

Mr. sc. Davor Bajs, dipl. ing
Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb

PROBLEMATIKA POGONA I RAZVOJA 110 kV MREŽE GRADA ZAGREBA

SAŽETAK

Sigurnost i pouzdanost napajanja potrošača električnom energijom na području Zagreba bitno je smanjena posljednjih godina. Uzroci takvog stanja proizlaze iz nedovoljnih ulaganja u razvoj i revitalizaciju objekata prijenosne mreže, te iz ratnih razaranja i još uvijek neobnovljene prijenosne mreže u istočnom dijelu EES. U članku se prikazuju rezultati dosadašnjih istraživanja u svezi razmatrane problematike i predlažu se rješenja koja bi dovela do postizanja zadovoljavajuće pouzdanosti i sigurnosti napajanja potrošača grada Zagreba s razine 110 kV mreže.

Ključne riječi: pogon i razvoj 110 kV mreže, ulaganja u razvoj i revitalizaciju objekata prijenosne mreže, pouzdanost i sigurnost opskrbe potrošača električnom energijom.

OPERATION AND DEVELOPMENT OF 110 kV NETWORK IN ZAGREB

ABSTRACT

Consumers supply safety and reliability at the Zagreb area is significantly decreased in last few years. Insufficient investments in network development and revitalisation, and war damages in eastern part of Croatian power system cause reasons for such condition. Results of researches connected with described issues, as well as solutions for achieving the acceptable level of safety and reliability of supply by 110 kV network, are presented in the paper.

Key words: operation and development of 110 kV network, investments in transmission network development and revitalisation, consumers supply reliability and safety

1. UVOD

Problematika sigurnosti napajanja zagrebačkog područja električnom energijom razmatrana je u više studija, elaborata i članaka. Budući da se radi o najvećem konzumnom centru u R. Hrvatskoj činjenica je da se problematici napajanja ovog područja električnom energijom dosad poklanjala i najveća pažnja. Sva dosadašnja istraživanja pokazuju da je sigurnost napajanja zagrebačkog područja električnom energijom bitno smanjena u odnosu na stanje s kraja osamdesetih. Prijenosna mreža ovog područja je znatno oslabljena dok je istovremeno konzum porastao zbog gospodarsko-društvenih kretanja u devedesetim. Posljedica takvog stanja su redukcije potrošnje električne energije poput onih uzrokovanih havarijama ili kvarovima u TS 400/110 kV Tumbri i TS 110/35 kV Jarun. Više puta su naznačene i nužne mjere potrebne za sanaciju postojećeg stanja, ali se iste zbog nedostatka financijskih sredstava teško provode. Osnovni problemi koji bitno smanjuju sigurnost i pouzdanost napajanja grada Zagreba i šireg zagrebačkog područja električnom energijom su slijedeći:

- angažman TS 220/110 kV Mraclin u napajanju istočnog dijela EES radi uništenja TS 400/110 kV Ernestinovo i pogona 400 kV voda Tumbri-Ernestinovo pod 220 kV naponom na dionici od Mraclina do Đakova, čime se čitavo područje sjeverozapadne hrvatske, deficitarno električnom energijom s

obzirom na smještaj proizvodnih postrojenja, napaja sa strane hrvatskog EES-a preko jedne TS 400/110 kV (Tumbri),

- visoki tokovi snaga pojedinim 110 kV vodovima na zagrebačkom području (Tumbri-Mraclin, Tumbri-Botinec, Tumbri-Rakitje, TETO-Resnik) uzrokovani postojećom konfiguracijom mreže, na kojoj pri visokim opterećenjima EES-a ispad jednog od "kritičnih" vodova može izazvati raspad sjeverozapadnog i istočnog dijela sustava,
- starost i nedovoljno održavanje pojedinih TS 110/x kV i ostalih objekata u mreži čime je bitno smanjena njihova raspoloživost.

U značajnije probleme možemo ubrojiti još i radijalan priključak novih blokova u ELTO Zagreb na 110 kV mrežu preko TS 110/35 kV Jarun, te priključak starih blokova na 30 kV mrežu, bez transformacije 110/30 kV u tom postrojenju. Radijalan priključak na 110 kV mrežu uzrokovan je isključenjem 110 kV kabela ELTO-Trpimirova u normalnom pogonu radi previsoke razine struja kratkih spojeva i izbjegavanja paralelnog pogona kableske i nadzemne mreže.

Ne zanemariv problem u vođenju pogona 110 kV mreže grada Zagreba je i nadležnost dviju ili triju direkcija (Proizvodnja, Prijenos i Distribucija) nad pojedinim objektima mreže, pa se događa da u jednoj TS postoji oprema u nadležnosti dvije ili sve tri direkcije, što onemogućava efikasan pogon i održavanje objekata.

2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA U 110 kV MREŽI GRADA ZAGREBA

Da bi se provjerilo postojeće stanje s obzirom na opterećenja vodiča i naponske prilike u 110 kV mreži Zagreba, te procijenila sigurnost opskrbe potrošača s razmatrane naponske razine, modelirano je jedno stvarno stanje u EES karakteristično po visokom zimskom opterećenju. Modelirano je pogonsko stanje 19.1.2000. godine u 18⁰⁰ h, na temelju podataka dobivenih iz NDC i svih prijenosnih područja. Dobiveni podaci nisu bili kompletni, pa modelirano stanje malo odstupa od stvarnog stanja, ali je ocjenjeno da se rezultati nalaze unutar prihvatljivog područja tolerancije.

Modelirano pogonsko stanje karakteristično je po:

- visokom opterećenju EES ($P_{EES} > 2000$ MW)
- uvozu 400 kV vodom Tumbri-Heviz oko 500 MW
- angažmanu HE u Dalmaciji od 1022 MW (uključujući angažman HE Dubrovnik za potrebe EES BiH)
- uvozu 220 kV vodom Đakovo-Tuzla oko 107 MW
- provizornim napajanjem istočnog dijela EES pod 220 kV naponom i pogonom dijela 400 kV dalekovoda Tumbri-Ernestinovo pod 220 kV
- prekidom 220 kV veza Mraclin-Jajce i Međurić-Prijedor, itd.

U 110 kV mreži Zagreba van pogona je bio 110 kV kabel TETO-Trpimirova zbog rekonstrukcije u TETO, pa se TS Trpimirova napajala iz ELTO. Van pogona je bio i DV 2x110 kV Botinec-Jarun. TETO je bila angažirana s 105 MW, a ELTO s 50 MW (lit. [5]). Opterećenja pojedinih 110 kV čvorišta u 110 kV mreži Zagreba su bila:

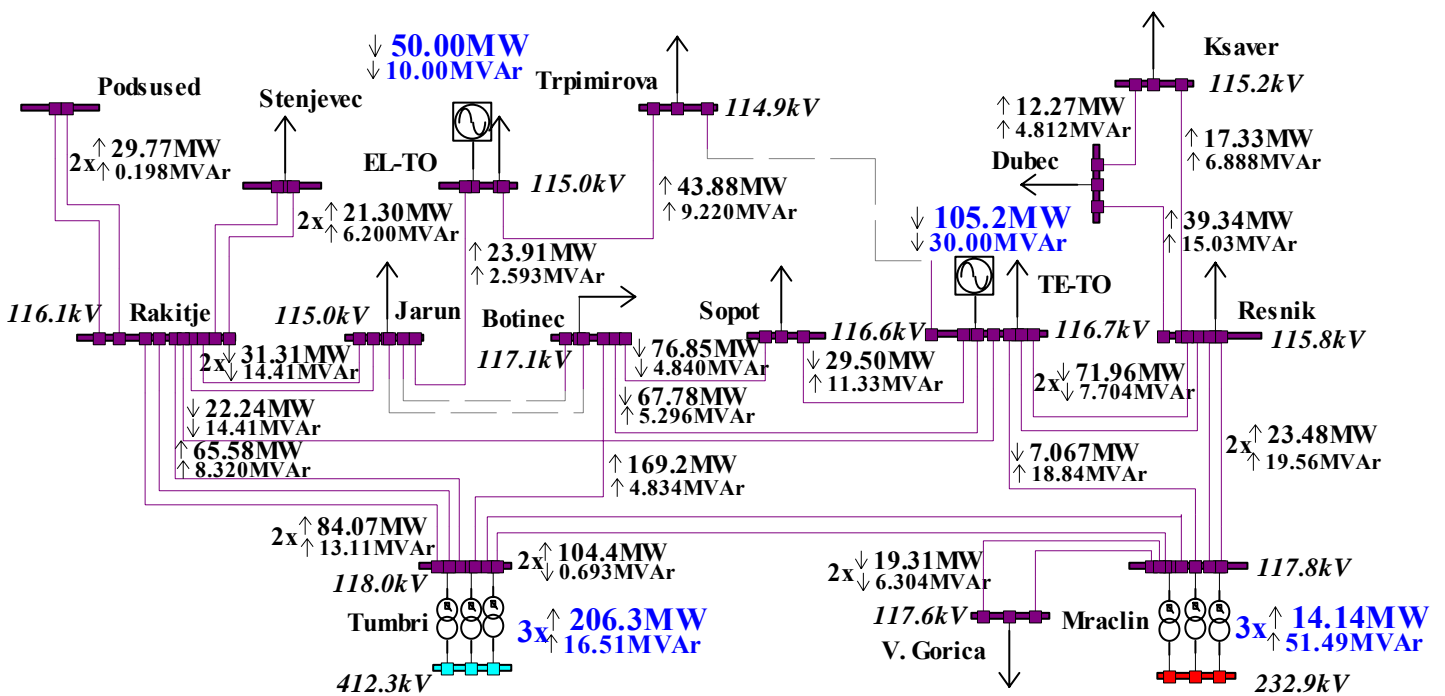
Jarun	38,5 MW
Resnik	58,8 MW
TETO	73,1 MW
Stenjevec	42,6 MW
ELTO	30,0 MW*
Trpimirova	43,9 MW
Ksaver	29,6 MW
Dubec	27,0 MW
Sopot	47,1 MW
Botinec	24,5 MW
Dugo Selo	18,6 MW
Zaprešić	22,0 MW
Samobor	20,0 MW*
Rakitje	0,00 MW
V. Gorica	38,8 MW
UKUPNO	514,5 MW

* procijenjeno

Tokove snaga i naponske prilike u modeliranoj 110 kV mreži Zagreba prikazuje slika 1. Najopterećenije 110 kV grane na zagrebačkom području u odnosu na svoju termičku granicu su:

DV 2x110 kV Tumbri-Mraclin	87 % I_t
transformatori 400/110 kV u TS Tumbri	72 % S_n
DV 2x110 kV Tumbri-Rakitje	69 % I_t
DV 110 kV Botinec-Sopot	63 % I_t
DV 2x110 kV TETO-Resnik	59 % I_t
DV 110 kV Botinec-TETO	55 % I_t
DV 110 kV Tumbri-Botinec	54 % I_t
DV 110 kV Tumbri-Rakitje	54 % I_t

Opterećenja ostalih vodiča manja su od polovice njihove prijenosne moći.



Slika 1 Modelirano pogonsko stanje u 110 kV mreži Zagreba 19.1.2000. u 18 h

Pri razmatranoj konfiguraciji mreže i uklopnom stanju, do preopterećenja pojedinih grana dolazi pri ispadu slijedećih vodova:

- jedna trojka DV 2x110 kV Tumbri-Mraclin ⇒ druga trojka tog voda 18 % preopterećena
- DV 110 kV Tumbri-Botinec ⇒ DV 2x110 kV Tumbri-Mraclin 20 % preopterećen
- jedna trojka DV 2x110 kV TETO-Resnik ⇒ druga trojka tog voda na granici preopterećenja

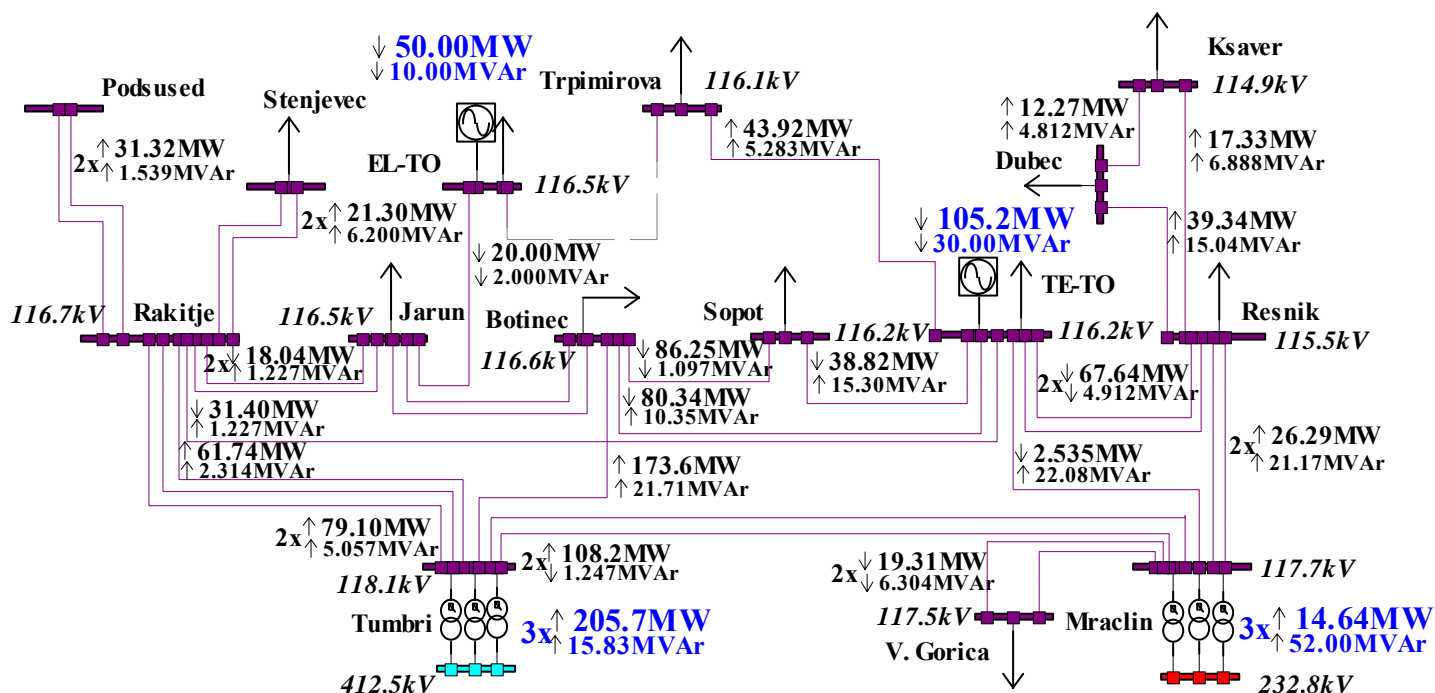
Blizu preopterećenja je pri ispadu jedne trojke DV 2x110 kV Tumbri-Rakitje druga trojka tog voda (97 % I_t). Pri ispadu DV 110 kV Botinec-TETO vod Botinec-Sopot se opterećuje 96 % od dozvoljene granice. U obrnutom slučaju (ispad DV 110 kV Botinec-Sopot) vod Botinec-TETO se opterećuje 98 % I_t . Neraspoloživost jednog transformatora 400/110 kV u TS Tumbri opterećivao bi preostale 95 % od nazivne prividne snage.

Na opterećenja 110 kV "kritičnih" vodova u mreži Zagreba značajan utjecaj može imati i veleprijenosna mreža. Ispad 220 kV voda Đakovo-Tuzla uzrokuje porast opterećenja DV 2x110 kV Tumbri-Mraclin na vrlo visoku vrijednost (97 % I_t). Razmatrani vod je preopterećen (1 % preko dozvoljene granice) pri neraspoloživosti 220 kV voda Brinje-Mraclin. Do 9 %-og preopterećenja DV 2x110 kV Tumbri-Mraclin dolazi pri neraspoloživosti 400 kV voda Tumbri-Melina.

Tokove snaga u 110 kV mreži Zagreba pri uobičajenom uklopnom stanju (uklopljen DV 2x110 kV Botinec-Jarun i napajanje TS Trpimirova iz TETO), a uz nepromijenjene ostale uvjete u odnosu na prethodni slučaj, prikazuje slika 2. Najopterećeniji 110 kV vodovi na zagrebačkom području u odnosu na svoju termičku granicu bili bi:

DV 2x110 kV Tumbri-Mraclin	89 % I_t
transformatori 400/110 kV u TS Tumbri	72 % S_n
DV 110 kV Botinec-Sopot	71 % I_t
DV 110 kV Botinec-TETO	66 % I_t
DV 2x110 kV Tumbri-Rakitje	64 % I_t
DV 2x110 kV TETO-Resnik	56 % I_t
DV 110 kV Tumbri-Botinec	56 % I_t
DV 110 kV Tumbri-Rakitje	51 % I_t

Opterećenja ostalih vodiča manja su od polovice njihove prijenosne moći.



Slika 2 Modelirano pogonsko stanje u 110 kV mreži Zagreba 19.1.2000. u 18 h (uobičajeno uklopno stanje)

Pri takvoj konfiguraciji mreže i uklopnom stanju, do preopterećenja pojedinih grana dolazi pri ispadu slijedećih vodova:

<u>jedna trojka DV 2x110 kV Tumbri-Mraclin</u>	⇒ druga trojka tog voda 21 % preopterećena
<u>DV 110 kV Tumbri-Botinec</u>	⇒ DV 2x110 kV Tumbri-Mraclin 9 % preopterećen
<u>DV 110 kV Botinec-TETO</u>	⇒ DV 110 kV Botinec-Sopot 7 % preopterećen
<u>DV 110 kV Botinec-Sopot</u>	⇒ DV 110 kV Botinec-TETO 10 % preopterećen

Blizu preopterećenja je pri ispadu jedne trojke DV 2x110 kV TETO-Resnik druga trojka tog voda (93 % I_t). Neraspoloživost jednog transformatora 400/110 kV u TS Tumbri opterećivao bi preostale 98 % od nazivne prividne snage.

Ispad 220 kV voda Đakovo-Tuzla uzrokuje porast opterećenja DV 2x110 kV Tumbri-Mraclin na graničnu vrijednost (100 % I_t). Razmatrani vod je preopterećen (4 % preko dozvoljene granice) pri neraspoloživosti 220 kV voda Brinje-Mraclin. Do 11 %-og preopterećenja DV 2x110 kV Tumbri-Mraclin dolazi pri neraspoloživosti 400 kV voda Tumbri-Melina.

Postojeća konfiguracija prijenosne mreže RH i sadašnja opterećenja 110 kV mreže zagrebačkog područja ne dozvoljavaju sekcioniranje mreže između TS Tumbri i TS Mraclin. Usprkos tomu, razina kratkog spoja u 110 kV mreži je zadovoljavajuća budući da su najveće struje početnog trolnog i jednopolnog kratkog spoja manje od rasklopnih moći postojećih prekidača u transformatorskim stanicama. Izuzetak je TS Tumbri u kojoj je razina kratkog spoja na 110 kV strani veća od rasklopne moći prekidača u trafo polju 3, kojega možemo radi toga smatrati ugroženim.

3. RAZVOJ 110 kV MREŽE GRADA ZAGREBA

Predloženi razvoj 110 kV mreže zagrebačkog područja određen je na osnovu razmatranja provedenih u lit. [1]. Mreža je dimenzionirana s obzirom na slijedeća neistodobna maksimalna opterećenja TS 110/x kV na području grada Zagreba:

$P_{\max}(2005.) = 780 \text{ MW}$

$P_{\max}(2010.) = 903 \text{ MW}$

$P_{\max}(2015.) = 1044 \text{ MW}$

Novi blokovi ukupne snage 200 MVA (2x70 MVA + 60 MVA) na lokaciji TETO Zagreb ulaze u pogon 2001. godine. U razdoblju između 2010. i 2015. godine pretpostavljen je izlazak iz pogona bloka 37.5 MVA u ELTO Zagreb, te blokova 150 MVA i 40 MVA u TETO Zagreb bez adekvatne zamjene blokovima iste ili većih snaga. Opisana pretpostavka znači da su po opterećenja vodiča u 110 kV mreži postavljeni restriktivniji zahtjevi, a po nazivne parametre opreme u TS s obzirom na kratkospojne prilike manje restriktivni zahtjevi u razdoblju 2010. – 2015. godine.

Razvitak cjelokupnog EES Hrvatske preuzet je iz lit. [2] i dopunjen novijim saznanjima o dinamici ulaska u pogon pojedinih objekata mreže.

Potrebna izgradnja novih 110 kV objekata na području Zagreba određena je na osnovu analize tokova snaga i kratkog spoja. Plan izgradnje novih TS 110/10 (20) kV preuzet je iz posljednjih planova DP Elektra Zagreb. Prema njima dinamika izgradnje novih TS 110/10 (20) kV bi bila:

TS Trnje (Savica) (prije Trnje II), TS Tvornica Cementa - do 2005. godine

TS Savska (prije Pierottijeva), TS Maksimir, TS Žitnjak - do 2010. godine

TS Trnje (Cvjetno naselje) (prije Trnje I), TS Ružmarinka, TS Volovčica, TS Sesvete - do 2015. godine

3.1. Potrebna izgradnja do 2005. godine

Izvršene analize pokazuju da je do 2005. godine potrebno izgraditi slijedeće objekte:

- TS 400/(220)/110 kV Žerjavinec s predviđenim raspletom 110 kV vodova
- TS 110/10 (20) kV Trnje (Savica)
- TS 110/10 (20) kV Tvornica Cementa
- KB 110 kV TETO-Trnje (Savica) (3 km)

Za razmatrani vremenski presjek mrežu treba uzdužno (u TS Trpimirova) i poprečno sekcionirati (u TS Botinec i TS Mraclin) radi održanja razine kratkog spoja unutar zadovoljavajućih granica.

U ELTO Zagreb je potrebno ugraditi transformator 110/30 kV (novi ili eventualno preseliti postojeći iz Jaruna ukoliko ispitivanja pokažu da se može pouzdano koristiti) kako bi se svi generatori povezali na 110 kV mrežu.

3.1.1. Opseg izgradnje TS 400/(220)/110 kV Žerjavinec

Na sastanku Stručnog savjeta Direkcije za prijenos Hrvatske elektroprivrede održanom dana 25.1.2001. godine odlučeno je da se TS Žerjavinec gradi kao TS 400/220/110 kV. Izvršene analize očekivanih tokova snaga ovisno o uvozu/izvozu, konfiguraciji mreže u istočnom dijelu EES i opterećenju u sustavu ukazuju na slijedeće:

- TS Žerjavinec bi trebalo izgraditi kao TS 400/110 kV (1x300 MVA u prvoj etapi) zajedno s odgovarajućim raspletom 110 kV vodova. Potreba gradnje ovog opsega TS Žerjavinec je u: ugovornim obvezama prema Mađarskoj u pogledu gradnje DV 2x400 kV Žerjavinec-Heviz, te osiguravanju napajanja konzuma grada Zagreba.

- 400/220 kV transformacija u TS Žerjavinec osigurava 110 kV mrežu zagrebačkog područja ukoliko se istočni dio EES napaja na 220 kV naponu, odnosno ukoliko TS 400/110 kV Ernestinovo nije obnovljena.
- U uvjetima napajanja Slavonije na 220 kV naponu, faktori koji umanjuju značaj 400/220 kV transformacije u Žerjavincu su ugovoreni uvoz iz Tuzle i izgradnja novog bloka 200 MVA u TETO.
- Nakon obnove TS 400/110 kV Ernestinovo i podizanja pogonskog napona 400 kV voda Žerjavinec-Ernestinovo na nazivnu vrijednost, 400/220 kV transformacija u Žerjavincu gotovo u potpunosti gubi značaj, izuzev u slučajevima većih uvoza ili izvoza energije (snage preko 500 MW) iz (preko) EES Mađarske.
- Izgradnjom RP 400 kV Prevlaka (Veleševac) i DV 2x400 kV Obrovac-Tumbri/Veleševac značaj 400/220 kV transformacije u Žerjavincu se smanjuje i pri uvozu ili izvozu velikih snaga iz (preko) EES Mađarske.

3.2. Potrebna izgradnja do 2010. godine

Do 2010. godine potrebno je izgraditi slijedeće objekte:

- TS 110/10 (20) kV Savska
- TS 110/10 (20) kV Maksimir
- TS 110/10 (20) kV Žitnjak
- drugi transformator 400/110 kV (300 MVA) u TS 400/(220)/110 kV Žerjavinec
- uvod/izvod DV 110 kV TETO-Rakitje u TS Botinec (~2 km)
- KB 110 kV Dubec-Maksimir (5.5 km)
- DV 110 kV Tumbri-Botinec 2 (12 km) *priključak na sabirnice Botinec II
- KB 110 kV ELTO-Stenjevec (4.7 km)

Za razmatrani vremenski presjek mrežu treba uzdužno (u TS Trpimirova) i poprečno sekcionirati (u TS Botinec i TS Mraclin) radi održanja razine kratkog spoja unutar zadovoljavajućih granica.

Kabel ELTO-Stenjevec se polaže radi dvostranog priključka ELTO Zagreb i buduće izgradnje (prema sadašnjim sagledavanjima iza 2015.) TS Zapad I.

Novi DV 110 kV Tumbri-Botinec 2 treba priključiti na sabirnice Botinec II (kojima se na poprečno sekcioniranoj mreži napaja istočni dio grada) zbog povoljnije raspodjele tokova snaga u 110 kV mreži. Priključak razmatranog dalekovoda na sabirnice Botinec I popravljiva kratkospojne prilike u mreži, ali izaziva visoka opterećenja DV 2x110 kV Botinec-Jarun čija je prijenosna moć manja od prijenosne moći "teških" dalekovoda Tumbri-Botinec.

Do razmatranog vremenskog presjeka predviđa se još izgradnja DV-KB 110 kV Podsused-Ksaver/Dubec radi dvostranog napajanja TS Ksaver. S obzirom na nepovoljnu trasu tog voda i upitnu korist od njegove izgradnje, u ovim sagledavanjima on nije uključen u potrebnu konfiguraciju mreže.

Nove TS 110/x kV na području grada Zagreba (Savska, Maksimir, Žitnjak) se uglavnom interpoliraju u postojeće kabele ili nadzemne vodove, s izuzetkom TS Maksimir koju se u prvoj etapi priključuje na TS Dubec 110 kV kabelom.

3.3. Potrebna izgradnja do 2015. godine

Do 2015. godine potrebno je izgraditi slijedeće objekte:

- TS 110/10 (20) kV Trnje (Cvjetno naselje)
- TS 110/10 (20) kV Ružmarinka
- TS 110/10 (20) kV Volovčica
- TS 110/10 (20) kV Sesvete
- KB 110 kV TETO-Volovčica-Ružmarinka-Maksimir (6.5 km)
- KB 110 kV Jarun-Trnje (Cvjetno naselje)-Trnje (Savica) (5.1 km)
- uvod/izvod DV 110 kV Rakitje-Švarča u TS Tumbri (~10 km)
- DV 110 kV Rakitje-Botinec-TETO (27 km) *revitalizacija ili izgradnja

Za razmatrani vremenski presjek mrežu treba uzdužno (u TS Trpimirova) i poprečno sekcionirati (u TS Botinec i TS Mraclin) radi održanja razine kratkog spoja unutar zadovoljavajućih granica.

Uvod/izvod DV 110 kV Rakitje-Švarča u TS Tumbri se izvodi radi pojačavanja 110 kV veze između TS Tumbri i TS Rakitje koja se u suprotnom može preopteretiti pri neraspoloživosti jedne trojke DV 2x110 kV Tumbri-Rakitje ili DV 110 kV Tumbri-Rakitje.

Ispitivanja pokazuju da je potrebno izgraditi novi 110 kV vod s vodičima Al/Č 240/40 mm² na trasi postojećeg DV 110 kV TETO-Rakitje (ili revitalizirati postojeći ali svakako mu povećati prijenosnu moć) i uvesti ga u TS Botinec (radi pojačavanja 110 kV veze između TS Botinec, TS Jarun i TS Rakitje, te priključka budućih TS Lučko, Zadvorsko, Odra-Hrašće i Jakuševac).

3.4. **Kratkospojne prilike u 110 kV mreži grada Zagreba do 2015. godine**

Proračuni kratkog spoja pokazuju da će već 2005. godine nakon obnove TS 400/110 kV Ernestinovo u istočnom dijelu EES i izgradnje TS 400/220/110 kV Žerjavinec biti potrebno uzdužno i poprečno sekcionirati 110 kV mrežu na području grada Zagreba. Poprečno sekcioniranje mreže izvelo bi se razdvajanjem sabirničkih sustava u TS Botinec (Botinec I i Botinec II) i DV 2x110 kV Tumbri-Mraclin u TS 220/110 kV Mraclin. Potreba poprečnog sekcioniranja 110 kV mreže izazvana je prevelikom razinom kratkog spoja na 110 kV naponskoj razini u transformatorskim stanicama Tumbri, Jarun, Mraclin, Rakitje, TETO na mreži 2005., te dodatno u TS Dubec, Resnik i RP Podsused na mreži 2010. godine.

Na uzdužno i poprečno sekcioniranoj mreži kratkospojne prilike (u odnosu na rasklopnu moć postojećih prekidača) ostati će visoke u TS Tumbri pa će trebati isključiti treći transformator 400/110 kV što neće ugroziti sigurnost opskrbe (N-1 kriterij) s obzirom na tokove snaga sve do 2010. godine. S obzirom na predviđena opterećenja TS 110/x kV na području grada Zagreba, 2015. godine će taj transformator morati biti u pogonu radi osiguravanja sigurne opskrbe (N-1 kriterij više nije zadovoljen uz dva transformatora u pogonu u TS Tumbri), a kratkospojne prilike će biti veće od rasklopne moći postojećih prekidača u TS Tumbri, TETO, TS Rakitje i TS Dubec pa će biti potrebno provesti odgovarajuće mjere radi osiguravanja opreme (ugradnja prekidača veće rasklopne moći) ovisno o supstituiranju postojećih blokova na lokacijama TETO i ELTO.

4. **REVITALIZACIJA TS 110/30 kV NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA**

Transformatorske stanice 110/30 kV na području grada Zageba (Jarun, Resnik, Rakitje i TE-TO) stare su, a oprema se nalazi u dotrajalom stanju. Taj problem prisutan je u velikom dijelu prijenosne i distribucijske mreže HEP-a. Zbog velikih financijskih sredstava potrebnih za revitalizaciju dotrajalih dijelova mreže nužno je odrediti slijedeće:

- kriterije za provedbu revitalizacije
- optimalne načine za provedbu revitalizacije različitih dijelova prijenosnog sustava
- metodu za izradu liste prioriteta

4.1. **Energetski transformatori**

Prema izvorima iz svjetske literature očekivana životna dob ovih transformatora iznosi oko 50 god. U slučaju njihovog čestog preopterećenja životna dob se smanjuje. Potrebno je provjeriti stvarno stanje tih jedinica, uzimajući u obzir slijedeće čimbenike:

- smanjivanje kvalitete ulja
- povećanje $\tan \delta$
- česti kvarovi na regulacijskoj sklopki i motornom pogonu
- problemi s prirubicama i ventilima
- korozija kućišta
- kvarovi na pomoćnoj opremi

Zamjena energetskih transformatora nije opravdana prije nego što se provedu odgovarajuća ispitivanja. Nakon toga treba razmotriti opravdanost eventualne zamjene transformatora.

4.2. Prekidači

Nakon energetskih transformatora radi se o najvrednijim dijelovima postrojenja. Očekivana životna dob prekidača prema svjetskoj literaturi iznosi oko 30 god. Razlozi za zamjenu prekidača su slijedeći:

- nazivne veličine prekidača više ne zadovoljavaju (to se posebno odnosi na prekidnu struju kratkog spoja)
- povećani broj kvarova na prekidaču
- povećani troškovi održavanja

4.3. Sabirnice, rastavljači, mjerni transformatori

Stanje navedenih elemenata treba također brižljivo provjeriti. Posebno treba uvažiti međuovisnost pojedinih uređaja. Odabir rastavljača uvjetovan je i vrstom sabirnica, kod kojih treba obavezno provjeriti otpornost na očekivane struje kratkog spoja. S druge strane odabir mjernih transformatora uvjetovan je primjenom vrstom relejne zaštite. Za odabir odgovarajuće opreme potrebno je izraditi poseban elaborat u kojem će se definirati svi bitni parametri.

Na temelju izloženog može se zaključiti slijedeće:

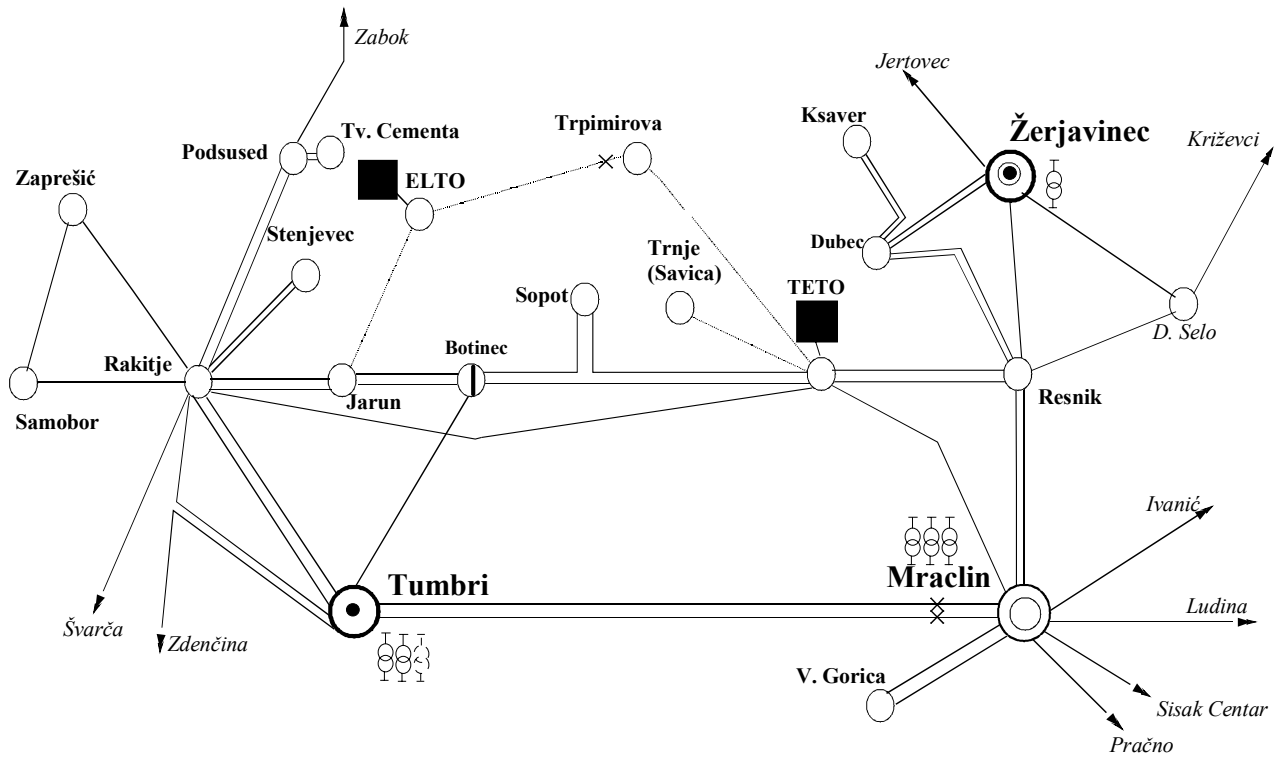
- Za svaku TS 110/30 kV (kao i za sve druge transformatorske stanice) treba izraditi elaborate o tehnno-ekonomskoj opravdanosti provedbe revitalizacije, te načinu provedbe revitalizacije. Treba težiti etapnoj revitalizaciji, razdvajajući elemente postrojenja – energetske transformatore, prekidače, te ostalo.
- Nakon izrade navedenih elaborata, treba izraditi listu prioriteta po objektima, ali i aktivnostima.

5. ZAKLJUČAK

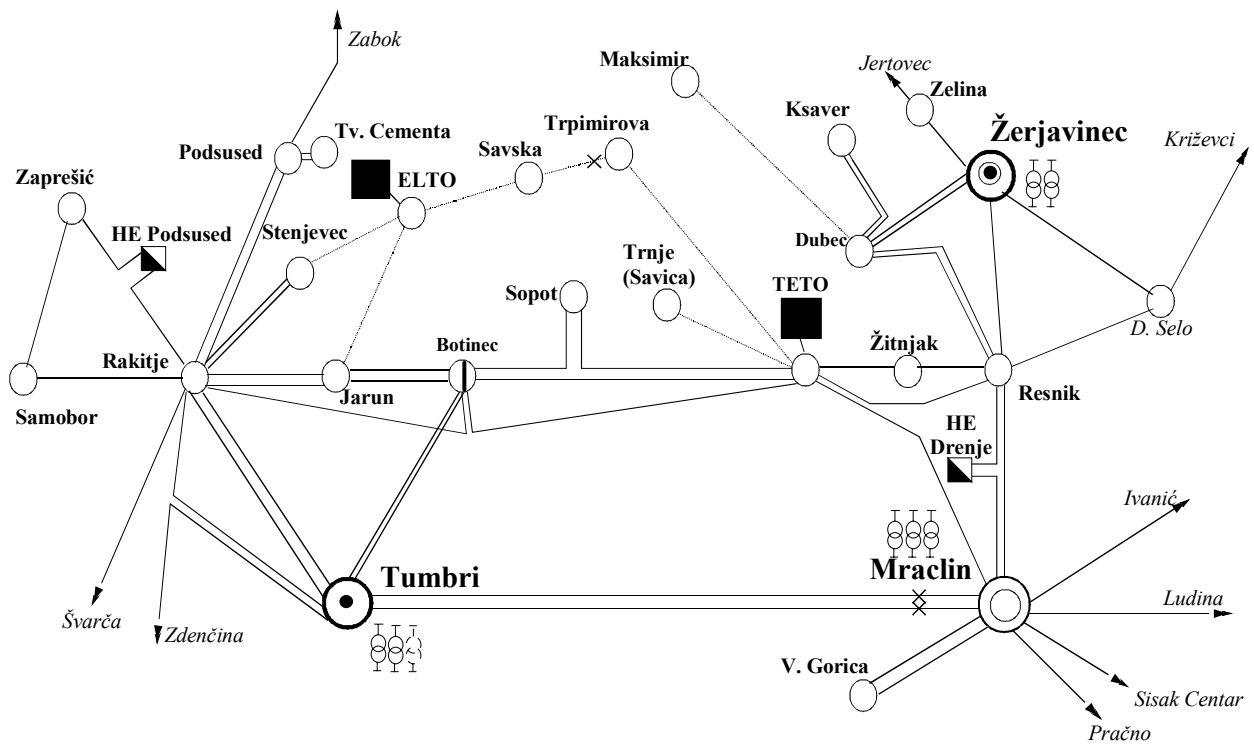
U članku je opisana problematika pogona i razvoja 110 kV mreže grada Zagreba kao najvećeg konzumnog centra u RH. Sigurnost i pouzdanost opskrbe potrošača u Zagrebu su trenutno na nezadovoljavajućoj razini. Da bi se postigla željena sigurnost opskrbe nužno je sagraditi nove objekte u 110 kV mreži prema planu prikazanom u članku, te provesti revitalizaciju starih i dotrajalih objekata u mreži.

LITERATURA

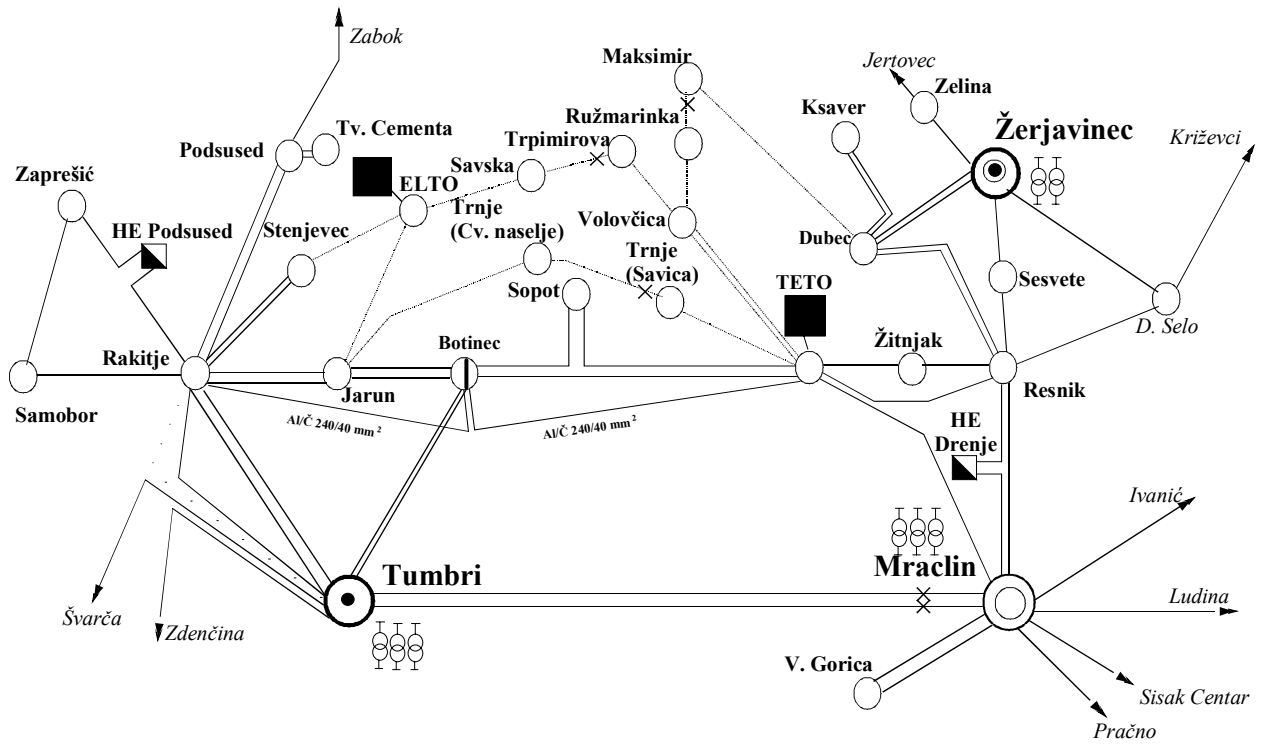
- [1] RAZVOJ 110 kV MREŽE DP ELEKTRA – ZAGREB U RAZDOBLJU 2000. – 2015. GODINE, Energetski Institut "Hrvoje Požar", 2001.
- [2] RAZVITAK ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA HRVATSKE DO 2030. GODINE - PRIJENOSNA MREŽA (Knjiga 3), Energetski Institut "Hrvoje Požar", 1998.
- [3] NOVELACIJA OSNOVNOG RJEŠENJA ELEKTRODISTRIBUTIVNE 110 kV i 35 kV MREŽE GRADA ZAGREBA, Energetski Institut "Hrvoje Požar", 1996.
- [4] PRORAČUN KRATKOG SPOJA U MREŽI SR HRVATSKE ZA 2000, 2005 I 2010. GODINU, IEE, 2000.
- [5] MJESEČNO IZVJEŠĆE – SIJEČANJ 2000., HEP Direkcija za prijenos - PrP Zagreb, 2000.



Slika 3 110 kV mreža Zagreba 2005. godine



Slika 4 110 kV mreža Zagreba 2010. godine



Slika 5 110 kV mreža Zagreba 2015. godine