Zaštita

5.1. Proračun struja smetnji u 110 kV mreži sjeverozapadne Hrvatske, M. Jung, 1959.
5.2. Tropolni distantni kratki spoj. M. Jung, 1962.
5.3. Rad lokatora jednopolnih kvarova na paralelnim i nehomogenim vodovima. M. Jung, 1962.
5.4. Statistika kvarova u mreži 110 i 220 kV SR Hrvatske. Ž. Zlatar, 1962.

6. Kompenzacija

6.1. Izbor sinhronih kompenzatora za TS 220/110 kV Mraclin. Z. Cvetković, 1961.
6.2. Kompenzacija jalovih snaga u Slavoniji. B. Markovčić, 1961.
6.3. Statički kompenzatori. B. Markovčić, 1961.
6.4. Kompenzacija jalovih snaga na području Istre. B. Markovčić, 1962.
6.5. Kompenzacija jalovih snaga u mreži Hrvatske. B. Markovčić, 1962.

7. Teorija prijenosa

7.1. Proračun skinefekta kod nadzemnih vodova. B. Stefanini, 1954.
7.2. Metoda reduciranih admitancija za proračun mreže visokog napona. B. Stefanini, 1954.
7.3. Kružni pogonski dijagram električnih pogonskih sistema. B. Stefanini, 1954.
7.4. Proračun gubitaka kod veleprijenosa. B. Stefanini, 1954.
7.5. Dijagrami dalekovoda 110 i 220 kV proizvoljne dužine. B. Stefanini, 1960.
7.6. Numeričke metode proračuna električnih mreža. S. Babić, 1962.

8. **Stabilnost**

8.1. Statička stabilnost veze Jajce — Zagreb. B. Stefanini, 1958.

8.2. Dinamička stabilnost. M. Jung, 1960.

8.3. Statička stabilnost sistema kao granica prijenosnih mogućnosti dalekovoda. M. Jung, 1961.

8.4. Stabilnost veze Dalmacija — zap. Hrvatska. S. Despotović i B. Markovčić, 1961.

9. **Ekonomika prijenosa**

9.1. Rentabilnost dalekovoda 220 kV Dalmacija — zap. Hrvatska. B. Stefanini, 1953.

9.2. Troškovi veleprijenosa električke energije. B. Stefanini, 1954.

9.3. O ekonomici dalekovoda. B. Stefanini, 1955.

9.4. Cijena prijenosa električne energije u našim današnjim uslovima. B. Stefanini, 1960.

10. **Konstrukcije dalekovoda općenito**

10.1. Prijedlog za mehaničko dimenzioniranje stupova za vodove 220 i 380 kV. R. Škarica i K. Fišer, 1954.

10.2. Usidreni stupovi. B. Stefanini i M. Strašek, 1955.

10.3. Težine stupova u ovisnosti o presjeku vodiča. B. Stefanini i M. Strašek, 1955.

10.4. Prilog izboru najpovoljnijeg stupa i vodiča za naše vodove 220 kV. R. Škarica i B. Markovčić, 1958.

10.5. Potrebe pojačanja na postojećem vodu 110 kV Vinodol — Matulji. R. Škarica, 1960.

10.6. Kritički osvrt na konstrukciju stupova za vodove 110 kV. R. Škarica.

11. **Vodiči i zaštitna užeta**

11.1. Prilog izboru presjeka za vod 220/380 kV. B. Stefanini, 1954.

11.2. Izbor vodiča za vod 220 kV. B. Stefanini, 1954.

11.3. Usporedba električnih osobina snopa i pojedinačnog vodiča na vodu 220 kV HE Split — Mraclin. B. Markovčić, 1959.

11.4. Ugrijavanje vodiča. B. Markovčić, 1962.

11.5. Zaštitno uže na vodovima 110 i 220 kV. B. Markovčić, 1963.

12. **Uzemljenje**

12.1. Mjerenje otpora uzemljenja na vodu 110 kV Vinodol — Matulji. B. Stefanini i Ž. Zlatar, 1955.

12.2. Uzemljenje TS Šibenik. M. Strašek, 1955.

12.3. Smjernice za uzemljenje vodova i stanica napona iznad 1 kV. M. Strašek, 1956.

12.4. Ispitivanje modela uzemljivača za stupove nadzemnih vodova. B. Stefanini i Ž. Zlatar, 1962.

13. **Propisi**

13.1 Prijedlog za reviziju propisa o djelovanju vjetra na dimenzionirani dalekovod. B. Stefanini, 1952.

13.2. Tehnički propisi za gradnju nadzemnih vodova jake struje. Radna grupa za propise: B. Stefanini, R. Škarica, K. Fišer, B. Markovčić, A. Baić, 1960.

14. **Meteorološke prilike (gromovi, vjetar, led)**

14.1. Uklanjanje dodatnih opterećenja na dalekovodima. M. Strašek, B. Markovčić i Miroslav Jung.

14.2. Izvještaj o grmljavinskim danima i izokeraunička karta Hrvatske. B. Markovčić i M. Jung, 1959 .

14.3. Brzine vjetra na teritoriju Hrvatske. B. Kirigin i N. Labović, 1961.

14.4 Primjena meteoroloških podataka o brzini vjetra kod projektiranja dalekovoda. B. Markovčić, 1962.

15. **Mjerenja na dalekovodima**

15.1. Mjerenje konstanta vodova. M. Jung, 1960.

15.2. Mjerenje konstanta na 220 kV vodu HE Split — Mraclin. M. Jung, 1961.

15.3. Ispitni vod Zrmanja. R. Škarica, 1961.

16. **Praćenje stanja tehnike prijenosa u inozemstvu**

16.1. Razvoj i današnje stanje veleprijenosa električne energije. B. Markovčić, 1953.

16.2. Serijski kondenzatori. B. Stefanini, 1954.

16.3. Prijelaz postojećih vodova na više napone. B. Markovčić, 1960.

16.4. Prijenos istosmjernom strujom, stanje u svijetu. B. Markovčić, 1961.

16.5. Stanje prijenosa najvišim naponima u svijetu. B. Markovčić, 1962.

III GRUPA

STUDIJ DISTRIBUTIVNIH MREŽA

Vladimir Štengl, Zagreb

Grupa za studij distributivnih mreža bavi se problemima planiranja razvoja distributivnih mreža za opću elektrifikaciju i studijem općih problema distribucije električne energije s naponima počevši od 35 kV na niže. Od osnivanja grupe, njen rad bio je najvećim dijelom orijentiran na rješavanje problema elektroprivrede Hrvatske, i tek je izuzetno prelazio republičke okvire. Kroz niz godina rad grupe pretežno je usmjeravala Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, povjeravajući grupi niz aktuelnih i dugoročnih zadataka u vezi s planiranjem razvoja elektrifikacije i izgradnjom distributivne mreže 35 i 10 kV na području SR Hrvatske. Tokom posljednjih godina uspješno je razvijena i unapređena direktna suradnja s distributivnim poduzećima na području SR Hrvatske, za koje grupa izrađuje zadatke istog karaktera. Izvan kruga elektroprivrede grupa radi i na zadacima za Savezni i Republički fond za naučni rad, za pojedine industrije i za druge komitente zainteresirane za problematiku kojom se grupa bavi.

Desetogodišnji rad grupe bio je od samog početka usmjeren u tri glavna pravca: planiranje i projekti-

ranje gradskih i većih mjesnih mreža, planiranje i projektiranje republičke mreže 35 kV i mreže 10 kV za opću elektrifikaciju, te studij tehničkih, ekonomskih i drugih problema vezanih uz razvoj distributivne mreže.

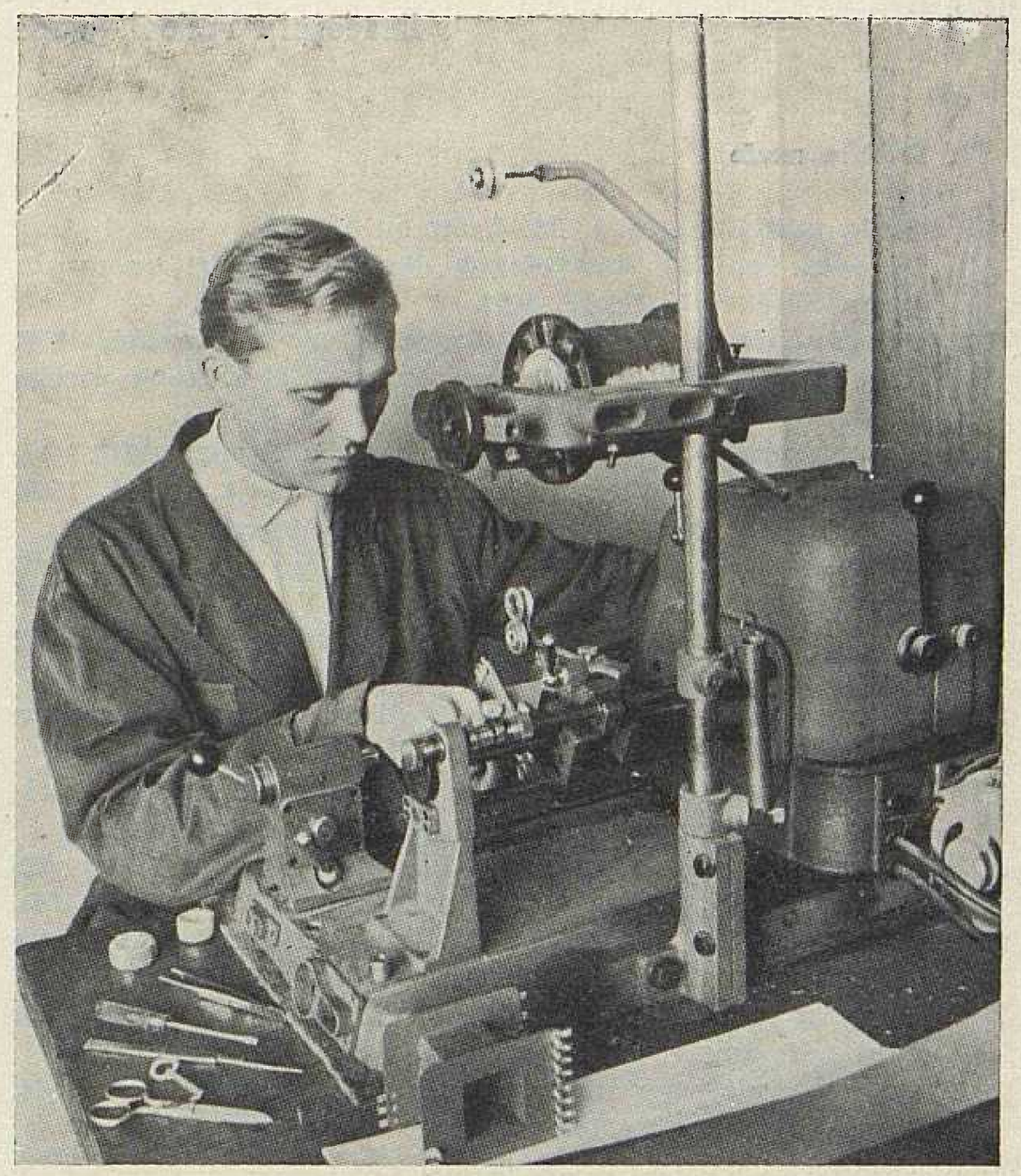
Takva tematska orijentacija rada grupe bila je uvjetovana tadašnjim aktuelnim potrebama elektroprivrede SR Hrvatske. Nakon ratnih razaranja i zatim ubrzane obnove i izgradnje zemlje u prvim poslijeratnim godinama, mnoge postojeće gradske mreže, naročito u većim industrijskim centrima, našle su se u situaciji, da više ne mogu zadovoljiti nagli razvoj konzuma, te se ukazala potreba njihove rekonstrukcije i izrade planova za dugoročno usmjeravanje daljnjeg razvoja. Istovremeno je i širenje elektrifikacije prema još neelektrificiranim krajevima uzelo širok zamah, stvorivši također potrebu smišljenog usmjeravanja dugoročnog razvoja republičke mreže 35 kV i mreže 10 kV na pojedinim manjim područjima. Rad na ovim zadacima bio je stalan dugoročni program rada grupe za studij distributivnih mreža.

Kao prvi veći zadatak u rješavanju gradskih mreža grupa je još krajem 1953. pristupila razradi osnovnog projekta energetskog čvora i električne mreže grada Rijeke za dugoročni razvoj grada. Na izradi tog zadatka grupa je stekla prva vrijedna iskustva za rješavanje problematike gradskih mreža, počevši od problema mreža niskog napona preko mreže 10 kV i 35 kV do problema oblikovanja sistema napajanja grada s velikim koncentracijama opterećenja.

U toku 1954. započeo je i rad na obradi rješenja gradske mreže Zagreba, koji se nastavio kroz nekoliko godina. O mreži grada Zagreba izrađeno je više radova u kojima je najprije dana studijska osnova za oblikovanje mreže, a zatim je razrađeno i samo rješenje mreže. U okviru osnove posvećena je naročita pažnja problemima ograničavanja struja kratkog spoja u gradskoj mreži, te izboru osnovnih parametara mreže: presjeka kabela i veličine transformatora. Samo rješenje mreže obuhvatilo je oblikovanje sistema napajanja grada i razvodne mreže 30 kV u gradu. Po dovršenju ovih neposrednih zadataka grupa je nastavila praćenjem razvoja prilika u mreži grada Zagreba te je naknadno provela djelomične korekcije prvotnog rješenja mreže.

Osim rješenja mreža Rijeke i Zagreba grupa je tokom višegodišnjeg rada razradila i rješenja gradskih mreža Pule, Zadra i Šibenika, a u novije vrijeme i gradova Osijeka, Karlovca i Virovitice. U suradnji izvan republičkih granica izrađeno je rješenje gradske mreže Tuzle, a za mrežu grada Skopja izvršena su opsežna ispitivanja mreže na istosmjernom mrežnom analizatoru.

Rad grupe na planiranju i projektiranju mreže 35 kV i 10 kV za elektrifikaciju cijelog područja SR Hrvatske, također je započeo još 1953. U okviru tog programa rada postepeno su izrađivana rješenja i planovi mreže 35 i 10 kV za pojedina manja i veća područja, redom kako su to nalagale potrebe razvoja elektrifikacije. Među prvim radovima te vrste izrađeno je osnovno rješenje elektrifikacije Baranje, da bi se zatim nastavilo rješavanjem mreže u raznim drugim dijelovima SR Hrvatske, i konačno završilo



Sl. 2. U radionici laboratorija za elektroniku

s područjem srednje i južne Dalmacije. Ukupno je izrađeno oko 25 obilno dokumentiranih radova s pojedinačnim rješenjima mreže koja pokrivaju cijelo područje SR Hrvatske. Kao završni rad iz ovog višegodišnjeg programa izrađen je 1962. sumarni prikaz perspektivnog rješenja mreže 35 kV za cijelo područje Hrvatske, s međusobno usklađenim i aktualiziranim podlogama iz pojedinačnih rješenja.

Bez pretjerivanja može se konstatirati da su rezultati iz ovog programa rada značajno utjecali na razvoj elektrifikacije tokom posljednjih deset godina, i da su izgradnju mreže 35 i 10 kV u SR Hrvatskoj pravilno usmjerili u pravcu njenog dugoročnog razvoja. Nije neskromno kad ističemo da sistematska izrada planova elektrifikacije i projekata mreže 35 kV, a naročito mreže 10 kV, predstavlja izuzetan slučaj u našoj zemlji, i da s takvim planovima za sada raspolaže samo elektroprivreda Hrvatske, zahvaljujući suradnji Instituta i ZEP Hrvatske.

Rad grupe na općim studijskim problemima obuhvatio je tematski široko područje. U prvim godinama rada studijski rad grupe bio je usmjeren na probleme ekonomskog dimenzioniranja mreže, da bi zatim prešao na probleme izbora i tipizacije opreme u mreži i s tim u vezi na studij struja kratkog spoja u mreži i drugo.

Značajno mjesto u studijskom radu posvećeno je studiju metoda modeliranja mreža na mrežnim analizatorima, i studiju samih mrežnih analizatora.

U okviru ovih studija i povezano s rješavanjem gradske mreže Zagreba, u grupi su u toku 1956. izrađeni projekti za veliki istosmjerni mrežni analizator poduzeća »Elektra« — Zagreb, koji je u toku iste godine i izrađen u laboratorijima Instituta.

Značajniji radovi grupe u proteklih deset godina

1. Gradske mreže

1.1 Mreža grada Zagreba. M. Dokmanić, 1954.
1.2. Osnovni projekt energetskog čvora i električne mreže grada Rijeke. I. Janić, 1955.
1.3. Oblikovanje mreže grada Zagreba. M. Dokmanić, 1956.
1.4. Osnovni projekt energetskog čvora i električne mreže grada Pule. I. Janić, 1956.
1.5. Razvoj mreže Zagreba. M. Balling, V. Štengl, 1957.
1.6. Osnovno rješenje elektrifikacije Fažane. I. Janić, 1958.
1.7. Razvoj mreže Tuzle. M. Balling, V. Štengl, 1959.
1.8. Osnovno rješenje električne mreže u rajonu Gradina u Tuzli. V. Štengl, M. Balling, 1959.
1.9. Osnovno rješenje javne rasvjete u rajonu Gradina. V. Kovačec, V. Štengl, 1959.
1.10. Osnovno rješenje električne mreže u školskom centru grada Tuzle. V. Štengl, 1959..
1.11. Idejno rješenje elektrifikacije kotara Šibenik (Distributivna mreža grada Šibenika). M. Dokmanić, 1959.
1.12. Energetsko opravdanje i izbor lokacije za novu TS 110/30 kV u zapadnom dijelu Zagreba. V. Štengl, 1961.
1.13. Osvrt na novi urbanistički plan i njegov utjecaj na daljnji razvoj mreže Zagreba. V. Štengl, 1961.
1.14. Osnovno rješenje mreže grada Osijeka. V. Štengl, I. Janić, N. Vagić, 1963.
1.15. Osnovno rješenje mreže grada Karlovca. I. Janić, N. Vagić, V. Štengl, 1963.
1.16. Osnovno rješenje mreže grada Virovitice. I. Janić, 1963.

2. Mreža 35 i 10 kV

2.1. Elektrifikacija Baranje. M. Dokmanić, 1953.
2.2. Elektrifikacija Plitvičkih jezera. I. Janić, 1954.
2.3. Elektrifikacija područja Nove Gradiške. M. Dokmanić, 1955.
2.4. Elektrifikacija Zadra i zadarskog područja. M. Dokmanić, M. Balling, 1956.
2.5. Elektrifikacija otoka Hvara. I. Janić, 1956.
2.6. Osnovno rješenje elektrifikacije kvarnerskih otoka. I. Janić, 1957.
2.7. Osnovno rješenje elektrifikacije područja Kraljevica — Crikvenica — Novi. I. Janić, 1958.
2.8. Osnovno rješenje elektrifikacije zapadne Slavonije i Moslavine. M. Balling, 1958.
2.9. Osnovno rješenje elektrifikacije Like. I. Janić, 1958.
2.10. Osnovno rješenje elektrifikacije područja Gline. I. Janić, 1958.
2.11. Osnovno rješenje elektrifikacije kotara Sisak. I. Janić, 1958.
2.12. Idejno rješenje elektrifikacije kotara Šibenik (Idejna mreža za seosku elektrifikaciju kotara Šibenik). M. Dokmanić, 1959.
2.13. Elektrifikacija kotara Krapina. M. Balling, 1959.
2.14. Idejno rješenje elektrifikacije kotara Šibenik (Primarna mreža visokog napona kotara Šibenik). M. Dokmanić, 1959.
2.15. Osnovno rješenje elektrifikacije istočne Slavonije. I. Janić, 1959.
2.16. Vod 30 kV Cres — Lošinj. Usporedba varijanti s presjekom vodiča 70 mm² i 50 mm². I. Janić, 1960.
2.17. Osnovno rješenje elektrifikacije područja donjeg Pokuplja. V. Štengl, K. Španiček, 1960.
2.18. Osnovno rješenje elektrifikacije Istre. I. Janić, 1960.
2.19. Osnovno rješenje elektrifikacije gornjeg Pokuplja. V. Štengl, 1960.
2.20. Osnovno rješenje elektrifikacije sjevernog Zagorja i Međimurja. I. Janić, 1960.
2.21. Osnovno rješenje elektrifikacije Prigorja. I. Janić, 1961.
2.22. Osnovno rješenje elektrifikacije općine Opatija. I. Janić, 1961.
2.23. Osnovno rješenje elektrifikacije Plitvičkih jezera. I. Janić, 1962.
2.24. Osnovno rješenje elektrifikacije srednje i južne Dalmacije. V. Štengl, 1962.
2.25. Osnovno rješenje 35 (30) kV mreže NR Hrvatske. I. Janić, V. Štengl, K. Španiček, 1962.

3. Studijski radovi

3.1. Ekonomski presjek vodiča za dalekovode. M. Dokmanić, 1953.
3.2. Primjena učinskih rastavljača. I. Janić, 1954.
3.3. Ekonomski presjeci vodiča u našim dalekovodima (Referat za savjetovanje CIGRE). M. Dokmanić, 1954.
3.4. Dimenzioniranje jadranskog dalekovoda. M. Dokmanić, 1955.
3.5. Metode za ekonomsko dimenzioniranje dalekovoda. M. Dokmanić, 1955.
3.6. Utjecaj stupova, temelja, izolatora i pribora na ekonomski presjek vodiča dalekovoda 110 kV. M. Brezinšćak, 1955.
3.7. Ovisnost ekonomskog presjeka vodiča dalekovoda o promjeni prijenosne snage tokom životne dobi dalekovoda. M. Brezinšćak, 1955.
3.8. Studija o izboru ekonomskog napona i presjeka vodiča dalekovoda. M. Brezinšćak, 1955.
3.9. Ekonomski broj visokonaponskih dalekovoda sa serijskom kompenzacijom. M. Brezinšćak, 1955.
3.10. Utjecaj projektiranog dalekovoda na ekonomski presjek njegovih vodiča. M. Brezinšćak, 1955.
3.11. Visokoučinski rastalni osigurači do 30 kV u postrojenjima elektroprivrede NR Hrvatske. M. Balling, 1955.
3.12. Rastavljači do 30 kV u postrojenjima elektroprivrede NR Hrvatske. M. Balling, 1955.
3.13. Rastavljači i visokonaponski osigurači do 30 kV u postrojenjima elektroprivrede NR Hrvatske. M. Balling, 1956.
3.14. Ekonomski presjek vodiča za dalekovode visokog napona. M. Dokmanić, 1956.
3.15. Poboljšanje i racionalizacija ulične rasvjete grada Zagreba. B. Jemrić, 1957.
3.16. Studija o izmjeničnom mrežnom analizatoru. M. Brezinšćak, 1957.
3.17. Ekonomična primjena distributivnih transformatora. M. Balling, 1958.
3.18. Ispitivanje IV zone niskonaponske zamkaste mreže grada Skopja na istosmjernom mrežnom analizatoru. M. Brezinšćak, J. Kučak, K. Španiček, 1959.
3.19. Ispitivanje VII zone niskonaponske zamkaste mreže grada Skopja na istosmjernom mrežnom analizatoru, M. Brezinšćak, J. Kučak, B. Brezinščak, 1959.
3.20. Elektrifikacija raštrkanog naselja na primjeru Smiljana. V. Štengl, 1959.
3.21. Tendencija razvoja snaga kratkog spoja u našim distributivnim mrežama. M. Balling, 1961.
3.22. Granični parametri opreme rasklopnih uređaja u mrežama NR Hrvatske. M. Balling, 1962.
3.23. Perpektivna potrošnja električne energije u poljoprivredi na području istočne Slavonije i sjevernog dijela Bosne za period 1961 — 1965. I. Janić, 1962.
3.24. Vrlo tačna metoda modeliranja kontinuiranih i diskontinuiranih opterećenja zamkastih mreža na istosmjernom analizatoru. M. Brezinšćak, 1962.
3.25. Struje i snage kratkog spoja u distributivnoj mreži NR Hrvatske. V. Štengl, 1962.
3.26. Tipizacija shema i opreme gradskih transformatorskih stanica. M. Balling, 1962.
3.27. Tipizacija shema i opreme seoskih transformatorskih stanica. M. Balling, 1962.
3.28. Oblikovanje i dimenzioniranje razvodne mreže 6 kV u Željezari Skopje. V. Štengl, 1963.
3.29. Struje kratkog spoja kao kriterij za oblikovanje gradskih mreža. V. Štengl, 1963.
3.30. Regulacija napona u distributivnim mrežama. V. Štengl, 1963.

IV GRUPA

STUDIJ TERMOENERGETSKIH SISTEMA

Jakob Lucati, Zagreb

Na samom početku djelovanja Instituta pojavila se potreba za proširenjem programa na područje termije i termoenergetike. Planiranje izgradnje novih termoelektrana u zemlji, razvoj procesne i ostale industrije sa intenzivnom potrošnjom termoenergije, te razvoj i izgradnja industrijske opreme, čiji je centar u SR Hrvatskoj, dali su ovom sektoru rada Instituta posebno značenje. Ovo i okolnost da je Zagreb po tradiciji centar termodinamike, zahvaljujući to poznatim i proslavljenim stručnjacima, koji su na tom području djelovali na sveučilištima i u praksi, doprinijelo je već na početku rada brzom razvoju i afirmaciji termogrupe u cijeloj SFR Jugoslaviji.

Mnogobrojni neriješeni problemi u vezi s izgradnjom novih i eksploatacijom starih kapaciteta u proizvodnji, razvodu i potrošnji energije, uslovili su okupljanje specijalnih kadrova i podizanje novih.

Područje rada trebalo je stalno širiti uključivanjem sve više novih specijalnih ogranaka, za koje u našoj zemlji nije bilo zamjene. Ubrzo se pojavila potreba za usmjeravanjem energetike u okvirima pojedinih republika i federacije, a u pravcu optimalnog korištenja energetskih izvora.

Problemi u vezi neracionalnog trošenja goriva i topline u industriji, domaćinstvima i obrtu, bili su predmet posebnih studija i naročite aktivnosti grupe u davanju neposredne pomoći.

Već od samog početka pokazala se goruća potreba za osnivanjem mjerne grupe, koja će vršiti ispitivanja na termičkim postrojenjima u pogonu.

Ova grupa je osnovana u početku sa zadatkom da razvije i unapređuje tehniku mjerenja i da vrši garantna ispitivanja pri preuzimanju novih kotlovskih, turbinskih i drugih postrojenja. Vremenom se područje rada proširilo na svu termoenergetsku opremu termoelektrana, energana, toplana, parnih turbinskih brodova, postrojenja procesne industrije, sušara, industrijske peći itd.

Nastojanja i nove mjere za povećanje produktivnosti u našoj zemlji uslovili su, da je termogrupa sve više kapaciteta morala odvajati za rješavanje mnogobrojnih problema s područja pogonske energetike, od utvrđivanja trenutnog stanja, do predlaganja konkretnih mjera. Posebna aktivnost bila je usmjerena na razvijanje metoda kompleksnog bilanciranja termoelektrana i energana, optimiranje potrošnje topline i izradu energetskih analiza pogonskih ostvarenja.

Za najveće termoelektrane u zemlji vršena su kompleksna ispitivanja i izrađeni normativi specifične potrošnje topline i vlastite potrošnje sa energetskim karakteristikama i dijagramima za ekonomsko vođenje pogona.

Tokom vremena ukazala se potreba, da grupa radi na podizanju stručnog nivoa pogonskog osoblja, da bi ovim putem posredno djelovala na unapređenje sigurnosti pogona i unapređenje kompletne ekonomije. Održavana su savjetovanja u svim industrijskim centrima tri godine uzastopno, izdavani su priručnici i knjige s uputama za rješavanje aktuelnih termoekonomskih problema, štampan je i podijeljen ilustrirani propagandni materijal za popularizaciju štednje energije u pogonima.

Davana je pomoć u predavačima na kursevima i redovitom školovanju termoenergetskih pogonskih kadrova. Da bi zadovoljio što veći krug zainteresiranih elektroprivrednih i drugih poduzeća i proizvodnih organizacija, upućivani su stručnjaci na individualna konzultiranja, te uža i šira savjetovanja.

Da bi osigurali stalnu pomoć na rješavanju svojih ključnih termoenergetskih problema, velika industrijska poduzeća su se dugoročnim ugovorima vezala sa Institutom i to: Tvornica parnih kotlova, Zagreb, Tvornica »Đuro Đaković«, Slavonski Brod, Željezara Sisak, Tekstilna industrija »Varteks«, Varaždin, Kombinat »Borovo«, Borovo itd. Pored Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Srbije, Bosne i Hercegovine i Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, povjeravali su zadatke termogrupi također i: Savezno izvršno vijeće, Sekretarijat za industriju; Savezni zavod za privredno planiranje; Savezna industrijska komora; Savezna privredna komora; Sekretarijat za industriju SR Hrvatske; Sekretarijat za industriju SR Srbije i GNO Zagreb.

Grupa najuže surađuje s Brodogradilištem »3. Maj« u Rijeci, te Brodogradilištem »Split« u Splitu na kompleksnim ispitivanjima brodova.

Grupa je surađivala s organizacijama u drugim republikama, koje se bave sličnim zadacima i to: Institutom za ugalj (sada Institut za rudarstvo), Beograd i Kemijskim institutom »Boris Kidrič« u Ljubljani. Široka suradnja i pomoć Inspekcije parnih kotlova u Zagrebu, Osijeku, Splitu, Beogradu, Ljubljani, Skopju i Sarajevu, mnogo je doprinijela uspješnom radu na problemima pravilnog i racionalnog korištenja kotlovnih postrojenja.

Za rad ekipa i mjernih grupa na terenu trebalo je nabaviti mjernu opremu. U tome su najveći prilog dale Termoelektrana Zagreb i Termoelektrana Jertovec, koje su najaktivnije učestvovale u osnivanju i unapređenju ove grupe. U okviru akcije za unapređenje toplinske ekonomije zemlje odlučujući prilog u nabavi opreme dala je Savezna industrijska komora i Savezno izvršno vijeće, te Sekretarijat za industriju.

Od Saveznog fonda za naučni rad dobiven je odgovarajući kredit, iz kojeg je kompletirana mjerna oprema.

Perspektiva ove studijske i mjerne grupe osigurana je, jer je ona neposredno vezana za elektropri-

vredu, industriju i privredne organizacije, koje njenu pomoć trebaju i traže.

Korisnici postavljaju sve veće zahtjeve, s obzirom na raznovrsnost i složenost zadataka, te angažiranje specijalne opreme. O tome će trebati voditi računa pri daljnjem razvoju ove grupe i usmjeravanju njene djelatnosti.

Za 10 godina aktivnosti grupa je izradila oko 200 studija, elaborata i izvještaja o mjerenjima i konzultacijama, te ekspertiza i ostale dokumentacije naučnog značaja.

Značajniji radovi grupe u proteklih deset godina

1. Studije i istraživanja

1.1. Studija o stacionarnim plinskim turbinama i njihovoj primjeni u zemlji. J. Lucati, 1955.
1.2. Studija o najnovijem razvoju plinskih turbina. J. Lucati, 1957.
1.3. Katastar izvora toplinske energije u NR Hrvatskoj. J. Lucati i suradnici.
1.4. Katastar parnih kotlova u NR Hrvatskoj. J. Lucati, 1957.
1.5. Korištenje ekonomski povoljnih goriva za centralno grijanje. J. Lucati, B. Trajbar, 1956.
1.6. Energetski tok NR Hrvatske i FNR Jugoslavije. J. Lucati, M. Jeras, 1959.
1.7. Određivanje normativa potroška topline u termoelektranama. J. Lucati.
1.8. Studija o elektroakumulacionom grijanju. Z. Selanec, 1959.
1.9. Studija o perspektivnoj opskrbi grada Zagreba toplinskom energijom. J. Lucati, H. Brkić, Z. Selanec, 1960.
1.10. Izrada prednacrta tehničkih propisa o korišćenju goriva i topline.
1.11. Studija o ekonomskoj opravdanosti toplinske racionalizacije u FNRJ. J. Lucati i suradnici.
1.12. Studija o mehaničkim vibracijama turbo-strojeva. Vučković i E. Giunio, 1961.
1.13. Studija o unapređenju pogona u termoelektranama. J. Lucati i suradnici, 1962.
1.14. Zemni plin u FNR Jugoslaviji. J. Lucati, H. Brkić, 1960.
1.15. Studija o minimalnim opterećenjima u termoelektranama. J. Lucati, 1962—63.
1.16. Termoenergetski priručnik za termoelektrane. J. Lucati, Z. Selanec i suradnici, 1963.
1.17. Štednja goriva i električne energije u industriji (priručnik). J. Lucati, Z. Sakar i autorski kolektiv, 1960.
1.18. Materijali za savjetovanje o štednji goriva u proizvodnji, razvodu i potrošnji energije.
1.19. Studija o unapređenju opreme u TE. Z. Šprung, 1959.
1.20. Studija o ponašanju lignitnih ugljena na transportnim putovima TE (u radu).
1.21. Studija o zamrzavanju ugljena pri istovaru i na transportnim putovima u TE (u radu).
1.22. Studija o ponašanju lignitnih ugljena: Velenje, Kreka i Konjščina na skladištu TE (u radu).
1.23. Anketa o pogonskim karakteristikama kotlova isporučenih od tvornica parnih kotlova u Jugoslaviji.
1.24. Anketa o potrošnji goriva i električne energije u gradu Zagrebu. J. Lucati, Bedenić.

2. Unapređenje toplinske ekonomije

2.1. Toplinske racionalizacije u prehrambenoj industriji NR Hrvatske. J. Lucati i suradnici, 1956.
2.2. Studija o ekonomiji topline u industrijskim termoelektranama NR Hrvatske. Z. Selanec, 1959.
2.3. Studija u racionalizaciji topline u velikoprostornom grijanju u industriji NR Hrvatske, J. Lucati, Z. Šprung, 1959.
2.4. Utvrđivanje toplinske ekonomije na temelju brzih pregleda u 30 industrijskih poduzeća u NR Hrvatskoj.
2.5. Orijentacija TE Zagreb na optimalno gorivo. J. Lucati, Z. Selanec, 1960.
2.6. Studija o opravdanosti primjene plinske turbine na otpadni plin Tvornice čađi »Metan«, Kutina. J. Lucati, H. Brkić, 1960,
2.7. Izrada dispečerskih računala za ekonomsku raspodjelu opterećenja u NR Hrvatskoj. Z. Selanec, S. Ivančić. 1960—1962.
2.8. Elaborat o uštedama uslijed promjene režima pogona turboagregata u TE Zenica. V. Feuerbach, 1959.

3. Energetsko bilanciranje

3.1. Energetska bilanca TE Kostolac. J. Lucati, S. Ivančić, D. Bjelovučić, 1959.
3.2. Energetska bilanca TE Jertovec. J. Lucati, D. Bjelovučić, S. Ivančić, 1959.
3.3. Energetska bilanca Željezare Sisak. Z. Selanec, 1959—1962.
3.4. Energetska bilanca TE Vlaška. S. Ivančić, Z. Selanec 1960.
3.5. Energetska bilanca TE Zagreb. Z. Selanec, S. Ivančić, 1958.
3.6. Energetska bilanca TE Rijeka. Z. Selanec, S. Ivančić, 1960.
3.7. Energetska bilanca TE Banovići. Z. Selanec, S. Ivančić, 1960.
3.8. Energetska bilanca TE Kolubara. Z. Selanec, S. Ivančić, 1961.
3.9. Energetska bilanca TE Kakanj, Čatići u 1957. i 1961/62. J. Lucati, Z. Selanec i S. Ivančić.
3.10. Energetska bilanca TE—TO Zagreb. J. Lucati, Z. Selanec, S. Ivančić, M. Jeras, 1963.
3.11. Optimalni uvjeti proizvodnje električne energije u Željezari Sisak. Z. Selanec 1959.
3.12. Elaborat o normativnim potrošcima topline u javnim termoelektranama.
3.13. Kontrolna analiza specifične potrošnje topline u TE Jertovec. S. Ivančić, 1963.
3.14. Energetska osnova za proširenje Željezare Sisak, I i II etapa. Z. Selanec, H. Brkić, 1960.

4. Garancijska i druga ispitivanja putem mjerenja u pogonima

4.1. Ispitivanje kalcinatora u Tvornici glinice i aluminija, Lozovac.
4.2. Garancijsko ispitivanje kotlova i turboagregata u TE Kolubara. V. Feuerbach, E. Giunio, K. Džinev, 1958—1962.
4.3. Garancijsko ispitivanje kotlova i turboagregata u TE Kakanj, Čatići.
4.4. Garancijska i pogonska ispitivanja kotlova i turboagregata u TE Jertovec. V. Feuerbach, E. Giunio, 1956—1962.
4.5. Garancijska ispitivanja kotlova »Đuro Đaković« i »Steinmüller« u Željezari Zenica. V. Feuerbach, E. Giunio 1958—1959.
4.6. Garancijska ispitivanja kotlova i turboagregata u TE Kostolac. V. Feuerbach, E. Giunio 1959.
4.7. Ispitivanje rashladnih tornjeva u TE Jertovec i TE Zagreb. V. Feuerbach 1960—1962.
4.8. Ispitivanje sušara u Tvornici »Varteks« Varaždin i Jugoslavenskom kombinatu gume i obuće »Borovo« Borovo. J. Lucati, D. Bjelovučić 1960.
4.9. Ispitivanje klipnih i turboduvaljki u Željezari Sisak i Željezari Zenica. Z. Selanec i D. Bjelovučić 1960—1962.

4.10. Vatrotehnička ispitivanja optimiranja goriva u kotlovima, te ispitivanja parnog i kondenzatnog sistema u Tvornici »Varteks« Varaždin. J. Lucati, S. Špoljarić 1960.

4.11. Ispitivanje kaupera u Željezari Vareš. Z. Selanec, H. Brkić.

4.12. Ispitivanje strojnog kompleksa tankera »Petar Zoranić«. J. Lucati, S. Ivančić, H. Brkić, 1960.

4.13. Garantna ispitivanja kotlova i turboagregata u Tvornici celuloze Banja Luka. V. Feuerbach, E. Giunio.

4.14. Garantna ispitivanja kotlova u Tvornici šećera Osijek, Branjin Vrh, Bitola, Peć, Sremska Mitrovica i Županja. E. Giunio, K. Džinev, S. Harapin.

4.15. Garantna ispitivanja turbonapojnih pumpi u TE Kakanj Čatići. H. Brkić, 1962.

4.16. Garantna ispitivanja centralnih usisnih ventilatora u TE Zagreb. H. Brkić.

4.17. Garantna ispitivanja kotlova i turboagregata bloka I i II u Termoelektrani—Toplani Zagreb. Z. Selanec, M. Jeras.

4.18. Garantna ispitivanja elektrofiltera u Željezari Vareš, TE Jertovec, TE Kakanj, TE—TO Zagreb. E. Giunio, H. Brkić od 1960. do 1963.

4.19. Ispitivanje filtera i sadržaja bakra u dimnim plinovima RTB, Bor. H. Brkić, 1963.

4.20. Ispitivanje kondenzacijskog postrojenja u TE Jertovec, J. Lucati, Z. Selanec, 1963.

V GRUPA

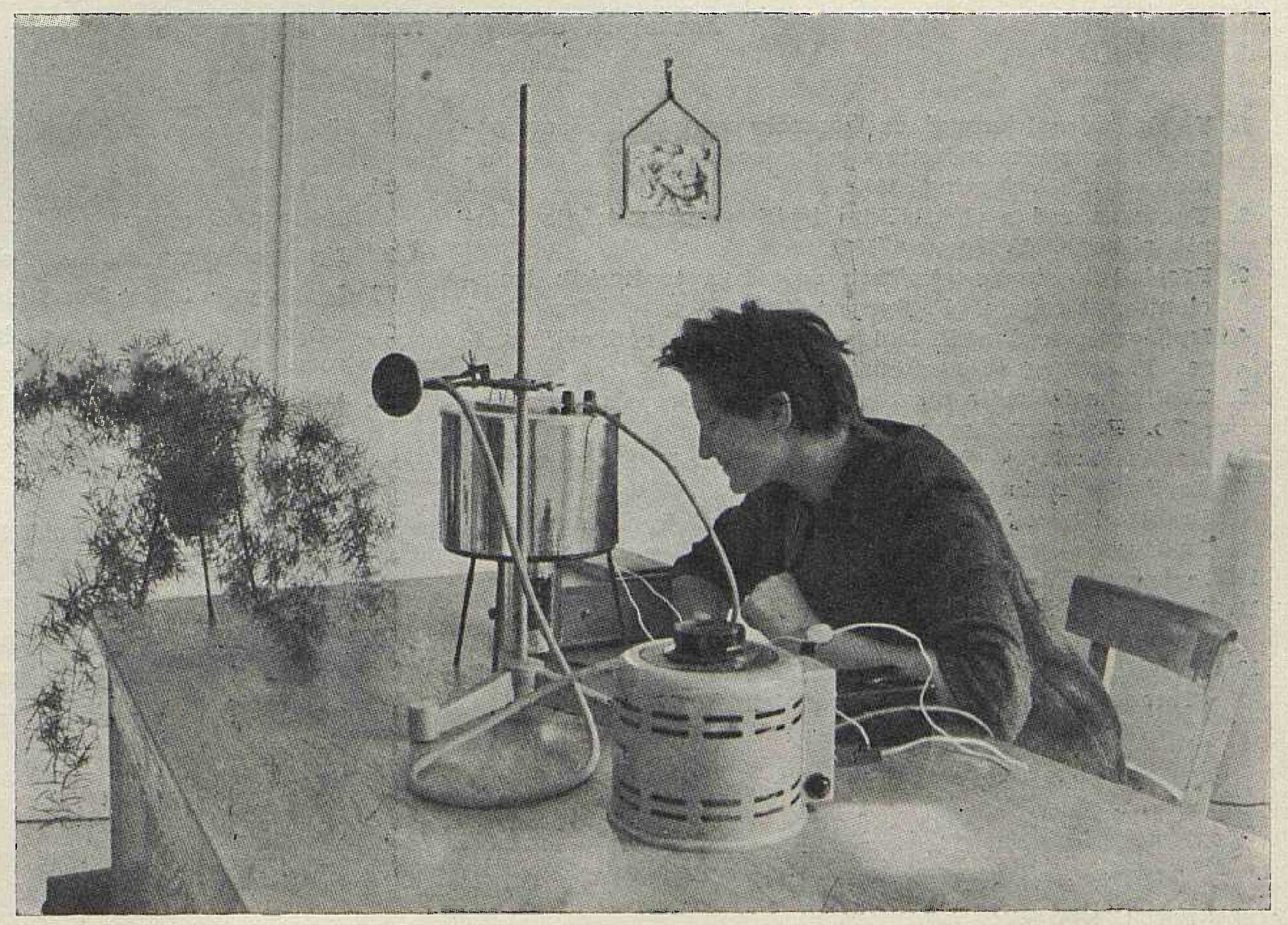
LABORATORIJ ZA TOPLINSKA MJERENJA

Fedor Šprung, Zagreb

Laboratorij za toplinska mjerenja u Zagrebu razvijao se od prvih početaka u godini 1932, prema potrebama koje iziskuje praksa.

Spomenute 1932. dograđeno je kotlovsko postrojenje tadašnje Gradske električne centrale, tako da odgovara instaliranoj ukupnoj snazi od 26 MW. Kod tog proširenja poboljšana je toplinska izolacija sistema glavnih parovoda sa — za ono vrijeme — tehnički novom izolacijom od alfola. S obzirom na novost u tehnici izoliranja, trebalo je ispitati kvalitetu ovih izolacija. Budući da se radilo o izolaciji cjevovoda, zadatak je povjeren katedri za konstrukciju strojnih dijelova zagrebačkog Tehničkog fakulteta, u čiju kompetenciju su spadali cjevovodi. Tako je uz tu katedru nikao prvi specijalizirani laboratorij za probleme sprečavanja prijelaza topline u našoj zemlji. Za tu priliku nabavljena oprema korištena je i za mjerenja toplinskih izolacija u drugim toplinskim i rashladnim postrojenjima onog vremena.

Opseg radova bio je, za današnji tempo rada na ovom području, relativno skroman, otprilike onako, kao što je i naša privreda, u odnosu na današnju, bila skromna. Ipak, živim nastojanjem, nabavljena je, do početka rata, kompletna oprema za ispitivanje toplinskih izolacija u laboratoriju i na terenu (Smitovi mjerači, te aparati po Vanrinsumu, Nusseltu i Poensgenu, s pripadnim priborom). S ovom opremom stečena su prva iskustva i školovani prvi kadrovi. Za vrijeme rata prostorije laboratorija zauzimaju okupacione kvislinške snage i s mukom nabavljena



Sl. 3. Mjerenje u toplinskom laboratoriju

oprema se do temelja uništava, tako da je na kraju prilikom oslobođenja ostalo još samo iskustvo i volja za rad.

Zbog zadataka na obnovi zemlje, bilo je u početku prečih potreba i rad se nastavlja teoretski, jer nije bilo mogućnosti da se nabavi nova oprema.

Godine 1950. stvaraju se materijalne mogućnosti i pri Elektrani Zagreb obnavlja se eksperimentalna djelatnost Laboratorija za toplinska mjerenja, na inicijativu tadašnje Generalne direkcije elektroprivrede. Od tada se laboratorij za toplinska mjerenja neprestano razvija, a 1951. ulazi u sastav novoosnovanog Instituta za elektroprivredu u Zagrebu.

Tokom godina radni prostor se povećava od 25 na 200 m², a upravo je završena nova zgrada, specijalno podignuta za laboratorij za toplinska mjerenja, s laboratorijskim prostorijama od 200 m² i toplinskom halom od 250 m², visine 15 m, za ispitivanje velikih elemenata (izmjenjivača, rektifikacionih kolona, sušara, protupožarnih ispitivanja i sl.). Dio ovih novih prostorija rezerviran je i za kadrove, koji će se baviti problematikom toplinskih izolacija na području nuklearnih energana.

Laboratorij djeluje na području primijenjene nauke o toplini. Naročito su zastupane slijedeće grane djelatnosti:

Problemi prolaza topline na mašinskim postrojenjima, građevinskim objektima te brodskim i kopnenim hladnjačama; s tim u vezi vrše se i ispitivanja mjerne opreme materijala i pomoćnih uređaja. Ispitivanja mjerne i regulacione opreme toplinskih procesa, naročito temperaturna mjerenja, vrše se pomoću laboratorijskih normala kontroliranih vlastitim uređajima za fiksne tačke, zatim mjerenje pritisaka i mjerenje protoka.

Ispitivanje toplinsko-tehničkih važnih osobina materijala: koeficijenata toplinske vodljivosti, specifične topline, rastezanja u ovisnosti o temperaturi, temperaturne granice upotrebljivosti i slično.

Ispitivanja toplinskih i elektrotoplinskih aparata kao isparivača, radijatora, konvektora, kalorifera, akumulacionih peći i određivanje njihovih koeficijenata prijelaza topline kod pogona u različitim temperaturnim uvjetima i s različitim medijima.

Ispitivanja polja strujanja topline i medija tekućih i plinovitih, direktno i analognim metodama.

Studijski radovi na temelju dobivenih rezultata ispitivanja također su brojno zastupani i dani u posebnom prikazu.

Vrijednost opreme kojom raspolaže Laboratorij za toplinska mjerenja, iznosi oko 15 milijuna dinara. Najveći dio ove opreme izrađen je vlastitim snagama i u vrijeme, kada je još materijalna baza naše privrede bila razmjerno oskudna, tako da bi za daljnji rad bila poželjna izvjesna dopuna ove opreme, kako bi ona u cijelosti dostigla adekvatni nivo.

Uz ostalo osoblje s Laboratorijem surađuju i dva sveučilišna profesora.

Razvojni rad bio je moguć jedino u okviru nužnih potreba izvršenja zadataka i iz fondova Instituta, zasluženih radom, a dijelom je baziran na neposrednom osobnom interesu suradnika i tradicionalnom samoprijegoru.

Laboratorij je po potrebi svojih dosadašnjih radova održavao veze s Toplinskim odjelom Instituta PTB u Braunschweigu i Berlinu (Prof. Dr. Kussmann i Dr. Ralphs) i Institutom BNPM u Parizu (Prof. Marcel Veron).

Značajniji studijski radovi laboratorija

1. Tipski mjerni uređaj za kontrolu temperature na pogonski važnijim mjestima na generatorima i transformatorima. F. Šprung, 1960.
2. Upute za rad s električkim ispitivačima sadržaja dimnih plinova. F. Šprung, 1960.
3. Pregled toplinsko-tehničkih svojstava toplinskih izolacionih materijala. F. Šprung, 1960.
4. Ispitivanje toplinskih izolacija cjevovoda rafinerije nafte. F. Šprung sa suradnicima, 1960.
5. Toplinska izolacija cjevovodne mreže Tvornice ulja Zagreb. F. Šprung sa suradnicima, 1959.
6. Analiza izolacije domaće proizvodnje. F. Šprung, 1960.
7. Toplinske izolacije. F. Šprung, 1960.
8. Problemi brzog smrzavanja namirnica. F. Šprung, 1960.
9. Ispitivanje građevinskih objekata. F. Šprung, 1960.
10. Ispitivanje toplinskih izolacija. F. Šprung, 1960.
11. Ispitivanje štednjaka i kuhala »EKA-GORAN«. F. Šprung sa suradnicima, 1960.
12. Izvještaj o ispitivanju električne akumulacione peći »Taracer«. F. Šprung sa suradnicima, 1961.
13. Toplinske izolacije nuklearnih postrojenja. F. Šprung, 1961.
14. Ispitivanje hladnjače za brodski teret M/b »Jesenice«. 1961. Z. Šprung.
15. Ispitivanje građevinskih objekata, F. Šprung i K. Sonns.
16. Ispitivanje toplinskih izolacija. K. Sonns, 1961.
17. Ispitivanje dvoplamenog kuhala »Jug«, Skopje. J. Mužny i E. Wanderer, 1961.
18. Ispitivanje hladnjače za brodski teret M/b »Primorje«. Z. Šprung.
19. Suvremene metode ispitivanja toplinskih izolacija. V. Debogović.
20. Karta klimatskih zona FNR Jugoslavije za potrebe građevinarstva. F. Šprung.
21. Shunt-dimnjaci. F. Šprung.
22. Vlaga u drvetu. F. Šprung.
23. Elaborati o toplinskom ispitivanju toplinskih i akustičkih osobina zgrade i elemenata. K. Sonns.

VI GRUPA

LABORATORIJ ZA VISOKI NAPON I JAKU STRUJU

Blaž Uzelac, Zagreb

Razvoj tehnike ne može se zamisliti bez laboratorijskog rada. Danas sve veće tvornice imaju vlastite laboratorije i upravo njima ima se zahvaliti, da je tehnika u posljednje vrijeme tako naglo napredovala. No ne samo industriji, nego također elektroprivredi potrebni su laboratoriji. Ako samo pogledamo službene propise, vidjet ćemo, da nalažu razna ispitivanja kao npr. ispitivanje odvodnika prenapona, releja, uzemljenja itd., a za provedbu toga neophodno su potrebni laboratoriji.

Naša elektroprivreda ne samo da nije imala vlastitog laboratorija, nego čak ni najnužnijih instrumenata.

Radi toga je Institut za elektroprivredu postavio zadatak da osnuje vlastiti laboratorij, koji će služiti za potrebe elektroprivrede. Uređaja i instrumenata, međutim, nije iz početka bilo u Institutu, ali se je vremenom toga ipak dosta nabavilo ili izradilo vlastitim kadrovima tako da je laboratorij uskoro mogao, iako u skromnom opsegu, započeti radom. To je bio početak laboratorija za visoki napon i jaku struju, i od toga se vremena stalno razvija i upotpunjuje.

Laboratorij je privremeno bio smješten u zgradi Elektroprivredne škole u Selskoj cesti, gdje mu radi neprikladnih prostorija nije bio omogućen normalan rad, niti je radi njihove premalene visine mogla u potpunosti biti iskorištena njegova visokonaponska oprema.

Godine 1961. laboratorij je preseljen u novu zgradu, koja je u tu svrhu izgrađena kao aneks zgrade ZEP Hrvatske u Ulici proleterskih brigada broj 37. Završena je montaža i uređivanje pa je tako laboratorij dobio svoj definitivni smještaj i već radi punim kapacitetom sadašnje opreme, koja se sastoji od udarnog generatora 800 000 V, izvora izmjenične struje do 300 000 V, izvora istosmjerne struje do 200 000 V, zatim oscilografa, preciznih instrumenata klase 0,1 te ostale opreme tako da će se u njemu, kad se još kompletira izvor izmjenične struje, moći vršiti uglavnom sva visokonaponska ispitivanja, koja za naše prilike i elektroprivredna postrojenja dolaze u obzir.

Laboratorij za niskonaponska ispitivanja također je dobro opremljen, zahvaljujući zalaganju i snalažljivosti stručnih kadrova, koji su većinu za tu svrhu potrebnih aparatura sami izradili u priručnoj radionici laboratorija.

Laboratorij za visoki napon i jaku struju je od 1. I 1962. samostalna ekonomska jedinica Instituta i djelatnost mu je usmjerena u prvom redu za potrebe elektroprivrede, ali se obavljaju radovi i za elektroindustriju kao i za ostale industrije, te razne druge naručioce kao brodogradilišta, armiju, mornaricu, tržnu inspekciju itd. Laboratorij je arbitražno-kontrolni laboratorij Jugoslavenskog registra brodova.

Ovdje ćemo napomenuti neke vrste radova, koje obavlja laboratorij. To su:

- ispitivanja visokonaponske i niskonaponske elektrotehničke opreme u svrhu preuzimanja, kontrole i snimanja karakteristika;
- ispitivanja svih vrsti izolatora, kabela i kabelskih glava, mjernih i učinskih transformatora, rastavljača, visokonaponskih i niskonaponskih osigurača, releja, odvodnika prenapona, izolacionih materijala itd.;
- baždarenja brojila i instrumenata kao i njihov popravak i pregrađivanje;
- koordinacija izolacije;
- terenska ispitivanja uzemljenja, te provjeravanje i udešavanje releja i zaštite u postrojenjima.

Laboratorij ne vrši samo ispitivanja, nego usko surađuje s proizvođačem ukazujući mu na nedostatke njegovih proizvoda i dajući mu prijedloge, kako će ih otkloniti, da bi zadovoljio propise. Ispitivanja se vrše prema propisima JUS, VDE, IEC, te ostalim inozemnim propisima, prema zahtjevu. Nakon ispitivanja laboratorij dostavlja naručiocu atest o kvaliteti ispitanog predmeta.

Osim ispitivanja laboratorij izrađuje elaborate i daje stručna mišljenja o elektrotehničkoj opremi i njezinoj ugradnji, kao i o svim ostalim problemima iz svog djelokruga rada, daje tehničke konzultacije, pribavlja tehničku dokumentaciju iz inozemstva, koja je proizvođačima potrebna za proizvodnju itd.

Ispitivanje za »znak kvalitete« daljnja je važna djelatnost ovog Laboratorija. Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara (SMEIT) dodjeljuje, naime, »znak kvalitete« onim proizvodima iz područja strojarstva i elektrotehnike, koji su kvalitetni i odgovaraju u pogledu sigurnosti propisima i zahtjevima, koji se traže za te proizvode. Ovdje dolaze u obzir instalacioni materijal i pribor, kućanski aparati, te razni drugi aparati široke potrošnje itd. Tako je već podijeljen »znak kvalitete« nekim proizvodima tvornice »Rade Končar« i »Kontakt« u Zagrebu.

Pored toga u radionici laboratorija izrađuju se prototipovi kao i male serije raznih elektrotehničkih aparatura i uređaja.

Tako npr. laboratorij izrađuje uređaje za ispitivanje releja. »Tehnički propisi za pogon, održavanje i reviziju elektroenergetskih postrojenja« nalažu naime, da se najmanje jedanput godišnje mora ispitati djelovanje zaštite. Prema tome je velika potreba za uređajima, kojima se obavljaju ta ispitivanja. Budući da su se oni do sada uvozili iz inozemstva, laboratorij je smatrao korisnim razviti domaći uređaj,

u čemu je i uspio, jer uređaj u svakom pogledu potpuno zadovoljava, pa tako do danas nije bilo ni jedne reklamacije, iako je već veliki broj uređaja u upotrebi. Uređaj je prenosiv, a izrađuju se dva tipa i to: uređaj IR-2 S za ispitivanje primarnih i sekundarnih nadstrujnih releja i njihovih vremenskih članova i uređaj IR-3 za ispitivanje samo sekundarnih releja. Uz uređaje dolazi električna stop-ura i kutija s priključnim gajtanima.

Nadalje je laboratorij razvio još jedan interesantan i potreban uređaj. Spomenuti tehnički propisi zahtijevaju također najmanje jedanput godišnje, a i češće iza velikih atmosferskih pražnjenja, kontrolu odvodnika prenapona u postrojenjima. Da se tome zahtjevu udovolji, moraju se odvodnici prenapona demontirati i slati u laboratorij na ispitivanje. Kako pri tom postoji opasnost da se prilikom transporta odvodnici oštete, a osim toga kroz to vrijeme ostaje postrojenje bez zaštite, ukazala se potreba, da se izgradi uređaj prijevoznog tipa, koji bi se prevozio od jednog postrojenja do drugoga i njime se na licu mjesta ispitivali odvodnici. Na ovaj bi se način otklonile prije navedene poteškoće i nedostaci.

Uređaj je zapravo prijevozni laboratorij. Montiran je na automobilskoj prikolici, a sastoji se od visokonaponske kaskade 160 kV_{ef}, regulacionog transformatora, upravljačkog pulta i sve ostale opreme potrebne za mjerenje i ispitivanje. Budući da se odvodnici prenapona većinom sastoje iz dijelova, to će tako biti omogućeno ovim uređajem njihovo ispitivanje za sve napone, koji postoje u našim postrojenjima. Pored odvodnika njime se mogu ispitati i izolatori, i vršiti razna druga ispitivanja i mjerenja u granicama njegovog kapaciteta. Jedan takav uređaj izrađen je po narudžbi »Elektroprenosa« Split, te je predan naručiocu na upotrebu.

Stručni kadrovi inženjera i tehničara sa dugogodišnjom praksom, kojima laboratorij raspolaže, sigurna su garancija za visoku kvalitetu, savjesnost i pouzdanost kako laboratorijskih ispitivanja, tako i razvojnih i ostalih radova.

U nastavku donosimo pregled važnijih radova Laboratorija za visoki napon i jaku struju.

Značajniji radovi laboratorija u proteklih deset godina

1. Pitanje standardizacije napona 30 ili 35 kV u našoj zemlji. M. Dokmanić, D. Kaiser, 1952.
2. Određivanje napona postrojenja za vlastite termoelektrane. J. Mihajlov, 1952.
3. Primjena učinskih rastavljača. I. Janić, 1954.
4. Rastavljači do 30 kV u postrojenjima elektroprivrede NR Hrvatske. M. Balling, 1955.
5. Visokoučinski rastalni osigurači do 30 kV u postrojenjima elektroprivrede NR Hrvatske. M. Balling, 1955.
6. Pogonski dijagrami granice opterećenja sinhronih generatora. H. Požar, 1955.
7. Koordinacija izolacije u visokonaponskim mrežama elektroprivrede. B. Uzelac, 1957.
8. Studija o električkom izmjeničnom mrežnom analizatoru. M. Brezinšćak, 1957.
9. Prenaponi i prenaponska zaštita. M. Arnold, 1957.
10. Blindirana rasklopna postrojenja za unutarnju montažu. M. Leskovar, 1960.
11. Blindirana transformatorska stanica za vanjsku montažu. M. Leskovar, 1960.
12. Učinska sklopka. B. Uzelac, 1960.
13. Učinski rastavljači. B. Uzelac, 1960.
14. Studij izmjeničnih analizatora. M. Brezinšćak, 1959.
15. Ferorezonancija i rezonancija u elektroenergetskim sistemima. M. Brezinšćak, 1959.
16. Koordinacija izolacije u pojedinim postrojenjima NR Hrvatske. B. Uzelac.
17. Dispečerski istosmjerni analizator. M. Brezinšćak, 1959.
18. Uređaj za registraciju struje gromova. M. Brezinšćak, 1959.
19. Ispitna stanica velike snage. B. Uzelac, 1961.
20. Tipska razvodna ploča industrijske proizvodnje. V. Štengl, 1961.
21. Ispitivanje rezervne snage u našem elektroprivrednom sistemu. B. Misiuda, 1961.
22. Otklanjanje grešaka diferencijalne zaštite. J. Mužny, 1961.
23. Studij problema bezopasnosti pri radu s elektricitetom, B. Misiuda 1961.
24. Nazivi i definicije za zaštitu i releje. V. Dabac, 1961.
25. Uređaj za ispitivanje releja.
26. Indikator polariteta stezaljki transformatora.
27. Pokazivač redoslijeda faza.
28. Uređaj za ispitivanje kabela istosmjernom strujom.
29. Uređaj za elektromehaničko ispitivanje izolatora.
30. Uređaj za ispitivanje instalacionog materijala.
31. Uređaj za mjerenje vodljivosti tekućina.
32. Uzastopni udarni generator.
33. Scheringov most.
34. Prijevozna ispitna stanica za ispitivanje visokim naponom na terenu.
35. Ispitivanja visokonaponske elektrotehničke opreme kod preuzimanja ili u svrhu kontrole funkcioniranja u pogonu te snimanje karakteristika.
36. Ispitivanje ovjesnih, potpornih, štapnih i provodnih izolatora, odvodnika prenapona, kabela i kabelskih glava, mjernih i učinskih transformatora, rastavljača, visokonaponskih i niskonaponskih osigurača, primarnih i sekundarnih releja, izolacionih materijala, instalacionog materijala i pribora te aparata za domaćinstvo.
37. Baždarenje i popravak svih vrsta instrumenata; pregrađivanje, popravak i baždarenje jednofaznih, trofaznih, dvotarifnih brojila i brojila za djelatnu i jalovu energiju.
38. Ispitivanja na terenu uzemljenja transformatorskih stanica i elektrana, provjeravanje i udešavanje relejne zaštite, mjerenje i baždarenje mjernih transformatora s brojilima, ispitivanje kabela nakon polaganja, određivanje mjesta proboja na kabelima.
39. Davanje stručnih mišljenja o svim problemima elektrotehničke opreme i njene ugradnje.

VII GRUPA

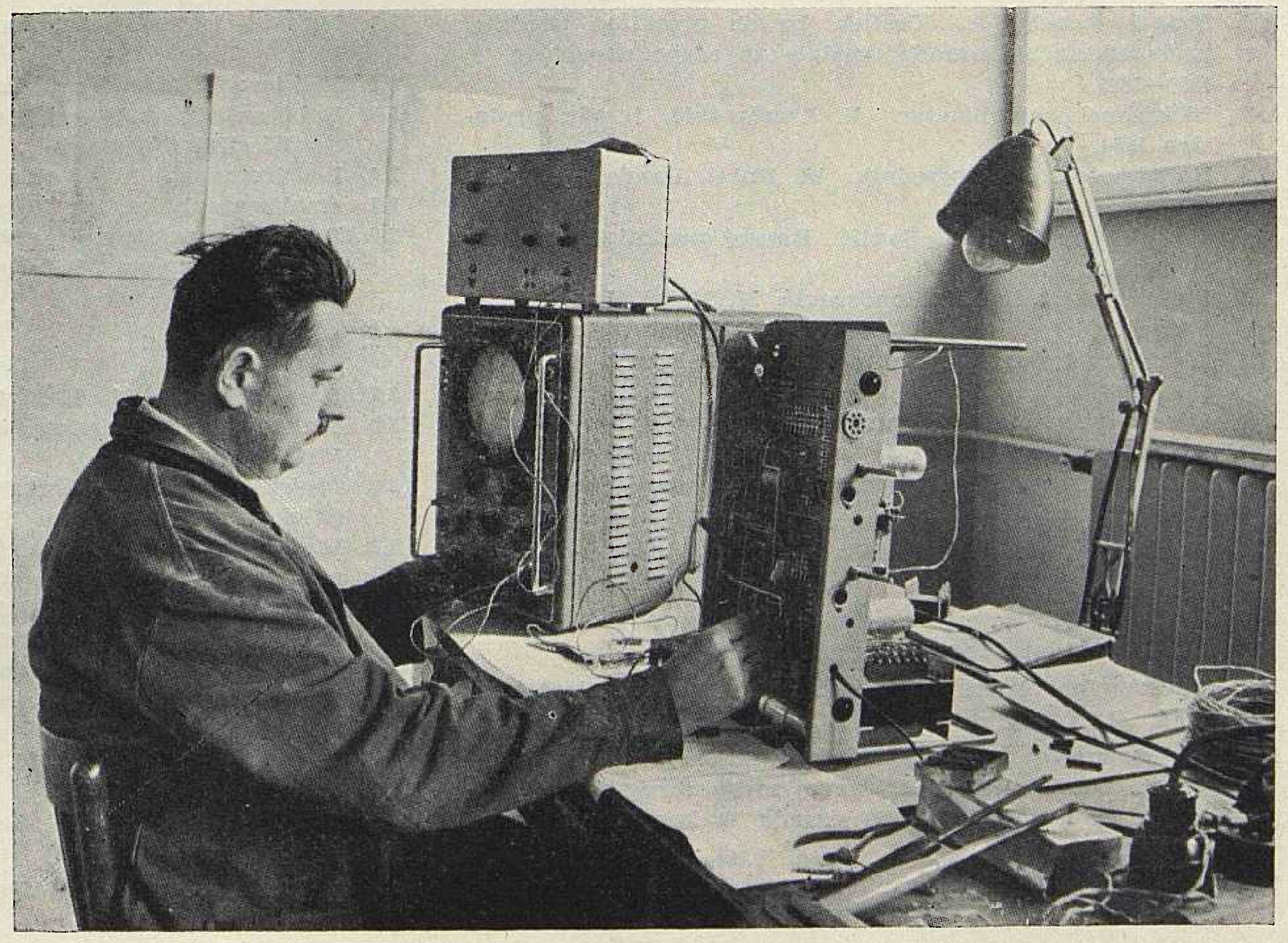
LABORATORIJ ZA SLABU STRUJU

Ante Šantić, Zagreb

Da bi se što potpunije obuhvatila elektroprivredna problematika, osnutkom Instituta za elektroprivredu u Zagrebu osnovana je i grupa, koja se imala baviti rješavanjem različitih zadataka iz područja slabe struje. To su uglavnom trebali biti problemi iz područja telekomunikacija, mjerenja i automatizacije u elektroprivredi. Kasnije se ovo područje proširilo i na različite druge probleme elektronike. Ako se malo retrospektivno osvrnemo na desetogodišnji rad ove grupe, uočit ćemo tri karakteristična razvojna razdoblja kroz koja je prošla ova grupa.

Grupa za slabu struju je u svom osnutku imala jednog inženjera i dva tehničara. No broj inženjera u ovoj grupi je vrlo brzo narastao na četiri, dok je broj tehničara ostao isti. Prvi zadaci ove grupe bili su planiranje VF veza, montaža i stavljanje u pogon novih VF veza, te polugodišnji pregled i servis VF uređaja. Također na niskofrekventnoj strani ovih veza rješavali su se različiti problemi spojne tehnike i automatske telefonije. Već u slijedećoj godini, kada je broj inženjera u grupi porastao, grupa se počinje orijentirati i na razvojnoistraživački rad. Prvi razvojni radovi ove grupe bili su tragač kabela, telefonski posrednici i elektronski relej s fotoćelijom za osiguranje protiv požara, provale i slične zaštite prostora. U to vrijeme izrađeno je nekoliko elaborata i studija u pogledu razvoja telekomunikacione mreže u elektroprivredi Hrvatske. Kroz cijeli ovaj vremenski period od 1953—1956. grupa održava servis, montira i kontrolira VF uređaje.

Drugo razdoblje rada ove grupe (1956—1959) karakteristično je po dosta intenzivnom razvojnom radu koji, može se reći, postaje osnovni oblik rada ove grupe. Kako je institutski rad u području slabe struje gotovo isključivo razvojni i naučnoistraživački, to je na taj način ova grupa našla i svoj pravi put. U to vrijeme pada i razvoj malog VF uređaja za potrebe elektroprivrede. Taj je uređaj za ono vrijeme bio vrlo malih dimenzija, po svojoj konstrukciji jednostavan uz dobre električke performance. Imao je uz telefonsku slušalicu i mogućnost rada s mikrofonom i zvučnikom, kao i mogućnost priključka na rasvjetnu mrežu 220 V. Drugi uređaj bio je specijalno namijenjen za distributivnu mrežu, gdje se veliki jednopojasni i dvopojasni uređaji ne bi nikako isplatili. Spomenuti uređaj bio je laboratorijski, a na terenu ga je ispitala Komisija Jugela i odobrila ga za upotrebu u jugoslavenskoj elektroprivredi. Pored toga u ovom je razdoblju razvijen i precizni termoregulator, kojim se stabilnost temperature peći drži u granicama ± 0,2 % od nominalne vrijednosti. Termoregulator je izrađen po narudžbi Instituta »Ruđer Bošković«. Za potrebe elektroprivrede, a prema zadatku Savezne industrijske komore, razvijen je i UKV uređaj maketarno. Daljnji radovi na ovom području na žalost su prekinuti zbog nedostatka financijskih sredstava. U isto vrijeme padaju i drugi razvojni radovi. Tako je razvijen i izrađen uređaj za mjerenje parametra elektronskih cijevi, i to u obliku stola. Isto je tako izrađen i aparat za mjerenje statičkih karakteristika



Sl. 4. Elektronski uređaj u laboratoriju za elektroniku

elektronskih cijevi u istoj izvedbi. Osim toga razvijen je tranzistorizirani izvor visokog napona. U to vrijeme pada i izrada studije o primjeni industrijske televizije kod nas, a po narudžbi Savezne industrijske komore.

Može se reći, da je ovo drugo razdoblje zastupano gotovo isključivo razvojnim radom iz razloga, što su otpali razni servisni poslovi i montaže na VF vezama elektroprivrede. Ovome je uzrok, što je u tom periodu planiranje VF veza, montaža i servisna služba odvojena od Instituta i prebačena u Zajednicu elektroprivrednih poduzeća Hrvatske. Na taj način ostao je Institutu samo razvojni rad, što uostalom i odgovara njegovoj namjeni. Kako se vidi iz do sada izloženog, ipak taj rad nije bio isključivo elektroprivredni, jer takovih razvojnih zadataka nije bilo dovoljno, da bi se mogli angažirati svi kapaciteti grupe. Zbog toga se moralo orijentirati i na druge komitente, koji su bili zainteresirani za razvojni rad. Ovo drugo razdoblje je zastupano i nizom drugih naručilaca, kao na pr. Savezna industrijska komora, Vojnotehnički institut, Udruženje elektroindustrije »Ruđer Bošković« itd. Raznolikost naručilaca donosila je isto takovu raznolikost u problemima područja slabe struje, kojima se je ta grupa morala baviti. Takav način rada nije bio baš povoljan, jer je iziskivao stanovito rasipanje snaga, što neminovno zahtijeva rad na raznim međusobno heterogenim područjima. Svakako, bilo je potrebno usmjeriti se na jedno područje koje će se jedne strane biti interesantno s naučnog gledišta, a s druge strane ekonomično, kako bi se ovakav rad mogao financirati.

Treće razdoblje (1959—1963) karakterizirano je usmjeravanjem grupe na područje problematike registracije bioloških napona. Ovo je područje uopće dosta slabo obrađeno, a pogotovo kod nas. Kao rezultat rada na ovom području su razvijeni elektroencefalografi. Oni predstavljaju svakako najsloženije uređaje na tom području zbog velikog pojačanja koje moraju imati. Danas već 12 naših elektroencefalografa radi po bolnicama i klinikama, gdje su naišli na veliko priznanje. Osim toga, pristupilo se razvoju fotostimulatora koji je sada u završnoj fazi. Ovaj je aparat nužno vezan za rad elektroencefalografa, jer će svojim podražajima na osjetilo vida moći izazvati različite fenomene kod snimanja encefalograma. Za promatranje bioloških napona viših frekvencija posebno je interesantan razvoj bioloskopa, koji predstavlja osciloskop s mogućnošću istovremenog promatranja dviju pojava. Promatrane pojave mogu se registrirati na magnetofonskoj traci i zatim po volji mnogo puta ponavljati, brisati ili arhivirati. No ni u ovom razdoblju grupa se nije udaljila od elektroprivredne razvojne, odnosno studijske problematike i ispunjavala je sve zadatke prema zahtjevima. Samo su ovi zahtjevi bili relativno mali, tako da nisu bili angažirani veći kapaciteti grupe. U tom smislu je izrađena studija: »Prijedlog rješenja i izvedbe uređaja za dojavu zaleđivanja dalekovoda« na osnovu koje se sada pristupa razvoju uređaja za dojavu zaleđivanja, kao i izradi prototipa. Grupa obavlja preuzimanje slabostrujne opreme za HE Trebišnjicu, kao i servis elektroencefalografa vlastite proizvodnje.

Značajniji radovi grupe u proteklih deset godina

1. Razvojni radovi

1.1. Tragač kabela. Z. Kavšek. Izrada prototipa uređaja, proizvedeno 24 komada uređaja za razne naručioce, 1954—1960.
1.2. Elektronski stabilizator. N. Lončarević, Izrada prototipa 1954.
1.3. Ručni telefonski posrednik. M. Kolaj. Izrada 3 komada 1955.
1.4. Mali VF uređaj. A. Šantić. Razvoj prototipa i izrada 2 komada 1955—1957.
1.5. Elektronski relej. N. Lončarević, M. Kolaj. Razvoj prototipa 1956.
1.6. Elektronski termoregulator. M. Kolaj. Razvoj prototipa 1956—1957.
1.7. Mjerač vremena. A. Šantić. Razvoj prototipa 1959.
1.8. Mjerni stol za mjerenje parametara elektronskih cijevi. A. Šantić. Razvoj mjerne aparature 1958—1960.
1.9. Mjerni stol za mjerenje statičkih karakteristika elektronskih cijevi. B. Ralašić. Razvoj mjerne aparature 1958—1960.
1.10. Tranzistorski pretvarač za visoki napon 16 kV. A. Šantić. Razvoj prototipa pretvarača 1959.
1.11. Audiometar. Autor M. Gregurić, izrada prototipa uređaja. M. Vujnović, 1960—1962.
1.12. Elektroencefalograf. Razvoj elektronskog dijela aparata. A. Šantić, 1959—1961; razvoj mehaničkog dijela i pisača. M. Kolaj, 1959—1960; izrada 12 komada za razne naručioce.
1.13. Fotoakustički stimulator. M. Kolaj. Izrada prototipa 1963.

2. Referati na konferencijama savjetovanjima*

2.1. Mali visokofrekventni uređaj MEV-1. A. Šantić, ETAN 1957.
2.2. Elektronski termoregulator. M. Kolaj, ETAN 1957.
2.3. Dobivanje visokog napona iz niskonaponskih izvora. A. Šantić, ETAN 1960.
2.4. Elektromehanički pisač. M. Kolaj, JUREMA 1961.
2.5. Analizator buke. M. Vujnović, JUREMA 1961.
2.6. Domaći encefalograf i neka iskustva u vezi mjerenja bioloških napona. A. Šantić, ETAN 1962.

3. Studije i elaborati

3.1. Tragač kabela. Z. Kavšek (diplomski rad), 1954.
3.2. Elektronski stabilizator. N. Lončarević (diplomski rad), 1954.
3.3. Idejni projekt visokofrekventnih veza (VF kanali na dalekovodima 110 kV u NR Hrvatskoj). R. Oštrić, 1954.
3.4. Idejni projekt telekomunikacionih veza na dalekovodima 110 i 30 kV na području Dalmacije. R. Oštrić, 1954.
3.5. Elaborat o prenosu daljinskog mjerenja u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. R. Oštrić, 1955.
3.6. Studija o daljinskom upravljanju. R. Oštrić, 1956.
3.7. Idejni projekt telekomunikacionih veza između dispečera za grad Zagreb i distributivne mreže u okolici Zagreba. R. Oštrić, 1955.
3.8. Visokofrekventni uređaj s promjenom frekvencije. A. Šantić, 1955.

---

* Svi ovi referati objavljeni su u Zbornicima odnosnih konferencija.

3.9. Ručni telefonski posrednik. M. Kolaj, 1956.
3.10. Mali VF uređaj MEV-1. A. Šantić (kompletan proračun), 1957.
3.11. Mali visokofrekventni uređaj za raspodijeljene mreže. A. Šantić, 1958.
3.12. Plan automatizacije telefonske mrežne grupe elektroprivrede NR Hrvatske s tehničkim uvjetima uređaja. M. Kolaj, 1955.
3.13. Kućna automatska telefonska centrala za potrebe elektroprivrednih pogona. M. Kolaj, 1956.
3.14. Stol za posredovanje. M. Kolaj, 1956.
3.15. Aparatura za mjerenje tjemenih vrijednosti visokog napona. A. Šantić, 1956.
3.16. Studija o industrijskoj televiziji. B. Ralašić, A. Šantić, M. Kolaj, 1958.
3.17. Elaborat o otklanjanju radiofonskih smetnji u elektromotornim pogonima. B. Ralašić, 1959.
3.18. Elektronski termoregulator za finu regulaciju temperature. M. Kolaj, 1959.
3.19. Mjerač vremena. A. Šantić, 1959.
3.20. UKV uređaj za elektroprivredu. A. Šantić, B. Ralašić, 1958.
3.21. Mjerni stol za mjerenje parametara elektronskih cijevi. A. Šantić, 1959.
3.22. Mjerni stol za mjerenje statičkih karakteristika elektronskih cijevi. B. Ralašić, 1959.
3.23. Tranzistorski pretvarač za visoki napon 16 kV. A. Šantić, 1960.
3.24. Faradayev kavez. B. Ralašić, 1960.
3.25. Osamkanalski sistem pisača za elektroencefalograf. M. Kolaj, 1961.
3.26. Prijedlog rješenja i izvedbe uređaja za dojavu zaleđivanja dalekovoda. M. Vujnović, 1963.

VIII GRUPA

STUDIJ PRIVREDNIH PITANJA I STATISTIKA

Božidar Filipović, Zagreb

U granicama okvirnih zadataka Instituta za elektroprivredu u Zagrebu grupa za ekonomska pitanja i statistiku usredotočuje u prvom desetljeću svoga rada svoje djelovanje na polju aktuelnih problema i budućeg razvoja elektroprivrede cijele naše države, a napose elektroprivrede republike Hrvatske.

Studijska obrada aktuelnih elektroprivrednih problema temeljena je na statističkoj analizi postojećih energetskih karakteristika o proizvodnji, prijenosu i distribuciji električne energije uključivo njihovog dotadašnjeg razvoja. Naročito se promatra kretanje široke potrošnje a napose kućanstva na teritoriju NR Hrvatske po užim konzumnim područjima. Razrađuju se za potrebe daljnjih studijskih radova i elektroprivredne operative, naročito NR Hrvatske, metode statističkih analiza dobivanja podataka o razvoju opskrbe potrošača električnom energijom u Jugoslaviji. Komparacija s ostalim naprednim zemljama omogućuje vremensko i intenzitetno uvrštavanje naše zemlje u opći elektroprivredni razvoj. Sistematsko objelodanjivanje elektroprivredne statistike u časopisu »Energija« i u Elektroprivrednom godišnjaku Hrvatske, učinilo je i širim krugovima privrede pristupačan uvid u razvoj elektroprivrede Hrvatske.

Metode perspektivnog planiranja elektroprivrednog razvoja snaga i energije u proizvodnji, a napose planiranja potrošnje električne energije po grupama i kategorijama potrošnje, razrađene u privrednoj grupi, upotpunjuju radove ostalih grupa Instituta na tom području, a razvijene metode perspektivnog planiranja energetskog elektroprivrednog razvoja, bazirane na matematsko-statističkim principima znatno su pridonijele dotjeranom razgledavanju perspektivnih potreba naše elektroprivrede. Jednako su tako ove metode dovele do stvaranja osnova za svestrane studijske radove ekonomskog karaktera, a napose tarifiranja električne energije.

Na aktuelnoj i perspektivnoj ekonomskoj problematici, unutar jugoslavenskih elektroprivreda, samoj kao što i njenom odnosu s elektroprivredama susjednih zemalja izvršeni su zamašni studijski i operativni radovi. Iznalaženju vrijednosti električne energije sa stanovišta elektroprivrede i potrošača prišlo se s više polaznih stanovišta s ciljem dobivanja što objektivnije i praktički lako iznalažljive osnove za rješavanje ekonomske elektroprivredne problematike kod izgradnje elektroenergetskih postrojenja, formiranja ekonomske cijene i tarifa električne energije u zemlji, utvrđivanja cijene za međuzemaljsku izmjenu električne energije i iznalaženje rentabilnosti izvoza električne energije za Jugoslaviju.

Povezivanju energetskih, elektrotehničkih i ekonomskih elektroprivrednih studija mnogo je smetalo pomanjkanje elektroprivredne terminologije. U cilju otklanjanja tog nedostatka izrađen je prijedlog za definiciju elektroprivrednih pojmova i dostavljen nadležnim elektroprivrednim organima na ocjenu i nadopunjenje u cilju sveopće primjene u našoj zemlji.

Ekonomska osnova za obradu svih energetsko-ekonomskih problema u elektroprivredi je objektivna analiza troškova strukture proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije. Na tom polju djelovanje privredne grupe odrazilo se u seriji studijskih radova praktički primijenjenih u elektroprivredi Hrvatske i Jugoslavije. Jedinstvene cijene električne energije koje se nalaze u primjeni formirane su na temelju teoretskih studija privredne grupe korištenjem prikupljenih podataka od elektroprivrednih zajednica pod rukovodstvom Instituta.

Za usavršavanje metoda kalkulacije troškova u opskrbi električnom energijom i njene primjene kod planiranja izgradnje elektroprivrednih postrojenja, analiza tekućih troškova i formiranja ekonomskih cijena električne energije u perspektivnom razvoju, raz-

rađene su i predane praktičnoj primjeni mnoge aktuelne studije. Tako je za novi tarifni sistem razrađena pod rukovodstvom privredne grupe Instituta dokumentarna studija s alternativnim prijedlozima budućeg tarifnog sistema s općim dobavnim uslovima i tarifnim stavovima na naponu prijenosa od 110 kV.

Usmjeravanje ekonomičnosti elektroprivrednog razvoja naše zemlje i opskrbe potrošača električnom energijom putem stimuliranja racionalizacije potrošnje električne energije kod potrošača obrađeno je u više studija. Studije koriste najsuvremenija ekonomska gledanja, s namjenom iznalaženja utjecajnih faktora na ekonomičnost opskrbe i načina njihovog praktičkog korištenja u elektroprivrednom rukovodstvu i operativi. Štetni utjecaj nedovoljne opskrbe privrede električnom energijom proučen je i dokumentarno prikazan, a dobiveni rezultati poslužili su na širokom području kao dokumentacija raznih studija elektroprivrednog karaktera.

Privredna grupa podsticala je uvođenje u našu elektroprivredu novih suvremenih metoda sagledavanja utjecaja troškova na cijenu opskrbe potrošača električnom energijom i njihovu korisnost za elektroprivredu i za potrošače električnom energijom. Prednosti primjene teorije graničnih troškova i metoda iznalaženja elemenata za formiranje cijena električne energije prema graničnim troškovima prikazane su za naše odnose i ilustrirane praktičnom primjenom omogućujući tako jugoslavenskoj elektroprivredi da i na tom području ne zaostane za ostalim naprednim zemljama.

Studijski radovi o perspektivnom razvoju troškova opskrbe električne energije na raznim predajnim mjestima jedinstvenog elektroprivrednog sistema u našoj zemlji vršeni su i za potrebe naše industrije. Tako, na primjer, za ekonomsko konstruiranje serijskih električnih transformatora, za iznalaženje rentabilnosti priključka tvorničkih postrojenja na javnu električnu mrežu i drugo.

Neophodnost planiranja perspektivnog razvoja ekonomskih karakteristika opskrbe potrošača električnom energijom na dulji rok, dakle elektroprivrednog bruto-produkta dolazi do izražaja u posebnoj studiji izrađenoj za Zajednicu elektroprivrednih poduzeća Hrvatske. Energetsko elektroprivredno planiranje treba da se u buduće kompletira s perspektivnim planom elektroprivrednog bruto-produkta kao najznačajnijim mjerilom za energetski i ekonomsko uravnoteženi optimalni razvoj elektroprivrede jedne zemlje. U vezi s time elektroprivreda koristi odabrane ekonomsko-energetske pokazatelje svog razvoja u pogledu rentabilnosti, ekonomičnosti i produktivnosti. Studije iz te domene obrađene u privrednoj grupi Instituta sadrže interesantne i karakteristične indikatore ekonomskog razvoja naše elektroprivrede zadnjih godina i njene realne rentabilnosti.

Daljnjim porastom potrebe na električnoj energiji dolazi do pojačane potrebe postizavanja visokog energetsko-ekonomskog stupnja racionalizacije u proizvodnji, transportu i potrošnji električne energije. Time se ukazuje neophodnost na pojačano povezivanje naučnoistraživačkog rada Instituta s elektroprivrednom operativom, projektantskim organizacijama i industrijom u cilju rješavanja ukazujućih se problema daljnjeg elektroprivrednog rasta i iznalaženja optimalnih tehničkih i ekonomskih koncepcija u opskrbi potrošača električnom energijom. Najuža povezanost energetskog i ekonomskog planiranja nameće se u daljem razvoju elektroprivrede kao neminovni zahtjev.

Postizavanje optimalno mogućeg stepena rentabilnosti u eksploataciji postojećih elektroprivrednih opskrbnih postrojenja iziskuje politika elektroprivrednog investiranja koja će sa stanovišta općeg narodnog gospodarstva dovesti do maksimalne korisnosti za društvo.

S obzirom na tako postavljeno sagledavanje, u buduće zadatke privredne grupe ulaze u pojačanom opsegu radovi na iznalaženju pokazatelja za praćenje rentabilnosti, ekonomičnosti i produktivnosti elektroprivrede i njihova stalna analiza u cilju dobivanja osnove ekonomskog usmjeravanja elektroprivredne djelatnosti. Proučavanje optimalnog stupnja elektroprivrednog samoformiranja dominantan je zadatak budućeg rada elektroprivrednih instituta.

Za ekonomska planiranja elektroprivrednog razvoja instituti trebat će da iznađu najpodesnije metode dugoročnog planiranja elektroprivrednog bruto-produkta i kontrole ostvarenja postavljenog plana. Metode dugoročnog plana realizacije po kategorijama i grupama potrošača sastavni su dio savremenog elektroprivrednog ekonomskog planiranja.

Stalno praćenje i kontrola troškova po vrstama, mjestima i nosiocima neophodna je u zemljama više elektrifikacije. Elektroprivreda u svom intenzivnom razvoju primorana je da se sve više koristi suvremenim ekonomsko-teoretskim postavkama o formiranju i karakteristikama troškova i djelovanja konzuma na pojedine troškove po kategorijama djelatnosti. Metodološki obrađene i u studijskoistraživačkim radovima sistematski sređene i priređene metode iz te domene rada važan su instrument upravljanja do kojeg naša elektroprivreda treba da što prije dođe. One ulaze u buduće zadatke rada privredne grupe Instituta.

Racionalna i ekonomična korištenja električne energije po potrošačima iziskuju zamašne studijsko-istraživačke radove, koji treba da budu važan zadatak u radu privredne grupe. Stimuliranje potrošača na što racionalnije i ekonomičnije korištenje električne snage i aktivne i reaktivne energije putem suvremenih tarifnih oblika i dobavnih uslova najuspješnije se sprovodi na osnovu naučnoistraživačkih studija putem kojih elektroprivreda dolazi u posjed najpodesnijih instrumenata za podizanje ekonomičnosti opskrbe električnom energijom.

Energetsko-ekonomski radovi privredne grupe za industrijske potrošače električne energije u cilju iznalaženja njene najracionalnije i najekonomičnije primjene ulaze kao daljnji stalni važan zadatak rada ove grupe.

Ukratko, okvirno navedeni zadaci za mogući daljnji rad privredne grupe Instituta ukazuju na povećano značenje ekonomsko-energetskih studija ne samo za elektroprivredu već i za potrošače električne energije. Suradnja privredne grupe Instituta za elektroprivredu s ustanovama i poduzećima elektroprivrede iz oblasti proizvodnje, transporta i distribucije kao i s potrošačima električne energije, ima prema tome realne podloge i najbolje izglede da se u narednom razdoblju uzdigne na nivo koji će biti od značajne koristi za napredak opskrbe naše zemlje električnom energijom.

Značajniji radovi grupe u proteklih deset godina

1. Statističke studije i radovi

1.1. Statistički podaci o strukturi potrošnje i specifična potrošnja električne energije u domaćinstvima u NR Hrvatskoj. M. Feuerbach, 1957.

1.2. Elektroprivredna statistička analiza u razdoblju od 1952. do 1958. D. Kostanjšek, 1959.

1.3. Statistika široke potrošnje električne energije po konzumnim područjima elektroprivrednih poduzeća NR Hrvatske za razdoblje 1948. do 1958. B. Šel, 1959.

1.4. Elektroprivredni godišnjak za godinu 1958. B. Šel, 1959.

1.5. Sistem prikupljanja statističkih podataka za izradu studijskih radova i operativu. D. Kostanjšek, 1960.

1.6. Indeksni brojevi i njihova primjena u elektroprivredi. D. Kostanjšek, 1960.

1.7. Statistika široke potrošnje električne energije po konzumnim područjima elektroprivrednih poduzeća NR Hrvatske za razdoblje 1948. do 1959. B. Šel, 1960.

1.8. Statistički podaci za Elektroprivredni godišnjak 1959. B. Šel, 1960.

1.9. Iznalaženje karakteristika elektroprivrednog razvoja. D. Kostanjšek, 1961.

1.10. Statistika široke potrošnje po konzumnim područjima elektroprivrednih poduzeća NR Hrvatske za razdoblje 1948. do 1960. B. Šel, 1961.

1.11. Statistički podaci za Elektroprivredni godišnjak 1960. B. Šel, 1961.

1.12. Međunarodna elektroprivredna usporedbena statistička analiza, D. Kostanjšek, 1962.

1.13. Usporedbeni prikaz razvoja elektroprivrede kod nas i u drugim zemljama Evrope. D. Kostanjšek, 1963.

2. Perspektivno energetsko i ekonomsko planiranje

2.1. Energetsko-ekonomsko razmatranje o veličini izgradnje termoelektrana. J. Jerić, 1956.

2.2. Matematičko-statističke metode u službi elektroprivrede. J. Jerić, 1956.

2.3. Primjena metode teorije vrijednosti za iznalaženje faktora istovremenosti u električnim postrojenjima. J. Jerić, 1959.

2.4. Izbor matematsko-statističkih metoda za iznalaženje trenda u proizvodnji i potrošnji električne energije za jugoslavenske odnose. J. Jerić, 1961.

2.5. Planiranje dugoročnog elektroprivrednog bruto-produkta. B. Filipović sa suradnicima, 1962.

3. Cijena i tarifa električne energije

3.1. Studija o tržnim cijenama električne energije. B. Filipović, 1954.

3.2. O cijenama električne energije u Italiji. J. Jerić, 1954.

3.3. Procjena vrijednosti električne energije u elektroenergetskoj bilanci. J. Jerić, 1955.

3.4. Tarifna kalkulaciona metoda za jedinstveni tarifni sistem električne energije. B. Filipović, 1957.

3.5. Oblikovanje tarifa električne energije za specijalne velepotrošače, a napose za elektrokemijsku i elektrometalurišku industriju. B. Filipović, 1959.

3.6. Cijena u međurepubličkoj razmjeni električne energije. P. Kuzele, 1960.

3.7. Tarifa i tarifni sistem s općim dobavnim uslovima kod jedinstvenih i nejedinstvenih cijena električne energije. B. Filipović, 1961.

3.8. Suvremena tarifa električne energije. B. Filipović, 1962.

4. Ekonomska razmatranja i kalkulacije

4.1. Amortizacija elektroprivrednih postrojenja. Lj. Wipplinger, 1958.

4.2. Rentabilnost izvoza električne energije za Jugoslaviju, B. Filipović, 1959.

4.3. Valorizacija električne energije za potrebe studija hidroelektrana. M. Leskovar, 1960.

4.4. Principi računa godišnjih troškova u procesu proizvodnje prijenosa i distribucije električne energije. Lj. Wipplinger, 1960.

4.5. Financiranje novih investicija u elektroprivredi nekih zemalja Evrope. D. Kostanjšek, 1960.

4.6. Primjena teorije graničnih troškova u elektroprivredi. B. Filipović, D. Feöcze i Lj. Babić, 1960.

4.7. Normiranje godišnjih troškova proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije. Lj. Wipplinger, 1961.

4.8. Analiza strukture osnovnih sredstava i utjecaj vrijednosti osnovnih sredstava na cijenu električne energije u distribuciji. Lj. Wipplinger, 1962.

4.9. Metodologija kalkulacija graničnih troškova u elektroprivredi za potrebe tarifiranja. B. Filipović sa suradnicima, 1962.

4.10. Rentabilnost elektroprivrede Jugoslavije. B. Filipović, Lj. Wipplinger, 1963.

5. Potrošnja i potrošači električne energije

5.1. Rezultati ankete o nedovoljnoj opskrbi električnom energijom. Lj. Wipplinger, 1954.

5.2. Rentabilnost priključka tvornici vagona »Đ. Đaković« na elektroprivrednu mrežu. Z. Selanec, B. Filipović, 1959.

5.3. Razvoj cijene električne energije. B. Filipović, 1960.

5.4. Pregled i uspoređivanje glavnih parametara elektroprivrede evropskih i sjeveroameričkih država. D. Kostanjšek, 1961.

5.5. Ekonomičnost primjene električne energije u kućanstvu te elektrotermije i elektrokemije u specijalnoj velepotrošnji. D. Kostanjšek, 1961.

6. Razno

6.1. O ekonomskom dimenzioniranju prijenosnih vodova. B. Filipović, 1955.

6.2. Definicija pojmova u elektroprivredi. V. Dabac, Lj. Wipplinger, 1960.

IX GRUPA

STUDIJ OPĆE ENERGETIKE

Ivo Jamnicki, Zagreb

Grupa »Opća energetika« osnovana je u Institutu za elektroprivredu godine 1956. s ciljem obrade općeg energetskog razvoja i povezivanja pojedinih grana energetike s njenim općim razvojem. U okviru tih radova razmatra se dosadašnji razvoj, usmjeravanje i predviđanje budućeg razvoja energetske privrede u svim njezinim primarnim i sekundarnim oblicima (električna energija, plin, nafta ugljen). Pri tomu se razrađuje proizvodnja, pretvorba, prijenos i razvod te korištenje energije.

Radovi ove grupe imaju u prvom redu energetsko-privredni karakter. Naravno, da se rješenja dana u radovima zasnivaju na suvremenom tehničko-energetskom razvoju. Studije i elaborati obuhvaćaju Jugoslaviju kao cjelinu i pojedine njezine republike, energetski razvoj pojedinih teritorija, te energetsku problematiku pojedinih objekata u odnosu na opći energetski razvoj.

U studijama i elaboratima utvrđivanja pravilnog usmjeravanja budućeg energetskog razvoja detaljno se obrađuju osnove i faktori koji djeluju na to usmjeravanje. Razmatra se također i svjetski energetski razvoj kao jedan od najznačajnijih faktora energetskog razvoja Jugoslavije.

U proizvodnji energije obrađuje se dobava primarne energije iz domaćih izvora kao i uvoz primarne i sekundarne energije. Klasični domaći izvori razvrstavaju se na obnovljive, tj. vodne snage i biljno gorivo, te iscrpljive, tj. ugljen, naftu i prirodni plin. Za dugoročna usmjerivanja uzima se u obzir i predvidivi razvoj proizvodnje energije nuklearnim putem.

Razvoj prerade energije tj. njezine pretvorbe, utvrđuje se na osnovi usmjerivanja i zahtjeva potražnje, raspoloživosti domaćih izvora te ekonomičnosti transporta energije.

Potražnja energije tvori osnovu većine studija koje obrađuje grupa za opću energetiku Instituta. Na osnovu predviđanja općeg društvenog razvoja, u prvom redu razvoja ekonomskog potencijala zemlje i životnog standarda, utvrđuje se potreba korisne mehaničke, toplinske i kemijske energije kod konačnih potrošača tj. industrije, saobraćaja, domaćinstva i komunalne potrošnje, poljoprivrede te ostalih sektora. Iz smjernica općeg energetskog razvoja utvrđuju se tada oblici energije koja se dovodi potrošaču kao konzumna energija tj. ugljen, biljno gorivo, tekuća goriva, prirodni i umjetni plin, električna energija, para i vrela voda.

Pri utvrđivanju optimalnih rješenja valorizira se vrijednost ljudskog rada i vremena i to ne samo onog u radnom odnosu već i van njega.

Osim općeenergetskog razvoja obrađuje se specifični razvoj pojedinih energetskih područja kao npr. razvoj energetike ugljena, nafte i plina te električna energija i vrši usmjeravanje njihove upotrebe u okviru općeg energetskog razvoja.

U energetsko-ekonomskim računima upotrebljavaju se jedinstveni ekonomski instrumenti, da bi se usporedbe raznih rješenja svele na istu osnovu. Ekonomija rješenja razmatra se za cjelokupno razdoblje u kojemu će instalacije koje se postavljaju po danom rješenju raditi. Prema tomu obrađuje se i predvidivi razvoj cijena pojedinih oblika energije odnosno njezinih nosilaca u bližoj i daljnjoj budućnosti. Pored tehničkog razvoja, prati se u vezi toga u grupi i ekonomski razvoj, kako svjetske tako i jugoslavenske privrede, i to i u cjelini i pojedinih njezinih sektora.

Suglasno s programom rada izrađuju se u grupi opće energetike studije i elaborati u prvom redu za potrebe raznih državnih i komunalnih ustanova, rjeđe za pojedina poduzeća.

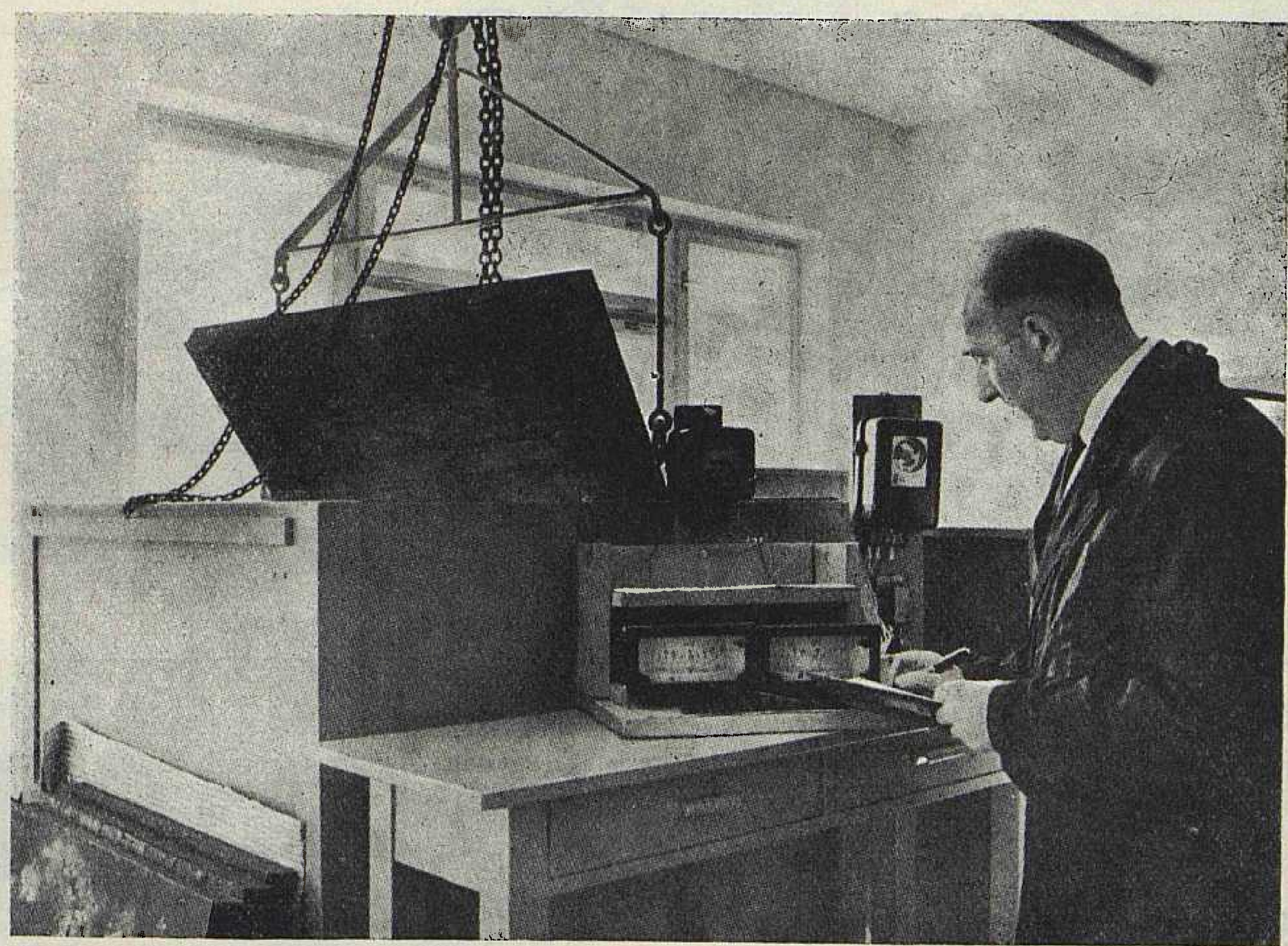
Pored navedenih osnovnih radova s područja opće energetike, grupa je radila i neke radove na ispitivanjima i utvrđivanju najpovoljnijeg režima rada pojedinih proizvodnih i energetskih postrojenja tvornica, u prvom redu u sektoru metalurgije. Vršeni su i neki specijalni toplinsko-energetski radovi, kao npr. utvrđivanje najpovoljnijih toplinskih procesa proizvodnje glinice iz domaćh boksita.

Članovi grupe aktivno su sudjelovali u brojnim konferencijama i savjetovanjima saveznog i republičkog značaja s područja proizvodnje, prerade i korištenja ugljena, nafte, plina i električne energije te primjene nuklearne energije. Oni su držali niz predavanja i referata na raznim sastancima stručnih udruženja i ustanova; među ostalim i na svjetskoj konferenciji za energiju.

Važniji radovi grupe od 1956. do 1963.

1. Prijedlog Jugoslavenskih standarda za parne kotlove i turboagregate. I. Jamnicki, 1956.
2. Energetsko-ekonomski aspekti proizvodnje energije nuklearnim putem. I. Jamnicki, 1956. (Referat na Savjetovanju elektroprivrede Jugoslavije).
3. Mišljenje i prijedlog dopuna katastra izvora toplinske energije NR Hrvatske. I. Jamnicki, 1956.
4. Utvrđivanje stanja instalacija i pogona Energane Željezare Zenica. I. Jamnicki i V. Ronovski, 1956.
5. Die Rolle der Industrie-Zusatz-Aggregate zur Deckung des zeitweiligen Strommangels in wirtschaftlich unterentwickelten Ländern. I. Jamnicki, 1957. (Referat na Svjetskoj energetskoj konferenciji).
6. Usporedba ekonomičnosti izgradnje Toplane Zagreb i proširenja Termoelektrane Šoštanj. I. Jamnicki, 1957.
7. Uputstva za pogon kotla br. 5 u Željezari Sisak. I. Jamnicki i E. Giunio, 1957.
8. Primopredaja parnih kotlova u TE Jertovec.

9. Goriva, sagorijevanje i vođenje pogona parnih kotlova. I. Jamnicki, 1957. (Niz predavanja i priručnik).
10. Optimalno snabdijevanje energijom Tvornice »Pliva«. I. Jamnicki, 1957.
11. Prijedlog mjera za razvoj primjene nuklearne energije za pogon brodova. I. Jamnicki, 1957.
12. Toplinsko-energetska ekonomija u proizvodnji $Al(OH)_3$ u Kombinatu aluminija Titograd. I. Jamnicki, 1958.
13. Zamjena mazuta plinom u proizvodnji NH_3. I. Jamnicki, 1958.
14. Ekonomija dobave pare Kombinatu Belišće. I. Jamnicki, 1958.
15. Optimalno korišćenje termoelektrane Zagreb — Zapad. I. Jamnicki i suradnici, 1958.
16. Smjernice za razvoj energetske privrede Jugoslavije. I. Jamnicki, 1959.
17. Plan razvoja energetske privrede Jugoslavije. I. Jamnicki i suradnici, 1960.
18. Razvoj proizvodnje i potrošnje ugljena u svijetu i u Jugoslaviji. P. Kisić, 1959.
19. Razvoj proizvodnje električne energije u Jugoslaviji. M. Leskovar, 1959.
20. Razvoj proizvodnje i potrošnje tekućih goriva i zemnog plina u svijetu i u Jugoslaviji. V. Boranić, 1959.
21. Methods of Forecasting of Power Plants and Consumption Development and Future Integration of Nuclear Sources in Yugoslavia. I. Jamnicki, 1960.
22. Osnovno rješenje podizanja TE Bakar. I. Jamnicki, 1960.
23. Osnovni podaci i uputstva za izradu katastra uglja pri elektroprivredi. I. Jamnicki, 1960.
24. Snabdijevanje energijom Tvornice glinice Obrovac. I. Jamnicki, J. Stipetić i A. Fuderer, 1961.
25. Viškovi ugljena u Istri, baza nove termoelektrane. Varijante sa i bez kemijskog kombinata. I. Jamnicki i suradnici, 1961.
26. Optimalno korišćenje TE Mostar. I. Jamnicki, 1961.
27. Zemni plin u energetskoj privredi NR Hrvatske. I. Jamnicki i J. Lucati, 1961.
28. Tehničko-ekonomska analiza utjecaja temperature kod kontinuiranog raščinjanja boksita. I. Jamnicki i A. Fuderer, 1962.
29. Energetska ekonomija u proizvodnji glinice iz hercegovačkih boksita. I. Jamnicki, 1962.
30. Toplinsko-energetska ekonomija u proizvodnji $Al(OH)_3$ iz dalmatinskih boksita. I. Jamnicki i A. Fuderer, 1962.
31. Ugljen u energetskoj privredi Jugoslavije. I. Jamnicki, 1962.
32. Termopotencijal i bazeni Jugoslavije. I. Jamnicki, 1962.
33. Optimalno energetsko korišćenje zemnog plina na području NR Hrvatske. I. Jamnicki i D. Suppe, 1962.
34. Energetski razvoj i prerada ugljena Jugoslavije. I. Jamnicki, 1963.
35. Električna energija u energetskoj privredi NR Hrvatske. I. Jamnicki, 1963.
36. Snabdijevanje toplinskom energijom stambenih naselja Zaprudje, Siget i Trnsko u južnom Zagrebu. I. Jamnicki i suradnici, 1963.
37. Nekvalitetni ligniti u razvoju energetske privrede Jugoslavije. I. Jamnicki, 1963.
38. Optimalni razvoj Elektrane Zagreb — Zapad. I. Jamnicki, I. Petrović, A. Fuderer, 1963 (u radu).
39. Katastar ugljena Elektroprivrede Jugoslavije. I. Jamnicki, J. Keglević, D. Suppe, 1963 (u radu).
40. Energetska bilanca i usmjeravanje razvoja energetske privrede SR Hrvatske. I. Jamnicki i suradnici, 1963. (u radu).



Sl. 5. Mjerenje toplinske izolacije

PLANIRANJE, IZGRADNJA I EKSPLOATACIJA ELEKTROENERGETSKIH KAPACITETA[1]

Neki osnovni tehnoekonomski problemi

Nakon prikaza nekih osnovnih problema planiranja potrošnje električne energije s naročitim osvrtom na izgradnju velikih potrošača, prikazan je energetski potencijal Jugoslavije, kao i neki problemi izgradnje proizvodnih postrojenja (struktura proizvodnje električne energije i sl.). Osim toga prikazani su problemi oscilacije proizvodnje termoelektrana, pitanje industrijskih termoelektrana, kao i pitanje korištenja starih termoelektrana.

DK 621.31

A. Dosadašnji razvoj elektroprivrede

Potrošnja električne energije u razdoblju nakon oslobođenja do 1962. porasla je od 1160 GWh u 1946. na 11.303 GWh u 1962. To je posljedica naglog razvoja industrije i elektrifikacije, a porast potrošnje bilo je moguće ostvariti izgradnjom novih postrojenja za proizvodnju i prijenos, te novih distribucionih mreža. Instalirana snaga elektrana iznosila je u 1946. godini 523 MW (hidroelektrane 207 MW, termoelektrane 316 MW), a u 1962. godini 3026 MW (hidroelektrane 1778 MW, termoelektrane 1248 MW).

I pored znatnog napretka u potrošnji električne energije i u općoj elektrifikaciji može se konstatirati da je na cijelom području Jugoslavije elektrificirano oko 57 % naselja i oko 61 % domaćinstava (stanje 1. XII 1961)[2]

Po cijenama iz 1960. nabavna vrijednost elektroenergetskih kapaciteta u 1945. cijeni se na oko 119 milijardi dinara, dok je nabavna vrijednost elektroenergetskih postrojenja u 1960. godini 743 milijarde dinara[3]. Od ukupne nabavne vrijednosti otpada na elektrane 52 %, na prijenos 9 %, a na distribuciju 39 %.

Za elektrifikaciju investirano je od 1947—1961. godine 3,22 % od ukupnog nacionalnog dohotka.

Od bruto-ulaganja u privredu na industriju otpada od 1951—1961. godine 54,2 %. U ukupnim ulaganjima u privredu energetika je sudjelovala sa 18,6 %, dok je na pojedine grane energetike otpalo:

na elektroprivredu	12,4 %
na ugljen i preradu nafte	4,4 %
na naftu i preradu nafte	1,8 %

od ukupnih ulaganja u privredu.

Izvori sredstava za proširenu reprodukciju u elektroprivredi bili su:

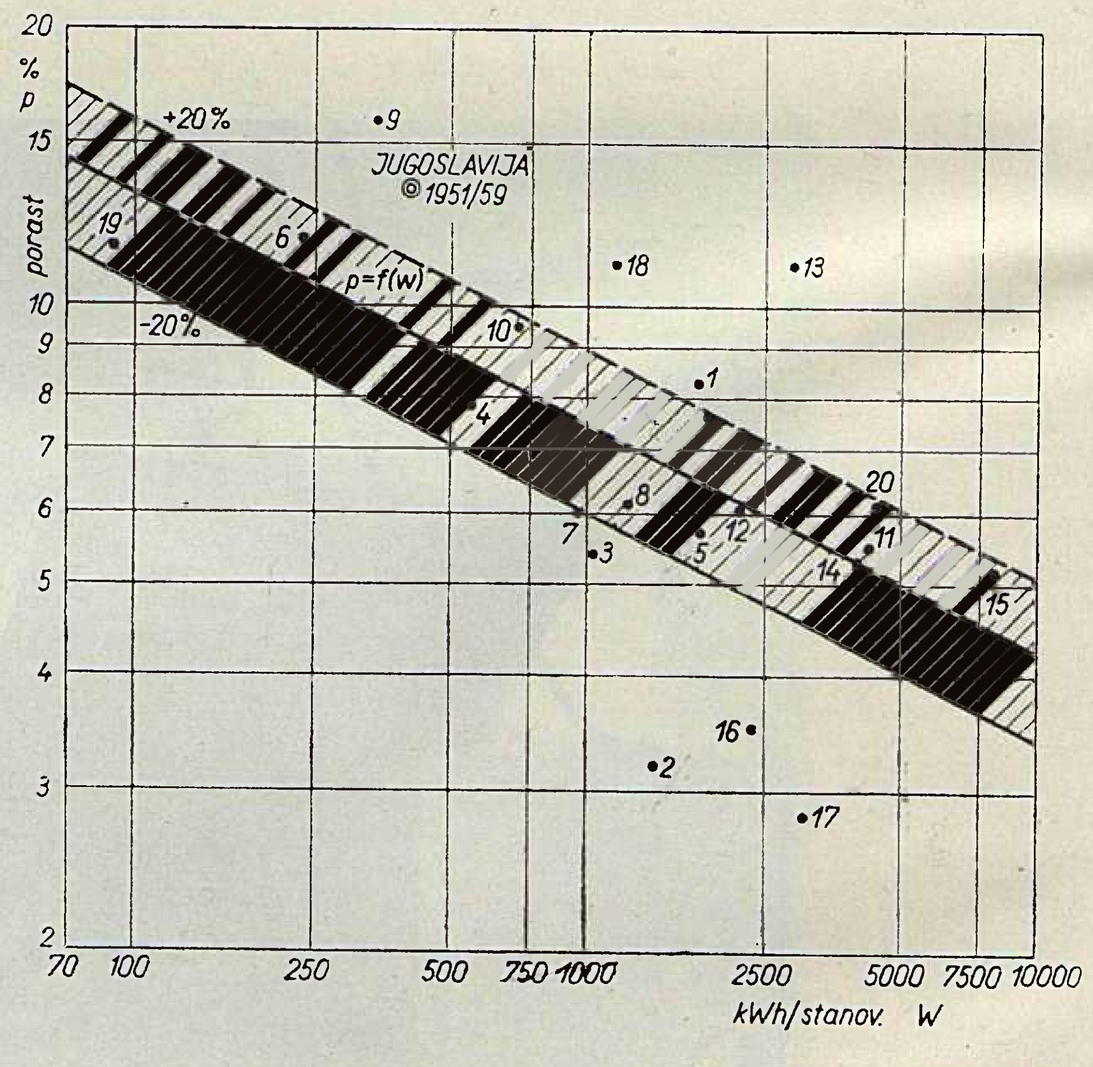
Godina 1945—1955: 87 % opća društvena sredstva i savezni budžet, ostatak republički budžeti, komune i samodoprinos. Amortizacioni fondovi elektroprivrede sudjelovali su u sredstvima za proširenu reprodukciju tek sa 0,1 %.

Nakon godine 1956: oko 2/3 općedruštvena sredstva, oko 9 % amortizacioni fondovi elektroprivrede, a oko 1/4 sredstava republike, općine i kotara i samodoprinosi.

B. Neki problemi planiranja potreba električne energije

1. Predviđanja potrošnje električne energije

Nije potrebno naglašavati važnost što sigurnijeg planiranja potreba električne energije. To vrijedi tim više, jer je električna energija preduvjet za korištenje industrijskih kapaciteta. Izgradnja termoelektrana s projektiranjem, istražnim i pripremnim radovima i probnim pogonom traje 4—5 godina, a rok izgradnje većih hidroelektrana — također s projektiranjem istražnim i pripremnim radovima, te s probnim pogonom — iznosi 6—8 godina. To ukazuje na važnost dugoročnog planiranja izgradnje elektroenergetskih izvora. Prerana izgradnja izvora traži znatno preuranjene investicije. Naravno, da će još veće štete nastati ako se ne izgrade potrebne elektrane i mreža. Nepra-



Sl. 1. Prosječni godišnji porast od 1951 — 1959. i prosječna godišnja potrošnja električne energije po stanovniku u 1959. u nekim zemljama

1 Austrija	8 Nizozemska	15 Norveška
2 Belgija	9 Portugal	16 Saar
3 Danska	10 Irska	17 Švicarska
4 Španjolska	11 Švedska	18 SSSR
5 Francuska	12 Vel. Britanija	19 Turska
6 Grčka	13 Island	20 SAD
7 Italija	14 Luksemburg	21 SR Njemačka

[1] Ovaj je članak dio studije o nekim osnovnim i aktuelnim problemima elektroprivrede. Studiju je izradila grupa stručnjaka u sastavu: Simo *Cvjetičanin*, dr Frano *Čučuković*, Drago *Gorupić*, Franjo *Kovač*, Ivan *Medvedec*, ing. Drago *Mijić*, Zvonimir *Milonja* i prof. dr ing. Hrvoje *Požar*.

[2] Statistički godišnjak elektroprivrede FNRJ za 1961, Zajednice jugoslovenske elektroprivrede, Beograd, 1962.

[3] Planić, Elektroprivreda i široka elektrifikacija, III savjetovanje ekonomista FNRJ, Ohrid 1961.

vovremeno sagledavanje potreba u budućnosti dovodi do potrebe izgradnje objekata, koji se mogu izgraditi u što kraćem roku, pa je trajanje građenja jedini kriterij za izbor objekata, što uskoro uvijek dovodi do manje rentabilnih objekata i povećanja potrebnih investicija.

Dosadašnji način planiranja elektroprivrede najčešće je polazio od razvoja proizvodnje odnosno potrošnje električne energije u prošlosti. Takva metoda može dati izvjesnu indikaciju u pogledu razvoja u budućnosti. Isto tako indikaciju o razvoju potrošnje električne energije može dati i trend povećanja nacionalnog dohotka ili trend povećanja industrijske proizvodnje. Takve analize su, međutim, dosta nesigurne za zemlju, koja se intenzivno privredno razvija, pa radi toga ni nema ustaljene privredne strukture.

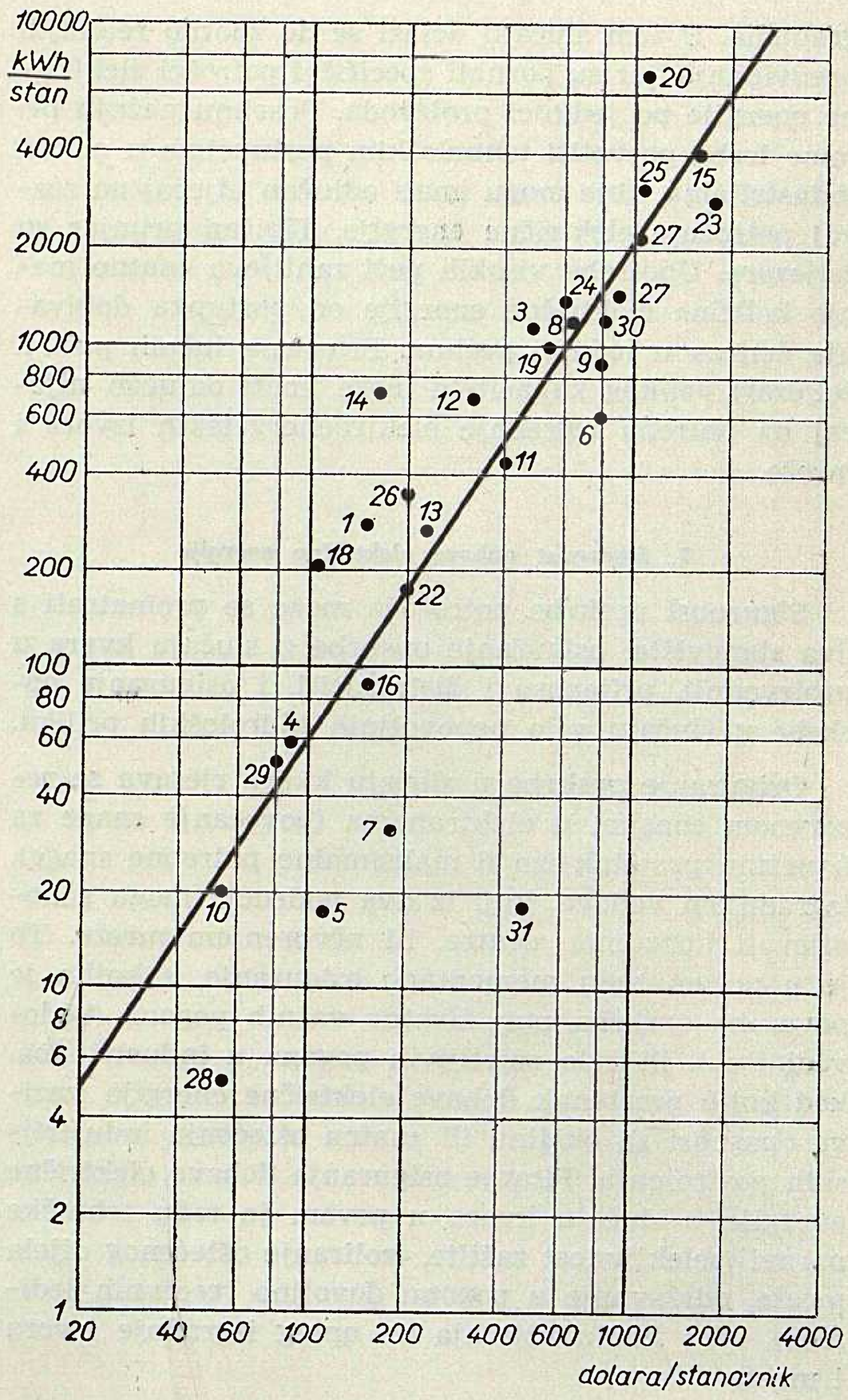
Svakako da postoji izvjesna veza između razvoja potrošnje u prošlosti i razvoja u budućnosti, između potrošnje električne energije s jedne strane, te nacionalnog dohotka i industrijske proizvodnje s druge strane, ali te veze nisu tako čvrste da bi se mogli donositi sigurniji zaključci o tempu investiranja u elektroprivredi. Da to ilustriramo, pokažimo kakav utjecaj ima predviđanje godišnjeg porasta proizvodnje električne energije od 10 % nasuprot godišnjem porastu od 12 %. Pođimo od 12 milijarda kWh u 1963. Uz godišnji porast od 10 % bila bi u 1970. potrebna godišnja proizvodnja od 23,4 milijarde kWh, a uz godišnji porast od 12 % godišnja proizvodnja od 26,3 milijarde. Razlika od 3,1 milijarde kWh tražit će za elektrane i prijenosnu mrežu oko 120 milijardi dinara više investicija kroz 7 godina.

Tolika razlika investicija posljedica je prijelaza od godišnjeg porasta 10 % na godišnji porast od 12 %, a jedan i drugi porast može se dokazati, ako pođemo od globalnog planiranja, bilo na bazi dosadašnjeg razvoja, bilo polazeći od nacionalnog dohotka ili razvoja industrijske proizvodnje.

Kad se uspoređuje potrošnja električne energije po stanovniku i postotak godišnjeg porasta te potrošnje (sl. 1), može se utvrditi opća tendencija da s porastom po stanovniku opada postotak godišnjeg porasta. Veza među tim dvjema veličinama, međutim, nije čvrsta, da bi se moglo govoriti o nekoj zakonitosti.

Slično je s međusobnom ovisnošću nacionalnog dohotka i potrošnje električne energije (sl. 2)*, gdje se može konstatirati opća tendencija da s povišenjem nacionalnog dohotka raste i potrošnja električne energije. Međutim, neka čvrsta zakonitost ne postoji. Tako npr. Norveška ima znatno veću potrošnju električne energije (dijagram je crtan s logaritamskim skalama) od one koja bi odgovarala nekoj »zakonitosti«, jer se velike količine električne energije troše u elektrometalurškoj i elektrokemijskoj industriji, koja ne daje relativno veliki nacionalni dohodak u odnosu na potrošnju električne energije. S druge strane, Venezuela ima vrlo visok nacionalni dohodak u odnosu na potrošnju električne energije, jer se glavni dio nacionalnog dohotka osniva na eksploataciji nafte, za koju skoro i ne treba električne energije.

* Vas, Das Atomkraftwerk in der Elektrizitätswirtschaft, »Elektrotechnik und Maschinenbau«, 1957. str. 453.



Sl. 2. Ovisnost potrošnje po stanovniku o nacionalnom dohotku po stanovniku u 1953.

1 Argentina
2 Australija
3 Austrija
4 Brazil
5 Cejlon
6 Danska
8 Finska
7 Filipini
9 Francuska
10 Indija
11 Irska
12 Italija
13 Izrael
14 Japan
15 Kanada
16 Kolumbija
17 Kuba
18 Meksiko
19 Nizozemska
20 Norveška
21 Panama
22 Portugal
23 SAD
24 SR Njemačka
25 Švedska
26 Španjolska
27 Švicarska
29 Tajland
29 Turska
30 Vel. Britanija
31 Venezuela

Slično bi se moralo pokazati i za ovisnost potrošnje električne energije u industrijskoj proizvodnji. No može postojati čvrsta veza među tim dvjema pokazateljima, jer potrošnja energije u znatnoj mjeri ovisi o strukturi industrijske proizvodnje. Nije, naime, svejedno, s obzirom na potrošnju električne energije da li se npr. razvija elektrometalurška ili elektrokemijska industrija ili npr. optička industrija.

Prema tome, za osiguranje predviđenog razvoja potrošnje električne energije, na osnovu kojeg predviđanja treba donijeti odluku o izgradnji elektroprivrednih objekata, mora se poći od plana razvoja industrije po

granama. U tom slučaju dolazi se do znatno realnijih predviđanja, jer su poznati specifični potrošci električne energije po jedinici proizvoda. Posebnu pažnju pri tome treba posvetiti tehnološkim postupcima u nekim industrijama, koje mogu imati odlučan utjecaj na razvoj potrošnje električne energije. Tipičan primjer su željezare. Upotreba visokih peći zahtijeva znatno manje količine električne energije od postupka dobivanja željeza u lučnim pećima. Primjena lučnih peći u željezari velikog kapaciteta može imati odlučan utjecaj na potrebu izgradnje elektroenergetskih izvora i mreže.

2. Sigurnost dobave električne energije

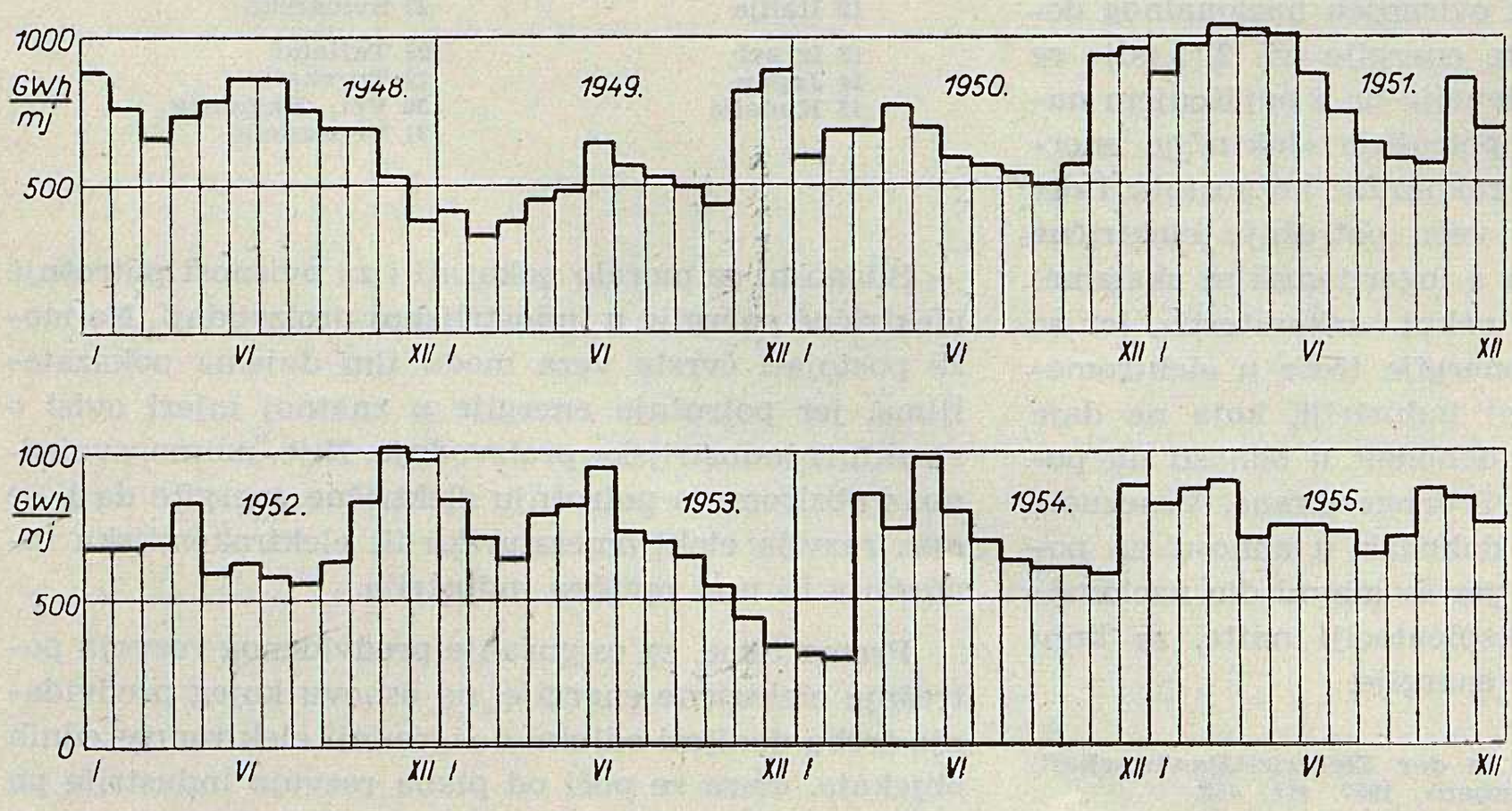
Sigurnost opskrbe potrošača može se promatrati s dva stanovišta: osiguranje opskrbe u slučaju kvara u proizvodnji, prijenosu i distribuciji, i osiguranje opskrbe u slučaju vrlo nepovoljnih hidroloških prilika.

Osiguranje opskrbe u slučaju kvara rješava se rezervnom snagom u elektranama (povećanje snage za izvjestan postotak iznad maksimalno potrebne snage), izgradnjom vodova, koji iz dva područja mogu snabdijevati konzumne centre, ili učvorenjem mreže. To je u prvom redu momentano osiguranje, s kojim je povezana opskrba npr. životno važnih pogona (vodovodi i sl.), ili vrlo osjetljivih pogona u industrijama, kod kojih prestanak dobave električne energije izaziva opasnost za okolinu ili znatna oštećenja industrijskih postrojenja. Pitanje osiguranja dobave električne energije u slučaju kvara u prvom je redu tehničke naravi (selektivnost zaštite, izoliranje oštećenog dijela mreže, održavanje u pogonu dovoljno rezervnih jedinica), iako imaju utjecaja na opseg izgradnje izvora i mreže.

S gledišta investiranja u izgradnji energetskih izvora, kao i s gledišta korištenja nekih industrijskih kapaciteta, međutim, značajno je i pitanje osiguranja potrošača i uz vrlo nepovoljne hidrološke prilike. Za ilustraciju varijacije moguće proizvodnje hidroelektrana može poslužiti sl. 3, na kojoj su prikazane mogućnosti proizvodnje hidroelektrana za stanje izgradnje u 1963. u nekoliko godina. Među njima je jedna vrlo vlažna (1951), jedna vrlo sušna (1949), a dvije su zime vrlo sušne (1948/49. i 1953/54). Za osiguranje potrošača u svim slučajevima potrebno je pored hidroelektrana imati toliko termoelektrana, da one svojom proizvodnjom mogu zadovoljiti sve potrebe potrošača i uz minimalnu moguću proizvodnju hidroelektrana.

Ima potrošača koji mogu opravdati takav stav, ali i potrošača, za koje se ne može naći ekonomskog opravdanja sa stanovišta narodne privrede kao cjeline za ispunjenje tog zahtijeva.

Da to ilustriramo, poslužimo se primjerom. Neka npr. radni sat projektanta vrijedi 500 Din, a za projektiranje je potrebna svjetlost žarulje od 100 W, pa je prema tome za sat projektiranja potrebna energija od 0,1 kWh. Pomanjkanje energije u tom slučaju izazvat će gubitak od 5000 Din/kWh. S druge strane u industriji koja proizvodi karbid potrebno je 3250 kWh po toni karbida, koji vrijedi 48.750 Din/t (65 SAD dolara po toni, 1 SAD dolar = 750 Din), dok troškovi za sirovine i materijal potreban za proizvodnju karbida (koks, vapnenac, elektrode, električna energija i sl.) iznose 35.000 Din/t, pa šteta koja nastaje obustavljanjem proizvodnje iznosi 13.750.— Din/t odnosno 4,2 Din/kWh. Ako uzmemo još u obzir, da obustavom proizvodnje nije utrošen ugljen u elektranama u iznosu od oko 3,00 Din/kWh, možemo ocijeniti da šteta radi pomanjkanja električne energije za proizvodnju karbida iznosi oko 1,20 Din/kWh. Štete radi pomanjkanja električne energije u tekstilnoj, metaloprerađivačkoj i elektroindustriji znatno su veće (red veličine 300—800 Din/kWh). Naravno da će biti opravdano u prvom redu osigurati električnu energiju onim djelatnostima i onim industrijskim granama, koje trpe veće i velike štete radi prisilne obustave pogona, pa se dolazi na pomisao da se proizvodna postrojenja ne grade i za osiguranje potrošača s relativno malom štetom radi povremenih obustava pogona. To je jedno od važnih pitanja, koja treba riješiti — a o njemu će kasnije biti još govora — kad se govori o izgradnji elektroenergetskih izvora, a koje ima utjecaja na izgradnju velikih industrijskih postrojenja (željezare s lučnim pećima, tvornice karbida, elektrolize aluminija).



Sl. 3. Moguća proizvodnja hidroelektrana u Jugoslaviji. Stanje izgradnje 1963, hidrološke prilike 1948 — 1955.

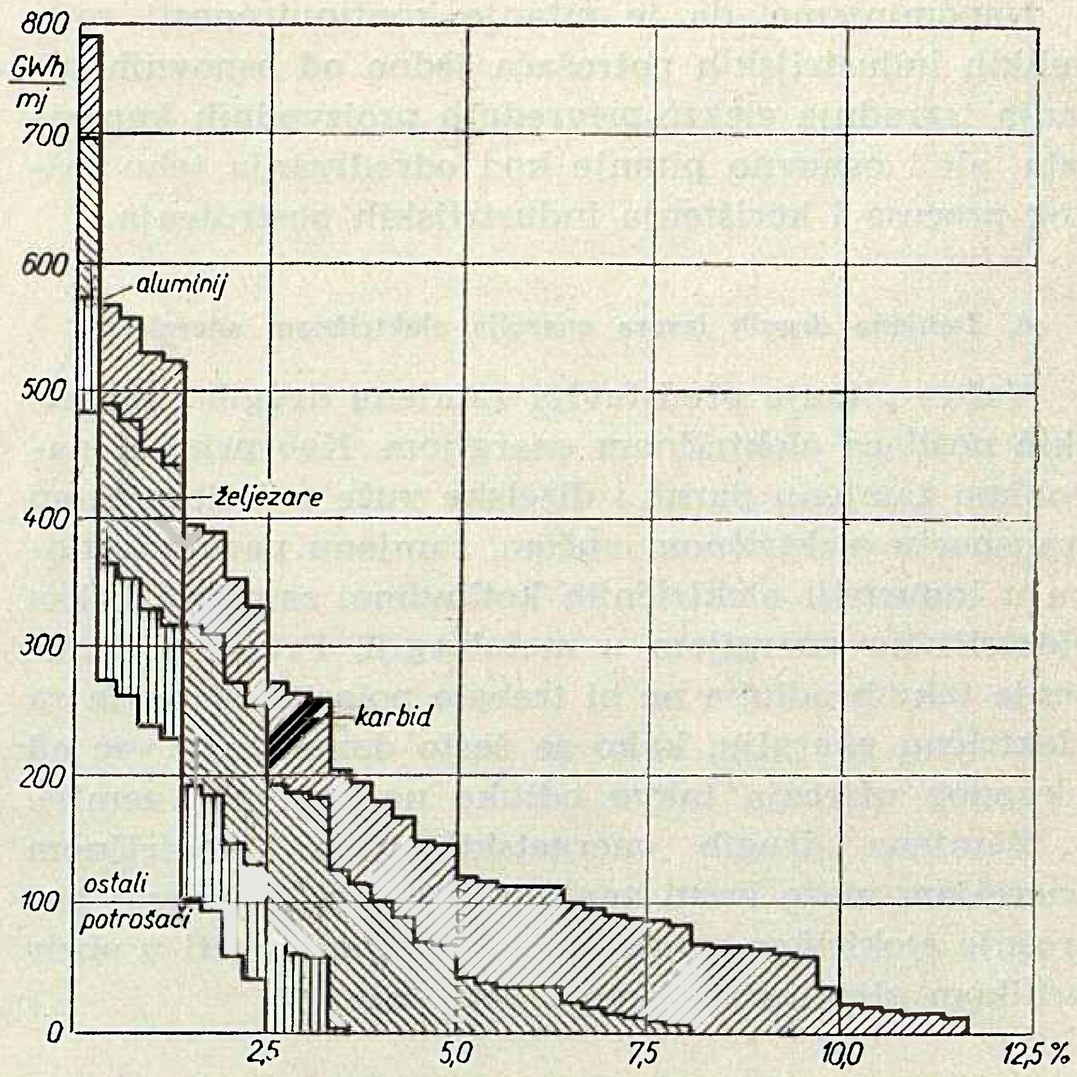
3. Izgradnja i pogon vrlo velikih potrošača

Za vrlo velike potrošače, kao što su željezare s lučnim pećima, elektrolize aluminija, tvornice karbida i sl. treba već prilikom projektiranja i planiranja odrediti režim rada, jer to ima utjecaja i na investicije u samoj industriji i na investicije u elektroprivredi (uglavnom na elektroenergetske izvore). Zahtjev za kontinuiranim pogonom spomenutih velikih potrošača tokom cijele godine, dakle i u slučaju vrlo nepovoljnih hidroloških prilika, dovodi do znatnog povećanja investicija i do slabijeg iskorištenja proizvodnih kapaciteta u elektroprivredi uz istodobno maksimalno korištenje proizvodnih kapaciteta u industriji. Da prikažemo te međusobne odnose, poslužimo se analizom prilika u 1966 (sl. 4)*.

Na temelju procjene potrošnje električne energije u 1966. kao i raspoloživih hidroelektrana i termoelektrana, koje će biti do tada izgrađene, određena je potrebna redukcija potrošnje na osnovu hidroloških prilika u 30-godišnjem razdoblju.

Prema spomenutoj analizi, ukupne godišnje redukcije — kao prosjek tridesetogodišnjeg razdoblja — iznose 1,45 % od godišnjih potreba. Kod najnepovoljnijih hidroloških prilika (najnepovoljnija godina u 30-godišnjem razdoblju), godišnje redukcije iznosile bi 9,11 % od godišnjih potreba, dok u istom vremenskom razdoblju ima 40 % godina u kojima ne bi bile potrebne redukcije. Ako se redukcije provedu slijedećim redom: najprije karbid, pa željezare (s lučnim pećima) i elektrolize aluminija, a zatim ostali potrošači, u prosjeku bi se smanjila dobava energije karbidu za 10,3 %, u željezarama za 5,9 %, a u elektrolizama aluminija za 3,0 % od ukupnih godišnjih potreba. Navedeni podaci o redukcijama vrijede uz pretpostavku da spomenute industrije rade punim kapacitetom kroz cijelu godinu, pa nije uzet u račun neophodni remont. Uzimajući u obzir i remont, postotak smanjenja dobave bio bi manji od navedenog. Da bi se potpuno eliminirale redukcije, dakle, da bi se osigurala opskrba potrošača u svim prilikama, bilo bi potrebno osim predviđenih elektrana još 1346 MW u termoelektranama (u 1966. ukupna snaga termoelektrana na pragu iznosit će 940 MW; u bilance su uključene samo elektrane pod upravom elektroprivrede, dok je proizvodnja industrijskih termoelektrana s vlastitim konzumom posebno razmatrana). Za potpuno eliminiranje redukcija potrebno je, prema tome, više novih termoelektrana, nego što će ih postojati u 1966. Da bi se izgradile te nove termoelektrane, trebalo bi investirati oko 175 milijardi dinara, pa bi iskorištenje svih termoelektrana od 47,4 % palo na 20,7 %. Iskorištenje nove snage termoelekrana, međutim, iznosilo bi samo 2,4 %, dok bi cijena nove energije iznosila oko 110 Din/kWh. S tom novom energijom eliminirale bi se redukcije koje izazivaju štete od oko 10 Din/kWh.

Da ukažemo na razloge tih razlika, poslužimo se pojednostavnjenim primjerom. Nekad su prilike u elektroenergetskom sistemu takove da neki potrošač može raditi prosječno kroz 11 mjeseci u godini, dok 1



Sl. 4. Godišnja krivulja trajanja redukcije prema redoslijedu eliminiranja redukcije za 1963.

mjesec mora — radi pomanjkanja električne energije — obustaviti pogon. Da bi se osigurala opskrba električnom energijom tog potrošača, bilo bi potrebno izgraditi nove termoelektrane onolike snage koja je potrebna potrošaču za puni pogon (ne uzimajući u obzir i potrebnu rezervu u elektranama). Ta dodatna snaga bi se koristila samo jedan mjesec u godini, pa bi njezino iskorištenje iznosilo samo 8,3 %. Nasuprot tome, da bi se nadoknadio onaj mjesec obustave pogona kod potrošača, potrebno bi bilo kod potrošača povećati instalacije 9,1 %, a taj povećani kapacitet koristio bi se 11 mjeseci godišnje, pa bi iskorištenje dodatnog kapaciteta iznosilo 92,7 %. Prema tome, ekonomičnije bi bilo osiguranje proizvodnje industrijskog artikla povećanjem instalacija industrijskog potrošača i onda kad bi investicije po jedinici snage industrijske instalacije bile i 3—4 puta veće nego u termoelektranama.

Prema tome, veći kontinuitet dobave traži veće investicije i troškove u elektroprivredi, a smanjenje kontinuiteta (uz istu proizvodnju) rada industrije dovodi do povećanja investicija i troškova u industriji. Postoji neki optimum s gledišta narodne privrede, koji treba u svakom konkretnom slučaju odrediti. Ne smije se, dakle, prilikom razmatranja pitanja izgradnje velikih industrijskih potrošača poći od pretpostavke da je električna energija osigurana, odnosno od pretpostavke da će već netko osigurati izgradnju potrebnih elektroprivrednih kapaciteta.

Bilo bi neophodno da se prilikom planiranja izgradnje velikih industrijskih postrojenja — što na žalost kod nas nije slučaj — uzmu u obzir i investicije potrebne za izgradnju elektroenergetskih izvora i mreže, jer bi to ukazalo na opravdanost ili neopravdanost predviđenog tehnološkog procesa i predviđenog načina korištenja industrijskog postrojenja. To vrijedi za sve veće potrošače, jer bi u nekom slučaju to moglo utjecati i na izbor lokacije potrošača.

* Požar-Udovičić, Prilike u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije 1962—1967. godine, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1961.

Napominjemo, da je pitanje kontinuiranosti rada velikih industrijskih potrošača jedno od osnovnih pitanja izgradnje elektroprivrednih proizvodnih kapaciteta, ali i osnovno pitanje kod određivanja tehnološkog procesa i korištenja industrijskih postrojenja.

4. Zamjena drugih izvora energije električnom energijom

Važno pitanje predstavlja zamjena drugih energetskih nosilaca električnom energijom. Kao primjer navodimo zamjenu parne i dizelske vuče u željezničkom transportu električnom vučom, zamjenu parnih kotlova u industriji električnim kotlovima, zamjenu koksa električnom energijom u metalurgiji. Prilikom donošenja takvih odluka ne bi trebalo polaziti od tarifa za električnu energiju, kako se često danas radi, već od ukupnog utjecaja takve odluke na privredu zemlje.

Zamjena drugih energetskih izvora električnom energijom može imati znatnog utjecaja na razvoj potrošnje električne energije, pa je trebalo uzeti u obzir prilikom planiranja razvoja potrošnje.

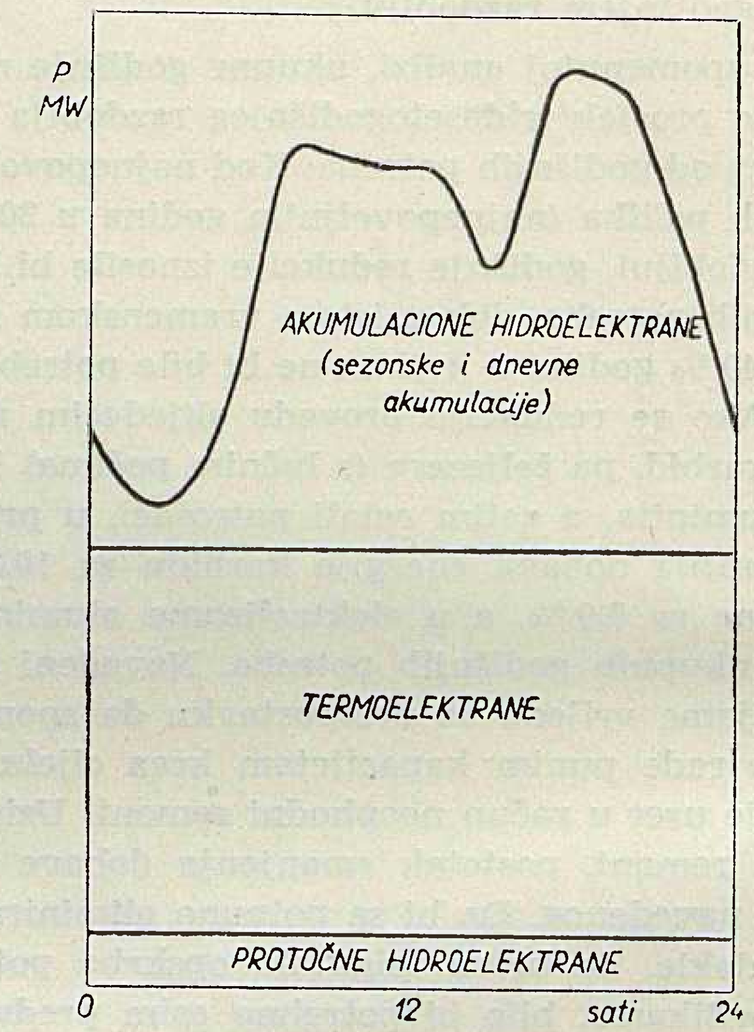
5. Potrošnja električne energije u domaćinstvima

U posljednjim godinama došlo je do znatnog porasta potrošnje u domaćinstvima, što je nesumnjivo posljedica povišenja životnog standarda (nabavka električnih aparata za kuhanje, pranje rublja, televizora itd.). Pogotovo velik utjecaj na potrošnju u domaćinstvima ima grijanje električnom energijom, pa bi to pitanje trebalo detaljnije proučiti kako sa stanovišta opće energetike (zamjena drva drugim energetskim izvorima), tako i sa stanovišta elektroprivrede i elektroindustrije. Ni u ovom slučaju ne smije se poći od današnjih tarifa električne energije.

Ovdje treba naglasiti da potrošnja u domaćinstvima iznosi oko 20 % od ukupne potrošnje.

Kad se razmatra potrošnja električne energije u domaćinstvima posebnu pažnju treba obratiti na upotrebu električne energije za grijanje. U potpuno elektrificiranom kućanstvu potreba električne energije za grijanje prostorija predstavlja oko 70 % ukupnih potreba koncentriranih u kasnoj jeseni, zimi i ranom proljeću. Široka upotreba električne energije za grijanje dovodi do povećanja potreba snage u momentima maksimalnog opterećenja i do povećanja potreba energije. U elektroenergetskom sistemu kao što je naš, s visokim udjelom hidroenergije, povećanje maksimalnog opterećenja utječe na potrebe povećanja kapaciteta prijenosa i distribucije, dok povećanje potrebne količine energije utječu na potrebu izgradnje elektrana.

Potreba izgradnje novih proizvodnih kapaciteta radi upotrebe električne energije za grijanje posljedica je činjenice, da se kritično razdoblje u našem sistemu pojavljuje najčešće u doba kad je već potrebno grijanje (listopad), a i tada ne postoji nikakva korelaciona veza između količina voda u rijekama i temperature zraka, pa se mogu istodobno pojaviti i niski protoci i niske temperature zraka. Međutim, mogu se pojaviti vrlo niski protoci zimi (siječanj, veljača), i to normalno istodobno s niskim temperaturama, kad je grijanje najviše potrebno. U našim prilikama (visoki udio hidroenergije) u doba malih protoka elektrane se koriste kroz 24 sata u danu, jer hidroelektrane pokrivaju gornji dio dijagrama opterećenja (sl. 5). Hidroelektrane tada ne mogu iskoristiti znatan dio svojih snaga. S obzirom na potrebu izgradnje elektrana svejedno je kakav oblik ima gornji dio dijagrama opterećenja uz uvjet da maksimalno opterećenje ne bude veće od maksimalne snage hidroelektrana te da potrebna energija ne bude veća od moguće proizvodnje akumulacionih hidroelektrana. Prema tome, prebacivanje opterećenja iz dana u noć u kritičnom razdoblju nema — s gledišta izgradnje proizvodnih kapaciteta — nikakovog efekta, pa radi toga na potrebu izgradnje elektrana utječe samo potrebna količina energije, a ne moment njene upotrebe. S toga stanovišta treba promatrati upotrebu akumulacionih peći za grijanje prostorija, koje se u posljednje vrijeme upotrebljavaju, a njihova opravdanost dokazuje se na bazi postojećih tarifa, koje predviđaju znatno nižu cijenu električne energije koja se troši u noćnim satima.



Sl. 5. Položaj elektrana u dnevnom dijagramu opterećenja za vrijeme kritičnog razdoblja elektroenergetskog sistema (razdoblje malih protoka u hidroelektranama)

C. Planiranje izgradnje proizvodnih i prenosnih kapaciteta u elektroprivredi

1. Energetski izvori u Jugoslaviji

a) Prema dosada provedenim istraživanjima na vodotocima Jugoslavije moguće je izgraditi hidroelektrane, koje u godini sa srednjim dotokom mogu proizvoditi 66 milijardi kWh*. Tu se radi o tehnički iskoristivim snagama, jer su uzete u obzir sve vodne snage, koje se mogu tehnički iskoristiti. Može se, međutim, ocijeniti da bi hidroelektrane, koje se i ekonomski opravdano mogu još izgraditi, mogle proizvoditi 50—55 milijardi kWh/god. Danas je izgrađeno hidroelekrana, koje mogu prosječno godišnje proizvesti

* Vodne snage Jugoslavije, Hidrotehnički institut »Jaroslav Černi«, Beograd, 1956.

oko 8,5 milijardi kWh, dok će nakon dovršenja hidroelektrana, koje su u gradnji, hidroelektrane moći prosječno godišnje proizvesti oko 13,5 milijardi kWh, odnosno oko 20 % tehnički iskoristivih ili oko 25 % ekonomski iskoristivih vodnih snaga.

b) Zalihe goriva razvrstavamo prema istraženosti. U kategoriju A spadaju dokazane otvorene zalihe, a obuhvaćaju zalihe koje su rudarskim radovima već stvorene i dijelom pripremljene za eksploataciju, u kategoriju B spadaju dokazane neotvorene zalihe koje su dokazane rudarskim radovima, gušćim bušenjima i izdancima slojeva, dok u kategoriju C spadaju vjerojatne zalihe, koje se mogu očekivati na osnovu ugljenih slojeva, manjih rudarskih radova (rjeđa bušenja) i analogije sa susjednim nalazištima na kojima su prilike poznate.

Zalihe (A + B = C) po vrstama iznose u milijardama tona:

	A+B+C	A+B
kameni ugljen	0,2	0,0
mrki ugljen	1,6	0,8
lignit	12,7	2,9

Komercijalne zalihe su oko 20 % niže.

Preračunano u energiju komercijalne zalihe ugljena iznose u bilijunima (10^{12}) kWh:

	A+B+C	A+B
kameni ugljen	1,3	0,3
mrki ugljen	6,0	3,1
lignit	28,3	6,2
ukupno	35,6	9,6

Eksploatacija ugljena u Jugoslaviji iznosila je u milijardama kWh:

1955.	62,3
1958.	74,1
1961.	89,4

Ako računamo da će u slijedećih 40 godina potrošnja u prosjeku iznositi 190 milijardi kWh/god (u 2000. godini oko 300 milijardi kWh), u tom razdoblju utrošit će se oko 80 % današnjih A + B komercijalnih zaliha, odnosno 21 % od današnjih A + B + C komercijalnih zaliha. Prilikom procjene potrošnje u 2000. godini računano je* da će se preko 40 % od ukupne potrošnje ugljena utrošiti kao sirovina za preradu ugljena (rasplinjavanje, metalurški koks, polukoks, neoenergetska sinteza, sinteza tekućih goriva).

* Jamnicki, Ugljen u energetskoj privredi Jugoslavije. Savjetovanje o upotrebi visokokaloričnih ugljena u industriji i domaćinstvu, Zveza inženirjev in tehnikov LR Slovenije, Celje, 1962.

Prema nekim procjenama može se računati da će sve danas poznate zalihe ugljena biti iscrpljene za oko 150 godina, što ne predstavlja tako daleki rok, da bi se mogao potpuno eliminirati iz razmatranja, kad se govori o izgradnji u neposrednoj budućnosti.

Danas se u elektranama troši oko 15 % od ukupne proizvodnje ugljena, dok u budućnosti treba očekivati povećanje udjela termoelektrana u potrošnji ugljena (u 1970. najmanje 20 %, a u 1980. oko 30 %).

c) Komercijalne zalihe nafte i plina mnogo su manje. Potrebe na nafti i zemnom plinu međutim su tolike da postojeće odnosno poznate rezerve ne dozvoljavaju računanje s odvajanjem značajnijih količina za proizvodnju električne energije.

d) Prema današnjem stanju razvoja nuklearnih termoelektrana, odnosno prema proizvodnim cijenama električne energije iz takovih elektrana, ne dolazi u obzir u neposrednoj budućnosti izgradnja nuklearnih termoelektrana u većem opsegu. Ako ne dođe do značajnijeg napretka u reaktorskoj tehnologiji, što bi dovelo do znatnijeg sniženja investicija, izgradnja nuklearnih elektrana ovisit će o iscrpljenosti vodnih snaga i zaliha ugljena.

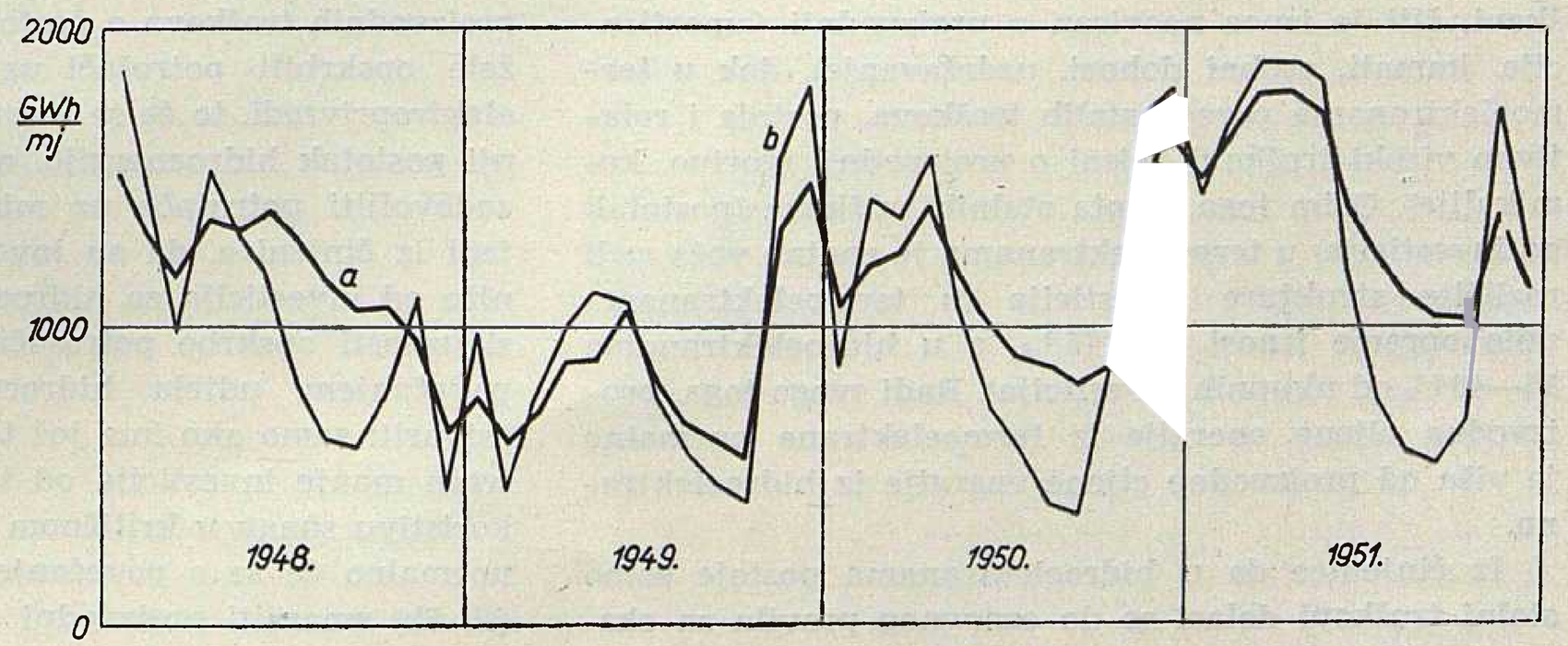
2. Struktura proizvodnje električne energije

Postoji znatna razlika između hidroelektrana i termoelektrana i u tehničkom i u ekonomskom pogledu.

Kao glavnu tehničku karakteristiku možemo smatrati mogućnost proizvodnje. U termoelektranama mogućnost proizvodnje ovisi u prvom redu o njezinoj snazi, koja karakterizira veličinu termoelektrana, jer skoro u svim praktičnim slučajevima možemo pretpostaviti da termoelektrani stoje na raspolaganju dovoljne količine ugljena (bilo na vlastitom skladištu, bilo iz proizvodnje rudnika). Nasuprot tome, mogućnost proizvodnje u hidroelektrani ovisi o dotoku vode, dakle o uvjetima na koje nemamo utjecaja. Naravno da se utjecaj dotoka na mogućnost proizvodnje hidroelektrana smanjuje, ako hidroelektrana ima akumulacioni bazen.

Da bi se uočio utjecaj postojanja akumulacionih bazena, na sl. 6 prikazane su mogućnosti proizvodnje hidroelektrana, ako se koriste protočno (kako vode dotječu) i po određenom kriteriju.

S obzirom na mogućnosti predviđanja proizvodnje, prednost je na strani termoelektrana, jer — pojedno-



Sl. 6. Raspored moguće proizvodnje hidroelektrana uz (b) protočno korištenje voda i uz (a) korištenje akumulacije (stanja izgradnje nakon dovršenja gradnje hidroelektrana koje su sada u izgradnji)

stavnjeno rečeno, da bi se bolje uočile razlike — na proizvodnju termoelektrana možemo utjecati našim odlukama, dok proizvodnja hidroelektrana ovisi o oborinama, temperaturama odnosno o klimatskim prilikama, na koje nemamo utjecaja.

Međutim, s obzirom na prilagođavanje promjenama opterećenja, brzinu stavljanja u pogon, kao i s obzirom na uzdržavanje, prednosti su na strani hidroelektrana.

S obzirom na ekonomske odnose možemo hidroelektrane i termoelektrane uspoređivati prema investicijama i prema troškovima.

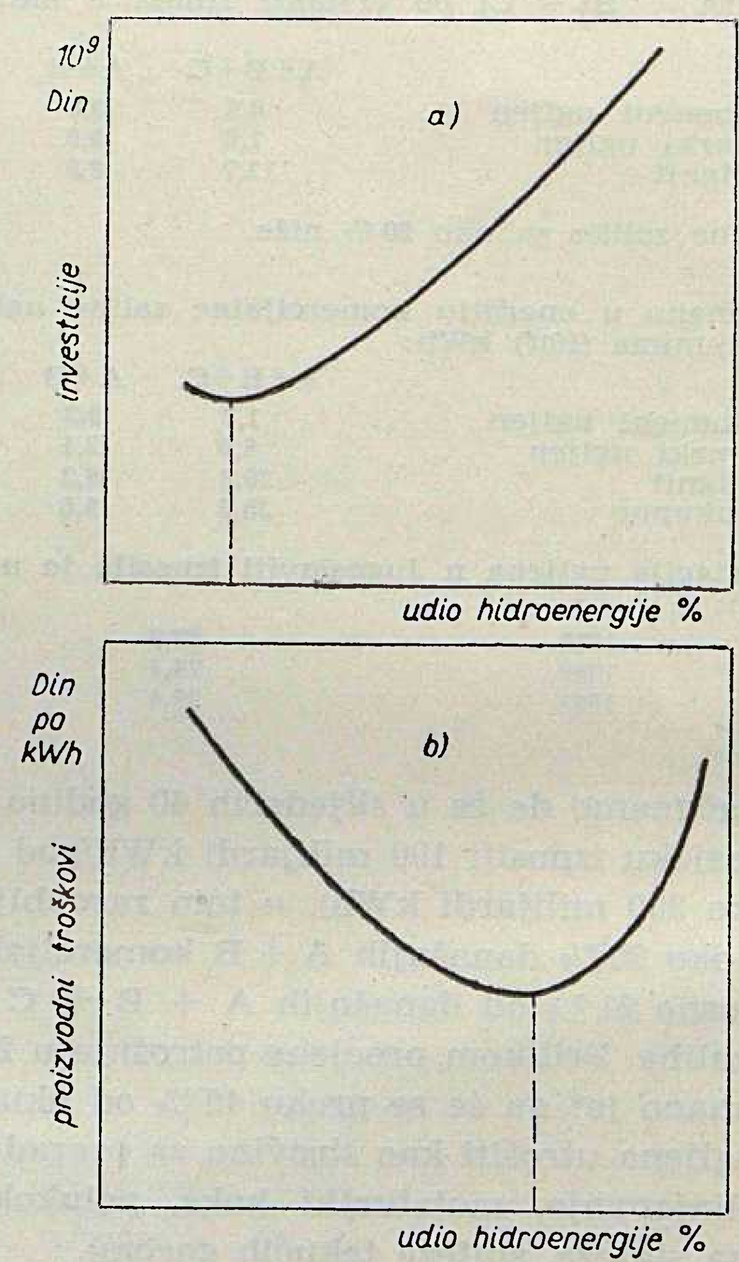
Normalno su za izgradnju termoelektrana potrebne manje investicije, ako promatramo obje vrste elektrana uz zahtjev iste opskrbljenosti konzuma. Pri tome treba uzeti u račun onu snagu koju može dati hidroelektrana u momentu, koji je najkritičniji za opskrbu potrošača. Kritički je moment za opskrbu potrošača razdoblje u godini kad je za opskrbu potrošača pored proizvodnje hidroelektrana potrebna najveća dopuna iz termoelektrana. To razdoblje se približno poklapa s periodom proizvodnje u hidroelektranama. Potpuno poklapanje neće se normalno pojaviti radi promjenljivosti potreba tokom godine. Uspoređivanje hidroelektrana i termoelektrana s obzirom na investicije prema njihovim mogućnostima u kritičnom razdoblju opravdano je, jer potreba izgradnje, a prema tome i visina investicija, ovisi o mogućnostima elektrana u tom razdoblju, i jer zadovoljenje potreba u kritičnom razdoblju nosi sa sobom zadovoljenje potreba u svim ostalim situacijama. Naravno, da pri određivanju kritičnog razdoblja treba uzeti u obzir i redukcije vrlo velikih potrošača, ako smo se odlučili da za njih ne osiguravamo opskrbu i uz najnepovoljnije hidrološke prilike.

Razlike u investicionim ulaganjima nastaju u prvom redu radi toga, jer termoelektrane u kritičnom razdoblju mogu dati punu snagu (uz izvjesno smanjenje radi neophodne rezerve), dok je proizvodnja hidroelektrana u kritičnom razdoblju obično znatno manja od njihove maksimalne proizvodnje. Povećanje proizvodnje u hidroelektranama u kritičnom razdoblju ostvaruje se izgradnjom akumulacionih bazena. Osim toga, poboljšanje prilika u kritičnom razdoblju može se postići izgradnjom hidroelektrana u vodotocima, koji nemaju isti raspored dotoka kao većina ostalih vodotoka.

Drukčija je, međutim, situacija u pogledu troškova. U hidroelektranama praktički postoje samo stalni troškovi, čiji je iznos neovisan o proizvodnji (amortizacija, kamati, osobni dohoci, uzdržavanje), dok u termoelektranama pored ostalih troškova, postoje i relativno visoki troškovi ovisni o proizvodnji (gorivo, kemikalije). Osim toga, kvota stalnih troškova (postotak od investicija) u termoelektranama je znatno veća radi različite strukture investicija (u termoelektranama udio opreme iznosi oko 75 %, a u hidroelektranama 15—40 % od ukupnih investicija). Radi svega toga, proizvodna cijena energije iz termoelektrana normalno je viša od proizvodne cijene energije iz hidroelektrana.

Iz činjenice da u hidroelektranama postoje samo stalni troškovi dolazi se do osnovnog pravila za eksploataciju elektrana: treba u prvom redu iskoristiti svu vodu koja dotječe hidroelektranama, a tek onda — ako to nije dovoljno za zadovoljenje potražnje potrošača — stavljaju se u pogon termoelektrane, koje treba da dopune razliku između potreba i proizvodnje hidroelektrana. To pravilo vrijedi bez obzira na visinu proizvodne cijene u hidroelektranama u usporedbi s proizvodnom cijenom termoelektrana.

Za određivanje optimalne strukture proizvodnje može se poći od zahtjeva da se postignu minimalne investicije, odnosno od zahtjeva da se postignu minimalni proizvodni troškovi uz zadovoljenje potreba. Naravno, da je optimalno ekonomsko rješenje minimum proizvodnih troškova uz zadovoljenje konzuma odnosno minimalna proizvodna cijena, ali to se može postići, ako na raspolaganju stoje potrebna investicionа sredstva.



Sl. 7. Investicije i proizvodni troškovi u ovisnosti o udjelu hidroenergije

Na sl. 7 — ilustracije radi — prikazana je ovisnost investicija o postotku hidroenergije, kao i ovisnost proizvodnih troškova o postotku hidroenergije. Ako se žele opskrbiti potrošači uz minimum investicija u elektroprivredi, to će se normalno moći postići uz manji postotak hidroenergije, nego za slučaj ako se želi zadovoljiti potrošače uz minimum troškova. To slijedi iz činjenice, da su investicije za termoelektrane niže od investicija za hidroelektrane (polazeći od iste sigurnosti opskrbe potrošača). Opadanje investicija s povećanjem udjela hidroenergije (sl. 7a) može se ostvariti samo ako ima još takvih hidroelektrana koje traže manje investicija od termoelektrana uz istu iskoristivu snagu u kritičnom razdoblju. Nasuprot tome normalno će se s povećanjem postotka hidroenergije (sl. 7b) smanjiti proizvodni troškovi radi činjenice da

su proizvodni troškovi u hidroelektranama obično niži od proizvodnih troškova u termoelektranama. S povećanjem postotka hidroenergije bit će moguće postići smanjenje proizvodnih troškova sve dok neiskorištena voda u hidroelektranama ne bude tolika da eliminira tu prednost hidroelektrana. Daljnjim povećanjem udjela hidroenergije povećat će se preljevi, pa će proizvodni troškovi postajati sve veći.

Odnosi prikazani na sl. 7 vrijede za određenu potrošnju električne energije odnosno za neko stanje razvoja. S daljnjim povećanjem potrošnje tačka optimuma kretat će se prema sve manjim procentima hidroenergije. To će se, naravno, ostvariti ako se hidroelektrane grade prema redoslijedu ekonomičnosti. Na kretanje optimuma prema sve manjim udjelima hidroenergije utjecat će i činjenica da će se s razvojem elektroenergetskog sistema sve više povećavati veličina agregata u termoelektranama, koji traže manje specifične investicije i ostvaruju proizvodnju uz manju specifičnu potrošnju topline.

Kad se govori o strukturi proizvodnje električne energije, ne može se mimoići pitanje momentane sposobnosti naše industrije za proizvodnju opreme za elektroenergetska proizvodna postrojenja.

Naša industrija i danas može isporučiti skoro svu opremu za hidroelektrane, pa i za najveće objekte. Nasuprot tome domaća industrija danas ne može proizvoditi ni turboagregate ni kotlove onih veličina koji su opravdani s obzirom na razvoj elektroenergetskog sistema i koji su opravdani s obzirom na smanjenje investicija i potrošnju goriva.

Do takve situacije došlo je radi neusklađenosti planova izgradnje elektrana i planova razvoja industrije, radi često puta nedovoljnog ili nepravovremenog sagledavanja potreba, pa je trebalo tražiti rješenja koja brzo dovode do realizacije objekata (a to su u pravilu termoelektrane), kao i radi težnje investitora da s ugradnjom većih agregata u termoelektranama (veći agregati traže manje investicije po jedinici snage), koje nije mogla proizvoditi naša industrija, prikažu svoju termoelektranu ekonomičnijom.

Činjenicu, da naša industrija koja proizvodi generatore, parne turbine i parne kotlove nije slijedila razvoj potreba, treba imati u vidu kad se govori o određivanju strukture proizvodnje električne energije.

Od investicija za opremu otpada na uvoz u elektranama:

HE Kokin Brod	24,3 %
HE Ožbolt	1,5 %
HE Split	35.6 %
TE Kosovo I	88,9 %
TE Lukavac I	59,6 %
TE Šoštanj I i II	68,2 %
TE Kakanj I i II	44,1 %

dok od ukupnih investicija (građevinski radovi, oprema, ostalo) otpada na uvoz u elektranama:

HE Kokin Brod	6,1 %
HE Ožbolt	0,6 %
HE Split	12,2 %
TE Kosovo I	51.8 %
TE Lukavac I	42,8 %
TE Šoštanj I i II	48,5 %
TE Kakanj I i II	34,5 %

(treba napomenuti da su u TE Kakanj djelomično postavljeni agregati domaće proizvodnje).

3. Investicije potrebne za osiguranje proizvodnje novih elektrana

Kad se govori o potrebnim investicijama za osiguranje proizvodnje novih elektrana, taj problem se ne postavlja za hidroelektrane, jer su normalno u investicije za nove hidroelektrane uključena i potrebna sredstva za premještanje komunikacija i odštete za poplavljeno zemljište, čime je osigurana mogućnost podizanja nivoa vode na predviđenu kotu, što je preduvjet za osiguranje proizvodnje u hidroelektrani.

Nasuprot tome, tako se ne postupa kad se radi o podizanju nove termoelektrane. Za relativno male termoelektrane mogu se koristiti nekomercijalne vrste ugljena, kojih u većim ili manjim količinama ima u svakom rudniku, ali kad se radi o velikim termoelektranama imamo drugu situaciju. Nema na raspolaganju dovoljno nekomercijalnih vrsta ugljena, pa je za termoelektrane potrebno koristiti komercijalne vrste, što dovodi do pomanjkanja tih vrsta za ostale potrošače, pa se — radi termoelektrane, koja je već izgrađena — pojavi rudnik sa zahtjevom za investicije. Takav zahtjev normalno je i opravdan, ali nije opravdano, da se investicije za proširenje rudnika nisu uzimale u račun, kad je donešena odluka o gradnji termoelektrana.

Takva situacija, da izgradnja termoelektrana traži i proširenje rudnika pojavljivat će se sve više, jer potrošnja ugljena u termoelektranama raste brže od ukupne proizvodnje ugljena, jer se grade sve veće termoelektrane, i jer se eksploatiraju sve lošiji ugljeni, koji mogu naći plasman samo u termoelektranama u neposrednoj blizini rudnika.

Trebalo bi, dakle, prilikom izgradnje termoelektrana sagledati i potreban razvoj rudnika, kako bi se ispravno odredila ekonomičnost izgradnje termoelektrane.

4. Utjecaj izgradnje hidroelektrana na ostale privredne grane

Izgradnja hidroelektrana može znatno utjecati na poljoprivredu (natapanje, obrana od poplava), na poboljšanje uvjeta plovidbe, na vodoopskrbu. U većini slučajeva taj utjecaj je pozitivan. Na to normalno ukazuju projekti hidroelektrana, ali tako iskazane koristi obično nisu u skladu s planovima poljoprivrede i plovidbe, pa se stvarni utjecaj izgradnje hidroelektrana kao i potrebe tih privrednih grana ne mogu sagledati, a prema tomu ni odrediti prioritet izgradnje hidroelektrana s obzirom na ostale privredne grane.

Ovdje treba naglasiti da izgradnja hidroelektrana predstavlja potencijalnu korist za druge privredne grane, jer su za realizaciju tih koristi potrebni zahvati u tim granama (kanali i uređaji za navodnjavanje, uređenje vodnih puteva i sl.). Često nije poznato kad će doći do korištenja tih potencijalnih mogućnosti, pa se ne može ni odrediti opravdanost ulaganja u hidroelektranu radi ostvarenja koristi u ostalim privrednim granama. To ukazuje na to da ne postoji suradnja između elektroprivrede i ostalih privrednih grana, kao i to da viši planski organi ne uspijevaju koordinirati privredne grane međusobno. Radi toga elektroprivreda planira svoju izgradnju sa svojega, a poljoprivreda i plovidba sa svojega stanovišta, što često ne predstavlja optimalno rješenje u cjelini.

Pri izradi projekata za korištenje vodnih snaga trebalo bi da sudjeluju sve zainteresirane grane (ne samo svojim primjedbama već i udjelom u troškovima projektiranja). Osim toga, bilo bi potrebno razraditi metodologiju za podjelu investicija i troškova između elektroprivrede, poljoprivrede i drugih zainteresiranih grana, koje koriste hidroenergetske objekte.

5. Predradnje za izgradnju elektroenergetskih objekata

Današnja praksa pokazuje, da se je ulazilo u izgradnju objekata, koji nisu bili dovoljno proučeni, za koje nije bila pripremljena sva dokumentacija i za koje nisu bila riješena mnoga tehnička pitanja. Sve je to dovodilo s jedne strane do nepotrebnog povećanja troškova izgradnje i produljenja građenja, a s druge strane do građenja onih objekata koji po svojoj ekonomičnosti nisu trebali da uđu u prvi plan. Po našem mišljenju, trebala bi prije početka građenja, kao i prije donošenja odluke o građenju biti razrađena sva dokumentacija, završeni svi glavni istražni radovi, kako bi bilo što manje iznenađenja u toku građenja, i kako bi se — što je vrlo važno — mogla izvršiti objektivna komparacija objekata koji se predlažu za izgradnju. Treba naglasiti, da komparaciju objekata treba izvršiti stručno, kako se ne bi dogodilo da se kao pokazatelji za uspoređivanje uzimaju veličine koje je lako odrediti, ali koje nemaju prave veze s onim što se želi uspoređivati.

Naglašavamo važnost tih pitanja, jer nije svejedno da li će neki objekt biti dovršen godinu ili dvije kasnije, niti je irelevantno, da li će se manje ekonomični objekt graditi prije ekonomičnijeg postrojenja. Ukazujemo na to i radi toga jer je — da bi se to ostvarilo — potrebno vršiti intenzivnije projektiranje i istražne radove, pogotovo što će — radi sve većeg porasta potrošnje — biti potrebno graditi sve više elektroenergetskih objekata.

D. Neki problemi eksploatacije elektrana

1. Oscilacije proizvodnje termoelektrana

Sa stanovišta elektroprivrede, a da bi se ostvarila proizvodnja uz što manje troškove, treba po mogućnosti što potpunije iskoristiti vodu u hidroelektranama, a termoelektrane treba angažirati tek za razliku između potreba i mogućnosti proizvodnje u hidroelektranama. Takav način eksploatacije dovodi do znatnih oscilacija proizvodnje u termoelektranama, koje se ne mogu unaprijed predvidjeti na dulji rok. Da se dobije slika o tim oscilacijama, na sl. 8 navodimo podatke o potrebnoj proizvodnji termoelektrana za stanje izgradnje u 1966, a uz hidrološke prilike, koje su se pojavile u nekoliko prošlih godina.

Takve oscilacije potrošnje ugljena, a pogotovo jer se ne mogu predvidjeti unaprijed na dulji rok, svakako predstavljaju poteškoće i za elektroprivredu i za rudnike. Te poteškoće postajat će tim veće što udio elektroprivrede u ukupnoj potrošnji ugljena raste, a to je pojava koju već godinama opažamo.

Za eliminiranje tih poteškoća moguća su tri puta:

a) prilagođavanje potrošnje u elektroprivredi mogućnostima proizvodnje rudnika;

b) izgradnja tolikih skladišta ugljena na rudnicima i pored elektrana, koja bi omogućila i pored normalnog ritma proizvodnje u rudnicima oscilacije potrošnje u elektroprivredi;

c) ritam proizvodnje u rudnicima prilagoditi potrebama elektroprivrede, pri čemu treba imati u vidu da osim elektroprivrede ima i drugih potrošača, koji nemaju iste oscilacije potrošnje.

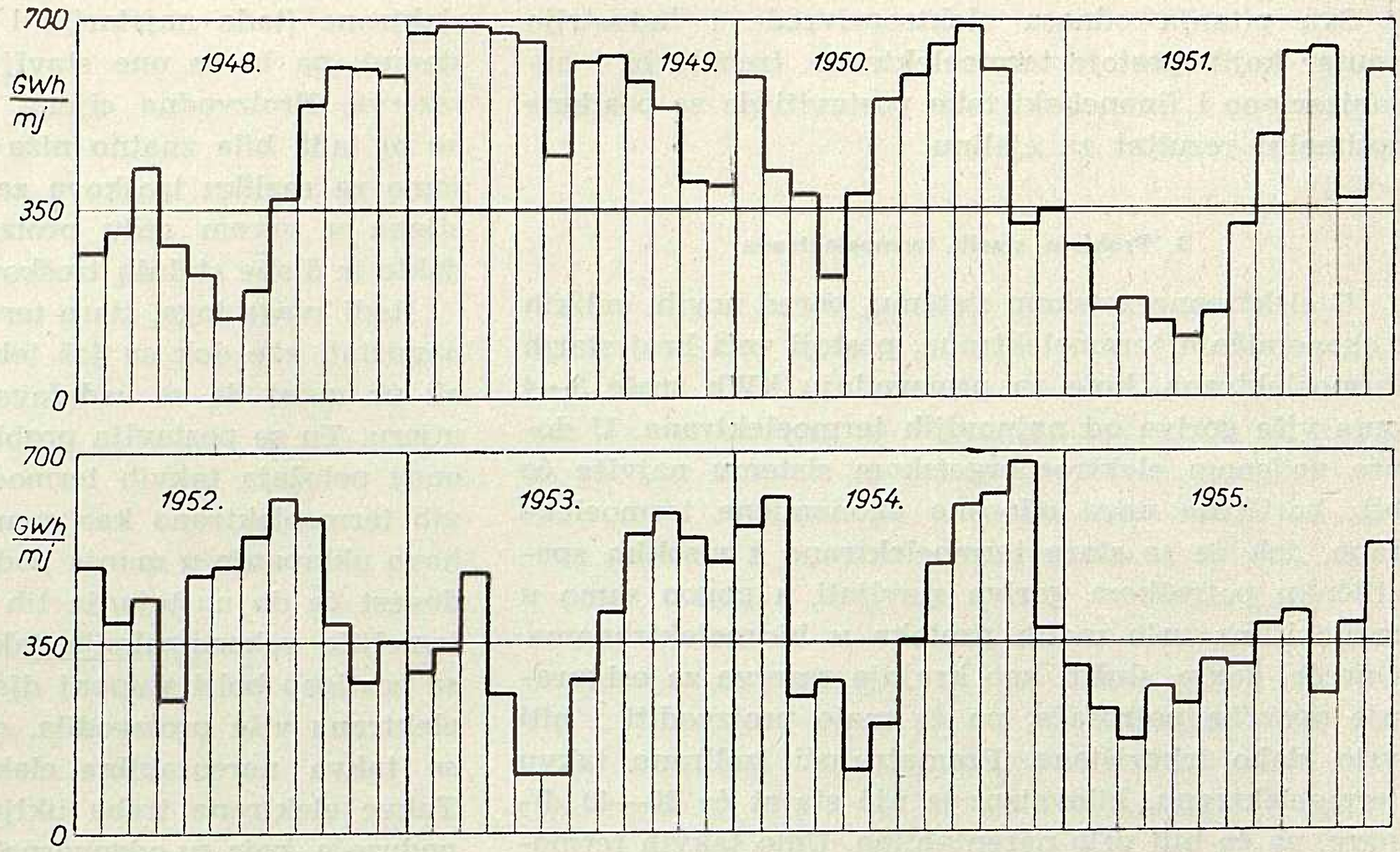
Prihvaćanjem prvog rješenja trebalo bi da rudnici mogu zadovoljiti i maksimalne potrebe elektroprivrede, jer kad to ne bi bilo ispunjeno dolazilo bi u sušnim razdobljima do smanjenja proizvodnje u termoelektranama, što bi značilo djelomičnu obustavu industrijskih pogona. Prihvaćanjem prvog rješenja uz ispunjeni navedeni zahtjev, dolazi se u poteškoću u razdobljima velikih voda, kad je potrebna relativno mala proizvodnja u termoelektranama, odnosno kad je potrošnja ugljena relativno malena. Prilagođivanje potrošnje ugljena proizvodnji rudnika znači tada veću proizvodnju termoelektrana od neophodno potrebne, što dovodi do neiskorištenja još neiskoristivih voda u hidroelektranama. Troše se dakle zalihe, a ne koristi se ono što se ne može uskladištiti.

Opravdanje takvom stavu nalazi se u što boljem korištenju kapaciteta rudnika, ali se pri tome zaboravlja da je to poboljšanje korištenja kapaciteta samo prividno rentabilno. Ono, naime, daje povoljniju knjigovodstvenu sliku o poslovanju rudnika, ali sigurno nepovoljniji rezultat u cjelini, jer bez ikakove koristi troši rezerve ugljena, potrošni materijal i rad. Opravdanje takovom stavu nalaze i termoelektrane, kao poduzeća, jer se uz veću proizvodnju i kod njih postiže bolje korištenje kapaciteta i niža proizvodna cijena. Takav je stav, međutim, sa stanovišta cjeline, štetan.

Drugo rješenje, izgradnja skladišta tolikog kapaciteta koliki je potreban da kao elastična veza između rudnika i termoelektrana kompenzira utjecaj oscilacija potrošnje na proizvodnju u rudnicima, traži znatne investicije. Ne treba, naime, zaboraviti da bi takva skladišta trebala ne samo da kompenziraju oscilacije unutar godine već i razlike između sušnih i vlažnih godina.

Treće rješenje, prilagođavanje proizvodnje rudnika potrebama elektroprivrede, predstavlja sa stanovišta rudnika najnepovoljnije rješenje, ali s obzirom na privredu kao cjelinu vjerojatno je to najpovoljnije rješenje. U tom slučaju vade se one količine ugljena, koje su potrebne, pa nisu — u idealnom slučaju — potrebna skladišta. Tu se pojavljuje pitanje zaposlenja radne snage u razdobljima male proizvodnje u rudnicima. Smatramo, međutim, da je korisnije isplaćivati plaće i bez proizvodnje, nego proizvoditi i proizvod trošiti bez ikakove svrhe samo da bi se opravdale plaće.

Naravno, da nije moguće idealno prilagoditi proizvodnju rudnika potrebama, a niti predvidjeti unaprijed potrebnu proizvodnju u termoelektranama. Radi toga, po našem shvaćanju, optimum se nalazi između drugog i trećeg rješenja: skladišta na rudnicima



Sl. 8. Potrebna proizvodnja termoelektrana za stanje izgradnje i potrošnju u 1966, a uz hidrološke prilike u 1948 — 1955 (1 GWh = 1000 tona ugljena)

i uz termoelektrane radi lakšeg prilagodavanja proizvodnje potrošnji. To pitanje trebalo bi detaljno proučiti da bi se odredio optimalni kapacitet skladišta ugljena i da bi se našlo optimalno rješenje za oscilacije proizvodnje u rudnicima s naročitim obzirom na radnu snagu.

2. Pitanje industrijskih termoelektrana

Poseban problem predstavljaju termoelektrane u okviru industrijskih poduzeća.

Termoelektrane u sklopu industrije ne bi trebalo tretirati na drugi način nego termoelektrane u sklopu elektroprivrede, jer sve elektrane rade na zajedničku mrežu.

Kad se govori o industrijskim termoelektranama treba razlikovati elektrane s protutlačnim agregatima s oduzimanjem, te termoelektrane s kondenzacionim agregatima.

Prva vrsta industrijskih termoelektrana proizvodi električnu energiju u ovisnosti o potrošnji pare za tehnološki proces i grijanje, te se za takovu proizvodnju električne energije troši manje ugljena po kWh nego i u najvećoj i u najmodernijoj termoelektrani. Za takovu proizvodnju električne energije, međutim, treba da bude ispunjen uvjet da postoji potreba za parom, a takva proizvodnja električne energije može se ostvariti samo u istom taktu s potrošnjom pare. Izgradnja takvih termoelektrana ima puno opravdanje. U tu grupu termoelektrana spadaju i toplane uz uvjet da u svojoj neposrednoj okolini imaju dovoljno veliku potrošnju pare, koja je što jednoličnije raspoređena unutar godine. Osim toga, u tu grupu industrijskih termoelektrana spadaju i postrojenja, koja kao gorivo koriste otpadne plinove iz industrijskih procesa (npr. plin iz visokih peći).

Za drugu vrstu termoelektrana (kondenzacione industrijske termoelektrane) teško se može naći opravdanje, jer se normalno radi o termoelektranama s agregatima male snage, s parom relativno niskog tlaka i niske temperature, koje traže veće investicije po jedinici snage i imaju veću potrošnju ugljena po jedinici energije. Radi toga je — sa stanovišta cjeline — ekonomičnije za opskrbu industrije graditi veće i ekonomičnije termoelektrane, koje svojom proizvodnjom znatno prelaze potrebe pojedinih industrija. Izgradnja kondenzacione termoelektrane relativno male snage unutar industrijskog postrojenja može biti opravdana kao sigurnosna elektrana, koja će u slučaju prestanka dobave iz mreže opskrbljivati takve pogone, kod kojih bi prestanak dobave električne energije doveo do oštećenja postrojenja ili do opasnosti za okolinu (eksplozija, zatrovanje i sl.)

Iz gornjeg slijedi i kriterij za eksploataciju industrijskih termoelektrana. Termoelektrane s protutlačnim agregatima i s agregatima s oduzimanjem opravdano je koristiti kad god postoji potrošnja pare. Stavljanje u pogon kondenzacionih termoelektrana treba da ovisi o specifičnim promjenljivim troškovima, prema kojima se uvrstavaju u redoslijed stavljanja u pogon svih termoelektrana bez obzira da li se radi o elektroprivrednim ili o industrijskim elektranama.

Ovdje treba spomenuti i stanovište nekih industrija, koje imaju svoje elektrane ili koje žele, uz izgradnju industrijskog postrojenja, izgraditi »vlastitu« termoelektranu. U razdobljima malih voda dolazi — kako je ranije naglašeno — do redukcija, pa spomenuta industrijska poduzeća smatraju, ako imaju termoelektrane u okviru poduzeća, da ih postrojenje te termoelektrane osigurava od redukcija. Bilo bi, međutim, neopravdano da npr. neka tvornica karbida radi punim kapacitetom samo zato, jer u okviru vlastitog poduzeća ima termoelektranu, koja to svojom snagom omogućava, a istodobno da bude reducirana, pa čak i obustavljena, npr. metaloprerađivačka ili elektroindustrija. Takvu termoelektranu treba tretirati kao svaku drugu termoelektranu u sistemu, a redukciju potrošnje provoditi prema redoslijedu štete po reduciranom kWh.

Sva pitanja odnosa elektroprivrede i industrija unutar kojih postoje termoelektrane, trebalo bi i organizaciono i financijski tako postaviti da se postigne optimalni rezultat za cjelinu.

3. Problem starih termoelektrana

U elektroenergetskom sistemu, pored novih, velikih i ekonomičnih termoelektrana, postoji veći broj starih termoelektrana, koje za proizvodnju kWh troše 3—4 puta više goriva od najnovijih termoelektrana. U dobro vođenom elektroenergetskom sistemu najviše će biti korištene nove odnosno ekonomične termoelektrane, dok će se stare termoelektrane s visokim specifičnim potroškom goriva stavljati u pogon samo u razdobljima vrlo malih protoka u hidroelektranama. One će, dakle, služiti kao krajnja rezerva za osiguranje opskrbe potrošača, pa će malo proizvoditi i biti vrlo slabo iskorištene. Promatrajući izolirano takvu termoelektranu, kilovatsat iz nje stajat će 30—40 dinara, pa će biti vrlo nerentabilna. Udio takvih termoelektrana u ukupnoj snazi termoelektrana iznosi oko 15 %, a njihova proizvodnja iznosi tek oko 2 % od proizvodnje termoelektrana, a manje od 1 % od ukupne proizvodnje u hidroelektranama i termoelektranama.

I pored visoke proizvodne cijene takvih termoelektrana, njihovo postrojenje je korisno, jer — kad bi ih napustili — bilo bi, uz istu sigurnost opskrbe potrošača, potrebno za istu snagu izgraditi nove termoelektrane, što bi tražilo dodatna ulaganja uz izvjesnu uštedu ugljena, ali bez ukupnog povećanja iskorištenja kapaciteta termoelektrana. Ulogu napuštenih najstarijih termoelektrana preuzele bi manje stare termoelektrane (tada najstarije i najneekonomičnije u sistemu), pa bi se one stavljale u pogon kao krajnja rezerva. Proizvodna cijena u tim termoelektranama ne bi tada bila znatno niža od 30—40 Din (praktički samo za razliku troškova za ugljen), jer tako visoka cijena u prvom redu proizlazi iz malog korištenja, dakle iz diobe stalnih troškova na mali broj kWh.

Radi svega toga, stare termoelektrane ne bi trebalo napuštati sve dok su još tehnički sposobne za pogon, ali uz uvjet da se uzdržavanje svede na neophodnu mjeru. Tu se postavlja problem ljudstva i organizacionog položaja takvih termoelektrana. Tretiranje takvih termoelektrana kao samostalnih poduzeća ili njihovo uklapanje u manja poduzeća (npr. distributivna), dovest će do nastojanja tih organizacija da se izvrši temeljita rekonstrukcija takve termoelektrane da bi se postigao bolji stupanj djelovanja i da bi radi toga elektrana više proizvodila, odnosno nastojat će se da se takva nerentabilna elektrana što prije likvidira. Takve elektrane treba uključiti u velika proizvodna poduzeća, koja su odgovorna za osiguranje opskrbe potrošača, pa će ona imati računa da i očuvaju takvo na prvi pogled nerentabilno postrojenje. Posadi u takvom postrojenju treba naći zaposlenje u radionicama poduzeća, gdje će godišnje proboraviti i 11 mjeseci, ali će biti uvijek na raspolaganju da preuzme pogon termoelektrane. Takvo rješenje moguće je naći samo unutar većih poduzeća.

Ovdje treba naglasiti, da se uvijek nekoliko dana unaprijed može znati kad će biti potrebno da takva elektrana uđe u pogon, što je moguće radi postojanja akumulacionih hidroelektrana.

Naslov pisca ovog dijela studije: prof. dr ing. Hrvoje Požar, Elektrotehnički fakultet, Zagreb.

SKLADIŠTENJE UGLJENA I BILANCA SKLADIŠTA

Jakob Lucati, Zagreb

Članak obrađuje probleme skladištenja ugljena. Date su glavne smjernice za praktičnu primjenu u termoelektranama. Predlaže se uvođenje jedne metode bilanciranja skladišta u cilju što bolje kontrole ekonomije pogona termoelektrane.

DK 621.311.22.004

1. Uvod

Pravilno skladištenje ugljena ovisno je o vrsti, sortimanu, stepenu postojanosti, količini koja se uskladištuje, klimatskim prilikama, stepenu mehanizacije itd. Da bi se dale osnove za pravilno uskladištenje i spriječile bar grube greške koje nanose velike štete, u industrijski razvijenim zemljama postoje standardi ili propisi za skladištenje ugljena. U našoj zemlji za sada ne postoje propisi, premda se osjeća velika potreba. U elektroprivredi je ovaj problem reguliran u okviru požarne zaštite putem Tehničkih propisa za specijalnu zaštitu elektroenergetskih postrojenja od požara (Sl. list FNRJ br. 37 iz 1957). Ovim propisom se uskladištenje ugljena tretira uglavnom s aspekta požarne zaštite. Pri tome se ne vodi dovoljno računa o zahtjevima velikih potrošača u pogledu racionalnog korištenja prostora, mehanizacije, transportnih sredstava i vatrotehničkih osobina. To je dovelo do toga, da se termoelektrane koriste oskudnim vlastitim iskustvima ili iskustvima drugih, bez dovoljnog proučavanja problema, što često uzrokuje štete i gubitke. Da bi do donošenja JUS-a pomogli pogonskom osoblju naših termoelektrana, dajemo u slijedećem neke smjernice za orijentaciju i bolje sagledavanje problema skladištenja ugljena, a na temelju iskustva kod nas i u drugim zemljama, koja su primjenjiva i u našim prilikama.

2. Skladištenje ugljena

Na skladištu ugljen podliježe nizu fizikalno-kemijskih promjena, koje imaju za posljedicu slijedeće glavne pojave:

1. samozagrijavanje ugljena;
2. samozapaljenje kao druga faza samozagrijavanja;

3. raspadanje ugljena i smanjenje vrijednosti sortimana (degradiranje).

Intenzitet i brzina ovih promjena zavisi od

karakteristike ugljena, tj. njegovih fizikalno-kemijskih osobina, zrnatosti i sklonosti prema navedenim pojavama;
načina uskladištenja (gustoća, visina sloja itd.);
atmosferskih uslova (periodično vlaženje uslijed kiša, sušenje na sunčanoj toplini, vjetru itd.).

Jednoznačna mjerila za ocjenu pojedinih faktora, koji utječu na navedene pojave, ne postoje.

Jugoslavenski ugljeni imaju različita svojstva. Zato se oni ne smiju na skladištu miješati. U principu se smije zajednički uskladištavati (u zajedničku gomilu) samo ugljen približno istog porijekla, kvaliteta, sortimana i sadržaja vode.

Rešetani sortimani i prašinasti ugljen moraju biti odvojeno uskladišteni u slobodno nasipanim gomilama. Mješavine, u kojima ima prašinastog ugljena (ispod 0,5 mm zrnatosti) ne smiju biti uskladištene u slobodno nasipanim gomilama. Od toga se izuzimaju skladišta u kojima se vrši valjanje slojeva (uslojavanje) jer ovaj način dozvoljava miješanje krupnih i sitnozrnastih ugljena.

Reaktivnost ugljena (sklonost samozapaljenju) proporcionalna je površini izloženoj djelovanju kisika iz zraka. Ona se povisuje sa smanjenjem zrna ugljena. Kod ugljena u prahu oksidacija je najveća, a kod komadnog najmanja. Reaktivnost se povećava povećanjem sadržaja vode i sumpora u ugljenu, te visinom uskladištenja. Reaktivnost u mješavini krupnijeg i sitnijeg ugljena odgovara osobini najsitnijih zrna u mješavini.

Spontana oksidacija i zagrijavanje ugljena u zalihama na skladištu ne može nastati bez obnavljanja zraka. Zato najčešće samozapaljenje nastaje u gomilama, koje su rahlo nasipane, te kroz šupljine između zrna struji zrak.

Strane materije organskog porijekla pospješuju samozapaljenje (biljni ostaci, drvo, drvena vuna, papir i sl.). Osim toga samozapaljenje pospješuju i neke anorganske materije, kao pepeo, drozga, opeka, naročito ako sadrže željezne okside, koji služe kao katalizator.

Vjetar pogoduje provjetravanju gomila, prema tome pospješuje oksidaciju tj. samozapaljenje. Zato treba gomile orijentirati tako, da uzdužna os pada u smjeru vjetra ili pokrivati gomile s nepropusnim slojem.

Najsigurniji način uskladištenja je onaj, kod kojeg se ugljen slaže u gustu kompaktnu masu, kroz koju ne može strujati zrak. To se postiže uslojavanjem (valjanjem), a kod nekih vrsta naplavljivanjem.

Ugljen, koji je jednom bio u stadiju samozapaljenja, ne smije se ponovo uskladištiti.

Kod rahlog (slobodnog) nasipavanja prijeti najveća opasnost samozapaljenja ugljena, jer se odvajaju gruba zrnca od sitnih. Oko okomite osi gomile stvara se gusta jezgra od praha i sitnog zrna, dok se krupna odvajaju na podnožju gomile, gdje stvaraju sloj sa šupljinama, koje se nižu tako, da djeluju kao dimnjak sa strujanjem prema vrhu, što pogoduje oksidaciji, tj. samozapaljenju.

Prema reaktivnosti ugljena i stepenu mehanizacije na skladištu, određuje se visina gomile. Kod rahlog nasipavanja, visina gomile ne bi smjela biti veća od visine propisane Tehničkim propisima za specijalnu zaštitu, tačka 10.4.2. U slučajevima, kada postoji mehanizacija, koja omogućuje brzu likvidaciju zapaljenog žarišta, ova visina se može povećati prema stepenu reaktivnosti ugljena.

Kod rahlog nasipavanja ugljen se sipa u obliku stošca s prirodnim nasipnim kutom od 35 do 38°. Stošci ili se uzajamno razdvajaju (da bi mogli prolaziti transportni uređaji) ili se u podnožju spajaju do maksimalne visine od 0,25 m, ako se nasipavanje vrši mehanički odozgo.

Uskladišnje putem uslojavanja vrši se na taj način, da se ugljen valja u slojevima 0,25 do 0,8 m valjkom ili buldožerom ili skraperom itd. Kod ovog uskladištenja visina gomile nije ograničena.

Porast temperature u području do cca 35° C je polagan. Kasnije se ubrzava. Kod temperature oko 50° C već je nada mala da se zaliha uščuva. Kritična temperatura je od 65 do 75° C, kod koje se nad gomilom pojavljuje vodena para, a temperatura gomile na površini naglo raste. Zapaljivanje gomile u tom slučaju ne da se spriječiti, te je potrebno da se ugljen hitno utroši. Kod transporta vrućeg goriva trpe transportni uređaji, osobito gumena traka, a osoblje je izloženo opasnosti trovanja ugljičnim monoksidom.

Obično se temperatura zaliha mjeri tako, da se na određeno mjesto uvede sa zatvorenim krajem cijev (sonda), u koju se na niti spusti maksimalno-granični termometar do 100° C. Cijev je metalna (željezna), nutarnjeg promjera 15 do 25 mm, na donjem kraju zatvorena i zaoštrena. U šiljak se stavlja mekani uložak od drozgine ili staklene vune, na koju prilegne termometar. Cijevi se uvedu u bočne strane i sredine gomila. Po dužini gomila postavljaju se takove sonde u udaljenost cca 10 m jedna od druge. Temperatura se očitava iza 15 do 30 minuta nakon ulaganja termometra u cijev. Umjesto maksimalnih graničnih termometara, mogu se upotrijebiti termoelementi, otporni termometri i drugi uređaji za daljinski prijenos.

Najjednostavnije, ali najmanje tačno, je utvrđivanje temperature željeznom šipkom, koja se stavlja u gomilu, te se nakon vađenja rukom ocjenjuje njezina temperatura.

Manje zalihe, kad dostignu temperaturu oko 50° C, hlade se prebacivanjem ili prenošenjem na slobodno mjesto, gdje se raprostiru na slojeve debljine 0,25 do 0,5 m i ostave da se ohlade. Iz velikih gomila vade se ugrijana žarišta, koja se odmah troše.

Kad temperatura dosegne 65° C radi se već o zapaljenom ugljenu, koji se mora odstraniti i upotrijebiti. Ako je žarište prošireno, potrebno je da se odstrani cijela gomila.

Gašenje velikih gomila vodom u pravilu nije djelotvorno, a reakcija užarenog ugljena u dodiru s vodom obično vatru proširuje tako da često dolazi do eksplozija unutar gomila. Ako se upotrijebi velika količina vode za zalijevanje zahvaćene gomile, uspije se

ponekad sačuvati gomila od gorenja, ali na nekoliko dana, za koje vrijeme treba gomilu odstraniti.

Ako se oksidacija sporo odvija pod utjecajem malih količina sumpora ili odgovarajućih povoljnih kombinacija ugljikovodika, tada se ugljena materija ne mijenja bitno, te ne dolazi do zagrijavanja ili zapaljenja, već samo do raspadanja, tj. pogoršavanja kvaliteta u pogledu otparivih materija, ogrjevne vrijednosti, sortimana itd. Atmosferske prilike: kiša, vjetar itd. pogoduju raspadanju. Na ovaj način nastalo degradiranje ugljena može veoma štetno djelovati kod dužeg uskladištenja, tako da se npr. ogrjevna vrijednost u suhom stanju može pogoršati za 1,5 do 4,5 % (ekstremno do 13 %) kod skladištenja u trajanju od 1 godine.

Institut za elektroprivredu vrši ispitivanja lignitnih ugljena za termoelektrane u SR Hrvatskoj. Ispituje se promjena vlage, ogrjevne vrijednosti i isparivih materija, kao funkcije vremena uskladištenja na otvorenom skladištu i u vodi.

2.1. Problem smrzavanja

Ovaj se problem u našim prilikama periodično pojavljuje kao ozbiljan. Postoje dvije vrste problema, koji se pojavljuju u vezi s pojavom smrzavanja i to:

1. smrzavanje ugljena u željezničkim vagonima;
2. smrzavanje ugljena na skladištu.

U termoelektranama starijeg tipa prvi problem se nije do sada pojavljivao s težim posljedicama. Međutim, kod istovarnih uređaja pomoću kosih istresača dolazilo je do poteškoća kod dopreme vlažnog ugljena pri niskim temperaturama. U praksi postoje razne metode za uklanjanje ili ublaživanje smetnji kao: upotreba garaže za odmrzavanje zagrijavane parom, plinom ili električnom energijom, upotreba parnih ili zračnih mlaznica, itd.

Kod transporta ugljena u vagonu stepen smrzavanja zavisi od sadržaja vlage, trajanja putovanja i temperature vanjskog zraka. Npr. ugljen s vlagom do 6 % uopće se ne smrzava. Kod ugljena iznad 6 % vlage počinje se pojavljivati na stijenama i podu vagona ledena košuljica. Kod temperature —5° C stvara se na površini kora smrznutog ugljena oko 3 cm debljine, kod —10° C, ova kora je 6 do 9 cm, ako ugljen putuje 1 dan. Kod ugljena sa sadržajem vlage iznad 15% i trajanja putovanja 2—3 dana, pri temperaturi —20° C stvara se sloj smrznutog ugljena debljine 20—30 cm. Ako taj ugljen putuje više od 4 dana kod temperature —25° C smrzava se cijeli vagon (pokusi u SSSR-u). Smrzavanje ugljena kod transporta sa skladišta u kotlovnicu uslovljava upotrebu buldožera ili povećane radne snage uz ručnu intervenciju, kao i korištenje parnih mlaznica. Transportne putove do kotlovskih bunkera treba zagrijati putem centralnog grijanja prostora na temperaturu 10—12° C.

2.2. Zalihe ugljena

Zalihe ugljena u našim termoelektranama ne određuju se isključivo s gledišta osiguranja pogona, već se ovim putem nastoje istovremeno uskladiti prilike u proizvodnji i potrošnji ugljena. To često dovodi do dužeg uskladištenja, nego što bi to bilo pogonski opravdano.

Pitanje zaliha regulirano je putem Naredbe o minimalnim zalihama kod privrednih organizacija (Sl. list FNRJ br. 27/1958. i br. 14/1959). Prema ovoj Naredbi postoje obaveze za termoelektrane u prosjeku za 45-dnevnom zalihom uz individualne korekture koje vrše elektroprivredne zajednice.

U drugim zemljama postoje, u pogledu zaliha, različite odredbe, kao npr.:

Ako je odstojanje skladišta od centra snabdijevanja veće od 400 km, minimalne zalihe odgovaraju dvomjesečnoj potrošnji pri punom kapacitetu termoelektrane;

ako je odstoj nje manje od 400 km, minimalne zalihe su u količini jednomjesečne potrošnje pri punom kapacitetu;

ako se termoelektrana nalazi na rudniku ili u neposrednoj blizini, mogu se minimalne zalihe svesti na onu mjeru, koja odgovara trajanju maksimalno mogućeg prekida rada rudnika, koji opskrbljuje termoelektranu (uslijed praznika, pogonskih i saobraćajnih prekida itd.);

ako se termoelektrana nalazi izvan revira rudnika, na skladištu, u godišnjem prosjeku, ne smije biti manje ugljena nego što odgovara količini od 0,5 t/kW instalirane snage (kod upotrebe kamenog ugljena).

3. Bilanciranje skladišta

Bilanciranje skladišta ugljena u cilju tekućeg obračunavanja zaliha i potrošnje zadaje dosta neprilika našim termoelektranama.

U slijedećem dajemo opis postupka, koji se odlikuje jednostavnošću i preglednošću. Prema ovom postupku vrši se evidentiranje po 2 vrste težina i to:

1. u prirodnoj (dostavnoj) težini;
2. u energetskoj težini.

Prirodna težina utvrđuje se vaganjem i izražava u tonama. Energetska težina utvrđuje se preračunavanjem prirodne težine na osnovu utvrđene (stvarne) ogrjevne vrijednosti ugljena. Ova težina izražava se u svedenim tonama. Evidentiranje (preuzimanje) ugljena u termoelektrani vrši se na slijedeći način:

1. Ugljen, koji stiže u termoelektranu, treba vagati prije uskladištenja ili direktne dopreme u kotlovnicu. Nakon izvršenog vaganja, treba usporediti izmjerene težine s težinama u tovarnom listu. Ako se ugljen direktno doprema u kotlovnicu, treba dnevne dopreme po iskazu rudnika uspoređivati s količinom koju dnevno izmjeri termoelektrana.

Ugljen treba preuzimati na osnovu težine utvrđene prilikom preuzimanja. U cilju kontrole kvaliteta isporučenog ugljena treba iz isporuke uzeti uzorak ugljena na način prema Priv. JUS-u i to tako, da se uzimaju porcije iz svakog vagona, koji zajedno čine po jedan uzorak za svakih 300 tona isporučenog ugljena. Ovaj uzorak se prema JUS-u uzima zajednički. Rudnik može ovlastiti termoelektranu da vrši uzorkovanja. Na temelju ovih uzo-

Primjer bilance skladišta ugljena po prirodnim težinama (tona) Tablica 1

	Vrsta, sortiman i nominalni kvalitet ugljena			Težina uslovnog ugljena kod H_u = 3000 kcal/kg
	Lignit Konjščina nom. H_u = 2100	Lignit Kreka nom. H_u = 2600	Lignit Velenje nom. H_u = 2400	
I Stanje na početku obračunskog mjeseca	15000	5000	—	14800
II U obračunskom mjesecu primljeno	25000	15000	10000	38500
Ukupno	40000	20000	10000	53300
III Utrošeno u kotlovima	25000	15000	5000	34400
IV Stanje na kraju obračunskog mjeseca	15000	5000	5000	18900
Koeficijent obračuna na uslovni ugljen	0,7	0,865	0,8	

raka utvrđuje se u laboratoriju odnos ogrjevne vrijednosti isporučenog ugljena prema ogrjevnoj vrijednosti koju iskazuje ili garantira rudnik. Analiza treba da utvrdi sadržaj vode, pepela i ogrjevnu vrijednost. Razlike u ogrjevnoj vrijednosti obračunavaju se prema Priv. JUS B Ho. 001. Preporuča se obračun vršiti na temelju utvrđene ogrjevne vrijednosti, a ne upotrebom empiričkog faktora »F«.

2. Ugljen, koji se sa skladišta otprema u kotlovnicu, treba evidentirati da bi stalno postojala kontrola ulaza i izlaza.

Diferencija između ukupne dopreme i otpreme u kotlovnicu (izravno i sa skladišta), predstavlja zalihu na skladištu po težinama u dostavnom stanju. Podatke vodi pogonsko knjigovodstvo skladišta, koje mora periodično (mjesečno ili najviše tromjesečno) vršiti obračune. Orijentaciona kontrola zaliha vrši se volumetrički uz prethodno utvrđivanje specifične težine ugljena. Ovakva kontrola često pokazuje odstupanja od 10 % i više. Kod većih odstupanja od 10 % treba ponoviti mjerenja i obračun.

3. Ugljen, koji se privodi kotlovima, treba ponovno vagati i to neposredno prije upotrebe, tj. ispred kotlovskih bunkera odnosno kod dostavača. Uporedo treba uzimati uzorke za pogonsku kontrolu. Kalorimetriranjem utvrđena ogrjevna vrijednost ovoga, kao i vaganjem utvrđene količine ugljena, daju osnovne podatke o ulazu topline u kotlove (input). Iz odnosa ukupne količine topline sadržane u ugljenu u dostavnom stanju, prema ukupnoj količini topline utrošene u stvarnom stanju (ispred kotla) dobiva se uvid u rasip ugljena na skladištu.

Ukazujemo na redovitu pojavu kod naših termoelektrana, da automatske vage iznad bunkera ne funkcioniraju ili su toliko netačne, da se uopće ne koriste. Potrebno je ove vage osposobiti i u praksu uvesti službu redovitog baždarenja i uzdržavanja.

Česta je pojava, da termoelektrane u nedostatku podataka, približno ocjenjuju težinu ugljena indirektno preko stepena djelovanja kotla ili samo na temelju podataka rudnika. Naravno, da u takvim termoelektranama ne može tehničko-ekonomska služba pravilno funkcionirati, niti se može kontrolirati toplinska ekonomija.

Za vođenje bilance skladišta postoje dva obrasca i to:

Obrazac za bilancu po prirodnim težinama;

Obrazac za bilancu po energetskim težinama.

Obrasci su dani uz primjer u tablici 1 i 2.

Objašnjenje tablice 1

Za nominalnu ogrjevnu vrijednost (H_u) uzima se ona, na bazi koje je zaključen ugovor s rudnikom.

Kao uslovni ugljen smatra se ugljen s ogrjevnom vrijednosti npr.

H_u = 3000 kcal/kg (može biti i niža ili viša prema izboru termoelektrane).

Težina uslovnog ugljena dobije se, ako se suma umnožaka, količina i nominalne kalorične vrijednosti podijeli s ogrjevnom vrijednosti uslovnog ugljena npr. s 3000 (iz tabl. 1 i 2).

$$\frac{15000 \cdot 2100 + 5000 \cdot 2600}{3000} = 14.800 \text{ t}$$

Pod stavkom »utrošeno u kotlovima« unosi se količina utvrđena neposredno prije korištenja (pred kotlovskim bunkerima). Ako postoji kontrola otpreme sa skladišta, treba oba podatka usporediti i korigirati eventualnu grešku.

Primjer bilance skladišta po energetskim težinama (tona) Tablica 2

	Težine za vrste, sortimane i kvalitet ugljena						Težina uslovnog ugljena kod H_u = 3000 kcal/kg	
	Lignit Konjščina sitni		Lignit Kreka sitni		Lignit Velenje sitni			
	Za nom. H_u = 2100	Za utvrđ. H_u	Za nom. H_u = 2600	Za utvrđ. H_u	Za nom. H_u = 2400	Za utvrđ. H_u	Za nom. H_u	Za utvrd. H_u
	1	2	3	4	5	6	7	8
I Stanje na početku obračunskog mjeseca	1500	13500	5000	4500	—	—	14800	13400
II U obračunskom mjesecu primljeno	25000	23500	15000	14000	10000	10000	38500	36600
Ukupno	40000	37000	20000	18500	10000	10000	53300	50000
III Utrošeno u kotlovima	25000	23200	15000	13900	5000	5000	34400	33000
IV Stanje na kraju obračunskog mjeseca	15000	13800	5000	4600	5000	5000	18900	17000

Objašnjenje tablice 2

Podaci iz tablice 1 unose se u rubrike 1, 3, 5 i 7. Utvrđene ogrjevne vrijednosti H_u dobiju se kao srednje ponderirane vrijednosti kalorimetrom utvrđenih ogrjevnih vrijednosti iz uzoraka uzetih prilikom preuzimanja ugljena u termoelektrani u obračunskom mjesecu.

Energetska težina na bazi utvrđene ogrjevne vrijednosti izražava se tako, da se prirodna težina pomnoži s odnosom utvrđene prema nominalnoj ogrjevnoj vrijednosti.

Npr., ako je srednja utvrđena H_u = 1890 kcal/kg (rubrika I—2), onda je energetska težina

$$15.000 \cdot \frac{1890}{2100} = 13.500 \text{ t}$$

Kod utvrđivanja težine ugljena utrošenog u kotlovima (III) postoje dva postupka i to:

a) kao što je u tablici 2 prikazano, a zasniva se na utvrđenoj prosječnoj ogrjevnoj vrijednosti ukupnog ugljena u obračunskoj vrijednosti, koja npr. za rubriku 2 iznosi:

$$H_u = \frac{37.000}{40.000} \cdot 2100 = 1950 \text{ kcal/kg}$$

(dakle 150 kcal/kg manje od ugovorenog; može biti i više, a poželjno je da je jednako).
Iz toga energetska težina za (III-2)

$$25.000 \cdot \frac{1950}{2100} = 23.200 \text{ t}$$

b) Da se utrošeni ugljen obračuna prema ogrjevnoj vrijednosti utvrđenoj uzorkovanjem neposredno prije upotrebe, npr. iz utrošene količine ugljena nominalno 25.000 tona (rubrika III-1) pri kalorimetriranjem utvrđenoj H_u = 1900 kcal/kg, dobijemo da je energetska težina pri upotrebi

$$25.000 \cdot \frac{1900}{2100} = 22.600 \text{ t}$$

To znači, da je utrošeni ugljen na skladištu evidentiran s energetskom težinom od 23.200 tona (ili $23{,}2 \cdot 10^6 \cdot 2{,}1 \cdot 10^3 = 48{,}72 \cdot 10^9$ kcal), a on stvarno ima energetsku težinu 22600 t ($22{,}6 \cdot 10^6 \cdot 2{,}1 \cdot 10^3 = 47{,}46 \cdot 10^9$ kcal), prema tome, gubitak (rasip na skladištu) iznosi 600 tona energetske težine ili

$$600 \cdot 10^3 \cdot 2{,}1 \cdot 10^3 = 1260 \cdot 10^6 \text{ kcal}$$

($48{,}72 \cdot 10^9 - 47{,}46 \cdot 10^9 = 1260 \cdot 10^9 = 1260 \cdot 10^6$ kcal/kg ili cca 2,6%).

Iz razlike rezultata dobivenih prema postupku a) ili b) dade se lako zaključiti o promjenama na skladištu u pogledu količine i ogrjevne vrijednosti ugljena.

Izražavanje u težini uslovnog ugljena uvodi se zato, da se kod više vrsta ugljena može utvrditi ukupno stanje skladišta po prirodnim i energetskim težinama, a isto tako i ukupna količina topline sadržana u svim vrstama ugljena zajedno (nekada se uključuje i nafta).

Npr. iz tablice 2 pod II 7 i 8 vidimo, da je isporučeno u obračunskom mjesecu 38.500 tona uslovne težine ugljena, čija je ogrjevna vrijednost niža od ugovorene, što odgovara količini od 36.600 t uslovne težine ugovorenog ugljena. Prema tome šteta, koju rudnik treba nadoknaditi odgovara protuvrijednosti od 1900 tona uslovne težine ili

$$1{,}9 \cdot 10^6 \cdot 3000 = 5{,}7 \cdot 10^9 \text{ kcal}$$

ili svedeno na ugljen kalorične vrijednosti H_u = 2100 kcal/kg odgovara

$$\frac{5{,}7 \cdot 10^9}{2{,}1 \cdot 10^3} = 2720 \text{ t ugljena}$$

Iz gornjeg primjera se vidi, kako se jednostavno daju vršiti svi obračuni na bazi ove metode bilanciranja. Ona se dade prilagoditi različitim prilikama u pogledu načina mjerenja i kontrole kvaliteta pojedinih termoelektrana. Naravno, da i ova metoda sadrži izvjesne neminovne greške, koje su posljedica netačnosti vaga, uzorkovanja i analiza. Međutim, pažljivom i stručnom primjenom, daju se ove greške smanjiti na najmanju mjeru, tako da se ova metoda može korisno primijeniti u praksi.

Po nahođenju može se tablica 1 izostaviti, jer je sadržana u tablici 2.

Literatura

1. J. Lucati, *Ugalj kao gorivo za TE. Unapređenje vođenja pogona termoelektrana,* Institut za elektroprivredu 1962.
2. Československá Statni Norma, *Skladovani tuchych Paliv,* ČSN 441335.
3. Gofman, *Die Energiewirtschaft in Industriebetrieben,* VEB Verlag Technik 1958.
4. F. Jenčić, *Osvrt na kontrolu kvaliteta uglja* (referat).

Naslov pisca: Ing. Jakob Lucati, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37

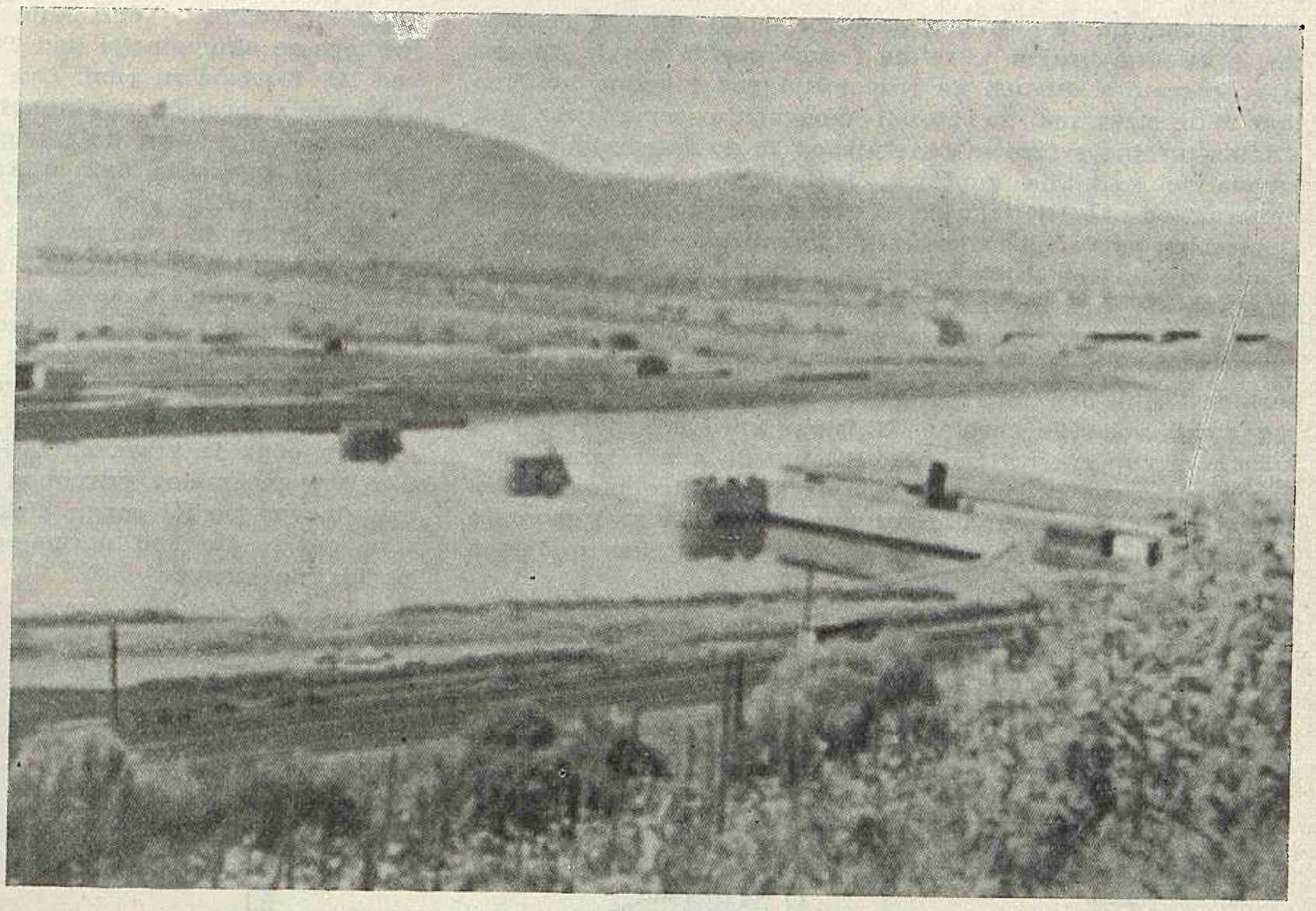
KANALIZACIJA RIJEKE MOSELE I NJENO HIDROENERGETSKO KORIŠTENJE U HIDROELEKTRANAMA S CIJEVNIM TURBINAMA

Već odavno nastojale su zainteresirane zemlje, Francuska, kneževina Luxemburg i Njemačka, povezati jako industrijsko područje Lotaringije solidnim plovnim putem velikog kapaciteta s plovnom mrežom Rajne, Rurskog područja, a time i s morskim lukama Nizozemske i Belgije. Jedina postojeća mogućnost za postignuće tog cilja je korištenje rijeke Mosele, koja, međutim, bez posebnih zahvata nije bila prikladna za takove svrhe.

Koncem 1956. potpisan je između Francuske, Luxemburga i SR Njemačke međudržavni ugovor o izgradnji rijeke Mosele na potezu od Thionvilla u Francuskoj do Koblenza u SR Njemačkoj za plovnost riječnim brodovima do 1500 tona nosivosti. Izgradnja treba da se prema ugovoru potpuno dovrši do kraja 1964. Ukupna dužina plovnog puta iznosi oko 270 km, od toga 27 km u Francuskoj, 37 km u Luxemburgu, a ostatak od 206 km u SR Njemačkoj do ušća Mosele u Rajnu kod Koblenza.

Ukupan pad na tom 270 km dugom potezu iznosi 90 m, pa je projektima utvrđeno, da je za postignuće željene plovnosti potrebno izgraditi ukupno 14 brana uključivši i postojeće postrojenje kod Koblenza. Projektom se predviđa bagerovanje dužih poteza nizvodno od brana čime se dobiva prednost dugih uspornih prostora s prosječno 20 km dužine. Takovo rješenje pogoduje brodskom prometu jer uvjetuje manje brodskih ustava i time povezanog zadržavanja brodova, a ujedno pojeftinjuje energetsko korištenje, jer je za korištenje energetskog potencijala rijeke na taj način potrebno izgraditi manje hidroelektrana. Predviđena je izgradnja svega 12 hidroelektrana od čega 10 na njemačkom i 2 na luxemburškom području, dok dvije brane na francuskom području neće biti energetski korištene.

Rijeka Mosela protječe područja Sredogorja, a karakteristika joj je da se protok vrlo jako mijenja. Najniži protok je oko 25 m³/s, a najviši dosad zabilježeni oko 4100 m³/s. Srednji protok je oko 300 m³/s, tako da godišnja protočna količina iznosi oko 9 milijardi m³. Po prilici dvije trećine te količine protječe u zimskom polugodištu, dok su u ljetnim i jesenskim mjesecima karakteristične male protočne količine. Zbog toga korištenje u energetske svrhe može biti ekonomično samo u sklopu velikog energetskog sistema,



Sl. 1. Usporna stepenica Trier na Moseli. Brodske ustave, brana i elektrana, kod djelomičnog uspora

koji u doba malih voda raspolaže podesnim termičkim energetskim izvorima. Zato je za investitora energetskih postrojenja na Moseli moglo doći u obzir samo poduzeće RWE (Rheinisch-Westfällische Elektrizitätswerke A. G. Essen) koje je već i od ranije posjedovalo koncesiju za korištenje hidroenergetskog potencijala rijeke Mosele.

Daljnja karakteristika ove rijeke su vrlo nagle promjene protoka, pa je trebalo o tome voditi računa kod konstrukcije brana. Još je zanimljiva okolnost da ona nizvodno od ušća pritoke rijeke Saar ne prima više nikakove značajnije vode, tako da se na potezu od 200 km između Triera i Koblenza protočne količine vrlo neznatno razlikuju. To omogućuje da se svih 10 predviđenih hidroelektrana na toj relaciji može izgraditi za isti protok i to za 4 × 95 m³/s, koji se na temelju dugogodišnjih promatranja može očekivati kroz najmanje 90 dana u godini. U ovih 10 elektrana — uključivši postojeću HE Koblenz — stoji na taj način na raspolaganju maksimalna snaga od 165 MW, sa srednjom godišnjom proizvodnjom od 750 GWh. Glavni podaci hidroelektrana koje se izgrađuju na rijeci Moseli navedeni su u narednoj tablici.

H E	Usporna kota m. n. m.	Instal. protok m³/s	Neto-pad m	Inst. snaga turbina MW	Godišnja proizvodnja GWh
Koblenz	65,00	380	5,3	16,0	65,0
Lehmen	72,50	380	7,5	16,2	81,6
Müden	79,00	380	6,5	12,8	66,0
Fankel	86,00	380	7,0	14,4	71,6
St. Adelgund	93,00	380	7,0	14,4	72,3
Enkirch	100,50	380	7,5	16,5	81,7
Zeltingen	106,50	380	6,0	12,2	61,7
Wintrich	114,00	380	7,5	17,7	87,0
Detzem	123,00	380	9,0	23,0	111,3
Trier	130,25	380	7,2	16,5	79,5
Greven-Palzem	140,50	150	4,0	7,5	38,8
macher	136,50	165	6,3	4,1	19,6

Dolina rijeke Mosele spada među najljepše njemačke riječne doline te služi širokim slojevima pučanstva za rekreaciju i turizam. Na obroncima gorja, koje omeđuje većinom usku dolinu te rijeke, posađeni su vinogradi u kojima rodi svjetski poznato mozelsko vino, koje je već u doba rimskog carstva ovdje uzgajano i imalo svoje poklonike. Na njenoj obali nanizano je mnogo lijepih i historijskih gradića, a ljepote prirode, koje se iza svakog riječnog zavoja mijenjaju, naročite su i za tu dolinu osebujne.

Svi ti razlozi uvjetovali su da su se kod kanaliziranja ove rijeke za svrhe brodarskog prometa i energetskog korištenja, koje je time omogućeno, morali uzeti u obzir mnogi faktori koji su i razlog da su hidrograđevinski objekti i hidroenergetska postrojenja riješena na poseban, nekonvencionalan način. Bilo je potrebno da se brane, brodske ustave i hidroelektrane uklope što neupadljivije u mozelsku dolinu i da što manje izmijene njenu fizionomiju ne okrnjujući pri tome njene prirodne čare. Ne predviđaju se nikakva izravnanja riječnog korita ni derivacije, već samo neznatne korekcije obalnih linija uvjetovane potrebama hidrograđevnih objekata za plovidbu. Uskom suradnjom između savezne uprave plovnih puteva, u čiju nadležnost spada izgradnja brana i objekata za plovidbu, s investitorom hidroenergetskih objekata RWE, utvrđen je način gradnje brana s niskim stupovima i potopivim sektorskim zapornicama, a za sve hidroelektrane primjena cijevnih turbina. Sektorske zapornice su na hidraulički pogon. Da bi se kod visokih voda spriječilo izlijevanje iz uspornih bazena, potapljaju se sektorske zapornice sasvim, a voda prelazi u takovim slučajevima čak i preko stupova brane. Takav režim nastupa kod vodnih količina iznad 1200 m³/s, pri čemu se i hidroelektrane radi gubitka pada stavljaju van pogona. U prosjeku je to kroz šest dana godišnje.

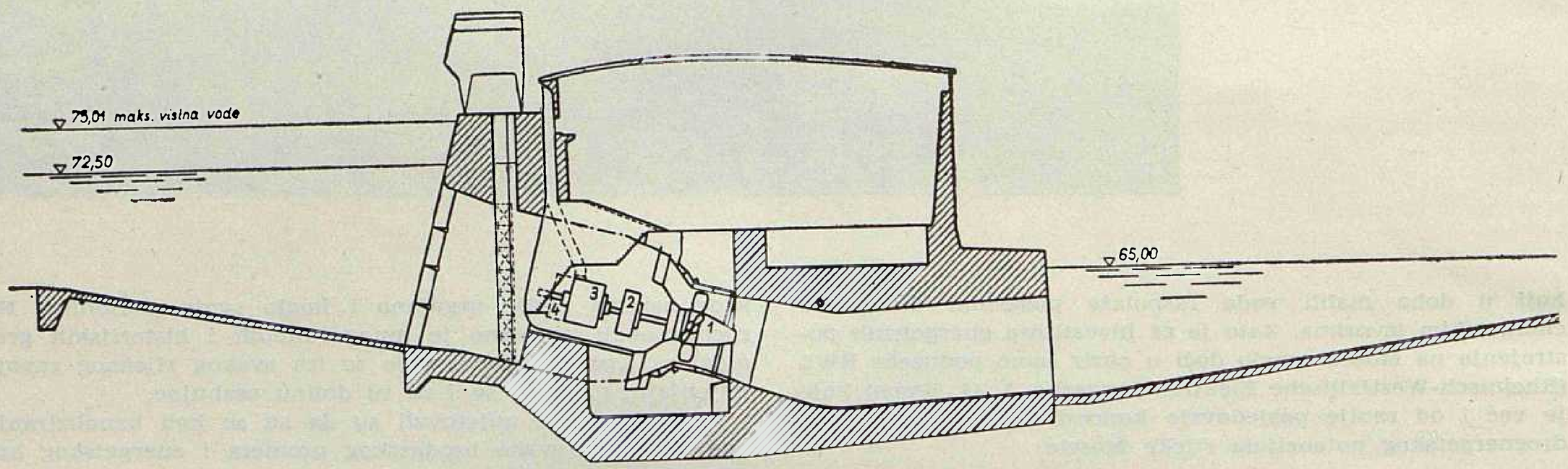
Izvedba hidroelektrana s cijevnim turbinama ima tu prednost, da su zgrade elektrana mnogo niže i kraće nego kod izvedbe s Kaplan-turbinama s vertikalnom osovinom. Nadalje otpada potreba visoke portalne dizalice, jer se sve potrebne radnje mogu izvršavati pomoću 35-tonske dizalice u strojarnici.

Najznačajnija karakteristika cijevnih turbina je njihov izdužen, cijevi sličan oblik između ulaza i izlaza vode iz turbine, u kojem voda na putu do turbine i do izlaza iz elektrane gotovo uopće ne mijenja smjer strujanja. To je bitna razlika između normalnih Kaplan-turbina s vertikalnom osovinom, kod kojih struja vode višekratno mijenja smjer gibanja, najprije kroz dovodnu spiralu, a onda kroz usisno koljeno. Osovina je kod cijevne turbine ili horizontalna ili malo nagnuta prema izlazu iz turbine. Cijevne turbine koje se ugrađuju u hidroelektranama na Moseli izrađene su kao dvostruko regulirane Kaplan-turbine, a imaju još jednu osobitost koja se očituje u primjeni koasijalnog planetnog zupčanog prijenosnika između turbine i električnog generatora

Taj prijenosnik je potreban da bi se mogli ugraditi generatori s visokim brojem okretaja i time postići manje dimenzije generatora. Budući da raspoloživi pad i vodne količine kod hidroelektrana na Moseli omogućuju samo primjenu Kaplan-turbine s brojem okretaja od 70 do 90 u minuti, potrebna je ugradnja zupčanog prijenosnika s prijenosnim omjerom od oko 1:10 tako da su uzeti generatori za 750 o/min. Upotrebom zupčanog prijenosnika smanjuje se doduše faktor učinka turbinskog dijela agregata za 1 do 1,5 %, no s druge strane se taj gubitak opet dobiva povoljnijim faktorom učinka električnog generatora sa većim brojem okretaja.

Gledano u smjeru toka vode generator se nalazi ispred turbine i smješten je u posebnom čeličnom kućištu oko kojeg struji voda do turbine. U istom kućištu smješten je i koasijalni zupčani prijenosnik. Pristup do generatora i zupčanog prijenosnika omogućen je iz strojarnice pomoću čeličnog cilindričnog okna. Kroz ovo okno vrši se i montaža generatora i zupčanika, dok je za montažu turbine predviđen poseban otvor u podu strojarnice.

normalne vodne količine koju Mosela ima u tom času. Uslijed toga se akumulacija kod Triera smanjuje, a akumulacija kod HE Koblenz se puni. Ova elektrana naime ne sudjeluje u pogonu s »protočnom akumulacijom« već vozi kao protočna elektrana sa snagom koja odgovara prirodnom protoku tog časa i na taj način daje u Rajnu one vodne količine koje odgovaraju prirodnom režimu. U akumulacijama nizvodno od HE Trier do akumulacije HE Koblenz na gornjem se kraju akumulacije prima ista povećana vodna količina, koja se na donjem kraju dalje predaje u slijedeću akumulaciju. Pri tome se kod svake usporne stepenice razina gornje vode nešto snizuje, a razina donje vode nešto povisuje. Uslijed toga se kod vožnje s »protočnom akumulacijom« nešto smanji pad i snaga elektrana. No s druge strane dobivena energija vrijedna je vršna energija, pa je na taj način moguće i za vrijeme malog prirodnog protoka barem kroz nekoliko sati dnevno podići snagu elektrana skoro do visine instalirane snage, što kod normalnog protočnog pogona naravno ne bi bilo moguće.



Sl. 2. Elektrana Lehmen na Moseli

1 turbina
2 planetni zupčani prijenosnik
3 generator
4 generator kod umetanja reverzionog prigona kod pumpnog pogona

Sve hidroelektrane na njemačkom dijelu Mosele, njih 9 (bez HE Koblenz izgrađene ranije na klasičan način), izgrađuju se odnosno izgradit će se na isti način. U HE Trier koja je bila prva izgrađena i u pogonu, ugrađene su 4 cijevne Kaplan-turbine s promjerom kola od 4,60 m, nominalnim brojem okretaja 78/min, snage 6000 KS. Električni generator je snage 4 MW, napona 6300 V i za 750 o/min. U prve tri elektrane (Trier, Detzem i Lehmen) generatorski se napon transformira putem dva transformatora po 10 MVA na 25 kV, a odvod se vrši kabelom. U daljnjim elektranama odustalo se od takovog rješenja pa su generatori u bloku s odgovarajućim transformatorima, koji transformiraju na napon 20, 25 odnosno 110 kV, čime su postignute znatne uštede, jer je otpalo skupo postrojenje za 6,3 kV. Gotovo u svim elektranama predviđa se odvod visokog napona pomoću kabela, da bi se tako zadovoljili strogi zahtjevi u pogledu zaštite prirode.

Nakon dovršetka svih hidroelektrana na rijeci Moseli trebao bi lanac od 10 hidroelektrana od Triera do Koblenza biti u pogonu s tzv. »protočnom akumulacijom« (Schwellbetrieb). Pri tome će se u periodima kada je protok niži od 320 m³/s jedan dio vode tokom noći zadržavati u uspornom bazenu iznad prve elektrane u lancu HE Trier, a preko dana za vrijeme vršnog opterećenja ta će se voda preraditi u hidroelektranama. Kada se u jutro počne s takovim načinom pogona, istodobno se kod svih elektrana u lancu (s izuzetkom zadnje HE Koblenz) poveća protok kroz turbinu iznad

Troškovi izgradnje svih 9 hidroelektrana na njemačkom teritoriju predviđeni su sa 180 milijuna DM, od čega nešto manje od polovice otpada na građevinske radove, a ostatak na strojarski i električni dio. Osim tog iznosa moralo je poduzeće RWE uplatiti saveznoj vladi iznos od 60 milijuna DM kao svoj doprinos za izgradnju hidrogradevinskih objekata i ostalih radova koji su uzrokovani stvaranjem uspora u dolini rijeke.

Ukupni troškovi svih objekata za plovidbu, akumulacije i elektrane na čitavom potezu od Thionvilla u Francuskoj do Koblenza predviđeni su sa oko 650 milijuna DM od čega elektroprivreda doprinosi po prilici trećinu, francuski interesenti nešto više od 40 %, a vlada SR Njemačke polovicu francuskog udjela.

Ovaj pothvat je značajan ne samo radi svog specifičnog načina građenja nego i radi vrlo brzog tempa radova koji je diktiran postavljenim rokom dovršetka, tj. tokom godine 1964.

Bez sumnje će iskustva stečena kod gradnje i u pogonu niza hidroelektrana s cijevnim turbinama na rijeci Moseli doprinijeti mnogo većoj primjeni takovih turbina na sličnim vodotocima, koji dosad nisu bili iskorištavani u energetske svrhe baš radi uobičajenih skupljih rješavanja s »klasičnim« turbinama. I naši hidroenergetičari treba da se tim iskustvom koriste.

Ing. Vinko Horvat

PODMORSKI KABELI ZA ISTOSMJERNI VISOKI NAPON

U broju 3–4 *Energije* iz 1962. dan je prikaz kabela istosmjernog napona koji spaja englesku i francusku mrežu, te je iznesena problematika takvih postrojenja i opisana savremena kabelska tehnika. Ukratko su opisane ispravljačke stanice, glavna oprema i pomoćni uređaji.

Prijenos energije istosmjernim visokim naponom kod kabela – za razliku od dalekovoda – najekonomičnije je rješenje već i kod kraćih dionica i manjih snaga, a prednost je da mreže koje se povezuju ne moraju biti sinhronizirane. Kao gornja granična vrijednost za jednožilne kabele navodi se pogonski napon od 300 kV vodiča prema zemlji, a presjek vodiča od 645 mm² i struja opterećenja od 1360 A.

Pri izboru spomenutih veličina treba uzeti u obzir težinu kabela i dubinu vode u koju se kabel polaže. Kao izolacija dolaze u obzir polietilen (zasada do 100 kV napona vodiča prema zemlji) i impregnirani papir. Polietilen se zasada još ispituje, da se bolje upoznaju njegova svojstva. S izolacijom od papira su raspoloživi kabeli s masom, kabeli s plinom pod pritiskom i uljni kabeli. Kod kabela s plinom pod pritiskom u slučaju prodora vode postoji opasnost gubitka dužih komada kabela. Kod uljnog kabela dolazi do poteškoća u opskrbi uljem dužih dionica. Plosnati kabel je podesan samo za manje dubine. Prema tome zasada samo preostaje kabel s masom, kojemu vodiči mogu imati ovalni oblik, kako bi se pomoću pritiska vode spriječilo stvaranje šupljine u dielektriku. Armatura kabela sastoji se najčešće iz čelične okrugle žice. Aluminijska armatura smanjuje težinu kabela, ali treba voditi računa o eroziji aluminijskih žica u morskoj vodi.

Povratni vod kroz zemlju dolazi u obzir samo kod postrojenja s malim strujama zbog opasnosti od korozije za druge uređaje. Premda paralelno položeni jednožilni kabeli zauzimaju mnogo mjesta na dnu mora i mogu uzrokovati odstupanja kompasa na brodovima, nisu ipak dosada upotrebljeni dvožilni kabeli s upletenim ili (kod plosnatog kabela) paralelnim žilama ili koncetrično raspoređenim vodičima zbog proizvodnje i montaže. Prednost je jednožilnih kabela, da imaju najmanju težinu i da se mogu proizvoditi u vrlo dugim komadima. Jednožilni kabeli su najpogodniji i s obzirom na mehanička oštećenja i poteškoće prilikom popravaka, te zbog mogućnosti sigurnog pogona.

Ovi se kabeli mogu polagati samo do dubine od nekoliko stotina metara zbog velike težine kabela i zbog opterećenja koja nastaju kod polaganja. Zato kod izbora trase treba paziti, da morsko dno ne bude na velikoj dubini, dok se sastav dna može ustanoviti unaprijed s eho-aparatom (aparati koji koriste jeku), pomoću ronioca ili podvodnom televizijom. Polaganje se vrši sa broda, na kojemu ima mjesta za montažu spojnica. S uspjehom je izvršen pokušaj istovremenog polaganja dva kabela s istog broda, što omogućuje polaganje na maloj međusobnoj udaljenosti. Kabel se može polagati i s plovećeg bubnja, pri čemu se eliminira torzija, ali ovaj način polaganja dolazi u obzir za relativno male dužine kabela. Pored toga teško je kočenje kabela, a ploveći bubanj je vrlo osjetljiv na nemirno more.

Kod svake manipulacije s kabelom treba paziti, da budu što manja mehanička naprezanja, a naročito uslijed torzije. Zbog većeg promjera i veće težine kabela jake struje ova su naprezanja daleko veća nego kod telekomunikacionih kabela. Kod polaganja kabela treba da su polumjeri zakrivljenosti dovoljno veliki, a konstrukcijom kabela treba osigurati, da se vodič kabela suviše ne napreže.

Iz raznih razloga često se to može izbjeći spajanjem kabela. U zavisnosti od uvjeta upotrebljavaju se gibive ili krute spojnice. Važno je da konstrukcija spojnice bude jednostavna, jer se općenito montaža može provoditi samo kod lijepog vremena, a montaža spojnice na moru traje najmanje 12 do 15 sati.

Mjesto kvara podmorskog kabela može se približno odrediti normalnim sredstvima. Za određivanje mjesta kvara izazovu se na tom mjestu preskoci uslijed kondenzatorskih pražnjenja, a tačno se mjesto ustanovi podvodnim mikrofonima. U tu svrhu mogu se upotrebiti svitci za traženje greške, a za dubine do 50 m i ronioci. Ako se kabel ne može podići zbog velike težine, on se može na mjestu kvara rastaviti pomoću eksploziva. Pretpostavlja se da popravak kvara na kabelu u kanalu La Manche može trajati i do 3 mjeseca i da može uzrokovati trošak od oko US $ 80.000.

F. K.

VJESTI S GRADILIŠTA

Gradnja novih dalekovoda 110 kV u SR Hrvatskoj

Program proširenja dalekovodne mreže 110 kV u SR Hrvatskoj nastavljen je u ovoj godini izgradnjom novih objekata. Početkom lipnja otpočela je izgradnja ovih vodova 110 kV:

Matulji — Raša, jednostruki;
Ston — Dubrovnik, jednostruki;
Mraclin — Rakitje, dvostruki.

Investitori ovih objekata, »Elektroprenos« Zagreb i »Elektroprenos« Split, povjerili su izvedbu građevinskih i montažnih radova poduzeću »Dalekovod«.

Dalekovod 110 kV Matulji — Raša, dužine 39,6 km utjecat će na sigurnost opskrbe električnom energijom potrošačkog područja na potezu Matulji—Raša—Pula.

Prema glavnom projektu, izrađenom u »Dalekovodu«, stupovi će biti čelični rešetkasti od profilnog čelika, tipa »jela«.

Odabrani su vodiči presjeka 150/25 mm² Ač, a zaštitno čelično uže presjeka 50 mm². Izolacija dalekovoda izvest će se porculanskim kapastim izolatorima tipa K-170/280.

Izgradnja ovog dalekovoda opravdana je iz više tehničkih i ekonomskih razloga. Na području Istre postoji već jedan dalekovod 110 kV Matulji—Raša—Pula, ali se danas nalazi u vrlo lošem stanju. S obzirom na njegovu starost (20 godina) naročito često dolazi do prekida vodiča i to najviše na dionici Matulji—Raša. Jedan ovako nesiguran dalekovod napaja značajna potrošačka područja, rudnički bazen Raša i industrijsko područje Pule. Danas vod, koji je već opterećen do 35 MW, znatno trpi od čestih ispada, koji prouzrokuju znatne materijalne štete u industriji, a opasnost je i za ljudske živote u rudnicima. Osim toga, na postojećem dalekovodu više se ne mogu vršiti remonti, jer se veliki i

značajni potrošači ne smiju dulje vrijeme ostaviti bez električne energije. Prema tome, izgradnja drugog dalekovoda na potezu Matulji—Pula jedino može zadovoljavajuće riješiti problem opskrbe ovog područja električnom energijom.

U prvoj etapi pristupilo se izgradnji dionice Matulji — Raša, dok se u drugoj etapi predviđa izgradnja dionice Raša — Pula, za koju su već izrađeni glavni projekti. Iz sredstava udružene amortizacije za 1963. godinu za gradnju voda Matulji — Raša utrošit će se oko 384 milijuna dinara.

Dalekovod 110 kV Ston — Dubrovnik, dužine 43,9 km, u znatnoj će mjeri poboljšati opskrbu električnom energijom Dubrovnika. Dalekovod će se izvesti kao jednostruki s pocinčanim čeličnim rešetkastim stupovima, s vodičima presjeka 150 mm² alučel, a zaštitno uže od čelika 50 mm².

Danas se dubrovačko područje opskrbljuje električnom energijom dalekovodom 35 kV Bileća — Dubrovnik, koji je potpuno iskorišten (samo opterećenje Dubrovnika iznosi već 7 MW). Nadalje, ovaj dalekovod prolazi područjem, koje je vrlo ugroženo od atmosferskih prenapona, tako da su defekti i ispadi dalekovoda vrlo česti. Povećanje opterećenja nije više moguće, jer su naponske prilike postale loše. Zbog toga je gradnja dalekovoda 110 kV Ston — Dubrovnik najekonomičnije rješenje opskrbe Dubrovnika električnom energijom. Za gradnju dalekovoda, investitor »Elektroprenos« u Splitu, osigurao je potrebna sredstva u iznosu od oko 281 milijun dinara.

Dalekovod 110 Mraclin — Rakitje, dužine od 34,9 km, izgradit će se kao dvostruki dalekovod s klasičnim čeličnim rešetkastim stupovima tipa »Dunav«, koje će izraditi mehanička radionica poduzeća »Dalekovod«, s vodičima presjeka 240/40 mm² alučel.

Svrha je ovog voda, da se stvori još jedan put, kojim će električna energija dolaziti do potrošača iz čvorne stanice 220/110 kV Mraclin. Danas se, naime, svi manjkovi zapadnog dijela Jugoslavije (Slovenija, zap. Hrvatska) pokrivaju prijenosom električne energije vodom 220 kV iz Dalmacije i dvostrukim vodom 110 kV iz Bosne. Oba ova voda se učvoruju u TS 220/110 kV Mraclin, te tvore vrlo jaku elektroenergetsku pojnu tačku, s kojom je važno zagrebačko potrošačko područje spojeno samo dvostrukim vodom Mraclin—Resnik. Ova je veza danas već opterećena do termičke granice, pa je neophodna druga veza sa zapadnim dijelom zagrebačke mreže. Ona će biti ostvarena novim dvostrukim vodom Mraclin—Rakitje, a prijelazom voda 110 kV iz Bosne na 220 kV, njegova će uloga biti još daleko veća.

Za građevne i montažne radove, i za opremu potrebna je svota od oko 294 milijuna dinara.

I. R.

Dalekovod 110 kV Međurić — Virovitica u pogonu s 35 kV

Koncem lipnja ove godine pušten je u pogon novosagrađeni dalekovod 110 kV Međurić—Virovitica, dužine 61,65 km. Njegovom izgradnjom znatno će se poboljšati opskrba električnom energijom potrošača na području općine Virovitica, a djelomično i konzumnog područja općine Koprivnica i Našice. Nadalje će se omogućiti potpuna elektrifikacija široke potrošnje na jednom dijelu još neelektrificiranih područja spomenutih općina, kao i podizanje novih industrijskih postrojenja.

Investitor »Elektroprenos« iz Zagreba povjerio je građevne i montažne radove na tom dalekovodu poduzeću »Dalekovod« iz Zagreba. Nakon izvršenog tehničkog pregleda komisija za preuzimanje dalekovoda ocijenila je sve izvedene radove kao vrlo dobre.

Pocinčane čelične rešetkaste stupove od profilnog čelika, tip »jela«, isporučilo je poduzeće »Energoinvest« iz Sarajeva. Presjek vodiča je 150 mm² alučel, a zaštitno uže od čelika 35 mm². Izolatori su porcelanski tip K-170/280.

Pojna tačka dalekovoda je TS 110/35 kV Međurić, koja dobiva energiju dalekovodom 110 kV Sisak—Međurić iz TS 110/35 kV Sisak. Kao izlazna tačka predviđena je TS 110/35 kV Virovitica, no kako ta stanica još nije izgrađena, to je novo sagrađeni vod priključen na postojeću transformatorsku stanicu 35/10 kV u Virovitici. Za buduću TS 110/35 kV Virovitica već je izrađen glavni projekt. Za cjelokupnu gradnju, montažu i opremu na dalekovodu 110 kV Međurić—Virovitica investitor je uložio iznos od oko 240 miliona dinara.

I. R.

VIJESTI IZ POJEDINIH PODUZEĆA I INSTITUTA

Analiza postojećeg sistema stručnog obrazovanja

1. Opći pregled

Školovanje elektroprivrednih kadrova u Hrvatskoj ograničilo se do danas samo na obrazovanje kvalificiranog radnika, dok ostali stupnjevi nisu postojali, ili bar nisu organizirani u elektroprivredi. U poslijeratnom periodu prevladavalo je stanovište da treba osposobiti kvalificiranog radnika kao osnovnog nosioca djelatnosti u elektroprivredi, za specifične elektroprivredne poslove, a ostale stupnjeve, naročito visokostručne kadrove, ne treba posebno obrazovati, već ih dobivati iz redovitih obrazovnih ustanova.

Na osnovu tako konkretno određenih zadataka, bivše Ministarstvo elektroprivrede FNRJ osnovalo je 1947. Elektroprivrednu školu u Zagrebu, koja je imala karakter savezne ustanove. Škola je imala zadatak redovnog školovanja kvalificiranog radnika industrijskog tipa u elektrotehničkoj i strojarskoj struci. Ministarstvo je odredivalo nastavni plan i program, te financiralo osnovnu djelatnost škole. Školovanje je trajalo 3 godine, a stjecala se svjedodžba kvalificiranog radnika.

Reorganizacijom školstva 1951, dolazi do bitne promjene u sistemu obrazovanja, a time i do promjene odnosa elektroprivrede i škole. Škola se stavlja pod izričitu kompetenciju organa prosvjete Republike, da bi kasnije bila pod kompetencijom NO općine. Ove promjene ne samo da su formalno odvojile školu od elektroprivrede već su one oslabile utjecaj elektroprivrede, naročito na nastavni plan i program, kao i plansko školovanje kadrova za potrebe elektroprivrede.

Škola je postala industrijska na budžetu NO općine sa zadatkom, da školuje kadar elektrotehničke i strojarske struke općeg tipa.

Program je propisan po organima prosvjete i vrijedi za sva zvanja iste struke.

Ovaj period ostavlja prilično negativne posljedice kako na strukturu kadrova u elektroprivredi, tako i na sam sistem obrazovanja.

Ustanovljavanjem zajednica elektroprivrednih poduzeća 1954/55, dolazi do ponovnog oživljavanja rada na području obrazovanja kadrova, koje se najprije javlja u obliku davanja smjernica na provođenju nastavnih programa, te darovanja raznih električnih aparata i naprava kao učila. Takovo stanje potrajalo je različito dugo u pojedinim republikama, da bi napokon došlo do ponovnog uključivanja tih škola u elektroprivredu. Ponovno uključivanje škola u elektroprivredu donijelo je tim školama i drugu ulogu. Škole su postale jezgra za stvaranje višestepenog obrazovanja, a time stvorile i uvjete za formiranje školskih centara.

2. Današnje stanje kadrova u elektroprivredi SR Hrvatske

Analiza stvarnog stanja i stvarnih potreba vršena je u toku 1962. godine i stanje tablice odgovara stvarnom stanju na dan 31. XII 1962. Analizom su obuhvaćeni svi stručni kadrovi relevantni za elektroprivredu, bez obzira, da li rade na osnovnoj djelatnosti ili nekoj sporednoj u elektroprivredi. Upravo taj kadar čini osnovni stručni kadar elektroprivrede i on se mora promatrati i s obzirom na vlastito školovanje. Dio stručnog kadra, a to su svi osim diplomiranih inženjera, moguće je osposobljavati kroz Školski centar, ukoliko su brojčane potrebe tolike, da bi opravdale postojanje određene škole.

Prema priloženoj tablici opravdanje ima samo škola za kvalificirane i eventualno, i to u kraćem razdoblju, škola za visokokvalificirane radnike. Naime ove škole pokazuju opravdanje pod uvjetom da im je kapacitet ranije Elektroprivredne škole i da je porast energetskih postrojenja ujednačen. Međutim, omjer strojara i električara mora biti drugačiji nego što je on ranije bio u Elektroprivrednoj školi, i sada u Školskom centru. Prema analizi stoji, da nam na dan 31. XII 1962. nedostaje 186 kvalificiranih električara, a da strojara imamo više čak za 62. Ukupno u sve tri kategorije radnika imamo 428 električara manje, a kod strojara imamo 8 previše. Ako se sada podsjetimo na omjere školovanja ovih dviju ključnih struka u ranijoj Elektroprivrednoj školi, koji je u prosjeku cca 2 : 1 u korist električara, a taj je omjer zadržan i danas (52 : 24 diplomirana đaka godine 1962), onda nam se nameće zaključak da se školovanje strojara mora obavljati drugačije. Možda bi bilo korisno, da se to razmatra na jugoslavenskom elektroprivednom nivou. Nema sumnje, da je postojanje strojara u Školskom centru za potrebe elektroprivrede samo balast i trošenje sredstava, kojih ionako nema na odmet. Manjak od 186 kvalificiranih radnika elektrostruke, uz današnji kapacitet 60 diplomiranih đaka godišnje, može se u narednih 3—4 godine svesti u normalnu kolotečinu, tako da će škola s kapacitetom od 40 diplomiranih đaka godišnje moći podmirivati sve potrebe elektroprivrede.

Za školovanje visokokvalificiranih radnika, s obzirom na broj i s obzirom na prethodno obrazovanje, nije ni potrebno ustrojavanje posebne škole, već se obrazovanje može obavljati seminarskim putem pri školi za kvalificirane radnike.

Obrazovanje inženjera i tehničara, s obzirom na potrebe nije potrebno drugačije organizirati nego danas. Današnji sistem obrazovanja putem redovitih tehničkih škola i fakulteta potpuno zadovoljava, kako vremenskim trajanjem, tako brojem, kvalitetom i konačno cijenom.

3. Dosadašnji način školovanja kvalificiranih i visokokvalificiranih radnika

Školovanje u Elektroprivrednoj školi trajalo je 3 godine, a odvijalo se kroz teoretsku nastavu i praktički rad u vlastitoj radionici. Đaci su imali status redovitog đaka Industrijske škole za kvalificirane radnike. Nastava i praktički rad odvijali su se samo u prijepodnevnim satima s istim vremenskim trajanjem od 24 sata tjedno u izmjeničnim ciklusima. Pravo upisa u školu imali su đaci sa završenom osmogodišnjom školom, ranije s malom maturom. Nastavni program škole sastojao se od stručnih i općih predmeta. Obadvije struke đaka su u prvoj školskoj godini učile po jedinstvenom programu, a u drugoj godini su razdvajani u odjele elektrotehničkog i strojarskog smjera.

U školi su izučavani ovi stručni predmeti:

1. Matematika
2. Fizika
3. Kemija
4. Mehanika
5. Mehanička tehnologija
6. Teh. crtanje
7. Elementi strojeva
8. Osnovi elektrotehnike
9. Električna mjerenja
10. Električna mreža
11. Električne instalacije
12. Električni strojevi i transformatori
13. Rasklopna postrojenja
14. Enciklopedija strojeva
15. Osnovi elektroprivrede
16. Pogonska kalkulacija
17. Osnovi nauke o toplini
18. Parni kotlovi
19. Toplinski strojevi
20. Hidraulični strojevi
21. Enciklopedija elektrotehnike

Uspoređujući broj sati predmeta koji su propisani nastavnim planom, može se odmah zaključiti, da je đak bio suviše opterećen, koliko teoretskom nastavom, toliko i praktičnim radom, pa je zbog toga ovaj program morao pretrpjeti korekcije.

Na završetku školovanja đak je radio maturalni zadatak, kasnije diplomski rad. Rad se sastojao od praktičnog dijela i teoretske obrade. Na izradi praktičnog dijela može učestvovati i više đaka odjednom, ukoliko se radi o složenijem predmetu.

Završetkom školovanja đak je stjecao zvanje kvalificiranog radnika elektrotehničke struke ili kvalificiranog radnika strojobravara. Time se školovanje kvalificiranog radnika završavalo.

Broj đaka, koji su završili školovanje u razdoblju od 1950. do 1960. naveden je u tablici na str. 248 *(Broj svršenih đaka)*.

Ako se analizira broj đaka u posljednjih 12 godina, slijedi da je elektroprivreda imala godišnje u prosjeku 73 kvalificirana radnika iz škole i to oko 31 strojara i oko 42 električara, sposobna da stupe u proces proizvodnje. Pored toga tablica pokazuje da je strojara školovano mnogo više nego ih elektroprivreda uopće treba, a da je električara bilo veoma malo i da ih je trebalo tražiti na drugoj strani.

Prema evidenciji koja se vodi u školi, u razdoblju od 1952. pa sve do 1958. elektroprivredna poduzeća se uopće ne prijavljuju u školu sa svojim zahtjevima za školovanje đaka, već sama škola čini napore da svršeni đaci nastupe rad u jednom od elektroprivrednih poduzeća. Međutim, napori škole ostaju uzaludni, jer veći dio đaka, ili gotovo svi, rodom su iz Zagreba, gdje im žive roditelji i ne žele odlaziti u pokrajinu, a pogotovo ne u mjesta gdje se nalaze elektroprivredna proizvodna poduzeća. Tako svršeni đaci Elektroprivredne škole nalaze zaposlenje uglavnom kod zagrebačkih zanatlija ili nekih gradskih poduzeća. Neznatan dio đaka, uglavnom rodom iz pokrajine, ili bez roditelja, zapošljuje se u elektroprivrednim poduzećima. Pretpostavlja se da danas radi u elektroprivredi oko 250 radnika, koji su završili Elektroprivrednu industrijsku školu.

Prema dosadašnjim iskustvima, đak elektroprivredne škole imao je zadovoljavajuće teoretsko obrazovanje, dok je praktičko znanje bilo dosta oskudno, tako da je bio potreban neuobičajeno dug period za potpuno uključenje u proces rada u elektroprivrednom poduzeću. U razdoblju od 1956. do danas radi se intenzivno na poboljšanju praktičnog dijela obrazovanja u Elektroprivrednoj školi, kako bi se đak još za vrijeme školovanja upoznao s procesom proizvodnje i potrebnim radnim operacijama. Osnivanjem Školskog centra u Zagrebu, koji je jedna vrsta pravnog slijednika ranije Elektroprivredne škole, poduzimaju se znatne mjere za poboljšanje, odnosno približavanje praktičnog rada u radionicama centra radu elektroprivrednih poduzeća.

U razdoblju od 1956. do 1960. izvršeno je nekoliko analiza strukture kadrova u elektroprivredi Hrvatske i na osnovu njih je utvrđena potreba za visokokvalificiranim radnicima, tehničarima i inženjerima, uglavnom svih struka. Te analize su bile baza za daljnje planiranje kadrova, osnovne elektroprivredne struke. Započeto je opsežno stipendiranje đaka na srednjim stručnim školama i studenata na tehničkim i ostalim fakultetima. Međutim, dok danas gotovo nema problema za visoko stručnim kadrovima (inženjeri svih struka, pravnici i ekonomisti), dotle je i dalje ostao akutan problem visokokvalificiranog radnika i tehničara. Kako je ovaj problem postojao sve ozbiljniji, on je zahtijevao i neodložno rješenje za dulji period.

Pregled stvarnog stanja i potreba kadrova na dan 31. 12. 1962.

Radnici

Vrsta djelatnosti	Radnici elektrostruke							
	Stvarno stanje 1. I 1963.				Stvarne potrebe			
	VKV	KV	PKV	Ukupno	VKV	KV	PKV	Ukupno
					±	±	±	±
Proizvodnja i prijenos	149	168	43	360	258 — 109	122 + 46	50 — 7	430 — 70
Distribucija	490	1396	651	2537	432 + 68	1628 — 232	845 — 194	2905 — 358
Ukupno	639	1564	694	2897	690 — 41	1750 — 186	895 — 201	3335 — 428

Vrsta djelatnosti	Radnici strojarske struke								Sveukupno el. i stroj.	
	Stvarno stanje				Stvarne potrebe					
	VKV	KV	PKV	Ukupno	VKV	KV	PKV	Ukupno	ima	nedostaje
					±	±	±	±		
Proizvodnja i prijenos	169	217	134	520	247 — 78	169 + 48	122 + 12	538 — 18	880	88
Distribucija	31	77	12	120	17 + 14	63 + 14	14 — 2	94 + 26	2657	332
Ukupno	200	294	146	640	264 + 62	232 + 62	136 + 10	632 + 8	3537	420

Broj svršenih đaka

Struka	1950.	1951.	1952.	1953.	1954.	1955.	1956.	1957.	1958.	1959.	1960.	1961.	1962.	Ukupno
Električari	49	57	21	55	23	39	22	19	34	38	41	52	52	502
Strojari	22	21	65	47	43	33	16	16	17	20	31	28	24	383
Ukupno	71	78	86	102	66	72	38	35	51	58	72	80	76	885

Inženjeri i tehničari

Vrsta djelatnosti	Inženjeri								Tehničari							
	elektrotehn.			strojarski			ukupno		elektrotehn.			strojarski			ukupno	
	Ima	Treba	Razlika	Ima	Treba	Razlika	Ima	Nedostaje	Ima	Treba	Razlika	Ima	Treba	Razlika	Ima	Nedostaje
Proizvodnja i prijenos	42	49	— 7	8	13	— 5	50	— 12	47	49	— 2	14	26	— 12	61	— 14
Distribucija	68	113	— 45	—	1	— 1	68	— 46	139	316	— 177	2	2	—	141	— 177
Ukupno	110	162	— 52	8	14	— 6	118	— 58	186	365	— 179	16	28	— 12	202	— 191

Ovom problemu treba također dodati i obrazovanje zaposlenih, za čije se rješenje do danas nije gotovo ništa poduzelo, već su poduzeća bila prepuštena samima sebi da to rješavaju.

Slična je situacija i s obrazovanjem visokokvalificiranih radnika, koji polažu ispite pred komisijama narodnog odbora općine ili kotara, a pripremaju se u radničkim sveučilištima zajedno sa svim zvanjima određene struke. Prema tome kvalitet našeg visokokvalificiranog radnika ne odgovara niti približno potrebama elektroprivrede.

Ovi problemi su uvjetovali osnivanje Školskog centra na početku 1962., time da Centar objedini sve vrste obrazovanja kadrova u elektroprivredi i bude njihov glavni nosilac.

Prema planu Školskog centra, s kojim se suglasila Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, u Školskom centru će raditi: škola za kvalificirane radnike elektrotehničke struke, škola za visokokvalificirane radnike i viša tehnička škola. Ostalo je sporno postojanje srednje tehničke škole u Centru. Izuzevši školu za kvalificirane radnike, upisati se mogu samo osobe, koje imaju određenu praksu u pogonu. Na taj način se misli stvoriti kvalitetnije pogonsko osoblje, a s druge strane omogućiti kvalitetnijim visokokvalificiranim radnicima i tehničarima više obrazovanje kroz višu tehničku školu.

Pored navedenih škola, od Centra se traži neprekidno unapređenje znanja zaposlenih kroz održavanje tečajeva i kurseva za sve struke i zvanja u elektroprivredi. Takovi kursevi su upravo počeli, a održano ih je do sada ukupno 4 sa oko 200 polaznika. Prema mišljenju polaznika kvalitet predavanja i organizacija zadovoljavaju, pa se predlaže i dalje održavati takove kurseve.

4. Stanje pedagoškog kadra

Na nekoliko ranijih međurepubličkih savjetovanja raspravljalo se o stanju kadrova u elektroprivrednim školama, pa se kostatiralo da bi trebalo poduzeti uspješnije mjere za unapređenje, kako nastavnika, tako i instruktora praktičkog rada. To unapređenje trebalo bi provesti putem tečajeva i seminara kroz mjesece školskih praznika ili odlaskom na kraću specijalističku praksu u jedno od elektroprivrednih poduzeća ili druge odgovarajuće organizacije. Mislilo se da će te poteškoće potpuno nestati osnivanjem Školskog centra u Zagrebu, no one su i dalje ostale, koliko iz objektivnih toliko i iz subjektivnih razloga.

Pored specijalističke prakse, koja bi morala biti obavezna, treba u odgovarajuće akte Školskog centra uvesti ona

mjesta za koja je obavezna određena vremenska praksa u elektroprivredi. Ne smije se dogoditi da instruktori praktičnog rada nemaju nikakove elektroprivredne prakse, a vrše obuku kvalificiranog radnika za elektroprivredu.

Da bi se postiglo sve ono što se traži od Školskog centra, trebat će uložiti puno napora, a pored toga i sami nastavnici i instruktori moraju pokazati dosta volje za svoje unapređenje.

5. Škole učenika u privredi

Iako danas imamo dovoljan broj industrijskih škola i školskih centara, još se, kao redovite, stalno javljaju i škole učenika u privredi. Nema sumnje da su ove škole preživjele i da ih danas treba uglavnom odbaciti kao obrazovne ustanove. U prilog ovoj tvrdnji ide i dosta loš proces obrazovanja. Teoretsku nastavu vode osobe čije obrazovanje nije dovoljno da drugog obrazuju, pa i bez stručnog nadzora. Gotovo nema nikakovog sklada između programa teoretske nastave i praktičke obuke. Veći dio vremena praktičke obuke učenici su prepušteni samima sebi, pa se to sve veoma loše odražava na kvalitet njihovog znanja.

U Zagrebu danas djeluju dva Školska centra elektrotehničke struke na području općine Trešnjevka, a istovremeno, i to u zgradi Školskog centra elektroprivrede, djeluje i Škola učenika u privredi elektrotehničke struke sa cca 800 đaka. Đaci uglavnom pripadaju montažnim poduzećima elektrotehničke struke u Zagrebu. Zajednica elektroprivrede povela je akciju da se đaci svih tih poduzeća uključe u Školski centar i da im se osigura nastava po programu koji sama poduzeća predlože. Međutim, poduzeća nisu prihvatila taj prijedlog, jer bi time morala sama nešto ulagati za obrazovanje svojih radnika, a ovako ulaže samo NO općine. Uključivanjem u školski Centar znatno bi se poboljšala obuka tih polaznika, a time i njihovo stručno znanje.

Mirko Jovanović

Novi upravni odbor Zajednice elektroprivrednih poduzeća SR Hrvatske

Prema Zakonu o izmjenama i dopunama Zakona o elektroprivrednim organizacijama (Službeni list SFRJ br. 13/63) upravni odbor elektroprivredne zajednice sačinjavaju predstavnici poduzeća udruženih u zajednici, predstavnici distributivnih poduzeća i jedan predstavnik radnog kolektiva zajednice. Glavni direktor zajednice po svom je položaju član upravnog odbora zajednice. Broj predstavnika udruženih proizvodnih i prijenosnih poduzeća i broj predstavnika distributivnih poduzeća i način njihovog izbora određuju se pravilnikom, koji donosi upravni odbor zajednice.

Na IV redovitom zasjedanju održanom 23. V 1963., Upravni odbor starog saziva donio je Pravilnik o broju i načinu izbora predstavnika u Upravni odbor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske. Prema članu 3, 4. i 5. spomenutog Pravilnika, Upravni odbor sačinjavaju:

predstavnici udruženih poduzeća izabrani na način da svaki pogon sa samostalnim obračunom poduzeća bira po jednog predstavnika;
po jedan predstavnik distributivnih poduzeća »Elektra« Zagreb, »Elektroprimorje« Rijeka, »Elektrodalmacija« Split i »Elektroslavonija« Osijek;
jedan predstavnik radnog kolektiva Zajednice.

Udružena poduzeća u izgradnji i osnivanju predstavljaju u Upravnom odboru direktori poduzeća.

Predstavnike udruženih i distributivnih poduzeća u Upravni odbor Zajednice biraju radnički savjeti poduzeća, a predstavnika radnog kolektiva Zajednice svi radnici kolektiva prema općim propisima. Istovremeno s izborom predstavnika za članove Upravnog odbora Zajednice, bira se i određeni broj zamjenika.

Nakon izbora svih predstavnika koji sačinjavaju Upravni odbor Zajednice, konstituira se Upravni odbor, odnosno bira se predsjednik i njegov zamjenik na način predviđen Poslovnikom za rad Upravnog odbora. Mandat članova Upravnog odbora traje 2 godine. Ista osoba ne može biti birana više od 2 puta uzastopno za člana Upravnog odbora, odnosno za njegovog zamjenika.

Članom 10. spomenutog Pravilnika predviđeno je da polovici članova Upravnog odbora prestaje mandat nakon jedne godine, a novi se članovi biraju prema odredbama Pravilnika.

Na osnovu donijetog Pravilnika, radnički savjeti poduzeća i radni kolektiv Zajednice izabrali su u Upravni odbor zajednice slijedeće svoje predstavnike:

Naziv poduzeća	Ime i prezime člana Upravnog odbora	Dužnost koju vrši u poduzeću
Udružena poduzeća		
TE Jertovec	Vlado Gluhak	direktor
Kvarnerske elektrane	Branko Dobrila dipl. ing.	upravitelj pogona TE Rijeka
HE Gojak	Branko Vučemilo	direktor
HE Peruća	Dražen Vrdoljak dipl. ing.	tehnički direktor
HE »Nikola Tesla«	Radmilo Karlović dipl. pravnik	sekretar poduz.
HE na Cetini	Ante Busatto dipl. ing.	tehn. rukovod. HE na Cetini
	Ante Tadić	1. uklopničar u HE Kraljevac
Elektrane Zagreb	Ivan Petrović dipl. ing.	tehn. rukovodilac
Toplana Zagreb	Stjepan Šercl	direktor
Elektroprenos Split	Vojislav Macoko	direktor
Elektroprenos Zagreb	Ljubomir Lako dipl. ec.	rukovod. privr. rač. sektora
HE na Krki	Drago Kovačević	direktor
HE Senj	Danilo Vuksan	direktor
Distributivna poduzeća		
Elektra Zagreb	Nikola Kožina	tehn. rukovodilac
Elektrodalmacija Split	Hrvoje Vidović dipl. ing.	tehn. rukovodilac
Elektroslavonija, Osijek	Uroš Zdjelar	upravitelj PU Vukovar
Elektroprimorje, Rijeka	Ljubomir Marušić	direktor
Radni kolektiv Zajednice		
	Ivo, Božin, dipl. ing.	šef Pogonskog odjela
Po služb. dužnosti	Miloš Damjanić	glavni direktor ZEPH

Na 1. redovitom zasjedanju održanom u Zagrebu dne 13. VI 1963. konstituirao se Upravni odbor. Za predsjednika je izabran Vlado Gluhak, direktor TE Jertovec, a za njegovog zamjenika Ante Busatto, dipl. ing, tehnički rukovodilac HE na Cetini.

I. Medvedec

Sastanak Studijskog komiteta za mrežu 220 kV Jugoslavije, Jugoslavenskog nacionalnog komiteta CIGRE

U Zagrebu je, u prostorijama Instituta za elektroprivredu, održan 27. 6. 1963. sastanak Studijskog komiteta za mrežu 220 kV Jugoslavije kojemu je prisustvovalo 13 članova i 5 gostiju.

Nakon pozdravnih i uvodnih riječi predsjednika Studijskog komiteta prof. dr ing. Stefaninija i domaćina sastanka direktora ing. H. Mattesa, tajnik Studijskog komiteta ing. Markovčić izvijestio je prisutne o djelatnosti komiteta u razdoblju od posljednjeg zasjedanja. Poslije ovog uvodnog dijela prešlo se na referate i izvještaje prema utvrđenom programu, koji je razaslan članovima uz pozive za sastanak.

Ing. Ljubojević referirao je o stavljanju u pogon i ispitivanju voda 220 kV Titograd—Srbobran. Iz diskusije je proizašla konstatacija o neobičnoj koristi ovakovih mjerenja s kojima se kod nas tek započelo, no ujedno su utvrđene velike poteškoće koje izaziva pomanjkanje odgovarajuće aparature u Jugoslaviji.

Rezultate studije orijentacione mreže 220 kV Jugoslavije za 1980, koja je rađena u institutima u Ljubljani, Zagrebu i Beogradu, iznio je prof. dr ing. Plaper. Diskusija je pokazala, da još ima dosta neriješenih problema u području projektiranja jugoslavenske mreže 220 kV. Naročito je došao do izražaja problem određivanja presjeka vodiča vodova 220 kV, granično strujno opterećenje kao i jačina napona u mreži 220 kV.

Osnovni referat o potrebi studije prijelaza na više napone od 220 kV u Jugoslaviji podnio je dr ing. Despotović iznoseći, da rezultati dobiveni prilikom razrade perspektivne mreže 1980. ukazuju na potrebu izrade takove studije. Na ovo je ing. Ivošević nadovezao prikaz studije perspektivne mreže Srbije za 1985, koja je razrađena na bazi ukupne jugoslavenske potrošnje od 80 milijardi kWh. Diskutanti u vezi ovih referata su se složili, da bi kao slijedeći viši napon u Jugoslaviji došao u obzir napon 400 do 500 kV. Koji će napon biti konačno odobren, ovisi u prvom redu o budućim vezama najvišeg napona sa susjednim zemljama istoka i zapada.

Ing. Jung je zatim iznio najnovije studije o kratkom spoju u mrežama visokog napona, koje su rađene u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu. Prikazani su radovi »Metodologija proučavanja kratkog spoja« i »Uzemljenje zvjezdišta i kratki spoj u 110 i 220 kV mreži SR Hrvatske«.

Na ovu je problematiku dr ing. Despotović iznio najnovije dostignuće Instituta »N. Tesla« u Beogradu u vezi metode računanja kratkog spoja na digitalnim računskim strojevima, istaknuvši naročito kratkoću, tačnost i eleganciju postupka.

Pitanje standardizacije odnosa utvrđivanja glavnih parametara opreme 220 kV iznio je ing. Markovčić. Taj je problem istican na prošlom zasjedanju Studijskog komiteta i sastanku JNK CIGRE u Budvi 1962. no učinjeno nije ništa. Budući da su za ove studije u JUGEL-u osigurana izvjesna sredstva, mogao bi ovaj problem krenuti s mrtve tačke. Zaključeno je, da se u okviru ovog Studijskog komiteta organizira radna grupa, koja bi uz financijsku pomoć JUGEL-a rješavala ova pitanja.

Posljednji referat bio je prikaz ing. Markovčića, koji je iznio najnoviji elaborat Instituta za elektroprivredu u Zagrebu, u kojemu je obrađen problem upotrebe zaštitnih užeta od dobro vodljivog materijala na nadzemnim vodovima 110 i 220 kV, naročito u vezi redukcije struja kvara u stupu i u zemlji. Članovi Studijskog komiteta iz pojedinih republičkih Zajednica pokazali su za ovu problematiku naročiti interes, smatrajući je vrlo aktuelnom.

Na koncu ja zaključeno, da je iznesena problematika toliko aktuelna i interesantna, da je treba u obliku referata iznijeti na slijedeće zasjedanje JNK CIGRE 1964. Predsjednik i tajnik komiteta će sastaviti pregled tema, koje bi se preporučile da se iznesu na zasjedanje.

Predsjednik prof. dr Stefanini zahvalio je prisutnima na suradnji i direktoru Instituta za elektroprivredu u Zagrebu na gostoprimstvu i time zaključio sastanak.

B. M.

Savjetovanje Studijskog komiteta za zaštitu i releje Jugoslavenskog nacionalnog komiteta CIGRE

Savjetovanje Studijskog Komiteta za zaštitu i releje Jugoslavenskog nacionalnog komiteta CIGRE održano je 11. i 12. lipnja 1963. u prostorijama Zajednice elektroprivrednih poduzeća Bosne i Hercegovine i Elektroprenosa u Sarajevu.

Ovom savjetovanju prisustvovao je 21 predstavnik zainteresiranih organizacija elektroprivrede, elektroindustrije, projektnih organizacija, instituta i fakulteta. Savjetovanje je otvorio predsjednik Komiteta ing. Edvard Höhler, te predložio slijedeći dnevni red:

A. Problemi statistike

1. Pregled kvalitete rada zaštite mreže 110 kV i 220 kV za 1961. Referat Zajednice jugoslavenske elektroprivrede.
2. Pregled kvalitete rada zaštite generatora i transformatora za 1961. Izvještaj Sekretarijata komiteta.
3. Pregled kvalitete rada uređaja za ponovno ukapčanje u 1961.
4. Dogovor u pogledu izrade pregleda rada zaštite za 1961.

B. Zaštita vodova

5. Zaštita distributivne mreže 35 (30) kV u uslovima uzemljenja zvjezdišta sistema preko malog otpora. Referat Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske (ing. V. Hangi).

C. Opći problemi

6. Održavanje releja. Referat ing. A. Kurnika.
7. Zasjedanje Studijskog komiteta za zaštitu i releje CIGRE u Varšavi maja 1963. Izvještaj ing. M. Golubovića i dr ing. A. Ogorelca.
8. Suradnja sa stručnom komisijom za zaštitu i mjerenja pri Zajednici jugoslavenske elektroprivrede.
9. Smjernice za dalji rad.

KONSTATACIJE I ZAKLJUČCI

A. Problemi statistike

1. Pregled kvalitete rada zaštite 110 kV i 220 kV mreže za 1961. Pregled za 1961. za razliku od pregleda 1960. dopunjen je iscrpnim komentarom, kako bi se uz pregled kvalitete rada dobila i stvarna slika kvalitete distantnih releja pojedinih firmi, što je zaključeno na savjetovanju Studijskog komiteta u Portorožu 20. i 21. 2. 1962. Tokom diskusije konstatirano je, da bi bilo vrlo interesantno osim podataka o ispadima uslijed ispravnog ili neispravnog djelovanja zaštitnih uređaja, dati i podatke o ekonomskim gubicima za privredu uslijed prekida dobave energije potrošačima. Zaključeno je, da se u buduće i ti podaci daju u okvirima komentara uz pregled kvaliteta rada zaštite. Takvi podaci vrlo bi uvjerljivo ukazivali na ekonomsku opravdanost zamjene zaštitnih uređaja slabije kvalitete kvalitetnijim, iako

skupljim. Četiri člana komiteta prikupit će podatke o ekonomskoj šteti zbog prestanka dobave električne energije važnijim, osjetljivim velepotrošačima na području Hrvatske, Slovenije, Bosne i Hercegovine i Makedonije.

2. *Pregled kvalitete rada zaštite generatora i transformatora u 1961.* Prema zaključku sa savjetovanja u Portorožu izrađeni su pregledi kvalitete rada zaštite generatora i transformatora za 1961. analogno kao za zaštitu radova, a prema razradi člana Komiteta F. Božute. Usvojene su neke promjene u formularima na osnovu dosadašnjih praksa.

Predlaže se da JUGEL na način koji je primijenjen za statistiku zaštite vodova za 1961. omogući izdavanje analogije statistike rada zaštite generatora i transformatora, jer sekretarijat studijskog komiteta ne raspolaže za to potrebnim sredstvima.

Tokom diskusije o radu zaštitnih releja konstatirano je češće povređivanje zaštite od nesimetričnog opterećenja generatora. Kako su podaci o dozvoljenim nesimetričnim opterećenjima, a prema tome i udešenja ove zaštite, vrlo različiti to će se od tvornice »Rade Končar« tražiti odgovarajući tačni podaci. Ova tvornica kao i neke inozemne bit će konzultirane i u pogledu dozvoljenih pogonskih prenapona odnosno odgovarajućih naponskih i vremenskih udešenja prenaponske zaštite, koja često nepotrebno i neopravdano povređuje, a u HE Vrutak izvršit će se snimanje karakteristike napona kod punog rasterećenja generatora i to kod različitih udešenja regulatora napona.

Ovaj komitet će nadalje sakupiti podatke o kvarovima na nekim generatorima i transformatorima na području naše zemlje za 1961. i 1962. što će biti važan pokazatelj o radu zaštitnih uređaja i opravdanosti njihove ugradnje.

U buduće vodit će se evidencija i o radu Bucholzove zaštite transformatora.

3. *Pregled kvalitete rada uređaja za ponovno ukapčanje u 1961.* Za izradu takove statistike već su prije dani potrebni formulari i od strane Komiteta i od stručne komisije JUGEL-a. No pristigli podaci su nepotrebni, pa će se naknadno prikupiti u cijelosti i objaviti sa statističkim podacima o radu zaštitnih releja.

4. *Dogovor u pogledu izrade pregleda rada zaštite za 1962.* Pregled rada zaštite bit će razređen po republikama i takav dostavljen Studijskom komitetu. Predlaže se da JUGEL organizira obradu i objavljivanje ovih statističkih podataka na isti način, kako je to bilo urađeno za 1961.

B. Zaštita vodova

5. *Zaštita 35 (30) kV distributivne mreže u uslovima uzemljenja zvjezdišta sistema preko malog otpora.* Ovaj je referat napisan još prije dvije godine. Konstatirano je da danas već postoje izvjesna iskustva s uzemljenjem preko malog otpora (kabelska mreža grada Beograda) te da se u pogledu zaštite išlo na kompletnija rješenja. Kako danas vlada sve veći interes za ovakav način uzemljenja mreže 35 kV treba i odgovarajućoj zaštiti posvetiti veću pažnju. Zbog toga će referent proširiti referat novim iskustvima i rješenjima.

Veliki je interes pobudlia informacija da je Institut za elektroprivredu u Ljubljani izradio studiju s mjerenjem prenapona na modelu mreže 35 kV kod dozemnih spojeva kod različitih uslova uzemljenja zvjezdišta. Smatra se da je ovakav studijski rad od koristi te da bi ga trebale poduprijeti republičke elektroprivredne Zajednice, odnosno zainteresirane organizacije.

C. Opći problemi

6. *Uzdržavanje releja.* Referat je pobudio velik interes. Domaćoj tvornici »Iskra« se predlaže da održava tečajeve o uzdržavanju releja, mjernih instrumenata i brojila vlastite proizvodnje. Zaključeno je da ovaj komitet sakupi dokumentaciju za uzdržavanje zaštitnih releja domaće proizvodnje, te onih vanjskih tvrtki čiji se relejni uređaji kod nas najviše upotrebljavaju. Zbog važnosti ove problematike izabrana je radna grupa od 4 člana, koja će voditi računa da se ovaj podatak što bolje i kompletnije izvrši. Poželjno je naime, da osoblje koje uzdržava zaštitne uređaje u postrojenjima dobije potrebne upute po mogućnosti u obliku štampanog priručnika.

7. *Zasjedanje Studijskog komiteta za zaštitu i releje CIGRE u Varšavi maja 1963.* Članovi našeg Komiteta koji su prisustvovali ovom zasjedanju podnijeli su izvještaj o temama i usvojenim zaključcima. Kako je tematika obuhvaćena na tom zasjedanju vrlo interesantna i aktuelna, to je zaključeno da se gradivo umnoži, kako bi postalo pristupačno svima zainteresiranima.

8. *Suradnja sa stručnom komisijom za zaštitu i mjerenje pri Zajednici jugoslavenske elektroprivrede.* Kako predstavnik JUGEL-a nije bio prisutan, nije se moglo detaljnije raspravljati o koordinaciji rada između Studijskog komiteta i novoosnovane komisije JUGEL-a. Naglašeno je međutim, da bi ova komisija trebala što prije započeti radom. Potrebno je naime, da pored statistike o radu zaštite i ponovnog ukopčanja za 1963. ova komisija preuzme i druge važne zadatke, posebno one operativnog značaja, kojima se Studijski komitet ne može i ne treba baviti.

9. *Smjernice za dalji rad*

a) S obzirom na širenje automatizacije i prodiranje i na područje elektroprivrede, te na usku povezanost relejne automatike i relejne zaštite (npr. zaštita vodova i ponovno ukapčanje), nužno se nameće, da Studijski komitet za zaštitu i releje proširi područje svoje aktivnosti i na područje automatizacije. Na slijedećem zasjedanju očekuje se referat, koji će obrađivati problematiku lokalne automatizacije transformatorskih stanica.

b) Sekretarijat Studijskog komiteta prema donesenom zaključku počet će skupljanjem bibliografskih podataka s područja zaštite, posebno podatke o stručnim člancima domaće i strane literature.

c) Slijedeći sastanak Studijskog komiteta održat će se krajem ove godine u Beogradu.

Nakon završetka zasjedanja prisutni su posjetili neke pogone poduzeća »Energoinvest« Sarajevo, te transformatorsku stanicu Blažuj. Uspješnom odvijanju zasjedanja sa svoje su strane mnogo pripomogli domaćini, Zajednica elektroprivrednih poduzeća BiH, te »Elektroprenos« Sarajevo.

V. H.

Seminar i izložba JUREMA 1963.

Zagreb, 15 — 20. travnja

Osmi Jugoslavenski seminar za mjerenje, regulaciju i automatizaciju okupio je ove godine 320 stručnjaka iz Jugoslavije, Švedske, Austrije i Zapadne Njemačke: 20 članova odbora JUREMA, 53 predavača i 247 polaznika seminara. Taj veliki stručni skup raspravljao je tjedan dana o nizu problema: od specijalističkih diskusija o pojedinim predavanjima, pa do aktuelnih problema provođenja automatizacije u pogonima i stručnih kadrovskih problema. JUREMA 1963. imala je vrlo obilan program: održana su 49 predavanja, od toga 10 iz inozemstva, o svakom se predavanju diskutiralo u detalje, održano je nekoliko panel-diskusija, na plenarnom sastanku razmotren je dosadašnji rad JUREMA i problemi automatizacije u Jugoslaviji, polaznici su u dvije ekskurzije posjetili Toplanu Zagreb i Tvornicu parnih kotlova u Zagrebu, te detaljno razgledali izložbu JUREMA 1963, koja je održana na Proljetnom zagrebačkom velesajmu.

Predavanja su održavana u dvije paralelne sekcije, a svrstana su bila u 4 grupe. U *općoj* grupi predavalo se o automatskoj obradi podataka u planiranju proizvodnje industrijskih poduzeća, ispitivanju radne sposobnosti radnika, analizi radnih mjesta, ozakonjenoj primjeni međunarodnog sistema mjernih jedinica, problemu stroja koji bi mogao obavljati različite poslove, pa čak i one s područja mentalnog rada itd. U grupi za *mjernu* tehniku raspravljalo se o

ispitivanju električkih strojeva, ispitivanju habanja kliznih prstena radioaktivnim izotopima, aparatima za mjerenje ultrazvukom, mjerenju gustoće pomoću gama-zračenja, aktivacionoj analizi u industriji, emisionoj spektroskopiji u kemiji i metalurgiji itd.

Predavanja iz grupe *elemenata* mjerne i regulacione tehnike obuhvatila su električke niskonaponske aparate, regulator brzine vrtnje diesel-električnog agregata za vuču, magnetski impulsni i uljnopneumatski regulator, pretvarač sile i pritiska (presduktor), vlagomjer na principu litijeva klorida, problematiku gradnje istosmjernih pojačala s tranzistorima za primjenu u regulacionoj tehnici, malu uklopnicu, probleme konstrukcije releja, postavne organe u regulaciji protoka, digitalne mjerne instrumente itd.

U grupi za *regulaciju i automatizaciju,* inače najopsežnijoj, opisane su mogućnosti automatizacije i iskustva u industriji nafte i industriji papira *domaćim* elementima, problemi automatiziranog varenja, digitalni sistemi za upravljanje, servomehanizmi regulacionih šipki i stroj za izmjenu goriva energetskih reaktora, automatizacija nekontinuiranih procesa, kontrola i mjerenja u vodoopskrbnim sistemima željezara, nove metode optimiranja regulacionih krugova, analiza izmjenjivača topline nuklearne elektrane, algebra logičkih sklopova, asinhroni motor kao element regulacionog kruga itd. Posebno zanimanje izazvalo je nekoliko predavanja o domaćim montažnim iskustvima i o planiranju uvođenja automatizacije.

Visoki državni i privredni rukovodioci vrlo su povoljno ocijenili uspjeh kako seminara, tako i paralelne »Izložbe JUREMA 1963«. Tom uspjehu mnogo je doprinijelo to što je 41 od ukupno 49 predavanja bilo štampano unaprijed u »Zborniku radova JUREMA 1963«, knjiga I, koji su učesnici seminara dobili prilikom dolaska na seminar. Na taj način rad seminara mogao se velikim dijelom razvijati u smislu plodne i detaljne diskusije o pojedinim problemima izloženima u već štampanim referatima. Interesantna je novost prve knjige »Zbornika« što je na njenom kraju štampan rječnik s područja regulacione tehnike i automatizacije. Tu je na usporedbeni način objavljeno oko 200 izraza na šest jezika. Diskusije na predavanjima i na plenarnom sastanku JUREME bilježene su stenografski i magnetofonom pa će zajedno s preostalih osam predavanja biti objavljene u »Zborniku radova JUREMA 1963«, knjiga II«, gdje će se prema izjavama odbornika JUREME objaviti i fotografije sa seminara i izložbe, podaci o izloženim instrumentima i uređajima itd.

Seminar se održavao u modernoj i u tu svrhu vrlo funkcionalnoj zgradi Radničkog sveučilišta »Moša Pijade«, gdje su na raspoloženju stajala sva potrebna tehnička pomagala. Organizacija seminara bila je besprijekorna, a isto tako bilo je i vođenje predavanja, gdje su na svakom bila dva voditelja — obično poznati stručnjaci — koji su se brinuli da diskusija teče ispravno u tehničkom i ekonomskom pogledu i da se ne izvrgne u polemičke rasprave između predstavnika pojedinih firmi. Posebna ocjenjivačka komisija ocjenjivala je i referate, te je dodijelila nagradu Zavoda za kalorička mjerenja i regulacije »Braća Kavurić« za najbolji referat s područja djelovanja tog zavoda. Seminar je završio plenarnim sastankom učesnika JUREMA 1963 na kojem su razmatrane smjernice za JUREMU 1964, a iza toga zajedničkom večerom, gdje je podijeljena nagrada i gdje su po posljednji put prije održavanja narednog seminara izmijenjena iskustva učesnika ovog velikog stručnog skupa.

Uspjeh ovogodišnje »Izložbe Jurema« na Zagrebačkom velesajmu čak je premašio očekivanja, jer je izložba u odnosu na 1962. pokazala kvalitativan i kvantitativan skok na području osvajanja i proizvodnje elemenata i uređaja za automatizaciju. Na »Izložbi Jurema« 1963. prvi je puta prikazano 5 novih različitih standardnih automatskih regulatora jugoslavenske proizvodnje: 1. Tranzistorsko-pneumatski automatski PID-regulator, 2. Tranzistorski automatski regulator PID sa sklopovima izvedenima u obliku umetaka (sistem dogradnih elemenata), 3. Magnetski automatski PI-regulator, 4. Mali i jeftini tranzistorski P-regulator, 5. Familija od 5 pneumatsko-hidrauličkih automatskih regulatora. Regulatori navedeni pod 2. i 5. razvijeni su i proizvedeni u poduzeću »Energoinvest«, Sarajevo, a ostali u Zavodu za kalorična mjerenja i regulacije poduzeća »Braća Kavurić«, Zagreb. Tu se mogu spomenuti i elektrohidraulički servomotori kao izvršni organi, koji su kompletno razvijeni i proizvedeni u spomenutom Zavodu.

Ako se novoosvojenim regulatorima dodaju i hidraulički regulatori s mlaznicom čiju je proizvodnju već ranije osvojilo poduzeće TIO, Lesce, te pneumatski automatski regulatori, koje proizvodi poduzeće »Teleoptik« iz Zemuna i neposredni regulatori proizvodnje »Prva Iskra«, Barić, uočavamo da je tom listom gotovo potpuno iscrpljen niz različitih vrsta automatskih regulatora. Naravno da različite firme u svijetu imaju svoje specijalne izvedbe, a i specifične namjene, no aparatima proizvedenim u Jugoslaviji može se pristupiti automatskoj regulaciji najvećeg broja fizikalnih i kemijskih veličina koje se susreću u industriji. Svi ovi uređaji imaju široku primjenu pri automatizaciji raznih operacija i procesa u kemijskoj, prehrambenoj, cementnoj, papirnoj i naftnoj industriji, te u termoelektranama. Za ove industrije potreban je i čitav niz mjernih instrumenata, od kojih su većinu prikazali naši proizvođači na »Izložbi Jurema«. Mjerne instrumente izlagali su: TIO Lesce, Jugomontaža Zagreb, Rudi Čajavec, Banja Luka, Braća Kavurić, Zagreb i Radioindustrija Zagreb.

Korisno je spomenuti da se za uređaje za automatizaciju, kontinuirano mjerenje i registriranje u procesnoj industriji danas investira između 5 i 15 % od ukupnih investicija za opremu. S uređajima koji su do sada osvojeni u Jugoslaviji, te se potrebe mogu pokriti sa 70 do 80 %. Kad bismo započeli još i proizvodnjom registratora (neke specifične proizvodi poduzeće »Teleoptik«, Zemun) i nekih specijalnih mjerača, mogli bismo se prema proizvodnom asortimanu usporediti sa razvijenim zemljama. Time je jedna faza jugoslavenskog razvoja na polju proizvodnje uređaja i elemenata za automatizaciju završena, pa treba učiniti korak dalje, tj. početi se intenzivnije baviti primjenom osvojenih proizvoda za pojedine industrijske grane i pojedine tehnološke operacije. Pri tom ima mnogo specifičnosti, koje s teorijom automatske regulacije nemaju nikakove veze, ali je radi uspješne automatizacije pojedinih procesa i operacija potrebno računati i s tim specifičnostima. S primjenom se zapravo moralo početi mnogo ranije, ali budući da je do sada na tom polju urađeno vrlo malo, sada je neophodno da se to učini. Jedino s konkretnijim rješenjima primjene moći ćemo konkurirati stranim proizvođačima, ali u tu svrhu treba osigurati posebna sredstva te razne oblike kooperacije između proizvodnih poduzeća i razvojnih jedinica.

Do sada smo spomenuli samo uređaje za procesnu industriju, jer je na tom području učinjen skok u osvajanju, a i potrebe su veoma velike. Pored gradnje novih kapaciteta doći će (ili su već u toku) do rekonstrukcije i modernizacije čitavog niza zastarjelih pogona. Od ostalih uređaja na »Izložbi Jurema 1963« tvornica »Nikola Tesla« iz Zagreba prikazala je uređaje za automatizaciju saobraćaja. Tvornica parnih kotlova iz Zagreba primjenu automatskog varenja na visokotlačnim postrojenjima, »Rudi Čajavec« iz Banja Luke i »Kontakt« iz Zagreba niz elemenata iz svoje proizvodnje, a Elektrotehnički institut poduzeća »Rade Končar« izložio je čitav niz uređaja za automatsko reguliranje raznih veličina na strojevima koje proizvodi njegovo matično poduzeće.

Kao i prošlih godina, tako je i »Izložba Jurema 1963« privukla velik broj posjetilaca stručnjaka, a zapažen je i znatan komercijalan efekat. Izložbu je posjetilo više delegacija, te državnih i privrednih rukovodilaca, npr. drugovi Kardelj, Bakarić, Todorović, te niz odgovornih privrednih rukovodilaca. Potpredsjednik Saveznog izvršnog vijeća drug Mijalko Todorović u svojoj izjavi za štampu ovako je ocijenio izložbu: Ovogodišnja »Izložba Jurema« zaslužuje posebnu pažnju, jer se na njoj susrećemo s prvim rezultatima, koji ohrabruju i po onom što su naši konstruktori učinili i po brzini primjene onih rezultata, koji su već ostvareni u institutima i konstrukcionim biroima«.

M. B.

Bimetalni mjerni instrumenti

Vrlo visoki godišnji prirast potrošnje električne energije u našoj zemlji stavlja pred planere budućeg razvoja mreže i projektante zadatak što točnijeg, a ujedno i neprekidnog praćenja konzuma, kao i njegovog prirasta, kako bi se na vrijeme moglo pristupiti izgradnji potrebnih elektroprivrednih objekata. Neočekivana preopterećenja transformatora, kabela i vodova mogu izazvati štete, koje često prelaze iznose koštanja samih uređaja, pogotovo tamo gdje nema rezerve u napajanju. Pored i najtočnijih prognoza izgradnja elektroprivrednih objekata često ne može slijediti potrebe u električnoj energiji koje neprestano rastu. S druge strane se elektroprivredne investicije isplate samo uz dobar faktor iskorištenja ukupnog postrojenja. Da bi se elektroprivredna postrojenja što bolje i jednakomjernije iskoristila, potrošači se stimuliraju na trošenje električne energije noću, kada je konzum znatno manji, pa je i ponuđena cijena električne energije znatno niža. S druge strane, da bi ublažili svoja vršna opterećenja, prisiljavaju se veći potrošači da plaćaju vršnu tarifu, kojoj je cijena znatno viša. Da bi ovakovi potrošači postigli moguću ekonomičnost u potrošnji električne energije, za njih je vrlo važno da imaju tačnu kontrolu dnevnih vršnih opterećenja. U tu se svrhu u svijetu već duže vrijeme upotrebljavaju bimetalni mjerni instrumenti, koji su se za ove svrhe pokazali osobito podesni. U časopisu *Elektrizitätswirtschaft*, br. 2., 1963. opširno je prikazan način djelovanja i primjena bimetalnih mjernih instrumenata u njemačkoj elektroprivredi.

Kontrola vršnog opterećenja

Bimetalni mjerni instrumenti već su duže vrijeme u upotrebi u svrhu kontrole mreža, pojedinih mrežnih grupa, distributivnih postrojenja, transformatora i kabela. Ovi su instrumenti prilično robustni, a cijena im je relativno povoljna. Osobito dobri su se pokazali u svrhe kontrole stanja opterećenja u transformatorskim i distributivnim postrojenjima, a isto su tako dobar pomagač kontrole opterećenja u velikim industrijskim pogonima. Kod ovih postrojenja bimetalni se ampermetri postavljaju u određene dijelove pogona, da bi se postiglo što bolje prekrivanje strojeva. Ravnomjernom kontrolom očitanja instrumenata dolazi se do saznanja, koja su često vrlo važna za vođenje pogona, kao npr. do pravovremene nabave novih transformatora tamo, gdje imamo usko grlo, ili bolje iskorištenje postojećih transformatora.

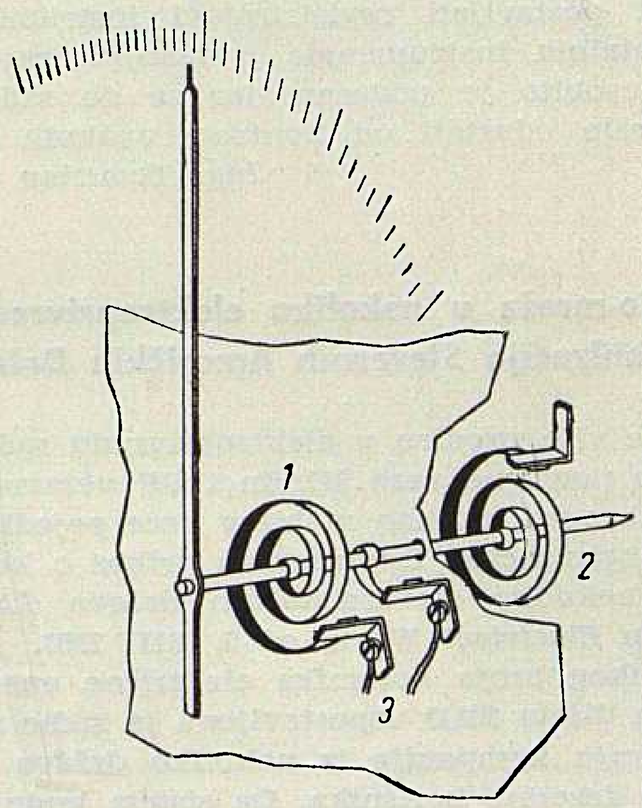
Bimetalni ampermetri postavljaju se dalje kao zaštita kabela od preopterećenja i ovdje imamo vrlo dobra iskustva, kako kod proizvođača tako i kod distributera električne energije. Redovito očitanje instrumenata, kao i tabelarno prikazivanje očitanih vrijednosti kroz dulje vrijeme dovodi do spoznaje, koje služe kao podloga za donošenje pravilnih odluka o potrebi poduzimanja odgovarajućih mjera, kako bi se preduhitrile eventualne nezgodne posljedice. Mali iznos cijene koštanja ovih instrumenata u odnosu na prednosti koje pružaju, daje im znatnu prednost pred upotrebom tzv. klasičnih instrumenata.

U današnjim uslovima razvoja naše mreže, kada prelazimo od stalnog dežurstva u transformatorskim stanicama na prisutnost osoblja, kako kod postrojenja 110/35 kV tako isto i kod postrojenja 35/10 kV, odnosno kada poduzimamo korake da u manjim postrojenjima potpuno ukinemo postojeću posadu, ovi nam instrumenti pružaju podesnu kontrolu maksimalnog opterećenja u vremenu između dva očitanja, što nam omogućuje povlačna kazaljka postavljena na ove instrumente.

Izgradnja i način djelovanja bimetalnih instrumenata

Bimetalni mjerni instrument kao mjerni organ ima bimetalnu spiralu (slika). Ona je napravljena od dva različita materijala, koji imaju različiti koeficijent izduženja, a koji su jedan s drugim vruće uvaljani. Ako se spirala, koja je samo na jednom kraju pričvršćena, zagrijava, ova će nastojati da se izvije. Okretanje kraja, koji je pričvršćen na osovinu kazaljke praktički je proporcionalno temperaturi spirale. Jedna druga spirala, koja je postavljena u protivnom smislu od prve, služi za kompenzaciju promjene sobne temperature. Relativno veliki zakretni moment ovog mjernog instrumenta omogućuje da pokazna kazaljka vuče za sobom povlačnu kazaljku, koja uvijek pokazuje najveću postignutu vrijednost. Za povrat kazaljke u početni položaj predviđen je posebni uređaj.

Bimetalni instrument kao termički instrument posjeduje izvjesnu tromost, koja upravo daje povoljne karakteristike zajedno s povlačnom kazaljkom. Kratkotrajna preopterećenja nisu interesantna ni za jedan oblik opteretivosti voda ili kabela. Mnogo češće je zapravo poželjno izvjesno vremensko zatezanje pokazivanja mjerene vrijednosti, jer su za opterećenja kako strojeva tako i kabela važna opterećenja koja traju dulje vrijeme. Vrijeme, koje je potrebno



Bimetalni mjerni mehanizam
1 mjerna bimetalna spirala
2 kompenzaciona bimetalna spirala
3 dovodi struje

da bi struja jednakog opterećenja ili odgovarajući strujni udari imali za posljedicu jednako pokazivanje kod pojedinih instrumenata, je različito. Njihova veličina u prvom redu ovisi o toplinskom kapacitetu bimetalnog mjernog instrumenta. Praksa je međutim pokazala da je vrijeme od 15 minuta za većinu strojeva osobito podesno. Ipak u nekim posebnim slučajevima, vrijeme udešenja uzima se 8 minuta, što djelomično ovisi o svrsi primjene ili o postojećoj mjesnoj tarifi.

Brzina udešenja bimetalnog mjernog instrumenta može se postaviti uz pomoć vremenske konstante. Pod time se razumijeva vrijeme, koje bi kazaljka utrošila za vrijeme pomaka od jednog proizvoljnog trenutka do postizanja najveće temperature, ako zadržava jednaku brzinu pomaka.

Izvedbe bimetalnih mjernih instrumenata

Kod bimetalnih instrumenata otklon kazaljke je pouzdana mjera za razvoj topline od protjecane struje, pa je radi toga osobito značajan za stanje opterećenja. Položaj kazaljke je kod toga mjera za srednju vrijednost struje mjerenja, a ne mjera za momentanu vrijednost. Pokazna skala bimetalnog instrumenta ima kvadratični karakter upravo radi termičkog mjernog principa.

S bimetalnim mjernim instrumentima mogu se mjeriti i srednje vrijednosti napona, a taj je instrument pogodan

za prikazivanje njegovih najvećih i najmanjih vrijednosti. Zahvaljujući posebnom spoju u slučaju nestanka napona neće doći do krivih pokazivanja najvažnijih vrijednosti napona, pa nije potrebno korigiranje povlačne kazaljke. Kazaljka se u slučaju nestanka napona postavi u srednji položaj skale i tamo ostaje tako dugo, dok instrument ponovo ne dobije napon.

Bimetalni instrumenti se postavljaju i za zaštitu alatnih strojeva. Mjerena struja je mjerilo za iskorištenje strojeva, ali također i pouzdana mjera za preopterećenje i prevelike zahtjeve na skupe strojeve. Kratkotrajno vršno opterećenje često ne uzrokuje nikakove štete. Međutim dugotrajno preopterećenje ipak može imati štetne posljedice. Pomoću bimetalnih ampermetara može se dakle ustanoviti, u kojem se redu veličine može kretati srednja vrijednost struje opterećenja. Također i za statistička promatranja i za studije razvitka potrošnje električne energije ovi instrumenti mogu biti od posebnog interesa.

Zaključak

Široko polje primjene ovih instrumenata kao i njihova relativno niska cijena dovoljan su razlog, da se oni sve više traže. Praksa je pokazala, da su ampermetri s pokazivanjem najveće vrijednosti vrlo djelotvorna, a po cijeni povoljna zaštita od eventualnog krivog planiranja. Glavno polje njihove primjene su razvodna postrojenja, gdje su se često morali postavljati registrirajući instrumenti. Postavljanje bimetalnih instrumenata u manjim razvodnim postrojenjima osobito je podesno, jer se do sada baš zbog skupoće moralo odustati od kontrole ovakvih postrojenja.

Ing. Tomislav Pavlović

Radio-mreža u nekoliko elektroprivrednih organizacija Sjevernih Američkih Država

Danas sve više prodiru u elektroprivredu radio-veze i to ne samo kao pomoćne veze žičnim i VF vezama, već i kao poseban oblik veza, tj. kao mobilne veze pojedinih elektroprivrednih organizacija. Interesantan prikaz o korištenju radio-veza u nekoliko sjeveroistočnih država SAD štampan je u časopisu *Electrical World* od 5. VIII 1963.

Zbog velikog broja korisnika električne energije u sjeveroistočnom dijelu SAD uspostavljena je radio-mreža u kojoj participiraju kompanije iz nekoliko država i kojom se mogu služiti desetine korisnika. Da sistem bude djelotvoran i siguran, uveden je selektivni poziv, koji omogućuje većem broju stanica, da bira druge stanice kao u normalnoj telefonskoj mreži.

Da bi bili jasni razlozi za uvođenje selektivnog poziva, treba napomenuti, da na istoj frekvenciji radi centrala civilne obrane iz Storrsa u državi Connecticut, te neke druge službe, kao npr. mobilna mreža prve pomoći i veterinarska mobilna mreža. Jasno je, da je uz tako veliki broj raznorodnih korisnika saobraćaj veoma jak i da daljnim povećanjem broja učesnika pada djelotvornost mreže. Tu su činjenice, koje su dovele do uvođenje selektivnog poziva. Prednosti su velike, ako se uzme u obzir, da sada korisnik ne treba stalno slušati sve pozive, kako bi utvrdio, koji se odnosi na njega, već kad je poziv njemu upućen on dobiva optički i akustički znak, podiže mikrotelefonsku kombinaciju i razgovora kao u normalnoj telefonskoj mreži. Odabrana prijenosna frekvencija svih korisnika je 47,62 MHz, a za poziv odabrana tonska frekvencija 1500 Hz. Poziv se može uputiti jednom korisniku, određenoj grupi korisnika, ili pak svim učesnicima mreže.

Ako se uzme u obzir, da je u današnje vrijeme, kada se kao sredstvo komunikacija sve više upotrebljavaju UKV veze, teško naći slobodne frekvencije, onda je takvo rješenje dobro, ali i primjenjivo u sasma određenim uslovima rada.

Rad na istoj prijenosnoj frekvenciji s uređajima za selektivni poziv u spomenutoj mreži pokazao se opravdanim i zbog toga, što je sklop za selektivni poziv tako konstruiran, da radi dulje vrijeme bez mehaničkih i električkih smetnji, da je neosjetljiv na vanjske smetnje, da je jednostavan za upotrebu i uzdržavanje i da mu je cijena pogodna.

Ing. Miljenko Krešić

Javljanje ispada putem radija

U službi elektroprivrednih poduzeća često se javljaju poteškoće uslijed toga, što se pravovremeno ne primaju obavijesti, da je koja transformatorska stanica ili dalekovod ispao iz pogona. Stoga su poduzeća bila primorana, da i u pojedinim stanicama manje snage ili važnosti drže posadu, što vrlo poskupljuje prijenosnu službu.

Interesirat će zato naše čitatelje rješenje, koje je objavio časopis *Electrical World* 10. VI 1963., i koje je primijenilo poduzeće »Electric Power Board« iz Chatanooga, SAD. To je poduzeće u svojim udaljenim transformatorskim stanicama i onima bez posade postavilo posebne radio-uređaje za javljanje ispada. U slučaju ispada sklopka aktivira uređaj za signalizaciju, koji šalje dispečerskom uredu odgovarajuće signale putem radija. Dispečerski ured dobiva uz akustički signal i informaciju upisanu na voštanoj traci putem zagrijane pisaljke, na temelju koje dispečer određuje lokaciju stanice iz koje je signal potekao.

Signalni uređaj ne pokazuje, koji je vod u kvaru. Monter locira grešku, tek kada izađe na teren, ali se uređaj za signalizaciju može montirati i za svaki vod posebno ili pak za grupu vodova.

Impuls se ne odašilje u slučaju ponovnog brzog ukopčanja, nego samo onda kad je sklopka definitivno ispala. Ona svojim pomoćnim kontaktom aktivira uređaj za signalizaciju. Uređaj ne pokazuje niske napone, ili visoke temperature na transformatorima iako se i to može izvesti dodavanjem jednostavnih elemenata.

Signal može na dobrom terenu doseći udaljenost od cca 65 km. Ako je transformatorska stanica tako smještena, da je propagacija radio-valova zbog toga otežana, može se uređaj za signalizaciju i odašiljač smjestiti vani na stupu dalekovoda. Uređaj je u takvom pogonu ispitan i radio je zadovoljavajuće. Pokazalo se, da je djelovanje uređaja izvanredno i računa se, da je pogonska sigurnost reda veličine 95 %. Netočnih signala nije bilo, a samo u cca 5 % slučajeva signal nije došao u slučaju ispada. Da se osigura tako visoki stepen sigurnosti, kraj svakog odašiljača je instaliran ispitni uređaj i nadzorni organ, prilikom svojih tjednih obilazaka, aktivira pritiskom na dugme taj uređaj i time na jednostavan način ispita tačnost prijenosa impulsa.

Ovaj je signalni uređaj bio konstruiran za primjenu na sklopkama, osiguračima i drugim elementima na rasklopištu udaljenih stanica. Ovdje je, međutim, upotrijebljen samo u stanicama bez posade. Radio-uređaj koristi isto frekventno područje, kao i za slučaj prijenosa govora, tj. UKV-područje. Uređaj je smješten u antikorozivnoj kutiji u atmosferi dušika. U momentu kada je odašiljač aktiviran on počinje odašiljati, u intervalu od pet minuta, impulse u trajanju od tri sekunde svake minute; taj je impuls potreban za aktiviranje prijemnika i radi sigurnosti se pet puta ponavlja. Ako se u međuvremenu u mreži uspostavi normalno pogonsko stanje, jer je greška bila prolazna, odašiljač se dezaktivira, a ako je do normalizacije uvjeta u mreži došlo za vrijeme odašiljanja ciklusa impulsa, rad se odašiljača prekida tek nakon završetka ciklusa.

Prijemnik-pisač je spojen u niskofrekventni (NF) krug radio-prijemnika u dispečerskom centru. Prijemnik aktivira alarm i snimi na voštanoj traci određeni broj impulsa. On je ugođen na frekvenciju 1875 Hz, tj. nalazi se u govornom području.

Svaki se signal sastoji od tri dijela, a svaki dio opet od niza impulsa. Ta serija impulsa označuje broj odašiljača koji je emitirao signal, npr. transformatorska stanica broj 987 odaslat će najprije 9, zatim 8, pa 7 impulsa.

U početnoj fazi korištenja ovih uređaja bilo je nekih smetnji, kao npr. aktiviranje uređaja za signalizaciju govorom, ali to je onemogućeno odgovarajućim zapornim krugovima.

Cijena je odašiljača 265 dolara, instalacije 400 dolara i prijemnika 900 dolara. Iako je cijena relativno visoka, uređaj je ocijenjen kao ekonomičan, jer daje neposredan uvid u stanje mreže i time omogućuje brze intervencije, tj. dobro uzdržavanje.

Ing. Miljenko Krešić

IZ SVIJETA

Razvoj elektroprivrede Velike Britanije. Prema izvještaju »Electricity Council«, London, elektroprivreda Velike Britanije predala je svojim potroščaima 1962. godine 122.347 GWh električne energije, odnosno 11 % više nego prošle godine. U okviru ove prilično visoke prosječne stope prirasta najviša stopa tj. 19,5 % postignuta je kod potrošača kućanstva a najniža od 3,5 % kod industrije. Ostvarena struktura potrošnje električne energije po osnovnim grupama potrošača prikazana je na tablici 1.

Tablica 1

Osnovne grupe potrošača	Potrošnja 1962. GWh	Struktura potrošnje %	Prirast u odnosu na 1961. u %
1. Kućanstvo	45.165	37,0	19,5
2. Poljoprivreda	2.465	2,0	12,7
3. Trgovina	16.401	13,4	15,7
4. Kombinirani potrošači (kućanstvo i trgovina)	1.905	1,6	14,9
5. Industrija	53.503	43,6	3,5
6 Javna rasvjeta	1.062	0,9	6,7
7 Elektrovuča	1.847	1,5	7,8
Ukupno	122.348*	100,0	11,0

* Razlika zbog zaokruženja pojedinih cifara.

Po svojem udjelu u strukturi ukupne potrošnje kućanstvo je odmah iza industrije. Međutim, budu li potrošači kućanstva i narednih godina održali ovu veliku razliku stope prirasta u odnosu na industriju, vrlo brzo će doći na prvo mjesto po količini potrošnje električne energije. Na nagli porast potrošnje električne energije u kućanstvima Velike Britanije utjecala je šira primjena aparata za grijanje prostorija. Upotreba električnih akumulacionih peći naglo je porasla zadnjih godina.

Sezonski karakter potrošnje električne energije naročito kod kućanstva, poljoprivrede i kombiniranih potrošača (kućanstvo-trgovina) pokazuju kvartalne stope prirasta (tablica 2).

Tablica 2

Osnovne grupe potrošača	Kvartalne stope prirasta 1962. u odnosu na 1961.			
	Kvartali			
	I	II	III	IV
1. Kućanstvo	19,7	26,1	17,6	13,7
2. Poljoprivreda	9,9	14,8	8,3	17,7
3. Trgovina	14,9	21,9	13,7	12,9
4. Kominirani potrošači (kućanstvo-trgovina	16,2	20,6	11,6	9,7
5. Industrija	4,6	3,2	2,9	2,9
6. Javna rasvjeta	5,8	7,6	7,3	6,9
7. Elektrovuča	8,5	8,1	9,3	5,4
Ukupno	12,0	14,3	9,2	8,1

Bruto-proizvodnja električne energije ostvarena je s 141.554 GWh odnosno s 11 % više nego prošle godine. Pri tome su termoelektrane ostvarile 97,7 % sa stopom prirasta od 11,2 %. Stopa prirasta hidroelektrana iznosi samo 1,8 %. U mrežu je predano 132.822 GWh (prirast 10,6 %), prema tome, vlastiti potrošak elektrana iznosi 8.732 GWh ili 6,2 % od brutoproizvodnje. Gubici u mreži ostvareni su sa 7,9 %.

Svjetska potrošnja nafte u 1962. Prema statističkim podacima ESSO AG Hamburg svjetska potrošnja nafte u 1962. iznosila je 1.232 milijuna tona. U odnosu na 1961. više je utrošeno 93 milijuna tona ili 8 %. Unutar ove svjetske stope porasta zapadna Evropa je ostvarila 19 % porasta odnosno 27 milijuna tona. Najveću stopu porasta potrošnje nafte u zapadnoj Evropi ostvarila je SR Njemačka s 20 %.

Na Kubi se gradi elektrana snage 300 MW. Uz pomoć SSSR-a na Kubi se gradi elektrana snage 300 MW. Dvije manje elektrane snage 100 i 200 MW u kojima su ugrađene sovjetske turbine ulaze u pogon slijedeće godine.

Elektrificiranost kućanstva SAD. Na mrežu elektroprivrede SAD priključeno je 52 milijuna kućanstava. Više od polovice ovih upotrebljava 12 do 13 vrsti električnih trošila (žarulje, glačala, hladnjaci, usisači prašine, mikseri, aparati za pranje rublja, za prženje i kuhanje kave, radio-aparati, televizori, gramofoni, brijaći aparati, štednjaci). Specifični potrošak električne energije SAD iznosi oko 4800 kWh po stanovniku godišnje.

Stupanj mehanizacije ugljenokopa SR Njemačke. Od ukupne proizvodnje ugljena u SR Njemačkoj ostvareno je s punom mehanizacijom oko 60 % proizvodnje. Mehanizirana pogonska jedinica ugljenokopa proizvodi prosječno dnevno 560 tona ugljena. U 1959. s punom je mehanizacijom proizvedeno svega 25 % ugljena s dnevnom prosječnom proizvodnjom po pogonskoj jedinici od 490 tona.

SSSR izgrađuje najveću hidroelektranu na svijetu. Kod Krasnojarska na rijeci Jeniseju u Centralnoj Sibiriji SSSR gradi hidroelektranu Pravda snage 5 GW, dosada najveću na svijetu, s godišnjom proizvodnjom — pri punom opterećenju — od preko 20 milijardi kilovatsati. Duljina brane je 1060 metara a visina 130 metara. Izgradnja će trajati 6 godina, a dovršena će biti 1965.

Švicarska mreža najvišeg napona. Švicarska mreža najvišeg napona imala je u 1962. slijedeću strukturu:

1805 km, 48 % vodova izoliranih za 130 i 150 kV;
1489 km, 39 % vodova izoliranih za 220 kV;
513 km, 13 % vodova izoliranih za 380 kV.

Svi vodovi izolirani za 380 kV bili su u pogonu s nižim naponima. Planirano je, da prvi vod s naponom 380 kV u Švicarskoj uđe u pogon u 1964.

Prva mreža 735 kV u svijetu. U Kanadi su počele sve pripreme za gradnju mreže 735 kV, koja će predstavljati mrežu najvišeg napona u svijetu. Ova će biti superponirana mreži 315 kV, koja već postoji 10 godina. Prva etapa mreže (1965. do 1969.) gradit će se zbog prijenosa snage od 5000 MW iz hidroelektrana na rijekama Manicouagan i Outardes. Energija će se prenositi pomoću tri voda 735 kV preko Quebeca u Montreal na daljinu od 600 km. U budućnosti je predviđena izgradnja hidroelektrana snage 12.000 do 15.000 MW u provinciji Quibec, koje će spomenuta mreža također povezati. Glavni dio poslova preuzet će Canadian General Electric Co. i švedska tvornica ASEA. Ova će posljednja graditi dvije transformatorske grupe od 510 i 600 MVA, koje će biti sastavljene od jednofaznih jedinica. Osim toga, gradit će grupu reaktora od 330 MVAr i 12 sklopki od 35 GVA simetrične isklopne snage.

Prijenos istosmjernim kabelom između Švedske i Danske. Nedavno je potpisan ugovor o izgradnji istosmjernog prijenosa između Švedske i Danske. Između Gotheburga i Aalbourga izgradit će švedska tvrtka ASEA istosmjerni prijenosni sistem s podmorskim kabelom. Prijenosna će snaga biti 250 MW kod napona od 250 kV. Uređaj bi trebao biti završen 1965. Predvidivi troškovi procijenjeni su na 100 milijuna švedskih kruna.

Elektrifikacija željeznica u Jugoslaviji. Prema prvim koncepcijama razvoja željezničkog saobraćaja u narednih sedam godina, koje su razrađene u Zajednici jugoslavenskih

željeznica, naročiti značaj je dan elektrifikaciji pruga. Smatra se da bi do 1970. trebalo elektrificirati ove pruge:

Jesenice—Beograd—Niš — duljine 866 kilometara
Zagreb—Ogulin — duljine 109 kilometara
Vrpolje—Sarajevo — duljine 260 kilometara

Nakon elektrifikacije ovih novih pruga bilo bi svega oko 1780 kilometara pruga s elektrovučom ili 15 % ukupne duljine pruga. Na svim ovim relacijama putnički vlakovi bi ostvarivali tehničke brzine od 100 do 120 kilometara na sat a teretni vlakovi oko 80 kilometara na sat. U 1961. tehnička brzina ekspresnih i brzih vlakova na glavnim prugama iznosila je prosječno oko 58 kilometara na sat.

ISPRAVAK

U članku »*Montaža vodiča savremenom mehanizacijom*« ing. Ranka Škarice, objavljenom u »*Energiji*« br. 3—4/1963. molimo ispraviti:

na strani 82, drugi stupac redak 12 odozdo iza riječi »masa« treba da stoji: . . . »kočnice. U oba slučaja oscilacije su ovisne o brzini« . . .

Na strani 83, prvi stupac, redak 15 odozdo umjesto riječi »napona« treba da stoji »raspona«.

Na strani 84, drugi stupac, redak 7 odozdo umjesto »zvučnim« treba da stoji »vučnim«.

NOVE KNJIGE I ČASOPISI

Milan Pertot: *Nikola Tesla*, pionir elektriške dobe. Izdala Elektrogospodarska skupnost Slovenije, Ljubljana 1962.

O Nikoli Tesli, našem zemljaku iz Smiljana u Lici, kojim se svi mi ponosimo, pisano je kod nas veoma mnogo. Prof. dr Rubin je, koliko nam je poznato, napisao o njemu čak i jednu dramu. To nije ništa neobično, kad se zna, da je život Nikole Tesle bio pun dramatike, i kao takav zahvalan objekt dramskom piscu. Povodom njegove osamdesete godišnjice života u Beogradu je 1936. izišao i veliki komemorativni zbornik na francuskom jeziku. Od naročite je važnost za upoznavanje Nikole Tesle i njegova rada knjiga ing. Slavka Bokšana: *Nikola Tesla i njegov pionirski rad u elektrotehnici* izdana godine 1936. te njezino prošireno izdanje u nakladi Naučne knjige, Beograd 1950.

Život Nikole Tesle izišao je na engleskom jeziku u New Yorku godine 1944. a napisao ga je J. J. O'Neill. U našoj je zemlji, osim na hrvatskosrpskom jeziku, po brojnim revijama i stručnim časopisima mnogo pisano i na slovenskom jeziku. Prof. dr Lavo Čermelj, poznati slovenski učenjak, a uz to i istaknuti kulturni i politički radnik, napisao je 1956. knjigu *Nikola Tesla in razvoj elektrotehnike* (2 izdanja Mladinske knjige), a mnogo je toga o Tesli i njegovim izumima objavljeno u slovenskim stručnim časopisima, napose od 1956. dalje (»Elektrotehniški vestnik«).

Nedavno je o Tesli kao pioniru električne ere, napisao veoma zanimljivu knjižicu na 104 strane formata, poznati elektrotehnički stručnjak i profesor na Tehničkom fakultetu u Ljubljani, ing. Milan Pertot. Knjigu je izdala Elektrogospodarska skupnost Slovenije (Zajednica elektroprivrede Slovenije) u Ljubljani.

Pisac ovog djelca o jednom od najvećih giganata čovjekovog stvaralaštva, preduzeo si je, kako kaže u uvodu: prvo, da ponovno istakne pionirsku ulogu Nikole Tesle za svu modernu elektrotehniku, bilo u tehnici visokih napona, bilo u elektrotehnici ili automatici i, drugo, da se posebno upozori široka javnost, u prvom redu naša, a zatim i inozemna, koja je ponekad nehotice, a vrlo često i hotimice, krivo informirana o izvanrednim zaslugama toga naše gore lista, za svu modernu civilizaciju. Prečesto se, naime, u zapadnom svijetu javljaju članci, brošure i knjige i druge »stručne« publikacije, koje prešućuju ili zapostavljaju Teslinu ulogu, a pretjerano ističu zasluge Teslinih epigona, koji su sebi prisvojili fundamentalne zamisli ovoga »čudesnoga genija«, kako ga je nazvao američki učenjak Kenneth M. Swezey.

Knjiga je pisana vrlo zanimljivo i popularno, a od dokumentarne su vrijednosti prilozi (ima ih 21) od kojih posljednji, izjavu generalnog direktora poznate njemačke firme AEG, Walthera Rathenaua ovdje i citiramo: »Kad bi Tesla zahtijevao da mu se vrati sve ono, što je dao današnjoj kulturi i civilizaciji, svjetlost bi potamnila, prestao bi svaki rad, koji se obavlja daljinskim prijenosom električne energije, zaustavili bi se električni vlakovi i tramvaji, prestale bi raditi tvornice i mlinovi, zatrlo bi se sve napredno, socijalno i kulturno u životu čovjeka, a čovječanstvo bi se vratilo natrag u nazadnost i barbarstvo.«

Ernest Radetić

A. Palm: *Elektrische Messgeräte und Messeinrichtungen.* Četvrto prerađeno izdanje. Preradili W. Hunsinger i G. Münch. Izdavač Springer-Verlag, Berlin /Göttingen/ Heidelberg, 1963. 16 × 24 cm, 379 strana, 317 slika. Cijena DM 48.

Ovu knjigu o teoriji i gradnji mjernih instrumenata i mjernih uređaja pisac je svojevremeno, u prvom izdanju, označio kao udžbenik. Iako se kod nas u školama ne ulazi opsežnije u ovo područje, za što postoje razumljivi razlozi, knjiga će odlično poslužiti onim našim inženjerima i tehničarima, ne samo elektrotehničke struke, koji su zainteresirani za teoriju i gradnju mjernih instrumenata i uređaja.

Potrebu opsežnijeg poznavanja ovog područja u praksi donosi sobom široka primjena automatizacije. Pošto tehničku osnovu automatizacije predstavlja mjerna tehnika, a naročito električna mjerna tehnika, ova knjiga je aktuelna za tehničke kadrove mnogih struka, među prvima za elektroprivredu. Njezin značaj leži naročito u činjenici, da su autor i prerađivači posvetili naročitu pažnju osnovima proračuna te tehnološkim i konstruktivnim problemima, pored teoretskih objašnjenja koja obično pretežno ispunjavaju ovakve knjige.

U smislu naslova knjige materija je podijeljena u dva dijela. U prvom dijelu obrađeni su instrumenti s permanentnim magnetom i pomičnim svitkom uključivši specijalne primjene (univerzalni instrument, galvanometar, itd.); instrumenti s permanentnim magnetom i križnim svitcima, instrumenti s pomičnim magnetom, s mekim željezom, nadalje elektrodinamski, indukcioni, termički, vibracioni i elektrostatski instrumenti. U ovom dijelu knjige obrađeni su također i kontaktni signalni uređaji (dvopoložajni regulatori), pisači, brojila, predotpori i shuntovi, mjerni transformatori i pregled područja upotrebe svih ovih vrsta instrumenata.

Drugi dio knjige obuhvaća precizne mjerne otpore, induktivitete i kapacitete, mjerne mostove, kompenzatore, električna pojačala, visokonaponske mjerne uređaje, uređaje za direktno mjerenje otpora (Ohmmetre), električne davače i mjerne pretvarače, uređaje za analizu plinova, digitalne pokazne instrumente i stabilizatore napona, odnosno struje.

Mnogobrojne slike principijelnih izvedbi i važnih elemenata ilustriraju tumačenja, a fotografije prikazuju razvoj od starijih do najnovijih izvedbi.

Dijagrami i sheme za brzu orijentaciju daju djelu karakter ne samo udžbenika, nego i odličnog priručnika, pa se osobito može preporučiti onima, koji odgovaraju za ispravan rad i uzdržavanje mjernih i automatskih uređaja.

Fedor Šprung

STATISTIČKI ENERGETSKI IZVJEŠTAJ

ZA MJESECE SVIBANJ i LIPANJ 1963.

Proizvodnja i razmjena električne energije SR Hrvatske

Mjeseci	Proizvodnja na generatoru MWh						Razmjena			Ukupno (5-9)
	Elektrane u sistemu		Industrijske elektrane		Ukupno		Slovenija	Bosna i Hercegovina	Mađarska	
	HE	TE	HE	TE	HE	TE				
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7. 1962.	83384	16278	782	13924	84166	30202	95756	1401	— 2438	209087
8. 1962.	119138	20028	230	14759	119368	34787	95257	— 26759	— 5905	216748
9. 1962.	126674	26118	216	18689	126890	44807	94038	— 38576	— 5416	221743
10. 1962.	113337	43484	195	20947	113532	64431	70589	— 12870	1868	237550
11. 1962.	163487	26638	1694	19248	165181	45886	26631	4438	— 3910	238226
12. 1962.	226207	27178	1987	14928	228194	42106	—28048	36688	449	279389
Ukupno 1962.	1888431	233412	14945	189327	1903412	422739	490868	27809	— 39807	2805021
1. 1963.	254631	43118	2000	13479	256631	56597	—50364	32044	— 2429	292479
2. 1963.	215270	60598	1535	13228	216805	73826	—61278	50215	— 1737	277831
3. 1963.	225845	51341	1870	14197	227715	65538	— 45878	44033	— 6501	284907
4. 1963.	238659	22006	1867	11136	240526	33142	— 3675	8715	— 15694	263014
5. 1963.	161874	20652	1389	14895	163263	35547	49170	23339	— 17068	254251
6. 1963.	152132	29551	1591	13810	153723	43361	46280	26271	— 19382	250253
Ukupno 1 — 6. 1963.	1248411	227266	10252	80745	1258663	308011	— 65745	184617	— 62811	1622735

Napomena: Lokalne elektrane iskazivane u 1962. godini prestale s radom zbog priključenja njihovog područja na elektroenergetsku mrežu

Pogonski pokazatelji elektrana SR Hrvatske za mjesece svibanj i lipanj 1963.

Obilježje elektrana		Naziv elektrane	Raspoloživa snaga MW	Proizvodnja u MWh			Indeks[1]			Iskorišćenje %[2]		Utrošak topline kcal/kWh	
				Svibanj	Lipanj	Od početka godine	Svibanj	Lipanj	Od početka godine	Svibanj	Lipanj	Svibanj	Lipanj
a		b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Elektrane u sistemu	HE	Vinodol-Fužine	78,9	4425	4555	54179	52,1	49,6	67,4	7,5	8,1	—	—
		Gojak	48,0	13991	10859	110095	46,8	133,7	81,5	39,0	31,4	—	—
		Ozalj	5,1	2534	2007	14023	97,0	147,8	93,1	68,6	54,2	—	—
		Kraljevac	67,0	1567	10042	94938	14,3	153,6	112,3	3,1	20,2	—	—
		Peruća	42,0	11997	13453	83983	98,0	137,4	143,9	40,0	38,2	—	—
		Split	108,0	112743	93413	777514	117,7	212,3	137,2	70,1	60,0	—	—
		Manojlovac	20,5	9879	12839	79851	73,2	174,9	106,2	55,0	74,0	—	—
		Jaruga	5,5	3777	3793	22945	98,1	154,7	105,9	94,0	97,5	—	—
	TE	Zagreb TO*	...	15360	20281	137432	—	—	—	29,0	39,4	...	...
		Zagreb	17,0	—	—	4883	—	—	—	—	—	—	—
		Jertovec	36,0	4939	9071	69751	122,7	47,8	98,8	16,7	32,1	4449	4602
		Vlaška	8,0	—	—	8598	—	—	1543,6	—	—	—	—
		Rijeka	7,2	—	—	4420	—	—	—	—	—	—	—
Industrijske elektrane	TE	Jugovinil, Split	17,4	2235	1484	9364	139,3	99,7	106,1	17,3	11,8	...	...
		Sladorana, Županja	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Jug. komb., Borovo	6,0	2048	2013	12017	114,0	105,0	102,8	45,9	46,5	...	...
		Željezara, Sisak	5,5	3468	3340	14851	178,0	121,4	101,4	84,7	84,3	...	...

[1] Indeks u ovoj tablici kao i u svim narednim iskazan je u odnosu na 1962 = 100
[2] Kod hidroelektrana iskazano je iskorišćenje vode, a kod termoelektrana iskorišćenje raspoloživog kapaciteta
* Probni pogon

Energetska bilanca SR Hrvatske za mjesece svibanj i lipanj 1963.

Elementi energetske bilance	Svibanj		Lipanj		Od početka god.		Indeks 1962 = 100		
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	Svibanj	Lipanj	Od početka godine
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proizvodnja elektrana u sistemu	182526	62,8	181683	63,2	1475677	74,4	99,7	166,2	130,6
Proizvodnja industrijskih elektrana	16284	5,6	15401	5,4	90997	4,6	120,0	105,0	94,1
Ukupna proizvodnja na generatoru	198810	68,4	197084	68,6	1566674	79,0	101,1	159,3	127,7
Nabava el. en. od susjed. zajednica	91744	31,6	90078	31,4	415395	21,0	185,2	84,7	111,2
Nabava el. en. iz inozemstva	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ukupno raspoloživa električna energija	290554	100,0	287162	100,0	1982069	100,0	118,0	124,1	123,8
Vlast. potr. elektrana u sistemu	3547	1,2	4662	1,6	34148	1,7	178,7	162,2	190,5
Vl. potr. industrijskih elektrana	1629	0,6	1540	0,5	9100	0,5	119,9	105,0	94,1
Ukupno raspolož. na pragu elek.	285378	98,2	280960	97,9	1938821	97,8	117,5	124,1	123,2
(Dobava industr. elektrana sistemu)	(671)	(0,2)	(755)	(0,3)	(4358)	(0,2)	(116,5)	(174,5)	(116,3)
(Prag elektrana u sistemu)	(271394)	(93,4)	(267844)	(93,3)	(1861282)	(93,9)	(117,4)	(125,4)	(124,9)
Gubici prijenosa u sistemu	16047	5,5	16623	5,8	121519	6,1	135,6	118,9	166,0
Gubici razrada u sistemu	16078	5,5	9103	3,2	102585	5,2	104,2	69,4	100,1
Ukupna predaja el. en. potrošačima	253253	87,2	255234	88,9	1714717	86,5	117,5	128,1	122,6
Od toga:									
Predano susjed. zajednicama	19235	6,6	17527	6,1	269522	14,9	102,5	151,6	170,8
Predano inozemstvu	17068	5,9	19382	6,7	62812	3,2	457,5	618,0	250,0
Industrijska vlastita opskrba	13985	4,8	13106	4,6	77540	3,9	119,9	102,6	93,1
Potrošači u sistemu	202965	69,9	205219	71,5	1277843	64,5	111,9	119,5	114,5
Struktura potrošnje u sistemu — Ukupna predaja potrošačima u sistemu = 100 %									
Kućanstva (domaćinstva)	53185	26,2	50507	24,7	342169	26,8	120,1	118,6	126,2
Rasvjeta poslov. prostorija	6005	3,0	5386	2,6	49758	3,9	117,7	116,6	117,1
Rasvjeta društv. prostorija	1197	0,6	1051	0,5	10571	0,8	111,7	107,5	115,8
Motori i aparati	7190	3,5	7134	3,5	51031	4,0	113,7	112,7	115,7
Poljoprivredni motori	402	0,2	407	0,2	2707	0,2	79,0	82,3	76,4
Javna rasvjeta	3232	1,6	2920	1,4	22268	1,7	124,5	125,8	121,8
Preprodavaoci	793	0,4	659	0,3	6111	0,5	110,0	92,1	99,4
Ukupna potrošnja na malo	72004	35,5	68064	33,2	484615	37,9	118,8	117,3	122,7
Vodovod	4877	2,4	5166	2,5	28570	2,2	104,1	103,5	106,7
Gradska električna mreža	1994	1,0	1876	0,9	12387	1,0	104,8	102,9	101,6
Ukupna komunalna velepotrošnja	6871	3,4	7042	3,4	40957	3,2	104,3	103,1	105,1
Ugljenokopi	6220	3,1	5886	2,9	39820	3,1	99,6	98,1	98,5
Tvornice cementa	10181	5,0	11351	5,5	55496	4,4	109,9	112,9	105,2
Ostala opća velepotrošnja	54468	26,8	56086	27,3	352859	27,6	114,8	123,0	122,9
kod elektrokemije	(1240)	(0,6)	(1370)	(0,7)	(7967)	(0,6)	(102,3)	(159,6)	(114,2)
kod elektrometalurgije	(1830)	(0,9)	(2142)	(1,0)	(12077)	(0,9)	(97,9)	(118.2)	(107,0)
kod ostalih	(51398)	(25,3)	(52574)	(25,6)	(332815)	(26,1)	(115,9)	(122,4)	(123,8)
Ukupna ostala velepotrošnja	70869	34,9	73323	35,7	448175	35,1	112,6	118,8	117,8
Karbid	11978	5,9	11144	5,4	61456	4,8	82,8	94,1	76,2
Aluminij	16489	8,1	16554	8,1	96300	7,5	99,7	102,4	101,9
Ostala elektrokemija	3150	1,6	3416	1,7	20375	1,6	91,6	97,1	99,4
(Ukupno elektrokemija)	(31617)	(15,6)	(31114)	(15,2)	(178131)	(13,9)	(91,8)	(98,6)	(91,0)
Ferolegure el. metalurgije	14441	7,1	12089	5,9	79295	6,2	134,9	155,3	113,6
Elektrotoplina	3739	1,8	3878	1,9	20657	1,6	122,2	127,8	121,9
Željeznička električ. vuča	3246	1,6	9531	4,6	24149	1,9	112,0	322,0	138,4
Melioracije	178	0,1	178	0,1	1864	0,2	101,1	130,0	82,6
Ukupna specijalna velepotrošnja	53221	26,2	56790	27,7	304096	23,8	103,8	125,1	100,7

Proizvodnja električne energije udružene elektroprivrede u SFR Jugoslaviji za mjesece svibanj i lipanj 1963

Pokazatelj	Mjesec	SFRJ			Po socijalističkim republikama											
					Hrvatska		Srbija		Slovenija		BiH		Makedonija		Crna Gora	
		Ukupno	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE
Proizvodnja u GWh	5. 1963.	995	800	195	161	21	107	110	220	47	163	16	36	1	113	—
	6. 1963.	973	725	248	152	30	85	129	225	38	128	50	39	1	96	—
Indeks na bazi	5. 1962.	122	112	194	90	469	79	179	115	183	119	269	102	50	327	—
	6. 1962.	124	138	96	169	150	114	114	102	66	190	74	90	115	306	—

Proizvodnja ugljena za mjesece svibanj i lipanj 1963.
Po podacima »Udruženih ugljenokopa« sastavio ing. Franjo Sapač

Vrste ugljena — Područje — Poduzeće		Proizvodnja u tonama			Indeks 1962 = 100		
		Svibanj	Lipanj	Od početka godine	Svibanj	Lipanj	Od početka godine
a		1	2	3	4	5	6
Kameni — Istarski ugljenokopi Raša		69680	70370	427660	100,8	97,8	104,2
Mrki	Hrvatsko Zagorje: Golubovečki ugljen., Golubovec	5604	5316	33113	100,3	97,1	95,5
	Rudnik Pregrada	6090	6255	38050	97,3	118,5	114,5
	Ostali	4317	4703	28594	90,9	91,4	105,0
	Međimurje: Međimurski ugljenokopi M. Središće	13150	12471	79130	97,3	85,5	91,7
	Dalmacija: Rudnik Siverić	9460	8747	52553	101,1	83,8	89,1
	Ostali	702	526	3107	99,7	91,2	82,8
	Ostala područja	2410	2855	18133	78,4	97,2	95,7
	Svega mrki	41689	40873	252680	96,5	92,0	96,0
Lignit	Hrv. Zagorje: Ivanečko-Ladanjski ugljen., Ivanec	29087	29481	189703	92,4	92,8	99,5
	Zagorski rudnici, Konjščina	10872	10936	70282	—	—	—
	Rudnik lignita Poljanica	5905	5413	33705	—	—	—
	Ostali	1752	1753	12314	101,7	106,0	101,7
	Bilogora-Podravina: Bilogorski rudnici, Koprivnica[1])	8786	7998	57385	94,3	90,2	96,2
	Ostali	4730	3842	26972	109,6	94,4	77,4
	Ostala područja	550	750	5766	59,7	83,6	108,8
	Svega lignit	61682	60173	396127	84,2	86,2	82,6
Ukupno sve vrste ugljena		173051	171416	1076467	93,3	92,1	93,4

Proizvodnja ugljena i koksa u SFR Jugoslaviji za mjesece svibanj i lipanj 1963.

Pokazatelj	Mjesec	Ugljen i koks					
		Ukupno	Kameni	Mrki	Lignit	Uslovni mrki 4000 kalorija	Koks
Proizvodnja u 1000 t	5. 1963.	2120	106	779	1235	1679	97
	6. 1963.	2187	104	782	1301	1719	93
Indeks na bazi	5. 1962.	111	106	103	117	109	101
	6. 1962.	108	101	104	111	106	101

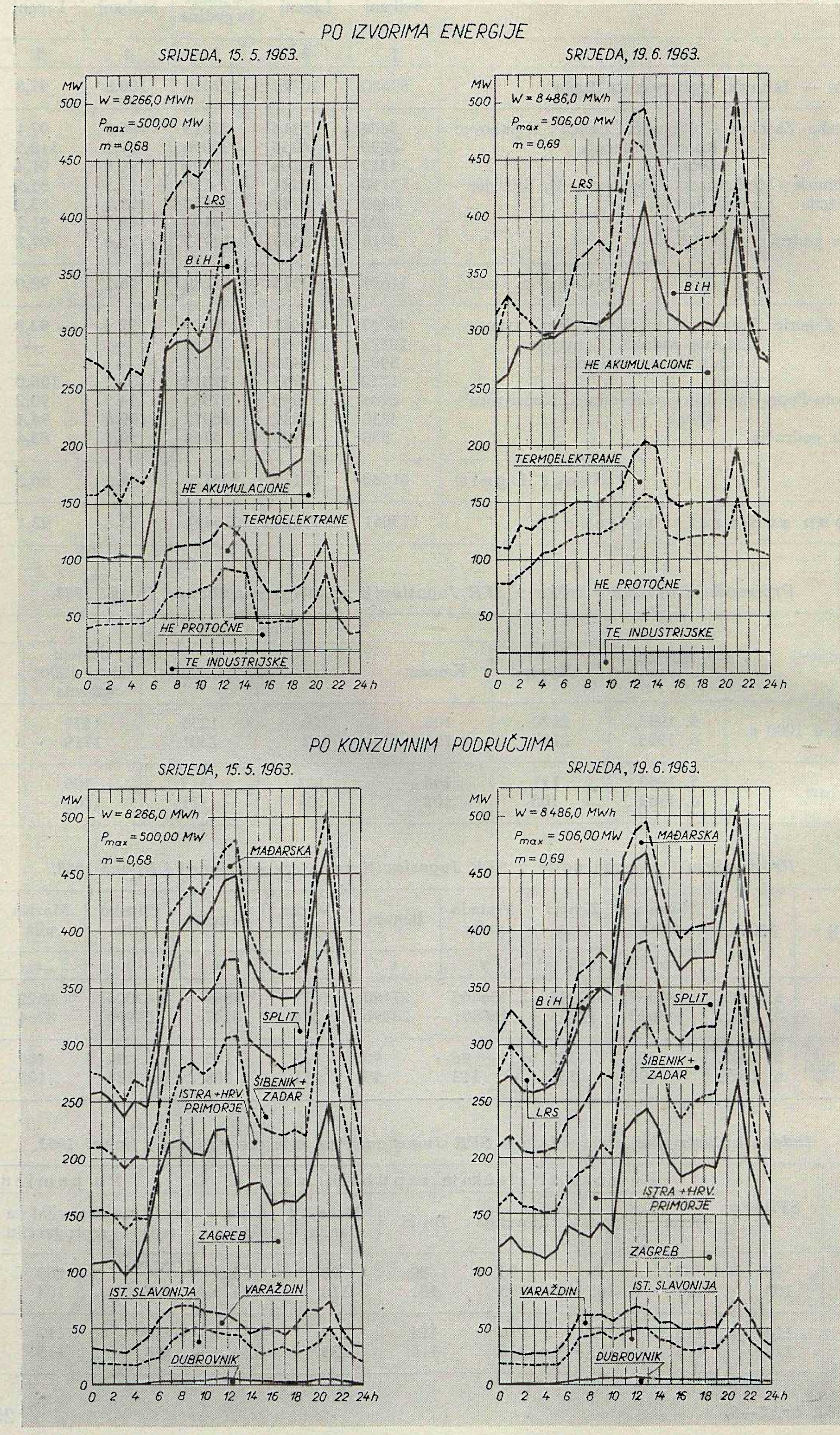
Proizvodnja i prerada nafte u SFR Jugoslaviji za mjesece svibanj i lipanj 1963.

Pokazatelj	Mjesec	Sirova nafta	Zemni plin	Prerada nafte	Benzin	White špirit	Petrolej	Plinsko ulje	Maziva ulja	Čađ
		t	1000 m³	t	t	t	t	t	t	t
Proizvodnja	5. 1963.	145387	20335	136465	27180	1077	8899	47004	9522	33529
	6. 1963.	143622	12563	160827	28596	1356	8147	59996	8764	41667
Indeks na bazi	5. 1962.	108	322	96	90	112	145	94	106	94
	6. 1962.	102	233	113	95	251	108	124	122	110

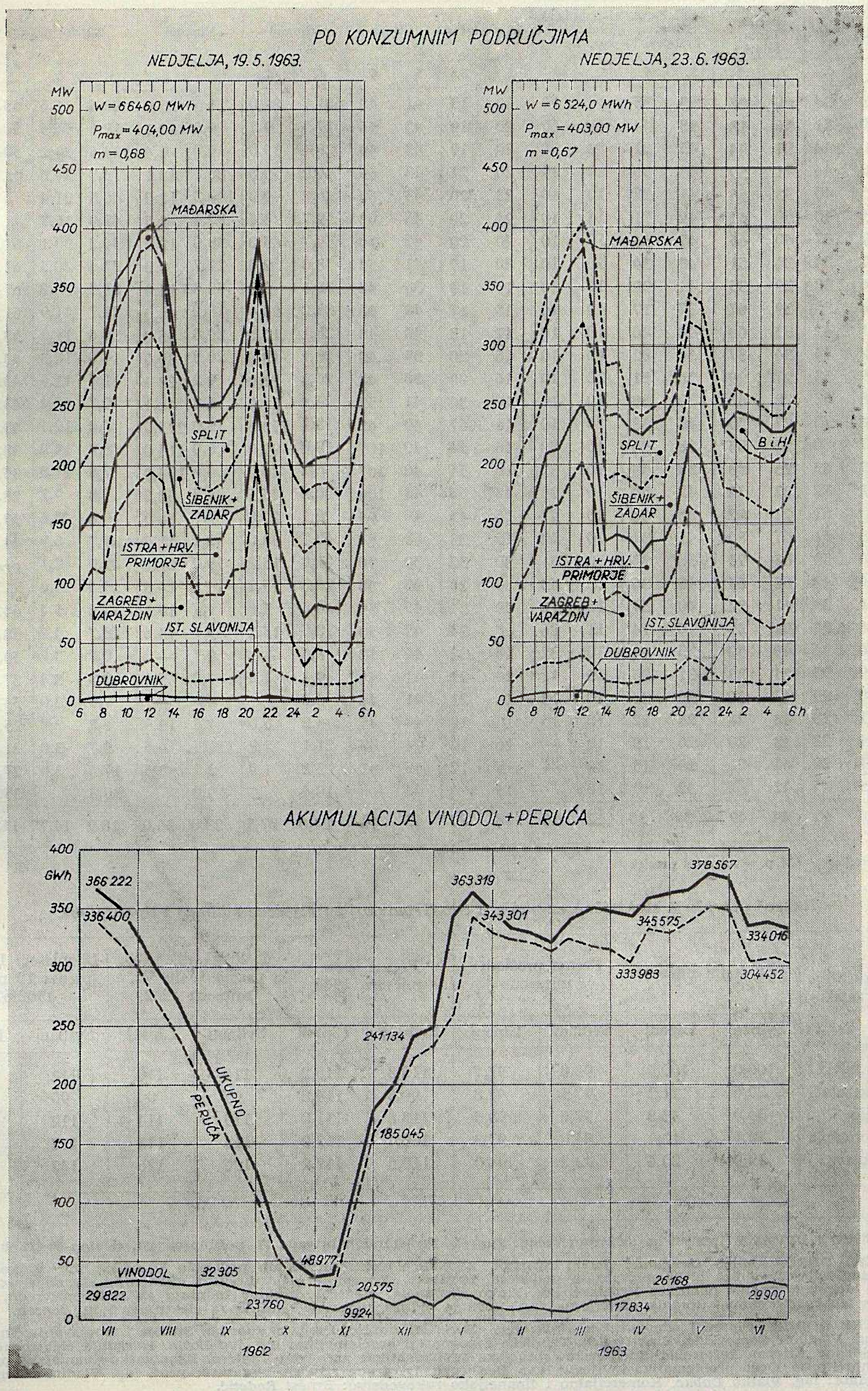
Indeks industrijske proizvodnje u SFR Jugoslaviji za mjesece svibanj i lipanj 1963.

Mjesec	SFRJ	Po socijalističkim republikama						Po namjeni		
		Srbija	Hrvatska	Slovenija	B i H	Makedonija	Crna Gora	Sredstva rada	Materijal za reprodukciju	Potrošna roba
5. 1962.	98	97	99	99	99	98	94	96	100	97
6. 1962.	103	101	103	105	101	110	96	106	104	99
5. 1963.	114	113	113	115	114	122	151	110	117	113
6. 1963.	117	118	113	116	115	133	164	118	118	114

TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 15. 5. 1963. i 19. 6. 1963.



TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 19. 5. i 23. 6. 1963.
AKUMULACIJA VINODOL I PERUĆA



Srednji dnevni protoci vode za mjesece svibanj (5) i lipanj (6) 1963 (m^3/s)

Datum	Cetina								Krka				Lokvarka		Ličanka		Mrežn.-Dobra		Kupa	
	Dotok u akumulaciju Peruća		Ispust iz ak. Peruća Limn. Šilovka		Međudotok Peruća-Prančevići		Ispust iz ak. Prančevići u kor. Cetine		Manojlovac		Jaruga		Vinodol		Vinodol		Gojak		Ozalj	
	5.	6.	5.	6.	5.	6.	5.	6.	5.	6.	5.	6.	5.	6.	5.	6.	5.	6.	5.	6.
1	63	36	60	27	53	35	17	10	20	15	41	48	621,1	81,0	11,5	35,6	20,5	61,6	55,9	54,5
2	60	51	56	18	53	44	15	10	20	19	43	56	17,3	9,7	9,8	20,1	18,6	56 5	50,2	61,6
3	60	44	91	44	45	21	42	10	20	19	43	59	28,4	19,0	15,0	9,4	14,6	29,2	50,2	66,0
4	58	46	71	59	44	49	20	10	20	21	43	65	47,2	9,8	88,7	13,1	13,7	24,6	pr.[1]	56,7
5	65	45	35	58	41	37	10	10	23	20	43	68	66,2	9,0	140,3	12,2	66,5	21,4	„	53,0
6	55	40	50	61	42	31	15	10	24	20	45	62	59,7	4,4	92,4	9,5	48,9	16,7	„	pr.
7	47	47	40	65	47	34	10	10	20	20	45	56	59,7	5,0	38,0	12,2	34,2	30,1	61,7	„
8	47	34	34	51	43	39	10	10	20	19	41	52	38,0	2,0	21,7	8,0	27,4	20,5	61,7	„
9	46	32	33	35	41	32	10	10	19	18	38	48	28,1	8,0	20,8	14,0	21,7	18,2	67,4	„
10	46	38	39	67	37	17	10	10	18	17	40	48	25,2	25,0	18,2	48,0	21,7	11,9	61,7	38,7
11	41	42	33	60	44	46	10	10	17	18	40	48	28,1	15,0	20,8	35,0	16,6	11,2	58,8	pr.
12	42	44	34	37	36	62	10	10	16	20	39	48	28,1	13,0	20,8	30,0	14,6	10,3	43,0	35,8
13	49	53	27	29	36	51	10	10	16	29	36	48	20,1	21,0	9,2	28,4	11,7	11,9	43,0	43,0
14	48	62	28	46	39	38	10	10	16	34	41	52	14,6	15,2	4,8	46,1	9,7	12,4	43,0	28,7
15	48	73	27	56	40	38	10	10	16	57	40	65	18,4	273,0	13,0	275,0	8,8	12,1	43,0	43,0
16	47	80	26	55	38	54	10	52	16	54	40	107	19,0	99,0	6,0	114,0	8,8	16,0	38,7	63,1
17	52	83	25	58	39	59	10	52	16	54	40	107	6,2	40,0	4,6	104,0	7,8	11,3	35,8	56,0
18	51	72	22	72	42	50	10	38	16	52	45	100	6,2	45,5	4,6	52,5	5,8	9,2	28,7	50,1
19	60	61	22	92	36	44	10	47	16	43	46	93	8,1	22,8	9,7	54,0	6,8	9,2	33,0	37,3
20	53	51	57	80	41	37	10	42	15	35	48	84	40,7	38,0	52,1	11,4	21,7	6,9	44,4	38,8
21	60	50	65	75	38	33	10	31	20	32	50	70	41,8	15,2	19,0	21,2	42,0	7,1	pr.	29,7
22	56	42	62	64	43	36	10	43	20	24	45	68	22,8	15,2	14.1	16,8	25.4	5,4	„	25,8
23	51	33	61	24	40	37	10	14	20	24	45	59	14,6	7,6	9,7	10,6	15,6	5,4	64.5	27,2
24	46	34	55	47	36	14	11	26	16	23	45	56	12,5	15,2	9,7	13,6	13,7	4,2	58,8	18,6
25	46	34	48	50	35	24	10	32	16	22	40	52	8,6	—	9,7	—	10,7	3,2	38,7	18,6
26	39	33	24	33	31	25	10	11	16	22	41	48	9,1	7,6	7,2	5,4	8,8	3,4	37,3	18,6
27	46	29	47	30	26	20	10	12	16	21	41	46	6,2	—	4,6	—	7,8	3,0	33,0	15,8
28	41	28	48	28	28	22	10	15	16	19	40	45	6,2	6,0	4,6	10,8	6,8	2,2	25,8	20,1
29	39	28	48	20	26	19	10	—	16	18	44	45	21,1	2,7	11,5	6,5	9,7	3,0	21,5	12,9
30	37	29	44	21	29	15	10	—	15	17	45	41	3,2	1,9	2,2	3,5	17,6	2,9	27,2	12,1
31	45		42		32		10		15		44		18,4		19,0		30,3		35,8	
M. p.[2]	50	46	44	49	39	35	12	19	18	27	43	61	24,0	27,5	23,0	34,0	18,9	14,7	44,7	30,9

[1]pr. = preljev [2]M. p. = mjesečni prosjek

Razvoj potrošnje električne energije u SR Hrvatskoj za mjesece svibanj i lipanj 1963.

Bruto-potrošnja u SR Hrvatskoj	Izvještajni mjesec		Prema prošlom mjesecu		Prema istom mjesecu 1962.		I. do VI. mj. 1963. prema I. do VI. mjesecu 1962.		12 mjeseci 1963/62. prema 12 mjeseci 1962/61.	
	Svibanj	Lipanj	Svibanj	Lipanj	Svibanj	Lipanj	Svibanj	Lipanj	Svibanj	Lipanj
Ukupno SRH	100,0	100,0	95,8	97,7	112,3	115,2	116	116	112	113
Spec. potrošači	20,6	21,2	97,3	97,8	99,5	114,8	95	99	90	91
Industrija	34,0	33,8	97,6	98,6	113,8	111,0	113	114	112	113
Opća potrošnja	10,1	10,1	84,0	97,3	109,0	112,0	113	113	112	110
Domaćinstva	19,9	20,4	92,2	94,0	110,6	117,2	126	126	122	122

UREDNIŠTVO I UPRAVA. Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37, pošt. pret. 451, telefon 53-822, kućni 452.

IZDAVAČKI ODBOR. Miloš *Damjanić,* glavni direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Horvat,* tehnički savjetnik Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Franjo *Kovač,* direktor ekonomsko-financijskog sektora Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Brajnović,* tehnički direktor Instituta za elektroprivredu, Zagreb, ing. Boris *Markovčić,* glavni urednik »Energije«, ing. Herman *Mattes,* direktor Instituta za elektroprivredu, Zagreb.

UREDNIČKI ODBOR. Glavni i odgovorni urednik: ing. Boris *Markovčić. Urednici rubrika.* Studije i istraživanja: ing. Jakob *Lucati,* ing. Vladimir *Štengl,* ing. Blaž *Uzelac.* Tehnička i pogonska problematika: ing. Ivo *Božin.* Izgradnja elektroenergetskih postrojenja: ing. Stjepan *Reštarević.* Energetskodispečerska problematika: ing. Ivan *Tkalčec.* Ekonomsko-financijska problematika: Franjo *Kovač.* Opća problematika i Vijesti: Ivan *Medvedec.* Iz strane stručne literature: prof. ing. Vladimir *Žepić.* Tehnički urednik: ing. Vlatko *Dabac.* Komercijalno i financijsko rukovodstvo: Ernest *Radetić.*

GOD. 12 (1963) energija BROJ 9 — 10

BILTEN ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA HRVATSKE I INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU

SPREMNOST PRIJENOSNIH POSTROJENJA

Zorko Cvetković, Zagreb

Iznesena je svakodnevna problematika prijenosnih poduzeća, koju bi trebalo što prije riješiti. Govori se o problemu pogonske spremnosti poduzeća, rezerve u sistemu i prijenosnim postrojenjima, vjerojatnosti defekta, normativima radne snage i odnosima s dispečerskom službom.

DK 621.315/316

Svrha je ovog članka da iznese neke od problema s kojima se prijenosna poduzeća svakodnevno susreću, a čijem rješavanju bi se u najbolju ruku trebalo odmah pristupiti. Problemi su takve naravi da ponekad izlaze iz okvira čisto prijenosne djelatnosti, pa čak i iz okvira elektroprivrede. Baš ta činjenica daje još jaču podršku zahtjevu za njihovo rješavanje s obzirom na posljedice koje ima na privredu kao cjelinu. Nemamo namjere da ovdje iznosimo prijedloge za rješavanje već samo da probleme na neki način registriramo.

Sam naslov članka »Spremnost prijenosnih postrojenja« pokazuje da se radi o sposobnosti poduzeća da mu postrojenja budu spremna. Kad želimo međutim definirati što je to »spremno postrojenje« mišljenja se često razlikuju. Uzmimo npr. naše poduzeće EPZ (»Elektroprenos«, Zagreb) i pogledajmo sa kojim momentima se ono susreće u svakodnevnom radu.

Do sada nam je kao neka orijentacija služio dozvoljeni norma-zastoj pogonske spremnosti i nastojali smo u okviru normativa radne snage postići uvijek zastoje ispod normiranih. Svjesni smo međutim da to nije prava mjera, jer zastoj na nekom vodu koji energetski nije u dotičnom periodu potreban može biti i veći od normiranog, a bez loših posljedica dok npr. ispad jednog transformatora za napajanje stanovitog konzuma može biti i nakon 5 minuta vrlo neugodan.

Da bi dobili sliku o tom problemu, analizirat ćemo razne utjecaje.

Rezerve u sistemu

»Elektroprenos« Zagreb održava prijenosnu mrežu SRH, osim područja Dalmacije. U tu mrežu spadaju dalekovodi 220 i 110 kV kao i transformatorske stanice gornjeg napona 220 i 110 kV. Praktički znači da se 95 % električne energije, koja se troši na tom području, prenosi preko postrojenja »EP«. K tome treba dodati i tranzit električne energije na potezu SR Slovenije — SR BiH — Dalmacija koji varira u ovisnosti o energetskoj situaciji. Održavanje ovih postrojenja možemo podijeliti na dva dijela i to na redovno održavanje, uključujući tu i investiciono održavanje i zamjenu, te na izvanrednu intervenciju u slučaju defekata. Šta se tiče prvog, to je bar teoretski u redu i odvija se prema godišnjim planovima. Do poremećaja dolazi samo zbog promjene energetske situacije ili poddimenzioniranja mreže, a i zbog objektivnih slabosti. Na žalost, broj tih poremećaja opravdava riječ »teoretski«. Što se tiče drugog dijela tj. hitnih intervencija situacija je veoma različita. Naime spremnost poduzeća da brzo intervenira u slučaju defekta ovisi o mnogo faktora i nigdje nije definirana njezina granica. Prije svega moramo konstatirati da spremnost koju može garantirati EPZ u idealnom slučaju pokriva tek vrlo mali dio spremnosti mreže. Time želimo reći da defekt velikog generatora ili transformatora ili pak dalekovoda znači prekid u napajanju konzuma kroz duži period svagdje tamo, gdje nema pogonske rezerve, a to je u nas najčešći slučaj. U usporedbi s time spremnost koju može garantirati EPZ svodi se na to da li će ekipa poduzeća u slučaju defekta započeti radom nakon $^1/_2$ sata ili nakon recimo 6 sati. Nameće se logično pitanje, da li ima smisla tražiti sigurnost za nekoliko sati, kad u slučaju defekta koji mogu trajati tjednima nemamo sigurnosti.

Svaka organizacija službe održavanja garantira neki stepen sigurnosti i uvijek je moguće prijeći na viši stepen. Granica je sigurnosti postavljena samo ekonomikom, odnosno financijskim mogućnostima poduzeća. Tako npr. ako umjesto centralne ekipe za održavanje dalekovoda formiramo nekoliko ekipa uzduž trasa pojedinih dalekovoda sigurnost svakako raste (iako ne

Članci u ovom broju bili su pisani kao referati za »Prvo savjetovanje o eksploataciji dalekovodne mreže i transformatorskih stanica 110 i 220 kV«.

proporcionalno), ali troškovi rastu brže od proporcionalnog porasta ljudi s obzirom na alat, instrumente, vozila, telekomunikacije i sl.

Svakako je sigurna činjenica da ispad konzuma i u najkraćem trajanju izaziva gubitak za privredu znatno veći, nego je to recimo trošak podvostručenja ljudi na održavanju prijenosnih postrojenja. Međutim ovakva kalkulacija bi bila nerealna s obzirom na prije navedene momente, a to je manjak rezerve u postrojenjima. Drugim riječima energetski sistem bez dovoljno rezerve izazivat će uvijek ispade konzuma na duže ili kraće vrijeme sa svim negativnim posljedicama, a to ne može riješiti ni utrostručenje ekipe za održavanje, pa ni njihovo uvišestručenje.

Rezerve u prijenosnim postrojenjima

Vrijedi ista tvrdnja kao za rezervu sistema time da bi se ovdje zadržali na jednom momentu za nas specifičnom. Izgradi li se neki novi prijenosni vod u neko konzumno područje svakako da to znači kvalitetni skok u napajanju tog područja no istovremeno se stvara fama o apsolutnoj sigurnosti napajanja što je sasvim krivo, budući da je to doduše solidan dalekovod u usporedbi sa dotadašnjim rješenjima, ali još uvijek samo jedan vod bez rezerve. Daljnje posljedice su praktična nemogućnost prekida pogona na tom objektu, uslijed toga lošije održavanje i stvaranje uvjeta za veću vjerojatnost kvara. Povećani broj takovih objekata otkriva činjenicu da imamo »premalo« državnih blagdana, a da bi s postojećim kapacitetima završili poslove koji se svi odobravaju isključivo u te dane.

Kad smo kod toga, trebalo bi raspraviti još o jednoj pojavi koja je karakteristična. Često se predbacuje da vršimo »previše remonata« i navodi primjer inozemstva gdje se tako ne radi. Pri tome se zanemaruje činjenica da su inozemne mreže, na koje se poziva, u pravilu dimenzionirane sa dovoljno rezerve i da se u njihovim uvjetima rada može odustati od čestih kraćih remonata, ali na račun kompletnih remonata pojedinog objekta koji se vrši nakon višegodišnjeg intervala, no zato nema ograničeno trajanje ili čak potrebu da recimo »svako veče ide u pogon«.

Vjerojatnost defekta

Sigurno je da je ovaj momenat kod realnog razmatranja neobično važan. Tačno graduiranje vjerojatnosti defekta za pojedine elemente prijenosnog postrojenja bilo bi vrlo teško kad znamo da na to utječe mnogo vanjskih i unutarnjih faktora. Ipak je, međutim, potrebno na osnovu višegodišnjih iskustava procijeniti vjerojatnost defekata za pojedine dijelove postrojenja, te pored ostalog i o tome voditi računa kod dimenzioniranja ekipa za intervenciju. Općenito treba reći da su prijenosna postrojenja sigurna i to tim više što je viši nominalni napon. Npr. dvije godine pogona 220 kV Zagreb — Split prošlo je bez defekta na vodu i to u vrlo teškim vremenskim uslovima.

Međutim treba napomenuti da je moguće da se desi i ono što je vrlo malo vjerojatno. Važno je da u takvom slučaju budemo dosljedni nekim unaprijed postavljenim principima organizacije, a ne da se iza takvog događaja nađu oni koji tvrde »kako je trebalo raditi« u konkretnom slučaju ne uzimajući u obzir kako bi organizacija, kakvu oni u tom momentu zamišljaju, bila iskorištena kroz 365 dana godine i kroz duži broj godina.

Normativi radne snage

Da na početku naglasimo: mi smo za normative pa čak i za nešto manje dobre nego nikakve. Jasno da ih stalno treba usavršavati. Iza ove konstatacije da razmotrimo naše današnje normative i neugodnosti koje iz njih proizlaze.

Svi znamo da nam normativ daje broj i strukturu radne snage, a pomnožen sa prosjekom grupe (za prijenos) da nam daje dohodak. Svi znamo da bi prijenosno poduzeće koje bi popunilo radna mjesta prema normativu, a to znači koje bi plaćalo ljude prema prosjeku grupe ubrzo ostalo bez kvalitetnih radnika, jer su ti prosjeci nerealno niski. Znači, normativ je uvjetna veličina za utvrđivanje iznosa dohotka. Drugih mogućnosti za stvaranje dohotka prenosna poduzeća nemaju ili barem nemaju takvih, koje bi bile spomena vrijedne, a imaju podlogu u važećim propisima. Radi toga se i elektroprivredna poduzeća kreću uvijek ispod normativa. Stvarni broj ljudi je usklađen između dva suprotna zahtjeva spremnosti i ekonomičnosti na taj način da se postigne dosad uobičajena sigurnost, a da se s druge strane dohodak pojedinaca kreće iznad minimalne granice kod koje počinje fluktuacija. Za elektroprivredu kao javnu službu sa automatiziranim pogonima tj. sa relativno malim brojem stručnjaka mahom visoko kvalificiranih, to je nužan uvjet.

Iz ovog stanja proizlaze smetnje koje bi u normalnom poslovanju izgledale nemoguće. Pokušat ćemo ih nabrojiti.

Komisija za normative suočena s činjenicom da prijenosna poduzeća rade sa brojem ljudi ispod normiranog, nastoji sniziti normative.

Nadležni za prosjek grupe drže čvrsto nerealne prosjeke. Dispečer kod pojedinih događaja u mreži traži brze intervencije i predbacuje nam da smo nedovoljno dimenzionirani, jer štedimo na ljudima.

Pogonski odjeli Zajednice odnosno Jugela razrađuju u principu pravilnu postavku smanjenja ljudi, a prema uzoru na ostale tehnički napredne zemlje.

Ovakvi zahtjevi koji se postavljaju prijenosnim poduzećima nisu na žalost međusobno koordinirani, štaviše često su međusobno kontradiktorni. Takav rad stvara probleme ne samo za normalno poslovanje, nego i u definiranju koncepcija izgradnje.

Utjecaj prijenosnih poduzeća na koncepciju izgradnje novih objekata doduše postoji, i to u znatnoj mjeri, što je realno s obzirom na skupljena iskustva. Međutim postoje i ostali organi, da navedem samo JIB (Jugoslavenska investiciona banka), koji svojim stavovima ponekad koče i najnaprednije stvari. Na primjer, JIB nam je uporno osporavala automatske regulatore napona u novim transformatorskim stanicama, iako su oni jedan od osnovnih uvjeta za racionalizaciju radne snage. Uopće se JIB sasvim bespravno stavlja često u poziciju vrhovnog tehničkog arbitra samo

zato, jer drži kasu. Praksa je pokazala, da su jako daleko od stvarnosti ili barem da stvarnost ne žele deklarirati.

Uzmimo također kao primjer izbor presjeka dalekovoda 110 kV. Od kada je na zasjedanju CIGRE u Opatiji zaključeno da tipski presjek dalekovoda 110 kV treba da bude 240 mm² Ač, a sve ostalo samo uz posebno obrazloženje, Reviziona komisija Jugela je odobravala presjeke isključivo 150 mm², a sve drugo uz specijalno obrazloženje. Jasna nam je potreba štednje, ali da je to uvijek štednja nismo uvjereni.

Zakon o radnim odnosima

Ovaj Zakon nije često dovoljno definiran što nam, ukoliko ne želimo kršiti zakon, a to ne želimo — stvara neprilike. Uzmimo na primjer dva momenta, smjensku službu u transformatorskim stanicama i ekipu za održavanje. Mi smo uveli u novim stanicama službu prisutnosti dvojice ljudi s tim, da je u svakom momentu barem jedan od njih obavezno prisutan u stanici ili svom stanu koji je neposredno vezan na stanicu. Smatramo, da smo na ovaj način postigli to da u stanici imamo uvijek jednog dobrog radnika dobivenog selekcijom, a naročito noću i dvojicu. Kod klasične smjene sa jednim uklopničarom kojeg dovodimo iz grada sigurnost je manja, jer je dotični uvijek sam, a i veći broj ljudi u klasičnoj smjeni sigurno ne daje isti kvalitet kao našem slučaju. Dubiozno je prema našem zakonu kako treba ovakvu službu tretirati i kako postupati u slučaju hitne intervencije, kad je nužno da intervenira onaj koji je u tom momentu obavezno prisutan i onaj koji se zatekao kod kuće.

Kod rada ekipe za održavanje postavlja se npr. problem ograničenja prekovremenog rada na 4 sata dnevno. Pitamo, kako postupiti u slučaju defekta za čije otklanjanje treba više od 4 sata, a defekt se desio iza odrađenog normalnog radnog vremena. Pogotovo je to čudno, što taj isti zakon dozvoljava da uklopničar kojemu ne dođe smjena može produžiti u svojoj smjeni do 6 sati, tj. ako mu je smjena 12, može ukupno ostati na dužnosti 18 sati.

Treba napomenuti, da mišljenje o višoj sili kojom se žele opravdati defekti na mreži, nema čvrstu pravnu podlogu, jer je defekt normalna pojava u našem radu.

Postavlja se nadalje pitanje, kod kojih vremenskih uslova treba dozvoliti rad na postrojenjima naročito na dalekovodima i tko je nadležan da bude arbiter u pojedinim slučajevima naročito, kad je u pitanju znatna redukcija energije. Ovakvi su slučajevi u našoj praksi napose neugodni u području Senja zbog izvanredne bure.

Planovi izgradnje i koncepcije

Znamo da plan izgradnje postrojenja za neki period ne postoji ili bolje rečeno postoje razni planovi no ni jedan nije »ozakonjen«. Ne treba naročito dokazivati da ovakvo stanje, kad se npr. u svibnju ne zna što će se u tekućoj godini graditi, dovodi do stihije i do improvizacije sa svim štetnim posljedicama.

O koncepciji izgradnje je već bilo govora, ali ćemo spomenuti, primjera radi, telekomunikacije. Znademo, da domaći VF uređaji traže višestruko održavanje u usporedbi sa stranima koje imamo u pogonu. Znademo, da je telekomunikaciona komisija odlučila da se domaći uređaji više ne ugrađuju, ali znademo da ih i dalje ugrađujemo. Ne treba navoditi posljedice ovakve rabote na spremnost postrojenja i organizaciju održavanja. Spomenimo nadalje opremu i izbor koncepcije dispečerskih centara, pa konačno i »krikove mode« kao npr. telekomandu kojoj se često daje prednost pred unutarnjom automatizacijom postrojenja, iako mi u praksi znamo da je to pogrešno.

Odnosi sa dispečerskom službom

Poznavajući neku problematiku dispečera mislimo da se i oni nalaze u sličnom položaju kao i mi, no kako to nije naš problem nabacili bi neke momente koje mi uviđamo:

— Razumijemo, da je dispečeru najjednostavnije u svakom momentu tražiti intervenciju i tako se »pokriti«, no mislimo da bi u tome trebala važiti unaprijed dogovorena »pravila igre« koja se mogu mijenjati već prema energetskoj situaciji.

— Smatramo nepotrebnim da npr. dalekovod Zagreb — Jajce mora biti u pogonu, ali da razmjena mora biti nula radi »viših« financijskih razloga. Ako je to zbilja viši razlog potrebno je sprovesti automatsku regulaciju razmjene. Ni u kom slučaju ne smatramo opravdanim da organizacija smjenske službe u TS Mraclin bude diktirana zahtjevom regulacije snaga razmjene na spomenutom dalekovodu.

Na taj način bezrazložno bi rušili koncepcije o organizaciji smjena koja u konačnici nisu naš prohtjev, već neophodnost racionalnijeg poslovanja.

Propisi

O ovom ne želimo mnogo pisati, ali sama činjenica da prijenosna poduzeća stvaraju zajednički propise koje su morali dobiti kao zakon, govori za sebe. Ovo tim više, jer to nisu propisi za prijenosnu mrežu, već za elektroenergetska postrojenja.

Na kraju napominjemo da u ovom prikazu ne želimo mimoići činjenicu, da su mnogi problemi subjektivni i da ih sama prijenosna poduzeća trebaju rješavati. Međutim je činjenica i to da su ih ta poduzeća uočila i da ih barem nastoje riješiti, a da odgovarajućih nastojanja u elektroprivredi kao cjelini nema ili barem nema dovoljno.

Ponavljam na kraju da je svrha ovog članka da iznese i one male probleme koji čine sastavni dio našeg svakodnevnog rada, a od kojih su se problema mnogi previše udaljili. Bili bi vrlo zadovoljni kada bi rezultat ovog članka bio poticaj na razradu jedne kompleksne valorizacije pogonske spremnosti u elektroprivredi.

Naslov pisca: Zorko Cvetković, dipl. ing., Elektroprenos, Zagreb, Proleterskih brigada 37

UVJETI ZA POVEĆANJE PRODUKTIVNOSTI RADA U DJELATNOSTI PRIJENOSA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Karlo Ožegović, Split

S obzirom na specifičnost elektroprijenosnih poduzeća potrebno je posebno promotriti sve faktore koji djeluju na povećanje produktivnosti rada u tom području djelatnosti. Pisac najprije postavlja problem mjerila za produktivnost, a zatim analizira pojedine utjecajne faktore. Faktori su grupirani u vanjske, koji proističu iz općih prilika u zemlji, unutarnje koji ovise o načinu rada u elektroprivredi i mješovite koji imaju uglavnom podjednak karakter kako unutarnjih tako i vanjskih.

DK 621.315/316

Produktivnost rada u našoj zemlji, a napose produktivnost rada u djelatnosti prijenosa električne energije čest je predmet razgovora. Povećanje produktivnosti u prijenosnoj djelatnosti putem administrativnih mjera (npr. smanjenje normativa radne snage) može u početku spriječiti nepotrebno rasipanje snaga na mjestima gdje je postojala tendencija za pretjerano povećanje broja zaposlenih. Nadalje, administrativne mjere u prvom času djeluju pozitivno i zato, jer daju kolektivima izvjesnu opću liniju perspektivnog razvoja, ali istovremeno nailaze na otpor u kolektivima, i to iz sasvim razumljivih razloga.

Postizanje stvarnih rezultata u nastojanju na povećanju produktivnosti rada ne može se zamisliti bez sistematske sveobuhvatne analize, koja uzima u obzir sve opće i specifične faktore, koji utječu na problem. Ovim člankom nastojat ću definirati faktore, koje treba uzeti u obzir prilikom razmatranja mogućnosti za povećanje produktivnosti rada u elektroprijenosnoj djelatnosti.

U prvom redu mora se konstatirati, da će s obzirom na karakter tehnološkog procesa u ovoj djelatnosti utjecajni faktori biti mnogobrojni i raznoliki, a sama analiza će biti različita od analize produktivnosti npr. jedne tvornice, koja se s jedne strane oslanja na izvore sirovina, a s druge strane na tržište.

Potrebno je također još prije izlaganja samih utjecajnih faktora napomenuti, da nije moguće bez poteškoća postaviti jednoznačno mjerilo produktivnosti u elektroprijenosnoj djelatnosti. U ekonomskim analizama prvenstveno ima pokazatelj, s kojim iznosom učestvuje prijenos električne energije u jednom kilovatsatu prodane energije. Premda se finalnim proizvodom elektroprijenosne djelatnosti bez daljnjega može smatrati prijenosni kilovatsat, pa pokazatelj troška prijenosa po jedinici može poslužiti čak i za ugovoranje troškova ove djelatnosti, on se može primijeniti samo kao neki utvrđeni prosjek u velikim mrežama, dok bi u manjim dijelovima mreže ovaj jedinični iznos pokazao znatne razlike kako kod uspoređivanja s drugim dijelovima mreže, tako i kod uspoređivanja jediničnih troškova istog područja u različita doba jedne godine ili u različitim godinama.

Vrijednost osnovnih sredstava, bilo nabavna bilo sadašnja, također ne bi mogla biti pouzdano mjerilo u analizi produktivnosti, pošto je ta vrijednost utvrđena na temelju administrativnih uputstava, razlika na tržištu i kursnih proračunavanja deviza, a još veća manjkavost ovog pokazatelja pojavljuje se kod objekata iz perioda neekonomične izgradnje. Ako još uzmemo utvrđenu teoretsku činjenicu, da bi objekat morao omogućiti veću produktivnost, vidimo da neku pouzdanu zakonitost između vrijednosti osnovnog sredstva i produktivnosti nije moguće a priori utvrditi.

Preostaje još jedna, očigledno najpravilnija mogućnost utvrđivanja produktivnosti, tj. po fizičkim pokazateljima veličine mreže, kako to otprilike postavljaju i današnji normativi za utvrđivanje potrebne radne snage.

Same faktore, koji utječu na produktivnost rada u elektroprijenosnoj djelatnosti, treba podijeliti na unutarnje, koji ovise o načinu rada unutar same uže i šire elektroprivrede, te na vanjske, koji proističu uglavnom iz općeg upravnog zakonodavnog i privrednog razvoja zemlje. Postoje još i neki faktori koji imaju uglavnom podjednak karakter kako unutarnjih tako i vanjskih.

Vanjski faktori

1. Zakon o radnim odnosima ne predviđa dovoljno slobode u primjeni takvog rasporeda radnog vremena, koje bi dovelo do maksimalne ekonomičnosti rada. Radi se uglavnom o radnom vremenu radnika u ekipama za održavanje, te statusu vremena obavezno provedenog u blizini objekta ili nekog centra, ali bez konkretnog radnog zadatka. Ovakvo provedeno vrijeme omogućuje radniku rekreaciju, odmor i privatnu djelatnost, ali mu zabranjuje udaljavanje iz stanovitog kruga, npr. stana, okućnice i sl. Radne organizacije, koje ovim vidom rada nastoje povećati produktivnost, u pomanjkanju zakonskih uputa nailaze na poteškoće i proizvoljno tumačenje pojedinih članova Zakona.

2. Saobraćajne veze, napose ceste, produžuju neproduktivno vrijeme provedeno na putu do mjesta rada i produžuju trajanje prekida. Radne organizacije prisiljene su zbog toga da predvide veću gustinu baza dalekovodnih ekipa. Kako je poznato, da jedna dalekovodna ekipa mora imati dovoljan broj ljudi za izvršenje određene vrste rada bez obzira na količinu rada, loše stanje ili nepostojanje cesta smanjuje produktivnost u ovoj vrsti djelatnosti.

3. Vanjski stimulativni faktori na produktivnost rada nisu u zemlji dosegli nivo koji bi mogao omogućiti produktivnost bez dodatnih subjektivnih poteškoća kod radnika. Ovaj faktor je veoma složen i on obuhvata kako opći odnos prema radnim zadacima, tj. svjesni moment radnog čovjeka, tako i opći standard života, kao što su industrijska društvena prehrana, lokalni saobraćaj, kućanski servisi, dječji vrtići, kulturni život itd. Napredak na ovom području zahtijevat će još znatne napore društvenih snaga i znatna financijska ulaganja.

4. Osjeća se pomanjkanje specijalističkih servisa koji bi brzo i kvalitetno izvršavali specijalne revizi-

one radove (regulacione sklopke transformatora, pojedinih vrsta sklopaka, motorna vozila). Nije bitno pitanje organizacije servisa. Oni mogu biti samostalni, mogu biti u sastavu organizacije dobavljača opreme, a i unutar elektroprivrede, ali moraju biti kvalitetni i mobilni.

Unutarnji faktori

5. Današnja organizacija, bolje reći podjela rada unutar elektroprivrede, ne omogućuje racionalno vršenje određenih grupa poslova. Npr. u pogledu tehničke problematike javljaju se manje više istovremeno pojedini problemi, kao što su automatizacija, UKV- mreža, interna tehnička uputstva, primjena boljih kontrolnih uređaja, statistika, tretman nultačke srednjeg napona itd. Instituti su odviše odvojeni od prakse i rješavaju takova pitanja nedovoljno konkretno za neposrednu primjenu u praksi. Zajednica jugoslavenske elektroprivrede ne raspolaže radnim grupama za rješavanje takvih problema, pa su pojedine radne organizacije prisiljene da često i s nedovoljno specijaliziranim kadrom rješavaju svoje probleme. Činjenica, da se isti rad obavlja na više mjesta i da se rezultati zbog pomanjkanja koordinacije ne poklapaju i nisu uvijek najsretnije riješeni, ukazuje da se takvim »paralelizmom« u radu smanjuje produktivnost ispod moguće.

Do sličnih konstatacija može se doći i kod drugih službi, npr. u pogledu rješavanja općih kadrovskih, ekonomskih i sličnih pitanja.

6. Problematika razvoja mreže određuje se danas (uključujući tu i sama financijska ulaganja) u okviru područja koja se uvijek ne poklapaju s granicama energetskih cjelina, tzv. regiona. Pojedina područja u mogućnosti su da sticajem okolnosti rješavaju sekundarne probleme, a druga nisu u stanju niti da osiguraju osnovnu opskrbljenost električnom energijom. U samoj pripremi dokumentacije ima mnogo »paralelizma«. Objektivnost u dinamici izgradnje je veoma mala i iziskuje mnogo stručnog rada na samom polemiziranju planova itd. Zatvorena su praktično vrata široj tipizaciji, nametanju zahtjeva industriji opreme i mnoštvu drugih pozitivnih akata udružene elektroprivrede.

7. Kvalitet kadra predstavlja donekle i vanjski faktor, ali pošto elektroprivreda apsorbira velik broj radnika od kojih se zahtijevaju specifična znanja i sposobnosti, sklon sam da ovo pitanje uvrstim u red unutarnjih faktora, tim više što se postepeno prihvaća put formiranja kadra u krilu same elektroprivrede. Kvalitetniji kadar bi osim povećane produktivnosti doprinio i višem tehničkom nivou pojedinih službi odnosno boljoj kvaliteti finalnog proizvoda.

8. Stambeno pitanje u elektroprijenosnoj djelatnosti nema samo karakter standarda pojedinaca, i nije samo instrument za sprečavanje fluktuacije radnika, već je za stanovita radna mjesta neposredno vezano uz tehnički proces. To se odnosi na racionalnu pogonsku službu transformatorskih stanica, te na koncentrirane stambene kolonije pripadnika dalekovodnih ekipa.

9. Unutarnja automatizacija postrojenja usvojena je ne samo kao instrument za povećanje produktivnosti rada, već i kao neophodni instrument za povećanje kvalitete finalnog proizvoda. U svakom slučaju, povećanje produktivnosti usko je vezano s daljnjom automatizacijom. Ovamo se mogu uvrstiti i telekomunikacione veze s pripadnom automatikom.

10. Stabilnost mreže, postignuta postojanjem dovoljnog kapaciteta odnosno rezerve dovodi do nestajanja neočekivanih poremećaja, odnosno dopušta da se uklanjanju poremećaja pristupa s više plana, a manje u smislu vatrogasne službe, tj. racionalnije. I ovaj faktor, osim što je neophodan za povećanje produktivnosti rada, doprinosi ujedno i kvaliteti finalnog proizvoda.

11. Savršenstvo radnih metoda, koje je opet ovisno i o već spomenutim faktorima (propisi, standardizacija, kvalitet kadra) može u velikoj mjeri približiti rad na elektroprenosnim postrojenjima i industrijskim metodama s mogućnošću dugoročnog planiranja. Velika pozitivna uloga može se očekivati od uvođenja radova pod naponom.

Kombinirani faktori

12. Pouzdanost postrojenja u radu, tj. imunost od havarija, zatajivanja itd. ovisi kako o dobavljaču opreme, tako i o projektantu odnosno tijelu koje osniva objekt i vrši izbor opreme. Ovaj faktor je također značajan za povećanje produktivnosti rada.

13. Stimuliranje radnika za odgovarajući radni efekat, stručnost i odgovornost od presudnog je značaja kod povećanja produktivnosti rada. Ovo pitanje vezano je uz vanjske faktore, kao što su opće prihvatljivi nivoi primanja, te neki od već spomenutih faktora. Realna stimulacija u našem slučaju nije moguća na bazi jedinice proizvoda, a samo uz znatne poteškoće je moguće na temelju normiranja nekih radnih operacija (npr. izmjena izolatorskog lanca). Nužno je omogućiti objektivnu ocjenu ličnosti i rada i suzbiti mišljenje da se stimulacija sastoji samo u povećanju primanja.

Osim nabrojenih faktora postoje još i mnogi drugi. U razvijenim zemljama npr. sve se manje drže profesionalni šoferi. Nadalje nužno je odrediti optimalni djelokrug jedne osnovne radne grupe, odnosno njen akcioni radijus. Veći akcioni radijus je povoljniji za postizavanje veće produktivnosti, ali je ujedno ograničen drugim faktorima. Telekomanda, ako je smišljeno uvedena, igra također značajnu ulogu u ovom procesu.

Cilj je ovog članka, da pokaže kako se povećanje produktivnosti rada ne može postići administrativnim mjerama, npr. smanjenjem normativa radne snage, već da je to složeni razvojni proces pod utjecajem mnogih faktora, vanjskih i unutarnjih. Ovo treba imati u vidu prilikom razmatranja problema produktivnosti, pa utjecati na faktore o kojima zavisi produktivnost i odrediti koji se faktori mogu poboljšati odmah, a koji tek uz znatna dugoročna ulaganja. Razvoj nekih faktora ostat će vjerojatno potpuno van domašaja utjecaja od strane elektroprivrede, pa će trebati ili sačekati rezultate općeg razvoja, ili naći obilazna rješenja. Pitanjima organizacije također treba dati odgovarajući značaj.

Naslov pisca: Karlo Ožegović, dipl. ing., Elektroprenos, Split

NEKA LOŠA ISKUSTVA SA ŠTAPNIM IZOLATORIMA NA DALEKOVODU RAKITJE — GOJAK — VINODOL

Egon Mileusnić, Zagreb

Tokom zime su učestali lomovi štapnih izolatora na vodovima 110 kV Rakitje—Gojak i Gojak—Vinodol. U članku su sistematski sređeni sakupljeni podaci o tim lomovima, podaci o ispitivanjima provedenima na terenu i u laboratoriju. Provedena je analiza čitavog materijala, a na kraju su izneseni mogući uzroci lomova uz napomenu da se ispitivanja nastavljaju.

DK 621.315.62

Tokom prošlogodišnje zime, a naročito u veljači i ožujku ove godine učestali su lomovi štapnih izolatora na dalekovodima 110 kV Rakitje — Gojak i Gojak — Vinodol.

Dalekovod Rakitje — Gojak bio je uslijed tih lomova izolatora pogonski potpuno neispravan u tom vremenskom razdoblju. Broj lomova daleko prelazi normalne pogonske defekte i pojavljuje se kao poseban problem.

Budući da kod nas ne postoji neko bogato dugogodišnje iskustvo sa štapnim izolatorima, svrha je ovog prikaza da iznese do sada sakupljene podatke koji su vezani uz pojavu lomova štapnih izolatora.

Oba dalekovoda izgrađena su godine 1955. U tablici 1 izneseni su najvažniji tehnički podaci ovih dalekovoda.

Važniji tehnički podaci dalekovoda

Tablica 1

	DV Rakitje — Gojak	DV Gojak — Vinodol
Vodič	Alučel 3×240 mm² 1 : 6	Alučel 3×240 mm² 1 : 6 Alučel 3×210 mm² 1 : 3 (nekoliko raspona)
Zaštitno uže	Če III—50 mm²	Če III—50 mm²
Najveće naprezanje vodiča	10 kg/mm²	10 kg/mm²
Najveće naprezanje zaštitnog užeta	35 kg/mm²	35 kg/mm²
Srednji raspon i najveći raspon	336/425 m	270/430 m
Vrst stupa	Beton — jela M. C. — bačva	želj. rešetkasti — jela
Visina stupa: srednja/maksim.	Beton 15/17 m M. C. 20/26 m	20/26 m
Ovjesni materijal	Hofmann — domaći	Hofman — domaći
Prigušivači	Stockbridge — domaći	—
Zone vjetra	Rakitje — Karlovac I II + III Karlovac — Gojak I + II	
Led	Od stupa 1—137 $0{,}18\sqrt{d}$ Od stupa 137—236 $1{,}6 \times 0{,}18\sqrt{d}$	od $2{,}5 \times 0{,}18\sqrt{d}$ do $6 \times 0{,}18\sqrt{d}$
Dužina trase	77,3 km	60,3 km

Opaska: M. C. — čelični stup od cijevi tip Motor Columbus

Broj i vrsta ugrađenih štapnih izolatora na oba dalekovoda prikazani su u tablici 2.

Vrste i količine ugrađenih izolatora

Tablica 2

Dalekovod	Broj stupnih mjesta	Količina izolatora po vrstama			
		EL-85/14	EL-75/13	EL-75/12	Ukupno
Rakitje — Gojak	235	192	316	660	1.168
Gojak — Vinodol	254	228	413	570	1.211
Ukupno	489	420	729	1.230	2.379

Izolatori su proizvedeni u SR Njemačkoj, a odgovaraju normama DIN 48006/55.

Iako su oba dalekovoda puštena u pogon godine 1955., vjerodostojna statistika lomova izolatora postoji tek od 1. I 1958., tako da je njime obuhvaćen period zadnjih 5 godina. Za vremensko razdoblje od 1955. do 1958. nema podataka, izuzevši sjećanje elektromontera, koji su uzdržavali te dalekovode, a prema njihovim izjavama nije bilo takovih pojava.

Pregled lomova štapnih izolatora dan je u tablici 3, i obuhvaća vrijeme loma, broj stupa, vrstu izolatorskog lanca, tip izolatora te mjesto loma, a obuhvaća period od 1. I 1958. pa do danas.

Ukupno je bilo 20 slučajeva. Budući da je jedan lom nastao uslijed mehaničkog oštećenja, i nema nikakove uzročne veze s ostalima, to će ova razmatranja obuhvatiti 19 slučajeva, za koje se može smatrati da su nastali uslijed istih uzroka.

U tablici 4 prikazani su lomovi izolatora u postocima ugrađenih količina.

Lomovi izolatora u % ugrađenih količina

Tablica 4

Vrst lanca ili tip izolatora	S obzirom na ugrađene količine na DV Rakitje — Gojak %	S obzirom na ukupnu ugrađenu količinu izolatora na oba voda %
Z i DZ	1,8	0,825
L i DL	1,67	0,817
EL — 85/15	1,04	0,475
EL — 75/13	3,80	1,64
EL — 75/12	0,76	0,407
Ukupno izolatori	1,62	0,8

Ovi statistički podaci sami za sebe dovoljno pokazuju koliko je taj problem ozbiljan i neugodan. Dalekovod Rakitje — Gojak je u zimskim mjesecima pogonski neispravan i nesiguran, a osam intervencija ekipa za održavanje dalekovoda u roku od 30 dana predstavlja svojevrstan rekord.

Pregled lomova štapnih izolatora
na dalekovodima Rakitje — Gojak (stup 1—235) i Gojak — Vinodol (stup 236—489)

Tablica 3

Datum	Sat	Broj stupa	Vrst lanca				Tip izolatora			Mjesto loma			Opaska
			L	DL	Z	DZ	L-14	L-13	L-12	Gornja kapa	Donja kapa	Sredina	
22. 1. 58.	nepoznat	211		+					+		+		
9. 1. 59.	10,07	154	+						+		+		
10. 9. 59.	5,52	126	+						+		+		
8. 1. 62.	12,48	4	+					+			+		
10. 2. 62.	nepoznat	119				+	+			+			
14. 2. 62.	5,41	53	+					+			+		
13. 4. 62.	14,00	117			+		+				+		
18. 8. 62.	nepoznat					+		+				+	Meh. ošteć.
8. 12. 62.	20,52	3	+					+			+		
9. 2. 63.	14,22	40			+			+		+			
15. 2. 63.	9,20	385	+					+		+			
25. 2. 63.	2,02	161	+					+			+		
25. 2. 63.	nepoznat	19		+				+		+			
25. 2. 63.	nepoznat	118				+		+			+		
27. 2. 63.	0,32	110	+						+		+		
28. 2. 63.	11,55	55	+						+		+		
4. 3. 63.	nepoznat	88				+		+			+		Vidljiv trag st. pukotine
5. 3. 63.	nepoznat	6				+		+			+		
7. 3. 63.	nepoznat	77				+		+			+		
7. 3. 63.	nepoznat	164				+		+		+			
Ukupno		20	9	2	2	7	2	13	5	5	14		

OPASKA. L — jednostruki nosni lanac, DL — dvostruki nosni lanac,
Z — jednostruki zatezni lanac, DZ — dvostruki zatezni lanac.

Ovakva situacija zahtijeva da se riješe dva osnovna pitanja:

da li je nužna zamjena izolatora i u kom opsegu;

koji uzroci uvjetuju ovakovu masovnu pojavu lomova izolatora.

U tu svrhu poduzete su slijedeće mjere. Inozemnom proizvođaču izolatora poslan je jedan uzorak polomljenog izolatora na ispitivanje. Na žalost ova ispitivanja nisu dala neki jasan i jednoznačan rezultat. U Industriji elektroporcelana Aranđelovac izvršeno je ispitivanje 31 komada izolatora, i to 28 komada skinutih s dalekovoda i 3 komada sa skladišta. Ispitivani su izolatori tipa EL-75/13 i EL-75/12, i to na isti način kao i prilikom preuzimanja tj. prema propisima VDE 0446/7-52.

Ispitivanja su dala slijedeće rezultate:

1. Svi izolatori podvrgnuti su opterećenju od 5,5 t (podatak iz ispitnog protokola) za vrijeme od 1 minute. Do loma je došlo svega na dva izolatora skinuta sa voda.

2. Ispitivanje otpornosti prema naglim promjenama temperature izvršeno je na dvadeset izolatora. Vizuelnim pregledom ustanovljeno je da ni na jednom izolatoru nema vidljivih oštećenja.

3. Nakon toga je 7 izolatora, koji su bili ispitani na otpornost prema naglim promjenama temperature, ponovno podvrgnuto jednominutnom opterećenju od 5,5 t i svi su izolatori izdržali ovo ispitivanje.

4. Svi izolatori podvrgnuti su mehaničkom opterećenju do loma.

Ispitivanja su vršena do maksimalno 12 t.

a) Od 7 izolatora, koji su prošli jednominutno opterećenje od 5,5 tona, termičko ispitivanje i zatim ponovno jednominutno opterećenje od 5,5 tona, svega kod dva izolatora došlo je do loma ispod opterećenja od 12 t i to pri 9,35 t i 10,2 t.

b) Od preostalih 13 izolatora koji su prošli jednominutno opterećenje od 5,5 t i termičko ispitivanje polomljeno je svega 3, i to pri silama 9,75; 10,45; i 10,6 t.

c) Kod ispitivanja 9 komada izolatora, koji su prošli samo jednominutno opterećenje od 5,5 t, došlo je do loma na 5 komada i to pri silama 10,75; 11; 11; 11,2 i 11,9 t.

5. Također je izvršeno ispitivanje poroznosti porculana s otopinom fuksina na komadićima porculana dvaju izolatora. Ovo ispitivanje je potpuno zadovoljilo.

Sva ova ispitivanja s neočekivanim relativno dobrim rezultatima nisu donijela neke nove momente koji bi dali odgovor na prvo pitanje o mogućnosti zamjene izolatora.

Zbog tog razloga, a da se dobije što tačniji uvid u stanje svih ugrađenih izolatora, izvršeno je za vrijeme godišnjeg remonta dalekovoda Rakitje — Gojak ispitivanje izolatora na mehaničko naprezanje. Sva ta ispitivanja vršena su na nekoliko podesnih mjesta duž trase dalekovoda, gdje su se u neposrednoj blizini nalazila ili dva dalekovodna stupa ili dovoljno jaka stabla.

Zatezanje se vršilo s povlačnim koloturnikom (»greifzug«) i sila kontrolirana s dinamometrom. Izolatori su bili podvrgnuti sili vlaka od 5—5,5 t kroz 1

minutu. Na taj način ispitan je ukupno 1101 komad, sa 220 stupova ili 94 % od ugrađenih količina izolatora. Zbog loših vremenskih prilika nisu ispitani izolatori sa 15 stupova, ali su to bile posljednje dionice prema HE Gojak na kojoj nije bilo učestalih lomova.

Prilikom ovog ispitivanja polomljen je 31 izolator skinut s voda, i 3 izolatora uzeta sa skladišta, budući da su bili ispitivani i svi oni izolatori sa skladišta koji su služili za zamjenu polomljenima.

Postotak izolatora koji nisu izdržali ovo ispitivanje iznosi 2,8 %. S obzirom na ugrađenu količinu ovo je vrlo visok postotak, uzimajući čak i u obzir da su izolatori 8 godina izvrgnuti naprezanjima u pogonu.

U tablici 5 prikazana su opterećenja pri kojima je dolazilo do lomova.

Opterećenja kod lomova izolatora Tablica 5

Sila u kg	do 1000	1001–2000	2091–3000	3001–4000	4001–5000
Broj polomljenih izolatora	5	11	2	7	6

Odmah se uočava da je preko 50 % izolatora koji nisu izdržali ispitivanje polomljeno pri silama ispod 2000 kg, dakle pri opterećenjima koja se kod zateznih lanaca pojavljuju u normalnim prilikama.

Najvredniji rezultat ovog ispitivanja, unatoč mogućem prigovoru da je to bilo ujedno i smanjenje životne dobi izolatora zbog dodatnih naprezanja, svakako je eliminiranje izrazito loših izolatora, a bez obzira da li su loše izrađeni ili su zbog raznih drugih uzroka izgubili potrebna mehanička svojstva.

Ova selekcija izolatora omogućava — ukoliko se pojava lomova izolatora i dalje nastavi, što se može očekivati — definitivno odbacivanje svake pomisli da je do lomova došlo samo kod manje grupe izolatora lošije kvalitete unutar dobre cjelokupne pošiljke.

S ciljem da se istraže svi mogući uzroci koji dovode do lomova štapnih izolatora prikazan je u sl. 1 usporedbeni pregled izmijenjenih prigušivača tipa »Stockbridge« po stupnim mjestima duž trase dalekovoda Rakitje — Gojak sa stupnim mjestima na kojima je došlo do lomova izolatora.

Zamjena prigušivača tipa »Stockbridge« domaće proizvodnje uvjetovana je zamorom čeličnog užeta koje drži utege. Ova pojava nije vezana samo uz dalekovod Rakitje — Gojak, već se javlja i na drugim dalekovodima s tim tipom prigušivača, ali je uzrokovana učestalošću i jačinom vibracije vodiča.

Broj izmijenjenih prigušivača po stupnom mjestu u sl. 1 predstavlja ukupni broj izmijenjenih prigušivača za četiri godine, tj. od 1959. zaključno s godinom 1963.

Na istoj slici unesena su i stupna mjesta s brojem polomljenih izolatora prilikom vršenja ispitivanja na terenu, a s namjerom da se ustanove eventualne grupacije na užim područjima trase dalekovoda.

Na temelju statistike lomova i ostalih prikupljenih podataka mogu se utvrditi slijedeće činjenice:

a) Lomovi izolatora nastupaju u najvećem dijelu na trasi dalekovoda Rakitje — Gojak i to u 95 % slučajeva.

b) Iako lomovi nastupaju duž cijele trase dalekovoda, ipak se naziru četiri grupacije i to:

I — između stupova br. 3 — 19, niska visoravan od Rakitja do Kalinovice;

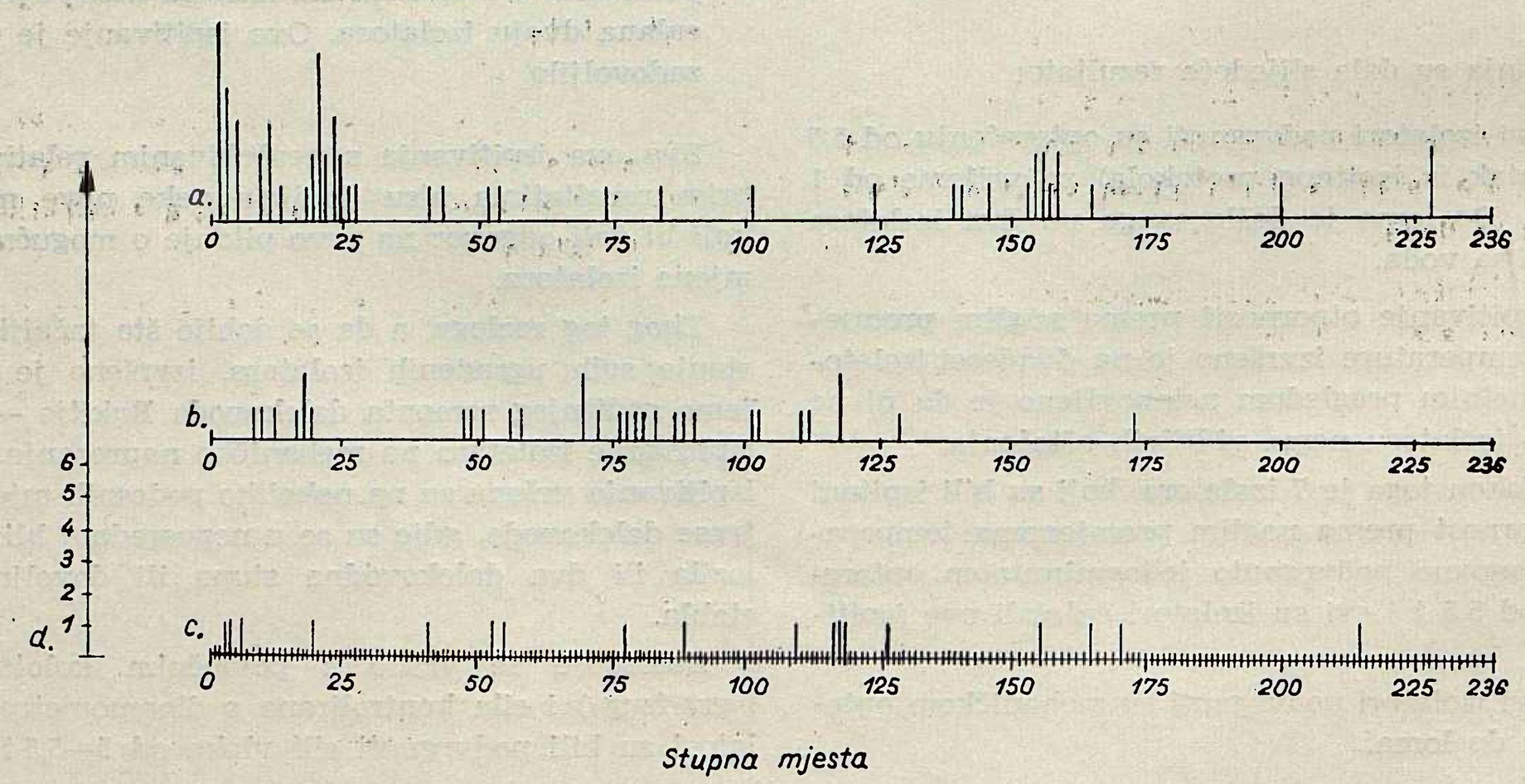
II — između stupova br. 40 — 56, nizinsko područje južno od Desinca;

III — između stupova br. 110 — 126, s izričito jakom grupacijom kod stupova br. 117, 118 i 119 u nizinskom području donjeg Pokuplja;

IV — između stupova br. 154 — 164 relativno blaži uspon od Modruš Potoka do Radešić Drage.

c) Promatrajući broj izmijenjenih prigušivača po stupnim mjestima uočavaju se također četiri grupacije, od kojih se tri podudaraju s I, II i IV gru-

Sl. 1. Smetnje na stupnim mjestima
a mijenjani prigušivači; b lomovi izolatora kod ispitivanja; c lomovi izolatora u pogonu; d broj izolatora i izmijenjenih prigušivača



pacijom lomova izolatora. III grupacija se podudara tek djelomično, a izuzetak čine stupovi br. 117, 118 i 119.

d) Lomovi izolatora prilikom ispitivanja na terenu također su grupirani u četiri uža područja, i od kojih se tri podudaraju s I, II i IV grupacijom lomova u pogonu. Izuzetak čini dosta veliki broj polomljenih izolatora između stupova br. 69—100.

e) Lomovi nastupaju redovito uvijek u zimskim mjesecima, i to u 89,5 % slučajeva. Pri tome treba istaći da su se lomovi redovito događali u dane s vrlo niskim temperaturama od —15° C do —25° C, što naročito važi za ovu godinu.

f) Broj lomova raste iz godine u godinu. Krivulja na sl. 2 prikazuje odnos broja lomova s brojem godina upotrebe (godinama pogona). Ovaj dijagram nije izrađen s pretenzijom na neke dalekosežne zaključke o budućem ponašanju izolatora. On samo upozorava da se iz godine u godinu pogoršava situacija.

Potrebno je napomenuti, da je u prosincu 1962. izgrađen dalekovod Osijek — Vinkovci sa štapnim izolatorima preostalim sa gradnje dalekovoda Rakitje — Gojak — Vinodol, koji su bili uskladišteni osam godina. Za vrijeme ovogodišnje zime, koja je također bila jaka i u Slavoniji, nije na tom vodu dolazilo do lomova izolatora.

g) Iz tablice br. 3 i 4 vidljivo je da do lomova dolazi skoro podjednako na nosnim i zateznim izolatorskim lancima. Promatrajući lomove po vrstama izolatora, uočava se da ima najviše lomova na tipu EL-75/13, kako po ukupnom broju polomljenih izolatora, tako i po procentualnom iznosu obzirom na ugrađene količine.

h) Mjesto loma je najčešće tik uz donju kapu (74 %) ili uz gornju kapu izolatora (26 %). Nije bilo lomova u sredini izolatora.

Pregledom površina porculana na mjestu loma utvrđeno je da su lomovi čisti i da nije postojalo napuknuće izolatora prije loma, izuzev jednog slučaja.

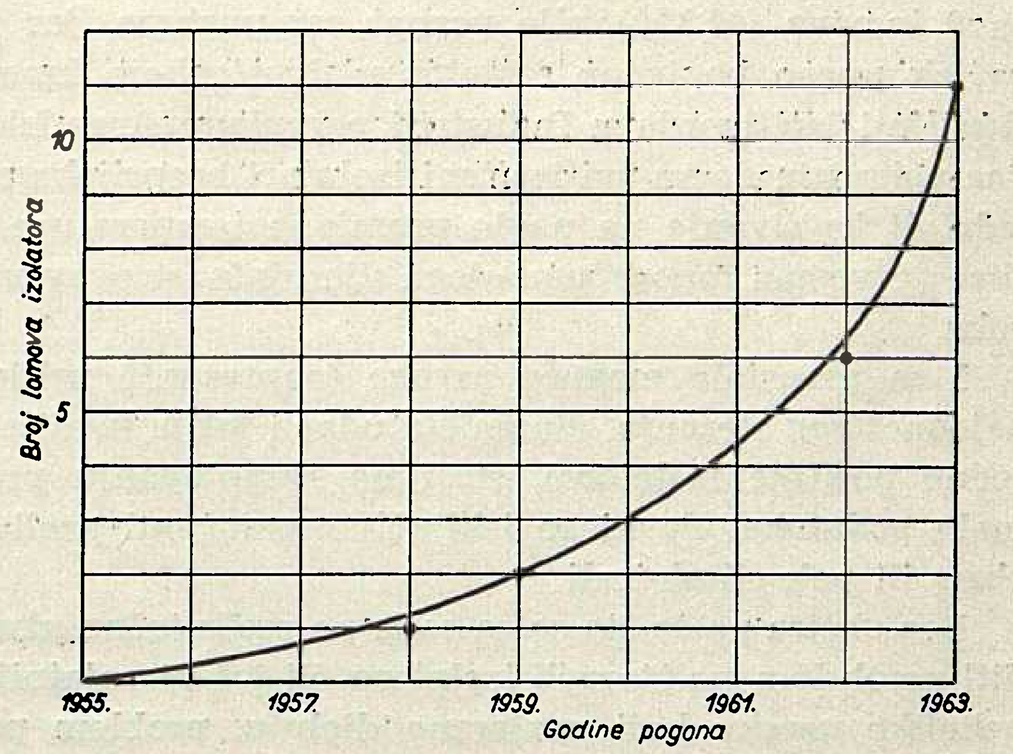
Lomovi su prilično ravni, kao da su izolatori rezani na tom mjestu.

Boja porculana na prelomnim mjestima je podjednaka kako uz rub tako i u sredini izolatora, te se na ovakav jednostavan vizuelan način nije moglo zaključiti na eventualnu nejednoliku termičku obradu.

i) Potrebno je također istaći, da su izolatori preuzimani u dva navrata i to u siječnju i ožujku 1955. Prema ispitnim protokolima izolatori su potpuno zadovoljili ispitivanja.

Izolatori su također isporučeni uglavnom u dva navrata. Vrlo je vjerojatno, da je prva pošiljka montirana na dalekovod Rakitje — Gojak a druga na dalekovod Gojak — Vinodol, s obzirom na tok montaže.

Ovo je također bilo nužno napomenuti, jer uz sve ostale uzroke, postoji i mogućnost da se samo jedna pošiljka izolatora pokazala lošijom u pogonu.



Sl. 2. Broj lomova izolatora po godinama

Razmatrajući cijeli taj problem svakako je najinteresantnije pitanje što može uvjetovati da dolazi do ovakovih lomova.

Uzimajući u obzir sve okolnosti i poznata zapažanja, može se pretpostaviti da je do lomova došlo zbog slijedećih razloga:

zbog povećanih naprezanja prouzrokovanih vibracijom vodiča;

zato što izolatori ne podnose nagle promjene temperature, tj. da porculan bude ohlađen noću na niske temperature od —10° C do —25° C i zatim naglo nejednoliko zagrijavan sunčanim zrakama;

zbog povećanih unutarnjih naprezanja uslijed nejednakog stezanja željezne kape, sumpornog cementa (»Schwefelzement«) kojim su kitani izolatori i porculan;

zbog tokom vremena nastalih promjena u sumpornom cementu, tako da je međusobno vezivanje između metalne kape, cementa i porculana oslabljeno, pa omogućuje izvjesne međusobne pomake i time dinamički udar;

zbog lošije kvalitete jedne pošiljke.

Veoma je teško opredijeliti se samo za jedan od naprijed navedenih faktora, za koje se inače može smatrati da utječu na lomove, jer nijedan sam za sebe ne objašnjava dovoljno ovu pojavu.

Podudaranje grupacija stupnih mjesta na kojima je došlo do loma izolatora u pogonu i za vrijeme ispitivanja na trasi dalekovoda s nekim grupacijama stupnih mjesta gdje su mijenjani prigušivači, upućuje na jak utjecaj vibracija vodiča.

Ovdje se odmah može primijetiti da se vibracije vodiča pojavljuju i u ostala tri godišnja doba osim zime, a tada lomova nije bilo. Posjedujemo daleko premalo podataka za utvrđivanje da li povećanje naprezanja vodiča uslijed niskih temperatura zimi tako povećava vlastitu frekvenciju vodiča da ona dolazi u jedno najnepovoljnije rezonantno područje s frekvencijom titraja uzrokovanih vjetrom.

Također je vrlo teško ustvrditi da lomovi nastupaju samo uslijed naglih promjena temperatura, pogotovo jer je svega 6 lomova (31,6 %) nastupilo u sate kada su takove nagle promjene temperature moguće. Na žalost

za 9 lomova (47,3 %) nije poznat sat nastupa, jer je uvijek pucao po jedan izolator u dvostrukom lancu. Rezultati ispitivanja u Industriji porculana Aranđelovac pokazuju da su svi ispitani izolatori besprijekorno izdržali ispitivanje na nagle promjene temperature, i time je veoma mnogo umanjena vjerojatnost ovog uzroka.

I za preostale moguće uzroke (naprezanje uslijed nejednolikog stezanja, dinamički udar i lošija kvaliteta jedne pošiljke izolatora), stoji na raspolaganju premalo podataka, da bi se isključivo samo oni uzeli u obzir ili pak eliminirali.

Bez obzira na to što se za sada ne može tačno utvrditi uzrok lomova štapnih izolatora, ili još vjerojatnije, nekoliko uzroka koji uzajamno djeluju, problem postoji, on je vrlo ozbiljan i neugodan, i zahtijeva daljnja istraživanja i detaljnu analizu svih sakupljenih podataka. Među prve zadatke s tim ciljem spada svakako mjerenje jakosti vibracije na karakterističnim mjestima, te prikupljanje podataka o klimatskim prilikama duž trase dalekovoda i detaljna laboratorijska ispitivanja strukture porculana i vezivnog cementa.

Promatrajući problem zamjene izolatora, nakon svih sprovedenih ispitivanja došlo se do zaključka da se za sada još ne izvrši potpuna zamjena i to iz slijedećih razloga:

samim ispitivanjem izolatora na terenu izvršena je djelomična zamjena i time eliminirani najlošiji izolatori i za kraći vremenski period povećana pogonska sigurnost voda;

takova zamjena zahtijevala bi prilična novčana sredstva, a ne bi bila svrsishodna tako dugo, dok nije poznat i uzrok ove pojave lomova, jer nije isključeno da se i kod nove vrste izolatora ne pojave neki problemi uslijed istog uzroka;

zamjenu bi mogli izvršiti samo s izolatorima domaće proizvodnje, o kojima također nemamo neko dugogodišnje iskustvo;

na odluku donekle utječu i pogonske karakteristike toga dalekovoda, čiji ispad izaziva doduše izvjesne smetnje, ali koje se donekle kompenziraju s vodom Vinodol — Rakitje.

Nadamo se, da će se nakon daljnjih istraživanja cijeli problem moći sagledati šire i donijeti odgovarajuće odluke.

Naslov pisca: Egon Mileusnić, dipl. ing., Elektroprenos, Zagreb, Proleterskih brigada 37

REGULACIONI TRANSFORMATOR U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU

Boris Markovčić, Zagreb

Efekt regulacije regulacionim transformatorom različit je i ovisi o tome kakav je karakter konzuma, koliko se jalove snage prenosi i kolika je duljina prijenosa. Svi ovi faktori su analizirani, pa je ukazano na slučajeve gdje treba primijeniti regulaciju napona regulacionom sklopkom na transformatoru, a gdje je povoljnija regulacija kompenzatorom.

DK 621.314.214

Regulacioni transformator tj. transformator kojemu se pod naponom može mijenjati odnos zavoja, uobičajeni je uređaj za regulaciju napona u našim stanicama 110/35 kV. Često se misli, da kod pomaka regulacione sklopke za npr. + 15 % napon na sekundarnoj strani transformatora poraste u svakom slučaju također za 15 %. Kod neopterećenog transformatora i kod opterećenja, ali kod kratkih vodova između izvora i potrošača, to se zaista i dešava, ali kod duljih vodova ili u vezanom sistemu regulacioni transformator postaje slabo efikasan kao uređaj za podešavanje napona. Ta pojava nije dolazila toliko do izražaja kod transformacije 110/35 kV s kojom već imamo dosta iskustva, koliko kod stanica 220/110 kV, gdje su prijenosni sistemi veći i po daljini i po snazi.

Ovdje će se promatrati uloga i efikasnost regulacije napona regulacionom sklopkom na transformatoru 220/110 kV, kako bi se dobio uvid u svrsishodnost njene primjene u različitim prilikama.

Pomakom regulacione sklopke mijenja se napon u potrošačkom području, što izaziva promjenu opterećenja, a promjena opterećenja pak ima za posljedicu promjenu napona na kraju prijenosnog voda, tj. na transformatoru. Pogonsko je stanje stabilizirano ravnotežom napona. Gdje će se ravnoteža uspostaviti zavisi od karakteristika napon — snaga potrošačkog područja i prijenosnog voda. Prema tome, prije nego se pređe na promatranje djelovanja samog regulacionog transformatora, potrebno je proanalizirati spomenute karakteristike potrošača i prijenosa.

Poznato je, da je jalova snaga glavni faktor koji utječe na promjenu napona u trofaznim sistemima, pa je stoga odabran dijagram sa koordinatnim sistemom napon — jalova snaga kao najprikladniji za analizu.

Kod promatranja potrošača treba ovdje također obuhvatiti i električnu mrežu koja se nalazi iza promatranog transformatora. Ako se izuzmu neki specijalni potrošači s posebnim karakteristikama, potrošači se mogu za ove svrhe svrstati u tri grupe:

a) termički potrošači uključujući i rasvjetu
b) motorni pogoni (asinhroni motori)
c) električna mreža (vodovi i transformatori).

Kod termičkih potrošača, djelatna se snaga mijenja s kvadratom napona (tj. 10 % povećanje napona izaziva 21 % povećanje snage), a jalova se može zane-

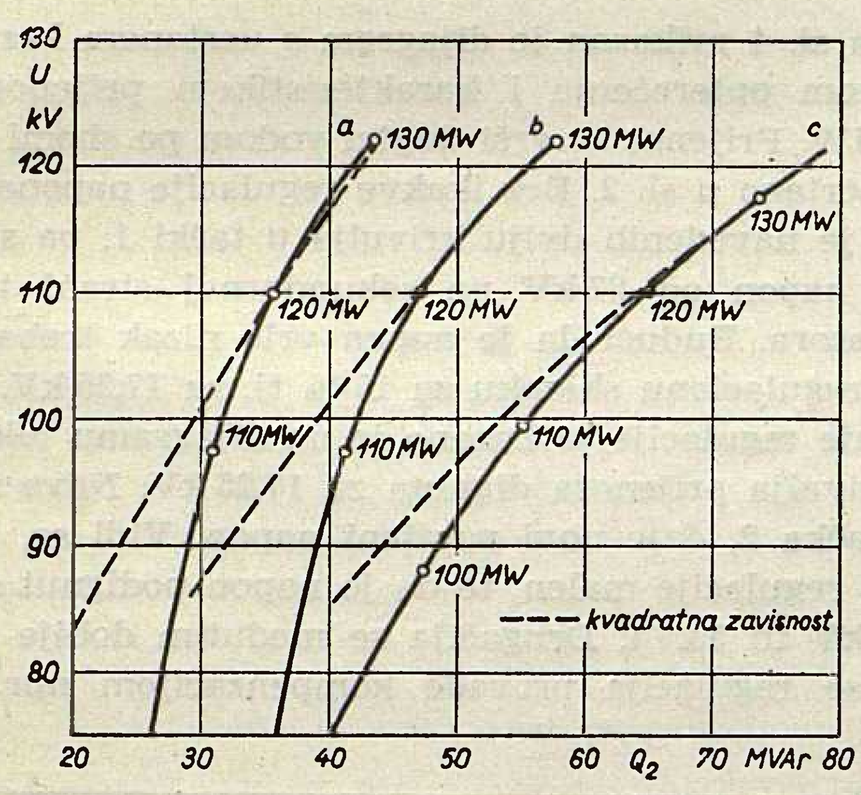
mariti. Kod motornih pogona pak, glavno trošilo predstavlja asinhroni motor, pa je njegova karakteristika mjerodavna za cijelu ovu potrošačku grupu. Promjena djelatne snage kod promjene napona vrlo je mala. Promijeni li se napon npr. za $\pm$ 10 % djelatna snaga poraste do najviše 1 %, ali promjena jalove snage daleko je veća. Koliko će te promjene jalove snage procentualno iznositi vrlo je teško utvrditi, budući da su ovisne o stupnju opterećenja motora.

Promjena jalove snage Q kod promjene napona U kod različito opterećenih motora

Tablica 1

U_n \ P_n	100 %	50 %	35 %
110 %	112,5	120,5	121,0
100 %	100,0	100,0	100,0
90 %	92,2	88,2	83,7
80 %	89,5	79,5	67,7

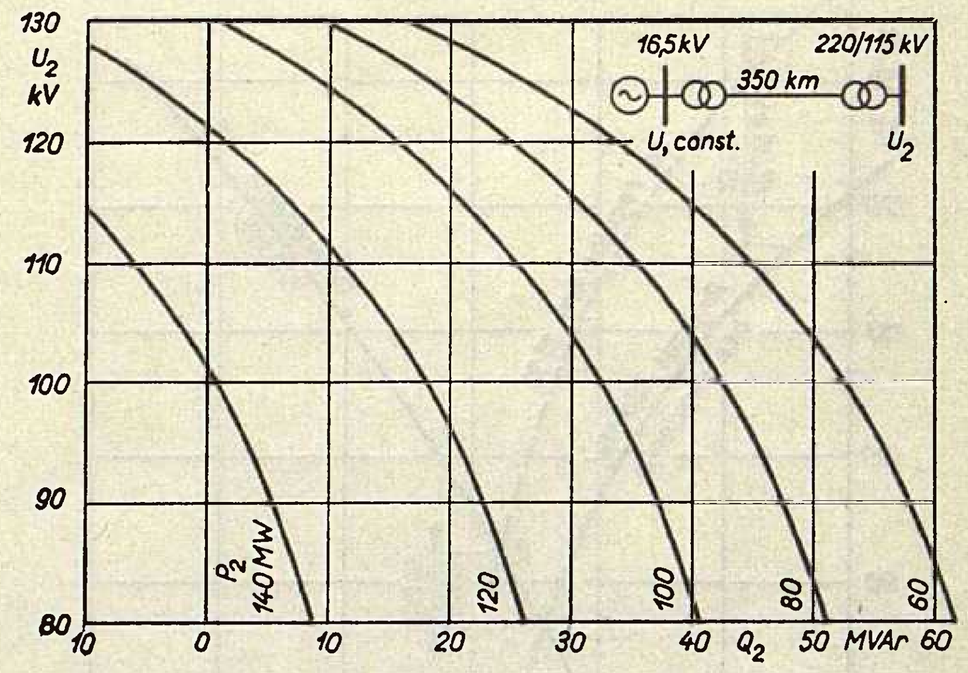
Iz tabele u kojoj je dana promjena jalove snage *Q* u ovisnosti o promjeni napona *U* kod različito opterećenih motora se vidi, da se jalova snaga kod jače



Sl. 1. Promjena jalove snage za kombinirano opterećenje od 120 MW kod 110 kV
a 1/2 term. opt. + 1/2 mot. opt. 75%
b 1/3 term. opt. + 2/3 mot. opt. 75%
c 1/3 term. opt. + 2/3 mot. opt. 50%

opterećenih motora daleko laganije mijenja nego kod slabo opterećenih. Kod 35 % opterećenja na primjer, jalova se snaga mijenja skoro s kvadratom promjene napona. S obzirom da su motori u potrošačkom području redovno u prosjeku prilično slabo opterećeni, što se vidi iz lošeg faktora snage, može se zaključiti, da će se jalova snaga mijenjati razmjerno s naponom na neku potenciju koja neće biti bitno različita od dva.

Električna mreža troši djelatnu snagu proporcionalno s kvadratom struje. Ukoliko su potrošači čisto termički, struja u vodovima će se mijenjati linearno s naponom, što se svodi na to da se kod takvih potrošača gubitak u vodovima mijenja proporcionalno kvadratu napona mreže. Ukoliko, međutim, prevladavaju motorni potrošači kod kojih je, kako je rečeno, djelatna snaga praktički neovisna o naponu, padom napona struja poraste, što povećava gubitke u mreži.



Sl. 2. Karakteristike napon-jalova snaga kod prijenosa određene djelatne snage dugim vodom uz konstantni napon na generatoru

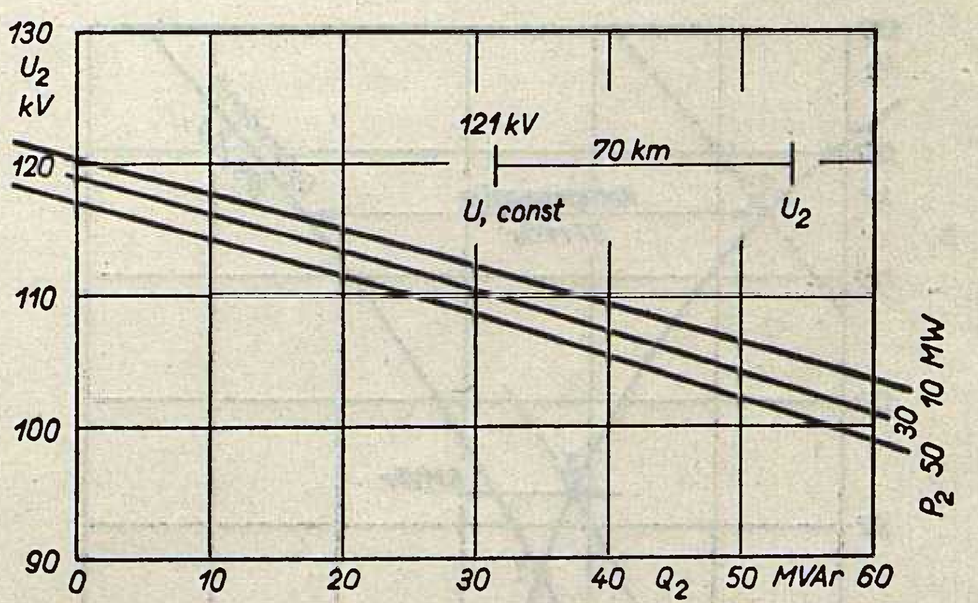
Kod miješane potrošnje može se, dakle, također desiti da promjena napona ne izazove promjenu struje u mreži.

U pogledu jalove snage, mreža je izvor i potrošač. Dok je odavanje jalove snage kod vodova razmjerno kvadratu napona, trošenje jalove snage razmjerno je kvadratu struje. Kod transformatora se ne može govoriti o odavanju jalove snage, već samo o njenom potrošku. O promjeni jalove snage sa naponom u mreži može se reći isto što je rečeno za djelatnu snagu. Reagiranje mreže na promjenu napona vrlo je teško utvrditi računskim putem, ali kod toga mogu vrlo dobro koristiti analizatorska mjerenja.

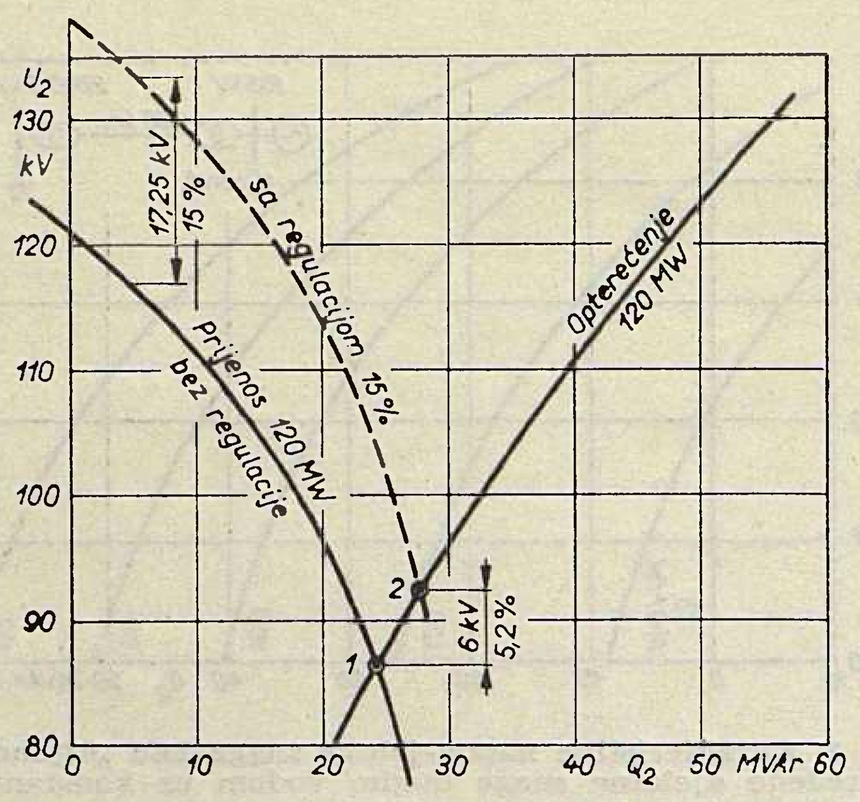
Na slici 1 nacrtane su tri karakteristike napon — jalova snaga za tri slučaja udjela termičkih i motornih potrošača i pretpostavljenog napona 110 kV. U sva tri slučaja djelatna snaga iznosi 120 MW. Promjene djelatne snage naznačene su na krivulji. Crtkano su označene krivulje kvadratne ovisnosti o naponu.

Vidi se, da je krivulja koja pripada sistemu s lošijim faktorom snage položitija i manje odstupa od kvadratne ovisnosti.

Sada je potrebno još promotriti prijenosne karakteristike vodova. Pod pretpostavkom konstantnog napona na generatoru, dakle na početku prijenosnog sistema, u sl. 2 i sl. 3 nacrtani su također u koordinatnom sistemu napon — jalova snaga krivulje prijenosne konstantne djelatne snage za daleki i bliži prijenos. Karakteristike u sl. 2 učinjene su za prijenos



Sl. 3. Karakteristike napon-jalova snaga kod prijenosa određene djelatne snage kratkim vodom uz konstantni napon na početku



Sl. 4. Regulacija napona regulacionim transformatorom

dužine 350 km pod naponom 220 kV, a obuhvaćeni su također transformatori na početku i kraju. Naponi u dijagramu odnose se na prilike na strani nižeg napona regulacionog transformatora 220/115 ± 15 % kV.

Slično je učinjeno na sl. 3 za prijenos vodom 110 kV, dužine 70 km.

Usporede li se obje navedene slike, može se utvrditi slijedeće:

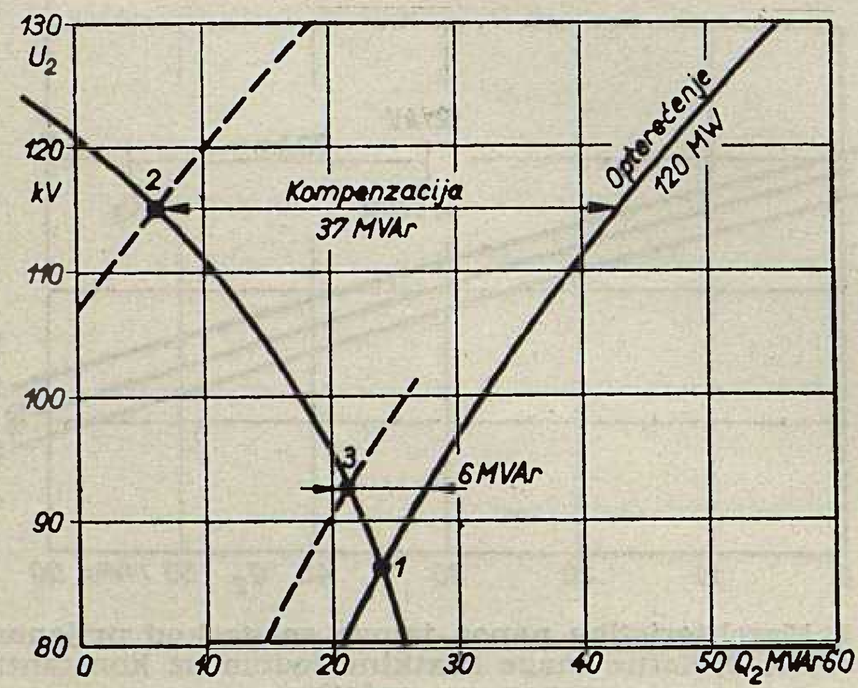
1. Što su vodovi dulji, krivulje su strmije i jače zakrivljene.

2. Krivulje bivaju to strmije, što više pada napon. U sl. 3 to se i ne primjećuje, jer su krivulje tako slabo zakrivljene da izgledaju kao pravci.

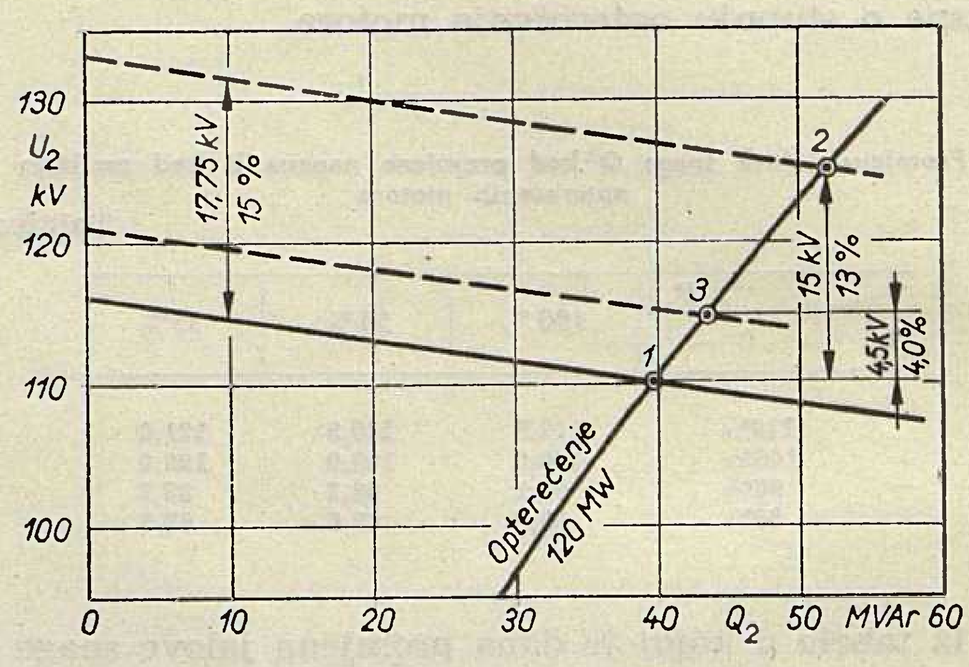
3. Utjecaj djelatne snage na promjenu napona je minimalan, ali kod drugih vodova već je značajan, što se iz dijagrama može prosuditi po većem razmaku krivulja konstantne djelatne snage.

Ovime je dan pregled karakteristika potrošnje i prijenosa, pa možemo preći na razmatranje efikasnosti regulacije napona regulacionom sklopkom na transformatoru. Budući da su razmatranja prvenstveno kvalitativnog karaktera nije potrebno uzeti neku određenu karakteristiku potrošnje, a zbog jednostavnosti prikazivanja učinjena su i neka zanemarenja. Pretpostavljeno je naime, da je potrošačko područje takvo

Sl. 5. Regulacija napona kompenzacijom

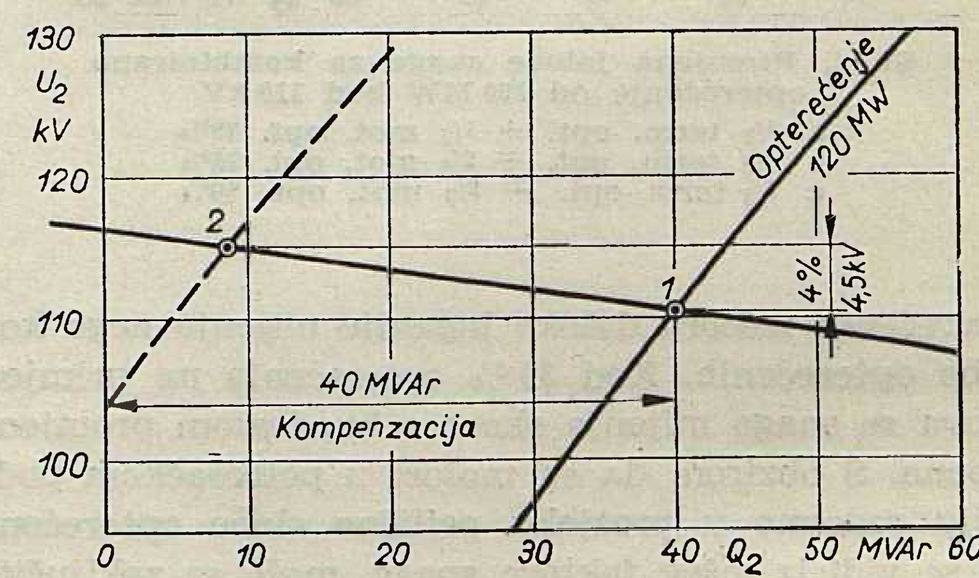


da se djelatna snaga ne mijenja promjenom napona i ostaje konstantno 120 MW, dok se jalova mijenja proporcionalno s kvadratom napona. Faktor snage kod nominalnog napona neka bude 0,95. Potrošačko područje navedene karakteristike je izolirano i napajano električnom energijom preko prijenosnih vodova. Elektrane na početku prijenosa u stanju su da daju bilo koju traženu snagu.



Sl. 6. Regulacija napona regulacionim transformatorom

Na sl. 4 prikazan je dijagram s ucrtanom karakteristikom opterećenja i karakteristikom prijenosa za 120 MW. Prijenos se vrši dugim vodom po shemi kako je nacrtano u sl. 2. Bez ikakve regulacije napona, sjecište je navedenih dviju krivulja u tački 1, pa se dobiva napon od 87 kV na sekundarnoj strani transformatora. Budući da je napon vrlo nizak treba dignuti regulacionu sklopku za 15 % tj. za 17,25 kV. Djelovanje regulacije prikazano je na dijagramu tako, da je krivulja prijenosa dignuta za 17,25 kV. Novo sjecište tačka 2, daje novi povišeni napon. Vidi se, da je efekt regulacije malen, te da je napon podignut svega za 6 kV ili 5,2 %. Drugačija se međutim dobije slika, ako se regulacija provede kompenzacijom npr. sin-



Sl. 7. Regulacija napona kompenzacijom

hronim kompenzatorom ili slično. Djelovanje kompenzacije prikazano je u dijagramu sl. 5 horizontalnim pomakom karakteristike opterećenja. Isti rezultat koji je prije postignut regulacionom sklopkom od 15 % postigne se kompenzacijom od samo 6 MVAr. Za dobivanje napona od 115 kV (nominalni napon sekundarne strane transformatora 220/115 kV) potrebna je jalova snaga od 37 MVAr (sjecište tačka 2). Regulacionom se

sklopkom u danim prilikama ne bi uopće mogao postići ovaj napon. Vertikalnim pomakom krivulje prijenosa ne može se dobiti sjecište u visini napona 115 kV, jer se krivulja (parabola) prije počinje savijati na protivnu stranu.

Sada promotrimo slučaj, da se zadani konzum napaja preko dva voda 110 kV, čije su karakteristike nacrtane u sl. 3. Na kraju voda, uzmimo da je regulacioni transformator 110/115 ± 15 %. Ovaj je slučaj nacrtan na dijagramu sl. 6. Iz slike se vidi, da je povišenje napona na sabirnicama procentualno skoro jednako postotku regulacije regulacione sklopke. Naprotiv, kako pokazuje sl. 7, kompenzacijom se postiže vrlo malo. Za povišenje napona od samo 4 % u ovom bi slučaju trebalo 40 MVAr snage kompenzacije. Uloga kompenzatora svela se prvenstveno na preuzimanje jalove snage od elektrana na početku voda.

Iz ovoga se može zaključiti da je efekt regulacione sklopke to manji, što je duži prijenosni vod, pa je u takvim slučajevima potrebno primijeniti sinhrone kompenzatore.

Efekt regulacije kod prijenosa duljim vodom može se dobro uočiti na dijagramu sl. 8.

Na apscisi je unesen postotak regulacije na transformatoru, a na ordinati odgovarajuća promjena napona na sekundarnoj strani transformatora (sabirnice 110 kV) u kV i postocima, uzimajući kao bazu napon 115 kV. Kod prijenosa malih snaga krivulje su gotovo pravci. Kod većih se opterećenja krivulje savijaju, dok kod 120 MW regulacijom sklopke na više postiže se pad, umjesto porast napona na sabirnicama 110 kV. U tabeli 2 su za različita djelatna opterećenja uz faktor snage 0,95 uneseni porasti napona na sekundarnoj strani transformatora, ako se regulaciona sklopka podigne za 15 %.

Efekt regulacije kod različitih snaga prijenosa

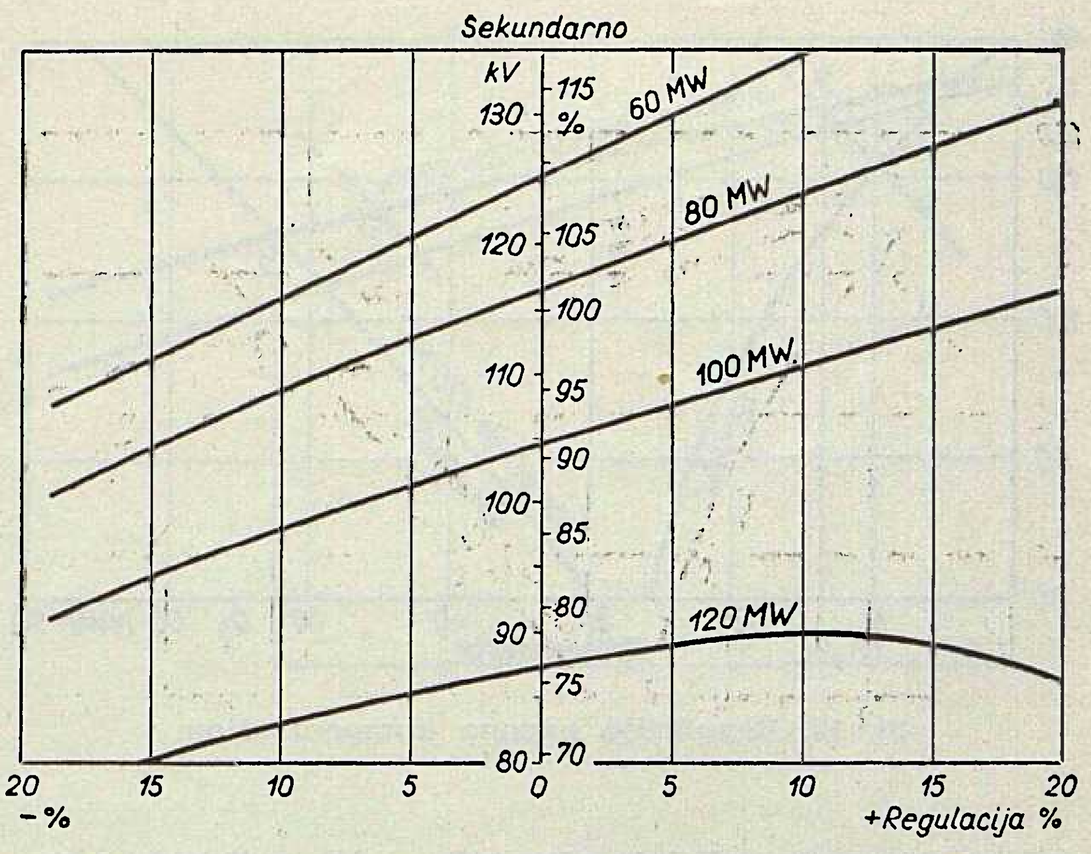
Tablica 2

Snaga prijenosa MW	Porast napona	
	kV	%
60	14	12,2
80	11	9,6
100	9	7,8
120	2	1,7

Što se više prenosi jalove snage, to je efekt regulacije na transformatoru slabiji. Povišenje napona traži povećanu dobavu jalove snage, a povećana pak dobava izaziva povećanje pada napona u vodu. Dok god je ovaj pad manji od provedene regulacije, efekt regulacije je pozitivan tj. pojavljuje se izvjesno povećanje napona na sabirnicama. Kad pad napona u vodu postane veći, napon na sabirnicama počinje padati unatoč podizanju regulacione sklopke.

Ako se međutim ne zanemari promjena djelatne snage s naponom, efekt regulacije još se smanjuje, i to tim više što je prijenosni vod dulji.

Interesantno je nadalje razmotriti slučaj kombiniranog napajanja nekog konzumnog područja dugim vodom 220 kV preko regulacionog transformatora i

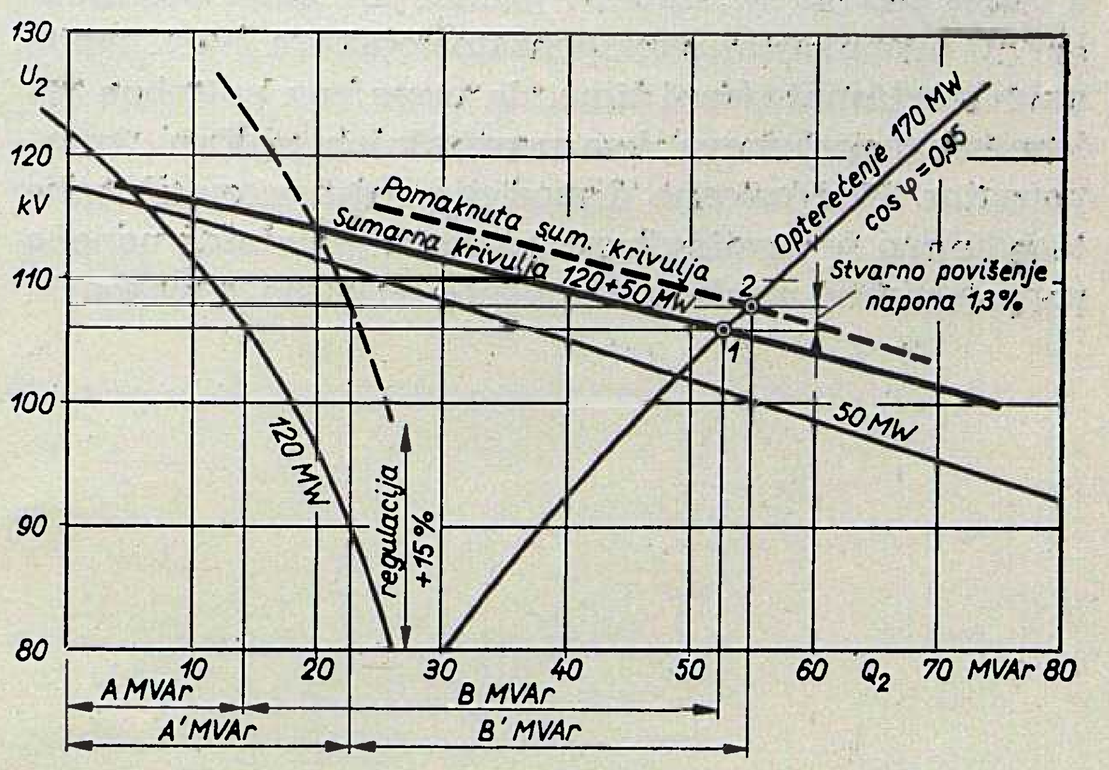


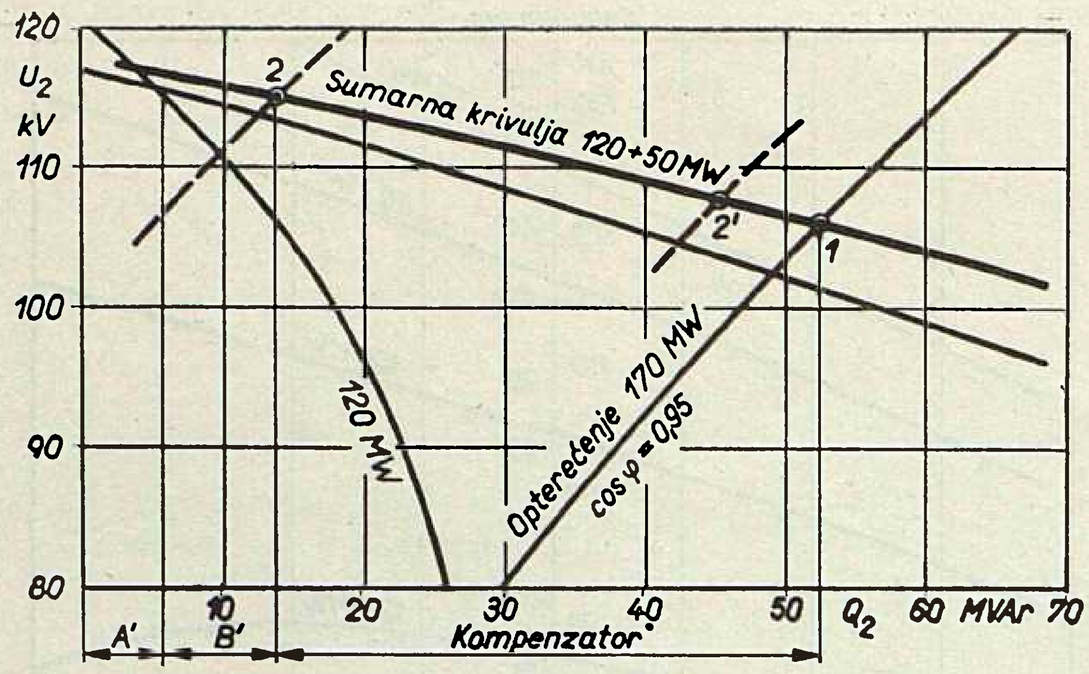
Sl. 8. Djelovanje regulacije na transformatoru 220/110 kV ± ± 15 % koji je preko dugog voda vezan na konzum sa cos φ = 0,95 kod različite snage prijenosa

kratkim vodom 110 kV iz elektrana. Takav je način napajanja npr. konzumnog područja sjeverozapadne Hrvatske. Prijenos iz Dalmacije vrši se vodom 220 kV dužine 350 km, a uz to se konzum djelomično napaja također iz bližih elektrana (Toplana, TE Konjščina, HE Gojak) i iz elektrosistema Slovenije.

Pretpostavimo konzum područja od 170 MW s faktorom snage 0,95, koji dobiva dugim vodom 220 kV 120 MW (karakteristike prema sl. 2) iz izvora A, a kratkim vodom 110 kV ostalih 50 MW (karakteristike prema sl. 3) iz izvora B. Naponi na početku oba prijenosa su čvrsti, kao u pređašnjim slučajevima. Karakteristika opterećenja i obje prijenosne karakteristike nacrtane su u sl. 9. Zbrajanjem apscisa prijenosnih karakteristika dobivena je sumarna krivulja, čije sjecište s karakteristikom opterećenja u tački 1 daje pripadni pogonski napon na sabirnicama 110 kV. Podigne li se regulaciona sklopka na transformatoru 220/115 + 15 %, pomakne se karakteristika dalekog prijenosa prema gore što izaziva i pomak sumarne krivulje, pa nova pogonska tačka postane tačka 2. Vidi se, da je konačni efekt regulacije povišenje napona na sabirnicama za nekih 1,3 %. Glavna promjena koju je izazvala regulacija očituje se u promjeni dobave jalove

Sl. 9. Regulacija napona regulacionim transformatorom





Sl. 10. Regulacija napona kompenzacijom

snage. Izvor A sad dobavlja više, a izvor B manje (na slici 9 A' MVAr prema A MVAr, odnosno B' MVAr prema B MVAr).

Daleko se bolji efekt regulacije dobije i u ovom slučaju kompenzacijom. Na dijagramu sl. 10 tačka 1 je pogonska tačka bez kompenzacije, tačka 2 je dobivena kompenzacijom od 7 MVAr, sa povišenjem napona kao u sl. 9 sa regulacionom sklopkom, a tačka 2 ima nominalni napon 115 kV, ali uz kompenzaciju od 39 MVAr.

U svim iznijetim slučajevima pretpostavljena je regulacija na niženaponskoj strani transformatora 220/115 kV, no nikakve bitne promjene nema u efektu regulacija, ako je regulaciona sklopka na strani 220 kV. Jedino je razlika u načinu održavanja napona u slučaju da je na tercijaru transformatora 220/115 kV sinhroni kompenzator, te da se koristi zajedno s transformatorskom regulacionom sklopkom.

Ako je regulaciona sklopka na strani 220 kV znači, da se može mijenjati prijenosni odnos primar-sekundar i primar-tercijar, a ostaje konstantan tercijar-sekundar. U ovom je slučaju sinhroni kompenzator udešen da drži čvrsti napon sekundarne strane, dok se pomicanjem regulacione sklopke mijenja dobava jalove snage iz voda. Promjenu jalove snage izravnava kompenzator automatski. Želi li se promijeniti napon na sekundarnoj strani treba djelovati na naponski regulator kompenzatora.

Ako je pak regulaciona sklopka na sekundarnoj strani, odnos prijenosa primar-tercijar je konstantan, a odnos tercijar-sekundar i primar-sekundar promjenljiv. U ovom slučaju kompenzator održava čvrst napon na sekundarnoj strani time, da promjenu potrebne jalove snage izravnava, kao u prijašnjem slučaju, kompenzator. Kod opisane dispozicije regulacione sklopke omogućeno je kontinuirano održavanje čvrstog napona superponirane mreže u određenoj tački što je pogonski vrlo povoljno u zamkastoj mreži, te se specijalni naponski zahtjevi opskrbnog područja 110 kV mogu udesiti regulacionom sklopkom. Kako su u našim mrežama svi transformatori 110/35 kV također regulacioni, pomicanje regulacione sklopke može biti razmjerno rijetko.

Iz iznesene analize mogu se izvući slijedeći zaključci:

1. Kod prijenosa dugim vodovima ne može se postaviti alternativa da li regulirati napon pomoću regulacionog transformatora ili pomoću kompenzatora, jer se kod većih opterećenja ne može spasiti napon ni najvećim opsegom regulacije. Makar udaljeni izvori i imali dovoljno jalove snage, povoljan se napon može postići jedino kompenzacijom na kraju voda.

2. U potrošačkom području koje se napaja iz bližih elektrana vrlo je neracionalno regulirati napon pomoću kompenzacionih uređaja, osim ako ti uređaji imaju prvenstveno neku drugu svrhu kao npr. smanjenje gubitaka u mreži, otklanjanje uskih grla ili elektrane na početku prijenosa nemaju dovoljno snage.

3. Posebno treba ispitati od slučaja do slučaja da li je potrebno uz sinhroni kompenzator ugraditi i regulacionu sklopku. U normalnom pogonu njena se potreba može rijetko opravdati, ali u slučaju kvara ili remonta, regulacija na transformatoru može biti od koristi.

4. Regulacija na transformatoru bez kompenzatora bila bi dovoljna u mnogim slučajevima i kod duljih prijenosa, ako bi potrošačko područje bilo kompenzirano na nižim naponskim nivoima, te bi iz mreže višeg napona trebalo dobavljati male količine jalove snage. Karakteristika potrošnje u takvom je slučaju strma, a prijenosna karakteristika kod viših napona već prilično nagnuta, pa efekt regulacije dolazi povoljno do izražaja. Međutim, kod današnjih visokih specifičnih cijena jednog MVAr u kondenzatorskim baterijama i razmjerno niskih cijena u velikim jedinicama sinhronih kompenzatora, unatoč povećanih gubitaka, tendencija je da se kompenzira potrošačko područje sinhronim kompenzatorom u stanicama 220 kV. Ta činjenica svakako umanjuje potrebu ugradnje regulacione sklopke.

5. Grafički način rješavanja ovog problema, kao što je ovdje prikazano, moguć je samo kod jednostavnih konfiguracija mreže. U kompliciranim slučajevima problem treba rješavati pomoću mrežnog analizatora. U konkretnom slučaju vrlo je korisno na živoj mreži snimiti karakteristike napon — jalova snaga, kako bi elementi za donošenje odluke o načinu regulacije bili na što realnijoj osnovi.

Naslov pisca: Boris Markovčić, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb

AUTOMATSKI TELEFONSKI SAOBRAĆAJ U ELEKTROPRIVREDI HRVATSKE

Mirko Majić, Zagreb

Razvoj mreže vodova visokog napona u Hrvatskoj tražio je paralelan razvoj telekomunikacionih veza u elektroprivredi. U članku je opisan razvoj žičnih veza, veza VF i UKV za potrebe elektroprivrede. Opisano je današnje stanje i predviđeni razvoj automatizacije.

DK 621.315.052 : 621.395

Elektroenergetski objekti u Jugoslaviji u vrijeme zadnjih 15 godina prošli su svoj razvitak od izoliranih izvornih prijenosnih i potrošačkih sistema lokalnog karaktera u jedan jedinstveni elektroenergetski sistem za cijelu zemlju.

Taj sistem mora tvoriti homogenu cjelinu koja će moći u svakom momentu zadovoljiti potrošače. On je već postao vrlo složen i zahtijeva pouzdanu kontrolu od strane nekog centralnog tijela tj. elektroenergetske dispečerske službe.

Da se ovo postigne, potrebno je da svi elektroenergetski objekti s elektroenergetskom službom budu međusobno povezani takvom telekomunikacionom mrežom, koja će činiti sličan sistem kao i elektroprivredna mreža, a koja će biti neovisna o javnim telekomunikacionim mrežama.

U prvim počecima općeg telefonskog saobraćaja postojao je induktorski telefonski saobraćaj u pogonima ili među pogonima. Kasnije se pojavljuju visokofrekventne veze (VF) po dalekovodima visokog napona. One u elektroprivredi služe kao osnovna sredstva veze.

Počeci automatizacije telefonskog saobraćaja preko VF veza u elektroprivredi Hrvatske

Prve podloge o automatskom telefonskom saobraćaju u elektroprivredi Hrvatske našao sam već s datumima od 4. 8. 1947. pod nazivom »Visokofrekventna telefonija — Opća šema spojeva visokofrekventne telefonske stanice Brown-Boveri« izdana od »Ministarstva elektroprivrede FNRJ — Elektrobiro«.

Iz ovih nacrta proizlazi, da je već tada bila naručena telekomunikaciona oprema za Dalmatinski elektroenergetski bazen. Ovaj je bazen činio jednu cjelinu povezujući HE Kraljevac s grupom elektrana, HE Miljacku i HE Jarugu vodom 60 kV.

Dalekovodi preko kojih su bile uspostavljene VF veze s automatskim telefonskim saobraćajem bili su vod 60 kV HE Kraljevac — TS Lozovac, vod 30 kV TS Lozovac — Tvornice ferolegura u Šibeniku i vod 30 kV TS Lozovac — HE Miljacka.

VF uređaji bili su naručeni kod švicarske firme Brown-Boveri i to dvopojasni, 10 W izlazne snage, pozivne frekvencije 100 Hz. Ovih VF uređaja bilo je 6 komada tj. 3 VF veze. Glavno čvorište VF veza bila je TS Lozovac, gdje su bile ugrađene 3 VF aparature a u ostale pogone po jedna.

Uz svaku VF aparaturu bila je i telefonska automatska centrala tipa Autophon-Solothurn, na principu tražioca poziva i linijskih birača, a posjedovala je dva spojna agregata s 10 lokalnih priključaka za lokalni automatski telefonski saobraćaj i za izlaz na VF uređaj preko prenosnika.

VF uređaji s automatskim telefonskim centralama prema dobivenim informacijama pušteni su u pogon 1948. Tri telefonske centrale bile su ugrađene u pogonima HE Miljacka, HE Kraljevac i Tvornica ferolegura u Šibeniku s tranzitnom centralom u TS Lozovac.

Spomenute telefonske centrale radile su, može se reći, za ono vrijeme dobro, ali su ispale brzo iz pogona zbog lošeg uzdržavanja. Posljednja je radila do uključivo 1956. u HE Kraljevac.

Ispadom pojedine automatike za automatski telefonski saobraćaj prelazilo se na ručna pozivanja među pogonima. Sami VF uređaji i danas rade normalno u pogonima mreže 30 kV.

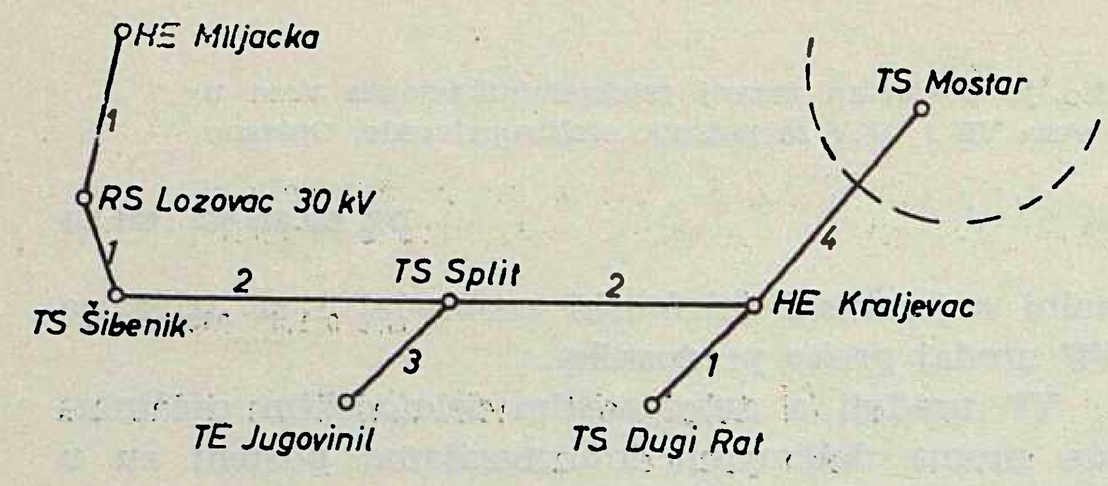
U Hrvatskoj su dalje bila naručena 4 komada VF uređaja tipa ET 3 domaće proizvodnje kod Instituta za elektrozveze Ljubljana i to u 1952, a bili su predviđeni za dalekovode 110 kV. Nacrti datiraju još iz januara 1952. Ovi uređaji imali su ugrađene relejske prijenosnike za automatski telefonski saobraćaj preko VF veza. O ovim relejnim prijenosnicima bit će kasnije govora. Sami uređaji zbog loše kvalitete nisu u Hrvatskoj duže primjenjivani. Kratko su vrijeme bili montirani na relaciji HE Vinodol — TS Rakitje — TE Konjščina.

Godine 1954. dolazi do narudžbe 8 komada dvopojasnih VF uređaja kod tvrtke BBC — Švicarska, s 10 W izlazne snage, pozivne frekvencije 100 Hz. Ovi VF uređaji su bili predviđeni za VF veze: TS Rakitje — HE Vinodol, HE Vinodol — TS Matulji, TS Šibenik — TS Split i TS Split — TE Kraljevac. Montaža je izvršena u ljetu 1955.

Godine 1956. bilo je naručeno još 10 ovakovih VF uređaja za 5 VF veza i to za VF veze: TS Rakitje — Konjščina, TE Konjščina — TS Nedeljanec, TS Slavonski Brod — TS Osijek, TS Matulji — TS Raša i TS Raša — TS Pula. Vidimo da su ove VF veze bile naručene za sjeverozapadnu Hrvatsku. Uređaje je izradila tvornica RIZ — Zagreb, a prema licenci firme BBC. Zadnja VF veza TS Raša — TS Pula bila je stavljena u pogon koncem 1959. Međusobno povezivanje svih veza bilo je ručno.

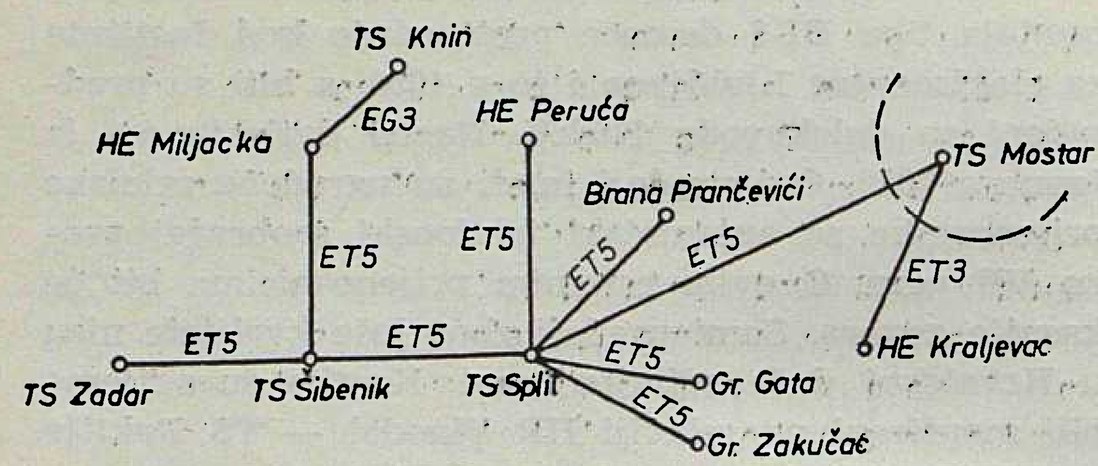
Na bazi gore navedenih dvopojasnih uređaja kao i VF veza koje su se dalje morale naručivati, u decembru 1955. izrađen je u Institutu za elektroprivredu, laboratoriju za telekomunikacije, »Plan automatizacije telefonske mrežne grupe Elektroprivrede NR Hrvatske s tehničkim uvjetima uređaja«. Ovaj je plan omogućavao dobivanje bilo kojeg pogona u elektroprivredi sa 4 cifre. Prva dva broja služila bi za smjer, a druga dva predstavljala bi karakteristični broj.

Sl. 1. Visokofrekventne veze (VF)
1 s BBC uređajima iz 1947.
2 s BBC uređajima iz 1955.
3 sa Siemensovim uređajima iz 1934
4 s uređajima ET 3 iz 1955.



Izlaz iz kućne automatske telefonske centrale (ATC) dobivao bi se biranjem br. 9, a brojem 1 određivao bi se pobliže smjer. Karakterističan broj bio bi za jednu telefonsku centralu u cijeloj mreži isti, dok broj smjera za jednu centralu nije mogao biti isti u cijeloj mreži.

Stjecajem okolnosti ovaj se plan automatizacije telefonske mrežne grupe Elektroprivrede NR Hrvatske nije ostvario.



Slika 2

Automatizacija telefonskog saobraćaja u elektroenergetskom bazenu Dalmacije

Godine 1956. visokofrekventna mreža ovog bazena bila je izgrađena prema sl. 1. Međusobno prespajanje veza vršilo se ručno u pojedinim pogonima.

Energetska situacija u 1956. i dalje je zahtijevala izgradnju novih elektroenergetskih objekata time i novih VF veza. U to vrijeme tvornica Telekomunikacija, Ljubljana, izlazi na tržište s VF uređajima tipa ET 5 (jednopojasni) kao poboljšanjem od ET 3, izlaznom snagom do 10 W. U vezi toga bio je godine 1957. izrađen »Investicioni program II etape izgradnje VF veza na teritoriji Dalmacije«. Nakon realizacije ovog programa VF veze sposobne za obavljanje automatskog telefonskog saobraćaja bile su realizirane 1958. prema slici 2.

Koncem 1962. odnosno početkom 1963. automatska telefonska mrežna grupa po dalekovodima visokog napona dobiva svoj oblik u funkciji dalekovoda 110 kV i prijenosnih dalekovoda 30 kV prema slici 3.

U slici 3 vidi se da su VF veze izvedene od tvrtke BBC 1955. uklopljene u automatski telefonski saobraćaj, a to je izvedeno ugradnjom rélejskih prijenosnika istog tipa kao i u VF uređajima ET 5.

Sve ove VF veze po pogonima povezane su jedanput direktno na ručne posrednike, drugi put na kućne ATC, a treći put međusobno za četverožični tranzit.

Transformatorska stanica Split 110/30 kV povezana je podzemnim telefonskim kabelom 24 × 2 × 0,9 s kućnom ATC u Splitu. Na ovu kućnu ATC kapaciteta 150 priključaka, priključena su slijedeća elektroprivredna poduzeća: Elektroprenos, Split, Uprava dalmatinskih hidroelektrana, Elektroenergetska dispečerska služba za Dalmaciju i Elektro-Dalmacija, Split. Pojedinim učesnicima ove kućne ATC omogućen je izlazak preko podzemnog telefonskog kabela na VF veze koje su vezane na TS Split.

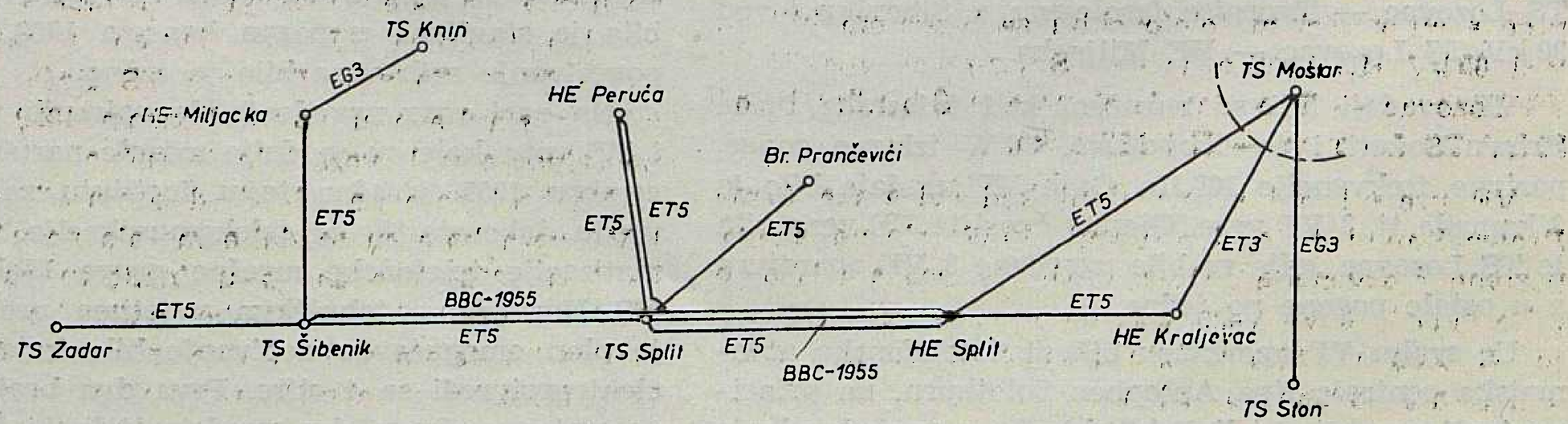
Daljnji elementi, koji su ugrađivani u pogone bili su ručni posrednici i automatske telefonske centrale.

Svi ručni posrednici su sa dva spojna agregata osim onih s 20 priključaka koji imaju tri spojna agregata.

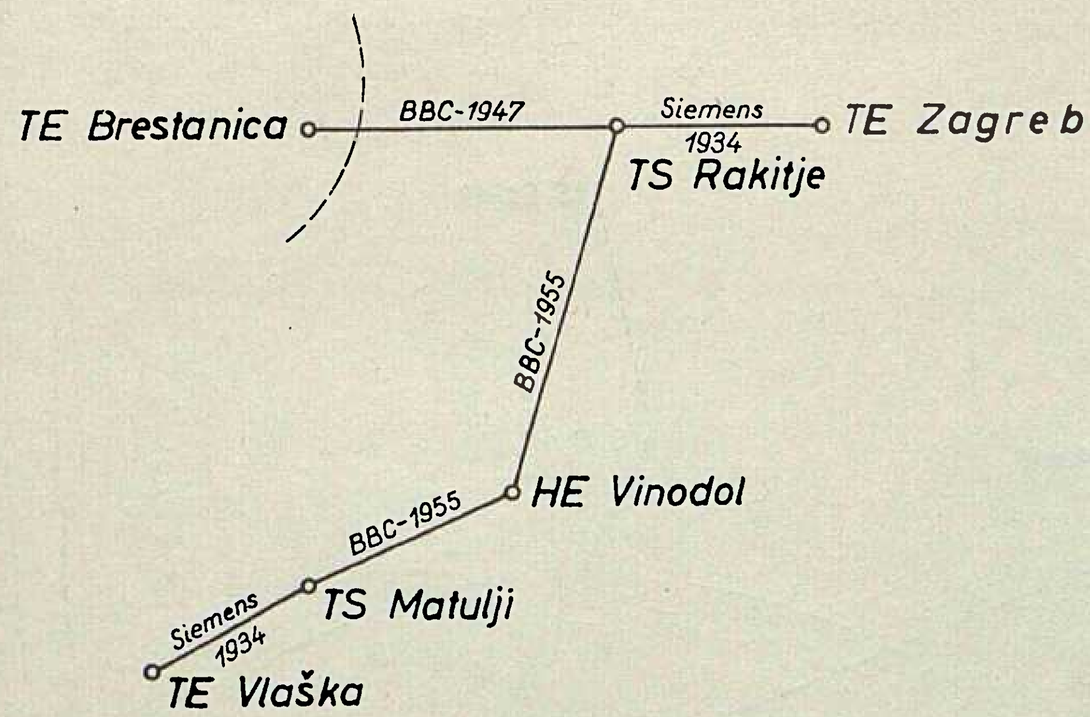
Izgradnja ovakvog sistema visokofrekventnih veza u Dalmaciji bila je diktirana izgradnjom dalekovoda visokog napona radi direktnog povezivanja susjednih pogona, frekvencijom telefonskog saobraćaja, radi pogonske sigurnosti i potrebe putova prijenosa za daljinska mjerenja i dojavu za pogonski dispečerski centar Split.

U vezi automatizacije telefonskog saobraćaja postignuto je slijedeće;

1. iz bilo kojeg pogona dolazi se automatskim biranjem do drugog pogona;
2. svaki važniji čvor povezan je dvostruko radi sigurnosti saobraćaja;
3. neautomatizirane VF veze su međupogonske veze a služe uglavnom uklopničarima.



Slika 3



Slika 4

Automatski telefonski saobraćaj u sjeverozapadnoj Hrvatskoj

Visokofrekventna mreža ovog bazena bila je 1955. izgrađena prema slici 4. Sve veze su bile za ručno međusobno posredovanje.

Već je prije spomenuto, da je bilo naručeno 1956. godine 5 VF veza od Radio-industrije Zagreb i one su bile isporučene 1957., ali do konačne montaže ovih VF dvopojasnih veza došlo je koncem 1959. Sve su ove VF veze bile za ručno posredovanje i tadašnji sistem veza je bio prema slici 5.

Usporedo s montažom dvopojasnih VF veza u 1959. počela je montaža i VF veza s jednopojasnim uređajima tipa ET 4 i ET 5 međurepubličkih VF veza: Matulji — Divača, Rakitje — Laško, Rakitje — Brestanica, Brod — Zenica, Rakitje — Jajce i međudržavna veza Nedeljanec — Söjtör (Mađarska).

Tokom godine 1959. dolazi do izgradnje ostalih VF veza na našem teritoriju s jednopojasnim VF uređajima tipa ET 5 i ET 4 i to VF veze: Pula — Matulji, Matulji — Rakitje, Rakitje — Gojak, Gojak — Vinodol, Rakitje — Resnik, Resnik — Konjščina i Nedeljanec — Kidričevo.

Sistem VF veza u 1959. prikazan je na slici 6. Na slici se vidi da je s novim ugrađenim VF vezama s jednopojasnim VF uređajima tipa ET 5 ili ET 4, koji imaju ugrađenu telefonsku automatiku, bilo omogućeno da se automatskim biranjem dođe do bilo kojeg pogona. Ovo je bilo vrlo važno za elektroenergetskog dispečera u Zagrebu.

U daljnjim godinama izvedena je potpuna automatizacija telefonskog saobraćaja među pogonima, koja je omogućila elektroenergetskom dispečeru da automatski dođe do svakog pogona, a svim učesnicima u pojedinim pogonima i pojedincima u upravi elektroprivrede da automatskim biranjem izađu na sve VF veze koje su ugrađene po dalekovodima visokog napona. Da se to postigne, morali su se ugraditi relejski prijenosnici s oscilatorima 450 i 1500 Hz u VF uređaje BBC i RIZ da bi i preko njih mogli nesmetano odvijati automatski telefonski saobraćaj. Ugradnjom ovih relejnih prijenosnika u dvopojasne VF uređaje i izgradnjom slijedećih VF veza s jednopojasnim VF uređajima tipa ET 5/4 na dan 1. 5. 1963. ostvarene su VF veze preko kojih se vrši automatski telefonski saobraćaj prema slici 7.

TS Rakitje i uprava elektroprivrede u Zagrebu povezani su s podzemnim telefonskim kabelom 19 × 4 × 1,2 (zajednički dio), a odvojci 12 × 4 × 1,2.

Preko ovih podzemnih telefonskih kabela provedene su sve VF veze iz TS Resnik u Dispečerski centar Hrvatske — Zagreb.

Između TS Mraclin i Uprave elektroprivrede predviđena je jedna kanalna UKV veza, preko koje će se i VF veze koje dolaze u TS Mraclin tranzitirati u Dispečerski centar Hrvatske.

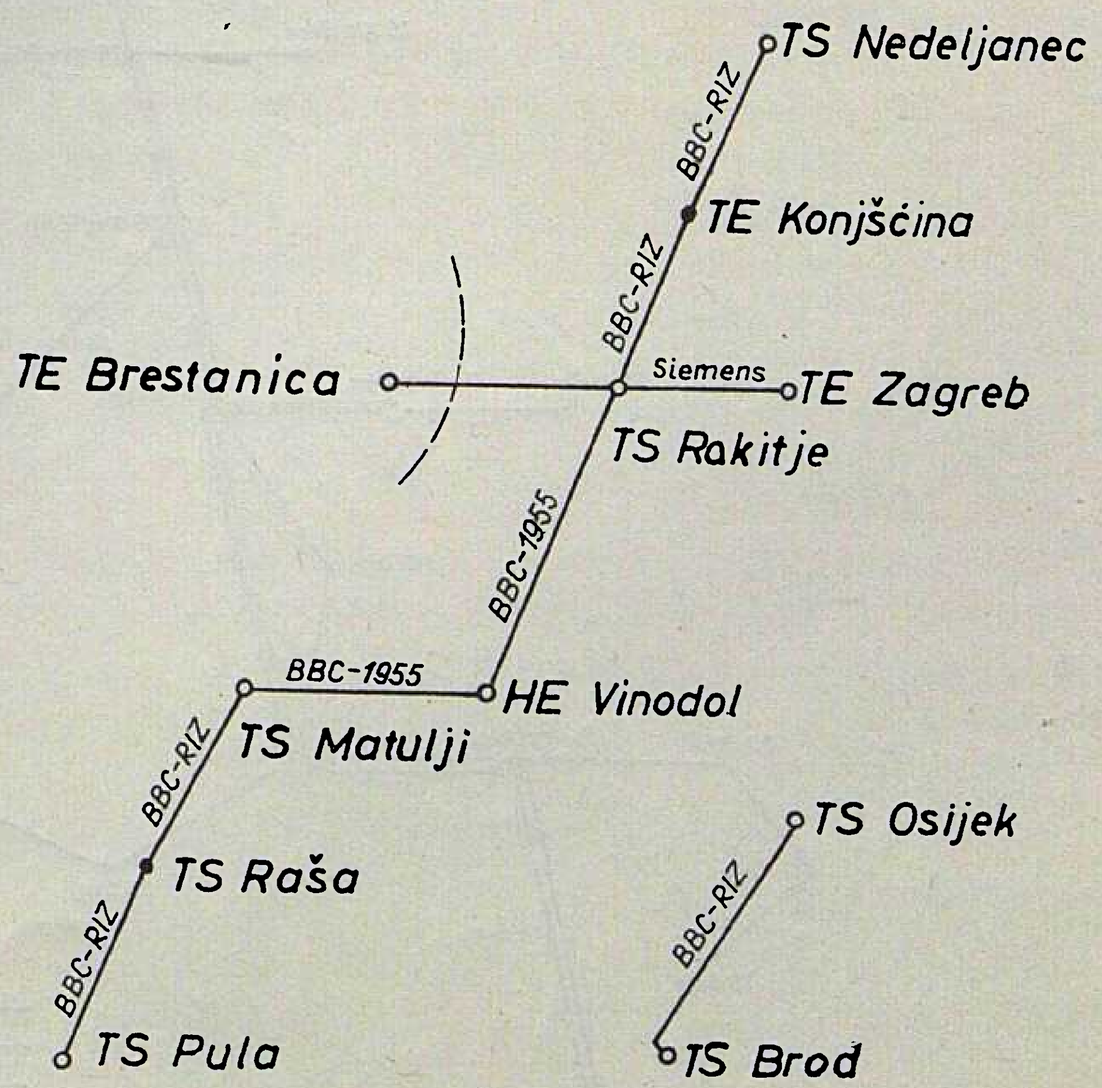
Kućne automatske telefonske centrale po pogonima elektroprivrede

U pojedinim pogonima sjeverozapadnog dijela prema slici 7 ugrađeni su ručni posrednici tipa RP 142, 143, 146 i 147 i kućne ATC.

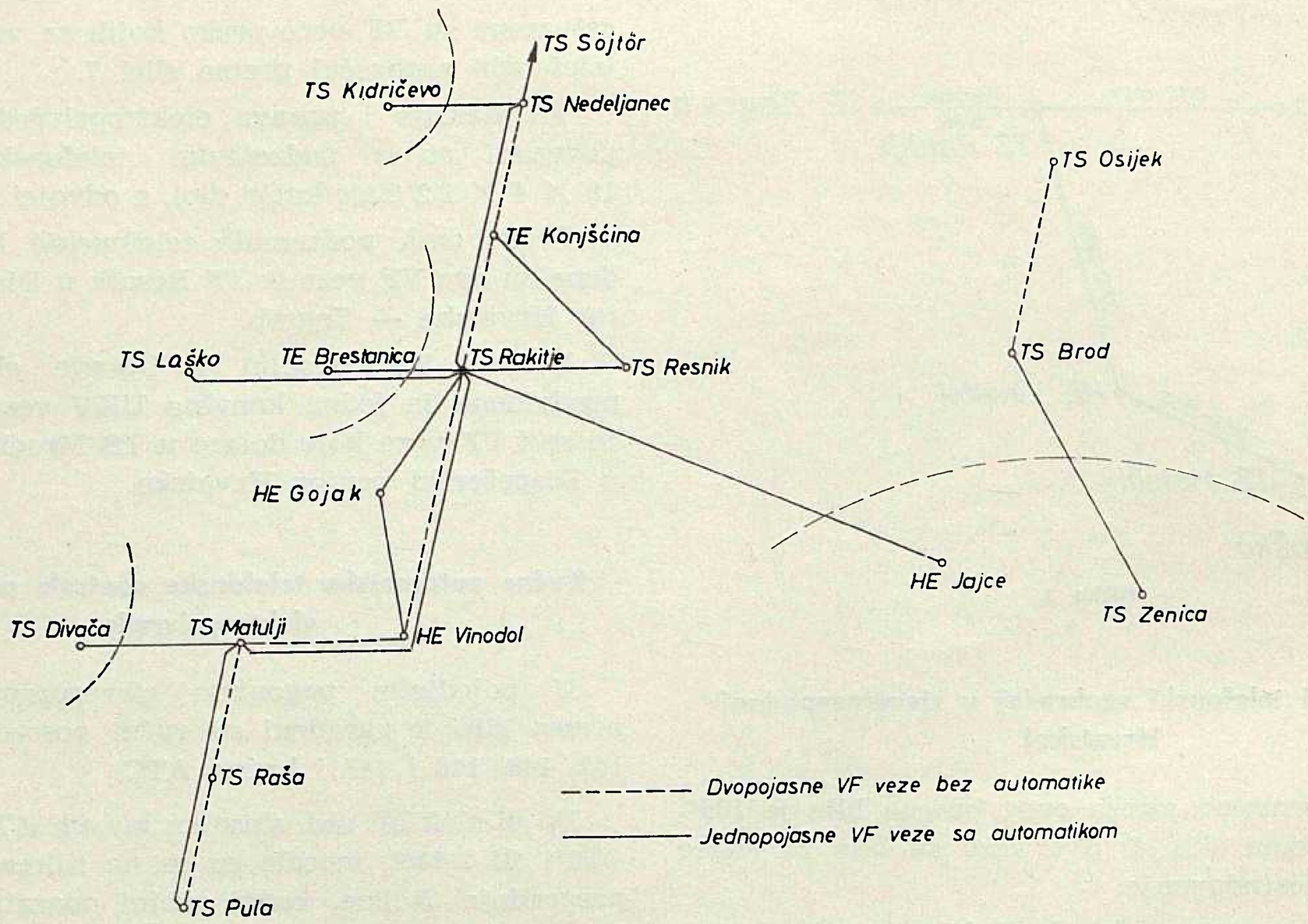
Da bi olakšali rad učesnika kućnih ATC tipa SATC 4/30/4 ili 2/14/2, morale su se na njima izvesti neke pregradnje. Naime, kućni spojni aparati u ovim telefonskim centralama prekidali su se samo onda, ako su oba učesnika spustila mikrotelefonsku kombinaciju. Ovo je predstavljalo poteškoću u telefonskom saobraćaju u slučaju povezivanja veza dalje preko ručnih posrednika, a i na VF veze. Zajedničko napajanje moralo se raskinuti i dati svakom učesniku posebno napajanje, a spojni kućni agregat razdijeliti kondenzatorima.

Spoj između ATC i relejskog prijenosnika u VF uređaju izveden je normalno. Za izlaz iz VF uređaja na ATC upotrebljen je broj 9, a obratno 0.

Relejski prijenosnik u VF uređajima ET 5 je tipa PR O7. Ovaj prijenosnik je samostalna jedna jedinica i ima 10 telefonskih priključaka i to:



Slika 5



Slika 6

br. 1 priključak za uklopničara;

br. 2 priključak za dispečera ili slično;

br. 3, 4, 5, 6, 7 i 8 priključci za četirižične tranzite među VF vezama u jednom pogonu;

br. 9 za priključak VF veze na kućnu ATC;

br. 0 telefonski priključak na samom VF uređaju i veze između kućne ATC i relejskog prijenosnika.

Za ovaj rad relejski prijenosnik koristi frekvenciju 1500 Hz za poziv i biranje, a za odzivni signal znak »slobodno« i »zauzeće« frekvenciju 450 Hz u raznom ritmu.

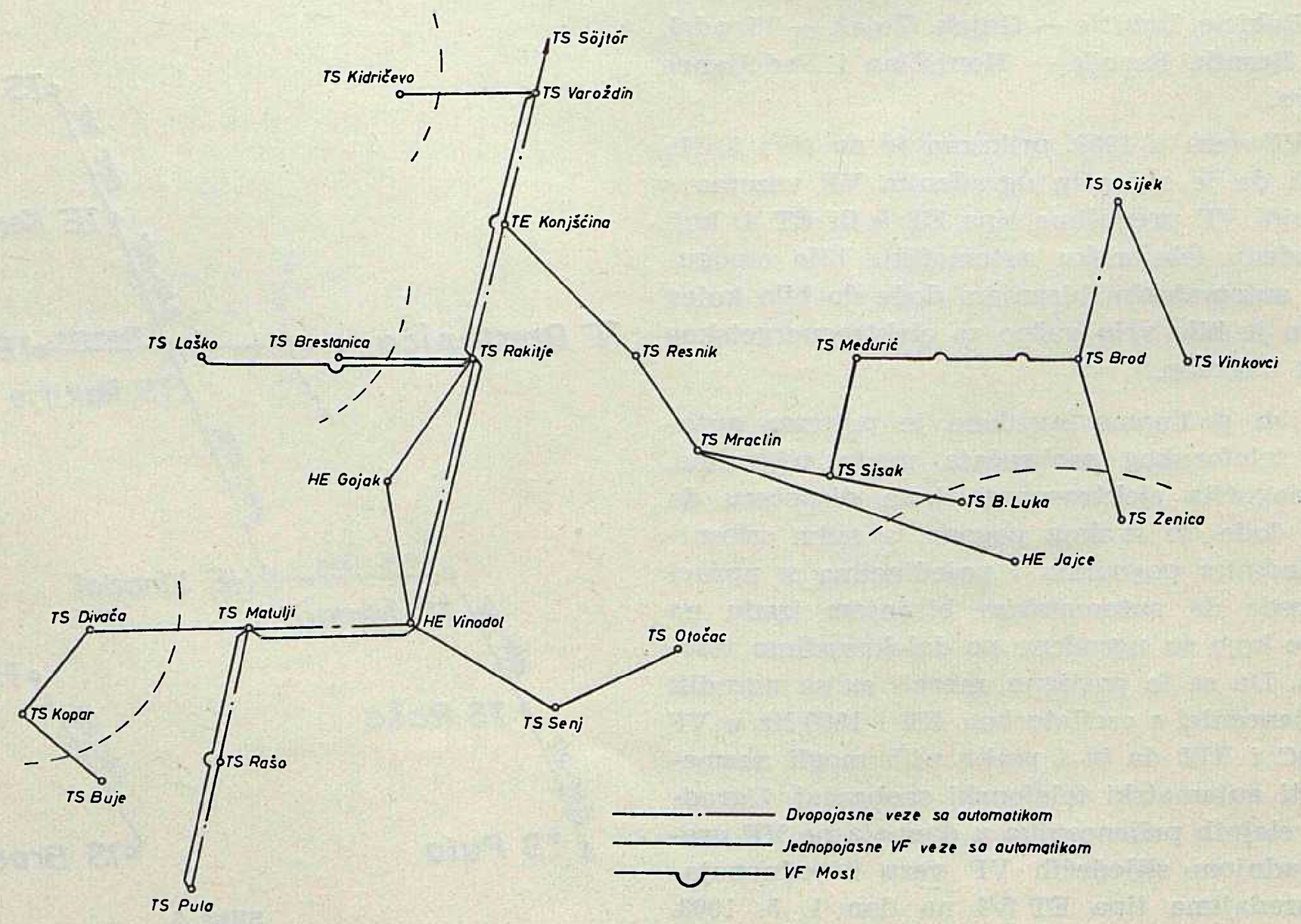
Isti ovaj prijenosnik, PR O7 ugrađen je i u dvopojasne VF uređaje BBC-RIZ s potpuno istim karakteristikama. Za sve ove pogone, gdje su kućne ATC-tipa SATC, a to je većina, karakteristično je slijedeće:

izlazak iz VF veze na kućnu ATC je s brojem 9;

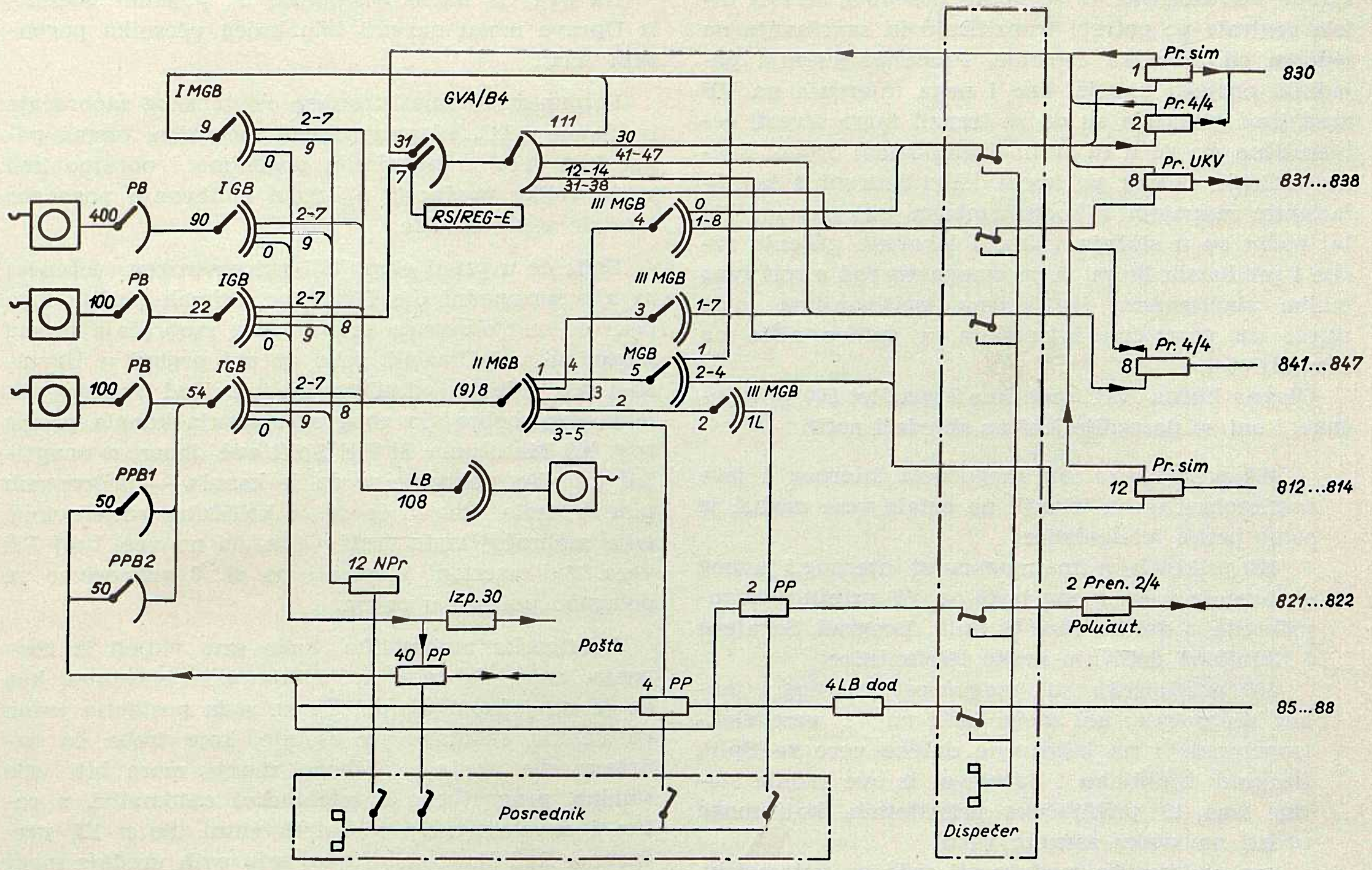
tranziti svih VF veza prema Zagrebu (i to za najdirektniju VF vezu je broj 8);

na RP-ima po svim uklopnicama dani su brojevi 01 i 03;

svi poslovođe stanica imaju 02;



Slika 7



Sl. 8. Pregledni plan ATC upravna zgrada

830	Mraclin	831	Sisak	841	Zabok	812	Termo II	85	Beograd
		832	Kutina	842	Nedeljanec	813	Zagorska	86	Sarajevo
		833	Bjelovar	843	Jertovec	814	Gundulićeva	87	Split
		834	Kidričevo	844	Matulji	821	Laško	88	Ljubljana
		835	Brinje	845	Vinodol	822	Brestanica		
		836	Istra	846	Gojak				
		837	Split	847	Karlovac				
		838	Kakanj						

sve telekomunikacione prostorije gdje su uređaji imaju broj 04;

prostorije 110 kV imaju broj 05;

postrojenja 35 kV imaju broj 06.

Kućna ATC u Upravi elektroprivrede i dispečerski centar Hrvatske

U eksploatacionom pogledu do sada su sve VF veze, koje se završavaju u TS Rakitje, TS Resnik, TS Mraclin itd. kod davanja veze učesnicima u Upravi elektroprivrede, morali posredovati uklopničari u ovim stanicama, jedino dispečer je mogao sam da uđe u VF kanal i nazove bilo koji pogon u mreži. Ovo je postignuto tako da je na njegov ručni posrednik, priključen broj 2 s relejskog prijenosnika VF uređaja.

Da bi se za priključak broj 2 omogućio prioritet tj. da se može ukopčati i u već uspostavljenu vezu, morale su se izvršiti neke pregradnje na relejskom prijenosniku. Zbog rješavanja automatizacije cjelokupnog telefonskog saobraćaja moralo se poći od zagrebačkog čvora, odnosno Uprave elektroprivrede.

U vezi toga nabavljena je za Upravu elektroprivrede kućna ATC tipa ACK-A tisućni sistem, proizvod tvornice »Nikola Tesla«, Zagreb. Izvedena je za 600 brojeva, a ukopčanih je sada oko 400. Blokovska shema ove kućne ATC dana je na slici 8.

Da se osigura nesmetan rad glavne kućne ATC u Upravi elektroprivrede na koju se povezuju sve VF veze, čiji VF uređaji završavaju u pogonima oko Zagreba, izgrađeni su jaki snopovi veza vlastitim podzemnim telefonskim kabelima, i 24-kanalnom UKV vezom s TS Mraclin. Ovo je prikazano u blokovskoj shemi na slici 9. Na slici je označen kapacitet u podzemnim telefonskim kabelima za poprečne veze među kućnim ATC.

U Toplani Zagreb je kućna ATC tipa ACK-V za 100 internih priključaka, a s glavnom ATC je povezana s 4 poprečne veze za međusobni saobraćaj.

U Elektri Zagreb (distributivno poduzeće) je kućna ATC tipa Siemens za 250 internih priključaka, a s glavnom ATC je povezana s 4 poprečne veze.

U TS Zagreb jest kućna ATC tipa ACK-V sa 100 internih priključaka, a s glavnom ATC je povezana s 2 poprečne veze.

Telefonski učesnici u TS Rakitju, TS Resniku i TS Mraclinu postaju lokalni učesnici glavne ATC.

Da bi se u cijeloj mreži osigurao propisan kvalitet prijenosa, sve se VF veze, koje se završavaju u TS Resnik, TS Rakitje i TS Mraclin, dovode do upravne

zgrade četverožično, te se preko posebnog (GVA) dijela centrale po potrebi tranzitiraju ili završavaju na jednom od učesnika centrale. Proračun gušenja pojedinih odsjeka kabela, kao i neka mjerenja na VF uređajima pokazala su da se tranzit mora izvesti četverožično, pa su u tu svrhu komutacioni organi kućne centrale »korak po korak« kombinirani s komutacionim stupnjem s koordinantnim sklopkama. Na taj način su u slučaju tranzita izbačena gušenja rašlje i produžnih linija, te je omogućen rad s relativno malim slabljenjem, što prema ispitivanjima malo utječe na promjenu intenziteta, a gotovo ništa na razumljivost.

Glavna kućna ATC sada ima kapacitet 600 priključaka, i oni su porazdijeljeni na slijedeći način:

400 priključaka ima mogućnost internog i javnog saobraćaja, a izlazak na ostale veze moguć je samo preko telefonistice;

100 priključaka ima mogućnost internog i javnog saobraćaja i oni mogu izaći na VF mrežu elektroprivrede, a daleke veze tj. Split, Beograd, Sarajevo i Ljubljana dobivaju preko telefonistice;

100 priključaka ima mogućnost internog i javnog saobraćaja; oni mogu izaći na VF veze elektroprivrede i na takozvane daleke veze za Split, Beograd, Ljubljanu i Sarajevo; iz ove zadnje stotine ima 10 priključaka prioritetnih, koji mogu upasti na svaku zauzetu vezu;

sve spomenute mogućnosti vrše se automatski.

Sve VF veze elektroprivrede i daleke veze prolaze kroz dispečerski telefonski ručni posrednik, kako bi dispečer u slučaju zauzeća željene veze mogao po potrebi upasti u traženu liniju. Čitav saobraćaj u ovoj kućnoj ATC sa svim tranzitima je jasan iz slike broj 9.

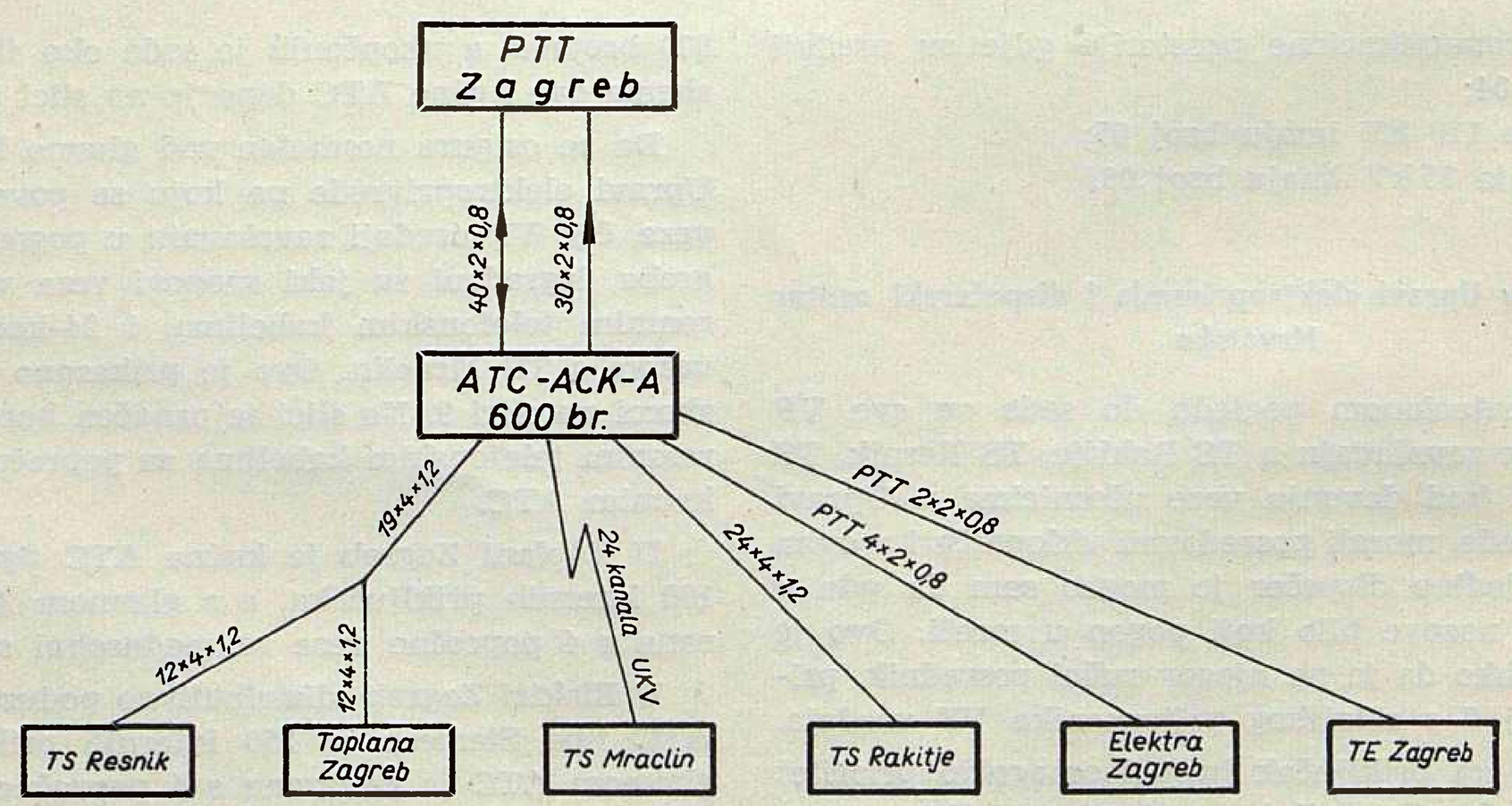
Na ovaj je način postignuto da pojedini učesnici iz Uprave mogu nazvati bilo kojeg učesnika pogonskih ATC.

Potpunim automatiziranjem telefonskog saobraćaja iz glavne ATC, od punopravnih učesnika, prema pogonskim ATC u pojedinim pogonima i obratno ima svoje velike prednosti u brzom rješavanju pogonske i ostale problematike.

Sada će u prvoj etapi biti automatiziran saobraćaj za sjeverozapadni dio Hrvatske. Odmah poslije toga prići će se rješavanju automatskog saobraćaja prema pogonima u Dalmaciji, tako da svi pogoni u Hrvatskoj prave jednu određenu cjelinu. Kod ovakvog telefonskog saobraćaja zbog ograničenja kanala prema npr. TS Matuljima ili HE Split već danas, a unaprijed još više, pokazuje se da je kanala — prijenosnih puteva malo. Morat će se u kritičnim smjerovima, gdje saobraćaj bude dosta velik, ići na veći broj VF veza. Svi nacrtani elementi na sl. 8 sukcesivno se polagano puštaju u pogon.

Telefonska automatika, kako smo vidjeli iz izlaganja, mora da radi na velikim udaljenostima, kao da je na jednom okupu. Tu se sada postavlja jedan od velikih zadataka na osoblje, koje treba da uzdržava sve uređaje. Njihovo znanje mora biti vrlo solidno, prvenstveno u telefonskoj automatici, a zatim i za elektronski niskofrekventni dio u VF uređajima. Rad ljudi na uzdržavanju ovih uređaja mora biti na visini. Ne smatram da smo sve dali našim korisnicima, što danas telefonska automatika može dati, ali u našim mogućnostima za sada se moramo sasvim zadovoljiti i svrha je postignuta ako sve ono što je izgrađeno, bude ispravno funkcioniralo.

Naslov pisca: Mirko Majić, dipl. ing., Elektroprenos, Zagreb, Proleterskih brigada 37



Sl. 9. Sheme spoja

O UTJECAJU VODOVA VISOKOG NAPONA I ATMOSFERSKIH PRAŽNJENJA NA TELEKOMUNIKACIONE KABELE

Miljenko Krešić, Zagreb

U prvom dijelu članka teoretski se obrađuje utjecaj visokonaponskog voda i atmosferskih pražnjenja na telekomunikacioni kabel, a u drugom je dan prikaz mjerenja i provedenih zaštitnih mjera protiv utjecaja na dojavnom kabelu, koji spaja hidroelektranu »Nikola Tesla« s crpnom hidroelektranom Fužine.

DK 621.39 : 621.315.1

U današnjem stadiju razvitka elektroprivrede, a s time u vezi i komunikacionih sredstava u sklopu elektroprivrede, postao je utjecaj vodova visokog napona na telekomunikacione vodove i kabele jedan od problema, o kojem treba voditi računa već prilikom projektiranja. Danas se, na žalost, ponegdje osjećaju posljedice zbog toga, jer se nije vodilo računa o efektu, koji nije beznačajan.

U članku će se obraditi utjecaj vodova visokog napona na dojavne kabele i na kraju dati informacija o načinu zaštite kabela, koji veže hidroelektranu »Nikola Tesla« s crpnom hidroelektranom Fužine.

Iz rasprave je izostavljen utjecaj vodljivosti tla na veličinu induciranog napona, jer se ovdje radi o postojećem stanju i konkretnim, već postavljenim pogonskim uvjetima, a ne o planiranju trase novog kabela.

Budući da je kabel oklopljen vodljivim plaštem i armaturom, utjecaj vanjskog električnog polja praktički je zanemariv, a ostaje utjecaj zbog jakog magnetskog polja, te će se ta pojava dalje razmatrati.

Pretpostavimo, da telekomunikacioni kabel prolazi u neposrednoj blizini voda visokog napona i da je vod simetrično opterećen. U tom slučaju će inducirani napon u kabelu biti malen i praktički će postojati samo zbog različitih udaljenosti vodiča visokonaponskog voda od kabela. Međutim, u slučaju jednofaznog dozemnog spoja, uslijed jakog nesimetričnog opterećenja (struja je reda veličine kA), u kabelu se inducira napon, koji može preći njegovu probojnu čvrstoću i time ga oštetiti. Svakako je utjecaj visokonaponskog voda na kabel manji nego na zračnu liniju, zbog kompenzacionog djelovanja plašta kabela.

Da bi se dobio izraz za faktor redukcije plašta, mora se najprije cijeli problem razmotriti s općeg stanovišta.

Ako se u blizini visokonaponskog voda nalazi vodič, koji je na oba kraja uzemljen, kao npr. zemno uže ili plašt telefonskog kabela, u njemu će se inducirati napon. Strujni krug će se u tom slučaju zatvoriti preko zemlje kao povratnog voda. Taj je napon u protufazi s naponom, koji ga je proizveo, pa se njihova djelovanja djelomično kompenziraju.

Zbog boljeg razumijevanja razmatrat ćemo tri vodiča slobodno zavješena na stupovima (sl. 1). Sa broj 1 ćemo označiti vodič, koji proizvodi smetnje, sa broj 2 vodič, koji je smetan, a sa broj 3 vodič, koji je s oba kraja uzemljen i ima kompenzaciono djelovanje.

U vodiču 3 će se inducirati napon

$$E_3 = -j\omega M_{13} I_1 \tag{1}$$

koji će potjerati struju

$$I_3 = \frac{E_3}{R_3 + j\omega L_3} \tag{2}$$

gdje je $R_3 + j\omega L_3$ prividni otpor tog vodiča.

Uvrstimo li izraz (1) u (2), dobivamo

$$I_3 = I_1 \frac{-j\omega M_{13}}{R_3 + j\omega L_3} \tag{3}$$

Već kod govornih frekvencija je $R_3 \ll \omega L_3$, pa možemo pisati

$$I_3 = -I_1 \frac{M_{13}}{L_3} \tag{4}$$

Iz izraza (4) vidimo, da je struja I_3 praktički u protufazi sa I_1, a njezina vrijednost ovisi o razmaku između vodiča 1 i 3, te o električnoj kvaliteti terena.

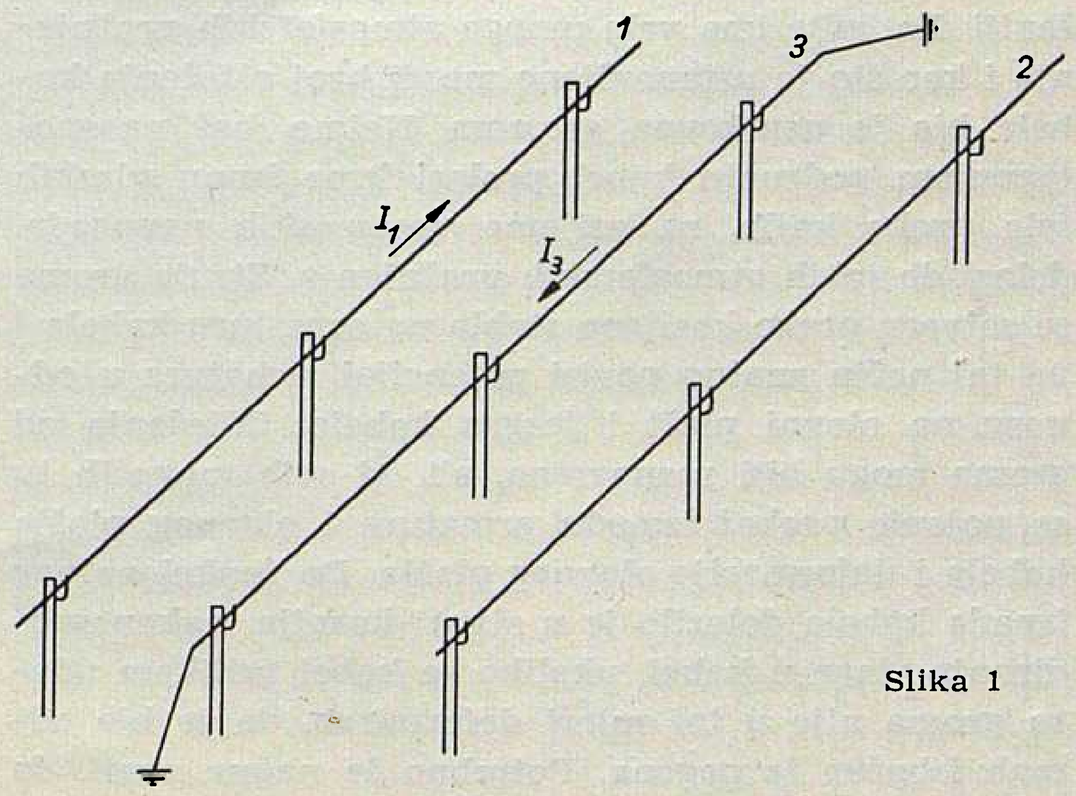
Faktor redukcije možemo izraziti sa

$$r = 1 - \frac{M_{23}}{M_{12}} \cdot \frac{j\omega M_{13}}{R_3 + j\omega L_3} = \frac{M_{12}(R_3 + j\omega L_3) - M_{23} j\omega M_{13}}{M_{12}(R_3 + j\omega L_3)} \tag{5}$$

Ovaj opći izraz se može pojednostavniti, ako pretpostavimo, da je udaljenost vodiča 3 prema 1 mala u odnosu na udaljenost vodiča 3 prema 2. Za taj slučaj vrijedi $M_{12} \cong M_{23}$, pa dobivamo

$$r = \frac{R_3 + j\omega(L_3 - M_{13})}{R_3 + j\omega L_3} \tag{6}$$

Kod kabela, gdje ulogu zaštitnog užeta preuzima plašt, može se pretpostaviti, da je $M_{12} \cong M_{13}$ i



Slika 1

$M_{23} \cong L_3$ i uvrstivši to u opći izraz (5) dobivamo konačni oblik faktora redukcije

$$r = \frac{R}{R + j\omega L} \qquad (L)$$

Ovaj izraz predstavlja odnos između omskog otpora i prividnog otpora plašta i vrijedi za niske i govorne frekvencije. Postoje, kao što se vidi, dva načina za smanjenje redukcionog faktora, a time povećanje kompenzacionog djelovanja. Prvi predstavlja smanjenje radnog otpora plašta, a drugi povećanje permeabiliteta plašta, a time i samoinduktiviteta. Povećanje vodljivosti u prvom slučaju možemo postići upotrebom trake aluminija ili bakra za elektrostatsku zaštitu, omotane oko kabela u obliku armature s preklapanjem, a povećanje permeabiliteta, u drugom slučaju, upotrebom kvalitetnijih čelika za armaturu kabela, kojima se relativni permeabilitet kreće i do 2.000. To je rješenje skuplje, a može se primijeniti samo kod kabela s čeličnom armaturom. S obzirom na suvremene konstrukcije komunikacionih kabela s polietilenskim plaštem za direktno polaganje u zemlju ostaje kao jedino moguće rješenje primjena aluminijske ili bakrene trake, koje smanjuju redukcioni faktor do vrijednosti mnogo manjih od 0,1.

Praktična vrijednost spomenutog načina zaštite provjerena je na prije spomenutom kabelu od hidroelektrane »Nikola Tesla« do crpne hidroelektrane Fužine (sl. 2). Taj kabel služi za dojavu rada crpki i vodostaja, kao i za telefoniju. Znatnijim dijelom trase kabel prolazi uz dalekovod 110 kV Vinodol — Rakitje. Kabel je izvedbe PMbc 5 × 4 × 0,9 mm, što odgovara danas tipu TD, tj. izvedbi s papirno-zračnom izolacijom, olovnim plaštem, armaturom i antikorozivnom zaštitom. Na kabel je još priključena crpna stanica Lič, zbog kontrole rada crpki. Signali iz Liča se prenose u čuvarnicu na brani Bajer. Nakon montaže potrebnih uređaja kabel će još služiti za prijenos vodostaja s obadviju brana u hidroelektranu »Nikola Tesla«.

Kabel je položen prilikom završetka radova na hidroelektrani godine 1952. i na njemu nije bilo kvarova sve do 1957. Nakon krutog uzemljivanja mreže 110 kV, počele su smetnje na kabelu, tako da je do pred godinu dana bilo oko 50 proboja i to gotovo uvijek na dijelu od Kobiljaka do Drivenika. Ovo je najizloženiji dio, gdje ima vrlo mnogo atmosferskih pražnjenja i kao što je ustanovljeno manji broj oštećenja kabela bio je uzrokovan gromom. Naime, baš na spomenutom području kabel prolazi kroz šumu visokih jela preko kojih, za vrijeme vremenskih nepogoda, dolazi do jakih atmosferskih pražnjenja. Struja groma se zatvara preko korijena stabla na armaturu kabela i na taj način znatno povisi potencijal armature u odnosu na olovni plašt i jezgru kabela. Oštećenja od groma mogu biti raznovrsna, ali od svih mogućih tu se pojavio proboj između armature i olovnog plašta kabela i deformacije olovnog plašta. Do funkcionalnog ispada kabela dolazilo je u stvari kasnije, nakon prodiranja vlage u kabel, ukoliko se kabel prilikom udara groma nije u toj mjeri deformirao, da je bio odmah izbačen iz pogona. Potrebno je naime znati, da se u plaštu kabela javljaju naprezanja, koja mogu preći dopuštena naprezanja određena po izrazu

$$F = \frac{E}{4}\left(\frac{t}{r_0}\right)^3 \text{ kg/cm}^2$$

gdje je E modul elasticiteta olova, t opseg olovnog plašta, a r_0 unutarnji promjer olovnog plašta.

Ta naprezanja mogu biti reda veličine 100 kg/cm², što neminovno dovodi do jakih deformacija plašta i do uništenja kabela. Kao što će se kasnije vidjeti pri zaštiti se vodilo računa i o smanjenju utjecaja od atmosferskih pražnjenja.

Hidroelektrana »Nikola Tesla« poduzimala je već prije mjere za poboljšanje stanja, pa je na dijelu od Razromira do Drivenika postavila nekoliko kutija s plinskim odvodnicima napona paljenja 350 V, ali vrlo male dozvoljene struje vođenja. Kako je i nakon provedbe ovakvog osiguranja dolazilo do kvarova na kabelu, smatralo se da su ili posljedice starih oštećenja, ili da do proboja dolazi zbog utjecaja dalekovoda Rakitje — Vinodol, koji prolazi u neposrednoj blizini kabela, tako da je u duljini od nekoliko kilometara razmak manji od 50 m. Da bi se ove pretpostavke potvrdile, provedena su početkom 1961. mjerenja na kabelu.

Ispitivanje je vršeno tako, da je generator u hidroelektrani »Nikola Tesla« slao kroz uzemljeni vod (vod je uzemljen na najnepovoljnijem mjestu) struju reda veličine 100 A, a osjetljivim voltmetrom je mjeren napon između pojedinih žica telefonskog kabela i zemlje i to u prvom slučaju s otvorenim dalekim krajem kabela, a u drugom sa svim žicama kratkospojenim i uzemljenim na dalekom kraju. Rezultati mjerenja su navedeni u tablicama 1 i 2.

$I_k = 90$ A

Tablica 1

Žica br.	U_i V	Žica br.	U_i V
1	80	11	80
2	80	12	85
3	80	13	80
4	80	14	80
5	75	15	80
6	80	16	80
7	76	17	45
8	80	18	45
9	84	19	48
10	80	20	46

$I_k = 93$ A

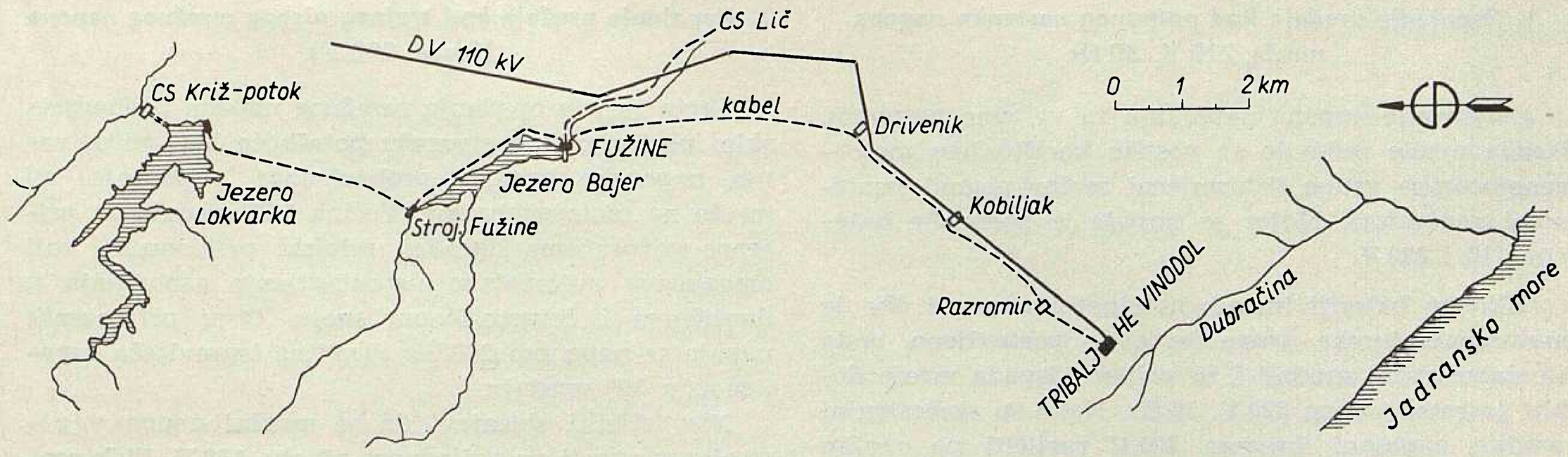
Tablica 2

Žica br.	U_i V	Žica br.	U_i V
1	136	11	136
2	136	12	136
3	136	13	136
4	136	14	136
5	136	15	136
6	136	16	136
7	136	17	82
8	136	18	82
9	136	19	82
10	136	20	82

Iz tablica se može uočiti, da je inducirani napon manji na 17., 18., 19. i 20. žici kabela, čemu je razlog odvojak dviju parica, čija je ukupna duljina time skraćena.

Kod prvog je mjerenja struja kroz uzemljenu fazu bila 90 A, a kod drugog 93 A. Prema tome u slučaju jednofaznog dozemnog spoja, kad teku kroz tu fazu struje reda veličine 3 kA, u komunikacionom se kabelu inducira napon reda veličine 3,5 kV, odnosno 4,6 kV, koji može oštetiti kabel.

Prema tome može se zaključiti, da je do oštećenja došlo zbog prenapona, nastalih pri prolaznim dozemnim spojevima, kao i zbog naglog povišenja potenci-



Sl. 2. Situacija

jala zemljišta u neposrednoj blizini kabela zbog udara groma ili pak zbog direktnog udara groma.

Imajući u vidu konstrukciju kabela i već provedenu zaštitu, preporučene su i provedene slijedeće zaštitne mjere:

Armatura svake spojnice, koje su izrađene do momenta pristupanja radovima na osiguranju, premoštena je bakrenim užetom presjeka 25 mm². Postavljena osiguranja plinskim odvodnicima su ostavljena i uzemljenja provjerena. Na potezu od Drivenika do Kobiljaka položeno je oko 40 cm iznad kabela bakreno uže presjeka 25 mm², koje je na više mjesta posebno uzemljeno, a na kraju dionice spojeno s armaturom kabela i opet uzemljeno. Ovim se načinom zaštite postiže isti efekt kao s ekranom od bakra ili aluminija, samo je kompenzaciono djelovanje slabije, ali se u ovom slučaju pokazalo, uz ostala osiguranja, kao zadovoljavajuće. Osim toga ovakav je način osiguranja podesan za primjenu u područjima s jakim atmosferskim pražnjenjima. Nakon primjene navedenih zaštitnih mjera nije više bilo oštećenja na kabelu.

Zaključak

Kako je od vremena primjene opisanog osiguranja do danas proteklo već preko godinu dana, a u tom periodu nije bilo ispada, može se smatrati, da je situacija bila dobro ocijenjena i da je izvedeno osiguranje dobro primijenjeno. Osiguranje bi bilo još bolje, da su umjesto primijenjenih plinskih odvodnika upotrebljeni odvodnici s mogućnošću vođenja jačih struja.

Naslov pisca: Ing. Miljenko Krešić, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37

NAPAJANJE UREĐAJA SLABE STRUJE U ELEKTROENERGETSKIM POSTROJENJIMA

Branko Kragić, Zagreb

Kod napajanja uređaja slabe struje iz mreže 220 kV, 50 Hz nastaju poteškoće u slučaju nestanka napona u mreži ili kod napona mreže koji se znatno razlikuje od normalnog. U članku se navode uređaji kojima će se omogućiti sigurno napajanje i iznose okolnosti pod kojima se izvjesni uređaj može primijeniti. Na koncu se preporuča prijelaz na tranzistoriranu aparaturu, gdje je god to moguće.

DK 621.311.6

Uređaji slabe struje koriste se u elektroenergetskim postrojenjima u različite svrhe. U osnovi oni služe za uspostavljanje ručnog ili automatskog telefonskog saobraćaja, za prijenos mjerenja i signalizacije, za daljinsko upravljanje i za prijenos impulsa brze distantne zaštite.

S obzirom na izvor napajanja možemo ih svrstati u dvije grupe:

a. napajanje iz akumulatorskih baterija;

b. napajanje iz izvora izmjeničnih napona 220 V, 50 Hz.

Uz uvjet da su akumulatorske baterije pravilno uzdržavane i da su pripadni ispravljači ispravni, neće biti poteškoća oko osiguravanja napajanja za uređaje priključene direktno na baterije.

Variranje napona mreže, kraći ili duži ispadi izmjeničnog napona, neće se odražavati na rad uređaja napajanih istosmjernim izvorom.

Poteškoće nastaju kod napajanja iz mreže 220 V, 50 Hz. One nastupaju

1. kod potpunog nestanka napona mreže;
2. kod trajnog niskog napona mreže (ispod 200 V);
3. kod trenutnog podizanja napona mreže (iznad 240 V).

1. Napajanje uređaja kod potpunog nestanka napona mreže 220 V, 50 Hz

Osiguranje napona napajanja za vrijeme potpunog ispada mreže redovito se postiže korištenjem motorgeneratorske grupe (istosmjerni motor pogoni izmjenični generator). Motor se napaja iz pogonske baterije 110 i 220 V.

Ako na bateriji imamo nominalni napon i ako je motorgeneratorska grupa ispravno postavljena, onda će slabostrujni uređaji i za vrijeme ispada mreže dobiti potrebni napon 220 V, 50 Hz. Kako su slabostrujni uređaji napajani izvorom 220 V različiti po svojim karakteristikama i namjeni, to će se pojaviti problem dužine vremena koje proteče od momenta nestanka napona mreže do momenta kad uređaji prime potreban napon iz motorgeneratora.

Ovo vrijeme uvjetovano je namjenskom ulogom slabostrujnog uređaja. Ako uređaji služe za prijenos govora ili mjerenja, onda vrijeme od nestanka napona mreže do aktiviranja motorgeneratora neće biti odsudno. U ovako nastaloj beznaponskoj pauzi neće se dogoditi ništa što bi moglo štetiti energetskom stanju. Govori ili prijenos mjerenja bit će za kratko vrijeme prekinut, ali taj prekid se praktički neće primijetiti. Ako slabostrujni uređaji prenose impulse za brzu distantnu zaštitu, onda vrijeme beznaponske pauze mora biti tako kratko, koliko iznosi vrijeme zadržavanja napona za anode elektronskih cijevi na kondenzatoru ispravljačkog dijela uređaja.

Kako je vrijeme od nestanka napona mreže do aktiviranja motorgeneratora redovito duže od zadržavanja dovoljnog anodnog napona na kondenzatoru, to način napajanja motorgeneratorskom grupom neće zadovoljiti.

Ukoliko se za prijenos impulsa brze distantne zaštite neće koristiti tranzistorizirani uređaji (u pitanju je snaga odašiljača), onda se problem održavanja stalnog napona može riješiti dvojako.

U pitanje dolazi bilo grupa izmjenični motor, istosmjerni motor — izmjenični generator ili kondenzatorska baterija dovoljnog kapaciteta da zadrži anodni napon. Koji će se od ova dva načina upotrijebiti, ovisit će o količini uređaja u jednom postrojenju, a koji treba da prenose impulse brze distantne zaštite. Ako je u postrojenju predviđen veći broj uređaja, onda će u obzir doći samo grupa izmjenični motor-istosmjerni motor-izmjenični generator.

Upotreba tranzistorskih pretvarača ograničena je snagom pretvarača i moći će se primijeniti samo u pojedinačnim slučajevima, ali s trajnim priključivanjem na bateriju. Pretvarač bi u tom slučaju osigurao anodni napon, a cijevi bi se grijale direktno iz baterije.

Dosadašnja iskustva s obzirom na sigurnost rada motorgeneratorske grupe kod potpunog nestanka napona mreže pokazuju da su zahtjevi uglavnom zadovoljeni. U pogonu još nemamo procesa impulsa brze distantne zaštite pa se problem trajnog napajanja ne može razmatrati na temelju iskustva.

2. Napajanje uređaja kod trajnog niskog mrežnog napona (ispod 200 V)

Česte pojave opadanja mrežnog napona u energetskim postrojenjima stvaraju poteškoće kod određivanja naponske granice prebacivanja napajanja od mreže na motorgenerator. Većina VF uređaja za prijenos govora ima ugrađen relejski prijenosnik, koji omogućava automatsko uspostavljanje saobraćaja u dvožičnom i četverožičnom spoju. Ovaj prijenosnik napaja se naponom 24 V iz vlastitog ispravljača ugrađenog u VF uređaju.

Nisu rijetki slučajevi da se mrežni napon u postrojenju spusti na vrijednost od oko 190 V. Elektronski dio VF uređaja bio bi kod toga napona još uvijek u relativno zadovoljavajućem pogonskom stanju. Međutim, za napajanje relejskog prijenosnika bilo bi to nedovoljno. I baš zbog toga veza se ne može uspostaviti. Ustanovljeno je, da bi relejski prijenosnik još mogao raditi kod prenapona mreže od 192—195 V.

Ako bi htjeli osigurati telefonsku vezu i kod niskih napona mreže, morali bi podesiti granicu prebacivanja od mreže na motorgenerator na 195 V. Postavljanje tačke prebacivanja na 195 V povlači za sobom tu nezgodu da su uklapanja motorgeneratora česta i dugotrajna. Ovaj dugotrajni rad motorgeneratora uvjetovan je i time što će se motorgenerator iskopčati tek pošto napon mreže postigne vrijednost od 205—210 V. Ovakav režim rada postavljao bi teže uvjete kako za pogonsku bateriju, tako i za automatsku preklopku. Na automatskoj preklopci dolazit će zbog povećanog broja uklapanja do relativno bržeg oštećenja kontakata.

Kod rada sa sniženim naponom mreže trebalo bi:

a) relejni prijenosnik VF uređaja napajati direktno iz akumulatorske baterije 24 V (time je postignuta neovisnost o stanju mreže).

b) preklapanje napajanja na motorgenerator podesiti na najnižu moguću tačku rada elektronskog dijela VF uređaja (oko 180 V).

Također se može koristiti magnetski stabilizator u krugu mreže.

3. Napajanje uređaja kod trenutnog podizanja napona mreže (iznad 240 V)

Ulaskom u pogon postrojenja s transformacijom 220/110 kV pojavio se problem momentanog visokog mrežnog napona vlastite potrošnje. Napon vlastite potrošnje se uzima iz trećeg namota transformatora 220/110/10 kV.

Kod naglog rasterećenja na mreži 110 kV poraste napon na strani 220 kV, a zbog toga i na transformatorskom namotu za 10 kV. Ovo podizanje napona čini da uređaji dobiju naponski udar iznad 260 V. Porastom napona poraslo je opterećenje uređaja što izaziva pregaranje osigurača.

Kako je strujni krug napajanja osiguran na više mjesta (pojedinačni osigurači na uređaju, glavni osigurač na uređaju, osigurač na razvodnoj ploči za uređaje, osigurač na automatskoj preklopci i najzad osigurač na ploči u komandi), to nije moguće predvi-

djeti koji će osigurač pregorjeti. Iako je izvršeno stepenovanje osigurača, ono ne pomaže, jer je uzrok pregaranja osigurača od izvora prema potrošaču.

Bilo je slučajeva da su jedanput pregorjeli osigurači na uređajima, drugi put na automatskoj preklopci, kao i na mreži prije ulaska u preklopku. Motorgenerator je u tom slučaju proradio, ali bez koristi, jer je bio odijeljen od potrošača. Zbog tih pregaranja osigurača dolazi do prekida u vezi baš u trenutku kad ona najviše treba. Uspostavljanje veza trajat će tako dugo dok dežurno osoblje ne pronađe i ne izmijeni pregorjele osigurače.

Zaokupljanje pogonskog osoblja uspostavljanjem veze u vrijeme vršenja pogonskih manevara stvara neugodnosti.

Dok su u upotrebi cijevni uređaji, koji zahtijevaju izvor napajanja 220 V, 50 Hz, sprečavanje pregaranja osigurača ili pak oštećenja uređaja može se provesti ugradnjom magnetskog stabilizatora u krugu mreže ili upotrebom grupe izmjenični motor-istosmjerni motor-izmjenični generator u trajnom pogonu.

U postrojenju Mraclin ugradili smo magnetski stabilizator, ali je on 19. V. bio oštećen. Naime, kod rasterećenja na strani 110 kV napon je porastao te je uslijed zagrijavanja zbog povećanog napona ili zbog proboja izolacije između namota došlo do oštećenja.

Ovaj slučaj ukazuje na potrebu da se magnetski stabilizatori izvedu s pojačanom izolacijom i eventualno uspješnijim hlađenjem.

Ovi ukratko nabačeni problemi napajanja jednoznačno ukazuju da bi upotreba tranzistorskih uređaja, napajanih iz stabilnih izvora (akumulatorskih baterija) potpuno riješila pitanje napajanja.

Gdje god je to moguće, trebalo bi primjenjivati tranzistorizirane uređaje ako nije potrebna velika VF snaga.

Naslov pisca: Branko Kragić, dipl. ing., Elektroprenos, Zagreb, Proleterskih brigada 37

DALJINSKO UPRAVLJANJE I JEDNOPOLNE SHEME POSTROJENJA

Karlo Ožegović, Split

Osvrt na problem daljinskog upravljanja rasklopnih i transformatorskih stanica. Opisana su dva ekstrema u osiguranju uređaja za daljinsko upravljanje i navedeni tipovi postrojenja i uvjeti, gdje se može primijeniti neka od navedenih osnova.

DK 621.398

Ovaj prikaz dat će kratak osvrt na problem daljinskog upravljanja rasklopnih i transformatorskih stanica uopće.

Jedna krajnost u osnivanju uređaja za daljinsko upravljanje može se slikovito prikazati tako, da se u samoj stanici izgrađena kompletna komanda stanice izdvoji iz kruga objekata i premjesti na neko drugo, prikladnije mjesto, a da pri tome u cijelosti sadrži namijenjenu joj funkciju. Jasno je, da će u tom slučaju ovakva komanda pretrpjeti izvjesna pojednostavnjenja u elementima sporedne važnosti i u elementima za kontrolu strujnih krugova. Tako npr., udaljena komanda obično neće sadržavati brojila električne energije, zaštita i pripadni releji ostat će u sklopu samog objekta, a kontrola pomoćnih uređaja svest će se na jednostavnu signalizaciju. U principu se može smatrati da se ovakvom osnovom ništa ne mijenja u pogledu upravljanja stanicom, osim što se upravlja na slijepo tj. bez mogućnosti da komandno osoblje obilazi i pregledava postrojenje.

Druga krajnost u osnovi daljinskog upravljanja je takva, da sam naziv »daljinsko upravljanje« gubi svoj prvobitni smisao. Po ovoj osnovi udaljena komanda raspolaže samo najnužnijim signalima po kojima se može vidjeti da li je udaljeno postrojenje u normalnom pogonu ili nije. Ovakva osnova može se u krajnjem slučaju ograničiti na samo dva signala: »smetnja u postrojenju« i »smetnja na pomoćnim uređajima«.

Dok je u prvom slučaju osoblju u udaljenoj komandi ostavljena široka mogućnost doprinosa u upravljanju, drugi slučaj zahtijeva da se ljudska ruka zamijeni prikladnom automatikom. U prvom redu to je visokofrekventna selektivna zaštita (pretpostavlja se da se ona ne može izbjeći, tj. da postrojenje ne može biti kruto). K tome je neophodno automatizirati sve one operacije, koje bi eventualna posada poduzimala prije nego bi se ustanovio trajni kvar i prije nego bi pristupila njegovom popravku bez obzira, radi li se o kvaru u samom postrojenju ili pak o kvaru na dalekovodu koji je priključen na postrojenje. Obavezno je automatsko ponovno uključivanje, i to prema prilikama u mreži tropolno ili jednopolno, brzo ili sporo. Zatim automatska regulacija napona, ako postoji regulirana transformacija. Potrebna je prema prilikama automatska protupožarna zaštita, a samo postrojenje treba osnovati tako, da bude sigurno od požara (izbjegavati ulje itd.).

Bez obzira na opseg daljinskog upravljanja, sama činjenica prijelaza na daljinsko upravljanje i kontrolu, donosi neke nove momente u eksploataciji. Ne smijemo zaboraviti da u udaljenom postrojenju nema stalne posade. Tu se u najboljem slučaju povremeno nalazi jedan čovjek koji očitava brojila dva puta dnevno (u 6 i u 22 h), grubo kontrolira stanje akumulatorske baterije, obavještava udaljenu komandu o sumnjivim pojavama, održava najnužniju čistoću, čuva

postrojenje i uređuje nasade oko njega. Kretanje u samom postrojenju ograničeno mu je činjenicom da je sam. U slučaju smetnje ovaj čovjek može udaljenoj komandi dati najnužnije informacije putem telefona, ali samo ako se u tom času nalazi u blizini stanice. Prema tome u momentu prijelaza na daljinsko upravljanje i kontrolu otpadaju mnoge funkcije koje normalno vrši stalna posada. Neke od tih funkcija jesu:

a) ispitivanje vodova pomoću radara;
b) korištenje lokatora grešaka;
c) registriranje detaljnih signala koje daje zaštita;
d) ručno posredovanje telefonskih veza.

Funkcije koje će u većini slučajeva otpasti jesu:

a) mogućnost sinhronizacije;
b) vođenje tablice o satnom kretanju energije;
c) primjena selektivnog pokazivanja mjesta zemspoja u izoliranim i gašenim mrežama;
d) fina kontrola temperature transformatora.

Samo u rijetkim će slučajevima daljinsko upravljanje biti osnovano na jednom od navedena dva principa. Opseg dobro osnovanog daljinskog upravljanja nalazit će se između dva opisana ekstrema pošto su dobro odvagnuti zahtjevi ekonomičnosti, pouzdanosti u pogonu i pogonske elastičnosti.

Prva su dva zahtjeva suprotna trećemu, jer veća pogonska elastičnost traži opsežniji i složeniji telekomandni uređaj, koji je ujedno skuplji i s obzirom na složenost manje siguran u pogonu.

Važnost i funkcija postrojenja odigrat će odsudnu ulogu u balansiranju nivoa na kojem će se ustanoviti određeni zahtjevi.

Kad se jednom, makar i grubo, utvrdi opseg daljinskog upravljanja, tj. kada se utvrdi koje organe treba daljinski nadzirati i kojim organima treba daljinski upravljati da bi bili zadovoljeni nužni zahtjevi u pogledu elastičnosti pogona uz dovoljnu ekonomičnost i sigurnost uređaja, bit će redovito potrebne korekture prethodno postavljene jednopolne sheme postrojenja. Povodeći se logikom i ekonomikom, u jednopolnoj shemi postrojenja redovito će se brisati oni uklopni organi koji nisu prethodnim razmatranjem predviđeni da budu daljinski upravljani, a koji nisu neophodni za funkcionalnost postrojenja (npr. noževi za uzemljavanje vodova rijetko će biti brisani iz jednopolne sheme, unatoč tome što se redovito neće predvidjeti njihovo daljinsko upravljanje). Prilikom pojednostavnjenja jednopolne sheme treba pojam elastičnosti pogona razlučiti u dva dijela:

a) elastičnost u redovitom pogonu;
b) elastičnost prilikom revizionih radova na postrojenju (osiguranje pristupačnosti pojedinih organa po mogućnosti bez prekida pogona).

Budući da nije potrebno osigurati daljinsko upravljanje postrojenjem u svakom pogonskom slučaju, već samo kroz vrijeme dok je postrojenje stvarno bez posade, dovoljno je da se daljinsko upravljanje predvidi samo za organe kojima se postiže nužna elastičnost u redovitom pogonu. Upravljanje organima kojima se postiže željena elastičnost za vrijeme revizionih radova može biti ručno, jer u postrojenju za vrijeme i neposredno prije tih radova boravi stručno osoblje. Za vrijeme revizionih radova i onako se prelazi na ručno upravljanje, kako bi se isključilo nenamjerno daljinsko uključivanje dijelova postrojenja na kojima se radi.

Iz dosadašnjeg razmatranja se vidi, da će prilikom osnivanja stanice činjenica predviđanja daljinskog upravljanja utjecati na oblikovanje jednopolne sheme postrojenja. Potrebno je po mogućnosti odabrati takovu jednopolnu shemu, kojom će se po funkcionalnosti moći često i pregledno odvojiti dio kojim se daljinski upravlja na licu mjesta (uglavnom samo prilikom revizionih radova i popravaka). Zbog preglednosti može se na slijepoj shemi udaljene komande izostaviti dio kojim se daljinski ne upravlja, jer je ovaj dio u normalnom pogonu nefunkcionalan, a u vrijeme kad je dotični dio funkcionalan, postrojenjem se i onako upravlja na licu mjesta.

Može se dakle, u stanovitom broju slučajeva očekivati, da će jednopolna shema daljinski upravljane stanice biti osnovana nešto drukčije, nego shema te iste stanice bez daljinskog upravljanja.

Kod velikih i složenih transformatorskih stanica i čvorišta s više izvoda višeg i nižeg napona ne mogu se očekivati bitne razlike u oba tipa jednopolne sheme. S obzirom na veliki značaj koji se obično pripisuje takvim stanicama prevagnut će zahtjev za velikom elastičnošću u pogonu, što redovito samo po sebi dovodi do dovoljne elastičnosti potrebne za revizione radove. Opseg telekomandnog uređaja prilagodit će se tom zahtjevu i dobit će se stanica o kojoj je prvo govoreno u uvodnom razmatranju.

Kod stanica napona npr. 110/35 kV ili 35/10 kV manjeg ili srednjeg značenja, a koje su i najprivlačnije za daljinsko upravljanje, može se bez poteškoća utvrditi da postoji tip koji je posebno prikladan za daljinsko upravljanje. To su u pravilu krajnje stanice »umetnute« u vod, manje snage, s najviše dva transformatora, preko kojih se opskrbljuju područja pretežno s karakterom široke potrošnje, s mirnim i ustaljenim pogonom. Kod krajnjih stanica će se sklopka na strani višeg napona u većini slučajeva moći izbjeći, pa otpada i potreba da se njome daljinski upravlja. Kod stanica »umetnutih« u vod naročito je prikladan za daljinsko upravljanje »tip sa tri sklopke«, odnosno faze koje obično prethode konačnoj izvedbi stanice toga tipa. Visokonaponski dio pruža dovoljnu elastičnost potrebnu za vršenje revizionih radova bez dodatnih elemenata.

Postrojenje nižeg napona ovih stanica neće u svim slučajevima biti isto. Ako stanica napaja jednog, recimo srednjeg industrijskog potrošača, i to preko nekoliko paralelnih vodova, pa ako k tome postoji još mogućnost napajanja na strani nižeg napona iz drugog izvora, pogonski će zadovoljiti jedan sistem sabirnica, a potrebna elastičnost za vršenje revizionih radova moći će se postići prikladno postavljenim uzdužnim rastavljačima u sabirnicama.

Kod stanica koje na strani nižeg napona napajaju izvjestan broj pretežno radijalnih odvoda, jednostruke sabirnice će obično zadovoljiti pogonske zahtjeve, ali se umetanjem rastavljača u sabirnice neće moći postići dovoljna elastičnost kod vršenja revizionih radova. Prikladno rješenje u ovom slučaju predstavlja pomoćne sabirnice, čijim uklopnim organima se upravlja na licu mjesta.

Tip stanice 35/10 kV, pa i 110/30 kV, koja služi za opskrbu užih gradskih područja, može se u pogledu telekomande svesti na posve skromne razmjere tj. na drugi tip koji je u uvodnom razmatranju opisan, a da se pri tome jednopolna shema može slobodno osnovati prema položaju u mreži, jer složenost jednopolne sheme ne utječe bitno na komandni uređaj, koji se u ovom slučaju svodi samo na jednostavnu signalizaciju. Ovdje se složena telekomanda i kod značajnih objekata može uštedjeti, jer je takva stanica redovito geografski samo malo udaljena od nekog centralnog mjesta s permanentnom službom.

Zaključak

Očigledno je, da uvođenje daljinske komande utječe na oblikovanje rasklopne i transformatorske stanice. Tek međusobni prilagođeni opseg garantira ekonomičnost i sigurnost u radu. Do koje mjere će to međusobno prilagođenje ići, ovisi o nizu faktora. Mogućnost standardizacije postoji na ograničenom broju objekata, dok će se izvjesni broj objekata morati riješiti individualno.

U većini slučajeva bit će oportuno ograničiti daljinsko upravljanje samo na one organe, kojima se manipulira u redovitom pogonu. Organi koji služe kod revizionih radova u normalnim pogonskim slučajevima mogu ostati s upravljanjem na licu mjesta.

Potpuna interna automatizacija i visoka selektivnost zaštite, kao i pouzdanost opreme u radu, uvjet su za dobru funkcionalnost daljinski upravljane stanice.

Naslov pisca: Karlo Ožegović, dipl. ing., Elektroprenos, Split

SIGURNOSNI PROPISI ZA VRŠENJE SLUŽBE I RAD NA ELEKTROPRIJENOSNIM POSTROJENJIMA

Kod radova na visokonaponskim postrojenjima, a jednako i kod rukovođenja tim radovima, sve se više osjeća pomanjkanje jedinstvenih propisa iz oblasti sigurnosti. Prevladava mišljenje, da ovi propisi moraju biti sveobuhvatni i izdvojeni, a ne sadržani u raznim drugim propisima.

Glavne značajke propisa, koji bi imali popuniti tu prazninu u svakodnevnoj praksi jesu:

sveobuhvatnost,	jedinstvenost u cijeloj SFRJ,
jasnoća,	pristupačan stil,
prikladan format,	tehnička opravdanost,
sistematičnost,	mogućnost poboljšanja.

Prije nego se pređe na razradu samog tekta, nužno je odrediti mjesto ovih propisa u cjelokupnoj zbirci materijala koji se odnose na sigurnost. To je potrebno da bi se izbjeglo ponavljanje.

Tablica 1 pokazuje, da se propisi, koji su tema ovog referata, nalaze u zbirci pod brojem III.

Treba napomenuti da u tablici 1 nisu obuhvaćene mjere sigurnosti prema »Službenom listu FNRJ« br. 5/63. Također nisu obuhvaćeni materijali koji ulaze u proširenu službu HTZ, tj. opća zdravstvena zaštita, psihohigijena i sl.

Obuhvaćene su prema tome, samo neposredne mjere sigurnosti rada u pogonu.

Autor je raspolagao nekim inostranim sigurnosnim propisima, priručnicima i uputama, kao i nekim pravilnicima koji su u upotrebi kod pojedinih domaćih radnih organizacija. Uočeno je, da se strani propisi ne mogu neposredno primijeniti u našoj praksi, a domaći postojeći interni propisi samo djelomično posjeduju navedene značajke.

U svrhu dobivanja sistema za rad, bilo je neophodno odrediti poglavlja i postaviti ih u prikladan redoslijed. To je prikazano na tablici 2. Već prvi koraci na izradi predmetnih propisa pokazali su, da je to posao koji zahtijeva veliko poznavanje struke i osjećaj odgovornosti. Mora se reći, da će konačna redakcija propisa biti moguća tek za više godina, što međutim ne predstavlja zapreku da se pojedina poglavlja izdaju ranije.

Prijedlogom su obuhvaćena samo poglavlja:

A. Opći propisi.

B. Redovita pogonska služba u elektroprijenosnim postrojenjima.

C. Rad na elektroprijenosnim postrojenjima.

U razradi je poglavlje »Sigurnost kod rada na terenu«, a pripremljeni su materijali za poglavlja »Sigurnost kod dizanja, premještanja i slaganja tereta« i »Sigurnosti kod transporta«.

Poglavlje »Prva pomoć kod električnih nezgoda« može se smatrati definitivno dovršenim, ako se uz neznatne izmjene (izmjena redoslijeda) prihvate upute izdane od Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, a koja je ovjerio i dopustio za privremenu primjenu Elektroenergetski inspektorat SR Hrvatske.

Već kod pisanja pojavila se potreba stalnog usklađivanja, a po redakciji prve razrade uočene su mnogo manjkavosti. Tako je npr. izostavljeno izbijanje kapacitivnog naboja kabela prije rada i sl. To samo potvrđuje da još predstoji ozbiljan rad do konačnog donošenja propisa.

U pogledu vrste i količine zaštitnih sredstava nužno je revidirati izloženi prijedlog i to u slijedećem smislu: radnika treba potpuno zaštititi od utjecaja napona, ali mu zaštitna sredstva ne smiju otežati odnosno produžiti rad više nego je potrebno. Prema tome se ovaj dio mora još temeljitije prodiskutirati.

Poglavlje C, i to onaj dio koji obrađuje »Dozvolu za rad«, također se ne može smatrati definitivnim. Postoje i bolje metode pismenog dokumentiranja osiguranja mjesta rada, pa će trebati izvršiti odgovarajuće korekcije. Sama uvodna strana dana je u dvije varijante. Jedna je dana tehničkim, a druga intimnim jezikom. Nužno je odabrati prikladniju varijantu. Toliko o potrebi diskusije i poteškoćama u radu.

Tehnička obrada ove grupe propisa predviđa se da bude štampana na formatu A6, da se svakom radniku zaposlenom na toj vrsti djelatnosti izda uz revers i da uvez bude tako izveden, da se pojedine strane mogu mijenjati odnosno da se cijela knjižica po potrebi može nadopunjavati.

Svaka strana mogla bi sadržavati samo jedan propis, koji nosi odgovarajuću šifru. U slučaju da se tekst propisa mijenja, dotična strana se vadi iz knjige i zamjenjuje s novom. Novi propis nosi istu šifru, ali je označen novijim datumom.

Ovaj rad je začetak jedinstvenih propisa. Novi propisi ne bi trebali da bez potrebe mijenjaju već uvedene dobre metode zaštite i dobre postupke, ali će ponegdje u praksi biti nužno da se u interesu jednoobraznosti izvrše prilagođavanja.

Posebno treba prodiskutirati sistem, metodologiju i stil, te tehničku opremu, tj. formu, a posebno sadržaj ovog prijedloga.

Ako se pokaže da je autor doprinesao konačnom rješenju ovog akutnog problema, bit će to poticaj za daljnji rad na tom području.

Sadržaj zbirke propisa, pravilnika i standarda koji se odnose na sigurnost

Tablica 1

Dio	Naziv	Namjena
I	Služba sigurnosti	Organizacija
II	Pravilnik o higijensko-tehničkoj zaštiti	Opće mjere i odgovornost
II b	Zaštitna sredstva, njihov raspored i raspodjela	Administracija i manipulacija
III	Sigurnosni propisi za vršenje službe i rad na elektroprijenosnim postrojenjima	Priručnik u rukama svakog radnika, operativa
IV a	Pravilnik o protupožarnoj zaštiti	Administracija i odnosi; savezni propisi
IV b	Protupožarna zaštitna sredstva, njihov raspored, kontrola i upotreba	Preventiva i intervencija
V	Standardi i norme za zaštitna sredstva	Garancija za ispravnost zaštitnih sredstava; povjerenje u zaštitna sredstva
VI	Statistika sigurnosti	Analiza potrebe i uspješnosti zaštitnih mjera
VII a	Obuka sigurnosti	Podizanje stručnosti u interesu sigurnosti
VIII b	Propaganda sigurnosti	Populariziranje metoda i sredstava, uvjeravanje u njihovu neophodnost

Ovaj sadržaj predstavlja ujedno i program rada dobre službe sigurnosti.

Teme za zbirku propisa »Sigurnost III«

Tablica 2

A. Opći propisi

B. Redovita pogonska služba u elektroprijenosnim postrojenjima

Radni zahvati u redovnom pogonu
Pravo kretanja radnika kod vršenja redovite pogonske službe
Ograničenje prava kretanja jednoj samoj osobi
Obavezna zaštitna sredstva kod nekih pogonskih manipulacija na otvorenom
Neobavezna zaštitna sredstva kod nekih pogonskih manipulacija na otvorenom
Obavezna zaštitna sredstva kod nekih pogonskih manipulacija u zatvorenom
Neobavezna zaštitna sredstva kod nekih pogonskih manipulacija u zatvorenom

C. Rad na elektroprijenosnim postrojenjima

Rad pod visokim naponom
Definicija rada pod visokim naponom
Radovi koji se obavljaju pod naponom
Provjeravanje beznaponskog stanja nabacivačkom puškom
Ispitivanje izolatorskih članaka voltmetarskom motkom
Rad u neposrednoj blizini napona
Dodatne zaštitne mjere kod rada u neposrednoj blizini napona
Postavljanje magnetskih štapića
Bojadisarski radovi
Izoliranje zaštitnog užeta od konstrukcije stupa
Sigurnost kod rada na visini
Sigurnost kod dizanja, premještanja i slaganja tereta
Sigurnost kod transporta
Sigurnost kod rada u radionici
- Kiselina
- Alatni strojevi i rotirajući dijelovi
- Brusilice
- Autogeno varenje
- Električno varenje

Sigurnost kod rada na terenu
- Iskopi
- Betonski radovi
- Minerski radovi

Zaštita elektroprijenosnih postrojenja od požara
- Vrste prenosivih vatrogasnih aparata: svojstva, primjena, rukovanje
- Smještaj i raspored prenosivih vatrogasnih aparata
- Stabilni protupožarni uređaji
  - Hidranti
  - Uređaji s raspršenom vodom
  - Uređaji sa CO_2
  - Uređaji sa N
- Klasifikacija materijala po zapaljivosti
- Zabrana pušenja i unošenja otvorene vatre
- Odnosi s vatrogasnom milicijom

Postupak kod nesreće na radu
- Pružanje prve pomoći
- Odnosi s javnom službom za hitnu pomoć
- Prijava nesreće na radu
- Izvještaj o nesreći na radu

Prva pomoć kod električnih nezgoda
Prva pomoć kod nezgoda osim električnih

Karlo Ožegović, dipl. ing.

PROVJERAVANJE BEZNAPONSKOG STANJA NA DALEKOVODIMA

Prije nego što se pristupi radu na dalekovodu, nužno je da se pouzdano utvrdi, da li je vod u beznaponskom stanju. Beznaponsko stanje dalekovoda može se utvrditi:

1) na mjestu odvajanja od napona (rukovodilac radova prisutan je iskapčanju i uzemljivanju dalekovoda);

2) na mjestu rada, i to pomoću

a) telefonske veze,

b) indikatorima,

c) bezopasnim uzemljivanjem vodiča.

Metoda navedena pod 1) je najpouzdanija i praktično isključuje svaku zabunu. Međutim, već kada je udaljenost mjesta rada od mjesta odvajanja od napona veća od oko 10 km (ovisno o trasi ceste u odnosu na trasu dalekovoda), neproduktivno vrijeme dalekovodne ekipe provedeno na putu do mjesta rada i natrag, a koje se pribraja nužno potrebnom trajnju prekida, postaje značajno i ne može se zanemariti.

Poteškoće postaju nepremostive, ako je dalekovod, napona 220 kV, dugačak jednu ili više stotina kilometara. U tom slučaju sektor za koji je izvjesna ekipa zadužena često i ne graniči s mjestom odvajanja od napona i prisustvo rukovodioca radova iskapčanju voda je fizički neizvedivo bez velikog gubitka radnog vremena i nedoglednog produženja prekida. Nužno je, dakle, odrediti apsolutno pouzdanu metodu za utvrđivanje beznaponskog stanja na mjestu rada, jer je početak rada »u vrijeme po dogovoru« nedopustivo sa stanovišta sigurnosti ljudstva. Provjeravanje uklopnog stanja dalekovoda putem telefona, ili čak davanje naloga za isključivanje dalekovoda od strane rukovodioca ekipe kad se ovaj već nalazi na mjestu rada moglo bi se usvojiti, ali uz stanovite poteškoće i rezervu.

Telefonska veza često se ne može uspostaviti putem pošte, bilo zato što takva u blizini ne postoji, bilo zbog ograničenog radnog vremena i dugog čekanja veze na lokalnim poštama. Kratkovalna radio-veza je nepouzdana, jer se većina radova obavlja baš u mrtvoj zoni kratkovalnog dometa i osjetljiva je na valnu dužinu. Primjena UKV veze zahtijeva skupu razvijenu mrežu, a u brdskim područjima će dobar dio trase voda biti zasjenjen. Čak i u slučaju da se i može uspostaviti dobra telefonska veza, nije isključena mogućnost zabune, pogotovu, ako je pažnja čovjeka usredotočena na samo uspostavljanje veze i poteškoće oko toga.

Indikatori postojanja napona (tinjalice, iskrišta, daljinski indikatori) su svakako važna pomagala, ali ograničene upotrebe. Indikatori s dodirivanjem vodiča (tinjalice, iskrište) ne smiju se upotrebljavati kod kišovitog vremena. Zajednička mana svih indikatora jest, što nije moguće pouzdano provjeriti njihovu ispravnost na licu mjesta, što je nakon transporta neophodno. Pogotovo se daljinski indikatori zbog osjetljivosti elemenata (baterije, instrument, tranzistori) ne mogu smatrati potpuno pouzdanim, ako je u pitanju sigurnost života.

U francuskim propisima sigurnosti navodi se metoda nabacivanjem laganog metalnog vodiča na fazne vodiče pomoću prikladne puške na oprugu ili komprimirani zrak. Ako ne dođe do fenomena kratkog spoja (taljenje vodiča, električni luk), vod je pouzdano u beznaponskom stanju i može se pristupiti redovitom propisnom uzemljavanju vodiča, a potom i radu.

Navedeni francuski propisi daju slijedeće karakteristike za pušku i pribor:

Primjena: do visine 18 m (u sredini raspona to zadovoljava i vodove 220 kV)

Težina puške: 2,20 kg

Težina strelice: 0,27 kg

Težina metalnog vodiča (pokositreni čelik): 3—3,5 g/m

Maks. sila za natezanje pera puške: 45 kg

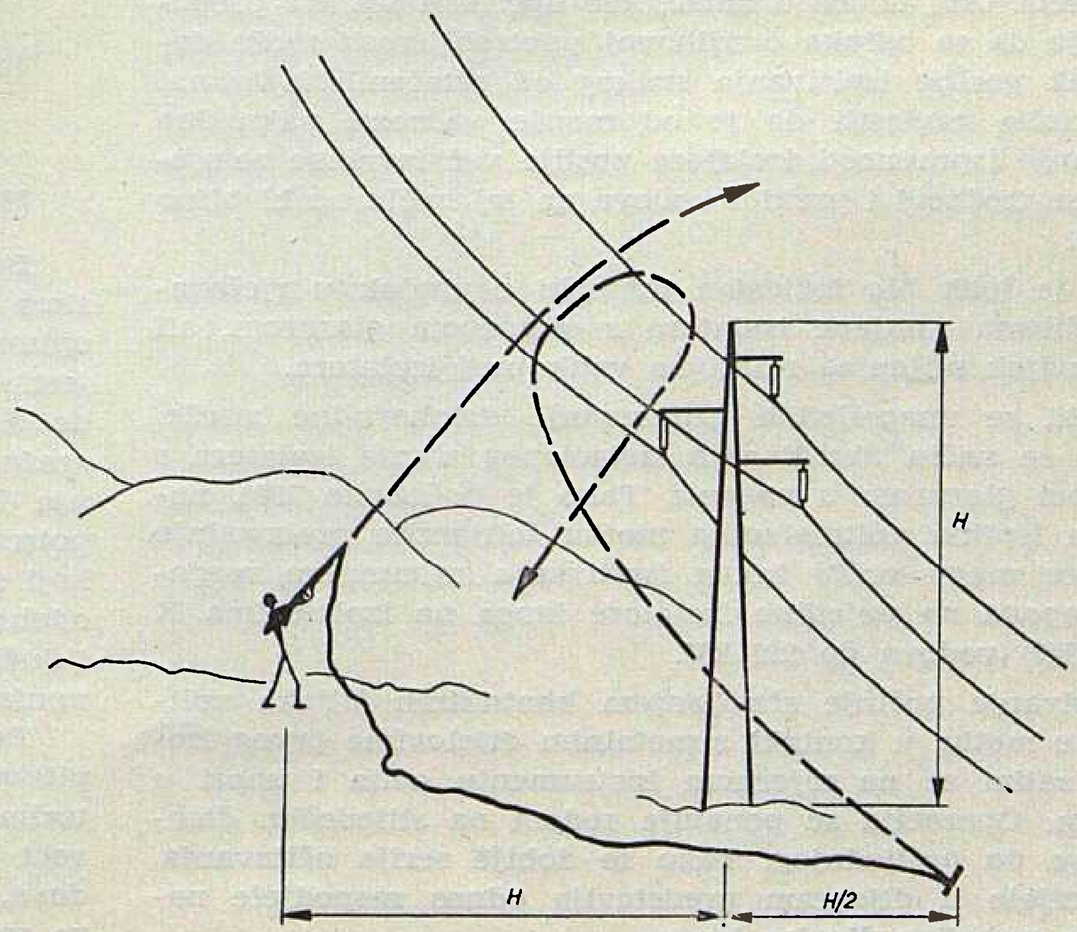
Materijal puške: čelik i alpax

Horizontalni domet same strelice: najmanje 60 m

Vertikalni domet strelice sa slobodnim metalnim vodičem: najmanje 25 m

Pribor puške sastoji se od dvije strelice i dva metalna vodiča dužine po 30 m

Način ispaljivanja vidi se na priloženoj slici.



Sl. 1. Ispaljivanje strelice sa žicom za kratko spajanje

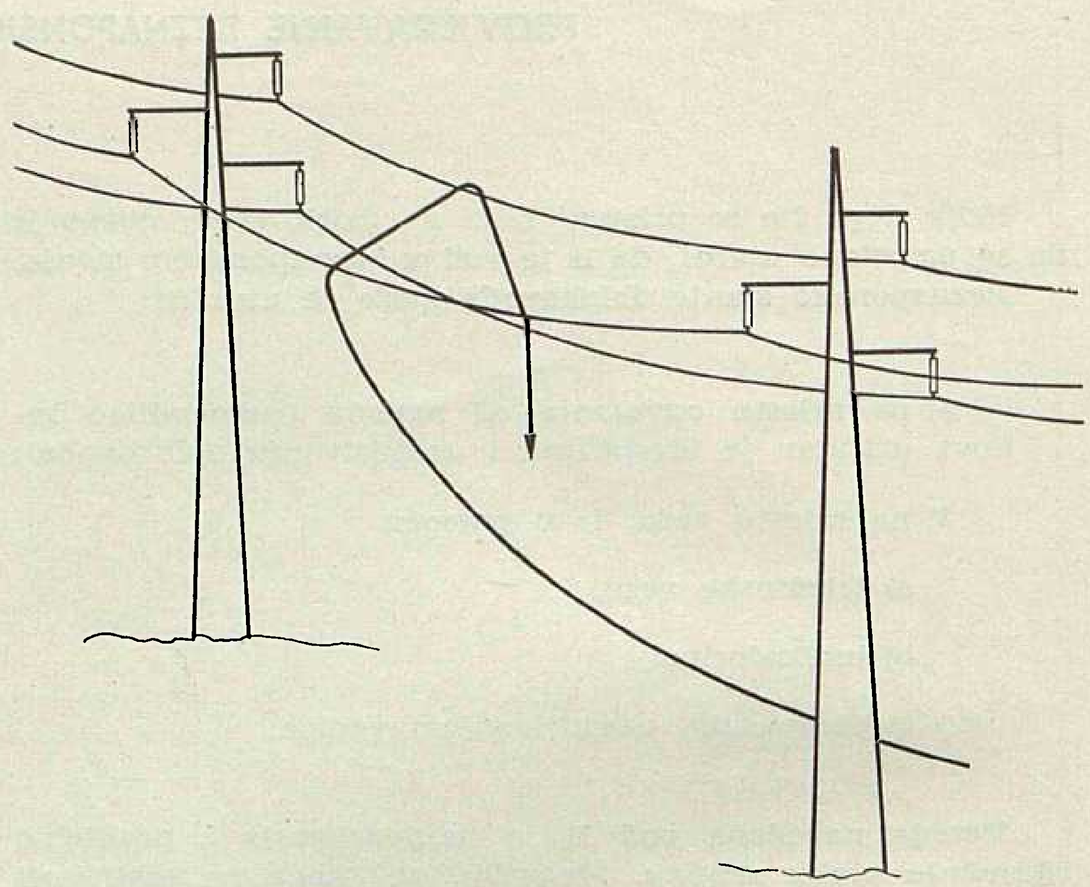
»Elektroprenos« Split postigao je dobre početne rezultate pneumatskom puškom, ali su zbog pogreške na pušci zanatske izrade pokusi morali biti obustavljeni.

Zaključak

Razvitak mreže visokog napona i sve intenzivnija eksploatacija sve češće onemogućuje da rukovodilac ekipe lično prisustvuje iskapčanju voda na kojem se ima obaviti rad. Znatno smanjenje trajanja prekida postiže se, ako se prekidanje voda izvrši tek kad se ekipa nalazi na mjestu rada i ako se vod ukopča odmah nakon završenih radova. Za uspješno provođenje ovakvog načina rada neophodna je telefonska veza.

Za postizavanje apsolutne sigurnosti ljudstva potrebno je međutim, nakon dobivene obavijesti o prekidanju voda pouzdano provjeriti beznaponsko stanje. Nabacivanje laganog metalnog vodiča na fazne vodiče potpuno je pouzdano sredstvo. Daljinski indikatori su manje pouzdani, ali su korisni za grubo provjeravanje, da bi se smanjila mogućnost nabacivanja metalnog vodiča dok je vod pod naponom.

Karlo Ožegović, dipl. ing.



Sl. 2. Kratko spojeni vodiči dalekovoda

PRIMJENA VOLTMETARSKE ISPITNE MOTKE U POGONU

Još od početka eksploatacije dalekovodne mreže u Dalmaciji pojavio se problem zamjene većeg broja izolatora sa glazurom oštećenom uslijed djelovanja električnog luka. Svi izolatori s oštećenom glazurom zamjenjivani su s novim izolatorima, jer stepen oštećenja tada nije bilo moguće na praktičan način utvrditi. Osim značajnog povećanja troškova uzdržavanja dalekovodne mreže izazvanog ovakvom praksom, dolazilo je do češćeg isključivanja pojedinih vodova, te do potrebe planiranja dužih prekida za radove planskih revizija i remonta. U nastojanju da se utvrdi stvarna vrijednost i eventualna upotrebljivost izolatora s oštećenom glazurom, koncem 1959. upućen je veći broj takvih izolatora Institutu za elektroprivredu u Zagreb na ispitivanje. Ispitivanja su izvršena prema propisima JUS-a N F1 011/58. Utvrđeno je da samo neki izolatori K3 imaju nešto niže vrijednosti od propisanih preskočnih napona u suhom i pod kišom, na osnovu čega se stalo na stanovište da jedan izolator u lancu s oštećenom glazurom ne bi trebalo mijenjati, pogotovo ako je to gornji izolator lanca. Kod izolatora kojih manji broj dolazi u lanac, kao npr. kod VK/85/2 preporučeno je da se odluka o njihovoj upotrebljivosti može donijeti tek poslije ispitivanja svakog od oštećenih izolatora. Ovdje treba naglasiti da je od manje važnosti naknadno utvrđivanje ispravnosti izolatora poslije već izvršene zamjene, jer se troškovi i prekidi vodova na taj način ne bi bitno smanjili.

Ovo je ipak bio izvjestan tehnički napredak u rješavanju problema zamjene izolatora s oštećenom glazurom, ali se još uvijek mijenjao relativno velik broj izolatora.

Da bi se unaprijedilo uzdržavanje dalekovodne mreže, potražio se način utvrđivanja izolacionog stanja izolatora s oštećenom glazurom u pogonu. Tako je početkom 1960. nabavljena ispitna voltmetarska motka talijanske proizvodnje kojom se mogu vršiti takva ispitivanja mjerenjem raspodjele napona na pojedine izolatore lanca na izolatorima K 170/280 (K3) vodova do 220 kV.

Ispitivanje počinje stavljanjem kontaktnih šiljaka voltmetarske motke u kontakt s metalnim dijelovima prvog izolatora, zatim se na mjernom instrumentu očita i unosi u dijagram. Operacija se ponavlja redom na slijedećim člancima sve do posljednjeg. Tako se dobije serija očitavanja, koja unijeta u dijagram predstavlja odnos raspodjele napona na pojedine članke lanca.

Promatranjem dobivene krivulje lako je utvrditi članke u lancu, koji eventualno imaju pogrešku ili su oštećeni, jer će takovi izazvati nagli pad krivulje, kao što je to vidljivo iz uzorka priloženog dijagrama. Kod toga treba upozoriti na slijedeće:

1. Motkom smije rukovati isključivo stručno kvalificirana osoba i to pod stalnim nadzorom visokokvalificiranog poslovođe, tehničara ili inženjera.
2. Ispitivanje se ne smije vršiti, ako je vlažnost veća od 70 %.
3. Vrijednosti dobivene mjerenjem treba unositi u obrazac »kontrola izolatora ispitnom motkom«.
4. U obrascu treba naznačiti fazu na kojoj su vršena mjerenja.
5. Treba podcrtati lanac koji se ispituje.
6. Izolatorski članak br. 1 je uvijek najbliži ovjesištu lanca.
7. Treba označiti da li na izolatorima ima tragova električnog pražnjenja.
8. Treba označiti da li su izolatori čisti ili uprljani.
9. Smjer »leđa okrenuta stupu manjeg broja« odnosi se na lice zemlji.

Budući da do sada jugoslavenskim tehničkim propisima nije riješen problem ispitivanja izolatorskih lanaca s opisanom voltmetarskom motkom u pogonu, prema obavijesti elektroenergetskog inspektorata SR Hrvatske, mogu se do daljnjega primjenjivati propisi VDE 0/105, koji u paragrafu 9. tački d) utvrđuju da je ispitivanje izolacionog stanja lančastih izolatora dozvoljeno samo, ako su poduzete potrebne mjere da se spriječi opasno približavanje vodičima koji su pod naponom. Elektroenergetski inspektorat je dakle odobrio ispitivanja izolatorskih lanaca pod naponom, uvjetujući to strogim pridržavanjem navedenih propisa VDE i uputstva za upotrebu voltmetarske motke.

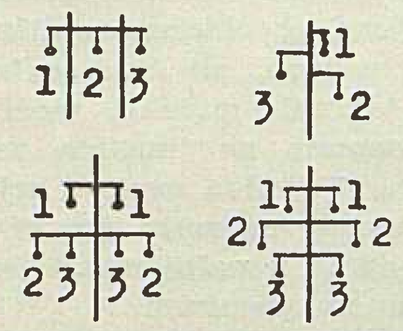
Poslije ovog odobrenja izvršen je čitav niz probnih ispitivanja na improviziranom ovjesištu na lancima sa izolatorima oštećenima uslijed djelovanja električnog luka, kao i veći broj mjerenja na raznim tipovima stupova 110 kV vodova, a sve u cilju sticanja iskustava i uvježbavanja ekipa za rad sa motkama u pogonu.

"ELEKTROPRENOS" SPLIT	KONTROLA IZOLATORA ISPITNOM MOTKOM	Pogon Šibenik Split

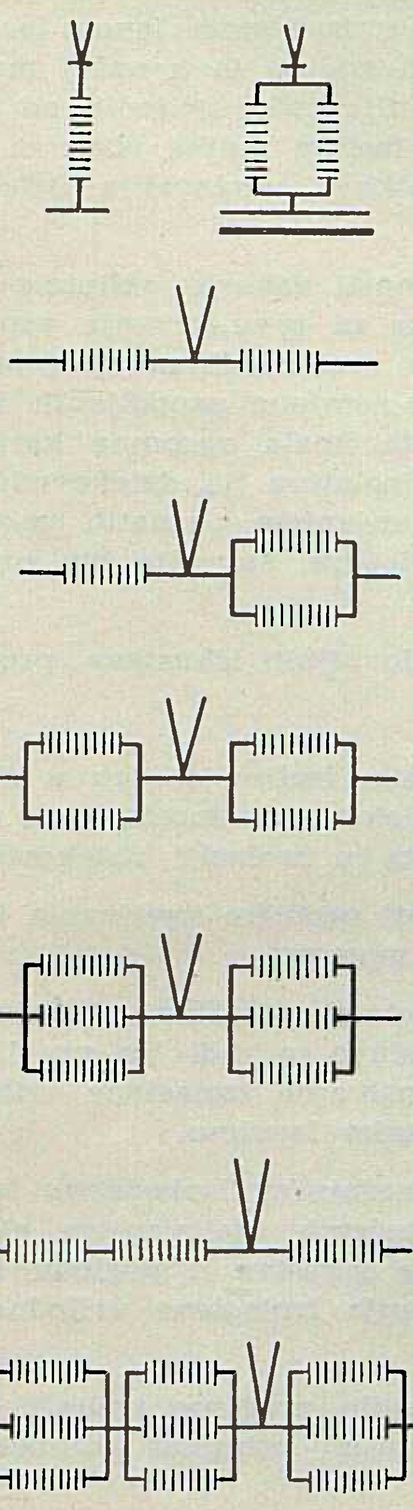
Dalekovod napona ...110... kV Dalekovod ...MOSTAR-KRALJEVAC... betonski / čelični

Stup broj ...273... Vrst stupa ...nosni... Vrst zavješenja ...DL...

Vlažnost ...50%... Nebo ...vedro... Temperatura ...30 °C... Datum ...30.8.1962... Sat ...12...

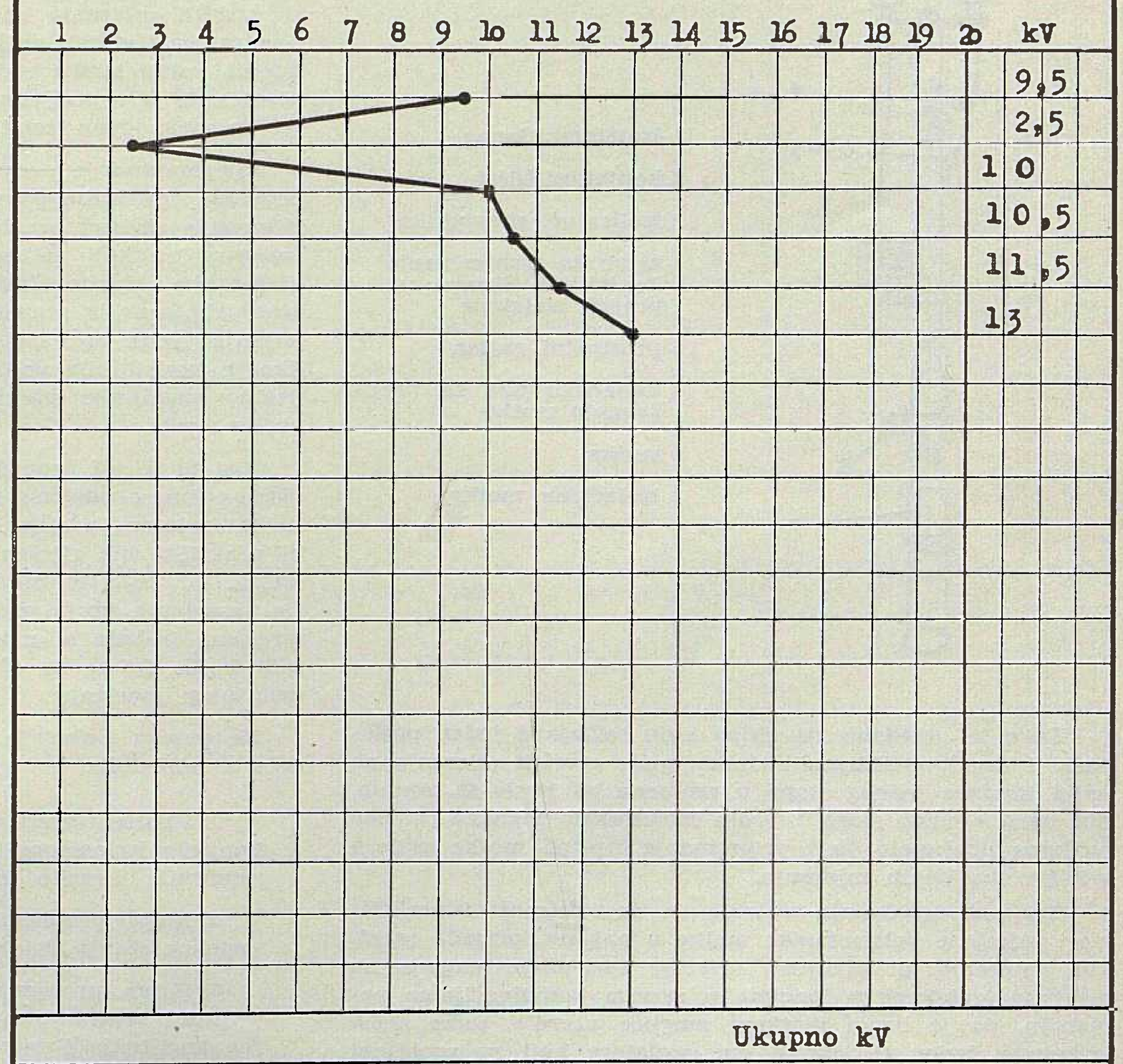


Leđa okrenuta stupu manjeg broja



Članak broj

FAZA BROJ ...1...



PRIMJEDBE: Izolatori sa oštećenom glazurom su 2, 3 i 4
Izolator br. 2 treba mijenjati

veći ← Smjer br. stupa → manji

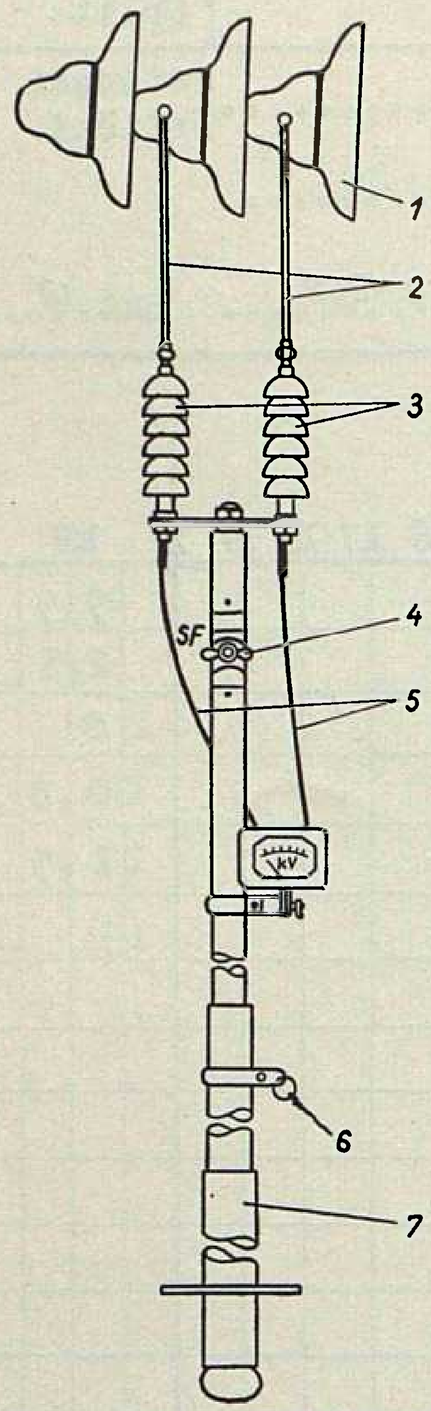
Specij. zavješenja:

Mjerio:

.....

Sl. 1. Primjer ispunjenog obrasca nakon završenog ispitivanja jednog lanca

Sl. 2. Voltmetarska ispitna motka prislonjena na kape izolatora prilikom ispitivanja



1 izolatorski lanac

2 kontaktni šiljci

3 izolirajući provodnici

4 zglob za usmjerivanje kontaktnih šiljaka u pravcu izolatora

5 priključni gajtan

6 najlonsko uže za pridržavanje motke

7 motka

8 izolaciona motka

Tako je utvrđeno, da ekipa koju sačinjava jedan poslovođa i dva kvalificirana radnika, može izvršiti mjerenja na svim lancima jednog stupa u vremenu od 12 do 20 minuta, što ovisi o vrsti stupa i broju izolatorskih članaka. U ovo vrijeme uračunato je i pripremanje ispitne motke prije i poslije obavljenih mjerenja.

Sva ova ispitivanja ukazala su na korisnost i praktičnost primjene voltmetarske motke u pogonu, premda rezultati mjerenja tj. dobijene krivulje raspodjele napona na ispitnim izolatorskim lancima u raznim kombinacijama pokazuju, da je ovom motkom moguće utvrditi samo slaba mjesta u lancu tj. otkriti one izolatore koji su probijeni ili su izgubili izolaciona svojstva u jačoj mjeri. Treba napomenuti da odstupanje od karakterističnog oblika krivulje raspodjele napona na pojedine članke ukazuje na izolatore u lancu sa smanjenim svojstvima izolacije, ali koje, držeći se uputstava za primjenu motke, ne bi trebalo mijenjati, pošto se ne radi o izrazito slabom mjestu u lancu.

Ova pokusna ispitivanja su nas navela na praksu da izolatore s oštećenom glazurom ne mijenjamo, bez obzira na njihov broj ili položaj u lancu. Ovo je u skladu s rezultatima ispitivanja izolatora s oštećenom glazurom, iz kojih se vidi, da samo mali dio ispitanih izolatora ima neznatno niže vrijednosti preskočnih napona od propisanih. Tako smo postupili u toku održavanja i remonta dalekovodne mreže u godini 1961. i 1962.

Nismo mijenjali niti one izolatorske lance u kojima su svi članci imali oštećenu glazuru. U toku odgovarajućeg remonta zamijenit ćemo nekoliko takovih lanaca i poslati na ispitivanje što će svakako doprinesti iskustvima i ukazati na pravilno rješenje problema zamjene dotičnih izolatorskih lanaca. Ovakav slučaj posebno ističemo jer je moguće da krivulja raspodjele napona bude pravilna i ako su svi članci u lancu izgubili izolaciona svojstva u jednakoj i tolikoj mjeri, da ih možda treba mijenjati.

Iskustva stečena primjenom voltmetarske ispitne motke u proteklom periodu, mogu se u svakom slučaju vrlo povoljno ocijeniti. Istina je da su izvršena mjerenja samo na onim izolatorskim lancima na kojima se oštećenost glazure mogla utvrditi prilikom pregleda vodova, ali čim se bude raspolagalo s dovoljnim brojem ispitnih motaka, moći će se izvršiti mjerenja raspodjele napona na lancima većih dionica, pa i cijelih duljina vodova. U prilog ovakve ocjene koristi voltmetarske motke u pogonu, najbolje govori činjenica da je u posljednje dvije godine u našoj mreži zamijenjen samo jedan izolator s oštećenom glazurom.

Interesantno je ovdje napomenuti da je i ovaj izolator prilikom ispitivanja pokazao relativno visoke izolacione vrijednosti s obzirom na činjenicu da je to zapravo jedini od izolatora za koji se sa sigurnošću moglo konstatirati da predstavlja izrazito slabo mjesto u ispitanom lancu (priloženi primjerak iz prakse). Ranijih godina je u našoj mreži mijenjan velik broj izolatora, pa nije teško ocijeniti od kolike je koristi bila voltmetarska ispitna motka obzirom na znatno smanjenje prekida i troškova održavanja dalekovodne mreže.

Kad bi se još pronašle mogućnosti nabavke »gliptola« ili nekog drugog odgovarajućeg laka za premazivanje propaljenih izolatora u cilju povećanja preskočnih napona, onda bi praktički bio riješen problem zamjene propaljenih izolatora, od čega bi elektroprivreda imala ogromne koristi. Na smanjenje broja propaljenih izolatora na dalekovodnim mrežama trebalo bi utjecati otklanjanjem poznatih uzroka radi kojih dolazi do oštećenja glazure, što nije bio predmet ovog izvještaja.

Na osnovu iznesenih, iako nedovoljnih iskustava, preporuča se slijedeće:

1. Upotrebljavati voltmetarsku ispitnu motku u cilju kontrole izolacionog stanja dalekovodne mreže, radi eliminiranja izrazito loših mjesta u izolaciji dalekovoda.

2. Našim propisima regulirati problem ispitivanja izolacionog stanja dalekovoda u pogonu.

3. Širom primjenom voltmetarske ispitne motke doprinijeti stvaranju novih iskustava, a radi što pravilnijeg korištenja i tačnijeg ocjenjivanja izolacione vrijednosti pojedinog članka u ispitnim lancima.

4. Poraditi na izboru odgovarajućeg izolacionog laka radi premazivanja članka oštećenih djelovanjem električnog luka, a zbog stjecanja iskustva u pogledu efikasnosti takvog načina podizanja izolacione vrijednosti članka.

5. Zamijenjene članke redovito propisno ispitati, jer će i ti podaci svakako doprinijeti primjeni voltmetarske ispitne motke.

6. Smanjiti broj propaljenih izolatora na dalekovodnim mrežama otklanjanjem poznatih uzroka zbog kojih dolazi do oštećenja glazure.

Nikola Fuštar

POMOĆNE SABIRNICE U RASKLOPNIM POSTROJENJIMA 110 kV

Većina TS 110/30-35 kV poduzeća »Elektroprenos« Zagreb ima potpuno ili djelomično izgrađena odnosno montirana dva sistema sabirnica 110 kV. Ta dva sistema sabirnica u zajednici sa spojnim poljem trebala bi da omoguće po potrebi asinhroni pogon dijelova 110 kV mreže te rezervu za slučaj defekta ili demontaže jedne vodne ili transformatorske sklopke. Pokazat ćemo međutim da dva sistema sabirnica 110 kV daju malu ili nikakovu mogućnost kod zahvata zbog održavanja jednog dijela aparata u vodnim poljima (sklopke i mjerni transformatori) u slučaju, da vod na čijim se navedenim aparatima mora izvršiti zahvat ne može biti isključen na duže vrijeme.

Ako pogledamo sa kakovim tipovima postrojenja odnosno tipovima razmještaja sabirničkih rastavljača 110 kV raspolažemo u TS 110/30-35 kV vidimo da su to ili postrojenja sa srednjim stupom i paralelnim razmještajem sabirničkih rastavljača (sl. 1), što se pojavljuje kod starijih postrojenja kao na pr. TS 110/30 kV Rakitje kod Zagreba i TS 110/30 kV Nedeljanec kod Varaždina, ili postrojenja sa razmještajem sabirničkih rastavljača u brazdi (sl. 2), kako su uglavnom izgrađena sva novija postrojenja kao npr. TS 110/30 kV Resnik kod Zagreba, TS 110/30 kV Brijest kod Osijeka i druga.

Pokušajmo sada da u navedenim postrojenjima izvedemo oslobađanje od napona vodne sklopke odnosno mjernih transformatora s tim da dotični vod 110 kV i dalje ostane u pogonu.

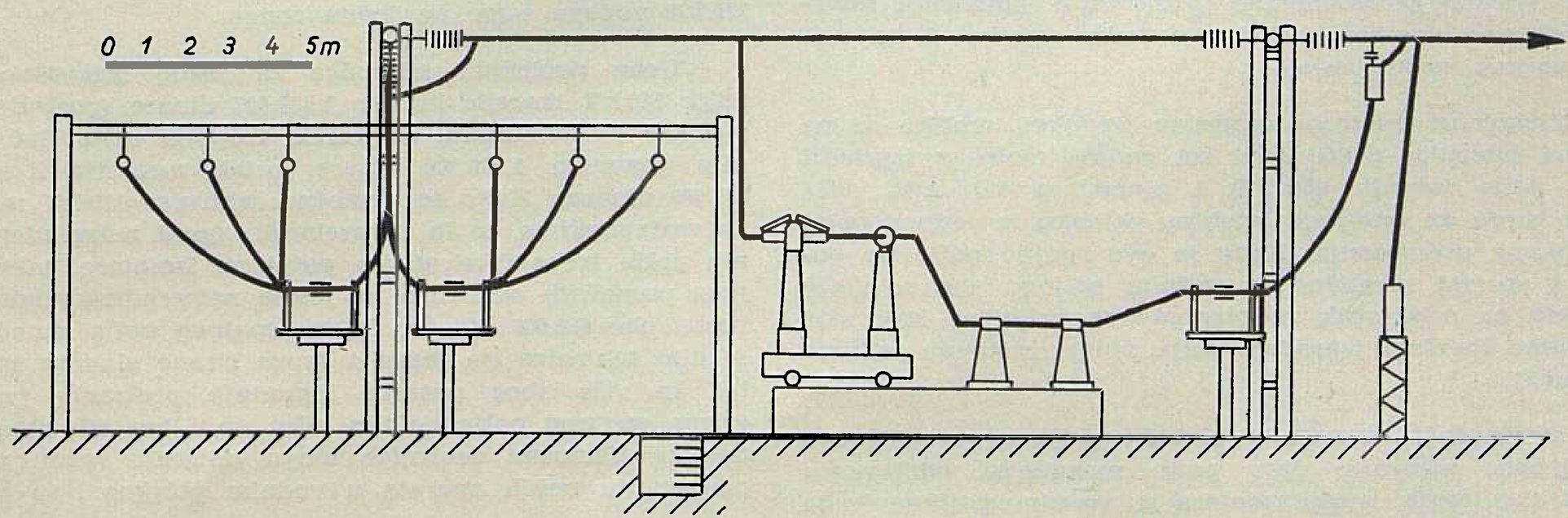
Da bi takav zahvat izveli u postrojenjima sa paralelnim razmještajem sabirničkih rastavljača, moramo spoj A na sl. 1 otpojiti sa vodnog rastavljača i priključiti ga na dovod za sabirničke rastavljače, te sa toga dovoda demontirati spoj na sklopku B. Navedena otpajanja i prespajanja izvode se u beznaponskom stanju i traju cca 2—3 sata, nakon čega vod može ići dalje u pogon preko drugog sistema sabirnica i spojnog polja ili direktno sa sabirnica bez spojnog polja, ukoliko ne postoji ili drugi sistem sabirnica ili spojno polje ili ukoliko je spojna sklopka demontirana i upotrebljena na drugom mjestu. Navedenim zahvatom oslobodili smo za radove sklopku, mjerne transformatore i vodni rastavljač. Nakon završenih radova potrebno je opet isključiti vod i staviti spojeve A i B u prijašnji položaj, za što je potrebno opet cca 2—3 sata.

Ako bi htjeli da izvedemo takav zahtjev u postrojenjima 110 kV sa razmještajem sabirničkih rastavljača u brazdi (sl. 2) vidjeli bi da je nemoguće. Tu se moramo zadovoljiti time da defektni aparat (sklopku ili mjerni transformator) premostimo užetom ili cijevi odnosno da ga demontiramo i umjesto njega stavimo provizorni spoj, no ispod takovog spoja ne možemo ništa raditi, jer bi došli u opasnu blizinu dijelova pod naponom. Poslije premoštenja odnosno demontaže aparata vod može ići u pogon na isti način kao u prethodnom slučaju. Razumljivo je da za vrijeme premoštavanja odnosno demontaže i montaže navedenih aparata vod mora biti van pogona. Kod ovog tipa postrojenja postoji još jedna eventualna mogućnost oslobađanja aparata vodnog polja od napona, a to je montaža provizornog priključka, koji je sa jedne strane zategnut na ulazni portal preko izolatorskog lanca a sa druge strane direktno priključen na užad sabirnice. Međutim na taj način dobiju se vrlo problematični naponski razmaci kako između vodiča provizornog spoja i sabirnica tako i između tih istih vodiča i aparata u vodnom polju. Sama pak operacija priključenja trajala bi 4—5 sati, za koje bi vrijeme trebao biti isključen ne samo vod već i cijelo 110 kV postrojenje.

Iz ove usporedbe se vidi da za potrebe održavanja, rekonstrukcija i slično uz uvjet da vod ne smije biti dugo isključen, više odgovara tip 110 kV postrojenja sa paralelnim razmještajem sabirničkih rastavljača. Međutim zbog drugih razloga (povećani troškovi, nepreglednosti u postrojenju) taj je tip napušten i danas se uglavnom izvodi samo tip 110 kV postrojenja sa razmještajem sabirničkih rastavljača u brazdi, koji je nepovoljniji za navedene zahvate.

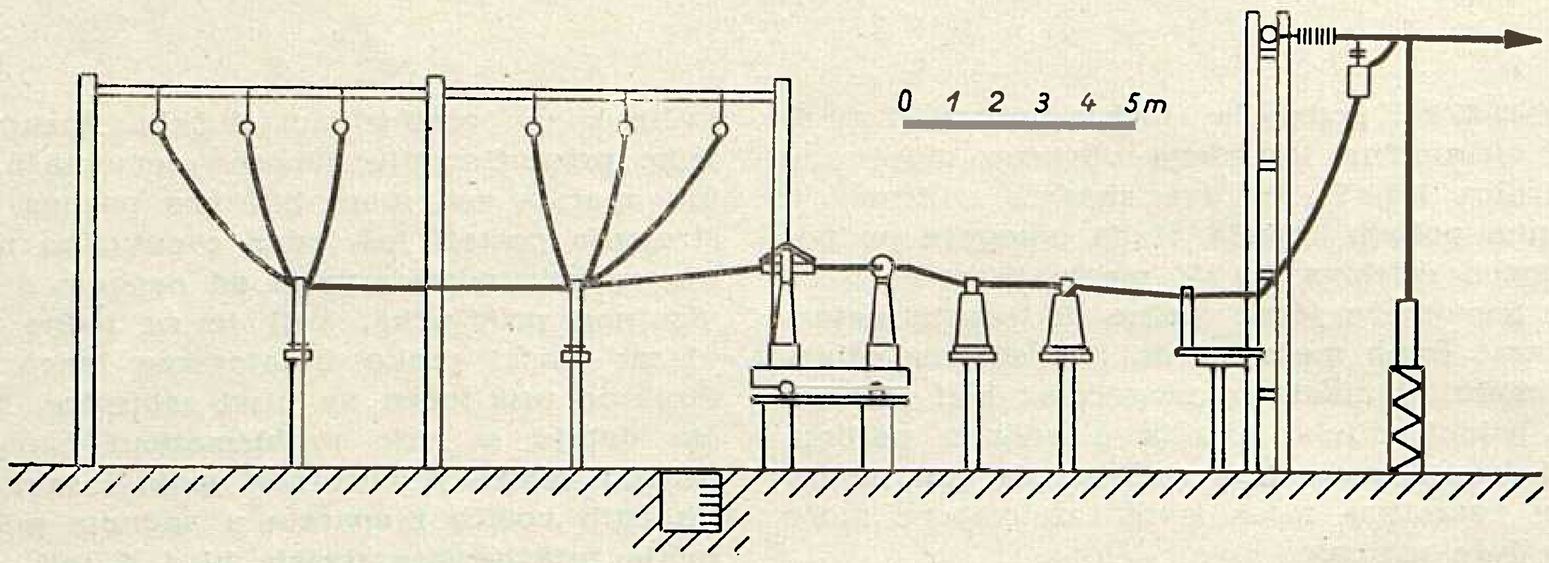
Isključenje vodova 110 kV na duže vrijeme (više od nekoliko sati) kod nas je još uvijek skopčano sa mnogo problema. Postoje poteškoće i kod isključenja vodova za potrebe unaprijed planiranih remonata, revizija i slično, a pogotovo u slučaju nepredviđenih zahvata na vodovima odnosno aparatima u vodnim poljima. U slučaju jak jednostrano napajanih područja kod kojih su snage lokalnih elektrana neznatne prema potražnji konzuma, kao što je npr. područje Istre ili istočne Slavonije do prije nekoliko mjeseci, izvođenje toga manevra značilo bi obustavljanje dobave električne energije cijeloj jednoj pokrajini sa pučanstvom od nekoliko stotina hiljada ljudi i sa snažnom industrijom. Zbog toga su i vodovi i aparati u vodnim poljima u tim kritičnim područjima godinama bili bez redovnog održavanja, jer su mogućnosti iskapčanja u tu svrhu bile minimalne. Tako se je na pr. iskapčanje vodova 110 kV u istočnoj Slavoniji sve do nedavno moglo vršiti samo noću od nedjelje na ponedjeljak i to od 24 do 3 sata, a za to vrijeme nije se praktički moglo mnogo napraviti. Kod planiranih iskapčanja vodova problem je u tome, što se dispečerska služba ne može držati svoga plana za iskapčanje vodova, tako da se dešava da ekipe za održavanje stoje bez posla, odnosno da bi se vod mogao isključiti, no da su ekipe već angažirane na drugoj strani. Taj je problem neobično neugodan ako se planira veći zahvat na aparatima u vodnim poljima, gdje treba angažirati neka poduzeća.

Isključenje pak jednog voda u područjima sa višestranim napajanjima može značiti osjetni pad napona u cijelom području, jer su ostali vodovi preopterećeni. Tako npr.



Sl. 1. Presjek kroz vodno polje 110 kV u rasklopnom postrojenju s paralelnim sabirničkim rastavljačima

Sl. 2. Presjek kroz vodno polje 110 kV u rasklopnom postrojenju sa sabirničkim rastavljačima u brazdi



ma da je istočna Slavonija od svibnja 1963. dvostruko napajana preko voda 110 kV Lukavac — Brčko — Vinkovci — Osijek (150 mm² AlČe) i preko starog voda Doboj — Brod — Osijek (210 mm² Alče), iskapčanje DV Doboj — Brod dovodi do takovog pada napona, da napon na sekundarnoj strani TS 110/30 kV Podvinje kod Sl. Broda padne na 24 kV i pored regulacije na transformatoru 110/30 kV od ± 12 %.

Suočeni sa ovim problemima, tj. sa potrebom vršenja revizija, remonata, izmjena, popravaka i drugih zahvata na aparatima u vodnim poljima 110 kV sa jedne strane, kao i nemogućnosti iskapčanja tih vodova na duže vrijeme sa druge strane, dok s treće strane izvođenje izvjesnih provizornih prespajanja nema efekta u postrojenjima sa razmještajem sabirničkih rastavljača u brazdi, pokazalo se da je jedini izlaz izgradnja pomoćnih sabirnica 110 kV, koje omogućuju da bez prekida napajanja konzuma jedno po jedno vodno polje bude isključeno, a da vod i nadalje ostane u pogonu (sl. 3).

Takove pomoćne sabirnice izgrađene su u ljetu 1963. god. u TS 110/30 kV Podvinje kod Sl. Broda, i odmah omogućile dva važna zahvata na aparatima u vodnim poljima — revizija i ličenje — na što se je čekalo već nekoliko godina.

Kao što je vidljivo iz izloženog, pomoćne sabirnice 110 kV pokazale su se za manevre potrebne za održavanje aparata u vodnim poljima neuporedivo pogodnije nego bilo koji tip postrojenja odnosno razmještaja sabirničkih rastavljača. Izvršimo sada usporedbu svih elemenata između jednog postrojenja 110 kV sa dva sistema sabirnica i jednog postrojenja 110 kV sa jednim sistemom sabirnica i pomoćnim sabirnicama.

a. Troškovi izgradnje: za pomoćne sabirnice su manji, jer otpadaju sabirnički portali za drugi sistem.

b. Mogućnost etapne izgradnje: kod izgradnje pomoćnih sabirnica mogu se u prvoj etapi izgraditi pomoćne sabirnice samo za dva ili više kritičnih vodova, ili pomoćne sabirnice za vodna polja čiji je rasplet na jednoj strani postrojenja, tako da se mogu dobivati i sekcije pomoćnih sabirnica. Moguće je nesmetano proširivanje pomoćnih sabirnica, odnosno spajanje sekcija u jednu cjelinu i za vrijeme pogona postrojenja.

c. Mogućnost upotrebe rezervne sklopke: ukoliko su na pomoćne sabirnice priključeni svi vodovi može se izgraditi spojno polje između glavnih i pomoćnih sabirnica, čija sklopka može da zamijeni defektnu sklopku iz vodnog polja bez ikakvog prespajanja. Kako je ovo spojno polje po položaju i opremi identično sa vodnim poljem, ono se može upotrebiti za priključak novoizgrađenog voda, za koji nije na vrijeme dovršena izgradnja polja, što je uostalom prilično čest slučaj.

d. Održavanje aparata u vodnim poljima: vidjeli smo da pomoćne sabirnice daju punu mogućnost održavanja sklopki i mjernih transformatora u vodnim poljima kada god nam je to potrebno, a da pri tome ne dođe ni do časovitog prekida u pogonu vodova.

e. Asinhroni pogon: djelomično je moguć preko pomoćnih sabirnica, no vodovi koji će biti priključeni na pomoćne sabirnice neće imati sklopke, pa prema tome ni zaštitu, dok će mogućnost iskapčanja tih vodova putem rastavljača biti vrlo ograničena.

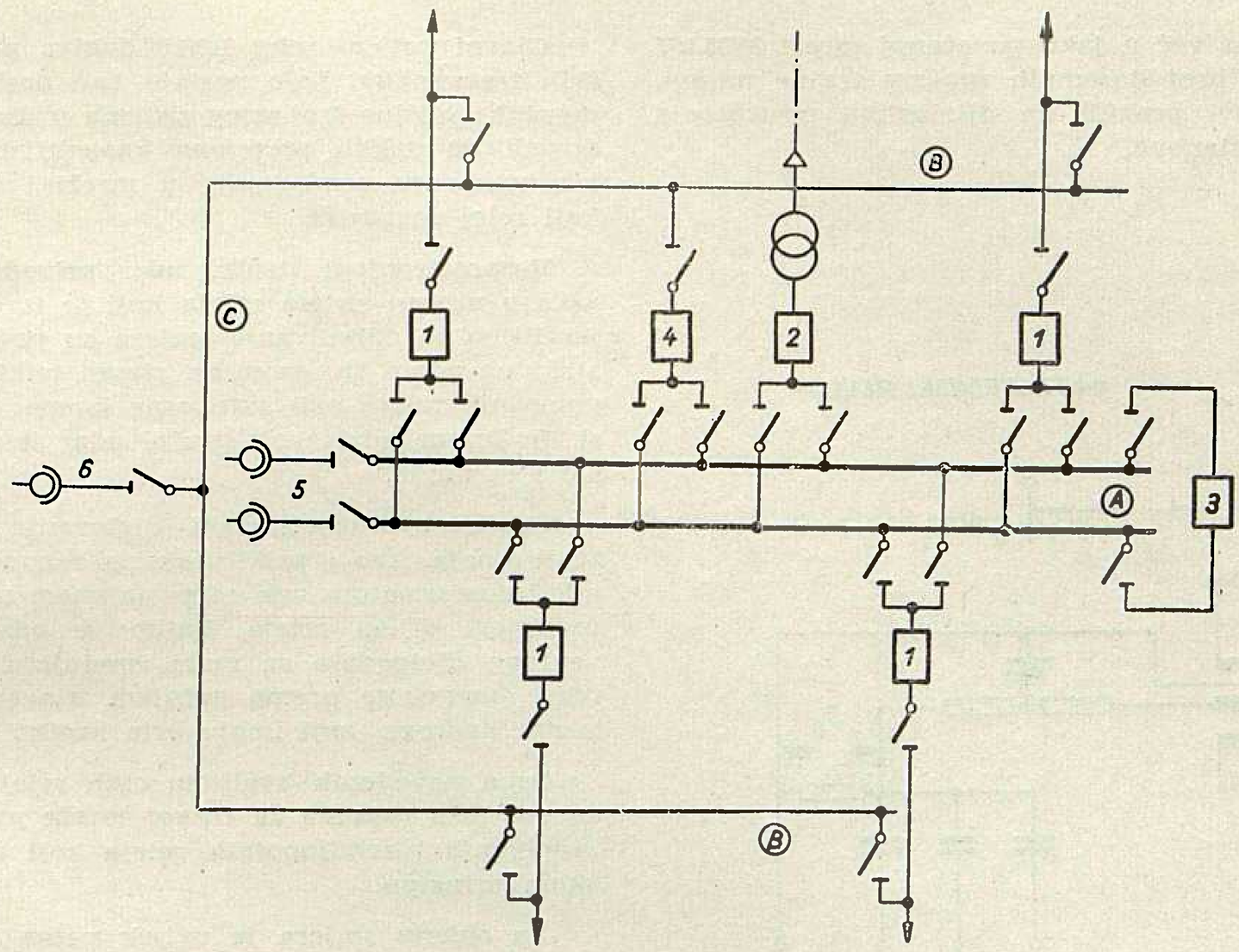
Postrojenja 110 kV sa glavnim i pomoćnim sabirnicama imaju međutim jednu veliku manu prema postrojenjima sa dva sistema sabirnica. Dok sklopka spojnog polja u postrojenjima sa dva sistema sabirnica može poslije izvedenog premoštavanja zamijeniti bilo koju oštećenu sklopku pa prema tome i sklopku u transf. polju, to je nemoguće izvesti u postrojenju sa pomoćnim sabirnicama i odgovarajućim spojnim poljem. Isto tako pomoćne sabirnice ne daju nikakvu mogućnost održavanja rasklopnih aparata u transf. poljima (barem ne u sadanjem načinu razmještaja tih aparata i transformatora). Treba međutim napomenuti da takova mogućnost ne postoji u postrojenjima sa dva sistema sabirnica i razmještajem sabirničkih rastavljača u brazdi, dok za postrojenja sa razmještajem sabirničkih rastavljača u paralelnom poretku postoji na isti način kao za vodna polja (prespajanja sa 2—3 sata iskapčanja transformatora).

Da bi postojeća postrojenja 110 kV opremili sa pomoćnim sabirnicama nema većih poteškoća, ukoliko ima ispred vodnih polja dovoljno mjesta za pomoćne sabirnice. Za opremanje sa pomoćnim sabirnicama idealno je rasklopno postrojenje 110 kV koje ima rasplet 110 kV vodova na jednu stranu, kao što je slučaj 110/30 kV Resnik kod Zagreba. Ukoliko to nije slučaj treba izgraditi dvije ili više sekcija pomoćnih sabirnica pa ih međusobno spojiti u jedan sistem. Međutim to nije neophodno potrebno, jer je dovoljno da su međusobno spojeni samo kritični vodovi, pa čak i samo dva voda, pa da je omogućeno naizmjenično iskapčanje tih vodnih polja, a da su vodovi i nadalje u pogonu. Razumljivo je, da ukoliko želimo koristiti sve prednosti pomoćnih sabirnica, potrebno je sve sekcije spojiti u jednu cjelinu, kako bi se isplatilo opremanje spojnog polja. Kod projektiranja novih postrojenja trebalo bi odmah predvidjeti pomoćne sabirnice, odnosno misliti na njih, pa prema tome ostaviti dovoljno prostora i po mogućnosti izvršiti rasplet 110 kV vodova samo na jednu stranu.

Cijena pomoćnih sabirnica za jedno izgrađeno vodno polje 110 kV iznosila bi oko 1,500.000 dinara (postolje za rastavljač 150.000 dinara, sabirnički tropolni rastavljač sa ručnim pogonom 1,100.000 dinara, ostali materijal i montaža 250.000 dinara). Kako se pomoćne sabirnice 110 kV montiraju na rastavljačima, to ih za prelazak ispred neizgrađenih vodnih polja treba fiksirati na potporne izolatore, tako da cijena pomoćnih sabirnica za jedno neizgrađeno vodno polje iznosi oko 600.000 dinara. Cijena spojnog polja između dvije sekcije sabirnica (sa jedne i druge strane glavnih sabirnica) bit će viša zbog potrebe izgradnje prelaznih portala a cijena spojnog polja daleko viša, no i bez tih skupih elemenata pomoćne sabirnice mogu odigrati važnu ulogu u održavanju nekih aparata u vodnim poljima.

Ako sumiramo sve pozitivne i negativne osobine postrojenja 110 kV sa dva sistema sabirnica odnosno sa glavnim

Sl. 3. Jednopolna shema 110 kV rasklopnog postrojenja sa 2 sistema glavnih sabirnica i pomoćnim sabirnicama



A 2 sistema glavnih sabirnica 110 kV

B Sekcije pomoćnih sabirnica 110 kV

C Spojni vod pomoćnih sabirnica 110 kV

1 vodno polje

2 transformatorsko polje

3 spojno polje glavnih sabirnica

4 spojno polje glavnih i pomoćnih sabirnica

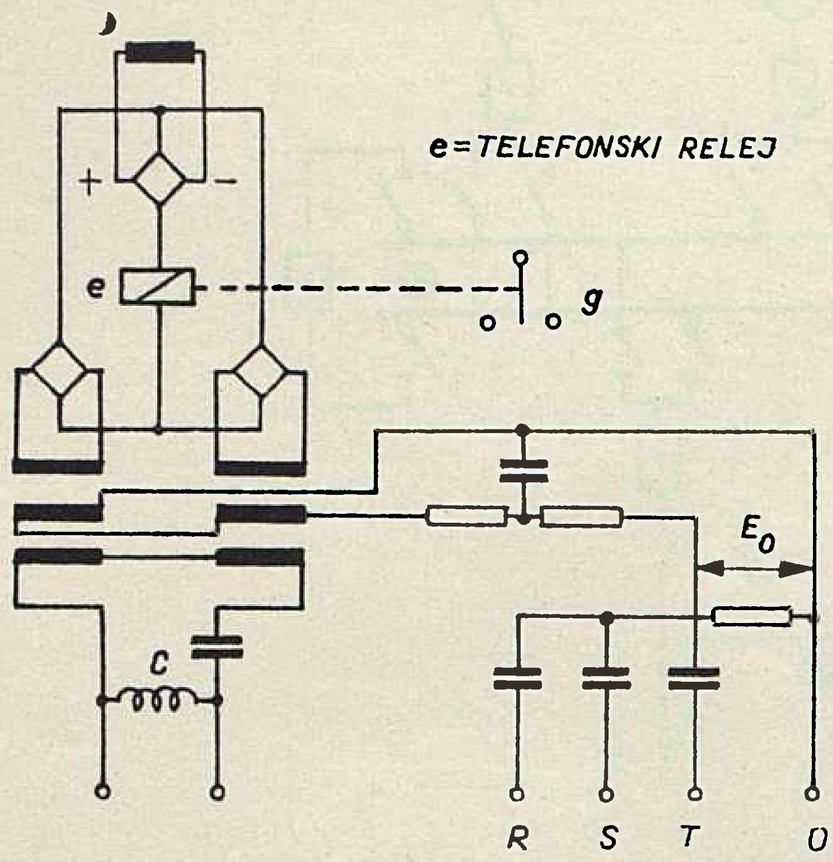
5 mjerenje napona glavnih sabirnica

6 mjerenje napona pomoćnih sabirnica

i pomoćnim sabirnicama izlazi da bi najbolje bilo postrojenje sa dva sistema glavnih sabirnica i pomoćnim sabirnicama. Međutim ako treba birati između takova dva postrojenja onda bi za svaki konkretni slučaj trebalo ocijeniti što je važnije: da li omogućiti iskapčanje vodnih polja bez prekida rada vodova ili osigurati rezervnu sklopku za transformator. Za radijalne mreže odnosno za mreže sa energetski i naponski nedovoljnim višestranim napajanjem postrojenje sa glavnim i pomoćnim sabirnicama ima veliku prednost pred postrojenjem sa dva sistema sabirnica. Prednost pak postrojenja sa glavnim i pomoćnim sabirnicama pred postrojenjem samo sa jednim sistemom sabirnica toliko je očita da nije potrebno nikakvo dokazivanje.

Božidar Radmilović, dipl. ing.

Budući da se danas već u jako povećanoj mreži 30/35 kV javlja relativno velik broj dozemnih spojeva trajne naravi, potrebno je da se ovi prekidi na dijelovima postrojenja uspješno i što brže ustanove.



Slika 1. Osnovni spoj releja RN 1b

Dosadašnja praksa pogonskih operacija kod traženja dozemnog spoja u sistemu bila je: prebacivanje pojedinih potrošača na drugi sistem i na taj način — lokaliziranje kvarnog voda ili dijela postrojenja u mreži. Osim ove metode oslobođenja sistema od dozemnog spoja, često se pribjegavalo iskapčanju, vod po vod, što je opet sporo i neefikasno, a same potrošače dovodilo je do suvišnog prekida u dobavi energije.

Prethodno opisani slučajevi uzrokovani su također dosadašnjim klasičnim načinom opremanja stanica, uređajima za signalizaciju dozemnog spoja. Kako je poznato, praksa se svodila na javljanje dozemnog spoja ili pak pokazivanjem faze s dozemnim spojem u mreži putem signalizacije releja ili pokaznih voltmetara u pogonu. U daljnjem izlaganju osvrnut ćemo se na praktičnu upotrebu zemljospojnih releja, koji posjeduju mogućnost biranja smjera, a imaju zadatak olakšati rad uklopnom osoblju u postrojenjima, izbjegavajući gubitak vremena i nesigurnost tačnog pronalaženja postrojenja zahvaćenog dozemnim spojem.

U našim postrojenjima i postrojenjima susjednih poduzeća za sada imamo ugrađene zemljospojne releje tipa RN1 b tvrtke Siemens, koji su namijenjeni za izolirane i gašene mreže.

Prilikom uvođenja ovih uređaja bili su za ugradnju odabrani u prvom redu oni dalekovodi, koji su bili najviše problematični svojim brojem kvarova i tehničkom kvalitetom. Kod toga je trebalo imati u vidu raspodjelu izvora napajanja, njihovu snagu i udio, te odrediti optimalni način korištenja podataka signalizacije. Djelovanje optičkih signala mora biti u sklopu cjelokupne prorade uređaja na kvar u mreži takovo, da omogućuje što jasniju i jednostavniju sliku u ocjenjivanju pogreške. Ovim podacima, dodajući fazne dojave od voltmetara ili releja ugrađenih po postrojenjima, može se, osim voda u kvaru, odrediti još i faza. Prema tome, kod izvjesnog iskustva u očitavanju takovih signala ili padalica, unesenih u shemu mreže, utvrđuje se dionica mreže u kojoj je došlo do zemnog spoja, jer će samo u toj dionici zemljospojni relej djelovati obostrano u smjeru kvara.

Glavni poticaj relej RN1b dobiva putem filtriranja tonskih frekvencija, koje nastaju kao posljedica promjene naponskih veličina trofaznog sistema u času zemnog spoja, što dovodi do naglih promjena kapacitivnih struja na mjestu i u momentu zemljospoja u mreži i izaziva strujni udar, koji relej registrira.

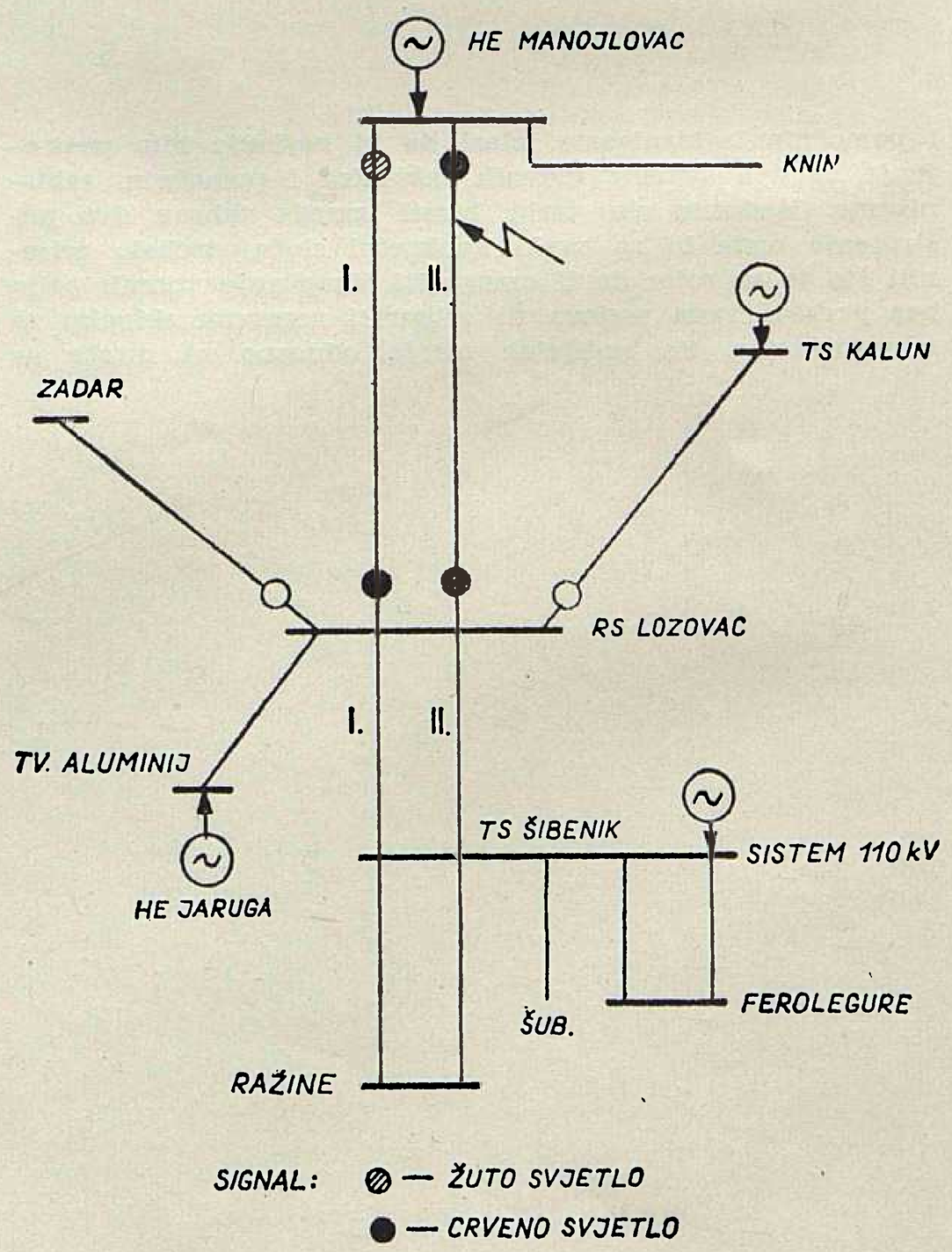
Rasprostranjeni strujni udar privodi se preko ispravljivača u mjerni sistem releja koji je izveden u mosnom spoju. Bitno za određivanje smjera su početni iznos amplitude strujnog udara što ga mjeri glavni telefonski relej, te preko pomoćnih releja pali svjetlosne lampe, crvenu ili žutu (vidi sl. 1). Brzina odziva na strujni udar je vrlo velika, tj. ispod 1/1000 sekunde.

Udešavanje osjetljivosti djelovanja obzirom na struju zemljospoja, kao i priključak na sekundarne veličine strujnih transformatora vrši se promjenom položaja preklopki na prednjem dijelu releja, kojim se odabire područje frekventnog djelovanja za male, srednje i velike mreže. Ovaj relej omogućuje prema gornjem izlaganju registraciju prolaznih kvarova, koji imaju vrlo kratko vrijeme trajanja.

Osim navedenih kvaliteta ovih releja treba napomenuti, da oni nisu zapreka za razvoj mreže putem postepenog dograđivanja i zemljopojnih releja koji djeluju na vatmetarskom principu.

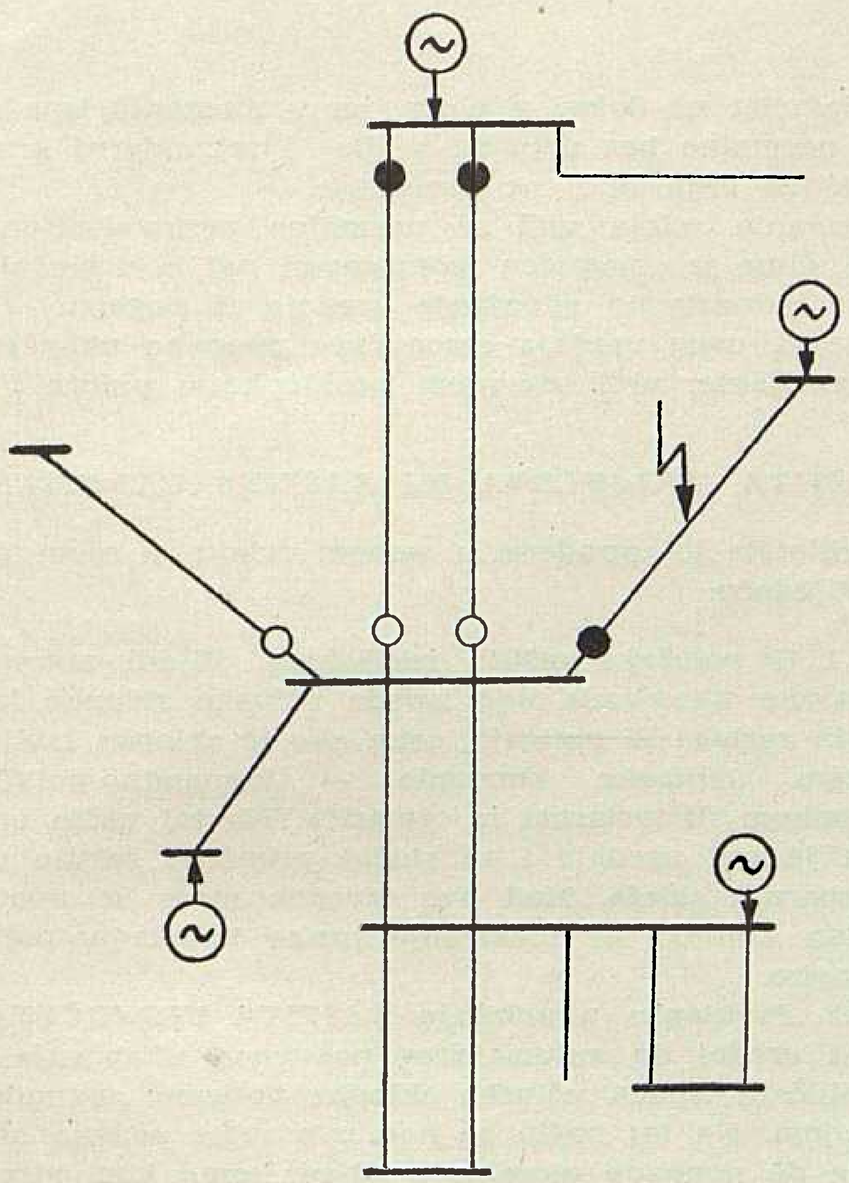
Za ocjenu smjera je uvijek važan samo prvi signal, iz kojega osoblje ocjenjuje mjesto kvara. Relej RN1b ima zatezno otpuštanje svoje registracije tako, da je sposoban da primi novu dojavu signala nakon isteka od 3 sekunde, i nema potrebe gašenja svjetla prilikom učestalih zemnih spojeva.

Po načinu priključka na mjerne aparate, općenito sve izvedbe ovih releja nemaju bitnih razlika, dosta su jedno-

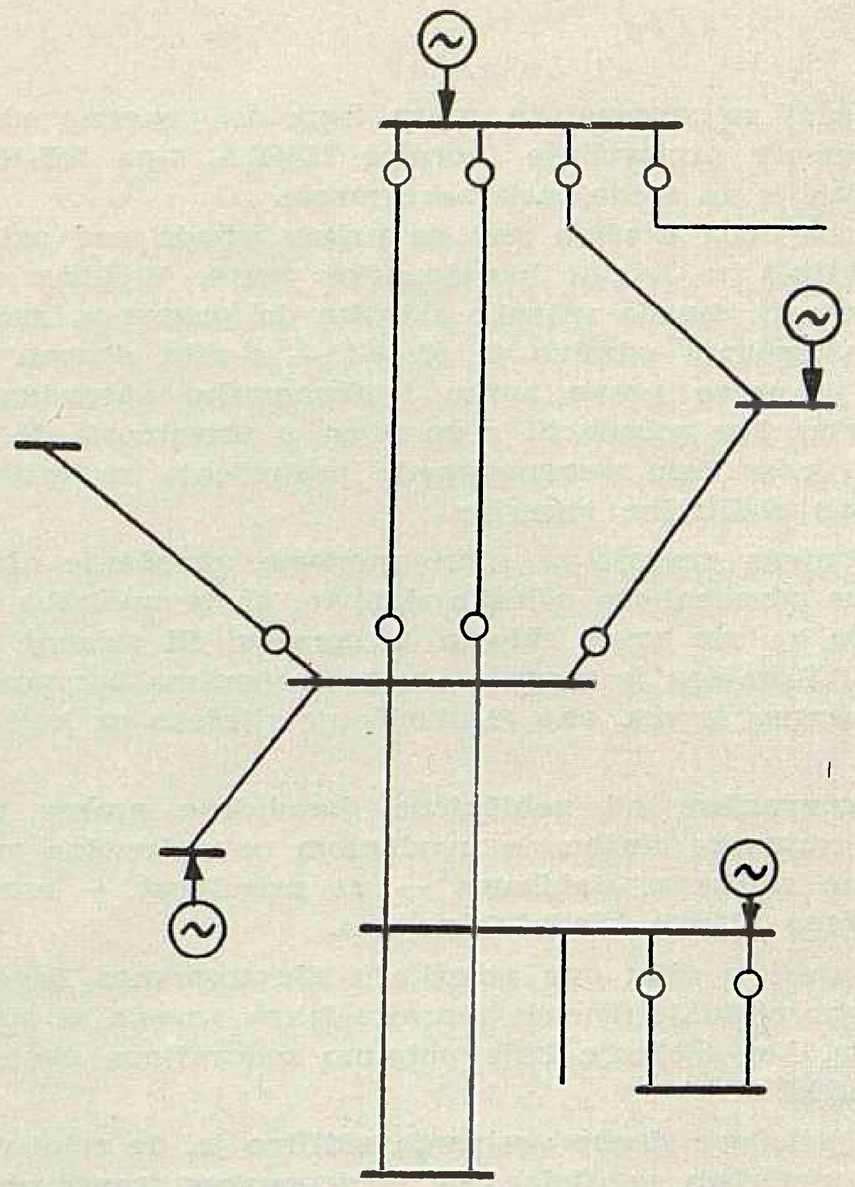


Slika 2

Slika 3



Slika 4



stavne, a k tome posjeduju i slobodne kontakte, tako da se optička signalizacija može bez poteškoća dovesti na komandnu ploču u postrojenju.

Kako se iz sl. 2 vidi potez mreže 30 kV Šibenik — Lozovac — Manojlovac opremljen je sa šest uređaja na paralelnim i radijalnim vodovima. Kod eventualnog zemljospoja na paralelnom vodu (kao na slici), odsudna za smjer zemnog spoja je pojava crvenih signala. Oni će se pojaviti na onim relejima koji su električki u najkraćoj vezi od mjesta zemljospoja do mjesta napajanja.

Veličine strujnog udara, a time i registracije na pojedinim relejima, ovisne su o mjestu kvara i jakostima izvora, analogno kao što je to i slučaj kod struja kratkog spoja. Podešavanjem osjetljivosti releja, koja obuhvaća nekoliko stupnjeva, omogućuje se sigurna prorada.

Zemljospoj na vodu bit će obostrano registriran crvenim svjetlom, dok je pojava žutih signala bez značenja, a dodana je sa svrhom da označi suprotan smjer struje i da blokiraju relej RN1b kod neželjenih struja izjednačenja.

U slici 3 prikazan je također slučaj zemljospoja na radijalnom ogranku kao i pojava signala u cjelokupnoj mreži.

U sl. 4 prikazana je dogradnja mreže perspektivno sa zamkom preko TS Kaluna. U toj mreži predviđa se dogradnja ovih uređaja nakon rješenja o načinu pogona zvjezdišta mreže 30 kV.

Pogonsko osoblje, koristeći podatke ovih releja, uspjelo je mnogo smanjiti razne manevre i nepotrebna iskapčanja dijelova postrojenja i smanjiti gubitak vremena kod prekida. Sve manipulacije svode se na telefonski poziv u cilju očitanja i unošenja pojedinih signala u shemu mreže.

Nakon dvogodišnjeg iskustva u pogonu nije primijećeno ni jedno krivo proraćivanje releja u momentima nastajanja trajnog zemljospoja, tako da su uređaji u pogonu od velike koristi i potpuno odgovaraju svojoj namjeni.

U pogonima su od samog početka dane upute u pogledu evidentiranja i povremene kontrole ovih relejnih uređaja i njihovih svjetlosnih signala. Evidencija djelovanja unosi se redovito u pogonske izvještaje prilikom trajnih dozemnih spojeva i raznih drugih smetnji na dijelovima mreže ili postrojenja.

Josip Zaninović, dipl. ing.

AUTOMATSKI UKLOPNIČAR

Uređaj za automatsko sporo tropolno ponovno ukopčanje domaće proizvodnje tvornice ISKRA, tipa RU-56, namijenjen je za srednjenaponske mreže.

Svrha ovog uređaja jest da nakon ispada vod automatski uključi po isteku beznaponske pauze. Vrijeme od iskopčanja tj. ispada učinske sklopke do ponovnog automatskog ukopčanja udesivo je od 0,4 — 4 min. Prema tome, relej je našao pravu svrhu i ekonomsku opravdanost u stanicama bez posade ili s posadom u prisutnosti, te predstavlja prvu fazu automatizacije postrojenja za prijenos i razdiobu električne energije.

Primjena uređaja za sporo ponovno ukapčanje nije vezana za određeni tip učinske sklopke, pa je upotreba releja moguća za sve vrste sklopki u domaćoj ili stranoj proizvodnji. Primjena je moguća i u postrojenjima bez posebnog istosmjernog izvora, ako je ukapčanje riješeno na koji drugi način.

Odstupanjem od uobičajene dosadašnje prakse u pogledu smjenske službe, te uvođenjem novog načina vršenja dežurne službe u stanicama — uz prisutnost — ostalo je neriješeno pitanje srednjeg napona.

Imajući u vidu ovu poteškoću Elektroprenos Zagreb je prihvatio rješenje domaće tvornice Iskra, zavoda za automatizaciju, kao rješenje koje potpuno zadovoljava ekonomski i tehnički.

Iz priložene sheme vezivanja vidljivo je, da relej dobiva napon potreban za djelovanje iz naponskog transformatora. Kako je releju potreban izmjenični napon za vrijeme kada radi, to treba napon privesti bilo iz mjernog polja ako postoje naponski transformatori, ili iz polja učinskog transformatora. U tom slučaju napone treba voditi preko zaštitne signalne sklopke, koja će kod ispada signalizirati nestanak napona. Osigurači ne dolaze u obzir, jer njihovim pregaranjem relej ostane bez napona te ne slijedi ponovno ukapčanje. Primjena naponskih transformatora s vodnog polja također ne dolazi u obzir, jer u momentu ispada vod ostaje normalno bez napona, a time i sekundarni krug releja uslijed čega relej ne prorađuje.

Vezivanje releja vrši se normalno preko ispitne preklopke, čime je omogućen jednostavan rad, a u slučaju potrebe i jednostavno odvajanje uređaja iz pogona.

Izvedba ovog uređaja omogućava ponovno ukapčanje u dvije varijante, prebacivanjem preklopke u položaj

ZAŠTITA ISKLJUČENA ILI ZAŠTITA UKLJUČENA

Preklopka je ugrađena u samom releju, a njom se postiže slijedeće:

1. U položaju zaštita isključena, slijedi automatsko ponovno ukapčanje kod ispada učinske sklopke iz bilo kojih razloga ili poticaja, osim ako je sklopka isključena putem daljinske komande — komandno-potvrdnom sklopkom ili tasterom iz ormarića. Na taj način omogućen je rad uređaja i za slučaj primjene zaštite putem primarnih releja. Kod ove izvedbe mora se upotrebiti jedan kontakt za blokiranje preko komandno-potvrdne sklopke.
2. Preklopka u položaju *ZAŠTITA UKLJUČENA* dovodi uređaj do automatskog ponovnog ukapčanja samo u slučaju ispada učinske sklopke poticane sekundarnim relejem. Na taj način se kod ove vrste pogona omogućuje da ponovno ukapčanje slijedi samo kod određenih pogrešaka, kada prorađuje odgovarajuća zaštita.

Da bi se mogla provesti potrebna evidencija broja ponovnih ukapčanja, relej ima ugrađeni brojač ponovnih ukapčanja.

Impuls za ponovno ukapčanje na svitak sklopke traje cca 8 sekunda, a ukoliko sklopka ne uključi iz bilo kojih razloga, impuls automatski prestaje. Po izvršenju ponovnog ukapčanja relej ostaje blokiran 8—10 sekunda, pa ako u tom vremenu sklopka ponovno ispadne, ona neće više biti ponovno uključena. Na taj način osiguran je samo jedan ciklus ponovnog ukapčanja. Kod ručnog ukapčanja sklopke relej je također blokiran u vremenu od 8—10 sekunda. Treba napomenuti da relej RU 56 može biti primijenjen i u zamkastim mrežama, kada mu se dodaje naponski član za kontrolu napona dvostruko napajane mreže.

Elektroprenos Zagreb je u svrhu probnog pogona ugradio uređaje RU 56 u TS Međurić za sve vodove 30 kV. Stanica je bez uobičajene stalne smjenske službe, ali je uvedena prisutnost.

Uređaji za sporo ponovno ukapčanje RU 56 ugrađeni su naknadno, kada je već stanica bila u pogonu. Na taj način prikupljeni podaci o ponašanju uređaja datiraju tek od konca prošle godine. Naime, uređaji su bili nešto prije ugrađeni, ali zbog nekih tehničkih tvorničkih nedostataka uređaji su aktivirani nešto kasnije.

Ipak i za ovo kratko vrijeme kako su uređaji u pogonu, uslijedilo je u par navrata uspješno ponovno ukapčanje. Vod je bio izbačen nadstrujnom zaštitom zbog prolaznog kvara pri čemu je odmah proradio relej RU 56 i nakon vremenskog zatezanja od 3 minuta vod je ponovno automatski uključen.

Iz ovih nekoliko podataka pri ispadima, može se zaključiti da releji RU 56 potpuno zadovoljavaju za sporo ponovno ukapčanje u srednjenaponskim mrežama.

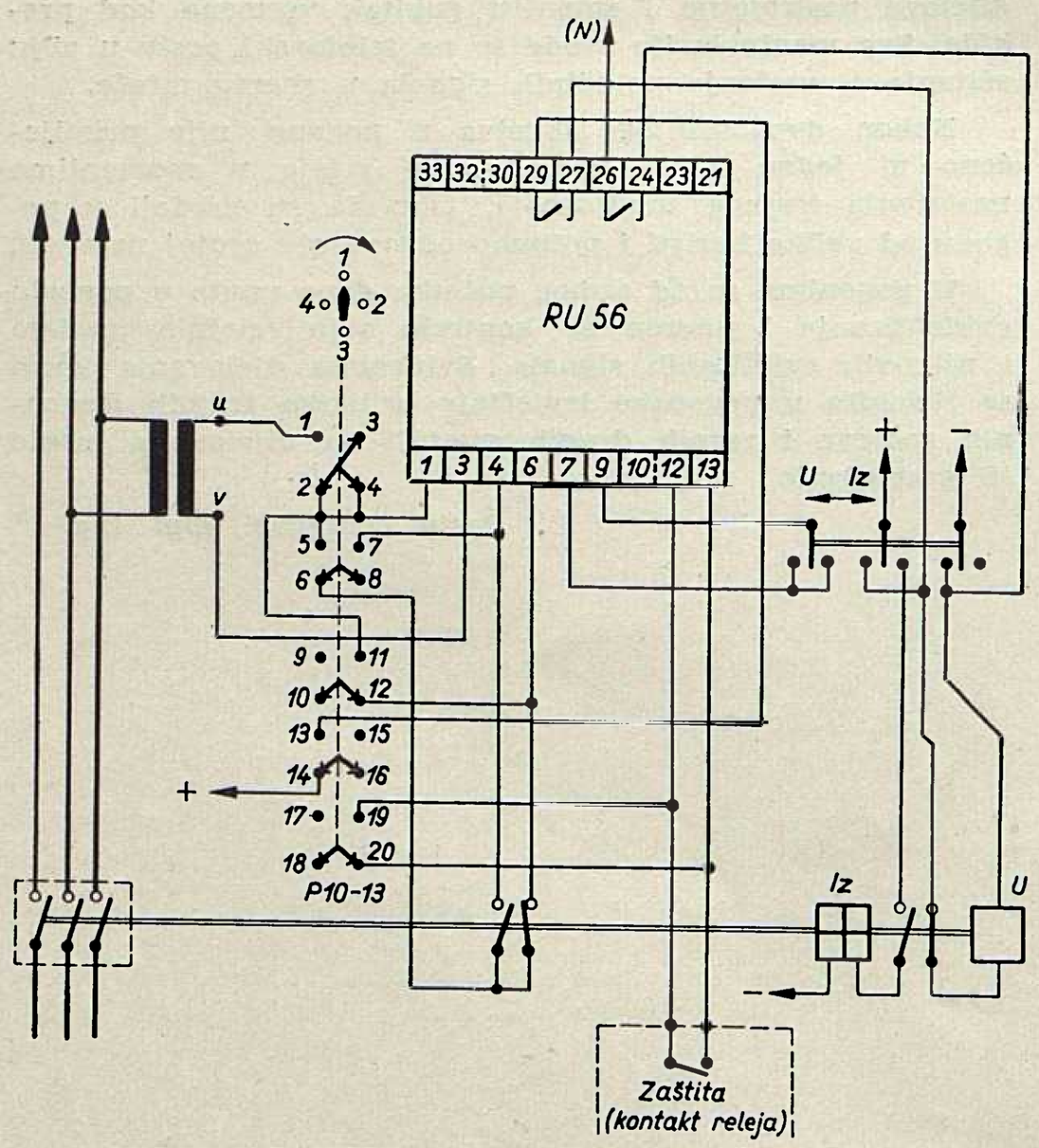
Tehnički podaci releja RU 56 su slijedeći:

1. Nazivni napon releja: 100 V, 50 Hz
2. Mogućnost udešenja beznaponske pauze: 0,4 . . 4 min.
3. Dozvoljeno opterećenje kontakata za ukapčanje:

   nazivni najviši napon 500 V,
   nazivna najviša struja 5 A.

Kućište releja može biti izvedeno za istaknutu montažu ili za ugradnju.

Antun Šaler



Automatski uklopničar

Preklopka u položaju

1	uređaj isključen	3	ispitivanje I
2	uređaj uključen	4	ispitivanje II

(Prema shemi »Iskra«)

AUTOMATSKA REGULACIJA NAPONA NA REGULACIONIM TRANSFORMATORIMA

Nagli porast regulacionih transformatora u visokonaponskoj mreži s jedne strane, i težnja za održavanjem što konstantnijeg napona na mjestu potrošnje s druge strane, uslovljavaju primjenu automatske regulacije. U vrlo razgranatim mrežama, kakva je naša, na prvi je pogled jasno, da se konstantan napon ne može postići samo regulocijom napona generatora. Zbog različitih padova napona u pojedinim ograncima nivo napona kod potrošača znatno varira, pa se ova odstupanja mogu najpovoljnije ublažiti regulacionim transformatorima.

Uvođenjem regulacionih transformatora u stanice nametnulo se i pitanje automatske regulacije napona, naročito u stanicama gdje je posada samo u prisutnosti. Imajući u vidu ovu problematiku i postepeni prijelaz uobičajenih smjenskih službi u prisutnost, Elektroprenos Zagreb nabavio je automatski regulator, koji je gotovo 6 mjeseci u probnom pogonu. Na osnovu tog iskustva bit će u daljnjem tekstu iznesena neka zapažanja.

Suočeni s problemom regulacije regulacionih sklopki na učinskim transformatorima, u stanicama bez stalne posade, zatražene su domaće i strane ponude ovakvih regulatora. Iz prikupljenih ponuda i opisa pojedinih regulatora, odabrani su kao tehnički i ekonomski najprikladniji regulatori njemačke proizvodnje firme *Gossen* tipa REG 10—1710.

Domaća industrija za vrijeme izbora ovih uređaja nije raspolagala sa sličnim uređajima. Tvornica ISKRA, Zavod za automatizaciju, radi sada na usvajanju ovih uređaja, prema jednoj francuskoj konstrukciji. Može se očekivati prema izjavi odgovornih osoba, da će Zavod za automatizaciju izraditi prvi prototip do konca lipnja ove godine, koji će biti probno ugrađen u jednoj od naših transformatorskih stanica.

»Pantam« naponski regulator s integralnim zatezanjem okidanja tipa BEG 10—1710 građen je specijalno za regulaciju regulacionih sklopki učinskih transformatora. Kod reguliranja regulacionih transformatora treba napon održavati u granicama dozvoljenih odstupanja, a da pri tom broj prekapčanja bude što manji uz promjenljivo opterećenje transformatora. Ograničenje broja prekapčanja uvjetovano je habanjem kontakata regulacione sklopke, koja prekapča pod opterećenjem.

Takav regulacioni zadatak najpovoljnije se rješava s regulacionim relejom, koji iskorištava veličinu i trajanje odstupanja napona od zadane vrijednosti. Kratkotrajna odstupanja se ne obuhvaćaju, a odstupanja koja tek što prekoračuju regulacioni korak, uvažavaju se s izvjesnim usporenjem. Veća odstupanja dovode brže do prekapčanja.

Pantam regulacioni relej BEG 10—1710 postizava tu karakteristiku okidanja vrlo prigušenim mjernim sistemom s okretnim svitkom, koji osim toga ima vrlo malu usmjernu silu. Takav mjerni sistem mjeri produkt »odstupanje regulacionog koraka × vrijeme« tj.

$$\Delta \cdot t = \text{konst.}$$

Kod prekapčanja dozvoljenog koraka odstupanja daje mjerni sistem s okretnim svitkom na svojim primarnim kontaktima impulse, koje preuzima udesivi vremenski akumulacioni mehanizam. Tim mehanizmom može se — već prema stanju regulirane mreže — odrediti, poslije koliko impulsa mjernog sistema treba da proradi regulaciona sklopka transformatora.

Ako je razmak između dva impulsa prevelik, drugi udesivi »granični vremenski mehanizam« podešava već akumulirane impulse koji još nisu doveli do prekapčanja. Prema tome taj granični vremenski mehanizam određuje, da mora nastupiti smetnja s udesivom strminom d_u/d_t, ako regulaciona sklopka treba da izregulira tu smetnju.

Što se pak unutarnjeg spoja tiče, regulator je izveden kao nul-relej. To znači, regulator je trajno spreman za mjerenje, ali relej i mehanizmi brojača počinju raditi tek onda, kad je dozvoljeni korak regulacije prekoračen prema gore ili prema dolje.

Ulazni regulacioni napon može se prespojiti na 100 ili 110 V, a ulazni pomoćni napon na 100, 110 ili 120 V kod 50 ili 60 Hz. Dozvoljeni regulacioni korak može se izabrati između ±0,8 i ±5%, već prema naponskom stepenu regulacionog transformatora. Mjerni krug izveden je u mosnom spoju s vodičima, koji se ne zagrijavaju pa je osigurano tačno mjerenje efektivne vrijednosti napona uprkos potrebi mjernog sistema s okretnim svitkom i ispravljačem. Vremenski uvjeti regulatora tj. »vremenski faktor« i »granično vrijeme« udesivi su na odgovarajućim vremenskim mehanizmima. Zadana vrijednost napona može se postaviti u granicama od 90 do 11% nominalnog napona na posebnom udesivaču zadanog napona koji se također dade udesiti. Svi organi za udešavanje pristupačni su nakon otvaranja čeonih staklenih vratiju. Pomoću glavne sklopke ugrađene u sam regulator mogu se odabrati ovi položaji:

»regulator isključen« — ručni pogon
»regulator uključen« — automatsko reguliranje
»ispitivanje« — regulator u pogonu, ali prilazni kontakti nisu priključeni.

Regulator ima ugrađen i podnaponski relej, koji zaustavlja regulator, kad pomoćni napon padne na cca 75% nazivne vrijednosti.

Regulator je predviđen da radi i kompenzirano, kada se uvodi prividna struja kao poremećajna veličina. Tada se u regulatoru odbija od mjernog napona, napon ekvivalentan prividnoj struji. Uslijed toga regulator radi tako, kao da je ugrađen kod potrošača i da regulira napon na kraju voda.

Za slučaj odvojene kompenzacije radne i jalove struje, treba odgovarajućim dodatnim uređajima posebno obuhvatiti radnu i jalovu struju.

Automatski regulator ugrađen je u svrhu probnog pogona u TS Resnik, a u pogonu je od 31. 10. 1962. Za to vrijeme vršena su razna ispitivanja i odabiranja najpovoljnijeg udešenja, kako nivoa napona, tako i broja regulacija.

Iz dnevnih podataka vođenih u stanici može se zaključiti da je prosječan broj ručnih regulacija iznosio oko 38 do 45 u toku 24 sata.

Praćenjem rada regulatora u različitim uvjetima napona mreže 110 kV u odnosu na napon 30 kV, utvrđeni broj regulacija kreće se od 30—42 u toku 24 sata. U pogledu nivoa regulacionog napona može se primijetiti da je znatno konstantniji jer se vrši regulacija u ovisnosti o opterećenju transformatora.

Promatranjem regulatora kroz ovo razdoblje probnog pogona može se sa sigurnošću tvrditi da je potpuno zadovoljio tražene uvjete. Jedini eventualni nedostatak jest nemogućnost da se unaprijed programira nivo napona. Naime, Elektra Zagreb, najveći potrošač napajan iz TS Resnika, zadala je »vozni red« napona vremenski mijenjan u toku 24 sata. Jasno je, da se takav »vozni red« teško može održati i s bilo kojim drugim tipom regulatora, kad se zna, da jedan stepen regulacije na transformatoru iznosi oko 500 V. Posebno je pitanje da li taj nivo napona zaista mora biti takav ili se može prilagoditi jednoj srednjoj karakteristici regulatora koja uzima u obzir i opterećenje transformatora. No činjenica je, da je ugradnjom automatskog regulatora otpao prigovor Elektre Zagreb da je napon tokom dana ili noći previsok ili prenizak, što se do tada događalo svakog dana.

Antun Šaler

O MOGUĆNOSTIMA PREOPTEREĆENJA TRANSFORMATORA

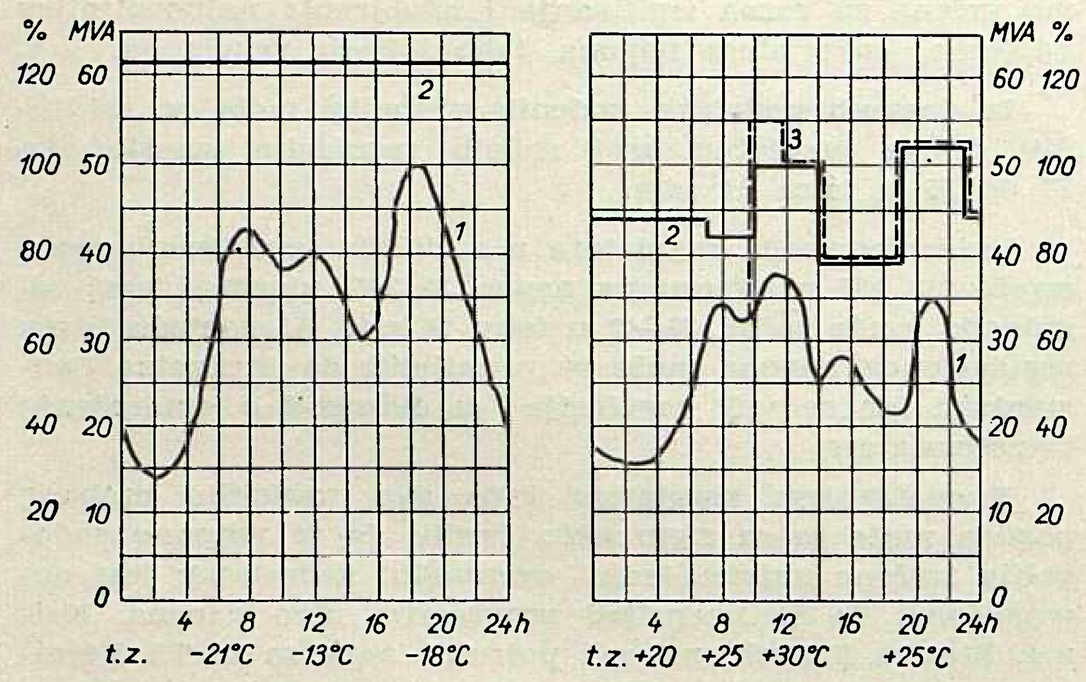
Uvod

Sve veći broj transformatorskih stanica u nekoj elektroprivrednoj organizaciji automatski nameće i problem što efikasnijeg iskorištenja postojećih mrežnih transformatora. Sigurnost pogona i snabdijevanja potrošača zahtijeva, s druge strane, i izvjesnu hladnu pogonsku rezervu. Kompromis između ova dva stava teško je ostvariv, jer sigurnost pogona zahtijeva izvjesne materijalne žrtve, koje nije uvijek moguće doprinijeti. Ipak u stanovitim uslovima, uz točno poznavanje karakteristika transformatora moguće je postići njihovo bolje iskorištenje, a uz izvjesne dodatne uređaje možemo i znatnije proširiti opseg snage transformatora. Poznavanje svih ovih mogućnosti može pogonskom osoblju kao i planerima buduće mreže biti od velike koristi. U sljedećim poglavljima pokušat ćemo na praktičkim primjerima pokazati ove mogućnosti.

Propisi kod gradnje transformatora

U našem elektroprivrednom sistemu postoji nekoliko različitih tipova mrežnih transformatora napona 220/110 i 110/30—50 kV, građenih prema različitim propisima (VDE, IEC i Britanski propisi), što stvara izvjesne poteškoće u njihovoj eksploataciji. Međutim svi transformatori proizvodnje Rade Končar novijeg datuma izgrađeni su prema propisima IEC, prema kojima se rade i jugoslavenski propisi. Kako je podudarnost ovih s britanskim propisima vrlo velika, a budući da za britanske propise postoje vrlo detaljno razrađene upute za terećenje, to će se za neke primjere opteretivosti koristiti ovi propisi.

U pogonu svakako najprije moramo ustanoviti, prema kojim je propisima odnosni transformator građen, da bi mogli primijeniti odgovarajuće propise i odrediti stepen dozvoljene preopteretivosti. U svakom slučaju postoji izvjesna analogija među gore navedenim propisima, samo što su dopuštene granice terećenja različite, pa bi se poznavajući detaljno jedne propise, analogno moglo zaključivati na druge.



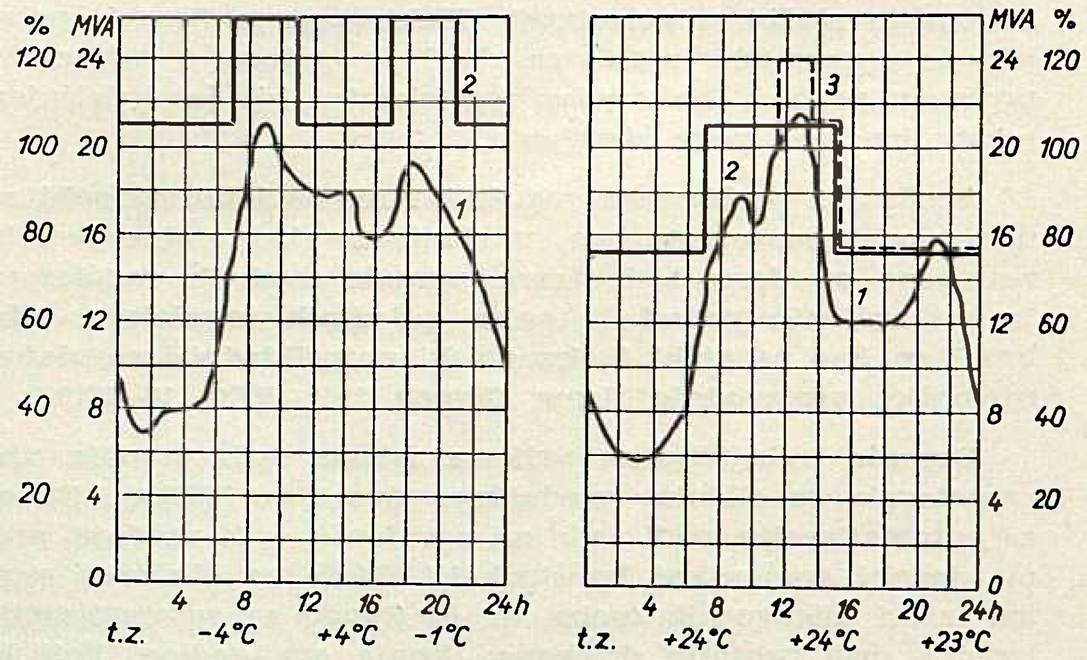
Sl. 1. 16. 1. 1963. Sl. 2. 19. 6. 1963.

1 dijagram opterećenja transformatora;
gornja granica opteretivosti transformatora:
2 približna vrijednost
3 stvarna vrijednost

Dijagram opterećenja transformatora

Budući da je najveći dio konzuma u ovisnosti o dobi dana promjenljiv, to je najveći dio mrežnih transformatora podvrgnut promjenljivom opterećenju. Iz dijagrama konzuma dviju karakterističnih transformatorskih stanica napona 110/30 odnosno 35 kV, koji su prikazani krivuljom 1 u slikama 1, 2, 3 i 4 može se jasno uočiti promjena konzuma, koja ima jako izraženi noćni minimum kao i jedan ili dva jače izražena dnevna maksimuma.

Osim dnevnih imamo i sezonske promjene konzuma koje su ovisne, uglavnom, o vanjskoj temperaturi, s obzirom na činjenicu da je potrošak električne energije za svrhe grijanja u zimskim mjesecima znatan, pa predstavlja osjetnu stavku u njenoj ukupnoj potrošnji. Kod većine transformatorskih stanica maksimalno opterećenje nastupa u zimskom periodu, pa su za naše razmatranje slučajevi mogućeg zimskog preopterećenja najinteresantniji.



Sl. 3. 16. 1. 1963. Sl. 4. 19. 6. 1963.

1, 2 i 3 kao u sl. 1 i 2

Kako je transformator dimenzioniran za konstantno nominalno opterećenje u uslovima određene vanjske temperature, ukupni gubici u transformatoru, a time i postignuta konačna temperatura ulja, kod promljenljivog će konzuma biti znatno niža čak i u slučajevima kada opterećenje transformatora za vrijeme vršnog opterećenja dosegne puni nominalni teret.

Gore navedeno, kao i činjenica da transformatori veći dio godine rade u uslovima hlađenja znatno povoljnijim od predviđenih, pruža nam znatne mogućnosti preopterećenja transformatora za vrijeme vršnih opterećenja, a bez štetnih posljedica za životnu dob samog transformatora.

Mogućnost preopterećenja transformatora

U našoj zemlji postoje dva područja s izrazito različitom klimom: obalni pojas sa mediteranskom i unutrašnjost zemlje sa kontinetalnom klimom. Ova se područja po prosječnim temperaturama, kako u odnosu na doba godine, tako i u odnosu na doba dana, bitno razlikuju, pa ćemo svakoga od njih tretirati posebno.

Krivuljama 2 i 3 u slikama 1, 2, 3 i 4 za konkretne slučajeve navedene su mogućnosti preopterećenja transformatora kao funkcija vanjske temperature zraka. Kod toga se pretpostavlja da zimski period ima dva izrazita i približno jednaka vršna opterećenja (podnevno i večernje), koji ukupno daju 8 sati, dok ljetni period u većini slučajeva ima ili samo jutarnje (gradska i industrijska područja), ili samo večernje vršno opterećenje (seoska područja), koje traje najviše tri sata, a u manje slučajeva jutarnje i večernje vršno opterećenje koje traje osam sati. Mi ćemo radi uočavanja razlike obraditi oba ova slučaja.

U navedenim slikama, krivulja 2 označava približnu mogućnost preopterećenja transformatora, jer se stvarni dijagram opterećenja transformatora (krivulja 1) znatno razli-

kuje od dijagrama stvarnih mogućnosti njegovog terećenja. Međutim, iako nam on daje samo grubo približenje, iz njega je vidljivo da su mogućnosti za preopterećenje transformatora bez štetnih posljedica za samu životnu dob transformatora znatne, a pogotovo su one velike za vrijeme zimskog perioda u kontinentalnom dijelu zemlje, gdje su i prosječne godišnje temperature znatno niže od onih u obalnom pojasu.

Za tačniju analizu mogućnosti preopterećenja transformatora treba uzeti u obzir temperaturu ulja prije nastupa preopterećenja, te za određeni način hlađenja tačno pomoću tabela terećenja izračunati veličinu kao i trajanje preopterećenja. U dijagramu crtkano označene vrijednosti prikazuju nam stvarne mogućnosti preopterećenja transformatora (krivulja 3), koje se baziraju na stvarnim podacima temperature ulja transformatora kao i okolnog zraka. U slici 1 vrijednosti preopterećenja računate su aproksimativno, jer u tabelama propisa za terećenje nisu nanesene vrijednosti preopterećenja za temperature rashladnog zraka ispod 0° C.

Navedene krivulje terećenja izrađene su na temelju tabela terećenja datih u »britanskim propisima«, dok su tabele terećenja izrađene na bazi slijedećih pretpostavki:

Dnevni pogonski uvjeti

Opterećenje u satima		Maksimalna temperatura namota	
jako	slabo	period jakog opterećenja	period slabog opterećenja
24	0	95 °C	—
16	8	100 °C	80 °C
8	16	105 °C	80 °C
3	21	115 °C	80 °C

Slaba opterećenja predstavljaju opterećenja kod kojih temperatura u bilo kojem dijelu namota ne prelazi 80 °C. Pri toj temperaturi je starenje zanemarivo.

Ako temperatura namota za pripadne pogonske uvjete ne pređe iznose navedene u tabeli, sva se četiri radna uvjeta smatraju kao ekvivalentna u pogledu potencijalne životne dobi transformatora.

Životna dob izolacije transformatora klase A, koja bi trajno bila ugrijana na temperaturu od 95 °C, iznosila bi oko 20 godina. Ovo ukazuje na činjenicu da se ni jedan od navedenih primjera mogućeg preopterećenja transformatora u slikama 1, 2, 3 i 4 ne bazira na smanjenju životne dobi transformatora ispod predviđene određenim normama.

Ovdje su navedena samo dva karakteristična slučaja pogona transformatora u uvjetima rada ekstremno niske i ekstremno visoke temperature okolnog zraka. Za pravilnu eksploataciju svake pojedine transformatorske stanice, svakako je potrebno, uz tačno poznavanje uslova rada, kao i načina hlađenja transformatora od slučaja do slučaja odrediti i stupanj mogućeg preopterećenja transformatorske jedinice. Radi toga bi bilo neophodno da pogonsko osoblje u transformatorskim stanicama, kao i sam dispečer budu upoznati sa ovim mogućnostima.

Dodatni hladionik za povremeno znatnije povećanje snage transformatora

Gore navedeni primjeri ukazuju na mogućnost preopterećenja transformatora bez specijalnih dodatnih uređaja. Ovakova preopterećenja su u ljetnom periodu prilično ograničena. Međutim u pogonu jedne elektroprivredne mreže potreba za preopterećenjem transformatora, pogotovo onih napona 110/35 kV može da se pojavi u svako doba godine. Do ove pojave može doći iz više razloga kao npr.:

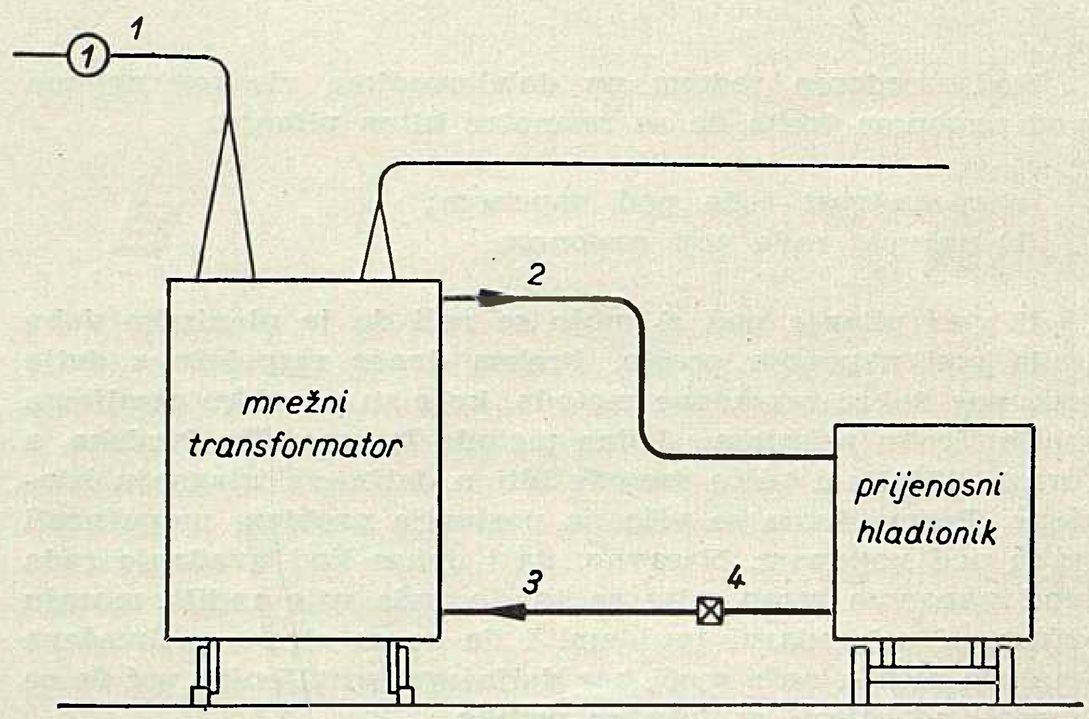
1. ako u transformatorskoj stanici sa dvije jedinice dođe do defekta na jednoj od njih;
2. potrebe da se povremeno izvrši revizija transformatora, regulacione sklopke, učinske sklopke ili centrifugiranje ulja;
3. preopterećenja transformatorske jedinice radi neočekivanog prirasta konzuma i nemogućnosti brzog postavljanja drugog transformatora ili njegove zamjene.

U izvjesnim slučajevima potrebe konzuma mogu se podmiriti iz susjednih transformatorskih stanica, ukoliko to dozvoljavaju veze od 35 kV sa susjednim postrojenjima. Često međutim ovo nije moguće provesti, jer ili ne postoje takove veze ili susjedna postrojenja nemaju na raspolaganju snage, kojom bi mogli pomoći ovakovom postrojenju. U tom slučaju ne preostaje drugo rješenje nego izvršiti djelomičnu redukciju konzuma, što s druge strane izaziva velike gubitke, kako same elektroprivrede, tako i privrede uopće. Ovi se posljednji često mogu samo približno odrediti, ali su redovito reda veličine i do 100 puta onih elektroprivrede.

Da bi se i s jednom transformatorskom jedinicom moglo podmiriti što više konzuma Amerikanci su došli na pomisao da na transformator montiraju dodatni rashladni uređaj, koji je u stanju da i kod najnepovoljnijih temperatura poveća snagu transformatora do 35 %. Oni su prvi počeli s ugradnjom dodatnih hladionika na transformatore napona 110/35 kV i snage 20 do 30 MVA i postigli veoma dobre rezultate.

Način djelovanja hladionika

Toplinski učin prijenosnog hladionika upotrebljenog u izvršenom eksperimentu iznosio je 250 kW. Ulje se iz transformatora pumpa kroz hladionik posebnim pumpnim uređajem. Snaga transformatora na kojem je vršen eksperiment



Sl. 5. Prijenosni dodatni hladionik za mrežne transformatore

1 brojilo ili registr. ampermetar za kontrolu opterećenja transformatora
registr. termometar za kontrolu
2 izlaznog ulja
3 ulaznog ulja
4 uljokaz za mjerenje količine ulja kroz hladionik

varirala je od 26,4 do 28,8 MW. Po dodatnom hladioniku odvedena toplina iznosila je 149 do 190 kW, dok su aproksimativno izračunati gubici topline transformatora iznosili cca 292 do 342 kW. Odatle je vidljivo, da je dodatni hladionik na sebe preuzeo više od 50 % proizvedene topline transformatora.

Sam hladionik se priključuje na rashladni sistem transformatora pomoću cijevnih spojeva prema shemi u slici 5. Ventil s priključkom za odvod ulja iz transformatora postavljen je na vrhu, dok je dovod rashladnog ulja u transformator izveden na dnu transformatorskog kotla. Kod starijeg tipa transformatora ovi su priključci izvedeni naknadno, dok se novi tipovi transformatora odmah isporučuju s izvedenim spojevima za priključak.

Ako se u nekoj transformatorskoj stanici pojavi potreba za znatnijim preopterećenjem transformatora, prijenosni se hladionik može u najkraćem roku dopremiti u takovo postrojenje, jer je postavljen na specijalnu pokretnu automobilsku prikolicu. Za priključak hladionika na transformator dovoljna su dva čovjeka, koja su u stanju da u roku od pola sata izvrše sve potrebne priključke.

S obzirom na vrlo dobre rezultate postignute u navedenom eksperimentu u pogonu transformatora s dodatnim hladionikom, uprava elektroprivrednog poduzeća Lousiana Po-

wer & Co odlučila je da sve svoje transformatore opremi potrebnim ventilima i prirubnicama za priključak dodatnog hladionika. Kako jedan pokretni hladionik ne bi mogao zadovoljiti potrebe svih transformatorskih stanica, odlučeno je da se nabavi nekoliko takovih uređaja, kojima bi se onda mogla zadovoljiti potreba na cijelom području, koje snabdijeva ova elektroprivredna organizacija.

Zaključak

Iz gore navedenog proizlazi da nam transformator pruža znatne mogućnosti preopterećenja, a da kod toga njegova životna dob nije ugrožena. U prvom je slučaju potrebno tačno poznavanje uvjeta pod kojima transformator radi (vanjska temperatura zraka, način hlađenja), kao i tačno poznavanje temperature ulja na početku preopterećenja.

Drugi nam slučaj proširuje mogućnosti povremenog preopterećenja transformatora pomoću mobilnog hladionika.

Tačno poznavanje svih mogućnosti korištenja postojećih mrežnih transformatora može u znatnoj mjeri doprinijeti boljem snabdijevanju električnom energijom konzuma i potrošača, pa bi ovom problemu svakako trebalo obratiti potrebnu pažnju.

Literatura

1. Britanski standard, Pravila prakse CP 1010 (1959.) *Smjernice za terećenje uljnih transformatora prema B. S. 171*
2. V i d m a r, *Die Transformatoren,* III izd., Birkhauser, Basel 1956.
3. Electrical World, sv. 159, br. 7, 25. 2. 1963.

Tomislav Pavlović, dipl. ing.

RAD POD NAPONOM — OPIS OSNOVNIH METODA I POTREBA PRIMJENE

Kod uvađanja radova na dalekovodima visokog napona pod naponom treba da se razmotre bitna pitanja:

a) mogućnost rada pod naponom;
b) nužnost rada pod naponom.

U vezi pitanja pod a) može se reći da je pionirsko doba rada pod naponom prošlo. Praksa danas raspolaže s dvije osnovne dobro razrađene metode, koje su u nekim zemljama našle široku primjenu. Jedna metoda je američko-švedska, a druga SSSR-a i te će metode biti u daljnjem izlaganju izložene. Prema tome se više ne postavlja problem mogućnosti rada pod naponom. Naravno, da i danas kod uvađanja rada pod naponom tamo gdje se to do sada nije radilo moraju iskrsnuti sekundarni problemi i da se sa strane prihvaćena metoda možda neće moći bez daljnjega primijeniti, već će se morati adaptirati za lokalne prilike.

Na pitanje pod b), tj. da li je rad pod naponom nužan, morat će svaki onaj koji želi uvesti takav način rada svjesno odgovoriti. U ekonomskom pogledu rad pod naponom je skuplji od rada u beznaponskom stanju, jer zahtijeva specijalnu obuku ljudstva i veći utrošak radnog vremena. Ovaj povećani trošak treba mjeriti s dobitkom uslijed više prodane električne energije i s dobitkom kroz kvalitetniju (stalniju) isporuku, a često će i općeniti, ne samo ekonomski uslovi, nametnuti potrebu rada pod naponom. Kao osnovno pitanje u vezi s time postavlja se problem rezerve u dalekovodima. Ako ispad ili prekid bilo kojeg dalekovoda u mreži ne uzrokuje poremećaj u isporuci energije potrošačima, potreba rada pod naponom znatno se smanjuje, ali se ne može reći da je takav način rada nepotreban, jer i dalje postoji mogućnost ispada preostalih dalekovoda (smanjena sigurnost mreže za vrijeme prekida) ili pak smanjenje mogućnosti korištenja jeftinijih izvora i tome slično. Ne može se dakle dati općenita formula za određivanje nužnosti rada pod naponom, već treba svaki slučaj ocijeniti posebno.

Osim navedenog, svaka zemlja koja želi uvesti rad pod naponom mora se sukobiti s postojećim sigurnosnim propisima i put k izmjeni tih propisa nije svagdje jednako dug. Statistike dokazuju, da se je u zemljama gdje se radi pod visokim naponom znatno smanjio broj nesretnih slučajeva na toj vrsti radova. Ovaj na prvi pogled nelogičan rezultat ima i svoje logično opravdanje, koje se može sažeti u nekoliko činjenica: bolja obuka ljudstva; primjena strožih zaštitnih mjera; veća psihička koncentracija montera; velika pažnja kod izbora montera; i najvažnije — vod je pod naponom, nitko ga ne može nenamjerno ili zlonamjerno uključiti dok se na njemu radi; nema opasnosti ako se monter zabunom popne na neki susjedni vod, jer ga sama metoda rada osigurava od električnog udara.

Američko-švedska metoda

Karakteristično je za ovu metodu, da su monteri na potencijalu zemlje, a svi radni zahvati na dijelovima pod naponom izvode se pomoću alata koji je izoliran dovoljno dugim izolacionim motkama.

Metalni dijelovi alata izrađeni su pretežno od lakih metala, kako bi se smanjilo zamaranje ljudstva pri radu. Izolacione manipulativne motke izrađene su tako, da se spajanjem pojedinih komada mogu postići razne dužine, pa je prema tome isti slog motaka prikladan za razne vrste stupova i za više raznih napona. Na jednom kraju svake motke nalazi se konični produžetak, koji precizno ulazi u odgovarajuću šupljinu druge motke i sve se pritegne steznom maticom. Time se postiže pouzdan spoj. Zbog jednoobraznosti se alati pričvršćuju na motku istim takovim spojem.

Za vrijeme rada na stupu se nalaze dva montera, od kojih jedan vrši funkciju pomoćnika. Čelična rešetka stupa obično nije prikladna kao stajalište montera, jer odviše veliki dio koncentracije moraju posvetiti svojoj ličnoj ravnoteži, no ipak nema veće zapreke da se radovi tako izvode. Primjenjuje se i košara konstruirana od drva i lakih metala, dovoljno prostrana za dva montera u radu. Košara se konopima podigne u odgovarajući položaj i eventualno još učvrsti za rešetku stupa u svrhu postizanja veće stabilnosti. Na košari je zgodno smješten sav potrebni alat.

Udaljenost košare od vodiča pod naponom treba da je tolika, da monter ni s ispruženom rukom ne može doći u opasnu zonu. Svi metalni dijelovi alata su malih dimenzija, tako da nema opasnosti od približenja uslijed nepažljivog rukovanja alatom. Jedini dodir s vodičem pod naponom moguć je posredstvom izolacionih manipulativnih motaka. Zato se na te motke u pogledu mehaničke i električke čvrstoće postavljaju vrhunski zahtjevi. Rad se obavlja samo kad nema opasnosti od kiše. Motke treba čuvati od ogrebotina i drugih oštećenja, a nakon rada ih treba brižno očistiti kao i sav alat i zamotati. Motke kojima se je vršila opisana demonstracija bile su iz prešanih impregniranih vlakana sa sjajno poliranom površinom. U SAD, a isto tako u SSSR-u postignuta su dobra iskustva s motkama iz specijalnih vrsta drveta, osobito za motke koje su opterećene na vlak, a to su podizači užeta koji preuzimaju teret dok se mijenja izolator.

Zamjena izolatorskog lanca (jednostrukog nosnog) s 4 članka (63 kV) po opisanom postupku trajala je 45 minuta, pri čemu monteri nisu bili navikli za tu vrstu rada. Uzme li se u obzir da monteri nisu bili uvježbani, ali su demonstraciju izvršili na razmjerno prostranoj platformi umjesto u košari na visini, može se sasvim približno zaključiti da

za rad izvršen pod naponom treba trostruko toliko vremena kao za isti rad izvršen u uslovima normalnog prekida pogona.

Metoda razvijena u SSSR-u

U osnovi su radne operacije kod izmjene izolatorskih lanaca po ovoj metodi slične kao kod američko-švedske metode, bitna razlika je međutim u izvršenju radnih zahvata na dijelovima pod naponom (nosne odnosno zatezne stezaljke). Radove na stezaljkama obavlja čovjek *rukama*, prema tome dotični je monter pod punim potencijalom voda. Platforma odnosne košare na kojoj se čovjek nalazi izolirana je prema zemlji i pomoću kontakta galvanski vezana s faznim vodičem. Dovađanje montera na dohvat stezaljke vrši se prema prilikama na više načina. Na terenima pristupačnim za motorna vozila košara se nalazi na kamionu i podiže se pomoću izolacionog teleskopskog stupa ili pak pomoću izolacionih višedijelnih ljestava na izvlačenje. Ako tlo ispod stupa nije pristupačno za kamion, košara s čovjekom se preko kolotura pomoću vitla i najlonskog konopa diže na potrebnu visinu i zatim drugim konopima s tla otklanja u položaj s kojeg se može dohvatiti stezaljka. Također se primjenjuje košara na jednom kraju ljestava, koje mogu rotacijom odnosno stalkom oko odgovarajuće osovine, pričvršćene na stupu, doći u potrebni položaj u odnosu na stezaljku.

Kao manu ove metode stručnjaci navode, da učesnici u radu nisu ravnopravni: dio grupe nalazi se na potencijalu zemlje, a jedan monter na punom potencijalu voda. Ova činjenica može teoretski biti uzrokom nesreće i traži uživljavanje radnika u ulogu koja je različita od uloge ostalih radnika.

Očigledna je prednost ove metode, da se njome mogu savladati poteškoće do kojih dolazi ako je ovjesni materijal neprecizan, korodiran ili na drugi način zahtijeva više truda kod rastavljanja odnosno sastavljanja. Neke ilustracije ove metode već su objavljene u domaćim časopisima.

Primjer pripreme za rad pod naponom u Francuskoj

Rad pod naponom u Francuskoj još nije uveden, ali se intenzivno studira mogućnost uvađanja i razrađuju odgovarajući propisi. Tome je prethodilo upućivanje jakih studijskih grupa u SAD i SSSR prije nekoliko godina. Jače grupe za uzdržavanje dalekovoda opremljene su alatom za rad pod naponom po američko-švedskoj metodi i povremeno se ispituje primjena toga alata na vodovima — maketama ili na vodovima u prekidu u svrhu prikupljanja mišljenja s terena i privikavanje montera. Jaka razgranatost francuske visokonaponske mreže ne nameće hitnost rješenja pitanja rada pod naponom. Fotografije koje ilustriraju američko-švedsku metodu rada pod naponom snimljene su na jednoj takovoj vježbi.

Ostali radovi koji se obavljaju pod naponom

Do sada opisani radovi odnosili su se samo na izmjenu izolatorskih lanaca. Treba napomenuti, da se u svim zemljma, koje primjenjuju rad pod naponom, vrše i drugi radovi bez prekida pogona. To je izmjena pojedinih dijelova ili čak cijelih drvenih stupova. U SAD se pod naponom mijenjaju i mali transformatori na stupu. te prigušivači »armour-rods« i »stockbridge«. U pogledu visine napona može se reći da radovi pod naponom nisu limitirani ni visinom napona, ni vrstom izolatora. Pod naponom se radi kako na vodovima od nekoliko kV do vodova najviših napona. Kod vodova nižih napona s potpornim izolatorima, dakle kod vodova s manjim razmacima među vodičima, potrebni se radni prostor dobiva podizanjem vodiča na pomoćne konzole ili pak otklanjanjem vodiča u stranu pomoću odgovarajućih izolacionih motaka.

Imam utisak, da je privikavanje na rad pod naponom 110 kV i više nešto lakše, jer povećani razmaci dopuštaju veću slobodu kretanja bez obzira na radnu metodu.

Ovjesni materijal

Neki dalekovodi u SAD izrađuju se primjenom ovjesnog materijala koji je specijalno prilagođen i konstruiran za rad pod naponom. Na starijim, normalno izvedenim vodovima, te u drugim zemljama, primjenjuje se rad pod naponom i kod standardnog materijala. Pripremni radovi u Francuskoj također se odnose na standardni materijal. Razmatrajući do sada razvijene metode i alat u zapadnim zemljama, nije neophodno primijeniti specijalni ovjesni materijal, ali se od standardnog materijala zahtijeva odgovarajuća preciznost odnosno pridržavanje nužnih tolerancija, kao i otpornost protiv korozije.

Ukoliko ovjesni materijal ne zadovoljava zahtjeve za rad pod naponom po američko-švedskoj metodi, poteškoće se mogu savladati primjenom metode razvijene u SSSR-u.

Potreba rada pod naponom i izbor metode u našim prilikama

Razmotrimo li sliku prijenosne mreže u SFR Jugoslaviji, nije teško ustanoviti da se ta mreža znatnim dijelom sastoji od jednostrukih radijalnih pojnih vodova, te od vodova preko kojih se vrši značajni tranzit na veće udaljenosti. Ako se neko čvorište i nalazi u zamki ili je napajano s 2 voda, to još ne znači da se jedan od pojnih vodova može bez poteškoća iskopčati na vrijeme koje je potrebno za popravak. I višestruko napajana područja proživljavaju svoja kritična razdoblja, kad prekid samo jednog od vodova dovodi do nepoželjnih redukcija. Tek pojava novih kapaciteta, redovito sa superponiranim naponom, dovodi do oduška u tom pogledu.

Ovo govori u prilog potrebi da se i kod nas uvede rad pod naponom kao metoda s dugoročnom perspektivom primjene.

U pogledu metode ne bi se mogao donijeti zaključak bez eksperimentalne faze, koja bi dala informaciju o poteškoćama kod mehaničkih zahvata na ovjesnom materijalu.

Zaključak

1) Uvođenjem rada pod naponom na dalekovodima u uslovima sve većih zahtjeva u pogledu kvalitete isporučene energije postaje neophodno na značajnom dijelu visokonaponske mreže u SFR Jugoslaviji.
2) Neophodno je odmah pristupiti eksperimentima, za sada u beznaponskom stanju.
3) Drastično suzbijati raznolikost dimenzija i tolerancija u najbitnijem spoju, tj. zdjelica — batić.
4) Eksperimentima prvenstveno težiti za usvajanjem tehnike zamjene izolatorskih lanaca.
5) Odmah pristupiti izradi nacrta propisa za rad pod naponom.
6) Razraditi nacrt plana i programa izobrazbe kadrova za rad pod naponom s posebnim osvrtom na fizičke i psihičke zahtjeve na čovjeka.

Karlo Ožegović, dipl. ing.

VIJESTI S GRADILIŠTA

Nove TS 35/10 kV u Novoj Gradiški i Kutini

Potrošnja električne energije konzumnog područja Nove Gradiške u stalnom je porastu tako da je postojeća TS 35/10 kV opterećena skoro do nominalnog tereta, te je iz tih razloga potrebno izgraditi i drugu transformatorsku stanicu iste snage. Izgradnjom nove transformatorske stanice osigurat će se normalno napajanje potrošača na tome području.

U kolovozu 1963. godine pristupilo se izgradnji TS 36/10 kV Nova Gradiška II, čiju gradnju izvodi građevno poduzeće »Strmac« iz Nove Gradiške, dok je montažne radove preuzelo poduzeće »Dalekovod« iz Zagreba.

Svrha je transformatorske stanice da napaja područja Nove Gradiške električnom energijom na pogonskom nivou 10 kV, jer postojeća TS 35/10 kV svojim ograničenim kapacitetima ne može zadovoljiti današnjim potrebama industrijskih potrošača kao i široke potrošnje. Prema glavnom projektu usvojena je snaga transformatora:

— u I etapi izgradnje, 2 x 2 500 kVA
— u konačnoj fazi izgradnje, 2 x 4 000 kVA.

U postrojenju 35 kV će se ugraditi: jedno vodno polje bez sklopke, dva trafopolja sa sklopkama, te jedno mjerno polje. Postrojenje 10 kV imat će: šest vodnih polja, dva transformatorska polja, jedno mjerno polje i polje kućnog transformatora.

Za izgradnju stanice utrošit će se iznos od oko 59 milijuna od čega oko 44 milijuna dinara otpada za nabavu elektro-opreme, a drugi dio za građevne radove. Općina Nova Gradiška kao investitor ovog energetskog objekta, osigurala je potrebna sredstva, tako da će stanica vjerojatno u toku prvog tromjesečja iduće godine ući u pogon.

Istovremeno pristupilo se izgradnji TS 35/10 kV u Kutini, čiji je zadatak napajanje opće potrošnje i industrije njenog područja.

Odabrane su slijedeće veličine transformacija: jedan transformator snage 2500 kVA u I etapi, a u konačnoj izgradnji 2 transformatora 4000 kVA. TS 35/10 kV u Kutini uklopit će se u postojeći 30 kV vod i normalno će se napajati iz TS 110/35 kV Međurić, kao najbliže pojne tačke.

Za kompletnu izgradnju ove transformatorske stanice investitor »Elektra« Križ investirat će iznos od oko 45 milijuna dinara za građevne i montažne radove, te nabavu opreme. Investitor je montažne radove povjerio poduzeću »Dalekovod« iz Zagreba. Domaća elektroindustrija isporučit će cjelokupnu opremu.

I. R.

Izgradnja TS 110/30 kV Zabok

Otpočeli su građevni radovi na izgradnji transformatorske stanice 110/30 kV Zabok. Svrha ovog elektroenergetskog postrojenja je napajanje 30 kV mreže na području općina Zabok, Krapina, Klanjec, Zlatar i Pregrada kako je to predviđeno u osnovnom rješenju elektrifikacije područja bivšeg kotara Krapina.

U I etapi izgradnje napajat će se već postojeći 30 kV vodovi:

— 1 u smjeru Zlatar-Bistrica,
— 1 u smjeru Pojatno
— 1 u smjeru Krapine i
— 1 u smjeru Klanjca i Pregrade.

U II etapi izgradnje ove stanice napajat će se vod u smjeru Konjščine. Lokacija buduće transformacije 110/30 kV predviđena je uz postojeću stanicu 30/10 kV Zabok. Prema usvojenim projektima postojeća stanica 30/10 kV s 30 kV postrojenjem i vlastitom potrošnjom služila bi kao 30 kV postrojenje nove transformatorske stanice 110/30 kV. Dio zgrade adaptirao bi se u komandu. Samo postrojenje 110 kV smjestit će se na jugoistočnoj strani od postojeće TS 30/10 kV. Glavni građevinski radovi obavit će se na adaptaciji i proširenju zgrade postrojenja 30 kV. Osim ovih radova posebno će se graditi objekt za kompresorsko postrojenje, te smještaj ak. baterije s ispravljačem i VF uređaja. Nadalje građevni radovi izvest će se na uređenju kabelskih kanala, prilazne ceste, vodovodne i kanalizacione mreže i pomoćne prostorije.

U I fazi izgradnje TS 110/30 kV Zabok ugradit će se 1 transformator 20 MVA, a u konačnoj su izgradnji predviđena dva transformatora po 20 MVA.

I. R.

VIJESTI IZ PODUZEĆA, ZAVODA I INSTITUTA

II etapa izgradnje TS 220/110 kV Mraclin

Stalni porast potrošnje električne energije u zapadnoj Hrvatskoj zahtijeva proširenje TS 220/110 kV Mraclin postavljanjem drugog transformatora od 150 MVA, jer je prvi već posve opterećen. Osim toga, povećani prijenos traži da dalekovodi 2 x 110 kV Jajce — Zagreb i Mraclin — Kidričevo (građen za 220 kV, a u pogonu sa 110 kV) moraju prijeći na napon 220 kV.

Nadalje proširenjem transformatorske stanice otpast će potpuno opskrba zapadne Hrvatske iz Bosne putem 110 kV vodova. To su sve važni razlozi da se što prije pristupi rješavanju projekta proširenja TS Mraclin ugradnjom i drugog transformatora.

Na temelju energetskih potreba usvojen je slijedeći opseg izgradnje u II etapi:

— dvostruke sabirnice 220 kV,
— pomoćne sabirnice 220 kV,
— dva dalekovodna polja 220 kV, za priključak vodova prema Kidričevu i Kaknju,
— transformatorsko polje 220 kV,
— spojno polje 220 kV,
— transformatorsko polje 110 kV,
— transformatorska jedinica 150 MVA, 220/110 kV.

U građevnom dijelu proširenja transformatorske stanice predviđeni su slijedeći radovi:

Temelji transformatora, postolje aparata, portali 220 kV postrojenja, kabelski kanali, temelji kompenzatora te uređenje platoa.

Za nabavu opreme i sve građevne i montažne radove u vezi proširenja TS 220/110 kV Mraclin potrebno je investirati iznos od oko 950 milijuna dinara. Investitor poduzeće »Elektroprenos« iz Zagreba osigurao je potrebna investiciona sredstva i pristupio je ugovaranju opreme.

Jedan dio opreme isporučit će domaća elektroindustrija, dok će se drugi dio dobaviti od inozemnih proizvođača. Glavni projekt za izgradnju II etape TS Mraclin izradili su stručnjaci »Elektroprojekta« iz Zagreba.

I. R.

Termoelektrana Osijek pretvara se u toplanu

Danas se područje Osijeka i Slavonije snabdijeva električnom energijom iz Bosne dalekovodima 110 kV Doboj — Sl. Brod — Osijek i Brčko — Vinkovci — Osijek. Na tome području radi i stara osječka termoelektrana koja će u buduće služiti kao rezervni izvor kod slabog napona u sistemu ili u slučaju kvara. No da postrojenje stare elektrane ne ostane posve neiskorišteno odlučeno je da se ovaj energetski objekt pretvori u toplanu.

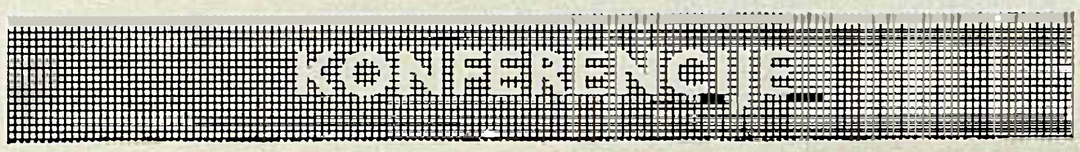
Izrađen je plan da elektrana umjesto električne energije proizvodi vodenu paru koju će upotrebljavati industrijski pogoni u svojim tehnološkim procesima, a osim toga će služiti za zagrijavanje javnih, bolničkih i stambenih objekata. Već je otpočela realizacija tog programa. Na postrojenjima stare termoelektrane vrše se građevni radovi, izgrađuju se tri glavna toplovoda u pravcu prema Donjem i Gornjem gradu i prema stambenom naselju »Boris Kidrič«. Prvi korisnici toplotne energije bit će: Opća bolnica u Donjem gradu, Tvornica piva u Gornjem gradu i veći broj stambenih zgrada na Bulevaru JNA i naselju Vijenac »Boris Kidrič«.

Prema investicionim projektima, za potpunu izgradnju i uređenje toplane bit će potrebno investirati tri milijarde dinara. Nadalje, radovi bi se odvijali u više etapa, a predviđeno je da budu izvedeni u roku od sedam godina.

U prvoj etapi investitor poduzeće »Elektro - Slavonija« uložit će iznos od oko 360 milijuna dinara za kupnju većeg kotla u svrhu povećanja toplotne energije. Općinska skupština grada Osijeka dala je investitoru garancije za dodjelu investicionog kredita u visini spomenute sume.

U 1946. godini nastavit će se daljnjom izgradnjom toplovodne mreže, preko koje će se toplotnom energijom opskrbljivati veći broj industrijskih pogona na području Osijeka. Industrijska postrojenja zainteresirana su za rad osječke Toplane koja će omogućiti sigurniju i jeftiniju dobavu energije potrebnu za njihove radne procese. U mnogim poduzećima otpast će vlastita proizvodnja koja se danas vrši u zastarjelim i dotrajalim tvorničkim kotlovskim postrojenjima.

I. R.



Prvo savjetovanje o eksploataciji dalekovoda mreže i transformatorskih stanica 110 i 220 kV u Jugoslaviji

Zajednica jugoslavenske elektroprivrede organizirala je savjetovanje elektroprijenosnih poduzeća od 15. do 19. 10. 1963. u Portorožu. Domaćini savjetovanja bili su Elektrogospodarska skupnost SR Slovenije i Elektroprenos iz Ljubljane, koji su se pobrinuli za ugodan smještaj i boravak oko 70 učesnika savjetovanja.

Za ovu priliku napisano je 50 referata, koji su umnoženi u ZJE i uvezani u knjigu od oko 500 strana. Dio ovih referata štampan je u ovom broju časopisa.

Radi lakše diskusije cijeli je materijal razdijeljen u 5 grupa i po njima diskutiran.

I Iskustva iz pogona dalekovoda i transformatorskih stanica (19 referata).
II Zaštita, mjerenje i statistika (7 referata).
III Automatizacija u transformatorskim stanicama (9 referata).
IV Telekomunikacije (9 referata).
V Ekonomika, organizacija i razno (6 referata).

Nakon opširne i plodne diskusije doneseni su zaključci koje donosimo sažete i nešto skraćene, svrstane po navedenim grupama. Iz zaključaka se ujedno vidi cijeli sadržaj rada savjetovanja.

Grupa I

1. Propisi u cjelini još uvijek ne zadovoljavaju, no u nekim detaljnim odredbama oni su odviše neelastični i manjkavi, što dovodi do poteškoća kod projektiranja i izgradnje.
   Potrebno je da se nađe pogodan administrativni put za brzu i efikasnu izmjenu i nadopunu propisa.
2. Zaštitno uže je svestrano razmotreno. Konstatirano je, da je zaštitno uže prouzrokovalo dosta kvarova, ali to još ne znači da bi ga trebalo svagdje odbaciti. Za svaki konkretni slučaj treba sa svih stanovišta ispitati njegovu opravdanost. Naročitu pažnju treba posvetiti mehaničkoj sigurnosti užeta.
3. Izolacija u zagađenoj atmosferi dovodi na nekim mjestima do poteškoća, ali iskustva su još nedovoljna, te treba nastaviti studije o tom problemu.
4. Problem korozije razmotren je kod čeličnih i alučeličnih vodiča i kod uzemljivača. Preporučeno je, da se vodiči mažu antikorodivnim mastima.
   Treba nastojati da naša industrija počne proizvodnju inertnog materijala za uzemljivače.
5. Katastrofe prouzrokovane zaleđenjem ukazuju na ozbiljnost ovog problema, pa prilikom projektiranja treba tome posveti najveću pažnju. Iznesene su metode za dojavljivanje početka zaleđivanja i problema grijanja vodiča.
6. Razmotren je rad pod naponom. Konstatirano je, da je o tome mnogo govoreno, ali da još uvijek nije ništa učinjeno. Da se omogući rad pod naponom, treba koristiti odgovarajući ovjesni materijal i pristupiti obuci ljudi za taj rad.
7. Ponovno je potaknuto pitanje drugih tipova i materijala vodiča tj. upotreba različitih omjera čelika i aluminija odnosno aldreja. Komisija za tehnologiju metala trebala bi proučiti ovaj problem.

8. O remontima vođena je opsežna diskusija. Prodiskutirana je potreba pregleda vodova i planskih remonta. Skrenuta je pažnja na činjenicu, da su kod vodova u remontu paralizirane VF veze, čime treba uvijek računati.
Kvaliteta i sigurnost napajanja ne može se postići dok je mreža preopterećena, a bez rezervnih vodova i transformatora. Smatra se, da je krajnje vrijeme da se rezerva počne izgrađivati, a u budućem planiranju mreže treba je svakako predvidjeti.

9. U pogledu postojećih sigurnosnih propisa, operativa nailazi na formalne poteškoće, koje bi trebalo ukloniti usvajanjem jedinstvenih sigurnosnih propisa za rad u elektroenergetskim postrojenjima.

10 Što prije treba usvojiti perspektivni plan izgradnje mreže u SFRJ.

11. Budući da preopterećenja transformatora postaju uslijed nedovoljnih kapaciteta transformacije u mnogim slučajevima neophodna, konstatirana je opravdanost preopterećenja preko nominalne snage. Kod toga treba uzeti u obzir sve utjecajne faktore (npr. prethodno opterećenje, temperaturu okoline), kako se ne bi skratila životna dob transformatora. Do dovršenja naših propisa o preopterećenju, preporuča se da se postupi po engleskim standardima uz prethodnu suglasnost proizvođača transformatora.

12. Popravak transformatora u tvornici vrlo je dugotrajan pa bi trebalo ili da se s tvornicom utvrde pogodni aranžmani, ili da popravak preuzme elektroprivreda u svoje ruke.

13. Skrenuta je pažnja na potrebu standardizacije parametara opreme stanica 220 kV.

14. Konstatirano je, da je mnogo rađeno na pitanjima koordinacije izolacije, ali stručni radovi i preporuke nisu prihvaćene u praksi.

15. Istaknuta je potreba osnivanja autoritativnog stručnog koordinacionog tijela za pitanja iz područja prijenosa, koja su interesantna za čitavu Jugoslaviju, npr.:

suradnja s JŽ u pitanjima elektrifikacije željeznica;
dugoročno planiranje mreže;
ukazivanje proizvođačima opreme na tražene parametre i kvalitetu;
suradnja sa PTT;
sprovođenje odluka i preporuka sa stručnih skupova.

Grupa II

1. Preporuča se da se u buduće ne nabavljaju strani uređaji za ispitivanje mjernih transformatora, jer su domaći instituti izradili domaću aparaturu koja radi na kompenzacionoj metodi.

2. Prodiskutiran je problem automatskog frekventnog rasterećenja. Konstatirana je raznolikost proizvoda u pojedinim republikama i poteškoće s domaćim frekventnim relejima. Od predstavnika tvornice najavljen je novi domaći tip s poboljšanim karakteristikama.

3. U pogledu releja za dojavu smjera zemnog spoja u mreži 35 kV u Hrvatskoj postoje dobra iskustva. Domaće tvornice već proizvode takove releje, pa se mogu prema potrebi ugraditi.

4. Istaknuta je neophodnost jedinstvene statistike kvarova, njene moderne evidencije i obrade pomoću rubno bušenih kartica.

5. Sugerirano je domaćoj industriji, da usavrši svoje releje, kako bi bili sigurni kod ukapčanja neopterećenih transformatora velike snage.

6. Prodiskutiran je problem obračunskih mjerenja prodane električne energije distributivnim poduzećima i velepotrošačima prema novoj uredbi. Tu su se, naime, pojavile poteškoće, pa je potrebno odlučiti o tipu uređaja za mjerenje i načinu mjerenja odnosno registraciji mjerenja.

Grupa III

1. Automatizacija niza radnih procesa nužna je u elektroprivredi. Za provođenje automatizacije nema zapreka, jer su domaće tvornice već usvojile potrebnu aparaturu, a kadar u elektroprivredi je dovoljno stručan.

2. S obzirom na današnju opremljenost postrojenja, ostvarenju automatizacije treba prići sistematski. Načelno uzevši, problematika će biti manje složena, i lakše ostvariva u manje značajnim krajnjim i umetnutim stanicama.

3. Personalnim problemima vezanim uz proces automatizacije treba prilaziti sa stanovišta, da automatizacija ne predstavlja eliminaciju čovjeka, već davanje čovjeku one uloge koja mu stručno i intelektualno pripada.

4. Telekomanda, kao dopunski i daljnji korak u procesu automatizacije ne može se postaviti kao princip u smislu centralnog upravljanja većih dijelova mreže. Kod dobrih i usklađenih rješenja mogu se kod daljinsko-upravljanih postrojenja postići znatne uštede u investicijama. Ako takva postrojenja nemaju posadu, kvaliteta i pouzdanost opreme moraju biti besprijekorni.

5. Uzimajući u obzir današnje stanje postrojenja, automatizacija i telekomanda neće moći potpuno eliminirati prisustvo posade. U neposrednoj budućnosti dakle, predstoji povećanje produktivnosti rada u rasklopnim postrojenjima zbog prelaza na čuvana postrojenja sa dva do tri čovjeka uglavnom u novoizgrađenim objektima, ali ušteda na ljudstvu mora se usporediti s druge strane s povećanjem osoblja za nadzor i održavanje. Kod povoljno lociranih prigradskih automatiziranih i daljinsko upravljanih stanica moći će se permanentna prisutnost zamijeniti redovitim obilaženjem.

Grupa IV

1. U ZJE treba formirati odgovarajuće odjeljenje koje bi vodilo u jugoslavenskim okvirima probleme razvoja, tehničke uslove i odnose sa PTT i industrijom na području telekomunikacija.

2. Obrazovanje osoblja koje se bavi u elektroprivredi telekomunikacijama treba upotpuniti seminarima iz nove tehnike, npr. tranzistora, telemehanike itd. I ostalom tehničkom osoblju u elektroprivredi treba dati barem osnovno znanje o telekomunikacionoj tehnici.

3. Telekomunikacione službe u prijenosnim poduzećima trebaju dostavljati ZJE preko svojih Zajednica redovne mjesečne statističke podatke o stanju veza.

4. Napajanje telekomunikacionih uređaja po objektima treba osigurati kvalitetnije negoli je do sada bio slučaj. U budućnosti, gdje je to god moguće, treba se orijentirati na tranzistorizirane uređaje.

5. Postojećim dvopojasnim VF vezama treba odrediti rok skidanja sa mreže 110 kV i premještanje na mreže nižeg napona.

6. Potrebno je ostvariti veću koordinaciju telekomunikacionih službi po republikama i češće održavati sastanke telekomunikacione komisije ZJE.

7. Zbog malih ulaganja sadašnja mreža ne zadovoljava ni brojem ni kvalitetom. Potrebno je poduzeti mjere za modernizaciju mreže.

8. Izvjestan broj VF zapreka ne odgovara i predstavlja usko grlo na dalekovodima. Neodgovarajuće zapreke treba izmijeniti.

9. ZJE treba ubrzati donošenje propisa o utjecaju električnih vodova na vodove elektroveza koji odgovaraju današnjem stanju tehnike.

10. Kod projektiranja dalekovoda treba koristiti do maksimuma mogućnosti koje pružaju sadašnji propisi. Treba poduzeti potrebno da se mjerenjem ustanove još uvijek nepoznati koeficijenti (kao npr. faktor oblika i vodljivost tla) za jugoslavenske prilike.

11. ZJE treba izdati propise za radio-saobraćaj unutar pojedinih mreža, kako bi se izbjegli nesporazumi i eventualni nesretni slučajevi.

Grupa V

1. Dosadašnja iskustva opravdavaju postojanje pomoćnih djelatnosti u prijenosnim poduzećima, jer preko njih ona rješavaju niz svojih potreba pri dogradnjama, rekonstrukcijama i slično. Pomoću ovih djelatnosti olakšavaju se i ubrzavaju remonti, a radovi se izvode elastično i ekonomično.

2. Smatra se potrebnim, da se što prije pri ZJE formira posebna služba za stručnu koordinaciju rada prijenosnih poduzeća, koristeći pri tom današnja dragocjena iskustva.

3. Smatra se, da je potrebno odmah pristupiti formiranju stalnih radnih grupa od strane ZJE, koje će se baviti slijedećim pitanjima:

   tehnologijom materijala;
   antikorozivnom zaštitom;
   izradom sigurnosnih propisa;
   primjenom jedinstvene statistike itd.

4. Odmah treba formirati tri radne grupe u koje bi ušli stručnjaci prijenosnih poduzeća i to:
   Radna grupa za tehnologiju materijala:

   Miško Skulić, dipl. ing.
   Fedor Gregorić, dipl. ing.
   Zorko Cvetković, dipl. ing.

   Radna grupa za uvođenje jedinstvene statistike:

   Nikola Pavičić, dipl. ing.
   Slobodan Tubić, tehničar.
   Josip Zaninović, dipl. ing.

   Radna grupa za izradu sigurnosnih propisa:

   Karlo Ožegović, dipl. ing.
   Miroslav Samardžija, dipl. ing.
   Janez Žagar, tehničar.

   Rukovodioci ovih grupa su prvo imenovane osobe. Preporučeno je ZJE da organizira početak rada navedenih grupa u toku mjeseca studenoga.

5. Normativi troškova poslovanja prijenosnih poduzeća treba ubuduće da su stalni i da stimuliraju poduzeća za racionalnije poslovanje i širu primjenu tekovina savremene tehnike.

6. ZJE treba preuzeti brigu za što efikasnije sprovođenje zaključaka donijetih na savjetovanju. Učesnici apeliraju na generalnog direktora ZJE da uloži sav svoj autoritet, kako bi došlo do stvarne realizacije ovih zaključaka.

7. Učesnici savjetovanja delegiraju drugove: Mihu Kunavera, Radu Jovanovića i Ljubu Grupkovića da kao predstavnici prijenosnih poduzeća upoznaju generalnog direktora ZJE s donijetim zaključcima.

8. Podržava se akcija DIT-a u vezi izmjene postojećih propisa i preporučuje ZJE da pruži DIT-u materijalnu pomoć.

Na završetku savjetovanja na putu kućama učesnici su posjetiti Škocjansku jamu, ergelu Lipica i transformatorsku stanicu Divača. Ovom prilikom treba naročito istaknuti gostoljubivost drugova iz Slovenije i dobru organizaciju završne ekskurzije.

Boris Markovčić, dipl. ing.

Osma konferencija ETAN-a

Osma jugoslavenska konferencija »ETAN«-a održana od 7. do 9. studenog 1963. godine u Zagrebu posvećena je stručnoj problematici s područja elektronike, telekomunikacija, automatike, te nuklearne tehnike i fizike. Na konferenciji su istaknuta dostignuća domaćih instituta i naučnih zavoda, kao i proizvodnih privrednih organizacija koje se bave ovim granama nauke.

Savjetovanju je prisustvovalo oko 250 domaćih stručnjaka, te gosti iz Poljske, Čehoslovačke, Rumunjske, Francuske i DR Njemačke. Radni dio konferencije odvijao se u šest stručnih sekcija: elektronika, telekomunikacije, automatizacija i računski strojevi, nuklearna tehnika i fizika, elektronski elementi i elektronika u medicini i biologiji.

Naši stručnjaci iz navedenih područja održali su 72 referata i podnijeli 35 izvještaja, dok su inozemni delegati obradili 12 raznih predavanja iz oblasti ETAN-a.

O svim predavanjima vođena je diskusija a pojedina su bila popračena projekcijama. Pored održanih stručnih referata iz oblasti ETAN-a na konferenciji je drug Zvonko Morić, sekretar za industriju Izvršnog vijeća SR Hrvatske, održao predavanje: »Nauka, tehnički progres i razvoj privrede u SR Hrvatskoj«.

Po završetku radnog dijela konferencije održan je sastanak Izvršnog odbora Jugoslavenskog komiteta za ETAN na kojem je izvršena analiza i dana ocjena održane Osme konferencije ETAN-a.

Na konferenciji je donesen zaključak o osnivanju fonda nagrađivanja najboljih radova kao priznanje autorima za najuspješnije radove koji predstavljaju daljnja naučna dostignuća u tehnici ETAN-a i njihovoj industrijskoj primjeni.

Za pojedine stručne oblasti u fondu učestvuju slijedeća poduzeća i ustanove:

— Elektronska industrija iz Niša dodjeljuje nagradu za najbolji rad iz oblasti elektronskih sastavnih dijelova,
— Tvornica telekomunikacionih uređaja »Nikola Tesla« — Zagreb nagradit će najbolji rad iz oblasti komutacione tehnike,
— Institut »Boris Kidrič« u Vinči iz oblasti nuklearne tehnike i fizike,
— Institut za automatiku i telekomunikacije »Mihajlo Pupin« iz Beograda dat će nagradu iz grupe automatike.
— Zavod za avtomatizaciju iz Ljubljane također sa svoje strane dodijelit će nagradu za najbolji rad koji će prihvatiti i ocijeniti posebna komisija sastavljena od stručnjaka Zavoda za avtomatizaciju.

I. R.

Serijski ili paralelni kondenzatori u distributivnim vodovima

Budući da se i paralelni i serijski kondenzatori mogu upotrijebiti u distributivnim vodovima za popravak faktora snage, povišenje napona i smanjenje gubitaka, interesantno je promotriti za koji zadatak i u kojim uvjetima najbolje odgovara određeni tip kondenzatora.

Prema izlaganjima u časopisu *ASEA JOURNAL* 4/1963, teško je sasvim određeno reći i definirati područje upotrebe pojedinog tipa kompenzacije, već je jedino moguće dati općenite smjernice njihove upotrebe.

Osnovna je razlika između serijskog i paralelnog kondenzatora u tome, što kroz serijski kondenzator protječe struja tereta, te je njegova jalova snaga razmjerna kvadratu te struje, dok je paralelni kondenzator vezan na napon tereta, a njegova jalova snaga razmjerna je kvadratu tog napona. Prema tome je glavni efekt serijskog kondenzatora djelovanje na promjenu napona, a kod paralelnog kondenzatora djelovanje na promjenu struje.

Kod određenog nominalnog tereta može se istom snagom s obim tipovima kondenzatora jednako popraviti faktor snage na početku voda, no razlika nastaje kod tereta različitih od nominalnog. Kod serijskog kondenzatora povećanjem tereta od nule, faktor snage se stalno poboljšava, dok kod paralelnog kondenzatora kod tereta nula, faktor snage potpuno je kapacitivan, zatim se porastom tereta sve više približava jedinici, da kod punog tereta postane jednak odabranoj vrijednosti. Kao primjer uzet je u dijagramu na slici faktor snage tereta 0,8 koji treba kompenzirati na 0,95. Ucrtane tri krivulje prikazuju promjenu faktora snage porastom opterećenja od 0 do 115 %. Kod 100 % tereta u oba slučaja kompenzacije dobiva se odabrani faktor snage 0,95. Ovdje je, kao što se vidi, glavna prednost serijskog kondenzatora da ne može doći do prekompenzacije kod malih tereta. Budući da je uređaj serijskih kondenzatora skuplji od uređaja paralelnih kondenzatora iste snage, a osim toga zbog porasta tereta u budućnosti treba uzeti serijske kondenzatore nešto veće snage, općenito uzevši, s gledišta poboljšanja faktora snage najekonomičnije je rješenje s paralelnim kondenzatorima.

Ako se pak kompenzacija provodi u svrhu poboljšanja naponskih prilika, izbor tipa kompenzacije ovisi o karakteristikama prijenosnog uređaja (nadzemni vod ili kabel) i o količini jalove snage, koja se prenosi. To se može vidjeti iz slijedećih formula.

Približna formula za gubitak napona glasi

$$U_1 - U_2 = \Delta U = \frac{P_2}{U_2} R_e + \frac{Q_2}{U_2} X_2$$

gdje je

U_1 — napon na početku voda,

U_2, P_2, Q_2 — napon, djelatna i jalova snaga na kraju voda,

R_e, X_e — djelatni i jalovi otpor prijenosnog voda.

Ako se na kraj voda doda paralelni kondenzator jalove snage Q_{cp} gornja formula glasi

$$U = \frac{P_2}{U_2} R_e + \frac{Q_2 - Q_{cp}}{U_2} X_2$$

Vidi se, da je smanjenje razlike napona to veće kod iste snage kompenzatora, što je veći jalovi otpor prijenosnog voda. Ako preteže radni otpor R_e, kao npr. kod kabela, poboljšanje napona bit će vrlo malo. To drugim riječima znači, da paralelni kondenzatori dolaze u obzir za popravak napona u prvome redu kod nadzemnih vodova.

Kod upotrebe serijskog kondenzatora, čiji je kapacitet X_c, formula za gubitak napona dobiva slijedeći oblik

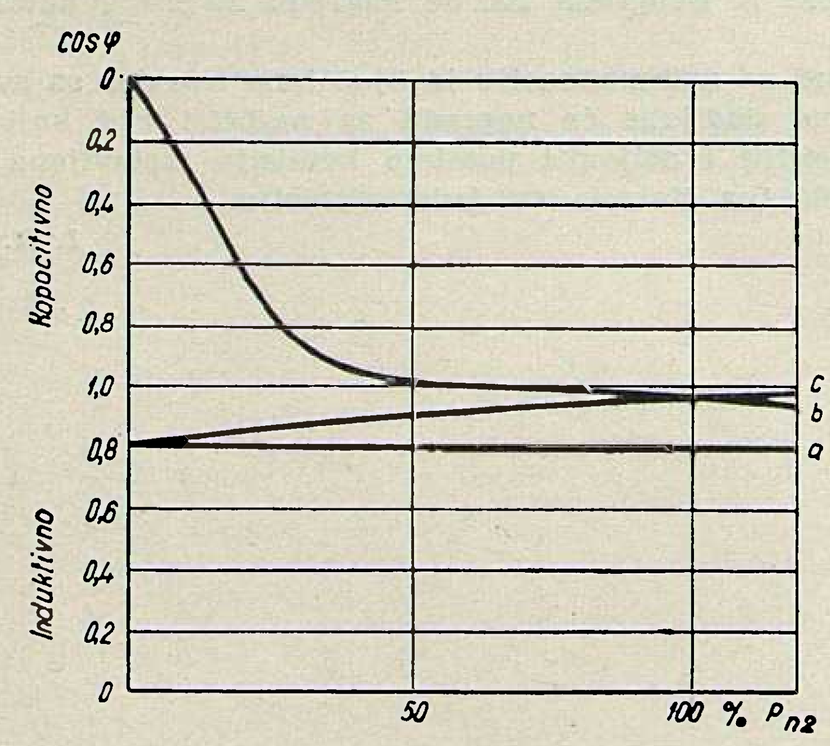
$$U = \frac{P_2}{U_2} R_e + \frac{Q_2}{U_2} (X_e - X_c)$$

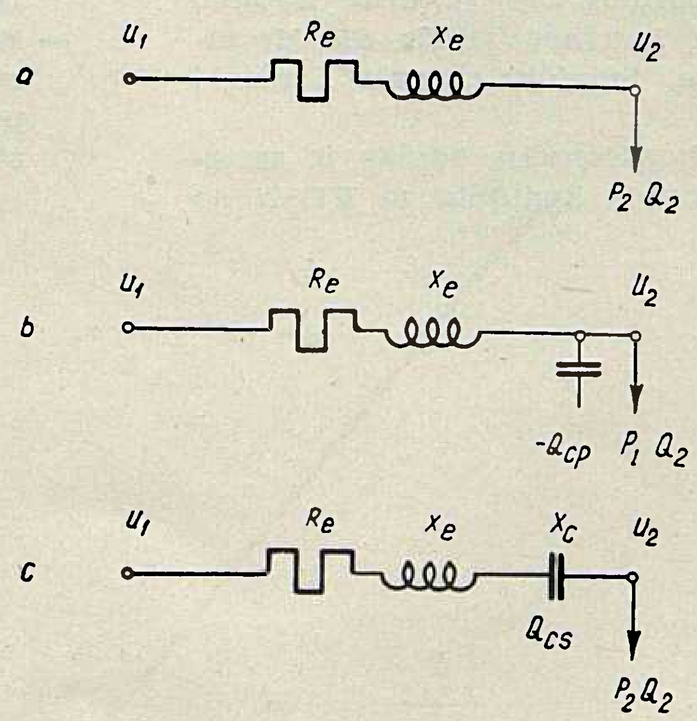
Vidi se, da veličina gubitka napona u prvome redu ovisi o veličini jalove snage tereta Q_2. Ako je, dakle, potreba jalove snage potrošača mala, serijskim se kondenzatorom ne

Djelovanje	Kondenzator	
	paralelni	serijski
Popravak faktora snage	x	(x)
Povišenje napona kod prijenosa opterećenja s niskim faktorom snage, nadzemnim vodom	(x)	x
Povišenje napona kod prijenosa opterećenja s visokim faktorom snage, nadzemnim vodom	x	—
Povišenje napona kod prijenosa opterećenja s niskim faktorom snage, kabelom	—	x
Povišenje napona kod prijenosa opterećenja s visokim faktorom snage, kabelom	—	—
Smanjenje gubitaka prijenosa	x	(x)
Smanjenje kolebanja napona	—	x

Oznaka

x prvenstveni izbor
(x) izbor u drugom redu
— ne dolazi u obzir





Sheme kompenzacije

a nekompenzirani prijenos
b kompenzacija s paralelnim kondenzatorom
c kompenzacija sa serijskim kondenzatorom

može postići osjetno smanjenje gubitka napona. No treba istaći jednu znatnu prednost serijskog kondenzatora u svakom slučaju, a to je, kontinuirana regulacija napona.

Ova prednost naročito dolazi do izražaja kod udarnih pogona, gdje su varijacije napona vrlo velike. U takvim slučajevima serijski kondenzator ima znatne prednosti pred paralelnim. Vrijedno je također spomenuti, da serijski kondenzator djeluje u slučaju kapacitivnog tereta na smanjenje napona. Takvo je djelovanje vrlo korisno kod mreža u rjeđe naseljenim područjima gdje uslijed kapaciteta mreže dolazi u vrijeme niskih opterećenja do povišenja napona.

Što se tiče smanjenja gubitaka u prijenosu, može se reći, da oba tipa kondenzatora djeluju povoljno. Paralelni kondenzator djeluje na smanjenje struje u vodu, a gubici su proporcionalni kvadratu struje. Serijski pak kondenzator djeluje na smanjenje gubitaka povišenjem napona, što također uz istu snagu tereta smanjuje struju u vodu. Kod određenog tereta i napona na kraju radijalnog voda, paralelni i serijski kondenzator iste snage jednako smanjuju gubitke u prijenosu. No kod smanjenog tereta smanjenje gubitaka kod paralelnog kondenzatora je veće, osim kod sasvim niskih tereta, gdje ukupno opterećenje na kraju voda postaje jako kapacitivno. Ako se radi samo o smanjenju gubitaka paralelni kondenzator općenito uzevši ima prednost zbog već prije spomenute veće cijene serijskih kondenzatora.

Kao rezime svega što je rečeno, može se složiti tablica za orijentaciju kod izbora tipa kondenzatora (na str. 310).

B. M., dipl. ing.

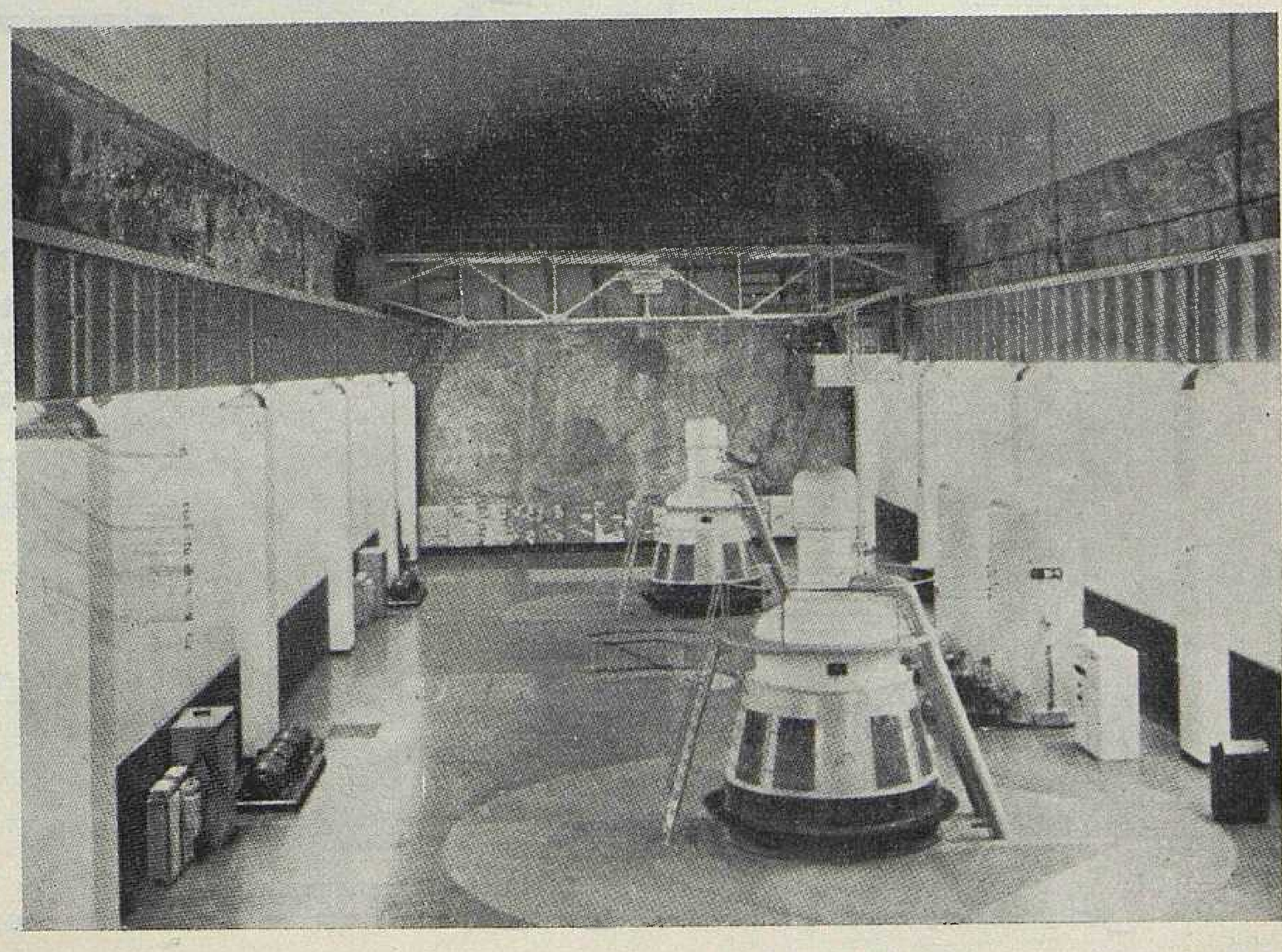
Automatizacija i daljinsko upravljanje hidroelektrana u Švedskoj

Oskudica u prirodnim nalazištima ugljena, plina i zemnog ulja prisilila je Švođane da glavnu pažnju posvete iskorištavanju snage vode, tzv. bijelog ugljena, kojom je Švedska relativno bogata.

Iskorištavanje hidroenergije, kao i njezin prijenos na manju udaljenost započeto je u Švedskoj već u 17. stoljeću, kada je ostvaren i prvi mehanički prijenos energije vodenog kola pomoću mehaničkih poluga. Već 1893. montiran je i prvi trofazni generator i izvršen trofazni prijenos električne energije snage 300 kW na udaljenost od 13 km naponom 9500 V. Era intenzivnije izgradnje i iskorištenja vodnih izvora započela je tek početkom 20. stoljeća. U početku su građene manje hidroelektrane u neposrednoj blizini potrošačkih konzuma, jer tehnika prijenosa električne energije još nije bila riješila problem njenog prijenosa na veće udaljenosti. I dok su ti izvori na južnom i srednjem dijelu zemlje bili uglavnom iskorišteni, na sjeveru, u prilično nepristupačnom području oko granice polarnog kruga, postojale su još velike neiskorištene vodne snage.

Tek oko godine 1940., kada je započeta izgradnja vodova 220 kV, započela je i intenzivnija izgradnja hidroelektrana na sjeveru zemlje. U 1946. već postoje 4 paralelna voda smjera sjever-jug u udaljenosti oko 1000 km. Međutim napon 220 kV nije više mogao zadovoljiti sve veće potrebe na električnoj energiji na jugu zemlje, pa se uporedo sa daljnjom izgradnjom hidroelektrana na sjeveru, pristupilo i izgradnji prvog voda od 380 kV, koji je stavljen u pogon 1952., povezujući novo izgrađenu hidroelektranu *Harspranget* na sjeveru s potrošačkim centrima na jugu.

Kako se ovi izvori hidroenergije nalaze u pustim predjelima unutar granice sjevernog polarnog kruga, uvjeti života pogonskog osoblja su prilično teški. Među ostalim i ovaj je momenat odigrao izvjesnu ulogu u planiranju i u koncepcijama za rješenje upravljanja hidroelektranama, koje su se kasnije trebale graditi. Nastojalo se pronaći takovo rješenje, da se prisustvo čovjeka eliminira do najveće moguće mjere time, da se hidroelektrane što više automatiziraju, a da se broj potrebnih daljinskih komandi ipak svede na minimum. Da bi dobili potrebna iskustva s ovakvim načinom pogona, te da bi i tvornice koje proizvode opremu za automatizaciju i daljinsko upravljanje imale prilike da je iskušaju u pogonu, 1954. je završena izgradnja HE *Ligga* snage 2x80 MW, potpuno automatizirane i daljinski upravljane (sl. 1). Ova je hidroelektrana izgrađena 10 km nizvodno od HE *Harspranget* (instalirana snaga 3x120 MVA) i upravljana od pogonskog osoblja ove elektrane. Za stavljanje agregata u pogon i sinhronizaciju na mrežu, potrebna su samo dva impulsa. Cijeli ostali postupak upuštanja agregata potpuno je automatiziran. Spojni put za daljinsko upravljanje izveden je pomoću UKV-kanala, a rezervni put daljinskog upravljanja uopće ne postoji. Ako dođe do prekida spojnog puta, elektrana ostaje dalje u pogonu s



Sl. 1. Strojarnica HE Ligga, 2 × 80 MW

onim karakteristikama koje je imala u momentu prekida spojnog puta tako dugo, dok se ne otkloni kvar, odnosno dok njeno upravljanje ne preuzme pogonski personal iz HE *Harspranget*. U ovoj elektrani se nalazi i posebna komandna ploča za HE *Ligga* s onim instrumentima, kojih se vrijednosti trajno prenose u ovu elektranu. Budući da se ne prenose svi elementi nužni za potpuno upravljanje jednom hidroelektranom, a da bi se u svakom momentu imao kompletan pregled zbivanja u njoj, na jednom centralnom mjestu u komandnoj prostoriji HE *Ligga* montirana je televizijska kamera; njezina se slika trajno prenosi na televizijski ekran u komandnu prostoriju HE *Harspranget*. Iz ove elektrane daljinskim se upravljanjem može po volji pomicati televizijska kamera u horizontali za 340°, a u vertikali za ± 45°, kao i podešavati sam objektiv kamere za snimanje samo jednog instrumenta ili više njih istodobno, tako da se s velikom tačnošću može očitati svaki instrument odnosno signal i doznati svaki željeni podatak o zbivanju u samoj elektrani.

Televizijska kamera se upravlja na daljinu preko radioveze na frekvenciji od 60 MHz, a slika se prenosi putem druge veze na frekvenciji od 300 MHz.

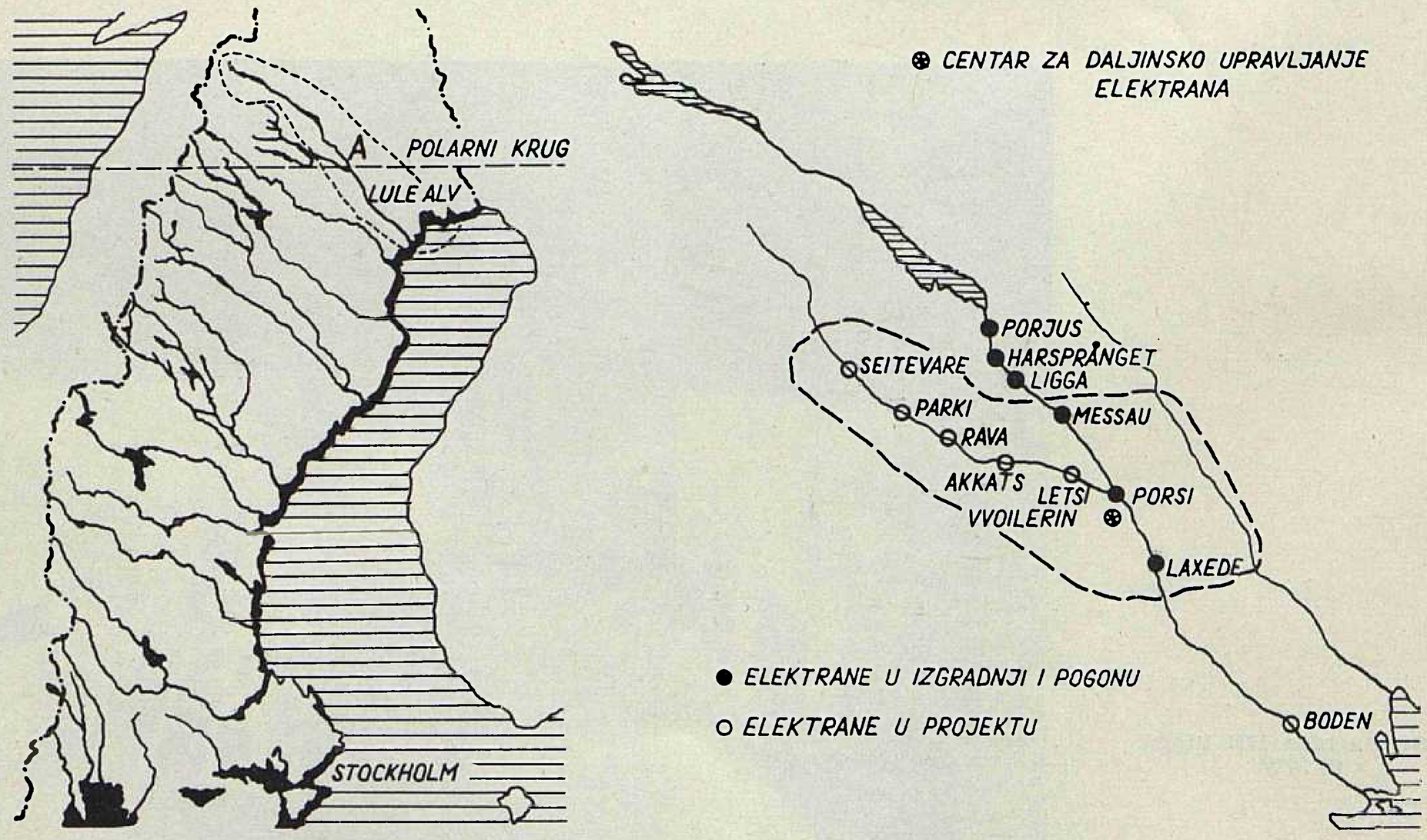
Osim normalne proizvodnje električne energije He *Ligga* povremeno uzima učešće u regulaciji frekvencije švedskog sistema. Regulator statičnosti podešava se iz HE *Harspranget* daljinskim upravljanjem, a podešena vrijednost kontrolira se pomoću televizijske kamere.

Ova elektrana nema uopće pogonskog osoblja. Jedan nekvalificirani radnik dnevnim čišćenjem prostorija održava čistoću. U pravilu svaki drugi dan pogonsko osoblje iz HE *Harspranget* dolazi da pregleda da li je sve u redu, te otklanja eventualne nedostatke.

Sedmogodišnji pogon pod ovakvim režimom rada pružio je kako projektantima tako i izvođačima dragocjene podatke za buduću izgradnju hidroelektrana ovakvog tipa. U međuvremenu se prišlo realiziranju jednog opsežnijeg plana na polju daljinskog upravljanja i automatizacije, potpuno eliminirajući pogonsko osoblje u elektrani. Ovaj plan obuhvaća izgradnju 7 hidroelektrana u području oko granice polarnog kruga — (sl. 2), koje će biti automatizirane do najveće moguće mjere i daljinski upravljane iz jednog centralnog mjesta udaljenog 2 km od HE *Porsi*. Ukupna instalirana snaga svih elektrana iznosit će 1600 MW. Za upravljanje ovom grupom elektrana predviđena je ekipa od 70 ljudi uključujući tu i po 2 čovjeka, koji će biti stacionirani uz svaku elektranu, te ekipe za održavanje i pregled postrojenja. Koncepcija rješenja automatizacije i daljinskog upravljanja ovom grupom elektrana uglavnom se podudara sa rješenjem HE *Ligga*, s tom razlikom što se ovdje, a radi znatnije udaljenosti elektrana od centra ekipe, uz svaku elektranu trajno nalaze 2 čovjeka, koji u slučaju prekida spojnog puta ili defekta na uređajima za daljinsko upravljanje, preuzimaju komandu nad elektranom, dok se kvar ne otkloni.

Kako je naprijed navedeno, znatan utjecaj na ovakovu koncepciju rješenja imala je činjenica, što su ove elektrane smještene u prilično pustim predjelima oko polarnog kruga. Međutim i u drugim hidroelektranama, koje su posluživane od pogonskog osoblja, susrećemo vrlo mali broj ljudi, jer su uštede koje se dobivaju uvođenjem automatizacije i daljinskog upravljanja u elektrane, obzirom na relativno visoke plaće pogonskog osoblja, daleko veće od investicija koje su potrebne, da bi se automatizacija sprovela. Pored uvođenja automatizacije u nova postrojenja, u hidroelektranama koje su ranije izgrađene, izvršene su rekonstrukcije i provedena je opsežna automatizacija pogonskih operacija, tako da je i ovdje broj pogonskog osoblja sveden na minimum. Pri uvođenju automatizacije zbog uštede pogonskog osoblja, postavljeno je općenito pravilo svrsishodnosti investiranja, koje glasi: ako ukupne investicije, potrebne da se uštedi jedno radno mjesto, ne prelaze iznos desetgodišnjih izdataka za to radno mjesto, onda se automatizacija bez daljnjega sprovodi.

Iako se sada u Švedskoj uglavnom izgrađuju veći hidroenergetski objekti sa snagama od 100—300 MW na sjeveru zemlje, a koji prije nisu mogli biti izgrađivani iz naprijed navedenih razloga, na srednjem i južnom dijelu zemlje nastavlja se izgradnja objekata kojima snaga često ne prelazi iznos od 2 MW. Izgradnja objekata ovakve vrste isplati se, ukoliko su investicije male, a održavanje odnosno stavljanje u pogon i regulacija proizvodnje potpuno automatizirani. Stavljanje ovakve elektrane u pogon vrši se samo jednim impulsom. Proces upućivanja turbine, kao i njena sinhronizacija na mrežu potpuno su automatizirani, a proizvodnja ovakvih elektrana regulira se također potpuno automatski, prema gornjem nivou vode u vodostanu, odnosno u samoj rijeci ili akumulaciji. Iako ovako male elektrane ne predstavljaju znatniju stavku u proizvodnji električne energije švedske elekroprivrede, ipak se one grade, jer je njihova izgradnja relativno jeftina, dok je cijena održavanja pogona svedena na minimum, pa je time i cijena električne energije, proizvedene u ovakvim elektranama relativno niska i ne prelazi iznos cijene u elektranama veličine 100—200 MW.



Sl. 2. Hidroelektrane na rijeci Lule
Omeđene elektrane A (povećano na desnoj slici) bit će daljinski upravljane iz mjesta Vvoilerin

Zaključak

Gore navedene koncepcije izgradnje hidroelektrana u švedskoj elektroprivredi ne bi se mogle bez daljnjega primijeniti na naše prilike, jer su odnosi plaća osoblja i investicija potrebnih za uvođenje automatizacije i daljinskog upravljanja u Švedskoj sasvim drukčiji od onih u Jugoslaviji s obzirom da je jugoslavenska elektroprivreda do sada morala uvoziti najveći dio opreme za automatizaciju i daljinsko upravljanje. Ti će odnosi znatno biti promijenjeni, kada domaće tvornice budu mogle isporučivati takve uređaje. Budući da se hidroelektrane grade za period od 50 i više godina, a automatizirani pogoni pružaju znatno veću sigurnost pogona i kvalitetniju električnu energiju, projektanti novih hidroelektričnih postrojenja trebali bi nastojati da pronađu takovo rješenje za naše prilike, koje možda danas još ne bi bilo optimalno, ali bi to postalo kroz period od 5 do 10 godina. (Prema publikaciji *Swedish State Power Board*).

Tomislav Pavlović, dipl. ing.

Novi kabelski kružni računar

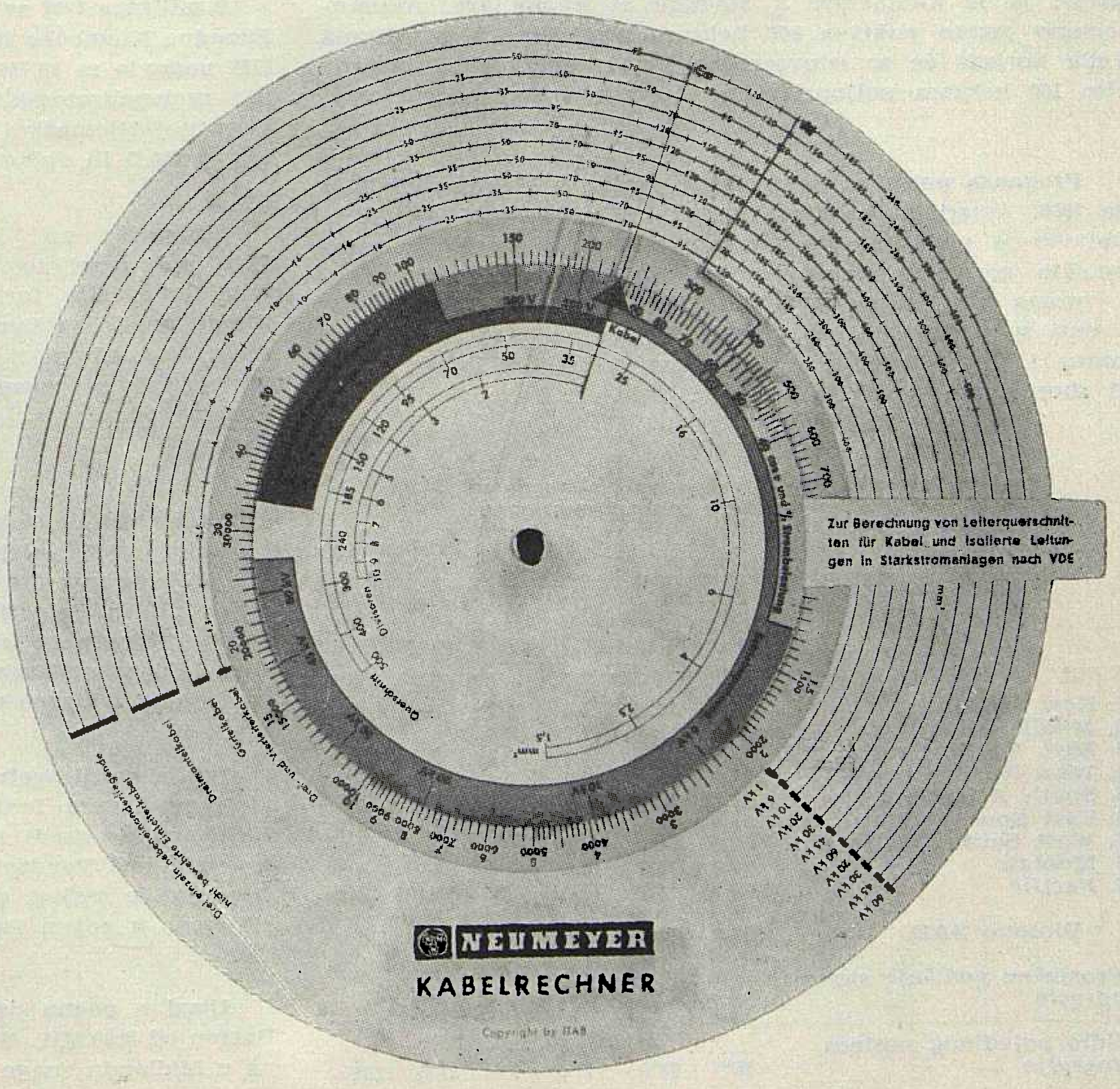
Odabiranje najpovoljnijeg presjeka kabela u slučajevima, gdje treba uzeti u obzir više različitih elemenata, kao npr. pad napona u kabelu, moguće strujno opterećenje kabela s obzirom na veći broj položenih kabela u rovu, zatim broj pojedinačnih kabela u rovu i slično, za projektanta kabelske mreže često predstavlja znatan trošak vremena, jer se postupak proračuna ponekad mora i nekoliko puta ponoviti, da se postignu najekonomičniji rezultati.

Da bi projektantima olakšala postupak oko iznalaženja najpogodnijeg rješenja, tvornica kabela i metala *Neumeyer A. G.*, Nürnberg, u zajednici s firmom ITAB München, razvila je specijalni kružni računar za proračun presjeka jakostrujnih kabela i izoliranih vodiča. Ovaj kružni računar omogućuje, da se svi podaci potrebni za izbor kabela odrede brzo i sigurno. Kao podloga za njegovu izradu uzete su preporuke VDE. Računar je predviđen za slijedeće tipove kabela:

trožilni i četverožilni kabel za napone 380, 500 i 1000 V;
pojasni kabel za napone 6 i 10 kV;
kabel sa tri olovna plašta za napone 20, 30, 45 i 60 kV;
tri nearmirana kabela, položena jedan pored drugoga, također za napone 20, 30, 45 i 60 kV.

Samo s nekoliko udešenja na kružnom računaru, projektant može u najkraće vrijeme izabrati odgovarajući tip kabela i odrediti način njegovog polaganja. Na kružnom računaru mogu se očitati ove veličine: radna snaga, prividna snaga, ukupna struja, struja po pojedinom kabelskom vodiču, broj potrebnih pojedinačnih kabela u kabelskom rovu, presjek bakrenog ili aluminijskog vodiča, te pad napona po kilometru dužine kabela. Na poleđini kružnog računara dane su preporuke VDE o opteretivosti kabela, koje od slučaja do slučaja treba uzeti u obzir. Opširne upute o upotrebi kružnog računara s izrađenim računskim primjerima odštampane su na poleđini omotnice računara. Ove upute olakšavaju korisniku priučavanje na upotrebu kružnog računara, koja može biti od velike koristi projektantima u brzom pronalaženju optimalnih rješenja kod planiranja i projektiranja postrojenja jake struje.

Tomislav Pavlović, dipl. ing.



Kabelski kružni računar

Turska elektrificira željeznice. U okviru svog petogodišnjeg plana Turska elektrificira prugu Istambul-Haydarpaša, Adapazaria dugu 130 kilometara. Troškovi elektrifikacije predviđeni su sa 65 milijuna turskih funti. Radovi bi imali biti dovršeni 1967. godine.

Gubitak radnog vremena zbog nezgoda u pogonima SAD i SR Njemačkoj. Zbog nezgoda u pogonima izgubljeni su na svaki milijun radnih sati 4 radna sata u SAD prema 83 radna sata u SR Njemačkoj.

Norveška gradi najveću hidroelektranu sjeverne Evrope. Nakon što je postigla sporazum sa Švedskom o regulaciji voda pograničnog jezera Grasvatn, Norveška izgrađuje najveću hidroelektranu sjeverne Evrope. Investicije su predviđene sa 400 milijuna norveških kruna a godišnja proizvodnja elektrane s 2070 GWh.

Čehoslovačka isporučuje elektroopremu zemljama u razvoju. U zadnjih nekoliko godina Čehoslovačka je izbila u red najznačajnijih izvoznika opreme za hidroelektrane. Uz pomoć Čehoslovačke izgrađeno je preko 200 hidroelektrana u ekonomski nedovoljno razvijenim zemljama Azije, Afrike i Latinske Amerike.

Rumunjska gradi hidroelektranu snage 220 MW. Na rijeci Ardeš (južni obronci Karpata) Rumunjska gradi hidroelektranu snage 220 MW i godišnje proizvodnje 400 GWh. Ova hidroelektrana — ukopana 120 metara ispod zemlje — izgrađuje se isključivo snagama domaćih poduzeća. Visina brane je 160 metara, dovodni podzemni tunel dugačak je 12 kilometara a odvodni 14 kilometara. Akumulaciono jezero pokriva 900 hektara zemljišta. Akumulirana voda koristit će se istovremeno i za stalno navodnjavanje oko 100 hektara poljoprivrednog zemljišta tog područja.

Prognoza potroška energetskog goriva u elektrivredi SAD za 1970. Američki časopis »Electrical World« (Vol. 159 No. 9) objavio je podatke svoje ankete o količini potroška energetskih goriva u elektroprivredi SAD, kako za 1962. tako i prema postojećim predviđanjima, za 1970. U tablici broj 1 dati su podaci po energetskim regionima SAD za ugljen, naftu i plin. Količine su svedene u ugljene short tone. (1 short tona = 907,185 kg).

Prognoza potroška fosilnih goriva u elektroprivredi SAD po energetskim regionima u short megatonama

Tablica 1

	Ugljen		Nafta		Plin	
	1962	1970	1962	1970	1962	1970
1. New England	6,8	16,1	4,0	4,2	0,4	0,4
2. Middle Atlantic	34,8	55,2	7,0	8,8	4,2	3,0
3. East North Central	74,6	110,1	0,3	0,3	3,0	3,4
4. West North Central	12,6	19,3	0,4	0,4	11,2	15,6
5. South Atlantic	32,5	57,2	4,8	11,4	5,5	5,9
6. East South Central	28,0	53,4	0,0	0,0	2,1	3,1
7. West South Central	0,0	0,0	0,0	0,0	32,5	56,5
8. Montain	3,7	16,7	0,5	0,6	6,1	4,2
9. Pacific	0,0	0,0	5,0	13,3	17,0	23,9
Ukupno SAD	193,0	328,0	22,0	39,0	82,0	116,0
Prosječne godišnje stope porasta	7%		10%		4%	
Udio pojedinog nosioca energije	65%	68%	7%	8%	28%	24%

Tom prilikom se napominje, da iako će atomske elektrane u tom razdoblju ostvariti svoj najveći porast proizvodnje, njihov udio u ukupnoj proizvodnji električne energije iznosit će 1970. tek nepunih 2%. Čak se ni taj procenat udjela neće postići ako se ostvare one okolnosti u eksploataciji i upotrebi ugljena koje će utjecati na sniženje njegove cijene. Te okolnosti su: izgradnja termoelektrana u ugljenim bazenima, izgradnja mreže najvišeg napona u cilju povezivanja odvojenih elektroenergetskih sistema u koordiniranu kooperativnu proizvodnju, noviteti u željezničkom transportu (posebni vlakovi za ugljen, dugoročni ugovori o transportu), nove uštede na području utovara i istovara na pruzi odnosno na pristaništima, upotreba većih brodova i osiguranje povratnog tovara te ostale racionalizacije kod vodnog transporta i konačno transport ugljenog mulja cjevovodima (ugljeni mulj je smjesa 60% ugljene prašine i 40% vode).

Ugovori naših organizacija s IAEO. Institut »Jaroslav Černi« u Beogradu sklopio je nedavno ugovor s IAEO (Međunarodna organizacija UN za atomsku energiju) o provođenju metoda za mjerenje kretanja taloga u vodnim tokovima pomoću radioindikatora. IAEO je dala potrebni materijal i opremu u vrijednosti od 6.800 dolara. Rezultati ispitivanja će se koristiti prilikom izgradnje brane Hidroelektrane Đerdap.

Drugim ugovorom predviđena je pomoć IAEO u iznosu od 15.400 dolara za studije u vezi radioaktivnih otpadaka slabe aktivnosti iz laboratorija i industrijskih postrojenja, apsorbiranih od riba i drugih vodenih organizama koji služe za ishranu. Ova ispitivanja će se vršiti u Rovinju i bit će usklađivana s istraživanjima vršenim u Oceanografskom institutu IAEO u Monaku.

3 milijuna DM za racionalizatorske prijedloge. 99 poduzeća Zapadne Njemačke isplatila su u toku 1962. godine 3 milijuna DM nagrada za 20.756 upotrebljivih od ukupno 51.000 podnesenih racionalizatorskih prijedloga. Dok na 1005 zaposlenih u Zapadnoj Njemačkoj dolazi samo 31 racionalizatorski prijedlog, u SAD ih dolazi 400.

Simpozij na temu pokrića vršnog opterećenja. Pod pokroviteljstvom ECE (The United Nations Economic Commission for Europe = Ekonomska komisija Ujedinjenih nacija za Evropu) održan je u Veneciji od 20. do 23. maja 1963. simpozij na temu pokrića vršnog opterećenja. Simpoziju su prisustvovale gotovo sve evropske zemlje. Raspravljalo se o pokriću vršnog opterećenja sistema Evrope.

Proizvodnja električne energije u Rumunjskoj 1962. U toku 1962. elektroprivreda Rumunjske proizvela je 10,1 TWh prema 8,6 TWh iz 1961. U proizvodnji 1961. hidroelektrane su dale 0,4 TWh, iako Rumunjska raspolaže ne malim hidroenergetskim potencijalom. Ovaj se počinje sistematski iskorištavati. Na samoj Bistrici je planirana izgradnja 12 hidroelektrana.

Indija gradi svoju najveću hidroelektranu. Uz pomoć Sovjetskog Saveza Indija gradi svoju najveću hidroelektranu. Elektrana se gradi na desnoj obali rijeke Sutlej kod Bakhra u državi Pandžab i imat će 5 turboagregata po 120 MW. Gradnja će trajati samo dvije godine pa će elektrana biti stavljena u pogon 1965.

Ulazi u pogon prvi 500 MW agregat termoelektrane West Burton od 2000 MW. West Burton, prva britanska termoelektrana u Midlandu snage 2000 MW, ulazi sa svojim prvim agrega-

tom od 500 MW u pogon. Da se ne bi narušila harmoničnost izgleda tamošnjeg pejzaža – a imajući u vidu da oko ne može odjednom zamijetiti više od pet objekata – osam rashladnih tornjeva ove elektrane izgrađeno je u dva bloka od po četiri tornja. Na taj način dobile su se tri osnovne mase objekta: glavna zgrada i dvije grupe rashladnih tornjeva. Osim toga, da bi se uklonila monotonija sive boje, betonski tornjevi su obojeni i to po dva tornja crnom a po jedan toranj žutom bojom u svakom bloku.

Opterećenje istočnoevropskog elektroenergetskog sistema. U zimskom periodu 1962. godine opterećenje istočnoevropskog elektroenergetskog sistema dostiglo je 17.000 MW. Predviđa se da će opterećenje do 1965. dostići 34.000 MW. Za sada postoje ove veze u sistemu: DR Njemačka — Poljska (220 odnosno 110 kV), DR Njemačka — Čehoslovačka (220 kV), Čehoslovačka — Poljska (220 kV), Čehoslovačka — Mađarska (220 kV) i Zapadna Ukrajina — Mađarska (220 kV). Elektroenergetski sistemi Rumunjske i Bugarske bit će do 1965. godine radijalno spojeni s integriranim elektroenergetskim sistemom istočne Evrope s vodovima 380 odnosno 220 kV napona.

Elektroprivreda Tokija gradi atomsku elektranu 350 MW. Elektroprivredno poduzeće grada Tokija izgradit će atomsku elektranu snage 350 MW. Izgradnja ove atomske elektrane samo je dio velikog plana izgradnje atomskih elektrana šest vodećih elektroprivrednih poduzeća Japana. U toku izrade plana ova poduzeća su imala i podršku vlade. Do 1975. godine izgradit će se prema tom planu 1570 MW atomskih elektrana. Stručni krugovi Japana ocjenjuju da će atomske elektrane već 1967. godine konkurirati parnim i hidroelektranama. Prema njihovim kalkulacijama troškovi proizvodnje električne energije iz atomskih elektrana kretat će se između 2,90 do 3,30 jena po kilovatsatu. Pod uvjetima istih tržnih cijena troškovi proizvodnje električne energije iz elektrana na teško ulje iznosit će 2,80 jena dok će u parnim elektranama iznositi 4,0 jena po kilovatsatu.

SAD daju obogaćeni uranij Kongu i Pakistanu. SAD su saopćile Međunarodnoj agenciji za atomsku energiju (IAEO) da će preko nje besplatno dati obogaćenog uranija u vrijednosti od 50.000 dolara za dva istražna reaktora u Kongu i Pakistanu. Kongo će za svoj reaktor u Leopoldvilleu dobiti 20%-tno obogaćeni uranij kao dodatno gorivo. Pakistan će dobiti 90%-tno obogaćeni uranij za istražni reaktor koji će se izgraditi u Ravalpindiu.

Na generalnoj konferenciji IAEO 1962. godine SAD su ponudile besplatno dati obogaćenog uranija u vrijednosti od 50.000 dolara za ostvarenje onih projekata s kojima će se saglasiti IAEO. Kongo i Pakistan su dobile gornju pomoć na temelju ove ponude SAD i zaključka IAEO.

Skandinavske zemlje osnovale svoju asocijaciju za interkoneksiju i proizvodnje električne energije. U Kopenhagenu osnovano je udruženje NORDEL za povezivanje proizvodnje električne energije nordijskih zemalja (Danske, Norveške, Islanda, Švedske i Finske). Predsjednik NORDEL-a je Norvežanin Carl Berner Bluydt a njegov zamjenik je Danac Carl Andersen. Danska, Švedska, Norveška i Finska zastupane su svaka sa 4 delegata, a Island s 2 delegata.

Šesti svjetski kongres nafte. Od 19. do 26. juna 1963. održan je u Frankfurtu na Rajni šesti Svjetski kongres nafte povezan istovremeno s međunarodnom izložbom.

Investicije elektroprivrede Irske. Irski »Electricity Supply Board« utrošit će 50 milijuna funti sterlinga za proširenje svoje elektroenergetike za 70 %. U naredne dvije godine izgradit će se dvije nove elektrane dok će se ostale proširiti. Između Dublina i Corka izgradit će se novi dalekovod napona 220 kV. Od 1953. potrošak električne energije Irske se utrostručio. U 1962. ostvarena je stopa porasta od 12 %.

Rumunjska gradi dalekovod napona 400 kV. U svrhu priključenja na elektroenergetske sisteme Sovjetskog Saveza, Mađarske, Čehoslovačke, Poljske i Istočne Njemačke, Rumunjska gradi dalekovod između Ludusa i Halmeua napona 400 kV i duljine 400 km.

Švicarska. Švicarska je forsirala izgradnju svojih hidroelektrana s godišnjim akumulacijama. Ove su joj omogućile da u toku zimskih mjeseci 1961. podmiri povećanu tražnju svojih potrošača bez uvoza električne energije. Kapacitet godišnje akumulacije švicarskih hidroelektrana iznosio je 1960. godine 4080 GWh. U 1961. godini porastao je na 4400 GWh. Krajem septembra 1961. akumulirano je 4100 GWh, čime je ostvareno punjenje s 93 %.

Kako će ekonomski-iskoristivi hidroenergetski potencijal Švicarske biti u skoroj budućnosti potpuno izgrađen, razmatra se mogućnost podizanja tzv. dvovlasničkih termoelektrana u energetskim regionima susjednih zemalja. Švicarska bi financirala ugovoreni dio izgradnje takve termoelektrane, a partner iz susjedne zemlje bi se obvezao isporučivati ugovorenu količinu električne energije u ugovoreno vrijeme po vlastitoj cijeni koštanja proizvodnje. Ova cijena je niža od cijene za hidroelektričnu energiju iz vlastitih akumulacionih hidroelektrana pa bi i troškovi proizvodnje zimske energije bili niži. Pri tome se misli na konvencionalno energetsko gorivo [ugljen, nafta i eventualno zemni plin] a ne na atomsku energiju, [koja još nije ekonomski-konkurentna ostaloj energiji], jer je mogućnost buduće opskrbe konvencionalnim energetskim gorivom mnogo veća, nego što se prije nekoliko godina mislilo i s bojazni ukazivalo na predstojeću krizu, s obzirom na sve veće potrebe privrede u ekonomskom rastu i razvoju. Zbog toga su i Velika Britanija, SSSR i zemlje Evroatom smanjile svoje planove izgradnje atomskih elektrana.

Rast privrednog potencijala SSSR u odnosu na SAD. Dinamika razvoja proizvodnje SSSR u odnosu na SAD = 100 izražena indeksima:

	1955	1961
čelik	43	70
ugljen	76	117
nafta	21	47
električna energija	25	35

Porast je zabilježen i na drugim područjima proizvodnje kao: teretni automobili, cement, pamučne tkanine, kožna obuća i dr.

Realne cijene električne energije – sredstvo za podizanje energetske baze zemalja u razvoju. »Harvard-Law-School« je za potrebe Ekonomske komisije UN, a u vezi zajma Svjetske banke zemljama Latinske Amerike, izradio ekonomsku studiju prema kojoj je za zemlje u razvoju povoljnija politika viših cijena električne energije. Realna cijena električne energije u tim zemljama je najbolje sredstvo za podizanje energetske baze.

UCPTE [Udruženje za koordinaciju proizvodnje i prijenosa električne energije Zapadne Evrope]. Prema ustanovama Statuta ovog udruženja (u koje su učlanjena veća elektroprivredna poduzeća Austrije, Belgije, Francuske, Italije, Luksemburga, Nizozemske, Švicarske i Zapadne Njemačke) uprava se mijenja svake dvije godine. Skupština UCPTE izabrala je 1. januara 1962. nove članove uprave. Novi predsjednik je prof. J. C. van *Staveren*, direktor N. V. Samenwerkende Electriciteits-Productiebetrijven [SEP, Nizozemska], Arnhem. Sekretarijat UCPTE povjeren je dipl. ing. A. van *Ganswijku*, također iz SEP, Arnhem. Za potpredsjednika UCPTE izabran je Generalni direktor Saveznog elektroprivrednog poduzeća Austrije »Verbundgesellschaft« iz Beča dipl. ing. Franz *Hintermayer*, a za predsjednika Užeg odbora Skupštine [Comité restreint] izabran je Jacques de *Schaetzen* iz CPTE, Bruxelles [belgijsko udruženje za koordinaciju proizvodnje i prijenosa električne energije]. Predsjednici radnih grupa stručnjaka za pitanja pogona kooperativne proizvodnje, za hidroenergetska pitanja i za termoelektrane su ostali isti.

Na svojoj prvoj sjednici održanoj u Heidelbergu januara 1962. uži je odbor Skupštine raspravljao o liberalizaciji dugoročnih dobava električne energije, o suradnji s drugim organizacijama, o prijemu novih članova u udruženje, o energetskoj situaciji udruženih elektroprivreda i sl. Aktuelnu studiju problema kooperativnog pogona prstenasto zatvorene mreže, stavio je u zadatak Radnoj grupi za pogonska pitanja.

Velika Britanija. U toku niza proteklih godina, Velika Britanija je podmirivala svoje energetske potrebe vlastitim zalihama kamenog ugljena. Energetske potrebe zadnjih godina toliko su porasle, da ih se iz tehničkih i ekonomskih razloga ne može više podmirivati raspoloživim ugljenom. Budući da naspolaže s dosta ograničenim hidroenergetskim potencijalom, Velika Britanija je bila prisiljena, među prvima, razvijati primjenu atomske energije u privredne svrhe. Pored ovih, izgrađuje velike termoelektrane, i do 2000 MW, na pogon s naftom, koju dobavlja uglavnom iz zemalja Bliskog Istoka. Kao treći novi izvor energije planira se zemni plin koji bi se – prerađen u tekuće stanje – uvozio iz Sahare. U tu svrhu se izgrađuju dva specijalna broda-tankera po 12.000 neto-nosivih tona, dugih 610 i širokih 80 stopa. Ova veličina odgovara tankerima za naftu s 28.000 neto-nosivih tona. Razlika u nosivosti uzrokovana je specifičnom težinom metana u tekućem stanju. Tankeri će biti dovršeni sredinom 1964.

NOVE KNJIGE I ČASOPISI

B u c h o l d - H a p p o l d t: *Elektrische Kraftwerke und Netze.* 4. izdanje. Izdavač Springer - Verlag, Berlin / Göttingen / Heidelberg 1963; 622 strana, 618 slika, format 24 × 16,5 cm.

Izdanje ove knjige iz 1938. vrlo je dobro poznato našim stručnjacima, jer je prevedeno na naš jezik 1949. Ovo novo, 4. izdanje, potpuno je modernizirano i nešto prošireno, ali raspored materijala ostao je potpuno isti. Knjiga obrađuje u sažetom obliku cijelo područje proizvodnje, prijenosa i razdiobe električne energije, pa inženjeri iz prakse i studenti mogu na jednom mjestu naći obrađena sva bitna tehnička pitanja iz oblasti elektroprivrede.

Nakon općenitog osvrta na dobavu električne energije, knjiga počinje obradom elektrana. Uz normalne izvedbe, tu su obuhvaćene i pumpno-akumulacione elektrane kao i elektrane sa cijevnim turbinama.

U posebnom poglavlju o generatorima obrađeni su turbo i hidrogeneratori kao i asinhroni generatori. Prema ranijem izdanju treba ovdje istaknuti dodatak o transduktorskim pojačalima i uzbudi pomoću suhih i živinih ispravljača.

Poglavlje o transformatorima prošireno je štednim transformatorima.

Vrlo sistematski je prikazana zaštita generatora i transformatora, a poglavlje je ilustrirano preglednim shemama.

Niz navedenih poglavlja završava osnovnim shemama elektrana.

Zatim slijede poglavlja o vodovima. Dio o izoliranim vodičima i kabelima znatno je moderniziran i proširen dijagramima i tabelama te obradom uljnih i signalnih kabela.

Naročito je opširno obrađena materija o elementima rasklopnih postrojenja i postrojenjima u cjelini. Tu je umetnuto potpuno novo poglavlje o telekomunikacijama, daljinskim mjerenjima i daljinskom upravljanju u elektroprivredi. Iznošenje ove materije, koja inače spada u područje slabe struje, u sažetom obliku naročito je prikladno za elektroprivredne stručnjake.

Kod promatranja kvarova u mreži opisane su sve vrste zaštite od prevelikih struja, a učinjen je također osvrt na zaštitu od prenapona i koordinaciju izolacije.

Kraj knjige posvećen je proračunima. Iznesen je proračun mreža koji obuhvaća i posebne proračune konstanata i prilika na vodovima. Uz proračun kratkog spoja, koji je obrađen prema propisima VDE, dan je također kratak pregled teorije simetričnih komponenata.

Posljednje je poglavlje posvećeno problemu opasnih napona dodira i koraka te mjerama zaštite od njih.

Iz iznesenog sadržaja proizlazi, da će knjiga vrlo dobro doći svakome tko želi dobiti opći uvid u neku od tehničkih grana elektroprivrede.

B. Markovčić

G. P u s c h m a n, R. D r a h t: *Die Grundzüge der technischen Wärmelehre.* Sedamnaesto prerađeno izdanje, 365 strana, 182 slike, jedna i-s tablica, 144 numerička primjera. Izdavač VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 1963. Cijena 14,50 DM.

Knjiga je Tehnička termodinamika, koja je prošla sedamnaest izdanja. Sadrži pregled savremenih istraživačkih dostignuća na tom području i njihove praktične primjene rezultata. Tehnička termodinamika je jedna od osnova za ekonomičnu primjenu energije. Za svakog stručnjaka, koji djeluje na području energetike neophodno je potrebno da poznaje termodinamiku i njezine osnove. U ovom izdanju nova su poglavlja o mlaznim motorima i osnove eksergije. Djelo je namijenjeno tehničarima, inženjerima, konstrukterima energetskih postrojenja. Priznato je kao udžbenik za stručne škole.

J. Lucati

STATISTIČKI ENERGETSKI IZVJEŠTAJ

ZA MJESECE SRPANJ i KOLOVOZ 1963.

Proizvodnja i razmjena električne energije SR Hrvatske

Mjeseci	Proizvodnja na generatoru MWh						Razmjena			Ukupno (5-9)
	Elektrane u sistemu		Industrijske elektrane		Ukupno		Slovenija	Bosna i Hercegovina	Mađarska	
	HE	TE	HE	TE	HE	TE				
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9. 1962.	126674	26118	216	18689	126890	44807	94038	— 38576	— 5416	221743
10. 1962.	113337	43484	195	20947	113532	64431	70589	— 12870	1868	237550
11. 1962.	163487	26638	1694	19248	165181	45886	26631	4438	— 3910	238226
12. 1962.	226207	27178	1987	14928	228194	42106	— 28048	36688	449	279389
Ukupno 1962.	1888431	233412	14945	189327	1903412	422739	490868	27809	— 39807	2805021
1. 1963.	254631	43118	2000	13479	256631	56597	— 50364	32044	— 2429	292479
2. 1963.	215270	60598	1535	13228	216805	73826	— 61278	50215	— 1737	277831
3. 1963.	225845	51341	1870	14197	227715	65538	— 45878	44033	— 6501	284907
4. 1963.	238659	22006	1867	11136	240526	33142	— 3675	8715	— 15694	263014
5. 1963.	161874	20652	1389	14895	163263	35547	49170	23339	— 17068	254251
6. 1963.	152132	29551	1591	13810	153723	43361	46280	26271	— 19382	250253
7. 1963.	101170	74661	847	14269	102017	88930	60906	4567	— 9617	246803
8. 1963.	119639	70772	659	16052	120298	86824	71400	— 14844	49	263727
Ukupno 1 — 8. 1963.	1469220	372699	11758	111066	1480978	483765	66561	174340	— 72379	2133265

Pogonski pokazatelji elektrana SR Hrvatske za mjesece srpanj i kolovoz 1963.

Obilježje elektrana		Naziv elektrane	Raspoloživa snaga MW	Proizvodnja u MWh			Indeks[1]			Iskorišćenje %[2]		Utrošak topline kcal/kWh	
				Srpanj	Kolovoz	Od početka godine	Srpanj	Kolovoz	Od početka godine	Srpanj	Kolovoz	Srpanj	Kolovoz
a		b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Elektrane u sistemu	HE	Vinodol-Fužine	78,9	2511	4451	61141	287,0	130,3	72,2	4,3	7,6	—	—
		Gojak	48,0	1716	5468	117279	15,2	542,0	79,6	4,8	15,3	—	—
		Ozalj	5,1	580	1406	16009	34,8	907,1	94,8	14,7	32,0	—	—
		Kraljevac	67,0	2715	39	97692	144,7	10,3	112,5	5,8	0	—	—
		Peruća	42,0	13287	14210	111480	140,8	90,6	133,5	44,2	47,3	—	—
		Split	108,0	73209	85397	936120	144,3	91,2	131,6	45,5	53,1	—	—
		Manojlovac	20,5	7732	6232	93815	147,2	162,2	111,3	43,0	34,8	—	—
		Jaruga	5,5	3363	2149	28457	202,8	216,0	117,2	83,7	53,5	—	—
	TE	Zagreb TO*	...	49421	46103	232956	—	—	—	...	...	...	...
		Zagreb	17,0	—	—	4883	—	—	—	—	—	—	—
		Jertovec	36,0	22439	20713	112903	153,7	109,0	108,3	75,8	66,6	4418	4393
		Vlaška	8,0	2801	3956	15355	210,3	643,0	614,0	47,1	66,3	4960	4700
		Rijeka	7,2	—	—	4420	—	—	—	—	—	—	—
Industrijske elektrane	TE	Jugovinil, Split	17,4	1720	2004	13088	138,4	130,6	112,9	13,3	15,5	...	...
		Sladorana, Županja	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Jug. komb., Borovo	6,0	392	2039	14448	105,3	102,0	102,8	8,8	45,7	...	...
		Željezara, Sisak	5,5	3577	3630	25658	96,0	99,8	100,4	87,3	88,6	...	...

[1] Indeks u ovoj tablici kao i u svim narednim iskazan je u odnosu na 1962 = 100
[2] Kod hidroelektrana iskazano je iskorišćenje vode, a kod termoelektrana iskorišćenje raspoloživog kapaciteta
* Probni pogon

Energetska bilanca SR Hrvatske za mjesece srpanj i kolovoz 1963.

Elementi energetske bilance	Srpanj		Kolovoz		Od početka god.		Indeks 1962 = 100		
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	Srpanj	Kolovoz	Od početka godine
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proizvodnja elektrana u sistemu	175831	60,1	190411	61,7	1846200	71,4	176,1	136,7	135,3
Proizvodnja industrijskih elektrana	15116	5,1	16711	5,5	122824	4,7	102,6	111,6	97,5
Ukupna proizvodnja na generatoru	190947	65,2	207122	67,2	1969024	76,1	166,7	134,2	131,6
Nabava el. en. od susjed. zajednica	98521	33,8	98004	31,8	612019	23,7	84,1	81,5	100,1
Nabava el. en. iz inozemstva	3028	1,0	3058	1,0	6086	0,2	—	—	904,0
Ukupno raspoloživa električna energija	292596	100,0	308184	100,0	2587129	100,0	126,3	112,0	122,8
Vlast. potr. elektrana u sistemu	7965	2,9	8178	2,6	50328	2,0	265,0	243,0	206,1
Vl. potr. industrijskih elektrana	1511	0,5	1671	0,5	12282	0,5	102,6	111,4	97,1
Ukupno raspolož. na pragu elek.	283120	96,6	298335	96,9	2524519	97,5	124,6	110,4	121,6
(Dobava industr. elektrana sistemu)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(4358)	(0,1)	(. . .)	(. . .)	(92,5)
(Prag elektrana u sistemu)	(269515)	(92,1)	(283292)	(92,0)	(2418335)	(93,4)	(125,6)	(110,0)	(123,0)
Gubici prijenosa u sistemu	17067	5,8	23029	7,4	158566	6,2	107,1	161,1	153,2
Gubici razvoda u sistemu	. . .	. . .	. . .	. . .	102585	4,0	. . .	. . .	67,7
Ukupna predaja el. en. potrošačima	266053	90,8	275306	89,5	2263368	87,3	137,7	122,8	124,4
Od toga:									
Predano susjed. zajednicama	33148	11,3	41448	13,4	371119	14,3	166,3	79,7	151,1
Predano inozemstvu	12645	4,3	3009	1,0	78466	3,0	516,0	50,8	234,4
Industrijska vlastita opskrba	13604	4,7	15040	4,9	110541	4,3	106,6	115,6	101,2
Potrošači u sistemu	206654	70,5	215809	70,2	1703242	65,7	131,2	140,4	119,1
Struktura potrošnje u sistemu — Ukupna predaja potrošačima u sistemu = 100 %									
Kućanstva (domaćinstva)	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Rasvjeta poslov. prostorija	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Rasvjeta društv. prostorija	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Motori i aparati	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Poljoprivredni motori	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Javna rasvjeta	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Preprodavaoci	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Ukupna potrošnja na malo	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Vodovod	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Gradska električna mreža	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Ukupna komunalna velepotrošnja	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Ugljenokopi	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Tvornice cementa	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Ostala opća velepotrošnja	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
kod elektrokemije	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)
kod elektrometalurgije	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)
kod ostalih	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)
Ukupna ostala velepotrošnja	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Karbid	16358	7,9	15623	7,3	93438	5,5	279,0	763,0	105,4
Aluminij	16382	7,9	16457	7,6	129139	7,6	99,5	97,8	101,2
Ostala elektrokemija	3499	1,7	3341	1,5	27215	1,6	113,1	89,6	99,6
(Ukupno elektrokemija)	(36239)	(17,5)	(35421)	(16,4)	(249792)	(14,7)	(142,3)	(156,5)	(102,3)
Ferolegure el. metalurgije	11315	5,5	10187	4,7	100797	5,9	132,0	114,4	115,3
Elektrotoplina	2322	1,1	2687	1,2	25676	1,5	77,0	85,1	110,7
Željeznička električ. vuča	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Melioracije	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Ukupna specijalna velepotrošnja	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .

Proizvodnja električne energije udružene elektroprivrede u SFR Jugoslaviji za mjesece srpanj i kolovoz 1963.

Pokazatelj	Mjesec	SFRJ			Po socijalističkim republikama											
					Hrvatska		Srbija		Slovenija		BiH		Makedonija		Crna Gora	
		Ukupno	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE
Proizvodnja u GWh	7. 1963.	980	525	455	105	75	88	161	185	117	71	95	50	6	26	0
	8. 1963.	974	483	491	120	71	76	179	175	137	60	102	42	3	10	—
Indeks na bazi	7. 1962.	126	109	152	126	458	127	132	88	144	123	129	167	107	90	44
	8. 1962.	121	106	140	101	352	114	131	95	130	143	124	127	43	112	—

Proizvodnja ugljena za mjesece srpanj i kolovoz 1963.

Po podacima »Udruženih ugljenokopa« — sastavio Ing. Franjo Sapač

Vrste ugljena — Područje — Poduzeće	Proizvodnja u tonama			Indeks 1962 = 100		
	Srpanj	Kolovoz	Od početka godine	Srpanj	Kolovoz	Od početka godine
a	1	2	3	4	5	6
Kameni — Istarski ugljenokopi Raša	67410	78070	573140	112,4	114,0	106,4
Mrki						
Hrvatsko Zagorje: Golubovečki ugljen., Golubovec	5648	5705	44466	100,4	102,9	97,0
Rudnik Pregrada	6090	6870	51010	106,3	103,2	111,8
Ostali	4922	5967	39483	104,1	109,4	105,5
Međimurje: Međimurski ugljenokopi M. Središće	13325	14654	107109	95,7	95,5	92,7
Dalmacija: Rudnik Siverić	8715	9870	71138	85,2	87,1	88,3
Ostali	357	450	3914	46,1	57,7	73,8
Ostala područja	2419	2538	23090	86,1	91,1	94,1
Svega mrki	41476	46054	340210	94,5	96,1	95,9
Lignit						
Hrv. Zagorje: Ivanečko-Ladanjski ugljen., Ivanec	30820	33856	354379	100,6	98,8	99,5
Zagorski rudnici, Konjščina	9736	11187	91205	—	—	—
Rudnik lignita Poljanica	5702	7042	46449	—	—	—
Ostali	1716	1798	15828	96,5	69,7	96,1
Bilogora-Podravina: Bilogorski rudnici, Koprivnica[1])	7499	8662	73546	93,2	93,4	95,6
Ostali	3592	3987	34551	72,8	63,1	75,0
Ostala područja	550	478	6794	85,7	106,9	106,3
Svega lignit	59615	67010	522752	87,0	87,2	83,6
Ukupno sve vrste ugljena	168501	191134	1436102	97,2	98,9	94,6

Proizvodnja ugljena i koksa u SFR Jugoslaviji za mjesece srpanj i kolovoz 1963.

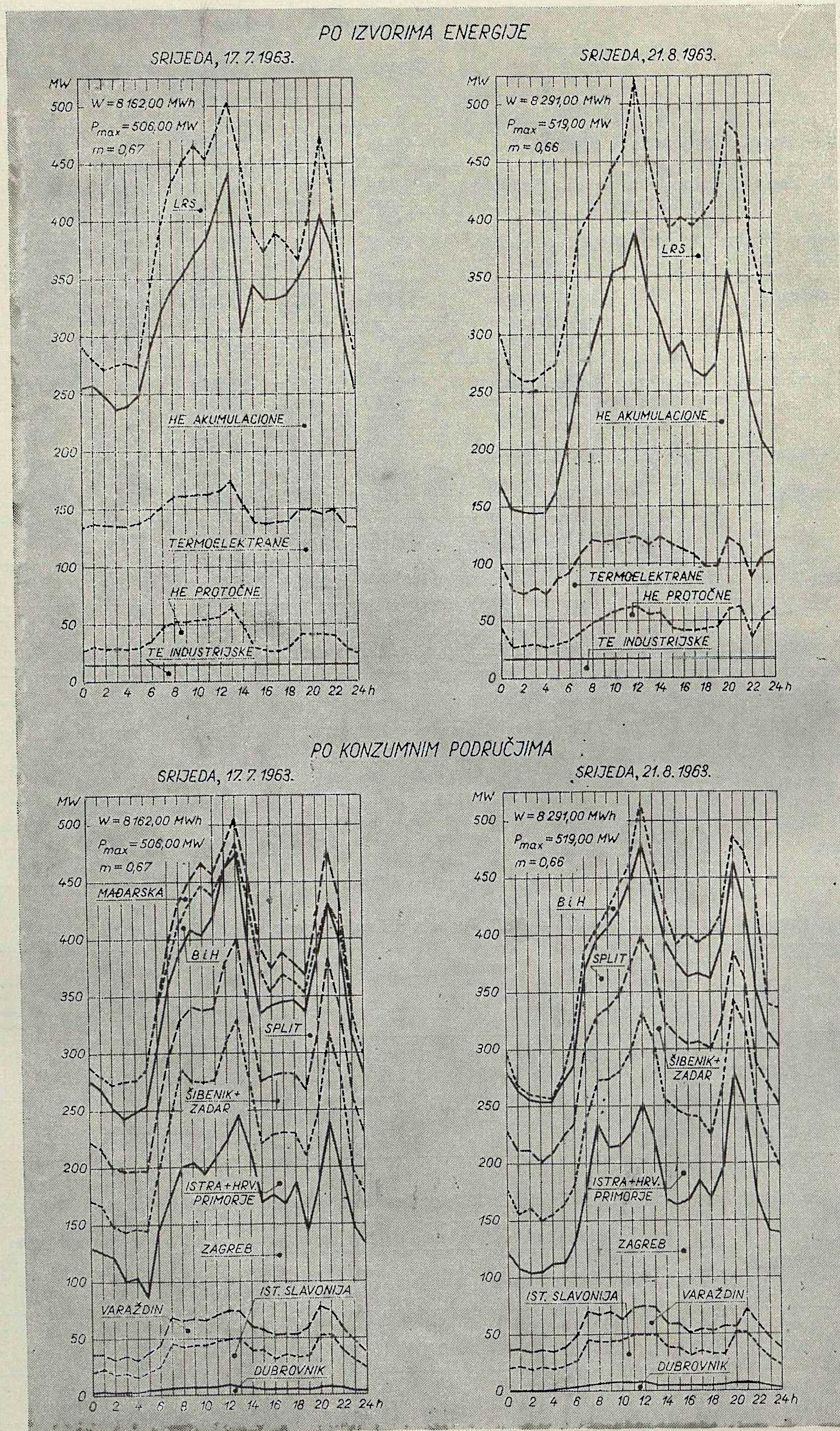
Pokazatelj	Mjesec	Ugljen i koks					
		Ukupno	Kameni	Mrki	Lignit	Uslovni mrki 4000 kalorija	Koks
Proizvodnja u 1000 t	7. 1963.	2311	101	792	1418	1794	97
	8. 1963.	2450	115	840	1495	1909	96
Indeks na bazi	7. 1962.	120	117	113	125	119	102
	8. 1962.	111	116	107	113	110	102

Proizvodnja i prerada nafte u SFR Jugoslaviji za mjesece srpanj i kolovoz 1963.

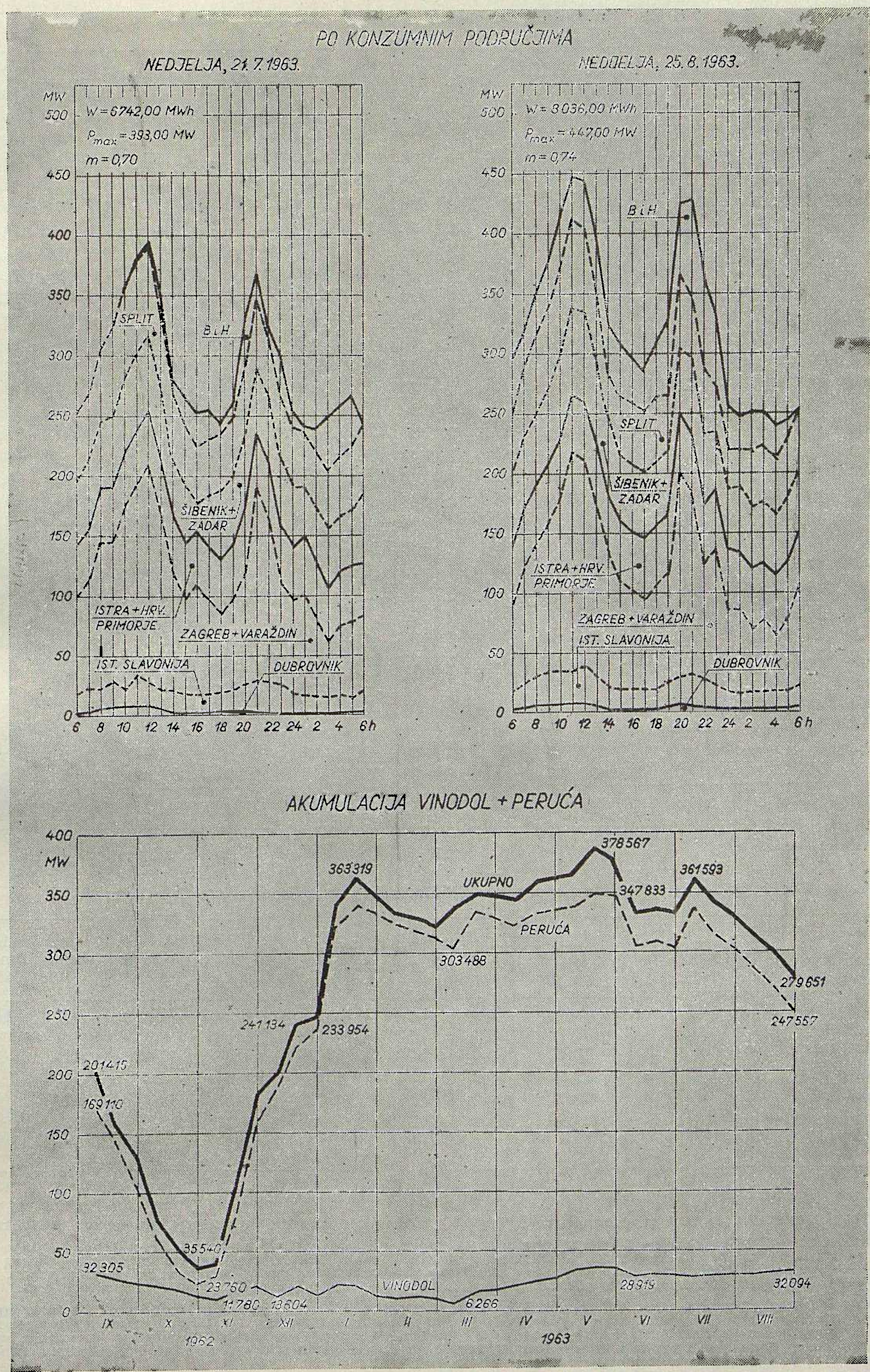
Pokazatelj	Mjesec	Sirova nafta	Zemni plin	Prerada nafte	Benzin	White špirit	Petrolej	Plinsko ulje	Maziva ulja	Ulje za loženje (mazut)
		t	1000 m³	t	t	t	t	t	t	t
Proizvodnja	7. 1963.	152848	13669	150288	27690	654	9339	56079	11685	33641
	8. 1963.	148338	15087	169794	30038	1249	10219	61076	8759	39930
Indeks na bazi	7. 1962.	111	244	111	103	115	143	118	222	86
	8. 1962.	110	275	117	128	135	123	132	87	95

Indeks industrijske proizvodnje u SFR Jugoslaviji za mjesece srpanj i kolovoz 1963.

Mjesec	SFRJ	Po socijalističkim republikama						Po namjeni		
		Srbija	Hrvatska	Slovenija	B i H	Makedonija	Crna Gora	Sredstva rada	Materijal za reprodukciju	Potrošna roba
7. 1962.	91	88	89	95	96	90	87	90	97	83
8. 1962.	101	102	98	106	102	98	89	95	104	100
7. 1963.	110	112	104	109	110	128	116	106	115	102
8. 1963.	117	117	115	119	116	116	127	109	121	114


PO IZVORIMA ENERGIJE
SRIJEDA, 17. 7. 1963.
W = 8 162,00 MWh
Pmax = 506,00 MW
m = 0,67
LRS
HE AKUMULACIONE
TERMOELEKTRANE
HE PROTOČNE
TE INDUSTRIJSKE
SRIJEDA, 21. 8. 1963.
W = 8 291,00 MWh
Pmax = 519,00 MW
m = 0,66
LRS
HE AKUMULACIONE
TERMOELEKTRANE
HE PROTOČNE
TE INDUSTRIJSKE
MW
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24h
PO KONZUMNIM PODRUČJIMA
SRIJEDA, 17. 7. 1963.
W = 8 162,00 MWh
Pmax = 506,00 MW
m = 0,67
MAĐARSKA
BiH
SPLIT
ŠIBENIK+ ZADAR
ISTRA+HRV. PRIMORJE
ZAGREB
IST. SLAVONIJA
VARAŽDIN
DUBROVNIK
SRIJEDA, 21. 8. 1963.
W = 8 291,00 MWh
Pmax = 519,00 MW
m = 0,66
BiH
SPLIT
ŠIBENIK+ ZADAR
ISTRA+HRV. PRIMORJE
ZAGREB
IST. SLAVONIJA
VARAŽDIN
DUBROVNIK

TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 21. 7. i 25. 8. 1963.
AKUMULACIJA VINODOL I PERUČA



Srednji dnevni protoci vode za mjesece srpanj (7.) i kolovoz (8.) 1963. (m^3/sek)

Datum	Cetina								Krka				Lokvarka		Ličanka		Mrežn.-Dobra		Kupa	
	Dotok u akumulaciju Peruća		Ispust iz ak. Peruća Limn. Šilovka		Međudotok Peruća-Prančevići		Ispust iz ak. Prančevići u kor. Cetine		Manojlovac		Jaruga		Vinodol		Vinodol		Gojak		Ozalj	
	7.	8.	7.	8.	7.	8.	7.	8.	7.	8.	7.	8.	7.	8.	7.	8.	7.	8	7.	8.
1	23,0	12	17,0	63	15,0	7	52,0	8	16	9	41	26	—	—	—	—	2,9	1,3	18,6	4,3
2	28,6	23	20,0	57	16,0	8	36,0	8	16	9	40	27	5,4	—	—	—	2,4	1,1	8,5	8,6
3	25,3	20	21,0	63	14,0	8	37,0	8	15	9	36	26	—	—	—	—	21,5	0,8	14,3	7,1
4	33,0	20	39,8	22	14,9	10	16,8	8	14	9	36	26	—	4,8	—	—	24,5	1,4	13,0	7,1
5	27,0	20	38,0	35	11,0	10	12,0	8	14	8	36	26	—	—	—	—	1,3	1,0	12,0	12,9
6	17,0	8	40,0	47	13,0	10	12,0	8	14	8	36	26	—	—	—	—	1,4	0,9	13,0	5,7
7	28,0	13	25,5	50	12,2	8	12,0	8	13	8	36	26	—	—	—	—	2,1	0,9	14,3	5,7
8	23,0	13	41,0	51	12,0	9	11,0	8	13	8	36	25	8,1	38,5	18,9	—	0,8	1,2	12,0	5,7
9	26,4	15	89,5	60	10,5	5	10,5	8	12	8	36	25	1,1	23,9	3,8	44,5	1,6	0,3	12,0	15,7
10	26,0	27	45,0	52	10 0	9	9,0	8	12	8	36	25	—	14,1	9,2	39,6	2,0	4,7	12,0	24,3
11	42,0	26	62,0	38	9,0	8	8,0	8	12	9	33	25	1,1	9,7	1,6	—	1,5	3,0	10,0	21,5
12	30,0	21	59,0	29	8,0	7	8,0	8	12	8	36	26	6,8	8,1	15,8	4,9	1,6	1,3	12,0	24,3
13	25,0	14	63,0	71	8,0	3	8,0	8	12	8	36	26	2,2	14,0	5,3	21,8	1,7	0,5	12,0	14,3
14	26,0	15	38,0	56	12,0	8	8,0	8	12	8	48	25	24,2	106,2	8,1	122,6	3,9	0,2	8,6	31,5
15	26,0	18	47 0	56	11,0	9	8,0	8	14	8	56	25	4,8	20,0	28,6	31,0	13,2	0,8	10,0	50,2
16	19,0	13	63,0	48	10,0	6	8,0	8	14	8	50	25	4,8	10,0	10,3	13,0	6,4	1,2	20,0	38,7
17	19,0	13	63,0	37	10,0	7	8.0	8	13	8	48	24	—	5,4	5,4	10,3	2,7	1,8	14,0	25,8
18	19,0	14	66,0	33	10,0	7	8,0	8	12	8	44	25	1,3	163,0	3,0	404,9	1,9	15,1	8,6	22,9
19	24,0	17	68,0	47	6,0	6	8,0	8	12	16	40	31	18,9	38,0	27,0	209,8	1,3	23,9	10,0	47,3
20	21,0	17	65.0	45	12,0	6	8,0	8	12	13	36	31	8,2	27,1	14,5	57,6	1,6	16,2	10,0	55,9
21	25,0	27	25,0	64	12,0	6	8,0	8	10	11	36	30	14,0	21,2	15,6	47,2	4,7	7,5	12,0	50,2
22	24,0	11	35,0	61	8,0	7	8,0	8	12	11	33	28	18,9	38,0	13.5	70,6	1,9	29,9	13,0	33,0
23	28,0	14	52,0	54	16,0	6	8,0	8	12	9	32	27	—	10,8	7,0	41,8	0,9	23,0	10,0	48,7
24	19,5	16	60,0	49	11,0	7	8,0	8	11	9	32	26	—	21,7	5,4	28,8	0,9	12,4	10,0	41,6
25	24,0	13	46,0	34	12,0	7	8,0	8	10	8	31	26	4,8	18,6	4,3	10,2	1,2	7,1	12,0	25,8
26	21,0	18	38,0	49	11,0	5	8,0	8	10	8	29	25	—	20,6	—	11,3	0,6	4,5	8,6	24,3
27	19,7	11	28,0	76	12,0	4	8,0	8	10	8	32	24	—	14,0	—	8,2	1,7	3,6	7,1	18,6
28	18,0	19	10,0	82	14,0	3	8,0	8	10	8	32	24	0,5	7,1	1,1	5,4	1,7	3,3	4,3	17,2
29	23,2	54	21,0	78	11,0	6	8,0	8	10	11	31	26	—	38,0	—	18,4	0,7	5,8	7,1	18,6
30	14,2	81	73,0	49	9,0	7	8,0	8	10	13	30	54	1,1	16,3	1,6	17,3	1,2	34,2	8,6	43,0
31	17,0	91	73,0	83	9,0	5	8,0	8	9	19	29	65	—	17,3	—	27,1	0,5	38,1	7,1	55,9
M. p.[1]	26,8	22	46,1	53	11,2	7	12,1	8	12	9	37	28	4,1	22,0	6,4	40,2	3,6	8,0	11,1	26,0

[1]M. p. = mjesečni prosjek

Razvoj potrošnje električne energije u SR Hrvatskoj za mjesece srpanj i kolovoz 1963.

Bruto-potrošnja u SR Hrvatskoj	Izvještajni mjesec		Prema prošlom mjesecu		Prema istom mjesecu 1962.		I. do VIII. mj. 1963. prema I. do VIII. mjesecu 1962.		12 mjeseci 1963/62. prema 12 mjeseci 1962/61.	
	Srpanj	Kolovoz	Srpanj	Kolovoz	Srpanj	Kolovoz	Srpanj	Kolovoz	Srpanj	Kolovoz
Ukupno SRH	100,0	100,0	10,4	104,2	120,6	121,0	117	117	114	114
Spec. potrošači	22,3	19,2	97,8	94,0	134,7	130,6	105	107	96	96
Industrija	33,9	65,0	99,0	106,0	126,5	133,0	116	120	114	118
Opća potrošnja	10,0	...	101,5	...	112,5	...	113	...	112	...
Domaćinstva	19,7	...	97,0	...	125,0	...	126	...	124	...

UREDNIŠTVO I UPRAVA. Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37, pošt. pret. 451, telefon 53-822, kućni 452.

IZDAVAČKI ODBOR. Miloš *Damjanić,* glavni direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Horvat,* tehnički savjetnik Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Franjo *Kovač,* direktor ekonomsko-financijskog sektora Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Brajnović,* tehnički direktor Instituta za elektroprivredu, Zagreb, ing. Boris *Markovčić,* glavni urednik »Energije«, ing. Herman *Mattes,* direktor Instituta za elektroprivredu, Zagreb.

UREDNIČKI ODBOR. Glavni i odgovorni urednik: ing. Boris *Markovčić. Urednici rubrika.* Studije i istraživanja: ing. Jakob *Lucati,* ing. Vladimir *Štengl,* ing. Blaž *Uzelac.* Tehnička i pogonska problematika: ing. Ivo *Božin.* Izgradnja elektroenergetskih postrojenja: ing. Stjepan *Reštarević.* Energetsko-dispečerska problematika: ing. Ivan *Tkalčec.* Ekonomsko-financijska problematika: Franjo *Kovač.* Opća problematika i Vijesti: Ivan *Medvedec.* Iz strane stručne literature: prof. ing. Vladimir *Žepić.* Tehnički urednik: ing. Vlatko *Dabac.* Komercijalno i financijsko rukovodstvo: Ernest *Radetić.*

GOD. 12 (1963) energija BROJ 11 — 12

BILTEN ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA HRVATSKE I INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU

SILE MEĐU SABIRNICAMA I STRUJE KRATKOG SPOJA

Hrvoje Požar, Zagreb

Na mehanička naprezanja sabirnica kod kratkog spoja u postrojenjima utječu struje u dvije (dvopolni kratki spoj), odnosno u tri faze (tropolni kratki spoj). Radi međusobnog djelovanja struja u pojedinim fazama ne može se bez detaljnije analize odrediti u kojem slučaju dolazi do najvećih sila. U članku su razmotrene momentane vrijednosti sila kod dvopolnog i tropolnog kratkog spoja, kao i kod dvopolnog kratkog spoja s istodobnim spojem sa zemljom, kako bi se utvrdio slučaj koji je najmjerodavniji za mehaničko dimenzioniranje sabirnica.

DK 621.3

1. Uvod

Znatna mehanička naprezanja sabirnica i drugih vodiča u rasklopnim postrojenjima posljedica su struja kratkog spoja. Za ugrijavanje sabirnica mjerodavna je najveća struja kratkog spoja u jednoj od faza, dok za mehaničko naprezanje utječu struje u dvije (u slučaju dvopolnog kratkog spoja) odnosno u sve tri faze (u slučaju tropolnog kratkog spoja). Radi međusobnog djelovanja struja u pojedinim fazama nije moguće bez detaljnije analize odrediti u kojem slučaju dolazi do najvećih sila među sabirnicama tim više što se u literaturi nailazi na suprotna mišljenja [1; 2]. Da se utvrdi koji je slučaj kratkog spoja mjerodavan za mehaničko dimenzioniranje sabirnica, razmotrene su momentane vrijednosti sila za slučaj dvopolnog i tropolnog kratkog spoja, kao i za slučaj dvopolnog kratkog spoja s istodobnim spojem sa zemljom.

U svim slučajevima polazi se od pretpostavke da se radi o paralelnim vodičima kružnog presjeka relativno malog promjera u odnosu na njihovu međusobnu udaljenost (a), te da je duljina vodiča u odnosu na njihov razmak velika. Tada se može sila po jedinici duljine odrediti prema formuli

$$f = 2\frac{i_1 i_2}{a} 10^{-7} \text{ N/m} \qquad (1)$$

gdje su i_1 i i_2 momentane vrijednosti struja u A, a udaljenost među vodičima u m, pa tada silu dobivamo u newtonima po m (N/m). Ako hoćemo mjesto newtona, kao jedinice za silu, upotrijebiti kilopond (kp), treba (1) množiti s 0,102, jer je 1 N = 0,102 kp. Tada je momentana vrijednost sile

$$f = 2{,}04\frac{i_1 i_2}{a} 10^{-8} \text{ kp/m} \qquad (2)$$

U daljnjim izvodima služit ćemo se relacijom (1).

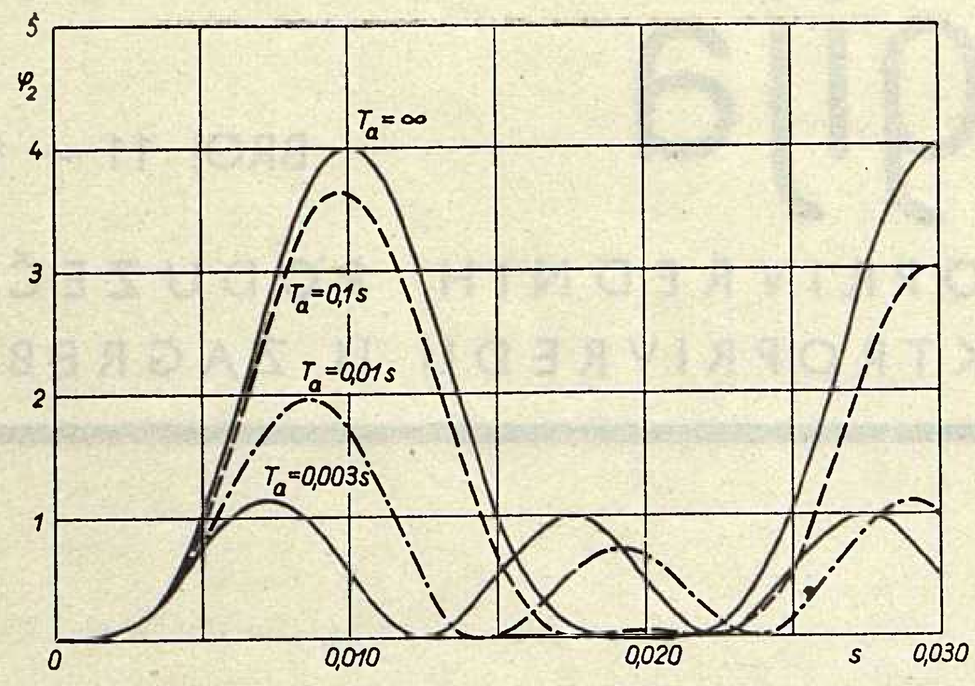
2. Dvopolni kratki spoj

U slučaju dvopolnog kratkog spoja protječu struje kratkog spoja samo kroz dva vodiča, pa uz pretpostavku da je kratki spoj nastao između faza R i S, momentane vrijednosti struja možemo prikazati izrazima

$$i_R = I_{m2} \sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \sin\alpha \qquad (3)$$

$$i_S = I_{m2} \sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \sin\alpha \qquad (4)$$

U tim izrazima I_{m2} je tjemena vrijednost izmjenične komponente struje dvopolnog kratkog spoja, kut α karakterizira momenat nastanka kratkog spoja, dok je T_a vremenska konstanta istosmjerne komponente struje kratkog spoja, koja je proporcionalna s omjerom između reaktancije i djelatnog otpora u nadoknadnoj shemi mreže. Za $\alpha = \pi/2$ kratki spoj je nastao u momentu kad napon prolazi kroz nulu, dok za $\alpha = 0$ nastanak se kratkog spoja poklapa s maksimalnom vrijednošću napona. Kut α prikazuje fazni pomak između napona i izmjenične komponente struje kratkog spoja. Za struju kratkog spoja možemo upotrijebiti navedene izraze, jer praktički razmatramo



Sl. 1. Momentane relativne vrijednosti sila kod dvopolnog kratkog spoja uz različite vremenske konstante (T_a) istosmjerne komponente struje kratkog spoja

samo polovinu periode nakon nastanka kratkog spoja, pa za taj vremenski interval možemo pretpostaviti da ne dolazi do smanjenja izmjenične komponente struje kratkog spoja.

Uzevši u obzir relacije (1), (3) i (4), za momentane vrijednosti sile među sabirnicama dobivamo

$$f_2 = -2\frac{I_{m2}^2}{a}\left[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a}\sin\alpha\right]^2 \cdot 10^{-7}\ \text{N/m} \quad (5)$$

Da izbjegnemo apsolutne vrijednosti, definirajmo momentane vrijednosti sile u odnosu na silu koja djeluje, kad u vodičima teče tjemena vrijednost samo izmjenične komponente struje kratkog spoja. Ta je sila

$$f_{20} = -2\frac{I_{m2}^2}{a}10^{-7}\ \text{N/m} \quad (6)$$

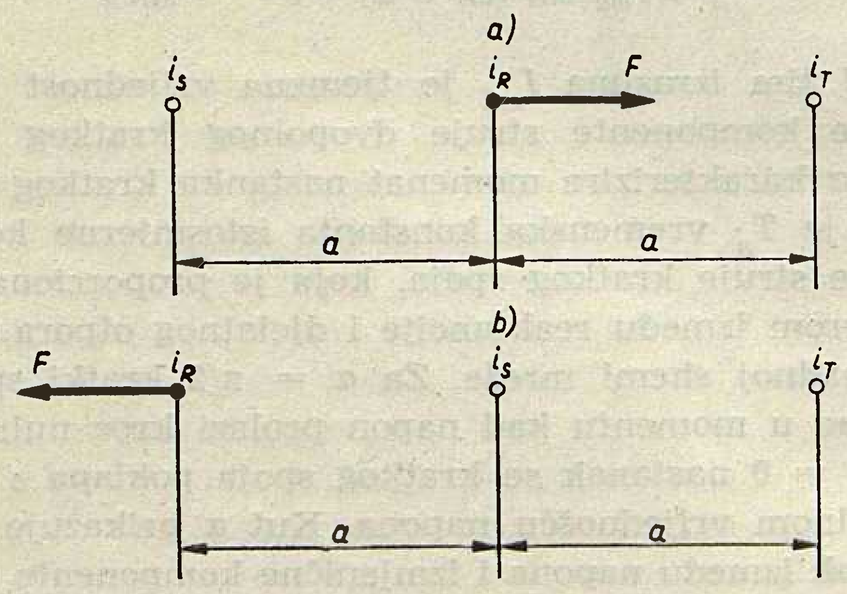
pa su relativne momentane vrijednosti sile

$$\varphi_2 = \frac{f_2}{f_{20}} = \left[\sin(\omega - \alpha) + e^{-t/T_a}\sin\alpha\right]^2 \quad (7)$$

Parcijalnim diferenciranjem dolazi se do uvjeta maksimuma, koji se za određenu vremensku konstantu pojavljuje pri različitim α i nakon različitih trajanja t od nastanka kratkog spoja. Određivanje kuta α i vremena t prikazano je u »Dodatku«. Na sl. 1 prikazana je ovisnost relativne vrijednosti sile o vremenu za nekoliko vremenskih konstanta. Tako dobivamo za

T_a	$\varphi_{2\,max}$
∞	4,00
0,1	3,63
0,01	1,95
0,003	1,13

Navedene vremenske konstante odgovaraju redom omjerima R/X : 0; 0,032; 0,32 i 1,06.



Sl. 2. Sila na srednji (a) i krajnji (b) vodič kod tropolnog kratkog spoja

3. Tropolni kratki spoj

Kod tropolnog kratkog spoja treba razlikovati silu na srednji vodič od sile na krajnji vodič (sl. 2).

Promotrimo najprije silu na srednji vodič. Tada momentanu vrijednost sile određujemo iz relacije

$$f_{3S} = 2\frac{i_R}{a}(i_S - i_T)\,10^{-7}\ \text{N/m} \quad (8)$$

jer uz isti smjer struja u fazama S i T sile na vodič faze R djeluju u suprotnom smjeru. Uz već navedene pretpostavke momentane vrijednosti struja u fazama za slučaj tropolnog kratkog spoja možemo prikazati relacijama

$$i_R = I_{m3}\left[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a}\sin\alpha\right] \quad (9a)$$

$$i_S = I_{m3}\left[\sin\left(\omega t - \alpha - \frac{2}{3}\right) + e^{-t/T_a}\sin\left(\alpha + \frac{2}{3}\right)\right] \quad (9b)$$

$$i_T = I_{m3}\left[\sin\left(\omega t - \alpha + \frac{2}{3}\right) + e^{-t/T_a}\sin\left(\alpha - \frac{2}{3}\right)\right] \quad (9c)$$

Uvrštavanjem u (8), te nakon raspravljanja sinusâ zbroja i razlika, dobivamo

$$f_{3S} = -2\sqrt{3}\frac{I_{m3}^2}{a}\left[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a}\sin\alpha\right] \cdot$$
$$\cdot\left[\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a}\cos\alpha\right]10^{-7}\ \text{N/m} \quad (10)$$

Tjemena je vrijednost izmjenične komponente struje tropolnog kratkog spoja

$$I_{m3} = \sqrt{2}\frac{V}{X_d''} \quad (11)$$

Uzevši u obzir da je

$$I_{m2} = \sqrt{2}\frac{\sqrt{3}\,V}{X_d'' + X_i}, \quad (12)$$

gdje je X_d'' početna reaktancija u direktnom sistemu, a X_i inverzna reaktancija, te da je praktički uvijek $X_d'' \cong X_i$, relativnu momentanu vrijednost sile na srednji vodič možemo prikazati izrazom

$$\varphi_{3S} = \frac{f_{3S}}{f_{20}} = \frac{4}{\sqrt{3}}\left[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a}\cdot\sin\alpha\right] \cdot$$
$$\cdot\left[\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a}\cdot\cos\alpha\right] \quad (13)$$

U »Dodatku« je prikazan izvod za određivanje kuta α i vremena t kada sila na srednji vodič postiže

maksimalnu vrijednost. Na sl. 3 prikazana je ovisnost relativne vrijednosti sile o trajanju kratkog spoja za već spomenute vremenske konstante. Maksimalne relativne vrijednosti sile iznose za

T_a	$\varphi_{3\,smax}$
∞	4,61
0,1 s	4,20
0,01 s	2,24
0,003 s	1,30

Za momentanu vrijednost sile na krajnji vodič (sl. 2 b) možemo postaviti

$$f_{3v} = 2\frac{i_R}{a}\left(i_S + \frac{i_T}{2}\right) 10^{-7}\ \text{N/m}, \qquad (14)$$

jer sada uz isti smjer struja u fazama S i T i sila na vodič faze R djeluje u istom smjeru. Nakon uvrštavanja izraza za struje (9) i sređivanje dobivamo

$$f_{3v} = -\frac{I_{m3}^2}{a}\left\{\frac{3}{2}[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a}\cdot\sin\alpha]^2 + \right.$$

$$+\frac{\sqrt{3}}{2}[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a}\sin\alpha]\cdot$$

$$\left.\cdot[\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a}\cdot\cos\alpha]\right\} \qquad (15)$$

Uzevši u obzir (11), (12) i (6) dobivamo za relativnu momentanu vrijednost sile na vanjski vodič u slučaju tropolnog kratkog spoja

$$\varphi_{3v} = \frac{f_{3v}}{f_{20}} = [\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a}\cdot\sin\alpha]^2 +$$

$$+\frac{1}{\sqrt{3}}[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a}\cdot\sin\alpha]\cdot$$

$$\cdot[\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a}\cdot\cos\alpha] \qquad (16)$$

U »Dodatku« je prikazan izvod za određivanje kuta α i vremena t kada sila postiže maksimalnu vrijednost, dok su na sl. 4 ucrtane momentane vrijednosti sila za nekoliko vremenskih konstanta T_a. Maksimalne vrijednosti sila iznose za

T_a	$\varphi_{3\,vmax}$
∞	4,31
0,1 s	3,92
0,01 s	2,10
0,003 s	1,22

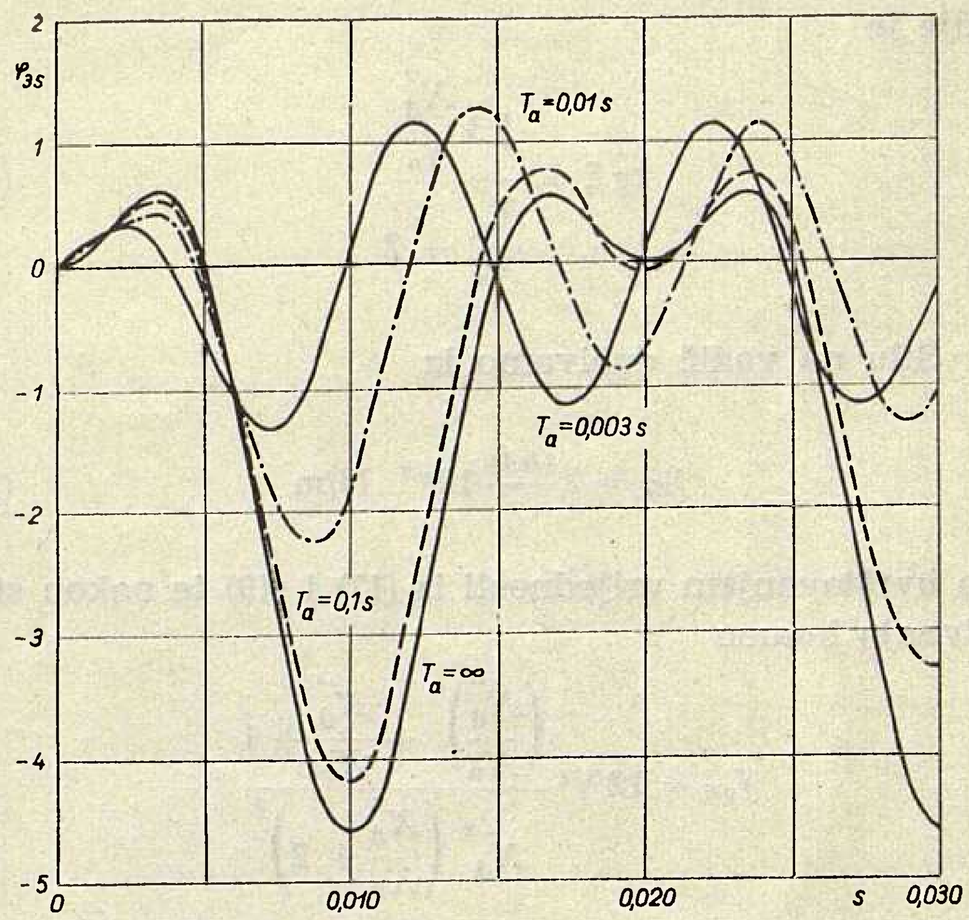
4. Dvopolni kratki spoj s istodobnim spojem sa zemljom

U slučaju dvopolnog kratkog spoja s istodobnim spojem sa zemljom struje u fazama, između kojih je došlo do kratkog spoja, možemo prikazati relacijama

$$i_R = I_{m2Z}[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a}\cdot\sin\alpha] \qquad (17a)$$

$$i_S = I_{m2Z}[\sin(\omega t - \alpha - \psi) + e^{-t/T_a}\cdot\sin(\alpha + \psi)] \qquad (17b)$$

gdje je I_{m2Z} tjemena vrijednost izmjenične komponente struje, a ψ kut između struje u dvjema fazama (sl.



Sl. 3. Momentane relativne vrijednosti sila na srednji vodič (sl. 2a) kod tropolnog kratkog spoja uz različite vremenske konstante (T_a) istosmjerne komponente struje kratkog spoja

5). Tjemena je vrijednost struje

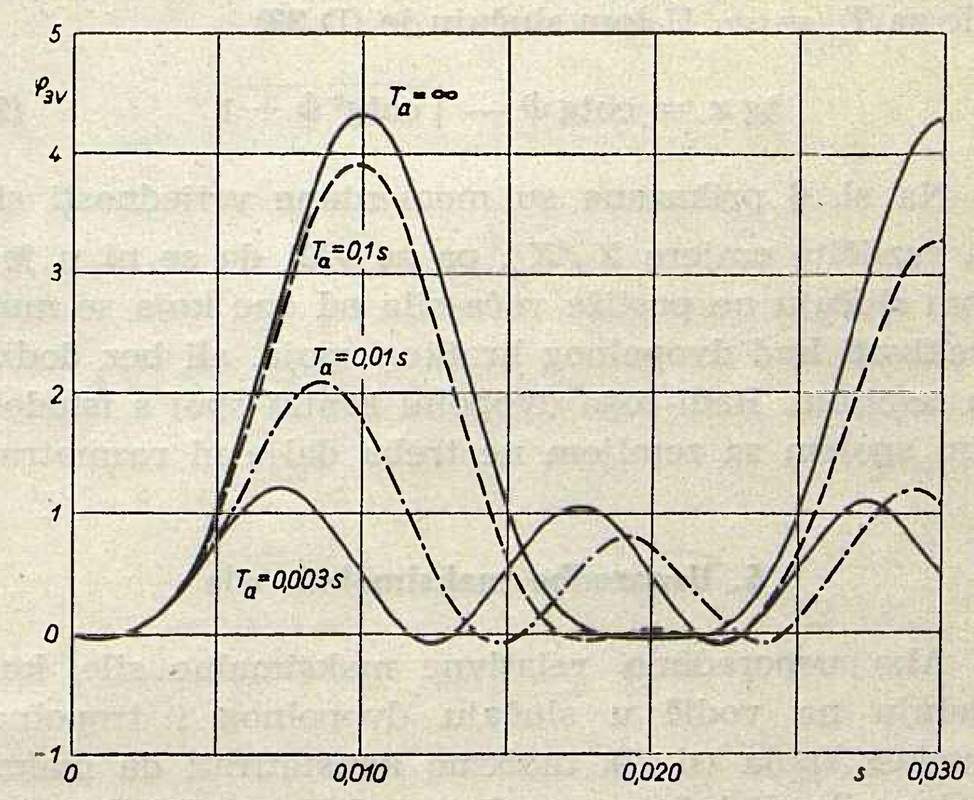
$$i_{m2Z} = \sqrt{2}\sqrt{3}\,V\frac{\sqrt{\left(\frac{X_1}{X_0}\right)^2 + \frac{X_1}{X_0} + 1}}{X_d''\frac{X_1}{X_0} + X_d'' + X_1} \qquad (18)$$

gdje je X_0 reaktancija u nultom sistemu. Ako uzmemo u obzir da je $X_1 \cong X_d$ dobivamo

$$I_{m2Z} = \sqrt{6}\,V\frac{\sqrt{\left(\frac{X_d''}{X_0}\right)^2 + \frac{X_d''}{X_0} + 1}}{X_d''\left(\frac{X_0''}{X_0} + 2\right)} \qquad (19)$$

Za kut ψ možemo postaviti (sl. 5))

$$\psi = \pi - 2\xi, \qquad (20)$$



Sl. 4. Momentane relativne vrijednosti sila na krajnji vodič (sl. 2b) kod tropolnog kratkog spoja uz različite vremenske konstante (T_a) istosmjerne komponente struje kratkog spoja

gdje je

$$\operatorname{tg}\xi = \frac{\sqrt{3}\,\dfrac{X_d''}{X_o}}{\dfrac{X_d''}{X_o} + 2} \tag{21}$$

Silu na vodič dobivamo iz

$$f_{2Z} = 2\,\frac{i_R\, i_S}{a}\,10^{-7}\ \text{N/m} \tag{22}$$

pa uvrštavanjem vrijednosti iz (17) i (19) te nakon sređivanja imamo

$$f_{2Z} = 12\,V^2\,\frac{\left(\dfrac{X_d''}{X_o}\right)^2 + \dfrac{X_d''}{X_o} + 1}{X_d''^2\left(\dfrac{X_d''}{X_o} + 2\right)^2}\,\cdot$$

$$\cdot\Big\{\cos\psi\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a}\cdot\sin\alpha]^2 -$$

$$-\sin\psi\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a}\cdot\sin\alpha]\,\cdot$$

$$\cdot\,[\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a}\cdot\cos\alpha]\Big\} \tag{23}$$

Relativne momentane vrijednosti sile — uzevši u obzir (6) — dobivamo iz

$$\varphi_{2Z} = -4\,\frac{\left(\dfrac{X_d''}{X_o}\right)^2 + \dfrac{X_d''}{X_o} + 1}{\left(\dfrac{X_d''}{X_o} + 2\right)^2}\,\cdot$$

$$\cdot\Big\{\cos\psi\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a}\cdot\sin\alpha]^2 -$$

$$-\sin\psi\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a}\cdot\sin\alpha]\,\cdot$$

$$\cdot\,[\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a}\cdot\cos\alpha]\Big\} \tag{24}$$

U »Dodatku« navedeni su uvjeti maksimalne sile među vodičima.

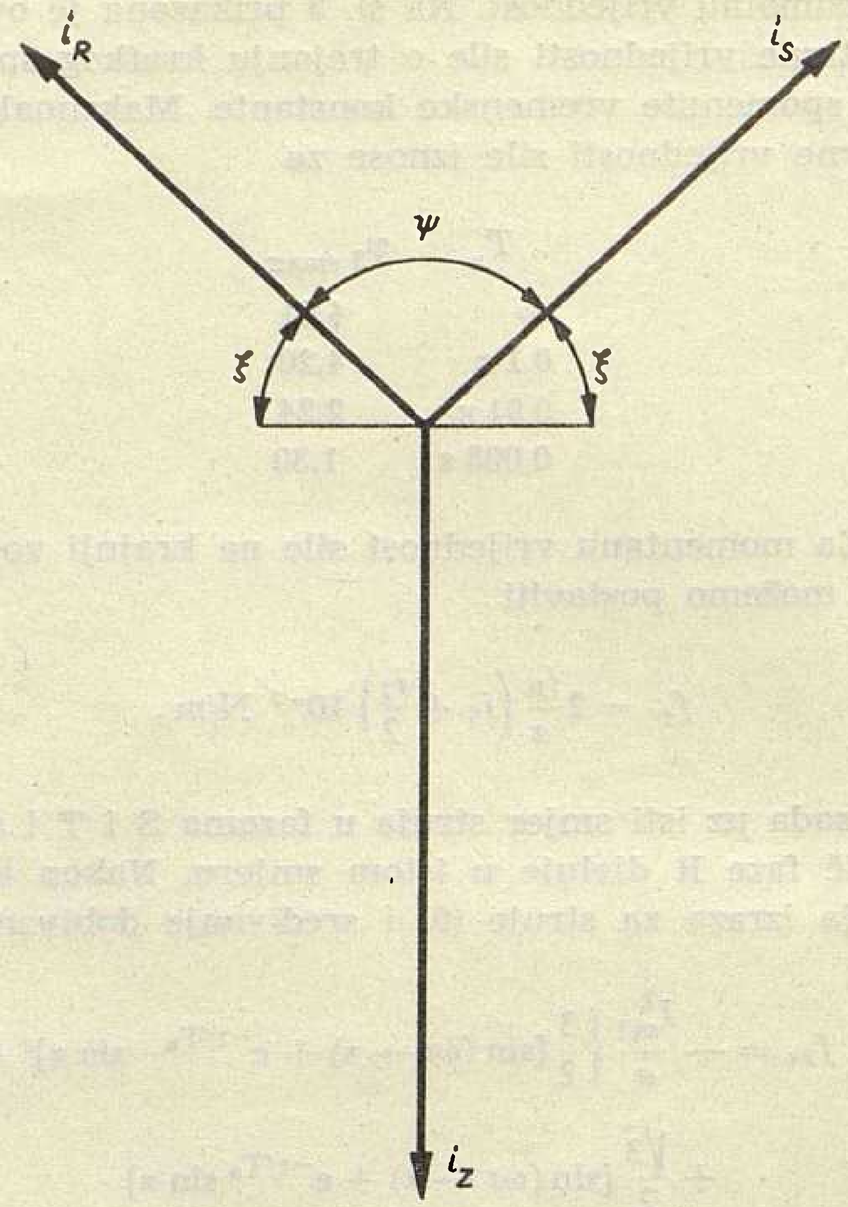
Sila na vodič ovisna je ne samo o α i t, nego i o kutu ψ. Budući da iz provedenih razmatranja možemo konstatirati, da vremenska konstanta ne može promijeniti odnos između veličina sila za različite vrste kratkog spoja, dovoljno je da razmotrimo relativnu veličinu sile za $T_a = \infty$. U tom slučaju je (D 33)

$$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{cotg}\psi - \sqrt{\operatorname{cotg}^2\psi + 1} \tag{25}$$

Na sl. 6 prikazane su momentane vrijednosti sile za različite omjere X_d''/X_o, pa se vidi da se ni u jednom slučaju ne postiže veća sila od one koja se može očekivati kod dvopolnog kratkog spoja, ali bez dodira sa zemljom. Radi toga dvopolni kratki spoj s istodobnim spojem sa zemljom ne treba dalje ni razmatrati.

5. Usporedbe maksimalnih sila

Ako usporedimo relativne maksimalne sile, koje djeluju na vodič u slučaju dvopolnog i tropolnog kratkog spoja (sl. 7), možemo konstatirati da maksimalne sile djeluju na srednji vodič u slučaju tropolnog kratkog spoja, te da su sile na vanjski vodič za istu vrstu kratkog spoja nešto manje.



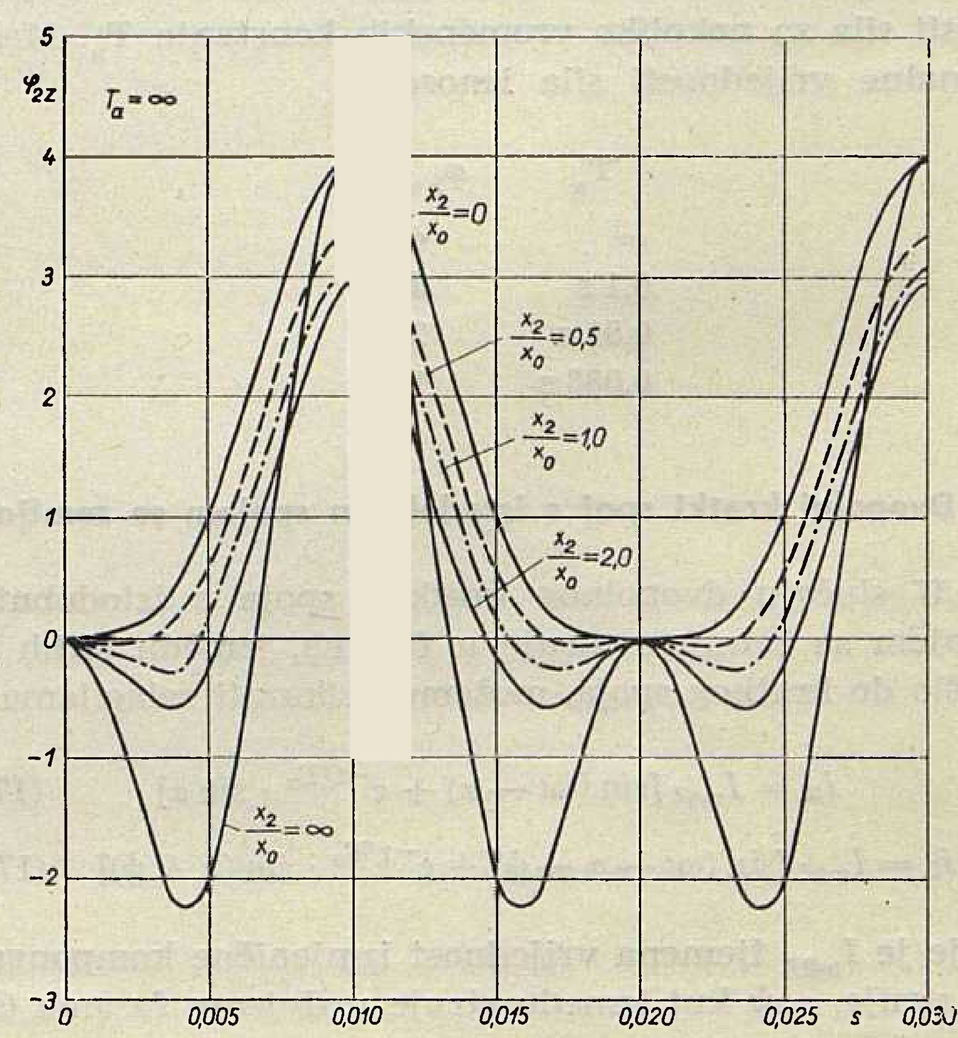
Sl. 5. Struje u slučaju dvopolnog kratkog spoja s istodobnim spojem sa zemljom

Ovdje treba napomenuti, da u svim slučajevima maksimalna sila nastupa u istom vremenu nakon nastanka kratkog spoja za sve vrste kratkog spoja, jer se vrijeme t, kad se pojavljuje maksimalna sila, u svim slučajevima određuje prema relaciji

$$\omega T_a\cdot\sin\omega t + \cos\omega t = e^{-t/T_a}. \tag{26}$$

kako je pokazano u »Dodatku«.

Sl. 6. Momentane relativne vrijednosti sila za slučaj dvopolnog kratkog spoja s istodobnim spojem sa zemljom za vremensku konstantu $T_a = \infty$, a za različite omjere x_2/x_0



Dakle, za određivanje maksimalne sile na vodič mjerodavne su prilike kod tropolnog kratkog spoja.

6. Određivanje maksimalne sile

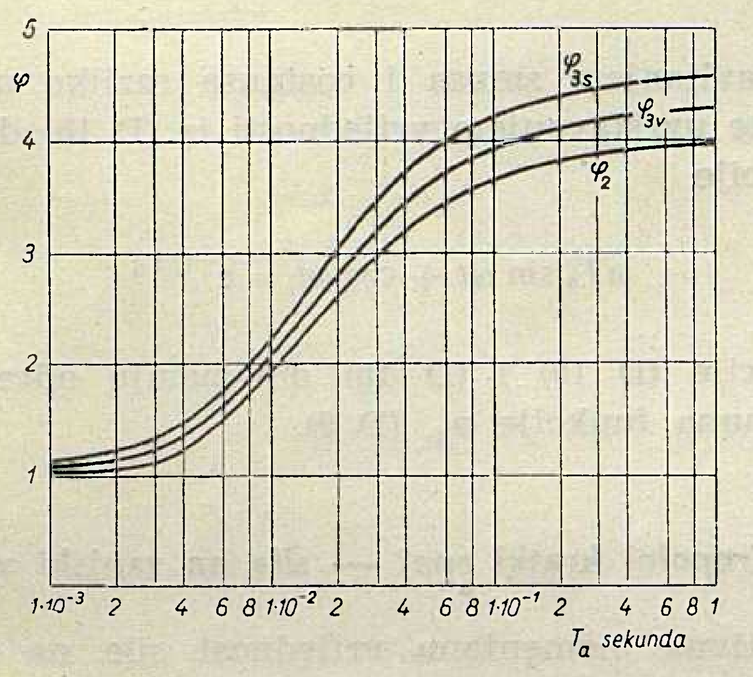
Budući da se kod tropolnog kratkog spoja pojavljuje najveća sila među sabirnicama, maksimalnu silu treba odrediti prema (10). Tu relaciju možemo prikazati izrazom

$$f_{3s} = 2\,\varphi\,\frac{I_{k3}^2}{a}\,10^{-7} \quad \text{N/m} \tag{27}$$

gdje je I_{k3} efektivna vrijednost izmjenične komponente struje tropolnog kratkog spoja određena izrazom

$$I_{k3} = \frac{V}{X_d''}, \tag{28}$$

dok je φ veličina ovisna o vremenskoj konstanti, a određena relacijom



Sl. 7. Maksimalne relativne vrijednosti sila kod dvopolnog i tropolnog kratkog spoja

$$\varphi = 2\sqrt{3}\,[\sin(\omega t_0 - \alpha_0) + e^{-t_0/T_a}\cdot\sin\alpha_0]\cdot$$
$$\cdot\,[\cos(\omega t - \alpha_0) - e^{-t_0/T_a}\cdot\cos\alpha_0] \tag{29}$$

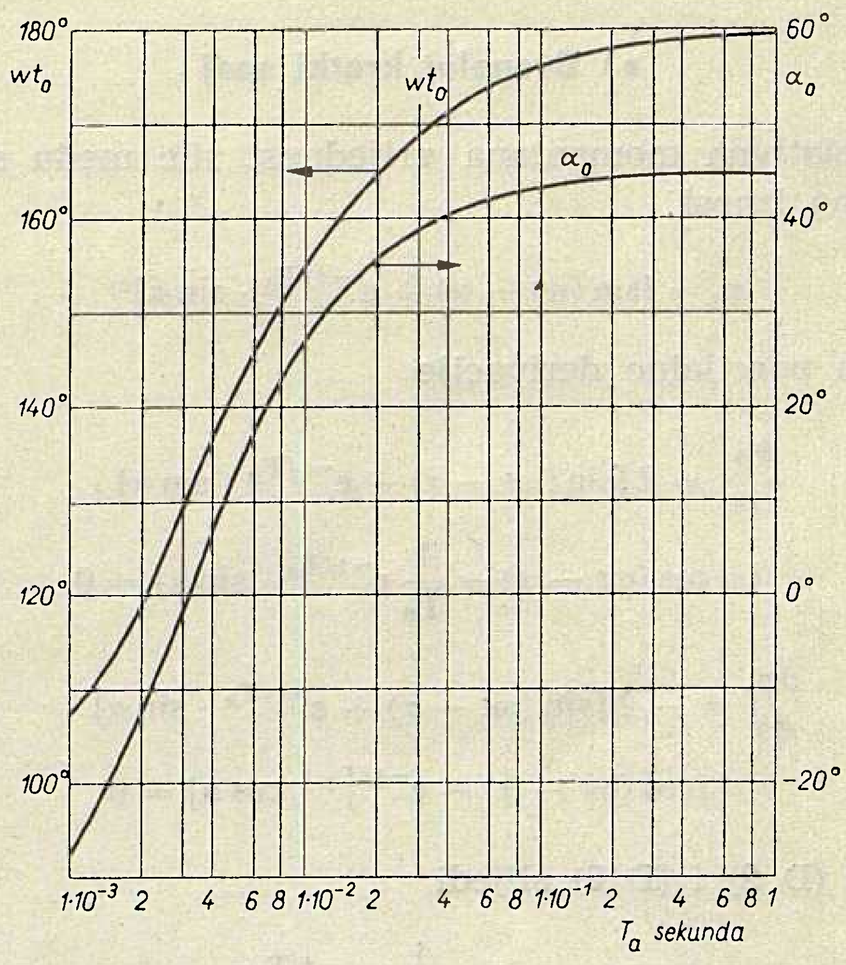
koja se dobiva iz (10) uzevši u obzir da je $I_{m3} = 2\,I_{k3}$. U (29) t_0 i α_0 je moment i kut kada odnosno kod kojega se pojavljuje maksimalna sila. Vrijeme t_0 određeno je relacijom (26), a kut α_0 izrazom

$$\operatorname{tg}\alpha_0 = \frac{\omega T_a - 1}{\omega T_a + 1} \tag{30}$$

koji je izraz izveden u »Dodatku«. Ovisnost t_0 i α_0 o T_a prikazana je na sl. 8. U (29) izostavljen je predznak, jer je bez značenja.

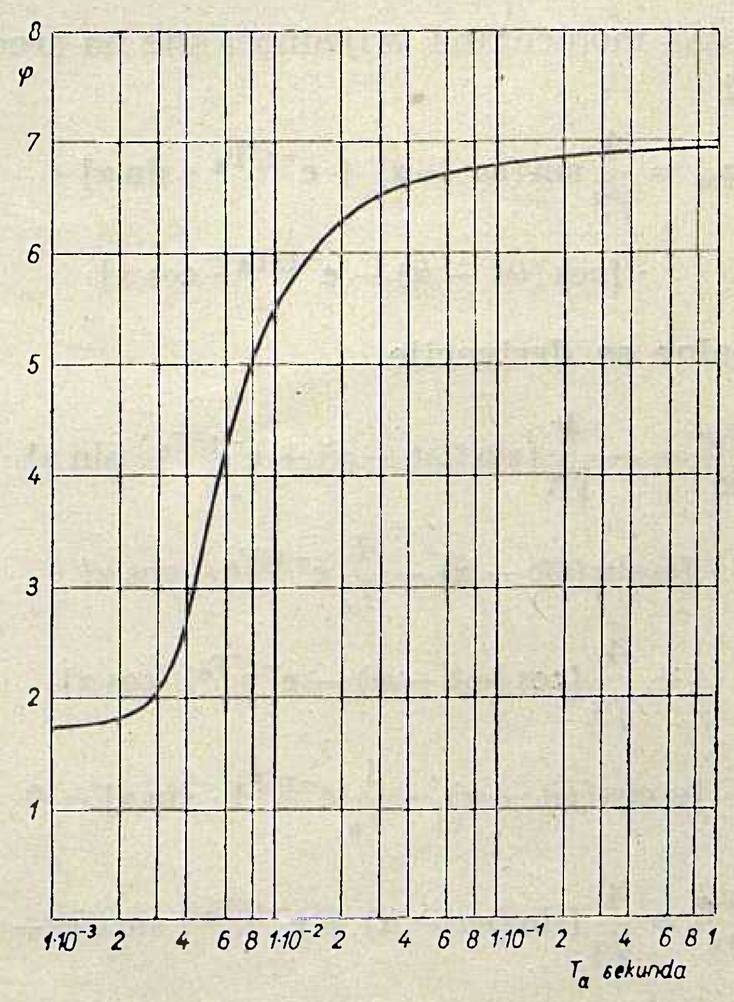
Na sl. 9 prikazana je ovisnost veličine φ o vremenskoj konstanti T_a; φ je naime ovisno samo o veličini vremenske konstante, budući da se traži maksimalna sila na sabirnicu. Vremensku konstantu T_a određujemo iz relacije

Sl 8. Ovisnost ωt_0 (26) i α_0 (30) o vremenskoj konstanti T_a



$$T_a = \frac{X_d''}{\omega R} \tag{31}$$

gdje je R djelatni otpor od zvjezdišta generatora do mjesta kratkog spoja. Vrijednost veličine φ varira u vrlo širokim granicama, pa minimalna vrijednost iznosi $\varphi_{min} = \sqrt{3}$ a maksimalna $\varphi_{max} = 4\sqrt{3}$. Najmanja vrijednost postiže se za $T_a = 0$, a maksimalna $T_a = \infty$. Dakle, u blizini generatora φ će imati veliku, a daleko od generatora (na pr. u niskonaponskoj mreži) malu vrijednost.



Sl 9. Ovisnost veličina φ (29) o vremenskoj konstanti T_a

Dodatak

a) Dvopolni kratki spoj

Relativna momentana vrijednost sile među sabirnicama iznosi

$$\varphi_2 = [\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha]^2 \qquad \text{(D 1)}$$

pa su parcijalne derivacije

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = 2\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\omega \cos(\omega t - \alpha) - \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] = 0 \qquad \text{(D 2)}$$

$$\frac{\partial \varphi_2}{\partial \alpha} = -\,2\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] = 0 \qquad \text{(D 3)}$$

Iz (D 2) i (D 3) slijedi

$$\omega \cos(\omega t - \alpha) = \frac{1}{T_a} \cdot e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha \qquad \text{(D 4)}$$

$$\cos(\omega t - \alpha) = e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha \qquad \text{(D 5)}$$

pa je

$$\operatorname{tg}\alpha = \omega T_a \qquad \text{(D 6)}$$

Uzevši u obzir (D 4) i (D 6) dobivamo

$$\omega T_a \sin\omega t + \cos\omega t = e^{-t/T_a} \qquad \text{(D 7)}$$

Vrijeme t ne može se eksplicite odrediti iz relacije (D 7) već je potrebno grafički odrediti vrijeme t koje zadovoljava tu jednadžbu.

Relacijama (D 6) i (D 8) određene su vrijednosti α i t za koje se postiže ekstrem funkcije φ_2 (D 1). Razmatranjem drugih parcijalnih derivacija može se pokazati da se radi o maksimumu.

b) Tropolni kratki spoj — sila na srednji vodič

Relativna momentana vrijednost sile na srednji vodič iznosi

$$\varphi_{3s} = \frac{4}{\sqrt{3}} \sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] \qquad \text{(D 8)}$$

Parcijalne se derivacije

$$\frac{\partial \varphi_{3s}}{\partial t} = -\frac{4}{\sqrt{3}} [\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\omega \sin(\omega t - \alpha) - \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] +$$

$$+\,\frac{4}{\sqrt{3}} [\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\omega \cos(\omega t - \alpha) - \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] = 0 \qquad \text{(D 9)}$$

$$\frac{\partial \varphi_{3s}}{\partial \alpha} = \frac{4}{\sqrt{3}} [\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha]^2 -$$

$$-\,\frac{4}{\sqrt{3}} [\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cos\alpha]^2 = 0 \qquad \text{(D 10)}$$

Iz uvjeta (D 10) kao jedno rješenje dobivamo

$$\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha =$$

$$= -\cos(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha \qquad \text{(D 11)}$$

a iz (D 9) uzevši u obzir i (D 11) imamo

$$\omega \sin(\omega t - \alpha) - \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha =$$

$$= -\,\omega \cos(\omega t - \alpha) + \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha \qquad \text{(D 12)}$$

Iz (D 11) i (D 12) dobivamo

$$\sin\omega t + \cos\omega t = e^{-t/T_a} \cdot (\cos\alpha - \sin\alpha) \qquad \text{(D 13)}$$

$$\sin\omega t + \cos\omega t = \frac{1}{\omega T_a} e^{-t/T_a} \cdot (\cos\alpha + \sin\alpha) \qquad \text{(D 14)}$$

pa odatle

$$\omega T_a (\cos\alpha - \sin\alpha) = \cos\alpha + \sin\alpha. \qquad \text{(D 15)}$$

Dijeljenjem s $\cos\alpha$, pa nakon sređenja imamo

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\omega T_a - 1}{\omega T_a + 1} \qquad \text{(D 15)}$$

Rastavljanjem sinusa i cosinusa razlike u izrazu (D 11) te uvrštavanjem vrijednosti iz (D 15) dolazimo do relacije

$$\omega T_a \sin\omega t + \cos\omega t = e^{-t/T_a} \qquad \text{(D 16)}$$

Relacije (D 15) i (D 16) omogućuju određivanje maksimuma funkcije φ_{3s} (D 9).

c) Tropolni kratki spoj — sila na vanjski vodič

Relativna momentana vrijednost sile na vanjski vodič iznosi

$$\varphi_{3v} = [\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha]^2 +$$

$$+\,\frac{1}{\sqrt{3}} [\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] \qquad \text{(D 17)}$$

Parcijalne su derivacije

$$\frac{\partial \varphi_{3v}}{\partial t} = 2\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\omega \cos(\omega t - \alpha) - \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] -$$

$$-\,\frac{1}{\sqrt{3}} [\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\omega \sin(\omega t - \alpha) - \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] +$$

$$+\,\frac{1}{\sqrt{3}} \cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\omega \cos(\omega t - \alpha) - \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] = 0 \qquad \text{(D 18)}$$

$$\frac{\partial \varphi_{3v}}{\partial \alpha} = -2\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] +$$

$$+ \frac{1}{\sqrt{3}}\,[\sin(\omega t - \alpha] + e^{-t/T_a} \sin\alpha)^2 -$$

$$- \frac{1}{\sqrt{3}} \cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha]^2 = 0 \qquad \text{(D 19)}$$

Iz relacije (D 19) dobivamo

$$\frac{\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha}{\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha} =$$

$$= -2\sqrt{3} + \frac{\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha}{\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha} \qquad \text{(D 20)}$$

Ako (D 18) podijelimo sa $\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha$, te uvrstimo vrijednost iz (D 20), dobivamo

$$[\omega \sin(\omega t - \alpha) - \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] =$$

$$= [\omega \cos(\omega t - \alpha) - \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] \qquad \text{(D 21)}$$

Rastavljanjem sinusa i cosinusa razlika, te nakon skraćivanja imamo

$$\omega T_a \sin\omega t + \cos\omega t = e^{-t/T_a} \qquad \text{(D 22)}$$

Ako sada (D 22) uvrstimo u (D 19), nakon sređivanja i dijeljenja s $\cos\alpha$ dobivamo

$$\sin^2\omega t\,[2\sqrt{3}\,(1 + \omega T_a \operatorname{tg}\alpha)(\omega T_a - \operatorname{tg}\alpha) +$$

$$+ (1 + \omega T_a \operatorname{tg}\alpha)^2 - (\operatorname{tg}\alpha - \omega T_a)^2 = 0 \qquad \text{(D 23)}$$

Iz izraza u uglatim zagradama određujemo $\operatorname{tg}\alpha$, koji je jednak

$$\operatorname{tg}\alpha = A + \sqrt{A^2 + 1} \qquad \text{(D 24)}$$

gdje je

$$A = -\frac{1}{2}\,\frac{2\sqrt{3}\,[(\omega T_a)^2 - 1] + 4\,\omega T_a}{(\omega T_a)^2 - 1 - 2\sqrt{3}\,\omega T_a} \qquad \text{(D 25)}$$

Relacije (D 22) i (D 24) definiraju maksimum sile na vanjski vodič kod tropolnog kratkog spoja.

d) Dvopolni kratki spoj s istodobnim spojem sa zemljom

Relativne momentane vrijednosti sile iznose

$$\varphi_{2z} = -4\,\frac{\left(\frac{X''_d}{X_o}\right)^2 + \frac{X''_d}{X_o} + 1}{\left(\frac{X''_d}{X_o} + 2\right)} \cdot$$

$$\cdot\,\{\cos\psi\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha]^2 -$$

$$- \sin\psi\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha]\} \qquad \text{(D 26)}$$

Parcijalne su derivacije

$$\frac{\partial \varphi_{2z}}{\partial t} = -4\,\frac{\left(\frac{X''_d}{X_o}\right)^2 + \frac{X''_d}{X_o} + 1}{\left(\frac{X''_d}{X_o} + 2\right)^2} \cdot$$

$$\cdot\,\{2\cos\psi\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\omega \cos(\omega t - \alpha) - \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] +$$

$$+ \sin\psi\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\omega \sin(\omega t - \alpha) - \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] -$$

$$- \sin\psi\,[\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\omega \cos(\omega t - \alpha) - \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha]\} = 0 \qquad \text{(D 27)}$$

$$\frac{\partial \varphi_{2z}}{\partial \alpha} = -4\,\frac{\left(\frac{X''_d}{X_o}\right)^2 + \left(\frac{X''_d}{X_o}\right) + 1}{\left(\frac{X''_d}{X_o} + 2\right)^2} \cdot$$

$$\cdot\,\{-2\cos\psi\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\cos(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] -$$

$$- \sin\psi\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha]^2 +$$

$$+ \sin\psi\,[\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha]^2\} = 0 \qquad \text{(D 28)}$$

Iz relacije (D 28) dobivamo nakon dijeljenja s prvim članom

$$\operatorname{tg}\psi\,\frac{\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha}{\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha} =$$

$$= 2 + \operatorname{tg}\psi\,\frac{\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha}{\cos(\omega t - \alpha) - e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha} \qquad \text{(D 29)}$$

Dijeljenjem (D 27) s $\cos\psi\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha]$, te uvrštavanjem vrijednosti iz (D 29) dobivamo

$$\operatorname{tg}\psi\,[\sin(\omega t - \alpha) - \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\cos(\omega t - \alpha) - \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] =$$

$$= \operatorname{tg}\psi\,[\cos(\omega t - \alpha) - \frac{1}{T_a} e^{-t/T_a} \cdot \cos\alpha] \cdot$$

$$\cdot\,[\sin(\omega t - \alpha) + e^{-t/T_a} \cdot \sin\alpha] \qquad \text{(D 30)}$$

Nakon rastavljanja sinusâ i cosinusâ razlika te skraćivanja imamo

$$\omega T_a \sin\omega t + \cos\omega t = e^{-t/T_a} \qquad \text{(D 31)}$$

Uvrštavanjem (D 31) u (D 28), te nakon rastavljanja sinusâ i cosinusâ razlika i sređivanja dobit ćemo

$$\sin^2\omega t \cdot \cos^2\omega t\,[2\operatorname{tg}\psi\,(1 + \omega T_a \operatorname{tg}\alpha)(\operatorname{tg}\alpha - \omega T_a) +$$

$$+ (1 + \omega T_a \operatorname{tg}\alpha)^2 - (\operatorname{tg}\alpha - \omega T_a)^2] = 0 \qquad \text{(D 32)}$$

(Svršetak na str. 330 dolje)

POGONSKI NAPON 30 I 35 kV U ELEKTROPRIVREDI HRVATSKE

Milan Šarčević, Zagreb

U suglasnosti s preporukama IEC (Međunarodne elektrotehničke komisije) u SR Hrvatskoj razvijena je mreža nazivnog napona 30 kV. Međutim 1957. izašao je JUS kojim se propisuje u ovom naponskom nivou nazivni napon 35 kV. U članku se opisuje historijat ovog problema, današnje stanje i planovi prijelaza od 30 kV na 35 kV u SR Hrvatskoj.

DK 621.311

Elektroprivreda SR Hrvatske našla se sada ponovo u sličnoj situaciji kao što je bila u 1955. i 1956., kad je s pogonskog napona 35 kV prelazila u nekim dijelovima Republike na napon 30 kV. Međutim, ovaj put je opet obratno: sada treba ponovo i konačno prijeći na pogonski napon 35 kV, koji je 1957. usvojen jugoslavenskim standardom JUS N. A 2001. Ta je situacija mnogo teža nego što je bila 1955. i 1956., jer je tih godina dužina vodova 35 kV, koji su trebali prijeći na 30 kV, bila mala, dok je danas dužina vodova 30 kV koji trebaju prijeći na 35 kV mnogostruko veća. Ako bi prikazali situaciju i u odnosu instaliranih snaga transformatorskih stanica 35/10 kV, 1955. i 1956. i danas, ona bi bila u omjeru 1 : 20.

Neću sada ovdje još više dramatizirati tu situaciju, nego ću kroz kratki prikaz historijata pokušati da opravdam ondašnji prijelaz sa 35 na 30 kV i današnji ponovni prijelaz sa 30 na 35 kV.

Da je u SR Hrvatskoj usvojen nazivni napon 30 kV, rezultat je razmatranja velikog broja elektroprivrednih stručnjaka. Sva tadašnja razmatranja bazirala su na preporukama IEC (Međunarodne elektrotehničke komisije), organizacije koja se dugi niz godina bavila standardizacijom napona električnih mreža. Ova organizacija je nakon svog dugogodišnjeg rada donijela 1938. ljestvicu standardnih napona u kojoj je bio i nazivni napon 30 kV, a ne 35 kV.

Međutim kada je poslije drugog svjetskog rata nastavila rad, navedena je organizacija 1949. ponovo potvrdila svoje zaključke iz 1938, ali je i unijela jednu bitnu izmjenu u kojoj više nije bio definiran nazivni napon kao ranije, nego najviši dozvoljeni napon. Prvobitno je najviši dozvoljeni napon bio definiran sa 36 kV, ali nedugo iza toga, godine 1950., bio je povišen na 37 kV, sa željom da se u tu granicu može uključiti SAD i Kanada.

Ovom definicijom najvišeg dozvoljenog napona dana je mogućnost svim članicama te organizacije da odaberu po volji nazivni napon do granica definiranog najvišeg dozvoljenog napona. Sama definicija najvišeg dozvoljenog napona jest »... *povećanje nazivnog napona do najviše 15 %, razumijevajući porast napona u normalnim uslovima eksploatacije*«.

Prema tome su članice IEC mogle odabrati po volji napon do određene granice. SAD i Kanada stavile su primjedbu na ovaj zaključak i na kraju ga nisu prihvatile, jer se nisu mogle uklopiti u predloženi standard sa svojim postojećim naponom 34,5 kV.

Na osnovu toga, nakon nekoliko stručnih sastanaka i razmatranja u 1947, 1950. i 1951., u najvišim elektroprivrednim forumima SFR Jugoslavije, Tehnički savjet Glavne direkcije za elektroprivredu NR Hrvatske donio je 11. i 12. 4. 1952. zaključak da zadrži napon 30 kV kao standardni nazivni napon na području NR Hrvatske. Od tada pa nadalje brzi razvoj industrije diktirao je građenje velikog broja dalekovoda i transformatorskih stanica napona 30 kV.

Istovremeno je na bazi naprijed spomenutih rasprava u svim drugim republikama usvojen nazivni napon 35 kV. Glavni argumenti za njegovo usvajanje bili su, da taj napon postoji u tim republikama, a i naponi 20 kV i 60 kV (Srbija i Slovenija); najjači argument bio je da taj napon postoji u Sovjetskom Savezu i u nekim drugim zemljama na istoku.

Na toj strani također, a iz istih razloga koji su naprijed spomenuti, izgrađen je veoma brzo veliki broj dalekovoda i transformatorskih stanica 35 kV.

Uvjeravanja i dokazivanja u ispravnost odabranog napona jednih i drugih, ovih za 30 kV i onih za 35 kV, praktički su tek tada počela, i, nažalost, nastavila se dosta dugo sve do 1957, dok konačno nije usvojen jugoslavenski standard koji sam naprijed naveo.

Standard je donijela Savezna komisija za standardizaciju u Beogradu, a objavljen je u Sl. listu FNRJ br. 37 od 4. 9. 1957.

Krajem 1959. potaknuto je ponovo pitanje standardnog napona u Elektroprivredi SR Hrvatske s namje-

---

odakle je

$$\operatorname{tg} \alpha = A \pm \sqrt{A^2 + 1} \qquad \text{(D 33)}$$

gdje je

$$A = \frac{1}{2} \frac{2 \operatorname{cotg} \psi \, [(\omega T_a)^2 - 1] - 4 \, \omega T_a}{(\omega T_a)^2 - 1 + 2 \, \omega T_a \operatorname{cotg} \psi} \qquad \text{(D 34)}$$

Relacije (D 31), (D 33) i (D 34) definiraju maksimum funkcije (D 26).

Literatura

[1] W. Lehmann, *Elektrodynamische Beanspruchung paralleler Leiter*, ETZ-A, 1955, str. 481.
[2] R. Mascarin, *Calcul des installations de jeux de barres triphasés en vue de la résistance aux efforts électrodynamiques*, Rev. gén. d'électricité, 1957, str. 387
[3] H. Požar, *Struje kratkog spoja u trofaznim visokonaponskim mrežama* (skripta), Zagreb, 1960.

Naslov autora: Prof. dr ing. Hrvoje Požar, Elektrotehnički fakultet Zagreb, suradnik Instituta za elektroprivredu

rom da se za postojeću mrežu 30 kV legalizira odnosno standardom prizna taj napon, dok bi se na novim područjima primjenjivao napon 35 kV.

Do danas smo pokušavali putem nekoliko elaborata i međusobnih rasprava zadržati taj napon na području SR Hrvatske argumentirajući to ovako:

a) troškovi koje iziskuje prijelaz na 35 kV veliki su, a prednosti su minimalne;

b) vodovi 30 kV već su danas lokalni i nemaju republičkog značaja;

c) u područjima gdje se napušta naslijeđeni nestandardni napon (Istra 50 kV) i u područjima koja se tek izgrađuju (Lika, južna Dalmacija i drugo) obavezno će se primijeniti napon 35 kV.

U tome međutim nismo uspjeli i konačno je odlučeno da sva postrojenja 30 kV u SR Hrvatskoj trebaju postepeno prijeći na standardni napon 35 kV.

Brzi privredni razvoj nekih područja, kao što je Slavonija i istočna Hrvatska, čiji su energetski kapaciteti bili već iskorišteni i trebalo ih je povećavati, uvjetovali su time potrebu da se u tom području odmah prijeđe na 35 kV. Izgradnja transformatorske stanice 110/35 kV Vinkovci i Međurić i potreba povećanja transformacije u transformatorskoj stanici 110/30 kV Sisak diktirala je da se za napon 35 kV adaptiraju sve transformatorske stanice 30/10 kV, koje su vezane za te izvore.

To je i učinjeno u drugoj polovici 1963. te je od rujna u tim područjima pogonski napon 35 kV.

Sredstva za prijelaz na 35 kV nisu dali drugi nego ih vlasnici postrojenja moraju ulagati sami, tj. udružena elektroprivreda (»Elektrane« i »Elektroprenosi«) za svoj dio postrojenja, a distributivna poduzeća za svoja postrojenja. Zbog toga je prijelaz na 35 kV uvijek uvjetovan izmjenom nedovoljnih ili dotrajalih transformatorskih kapaciteta, većima i novima. Upravo takva situacija predstoji još preostalom dijelu područja Slavonije, Osijek i Slavonski Brod, čiji su kapaciteti već sada nedovoljni i ugradnjom većih transformatorskih jedinica prijeći će se na napon 35 kV u tom području već tokom ove i iduće godine.

Budući da je u nekim područjima već izvršen prijelaz na 35 kV, neće biti na odmet iznijeti kako je to izvršeno i kakove su bile poteškoće.

Kao što sam već naprijed spomenuo među prvima je prijelaz na 35 kV izvršen u Slavoniji, područje TS 110/35 kV Vinkovci (Elektroprenos Zagreb) i distributivnog poduzeća Elektroslavonija, Osijek sa svojim transformatorskim stanicama 30/10 kV Vinkovci I, Vinkovci II, Vukovar, Borovo, Županja, Šećerana Županja, Gunja i Kruševica.

Radovi su se vremenski odvijali ovako:

23. 6. 1963. Vinkovci I, Vukovar i Borovo;
25. 6. 1963. Vinkovci II;
30. 6. 1963. Županja, Šećerana Županja i Kruševica;
9. 7. 1963. Gunja.

Prijelaz na ovom području nije bio težak, jer je poduzeće Elektroslavonija Osijek dobro organiziralo pripremu i načinilo detaljan operativni plan. Posebno je radove olakšala nabavka 3 komada novih transformatora 4 MVA, 35/10 kV koji su ugrađeni na mjesto onih koji se nisu mogli prespojiti.

Transformatori se nisu prespajali na licu mjesta nego su bili prevezeni u transformatorsku radionu u Osijek, te su tamo generalno uređeni i nakon toga vraćeni na svoje prijašnje mjesto. Ovo se moglo izvesti zato što su skoro u svim stanicama postavljena po 2 transformatora od kojih jedan može dobrim dijelom pokriti konzum u tom području. Za demontažu i montažu transformatora na postolja bila su improvizirana posebna postolja od željezničkih pragova. Takvim radom uspjelo je da se prekidi dobave električne energije potrošačima svedu na minimum. Paralelno s prespajanjem odnosno montažom novog transformatora 35 kV izmijenjeni su naponski transformatori, a strujni onda ako su predstavljali usko grlo. Rad su obavljale tri ekipe po 6 do 7 ljudi. Svi radovi izvedeni su, kako se vidi, prilično brzo i kvalitetno, zahvaljujući dobroj pripremi i organizaciji.

Slijedeći prijelaz na 35 kV izvršen je na području TS 110/35 kV Međurić, Sisak i Virovitica, odnosno u poduzećima Elektroprenos Zagreb, Elektra Križ, Elektra Sisak i Elektra Koprivnica. U vremenu od 28. 6. do 2. 7. 1963. obavljen je posao u transformatorskim stanicama Međurić, Pakrac, Daruvar, Novska, Nova Gradiška, Batrina, Popovača i Kutina, a 9. i 10. 8. 1963. u transformatorskim stanicama Križ, Ivanić i Šumećani.

Na području Siska prijelaz se odvijao u vremenu od 8—12. 8. 1963. u transformatorskim stanicama 30/10 kV Sisak I, Sisak II (sa Željezarom), Petrinja, Glina i Sunja, dok je Rafinerija nafte izvršila prijelaz 5. 12. 1963., jer je zakasnila isporuka transformatora 8 MVA, 35/6 kV.

Od 15—20. 8. 1963. izvršen je prijelaz u transformatorskim stanicama Virovitica, Đurđevac i Pitomača, jer je vod 110 kV Međurić — Virovitica završen i stavljen u pogon privremeno na napon 35 kV do dovršenja TS 110/35 kV Virovitica.

Budući da su sva tri poduzeća prespajala transformatore na isti način, to će i opis radova biti zajednički za sva tri poduzeća.

Osim Elektroslavonije Osijek svi su se drugi transformatori prespajali u samim transformatorskim stanicama.

Dizalica za otvaranje transformatora bila je postavljena na licu mjesta iznad samog postolja i transformatora, a obješena na drvenom tronošcu sastavljenom od drvenih stupova dužine 13 m. Time se puno uštedjelo na radovima i vremenu oko demontaže i montaže transformatora na postolje. Radove su izvodile dvije ekipe sa 8 ljudi u prisutnosti stručnjaka transformatorske radione Elektre Zagreb. Prije samog početka radova na svim su transformatorima ispitana ulja i izolacija. Vrijeme je bilo upravo idealno, a spomenut ćemo da su poduzeća prije zatražila

i dobila meteorološke podatke za period u kome su bili planirani radovi.

S radovima oko prespajanja transformatora nije bilo poteškoća; mnogo je više teškoća bilo s onim transformatorima koji su bili neprespojivi i zamjenjivani i s drugim poduzećem (Elektra Križ — Elektra Zabok).

Kod transporta su uslijed loše ceste i velike trešnje transformatora popustile brtve te je procurilo ulje (čak i do 300 kg), što je u mnogome produžilo sam transport i radove oko prijelaza.

Paralelno s prespajanjem transformatora izmijenjeni su u svim transformatorskim stanicama i naponski transformatori, te se tako cijelo postrojenje kompletiralo za napon 35 kV.

Svugdje su radovi potpuno uspjeli zahvaljujući dobro izvršenim pripremama kojima, u stvari, i treba pokloniti najveću pažnju kod tih radova, pa ni uspjeh neće izostati.

Važno je kod toga imati na brizi potrošače kako bi kod izvođenja tih radova bili što kraće vrijeme bez prekida u dobavi električne energije.

Naslov pisca: Milan Šarčević, dipl. el. ing., Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37

STANJE IZOLACIJE NA GENERATORIMA HE VINODOL I KONTROLA IZOLACIJE U POGONU

Nikola Bilčar, Zagreb

U zadnje vrijeme dolazi često do proboja na statoru generatora I u HE Vinodol. Vršena su ispitivanja izolacije na temelju kojih se došlo do zaključka da je izolacija generatora oslabila. U članku je prikazano na koji se način može pratiti stanje izolacije generatora u pogonima.

DK 621.313.33

Općenito

Osnovni zadatak pri izoliranju statorskog namota sinhronog generatora je postići što viši izolacioni otpor, odnosno električnu čvrstoću, tako da ni pod kakvim pogonskim uvjetima ne dođe do proboja. Kako se vidi, električna čvrstoća je najvažnija osobina izolacije. Prema tomu, izolacija se smatra dobrom ako kroz dovoljno dugo vrijeme ima odgovarajuće visoku električnu čvrstoću.

Kada se kaže dovoljno dugo vrijeme, misli se na normalnu životnu dob određene klase izolacije, što znači da je stroj tako eksploatiran, da je izolacija prirodno starila. U stvari radi se o kemijskom procesu, koji zavisi od visine temperature, gdje izolacioni materijal gubi svoja fizikalna svojstva, koja su mjerodavna za ocjenu njegove izolacione sposobnosti. Ukoliko dozvoljavamo, da nadtemperature ili zagrijavanje idu iznad onih propisom određenih za pojedinu klasu izolacije, utoliko ubrzavamo proces starenja, odnosno smanjujemo životnu dob. Osim temperature, na proces starenja imaju utjecaj i drugi faktori.

Najnepovoljnije na izolaciju, odnosno električnu čvrstoću, utječe vlaga. Prašina i ostale nečistoće, iako manje, također ruše električnu čvrstoću stvarajući na površini izolacije staze sa smanjenom električnom čvrstoćom, što može biti uzrokom preskoka.

Dakako da ima i drugih utjecaja, kao mehanička naprezanja izolacije uslijed toplinskog rastezanja bakra. Međutim o svim utjecajima ovdje se neće govoriti, već će se pokušati objasniti koji su faktori u kojoj mjeri i na koji način utjecali na izolaciju statorskog namota HE Vinodol da je ova nakon 10 godina pogona ostarila, te ju je neophodno zamijeniti.

Proboji statorskog namota u HE Vinodol

U posljednje dvije godine dogodilo se 8 proboja na generatoru I i 1 na generatoru II. Godine 1962. nakon 10 godina rada elektrane, a nakon četvrtog po redu proboja na generatoru I, kada se je vidjelo i po broju i po tendenciji učestalosti proboja da se ne radi o nekom slabom usamljenom mjestu na izolaciji nego općenito slabom stanju, izvršena su ispitivanja izolacije.

Ispitivanja, koja su obuhvatila dio (800 mm) probojem neoštećenog dijela štapa i paralelno isto toliko iz skladišta rezervnog štapa isporučenog istovremeno s generatorom, pokazala su slijedeće rezultate.

1. Stanje izolacije štapova

1.1. Probijeni štap (ljuska od šelak-mikafolija)

Kompaktnost ljuske je nešto slabija od prosječne, jer se u strukturi naziru izvjesna mjesta, gdje je slijepljenost u toku rada generatora uslijed starenja šelaka nešto popustila, ali ova pojava ne bi smjela biti uzrokom proboja, iako može utjecati na povišenje dielektričnih gubitaka i smanjenje dielektrične čvrstoće, kao i na pojavu tinjanja u zračnim šupljinama unutar ljuske, a time i do intenzivnijeg starenja veziva — šelaka i papirnog dijela izolacije.

Snop dionih vodiča je također nekompaktan, pa se može računati, da je ovo jedan od vjerojatno značajnijih uzroka probojima, jer je slijepljenost dionih vodiča mjestimično toliko popustila, da ima pojedinih vodiča gotovo slobodnih. Uslijed ove pojave moglo

je kod toplinskog istezanja bakra u toku pogona generatora doći do jačeg mehaničkog naprezanja ljuske s njene unutarnje strane, a s tim i do oštećenja, koja su mogla omogućiti proboj kod nazivnog napona. Nije bilo moguće utvrditi vrstu veziva za sljepljivanje dionih vodiča.

Toplinskim starenjem došlo je do veoma izrazitog odljepljivanja ljuske od snopa dionih vodiča, što predstavlja jedan od daljnjih bitnih uzroka znatnom slabljenju kvalitete izolacije. Nastali međuprostor, ispunjen zrakom, sigurno je uslijed koncentracije električnog polja predstavljao područje jakih tinjanja, kojega se posljedice mogu zapaziti u sagorjelim ostacima veziva na površini snopa dionih vodiča i sa unutarnje strane ljuske. Bandažna izolacija glave štapa je prilično ostarjela. Slojevi izolacione vrpce su dijelom razlijepljeni, cijela izolacija prilično napuhnuta, te već pod slabim pritiskom prstiju popušta, pa se može pretpostaviti da nije ni izrađena dovoljno kvalitetno.

1.2. Rezervni štap

Kompaktnost ljuske je prosječna i, uzevši u obzir uskladištenje od cca 10 godina, zadovoljavajuća.

Slijepljenost dionih vodiča, iako se ne primjećuje da su odlijepljeni, ne zadovoljava uobičajenim kriterijima. Koliko je tome uzrok starenje uslijed uskladištenja, a koliko eventualno neodgovarajući izbor veziva, nije moguće utvrditi.

2. Dielektrični gubici

2.1. Probijeni štap

Mjerenje dielektričnih gubitaka u području 0,2 U_n do U_n izmjeničnim sinusoidalnim naponom 50 Hz na neoštećenom ravnom dijelu probijenog štapa, na dužini izolacije od cca 800 mm, pokazuje veoma visoke apsolutne vrijednosti dielektričnih gubitaka i njihov veoma strmi porast u ovisnosti o naponu. Mjerenjem su utvrđene slijedeće vrijednosti:

Ispitni napon kV	2	3	4	5	6	7	8	9	10
tg δ %	6,3	7,9	9,8	11,8	12,3	14,0	15,6	17,0	17,7

Ove vrijednosti pokazuju, da je sistem izolacije štapa u toku pogona prilično ostario, jer je očekivati da ovi gubici iznose kod 2 kV cca 3—5%, a kod 10 kV cca 6—8%.

2.2 Rezervni štap

Pod istim uvjetima mjereni, dielektrični gubici rezervnog štapa izgledaju:

Ispitni napon kV	2	3	4	5	6	7	8	9	10
tg δ %	2,7	2,8	3,0	3,3	4,4	5,2	6,3	7,0	8,3

Može se konstatirati da je nivo gubitaka prosječan.

3. Dielektrična čvrstoća

3.1. Probijeni štap

Kod ovog štapa na neoštećenom ravnom dijelu je ustanovljen proboj kod napona 44 kV_{ef}. Na bandažnoj izolaciji glave štapa utvrđeni su proboji kod napona 11,5 i 15,5 kV, dok su na prijelazima između sprešanog dijela štapa i bandaže izolacije glave štapa utvrđeni proboji kod 11 i 9 kV. Utvrđene vrijednosti su prilično niske.

3.2. Rezervni štap

Na ravnom dijelu štapa proboj je uslijedio kod 60 kV, na bandažnoj izolaciji glave štapa kod 12 kV, dok je na prijelazu uslijedio kod 15 kV. Dok je dielektrična čvrstoća ljuske u potpunosti zadovoljavajuća, na zakrivljenom dijelu je nešto niža od uobičajene.

4. Zaključak

Izolaciju treba mijenjati, s obzirom na stanje i na tendenciju sve veće učestalosti proboja.

Uzroci prijevremenog starenja i proboja izolacije statorskog namota HE Vinodol

Životna dob od 10 godina, odnosno 43000 sati je suviše mala, jer se postiže čak 200.000 sati. Međutim, ako pođemo i od 100.000 sati (20 godina), kako se normalno u praksi računa, opet se dolazi do zaključka da je to daleko ispod očekivanja, pa ako se uzmu u obzir štete zbog ispadanja iz pogona generatora i visoke cijene promatranja, vidi se da to zahtijeva odgovarajuću pažnju. Radi toga će se pokušati kratkom analizom pojedinih utjecaja objasniti uzroke proboja.

1. Kvalitet izrade

Ako se pođe od rezultata ispitivanja provedenih na rezervnom štapu, pa se konstatira da je nivo dielektričnih gubitaka uobičajen, dielektrična čvrstoća kao i kompaktnost ljuske zadovoljavajuća, čini se da je kvaliteta ove izolacije ranga standardne kvalitete ovog tipa izolacije Međutim, postoje sumnje u izboru vezivnog sredstva, kao i u činjenici da je debljina ljuske na bridovima štapa ispod 3 mm, iako je nacrtom predviđena 3,2 mm. Iz ovoga proizlazi da dio odgovornosti za proboje otpada na kvalitet izrade.

2. Zagrijavanje

Amerikanac Montsinger je uveo pojam tzv. »životne dobi« izolacije u ovisnosti o temperaturi, postavivši slijedeći zakon:

$$Ž = a \cdot e^{-b\Theta}$$

gdje je

$Ž$ — životna dob
Θ — temperatura izolacije kod koje se računa životna dob
a, b — konstante izolacionog materijala čija se životna dob računa.

Iz ovog zakona je očito, da životna dob izolacije opada s porastom temperature po eksponencijalnom zakonu. U stvari, s temperaturama iznad dozvoljenih, životna dob rapidno opada. Međutim, analizirajući rad generatora HE Vinodol, odnosno temperature u pogonu pojedinih generatora u odnosu na dozvoljene za klasu »B« izolacije, dolazi se do zaključka, da je utjecaj temperature na starenje izolacije u ovom slučaju manji, nego što je očekivati, jer su se temperature kretale daleko ispod dozvoljenih iz slijedećih razloga:

a) Za vrijeme velikih voda kada elektrana radi protočno svi su generatori u pogonu, ali sa snagom ispod nominalne, jer HE Vinodol, iz posebnih razloga, ne može postići instaliranu snagu od 84 MW, nego maksimalno 75 MW. Istovremeno imamo i niže temperature okoline, pa su nadtemperature u ovom slučaju maksimalno 50 — 60° C.

b) U ostalom dijelu godine tj. za vrijeme malih voda, HE Vinodol regulira frekvenciju, tako da snaga pojedinih generatora varira u punom opsegu, praktički od 0 do nominalne snage. U prosjeku je snaga daleko ispod nominalne, pa prema tome i zagrijavanje.

3. Nečistoće

Uvodno je spomenuto na koji način nečistoće slabe električnu čvrstoću. Međutim, pošto na generatorima HE Vinodol nije bilo nijednog preskoka (sve su proboji), utjecaj nečistoća se isključuje tim više što je, prilikom pregleda statornog namota, utvrđeno da je čistoća na primjernom nivou, jer nema uopće tragova ulja, a praktički ni prašine ili bilo kakvih drugih ostataka.

4. Specifičan pogon

Po svemu sudeći izgleda, da dio odgovornosti za prijevremeno starenje izolacije otpada i na specifičan pogon. Naime, tokom većeg dijela godine, generatori HE Vinodol, kao i drugih akumulacionih elektrana, rade tako da se noću obustavljaju. Na taj način generatori se intermitirano po danu griju, a po noći hlade. Pod pretpostavkom, da se namot kroz noć ohladi do ili ispod temperature okolnog zraka, moglo je doći do znatnog navlačenja vlage. Ponovnim ulaskom u pogon izolacija se opet zagrijava, a moguća su i lokalna pregrijavanja na što je izolacija jako osjetljiva, jer se na mjestima visokih temperatura stvaraju mjehurići vodene pare pod velikim pritiskom, koji razaraju izolaciju.

Ovakav pogon, gdje su generatori izloženi teškim termičkim ciklusima, slabljenje izolacije je potencirano fenomenom »creeping« (puzanjem), koji dovodi do odvajanja bakra od izolacije, što imamo u punoj mjeri kod izolacije generatora HE Vinodol. Ovaj utjecaj je manji kod izolacije s termootpornim smolama, što nije slučaj kod HE Vinodol. Osim toga, u ovakvim slučajevima tj. kod akumulacionih elektrana, gdje se ne može izbjeći spomenuti režim rada, prakticira se manje zagrijavanje od propisima dozvoljenog, jer se na taj način rastezanje vodiča smanjuje, a trajanje izolacije produžuje, što također nije poduzeto u HE Vinodol.

Prema tomu, ako uzmemo u obzir 10 godina pogona i prosječno 240 obustavljanja godišnje, onda nema sumnje, da je moglo doći i do znatnijeg navlačenja vlage i s tim u vezi do posljedica, kao i do fenomena »creeping«, odnosno odlučujućeg utjecaja na brzo starenje izolacije.

Kontrola izolacije u pogonu

Iz svega ovoga do sada proizlazi od koliko bi važnosti bila kontrola izolacije u pogonu tokom vremena. Međutim, iako se ovom problemu pridaje odgovarajuća pažnja u svijetu (kod nas, izuzev Elektroprivrede Slovenije, ništa), nije uspjelo pronaći metodu kojom bi se jednoznačno odredila kvaliteta izolacije u apsolutnom mjerilu, ali se primjenjuju metode s pomoću kojih je moguće s izvjesnom sigurnošću zaključiti na relativno stanje izolacije.

Postoje dvije grupe metoda koje se u praksi primjenjuju a to su:

nedestruktivne, koje obuhvataju mjerenje izolacionog otpora, te mjerenja za utvrđivanje tinjavog pražnjenja bez opasnosti za oštećenje izolacije, ali i bez direktnih pokazatelja o stvarnom stanju izolacije i

destruktivne, koje obuhvataju visokonaponska ispitivanja izmjeničnim, istosmjernim i udarnim naponom i s kojima se danas jedino sigurno može odrediti probojna sigurnost izolacije, ali koje su opasne za oštećenje izolacije.

Za ocjenu visokonaponske izolacije, a pomoću navedenih metoda, utvrđujemo različite osobine izolacije pomoću kojih možemo zaključiti o probojnoj čvrstoći, kao i o termičkom kemijskom naprezanju izolacije. Vrijednost nekog postupka mjeri se i po tome, koliko podataka možemo dobiti iz takvog mjerenja o električnoj čvrstoći, iako ne postoji neposredna veza između električne čvrstoće i dobivenih rezultata. Osim toga, vrijednost nekog postupka mjeri se i po tome, da li obuhvaća dio ili čitav namot. Postupak, koji obuhvaća dio namota, ima prednost da su moguća uspoređivanja pojedinih dijelova istog namota, kao npr. usporedba ulaznih svitaka i svitaka u zvjezdištu, budući da su ulazni daleko više električki napregnuti.

Nedestruktivnim metodama mjerimo osobine izolacije sekundarnog značaja (dielektrični gubici — ovisnost o naponu i temperaturi iz čega se zaključuje na sadržaj zraka i napon kod kojeg nastaje tinjanje, te izolacioni otpor — ovisnost o naponu i izolacione struje o vremenu, iz čega se zaključuje na sadržaj vlage u izolaciji) na temelju kojih možemo dobiti sliku o stanju izolacije, naročito uspoređivanje rezultata, budući da se mjerenja dadu ponoviti, a bez oštećenja izolacije, dok destruktivnim metodama mjerimo direktno osobinu primarnog značaja (električnu čvrstoću) s tim, da se namot oštećuje, a mjerenja se ne mogu ponavljati.

Nedestruktivne metode

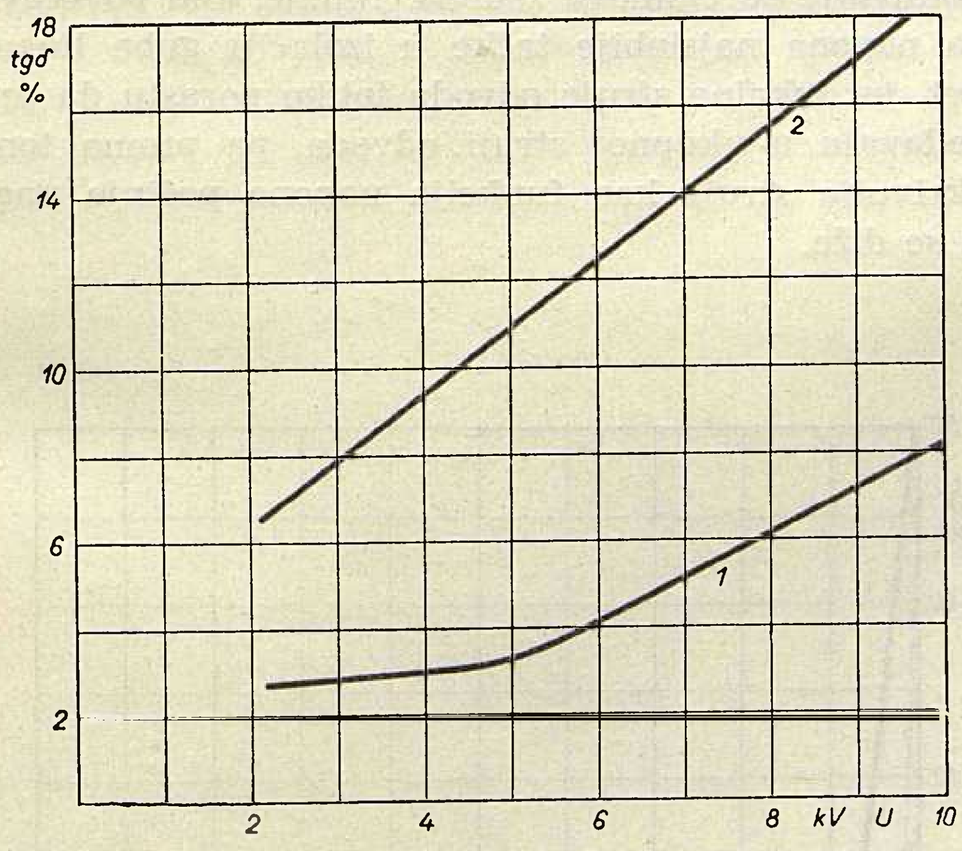
1. Mjerenje faktora dielektričnih gubitaka

Dielektrični gubici su važan elemenat za ocjenu izolacije, a mjere se Scheringovim visokonaponskim mostom ili vatmetrom. Ovi gubici su definirani tangensom kuta, određenim vatnom i kapacitivnom komponentom izmjenične izolacione struje prema formuli

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I_w}{I_c}$$

Iz apsolutnih vrijednosti faktora gubitaka nije moguće zaključiti na električnu čvrstoću, ali upućuju, ukoliko su veći, na povećanu vodljivost, koja je posljedica ili vlage ili većih oštećenja izolacije. Osim toga iz ovisnosti faktora gubitaka o naponu, dobijemo podatke o naponu kod kojeg nastupa tinjavo izbijanje kao i o intenzitetu ovoga. Dalje je moguće zaključiti na prisustvo zračnih mjehurića u izolaciji.

Postupak ispitivanja je sumaran i ne dovodi do oštećenja izolacije. Potrebna sredstva za mjerenje nisu velika. Mjerenja se mogu ponavljati i jedino tada, u svrhu kontrole izolacije, imaju smisla, jer su onda moguća uspoređivanja rezultata, a iz ovih i određeni zaključci o stanju izolacije. Mjerenja se vrše u vremenskim razmacima od 2—3 godine.



Sl. 1. Kut dielektričnih gubitaka u ovisnosti o naponu izolacije generatora HE Vinodol

Na slici 1, radi ilustracije, prikazan je kut dielektričkih gubitaka u ovisnosti o naponu za štapove generatora HE Vinodol, gdje krivulja 1 predstavlja kut gubitaka dobiven ispitivanjem rezervnog štapa uskladištenog cca 10 godina, a krivulja 2 kut gubitaka izmjeren na štapu izvođenom iz generatora nakon proboja.

Ovakav porast gubitaka pokazuje da je sistem izolacije štapa prilično ostario tokom godine.

2. Mjerenje zagrijavanja

Izolacija električnih strojeva je u normalnom pogonu izvrgnuta električnim, termičkim i mehaničkim naprezanjima, koja imaju za posljedicu trajnu promjenu strukture izolacije.

Ova promjena se odražava u slabljenju homogenosti slojeva mike, te slabljenju kompaktnosti između bakra i izolacione ljuske čak do potpunog odljepljivanja, a vezivo sredstvo nalazimo, u ovakvim slučajevima, u vidu prašine na površini bakrenih vodiča i unutarnjoj površini ljuske. Između bakra i ljuske formira se tanki sloj zraka.

Za praćenje promjene strukture izolacije služi nam metoda zagrijavanja, koja se sastoji u slijedećem:

Potrebno je izmjeriti otpor namota u hladnom stanju tj. poslije izvjesnog vremena mirovanja generatora pri izjednačenoj temperaturi bakra i rashladnog sredstva. Ovo izjednačenje se pospješuje okretanjem generatora kako bi se iskoristio propuh uslijed ventilacije. Drugim mjerenjem mjerimo otpor bakra, nakon što je generator nominalno opterećen (100 % I_n) postigao stabilizaciju temperature bakra. Shema mjerenja prikazana je na sl. 2. Pomoću izmjerenih veličina napona i struje određujemo po Ohmovom zakonu otpore, a iz relacije

$$\frac{234{,}5 + t_t}{R_t} = \frac{234{,}5 + t_h}{R_h}$$

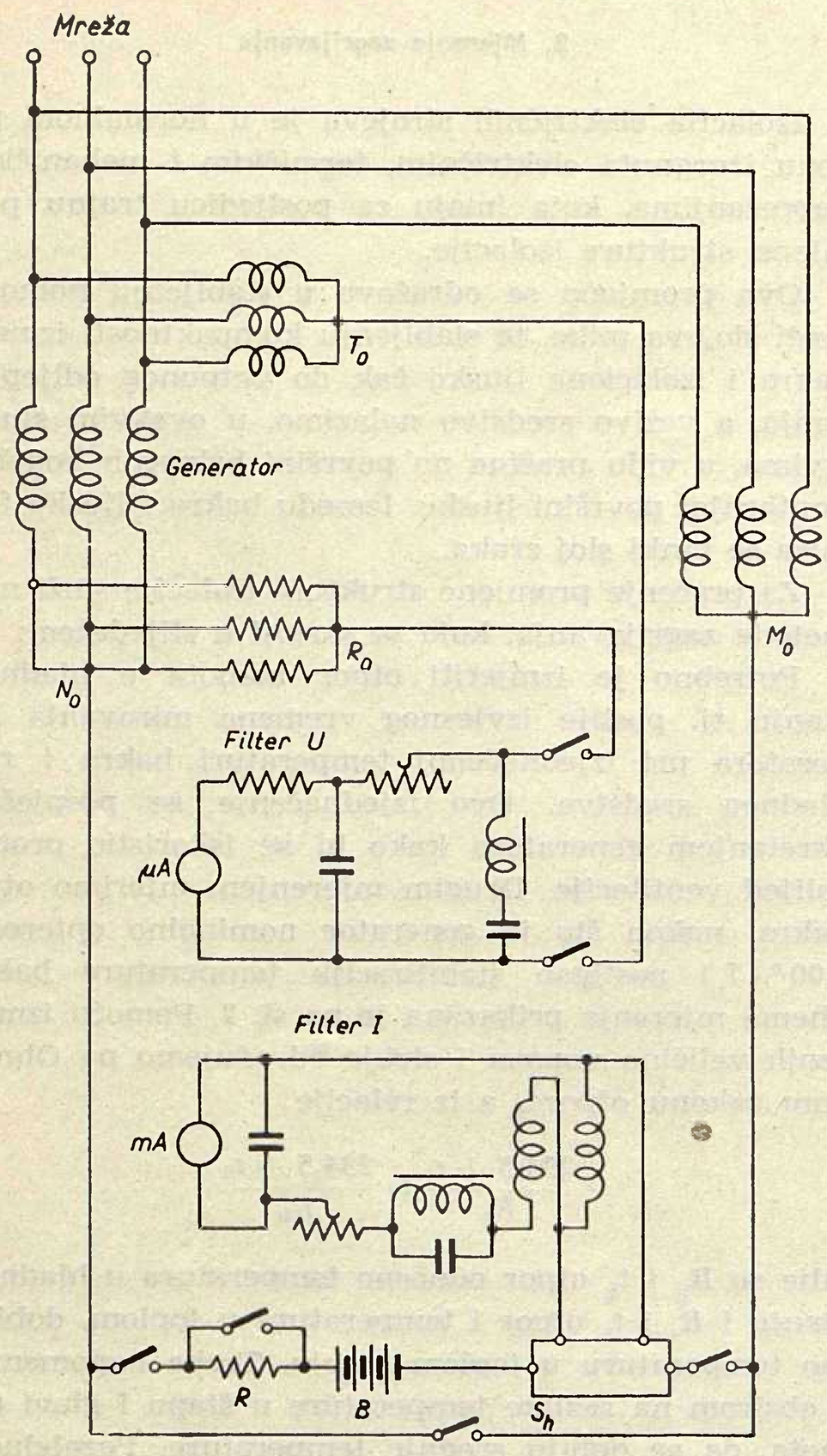
gdje su R_h i t_h otpor odnosno temperatura u hladnom stanju i R_t i t_t otpor i temperatura u toplom, dobijemo temperaturu u toplom stanju. Treba napomenuti, s obzirom na razlike temperature u štapu i glavi namota, da se dobiju srednje temperature. Paralelno s ovim mjerenjima, mjerimo temperature bakra ugrađenim mjernim termoelementima (sondama) u namotu.

Ukoliko su nastale strukturalne promjene u izolaciji, temperature izmjerene termoelementima bit će niže radi već spomenutog sloja zraka između bakra i željeza. Prema tome, transverzalno odvođenje topline je samo djelomično, pa preostaje da se toplina odvodi kondukcijom prema glavama namota čije isijavanje postaje brzo nedovoljno, te rezultira povišenje temperature bakra.

Razliku između ove temperature, izmjerene po shemi iz sl. 2, i temperature izmjerene termoelementima nazivamo »temperaturnom razlikom« koju uzimamo za uspoređivanje pri ocjenjivanju stanja izolacije i to:

a) uspoređujući vrijednosti dobivene na generatorima istih dimenzija;
b) uspoređujući vrijednosti dobivene na istom generatoru u razna vremena i
c) uspoređujući vrijednosti dobivene na generatoru prije i poslije izmjene namota.

Iskustva nekih zemalja, koje koriste ovu metodu, su pokazala, da je ova temperaturna razlika važan element informacija kod uzdržavanja, jer se svaka promjena u strukturi izolacije pokazuje kao neravnoteža u termičkoj slici stroja.



Sl. 2. Shema mjerenja zagrijavanja
N_0 — nul-točka generatora; M_0 — umjetna nul-točka ostvarena trofaznom zračnom (bez željeza) prigušnicom; S_h — otpor (shunt) za mjerenje istosmjerne struje mV — milivoltmetar; μA — mikroampermetar

Mana ove metode je rasipanje podataka dobivenih mjerenjem termoelementima. Naime, ovi su se do sada razmještali po konstruktorima pravilno geometrijski tj. u slučaju 6 sondi za 60° pomaknuta jedna od druge, pa različito i pokazuju, budući da ulazni svici brže stare od onih u blizini nul-tačke. Drugi razlog rasipanja je ovisan o položaju sonde u utoru. Dublje postavljene pokazuju više temperature.

Preostalo je, što je i logično, računati sa srednjom vrijednosti temperature izmjerene termoelementima (sondama), a preporuča se ove ugrađivati u blizini nul-tačke i izlaza svake faze.

3. Mjerenje istosmjernim naponom

Mjerenja, o kojima će ovdje biti govora, odnose se uglavnom na mjerenje izolacione struje, ili njenih komponenata, pomoću kojih, a na temelju različitih metoda, zaključujemo na kvalitet izolacije.

Ukupna izolaciona struja (sl. 3), koju mjerimo nakon narinutog istosmjernog napona, sastoji se od slijedećih komponenata:

kapacitivna struja koja predstavlja trenutno punjenje i brzo iščezava, budući da se radi s istosmjernim naponom;

polarizaciona ili apsorpciona struja je struja nabijanja, koja opada po eksponencijalnom zakonu, a iščezava praktički unutar 10 minuta;

izolaciona struja ili struja odvoda, koja stalno teče kroz izolaciju čak i kod najboljih izolatora, a osjetno se povećava kod nečistih i vlažnih izolacija.

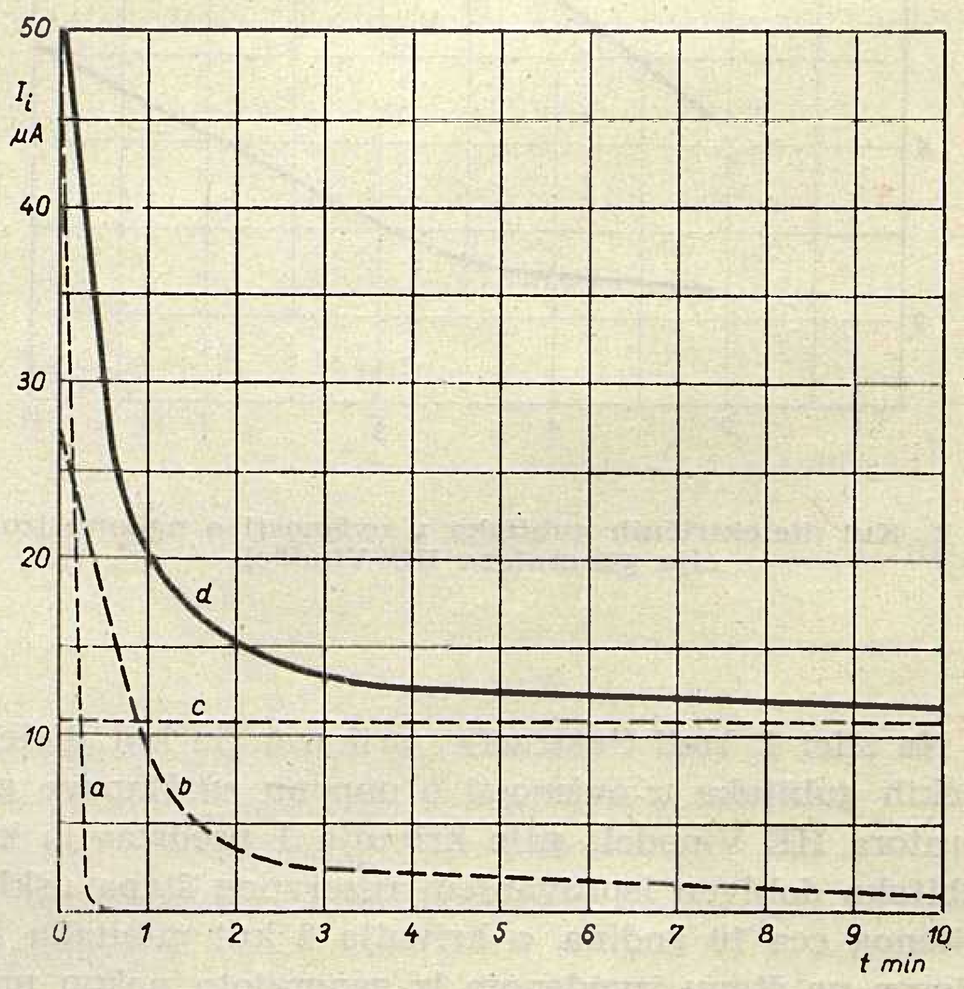
Ovisno o tome koja se od komponenata izolacione struje mjeri, razvile su se i razne metode s različitim mjerilima kvaliteta izolacije.

3.1. Mjerenje izolacionog otpora

Ovo mjerenje bazira na mjerenju stabilizirane izolacione struje, što praktički znači struje odvoda, kod raznih napona. Na taj način dobiva se krivulja struje u funkciji napona ili — a to je na kraju isto — krivulja izolacionog otpora u funkciji napona.

Uspoređivanjem dobivenih krivulja u određenim vremenskim razmacima određene izolacije, možemo po obliku krivulja ocijeniti kvalitet izolacije.

Za ocjenjivanje kvalitete izolacije na temelju ovih mjerenja, EdF koristi drugo mjerilo, ali u svrhu obuhvatanja slabih tačaka izolacije ide s ispitnim naponom do maksimalno 2 U_n, što znači da se mjerenja ne mogu i prije prekinuti, ako razlika prema Ohmovom zakonu upozorava na opasnost. Ova razlika je u stvari odstupanje od Ohmova zakona. Naime, kod povećavanja napona najslabije tačke u izolaciji gube linearnost, jer lokalne struje odvoda toliko porastu da prevladavaju u ukupnoj struji odvoda, pa prema tomu i krivulja struje kao funkcija napona počinje naglo da se diže.



Sl. 3. Komponente izolacione struje
a — kapacitivna struja; b — polarizaciona (apsorpciona) struja; c — izolaciona struja (struja vodljivosti); d — ukupna izolaciona struja

Ako je R_0 otpor mjeren niskim naponom tj. u linearnoj zoni, odnosno u području gdje nema odstupanja od Ohmova zakona (sl. 4) a di/du priklon tangente na krivulju struje za neki određeni napon U, uzima se kao kriterij

$$R_0 \cdot \frac{di}{du}$$

koji se naziva reduciranom razlikom s obzirom na Ohmov zakon. Ovaj kriterij je broj bez dimenzija, neovisan o veličini generatora, a jednak je broju jedan u linearnoj zoni. Ukoliko ova vrijednost prelazi broj 5, znači da ima izvjesnih anomalija u izolaciji.

Aparatura, koja je upotrebljavana pri ovim mjerenjima je elektrostatski generator od 50 mA kod 50 kV.

Uspoređivanje dobivenih rezultata u razna vremena je vrlo važno, radi čega treba precizirati uvjete ispitivanja, obzirom na temperaturu i vlažnost namota.

3.2. Mjerenje struje apsorpcije

Ovo mjerenje se vrši s naponom od 500 V. Ne mjeri se direktno struja apsorpcije, nego struja resorpcije, pošto je ova pojava reverzibilna tj. struja nabijanja dobije se u cijelosti kod izbijanja nakon isključenja napona i prestanka struje odvoda. Mjerenje se obavlja nakon određenog vremena — na primjer nakon 1 minute.

Da bi se moglo provesti uspoređivanje, reducira se dobivena struja na jedinicu statičkog kapaciteta i jedinicu napona kod temperature od 20° C.

Rezultat se izražava u amperima po voltu i faradu, te iznosi kod novih namota 1 mA, a kod zastarjelih generatora može doseći i do 12 mA.

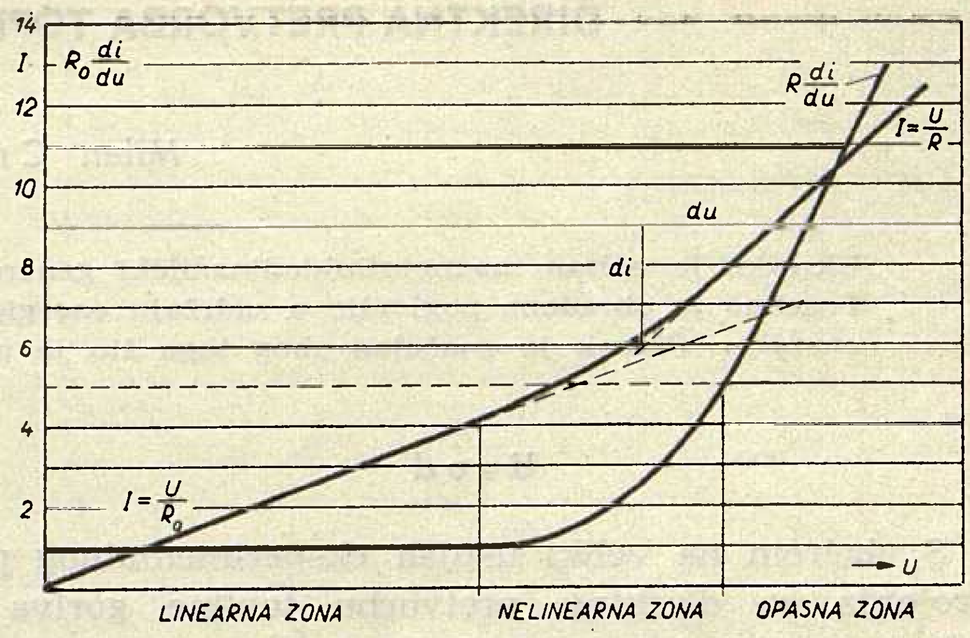
3.3. Mjerenje jakosti tinjavog izbijanja (ionizacija)

Tinjavo izbijanje razara izolaciju kemijskim djelovanjem, stvaranjem topline i bombardiranjem iona. Stalno tinjanje prouzrokuje s vremenom raspadanje organskih dijelova izolacije, što se pospješuje prisutnošću kisika i vlage.

Pomoću antene, pojačala i indikatora (slušalica ili instrumenat) moguće je utvrditi početak tinjanja u ovisnosti o visini napona, kao i intenzitet. Ispitivanje se vrši u granicama pogonskog napona, a rezultati se uspoređuju kao i kod ostalih mjerenja.

Zaključci

Izolacija statorskog namota na generatorima HE Vinodol je do te mjere ostarila, da je neophodna zamjena, iako su tek 10 godina u pogonu, što nije bilo očekivati.



Sl. 4. Krivulja struje i reducirane razlike prema Ohmovom zakonu

Ovaj slučaj očito govori da praćenju stanja izolacije treba posvetiti posebnu pažnju. U tu svrhu preporuča se uvođenje sistematske kontrole starenja izolacije primjenom odgovarajućih metoda.

Kod akumulacionih elektrana s većim jedinicama, gdje su generatori izvrgnuti težim termičkim ciklusima, uputno bi bilo, radi sprečavanja brzog starenja izolacije, temperaturu generatora držati u određenom temperaturnom području na taj način da, putem termostata, ventil pred hladnjakom automatski regulira protok rashladne vode ovisno o temperaturi. U slučaju relativno duljeg stajanja generatora, kada bi temperatura i dalje padala, pokraj potpuno zatvorenog hlađenja, trebalo bi predvidjeti automatsko ukapčanje grijanja, tako da temperatura ne padne ispod određene vrijednosti.

Kod gradnje većih generatora, dati prednost izolaciji na bazi sintetičkih termostabilnih smola, s obzirom na veću otpornost ovih protiv opisanih utjecaja.

Literatura

1. E. Höfler, *Čišćenje, sušenje i kontrola električne izolacije*, Elektrotehnika, 1958.
2. I. Fabre, G. Lang, I. Laverlochere, G. Loroy, I. Narcy i G. Ruelle, *Recherches sur l'isolation des grandes machines sinchrones*, CIGRE 1956.
3. V. Bek, *Osvrt na izolaciju statorskog namota generatora za HE Split*, Informacije, R. Končar, 1963.
4. Hartmut-Mayer, *Vorfahren zum Beurteilen und Prüfen der Hochspannungsisolierung elektrischer Maschinen*, ETZ, 1957.
5. E. Höfler, *Kontrola statorske izolacije sinhronih generatora*, CIGRE, Budva, 1962.
6. Elektrotehnički institut poduzeća »R. Končar«, *Ispitni nalaz za izolaciju generatora HE Vinodol*.
7. A. Dolenc, *Zagrijavanje, životna dob i termička zaštita*, Elektrotehnika 1958.

Naslov pisca: Nikola Bilčar, dipl. ing., Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37

DIREKTNA PRETVORBA TOPLINE GORIVA U ELEKTROENERGIJU

Milan Crlenjak, Zagreb

Ukratko je opisan magnetofluidodinamički generator (MFD), primijenjen u Americi sa zapaženim uspjehom. Posebno je obrađeno poglavlje o sadržaju energije goriva, koje se u generatoru MFD pretvara u električnu energiju. Članak je značajan zbog toga što je proces objašnjen s termodinamičkog stanovišta.

DK 621.362

Uvod

S obzirom na veliki uspjeh eksperimentalnog postrojenja za direktnu pretvorbu topline goriva u elektroenergiju koncem 1963. u SAD, pomiče se poznavanje te problematike u prvi red interesa termoenergetičara. U ovom ćemo prikazu pokušati zahvatiti i prikazati suštinu te interesantne i bez sumnje perspektivne problematike.

U klasičnim termoelektranama (TE) i atomskim termoelektranama (ATE) proizvodi se električna energija putem toplinskih postrojenja tako, da se latentna kemijska energija goriva oksidacijom preobrazi najprije u toplinu. Taj je način proizvoda toliko poznat i uhodan, da se temeljito pitanje samog sadržaja energije goriva i mogućnosti njegove direktne preobrazbe u električnu, premalo spominje i obrađuje. Klasična preobrazba kemijske energije goriva u toplinu putem ireverzibilne oksidacije (izgaranja) goriva, energetski je vanredno loša, već radi potpune ireverzibilnosti spontanog izgaranja. U najpovoljnijim i najvećim savremenim TE iznosi iskorištenje sadržaja energije goriva do $\eta_G = 45\,\%$, uz golemi gubitak od najmanje 55 % energije goriva, koji je u principu nepotreban. Preko te činjenice ne treba više prešutno prelaziti, niti kod nas.

Najmarkantnije je kod toplinskih postrojenja, da je teoretski unaprijed maksimirana ona količina topline goriva, koja je sposobna za preobrazbu u drugovrsnu formu energije. Putem idealnog Carnotovog procesa i unutar krajnjih granica temperature izdržljivosti suvremenih čelika te zadane temperature okoline u kojoj leži TE, može se danas postići teoretski iscrpak utrošene topline goriva do 60 %. Ostatak od 40 % raspoložive topline goriva, »a priori« je vezan na okolinu, te je teoretski i praktički nesposoban za preobrazbu u drugovrsnu energiju.

Preobrazivi dio one količine topline, koju je radna tvar — koja izvodi standardni proces TE Clausius-Rankine — prihvatila, daje termički stupanj djelovanja procesa

$$\eta_t = \frac{T_m - T_{ok}}{T_m}$$

gdje je T_m srednja temperatura dovoda topline tvari, koja vrši ciklički proces, pod idealnom pretpostavkom, da je temperatura kondenzacije jednaka temperaturi okoline T_{ok}. Sav kvantitet topline odveden iz procesa na okolinu, izgubljen je za preobrazbu u elektroenergiju.

Ako se sakupe svi preostali stupnjevi djelovanja izvedene TE u produkt

$$\eta_R = \pi\,(\eta_K \cdot \eta_{CJ} \cdot \eta_{PT} \cdot \eta_{EL} \cdot \eta_{PS} \cdot \eta_{OS})$$

tj. parnog kotla, parovoda, parne turbine, elektrogeneratora, utroška snage pomoćnih strojeva, te ostalih uređaja i naprava postrojenja dobije se »korisnost goriva« kondenzacione termoelektrane

$$\eta_G = \eta_t \cdot \eta_R = \frac{860 \cdot N_{el,\,neto}}{B \cdot H_d}$$

Slučajno je kod kondenzacionih termoelektrana stupanj toplinske valjanosti

$$„\varphi_{(TE)}“ = \frac{E_{el}}{E_G}$$

po Bošnjakoviću, tj. stupanj reverzibilnosti preobrazbe energije goriva u elektroenergiju, identičan sa spomenutim η_G, a maksimalno mogući iscrpak energije po kg goriva — eksergija prema Rantu — iznosi kod termoelektrana $E_G \doteq B \cdot H_d$. Do ove nas podudarnosti dovodi koincidencija, da je kod ugljena ogrjevna toplina H_d približno jednaka eksergiji po kg goriva, što kod drugih klasičnih i atomskih goriva nije slučaj. Kod ostalih klasičnih goriva leži maksimalna eksergija u pravilu između gornje i donje ogrjevne topline. Kod atomskih termoelektrana, ATE, ovisi sadržaj energije toga »goriva« o defektu mase, pa prema Einsteinovoj formuli iznosi sadržaj energije 1 kg urana 235, čiji defekt mase iznosi samo 1 g/kg U^{235}

$$e = \frac{m}{1000} \cdot c^2 = \left(\frac{1}{1000} \cdot \frac{1}{9{,}81}\right) \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \cdot \left(\frac{1}{427} \cdot \frac{1}{860}\right) =$$
$$= 25{,}000.000 \text{ kWh/kg } U^{235}.$$

U najnovijim ATE pridobivamo tek 30 % razvijene topline urana u formi elektroenergije. ATE su danas još izrazito toplinska postrojenja sa spomenutim principijelnim gubicima klasične preobrazbe topline u elektroenergiju.

Najbolji toplinski strojevi — dizelski motori — koji rade s direktnim korištenjem visokih temperatura izgaranja gorivih ulja, ali i s odgovarajućim hlađenjem stijenki cilindra motora, postizavaju i kod razmjerno malih jedinica isti termički stupanj, kao i najveće TE. Razlog je tome u golemom utrošku intenziteta toplinske energije (oko 1000° C), za prijenos topline s plinova izgaranja na sadržaj parnog kotla. Još treba naglasiti, da je η_R kod većih TE viši, a taj tokom jednog decenija raste za oko 1 %, što je pouzdan indeks uspjeha usavršavanja strojeva, uređaja i naprava klasičnih TE.

S obzirom na golemi gubitak energije goriva u parnim kotlovima (2/3 svih gubitaka!), postepenog usavršavanja tehnike (η_R), kao i stalnog povisivanja trajne čvrstoće čelika da odoli najvišim temperatu-

rama procesa Clausius-Rankine — u svrhu povišenja η_t — izgleda, da današnji tip TE nema više nekih revolucionarnih izgleda.

Sadržaj energije goriva

Kod energetskih analiza TE koje troše ugljene, uzima se kao maksimalno mogući iscrpak kemijske energije ugljena $AL_{maks} \doteq H_d$, odnosno ispravnije s gornjom ogrjevnom toplinom $AL_{maks} = H_o$, jer je danas praktično korištenje topline dima već dobro riješeno. Do ovakvog izražavanja sadržaja energije goriva, dolazi se tokom proračunavanja sadržaja energije onih sastojaka goriva (ugljika i vodika), koji izgaraju s kisikom iz zraka uz balast kemijski neutralnog dušika, a sadrže najviše iznose energije. Tako je npr. za čisti metan

$$AL_{maks} = 8770 \text{ kcal/Nm}^3 \doteq 10.2 \text{ kWh/Nm}^3$$

što je više od $H_{dCH4} = 8550$, a manje od $H_{oCH4} = 9520$ kcal/Nm³. Za primjer je uzet baš metan, čija je strukturna formula poznata i prije izgaranja. Kod ugljena (komplicirani spojevi c-h-s-o-n-w-a) nije još poznata struktura molekule prije izgaranja, pa stoga i nije moguće precizno proračunati sadržaj energije ugljena. Proračunavanje se mora provesti s apsolutnim entropijama svih sudionika procesa, jer se kod izgaranja preobražava materija.

Za ugljik, primjerice, iznosi sadržaj energije prema Helmholtzovom izrazu

$$H_{(C)} = (U_2 - U_1) - T_{ok} \cdot (S_2 - S_1) = \\ = 7920 \text{ kcal/kg} \doteq 9{,}2 \text{ kWh/kg}.$$

U toplinskim postrojenjima mogli bi danas dobiti od 3,8 kWh/kg C, dok se u pokusnom postrojenju za direktnu preobrazbu topline goriva u elektroenergiju »AVCO« u SAD koncem 1963. postigao već iscrpak od 5 kWh/kg C, čemu odgovara $\eta_G = 0{,}60$ i specifičan potrošak energije od

$$q = \frac{860}{\eta_G} = 1430 \text{ kcal/kWh !}$$

Ako bi samo izgaranje goriva proveli *reverzibilno*, mogla bi se kemijska energija goriva preobraziti u neku drugovrsnu konvertibilnu formu energije, npr. električnu, u cijelom iznosu od H_o kWh/kg. Prijedlog za provedbu reverzibilnog izgaranja predložio je svojevremeno već W. Ostwald (1894) putem električnih ćelija gorivo-kisik, na temelju kojeg je u SAD već bio u pogonu i pokusni traktor. Drugi je način iznesao Bošnjaković 1960 [2, str. 336], koji je, čini se, jedna od podloga uspješnog pokusnog postrojenja »AVCO« u SAD.

To postrojenje radi s vrlo visokim temperaturama izgaranja goriva, oko 3000° C, gdje se pokazuje početak disocijacije plinova izgaranja. Električna vodljivost plinova izgaranja povisuje se dodatkom potaše, koja se kod 3000° C već jako ionizira, a jaki elektromagnet kupi slobodne elektrone pomoću pozitivnih i negativnih elektroda. Pokusno postrojenje daje oko 1350 kW snage uz $\eta_G = 56$ %! Postrojenje radi samo 1 minutu, radi velikih poteškoća s materijalima kod tih visokih temperatura. No u planu je već slijedeće pokusno postrojenje s navodno riješenim pitanjem materijala za trajni rad i uz zamjenu najvećeg potrošača proizvedene električne energije, golemog magneta klasičnog tipa (22 t bakra + 25 t željeza), s vrlo malenim magnetom koji radi sa supravodljivošću, tj. s tekućim helijem hlađenim vodičima, koji praktički više ne troši energije za održavanje jedanput uspostavljenog magnetskog polja. Učenjak Mr. Wilkes, koji vodi, ispituje i dotjeruje ovo pokusno postrojenje, naziva plinove izgaranja »plazmom«, što oni sigurno nisu, pa možda je to i razumljivo oduševljenje nakon tako značajnog uspjeha. Kod 2000° K počinje kod vodika disocijacija molekula H_2 u 2H, koja je završena kod 5000° K, kada postoji samo jednoatomni vodik. Tek kod 8000° K počinje ionizacija vodika, tj. odvajanje elektroda od pozitivne jezgre atoma vodika. Potpuna razgradnja svih atoma vodika završava se kod 30.000° K, iznad koje temperature postoje samo slobodni elektroni ($m_e = 0{,}000549$) i pozitivne jezgre vodika, tj. prava plazma (IV-to agregatno stanje tvari). U plazmi se sudionici ponašaju kao samostalni plinovi sa svojim molekularnim težinama odgovarajućim parcijalnim tlakovima.

Putem pretvaranja goriva u ionizirane plinove, moguća je direktna preobrazba topline goriva u elektroenergiju. Problem materijala koji bi odolijevao temperaturama »plazmatičnih« plinova, idejno je već riješen u znamenitom postrojenju »ZETA« time, da se mlaz plazme (elektrona i jezgri) odjeljuje od stijenki magnetskim poljem, koje plazmu koncentrira oko sredine cijevi.

Pri kemijskoj preobrazbi onih materijala koji se naročito ističu velikim sadržajem »slobodne energije« kao npr. goriva, može se prema Helmholtzu putem reverzibilnih procesa kod T = konst i V = konst (slučaj kalorimetričke bombe) dobiti energija u maksimalnom iznosu (tzv. »slobodna energija procesa«)

$$H = AL_{maks} = (U_2 - U_1) - T_{ok} \cdot (S_2 - S_1) \text{ kcal ili kWh}$$

Kod procesa kod T = konst i p = konst (izgaranje kod konstantnog [atmosferskog] tlaka) dobije se po Gibbsu

$$G = AL_{maks} = I_2 - I_1 - T_{ok} \cdot (S_2 - S_1) \text{ kcal ili kWh.}$$

Dio ($T_{ok} \cdot \Delta S$) u oba je slučaja tzv. »vezana energija« kod temperature okoline T_{ok} °K, i pojavljuje se samo u formi topline.

Kod reverzibilnih procesa (npr. pri spontanom izgaranju goriva), izražava se ΔU, odnosno ΔI samo u formi topline, koja se putem toplinskih postrojenja može tek dijelom preobraziti u mehanički rad (turbine) ili elektroenergiju (turbogeneratori). Za bolju ilustraciju neka posluži slijedeći primjer.

Iz kemijskog procesa u galvanskim člancima može se smanjenje »slobodne energije procesa« koristiti za obavljanje mehaničkog rada pomoću elektromotora,

pri čemu se toplina u promatranom sistemu uopće ne pojavljuje (uz maleni unutarnji otpor članaka), već samo konvertibilni mehanički rad. Na taj način može se slobodna energija procesa *reverzibilno* preobraziti direktno u mehanički rad i *mjeriti*.

Troškom proizvedenog rada, može se u cijelosti uspostaviti prvotno kemijsko stanje članaka. Ako se proizvedena električna energija galvanskih članaka koristi za grijanje električnog otpornika, a proizvedena toplina Q uključi u promatrani sistem, onda je takva preobrazba kemijske energije *ireverzibilna*. U otporniku se rad tako reći »poništava« time, što nastaje ekvivalentna količina topline u iznosu Q, koja je samo djelomično konvertibilna i to u maksimalnom iznosu $E = Q \cdot \eta_t$ kWh.

Svaka pretvorba kemijske energije u toplinsku, bilo djelomično ili potpuno, direktno je mjerilo reverzibilnosti te pretvorbe. Pridobijemo li samo rad, pretvorba je reverzibilna, dok je kod pretvorbe kemijske energije samo u toplinu, proces ireverzibilan. Naglašeno je prije, da je preobrazba topline u mehanički rad tek djelomično moguća (Carnotov reverzibilni proces, može koristiti samo dio kvantiteta utrošene topline za preobrazbu u rad!). To znači da i u slučaju *reverzibilne* preobrazbe topline u rad, uvijek ostaje dio kvantiteta utrošene topline »a priori« vezan na okolinu, koji je izgubljen za preobrazbu u rad. Taj na okolinu vezani kvantitet topline kod reverzibilnih termodinamičkih procesa čak i nije gubitak, već nužna posljedica odvijanja cikličkih procesa, koji moraju imati dovod i odvod topline; tek je razlika dovedene i odvedene količine topline preobraziva u drugovrsnu formu energije.

Koristimo li toplinsku formu energije goriva, imamo u principu *dva* gubitka kvantiteta energije: onaj od reverzibilne preobrazbe kemijske energije u toplinu (spontano izgaranje) i drugi, koji je a priori vezan na okolinu Carnotovim ili bilo kakvim reverzibilnim procesom preobražavanja topline u rad.

Prema gornjem slijedi, da je kod korištenja toplinske forme energije jedina teoretski opravdana mogućnost za smanjivanje gubitaka kvantiteta razvijene topline goriva ta, da se *izgaranje* provede reverzibilno. U tu je svrhu potrebno, da se najprije svi sudionici na procesu izgaranja dovedu i održe u međusobnom ravnotežnom stanju tako, da bi se daljnja kemijska reakcija odvijala u neprekidnom slijedu ravnotežnih stanja. Pregrije li se gorivo i posebno kisik (zrak) na tako visoke temperature, da se postigne potpuna disocijacija molekula, a da se zatim uz adijabatsko snižavanje temperature uz postepenu oksidaciju i uz kontinuirano pridobivanje rada pomiču ravnotežna stanja sudionika sve do temperature okoline, dobilo bi se reverzibilno izgaranje i time maksimalni iscrpak iz energije goriva (Bošnjaković).

Spomenuto pokusno postrojenje »AVCO« (oznaka MARK II) izgara kerozin u visoko pregrijanom i komprimiranom kisiku, da se postigne temperatura od oko 3200° C, uz ionizirajući dodatak potaše. Takvi elektrovodljivi plinovi izgaranja ekspandiraju se na okolišni tlak, uz postizavanje velikih brzina strujanja, oko tri Macha kroz magnetsko polje. Takovo pomicanje elektrovodiča kroz magnetsko polje je princip generiranja električne struje uopće. Pri ekspandiranju plinova izgaranja bitno pada temperatura, no još uvijek imaju toliku temperaturu, da mogu grijati klasično toplinsko postrojenje. Pretkopčamo li magnetohidrodinamički (MHD), odnosno ispravnije magnetofluidodinamički (MFD) generator klasičnom parnom ili plinskom postrojenju TE ili TO, možemo u takovom kombiniranom postrojenju bitno povisiti stupanj iscrpka energije goriva η_G. Pridobivena energija u magnetskom polju može najviše iznositi $e = H_o \cdot \eta_t$ kWh/kg goriva, gdje je

$$\eta_t = \frac{T_{iz} - T_2}{T_{iz}}$$

tj. omjer razlike temperatura izgaranja goriva u komori izgaranja T_{iz} i izlazne temperature plinova izgaranja nakon ekspanzije iz magnetskog polja T_2, naprama T_{iz}.

S atomskim gorivima nije teško postići i najviše temperature, koje su uvjet dobivanja pravih plazmi. Pored toga postoji i ionizirajuće djelovanje β-čestica. Plazme imaju najviši mogući broj slobodnih elektrona koji se više ne rekombiniraju u atome, pa se mogu vaditi elektrodama i koristiti izvorno kao istosmjerna struja visokog napona, ili pretvarati u višefazne struje. S visokom električnom vodljivošću plazmi, može se i indukcionim putem dobivati električna energija, tj. bez elektroda.

Korist proučavanja i postavljanja eksperimentalnih postrojenja za direktnu preobrazbu topline u elektroenergiju budućnost je energetike, koja imperativno zahtijeva proizvodnju golemih snaga u postrojenjima najmanjih volumena. Pored toga bitno će racionalnije koristiti latentne energije ograničenih zaliha naših goriva od najboljih savremenih toplinskih postrojenja.

Literatura

[1] M. Crlenjak, *Doprinos određivanja kvaliteta topline*, Zbornik 25-godišnjice Rudarskih odjela, 1964.
[2] F. Bošnjaković, *Technische Thermodynamik*, II. Teil, 1960.
[3] BWK, br. 1, 1964.

Naslov pisca: Prof. Milan Crlenjak, dipl. ing., Tehnološki fakultet, Zagreb, suradnik Instituta za elektroprivredu

MAGNETOHIDRODINAMIČKI PRETVARAČI ENERGIJE

Marijan Brezinšćak, Zagreb

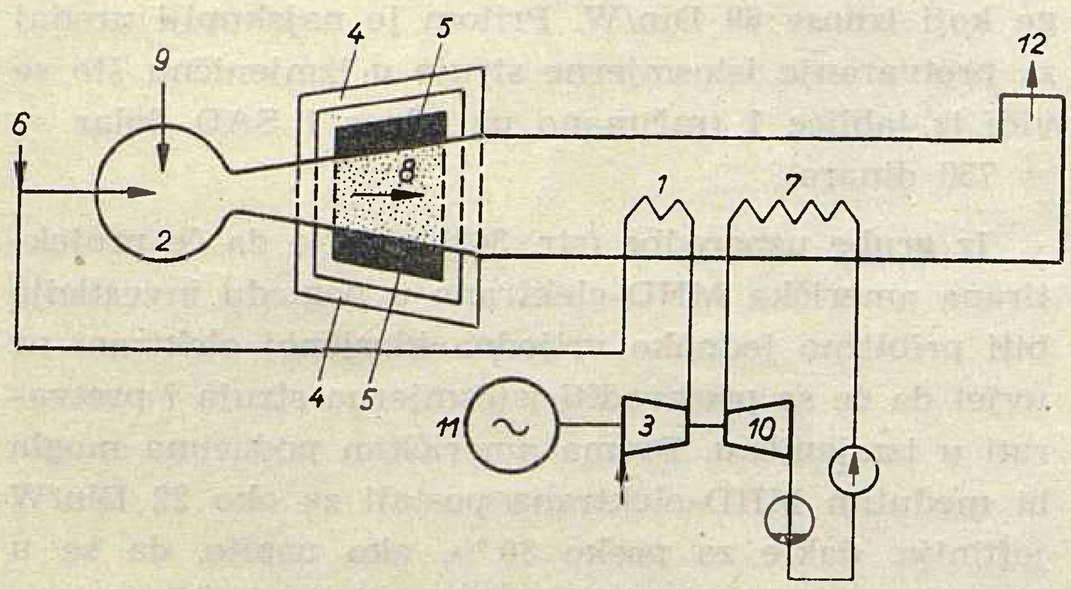
Iznosi se jedna nova metoda proizvodnje električne energije, koja upravo prelazi iz laboratorijskog u industrijski stadij. Magnetohidrodinamički pretvarači energije, odnosno generatori, koji se već nalaze u pogonu — za specijalne svrhe — dosižu snagu od 20 MW. U projektiranju su, a i u gradnji, uređaji jedinične snage od nekoliko stotina MW. Ekonomičnost ovog načina proizvodnje električne energije treba da znatno premaši onu u klasičnim termoelektranama. Pojavili su se novi tehnološki problemi, ali njihovim rješavanjem otvara se put masovnoj primjeni ovih uređaja u praksi. Smatra se da već sada treba i kod nas pristupiti usvajanju nove tehnologije.

DK 621.362

1. Eksperimentalni MHD-generatori

Potkraj 1961. u američkom poduzeću Avco-Everret bio je u pogonu eksperimentalni magnetohidrodinamički (MHD) pretvarač energije koji je na svom izlazu davao snagu 900 kW. Taj eksperimentalni MHD-generator bio je jedan iz serije pokusnih generatora namijenjenih u budućnosti elektroprivredi. Tokom 1962. u istom poduzeću izrađen je MHD-generator snage 20 MW, izrađen za potrebe simuliranja atmosfere u kojoj lete međukontinentalni projektili. U Engleskoj predviđaju da će tokom naredne dvije godine dovršiti MHD-elektranu snage 200 MW i da će toplinska korisnost proizvodnje električne energije iznositi oko 55 %. Pri tom se valja podsjetiti da toplinska korisnost najvećih klasičnih toplinskih elektrana tek neznatno premašuje 40 %. U SAD se projektira i MHD-elektrana izlazne snage 450 MW toplinske korisnosti 55 % koja će dakle uštedjeti oko 40 % goriva u odnosu na klasičnu termoelektranu.

Ovih nekoliko podataka dokazuje da MHD više nije samo stvar razvojnih laboratorija, već početak primjene jednog novog izvora energije, koji će moći koristiti i loša goriva, a osim toga donijeti izvanredne ekonomske uštede. To je razlog da se danas u svim industrijski naprednim zemljama grozničavo proučava mogućnost primjene MHD-generatora i pri tom se ne štede ni novčana sredstva ni kadrovi. Koliko su pojedini tehničko-ekonomski problemi već zreli dokazuje i to, što je septembra 1962. u Engleskoj održan »Symposium on Magnetoplasmadynamic Electrical Power Generation« na kojem su predložena 43 referata.



Sl. 1. Načelo rada MHD-generatora
1 — predgrijač zraka, 2 — izgarna komora, 3 — kompresor, 4 — namot za proizvodnju magnetskog polja, 5 — elektrode, 6 — dovod goriva, 7 — izmjenjivač topline, 8 — mlaznica, 9 — dovod iona, 10 — turbina, 11 — klasičan generator električne snage, 12 — odvod u dimnjak

Može se, dakle, konstatirati da se svijet nalazi neposredno pred primjenom MHD-generatora u energetske svrhe i prognozirati da će daljnji razvoj ići strelovito naprijed. Neminovno je da će se u taj svjetski energetski progres morati prije ili kasnije uključiti i Jugoslavija.

2. Načelo rada MHD-generatora

Poznato je da je glavni dio MHD-generatora mlaznica kroz koju struji ionizirani vrući plin, a okomito na smjer strujanja plina djeluje magnetsko polje. Okomito na smjer strujanja i okomito na smjer polja inducira se električni napon. Prikladnim smještajem elektroda može se iz njih odvoditi električna struja i njome napajati električka trošila.

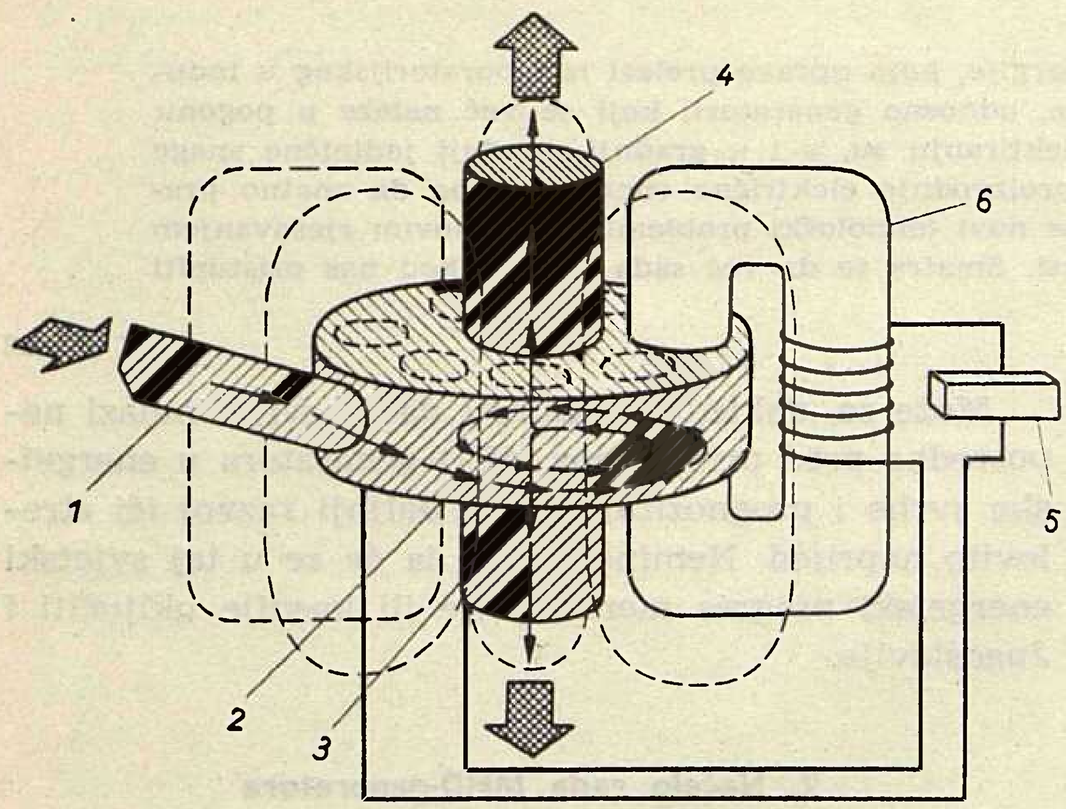
MHD-postrojenje mora uz mlaznicu sadržavati potrebne uređaje za proizvodnju ugrijanog plina (kompresor, predgrijač zraka i komoru za izgaranje), za utrcavanje čestica koje podižu električku vodljivost plina, te klasičan turbogeneratorski sklop u kojemu se do kraja iskoristi preostala temperatura strujećeg plina. Djelovanje MHD-postrojenja može se pratiti na slici 1: kompresor 3 tlači atmosferski zrak kroz predgrijač 1 u komoru za izgaranje 2 u koju istodobno ulazi gorivo 6 i dodatni ioni 9. Vrlo vrući izgorjeli plinovi (oko 3000 °K) struje pod tlakom iz komore 2 u mlaznicu 8 u kojoj namot 4 proizvodi jako magnetsko polje. Između elektroda 5 inducira se istosmjerni električki napon, pa se na njih može priključiti električko trošilo.

MHD-generator sa slike 1 ima plosnatu mlaznicu; presjekom je prikazana njena uža mjera. Zamišljeni su i pokusno izvođeni i drugi oblici, npr. u obliku cilindra. Slikom 2 prikazan je oblik MHD-generatora manje snage (oko 1 MW), kakve namjerava proizvoditi američka firma Ramo Wooldridge Inc. Taj spiralni MHD-generator bit će navodno karakteriziran masom 0,5 kg/kW, a temperatura će se kretati između 2260 i 2760° C.

Oblik mlaznice i konstruktivna rješenja smještaja namota, uzbudnog magneta itd. ovise o nizu činitelja od kojih zasada najveću ulogu igraju tehnološki problemi vezani uz visoke temperature. O tome ćemo podrobnije govoriti u odsječku 4.

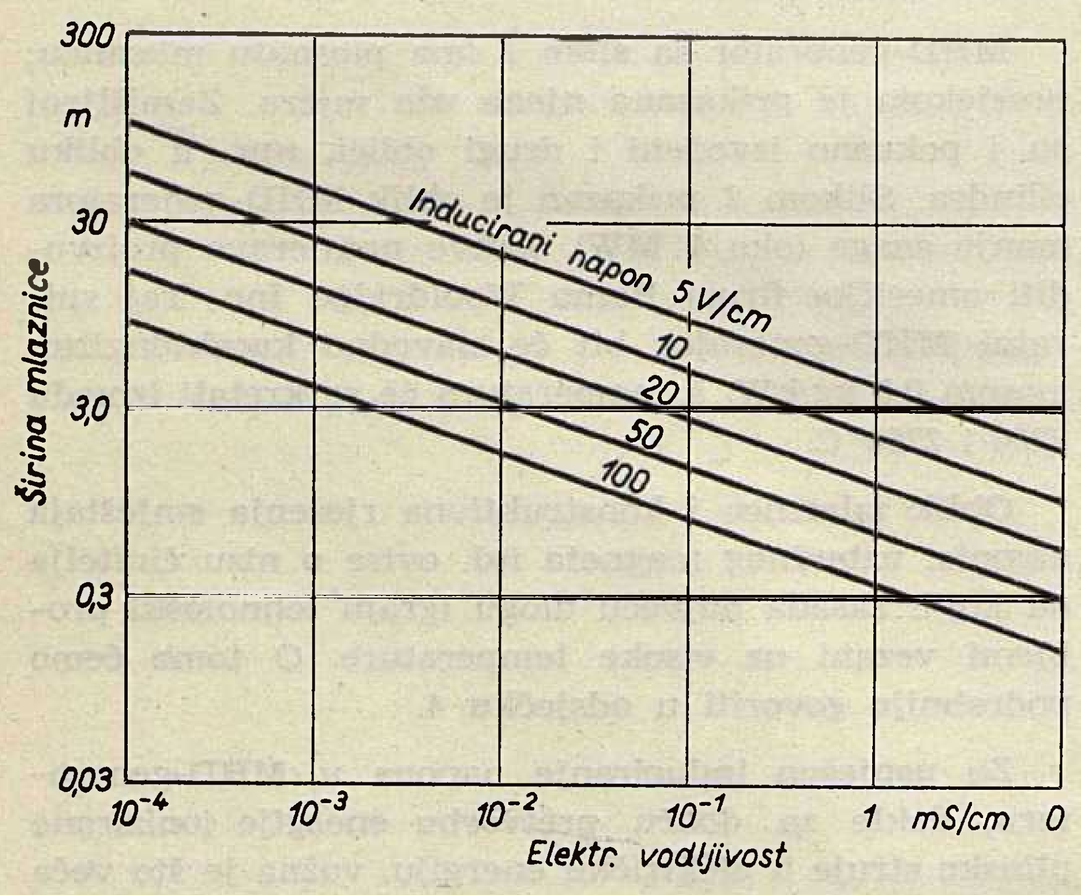
Za uspješno induciranje napona u MHD-generatoru, dakle za dobru pretvorbu energije ionizirane plinske struje u električku energiju, važna je što veća električka vodljivost plina (sl. 3). U tu svrhu plin mora biti jako ioniziran. No ionizacija je pri tempe-

Sl. 2. Magnetohidrodinamički generator Vortex
1 — ulaz ioniziranog plina, 2 — vanjska elektroda, 3 — unutarnja elektroda, 4 — izlaz plina, 5 — opterećenje, 6 — uzbudni magneti



raturama do 3000 °K slaba, jer tek pri 10 000 °K plinovi postaju znatnije ionizirani. Stoga se u plin uštrcavaju električki nabijene čestice koje električnu vodljivost podižu na značajniju razinu. Pri tom se iskorištava činjenica da injektiranje neznatnih množina alkaličnih tvari niskog potencijala ionizacije dovodi do izvanredno jakog povećanja vodljivosti plina. Taj utjecaj može se vidjeti iz dijagrama na slici 4. Elementi natrij (5,14 eV), kalij (4,33 eV) i cezij (3,88 eV) pogodni su baš zbog svog niskog potencijala ionizacije.

Ionizacija plinske struje može se osim toplinskim načinom (npr. prolaženje plina kroz električki luk kao pri Westinhouseovim prototipovima MHD-generatora) i dodavanjem spomenutih elemenata ostvariti i primjenom vrlo jakih visokofrekventnih električkih polja, što rezultira početkom električkog izbijanja u plinu.



Sl. 3. Približna ovisnost širine mlaznice MHD-generatora o električkoj vodljivosti plina uz različite jakosti induciranog električkog polja

3. Ekonomski aspekti primjene MHD-elektrana

Ulaganja u istraživanja i razvoj MHD-generatora imaju smisla samo u slučaju, ako se kao rezultat toga mogu očekivati komercijalne MHD-elektrane, dakle takve koje i u pogledu ekonomskih pokazatelja mogu biti jednake ili čak bolje od klasičnih termoelektrana. Da bi se to moglo ustanoviti, objavljeno je u nekoliko razvojnih organizacija u svijetu niz ekonomskih proračuna na osnovu idejnih projekata MHD-elektrana. Vrlo je interesantno iznijeti nekoliko podataka kao sažetak tih studija, jer oni pružaju mogućnost stanovite procjene ekonomičnosti MHD-elektrana u budućnosti.

Jednim od karakterističnih idejnih projekata može se smatrati američki projekt MHD-elektrana (slika 5) snage 450 MW. U izgarnoj komori zrak će se zagrijati na 2900 °C. Vrućem zraku dodat će se 0,1 % kalija zbog povećanja vodljivosti toplinski ioniziranog zraka. Električka će se energija u ovoj elektrani dobivati na dvojaki način: glavnina od 360 MW proizvodit će se u MHD-generatoru, a ostatak na uobičajeni način pomoću parnih turbina. Turbina će pokretati kompresor, koji će pod pritiskom 9,8 atmosfera ubrizgavati pregrijani zrak (1980 °C) u izgarnu komoru. Kako se vidi iz sheme na slici 5 preko ³/₄ proizvedene snage otpast će na MHD-generator, a samo 117 MW na turbinu, odnosno klasični generator izmjenične struje. Budući da će taj MHD-generator proizvoditi istosmjernu struju, morat će se primijeniti poseban pretvarač istosmjerne struje u izmjeničnu. Predviđa se, da se takva pretvorba obavi živinim izmjenjivačima sa $\eta = 0{,}96$ koji će se napajati s 2500 V (istosmjernih) iz MHD. Gubici će pritom iznositi oko 15 MW.

Izvanredna će biti i snaga potrebna za uzbudu magneta kojim će se proizvoditi magnetsko polje: 18 MW. Za vlastiti potrošak parnog dijela elektrane predviđa se oko 10 MW. Računi projektanata pokazuju da će ovakva kombinirana elektrana raditi s toplinskom korisnošću 55 %, dakle sa specifičnim potroškom topline 1,815 (= 1,815 J/J = 1560 kcal/kWh). Predviđa se da će specifični troškovi ovog postrojenja od 450 MW iznositi oko 70 Din/W, dakle neznatno više od specifičnih troškova klasične elektrane takve snage koji iznose 69 Din/W. Pritom je najskuplji uređaj za pretvaranje istosmjerne struje u izmjeničnu što se vidi iz tablice 1 (računano uz odnos 1 SAD dolar = = 750 dinara).

Iz grube usporedbe (str. 343) vidi se da će projektirana američka MHD-elektrana u pogledu investicija biti približno jednako vrijedna klasičnoj elektrani uz uvjet da će se proizvoditi istosmjerna struja i pretvarati u izmjeničnu. Prema američkim podacima mogla bi međutim MHD-elektrana postati za oko 22 Din/W jeftinija, dakle za preko 30 %, ako uspije, da se u MHD-generatoru direktno proizvodi izmjenična struja. Isto tolika ušteda na investicijama može se postići ako se istosmjerna MHD-elektrana izgradi specijalno za elektrolize, gdje je ionako potrebna istosmjerna struja.

Gruba usporedba specifičnih investicionih troškova (Din/W) klasične i MHD-jedinice prema američkim podacima

Tablica 1

Uređaj	Klasična	MHD
Proizvodnja pare	23,2	7,5
Turbina — generator	28,5	9,0
Zračni kompresor	—	3,0
Pregrijač	—	5,2
MHD-generator	—	5,3
Sapnica, zrakovodi itd.	—	3,0
Električni pretvarač	—	24,8
Reaktivno napajanje	—	3,7
Zagrijači, kondenzatori itd.	17,2	7,5
Razno	—	1,5
Ukupno	68,9	70,5

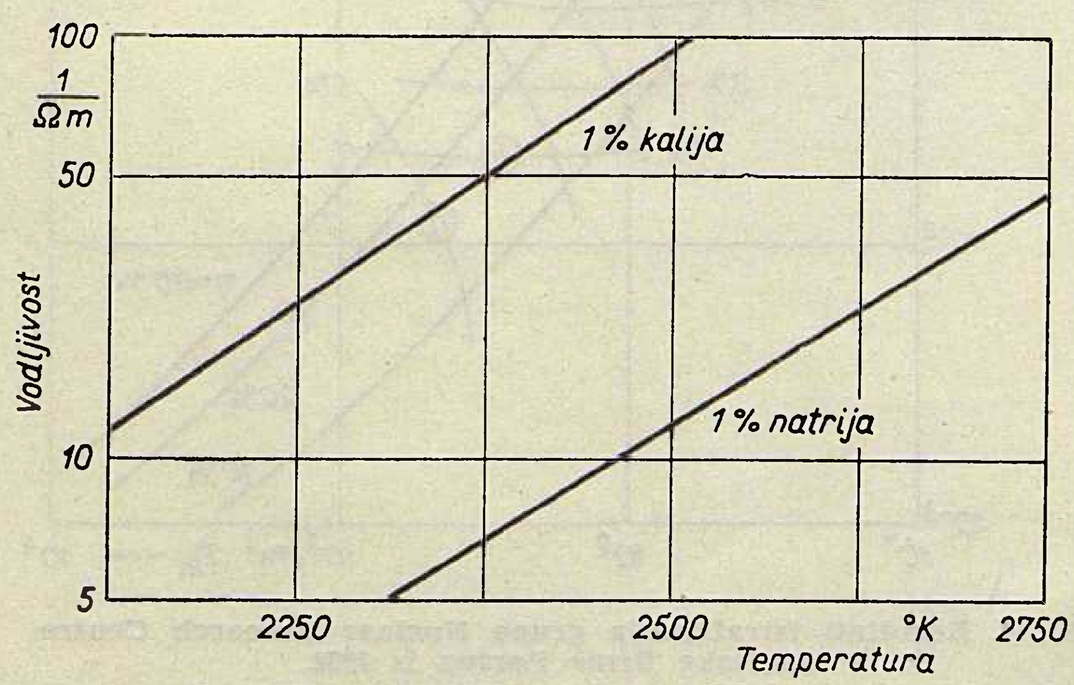
Na već spomenutom simpoziju u Engleskoj 1962. iznio je B. C. Lindley iz »Nuclear Research Centre« firme Parsons zanimljive rezultate istraživanja svoje organizacije. Ti su rezultati sažeti u tablici 2, gdje je engleska funta preračunana u dinare uz odnos 1 funta = 2100 dinara.

Tablica 2

Pokazatelj	Fosilno gorivo (otvoreni ciklus)		Nuklearno gorivo (zatvoreni ciklus)	
	para	MHD	para	MHD
Toplinska korisnost %	45	55	45	60
Specifične investicije Din/W	84	84	147	147
Troškovi goriva Din/kWh (kWh se odnosi na toplinsku energiju)	1,31	1,31	0,44	0,44
Cijena električne energije na pragu Din/kWh	4,46	3,94	3,68	3,42

Tablica vrijedi za faktor opterećenja 75 % te stopu kapitala i amortizacije 12 %

Uočavamo da se pri tom razmatraju dvije mogućnosti izvedbe MHD-elektrana: s fosilnim gorivom na otvoreni ciklus i s nuklearnim gorivom u zatvorenom ciklusu. Iz tablice se vidi, da je u slučaju jednakih specifičnih investicija (para: MHD) u prvom slučaju cijena električke energije na pragu MHD elektrane oko 13 % niža, a u drugome (zatvoreni ciklus) oko 8 % niža od cijene električne energije proizvedene u klasičnoj termoelektrani.



Sl. 4. Ovisnost električke vodljivosti plina o dodacima kalija i natrija u području temperatura 2250 do 2750 °K

Promjena cijene energije za + 1 % odgovara promjeni + 1,3 % troškova kapitala ili promjeni — 1,8 % toplinske korisnosti u slučaju da se radi o fosilnom gorivu. Lindley smatra da će budući razvoj termoenergetike ići u smjeru primjene MHD-generatora zajedno s klasičnim generatorima. Dominantna uloga MHD-generatora prema njemu počinje tek kod velikih snaga, što se vidi i iz dijagrama na slici 6. U tom dijagramu pojedini simboli znače

ΔP_t toplinski gubici,
ΔP_p gubici uzbude,
P_{tu} toplinska ulazna snaga
P_{ei} električna izlazna snaga

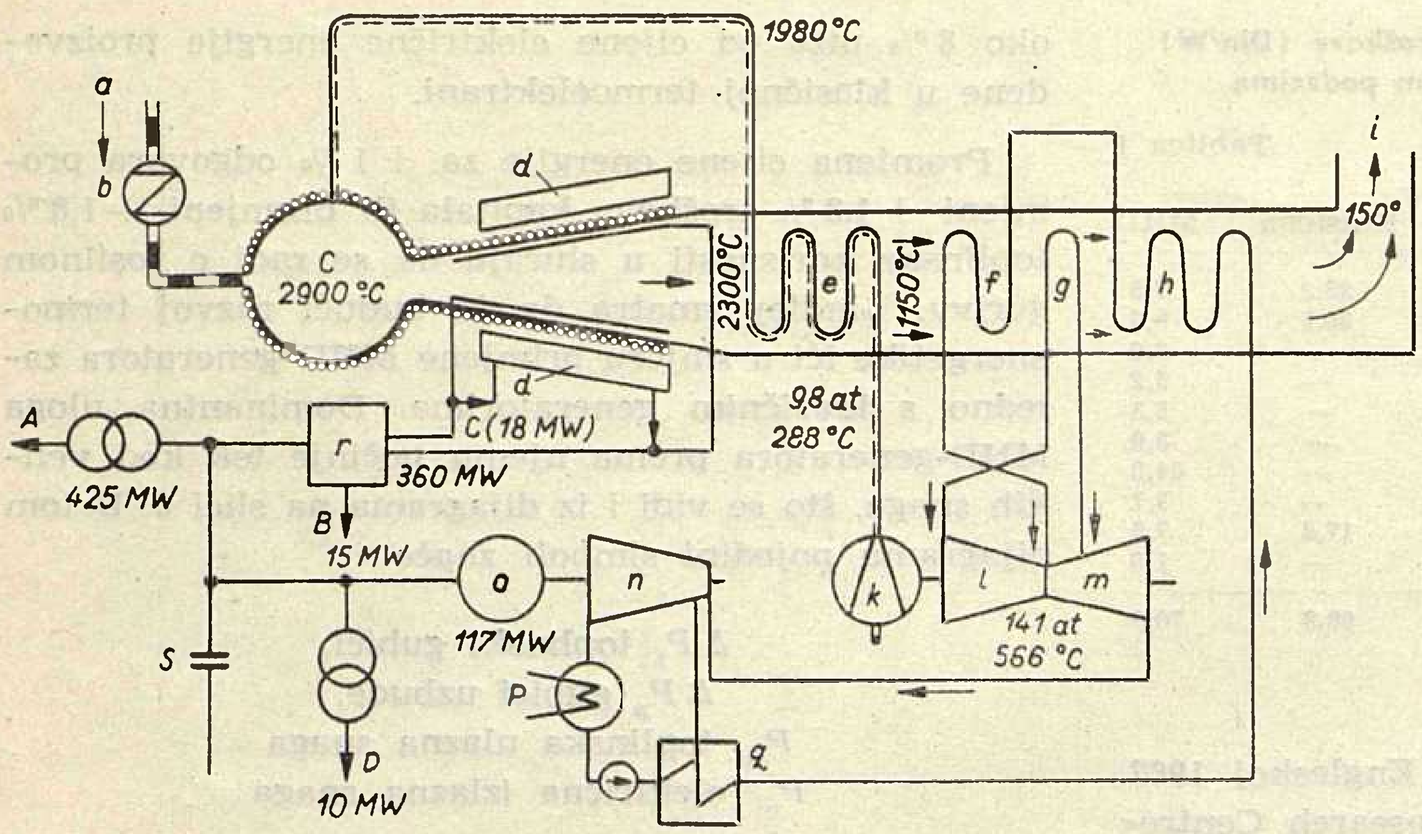
$$\eta = P_{ei}/P_{tu},$$
$$a = \Delta P_p/P_{ei},$$
$$b = \Delta P_t/P_{tu}.$$

Svi navedeni podaci mogu se primiti s manjom ili većom skepsom, jer potječu iz studijskog rada i nisu verificirani na *izgrađenim* komercijalnim MHD-elektranama. Možda ti podaci sadrže i previše optimizma, možda nije dovoljno računano s troškovima razvojnog rada koji je još potreban. No oni su rezultat rada istraživačkih jedinica najvećih poduzeća koja proizvode *klasične* termoelektrane, a to je simptomatično. Zar bi takva poduzeća ulagala ogromna sredstva u razvoj MHD-elektrana kad ne bi bila uvjerena da je na pomolu plasman novog komercijalnog artikla?

4. Tehnološki problemi MHD-generatora

U člancima objavljenima posljednjih nekoliko godina u različitim zemljama proizvodnja električne snage pomoću MHD-generatora obrađena je uglavnom s načelnog stanovišta, a tehnološki problemi zahvaćeni su samo letimično. Jedan razlog tome sigurno je bio sakrivanje postignutih rezultata, dok je drugi vjerojatno pomanjkanje pozitivnih eksperimentalnih rezultata. Stoga je s tehnološkog stanovišta bilo izvanredno korisno kad su na »Symposium on Magnetoplasmadynamic Electrical Power Generation« (Newcastle upon Tyne, 6—8. rujna 1962) u 43 referata izneseni bitni problemi izrade MHD-generatora, koji jako utječu i na projekte odnosno konstrukciju. Pokušat ćemo da na temelju tih radova iznesemo glavne teškoće koje su do sada uočene eksperimentalnim teoretskim radovima.

Ponajprije valja konstatirati da se u Ujedinjenom kraljevstvu problemima MHD-generatora danas bave velike tvrtke, a ne samo fizikalni laboratoriji. Tako su niz referata podnesli inženjeri »Nuclear Research Centra« čuvene tvornice parnih turbina i drugih strojeva Parson. Nekoliko referata dao je CERL (Central Electricity Research Laboratories, Leatherhead), dalje niz istraživačkih organizacija iz ostalih dijelova Ujedinjenog kraljevstva, te iz SAD (npr. Massachusetts Institute of Technology). O istraživanjima kera-



Sl. 5. Shema američke MHD-elektrane snage 450 MW, koja će raditi na otvoreni proces sa izgaranjem ugljene prašine

a — dovod ugljena iz bunkera, b — razrjeđivač goriva, c — komora za izgaranje ugljene prašine, d — namot za magnetiziranje MHD-generatora, e — pregrijač zraka, f — pregrijač pare, g — međupregrijač, h — isparivač, i — dimnjak, k — kompresor, l — visokotlačna parna turbina, m — srednjotlačna parna turbina, n — niskotlačna parna turbina, o — klasični generator, p — kondenzator, q — niskotlačni predgrijač napojne vode, r — pretvarač istosmjerne struje u izmjeničnu, s — električki kondenzatori, A — izlazna snaga 452 MW, B — gubici pretvarača 15 MW, C — snaga uzbude magneta 18 MW, D — vlastiti potrošak parnog dijela 10 MW

mičkih materijala za MHD-generatore referirali su npr. predstavnici tvrtke The Thermal Syndicate Ltd. itd.

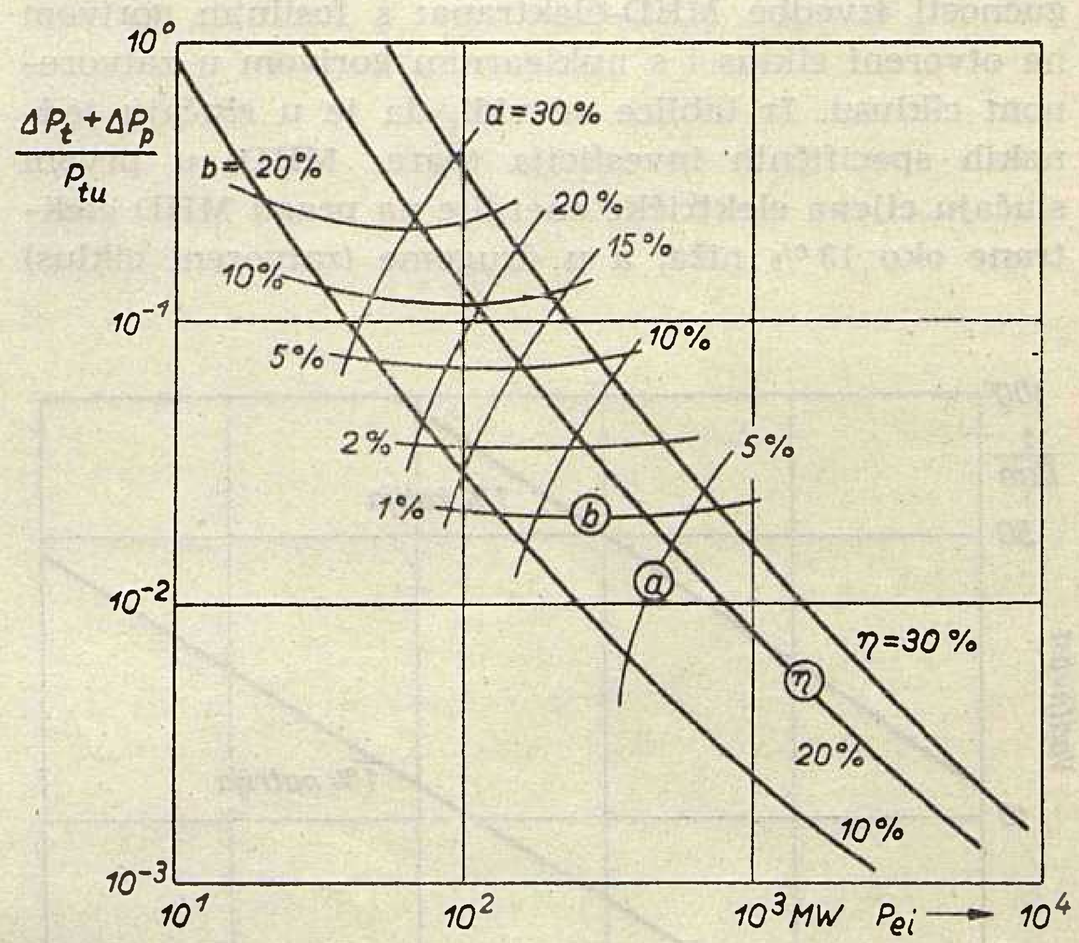
Kad se do sada u literaturi raspravljalo o gorivu, gotovo se uvijek pomišljalo na ugljenu prašinu. Na simpoziju je međutim na ugljenu prašinu gledano donekle sa skepsom zbog oštećenja (struganja) mlaznice pepelom. Smatra se da treba primijeniti filtre ili ciklone ili pak otpadna teška goriva, gdje tih problema navodno nema.

Ne postoji još jedinstveni stav u pogledu pojedinih temperatura radnog medija. U CERL-u npr. misle da temperatura zraka koji se uvodi u komoru za izgaranje treba iznositi oko 1020 °K, a da se prije toga treba komprimirati i obogatiti dodavanjem kisika. Naprotiv u »National Gas Turbine« smatraju da uz upotrebu hidrokarbonskog goriva nije potrebno oplemenjivanje kisikom, ali da zrak mora biti pregrijan na najmanje 1260 °K, dok bi odgovarajuća maksimalna temperatura plina u komori za izgaranje iznosila 2700 °K ili čak više, ako se želi postići korisnost od najmanje 50 %.

Iz ovih podataka kao i iz opisa američkog projekta razabire se da se radne temperature kreću oko 3000 °K. Stoga izolacioni materijali danas predstavljaju kritičnu tačku daljnjih radova na razvoju MHD-generatora. Na britanskom simpoziju izneseni su podaci o rezultatima ispitivanja toplinskih svojstava materijala pri temperaturama do oko 2500 °K. Ta su ispitivanja obavljena u tantalovim i volframovim pećima pod vakuumom. Utvrđeno je da se za MHD-generatore na zatvoreni ciklus mogu upotrijebiti elektrode od volframa, a izolacija od hafnija ili torija. Za MHD-generatore na otvoreni ciklus izgleda da je najpogodnija izolacija od stroncijeva cirkonata, hafnija ili torija. Rješavanje problema materijala za MHD-generatore još je zapravo u prvoj, razvojnoj fazi, jer na simpoziju je nakon referiranja o ovim istraživanjima ipak ostalo uvjerenje: »Jasno je da smo još dosta daleko od najpogodnijih materijala«.

Bitan problem MHD-generatora je način proizvodnje magnetskog polja u mlaznici odnosno izrade elektromagneta. Svakako se želi stvoriti jako magnetsko polje, ali da uzbudni magnetski krug bude što manji, dakle i jeftiniji. S druge strane su gubici $I^2 R$ zbog Jouleove topline u namotima izvanredno veliki. Izračunano je npr. da bi gubici snage pri proizvodnji magnetske indukcije 9,95 T (T = tesla = 10 000 gausa) iznosili 7,5 MW pri dužini mlaznice oko 66 centimetara. Sva ta snaga mora se dakako odvoditi skupim sistemom rashlađivanja vodom.

Stoga se predlaže primjena uzbudnih svitaka u supravodljivom stanju. Pojavljuje se ista tendencija koja se danas užurbano razmatra i za energetske transformatore, podzemne kabele itd., sve sa ciljem da se poveća ekonomičnost uređaja i postrojenja. Investicioni troškovi namota u supravodljivom stanju rastu linearno s magnetskom indukcijom, dok gubici $I^2 R$ u konvencionalnim namotima rastu s kvadratom indukcije. Stoga primjena supravodljivih magneta donosi dvije prednosti: smanjenje volumena i smanjenje gubitaka.



Sl. 6. Rezultati istraživanja grupe Nuclear Research Centre engleske firme Parson iz 1962.

ΔP_t — toplinski gubici, ΔP_p — gubici uzbude, P_{tu} — toplinska ulazna snaga, P_{ei} — električka izlazna snaga $\eta = P_{ei}/P_{tu}$. $a = P_p/P_{ei}$, $b = P_t/P_{tu}$

U SAD nedavno su otkriveni i razvijeni važni »tvrdi« supravodiči. To su materijali koji ne gube svoja supravodljiva svojstva pri nekoj oštro definiranoj jakosti magnetskog polja (slitine na bazi niobij-cirkonij te Nb_3Sn). Naravno da je za održavanje temperature u blizini apsolutne nule potreban tekući helij i pripadne aparature. (Zanimljivo je možda spomenuti da su u američkom »National Bureau of Standards« postigli magnetska polja indukcije $B = 18{,}8$ T pri temperaturi 1,6 °K).

Jedan engleski idejni projekt MHD-generatora pokazao je da uzbudni magnet mora proizvoditi polje indukcije oko 4 tesle, a dužina mlaznice iznosila bi oko 2,4 metra. Primjenom supravodljivog sistema volumen namota smanjio bi se oko 50 puta! Sada su troškovi supravodljive žice (slitina niobija i cirkonija), koja podnosi gustoću električne struje oko 1000 A/mm², oko pola milijuna dinara po kilogramu i zbog toga uz tu cijenu supravodljivi magnet ne bi bio znatno jeftiniji od klasičnoga (zajedno s pripadnim rashladnim uređajima). Smatra se međutim da će cijena tih materijala naglo pasti, čim započne proizvodnja ozbiljnijih količina, jer dosadašnja proizvodnja žice od niobij-cirkonija u stvari je laboratorijska. Vjeruje se da će MHD-generatori sa supravodljivim magnetskim krugom raditi pri indukcijama oko 10 tesla.

Ovdje smo izložili samo jedan dio problematike u vezi s razvojem MHD-generatora. Postoji međutim još čitav niz okvirnih i specijalističkih zadataka u vezi s kinetikom ioniziranog plina, ionizacije plina pomoću električkog luka ili na koji drugi način, dodatne ionizacije uštrcavanjem alkaličnih elemenata (Englezi su izračunali da bi to stajalo oko 0,09 Din/kWh), dalje u vezi s pretvaranjem istosmjerne struje u izmjeničnu, izbora goriva, primjene radijalnog magnetskog polja umjesto linearnog, izbora pritiska plina (danas se računa s 5 do 20 atmosfera) itd. Poseban je problem direktna proizvodnja izmjenične struje u MHD-generatoru, što se načelno može ostvariti ili mijenjanjem magnetskog polja ili periodičkim variranjem struje plina itd.

5. Jugoslavija i MHD-energetika

Iz ovog izlaganja može se konstatirati da se industrijski razvijene zemlje, dakle one iste koje vode u klasičnoj industriji i energetici, nalaze pred početkom energetske primjene MHD-generatora. Vremensku, kadrovsku, tehnološku i razvojnu prednost pred ostalim danas imaju SAD, te vjerojatno SSSR i Velika Britanija. Zna se da i Savezna Republika Njemačka na tom radi, pa je logično pretpostaviti da se i ostale industrijski razvijene zemlje bave tom problematikom.

Pretpostavimo da će MHD-elektrane i druge primjene magnetske hidrodinamike zaista postati ekonomične i tehnološki izvedive. Nije li u tom slučaju ispravno pretpostaviti da sada i naša zemlja ima šansu da odmah u početku rađanja jedne tehničke grane s malim vremenskim i kadrovskim zaostatkom stane uz bok vodećih?

Imamo prekaljene stručnjake te stanovito tehničko i istraživačko iskustvo da energično zahvatimo u to novo područje. Potrebno je samo koncentrirati novčana sredstva i kadrove, te raditi po stanovitom okvirnom programu istraživanja i tehničke primjene. Možemo biti uvjereni, da će kasnije uspješne realizacije biti bogato nagrađene plasmanom MHD-generatora na domaćem i stranom tržištu. Ne učinimo li tako, zaostatak prema vodećima u svijetu postojat će svakim danom sve veći i za tridesetak godina nećemo mi manje razvijenima prodavati naše licencije, već od drugih kupovati dokumentaciju za izradu MHD-elektrana.

Način razvojnog rada i financiranja tog rada na području MHD-generatora treba da bude čvrsto i stalno u skladu sa ciljem koji želimo postići, a to je: osposobljavanje jugoslavenske industrije za proizvodnju MHD-elektrana neposredno pošto to učine strani proizvođači, te plasman MHD-elektrana na domaće i strana tržišta.

Literatura

1. Akademija nauk Latvijskoj SSR, *Vaprosi magnitnoj gidrodinamiki plazmi* (Radovi konferencije u Rigi 1958), AN LSSR, Riga 1959.
2. Anonymous, *Magnetohydrodynamics*, Electrical Times 139 (1959), str. 734
3. Anonymous, *Plasma Engine for Satellites; one of many new Space-Age Developments*, Electrical Engineering 80 (1961), br. 1, str. 873.
4. Anonymous, *AIEE District Meeting program to cover electrical frontiers of today*, Electrical Engineering 81 (1962), br. 4, str. 310.
5. Anonymous, *British Progress with Magnetohydrodynamics*, Direct Current 7 (1962), br. 8, str. 197.
6. Anonymous, *Symposium on Magnetoplasmadynamic Electrical Power Generation, Part I*, Direct Current 7 (1962), br. 10, str. 263; *Part II*, br. 11, str. 307.
7. B. Börgel, *Eine graphische Methode zur Untersuchung magnetohydrodynamischer Generatortypen*, Brown Boveri Mitteilungen 49 (1962), br. 11—12, str. 493.
8. T. G. Cowling, *Magnetohydrodynamics*, Interscience, London 1957.
9. M. A. Dejou, *La magnetohydrodynamique*, Bull. SFE 8 (1961), br. 24, str. 671.
10. L. S. Dzung, *Der magneto-hydrodynamische Generator mit Hall-Effekt am Kanalende*, Brown Boveri Mitteilungen 49 (1962), br. 6, str. 211.
11. R. H. Ellis, *Jadernij sintez*, poglavlje u knjizi Jadernaja tehnika dlja inženjerov, Gosatomizdat, Moskva, 1961.
12. D. J. Harris, *Direct generation of electric power from a high velocity gas jet*, Electrical Engineering 80 (1961), br. 12, str. 974.
13. B. C. Lindley, *The Direct Generation of Electricity*, Nuclear Power 5 (1960), br. 6, str. 80.
14. B. G. A. Skrotzki, *Research Shapes the Future of Energy Systems Engineering*, Power 104 (1960), br. 5, str. 61.
15. P. Sporn, A. Kantrovitz, *Magnetohydrodynamics-Future power process?*, Power 103 (1959), br. 11, str. 62.
16. B. Steginsky, *Magnetohydrodynamik*, Technische Rundschau 1961, br. 7, str. 3.
17. Ju. M. Volkov, *Neravnovesnaja ionizacija v MGD generatorah*, Atomnaja tehnika za rubežom, 1963, br. 4, str. 16.

Naslov pisca: Marijan Brezinšćak, dipl. ing., Elektroinstitut poduzeća »Rade Končar«, Zagreb

HIDROELEKTRANA TIS ABBAI U ETIOPIJI

Krunoslav Begović, Zagreb

Prikazana je tehnička koncepcija rješenja hidroelektrane TIS ABBAI u Etiopiji, te izbor glavne opreme s rješenjem dispozicije. Radi se o elektrani, koju je projektirao Elektroprojekt, Zagreb, a isporuka opreme povjerena je također jugoslavenskim tvornicama. Tehničko rješenje se osniva na koncepciji derivacionog postrojenja s nadzemnom strojarnicom u kojoj će biti ugrađena tri agregata s vertikalnim Francisovim turbinama i električnim generatorima snage 4800 kVA kod 375 o/m. Elektrana je vezana na mrežu 45 kV.

DK 621.311.21

1. Uvodni dio

Projekt hidroelektrane Tis Abbai je jedan od projekata koje je »Elektroprojekt« izradio u 1962. za elektroprivredu Etiopije. On spada među značajnije objekte koje su projektirali i koje će tamo montirati naši stručnjaci. Radi se o hidroelektrani čija gradnja je već započela. Elektrana će se izgraditi na slapovima Plavog Nila, oko 25 km jugoistočno od jezera Tana, odakle izvire Plavi Nil.

Plavi Nil jedna je od najvećih rijeka u Etiopiji i izvirući iz jezera Tana prolazi Etiopijom u smjeru juga praveći veliki luk, da bi se okrenuo prema sjeveru, u Sudan, gdje se sastaje s Bijelim Nilom. Plavi i Bijeli Nil sačinjavaju rijeku Nil koja dalje teče kroz Egipat i utječe u Sredozemno more.

Svrha je ovog članka da ukratko opiše rješenja koja su primijenjena na ovom objektu s detaljnijim osvrtom na opremu elektrane, njen izbor i tehničke karakteristike.

2. Opća koncepcija postrojenja

S obzirom na topografske, geološke i hidrološke prilike, odabrano je derivaciono rješenje sa zahvatom u koritu Plavog Nila, u kome će se izgraditi pomoćna brana s fiksnim preljevom. Od ove brane koja služi za skretanje voda u elektranu, vodi otvoreni kanal koji zatim prelazi u glavni kanal. Pred njim je ulazna građevina s preljevom. Glavnim kanalom voda dolazi do ulazne građevine od koje počinje tlačni čelični cjevovod koji se vertikalno spušta do račve na koju su priključene vodne turbine. Pred ulazom u tlačni cjevovod postavljen je segmentni zatvarač.

Tlačni cjevovod je postavljen tako, da obuhvaća praktički cijelu visinsku razliku gornje i donje vode, odnosno koristi prirodni pad rijeke koji se nalazi s lijeve strane od postrojenja.

Strojarnica je nadzemna, ali ukopana u kameni masiv koji je gotovo okomit, a preko koga s istočne strane teče rijeka Plavi Nil praveći poznate slapove, koji se smatraju jednima od najljepših u Etiopiji. Neposredno uz strojarnicu, ali na gornjem platou, smješteno je rasklopno postrojenje s pomoćnim objektima, te stambena kolonija.

Elektrana je povezana posebnim pristupnim putem s mjestom Bahr Dar koje je udaljeno 25 km, a leži na obali jezera Tana.

Energija će se iz elektrane prenositi visokonaponskim vodom do tvornice tekstila u Bahr Daru, koju također izgrađuju naši stručnjaci.

Dužina glavnog kanala iznosi oko 300 m, a gornjeg dovodnog kanala oko 400 m.

3. Osnovni parametri elektrane

Instalirani protok zadao je investitor, a određen je na temelju analize konzuma. Instalirani protok iznosi

$$Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$$

iako postoji mogućnost izgradnje postrojenja sa znatno većim protokom s obzirom na to, što će u doglednoj budućnosti povišenjem nivoa jezera Tana vode Plavog Nila biti izravnane na 100 m³/s.

Broj agregata određen je također na zahtjev investitora, i iznosit će 3. Treći agregat uglavnom služi kao rezerva. Agregati su iste snage i istih karakteristika.

Neto-padovi iznose

$$H_{nmax} = 49{,}4 \text{ m}$$
$$H_{nsr} = 46{,}3 \text{ m}$$
$$H_{nmin} = 36{,}4 \text{ m}$$

Konstruktivni pad turbina odabran je sa

$$H_k = 46{,}0 \text{ m}$$

Odabrani su agregati na vertikalnoj osovini s direktno spojenim turbinama i generatorima.

Napon prijenosa odabran je u skladu sa standardnim naponima etiopske mreže. Odabran je napon 45 kV. Za buduću elektrifikaciju okolice predviđen je napon 15 kV, dok će se stambena kolonija opskrbljivati niskim naponom 380/220 V, 50 Hz, direktno s pomoćnih sabirnica niskog napona, odnosno kućnog transformatora u elektrani.

Jednopolna električna shema spoja elektrana

Iako je u »tenderu« tražen spoj u bloku s otcjepima između generatora i transformatora za vlastitu potrošnju, analizom je utvrđeno da je povoljnije rješenje sa »čistim« blok-spojem generator - transformator. To rješenje je prihvaćeno kao definitivno, te je u tome smislu izrađen glavni projekt po kome se elektrana izvodi.

Svi generatori će biti dakle spojeni u blok-spoju s transformatorima iste snage na napon prijenosa 45 kV. S obzirom na broj polja i funkciju elektrana, odabran je jedan sistem sabirnica 45 kV, analogno je riješen sistem 15 kV, s jednostrukim sabirnicama. Spoj

obaju sabirničkih sistema izveden je transformatorom 630 kVA, 45/15 kV koji će se kasnije zamijeniti transformatorom veće snage.

Na sabirnice 15 kV bit će vezana dva transformatora po 250 kVA sa sekundarnim naponom 380/220 V, koji će služiti za opskrbu pomoćnih uređaja.

Za slučaj nestanka napona kod zaustavljanja elektrane, odnosno za stavljanje u pogon predviđen je dizelski agregat snage 100 kVA.

4. Vodne turbine s opremom

Odabrane su vodne turbine Francis, s vertikalnom osovinom proizvodnje »Litostroj«, tip F 1,155/230. Turbine su spiralne, s poluubetoniranom spiralom. Konstruktivni podaci turbine su ovi:

Konstruktivni pad	H_k = 46,0 m
Nazivni protok	Q_k = 10,0 m³/s
Nazivna snaga na osovini	P = 5380 KS
Nominalni broj okretaja	n = 375 o/min
Brzina bijega kod H = 46,0 m	n_d = 745 o/min

Turbine će imati najbolji η kod P = 90 %, te on iznosi 90,5 %, dok je kod P = 100 %, η = 87,7 %, a kod P = 50 %, η = 82 %.

Porast brzine kod naglog rasterećenja 100 % snage ne prelazi 28,5 %.

Odnos

$$L \cdot v = 252 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1},$$

te je porast tlaka

$$\Delta H = 30\,\% \cdot H_{stat}$$

a zamašni moment

$$MD^2 = 48 \text{ tm}^2$$

Koeficijent brzohodnosti turbine iznosi 230, pa je s obzirom na nadmorsku visinu od 1600 m usisna visina H_{so} = + 5,0 m, odnosno

$$H_s = H_{so} - \frac{h}{900} = 5{,}0 - \frac{1600}{900} = 5{,}0 - 1{,}78 = 3{,}22 \text{ m}$$

Zbog sigurnosti simetralna ravnina turbinske spirale je spuštena za 1 m niže tj. na

$$H_s = 2{,}0 \text{ m}$$

Budući da je kota donje vode kod rada jednog agregata DV_{1agr} = 52,0 m, to je simetralna ravnina turbinske spirale smještena na koti

$$K_{SR} = 54{,}0 \text{ m}$$

Time je definiran smještaj turbine, generatora, a prema tome i cijele strojarnice.

Turbina je opremljena svim pomoćnim uređajima, ima svoj vodeći ležaj, napravu za tlačno ulje, ima samomazne vodom hlađene ležaje, te automatski regulator broja okretaja, akcelerotahimetrijskog principa, tip AT-5 (»Litostroj«), kojim će se upravljati iz komande. Dakako da je moguće i ručno upravljanje sa samog regulatora u turbinskom katu.

Kao predturbinski zatvarač odabran je leptirasti zatvarač 1600 mm Ø elektromotornim pogonom za zatvaranje i otvaranje. Ovo se može vršiti samo uz izjednačeni tlak.

5. Električni generatori

U elektrani će se ugraditi trofazni vertikalni sinhroni generatori proizvodnje »Rade Končar«, tip S-2605-16, koji će biti direktno spojeni sa turbinom.

Osnovni podaci generatora su ovi:

Nazivna snaga kod naz. napona i faktora snage 0,8	4800 kVA
Nazivni napon	6000 V
Opseg regulacije napona	± 5 %
Nazivna struja	462 A
Frekvencija	50 Hz
Nazivni broj okretaja	375 min⁻¹
Zamašni moment MD²	50 tm²

Korisni stupanj djelovanja iznosi

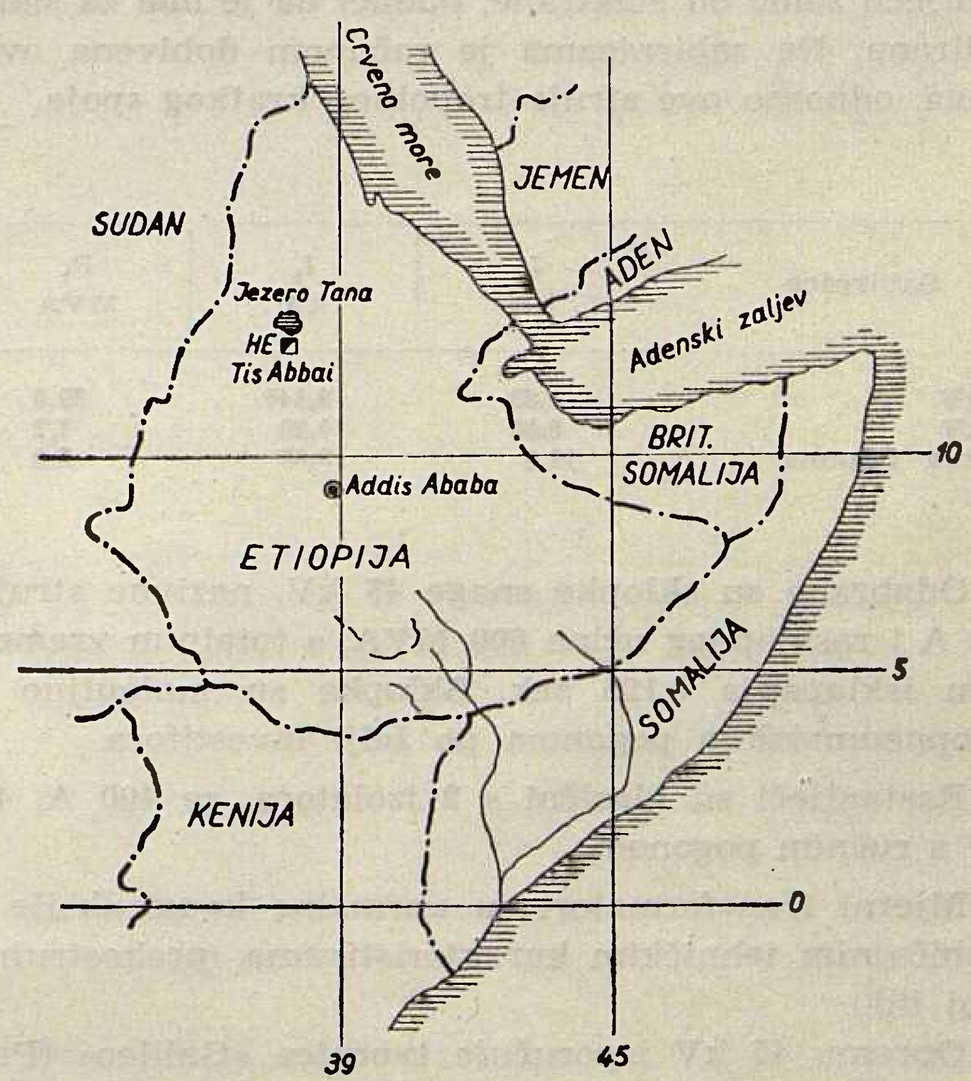
100 %	75 %	50 %	opterećenje
96,1 %	96,0 %	95,5 %	stupanj djelovanja

Generatori će se izvesti u varenoj konstrukciji s dvodjelnim statorom. Izolacija klase B po standardima IEC za maks. temp. od 80° C, ali za tropske uslove.

Hlađenje generatora rashladnom vodom koja hladi cirkulacioni zrak u zatvorenom kružnom sistemu. Potrošak rashladne vode iznosi 22,5 m³/h. Uzbudni stroj je smješten na vrhu generatora iznad kombiniranog vodećeg i nosećeg ležaja.

Sistem regulacije napona je amplidinski (»Rade Končar«). Generatori su opremljeni potrebnim brojem aparata za registraciju i mjerenje temperature, te za regulaciju napona.

Težina generatora iznosi 38,8 t, najveći dio za transport teži 20 t.



Slika 1

6. Transformatori

Blok-transformatori su trofazni, uljni za vanjsku montažu na nadmorskoj visini od 1600—1800 m sa zračnim hlađenjem. Oni imaju ove karakteristike:

Nazivna snaga	4800 kVA
Prijenosni odnos u neopterećenom stanju	47250/6300 V
Frekvencija	50 Hz
Spojna grupa (s izvedenom nultočkom na višenaponskoj strani)	YNd5
Napon kratkog spoja	7 %

Transformatori će biti izvedeni u klasičnoj konstrukciji s hipersil-limovima i kotlom u varenoj konstrukciji. Poklopac je demontažan. Izvodi nižeg napona su smješteni u posebnoj kabelskoj kutiji za direktan priključak kabela koji dolazi iz generatora.

Pored ovih, u postrojenju će se ugraditi jedan transformator 630 kVA za transformaciju 45/15 kV za buduću okolnu mrežu. Karakteristike su slične kao za blok-transformatore, osim prijenosnog odnosa i snage, te je prijenosni odnos 45 ± 2 × 2,5 %/15,8 kV, a spojna grupa YynO.

Svi transformatori su smješteni uz vanjsko rasklopno postrojenje.

Za vlastite potrebe predviđena su dva transformatora 15/0,4 kV snage 250 kVA, spojne grupe Yz5. Oni su smješteni u posebnoj kućici na rasklopnom postrojenju uz blindirane ćelije 15 kV.

Sve transformatore isporučuje talijanska tvornica »Savigliano« — Torino.

7. Oprema 45 i 15 kV

Oprema 45 kV odabrana je za taj naponski red i standardne rasklopne snage za koje se grade sklopke ovog reda. Rasklopne snage su u stvari znatno niže i potječu samo od elektrane, budući da je ona za sada izolirana. Na sabirnicama je računom dobivena ova snaga, odnosno ove struje tropolnog kratkog spoja.

Sabirnice	I_n kA	I_k kA	P_k MVA
45 kV	1,88	0,145	39,0
15 kV	0,80	0,20	7,7
niskog napona	12,0	3,87	3,0

Odabrane su sklopke snage 45 kV, nazivne struje 600 A i rasklopnog učina 600 MVA, s totalnim vremenom isklapanja 0,125 sek. Sklopke su malouljne s oleopneumatskim pogonom po želji investitora.

Rastavljači su klasični s 2 izolatora, za 400 A, 45 kV s ručnim pogonom.

Mjerni transformatori su normalne konstrukcije i s običajnim tehničkim karakteristikama (prekostrujni broj itd.)

Opremu 45 kV isporučuje tvornica »Galileo« (Padova). Oprema je kompletno izrađena u tvornici, ispitana i otpremljena u Etiopiju.

Sva oprema 45 kV je standardne konstrukcije i odgovara propisima IEC-a. Razmaci polova sklopke su odabrani sa 1,3 m radi jednostavnijih spojnih vodiča između sklopke i rastavljača. Uz sklopku je prigrađen, na zajedničkom čeličnom podnožju, odgovarajući strujni transformator.

Oprema 15 kV, koja obuhvaća 5 polja izvest će se u blindiranoj izvedbi za nutarnju montažu. Ova oprema obuhvaća 3 polja s autopneumatskim rastavljačima, jedno polje s rastavljačima i jedno mjerno polje.

Opremu 15 kV isporučuje tvornica »Energoinvest«, Sarajevo.

8. Ostala oprema elektrane

U ovu se opremu ubrajaju:

uređaji upravljanja, zaštite i dojave;
razvod niskog napona;
uređaji istosmjerne struje;
motorski razvod i instalacije rasvjete;
uređaji rashladne vode;
drenažni uređaj elektrane;
protupožarni uređaji;
uzemljenje i gromobranska instalacija;
telekomunikacioni uređaji.

Uređaji upravljanja zaštite i dojave

Upravljanje elektranom predviđeno je iz centralne komande koja je smještena u sklopu strojarnice.

Svaki agregat ima svoj pult s potrebnim aparatima za upravljanje turbinom. Pult je smješten u turbinskom katu. S pulta se vrši pokretanje i zaustavljanje turbine. Kad je agregat doveden na nominalni broj okretaja, uklapanje na mrežu se vrši iz komande.

Komanda ima jedan pult od 5 polja, ukupne dužine 4 m. Po tri polja obuhvaćaju proizvodne grupe, a ostala 2 polja izlazne vodove 45 kV, te razvod 15 kV. Oprema pulta je klasična, a instrumenti normalne veličine (144 × 144). Sporazumijevanje sa strojarom putem mašinskog telegrafa. Nasuprot pultu smještena je ploča od 6 polja po 800 mm s relejima i brojilima, te svjetlosnom signalizacijom.

Elektrana će se opremiti zaštitnim i signalnim relejima proizvodnje »Iskra«. Za agregate je predviđena ova zaštita:

prekostrujna (za blok, tip RI3);
diferencijalna (za blok, tip RD3a);
prenaponska zaštita (tip RU3a);
zaštita zemnog spoja statora i rotora (tip RS12a).

Za vodove 45 i 15 kV predviđena je prekostrujna sekundarna zaštita, te signalizacija zemnog spoja (rel. tip RE2a).

Opseg zaštitnih uređaja odabran je u dogovoru s investitorom, odnosno prema zahtjevima koji su specificirani u »tenderu«. Ovaj opseg odgovara današnjim koncepcijama za agregate ove veličine.

Razvod niskog napona

Razvod niskog napona obuhvaća dva transformatora 250 kVA koji su normalno odvojeni, te jedan služi

za opskrbu pomoćnih uređaja elektrane, a drugi za vanjske objekte i naselje.

U slučaju nestanka napona odvaja se automatski najvažniji dio pomoćnih pogona, te ih preuzima rezervni dizelski agregat snage 100 kVA.

Razvod niskog napona obuhvaća 5 razdjelnika u turbinskom katu, 8 razdjelnika u ostalim etažama, te 3 razdjelnika za vanjske objekte.

Instalirana snaga pomoćnih uređaja elektrane iznosi 214 kV, a najveće opterećenje 96 kW.

Razvod niskog napona izvest će se vodovima NYY i kabelima NYFY, a razdjelnici u blindiranoj izvedbi, te s ormarima tipa OR, izvedbe »Rade Končar«.

Uređaji istosmjerne struje

Za opskrbu istomjernom strujom predviđena je baterija Ni-Cad 110 V = tip NO, kapaciteta 160 Ah. Osim toga predviđena je baterija 24 V, kapaciteta 210 Ah za starter dizelskog agregata. Predviđeno je trajno punjenje pomoću ispravljača RIZ IS-206, za veliku bateriju.

Sva signalizacija i upravljanje predviđeno je za istosmjerni napon 110 V.

Akumulatorska baterija smještena je u drugom katu u traktu pomoćnih prostorija koje se nalaze uz strojarnicu. Potrebni aparati za razvod i upravljanje su na polju br. 1 ploče vlastite potrošnje. Odavde odlaze strujni krugovi za upravljanje i signalizaciju, te za rezervnu rasvjetu koja se automatski, kod nestanka izmjeničnog napona, uklapa na pomoćni napon 110 V.

Razvod 24 V= služi za potrebe telefonije, te za start dizelskog agregata kako je spomenuto. Napajanje ove baterije predviđeno je s ispravljača RIZ IPS 24—8 za trajno punjenje, s potrebnim pomoćnim aparatima za upravljanje, mjerenje i signalizaciju.

Opskrba rashladnom vodom i drenaža

Rashladni sistem riješen je oduzimanjem vode preko redukcionog ventila direktno iz tlačnog cjevovoda. Budući da se radi o padu, odnosno tlaku vode od oko 46 m, to ne dolazi u obzir dobava potrebne rashladne vode iz pumpnih agregata. Potrebni tlak vode rashladnog sistema iznosi oko 24 m vodnog stupca.

Kod punog opterećenja elektrane, potrošnja rashladne vode iznosi oko 31 l/s (generator oko 8 l/s, turbina 2,0 l/s). Potrebna voda oduzima se iz tlačnog cjevovoda, te se filtrira u Brassert-filteru NW 150 za 31 l/s. Iz filtera se voda dovodi do hladionika generatora i do hladionika ležaja turbine i generatora, te do hladionika uljnog regulatora. Odabrano je mehaničko filtriranje u vrlo pouzdanom filteru sistema Brassert (Ženeva, Švicarska), s obzirom na mogućnosti i karakter nečistoća pogonske vode koja se koristi za rashladnu vodu.

Drenažni uređaj obuhvaća 2 pumpe po 150 l/s, smještene u turbinskom katu u drenažnom bunaru. Jedna pumpa dostaje za normalne prilike, a druga služi kao rezerva. Ovaj relativno velik kapacitet drenažnih pumpi uvjetovan je izuzetno nepovoljnim položajem strojarnice kojoj donja voda dobar dio godine dosiže gotovo do kote poda strojarnice, pa postoji veća opasnost od procjednih voda nego u normalnim prilikama.

Protupožarni uređaji

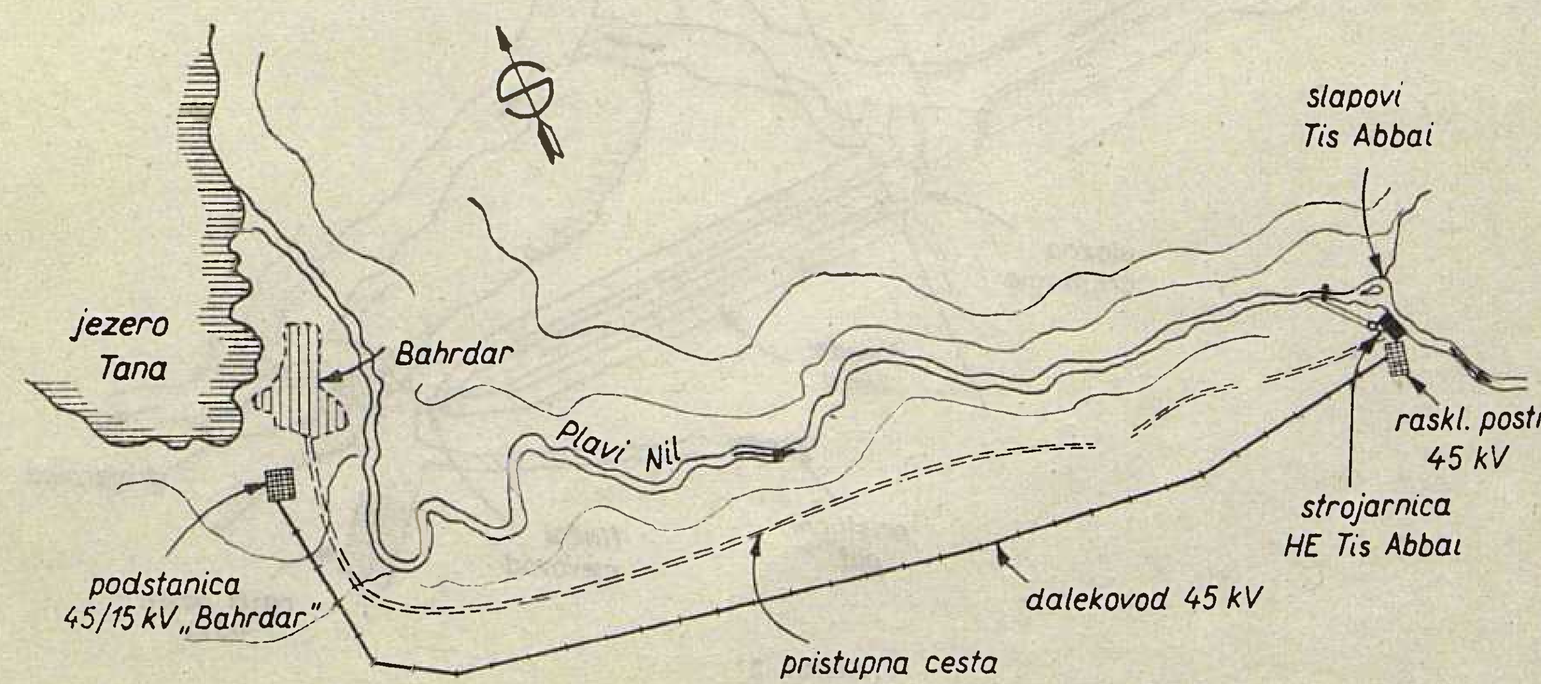
Za zaštitu generatora od požara predviđen je Walter-uređaj sa CO_2. Dva cilindra od ukupno 60 kg CO_2 služe za brzo gašenje, a jedan od 30 kg za pokrivanje eventualnih gubitaka CO_2. Instalacija radi potpuno automatski, a smještena je na generatorskom katu.

Za transformatore nije predviđena protupožarna zaštita. Za ostale objekte predviđeni su ručni aparati za gašenje požara.

Uzemljenje i gromobranska instalacija

Prije projektiranja provedena su mjerenja otpora tla, te je konstatirano da na gornjem platou uz koji će se smjestiti rasklopno postrojenje ima jedan pojas povoljnog otpora sa srednjom vrijednosti tla od 113—141 Ω.m. Stoga je donesena odluka, da se taj teren iskoristi za polaganje glavnog uzemljivača.

Sama strojarnica leži na kamenom masivu, s visokim specifičnim otporom, ali je povezana s donjom vodom i područjem nešto povoljnijim. Predviđena je izvedba jedinstvenog uzemljenja za sve napone, te povezivanje pogonskog zaštitnog uzemljenja. Sve metalne konstrukcije u strojarnici će se povezati mrežom uzemljenja tako da se stvori potpuna metalna krletka.



Slika 2

Ova mreža uzemljivača, koja će koristiti i postojeće metalne konstrukcije, betonsko armirano željezo, tlačne cijevi itd. povezat će se s osnovnom trakom koja će se položiti oko rasklopnog postrojenja, te uz pojas povoljnog specifičnog otpora tla. Osnovna traka će se položiti u dužini od oko 140 m, a izvest će se bakrenim užetom 50 mm², te željeznom pocinčanom trakom 40 × 5 mm. Prema proračunu otpor uzemljivača iznosi oko 2,9 Ω, a struja zemljospoja oko 8 A.

Napon dodira na najnepovoljnijim točkama neće prelaziti vrijednost od 23 V, što posve zadovoljava evropske zahtjeve odnosno propise koji su primijenjeni u pomanjkanju etiopskih propisa.

Telekomunikacioni uređaji

Ovi uređaji obuhvaćaju visokofrekventnu vezu između elektrane i podstanice u Bahr Daru putem dalekovoda 45 kV.

Za unutarnje sporazumijevanje predviđena je telefonska centrala s 10 linija, tip SATC, proizvodnje »Iskra«, za 10 internih priključaka.

9. Dispoziciono rješenje postrojenja

Strojarnica je smještena u brdskom masivu u čvrstom kamenom terenu, i to poluukopano, s obzirom na terenske prilike. Pri tomu je položaj strojarnice određen tako da najbolje odgovara kako s obzirom na oblik tlačne cijevi i njenu vezu s dovodnim kanalom, tako i s obzirom na hidraulički povoljan oblik odvodnog kanala. Zbog izvjesne nesigurnosti kote donje vode kod katastrofalnih voda strojarnica je potpuno zatvorena, a dnevna rasvjeta riješena je otvorima u krovu.

Rasklopno postrojenje smješteno je na posebnom odvojenom platou iznad strojarnice i povezano je kabelskim rovom i manjim pristupnim putem. Centralni dio gornjeg platoa (iznad strojarnice) upotrebljen je za smještaj »derrik«-dizalice koja služi za prihvaćanje i spuštanje opreme na montažni prostor u strojarnici.

Strojarnica je riješena u 3 etaže: turbinski kat, generatorski kat i dvorana strojeva.

U turbinskom katu je smještena sva turbinska oprema, u generatorskom katu izvodi i zvjezdište generatora te vodovi generator-transformator, koji odlaze posebnim rovom do postrojenja 45 kV odgovarajućih transformatora. Strojarnica ima jednu vertikalnu komunikaciju uz koju je smješten trakt s pomoćnim prostorijama, komandom, kućnim agregatom, radionicom i montažnim prostorom.

Komanda je riješena pultevima na kojima se nalazi kompletno upravljanje elektranom.

Nasuprot pultovima su ploče s aparatima za zaštitu i mjerenje. Na nivou dvorane strojeva smještena je radionica i ploča vlastite potrošnje.

Glavne dimenzije strojarnice su ove:

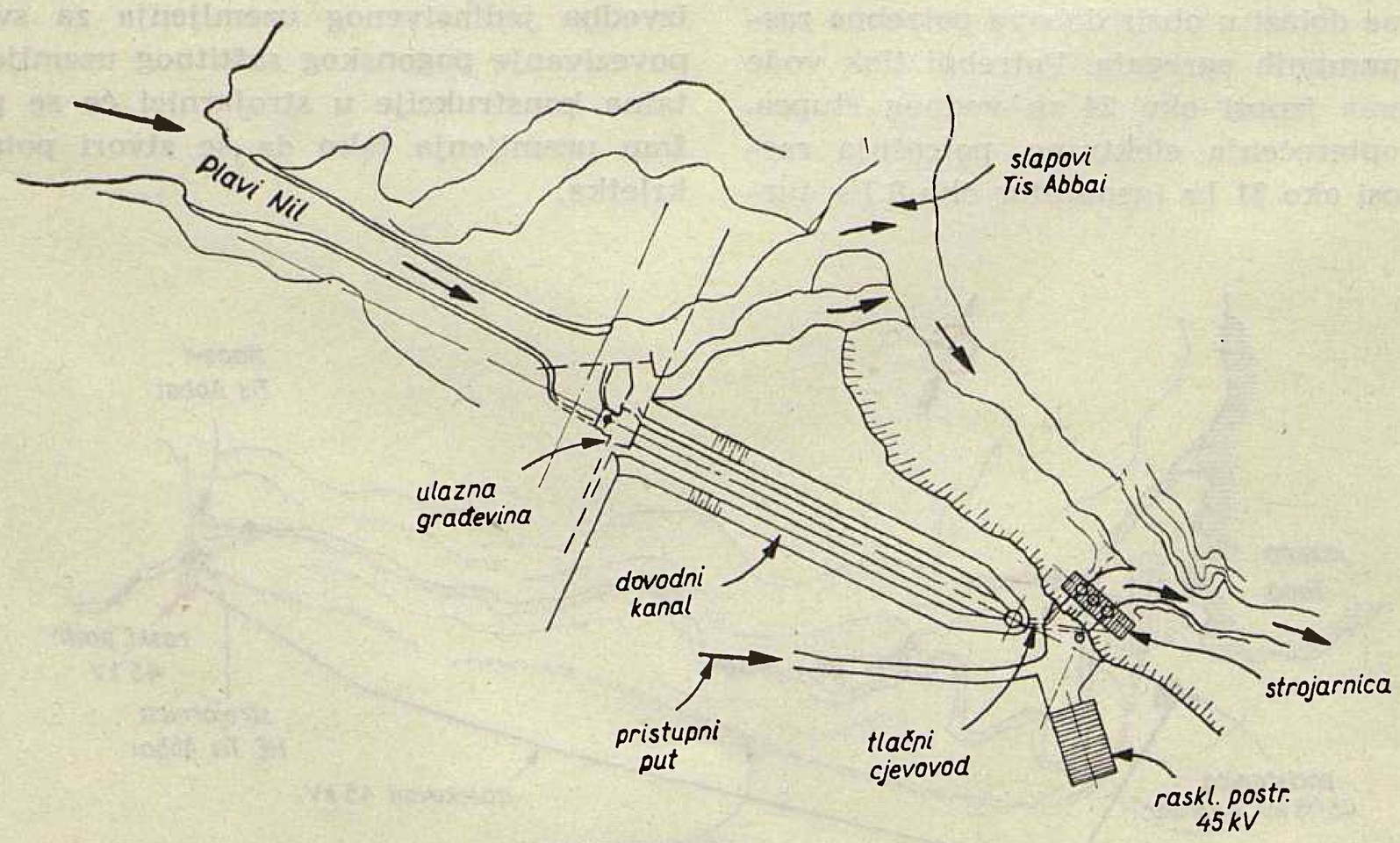
turbinski kat: 24 × 9 m;
generatorski kat: 24 × 9 m;
dvorana strojeva: 39 × 9 m;
visina strojarnice: 20 m.

Rasklopno postrojenje 45 kV riješeno je u poluvisokoj izvedbi, s centralnim prostorom za transport opreme. S jedne strane su sabirnice sa sklopkama i rastavljačima a s druge transformatori bloka i mrežni transformatori. Širina polja iznosi 4,8 m, razmak sabirnica 1,3 m. Veze transformatora na strani 45 kV su golim vodičima, a kabelske na strani generatorskog napona.

Uz postrojenje 45 kV smješteno je i rasklopno postrojenje 15 kV u blindiranoj izvedbi.

Za unutarnji transport u strojarnici služi mosna dizalica 20 t nosivosti.

Naslov pisca: Krunoslav Begović, dipl. ing., Elektroprojekt, Zagreb



Slika 3

PROŠIRENJE ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA U SUDANU

Karlo Fišer, Zagreb

Jugoslavenskim poduzećima povjerena je izgradnja dalekovoda 110 kV Sennar — Rabak, transformatorske stanice 110/33/11 kV u Rabaku i proširenje razvodnog postrojenja 110/11 kV uz hidroelektranu u Sennaru, kao proširenje elektroenergetskog sistema Sennar — Burri (Sudan), koji se ukratko prikazuje. Opisuju se klimatski i ostali uvjeti za projektiranje dalekovoda uz opis osnovnih podataka o stupovima i opremi dalekovoda. Prikazuje se obujam radova na razvodnim postrojenjima, s naročitim osvrtom na zahtjeve investitora, koji su različiti od uobičajenih zahtjeva u našoj zemlji. Dani su najbitniji podaci o opremi i standardima, te o proizvođačima opreme i ostalim učesnicima u poslu.

DK 621.31

U listopadu 1962. raspisana je u Sudanu međunarodna licitacija za izgradnju dalekovoda 110 kV Sennar — Rabak, transformatorske stanice 110/33/11 kV Rabak i za proširenje postojećeg razvodnog postrojenja 110/11 kV hidroelektrane Sennar. S ovim radovima se proširuje elektroenergetski sistem Sudana. Investitor je sudanska ustanova »Central Electricity and Water Administration« u Kartumu (Khartoum).

Na licitaciji je uz njemačke, engleske, francuske, indijske, istočnoevropske i druge firme, nastupila i Ingra iz Zagreba. Investitor je povjerio izvođenje Ingri, koja je 25. travnja 1963. potpisala ugovor u svoje ime, a za račun svojih članova Energoinvest, Sarajevo i Rade Končar, Zagreb.

Ugovoreni posao obuhvaća projektiranje, izvođenje građevinskih i montažnih radova, te isporuku opreme za dalekovod i transformatorske stanice. Komercijalni i tehnički uvjeti sadržani su u četiri knjige tzv. tendera, koji je pripremila konzultantska firma.

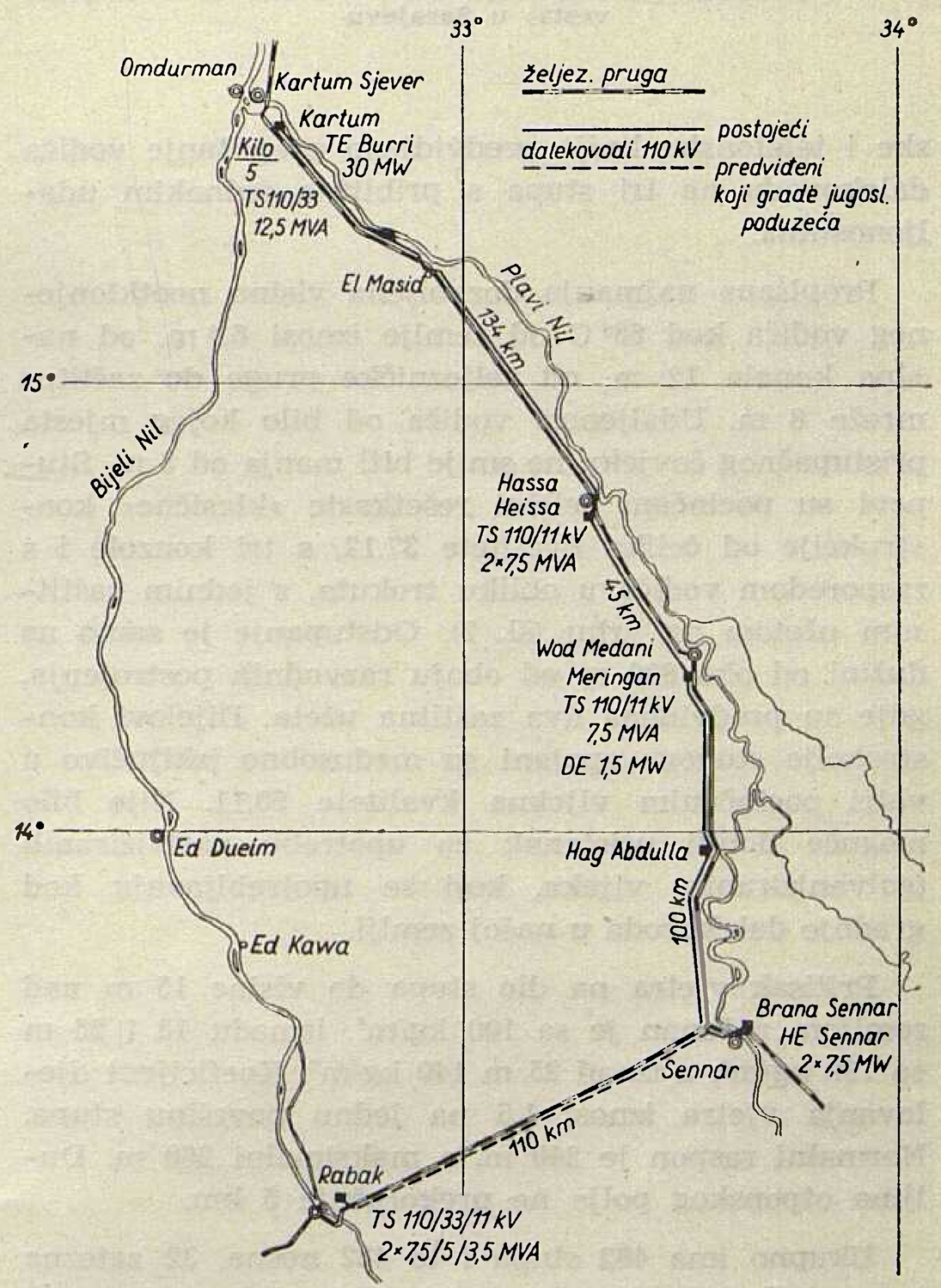
Radovi predstavljaju proširenje postojećeg elektroenergetskog sistema Sennar-Burri, koji je prikazan na geografskoj karti (sl. 1). On obuhvaća termoelektranu Burri kod Kartuma, hidroelektranu Sennar s branom na Plavom Nilu, dalekovod 110 kV, dužine oko 260 km, koji povezuje transformatorsku stanicu »Kilo X« kod Kartuma s hidroelektranom u Sennaru, prolazeći uglavnom paralelno s Plavim Nilom, te dalekovod 33 kV, dužine oko 10 km, koji povezuje termoelektranu Burri s transformatorskom stanicom »Kilo X«.

Na sredini između elektrana Sennar i Burri nalazi se dizelska elektrana u »Wad Medani«, snage oko 1500 kW, koja je također uključena u sistem.

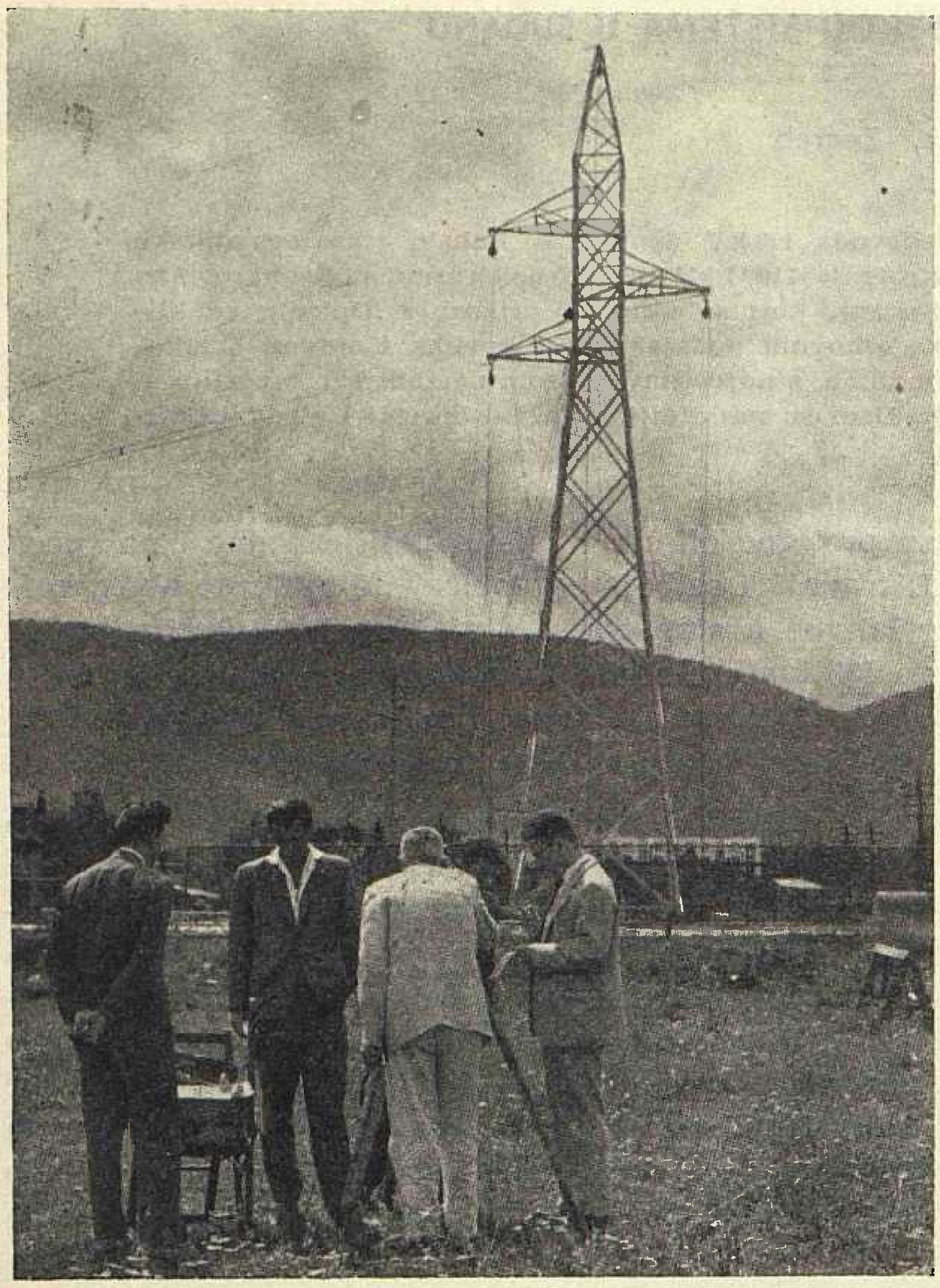
Elektrane Burri i Sennar radit će u pravilu paralelno, a povezane su postojećim dalekovodima 33 i 110 kV. U bližoj budućnosti predviđa se izgradnja dalekovoda 110 kV Rabak — Kartum, paralelno s Bijelim Nilom. Na taj način bi se zatvorio prsten Kartum — Sennar — Rabak — Kartum.

Predviđeno je da će se energija prenositi od Sennara prema Burri i obratno, što će ovisiti o raspoloživoj hidroenergiji. Dalekovod 110 kV Sennar — Rabak, dužine oko 110 km, povezat će razvodno postrojenje uz hidroelektranu u Sennaru s transformatorskom stanicom 110/33/11 kV u Rabaku, gdje Ingra gradi tvornicu cementa. Dalekovod se nalazi u području tropske kontinentalne klime, gdje vladaju suhi vjetrovi od studenog do travnja, a južni vjetrovi za vrijeme kišnog perioda od svibnja do listopada. Kiše su pretežno olujne i padaju poslije podne i na večer. U travnju i svibnju su uobičajene pješčane oluje, koje relativno kratko traju, s vjetrom koji dostiže brzinu do 130 km/h. Najviša temperatura u sjeni iznosi 46 °C, a pojavljuje se u travnju i svibnju, a najniža je temperatura 5° C u vremenu od prosinca do veljače.

Dalekovod je na nadmorskoj visini oko 400 m, a prolazi pretežno ravnicom obraslom rijetkim žbunjem. Na sredini trase postoji nekoliko brežuljaka koje trasa obilazi, ali se koriste kao izvori za tucanik. Trasa dalekovoda je paralelna sa željezničkom prugom Sennar — Kosti, te dva puta prelazi kanal i tri puta željezničku prugu. Nadzemne telegrafske i telefonske linije izgrađene su uz željezničku prugu, te je stoga propisana udaljenost dalekovoda od željezničke pruge najmanje 400 m. Osim toga je zbog zaštite telegraf-



Sl. 1. Situaciona skica



Sl 2. Ispitivanje nosnog stupa 110 kV u stanici »Energoinvesta« u Sarajevu

ske i telefonske linije predvidjeno preplitanje vodiča dalekovoda na tri stupa s približno jednakim udaljenostima.

Propisana najmanja dozvoljena visina neotklonjenog vodiča kod 65° C od zemlje iznosi 6,4 m, od nasipa kanala 12 m, od željezničke pruge do zaštitne mreže 8 m. Udaljenost vodiča od bilo kojeg mjesta pristupačnog čovjeku ne smije biti manja od 3 m. Stupovi su pocinčani čelični rešetkaste »klasične« konstrukcije od čelika kvalitete 37.12, s tri konzole i s rasporedom vodiča u obliku trokuta, s jednim zaštitnim užetom na vrhu (sl. 2). Odstupanje je samo na dužini od oko 800 m od obaju razvodnih postrojenja, gdje su predviđena dva zaštitna užeta. Dijelovi konstrukcije stupova spajani su međusobno isključivo u vatri pocinčanim vijcima kvalitete 50.11. Nije bilo moguće dobiti pristanak za upotrebu pasiviziranih (galvaniziranih) vijaka, koji se upotrebljavaju kod gradnje dalekovoda u našoj zemlji.

Pritisak vjetra na dio stupa do visine 15 m nad zemljom računan je sa 100 kg/m², između 15 i 25 m sa 120 kg/m², a iznad 25 m 140 kg/m². Koeficijent djelovanja vjetra iznosi 1,5 na jednu površinu stupa. Normalni raspon je 240 m, a maksimalni 260 m. Duljina otponskog polja ne prekoračuje 5 km.

Ukupno ima 462 stupa i to 422 nosna, 32 zatezna i 8 prijelaznih stupova. Nosni stup, težine oko 1235 kg zadovoljava i za kuteve trase do 2°. Uz razvodna postrojenja u Sennaru i Rabaku, gdje su propisana dva zaštitna užeta, upotrebljava se nosni stup odgovarajuće konstrukcije.

Ukupna težina stupova je oko 650 t. Svi stupovi imaju pojedinačne temelje za svaku nogu stupa. Faktor sigurnosti za normalna opterećenja mora iznositi 2, a za izvanredna 1,1. Minimalna debljina čeličnih profila bez pocinčanja je 4 mm. Pocinčanje ne smije biti manje od 500 g po 1 m² površine, odnosno najmanja debljina pocinčanja mora iznositi barem 70 mikrona.

Na postojećem dalekovodu 110 kV Sennar — Burri velike ptice s rasponom krila do 1,5 često uzrokuju smetnje u pogonu. Kod polijetanja s donje konzole dovode do zemljospoja bilo uslijed preskoka ili direktnog dodira vodiča gornje konzole. Na traženje investitora predviđena je posebna zaštita od ptica, kako je prikazano u sl. 3.

Vodiči su alučelična užeta presjeka 95/15 mm². Čvrstoća užeta je 3100 kg. Najveće radno naprezanje vodiča, uz faktor sigurnosti 2,5, iznosi 11 kg/mm². Zaštitno uže je pocinčano čelično presjeka 50 mm² sa 7 žica. Čvrstoća užeta je 5500 kg. Najveće radno naprezanje je 18 kg/mm². Užeta su prema DIN — normama. Zaštita od vibracija bit će provedena prigušivačima »Stockbridge«. Izolatori su porculanski kapasti tipa K 170/280. Nosni lanac ima 7 članaka, a zatezni 8. Za kompletni nosni lanac bez zaštitnih rogova propisane su slijedeće električne vrijednosti:

minimalni preskok kod kiše	390 kV
minimalni preskok na suhom	290 kV
50 % udarni preskok (1/50 punog vala)	630 kV

Za najnepovoljniji slučaj opterećenja izolatora faktor sigurnosti treba iznositi 2,5 na osnovu prekidne čvrstoće.

Uzemljenje stupova sastoji se od okrugle bakrene šipke promjera 16 mm, dužine 4 m, vertikalno zabijene u zemlju, na udaljenosti 1 m od temelja. Bakrena šipka povezana je sa stupom bakrenom trakom presjeka 35 × 3 mm. Na mjestima, gdje se s jednom šipkom neće moći postići dovoljne niske vrijednosti otpora uzemljenja, predviđa se još jedna dodatna šipka.

Električno postrojenje 110 kV uz hidroelektranu Sennar proširuje se za jedno dalekovodno polje isporukom električne opreme za polje 110 kV dalekovoda za Rabak. Kod montaže će se koristiti već postojeći građevinski dio i portalne čelične konstrukcije, a za montažu instrumenata i opreme postojeći prostor i ploče u komandnoj prostoriji.

U Rabaku se gradi nova transformatorska stanica 110/11/33 kV. Postrojenje 110 i 33 kV je za vanjsku montažu, dok je postrojenje 11 kV izvedeno u blindiranim ćelijama za unutrašnju montažu, smješteno u prizemnoj zgradi. U prvoj etapi izgradnje predviđena su dva tronamotna transformatora snage po 7,5 MVA, te postrojenje 110 i 11 kV s pripadnim instrumentima i opremom. U početku će se stanica opremiti s minimalno potrebnom opremom, ali će se predvidjeti pro-

stor za naknadno proširenje. Isto tako se za sada ne gradi dio 33 kV, nego se samo predviđa prostor. Postrojenje 110 kV u Rabaku ima dalekovodno polje za Sennar i dva transformatorska polja, a u budućnosti je predviđeno još jedno dalekovodno polje za Kartum.

U dalekovodnim poljima u Sennaru i Rabaku zahtijevane su prema tenderu uljne sklopke za vanjsku montažu za 600 A, 2500 MVA, sa strujnim transformatorima za zaštitu i mjerenje, ugrađenim u provodne izolatore. U našoj se zemlji ne proizvode uljne sklopke 110 kV, ali su svi pokušaji da se zamijene sklopkama koje se proizvode u Jugoslaviji, ostali bezuspješni. Sporazumno s konzultantskom firmom odabrane su punouljne sklopke firme Westinghouse, New York za 1200 A, 5000 MVA.

Dva tronamotna transformatora snage 110/33/11 kV u spoju zvijezda/zvijezda/trokut imaju snagu 7500—5000—3500 kVA s mogućnosti regulacije 110 kV ± 15 % odnosno 33 kV ± 5 %.

Sistemi 110 i 33 kV kruto su uzemljeni i to spajanjem zvjezdišta transformatora direktno s uzemljenjem stanice, dok je sistem 11 kV uzemljen preko dozemnog transformatora.

Svi mjerni transformatori imaju sekundarnu struju 1 A, od kojeg se zahtjeva nije moglo odstupiti zbog jednoobraznosti s ostalim transformatorskim stanicama u Sudanu.

U tenderu je bio postavljen zahtjev da se upotrijebe nadstrujni releji s vremenski ovisnom karakteristikom, tzv. IDMT-releji, koje proizvode uglavnom engleske firme. Ovakvi releji bili su predviđeni za nadstrujnu zaštitu i za zemljospojnu zaštitu. Dobivena je saglasnost konzultantske firme, da se nadstrujna zaštita izvede s vremenski neovisnim nadstrujnim Siemensovim relejom specijalne izvedbe za kruto uzemljene mreže.

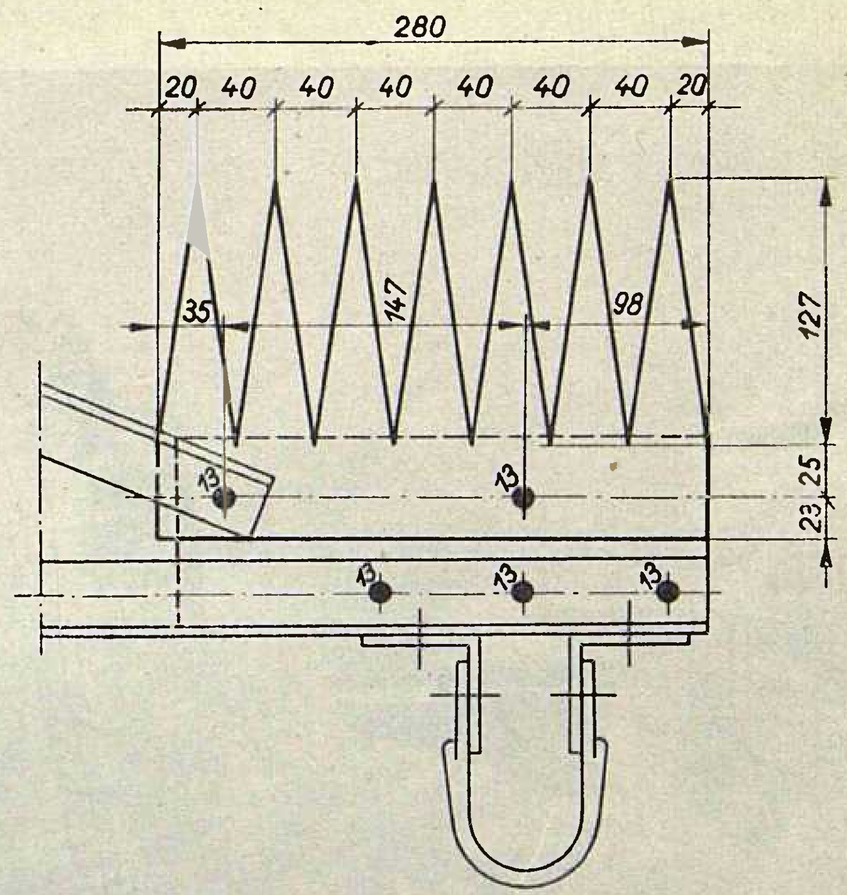
Energetski transformatori imaju diferencijalnu zaštitu. Posebni relej za zaštitu od kvara uslijed zemljospoja ugradit će se u nul-točku dozemnog transformatora 11 kV, s jednim dodatnim vremenski ovisnim članom. Relej za zaštitu od kvara uslijed zemljospoja uz sklopku 11 kV u polju energetskog transformatora ima vremenski neovisni član, dok su releji otcjepa 11 kV za potrošače predviđeni za momentano djelovanje, tj. bez vremenske ovisnosti. Zaštita namota transformatora provedena je odvodnicima prenapona za vanjsku montažu, proizvod Elektrosrbije, VOP 97,5, sa strujom odvoda 10 kA, postavljenim u neposrednoj blizini transformatora.

Nivo udarne izolacije opreme 110 kV stanica iznosi 450 kV, s valom 1/50. Koordinacija izolacije sistema 110 kV postiže se stepenovanjem izolacije i razmaka iskrišta na različitim dijelovima opreme. Za sistem 11 kV i budući sistem 33 kV nema posebnih zahtjeva za koordinaciju izolacije.

Dozemni transformator tako je dimenzioniran, da njegova impedancija ograničuje struju zemnog spoja na vrijednost struje punog opterećenja namota transformatora od 3,5 MVA kod 11 kV. Osim toga dozemni transformator ima sekundarnu snagu od 50 kVA za potrebe vlastite potrošnje stanice. U stanici Rabak predviđena su dva dozemna transformatora.

Svi aparati moraju odgovarati za tropsku klimu i ne smiju propuštati sitnu prašinu.

Za zaštitu stanice od atmosferskih prenapona predviđena su zaštitna užeta u obliku mreže iznad stanice. Kut zaštite ne smije prijeći 45°, a zaštitna užeta su spojena s glavnim uzemljenjem. Presjek i materijal zaštitnih užeta je isti kao za dalekovod. Glavni sistem uzemljenja sastoji se od bakrenog prstena presjeka 150 mm², koji je spojen s uzemljivačima u obliku bakrenih štapova promjera 16 mm i dužine 4 m, pomoću bakrene trake presjeka 100 mm². Uzemljenje ograde stanice sastoji se od 8 elektroda, kao što su gore opisane za glavno uzemljenje, a zabijene su na dubinu od 2,5 m, na jednakim razmacima uzduž ograde.



Sl. 3. Zaštita od ptica

U pogledu transportnih mogućnosti treba navesti da se oprema i mehanizacija dopremaju brodovima u Port Sudan, gdje su raspoložive dizalice za terete do 15 t. Komadi veće težine istovarivat će se brodskim dizalicama. Transport željezničkom prugom vršit će se preko Kartuma do Sennara odnosno Kosti. Udaljenost Port Sudan—Kartum je 790 km, Kartum—Sennar 270 km, a Sennar—Kosti 115 km. Željeznica raspolaže specijalnim vagonima, pogodnim za transport transformatora i sklopki. Automobilski saobraćaj je moguć samo u sušnom razdoblju koje traje od 15. listopada do 15. srpnja. Tada treba i izgraditi postrojenje. Rok za dovršenje objekta je 15. srpnja 1964.

Dalekovod je projektiran prema njemačkim propisima VDE i normama DIN. Energetski transformatori su prema JUS-standardima, sklopke 110 kV prema NEMA-standardima, dozemni transformatori prema IEC-preporukama, mjerni transformatori 110 kV

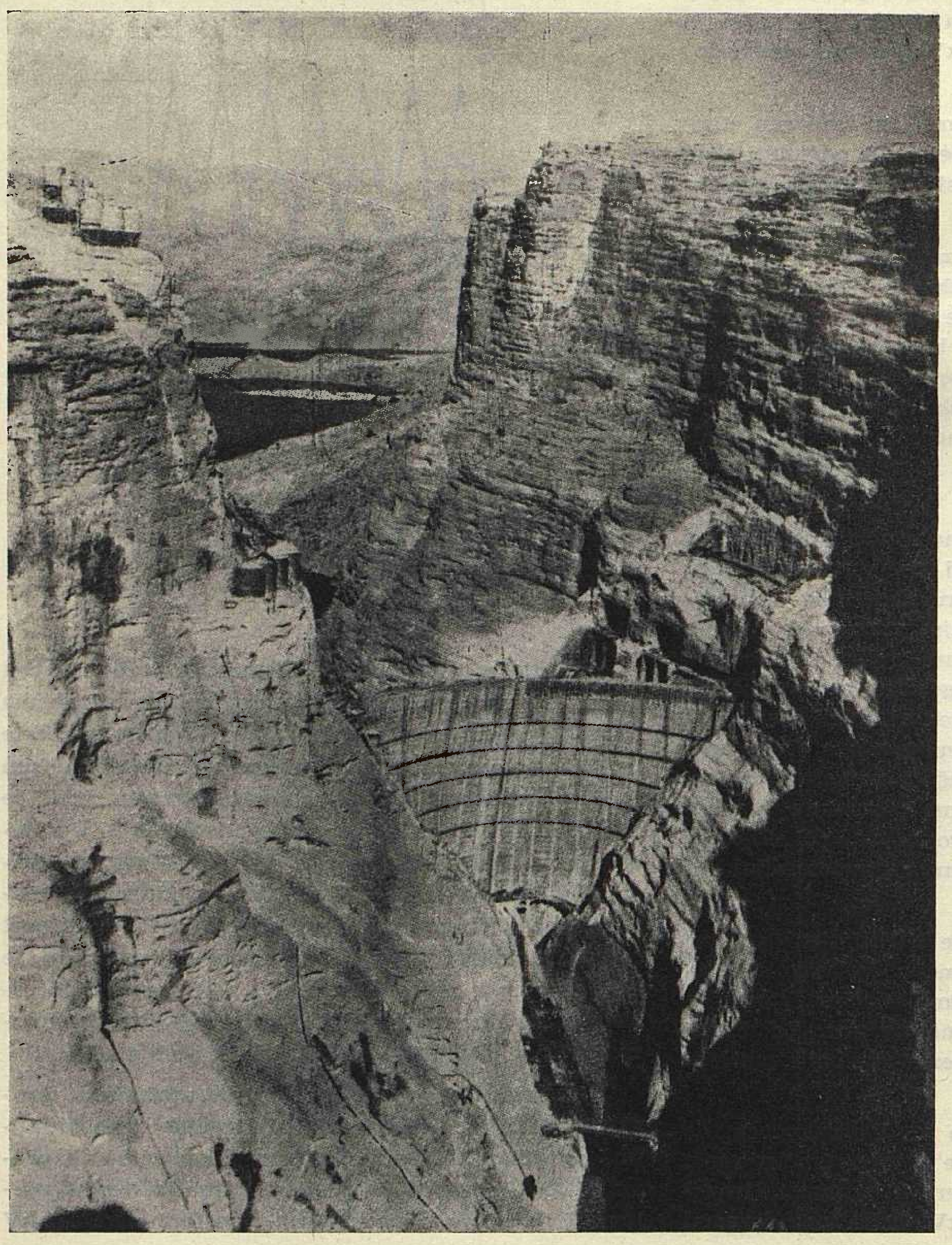
i odvodnici prenapona prema VDE-propisima, rastavljači 110 kV prema engleskim BSS, a aparati 11 kV prema UTE-propisima.

Dalekovod i razvodna postrojenja projektira Energoinvest, Sarajevo, koji je i tehnički objedinitelj posla i isporučilac čeličnih rešetkastih stupova za dalekovod i razvodna postrojenja, te ovjesnog i spojnog materijala, rastavljača 110 kV, sklopki 11 kV, mjernih transformatora 11 kV i kompletnih blindiranih ćelija 11 kV, Rade Končar isporučuje energetski transformator i mjerne transformatore 110 kV. Alučelične vodiče dobavlja Impol, Slov. Bistrica, a zaštitno čelično uže Fabrika kablova, Svetozarevo. Izolatori su proizvod Industrije elektroporcelana, Aranđelovac. Dozemni transformatori i zaštita je od tt. Siemens-Schuckert, Erlangen. Kooperant za građevinske i geodetske radove je sudanska firma SAECO, Kartum.

Tehnički nadzor u ime investitora vrši konzultantska firma Société Générale pour l' Industrie, Genève.

Naslov pisca: Karlo Fišer, dipl. ing., Ingra, Zagreb

ORGANIZACIJA IZGRADNJE BRANE DEZ (IRAN)



Sl. 1. Pogled s nizvodne strane na branu DEZ

Općenito

Sredinom ožujka 1963. puštena je u pogon velika brana na rijeci Dez u Iranu. Branu je izgradilo talijansko društvo Impregilo (radna zajednica poduzeća Impresit-Girola-Lodigiani, koja je izgradila branu Karibu u Rodeziji, a danas gradi branu Akosombo u Ghani i Roseires na Nilu u Sudanu). Radi se o betonskoj kupolastoj brani visine 203,5 m, dužine u kruni 240 m, debljine u dnu 21 m, za koju je izrađeno 403.000 m³ iskopa u stijeni i ugrađeno 465.000 m³ betona.

Za pomoćne i pripremne radove iskopano je 240.000 m³ u stijeni, a za podzemnu strojarnicu i galerije za pristupe, dovod i odvod vode iz strojarnice, te evakuaciju voda iz akumulacije oko 500.000 m³ u stijeni, te ugrađeno 140.000 m³ betona, od toga većim dijelom armiranoga.

Ova brana je po svojoj visini šesta na svijetu i najviša na Srednjem istoku. Njom se postizava akumulacija od 3 milijarde m³ vode, koja služi za navodnjavanje i proizvodnju električne energije.

Gradilišne instalacije

Izvođač je osobitu pažnju posvetio studiju i realizaciji gradilišnih instalacija. Treba uzeti u obzir teške uslove izvođenja radova daleko od opskrbnih centara i uz znatne transportne teškoće. Normalni prijevoz opreme i materijala iz Italije trebao je barem 3 mjeseca, a u hitnim slučajevima trebalo se služiti zračnim transportom.

U prvom redu trebalo je na gradilištu izgraditi termoelektranu snage 9000 KS, a na udaljenijim radilištima manje dizelske elektrane, uz razvod po gradilištu mrežom 11 kV.

Budući da se sama brana nalazi u 450 m dubokoj klisuri s gotovo vertikalnim bokovima, trebalo je pristupnu cestu do krune brane (dužine 6 km i u padu od 6 %) izgraditi svu u tunelu presjeka 35 m².

Izgrađene su, nadalje, žičare i kabelski kranovi za transport materijala i osoblja na razne sektore gradnje.

Uređene su jedna glavna i dvije pomoćne mehaničke radionice za uzdržavanje mehanizacije.

Nalazište agregata

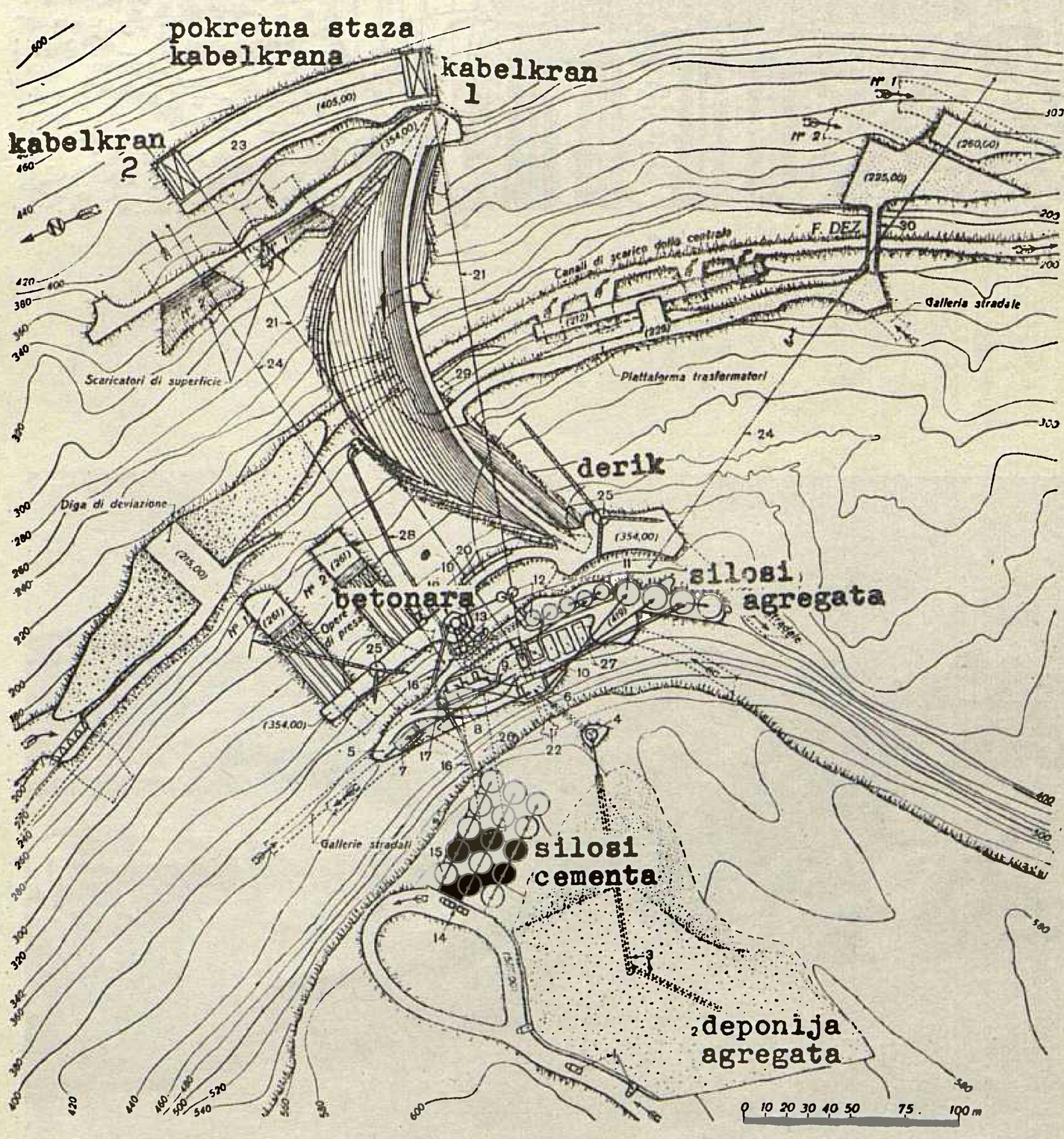
Agregat aluvijalnog podrijetla vađen je iz korita jedne bujice pomoću bagera-kašikara. Materijal je bio granulacije Ø 0—150 mm; po traženju nadzora trebalo je izlučiti frakcije Ø 0—19 mm, za što su primijenjene pokretne rešetaljke, kojima se ujedno agregat tovari u dumpere. Materijal većeg zrna od Ø 19 mm dopreman je na 25 km daleku gradnju Euclid dumperima od 22 t. Dnevno je vađeno 2200 m³ agregata za što je bila primijenjena slijedeća mehanizacija: 5 bagera, 10 utovarivača, 10 buldožera, 26 dumpera od 22 t.

Priprema agregata

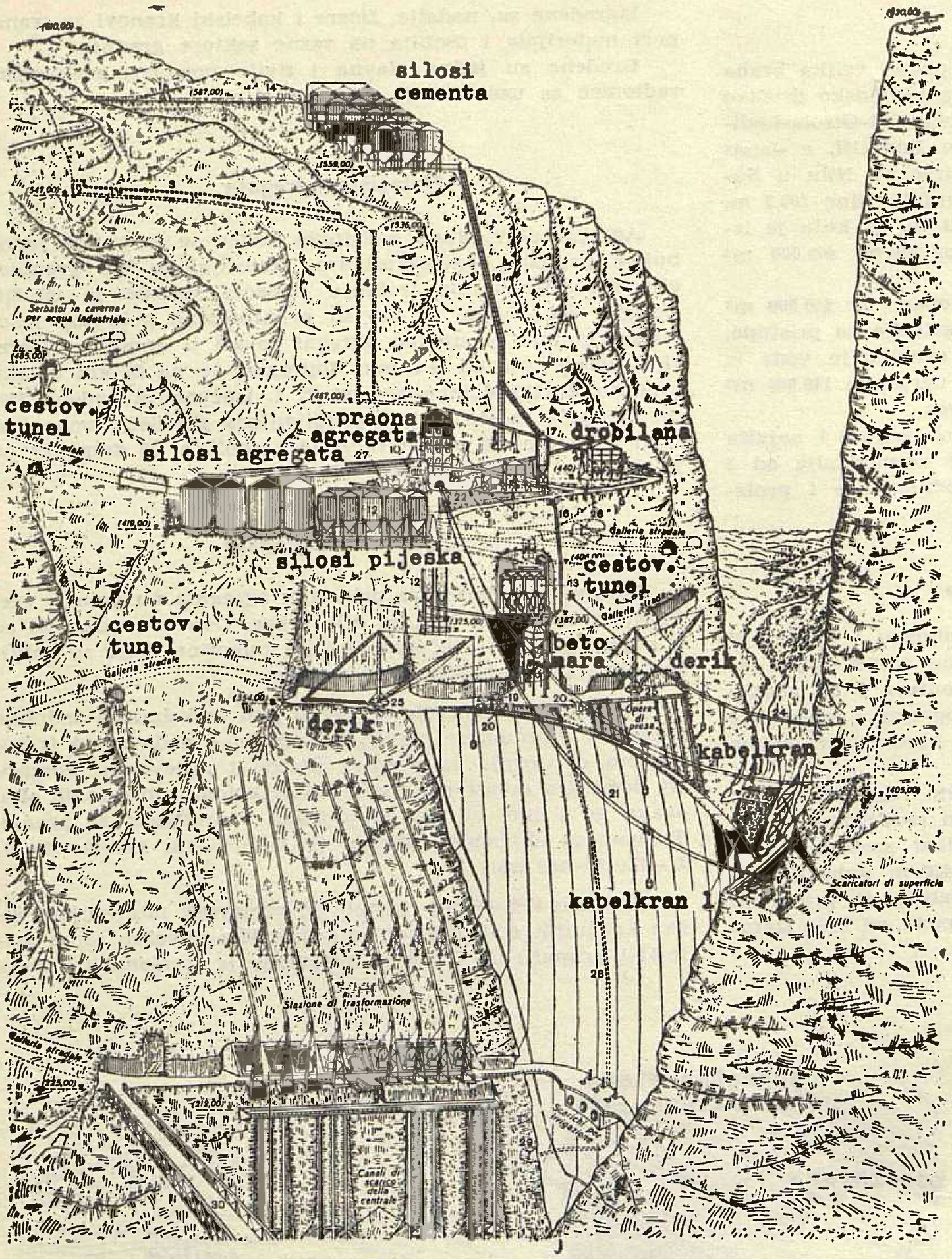
Postava instalacija za pripremu agregata na gotovo vertikalnim bokovima bila je vrlo teška. Ovo tim više, što su u stijeni pri dnu otkrivene znatne pukotine, koje su zahtijevale velike konsolidacione radove.

Od deponije agregata Ø 19—150 mm maksimalne sadržine 270.000 m³ otprema se materijal pomoću 4 dodavača i transportera do tornja za pranje, sijanje i mljevenje. Pomoću tri dodavača dolazi materijal na tri kolone vibracionih sita, svaka po 4 sita, od kojih po jedno s uređajem za pranje. Tražene su slijedeće frakcije: Ø 0,1—1; 1—4,5; 4,5—19; 19—37; 37—75; 75—150 mm.

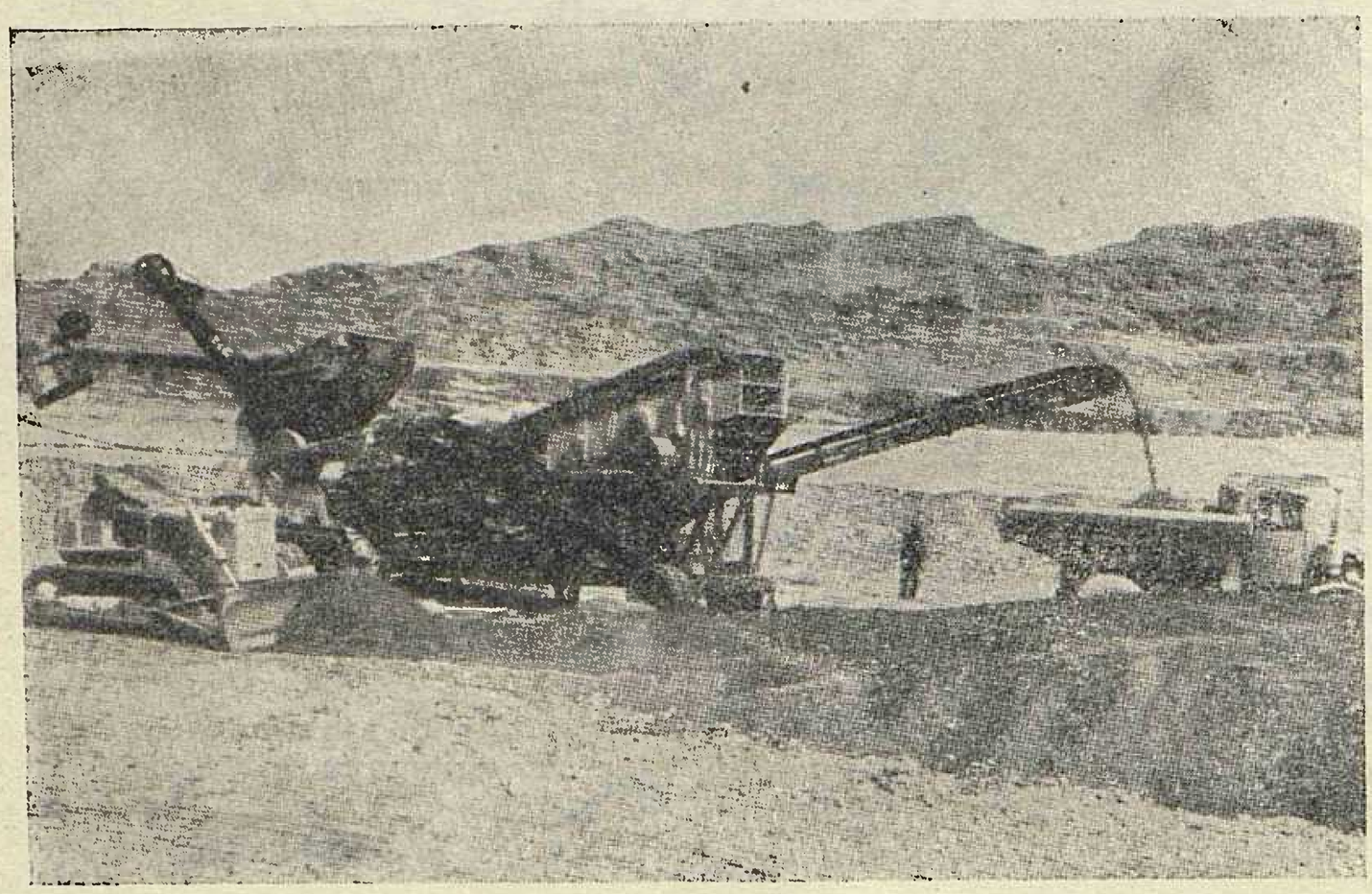
Frakciju Ø 0—19 mm trebalo je proizvesti mljevenjem viška krupnijih frakcija, jer je s nalazišta dovožen samo materijal krupniji od Ø 19 mm. Mljevenje je izvršeno u 2 stup-



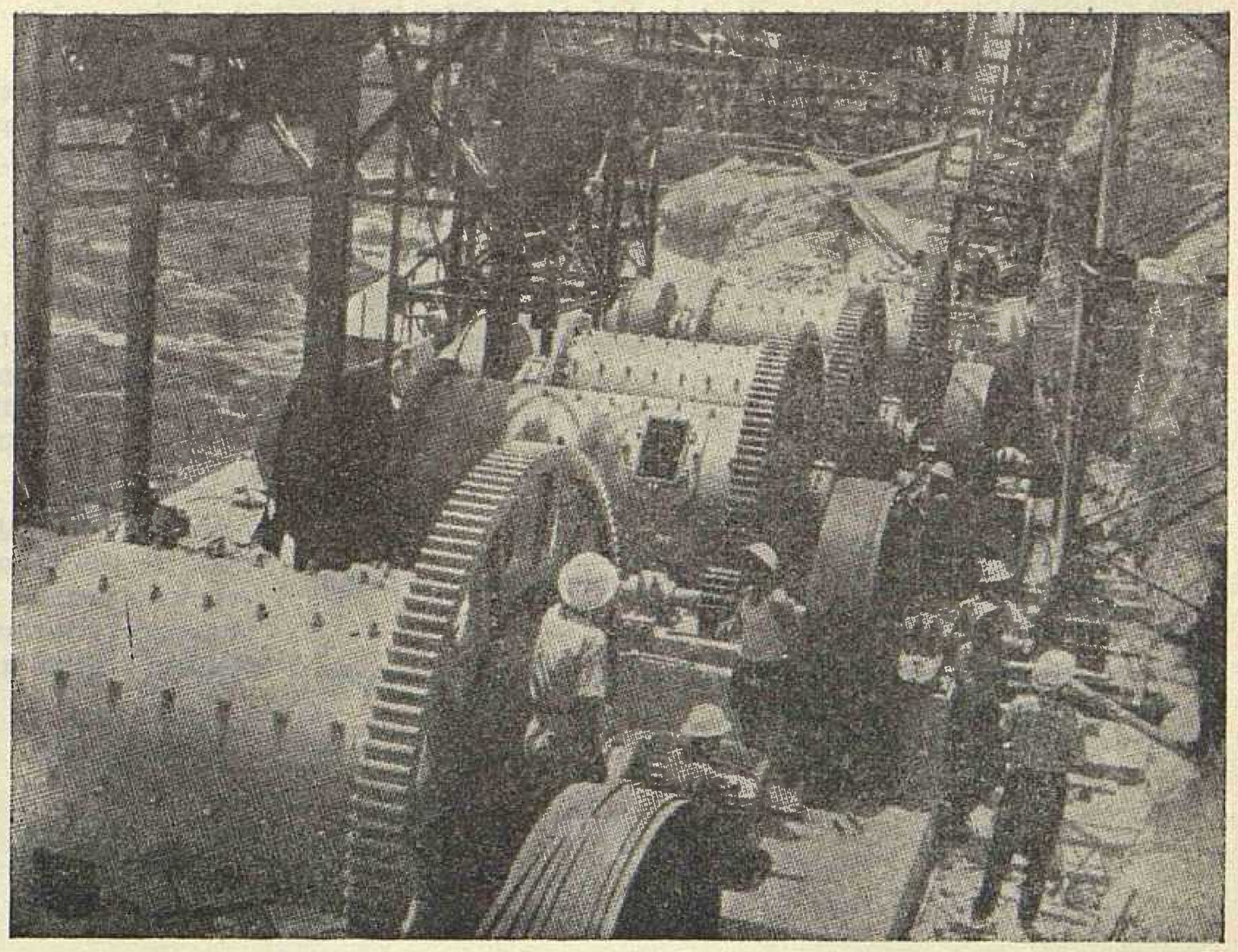
Sl. 2. Situacija brane i gradilišnih instalacija



Sl. 3. Perspektivni pogled na gradilišne instalacije



Sl. 4. Dobivanje i rešetanje materijala za agregat



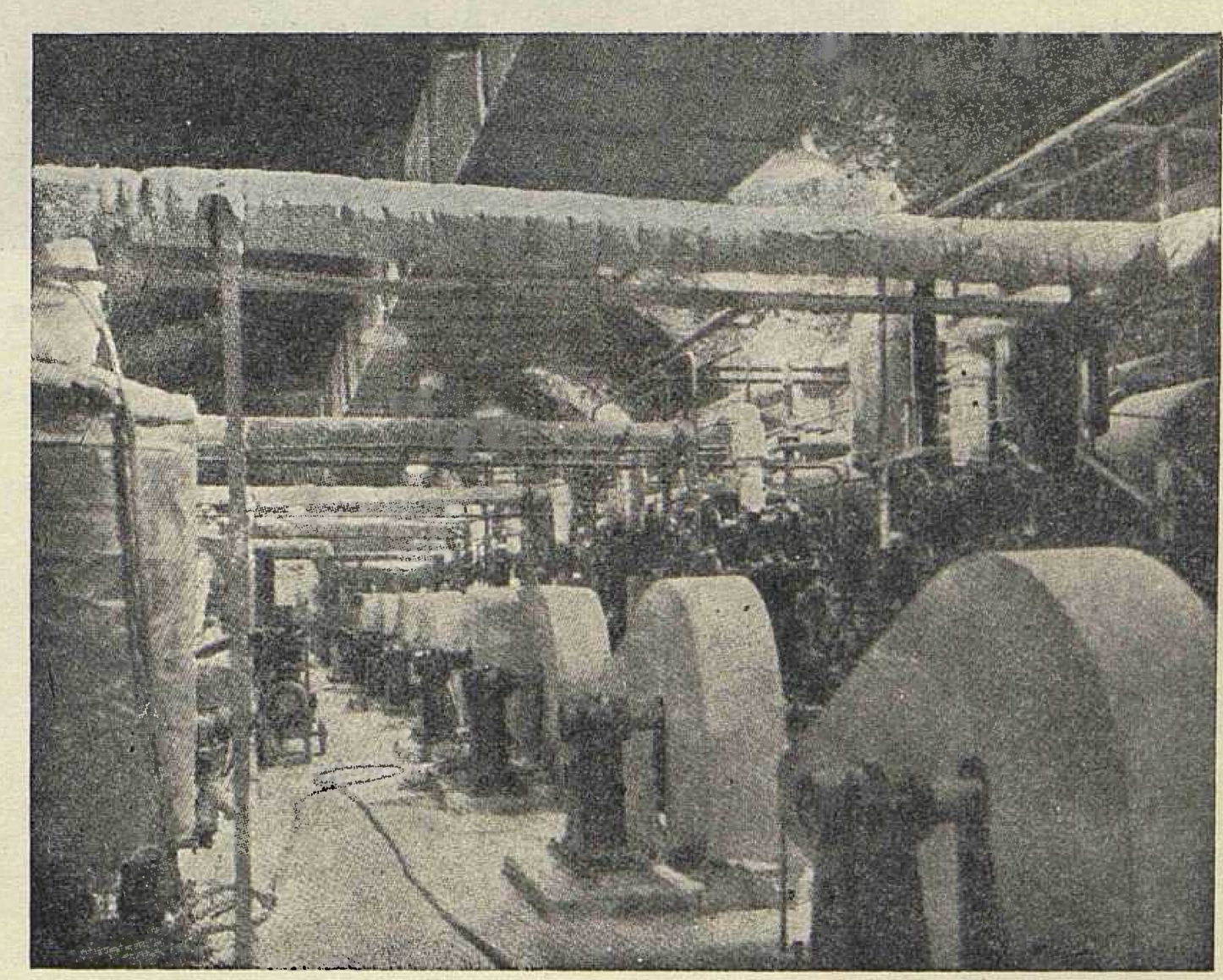
Sl. 5. Baterija mlinova sa štapovima

nja: prvo pomoću 3 Symons kružne drobilice od 4'', te dalje pomoću 4 mlina sa štapovima Loro-Parisini. Ovaj se pijesak klasificirao pomoću centrifugalnih vibrirajućih sita u frakcije Ø 0,1—1 i 1—4,5 mm. Granulirani agregat dopremljen je u silose, koji mogu primiti potrebnu količinu za 2 dana betoniranja.

Uređaji za hlađenje agregata

Prije dolaska agregata u toranjsku betonaru bile su frakcije od 4,5—150 mm podvrgnute procesu hlađenja. Prema tehničkim propisima beton kod ugradnje nije smio imati višu temperaturu od + 15° C. Kod maksimalne temperature zraka od + 52° C, riječne vode od + 25° C i agregata od + 40° C trebalo je hladiti agregat. Za ovo je predviđen uređaj kapaciteta 160 m³/h s 4,450.000 kcal/h i instalirane snage 1730 kW, jedan od najvećih uređaja ikada upotrijebljen u takve svrhe. Ovaj uređaj smješten je u podzemnoj kaverni.

Frakcije agregata koje se hlade bile su potopljene u silosima s vodom temperature svega + 1° C da dostignu potrebno ohlađenje. Nakon toga agregat prolazi preko rešetaljki za cijeđenje vode i tek nakon toga dolazi u betonaru. Sistem svih ovih uređaja uključivši i transportne trake do betonare bio je proviđen dobrom toplinskom izolacijom. Ci-



Sl. 6. Uređaj za hlađenje agregata

jeli dosta složeni pogon ovog uređaja bio je podešen automatski, jer je ručno upravljanje kod tolikog broja složenih radnih operacija praktički nemoguće.

Proizvodnja betona

Beton je proizveden u toranjskoj betonari Loro—Parisini s 4 bikonusne mješalice od 3000 litara i slijedećih dijelova:

uređaja za dopremu pojedinih frakcija agregata u odgovarajući silos,
silosa za 400 m³ agregata u 6 frakcija,
silosa za 80 t cementa,
6 automatskih dozatora za agregat,
1 automatske vage za cement,
1 automatskog mjerača vode,
komandnog uređaja za automatsko spravljanje 6 raznih mješavina betona.

Ovom betonarom postignuta je prosječna dnevna proizvodnja od 2700 m³.

Doprema cementa

Cement je dopreman u rinfuzi na specijalnim vozilima po 2 spremnika po 10 t cementa, i na gradilištu uskladišten u 15 silosa ukupne sadržine 20.000 t.

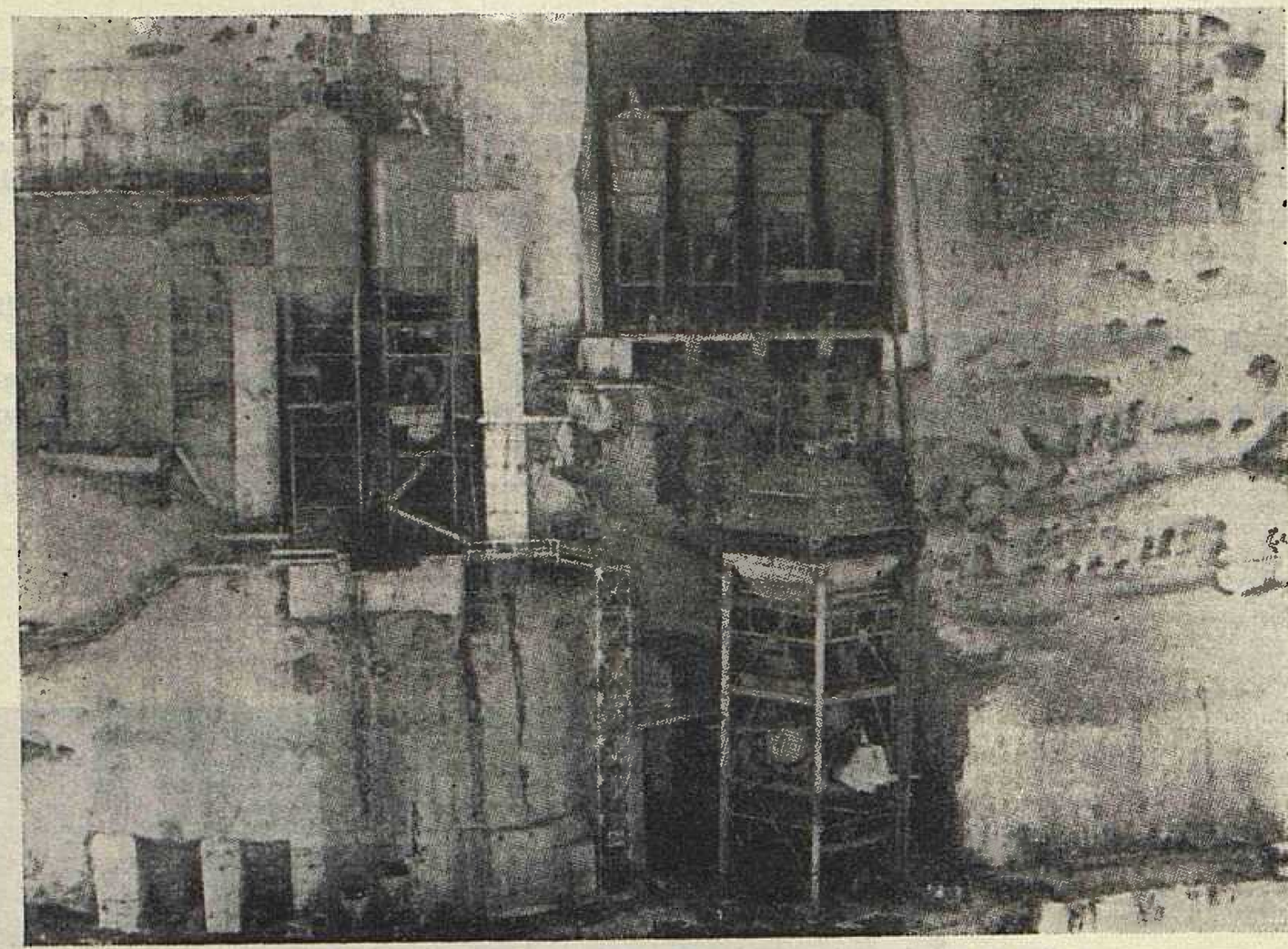
Transport betona

Za dopremu betona do brane primijenjena su 2 kabelska krana od 20 t nosivosti s jednim stalnim i drugim pokretnim krakom, te 2 derik-krana s krakom 60 m i 6 t nosivosti. Beton je do ovih dizalica dopreman silobusima od 6 i 2 m³.

Gradnja ove brane započela je 1960. Na gradnji je bilo uposleno 500 talijanskih inženjera, tehničara i stručnih radnika, te 1400 iranskih radnika, za koje je bilo izgrađeno suvremeno naselje sa stanovima s kondicioniranim zrakom, restoranom, kinematografom itd. Radovi su trajali 36 mjeseci.

(Podaci i slike iz »Costruzioni«, ožujak 1963)

Valter Janeček, dipl. ing.



Sl. 7. Automatska betonara sa silosima hlađenog agregata

PRIJELAZ OD 110 NA 220 V U RIJECI PRIVODI SE KRAJU

Rijeka je jedan od rijetkih naših gradova, koji su još poslije rata distribuirali energiju naponom 110 V. Distributivna mreža ovog grada još je prije rata bila zapuštena, a u toku rata doživjela je znatnija oštećenja. Poslijeratni period dočekala je u veoma lošem stanju, koje je bilo teško sanirati, koliko zbog nedostatka sredstava i materijala, toliko i zbog pomanjkanja stručne radne snage.

Visokonaponska kabelska gradska mreža napaja se naponom 5 kV. Distributivne transformatorske stanice bile su građene za mogućnost ugradnje transformatora malene snage (50 do 100 kVA), a montirane su bile u veoma skučenim prostorima ispod kućnih stepeništa ili u podrumima pojedinih zgrada, dok su one na slobodnom prostoru pretežno građene kao limom oklopljene u obliku oglasnih stupova (sl. 1) ili kao veoma skučene i loše građevine.

Montažni dio im je rađen u otvorenoj izvedbi s veoma malenim razmacima, te nepregledno i nepristupačno, tako da su predstavljale veliku opasnost za osoblje, koje ih je uzdržavalo. Zbog svih ovih razloga, kao i zbog lošeg uzdržavanja, one su bile očita negacija svih propisa o gradnji ovih postrojenja, ali su unatoč tome morale biti u pogonu i služiti svojoj svrsi.

Niskonaponska mreža, izvedena kombinirano s kabelskim izlazima i nadzemnim raspletima, bila je također primjer nepropisno izvedene mreže.

Zahvaljujući visini međufaznog napona i izoliranim vodičima, razmaci između vodiča mogli su biti maleni. Radi toga je bila montirana na potporne izolatore posebne izvedbe, i vođena po fasadama i dvorištima zgrada u veoma nepravilnim linijama, prateći anarhičan raspored pojedinih kućnih priključaka (sl. 2).

Ovako izvedena, a uz to još i zapuštena mreža, nije mogla zadovoljavati potrebe svog područja, na kojemu se već tada pojavljivala tendencija naglog porasta opterećenja i potrošnje.

To je nametnulo hitnu i neodgodivu potrebu rekonstrukcije, odnosno potpune zamjene cjelokupne mreže na području grada, na kojemu je tada bilo oko 14.000 potrošača priključenih na mrežu napona 110 V i oko 450 potrošača priključenih na napon 3 × 220 V. Planskom radu na rješavanju ovog zadatka pristupilo se 1953.

Prethodno je trebalo riješiti ne samo taktiku i organizaciju radova na obnovi same mreže, nego sinhronizirati i radove na obnovi kućnih instalacija i glavnih vodova, koji su također bili nepropisni, dotrajali i neupotrebljivi, koliko radi lošeg stanja samih instalacija, toliko i radi položaja mjesta priključka s obzirom na konfiguraciju buduće mreže. Osim toga je pitanje potrebnih financijskih sredstava i raspodjele troškova oko prijelaza na viši napon, kao i nabava potrebnog materijala i opreme predstavljaja složen problem.

Zahvaljujući razumijevanju organa vlasti i samih potrošača, koje je loš kvalitet energije nukao na akciju, ovi su problemi riješeni na zadovoljavajući način. Troškove oko uređenja glavnih vodova i kućnih instalacija snosile su same zgrade, odnosno njihovi organi upravljanja, dok je polovica troškova oko zamjene trošila, koja su tada popisom ustanovljena kod potrošača, teretila potrošača, a druga polovica distributera. Svi troškovi prijelaza na mreži i priključcima teretili su distributera.

Nedovoljna financijska sredstva, pomanjkanje kabelskih vodova (koji su se tada još u velikoj mjeri morali uvoziti), jednostavnija organizacija radova (s obzirom na iskustva stručne radne snage), utjecaj na potrošače u pitanju troškova prijelaza i svih poteškoća, koje se s time u vezi pojavljuju u kućama, te niz ostalih organizacionih problema, bili su jaki faktori, koji su nalagali da se s obnovom mreže započne na periferijskim i rastresenim gradskim područjima s isključivo nadzemnom mrežom, približavajući se postepeno prema centru grada, gdje je problematika složenija, a radovi skuplji.

Nedovoljan broj raspoloživih brojila potrebnih za izmjenu prilikom prijelaza na napon 220 V bio je tada također težak i složen problem. Uslijed nedostatka financijskih sredstava za nabavku ovih brojila, kojih tada još nije bilo na listi proizvoda domaće industrije, trebalo se to riješiti prematanjem postojećih brojila za novi napon, što je gotovo u cjelini izvršeno u vlastitoj baždarnici. Na taj način su gotovo sva stara, a za upotrebu prikladna brojila, uz relativno mala ulaganja osposobljena za daljnje korištenje.

U prvim godinama radova oko prijelaza na viši napon pojavilo se pitanje tempa prijelaza s veoma ograničenim financijskim sredstvima. U tom pogledu su postojale dvije varijante.

Sl. 1. Stara tipska transformatorska stanica 50 kVA

Jedna je predviđala priključivanje većeg broja kućanstava na jednu novoizgrađenu transformatorsku stanicu, čime bi se omogućio brži prijelaz uz manja ulaganja, ali se u tom slučaju postižu široke niskonaponske mreže. Porastom opterećenja situacija bi se poboljšavala interpolacijom novih transformatorskih stanica na pogodna mjesta u mreži.

Ova je varijanta predstavljala opasnost da se prije završetka radova na rekonstrukciji mreže u čitavom gradu preopterete rekonstruirane mreže, na kojima se situacija neće moći popravljati izgradnjom novih transformatorskih stanica, jer će sva sredstva i radna snaga biti zauzeti zadatkom uklanjanja napona 110 kV, kao prioritetnim zadatkom.

Druga varijanta predviđala je priključivanje manjeg broja kućanstava na pojedinu novoizgrađenu transformatorsku stanicu. Broj ovih kućanstava ovisi o procjeni učešća pojedinog kućanstva u vršnom opterećenju transformator-

Sl. 2. Niskonaponska mreža u starom gradu

ske stanice, koje će se pojaviti unutar 10 do 12 godina, što se smatralo vremenom potrebnim za potpunu rekonstrukciju mreže i eliminiranje napona 110 V na području čitavog grada. Ovo se učešće cijenilo na oko 1300 W po jednom kućanstvu, što je nametalo priključak od oko 300 do 350 kućanstava na jednu novoizgrađenu transformatorsku stanicu. Na ovaj način se prividno produžuje trajnost mreža s naponom 110 V, na kojima se, međutim, ne može pojavljivati porast opterećenja, jer to ne dozvoljava neobično veliki pad napona s jedne strane, i pomanjkanje kućanskih aparata za napon 110 V, te kratka perspektiva ovih mreža, s druge strane. Na novoizvedenim mrežama s naponom 220 V, međutim, neće u toku radova, sve do završetka rekonstrukcije čitave gradske mreže, dolaziti do preopterećenja i ostalih neugodnosti, koje se s tim u vezi pojavljuju.

Daljnje povećanje opterećenja iznad 1300 W/kuć. rješavat će se pomoću interpolacije novih transformatorskih stanica na mjesta u mreži koja su predviđena, ali će ova potreba nastupiti tek nakon prijelaza na viši napon u čitavom gradu, te će ovo biti moguće svladavati, jer će čitava mreža biti rekonstruirana, a sredstva i radna snaga u dobroj mjeri oslobođena.

Nakon razmatranja obiju varijanti usvojena je druga, koja se do sada pokazala kao pravilna.

Radovi na rekonstrukciji mreže i prijelazu na viši napon tekli su gotovo u cjelini po predviđenom planu. Dolazilo je povremeno do poteškoća, a naročito u pogledu sinhroniziranog rada na uređenju kućnih instalacija i glavnih vodova, kada su se morale poduzimati mjere prema kućama, koje nemaju propisnu instalaciju, na način, da se ne priključe na remontiranu mrežu. Ove su mjere bile uspješne i trebalo ih je sve manje poduzimati.

Na području rekonstruiranih mreža opterećenje je naglo raslo, ali još uvijek u predviđenom obujmu, tako da sada, pri završetku radova na rekonstrukciji mreže, dolazi kod malog broja novoizgrađenih transformatorskih stanica (sl. 3) do izvjesnog preopterećenja, dok su ostale opterećene sa oko 80 % u doba vršnog opterećenja. Preopterećuju se one stanice, na koje je priključen veći broj potrošača od predviđenog.

Kako je tekao rad na rekonstrukciji mreže i prijelazu na viši napon, te koliko je ovaj rad bio neophodno potreban, jasno prikazuje podatak o broju izmijenjenih brojila s jedne strane, i o količini prodanih termičkih kućanskih aparata preko gradske trgovačke mreže s druge strane. (Podaci o prodanim aparatima prikupljeni su u glavnim trgovačkim radnjama u gradu).

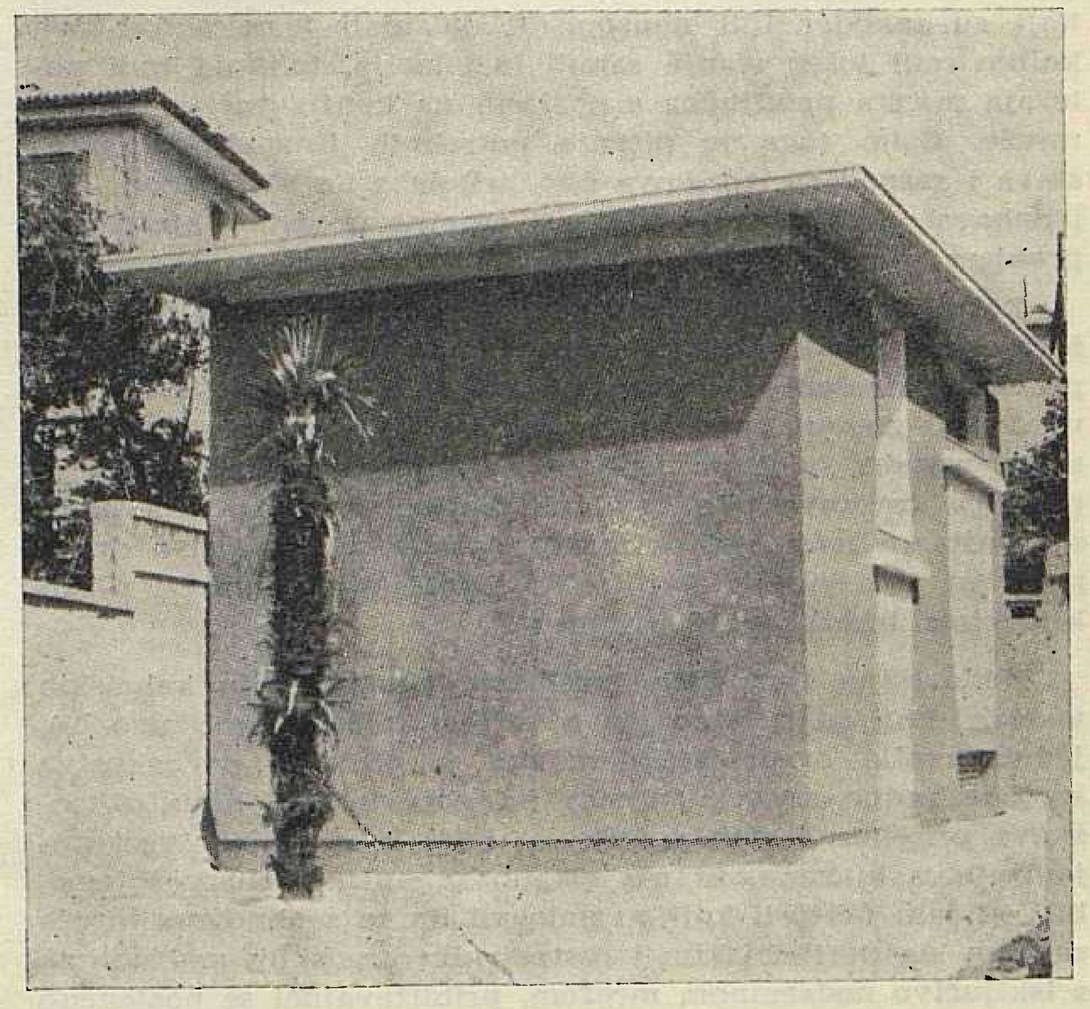
Pregled broja izmijenjenih brojila od 110 na 220 V po godinama i prodanih termičkih aparata u kW

Godina	Izvršen prijelaz (brojila)	Prodani kuć. aparati (kW)
1953.	1.230	—
1954.	1.446	—
1955.	331	8.000
1956.	1.148	12.200
1957.	1.162	13.895
1958.	1.864	16.836
1959.	1.343	35.292
1960.	752	37.661
1961.	855	48.988
1962.	995	76.466
1963. (11 mj.)	963	—
Ukupno	12.089	

Još je ostalo za prijelaz 1230 brojila, od kojih će dobar dio biti izmijenjen još ove godine, te se u idućoj godini očekuje okončanje radova na rekonstrukciji mreže i prijelazu na viši napon.

Posljednjih godina osjeća se pad broja izmijenjenih brojila, što je rezultat radova na rekonstrukciji mreže u užem centru, gdje je mreža isključivo kabelska, te se, radi uštede na iskopima, mora paralelno rješavati visokonaponska i niskonaponska mreža kao i javna rasvjeta.

Ovakvi radovi teku sporije i zahtijevaju znatno veća ulaganja od područja s nadzemnom mrežom, što uvjetuje i sporiji prijelaz u pogledu broja potrošača.



Sl. 3. Nova tipska transformatorska stanica 400 (630) kVA

Potrošnja kućanstva u odnosu na ukupnu potrošnju na području grada Rijeke u MWh

Godina	Domaćinstva		Ukupno MWh
	I blok	II blok	
1953.	2.772	4.354	48.427
1954.	3.134	7.269	54.409
1955.	508	14.153	65.690
1956.	483	18.148	71.365
1957.	418	23.677	84.227
1958.	—	27.975	96.191
1959.	233	33.856	111.195
1960.	206	33.026	124.509
1961.	131	39.916	141.883
1962.	92	48.572	156.496

Iz pregleda prodaje kućanskih termičkih aparata vidi se veoma velik priljev ovih aparata na područje grada, što ima za posljedicu adekvatan porast opterećenja i potrošnje u kućanstvima, te neminovnu potrebu prilagođavanja mreže ovakvim zahtjevima. Radi ilustracije dovoljno je pogledati kretanja potrošnje kućanstva u odnosu na ukupnu potrošnju u gradu u toku ovih godina.

Sve ovo uvjetuje neobično jak pritisak, ne samo na financijska sredstva, nego i na radnu snagu, odnosno na poduzeće kao cjelinu, što je do sada uspješno savladavano, unatoč svim poteškoćama, koje su se pojavljivale i još se pojavljuju.

Ante Primožić, dipl. ing.

UREĐAJ ZA KORIŠTENJE OTPADNE TOPLINE GENERATORA HE OŽBALT

Uvod

Na Hidroelektrani Ožbalt, kojom je zaključen lančani sistem hidroelektrana na odsjeku Drave između Dravograda i Maribora, montirana je naprava za korištenje otpadne topline generatora kojom se grije komandna zgrada hidroelektrane. Donosimo tehnički opis, probni rad i kratku ekonomsku analizu uređaja.

Osnovni podaci

Termički gubici jednog generatora kod punog opterećenja navedene hidroelektrane cijene se na oko 600 kW. Zato se pristupilo izradi projekta, kako bi se mogao iskoristiti barem dio te energije za grijanje upravne zgrade, koja je locirana na lijevoj obali Drave. Prema transmisijskom proračunu potrebno je cca 87 kWh termičke energije po satu, da bi se temperatura prostorija održala na oko 20° C kod vanjske temperature zraka — 18° C. Na stručnim komisijama bilo je odlučeno, da se izvede grijanje prostorija stropnim zračenjem, jer je temperatura ogrjevne vode relativno niska. Postignuti rezultati i iskustva bili bi veoma dragocjeni za daljnju upotrebu otpadne topline generatora naših hidroelektrana.

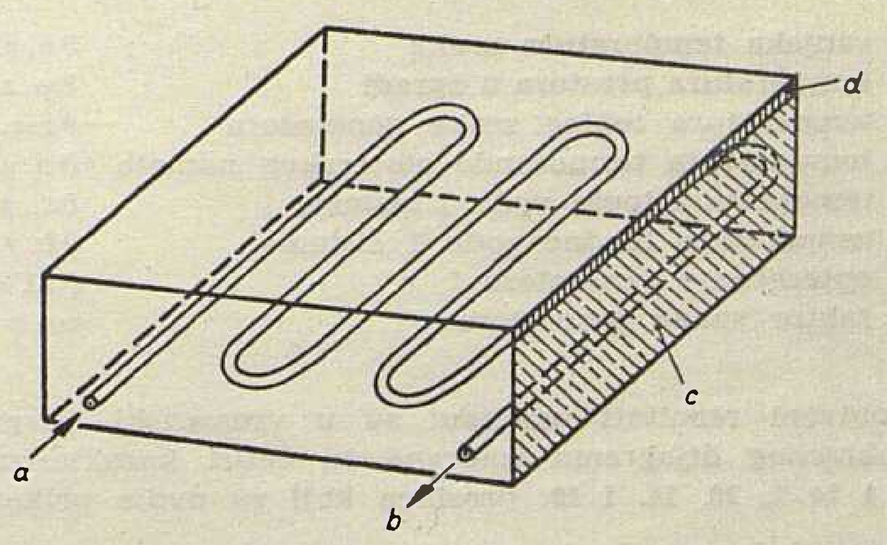
Tehnički opis

Generator snage 22 MVA sa 125 okr/min. hlađen je zrakom koji kruži u zatvorenom generatorskom prostoru. Na rotoru generatora smještena su krila ventilatora, koja potiskuju zrak kroz statorski paket i namot generatora. Ugrijani zrak struji na svom putu i kroz 6 dvostrukih hladnjaka koji su smješteni na obodu statora te im predaje toplinsku energiju. U prvi sistem hladnjaka (izmjenjivača topline) dolazi hladna voda iz komandne zgrade. Voda preuzima toplinu zraka pa se zatim ugrijana vraća u komandnu zgradu. Kroz drugi sistem hladnjaka protječe hladna voda iz Drave, gdje preuzima preostalu toplinsku energiju zraka koju odnosi nizvodno u Dravu.

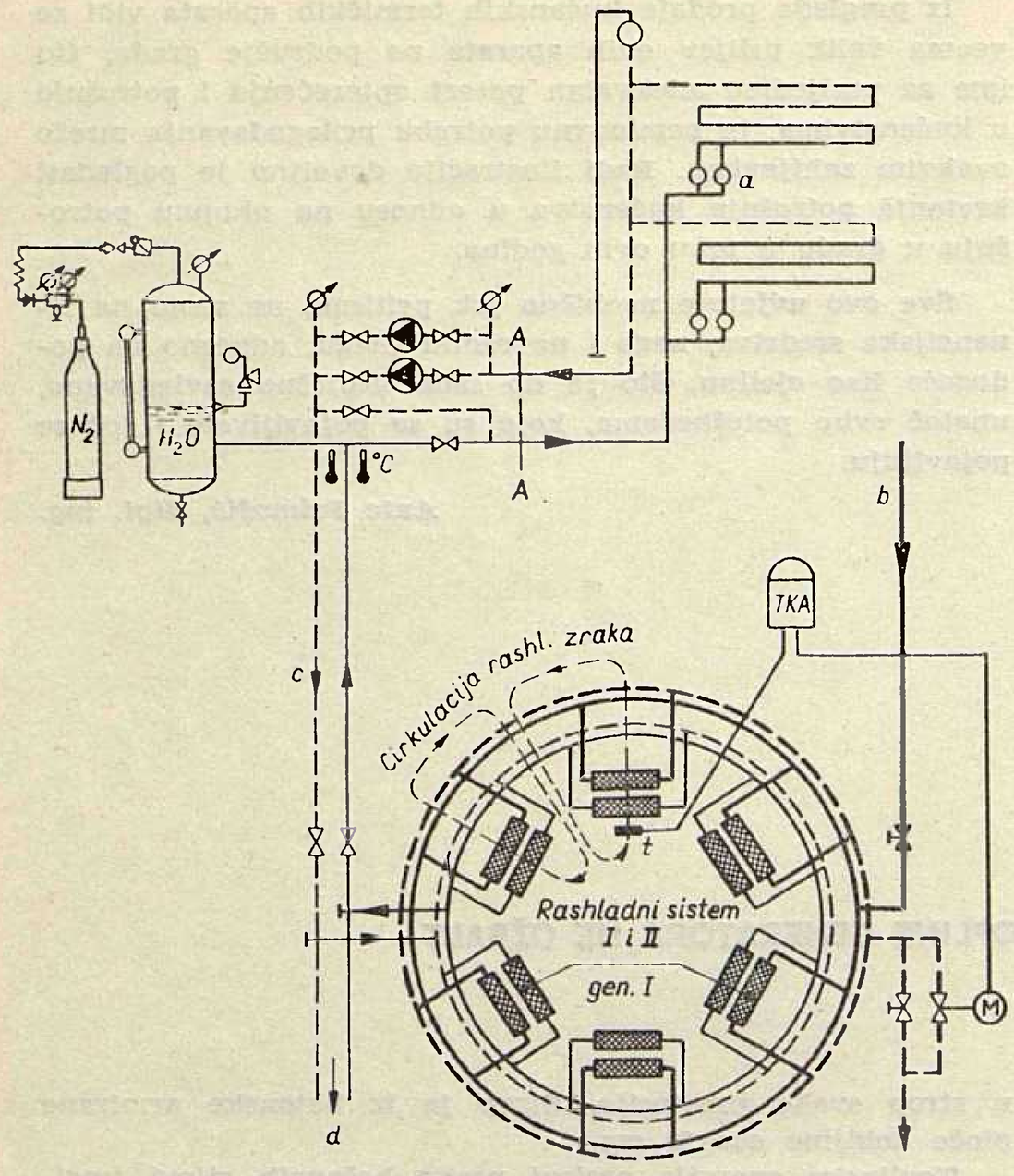
Ugrijana voda se iz prvog sistema hladnjaka sprovodi po toplovodnim cijevima u pumpnu stanicu koja se nalazi u podrumu komandne zgrade. Toplovodne cijevi su termički izolirane. U pumpnoj stanici smještene su pumpe, ekspanzioni kotao, čelična boca s dušikom, razni ventili, manometri i termometri. Navedeni pribor služi za cirkulaciju i održavanje konstantnog pritiska vode u cjevovodnom sistemu. Topla se voda iz podruma sprovodi kroz bešavne cijevi u strop svake prostorije. Strop je iz betonske armirane ploče debljine cca 20 cm.

Toplinska energija prelazi preko bešavnih cijevi (registara) u armiranu betonsku ploču koja grije prostorije žarenjem i konvekcijom. Cijevni registri se na kraju ujedinjuju u zajednički cjevovod, koji vraća ohlađenu vodu preko pumpe i povratnog toplovoda u prvi sistem hladnjaka na generatoru. U najnižoj tački zatvorenog vodnog sistema ugrađeni su ispusni pipci. Na najvišoj tački ugrađen je odušnik s preljevom. Svaki prostor ima ventil kojim se regulira protok tople vode u registru stropa, a time i temperatura prostorije. U slučaju remonta ili defekta generatora I toplinska energija se može dobivati i iz generatora II kako je prikazano u shemi cirkulacije tople vode.

Temperatura statorskog namota generatora ovisi o opterećenju i intenzitetu hlađenja. S klasom izolacije određena je dozvoljena maksimalna trajna temperatura namota. Zbog tromosti regulacije, nejednakomjernog ugrijavanja statorskog namota i netačnosti termosondi dogovoreno je, da temperatura namota generatora ne prelazi granicu od 100° C, iako je za izolaciju klase B dozvoljena trajna temperatura od 115° C. Zrak koji se ugrijao na statorskom paketu i namotu hladi se prolazeći kroz dvostruki sistem hladnjaka. U prvom sistemu hladnjaka protok rashladne vode je konstantan, a i temperaturne oscilacije su male, zato taj sistem nije pogodan za uključivanje u regulaciju. Projektant je predvidio da se izvede regulacija toplog zraka na taj način, da se regulira veličina protoka rashladne vode Drave kroz drugi sistem hladnjaka.



Sl. 1. Presjek betonske ploče stropa s registrima
a — dovod tople vode; b — odvod tople vode; c — armirana betonska ploča; d — estrih s podolitom



Sl. 2. Shema cirkulacije tople vode
a — registri u stropu; b — rashladna voda iz Drave; c — toplovod; d — u generator; t — temperaturno ticalo

U tom cilju smješteno je u generatorskoj komori toplog zraka temperaturno ticalo. Temperaturno ticalo može se namjestiti na željenu temperaturu. Ono šalje električne impulse TKA-regulatora poduzeća Peter Kiback, Berlin, koji upravlja električni ventil protoka rashladne vode iz Drave. Tako je izvedena automatska regulacija temperature toplog zraka generatora, a time djelomično i posredno temperatura statorskog namota.

Automatska regulacija temperature prostorija upravne zgrade u ovisnosti o vanjskoj temperaturi zraka izvest će se vjerojatno kasnije.

Pokusni pogon

Krajem studenog 1963. pušten je toplovodni uređaj u pokusni pogon. Dogovoreno je, da se najprije radi ručnom regulacijom (protok rashladne vode Drave regulira se ručnim ventilom koji je montiran paralelno s električnim ventilom), a kasnije da se prijeđe na automatsku regulaciju. Mjerene su slijedeće temperature i veličine:

a) vanjska temperatura zraka	ϑ v. z.
b) temperatura prostora u zgradi	ϑ p. z.
c) temperatura toplog zraka generatora	ϑ t. z. g.
d) temperatura termosonde statorskog namota	ϑ n. g.
e) temperatura tople vode I sistema	ϑ t. g.
f) temperatura hladne vode I sistema	ϑ h. v.
g) opterećenje generatora	P MW
h) faktor snage generatora	cos φ

Dobiveni rezultati naneseni su u vremenski dijagram. Iz dobivenog dijagrama izabrana su četiri karakteristična dana i to 7, 10, 14. i 19. prosinca koji su ovdje prikazani.

Napominje se, da je mjerena i temperatura rashladne vode rijeke Drave, temperatura nosećeg ležaja, temperatura paketa statora P_1 i temperatura regulatorskog ulja, ali te vrijednosti nisu prikazane u dijagramu.

Komentar

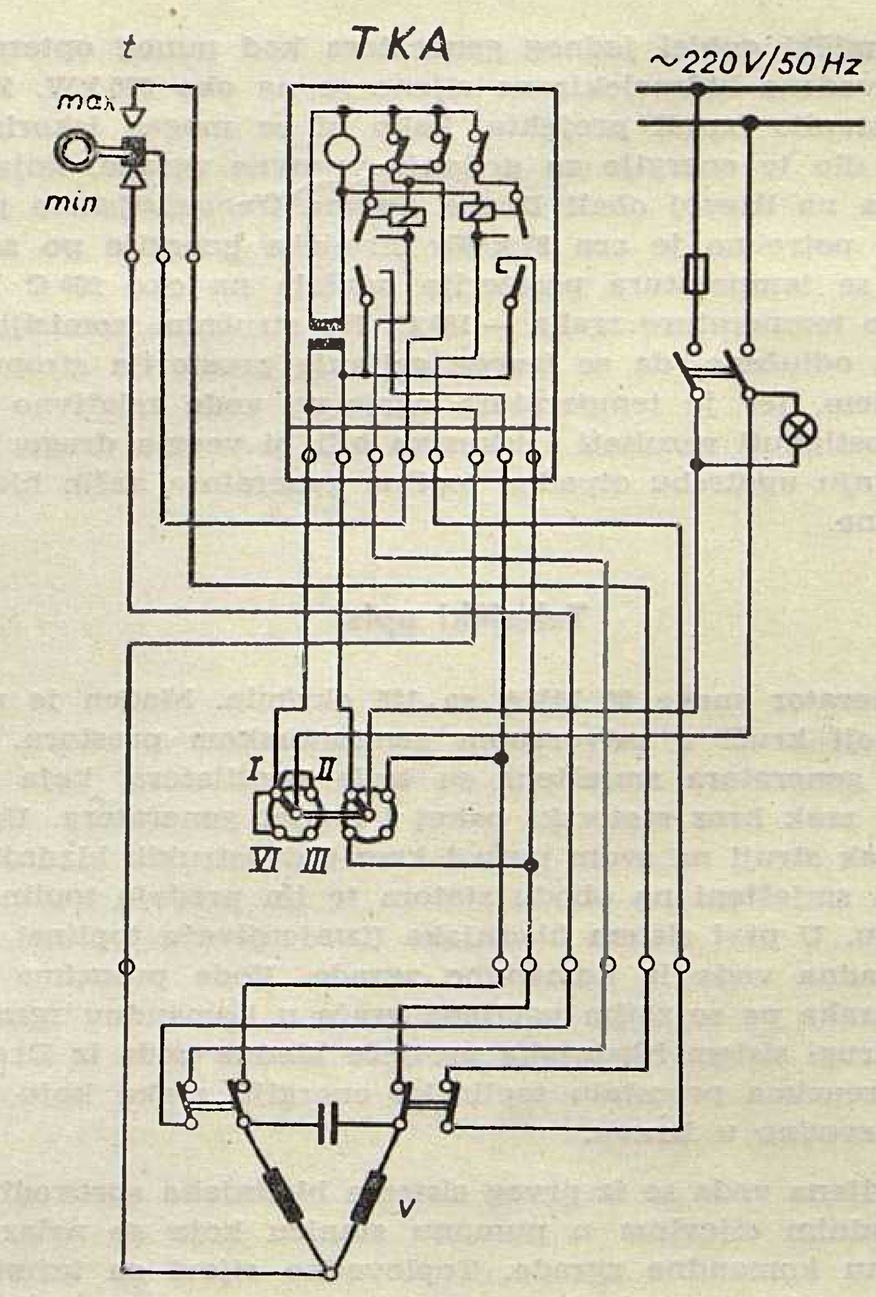
A) U dijagramu od 7. prosinca se vidi, da je vanjska temperatura bila oko 2° C iznad nule. Temperatura prostora kretala se oko 22° C, što je za cca 2° C iznad predviđene vrijednosti. Temperatura statorskog namota kretala se između 52° i 80° C što je za cca 20° ispod dozvoljene granice. Vidi se, da je temperatura toplog zraka generatora oscilirala između 32° i 49° C. Tako velike oscilacije su nastupile uslijed toga, što nije bio uključen automatski regulator toplog zraka TKA. Ako se pogleda dijagram temperature generatora i opterećenja, vidi se da postoji međusobna zavisnost. Oslobođena toplinska energija u namotu generatora proporcionalna je izrazu $(P/\cos\varphi)^2$ koji je prikazan u dijagramu.

Budući da je protok vode za grijanje kroz toplovod odnosno registre konstantan, može se smatrati, da je dovedena toplinska energija u zgradi po jedinici vremena, proporcionalna razlici temperature dovedene i odvedene vode. Površina između 3 i 4 u dijagramu proporcionalna je energiji dovedenoj u zgradu.

B) U dijagramu od 10. XII vidi se, da su toga dana bile vanjske temperature niže. Zato je i dovedena toplinska energija veća (površina između 3 i 4). Karakteristična je temperatura toplog zraka generatora koja je sada konstantna. Iz toga se zaključuje, da uključena automatska regulacija radi dobro.

C) i D) Iz dijagrama od 14. i 19. XII se vidi, da se je vanjska temperatura kretala znatno ispod nule. Unutarnja temperatura prostora je za cca 2° C iznad garantirane vrijednosti. Opaža se, da je temperatura toplog zraka generatora oscilirala za cca 5° C uslijed ručne promjene namještene vrijednosti temperaturnog ticala. Temperatura namota dostigla je vrijednosti 88° C, što znači, da rezerva iznosi 12° C, odnosno da bi toplovodni sistem ispunio uslove garancije i kada bi vanjska temperatura pala ispod —20° C.

Iz dobivenih rezultata pokusnog pogona može se zaključiti, da je uređaj za korištenje otpadne topline na HE Ožbalt



Sl. 3. Automatska regulacija toplog zraka
I — automatika; II — otvaranje; III — stoj; IV — zatvaranje
t — temperaturno ticalo toplog zraka; v — električni motorni ventil rashladne vode Drave

Sl. 4. Karakteristični vremenski dijagrami temperatura i opterećenja

Temperature:

1 — namota generatora

2 — toplog zraka generatora

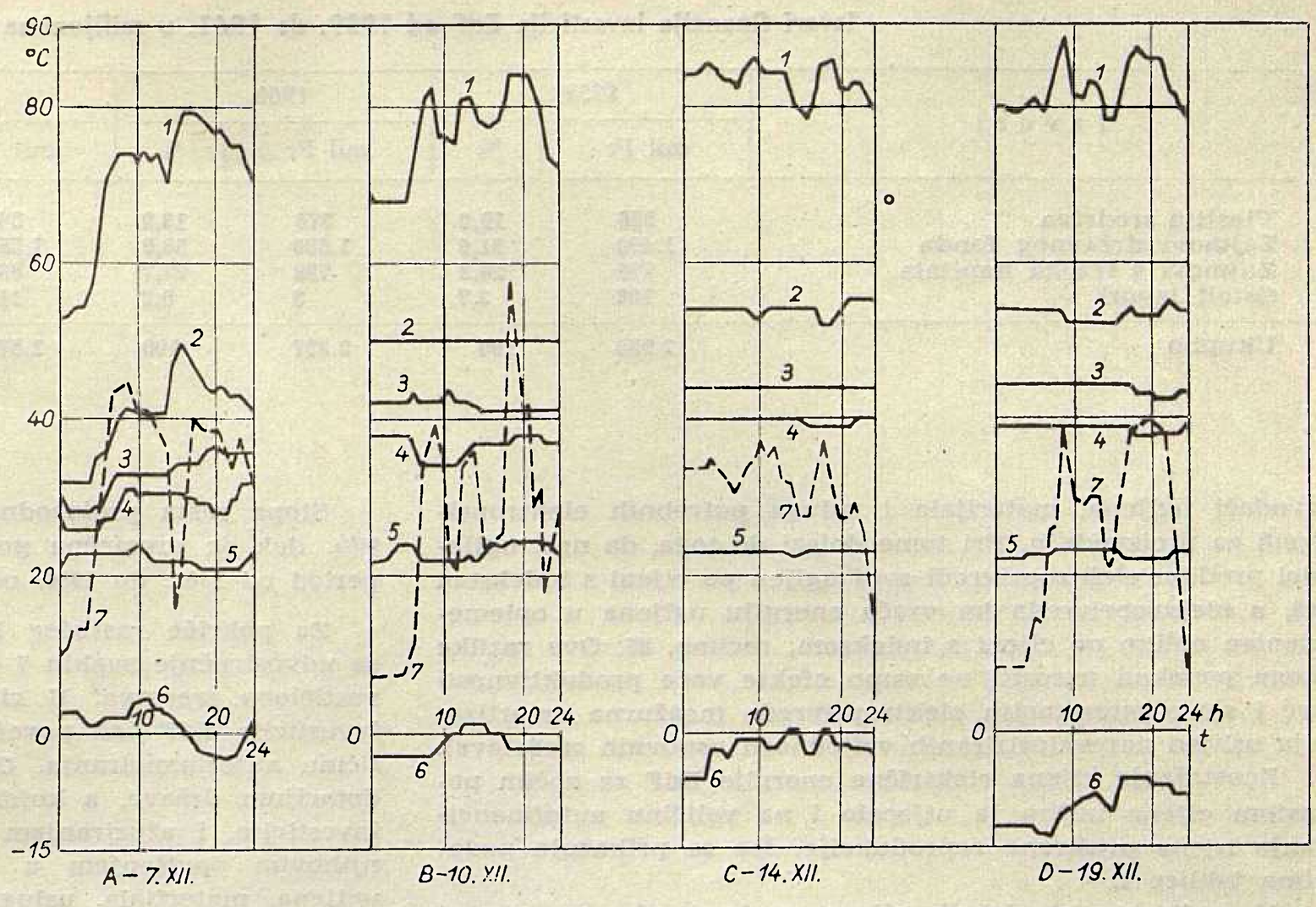
3 — tople vode

4 — hladne vode

5 — prostora

6 — vanjskog zraka.

7 — $(P/\cos\varphi)^2$



ispunio svoj zadatak. Ovom konstatacijom nije, međutim, rečeno, da ne bi bile potrebne neke preinake u projektu i izvedbi. Ovdje iznosim neke prijedloge, koji bi se mogli uvažiti kod budućih naprava.

1) Trebalo bi uvesti signalizaciju maksimalno dozvoljene temperature generatorskog namota za slučaj, da se temperatura digne iznad neke određene vrijednosti. Sada se temperatura namota kontrolira svaki sat vizuelno, što ipak ne daje garanciju, da ne bi moglo doći do pregrijavanja izolacije namota.

2) Mislim, da bi bilo bolje, da se izvede automatska regulacija temperature namota, a ne regulacija temperature toplog zraka.

Ako se usvoji automatska regulacija temperature namota generatora, može se dignuti i temperatura toplog zraka do maksimalno dopuštene granice, jer se ne bi morala držati skoro nikakva rezerva. Dizanjem temperature namota, a time i zraka, podigla bi se i temperatura vode za grijanje zgrade. Uslijed toga bi cjelokupni uređaj mogao biti nešto lakši. Na dužinu vijeka trajanja izolacije namota vjerojatno štetnije utječe temperaturna oscilacija nego konstantna temperatura blizu maksimalno dopuštene temperaturne granice. Trebalo bi proučiti utjecaj maksimalnih temperatura i temperaturnih oscilacija na vijek trajanja različitih vrsta izolacije.

3) Već ranije je napomenuto, da se temperatura prostorija ne regulira automatski. Sada se to čini otvaranjem prozora, jer manipulacija na ventilima registara nije praktična. Predlažem, da se u podrumu montira poprečna cjevovodna veza s električki ugrađenim ventilom. Taj ventil bi bio povezan s odgovarajućim automatskim regulatorom. Temperaturni indikator smjestio bi se u neku prostoriju zgrade ili vani na slobodnom prostoru. Na taj bi se način regulirao protok tople vode kroz registre zgrade u zavisnosti od vanjske temperature ili od temperature neke prostorije. Napominjem, da se mora posvetiti puna pažnja pravilnom izboru regulatora. Regulacija mora biti stabilna, iako u regulacionoj stazi nastupa velika vremenska konstanta t_s i vrijeme mrtvog hoda t_t. Problematiku izbora regulatora za navedenu regulacionu stazu i mjerenje njenih konstanti obradit ću u slijedećem članku.

Dušan Primožič, dipl. ing., Maribor

AUTOFINANCIRANJE PROŠIRENE REPRODUKCIJE U ELEKTROPRIVREDAMA FRANCUSKE I VELIKE BRITANIJE

I Elektroprivreda Francuske

Nacionalizirana elektroprivreda Francuske (Electricité de France — EdF) poznata je po niskom stupnju autofinanciranja svoje proširene reprodukcije. Uzrok tome su: pomanjkanje odgovarajućih vlastitih sredstava i niske, stopirane, cijene električne energije.

U Francuskoj se nivo cijene električne energije regulira indeksima kretanja tržnih cijena ugljena, materijala i troškova života. Posebno se indeksira cijena električne energije na niskom i posebno na visokom naponu. Međutim, 7. siječnja 1959. država je blokirala indekse cijena električne energije. Tog dana oni su dostigli, u odnosu na predratni nivo cijena, ove veličine: niski napon 13.350, — visoki napon 8.200.

Cijene ugljena i materijala te troškovi života porasli su u međuvremenu toliko, da bi indeksi cijena električne energije trebali biti povišeni za niski napon na 18.528, — za visoki napon na 11.619. Prema tome, cijene električne energije zaostale su za općim porastom cijena 39 odnosno 42 %.

Stopiranjem cijena električne energije slabi se ekonomski bonitet elektroprivrede, jer se efekti veće produktivnosti njenog rada prelijevaju potrošačima električne energije, i to u velikom broju baš onima, koji su ujedno i pro-

Izvori financija investicija EdF od 1959. do 1961. u milijunima Fr Tablica 1

Izvori	1959.		1960.		1961.		Ukupno	
	mil Fr	%	mil Fr	%	mil Fr	%	mil Fr	%
Vlastita sredstva	556	19,0	376	13,2	349	12,1	1.281	14,8
Zajmovi državnog fonda	1.490	51,0	1.680	58,9	1.550	53,8	4.720	54,4
Zajmovi s tržišta kapitala	776	26,3	798	27,7	867	30,2	2.441	28,2
Ostali izvori	108	3,7	3	0,2	112	3,9	223	2,6
Ukupno	2.930	100	2.857	100	2.878	100	8.665	100

izvođači ugljena, materijala i usluga potrebnih elektroprivredi za proizvodnju. Pri tome dolazi do toga, da npr. ugljenici prodaju elektroprivredi svoj ugljen po cijeni s indeksom 100, a elektroprivreda im vraća energiju ugljena u oplemenjenom obliku po cijeni s indeksom, recimo, 85. Ove razlike mogu ponekad ugroziti ne samo efekte veće produktivnosti već i samu supstanciju elektroprivrede (neažurna amortizacija uslijed nerevaloriziranih vrijednosti osnovnih sredstava).

Zaostajanje cijena električne energije EdF za općim porastom cijena nužno je utjecalo i na veličinu autofinanciranja njene proširene reprodukcije, što se prikazuje podacima tablice 1.

U godinama stopiranih cijena naglo opada, po masi i strukturi, udio vlastitih sredstava EdF u financiranju investicija. Istovremeno se povećavaju sredstva zajmova državnog fonda za ekonomski i društveni razvoj, na koje EdF plaća 4,5% kamata s rokom vraćanja, uglavnom, preko 30 godina, i sredstva zajmova s tržišta kapitala, na kojem su kamati viši. Onaj dio ovih zajmova za koje jamči francuska vlada, obligacioni energetski zajmovi, realiziran je posljednjih godina s 5% kamata i rokom vraćanja od 20 do 32 godine.

Na investicije u superponiranu elektroprivredu (interkoneksija proizvodnje) otpada oko 61 %.

Stopa rasta proizvodnje u 1962. ostvarena je sa preko 9 %, dok je prosječna godišnja stopa rasta proizvodnje za period od 1961. do 1966. ocijenjena sa 8,8 %.

Za pokriće rastućeg konzuma električne energije, koji se udvostručuje svakih 7 do 8 godina, EdF treba znatna investiciona sredstva. U cilju sigurnijeg financiranja svojih investicija EdF želi povećati vlastita sredstva, odnosno veličinu autofinanciranja. Ovo nastoji postići odgovarajućom dotacijom države, s kojom bi formirala vlastiti kapital za investicije, i ažuriranjem svojih prodajnih cijena, odnosno njihovim povišenjem u skladu s porastom tržnih cijena ugljena, materijala, usluga i troškova života. Povišenje cijena električne energije, u prosjeku 7%, odobreno je tek s važnoću 1. 7. 1963, a predviđena je i dotacija kapitala od 5,8 milijarda franaka. Međutim, istovremeno i u istoj mjeri odobreno je i povišenje cijena ugljena i željezničkog transporta. Prema tome, raskorak između cijena električne energije i tržnih cijena materijala i usluga, potrebnih elektroprivredi za proizvodnju, vrlo malo je sužen. Osim toga, neće se u toku 1963. povisiti, prema izjavi ministra financija, ni sredstva državnog Fonda za ekonomski i društveni razvoj.

Podaci: 1. Dr. H. W. Oberlack, Elektrizitätswirtschaft 9/1963; 2. Kurz und aktuell. Elektrizitätswirtschaft 12/1963).

Struktura investicija EdF od 1959. do 1961. u milijunima Fr Tablica 2

Objekti	1959.		1960.		1961.		Ukupno	
	mil Fr	%	mil Fr	%	mil Fr	%	mil Fr	%
Hidroelektrane	858	29,3	801	28,0	815	28,4	2.474	28,6
Termoelektrane	571	19,5	479	16,8	491	17,1	1.541	17,8
Atomske elektrane	142	4,9	154	5,4	117	4,0	413	4,8
Prenos električne energije	293	10,0	290	10,1	286	9,9	869	10,0
Distribucija elektr. energije	693	23,6	748	26,2	754	26,2	2.195	25,3
Ostalo	373	12,7	385	13,5	415	14,4	1.173	13,5
Ukupno	2.930	100	2.857	100	2.878	100	8.665	100

II Elektroprivreda Velike Britanije

Nacionalizirana elektroprivreda Velike Britanije podmiruje vlastitim sredstvima preko 40 % svojih investicija. Vlastita sredstva se sastoje od amortizacije i ostvarenog dobitka.

Britanska elektroprivreda, kao nacionalizirana grana privrede, ne plaća dividende, međutim, obavezna je namjenski upotrijebiti ostvarene dobitke i to za pokriće eventualnih gubitaka narednih godina i za financiranje investicija. Gubici mogu nastati uslijed nepovoljne strukture proizvodnje s obzirom na povećani udio manje ekonomičnih elektrana u ukupnoj proizvodnji, te uslijed porasta tržnih cijena materijala, usluga i radne snage. S ostvarenim dobicima treba osigurati i ažurnost amortizacije bilo u vezi nepredviđenog porasta tržnih cijena osnovnih sredstava, koja se zamjenjuju, bilo u vezi njihove ekonomske zastarjelosti.

Uz ovakav režim upotrebe dobitka potrebno je i povremeno ažuriranje cijena električne energije odnosno prilagođivanje njihovog nivoa nivou tržnih cijena onih materijala, usluga i radne snage koje elektroprivreda treba za svoju proizvodnju. Do takvog ažuriranja cijene električne energije došlo je, npr. 1960/61. Poslovni izvještaj »Central Electricity Generating Board« (regionalne organizacije za interkoneksiju proizvodnje električne energije) za 1960/61. donosi obavijest o povišenju cijena električne energije za svoja mjesta predaje u prosjeku od 3,5 %. Cijena za snagu povišena je od 142 na 147 šilinga, a cijena energije od 0,41 na 0,42 penca. Na temelju ovog povišenja cijena povišene su i tarife »Area Boards« (12 regionalnih organizacija za distribuciju i prodaju električne energije potrošačima). Daljnje povišenje cijena uslijedilo je 1. travnja 1962. i 1. travnja 1963. Ovo zadnje povišenje cijena iznosilo je u prosjeku 4 %.

Kretanje realiziranih cijena električne energije »Area Boards« po osnovnim grupama potrošača prikazano je u tablici 1.

Povišenje cijena električne energije od strane »Central Electricity Generating Board« odrazit će se i na troškove »Area Boards« pa se može očekivati da će ova zatražiti povišenje svojih tarifa za poslovnu godinu 1962/63.

Realizirane cijene električne energije po grupama potrošača u pencima (d)*

Tablica 1

Grupe potrošača	1960/61. d/kWh	1961/62. d/kWh	Indeks 1960/61. = 100
Kućanstvo	1,613	1,675	104
Poljoprivreda	1,573	1,678	107
Trgovina	1,999	2,035	102
Kombinirani potrošači — kućanstvo i obrt	1,765	1,801	102
Industrija	1,253	1,323	105
Javna rasvjeta	1,560	1,596	102
Saobraćaj	1,190	1,239	104

* 1 funta sterlinga = 240 penca

Elektroprivreda Velike Britanije s ostvarenim konzumom od 104 milijarde kWh (poslovni izvještaj za 1961/62) treba znatna sredstva za financiranje svoje proširene reprodukcije. Godišnja stopa rasta potrošnje električne energije ostvarena je 1961/62. poslovne godine sa 7,9 %. Te godine na investicije je utrošeno 326,5 milijuna funti sterlinga. Već za narednu 1962/63. poslovnu godinu troškovi investicija predviđeni su sa 396,5 milijuna funti sterlinga.

Prema postojećim planovima izgradnje novih elektrana treba snagu povećati od 28.649 MW iz 1961. na 42.932 MW do kraja 1966. Od toga bi otpalo na atomske elektrane oko 7 % ili 3.000 MW. Prema planu britanske vlade za izgradnju atomskih elektrana, predviđeno je da »Central Electricity Generating Board« i »South of Scotland Electricity Board« izgrade 4.900 MW atomskih elektrana do 1968. Atomske elektrane bi 1968. pokrile 1/8 ukupne potrošnje električne energije.

Struktura investicija predviđenih za 1962/63. u iznosu od 396,5 milijuna funti sterlinga, prikazana je na tablici 2.

Struktura investicija elektroprivrede Velike Britanije u 1962/63.

Tablica 2

Objekti	Milijuna funti sterlinga	%
Konvencionalne elektrane	100,4	25
Atomske elektrane	75,8	19
Mreža prenosa	60,0	15
Mreža distribucije i ostalo	134,2	34
Ukupno	370,4	93
Atomsko gorivo	26,1	7
Sveukupno	396,5	100

Na temelju novih prognoza izgradnje elektroenergetskih objekata u 1963/64., izrađenih pod utjecajem veće ekspanzije potrošnje električne energije, plan investicija od 438 milijuna funti sterlinga povišen je na 508 milijuna funti sterlinga, a to čini 8 do 9 % svih privrednih investicija Velike Britanije.

Izvori financiranja investicija u toku protekle tri godine, prikazani su na tablici 3.

Izvori financiranja investicija elektroprivrede Velike Britanije u milijunima funti sterlinga

Tablica 3

Izvori sredstava	1959/60.		1960/61.		1961/62.		Ukupno	
	Iznos	%	Iznos	%	Iznos	%	Iznos	%
Amortizacija	97,0	31,8	170,7	37,2	115,9	35,5	320,6	34,8
Dobitak	26,7	8,8	16,3	5,7	26,9	8,3	69,9	7,6
Vlastita sredstva	123,7	40,6	124,0	42,9	142,8	43,8	390,5	42,4
Doprinosi potrošača	9,1	3,0	9,6	3,3	10,0	3,0	28,7	3,1
Zajmovi i krediti	171,7	56,4	155,8	53,8	173,7	53,2	501,2	54,5
Ukupno	304,5	100	289,4	100	326,5	100	920,4	100

Impozantna je veličina vlastitih sredstava elektroprivrede Velike Britanije u financiranju potrebnih investicija, naročito veličina dobitka. Ova je u 1960/61. naglo pala, jer je poslovanje završeno s povećanim troškovima proizvodnje. Povećanje troškova izazvale su starije neekonomične termoelektrane, koje je trebalo staviti u pogon zbog nepredviđenog porasta potrošnje električne energije.

Kad elektroprivreda sudjeluje s većim udjelom vlastitih sredstava — ostvarenih u eksploataciji — u financiranju svojih investicija, onda je krug cirkulacije sredstava uži, financiranje je efikasnije, a kauzalitet između ekonomika jednostavne i proširene reprodukcije je neposredniji. Plan elektroprivrede Velike Britanije za razdoblje od 1962/63. do 1966/67. predviđa povećanje udjela vlastitih sredstava u financiranju potrebnih investicija od prosječnih 42,4 % na 55 %. Međutim, ova povišena stopa autofinanciranja potrebnih investicija moći će se ostvariti tek nakon daljnjeg povišenja cijena električne energije. Interesantna je s tim u vezi i izjava ministra financija prilikom podnošenja izvještaja parlamentu o financijskim i ekonomskim obavezama nacionalizirane industrije Velike Britanije. On je izjavio da bi nacionaliziranoj industriji trebalo dati slobodu, da prema ukazanoj potrebi samostalno povisuje cijene svojim proizvodima.

Do 1956. elektroprivreda Velike Britanije financirala je svoje investicije sredstvima obligacionih zajmova, koje je sama raspisivala. Nakon 1956. brigu o snabdijevanju elektroprivrede potrebnim dugoročnim zajmovima preuzela je vlada. Sredstva prikuplja državna raznica do visine koja je dana veličinom rasta fiksnih fondova elektroprivrede. Zajmovi za koje jamči državna riznica plativi su u toku 25 godina s početnom kamatnom stopom od 5 %. Ova je kasnije porasla na $6^1/_4$ do $6^3/_4$ %. Za potrebe kratkoročnih financiranja, od jedne do tri godine, elektroprivreda uzima bankovne kredite za koje jamči državna riznica. Osim banaka, kredite daju još i Penzioni fond i zainteresirane lokalne vlasti.

(Podaci: 1. Dr. H. W. Oberlack, Elektrizitätswirtschaft 9/1963. 2. »Širom svijeta«, Energija, Zagreb broj 9—10/1962.)

D. Feöcze

PROGNOZA ENERGETSKIH POTREBA EVROPSKE EKONOMSKE ZAJEDNICE (EEZ)

Evropska ekonomska zajednica (EEC = European Economic Community, članice: Belgija, Francuska, Italija, Luksemburg, Nizozemska i SR Njemačka) predviđa za 1975. potrošak energije od 850 milijuna ugljenih tona (SKE). Razvoj te potrošnje počevši od 1960. prikazan je na tablici 1.

Prognoza energetskih potreba EEZ

Tablica 1

Nosilac energije	1960.	1965.	1970.	1975.
Milijuna ugljenih tona (SKE)	460	570	700	850

Udio ugljena u strukturi ukupne primarne energije iznosio je 1960. godine 45 %. Predviđa se, da će udio ugljena 1970. pasti na 33 % a 1975. na 27 %, dok će udio sirove nafte porasti od 33 % iz 1960. na preko 50 % u 1970. Cijene ugljena će, između 1965. i 1970. nešto porasti, što će još više pogodovati ekspanziji potrošnje nafte.

Glavni dobavljači sirove nafte Evropskoj ekonomskoj zajednici su zemlje Srednjeg istoka. Međutim, udio nafte zemalja Srednjeg istoka u strukturi ukupno uvezene nafte EEZ opada, dok udio nafte iz sjeverne Afrike i ostalih zemalja, uključujući i Sovjetski Savez, raste. Struktura uvoza sirove nafte u EEZ prikazana je na tablici 2.

Uvoz sirove nafte u EEZ

Tablica 2

Područje	1959. kilotona	1962. kilotona
Srednji istok	79.752	91.129
Venezuela	7.814	10.729
Sjeverna Afrika[1]	18	22.741[2]
Ostale zemlje[3]	6.471	14.045

[1] Alžir i Libija [2] Sa 50% sudjeluje alžirska sirova nafta za Francusku [3] Uključujući Sovjetski Savez

Svjetske zalihe nafte procijenjene su na 41 milijardu tona. Predviđa se i ekspanzija potrošnje zemnog plina, domaćeg s područja EEZ i uvezenog. Proizvodnja i uvoz zemnog plina do 1975. prikazani su na tablici 3.

Proizvodnja i uvoz zemnog plina EEZ od 1960. do 1975.

Tablica 3

Nosilac energije	1960.	1965.	1970.	1075.
Proizvodnja zemnog plina				
milijarda m³	10,7	16,8	24,8 ... 27,6	32,6 ... 42,1
ugljenih tona (SKE)	13,8	21,7	32,0 ... 35,7	42,0 ... 54,4
Uvoz zemnog plina				
milijarda m³	....	....	....	.... 53,0 ... 62,0
ugljenih tona (SKE)	....	....	....	.... 62,0 ... 80,0

Zalihe nedavno pronađenih nalazišta plina u Nizozemskoj kod Groningena ocijenjene su — na temelju nalaza prvih bušotina — na 400 milijarda m³, odnosno 400 km³. Kalorijska vrijednost ovog plina je 7500 kcal, prema 9400 kcal u zemnom plinu iz Sahare kod Hasi R'Mela. Daljnjim istražnim bušenjima u Nizozemskoj ustanovljeno je, da su zalihe zemnog plina mnogo veće. Prema zadnjim procjenama, zalihe nalazišta iznose 800 milijarda m³ ili 800 km³. Ustanovljeno je nadalje, da se područje zemnog plina proteže sve do nizozemsko-njemačke granice, prema istočnom dijelu Frieslanda, pa će se i tamo započeti s istražnim bušenjima. Osim toga, istražna bušenja počela je vršiti i Velika Britanija na svojim istočnim obalama, jer se smatra, da bi se i na tom dijelu pojasa morao nalaziti zemni plin.

U dinamici strukture proizvodnje energije naglo će porasti i proizvodnja nuklearne energije. Prognoza stručne komisije EURATOM-a (Evropska zajednica za atomsku energiju, iste članice kao i u EEZ) o izgledima proizvodnje atomske energije prikazana je na tablici 4.

Prognoza Euratom o perspektivi proizvodnje atomske energije

Tablica 4

Nosilac energije	1963.	1970.	1975.
Atomska energija TWh	6	20 do 25	100

Potrošnja električne energije u tekućem deceniju sporije raste od potrošnje u prethodnom deceniju. Prosječna godišnja stopa rasta potrošnje električne energije EEZ u razdoblju između 1950. i 1960. iznosila je 8,7 %. Prema tome, potrošnja električne energije bila je 1960. godine 2,3 puta veća od potrošnje u 1950. Na području SR Njemačke bila je veća 2,6 puta, Italije i Luksemburga 2,3 puta, Francuske i Nizozemske 2,2 puta, a na području Belgije samo 1,7 puta veća.

Prosječna godišnja stopa rasta potrošnje električne energije tekućeg decenija, 1961. do 1970., predviđena je za područje EEZ samo sa 7,2 %, što odgovara desetgodišnjem udvostručenju potrošnje. Prema tome, potrošnja električne energije EEZ bit će 1970. godine 2 puta veća od potrošnje 1960. Pri tome će na području Luksemburga biti 2,7 puta veća, u Francuskoj, Italiji i Nizozemskoj 2,1 u SR Njemačkoj 1,9 i u Belgiji 1,8 puta veća od potrošnje iz 1960. godine.

Razvoj potrošnje električne energije po pojedinim zemljama-članicama EEZ prikazan je na tablici 5.

Razvoj potrošnje električne energije zemalja-članica EEZ od 1950. do 1975. u TWh

Tablica 5

Zemlje-članice EEZ	1950.	1955.	1960.	1965.	1970.	1975.
Belgija	9,0	11,9	15,2	20,0	27,0	36,0
Francuska	34,8	51,9	74,8	108,0	155,0	218,0
Italija	24,8	38,1	56,1	83,0	119,0	166,0
Luksemburg	0,7	1,1	1,6	3,5	4,4	4,9
Nizozemska	7,4	11,4	16,5	24,0	34,0	49,0
SR Njemačka	46,9	80,0	120,6	170,0	234,0	316,0
Ukupno EEZ	123,6	194,4	284,8	408,5	573,4	789,9

Glavninu potrošnje električne energije u okviru EEZ ima SR Njemačka, koja troši oko 42 % ukupne potrošnje EEZ. Za njom dolazi Francuska s oko 26 %, Italija s oko 20 %, Nizozemska s oko 6 %, Belgija s oko 5% i Luksemburg s nešto ispod 1 % ukupne potrošnje električne energije na području EEZ.

Međutim, sporije raste specifični potrošak električne energije po stanovniku i to kako u prosjeku za područje EEZ, tako i za područje pojedine zemlje-članice. Specifični potrošak električne energije po stanovniku EEZ iznosio je 1960. godine 1683 kWh prema 796 kWh po stanovniku u 1950. Faktor povećanja je 2,1. Taj je za SR Njemačku 2,3, Luksemburg 2,2, Italiju 2,1, Francusku i Nizozemsku 2, a za Belgiju samo 1,6.

Specifični potrošak električne energije po stanovniku prikazan je na tablici 6.

Razvoj specifičnog potroška električne energije po stanovniku u zemljama EEZ od 1950. do 1975.

Tablica 6

Zemlje članice EEZ	kWh po stanovniku					
	1950.	1955.	1960.	1965.	1970.	1975.
Belgija	1042	1341	1660	2140	2800	3600
Francuska	834	1190	1642	2290	3100	4200
Italija	532	793	1137	1640	2300	3100
Luksemburg	2364	3618	5095	10830	13000	14200
Nizozemska	734	1060	1436	1950	2700	3600
SR Njemačka	980	1195	2259	3070	4100	5300
Prosjek EEZ	796	1202	1683	2330	3100	4200

Najrazvijeniju potrošnju električne energije ima Luksemburg. Iako spada među najmanje države Evrope — sa svojih 2586 km² i nešto preko 300.000 stanovnika — Luksemburg je jedan od najvažnijih rudarskih revira Evrope. Ima 80 rudnika željeza, oko 20 visokih peći i 10 ljevaonica čelika. Proizvodi oko 3 milijuna tona sirovog željeza i isto toliko čelika. 65 % stanovnika zaposleno je u metalnoj industriji. Luksemburg nazivaju zemljom čelika i malom velevlasti. Po proizvodnji željeza i čelika Luksemburg zauzima sedmo mjesto na svijetu a po proizvodnji čelika po stanovniku prvo mjesto. Luksemburg je rudarsko-industrijski kompleks sličan Ruhru i Saaru. Međutim, Luksemburg nema ugljena pa je zbog toga jako vezan za Belgiju, koja ima dosta ugljena ali joj nedostaje željeza.

Za porastom specifičnog potroška električne energije po stanovniku zaostaje specifični potrošak ukupne energije po stanovniku, što je u skladu s modernizacijom tehnologije industrijske i ostale proizvodnje i sa stalnim porastom životnog i društvenog standarda stanovništva. Razvoj privrede, naročito nekih grana industrije, i povećanje dohotka omogućuju bržu ekspanziju potrošnje električne energije. Zbog toga je stopa rasta specifične potrošnje električne energije po stanovniku viša od stope rasta specifične potrošnje ukupne energije.

Specifični potrošak ukupne energije po stanovniku na području EEZ veći je 1960. samo 1,5 puta od ovog potroška u 1950. Na području Italije veći je 2,4 puta, Luksemburga 1,5 puta, Francuske 1,4 puta, Nizozemske 1,3 puta i Belgije 1,2 puta. Detaljniji podaci prikazani su na tablici 7.

Razvoj specifičnog potroška energije po stanovniku zemalja-članica EEZ od 1950. do 1975.

Tablica 7

Zemlje-članice EEZ	kg ugljena SKE po stanovniku					
	1950.	1955.	1960.	1965.	1970.	1975.
Belgija	3302	3764	3865	3940	4400	4800
Francuska	1978	2365	2679	3200	3800	4500
Luksemburg	10000	13333	15333	18770	19700	20700
Italija	562	894	1328	1940	2600	3200
Luksemburg	10000	13333	15333	18700	19700	20700
SR Njemačka	2699	3604	3845	4300	4900	5500
Ukupno EEZ	1863	2410	2762	3250	3800	4500

Prosječni specifični potrošak ukupne energije po stanovniku EEZ za 1975. bit će još uvijek niži od današnjeg specifičnog potroška Velike Britanije koji je 1960. iznosio 4800 kg ugljena SKE po stanovniku, dok je u SAD iznosio iste godine 8200 kg SKE.

Ukupna potrošnja električne energije EEZ u 1970. godini od 573,4 TWh iznosit će tek oko 2/3 potrošnje električne energije SAD iz 1960. Proračunano je da će potrošnja električne energije SAD porasti do 1980. za 400 % i da će se udio električne energije u ukupno potrošenoj energiji povećati od energije SAD porasti do 1980. za 400 % i da će se udio električne energije iznosi danas 10 %. Kod godišnje stope rasta energije SAD porasti do 1980. za 400 % i da će se udio električne energije u strukturi ukupne energije neće se do 1980. približiti predviđenom postotku SAD.

(Prema: Prof. Dr. F. Burgbacher, Köln, Elektrizitätswirtschaft, br. 12/1963)

D. Feöcze

VIJESTI IZ PODUZEĆA I ZAJEDNICE I INSTITUTA

Proslava desetogodišnjice Instituta za elektroprivredu u Zagrebu

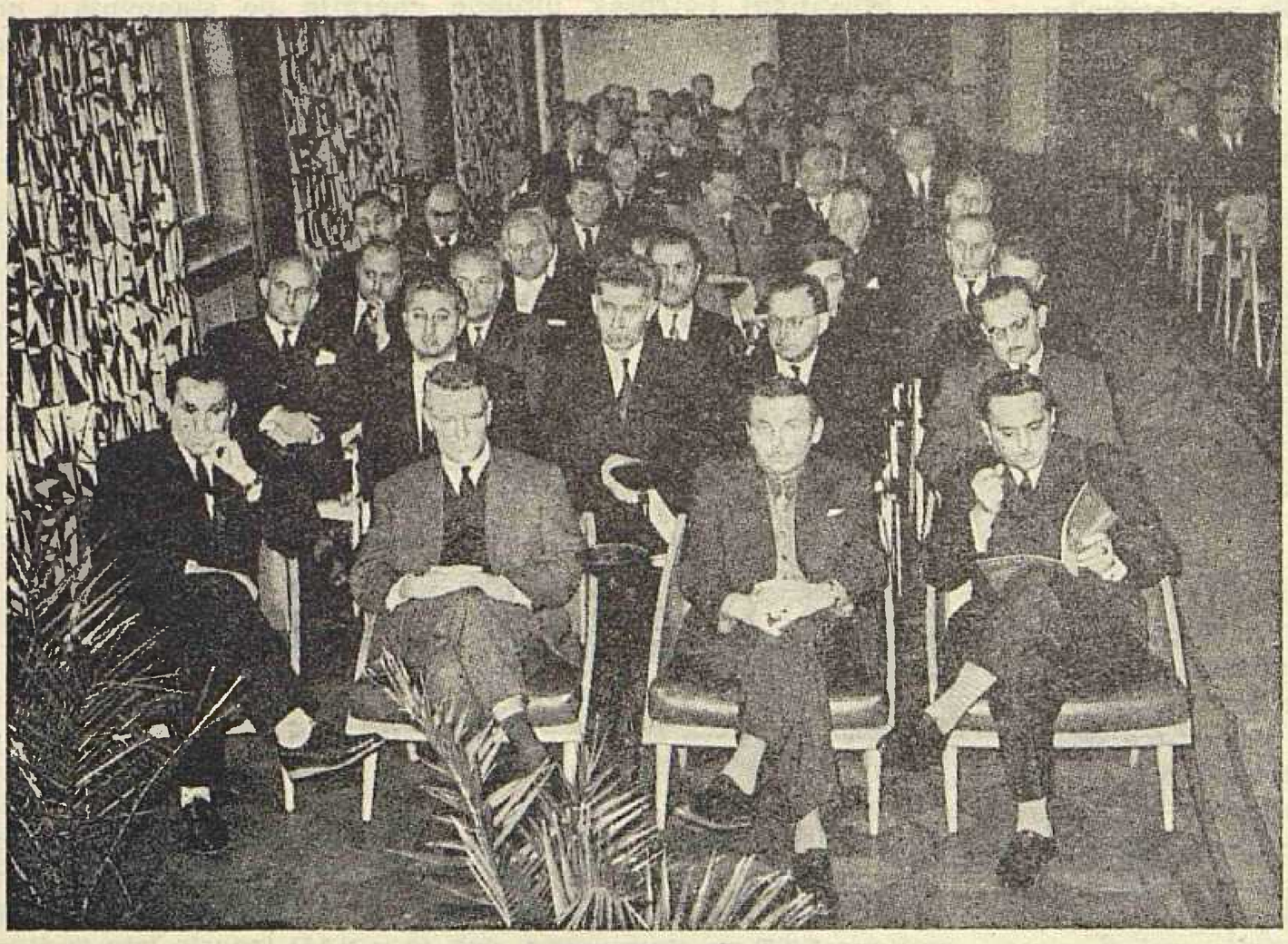
14. 12. 1963.

Desetogodišnjica rada Instituta za elektroprivredu u Zagrebu proslavljena je u subotu dne 14. decembra 1963. u reprezentativnoj zgradi Elektroprivrede Hrvatske u Ulici Proleterskih brigada 37, gdje ima od unatrag 5 godina i Institut svoje prostorije i laboratorije.

Sama proslava započela je svečanom sjednicom Upravnog odbora Instituta kojoj su prisustvovali svi članovi kolektiva, njih oko jednu stotinu, brojni vanjski suradnici, eminentni stručnjaci, predstavnici raznih elektroprivrednih organizacija, predstavnici raznih prosvjetnih i stručnih ustanova, upravnih i političkih organizacija, privrednih poduzeća, Skupštine grada Zagreba kao i mnogi drugi istaknuti prijatelji i izaslanici.

Sjednica je započela tačno u 10 sati prije podne, a održana je u velikoj dvorani zgrade Elektroprivrede, koja je za tu priliku bila ukusno ukrašena.

U svečanoj atmosferi, kojoj je mnogo doprinesao velik broj učesnika, sjednicu je otvorio predsjednik Upravnog odbora Instituta drug ing. Vladimir Štengl. U uvodnoj riječi predsjednik UO istakao je značaj ovog događaja i poimence pozdravio ugledne predstavnike Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske i ostalih republičkih zajednica, kao i izaslanike Gradske skupštine Zagreba, dekana Elektrotehničkog fakulteta, te predstavnike raznih drugih ustanova i poduzeća i zahvalio im na odazivu. Nakon toga pročitan je čitav



Sl. 1. Predstavnici i izaslanici ustanova, poduzeća te upravnih i političkih organizacija

niz pismenih i brzojavnih čestitaka onih suradnika i prijatelja, koji su bili spriječeni da prisustvuju proslavi.

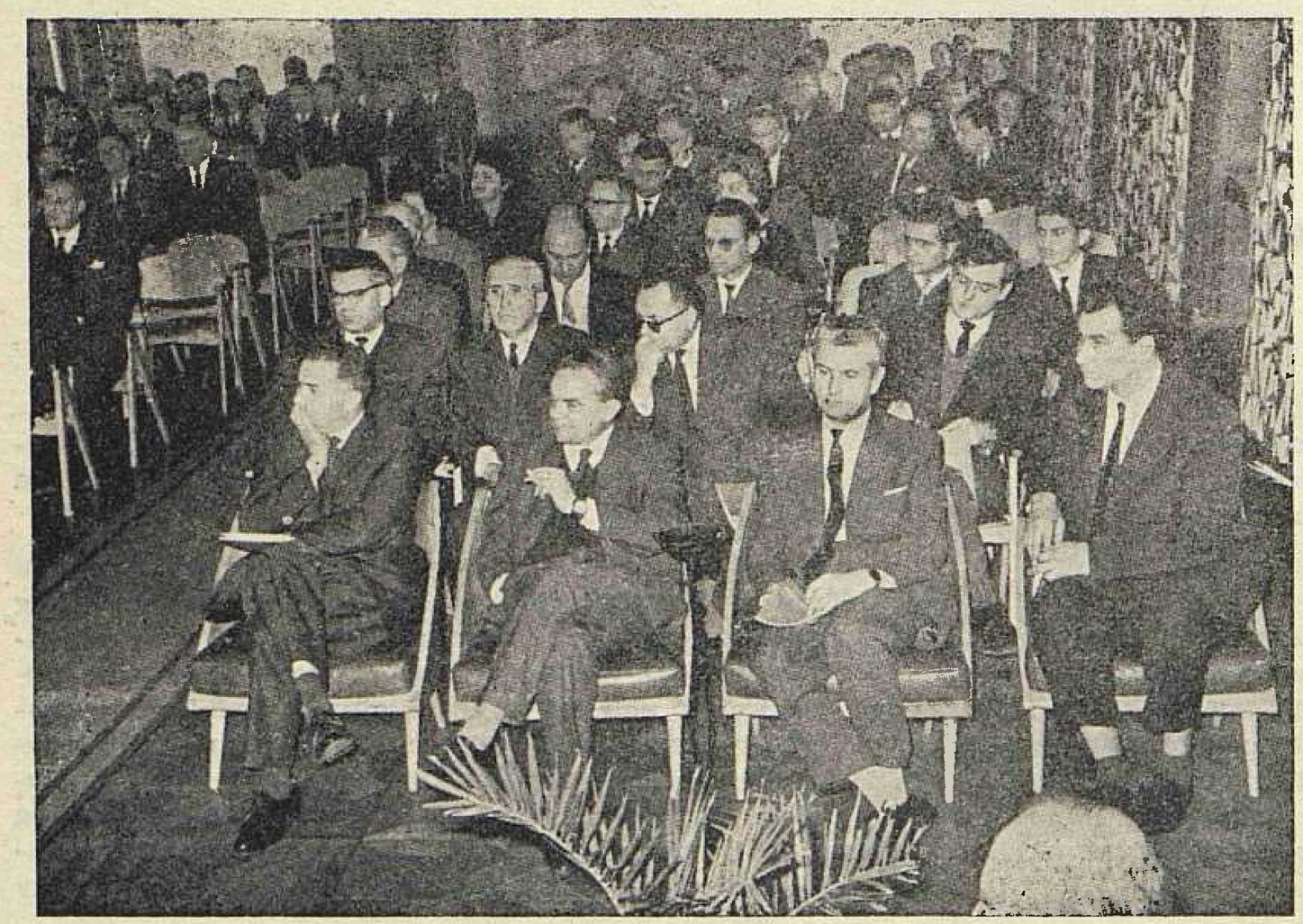
Iza toga je direktor Instituta za elektroprivredu drug ing. Herman Mattes dao iscrpan prikaz o osnivanju Instituta, njegovom razvoju tokom deset godina, rezultatima koji su postignuti, te perspektivama i zadacima koji ga još čekaju.

Nagli razvoj privrede i industrije, pun dinamike i stvaralačkog elana u našoj je novoj socijalističkoj zajednici zahtijevao naučni i istraživački rad — istakao je direktor Mattes. Ta se potreba naročito osjećala u elektroprivrednoj grani, specifičnoj po svom tehnološkom procesu, a fundamentalnoj po svom značaju i neobično važnoj za industrijski i privredni razvitak zemlje.

Isprva se taj rad razvijao u suradnji sa stručnjacima iz pojedinih fakulteta, ali je dinamika privrede sve više tražila usmjeravanje naučno-istraživačkog rada na probleme i zadatke iz prakse. Poučeni iskustvom industrijski razvijenih zemalja uskoro smo i mi počeli s osnivanjem naučno-istraživačkih organizacija i instituta. Grupa stručnjaka, koji su tada tvorili okosnicu visokog stručnog kadra elektroprivrede, već je 1951. pokrenula pri tadašnjoj Glavnoj direkciji elektroprivrede Hrvatske, pitanje osnivanja jednog elektroprivrednog instituta.

Do osnivanja Instituta za elektroprivredu dolazi međutim istom 1953. kada je Narodni odbor grada Zagreba na zajedničkoj sjednici Gradskog vijeća i Vijeća proizvođača održanoj 29. V. te godine, donio rješenje o osnivanju Instituta za elektroprivredu u Zagrebu.

I od toga dana pa sve do danas Institut je djelovao u okviru svog osnovnog zadatka, proširujući sve više svoju aktivnost na pojedina područja rada uslovljena zahtjevima interesenata i snažnim mogućnostima svoga kvalitetnog stručnog kadra. Pregled naučno-istraživačkih i razvojnih radova te najznačajnijih stručnih aktivnosti donesen je u posebnoj publikaciji, koju je za tu zgodu izdala uprava Insti-



Sl. 2. Predstavnici i izaslanici ustanova, poduzeća, te upravnih i političkih organizacija

Sl. 3. Predsjednik upravnog odbora ing. Vladimir Štengl podjeljuje dar i spomenicu službeniku Ivanu Barkoviću

tuta i u ukusnoj opremi podijelila uzvanicima, suradnicima i prijateljima. Najznačajniji prilozi iz te publikacije objavljeni su u časopisu »Energija« br. 7—8/1963, koji je službena edicija elektroprivrede Hrvatske, odnosno Zajednice elektroprivrednih poduzeća i Instituta za elektroprivredu.

Prikaz ing. Mattesa koji je bio kratak i vrlo sažet dao je veoma dobar pregled desetogodišnjeg djelovanja ove za našu privredu, a napose za elektroprivredu, vanredno značajne i važne ustanove. Ujedno je ukazao i na perspektive daljnjega razvoja i ulaženja u nova specijalna područja, gdje će se moći u punom smislu primijeniti stečena iskustva i tekovine suvremene nauke i tehnike. Kao garancija za daljnji uspješan rad ovdje je posebno istaknuta solidna jezgra kvalitetnih stručnjaka koje je Institut okupio u redovima svojih stalnih i vanjskih suradnika.

Nakon što je direktor Instituta završio svoj referat, među prvima se javio za riječ predstavnik Gradske skupštine grada Zagreba drug Rudolf Balley, koji je — osvrćući se na uspjehe Instituta i na njegovu ulogu u rješavanju elektroprivrednih problema — čestitao kolektivu jubilej, zahvalio mu na zalaganju i obećao Institutu i nadalje svaku podršku Skupštine grada Zagreba.

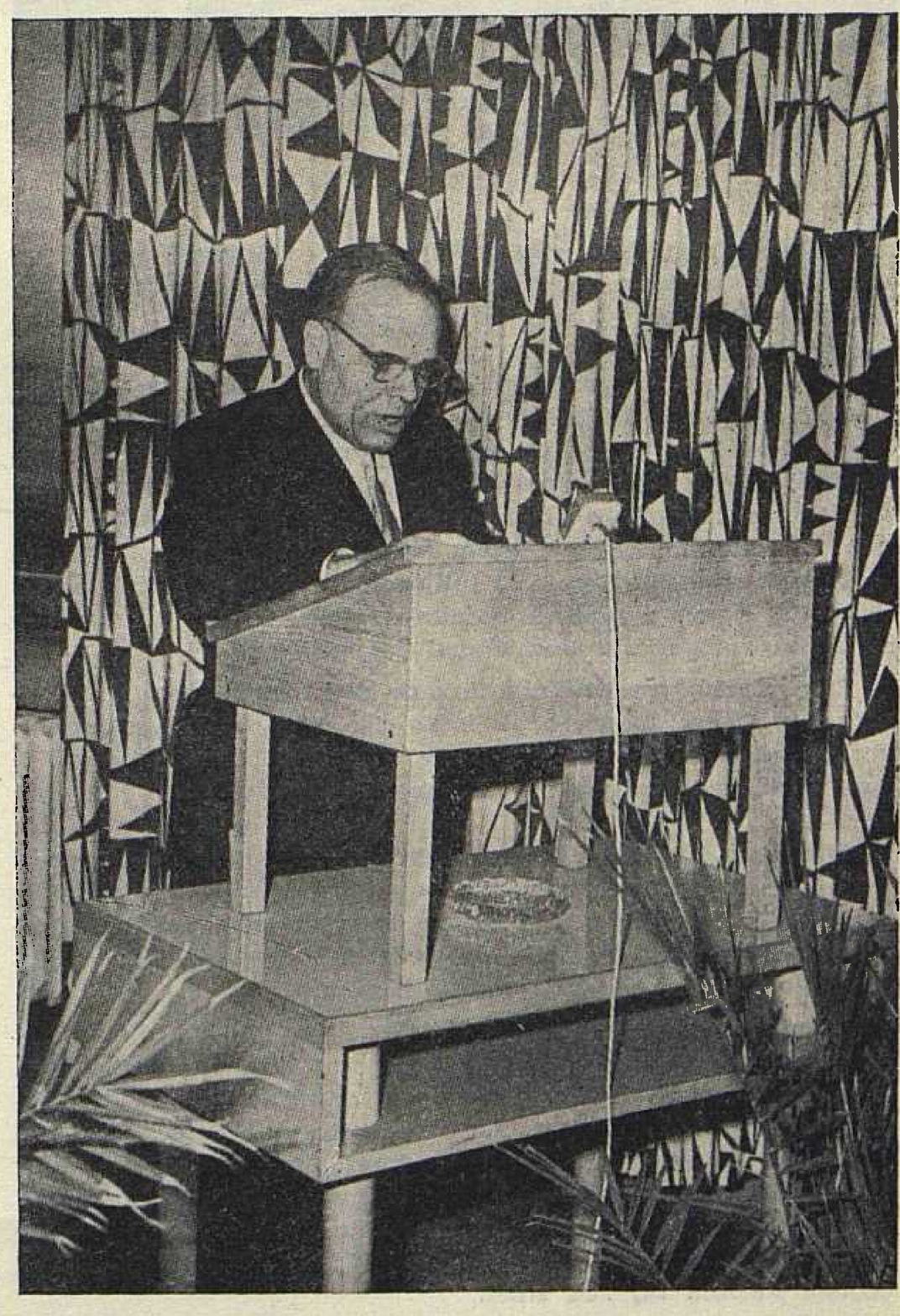
Slijedeći govornik, ing. Dušan Čučković iz Beograda, ovom prilikom zastupnik generalnog direktora Jugela, ing. Radmila Markovića, inače dugogodišnji član UO Instituta, istakao je vrijednost radova Instituta, koji su uvijek bili na zamjernoj visini i od osobite koristi za elektroprivredu. Takvu vrijednost radova i visok ugled koji su oni postigli Institut je mogao ostvariti samo zahvaljujući svom visokokvalitetnom naučnom i stručnom kadru. Čestitajući desetgodišnjicu ing. Dušan Čučković zaželio je svim suradnicima Instituta da sačuvaju stečeni ugled, jer je to istovremeno ugled čitave elektroprivrede.

Glavni direktor Zajednice elektroprivrede Hrvatske drug Miloš Damjanić osvrnuo se također na dane osnivanja Instituta, kada se je tadašnji Elektroprivredni sistem Hrvatske, koji se kasnije razvio u ZEPH, svakodnevno suočavao s problemima, koji su se odnosili na perspektivni razvoj elektroprivrede. Elektroprivredni stručnjaci, koje su morili svakodnevni operativni poslovi nisu imali ni vremena ni mogućnosti da se bave studijama i razradama onih temeljnih pitanja iz oblasti tehnologije rada i ekonomike na kojima se je trebao zasnivati daljnji razvoj naše elektroprivrede. Takav je zadatak bio povjeren Institutu, koji je — kako danas vidimo — opravdao tadašnju odluku o osnivanju Instituta.

Današnji i daljnji razvoj sve će više zahtijevati, da se Institut angažira na poslovima koji treba da naučno dokažu koji je najbolji put u razvoju elektroprivrede.

S druge strane — istakao je drug Damjanić — Institut treba povezivati one naše organizacije, koje rade na studijama, projektiranju i eksploataciji postrojenja kao što su npr. Elektroprojekt, Dalekovod, Elektroprenos i druge, koje se također bave tim pitanjima. Vrijednost osnovnih sredstava elektroprivrede brzo se povećava, pa treba njihovo korišćenje da ide u korak sa svjetskim stepenom njihova rentabiliteta.

Što se tiče elektrifikacije, u čemu je elektroprivreda Socijalističke Republike Hrvatske bila u zaostatku, Institut je napravio značajan zahvat rješavajući probleme pojedinih područja kao zaokruženih cjelina — Slavonije, Istre, Like, Dalmacije i dr. — i ukazao puteve, kako se može najbolje tehnički i ekonomski odvijati i provoditi elektrifikacija. Zahvaljujući tim radovima Instituta danas elektroprivreda Hrvatske raspolaže s najpotpunije razrađenim planovima razvoja elektrifikacije za cijelo područje SR Hrvatske, pa i za sve veće gradove.



Sl. 4. Direktor Instituta ing. Herman Mattes podnosi referat o desetogodišnjem radu Instituta

Sl. 5. Glavni direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske Miloš Damjanić čestita kolektivu Instituta

U svim je našim organizacijama u elektroprivredi i izvan nje — naglasio je drug Damjanić — Institut stekao povjerenje i ugled i to neka mu bude poticaj u njegovom daljnjem radu.

Iza druga Damjanića javio se za riječ još čitav niz izaslanika i predstavnika raznih ustanova i organizacija. U ime Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu, dekan prof. dr ing. Vladimir Matković, podvukao je usku suradnju fakulteta s Institutom, i izrazio je želju da se ta suradnja nastavi i produbi i ubuduće. Ing. Stojan Armič, direktor Instituta za elektriško gospodarstvo iz Ljubljane, također je istakao dosadašnju čvrstu i plodnu suradnju obaju instituta, zaželivši da se ta suradnja u budućnosti još više proširi.

Ing. Žurić, predstavnik Saveza elektroinženjera i tehničara Hrvatske, naglasio je kako je Institut za elektroprivredu jedan od rijetkih, koji je od prvoga dana najtješnje surađivao sa Savezom, što je uvijek imalo vidljive i plodne rezultate.

Direktor Instituta »Đuro Đaković« ing. Vinko Štambuk istaknuo je važnost suradnje obaju instituta, posebno iz razloga što je njihov institut na početku svog naučno-istraživačkog rada, pa bi želio da kroz tu suradnju koristi dosadašnja bogata iskustva našeg Instituta.

Direktor Instituta »Rade Končar«, ing. Zlatko Plenković u svom pozdravnom govoru također je ukazao na potrebu za širom suradnjom našeg elektroprivrednog i njihovog elektroindustrijskog instituta, ističući kako se istraživački rad oba instituta može u mnogome dopunjavati. Kako je okvir dosadašnje suradnje bio skroman, i niti izdaleka nije odgovarao stvarnim mogućnostima, zaželio je bolje povezivanje obaju kolektiva u interesu unapređenja istraživačkog rada i ciljeva kojima taj rad služi.

Predstavnik »Elektroopskrbe«, poduzeća za elektroprivredne nabavke, Zvonimir Fröbe, ukazujući na potrebu najtješnje povezanosti svih elektroprivrednih organizacija, studijskih i projektantskih proizvodnih i distributivnih, prijenosnih i nabavljačkih, podcrtava dosadašnje veze između djelatnosti njegove organizacije i Instituta koje su bile više nego srdačne. Želi da takav odnos potraje i dalje, čestita kolektivu i njegovim suradnicima i želi im u ime članova svoga kolektiva mnogo uspjeha.

Još se je izredalo nekoliko govornika, koji su u kraćoj ili duljoj formi istakli značaj današnjeg jubileja i njegova jubilarca.

Nakon toga je predsjednik Upravnog odbora Instituta pročitao imena članova Instituta, koji su u stalnom radnom odnosu u Institutu neprekidno od prvog dana njegova osnivanja i izručio im spomenice i prigodan dar — zlatan sat. Nagrađeni su:

1) Barković Ivan, službenik u urudžbenom zapisniku
2) Bošan Hela, daktilograf
3) Dilberović Ružica, statističar
4) Frković-Vinković Mira, stenodaktilograf
5) Gavranović Ljubica, čistačica
6) Horvat Slavko, elektromehaničar
7) Janić Ivan, dipl. ing., elektroinženjer
8) Juretić Đuro, tehničar
9) Španiček Mira, stenodaktilograf
10) Mattes Herman, dipl. ing., direktor Instituta
11) Praunsperger dr Vlatko, pravni referent
12) Pisker Lili, korespondent za strane jezike
13) Radman Ivan, tehničar
14) Šprung Fedor, dipl. ing., šef toplinskog laboratorija
15) Wipplinger-Ivančić Ljiljana, dipl. ec.

Spomenice su predane i mnogim drugim suradnicima, koji su, netko dulje netko kraće vrijeme, svojom suradnjom, svojom stručnošću i zalaganjem, mnogo doprinijeli usponu, uspjesima i razvitku Instituta.

Mnogi su od njih bili dugi niz godina članovi Upravnog odbora i stekli kao takovi naročite zasluge za unapređenje Instituta. Drugi su pak sudjelovali u aktivnom radu kao funkcioneri, članovi uprave, šefovi radnih jedinica i radili u Institutu od njegovog osnivanja, ali nisu bili u stalnom radnom odnosu.

Od naročite je pak vrijednosti za Institut bila plodna suradnja naših najistaknutijih visokostručnih suradnika, koji su dali svoj značajan doprinos u naučnoistraživačkom radu Instituta. Zahvaljujući njihovim imenima Institut je stekao ugled i priznanje najviših naučnih ustanova u zemlji i izvan nje.

1) Balling Miroslav, dipl. ing.
2) Baranović Borivoj, dipl. ing.
3) Boncelj Josip, prof., dipl. ing.
4) Božin Ivo, dipl. ing.
5) Brandt Krešimir, dipl. ing.
6) Bulić Ivo, dipl. ing.
7) Brus Ivan, direktor »Dalekovoda«
8) Busatto Ante, dipl. ing.
9) Cvjetičanin Simo, načelnik Sekret. za industriju SRH
10) Čučković Dušan, dipl. ing.
11) Čukac Branko, tehničar
12) Damjanić Miloš, glavni direktor ZEPH
13) Dogan dr Sergije, prof.
14) Dokmanić Mladen, prof., dipl. ing.
15) Feuerbach Vladimir, dipl. ing.
16) Filipović Božidar, dipl. ing.
17) Hajnšek dr Franjo, doc.
18) Jenik Slavko, dipl. ing.
19) Jerić Jerko, dipl. ing.
20) Kaiser Dragutin, dipl. ing.
21) Kirinčić Dušan, dipl. tehn.
22) Koporčić Pavao, dipl. ing.
23) Kovač Franjo, dipl. ec.
24) Lučev Ante, direktor »Elektre«
25) Lucati Jakob, dipl. ing.
26) Markovčić Boris, dipl. ing.
27) Marušić Anđelko, pom. dir. Ekon. fin. sekt. ZEPH
28) Mattes Herman, dipl. ing.
29) Medvedec Ivo, dipl. ec.
30) Meško Vilim, dipl. ing.
31) Mikuličić Milan, direktor »Elektroopskrbe«
32) Mrakovčić Branko, dipl. ing.
33) Nadinić Miljenko, dipl. ing.
34) Oštrić Rikard, dipl. ing.
35) Požar dr Hrvoje, prof., dipl. ing.

Sl. 6. Članovi Upravnog odbora Instituta za elektroprivredu u Zagrebu

36) Ribić Božidar, dipl. ing.
37) Stefanini dr Božidar, prof., dipl. ing.
38) Sakar Zdenko, dipl. ing.
39) Šantić Ante, dipl. ing.
40) Ščap Alojzije, dipl. ing.
41) Šprung Fedor, dipl. ing.
42) Štengl Vladimir, dipl. ing.
43) Uzelac Blaž, dipl. ing.
44) Vešligaj Franjo, dipl. ing.
45) Vidović Hrvoje, dipl. ing.
46) Vodopija Željko, dipl. ec.
47) Zlatar Željko, dipl. ing.
48) Zlatić dr Savo
49) Žepić Vladimir, prof., dipl. ing.

U ime nagrađenih članova kolektiva zahvalio se ing. Fedor Šprung, a u ime vanjskih suradnika ing. Božidar Ribić, koji je dugi niz godina bio predsjednik Upravnog odbora Instituta i kome Institut mnogo zahvaljuje za svoje uspjehe.

Svečana sjednica završena je oko 13 sati.

Iste večeri održana je u društvenim prostorijama Elektroprivrede u VII katu intimna društvena večer sa zakuskom za sve članove kolektiva i za suradnike. Društveno je veče i zakusku priredila Sindikalna organizacija Instituta.

Ernest Radetić

25 godina biblioteke Instituta za elektroprivredu

Svrha je ovog članka, da se čitaoci »Energije« povodom 25. godišnjice postojanja ove stručne elektroprivredne biblioteke upoznaju s njezinim historijatom i uređenjem, kako bi se i sami mogli eventualno koristiti njezinim bogatim knjižnim fondom, koji je poslužio kao teoretska podloga velikoj većini radova objavljenih u ovom časopisu.

Historijat ove specijalizirane biblioteke počinje prije 25 godina tj. koncem 1938. u okviru Odsjeka za statistiku i propagandu zagrebačke Gradske električne centrale. Tada osnovana biblioteka obuhvatila je već ranije postojeće fondove knjiga i časopisa, koji su bili nesređeni po raznim odjelima poduzeća. Gradska električna centrala je u to vrijeme imala jezgru visokokvalificiranih elektroprivrednih kadrova koji su poslije rata igrali veliku ulogu u organizaciji naše elektroprivrede, pa nije slučajno, što se je ta biblioteka pojavila upravo u toj sredini. Povezanost s tom sredinom vidi se i u njezinoj daljnjoj sudbini koja u stopu prati dinamički poslijeratni razvoj naše elektroprivrede. Ostajući u stvari na istom mjestu ova je biblioteka poslije rata pripadala ELPOH-u, Glavnoj upravi za elektroprivredu i na kraju njezinom ogranku Institutu za elektroprivredu, koji postaje 1953. samostalan i u čijem je sastavu upravo proslavila njegovu 10-godišnjicu. Godine 1954. biblioteka seli zajedno s Institutom iz zgrade bivše Gradske električne centrale u Gundulićevoj 32 u prostorije elektroprivredne škole na Selskoj cesti 83, a odatle 1958. u sadašnje prostorije u zgradi »Elektroprivrede« u ulici Proleterskih brigada 37.

Bibliotekom se mogu služiti službenici Instituta i svih ostalih poduzeća u zgradi »Elektroprivrede«. Ostali građani mogu dobiti knjige i ostale publikacije samo na uvid u čitaonici, ako ih zbog specijalnosti ne mogu drugdje nabaviti, a posuditi ih mogu samo uz dopis poduzeća u kom rade. Iznimke su studenti i đaci za koje postoje posebni uvjeti.

Biblioteka pod svojim administrativnim nazivom krije zapravo još i čitaonicu, dokumentaciju, tehnički arhiv i fotoslužbu, što prema sadržaju rada odgovara, u stručnoj terminologiji, birou za dokumentaciju. Prostorije na površini od 74 m² arhitektonski su dosta dobro riješene. Za smještaj knjiga upotrebljavaju se ugrađeni ormari s mogućnošću podešavanja visine polica prema formatu knjiga. Namještaj, grijanje, rasvjeta, dnevna i umjetna kao i pažljivo posluživanje stvaraju pogodne uvjete za rad.

Čitaonica zauzima od ukupnog prostora 30 m², što je uz postojeći namještaj dovoljno za 4—6 čitalaca i zadovoljava sadašnje potrebe. Čitaoci se mogu služiti svim priručnim sredstvima kao enciklopedijama, leksikonima, rječnicima i tekućim časopisima, koji su smješteni na policama u samoj čitaonici. Osim toga se u čitaonici, koja je otvorena kroz čitavo radno vrijeme, nalazi i bibliotekar, koji na osnovu podataka iz kartoteka daje informacije o traženoj literaturi.

Ukupno rade u biblioteci samo dvije osobe: dokumentarist, koji ujedno vodi poslove biblioteke, te bibliotekar,

koji uz administraciju i manipulaciju književnim fondom obavlja i posao daktilografa.

Knjižni fond broji ukupno 5.500 inventarskih brojeva od čega je prilikom nedavne revizije otpalo oko 500 zastarjelih i neaktuelnih, uglavnom predratnih, publikacija. Revizijom knjižnog fonda i uređenjem glavne knjige inventara, konačno je ova biblioteka prilagođena suvremenim potrebama.

Knjige, 3.500 inventarskih brojeva, čine najbrojniju grupu u knjižnom fondu biblioteke. Na policama su smještene po formatu, a unutar formata po tekućem broju, dok će se uskoro presložiti po strukama. Za traženje knjiga služe 3 kartoteke: autorska, predmetna (po decimalnoj klasifikaciji) i posudbena (evidencija posudbe po piscima).

Časopisi su najvažniji i najtraženiji, iako ne i najbrojniji, u ukupnom knjižnom fondu. Biblioteka posjeduje 150 naslova časopisa sa 1.650 uvezanih i oko 50 nekompletnih neuvezanih godišta. Tekućih časopisa biblioteka prima 130 komada od toga 100 stranih i 30 domaćih. Od te sume 60 komada se nabavlja pretplatom, 30 komada zamjenom za »Energiju«, a ostalih 40 komada dobiva se besplatno. Strani časopisi pisani su uglavnom na 5 glavnih jezika (njemačkom, engleskom, francuskom, ruskom i talijanskom) stoje godišnje oko 520.000 dinara, a domaći oko 120.000 dinara. Na policama su časopisi smješteni, kao i knjige, po formatu, a unutar njega po godinama. Za evidenciju, manipulaciju i posudbu časopisa koriste se tri kartoteke: kartoteka prinova, kartoteka (po naslovu) uvezanih časopisa i posudbena kartoteka. Kod skoro svih ovih časopisa postoji kontinuitet primanja od osnutka Instituta (1953), dok kod nekih kao npr. ETZ, BBC Mitt., E und M. (1907. do 1963) postoje i mnoge ratne i predratne godine, koje se neprekidno upotpunjuju poklonima pojedinih korisnika i zamjenom duplikata.

Ostali fond koji obuhvaća uglavnom enciklopedije, rječnike i izvještaje s kongresa i stručnih savjetovanja, obuhvaća nakon revizije fonda samo oko 300 inventarskih brojeva. U taj fond spada i drugo gradivo pohranjeno u biblioteci, kao katalozi, prospekti, posebni otisci domaći i strani (npr. dokumentacija poduzeća AEG), koje je posebno evidentirano.

Cirkulacija tekućih časopisa u Institutu pruža svojim korisnicima najbrži uvid u najnovija tehnička dostignuća uz najmanji gubitak vremena, a obuhvaća većinu časopisa.

»Obavijesti« biblioteke drugi su oblik informacija u kome se objavljuju prinove knjiga (kvartalno) i popis časopisa (godišnje).

Dokumentacija je zapravo služba tehničkih informacija, čiji je zadatak da redovito prati u tehničkim časopisima sva zbivanja u strukama, koje interesiraju Institut, da bibliografske podatke o interesantnim člancima evidentira na dokumentacijskim karticama (75 × 125 mm), da ih klasificira na osnovu decimalne klasifikacije, te da ih odloži u kartoteku kojom se po potrebi služe svi zainteresirani. U tu kartoteku ulaze i već gotovi takovi prilozi iz nekih časopisa (AEG, BBC itd.) ili specijalno naručeni referatni časopisi, domaći kao Bilten dokumentacije ili strani kao Technisches Zentralblatt, koji donose i kratke sadržaje članaka. Institutska dokumentacijska kartoteka sadrži oko 30.000 takovih kartica s bibliografskim podacima i oko 40.000 kartica s prikazima i anotacijama članaka iz referatnih časopisa. Prednost ima dakako kartoteka s bibliografskim podacima, jer se časopisi iz kojih su podaci izvađeni nalaze u samoj biblioteci, dok se većina kartica s podacima iz referatnih časopisa odnosi na časopise koje Institut ne posjeduje. Poslove oko prikupljanja i sređivanja tog materijala kao i davanja informacija vrši dokumentarist kojemu je to i glavni posao.

Arhiv tehničke dokumentacije sadrži uglavnom radove (elaborate) članova Instituta, njegovih vanjskih suradnika ili radove, kojima su se oni služili pri njihovoj izradi. Tih radova je evidentirano u posebnoj inventarskoj knjizi oko 2.000, a evidencija je kao i za knjige višestruka, prema autorima, sadržaju i vremenu izrade (knjiga inventara).

Fotoslužba također organski pripada u sklop ovako organizirane informativne službe. U okviru te službe postoji i mali fotolaboratorij gdje su se po potrebi snimali članci iz posuđenih časopisa, uređaji izrađeni u Institutu i izrađivale potrebne fotokopije. Odlaskom profesionalnog službenika taj posao se sveo na administrativne poslove oko naručivanja takovih radova izvan Instituta i vođenja »mikroteke« snimljenog materijala evidentiranog u posebnoj inventarskoj knjizi mikrofilmova.

Da bi se dobila kompletna slika o područjima koja su zastupana u fondu ove biblioteke, dajemo čitaocima »Energije« popis tekućih časopisa, s podatkom (u zagradi) od kada redovito primamo poslije rata dotični časopis, čime ujedno ispunjavamo davnu želju svih korisnika ove biblioteke.

Strani časopisi

ACEC Revue, Charleroi (1951)
AEG Mitt., Berlin (1954)
AEI Engineering, London (1960)
Akustičeski žurnal, Moskva (1961)
Archiv der elektrischen Übertragung, Stuttgart (1960)
Archiv für Technisches Messen, München (1953)
Archiwum Elektrotechniki, Warszawa (1956)
ASEA Journal, Västeras (1952)
Atomkernenergie, München (1956)
Atom. u. Strom, Frankfurt a/M (1954)
Die Atomwirtschaft, Düsseldorf (1957)
Automazione e Automatismi, Milano (1959)
BBC Nachrichten, Mannheim (1960)
Brown Boveri Mitteilungen, Baden (1950)
Bull. de L'Academie Polonaise des Sciences, Varsovie (1957)
Bull. of Conditions of Hydraulicity in Europe (UN), Genève (1959)
Bulletin of Electric Energy Statistic for Europe (UN), Genève (1956)
Bull. Oerlikon, (Zürich) (1952)
Bull, Secheron, Genève (1956)
Bulletin de la Société Française des Electriciens, Paris (1952)
Bulletin SEV, Zürich (1952)
Brennstoff, Wärme, Kraft, Düsseldorf (1953)
Electricité, Bruxelles (1958)
Electrical Review, London (1957)
Electronics, New York (1962)
Electronics Applications Bulletin, Eindhoven (1956/57)
Electronic Engineering, London (1962)
Električeskie stancii, Moskva (1955)
Električestvo, Moskva (1954)
Elektrizitätsverwertung, Zürich (1952)
Elektrizitätswirtschaft, Frankfurt a/M (1953)
Elektromehanika, Moskva (1960)
Elektronik, München (1955)
Elektronorm, Berlin (1960)
Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien (1950)
Elektrotechnische Zeitschrift -A, Berlin (1953)
Elektrotechnische Zeitschrift -B, Berlin (1955)
Elektrowärme, Essen (1960)
Energie, München (1954)
L'Energia Elettrica, Milano (1952)
Energia Nucleare, Milano (1961)
Energietechnik, Berlin (1955)
Energetik, Moskva (1956)
Energetika, Praha (1957)
Energetyka, Warszawa (1963)
Energiewirtschaft, Wien (1964)
Engineering and Instrumentation, Washington (1961)
Ericsson Review, Stockholm (1954)
Erdöl und Kohle, Hamburg (1964)
Escher Wyss Mitteilungen, Zürich (1956)
Funkschau, München (1958)
Gas- u. Wasserfach, München (1959)
G E. C. Journal, London (1954)
Gidrotehničeskoe Stroiteljstvo, Moskva (1955)
Hasler Mitteilungen, Bern (1956)
Heizung-Lüftung-Haustechnik, Düsseldorf (1961)
Institut für Energetik Mitt., Leipzig (1959)
Internationale Licht-Rundschau, Amsterdam (1960)
Izmeriteljnaja tehnika, Moskva (1961)
Kältetechnik, Karlsruhe (1961)
Landis Gyr Mitt., Zug (1962)
Light and Lighting, London (1955)
Marconi Review, London (1958)
Marelli, Milano (1956)
Modern German Boiler Practice, Düsseldorf (1954)

Čitaonica knjižnice Instituta za elektroprivredu u Zagrebu

Muirhead Technique, London (1962)
Nachrichtentechnik, Berlin (1954)
Neues von Sprecher & Schuh, Aarau (1956)
ÖZE, Wien (1952)
Praktische Energiekunde, Karlsruhe (1952)
Philips Technical Review, Eidhoven (1963)
Power, New York (1953)
The Proceedings of the IEE, Part A, B, C London (1952)
Proceedings of the I. E. E. E., New York (1957)
Radio Electronics, New York (1961)
Radio-industria Televisione, Milano (1960)
Radio Mentor, Berlin (1958)
Revue Générale de l'Electricité, Paris (1950)
Revue Générale de thermique, Paris (1963)
Revue Jeumont, Paris (1955)
Schlater Bull., Zürich (1953)
Schweizerische Blätter für Heizung-Lüftung, Zürich (1961)
SEL-Nachrichten, Stuttgart (1954)
Siemens Zeitschrift, Berlin (1953)
Technical Review-Brüel & Kjoer, London (1962)
Technisches Zentralblatt-Energiewesen, Berlin (1962)
Telefunken Zeitung, Berlin (1954)
Teploenergetika, Moskva (1956)
La Termotecnica, Milano (1957)
Transactions AIEE, New York (1952)
Hogskolans Handligar, Transactions Institut of Technology, Stockholm (1960)
U. C.P. T. E., Arnhem (1956)
VDI-Zeitschrift, Düsseldorf (1953)
VGB-Mitteilungen, Düsseldorf (1953)
Wasser- und Energiewirtschaft, Baden (1955)
Water Power, London (1954)
Westinghouse Engineer, Pitsburg (1956)
World Power Engineering, London (1962)
WSW Tech. Berichte, Berlin (1955)

Domaći časopisi

Automatika, Zagreb (1960)
Bilten Dokumentacije -B4: Elektrotehnika, Beograd (1950)
Bilten ELES, Ljubljana (1954)
Bilten Savezne industrijske komore, Beograd (1954)
Bilten Instituta za nuklearne nauke »B. Kidrič«, Vinča (1960)
Bilten Sav. zav. za naučni rad, Beograd (1963)
Bilten Savjeta za naučni rad, Zagreb (1963)
Bilten Zajednice elektroprivrednih poduzeća BiH, Sarajevo (1960)
Dokumentacija za građevinarstvo i arhitekturu, Beograd (1958)
Ekonomika preduzeća, Beograd (1961)
Ekonomist, Beograd (1961)
Ekonomska politika, Beograd (1961)
Ekonomski pregled, Zagreb (1958)
Elektroprivreda, Beograd (1948)
Elektrosrbija, Beograd (1953)
Elektrotehničar, Zagreb (1947)
Elektrotehnika, Zagreb (1958)
Elektrotehnički vjesnik (1947)
Energija, Zagreb (1952)
Informacije »Rade Končar«, Zagreb (1954)
Indeks, Beograd (1952)
IT-novine, Beograd (1962)
Materijali i konstrukcije, Beograd (1963)
Nafta, Zagreb (1961)
Pogon, Zagreb (1947)
Radioamater, Beograd (1962)
Rudarski glasnik, Beograd (1963)
Standardizacija, Beograd (1952)
Statistički bilten, Beograd (1957)
Tehnika, Beograd (1946)

Ivan Šimurina

U Elektrani Zagreb pušteno u pogon toplinsko postrojenje

Dana 21. 12. 1963. na svečan je način pušteno u stalni pogon u Elektrani Zagreb kompletno toplinsko postrojenje za daljinsko grijanje prostorija i za potrebe bolnice »Dra Mladena Stojanovića.« Time je dovršen jedan posao, naročito značajan za bolnicu, koja će ovim priključkom osigurati dovoljne količine toplinske energije potrebne za bolnički rad. Kotlovnica ove bolnice ne može potpuno zadovoljiti ni današnje potrebe, a kamoli buduće, kad se dalje izgradi i proširi ova zdravstvena ustanova. Pored toga kotlovi su u takvom stanju, da bi se jedva mogli dalje upotrebljavati. Izgrađenim parovodom osigurano je za bolnicu maksimalno preko 20 t/h pare, što će zadovoljiti i buduće potrebe.

Osim bolnice »Dra M. Stojanovića« veliko je značenje ovog priključka i za poduzeće »Pliva«, gdje je para iz Elektrane osnovni toplinski izvor u tehnološkom procesu.

Ne manje značajno i važno je puštanje u stalni pogon ovog toplinskog postrojenja i za sam kolektiv Elektrane, koji priključkom bolnice slavi 22. priključenje na toplovodnu mrežu. Ukupna proizvodnja toplinske energije, zajedno s ovom koja se priključuje na toplinsko postrojenje, dostiže godišnji iznos od 210.000 t/h, odnosno bruto-produkt od 700 milijuna dinara.

Kolektiv Elektrane Zagreb uložio je i ulaže velike napore na daljnjem provođenju toplifikacije i priključivanju novih potrošača toplinske energije. Do danas je izgrađeno 11 km parovodne mreže i priključen je 21 potrošač, mahom industrijska poduzeća, u što je uloženo oko 1 milijarde i 300 milijuna dinara.

Očekuje se, da će Elektrana Zagreb narednih godina snabdijevati toplinskom energijom gotovo svu industriju i dio stambenih objekata na zapadnom dijelu grada, kako parom za grijanje prostorija i hala, tako i parom za tehnološki proces pojedinih industrija. Bilo bi preopširno iznositi u brojkama financijske rezultate, koje će pojedina poduzeća odnosno potrošači pare postići priključkom na parovodnu mrežu Elektrane u poredbi s ranijim stanjem vlastitih izvora, ali učinjene predradnje već sada jasno govore o ekonomskim i tehničkim prednostima.

Prema dosadašnjim iskustvima uloženi je trud pokazao dobre rezultate i proizvodnja toplinske energije i njen transport na udaljena mjesta dobro se afirmirao. Iznijet ćemo nekoliko podataka o samom toplinskom izvoru Elektrane Zagreb.

Današnje poduzeće Elektrane Zagreb osnovano je 1907. kao Gradska munjara, kada je Zagreb brojio oko 70.000 stanovnika, većinom činovnika, obrtnika i sitnih trgovaca bez neke značajnije industrije. Razdoblje od 56 godina prilično je dugo i električna energija, kao jedini proizvod poduzeća u tom je razdoblju znatno djelovala na razvoj industrije grada Zagreba. U svojem danonoćnom radu od svoga osnutka pa do 1960. i 1961. elektrana nije obustavljala rad, niti ohladila svoje postrojenje.

Vršeći svoj zadatak, postrojenje je uzdržavano, obnavljano, pa čak i mijenjano u toku same proizvodnje i kod velikog opterećenja, zbog potražnje električne energije, koju je diktirala privredna i ekonomska situacija u ovom dijelu zemlje.

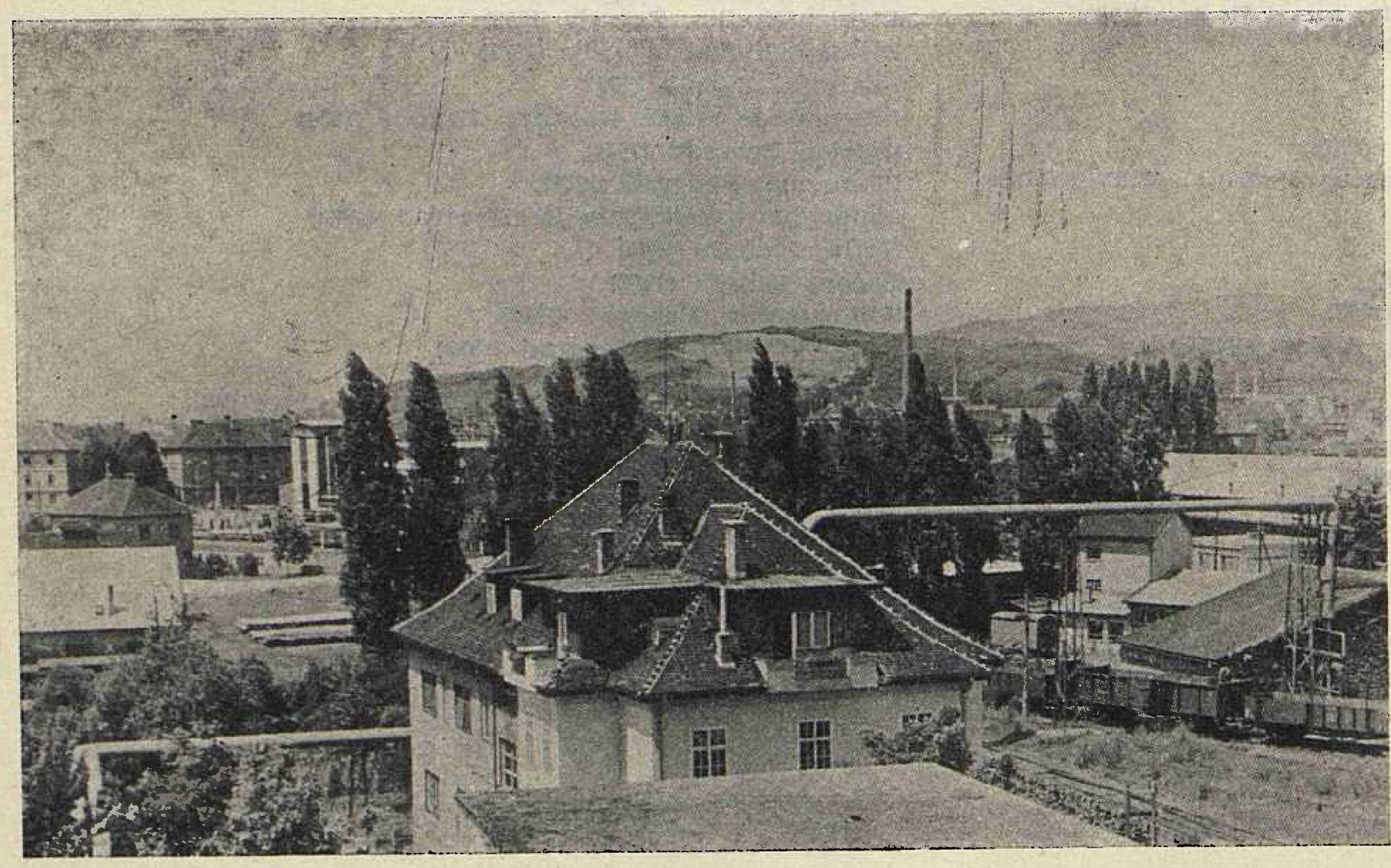
S obzirom na značaj Elektrane, pogotovo u prvo vrijeme njenog postojanja, a i sada u toku njene preorijentacije na novu djelatnost proizvodnje toplinske energije, treba spomenuti barem osnovne faze njenog razvitka, a usput baciti pogled i na njen budući razvoj kako elektroenergetskog tako i toplinskog izvora energije.

Prva faza karakteristična je po tome, što je Elektrana davala električnu energiju uglavnom za rasvjetu, za potrebe Gradskog vodovoda i za nekoliko mlinova. Tek 1910. elektrificira se tramvaj i time povećava potrošnja električne energije.

U drugoj fazi raste potrošak električne energije poslije prvog svjetskog rata. Proširuje se kotlovsko i turbinsko postrojenje i gradi prvi dalekovod 30 kV Zagreb — Karlovac dugačak 55 km. Ovaj dalekovod povezao je Hidroelektranu Ozalj s Elektranom Zagreb, čime je omogućio razmjenu električne energije tako da je Ozalj davao Zagrebu energiju noću, a Zagreb Karlovcu danju za vrijeme vršnih opterećenja.

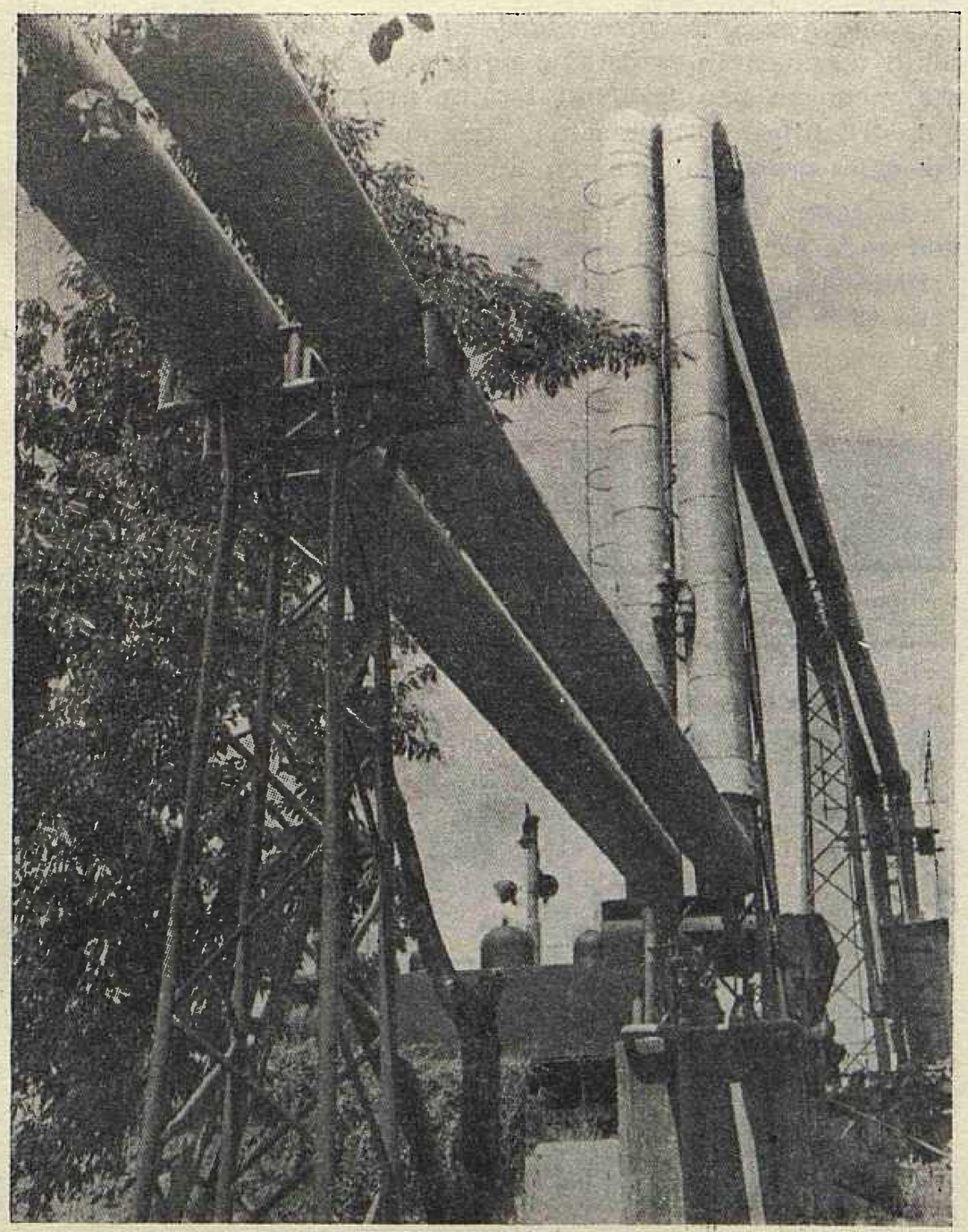
Treća faza ukazuje na elektroenergetske prilike u sjevernoj Hrvatskoj poslije drugog svjetskog rata. Izgrađuju se novi elektroenergetski izvori u Hrvatskoj i novi dalekovodi, koji vežu te izvore s izvorima drugih republika. Prvih godina poslije rata u Elektrani su izvršene velike rekonstrukcije kotlovskog postrojenja i obnovljen je gotovo cijeli električni uređaj. Tih godina na Elektranu je pao velik zadatak i ona je proizvodila električnu energiju uz maksimalno opterećenje i krajnje iskorištenje svojih kapaciteta. Snažni razvoj industrije poslije drugog svjetskog rata i valike potrebe za energijom zahtijevale su daljnju izgradnju novih izvora električne energije i prijenosnih postrojenja.

Uz forsiranu proizvodnju električne energije, Elektrana Zagreb je od 1948. do 1958. vršila i veliku investicionu djelatnost, te je kao investitor i nadzorni organ radila na iz-



Sl. 1. Trasa parovoda 2 × NO 300 na području Elektrane

Sl. 2. Uređaj za automatsko hlađenje pare u Elektrani



Sl. 3. Detalj prijelaza glavnog parovoda 2 × NO 300 preko industrijskog kolosijeka

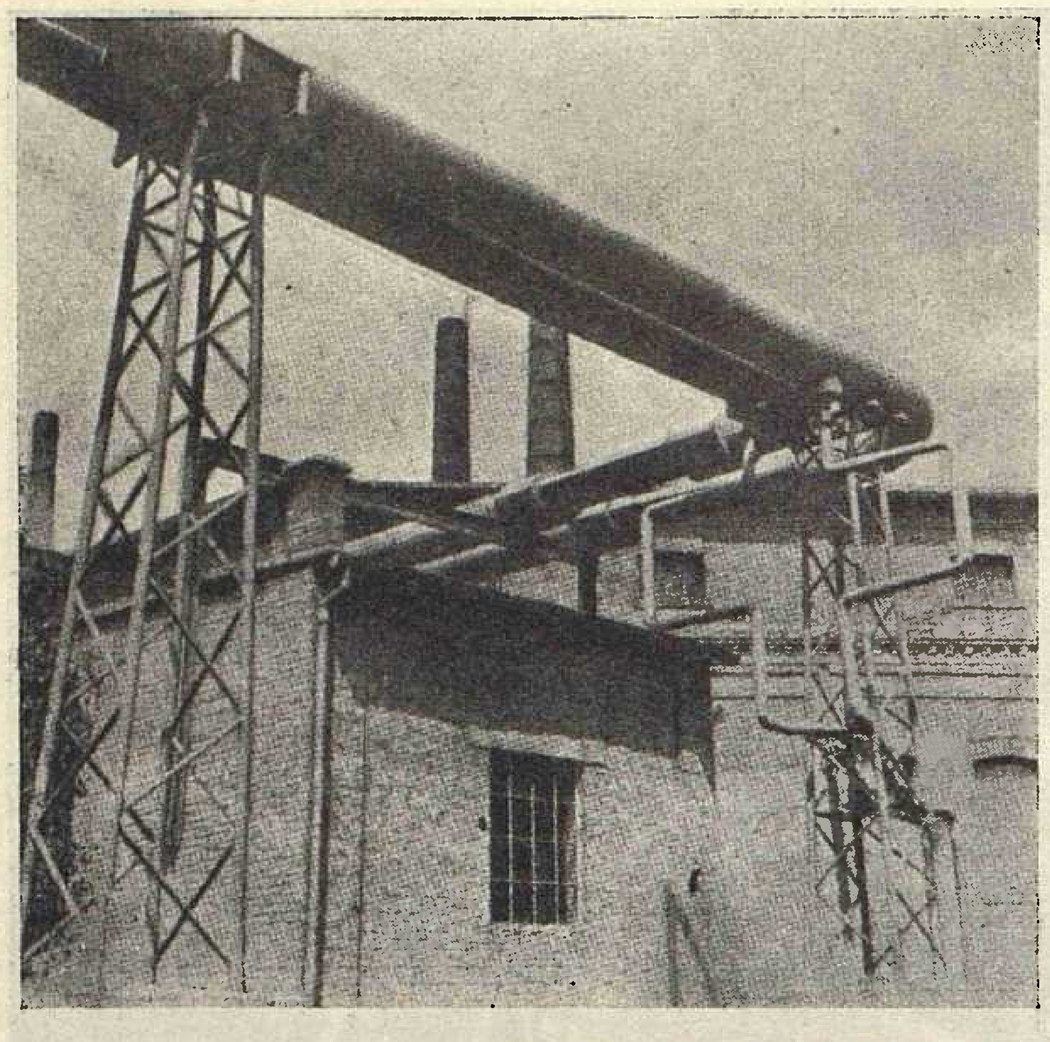
gradnji novih elektrana, HE Ozalj II i TE Konjščina, zatim transformatorskih stanica Klara, Rakitje i Resnik, te dalekovoda 110 kV Zagreb — Nikola Tesla, Zagreb — Varaždin, Zagreb — Jajce i drugo.

U dosadašnjim fazama razvoja Elektrana je bila jedan od glavnih proizvođača električne energije. Koncem treće faze, oko 1960, kada su već bili izgrađeni veliki i moderni elektroenergetski objekti, prestaje ta njena funkcija, jer su novi izvori energije i prijenosna postrojenja omogućili prijenos s udaljenih mjesta u okviru elektroprivrednog sistema. Njeni zadaci u pogledu proizvodnje električne energije postepeno se smanjuju.

U četvrtoj fazi Elektrana dobiva novo značenje u elektroenergetskoj bilanci. Nakon pune 53 godine neprekidnog rada sredinom 1960., prvi puta je obustavljena proizvodnja električne energije, budući da su izgrađeni novi ekonomičniji izvori. Elektrana Zagreb postaje rezervna centrala, koja bi trebala davati energiju kod vršnih opterećenja, kada zakažu ekonomičniji izvori ili radi drugih nepredviđenih okolnosti.

Elektrana traži međutim rješenja i mogućnosti kako bi se stalno i sistematski koristili pogonski kapaciteti i onda, kada oni ne budu dovoljno korišteni za proizvodnju električne energije. Nakon svestrane analize utvrđeno je, da se za tehnološki proces okolne industrije i grijanje hala, radionica, domaćinstava i sl. može proizvoditi toplinska energija.

Mora se istaći, da unatoč tehničkom i ekonomskom opravdanju, te povrh realnih planova, predračuna i analiza, nije bilo lako prodrijeti, jer su to sve bili ipak samo teoretski podaci. Naime, toplinska energija nije se do tada u našoj zemlji proizvodila za udaljeni transport, pa praktičkih iskustava niti uzora nije bilo u tom opsegu i na taj način. Elektrana je doduše još 1954. priključila toplovod, kojim se poduzeće Rade Končar i danas snabdijeva toplinskom energijom, no to je bio specifični slučaj, nedovoljan, da bi se budući potrošači uvjerili u koristi, koje im pruža proizvodnja toplinske energije. Nije dakle bilo lako uvjeriti podu-



Sl. 4. Detalj parovoda 2 × NO 300 s ugrađenim specijalnim kompenzatorima

zeća, da se odreknu svojih vlastitih kotlovnica, jer će od Elektrane dobivati gotovu toplinsku energiju prema potrebama i u svako vrijeme. U ovom stanju mnogo je pomogla Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, dodjelom sredstava, te Vojne pošte i Pliva, koji su s puno povjerenja svoja sredstva za izgradnju kotlova dali za termofikaciju i time osigurali daljnji rad. Tako je stvorena materijalna baza i prišlo se realizaciji ove zamisli, koja se odvijala u dvije etape.

I. etapa. Radovi na termofikaciji zapadnog dijela grada, započeti su 1961. godine. Iste godine Elektrana je isporučila potrošačima oko 14.000 tona pare.

Početkom 1962. završena je izgradnja magistralnih vodova na području općine Črnomerec, dužine oko 3 km, na koje su priključena sva veća poduzeća s ovog područja: tvornica Pliva, Tvorpam, Franck, Pivovara i drugi potrošači. U ovoj godini za grijanje i tehnološke potrebe prodano je 60.000 tona pare.

U 1963. nastavlja se priključivanje novih potrošača na izgrađene magistralne parovode i izgradnja novih parovoda. Do kraja 1963. bit će izgrađeno preko 10 km parovoda i toplovoda i priključeno oko 20 potrošača, uglavnom industrijskih poduzeća. Potrošnja pare za toplinske potrošače iznosit će u ovoj godini preko 200.000 tona.

Izgradnja novih priključaka u 1964. i povećanje potrošnje kod postojećih potrošača, uvjetovat će znatno veću potrošnju pare u slijedećoj godini, tako da se u 1964. predviđa prodaja oko 300.000 tona pare.

II. etapa. U ovoj etapi nastavlja se proširenje priključaka na magistralni parovod na teritoriju općine Črnomerec i pristupa se izgradnji parovodne mreže na području općine Trešnjevke, te spajanje s toplovodnom mrežom Zagreb—Istok s novom TE Zagreb II na Žitnjaku. U ovoj etapi predviđa se proširenje, tj. izgradnja novog kotla učina cca 100 tona pare. Provođenje ove etape predviđa se do 1967.

Iz ovog se prikaza razvoja Elektrane i prijelaza električne centrale na toplanu, vidi realna mogućnost korištenja učina postrojenja i u uvjetima, kada se ne proizvodi električna energija. Količine električne energije, koje će se proizvoditi u Elektrani Zagreb u takovim novim uslovima, ne mogu se unaprijed predvidjeti, jer ovise o raznim okolnostima, napose o energetskoj situaciji zemlje, van domašaja poduzeća. No, uz proizvodnju toplinske energije može se proizvoditi i električna energija do cca 15 MW.

Uspješnom razvoju poduzeća pogoduje njegova povoljna lokacija. Provođenje termofikacije bilo bi praktički nemogućе, kad poduzeće ne bi bilo okruženo industrijom i ustanovama, kojima može povoljno plasirati toplinsku energiju.

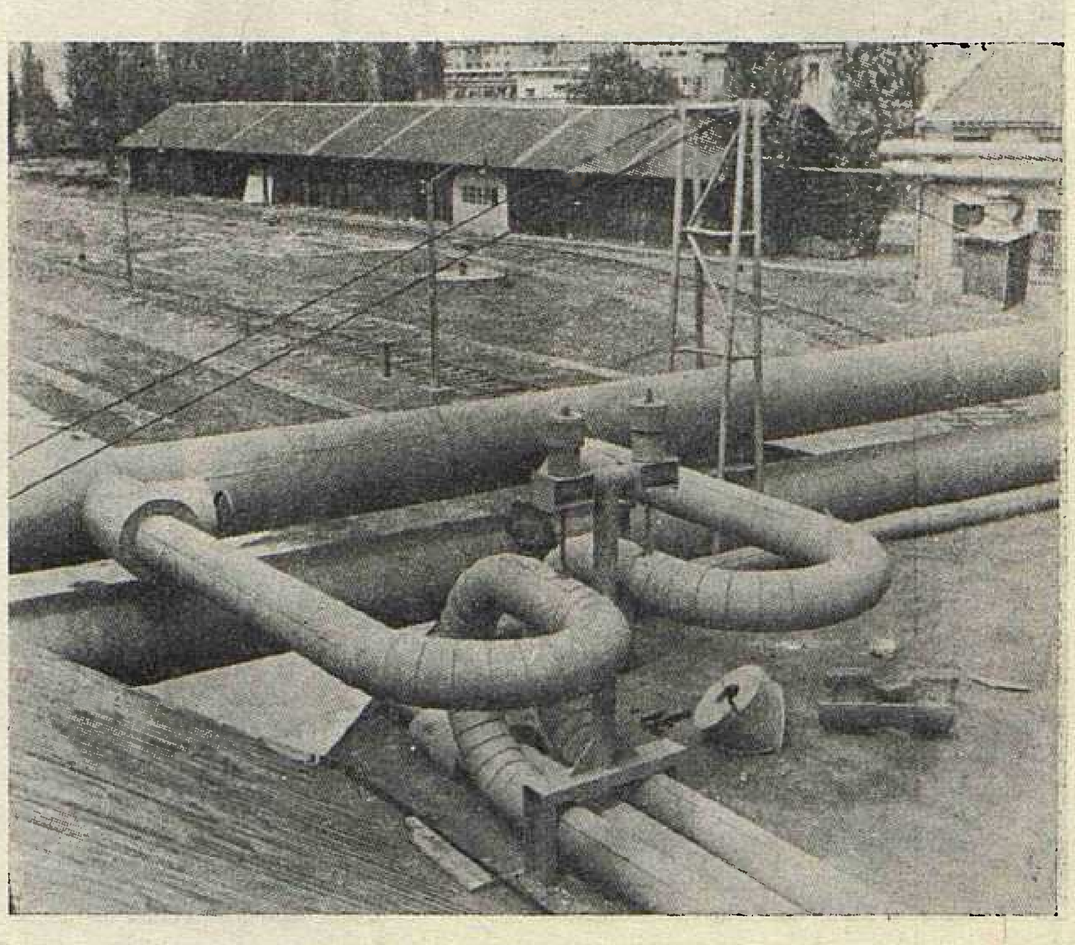
Vidjeli smo, da se Elektrana Zagreb počevši od 1960. kao izvor električne energije nalazi u hladnoj rezervi i da ulazi u takvu proizvodnju samo onda, kada električna energija nedostaje u čitavom sistemu elektroprivrede. Radi toga ekonomsko opravdanje i postojanje Elektrane nalazimo upravo u termofikaciji. Time će se u spojenom procesu dijelom istovremene proizvodnje i potrošnje električne i toplinske energije za industriju i grijanje ustanova i domaćinstava, omogućiti racionalno poslovanje, kako u grani elektroprivrede, tako i u snabdijevanju toplinskom energijom.

Energetski sistem u spojenom procesu proizvodnje električne i toplinske energije racionalan je proces dvostrukog iskorištenja energetskog goriva. Svojom funkcijom racionalizacije štedi se potrošnja goriva za proizvodnju ukupne energije (električne i toplinske) i vremenski će se bolje iskoristiti postrojenje elektrane i radna snaga. Nadalje, ekonomska suština ovakove organizacije rada sastoji se u uštedama, koje nastaju boljim iskorištenjem goriva u spojenom procesu i premašuju investicione troškove uložene u ovu svrhu, kao i uštede troškova za izgradnju, rekonstrukciju i eventualna proširenja individualnih kotlovnica potrošača. Osim toga olakšavaju financiranje izgradnje, nabavu i potrošnju ugljena i mnogo drugih problema oko uskladištenja, radne snage i slično. Tu se može napomenuti, da su postrojenja industrijskih poduzeća, koja se priključuju, dobrim dijelom već stara i neekonomična i uglavnom troše deficitni mrki ugljen.

Rekonstrukcija, proširenje, te obnova i izgradnja novih postrojenja u industriji traži znatna sredstva, a njihov pogon povećava ukupnu potrebu ugljena, smanjuje ekonomičnost rada, čime se opterećuje gradski saobraćaj, a higijenski uslovi života u gradu se pogoršavaju. Prema tome, jedinstveni toplinski izvor objedinjuje u jedan tehnološki i ekonomski proces zapadni zagrebački rajon tj. Elektranu i brojne industrijske kotlovnice potrošača, koje bi se inače morale graditi, proširiti ili zamijeniti uslijed dotrajalosti, te čitav niz kotlovnica ili peći u pojedinim javnim i stambenim zgradama.

Koncentracijom proizvodnje u samo jednom objektu visokih tehnoloških svojstava, potrošnja goriva je do 80 % manja, nego za istu količinu topline proizvedene u odvojenim industrijskim kotlovnicama, pa makar se ista toplinska energija proizvela pomoću suvremenih postrojenja.

Iz jedne ankete 1955. vidi se, da je u 41 industrijskom poduzeću sa 80 kotlovskih jedinica potrošeno raznog visokovrijednog goriva u ukupnoj količini od 126.000 tona, od čega 95.000 tona mrkog ugljena i 27.000 tona lignita, s ukup-



Sl. 5. Tipski priključak potrošača s kompenzacijom na parovod 2 × NO 300

nom kaloričnom vrijednošću od 460 milijarda kalorija. Ova potrošnja bila je u 1955. za 10 % veća, nego u 1954, a i nadalje ima stalnu tendenciju porasta. Prema tome i to pokazuje, da postojeće zalihe ugljena treba koristiti tako, da se uz manji potrošak ugljena dobije što veća kalorijska vrijednost, što se postiže organizacijom proizvodnje, kako je ostvarena u ovom poduzeću — toplani.

Da bi se takva politika privređivanja mogla nastaviti, predviđa se iskorištenje izgrađenih uređaja kroz više narednih godina i budući razvoj porasta potrošnje toplinske energije. U tu svrhu nabavljen je parni kotao učina 60—110 t/h visoke korisnosti s loženjem na mazut. To je jedna od prvih pogonskih jedinica, koja će biti u pogonu polovinom naredne godine.

S obzirom na zadatke u proizvodnji toplinske i električne energije koji predstoje ovom poduzeću, bit će neophodno da se nabave nove pogonske jedinice, na primjer: visokotlačni kotao velikog učina i protutlačna turbina, kako bi poduzeće moglo udovoljiti novim zadacima uz snižene troškove poslovanja. Pošto su osnovna ulaganja izvršena, povećana proizvodnja i novi potrošači utjecat će na još ekonomičniju proizvodnju, koja će tada prijeći u široku potrošnju.

Ova akcija provođenja termofikacije prva je u našoj zemlji i ona se baš u ovoj Elektrani afirmirala i dala određeni impuls korištenju elektroprivrednih objekata i u toplinske svrhe u širim razmjerima. Naša iskustva i naši nedostaci služit će korisno u toku daljnjih radova, kako nama, tako i svima koji se bave ovim problemima.

Pored Elektrane Zagreb I i Termoelektrane Zagreb II na Žitnjaku, grade u Beogradu i Ljubljani ovakva energetska postrojenja, što također potvrđuje svrsishodnost razvoja ovog oblika energetike u našoj zemlji.

Stjepan Kralj, dipl. ek. Zagreb

Projektni radovi »Dalekovoda« na elektrifikaciji željeznica

U okviru realiziranja programa elektrifikacije željeznica na području SR Hrvatske u 1964. u planu su slijedeći poslovi: završni radovi na elektrifikaciji dionice Ogulin—Karlovac, početak radova u pravcu Karlovac—Zagreb, izrada glavnih projekata, ugovaranje opreme i provedba svih tehničkih priprema u vezi elektrifikacije pruge Dobova—Zagreb—Vinkovci—Tovarnik monofaznim sistemom.

Poduzeće »Elektrosrbija« iz Beograda ugovorilo je sa Zajednicom jugoslavenskih željezničkih poduzeća projektiranje i izgradnju kontaktne mreže na pruzi Dobova—Zagreb—Vinkovci—Tovarnik. Ono je, kao nosilac glavnih poslova, prepustilo, međutim, poduzeću »Dalekovod« iz Zagreba projektiranje kontaktne mreže i kompletnog postrojenja za sekcioniranje.

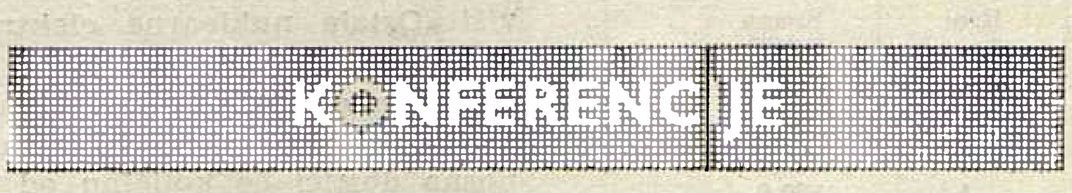
Elektrovučne podstanice na toj pruzi napajat će se iz novosagrađenih transformatorskih stanica 110 kV koje će služiti samo za potrebe željeznica.

Zajednica jugoslavenskih željezničkih poduzeća iz Zagreba izabrala je ove lokacije budućih transformatorskih stanica 110 kV: Mraclin i Sunju za pravac pruge koji će ići preko Siska, a Resnik, Ludinu, Novsku, Novu Kapelu, Andrijevce i Jankovce, za smjer preko Dugog Sela prema Vinkovcima.

Kod izrade glavnih projekata kontaktne mreže i postrojenja za sekcioniranje, projektanti »Dalekovoda« služit će se, pored suradnje sa stručnjacima »Elektrosrbije«, i tehničkom dokumentacijom britanskog poduzeća British Insulated Callenders Co Ltd. London.

Projektiranje kontaktne mreže na dionici Vinkovci — Beograd vjerojatno će također biti ustupljeno stručnjacima poduzeća »Dalekovod.«

I. R.



Međunarodni skupovi u godini 1964.

1. *JOINT COMPUTER CONFERENCE*
   Konferencija o računskim strojevima
   Edinburgh, 31. 3. — 3. 4. 1964.
   Sekretarijat: The Institution of Electrical Engineers, Savoy Place, London, W. C. 2.

2. *CONFERENCE ON DIELECTRIC AND INSULATING MATERIALS*
   Konferencija o dielektričnim i izolacionim materijalima
   London, 8—10. 4. 1964.
   Sekretarijat: The Institution of Electrical Engineers, Savoy Place, London, W. C. 2.

3. *18. KONGRESS FÜR HEIZUNG, LÜFTUNG, KLIMATECHNIK*
   18. kongres za grijanje, provjetravanje i klimatizaciju
   München, 14—17. 4. 1964.
   Sekretarijat: Geschäftsstelle, Königstrasse 5, 4 Düsseldorf

4. *INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS*
   Međunarodna komisija za velike brane (8. kongres)
   Edinburgh, 4—8. 5. 1964.
   Sekretarijat: The Institution of Civil Engineers, Great George Street, Westminster, London, S. W. 1.

5. *CONGRES EUROPEEN ET Ier SALON INTERNATIONAL DE L'ENERGIE ET DU CHAUFFAGE INDUSTRIEL*
Evropski kongres i prva međunarodna izložba energije i industrijskog grijanja
Paris (Porte de Versailles), 16. 5. — 2. 6. 1964.
Sekretarijat kongresa: Commissariat général du Congrès européen de l'Energie, 3 rue Henri Heine, Paris
Sekretarijat izložbe: Commissariat général de l'Exposition internationale de l'Energie, 40 rue du Colisée, Paris

6. *INTERNATIONAL CONFERENCE ON LARGE ELECTRIC SYSTEMS (CIGRE))*
Međunarona konferencija za velike električne mreže
Paris, 3—13. 6. 1964.
Sekretarijat: CIGRE, 112 Boulevard Haussmann, Paris

7. *8èmes JOURNEES DE L'HYDRAULIQUE*
8. savjetovanje o hidraulici
Lille, 8—10. 6. 1964.
Sekretarijat: Société Hydrotechnique de France, 199 rue de Grenelle, Paris

8. *U. N. I. P. E. D. E. Congress*
Međunarodni savez proizvođača i distributera električne energije
Stockholm, 23—26. 6. 1964.
Sekretarijat: U. N. I. P. E. D. E., 12 Place des Etats-Units Paris

9. *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MAGNETO-HYDRODYNAMIC ELECTRIC POWER PRODUCTION*
Međunarodni simpozij o magnetohidrodinamičkoj proizvodnji električne energije
Paris, 6—10. 7. 1964.
Sekretarijat: European Nuclear Energy Agency, 38 Boulevard Suchet, Paris

10. *THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE PEACEFUL USES OF ATOMIC ENERGY (United Nations)*
Treća međunarodna konferencija o mirnodopskoj upotrebi atomske energije (Ujedinjeni narodi)
Genève, 31. 8. — 9. 8. 1964.

11. *WORLD POWER CONFERENCE (Partial session in Switzerland)*
Svjetska energetska konferencija (Djelomično zasjedanje u Švicarskoj)
Predmet: Kontrola gubitaka u ekonomiji energetike
Lausanne (Palais de Beaulieu), 13—17. 9. 1964.
Sekretarijat: Mr. E. H. Etienne, Chairman of the Swiss National Committee of the World Power Conference, La Petite Grangette, La Conversion (Vaud), Switzerland.

12. *3rd INTERNATIONAL MEASUREMENT CONFERENCE*
Međunarodna konferencija za mjerenja
Stockholm, 14—19. 9. 1964.

13. *SIXTH INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL COMMISSION OF AGRICULTURAL ENGINEERING*
6. međunarodni kongres Međunarodne komisije za poljoprivredu, Lausanne, 21—27. 9. 1964.

I. Š.

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

Razvoj snaga atomskih elektrana u Sjedinjenim Državama Amerike

Prema podacima američkog časopisa »Fortune« broj 7/1963. u Sjedinjenim Državama Amerike nalazi se u pogonu, izgradnji i u fazi projektiranja 4.973,2 MW atomskih elektrana. Veličina snage atomskih elektrana, grupiranih prema godinama stavljanja u pogon, kretat će se ovako:

Atomske elektrane	Godina	Broj elektrana	Snaga MW
1. u pogonu	1957.	3	70,7
	1959.	1	200,0
	1960.	1	160,0
	1962.	4	365,8
	1963.	2	65,0
Ukupno		11	861,5
2. u izgradnji	1963.	3	130,8
	1964.	2	61,9
	1965.	2	826,0
Ukupno		7	1018,7
3. u fazi projektiranja	1966.	2	668,0
	1967.	2	925,0
	1969.	1	500,0
	1970.	1	1000,0
Ukupno		6	3093,0

Prema tome, u pogonu bi 1970. trebalo biti 4.973,2 MW atomskih elektrana.

Najveći dobavljači postrojenja atomskih elektrana u SAD su kompanije Westinghouse i General Electric. Grupa od najvećih sedam tvornica na području New Yorka proučava pitanja izgradnje vlastite atomske elektrane od 500 MW.

Na lokaciju atomskih elektrana u SAD utječu cijene konvencionalnih energetskih goriva. Tzv. komercijalne atomske elektrane izgrađuju se u regionima u kojima su cijene ugljena iznad prosječnih i u kojima brže rastu stanovništvo i industrija s velikim programom ekspanzije i to na temelju krupnih energetskih pogona od 300 i više MW. Veći dio atomskih elektrana u pogonu, izgradnji i projektu (17 od ukupnih 24) locirano je u gusto naseljenim područjima sjeveroistoka gdje su troškovi transporta ugljena najviši. Ostale nuklearne elektrane locirane su na zapadnoj obali.

Potrebe za električnom energijom stalno rastu. Potrošak iz 1960. od 763 milijarda kWh udvostručit će se u 1970. odnosno dostići će količinu od 1.564 milijarda kWh dok će u 1975. porasti na oko 2.139 milijarda kWh.

Nuklearna tehnika unaprijeđena je već u tolikoj mjeri da se troškovi proizvodnje električne energije iz atomskih elektrana kreću u pojedinim slučajevima na nivou troškova u elektranama na ugljen.

Prototip atomske elektrane koju je izgradila Komisija za atomsku energiju proizvodila je 1957. električnu energiju s troškovima od 65 dolarskih milsa po kilovatsâtu (1 mill = 0.001 dolara) tj. bila je preko 12 puta skuplja od električne energije iz termoelektrana na konvencionalna goriva. Međutim, uskoro se očekuje (Humboldt Bay) proizvodnja atomske energije po cijeni od 8 milsa po kilovatsatu (6 Din/kWh), dakle, po konkurentnoj cijeni.

Spomenuti treba, međutim, da padaju troškovi proizvodnje i u termoelektranama na konvencionalna goriva. Nakon uspješno provedenih racionalizacija na području ekstrakcije i transporta, cijene ugljena su se nakon 1958. uglavnom stabilizirale pa čak i nešto snizile. Osim toga tu su i ugljenu konkurentni oblici energije, nafta i zemni plin. Prema pred-

viđanjima Korporacije za električnu energiju SAD cijene konvencionalnih goriva padat će i u narednih 10 do 15 godina. Na sniženje troškova proizvodnje električne energije u termoelektranama na ugljen utječe i padanje specifičnih troškova investicija s porastom snage agregata i elektrana. U Sjedinjenim Državama Amerike nalaze se već danas u pogonu termoelektrane sa snagom od preko 1400 MW (Astoria, New York 1459 MW, Kingston TVA, Tennessee 1440 MW). Pretežni dio novoinstaliranih agregata imaju snagu od 150 do 350 MW, a u novije vrijeme 500 do 600 MW. Poduzeće Consolidated Edison Co. naručilo je agregat čak od 1000 MW. Na sniženje troškova proizvodnje utječe i stalni porast stupnja toplinskog iskorištenja. Specifični utrošak topline iznosi npr. u termoelektrani Clinch River 2260 kcal/kWh, u termoelektrani Dickerson 2270 kcal/kWh, u termoelektrani Kanavha River 2280 kcal/kWh itd. Prosječni specifični utrošak topline u termoelektranama elektroenergetskog sistema TVA iznosi 2400 kcal/kWh. TVA je instalirala dva agregata po 650 MW u svojoj termoelektrani Paradise (država Kentucky) sa specifičnim utroškom topline od 2190 kcal/kWh.

Troškovi energetskog goriva kreću se, zavisno od blizine izvora nosilaca energije, od 1,5 do 3—4 dolarskih milsa po kilovatsatu, a prosječni troškovi proizvodnje — prema posljednjoj anketi američkog časopisa »Electrical World« — 3,40 milsa po kilovatsatu. Međutim, kompanija Westinghouse podiže atomsku elektranu koja će proizvoditi električnu energiju po cijeni od 2,4 milsa po kilovatsatu.

F-e

Porast produktivnosti u elektroprivredi Velike Britanije

Iz analize Nevilla F. Marsha, predstavnika »Electricity Council« elektroprivrede Velike Britanije (»Electrical Review« br. 172/63), proizlazi, da su specifični troškovi energetskog goriva porasli od 1950. za 70 %, dok je realizirana cijena električne energije porasla istovremeno samo za 30 %. Gubitak na realizaciji proizvodnje pokriven je ostvarenim rezultatima veće produktivnosti elektroprivrede. Veća produktivnost je postignuta kod svih osnovnih faktora proizvodnje, dakle, kod sredstava rada, predmeta rada i radne snage.

Godine 1926., tj. prije početka interkoneksije proizvodnje električne energije, potrebno je bilo 68 % rezerve snage (temeljno prema vršnom opterećenju), dok se danas planira samo 14 %. Današnje pogonske jedinice velike snage traže manje prostora i manje materijala. Specifični troškovi investicija turboagregata od 300 MW iznose 67, dok turboagregata od 500 MW samo 37 funti sterlinga po kilovatu. Znatni efekti ostvareni su i kod energetskog goriva. U zadnjih 15 godina povećan je stupanj toplinskog iskorištenja od 27 na 40 %. Međutim, troškovi energetskog goriva povećani su zbog porasta tržnih cijena tog goriva. I konačno, uvođenjem raznih mjera racionalizacije na području pogona, uprave i prodaje, sniženi su, u velikoj mjeri, i troškovi radne snage. Kod porasta konzuma od 123 % radna snaga porasla je samo za 18 %. Prema tome, broj zaposlenih po GWh je za oko 50 % niži.

Za pokriće porasta potrošnje električne energije treba izgraditi i staviti u pogon nove elektrane i to 1965. godine 3000 MW, 1966. godine 4000 MW i 1967. godine 5000 MW. Dosadašnji najveći godišnji prirast snage elektrana iznosio je 2700 MW. Na same plinske turbine, koje će se staviti u pogon u toku 1964. i 1965., otpada 700 MW.

Fe. Da.

Ekonomska komisija OUN za Evropu i elektrifikacija sela i poljoprivrede

XI-oj Međunarodnoj konferenciji Ekonomske komisije OUN za Evropu, koja je održana u Ženevi, prisustvovali su delegati iz 23 države, među kojima i delegati SFR Jugoslavije. Na konferenciji je utvrđen dugoročni program rada Studijskoj grupi za elektrifikaciju sela i poljoprivrede, formiranoj u okviru Komiteta za električnu energiju.

Studijska grupa za elektrifikaciju sela i poljoprivrede osnovana je prije jedanaest godina na inicijativu Jugoslavije. Zadatak ove grupe je da upozna manje razvijene zemlje s rezultatima koje su na području elektrifikacije sela i poljoprivrede postigle razvijene zemlje. Sekretarijat Ekonomske komisije za Evropu objavio je do sada 6 većih publikacija s ukupno 42 stručna referata o elektrifikaciji sela i poljoprivrede. U cilju boljeg upoznavanja delegata pojedinih zemalja s tehničkim dostignućima elektrifikacije, organizirana su i studijska putovanja po Austriji, SR Njemačkoj, Francuskoj, Velikoj Britaniji, Italiji, Finskoj i Švedskoj. Rezultate ove studijske grupe koriste i zemlje Latinske Amerike i Azije.

Jugoslavenski predstavnici aktivno djeluju u radu ove studijske grupe. Osim sudjelovanja u stručnim diskusijama na međunarodnim sastancima, jugoslavenski stručnjaci sastavili su i dva referata o elektrifikaciji sela i poljoprivrede, koje je objavila Ekonomska komisija OUN za Evropu. Osim toga, na prijedlog jugoslavenske delegacije osnovana je, pri Sekretarijatu Komiteta za električnu energiju Ekonomske komisije za Evropu u Ženevi, biblioteka stručne literature i kinoteka suvremenih filmova s područja elektrifikacije sela i poljoprivrede.

Fe. Da.

Struktura potrošnje električne energije u SAD. Usprkos brzom povećanju potrošnje električne energije u industriji postoji tendencija postepenog pada njezinog udjela u ukupnoj potrošnji zbog izvanredno jakog porasta potrošnje električne energije u kućanstvu. Od 3 najvažnije industrijske grane (metalurgije, kemijske i automobilske industrije) čini se da će kemijska industrija u budućnosti imati prvenstvo.

Godina	Industrija		Kućanstvo		Ostali potrošači		Ukupno
	TWh	%	TWh	%	TWh	%	TWh
1960.	344	50,5	196	28,8	141	20,7	681
1965.	456	47,5	286	29,8	219	22,7	961
1970.	649	46,4	429	30,6	321	23,0	1399
1980.	1233	43,0	960	33,5	671	23,5	2864

Budući da i u drugim zemljama postoje slične tendencije, ovi podaci mogu biti interesantni i za njihove energetske privrede.

Kretanje cijena električne energije Eletricité de France (EdF). Prema izvještaju EdF, cijene električne energije porasle su od 1938. do 1961. — zavisno od energetskih regiona i vrste potrošača — za oko 15 do 30 puta. Pregled o razvoju cijena električne energije prikazan je na tablici 1.

Razvoj cijena električne energije EdF od 1938. do 1961.

Tablica 1

Potrošači i regioni	Cijena po kWh bez takse		Faktor porasta
	1938.	1961.	
1. *Industrijski potrošači na visokom naponu* (1000 kW)			
a) Potrošači do 1,5 GWh/god.			
Nord	0,55	9,78	17,8
Seine et Oise	0,59	9,66	16,4
Haute — Loire	0,54	9,05	16,8
Isère	0,54	8,52	15,8
b) Potrošači do 3 GWh/god.			
Nord	0,47	7,76	16,5
Seine et Oise	0,50	7,68	15,4
Haute — Loire	0,44	7,19	16,3
Isère	0,44	6,73	15,3
2. *Potrošači na niskom naponu*			
a) Kućanstvo			
rasvjeta i I tranša nove tarife	1,70	27,51	16,2
III tranša mješovite tarife			
zimi	0,36	11.22	31,2
ljeti	0,36	6,60	18,30
b) Ostali potrošači			
rasvjeta u trgovinama	1,70	27,51	16,2
pogonska energija	1,09	20,45	18,8
3. *Potrošači na selu*			
rasvjeta	2,12	28,00	13,2
pogonska energija	1,49	20,92	14,0

Znatno više su porasle — u istom razdoblju — cijene konkurentnih nosilaca energije i to ugljena 42,6 puta, plinskog ulja 32,3 puta i gorivog ulja za domaćinstvo 27 puta.

Uz ovakve cijene, potrošnja električne energije porasla je 1961. u prosjeku za 7,1 %. Pri tome je potrošnja na visokom naponu porasla samo za 6,7 %, a na niskom naponu za 8,8 %. Potrošnja električne energije na visokom naponu zavisi od tempa industrijske proizvodnje, naročito od razvoja onih njezinih grana koje su orijentirane na električnu energiju, dok potrošnja električne energije na niskom naponu zavisi od porasta dohotka.

Struktura troškova EdF ostvarenih u 1961. prikazana je na tablici 2.

Struktura troškova EdF u 1961.

Tablica 2

Vrsta troškova	Iznos u milijunima Fr	Struktura u %
Troškovi proizvodnje u termoelektranama	1.019	21,6
Troškovi proizvodnje u hidroelektranama	746	15,9
Troškovi proizvodnje elektrana pod upravom EdF	190	4,0
Troškovi kupnje strane energije	402	8,6
Troškovi prijenosa i razdiobe	455	9,7
Troškovi distribucije, predaje i prodaje	1.893	40,2
Ukupno	4.705	100%

Od toga otpada 1.927 milijuna Fr ili 41 % na direktne troškove eksploatacije (gorivo, nabavu energije, prijenos, nadzor i uzdržavanje postrojenja), 1.121 milijuna Fr ili 23,8 % na ostala opterećenja za tekuću eksploataciju (porezi, troškovi financiranja tehničkih, administrativnih i komercijalnih servisa te udio u centralnim troškovima) i 1.657 milijuna Fr ili 35,2 % na opterećenja koja su vezana uz investicije (amortizacija i financijski tereti).

Ekspanzija proizvodnje nuklearnih elektrana u SR Njemačkoj. Zadnje prognoze o razvoju strukture proizvodnje električne energije u SR Njemačkoj do 1975. pokazuju nagli porast udjela nuklearne energije u proizvodnji električne energije. Kretanje volumena i strukture proizvodnje električne energije do 1975. prikazano je na tablici 1.

Prognoza proizvodnje električne energije u SR Njemačkoj od 1965. do 1975.

Tablica 1

Polazni oblici energije	1965.		1970.		1975.	
	TWh	%	TWh	%	TWh	%
Vodne snage, mrki ugljen, plin iz visokih peći i uvezena hidroenergija	106	61,6	130	58,0	146	51,1
Kameni ugljen (domaći i uvezeni), loživo ulje i zemni plin	64	37,2	86	38,4	107	37,4
Nuklearna energija	2	1,2	8	3,6	33	11,5
Ukupno	172	100	224	100	286	100

U SR Njemačkoj proizvedeno je 1950. svega 1,1 milijun tona sirove nafte, već 1962. vlastita proizvodnja sirove nafte porasla je na 6,8 milijuna tona. Međutim, potrebe SR Njemačke znatno su veće pa razliku mora uvoziti.

Instalirana snaga nuklearnih elektrana iznosit će 1955. godine 334 MW, 1970. godine 1334 MW i 1975. godine 5500 MW. Računa se sa 6000 sati godišnjeg iskorištenja. Specifični troškovi investicija predviđaju se sa 1000 DM/kW. Specifične investicije britanske nuklearne elektrane Berkeley iznose 1900 DM/kW, a Sizewell 1100 DM/kW (Atom und Strom I/1962.).

Električna energija iz nuklearnih elektrana SR Njemačke trebala bi se prema postojećim prognozama već 1970. proiz-

voditi po istim troškovima kao i električna energija iz termoelektrana na kameni ugljen i loživo ulje. Nakon 1970. nuklearne elektrane trebale bi konkurirati konvencionalnim termoelektranama na kameni ugljen i loživo ulje.

Prognoza svjetske potrošnje primarne energije. Ocjenjuje se (Schlägel und Eisen 2/1962) da će se do godine 2000. utrostručiti svjetska potrošnja primarne energije. Svjetski specifični potrošak primarne energije po stanovniku iznosio je 1924. godine 0,84, a 1962. godine 1,57 ugljenih tona. Predviđa se, da će broj stanovnika godine 2000. iznositi 2,9 milijarde te da će svjetska godišnja stopa rasta potrošnje primarne energije iznositi oko 4 %. Prema tome, svjetski specifični potrošak primarne energije iznosit će godine 2000. oko 3 ugljene tone po stanovniku.

Dominantan je današnji udio ugljena u strukturi potrošnje primarne energije. Taj udio bi se mogao godine 2000 još i povećati, jer se zalihe sirove nafte i zemnog plina sve više iscrpljuju. Današnji udio sirove nafte u strukturi potrošnje primarne energije od 33 % mogao bi pasti godine 2000 na 20 %. Situacija zemnog plina još je teža, jer se danas ekstrahira godišnje oko 3,5 % svih poznatih svjetskih zaliha zemnog plina. Isto tako, ograničene su i mogućnosti proširenja proizvodnje hidroenergije. S tim u vezi postavlja se i pitanje opravdanosti zatvaranja nekih ugljenokopa u Zapadnoj Evropi. Ako je zatvaranje ugljenokopa u 1962. i 1963. i bilo opravdano s aspekta konjukturnih kretanja, pitanje je, da li je ono opravdano i s aspekta perspektivnog razvoja strukture potrošnje primarne energije od 1975. do 1985.

Prognoza svjetske proizvodnje i potrošnje uranija. Svjetska proizvodnja uranija iznosila je 1962. (prema L'Economie, Paris) oko 30.000 tona. Glavni proizvođači su Sjedinjene Države Amerike, Kanada i južna Afrika. Međutim, proizvodnja uranija počela je padati pa se predviđa da će u 1965. iznositi svega oko 50 % današnje proizvodnje.

U Sjedinjenim Državama Amerike, koje proizvode oko 15.300 tona uranija, ili preko 50 % svjetske proizvodnje, očekuju da će njegova proizvodnja pasti čak na oko 7.200 tona. Kanada je u svoja 23 rudnika proizvela 12.000 tona godine 1959. Ruda se danas vadi još samo u 8 nalazišta. U južnoj Africi situacija je povoljnija, jer se uranij dobiva uglavnom kao nusprodukt pri ekstrakciji zlata, pa bi se mogle stvarati zalihe rude uranija za kasniju preradu, kada će im potražnja ponovo porasti.

Za razliku od ostalih zemalja, u Francuskoj se ne predviđa opadanje proizvodnje uranija, koja iznosi zajedno s proizvodnjom afričkih zemalja zone franka i Madagaskara oko 1600 tona, jer njezina atomska industrija može utrošiti sve raspoložive količine. Predviđa se da će Francuska narednih godina čak i uvoziti uranij.

Prema sadašnjim prognozama svjetska proizvodnja uranija ponovno će porasti poslije 1970. Očekuje se, naime, da će električna energija nuklearnih elektrana moći u to vrijeme konkurirati električnoj energiji proizvedenoj u konvencionalnim termoelektranama. Predviđa se, da će 20 % snage elektrana izgrađenih između 1970. i 1980. otpasti na nuklearne elektrane. Međutim, 1971. raspolagat će se — usprkos usporenom tempu proizvodnje — sa znatno smanjenim rezervama uranija. Rezerve SAD past će 1971. na svega 59.000 tona. Jedini izvoznici će biti Kanada i južna Afrika, koje će tada raspolagati još s rezervama od 120.000 odnosno od 97.000 tona. Rezerve Francuske procijenjene su na početku 1962. sa 26.000 tona, a predviđa se da će one 1971. iznositi svega 11.600 tona.

EURATOM ocjenjuje da će ukupna svjetska godišnja potražnja uranija iznositi 1970. oko 38.000 tona. Potrebe same Evrope iznosit će oko 20.000 tona. Radi toga Evropa mora pronaći nove izvore snabdijevanja, jer će raspoložive rezerve Francuske biti nedovoljne. S tim u vezi EURATOM predlaže dva rješenja i to ili da evropske zemlje ulože svoj kapital u one kanadske rudnike koji se danas zatvoreni, ili da stvaraju zalihe uranija, koji se danas može nabaviti po povoljnim cijenama.

Međutim, buduća potražnja i predvidiva nestašica uranija moći će se pokriti samo proizvodnjom novih nalazišta. Potrebna su dakle intenzivna istraživanja jer prema postojećim iskustvima treba oko desetak godina od početka istraživanja do početka proizvodnje.

Dvije nove nuklearne elektrane u Velikoj Britaniji. Uprava za atomsku energiju Velike Britanije planira izgradnju dvije daljnje nuklearne elektrane po 1000 MW. Predviđa se da bi cijena električne energije iz ovih elektrana iznosila nešto oko 0,54 penca po kilovatsatu (4,7 dinara/kWh).

Nuklearne elektrane Calder Hall i Chapelcross u punom pogonu. Prema obavijesti Uprave za atomsku energiju Velike Britanije, nuklearne elektrane Calder Hall u Cumberlandu i Chapelcross u jugozapadnoj Škotskoj u punom su pogonu i proizvele su 961 GWh električne enegrije od 1. 11. 1962. do 28. 2. 1963. Istovremeno je istaknuto da u tom razdoblju nije trebalo mijenjati gorive elemente, jer reaktori mogu godinama raditi s istim punjenjem.

Energetika Rumunjske. Glavna industrijska grana Rumunjske je energetika, a nafta, plin, ugljen i vodne snage, osnovni su joj izvori energije. Rumunjska spada među zemlje bogatije naftom. Po proizvodnji nafte Rumunjska je na drugom mjestu u Evropi. Prva rafinerija nafte podignuta je 1857. u blizini grada Ploestija. Oblast Ploestija je glavna baza naftne industrije te daje 1/3 ukupne proizvodnje u zemlji, Baku je drugo područje naftne industrije. Na drugom mjestu je po preradi a na četvrtom mjestu po proizvodnji nafte u zemlji. Proizvodnja rumunjske nafte naglo raste: 1962. ostvarena je s 11,8 megatona prema 3 megatone iz 1945. Paralelno s proizvodnjom razvijala se i industrija prerade nafte tako da Rumunjska može danas preraditi svu količinu nafte proizvedene u zemlji.

Elektroprivreda Austrije u 1962. Prema poslovnom izvještaju elektroprivrede Austrije za 1962. godinu proizvedeno je u javnim i industrijskim elektranama te elektranama saveznih željeznica 17,8 milijarda kWh električne energije. Od toga otpada na proizvodnju javnih hidroelektrana 10,8, a na proizvodnju javnih termoelektrana 4,1 milijarda kWh (elektrane saveznih i pokrajinskih poduzeća EVU).

Električna energija iz termoelektrana proizvedena je kamenim ugljenom s 3 %, mrkim ugljenom s 51 %, loživim uljem s 18 % te industrijskim i zemnim plinom s 28 %. Godišnja stopa rasta ukupne proizvodnje električne energije za 1962. ostvarena je sa 7,1 % a kod javne elektroprivrede poduzeća EVU s 8,1 %.

1962. uvezeno je ukupno 718 milijuna kWh električne energije i to iz SR Njemačke 575, iz Jugoslavije 81, iz Švicarske 43, iz Italije 10 i iz Čehoslovačke 34 milijuna kWh. Iste je godine izvezeno ukupno 2817 milijuna kWh električne energije i to u SR Njemačku 2440, u Čehoslovačku 222, u Italiju 121 i u Jugoslaviju 34 milijuna kWh.

Specifični potrošak električne energije po stanovniku ostvaren je 1962. sa 2204 kWh u odnosu na 2077 kWh po stanovniku 1961. godine.

Z. Vistrička: *Sheme spajanja u elektrotehnici, knjiga druga.* Izdavač Tehnička knjiga, Zagreb 1963, 255 strana, mnogo slika, tvrdi uvez — poluplatno, cijena 1.480 dinara.

Treba pozdraviti pojavu knjige koja obrađuje zbirku praktičnih spojeva iz elektrotehnike. Ona je nastavak prve knjige istog naslova, kojoj smo imali prilike, unatrag više od šest godina, dočekati pet izdanja. Dok prva knjiga opisuje spojeve jake struje i autoelektrike, dotle druga razmatra osnovne spojeve radiotehnike i elektronike. Svaki onaj koji se bavi konstruiranjem elektronskih uređaja susreće se često s problemom traženja po velikom dijelu literature, dok pronađe poneki, makar i jednostavni, spoj koji mu je potreban, a koji se ne može uvijek memorirati. Zadovoljenju ovog zahtjeva gornja knjiga odgovara, pogotovo zato, jer su uz svaki primjer spoja dana i osnovna tumačenja nadomjesnih simbola za elemente sklopa, kao i kratka teoretska objašnjenja potrebna za razumijevanje fizikalne slike rada samog sklopa.

Knjiga je podijeljena na niz poglavlja, koja predstavljaju zaokružena područja spojeva radiotehnike i elektronike. U uvodnom nas dijelu autor upoznaje s osnovnim sastavnim elementima električkih sklopova (otpornik, kondenzator, zavojnica, prigušnica, transformator, elektronka, fotoćelija, poluvodiči). Prvo poglavlje obrađuje spojeve ispravljača u radiotehnici i elektronici, drugo — spojeve niskofrekventnih pojačala, treće — izlaznih pojačala, četvrto — spojeve regulatora jakosti zvuka i boje tona. Slijedeća tri poglavlja sadrže spojeve oscilatora i odašiljača, visokofrekventnog pojačala i miješanja, te demodulacije VF-signala. U osmom su poglavlju dani tranzistorski spojevi u radiotehnici (pojačala, oscilatori, miješanje, detektorski spojevi). Posljednja tri poglavlja predstavljaju interesantno područje sklopova, koji se ne nalaze često sakupljeni na jednom mjestu. To su sklopovi za kontrolu, signalizaciju i automatsku regulaciju, te za mjerenja u industriji.

Iza samih sklopova postoje još i korisni dodaci o upotrebljenim simbolima, o literaturi, te uputa za računanje specijalnim logaritamskim računalom sistema Moisson br. 0373 za radiotehniku (proračun titrajnih krugova po Thomsonovoj formuli i induktiviteta jednoslojnih cilindričnih zavojnica po Nagaokinoj formuli).

U narednom bi izdanju bilo poželjno proširiti knjigu u području danas mnogo upotrebljavane tranzistorske tehnike, kao i tehnike magnetskih pojačala. Ujedno bi bilo interesantno unijeti, gdje god je to moguće, praktične vrijednosti električkih elemenata sklopa s eventualnim napomenama o njihovim tolerancijama, kao i alternative kod pojedinih sklopova. Naravno, to će zahtijevati veći obujam djela, ali će zato predstavljati kompletniji sastav.

Na kraju je nužno naglasiti da je oprema knjige (papir, tisak, raspored slika i teksta) jednako odlična kao i u svim drugim izdnjima ove poznate izdavačke kuće.

M. Vujnović, dipl. ing.

H. Edelmann: *Berechnung elektrischer Verbundnetze — Mathematische Grundlagen und technische Anwendungen.* Izdavač Springer Verlag Berlin/Göttingen/Heidelberg 1963, 282 strane, 79 slika, format 24 × 16,5 cm, cijena 44 DM.

Proračun električnih mreža u normalnom stanju i u kvaru vršio se do nedavna pomoću analognih računskih strojeva. Danas se međutim, prelazi sve više na upotrebu digitalnih računskih strojeva za koje je potrebno izgraditi odgovarajuće programe. Da se pak mogu izraditi programi računanja, potrebno je probleme matematski obraditi odgovarajućim metodama, koje upravo obrađuje ova knjiga.

Najprije su u prvom dijelu iznijeti osnovni pojmovi iz teorije mreža za stacionarne izmjenične struje kao npr. definicija predznaka toka struje, Ohmov zakon dvopola, prikazi kompleksnih veličina i pojam snage kod izmjenične struje.

U drugom dijelu se počinje s topografijom mreža sastavljenih od dvopola, a zatim se nastavlja prikazom različitih metoda računanja uz upotrebu matrica. Obuhvaćena je također i teorija dugih vodova. Ovaj dio završava obradom simetričnih i $\alpha\beta 0$- komponenata.

Treći dio knjige bavi se primjenom iznesenih metoda. Obrađene su metode proračuna stabilnosti trofaznih sistema i optimalne raspodjele opterećenja u vezanim sistemima.

U dodatku su obrađene matematičke definicije i operacije determinantama i matricama kod rješavanja linearnih jednadžbi.

Knjiga završava doknadnim shemama kojima se prikazuju različiti kvarovi u mreži pomoću simetričnih i $\alpha\beta 0$-komponenata.

Uz navedeni sadržaj svakako treba istaknuti vrlo bogat prikaz svjetske literature koja obrađuje materiju knjige.

Knjiga je dala vrlo sistematski prikaz prilično komplicirane materije iz teorije mreža. Prikazom i obradom matematskih metoda date su potrebne matematičke osnove za rješavanje problema mreža na digitalnim računskim strojevima.

B. Markovčić, dipl. ing.

STATISTIČKI ENERGETSKI IZVJEŠTAJ
ZA MJESECE RUJAN i LISTOPAD 1963.

Proizvodnja i razmjena električne energije SR Hrvatske

Mjeseci	Proizvodnja na generatoru MWh						Razmjena			Ukupno (5-9)
	Elektrane u sistemu		Industrijske elektrane		Ukupno		Slovenija	Bosna i Hercegovina	Mađarska	
	HE	TE	HE	TE	HE	TE				
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11. 1962.	163487	26638	1694	19248	165181	45886	26631	4438	— 3910	238226
12. 1962.	226207	27178	1987	14928	228194	42106	— 28048	36688	449	279389
Ukupno 1962.	1888431	233412	14945	189327	1903412	422739	490868	27809	— 39807	2805021
1. 1963.	254631	43118	2000	13479	256631	56597	— 50364	32044	— 2429	292479
2. 1963.	215270	60598	1535	13228	216805	73826	— 61278	50215	— 1737	277831
3. 1963.	225845	51341	1870	14197	227715	65538	— 45878	44033	— 6501	284907
4. 1963.	238659	22006	1867	11136	240526	33142	— 3675	8715	— 15694	263014
5. 1963.	161874	20652	1389	14895	163263	35547	49170	23339	— 17068	254251
6. 1963.	152132	29551	1591	13810	153723	43361	46280	26271	— 19382	250253
7. 1963.	101170	74661	847	14269	102017	88930	60906	4567	— 9617	246803
8. 1963.	119639	70772	659	16052	120298	86824	71400	— 14844	49	263727
9. 1963.	193928	37459	966	16734	194894	54191	46169	— 57806	17365	254813
10. 1963.	199165	56871	1145	25384	200310	82255	10701	— 11459	5864	287671
Ukupno 1 — 10. 1963.	1862313	467027	13869	153184	1876182	620211	123431	105075	— 49150	2675749

Pogonski pokazatelji elektrana SR Hrvatske za mjesece rujan i listopad 1963.

Obilježje elektrana		Naziv elektrane	Raspoloživa snaga MW	Proizvodnja u MWh			Indeks[1]			Iskorišćenje %[2]		Utrošak topline kcal/kWh	
				Rujan	Listopad	Od početka godine	Rujan	Listopad	Od početka godine	Rujan	Listopad	Rujan	Listopad
a		b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Elektrane u sistemu	HE	Vinodol-Fužine	78,9	9087	19359	89587	369,1	144,9	89,1	15,9	33,7	—	—
		Gojak	48,0	12955	13347	143581	668,1	1336,0	95,4	37,2	38,5	—	—
		Ozalj	5,1	2174	1832	20015	367,9	1152,2	113,5	59,1	50,0	—	—
		Kraljevac	67,0	49	139	97880	—	—	112,8	—	0,3	—	—
		Peruća	42,0	21516	12009	145005	165,9	319,5	144,7	72,0	40,0	—	—
		Split	108,0	140933	147439	1224492	139,2	162,5	135,7	90,6	91,8	—	—
		Manojlovac	20,5	9388	6872	110075	266,3	203,0	120,8	54,3	38,4	—	—
		Jaruga	5,5	3549	3143	35149	470,1	421,3	136,4	91,0	88,0	—	—
	TE	Zagreb TO	...	29176	43839	305971	—	825,6	...	...	...	...	...
		Zagreb	17,0	—	110	4993	—	1,8	81,6	—	...	—	...
		Jertovec	36,0	8299	11608	132810	40,3	48,3	89,3	28,9	39,2	4504	4118
		Vlaška	8,0	—	1314	16669	—	27,7	134,9	—	—	—	—
		Rijeka	7,2	—	—	4420	—	—	157,9	—	—	—	—
Industrijske elektrane	TE	Jugovinil, Split	17,4	1410	1491	15989	97,9	57,1	102,2	...	...	...	...
		Sladorana, Županja	3,6	—	4683	4683	—	182,2	110,3	—	...	—	...
		Jug. komb., Borovo	6,0	2010	2102	18560	150,1	94,3	101,9	...	...	...	...
		Željezara, Sisak	5,5	3310	3156	32124	93,3	89,6	98,4	...	...	...	...

1 Indeks u ovoj tabeli, kao i u svim narednim iskazan je u odnosu na 1962 = 100
2 Kod hidroelektrana iskazano je iskorišćenje vode, a kod termoelektrana iskorišćenje kapaciteta

Energetska bilanca SR Hrvatske za mjesece rujan i listopad 1963.

Elementi energetske bilance	Rujan		Listopad		Od početka god.		Indeks 1962 = 100		
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	Rujan	Listopad	Od početka godine
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proizvodnja elektrana u sistemu	238265	68,6	262879	75,0	2347344	71,4	155,9	167,6	139,1
Proizvodnja industrijskih elektrana	17700	5,1	26529	7,6	167053	5,1	93,6	125,5	100,4
Ukupna proizvodnja na generatoru	255965	73,7	289408	82,6	2514397	76,5	149,1	162,6	136,3
Nabava el. en. od susjed. zajednica	74052	21,3	53109	15,2	739180	22,5	63,4	51,4	88,9
Nabava el. en. iz inozemstva	17514	5,0	7795	2,2	31395	1,0	—	168,3	592,0
Ukupno raspoloživa električna energija	347531	100,0	350312	100,0	3284972	100,0	120,5	122,5	122,5
Vlast. potr. elektrana u sistemu	5992	1,7	7254	2,1	63574	1,9	152,7	137,3	189,1
Vl. potr. industrijskih elektrana	1770	0,5	2653	0,7	16705	0,5	93,6	125,5	106,4
Ukupno raspolož. na pragu elek.	339769	97,8	340405	97,2	3204693	97,6	120,2	122,2	121,8
(Dobava industr. elektrana sistemu)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(4358)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)
(Prag elektrana u sistemu)	(323839)	(93,2)	(316529)	(90,3)	(3058703)	(93,0)	(121,7)	(121,7)	(130,0)
Gubici prijenosa u sistemu	19370	5,6	25751	7,5	203687	6,2	122,5	127,0	146,0
Gubici razvoda u sistemu	. . .	. . .	. . .	. . .	102585	3,2	. . .	. . .	. . .
Ukupna predaja el. en. potrošačima	320399	92,2	314654	89,7	2898421	88,2	120,4	132,0	124,9
Od toga:									
Predano susjed. zajednicama	85688	24,6	53866	15,4	510673	15 9	139,8	118,1	144,9
Predano inozemstvu	149	0,1	1931	0,5	80546	0,3	2,8	69,9	193,4
Industrijska vlastita opskrba	15930	4,6	23876	6,8	150347	4,7	96,2	129,1	104,4
Potrošači u sistemu	218632	62,9	234981	67,0	2156855	67,3	119,5	137,0	121,0
Struktura potrošnje u sistemu / **Ukupna predaja potrošačima u sistemu = 100 %**									
Kućanstva (domaćinstva)	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Rasvjeta poslov. prostorija	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Rasvjeta društv. prostorija	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Motori i aparati	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Poljoprivredni motori	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Javna rasvjeta	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Preprodavaoci	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Ukupna potrošnja na malo	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Vodovod	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Gradska električna mreža	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Ukupna komunalna velepotrošnja	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Ugljenokopi	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Tvornice cementa	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Ostala opća velepotrošnja	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
kod elektrokemije	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)
kod elektrometalurgije	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)
kod ostalih	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)	(. . .)
Ukupna ostala velepotrošnja	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Karbid	11990	5,5	9026	3,8	114454	5,3	—	—	163,1
Aluminij	15773	7,2	15985	6,8	160897	7,5	96,6	97,3	100,3
Ostala elektrokemija	3524	1,6	3698	1,6	34437	1,6	95,3	157,5	103,2
(Ukupno elektrokemija)	(31287)	(14,3)	(28709)	(12,2)	(309788)	(14,4)	(156,3)	(152,6)	(109,7)
Ferolegure el. metalurgije	11486	5,3	11881	5,1	124164	5,8	173,0	222,4	125,1
Elektrotoplina	2271	1,0	2459	1,0	30406	1,4	71,1	74,2	102,6
Željeznička električ. vuča	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Melioracije	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Ukupna specijalna velepotrošnja	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .

Proizvodnja električne energije udružene elektroprivrede u SFR Jugoslaviji za mjesece rujan i listopad 1963.

Pokazatelj	Mjesec	SFRJ			Po socijalističkim republikama											
					Hrvatska		Srbija		Slovenija		BiH		Makedonija		Crna Gora	
		Ukupno	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE
Proizvodnja u GWh	9. 1963.	952	565	387	200	37	61	177	197	76	58	91	31	6	18	—
	10. 1963.	1071	592	479	205	186	77	57	137	128	72	100	43	8	58	—
Indeks na bazi	9. 1962.	117	135	99	158	143	87	127	129	61	153	96	96	73	6028	—
	10. 1962.	127	153	106	181	130	95	126	134	82	141	103	118	91	1967	—

Proizvodnja ugljena za mjesece rujan i listopad 1963.

Po podacima »Udruženih ugljenokopa« — sastavio ing. Franjo Sapač

Vrste ugljena — Područje — Poduzeće		Proizvodnja u tonama			Indeks 1962 = 100		
		Rujan	Listopad	Od početka godine	Rujan	Listopad	Od početka godine
a		1	2	3	4	5	6
Kameni — Istarski ugljenokopi Raša		70680	76600	720420	116,7	111,0	107,8
Mrki	Hrvatsko Zagorje: Golubovečki ugljen., Golubovec	4930	4950	54346	96,7	99,8	97,2
	Rudnik Pregrada	6002	6738	63750	103,4	103,5	110,0
	Ostali	5415	6012	50910	105,5	114,8	106,6
	Međimurje: Međimurski ugljenokopi M. Središće	13929	14571	135609	93,2	96,4	93,1
	Dalmacija: Rudnik Siverić	7807	8510	87455	76,2	79,1	86,1
	Ostali	428	407	4749	58,2	50,7	69,4
	Ostala područja	2065	2788	27943	78,7	89,4	92,2
	Svega mrki	40576	43976	424762	91,0	94,6	95,3
Lignit	Hrv. Zagorje: Ivanečko-Ladanjski ugljen., Ivanec	30201	31135	315715	95,7	94,4	98,6
	Zagorski rudnici, Konjščina	10042	9839	111086	64,4	61,0	—
	Rudnik lignita Poljanica	6084	5376	57909	—	—	—
	Ostali	1523	1650	19001	57,0	68,8	88,2
	Bilogora-Podravina: Bilogorski rudnici, Koprivnica	7259	7219	88024	72,5	70,2	90,5
	Ostali	3477	3239	41237	63,5	75,3	73,9
	Ostala područja	730	755	8279	—	59,6	106,8
	Svega lignit	59286	59213	641251	84,7	81,6	83,5
Ukupno sve vrste ugljena		170542	179789	1786433	97,4	95,6	94,9

Proizvodnja ugljena i koksa u SFR Jugoslaviji za mjesece rujan i listopad 1963.

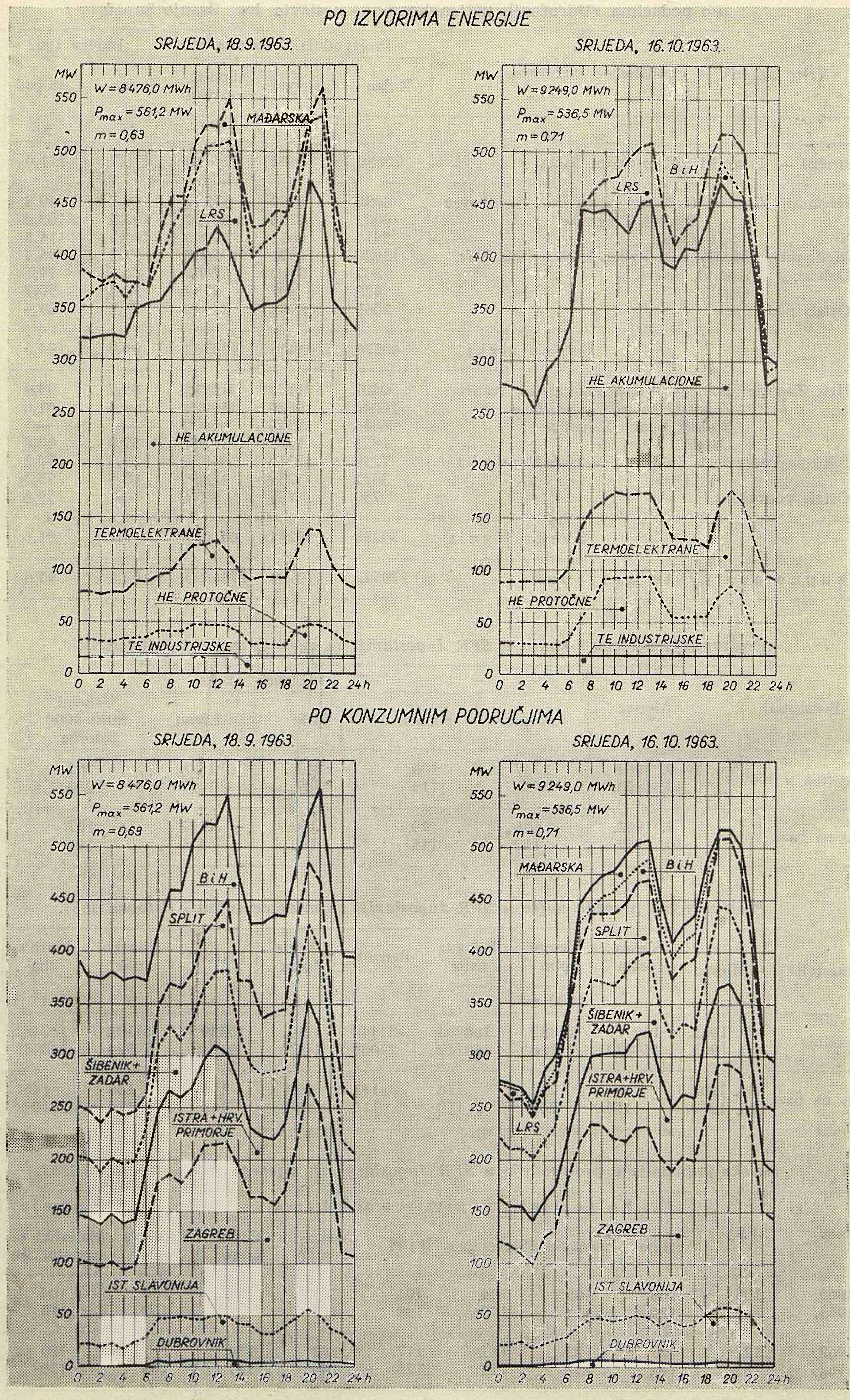
Pokazatelj	Mjesec	Ugljen i koks					
		Ukupno	Kameni	Mrki	Lignit	Uslovni mrki 4000 kalorija	Koks
Proizvodnja u 1000 t	9. 1963.	2237	106	812	1318	1762	91
	10. 1963.	2431	115	889	1427	1930	98
Indeks na bazi	9. 1962.	106	119	110	102	107	98
	10. 1962.	110	115	108	110	111	102

Proizvodnja i prerada nafte u SFR Jugoslaviji za mjesece rujan i listopad 1963.

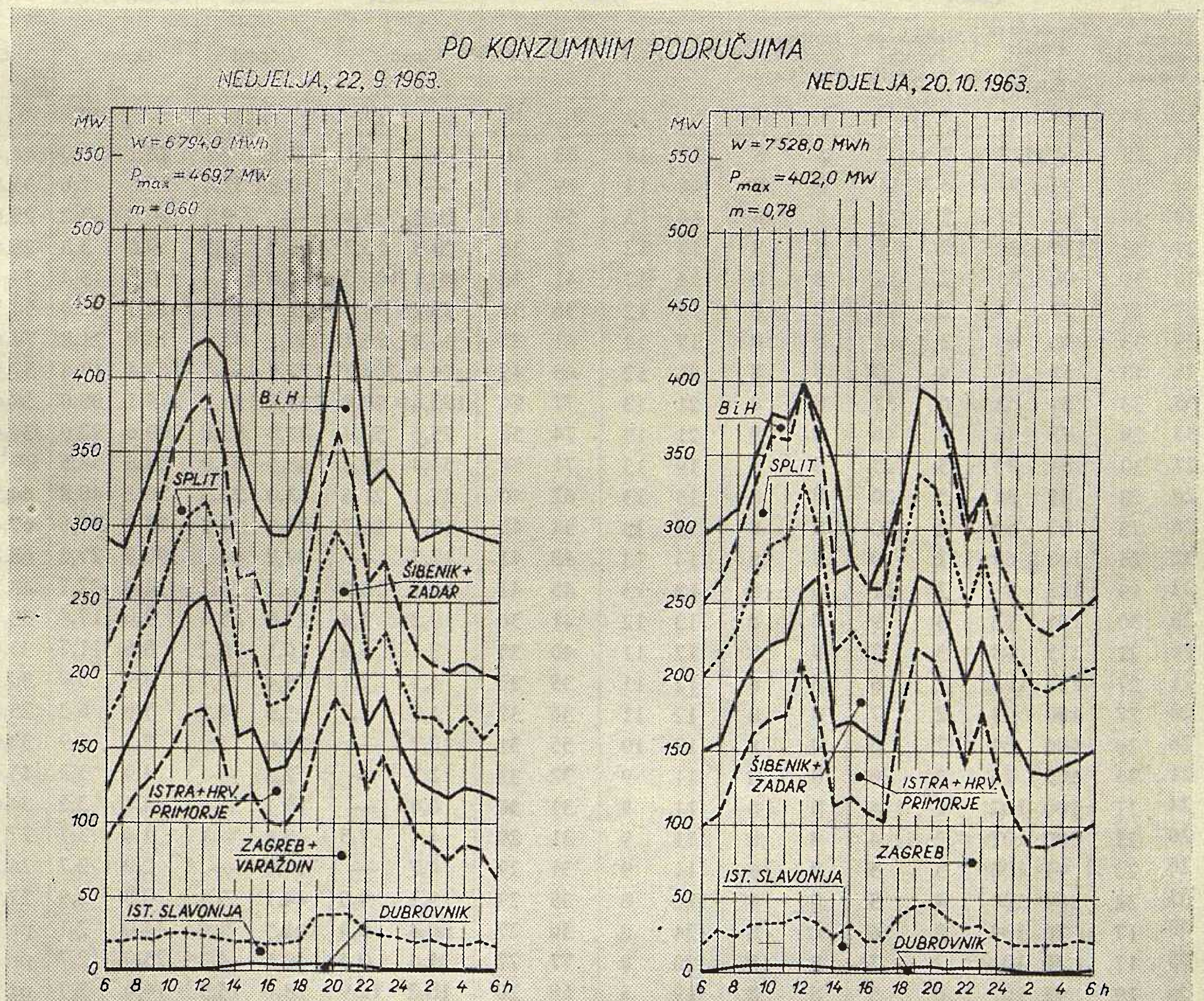
Pokazatelj	Mjesec	Sirova nafta	Zemni plin	Prerada nafte	Benzin	White špirit	Petrolej	Plinsko ulje	Maziva ulja	Ulje za loženje (mazut)
		t	1000 m³	t	t	t	t	t	t	t
Proizvodnja	9. 1963.	140711	16882	168794	31540	1131	10339	61102	10246	41302
	10. 1963.	150129	22586	160110	29039	1305	9194	54874	10054	42625
Indeks na bazi	9. 1962.	110	232	116	113	153	146	138	146	96
	10. 1962.	114	202	110	110	148	100	114	102	96

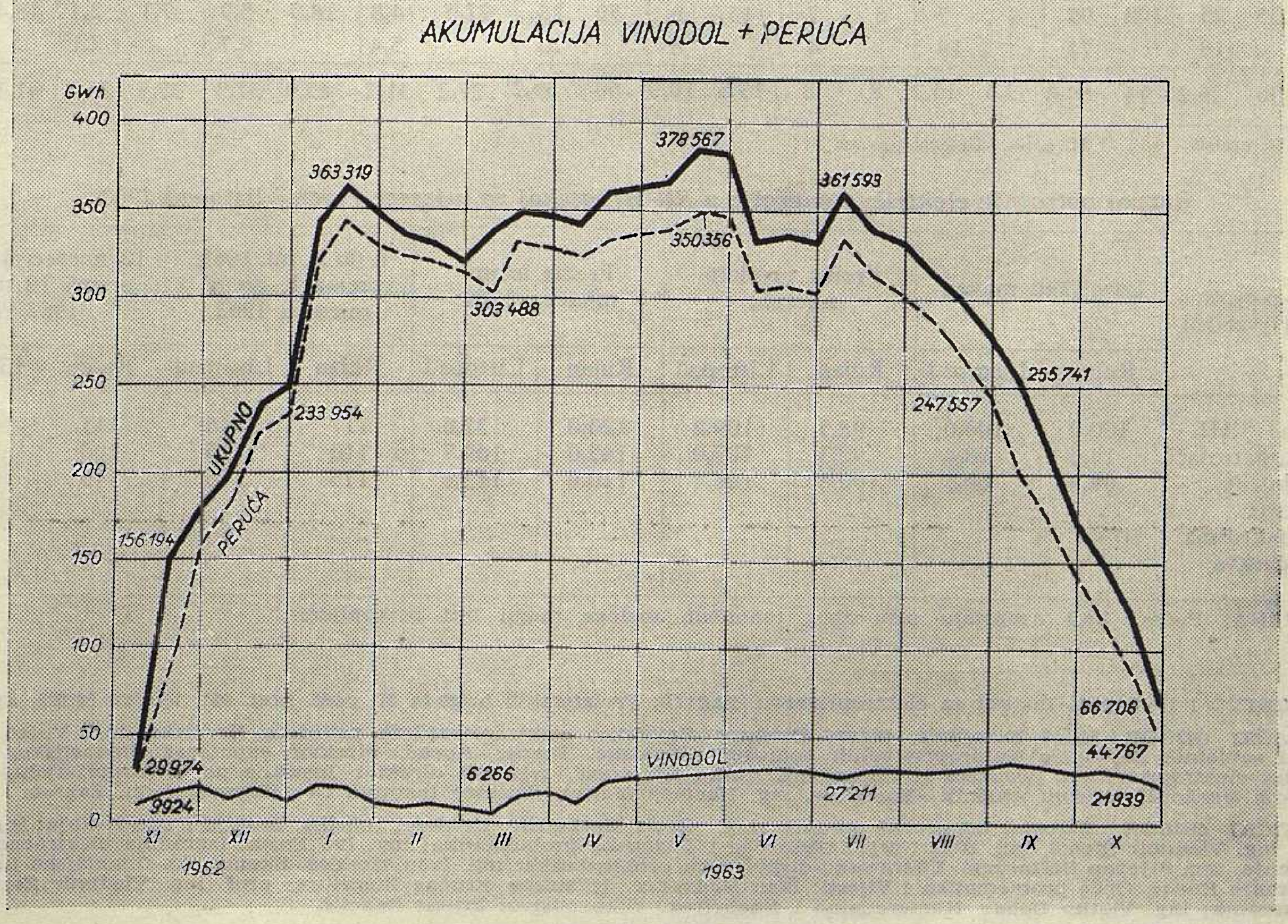
Indeks industrijske proizvodnje u SFR Jugoslaviji za mjesece rujan i listopad 1963.

Mjesec	SFRJ	Po socijalističkim republikama						Po namjeni		
		Srbija	Hrvatska	Slovenija	B i H	Makedonija	Crna Gora	Sredstva rada	Materijal za reprodukciju	Potrošna roba
9. 1963.	105	108	105	104	101	105	104	100	104	109
10. 1963.	114	121	113	109	108	107	86	107	110	123
9. 1962.	122	127	122	117	117	122	134	115	120	128
10. 1962.	133	142	131	126	126	140	147	130	129	141


PO IZVORIMA ENERGIJE
SRIJEDA, 18. 9. 1963.
W = 8 476,0 MWh
Pmax = 561,2 MW
m = 0,63
MAĐARSKA
LRS
HE AKUMULACIONE
TERMOELEKTRANE
HE PROTOČNE
TE INDUSTRIJSKE
SRIJEDA, 16. 10. 1963.
W = 9 249,0 MWh
Pmax = 536,5 MW
m = 0,71
B i H
LRS
HE AKUMULACIONE
TERMOELEKTRANE
HE PROTOČNE
TE INDUSTRIJSKE
PO KONZUMNIM PODRUČJIMA
SRIJEDA, 18. 9. 1963.
W = 8 476,0 MWh
Pmax = 561,2 MW
m = 0,63
B i H
SPLIT
ŠIBENIK + ZADAR
ISTRA + HRV. PRIMORJE
ZAGREB
IST. SLAVONIJA
DUBROVNIK
SRIJEDA, 16. 10. 1963.
W = 9 249,0 MWh
Pmax = 536,5 MW
m = 0,71
MAĐARSKA
B i H
SPLIT
ŠIBENIK + ZADAR
ISTRA + HRV. PRIMORJE
LRS
ZAGREB
IST. SLAVONIJA
DUBROVNIK
MW
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 h

TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 22. 9. 1963. i 20. 10. 1963.
AKUMULACIJA VINODOL i PERUĆA





Srednji dnevni protoci vode za mjesece rujan (9) i listopad (10) 1963. (m^3/sek)

Datum	Cetina								Krka				Lokvarka		Ličanka		Mrežn.-Dobra		Kupa	
	Dotok u akumulaciju Peruća		Ispust iz ak. Peruća Limn. Šilovka		Međudotok Peruća-Prančevići		Ispust iz ak. Prančevići u kor. Cetine		Manojlovac		Jaruga		Vinodol		Vinodol		Gojak		Ozalj	
	9.	10.	9.	10.	9.	10.	9.	10.	9.	10.	9.	10.	9.	10.	9.	10.	9.	10.	9.	10.
1	66	29	61	117	7	3	8	8	22	14	68	46	5,4	5,4	12,9	9,1	26,1	6,0	44,4	60,1
2	44	26	95	94	4	11	8	8	16	13	59	45	—	33,4	10,8	32,4	16,8	2,6	35,8	33,0
3	34	24	99	87	2	1	8	8	16	13	50	41	18,3	5,4	—	9,1	10,5	3,2	25,8	31,5
4	27	32	115	94	2	6	8	8	15	12	45	36	20,5	16,2	16,2	20,5	9,8	3,8	25,8	31,5
5	36	31	98	58	2	57	8	8	14	12	41	36	48,1	108,0	109,0	114,4	9,5	43,4	34,4	53,0
6	27	27	79	3	2	71	8	8	14	12	36	35	53,1	54,0	121,8	59,4	12,7	37,0	54,5	50,2
7	29	33	93	66	3	21	8	8	17	12	41	33	34,3	76,1	79,1	82,0	15,8	21,8	74,6	pr.
8	28	43	51	67	4	33	8	8	21	12	68	45	76,2	205,2	177,6	191,7	167,4	143,4	57,4	pr.
9	35	33	81	63	6	37	8	8	21	13	77	54	102,6	98,8	135,0	145,2	274,1	185,0	18,6	pr.
10	33	29	78	45	7	46	8	8	21	13	74	56	75,6	50,7	81,0	82,0	109,6	92,0	34,4	58,8
11	27	30	84	73	3	25	8	8	19	13	71	54	59,4	39,4	48,6	61,0	54,8	54,5	pr.[1]	66,0
12	26	28	81	84	5	20	8	8	15	13	62	40	27,1	21,6	63,0	24,3	36,2	48,8	64,5	68,8
13	26	28	97	69	2	20	8	8	15	13	54	45	19,4	16,7	44,8	27,5	25,2	34,6	67,4	61,7
14	32	25	110	69	2	10	8	8	14	13	48	41	17,5	—	39,2	—	190,9	27,0	68,8	57,4
15	33	19	113	86	2	11	8	8	13	13	45	41	16,7	16,2	16,2	23,7	14,0	22,7	48,7	44,4
16	26	30	105	92	3	9	8	8	13	12	41	36	10,2	5,4	23,8	5,4	9,0	17,4	38,7	35,8
17	26	21	115	98	3	7	8	8	12	11	40	35	7,1	5,4	16,1	10,2	8,6	11,7	33,0	34,4
18	21	27	117	108	2	8	8	8	12	11	35	33	4,5	2,7	8,4	3,7	5,9	8,0	30,1	25,8
19	20	27	100	93	2	7	8	8	12	11	36	32	1,9	2,7	3,5	4,3	5,6	6,3	25,8	30,1
20	26	26	106	69	2	6	8	8	12	10	35	31	12,2	—	26,6	3,2	5,7	5,9	33,0	24,3
21	21	26	103	75	2	6	8	8	11	9	32	31	1,5	—	2,8	—	4,9	5,2	43,0	17,2
22	24	27	100	102	2	4	8	8	11	9	31	30	6,6	—	15,1	—	4,4	3,2	34,4	20,0
23	26	25	100	107	2	4	8	8	11	9	31	29	4,1	7,5	9,4	—	4,4	3,7	27,2	20,0
24	26	20	97	106	3	5	8	8	11	9	31	29	4,7	—	10,9	—	2,9	2,7	24,3	14,3
25	23	22	104	104	4	5	8	8	12	8	35	29	19,3	4,8	44,1	5,9	0,8	2,9	22,9	14,3
26	49	17	76	103	7	6	8	8	24	8	56	27	60,4	5,4	101,5	7,0	44,0	2,1	pr.	14,4
27	35	17	75	101	7	7	8	8	20	8	77	27	21,4	0,5	40,5	4,3	25,0	2,7	pr.	18,6
28	28	19	93	107	6	5	8	8	19	8	68	26	16,2	12,9	28,6	13,5	16,6	2,7	pr.	14,3
29	24	19	91	115	6	2	8	8	18	8	62	26	16,2	5,4	25,3	13,5	8,1	2,4	51,6	14,3
30	23	25	103	95	4	7	8	7	15	8	50	26	27,5	4,8	18,3	5,9	7,1	2,4	48,4	14,3
31		18		74		19		4		8		26		5,4		9,7		2,1		14,3
M. p.[2]	30	26,2	94	84,8	3,6	15,2	8	8	15,5	10,9	50	36,2	27,2	31,2	45,9	37,3	37,5	26,0	41,1	33,7

[1] pr. = preljev [2] M. p. = Mjesečni prosjek

Razvoj potrošnje električne energije u SR Hrvatskoj za mjesece rujan i listopad 1963.

Bruto-potrošnja u SR Hrvatskoj	Izvještajni mjesec		Prema prošlom mjesecu		Prema istom mjesecu 1962.		I. do X. mj. 1963. prema I. do X. mjesecu 1962.		12 mjeseci 1963/62. prema 12 mjeseci 1962/61.	
	Rujan	Listopad	Rujan	Listopad	Rujan	Listopad	Rujan	Listopad	Rujan	Listopad
Ukupno SRH	100,0	100,0	98,5	109,2	120,0	122,6	117	118	115	116
Direkt. potrošači	18,6	18,4	92,3	107,0	145,0	169,7	110	115	100	105
Distribucija	69,8	69,5	100,8	106,4	110,6	112,8	115	115	115	115
Industrija	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Opća potrošnja	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Domaćinstva	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

NAPOMENA: Podaci koji nedostaju nisu zbog tehničkih razloga mogli biti prikupljeni

UREDNIŠTVO I UPRAVA. Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37, pošt. pret. 451, telefon 53-822, kućni 452.

IZDAVAČKI ODBOR. Miloš *Damjanić*, glavni direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Horvat*, tehnički savjetnik Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Franjo *Kovač*, direktor ekonomsko-financijskog sektora Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Brajnović*, tehnički direktor Instituta za elektroprivredu, Zagreb, ing. Boris *Markovčić*, glavni urednik »Energije«, ing. Herman *Mattes*, direktor Instituta za elektroprivredu, Zagreb.

UREDNIČKI ODBOR. Glavni i odgovorni urednik: ing. Boris *Markovčić*. *Urednici rubrika.* Studije i istraživanja: ing. Jakob *Lucati*, ing. Vladimir *Štengl*, ing. Blaž *Uzelac*. Tehnička i pogonska problematika: ing. Ivo *Božin*. Izgradnja elektroenergetskih postrojenja: ing. Stjepan *Reštarević*. Energetsko-dispečerska problematika: ing. Ivan *Tkalčec*. Ekonomsko-financijska problematika: Franjo *Kovač*. Opća problematika i Vijesti: Ivan *Medvedec*. Iz strane stručne literature: prof. ing. Vladimir *Žepić*. Tehnički urednik: ing. Vlatko *Dabac*. Komercijalno i financijsko rukovodstvo: Ernest *Radetić*.