

# POTENCIJALNI PROBLEMI U PRIJENOSNOJ MREŽI HRVATSKE I NJIHOVO RJEŠAVANJE U PREDSTOJEĆEM KRATKOROČNOM RAZDOBLJU

Goran Jerbić – Ante Ćurić, Zagreb

UDK 621.316.1:621.311.1  
PREGLEDNI ČLANAK

U članku se analiziraju problemi u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede i mogućnosti njihovog rješenja u budućem trogodišnjem razdoblju. Prema Zakonu o tržištu električne energije NN br. 68 (članak 12. stavak 1.) od 2001. godine "Operator sustava u suradnji s energetske subjektom za prijenos električne energije, uz prethodnu suglasnost Vijeća za regulaciju, donosi plan razvoja i izgradnje prijenosne mreže za razdoblje do tri godine". Za potrebe analize i procjene potrebnog pojačanja mreže, prijenosna mreža je modelirana na računskom stroju za očekivano stanje maksimalnog opterećenja 2002. i 2005. godine. Dan je osvrt na postojeću konfiguraciju prijenosne mreže Hrvatske i planiranu izgradnju do 2005. godine. Utvrđene su slabe točke u prijenosnoj mreži koje mogu biti potencijalni uzrok većih poremećaja. Dane su korektivne akcije, pogonske preporuke kao i nužna dogradnja sustava. Posebno je naglašen utjecaj predstojeće izgradnje TS Žerjavinec i TS Ernestinovo.

**Ključne riječi:** estimacija stanja, kratkoročno razdoblje, model EES-a, prijenosna mreža Hrvatske, programski paket DAM, proračun tokova snaga, sekcionirana mreža, vršno opterećenje.

## 1. UVOD

U uvodu je opisano zatečeno stanje u prijenosnoj mreži Hrvatske krajem 2001. godine na osnovi kojeg je formiran model za 2002. godinu. U prijenosnoj mreži u pogonu je od 26. studenog 1999. godine je 400 kV vod Žerjavinec – Heviz (jedna trojka). Novi dvosistemski vod 2 x 400 kV Žerjavinec – Heviz svakako je najznačajniji prijenosni objekt izgrađen i pušten u pogon (jedna trojka) posljednjih godina. Od Veleševca do TS Žerjavinec također je izgrađen novi dvosistemski 400 kV vod. U Veleševcu je presječen postojeći 400 kV vod Tumbri – Ernestinovo i spojen s dvostrukim vodom Veleševac – Žerjavinec. Jedna trojka tog novog dvosistemskog 400 kV voda povezana je na dionicu postojećeg voda Tumbri – Ernestinovo do Tumbra, a druga trojka povezivat će Žerjavinec i Ernestinovo.

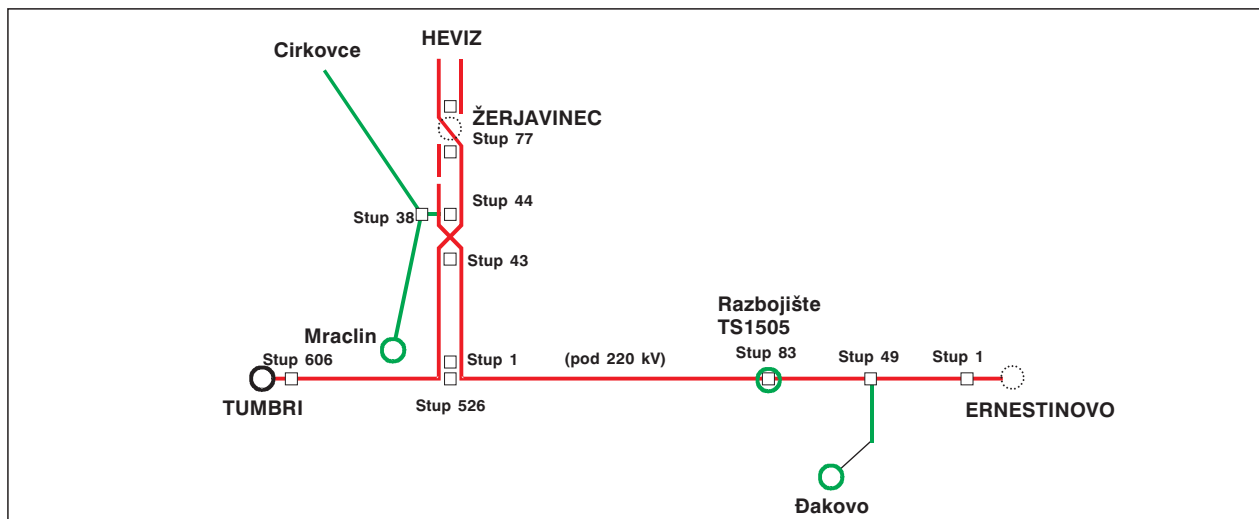
Privremeno napajanje Slavonije izvedeno je s voda Mraclin – Cirkovce pomoću "T" odcjeka na stupu br. 38 na koji se veže druga trojka budućeg 400 kV voda Žerjavinec-Ernestinovo u pogonu pod naponom 220 kV. Privremenom dogradnjom 220 kV voda od stupa 38 do TS Đakovo i povezivanjem na dionicu 110 kV voda Ernestinovo – Đakovo osigurava se napajanje Slavonije. Mreža 110 kV na užem zagrebačkom području je povezana kako bi se povećala sigurnost zagrebačkog područja (nesekcionirana). U vrijeme vršnih opterećenja u 110 kV mreži užeg zagrebačkog područja javljaju se povećani tokovi od Tumbra prema Mraclinu

budući da su mreže 400 i 220 kV na zagrebačkom području spregnute preko mreže 110 kV. Opterećenje 110 kV vodova Tumbri – Mraclin 1 i 2 bitno ovisi i o trenutnom pogonu TE-TO Zagreb i bloka TE Sisak na 110 kV. Eventualni kvarovi koji bi se u stanjima vršnih opterećenja mogli pojaviti u mreži 110 kV, mogli bi izazvati širenje kvara i prekid opskrbe šireg zagrebačkog područja i sjeveroistočnog dijela Hrvatske. Budući da na zapadnom dijelu Zagreba i okolice postoji samo jedna pojna točka za 110 kV mrežu (TS Tumbri) mogući su prekidi opskrbe u slučaju prorade zaštite sabirnica 110 kV u TS Tumbri, ili havarije u 110 kV postrojenju u TS Rakitje.

Na splitskom području vod 400 kV Konjsko – Mostar je još uvijek u pogonu pod naponom 220 kV zbog potrebe ponovne izgradnje 400 kV dijela postrojenja Mostar 4 uništenog tijekom ratnih operacija u susjednoj Bosni i Hercegovini. Na splitskom području izvan pogona je bio 110 kV vod Trogir – Bilice, koji se zbog malog presjeka i slabe pouzdanosti (starosti) često preopterećuje i učestalo ispada.

U vrijeme vršnog opterećenja izvan pogona je bio i vod Ston – Komolac (17.12.2001 godine u 18. sati). HE Dubrovnik je radila radijalno napajajući Komolac, koji je 110 kV vodom Komolac – Trebinje bio vezan na Trebinje u susjednoj Bosni i Hercegovini.

Na osječkom području vod 400 kV Tumbri – Ernestinovo u pogonu je pod 220 kV kao vod Mraclin – Cirkovce "T" odcjep (Žerjavinec) – Đakovo. Ernesti-



Slika 1. Rasplet 220/400 kV vodova "Žerjavinec". Na stupu br. 38 voda 220 kV Mraclin – Cirkovce formiran je "T" odcjep na koji je priključena jedna trojka voda (Veleševac) Žerjavinec – Heviz kojom se preko preostale dionice 400 kV voda Tumbri – Ernestinovo napaja Slavonija pod naponom 220 kV.

novo je u potpunosti srušeno i izvan pogona, pripremljeno za izgradnju nove 400 kV stanice. Stanica 220 kV Đakovo napaja se i iz susjedne Bosne i Hercegovine 220 kV vodom Đakovo – TE Tuzla. Vezom 110 kV Županja – Orašje napaja se dio Bosanske Posavine u susjednoj Bosni i Hercegovini. Vodom 110 kV Siklos – D. Miholjac osigurava se napajanje iz susjedne Mađarske prebacivanjem dijela opterećenja na mađarski elektroenergetski sustav.

Na riječkom području izvan pogona je bio 110 kV vod Lički Osik – Gračac. Trasa ovog voda bila je dijelom minirana pa njegovo puštanje u pogon ovisi o planiranoj dinamici razminiranja trase. U petom mjesecu 2003. godine 110 kV obnovljeni vod Lički Osik – Gračac pušten je u pogon.

## 2. MODEL PLANIRANOG STANJA 2002. GODINE

Za utvrđivanje opterećenja po 110 kV čvorištima korišteno je arhivirano stanje sustava 200112171-73041UT.ARH. Na temelju navedenog zapisa iz arhive, stanje elektroenergetskog sustava rekonstruirano je programom za estimaciju stanja iz programskog paketa za Dispečersku analizu mreže (DAM).

Potrošnja Hrvatske u 18-tom satu 17.12.2001. godine utvrđena je na temelju ostvarene proizvodnje u Hrvatskoj i zabilježene razmjene sa susjednim sustavima:

Na temelju dostupnih podataka procijenjeno je: ukupno opterećenje elektroenergetskog sustava na razini prijenosne mreže (opterećenje + gubici), proizvodnja po prijenosnim područjima i pojedinim proizvodnim jedinicama, razmjena električne energije sa susjednim elektroenergetskim sustavima te raspodjela opterećenja po čvorovima prijenosnih područja za stanje vršnog opterećenja sustava ostvarenog 17.12.2001. godine u 18. satu.

Referentni model elektroenergetskog sustava i prijenosne mreže 2002. godine temeljen je na podacima ostvarenim u 2001. godini (tablica 1).

## 3. POTENCIJALNI PROBLEMI NA MODELU PLANIRANOG STANJA U MREŽI ZA 2002. GODINU (PRIMJENA N-1 KRITERIJA)

### 3.1. Ispadi vodova

#### Zagreb

Potencijalni ispad voda 400 kV Tumbri – Heviz mogao bi preopteretiti dio 220 kV mreže u Austriji (5 vodova) i 220 kV vezu između Slovenije i Austrije (Podlog – Obersielach), uz niske napone u sjevernoj Italiji. U našoj mreži ne bi se pojavila preopterećenja niti nedopušteno niski naponi. Ovaj problem kao i tokovi u petlji (loop-flow) koji se zatvaraju iz Austrije dosta opterećuju prijenosnu mrežu Slovenije. Zbog izrazitih tokova u petlji često se pribjegava otvaranju 220 kV voda Kleče – Divača i 400 kV voda Beričevo – Divača. Treba naglasiti da i sama NE Krško znatno doprinosi zatvaranju kružnih tokova na potezu NE Krško – Tumbri – Melina – Divača što je dodatno potencirano ulaskom u pogon 400 kV voda Heviz – Tumbri. Nakon ugradnje transformatora 400/110 kV 300 MVA u NE Krško (u rujnu 2002. godine) smanjeni su tokovi iz NE Krško prema Tumbri za 100 – 200 MW. Navedeni mogući problemi zahtijevali bi detaljniju analizu stanja u susjednim sustavima i prijenosnoj mreži Austrije.

Pri potencijalnom ispadi voda 400 kV Tumbri – Melina Slika 3. preopteretile bi se obje trojke dvosistemske 110 kV voda Tumbri – Mraclin (za 8 %). Daljnjim ispadom dvosistemske voda Tumbri – Mraclin preopteretili bi se vodovi Botinec – TE-TO Zagreb (17 %), Resnik – TE-TO Zagreb (8 %), Tumbri – Rakitje I i II

Tablica 1. Vršno opterećenje sustava, proizvodnja i razmjena električne energije ostvarena 17. 12. 2001. godine u 18. satu

Opterećenje		Proizvodnja		Razmjena		
		MW	Mvar			
Opterećenje	2708 MW			Heviz – Tumbri	768 MW	
Gubici	90 MW	EL-TO Zagreb	34	17	Šikloš – D.Miholjac	45 MW
Ukupno	<b>2798 MW</b>	HE Čakovec	29	9	<b>Mađarska</b>	<b>813 MW</b>
Proizvodnja	2039 MW	HE Đale	15	6	Formin – Nedeljanec	57 MW
Razmjena	760 MW	HE Dubrava	20	8	Cirkovce – Mraclin	68 MW
Ukupno	<b>2799 MW</b>	HE Dubrovnik	102	15	Krško – Tumbri	1 176 MW
Proizvodnja	<b>2039 MW</b>	HE Gojak	23	15	Krško – Tumbri	2 181 MW
Uvoz iz UCTE-a	698 MW	HE Gojak Miljacka	16	0	Melina – Divača	-419 MW
Uvoz iz BiH	59 MW	HE Kraljevac	4	9	Pehlin – Divača	-177 MW
Ukupno	<b>2796 MW</b>	HE Obrovac	84	6	Matulji – I.Bistrica	-41 MW
		HE Orlovac	67	20	Buje – Koper	-8 MW
		HE Peruča	41	7	<b>Slovenija</b>	<b>-163 MW</b>
		HE Senj	134	25	<b>UCTE ukupno</b>	<b>650 MW</b>
Zagreb	1189 MW	HE Varaždin	53	20	Tuzla – Đakovo	121 MW
Rijeka	477 MW	HE Zakućac	313	68	Županja – Orašje	-13 MW
Split	676 MW	PE Jertovec	29	0	D.Lapac – K.Vakuf	-50 MW
Osijek	366 MW	PE Osijek	20	20	Konjsko – Mostar	4 60 MW
Hrvatska	<b>2708 MW</b>	EL-TO Zagreb PE	50	38	Zakućac – Mostar	28 MW
		TE Jertovec	10	0	<b>BiH</b>	<b>146 MW</b>
		TE Osijek	14	20	<b>Razmjena</b>	<b>796 MW</b>
		TE Plomin 2	186	40		
		TE Rijeka	270	185		
		TE Sisak 1	184	51		
		TE Sisak 2	173	62		
		TE-TO Zagreb	99	93		
		TE-TO Zagreb PE	69	24		
		<b>Ukupno</b>	<b>2039</b>	<b>632</b>		

Napomena: Postoji određena razlika u podacima o razmjeni po vodovima sa susjednim EES-ima između podataka u koloni "Opterećenje" (trenutačne vrijednosti) i "Razmjena po vodovima" (trenutačne vrijednosti i očitavanja brojila) budući da nisu svi podaci iz istog izvora s obzirom da sustavom za arhiviranje stanja nisu obuhvaćeni svi vodovi razmjene

(7 %) i Botinec – Sopot (4 %). Potencijalni ispad 400 kV voda Tumbri – Melina mogao bi uzrokovati cijepanje 110 kV mreže na području Zagreba i može biti kritičan po sigurnost sistema. Po ispadi dvosistemske 110 kV voda Tumbri – Mraclin mrežu 110 kV na zagrebačkom području treba zbog preopterećenja sekcionirati stavljanjem izvan pogona vodove Botinec – TE-TO Zagreb, Botinec – Sopot, Rakitje – TE-TO Zagreb, ali i vodova Podsused – Zabok, Tumbri – Pokuplje i Rakitje – Švarča koji se sekcioniranjem zagrebačke 110 kV mreže preopterećuju.

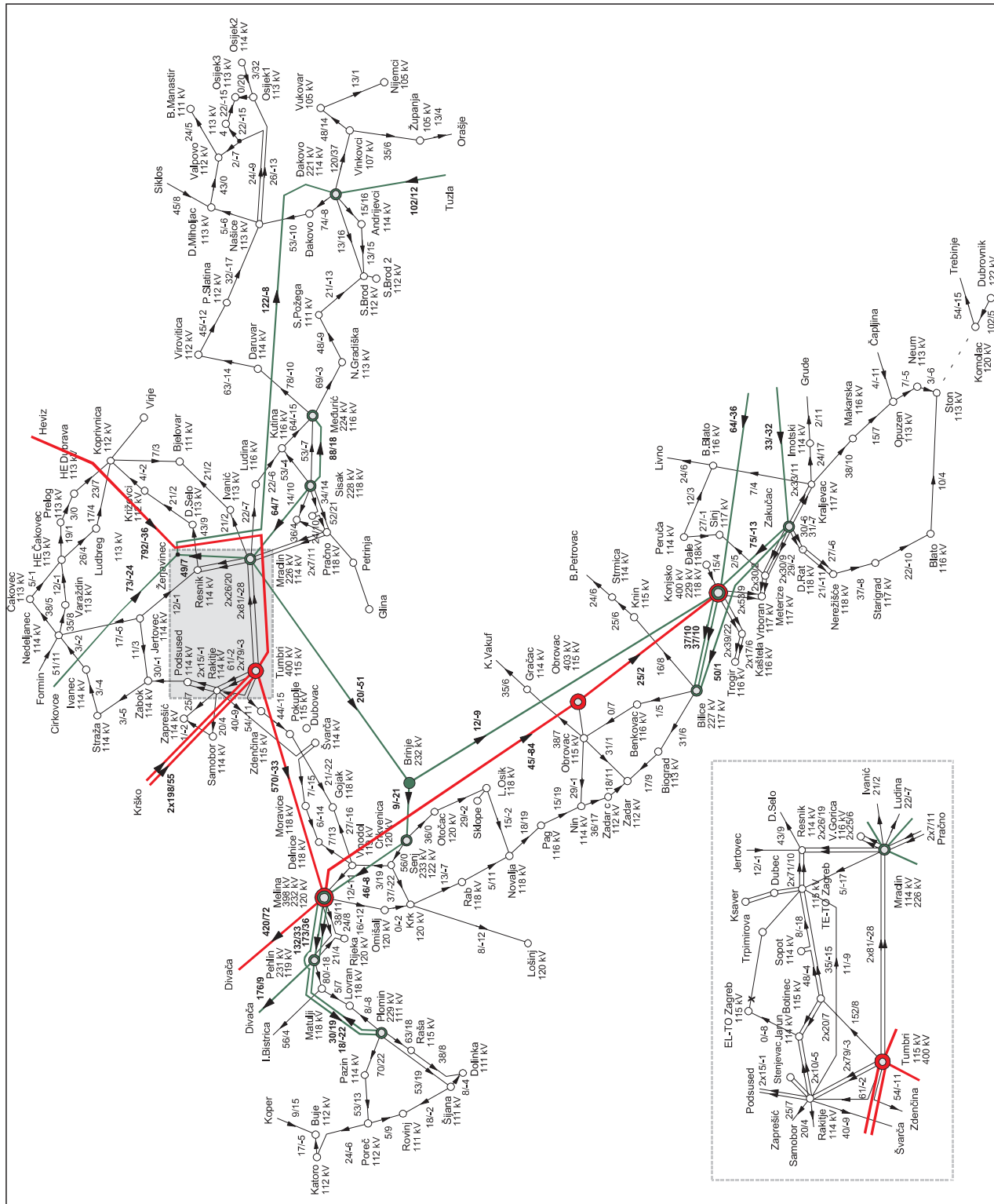
Pri potencijalnom ispadi voda 220 kV Cirkovce/Mraclin – Đakovo (Slika 4.) preoptereti bi se 110 kV vodovi na potezu Međutić – Daruvar – Virovitica s vodičima 150 mm<sup>2</sup> Al/Če (osim uvida u Daruvar koji je 240 mm<sup>2</sup> Al/Če). Napomenimo da je na modelu bilo nužno formirati čvor Žerjavinec na mjestu spoja 220 kV voda Mraclin – Cirkovce (stup 38) i trojke 400 kV dionice Veleševac – Žerjavinec (stup 44) premda u stvarnosti stanica Žerjavinec još nije puštena u pogon. Modelirano stanje ispada Žerjavinec – Đakovo u stvarnoj mreži odgovaralo bi slučaju da isklopi prekidač u Đakovu. Daljnjim ispadom 110 kV voda Međurić – Daruvar preopterećuje se 110 kV potez Đakovo grad – Našice (74 %), Đakovo – Đakovo grad (42 %), N. Gradiška – S. Požega (37 %), Međurić – N. Gradiška

(17 %) i S. Brod – S. Požega (7 %). Potencijalnim daljnjim ispadom 110 kV voda Đakovo grad – Našice stvara se otok i urušava prijenosna 110 kV mreža na području Slavonije.

Potencijalnim ispadom 110 kV voda Međurić – N. Gradiška preoptereti bi 110 kV vod Međurić – Daruvar (6 %). Daljnjim ispadom 110 kV voda Međurić – Daruvar preopterećuju se vodovi na potezu Đakovo grad – Našice (64 %) i Đakovo – Đakovo grad (34 %). Ponavlja se situacija iz ispada Žerjavinec – Đakovo. Pogonski naponi u radialno napajanim TS 110 kV su ispod dozvoljenih vrijednosti.

Potencijalni ispad voda 110 kV N. Gradiška – S. Požega opteretio bi 110 kV vod Međurić – Daruvar do termičke granice. Daljnjim ispadom 110 kV voda Međurić – Daruvar preoptereti bi se vodovi na potezu Đakovo – Đakovo grad – Našice kao u slučaju ispada Žerjavinec – Đakovo.

Ispadom jedne trojke dvosistemske 110 kV voda Resnik – TE-TO Zagreb opterećuje se druga trojka koja ostaje u pogonu do termičke granice. Druga trojka može ispasti bez opasnosti od daljnjih preopterećenja i ispada elemenata prijenosne mreže, ali se bitno mijenjaju tokovi snaga od TE TO Zagreb prema susjednim 110 kV stanicama.



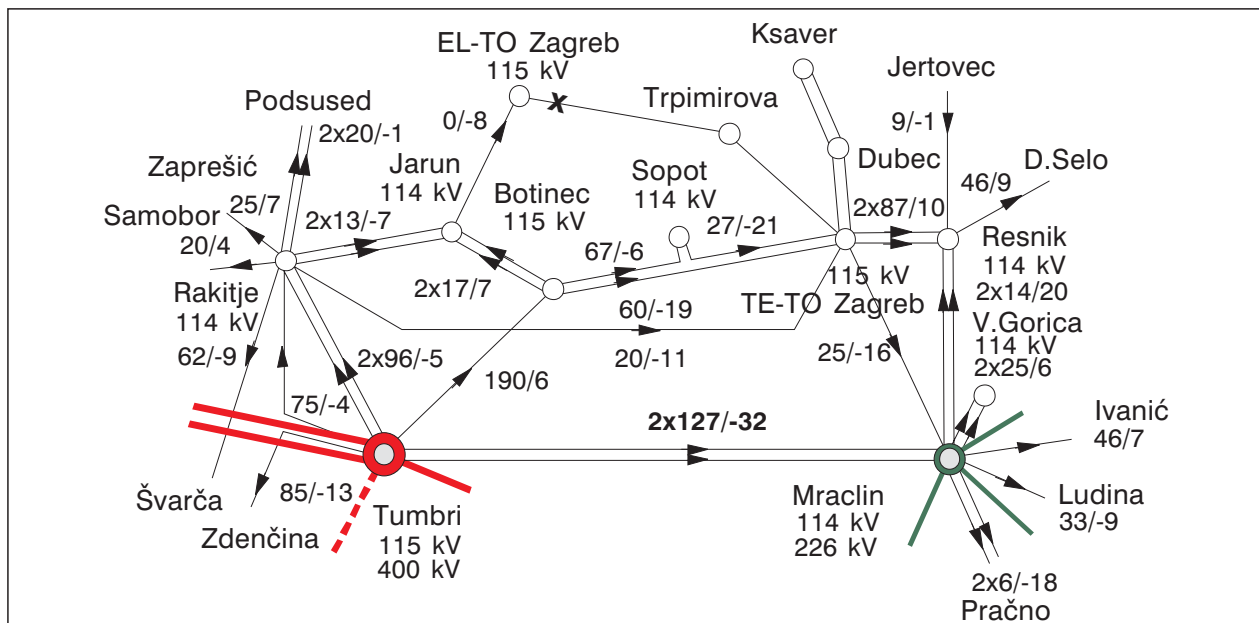
Slika 2. Model elektroenergetskog sustava za stanje vršnog opterećenja od 2796 MW (opterećenje+gubici) ostvarenog 17. 12. 2001. godine u 18-tom satu

Napomena: Opterećenja radialno napajanih transformatorskih stanica reducirana su na čvorove iz kojih se napajaju.

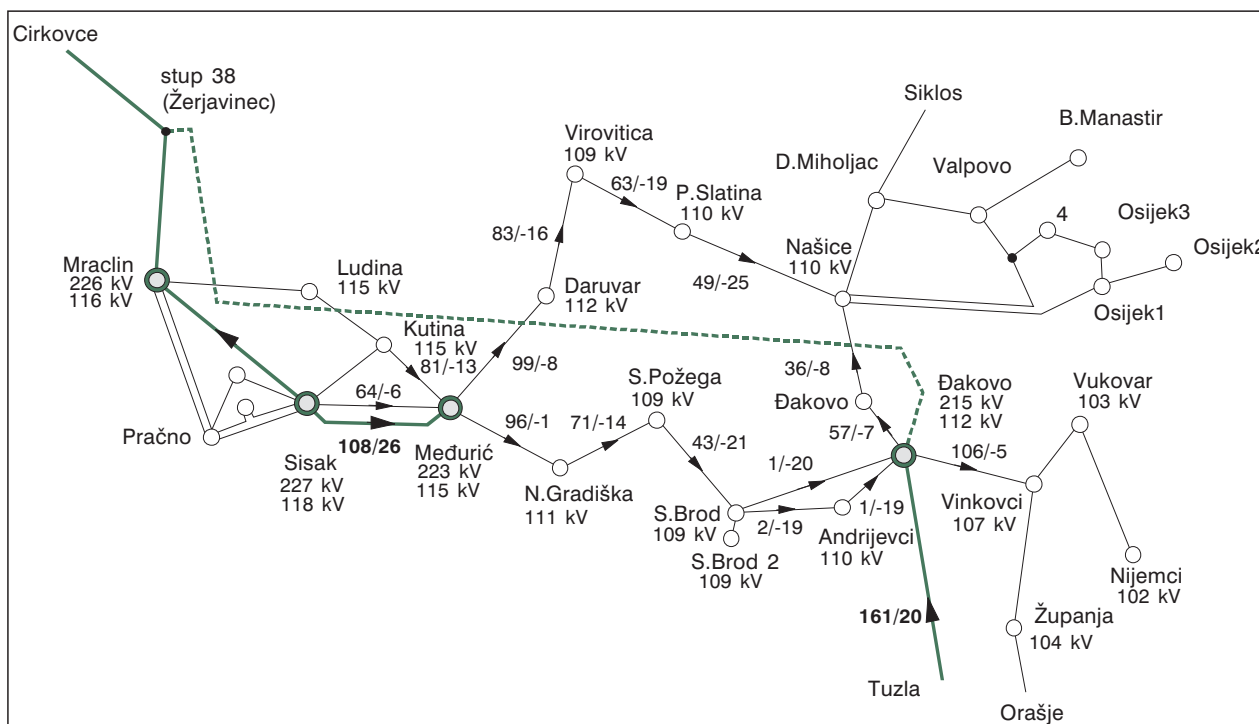
**Rijeka**

Potencijalni ispad voda 400 kV Melina – Divača uzrokovao bi preopterećenje 220 kV voda Divača – Padriciano (za 8 %) koji povezuje Sloveniju i Italiju.

Potencijalni ispad voda 110 kV Dolinka – Raša visoko bi opteretio 110 kV vod TE Plomin – Šijana (oko 95 %). Daljnjim ispadom voda TE Plomin – Šijana preopteretio bi se vod TE Plomin – Pazin (34 %), zatim Pazin



Slika 3. Ispadom 400 kV voda Tumbri – Melina preopterećuje se dvosistemska 110 kV vod Tumbri – Mracilin, što vodi cijepanju 110 kV mreže na zagrebačkom području



Slika 4. Ispadom 220 kV voda Cirkovci – Mracilin – Đakovo preopterećuju se 110 kV vodovi Međurić – Daruvar i Daruvar – Virovitica. Njihovim ispadom preopterećuju se 110 kV vodovi na potezu Đakovo – Đakovo grad – Našice što vodi slomu 110 kV mreže na području Slavonije.

– Poreč (19 %) i Poreč – Rovinj (16 %) što vodi u naponski slom prijenosne mreže na području Istre.

Ispad voda 110 kV Matulji – Pehlin mogao bi visoko opteretiti transformaciju 220/110 kV u Divači, u slučaju kada je jedan transformator u pogonu. Jednako tako ispad 110 kV voda Matulji – I. Bistrica preopteretio bi transformator u Divači (6 %). Budući da su u

Divači instalirana dva transformatora 220/110 kV, u normalnom pogonu ovi ispadi neće uzrokovati preopterećenja. U ovoj situaciji visoko je opterećen i vod TE Plomin – Raša (74 %).

Potencijalnim ispadom voda 110 kV TE Plomin – Šijana preopteretio bi se paralelni 110 kV vod TE Plomin – Raša (16 %) i vod 110 kV Raša – Dolinka (16 %).



Potencijalnim ispadom i tog voda preopteretili bi se 110 kV vodovi TE Plomin – Pazin (62 %), Poreč – Rovinj (51 %), Pazin – Poreč (44 %) i Rovinj – Šijana (19 %).

Ispadom voda Raša – TE Plomin preopteretio bi se 110 kV vod TE Plomin – Šijana (19 %). Potencijalnim ispadom i tog voda preopteretio bi se vod TE Plomin – Pazin (62 %), Poreč – Rovinj (51 %), Pazin – Poreč (44 %) i Rovinj – Šijana (19 %) kao i u slučaju ispada voda TE Plomin – Šijana.

### Split

Potencijalnim ispadom 110 kV voda Bilice – Knin ostaje Knin preko EVP Strmice vezan na B. Grahovo. U toj situaciji moguća je pojava nižih napona na proizvodnim jedinicama HE Golubić i HE Miljacka.

Ispadom 110 kV voda HE Kraljevac – Imotski opterećenje transformacije 220/110 kV u Mostaru 4 dostiže termičku granicu jedne transformatorske jedinice. Istu situaciju imamo i u slučaju ispada 110 kV voda HE Kraljevac – Makarska.

Ispadom 110 kV voda Nerežišće – Starigrad također se visoko opterećuje transformacija 220/110 kV u Mostar 4 ako je samo jedan transformator u pogonu.

Ispadom 110 kV voda Split 3 – Sučidar preopterećuje se vod 110 kV Sučidar – Vrboran (12 %), a jednako tako i ispadom 110 kV voda Sučidar – Vrboran preopterećuje se vod Vrboran – Split 3 (12 %).

### Osijek

Pri ispadu 220 kV voda Đakovo – Tuzla visoko se opterećuje 110 kV Međurić – Daruvar (99 %). Ovaj ispad kritičan je za Slavoniju jer se ispadom 110 kV voda Međurić – Daruvar preopterećuju vodovi Đakovo – Đakovo grad (49 %) i Đakovo grad – Našice (82 %), kao i 220 kV vod Žerjavinec (stup) – Đakovo (6 %). Njihovim ispadom naponski se urušava prijenosna mreža na području Slavonije.

Pri ispadu 110 kV voda Međurić – Daruvar preopterećuju se 110 kV vodovi Đakovo – Đakovo grad (31 %) i Đakovo grad – Našice (59 %). Navedeni vodovi preopterećuju se i pri ispadu 110 kV voda Daruvar – Virovitica. Preopterećeni vodovi pri tom ispadu su Đakovo – Đakovo grad (17 %) i Đakovo grad – Našice (40 %). Njihovim ispadom ponavlja se situacija kao kod ispada Mraclin – Cirkovci – Đakovo.

Na 110 kV vodu Đakovo – Đakovo grad vodič 150 mm<sup>2</sup> Al/Če zamijenjen je "vrućim" vodičem 154/19 BTAL/ACS koji podnosi veća opterećenja (približno kao vodič 240 mm<sup>2</sup> Al/Če slijedeći u standardnom nizu vodiča prema učestalosti u našoj mreži) pa su preopterećenja voda Đakovo – Đakovo grad manja. I na vodu Đakovo grad – Našice zamijenjen je vodič vrućim vodičem, ali samo na dijelu trase stoga su moguća i preopterećenja ovog voda veća.

Ispad 110 kV voda Đakovo – Đakovo grad najteži je ispad 110 kV voda na osiječkom području. On uzrokuje

preopterećenja niza 110 kV vodova: Međurić – Daruvar (141 %), Daruvar – Virovitica (117 %), Našice – P. Slatina (77 %) i Virovitica – P. Slatina (38 %). Pri tom su naponi u nizu čvorišta u Slavoniji preniski. Najniži napon je u Virovitici 89.6 kV, zatim u P. Slatini 90.4 kV, Đakovo grad 92.8 kV, Našice i Našice cementara 94.3 kV, B. Manstir 95.0 kV, D. Miholjcu 96.3 kV, Valpovu 96.4 kV i Daruvaru 98.4 kV. Niski naponi zahtijevaju i povećanu proizvodnju jalove snage parne i plinske jedinice TETO Osijek.

Potencijalnim ispadom 110 kV voda Đakovo – Vinkovci ostaju stanice Županja, Vinkovci, Vukovar i Nijemci bez napajanja ili ovisne o rezevnim napajanjima iz susjedne Bosne preko voda Orašje – Županja. Da bi se izbjegle situacije u kojima navedene stanice ostaju bez napajanja u planu je puštanje u pogon vodova TETO Osijek – Vukovar i TETO Osijek – Đakovo koji će se dobiti povezivanjem vodova TETO Osijek – Ernestinovo i Ernestinovo – Vukovar, odnosno TE-TO Osijek – Ernestinovo i Ernestinovo – Đakovo pred TS Ernestinovo.

Ispadom 110 kV voda Đakovo grad – Našice preopteretili bi se 110 kV vodovi Međurić – Daruvar (85 %), zatim Daruvar – Virovitica (70 %), Našice – P. Slatina (34 %) i Virovitica – P. Slatina (7 %). Pri tom ispadu napon na plinskom agregatu u TE Osijek bio bi niži od nazivnog preko dopuštenih 5 %.

Potencijalni ispad 110 kV voda D. Miholjac – Siklós preopteretio bi 110 kV vodove Međurić – Daruvar (5 %) i Đakovo grad – Našice (4 %).

Ispad 110 kV voda Našice – P. Slatina opteretio bi 110 kV vod Đakovo grad – Našice do termičke granice.

Ispad 110 kV voda Virovitica – P. Slatina preopteretio bi 110 kV vodove Đakovo grad – Našice (18 %) i Đakovo – Đakovo grad (1 %).

Za osiguranje sigurnog napajanja Slavonije uz sadašnju raspoloživost 220 kV voda Đakovo – Tuzla nužno je povezati Ernestinovo s dva 400 kV čvora.

### 3.2. Ispadi transformatora

Na zagrebačkom, riječkom i splitskom području nema potencijalnih ispada mrežnih transformatora (400/220 kV, 400/110 kV i 220/110 kV) koji bi mogli uzrokovati preopterećenja u prijenosnoj mreži i daljnje ispađe elemenata prijenosne mreže.

Na osječkom području ispad transformatora 220/110 kV 150 MVA u Đakovu mogao bi uzrokovati preopterećenje transformatora (za 24 %) koji bi ostao u pogonu. Takva situacija je kritična i mogla bi se samo kratkotrajno tolerirati.

### 3.3. Ispadi generatora

Za stanje vršnog opterećenja na modelu je ispitan utjecaj ispada pojedine proizvodne jedinice indirektno simulacijom ispada blok transformatora proizvodne jedinice. Provedena ispitivanja pokazuju da ni jedan is-

pad proizvodne jedinice u našem sustavu ne uzrokuje preopterećenja u mreži.

Najteži ispad proizvodne jedinice je ispad NE Krško u susjednoj Sloveniji. Ispadom NE Krško 400 kV vod Tumbri – Heviz opterećuje se 1014/–434 MW/Mvar dok istovremeno dvosistemskim vodom Krško – Tumbri primamo samo 2 x 17/121 MW/Mvar.

Sljedeći ispad koji bi mogao biti kritičan je ispad bloka u TE Sisak, posebno onog priključenog na 110 kV. Njime se visoko opterećuje dvosistemski 110 kV vod Tumbri – Mraclin gotovo do termičke granice (98 %). U nastavku je provjeren ispad bloka u TE Rijeka koji ne izaziva preopterećenja u mreži.

### 3.4. Ostvareno stanje u prijenosnoj mreži 2002. godine

U protekloj 2002. godini, točnije 4. 1. u 18-tom satu ostvareno vršno opterećenje 2685 MW, što je 96 % planiranog na modelu (2798 MW). Razlog ovom padu vršnog opterećenja može biti znatnija razlika u temperaturi i vjerojatno u primjeni novog tarifnog sustava, kojim se potaknulo potrošače da promijene navike i tako doprinesu smanjenju vršnog opterećenja. Prema izvješću o poslovanju HEP Prijenos-a ozbiljnijih zastoja u prijenosnoj mreži tijekom 2002. godine nije bilo.

U konfiguraciji prijenosne mreže za 2002. godinu bilo je određenih manjih razlika prema planiranoj konfiguraciji na modelu 2002. godine. Na osiječkom području su formirani 110 kV vodovi Đakovo – Osijek2 i Osijek2 – Vukovar (spajanjem vodova ispred TS Ernestinovo) čime je osigurano dvostrano napajanje Vinkovaca i Vukovara.

Od značajnijih promjena u prijenosnoj mreži u pogon je pušten 220 kV vod Međurić – Prijedor (u svibnju 2002. godine) koji djeluje tako da dodatno opterećuje prijenosnu mrežu zagrebačkog prijenosnog područja jer se dio proizvodnje TE Sisak usmjerava u područje susjedne države – Zapadne Bosne. Opterećenje 220 kV voda Međurić – Prijedor izrazito ovisi o angažmanu hidroelektrana u Dalmaciji i susjednoj Hercegovini jer su istog slijeva. Na riječkom je području u pogon pušten vod Lički Osik – Gračac koji povećava prijenosnu moć na potezu Primorje – Dalmacija.

## 4. MODEL PLANIRANOG STANJA 2005. GODINE

Model planiranog stanja prijenosne mreže za maksimalno opterećenje 2005. godine formiran je na temelju modela 2002. godine kome je opterećenje povećano u skladu s očekivanim porastom maksimalnog opterećenje sustava na 2978 MW. Zadržan je jednak angažman proizvodnih jedinica kao na modelu 2002. godine. Dodatni manjak proizvodnje u našem sustavu pokriva se uvozom.

Pretpostavljeno je da će se prijenosna mreža 220 i 400 kV u idućem trogodišnjem razdoblju u potpunosti ob-

noviti i povezati s mrežom susjedne Bosne i Hercegovine i Srbije i Crne Gore.

Na modelu 2005. godine analizirane su dvije konfiguracije prijenosne mreže na zagrebačkom području: povezana i sekcionirana 110 kV mreža.

Premda je opterećenje sustava na modelu 2005. godine veće, rezultati proračuna tokova snaga pokazuju da će za razliku od stanja 2002. godine biti manje visoko opterećenih vodova i transformatora zbog stavljanja u pogon Žerjavina i Ernestinova. Sukladno tome očekuje se i manje problema pri eventualnim ispadima elemenata prijenosne mreže jer su vodovi 110 kV mreže polazno manje opterećeni. Također se očekuju manji problemi pri ispadu bloka 1 i bloka 2 u TE Sisak. Budući da će u pogonu biti dvostruki 400 kV vod Žerjavinec – Heviz očekuje se smanjenje gubitaka pri prijenosu energije i povećanje gubitaka u transformaciji energije.

### 4.1. Povezana 110 kV mreža na zagrebačkom području

#### 4.1.1. Ispadi vodova

##### Zagreb

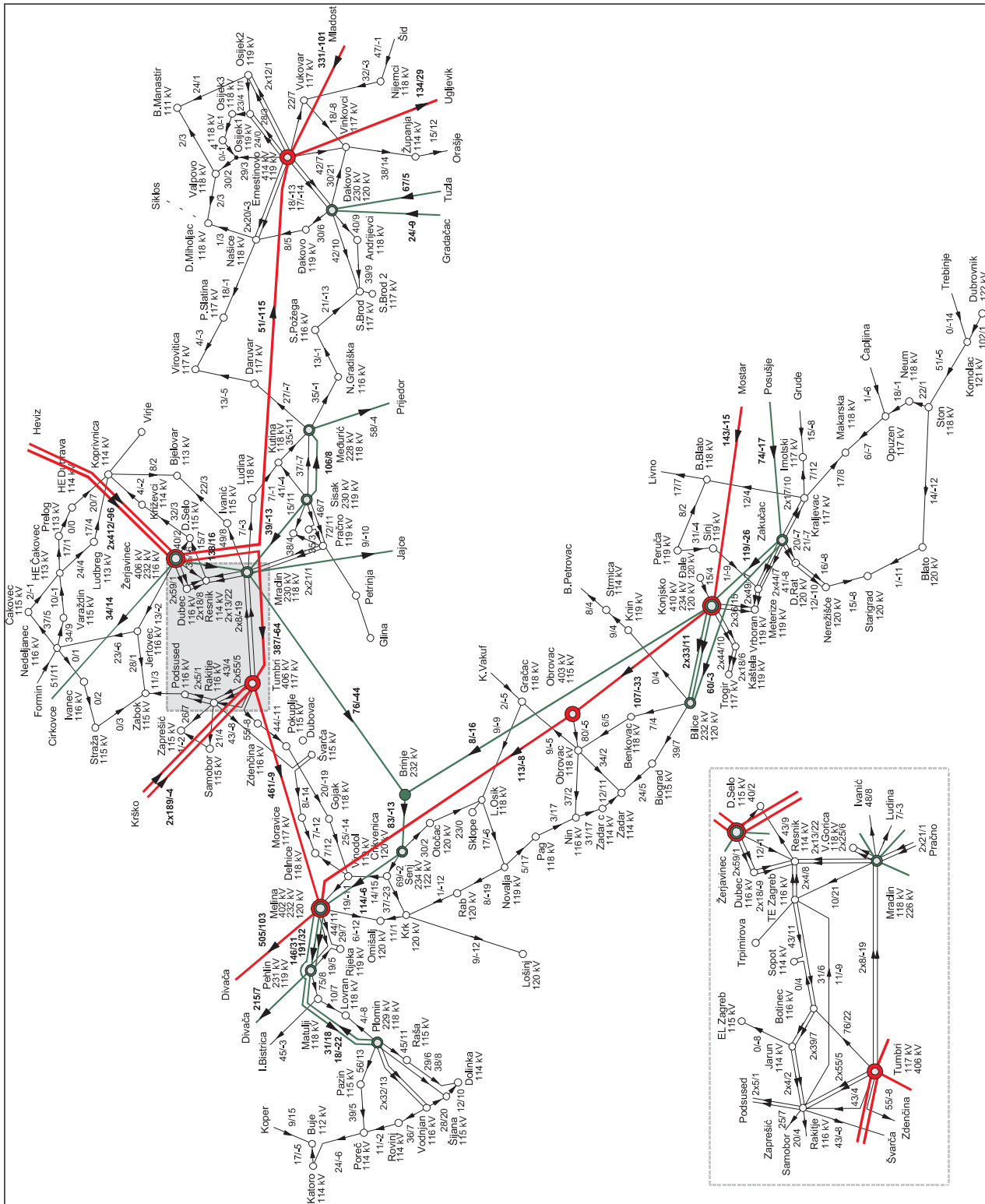
Ispadom 400 kV voda Žerjavinec – Tumbri preopterećuje se 6 % transformacija 400 /110 kV u Žerjavincu. Ovo preopterećenje transformatora moglo bi se kratkotrajno tolerirati, a preopterećenje bi se moglo eliminirati isključenjem jedne trojke dvosistemskog voda Žerjavinec – Heviz, čime se opterećenje transformacije 400/110 kV u Žerjavincu smanjuje na 98 % termičke granice. Preopterećenje transformacije u Žerjavincu može se eliminirati i sekcioniranjem zagrebačke 110 kV mreže (analizirano u nastavku teksta). Sekcioniranjem 110 kV mreže može se utjecati na smanjenje veličine neisporučene energije pri potencijalnim većim kvarovima u mreži, no i povećati vjerojatnost lokalnih poremećaja.

##### Rijeka

Ispadom 400 kV voda Melina – Divača preopterećuje se 220 kV vod Divača – Padriciano. Preopterećeni se vod može isključiti bez posljedica od daljnog preopterećenja drugih komponenata prijenosne mreže u hrvatskom elektroenergetskom sustavu, no problem bi se mogao pojaviti u prijenosnim mrežama susjedne Slovenije, Italije i Austrije, što bi zahtijevalo detaljnije analize tih sustava.

##### Split

Ispadom po jedne trojke dvosistemskog voda Sučidar – Vrboran preopterećuje se 5 % druga trojka koja ostaje u pogonu. Očito je doprinos planirane nove 110 kV kabelaške veze Dobri – Kaštela premali da rastereti jednu trojku Sučidar – Vrboran pri nerazpoloživosti ili ispadu druge trojke. Ovaj ispad i preopterećenja su lokalni



Slika 5. Model elektroenergetskog sustava za stanje planiranog vršnog opterećenja od 2978 MW (opterećenje+gubici) u 2005. godini i povezanu 110 kV mrežu na zagrebačkom području

problem napajanja centra grada Splita i ne uzrokuju daljnje širenje kvara kroz prijenosnu mrežu. Tom problemu, međutim, trebat će posvetiti posebnu pozornost i kvalitetnije riješiti problem napajanja samog centra Splita.

#### 4.1.2. Ispadi transformatora

##### Rijeka

Ispadom jednog 220/110 kV transformatora 150 MVA u Plominu preopterećuje se za 12 % transformator koji





ispade. Pretpostavlja se da je osigurana zadovoljavajuća rotacijska rezerva kao i raspoloživost sekundarne regulacije.

#### 4.2. Sekcionirana 110 kV mreža na zagrebačkom području

Provedena ispitivanja u konfiguraciji sa sekcioniranom 110 kV mrežom na zagrebačkom području pokazuju da ispad 400 kV voda Tumbri – Žerjavinec sada ne izaziva preopterećenje transformacije 400/110 kV u Žerjavincu. Sekcioniranjem prijenosne 110 kV mreže na zagrebačkom području eliminira se eventualno preopterećenje transformacije 400/110 kV u Žerjavincu koje bi se moglo pojaviti pri ispadu 400 kV voda Tumbri – Žerjavinec.

Moguće je preopterećenje jedne trojke dvosistemske 110 kV voda Vrboran – Sućidar koja ostaje u pogonu pri ispadu druge trojke istog voda kao i mrežnog transformatora 220/110 kV u TE Plomin koji ostaje u pogonu pri ispadu drugog i u ovoj konfiguraciji.

### 5. ZAKLJUČAK

Na temelju zapisa iz arhive, stanja i podataka dobivenih od regionalnih dispečera, za maksimalno opterećenje Hrvatskog sustava ostvareno 17.12.2001. godine u 18. satu utvrđen je angažman proizvodnih jedinica, razmjena sa susjednim sustavima, konfiguracija prijenosne mreže i raspodjela opterećenja po prijenosnim područjima i čvorovima prijenosne mreže. Iz prikupljenih i procijenjenih podataka formiran je model za proračun tokova snaga na računskom stroju za maksimalno opterećenje elektroenergetskog sustava 2002. godine.

Na temelju ostavrenog maksimalnog opterećenja i planirane projekcije porasta opterećenja formiran je model za 2005. godinu. Na modelu 2005. godine zadržana je ista razina proizvodnje kao na modelu 2002. godine, a povećan je uvoz iz susjednim elektroenergetskih sustava kako bi se pokrio planirani porast opterećenja. Prijenosna mreža pojačana je samo objektima koji su već u završnoj fazi izgradnje (TS Žerjavinec) i obnove (TS Ernestinovo) ili su u planu izgradnje i nužno su potrebni za siguran pogon i napajanje iz prijenosne mreže (220 kV vod Plomin – Vodnjan, 110 kV kabel Dobri – Kaštela).

Ispitivanja provedena na modelu za stanje maksimalnog opterećenja 2002. godine ukazuju na izrazito napregnuto stanje u 110 kV prijenosnoj mreži, posebno na užem zagrebačkom području i niz ispada koji bi potencijalno mogli izazvati manje ili veće poremećaje u napajanju dijela prijenosne mreže. Ispadi 400 kV vodova mogli bi uzrokovati veće poremećaje i probleme u susjednim elektroenergetskim sustavima. Razlog tome je u činjenici da su prijenosne mreže 220 i 400 kV na zagrebačkom području spregnute preko 110 kV mreže. Određeni ispadi u

110 kV mreži na zagrebačkom području stoga vode cijepanju prijenosne mreže i gubitku napajanja dijela zagrebačkog i osiječkog područja. Angažman izvora na 110 kV u zagrebačkom području pokazuje se stoga nužnim u vrijeme vršnih opterećenja.

Provedene analize pokazuju da se značajan utjecaj na sigurnost napajanja iz prijenosne mreže i rad elektroenergetskog sustava realizira izgradnjom TS Žerjavinec i TS Ernestinovo Ponovnim stavljanjem u pogon sjevernog i južnog kraka 400 kV mreže. Zatvaranjem 400 kV mreže smanjuju se opterećenja vodova 110 kV mreže u normalnom pogonu, povećava raspoloživost, pouzdanost napajanja i sigurnost opskrbe iz prijenosne mreže. Također se eliminiraju potencijalna preopterećenja koja se danas javljaju pri ispadima pojedinih elemenata. Preopterećenja koja bi se mogla javiti i u tako pojačanoj prijenosnoj mreži neće predstavljati veći problem u vođenju i eksploataciji jer ne izazivaju daljnja preopterećenja komponenata prijenosne mreže. Izgradnju TS Žerjavinec i Ernestinovo treba stoga ubrzati jer znatno pridonosi sigurnosti rada i opskrbe iz prijenosne mreže.

Ponovno zatvaranje 400 kV mreže utjecat će na način vođenja elektroenergetskog sustava i razmjenu električne energije sa susjednim zemljama, a donijet će i određene probleme vezane uz prijenos električne energije za "treće" zemlje. Predviđenim pojačanjima prijenosne mreže osigurava se povećanje prijenosne moći za potrebe potencijalnih tranzita koji se mogu očekivati ponovnim povezivanjem prve i druge sinkrone zone UCTE-a.

Nužno je kvalitetnije planiranje izgradnje i pogona prijenosne mreže jer značajno doprinosi sigurnosti pogona elektroenergetskog sustava te pridonosi razvoju tržišta električne energije. Pomoćne usluge sustava morat će se također kvalitetnije planirati i vrednovati.

### LITERATURA

- [1] Hrvatska Elektroprivreda – Direkcija za prijenos: "Izveštaj o poslovanju 2000. godina"
- [2] Grupa autora: "Potrebna izgradnja elektroenergetskih objekata u republici hrvatskoj u razdoblju od 2001. do 2020. godine", (Master plan), Hrvatska elektroprivreda d.d. i Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb Studeni 2001.
- [3] D. NEMEC, M. STOJSAVLJEVIĆ, M. MEHMEDOVIĆ: "Analiza raspada hrvatskog elektroenergetskog sustava dana 25.07.2000 u 14:26", Studija – Radni materijal IE d.d. Zagreb 2001. godine
- [4] D. NEMEC, M. STOJSAVLJEVIĆ, M. MEHMEDOVIĆ: "EES Bosne i Hercegovine podaci za sistemske analize, Stanje prosinac 2001. godine", Radni materijal IE d.d. Zagreb veljača 2002. godine
- [5] G. JERBIĆ, Z. TONKOVIĆ, S. VICKOVIĆ: "Akutni problemi prijenosne mreže hrvatske i njihovo rješavanje urazdoblju do 2005. godine", Studija IE d.d. Zagreb, srpanj 2002

### POTENTIAL PROBLEMS OF THE CROATIAN TRANSMISSION NETWORK AND THEIR SOLUTION IN A SHORT TIME PERIOD

In the paper problems of the Croatian electricity supply company's transmission network and their solution in the next three-year period are analyzed. According to the Law on Electric Energy Market, NN Nr. 68 (Article 12, Item 1) from 2001 "System operator, in cooperation with the energy subject for electric energy transmission and after prior acknowledgement of the Regulatory Council, determines the transmission network development and construction plans for the period of three years."

For analysis and evaluation purposes of the needed network strengthening, transmission network is modeled on computer for expected peak load in 2002 and 2005. The evaluation of the Croatian transmission network's existing configuration is given as well as planned construction until 2005. Weak points of transmission network are mentioned that could cause major disturbances. Corrective actions are listed, operation instructions as well as essential new construction of the system. Special emphasis is put on future construction of TS Žerjavinec and TS Ernestinovo.

### MÖGLICHE KÜNFTIGE FRAGEN IM ÜBERTRAGUNGSNETZ KROATIENS UND DEREN LÖSUNG IN DER BEVORSTEHENDEN ZEITSPANNE

Im Artikel werden Probleme im Übertragungsnetz des kroatischen Stromversorgungs-Unternehmens und die Möglichkeit deren Lösung in der bevorstehenden Drei-

jahreszeitspanne dargestellt. Die Darstellung erfolgt im Sinne des Wortlautes der Verordnung im Strommarktgesetz (kroat. Amtsblatt Nr. 68, Art. 12, Abs. 1) Jahrg.2001:

"Der Netzbetreiber erbringt den Dreijahresplan der Entwicklung und der Erweiterung des Übertragungsnetzes In Zusammenarbeit mit den energetischen Subjekten der Übertragung elektrischer Energie (d.h. Erzeuger und Verbraucher) und mit vorausgehender Zustimmung des Regelungsrates."

Zu diesem Zweck wurde ein Rechnermodell des Übertragungsnetzes für die erwartete höchste Belastung in den Jahren 2002 und 2005 erstellt, mit welchem mögliche Ursachen großer Störungen im Übertragungsnetz in sog. schwachen Stellen, entdeckt worden sind. Besonders betont wurde der Einfluss der bevorstehenden Errichtung von Umspannerwerken "Žerjavinec" und "Ernestinovo".

Naslov pisaca:

**Goran Jerbić, dipl. ing.**  
**Institut za elektroprivredu i energetiku d.d.**

**Ante Ćurić, dipl. ing.**  
**HEP – Trade**  
**Ulica grada Vukovara 37**  
**10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
2003 – 07 – 17.

