

Roko Ivković, mag.ing.el.
HEP-ODS d.o.o., Sektor za tehničke poslove.
roko.ivkovic@hep.hr

UVOĐENJE AUTOMATSKE REGULACIJE NAPONA NA TRANSFORMATORU SN/SN KAO TEHNIČKO RJEŠENJE STVARANJA UVJETA U MREŽI ZA PRIKLJUČENJE ELEKTRANE

SAŽETAK

Integracija sve većeg broja elektrana (distribuiranih izvora) u distribucijsku mrežu uzrokuje sve širi raspon fluktuiranja napona u distribucijskoj mreži, što predstavlja izazov za pronalaženje optimalnog tehničkog rješenja priključenja novih elektrana. Priključenjem elektrana većih priključnih snaga na distribucijsku mrežu, elektrane preuzimaju dominaciju u utjecaju na naponske prilike te automatska regulacija napona na sučelju prijenosne i distribucijske mreže više nije dostatna za održavanje naponskih prilika unutar propisanih granica u dubini mreže.

Referat razmatra mogućnost stvaranja nužnih tehničkih uvjeta za priključenje novih elektrana u distribucijsku mrežu uvođenjem automatske regulacije napona na transformatoru SN/SN.

U referatu je na modelu distribucijske mreže s distribuiranim izvorima koji narušavaju okolnosti u distribucijskoj mreži analiziran utjecaj automatske regulacije napona na transformatoru SN/SN na stabiliziranje naponskih prilika.

Ključne riječi: automatska regulacija napona, transformacija SN/SN, distribuirani izvori

IMPLEMENTATION OF AUTOMATIC VOLTAGE REGULATION ON MV/MV TRANSFORMER AS TECHNICAL SOLUTION OF CREATING PRECONDITIONS FOR CONNECTION OF POWER PLANT TO DISTRIBUTION NETWORK

SUMMARY

Increasing integration of power plants into distribution network causes wide range of network voltage fluctuation, creating a challenge to find the optimal technical solution for connection of new power plant into distribution network. By connecting the power plants with large connecting power to the distribution network, power plants gain dominant impact on voltage conditions in the network, thus automatic voltage regulation at the interface between the transmission and distribution network is not sufficient to maintain the voltage conditions within the prescribed limits in distant parts of the network.

The paper analyzes the possibility of creating the necessary technical preconditions for connection of new power plant into distribution network by introducing automatic voltage regulation on transformer MV/MV.

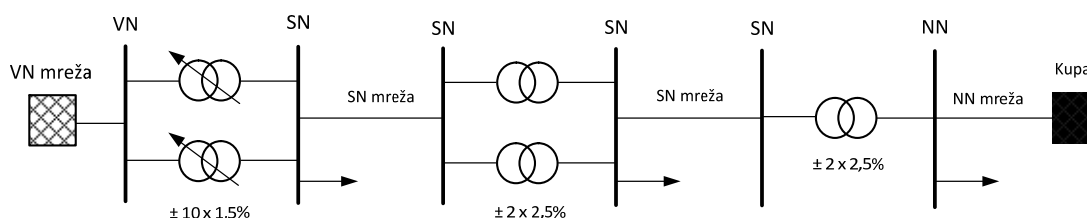
Paper analyzes the effect of automatic voltage regulation on transformer MV/MV in order to stabilize network voltage conditions on the model of the distribution network with distributed power plants that disturb conditions in distribution network.

Key words: automatic voltage regulation, transformation MV/MV, distributed generation

1. UVOD

Tradicionalna distribucijska mreža je građena kao „pasivna“ mreža koja se napaja iz prijenosne mreže, odnosno iz transformatorske stanice 110/x kV koja se nalazi na sučelju prijenosne i distribucijske mreže (slika 1). Takvu mrežu karakterizira jednosmjerni tok snage od transformatorske stanice 110/x kV do krajnjeg kupca (potrošača), pri čemu uslijed pada napona na elementima mreže (vodovi, transformatori) dolazi do snižavanja napona od napojnih trafostanica (VN/SN, SN/SN, SN/NN) prema kraju SN odnosno NN voda.

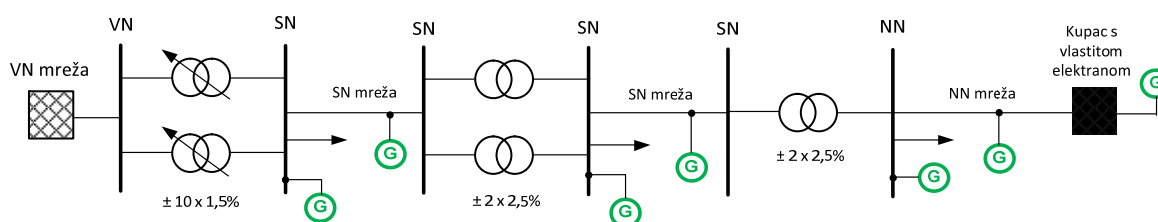
Kako bi se napon u distribucijskoj mreži bez distribuiranih izvora (DI) održavao unutar propisanih granica $\pm 10\%U_n$ [1], u transformatorskim stanicama 110/x kV se koriste transformatori s automatskom regulacijom napona u rasponu od $\pm 15\%$ s korakom regulacije od 1,5% ($\pm 10 \times 1,5\%$), koji automatski bez prekida napajanja reguliraju napon na sekundarnoj strani transformatora na zadanu podešenu vrijednost. Za kompenziranje padova napona na transformatorima te SN i NN vodovima, u transformatorskim stanicama SN/SN i SN/NN se koriste transformatori s ručnom regulacijom napona u rasponu od $\pm 5\%$ s korakom regulacije 2,5% ili 5% ($\pm 2 \times 2,5\%, \pm 1 \times 5\%$). Budući da na energetske distribucijske transformatorima SN/SN i SN/NN naponska regulacija nije automatska, jednom uspostavljeni prijenosni omjeri načelno se iznimno rijetko mijenjaju. Također, kako bi se kompenzirao pad napona u mreži, transformatori se izvode sa nazivnim prijenosnim omjerima $U_1/(U_2+5\%)$ (npr. 35/10,5 kV, 10(20)/0,42 kV).



Slika 1. Prikaz „pasivne“ distribucijske mreže

Priključenjem elektrana (DI) na distribucijsku mrežu, ona se transformira iz „pasivne“ mreže u „aktivnu“, odnosno distribucijska mreža osim tradicionalne obveze opskrbe krajnjih kupaca dobiva i obvezu preuzimanja i evakuiranja proizvedene energije iz elektrana (slika 2). U „aktivnim“ distribucijskim mrežama tok snage nije više jednosmjernan, već se dijelovi distribucijske mreže napajaju iz dva smjera: iz smjera napojne trafostanice i iz smjera elektrane. U pojedinim dijelovima distribucijske mreže proizvodnja iz elektrana može prerasti konzum transformatorske stanice SN/SN, pa dolazi do trajnog uzlaznog toka snage kroz transformator SN/SN prema nadređenoj mreži (npr. priključenjem više elektrana u 10 kV izvode proizvodnja iz elektrana preraste konzum transformatorske stanice 35/10 kV, pa dolazi do trajnog uzlaznog toka snage kroz transformator 35/10 kV prema 35 kV mreži). Osim promjene toka snage, priključenjem elektrana u distribucijsku mrežu dolazi do znatnog porasta napona na mjestu priključenja elektrane na distribucijsku mrežu, koji se u periodima minimalne potrošnje u distribucijskoj mreži mogu približiti najvišoj dopuštenoj vrijednosti od $110\%U_n$.

Kako bi omogućio prihvat novih elektrana u distribucijsku mrežu uz održavanje napona unutar propisanih granica, operator distribucijskog sustava treba pronaći optimalno tehničko rješenje stvaranja nužnih uvjeta u mreži za priključenje elektrane. U slučajevima kada elektrane preuzimaju dominaciju u utjecaju na naponske prilike te automatska regulacija napona na sučelju prijenosne i distribucijske mreže nije dostatna za održavanje naponskih okolnosti unutar propisanih granica i u dubini mreže, kao jedno od mogućih optimalnih tehničkih rješenja razmatra se i uvođenje automatske regulacije napona na transformatorima SN/SN.

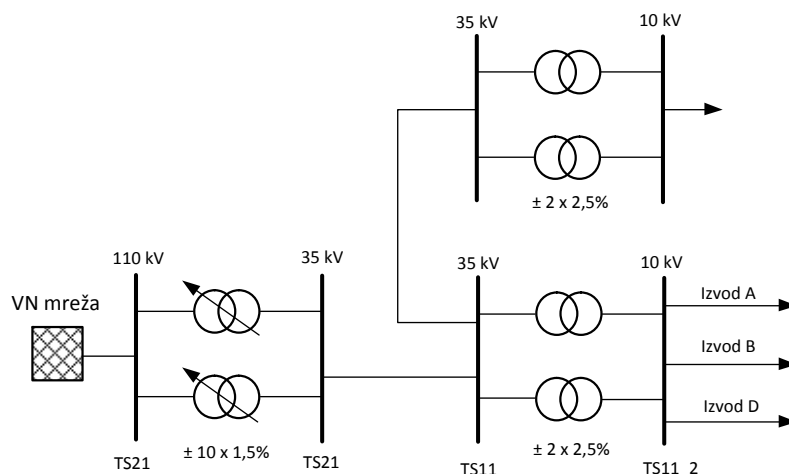


Slika 2. Prikaz „aktivne“ distribucijske mreže

2. UVOĐENJE AUTOMATSKE REGULACIJE NAPONA NA TRANSFORMATORU 35/10 kV KAO TEHNIČKO RJEŠENJE STVARANJA UVJETA U MREŽI ZA PRIKLJUČENJE ELEKTRANE

2.1. Model razmatrane mreže

Za model mreže na kojemu će se analizirati uvođenje automatske regulacije napona na transformatoru 35/10 kV je odabrana distribucijska mreža s dugačkim 10 kV izvodima (slika 3). Transformatorska stanica TS 35/10 kV (TS11) u kojoj se razmatra uvođenje automatske regulacije napona, povezana je s nadređenom TS21 110/35 kV s 35 kV nadzemnim vodom (Al/Fe 3x120 mm²) ukupne duljine 11,43 km. U radu se analizira mogućnost priključenja elektrana u 10 kV izvode (Izvod B i Izvod D) napajane iz transformatorske stanice TS11 35/10 kV. Topologija i parametri elemenata razmatrane mreže su prikazani u prilogu 1.



Slika 3. Prikaz razmatrane 35 kV mreže napajane iz TS21 110/35 kV

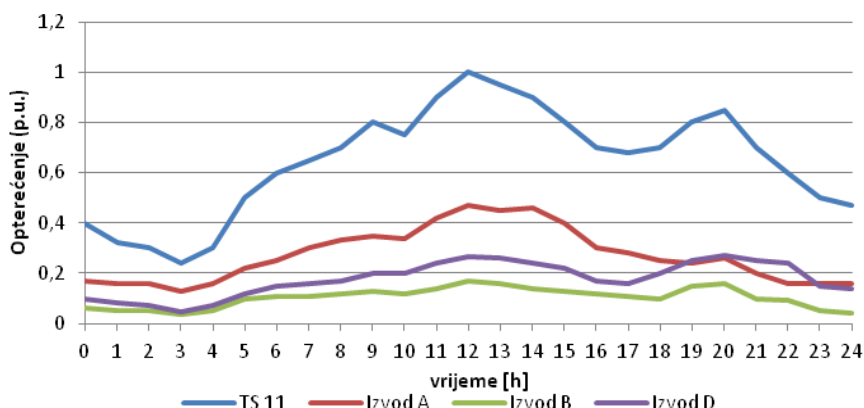
Transformatori 110/35 kV s automatskom regulacijom napona su modelirani s nazivnim prijenosnim omjerom $110 \pm 10 \times 1,5\% / 36,75$ kV i s fiksnim podešenjem napona na sekundarnoj strani na referentnu vrijednost 35,525 kV ($101,5\% U_n$). Automatska regulacija napona se izvodi pod naponom promjenom broja namota na VN strani transformatora, u rasponu od $\pm 15\%$ sa korakom regulacije 1,5%, a na osnovu podešene referentne vrijednosti napona na 35 kV strani. „Mrtva zona“ odnosno raspon oko referentne vrijednosti unutar kojega regulator ne mijenja položaj regulacijske preklopke, modeliran je u programskom alatu NEPLAN 360 i za korak regulacije 1,5% iznosi ± 280 V ($0,8\% U_n$). Transformatori 35/10 kV su modelirani s nazivnim prijenosnim omjerom $35 \pm 2 \times 2,5\% / 10,5$ kV. Regulacija napona se izvodi u beznaponskom stanju promjenom broja namota na VN strani transformatora, u rasponu od $\pm 5\%$ sa korakom regulacije od 2,5%. Transformatori u TS11 35/10 kV su modelirani sa srednjim položajem regulacijske preklopke odnosno s prijenosnim omjerom 35/10,5 kV. Svi transformatori u TS 10/0,4 kV su modelirani sa srednjim položajem regulacijske preklopke odnosno s prijenosnim omjerom 10/0,4 kV.

Na slici 4 je prikazan dnevni dijagram opterećenja TS11 35/10 kV i razmatranih 10 kV izvoda prije priključenja elektrana. Iz dijagrama se može vidjeti da opterećenje transformatorske stanice varira od minimalne vrijednosti od 24% koju doseže u noćnim satima (3h), do maksimalne vrijednosti od 100% koju doseže u dnevnim satima (12 h). U daljnim analizama, za potrebe proračuna tokova snaga je korištena linearna raspodjela minimalnih/maksimalnih vrijednosti opterećenja izvoda po pojedinim transformatorskim stanicama 10/0,4 kV sukladno nazivnim snagama njihovih transformatora (uz pretpostavljeni $\cos \varphi = 0,95$) prema formuli:

$$S_{teret_i} = S_{IZVOD} \cdot \frac{S_{n_i}}{\sum_{i=1}^N S_{n_i}} \cdot f_g \quad (1)$$

,gdje je S_{teret_i} – izračunato opterećenje transformatorske stanice, S_{IZVOD} – opterećenje izvoda/pojne točke, S_{n_i} – nazivna snaga transformatora pojedine TS, N – broj TS u izvodu/pojnoj točki, f_g – faktor gubitaka. Faktorom gubitaka f_g uzeti su u obzir gubici u mreži i transformatorima ovisni o topologiji

mreže i naponskim prilikama u mreži. Za linearnu raspodjelu opterećenja po teretima i za proračune tokova snaga je korišten programski alat NEPLAN 360.

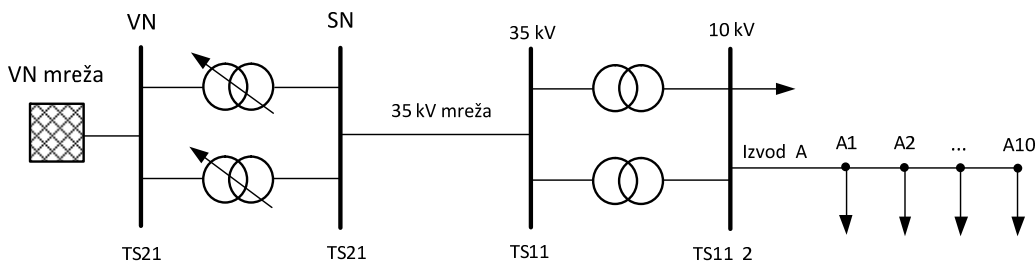


Slika 4. Dnevni dijagram opterećenja TS11 35/10 kV i razmatranih 10 kV izvoda iz TS11 35/10 kV

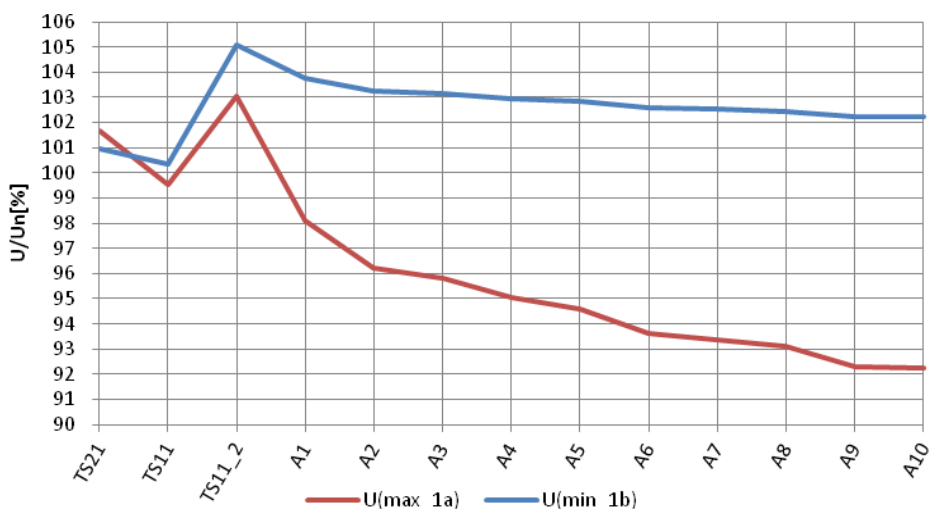
Na slici 6 je prikazan naponski profil 10 kV izvoda A i nadređene mreže do 35 kV čvorišta TS21 110/35 kV (slika 5) za dva granična slučaja:

- 1a) Maksimalno opterećenje bez proizvodnje (maksimalna potrošnja kupaca u 12h)
- 1b) Minimalno opterećenje bez proizvodnje (minimalna potrošnja kupaca u 3h)

Iz slike 6 se vidi da je za vrijeme maksimalne potrošnje u 10 kV izvodu A, pad napona od 10 kV sabirnica TS11 35/10 kV do zadnje trafostanice 10/0,4 kV oko 11% U_n . Veliki pad napona na izvodu nastaje zbog velike potrošnje u izvodu (47% od ukupnog opterećenja trafostanice se troši u izvodu A) te velike duljine izvoda od 14,65 km. Uzimajući u obzir sve 10 kV izvode iz TS11 35/10 kV, upravo na izvodu A nastaje najveći pad napona za vrijeme maksimalne potrošnje. U razmatranoj mreži prije priključenja elektrana, najveći pad napona na izvod A služi kao mjerodavan za podešavanje regulacijske preklopke na TS11 35/10 kV.



Slika 5. Prikaz modela napajanja 10 kV izvoda A napajanog iz TS11 35/10 kV

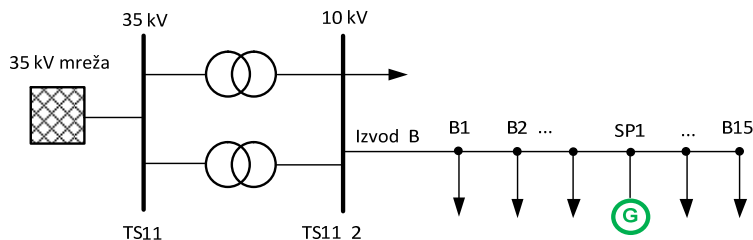


Slika 6. Naponski profil 10 kV izvoda A za slučaj minimalne i maksimalne potrošnje

2.2. Analiza mogućnosti priključenja elektrana u 10 kV distribucijsku mrežu

2.2.1. Analiza priključenja elektrane E1

Analizira se mogućnost priključenja elektrane E1 s priključnom snagom u smjeru proizvodnje 1000 kW i u smjeru potrošnje 100 kW (vlastita potrošnja), u 10 kV izvod B na 8,43 km električne udaljenosti od napojne TS11 35/10 kV (slika 7).

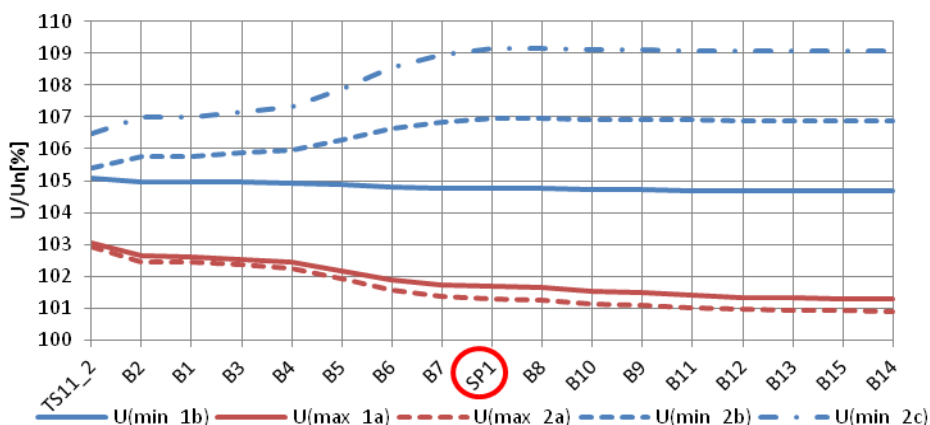


Slika 7. Prikličenje elektrane E1 u 10 kV izvod B

S obzirom na mogućnost pojave ekstremnih napona (nedopušteno niskih ili previsokih napona), analiziraju se tri granična slučaja:

- 2a) Maksimalna potrošnja kupaca dok elektrana preuzima radnu snagu 100 kW iz mreže uz $\cos \varphi = 0,95$ (ind.)
- 2b) Minimalna potrošnja kupaca dok elektrana predaje radnu snagu 1000 kW u mrežu uz $\cos \varphi = 1$
- 2c) Minimalna potrošnja kupaca dok elektrana predaje radnu snagu 1000 kW u mrežu uz $\cos \varphi = 0,85$ (ind.)

Na slici 8 je prikazan naponski profil uzduž izvoda B prije i nakon priključenja elektrane E1, za sve granične slučajeve. Mjesto priključenja elektrane u 10 kV izvod B je u čvorištu SP1.



Slika 8. Naponski profil 10 kV izvoda B prije i nakon priključenja elektrane E1

U tablici I je prikazana relativna promjena napona u čvorištu SP1 u odnosu na napon prije priključenja elektrane za slučaj minimalne i maksimalne potrošnje. Osim znatnog povišenja napona u izvodu B za slučaj minimalne potrošnje, priključenjem elektrane dolazi do promjene toka snage iz izvoda B prema napojnoj trafostanici TS11 35/10 kV. Nazivna proizvodnja elektrane E1 je oko 6,5 puta veća od minimalne potrošnje, a oko 1,3 puta veća od maksimalne potrošnje u razmatranom izvodu B.

Tablica I. Relativna promjena napona u čvorištu SP1 nakon priključenja elektrane E1

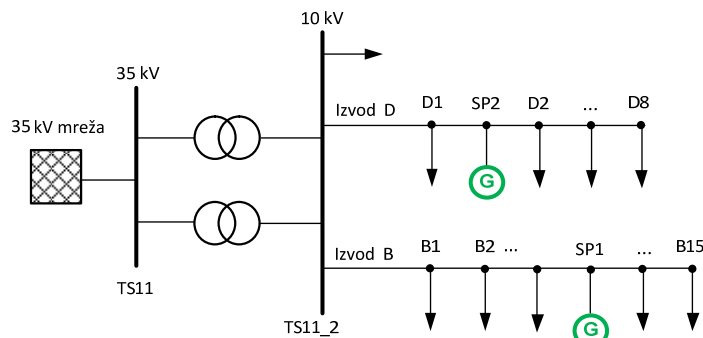
Δu [%]		
Slučaj 2a	Slučaj 2b	Slučaj 2c
- 0,40	2,21	4,39

Naponi u razmatranoj mreži se nakon priključenja elektrane E1 nalaze unutar dopuštenih granica za sve granične slučajeve te se elektrana može priključiti na mrežu s priključnom snagom proizvodnje 1000 kW uz maksimalni propisom dopušteni raspona faktora snage ($\cos \varphi = 0,85$ induktivno do $\cos \varphi = 1$). S obzirom da proizvođači na temelju važećih propisa dobivaju poticaje za predaju radne električne energije u mrežu i nemaju obvezu regulacije napona u sustavu, u interesu proizvođača je da radi s

faktorom snage jednakim 1 ($\cos \varphi = 1$). U daljnim proračunima se pretpostavlja da je elektrana E1 priključena na mrežu, ali da ne razmjenjuje jalovu snagu s mrežom odnosno da radi samo sa $\cos \varphi = 1$.

2.2.2. Analiza priključenja elektrane E2

Analizira se mogućnost priključenja elektrane E2 nakon priključenja elektrane E1, s priključnom snagom u smjeru proizvodnje 2500 kW i u smjeru potrošnje 200 kW (vlastita potrošnja), u 10 kV izvod D na 13,39 km električne udaljenosti od pojne TS11 35/10 kV (slika 9).



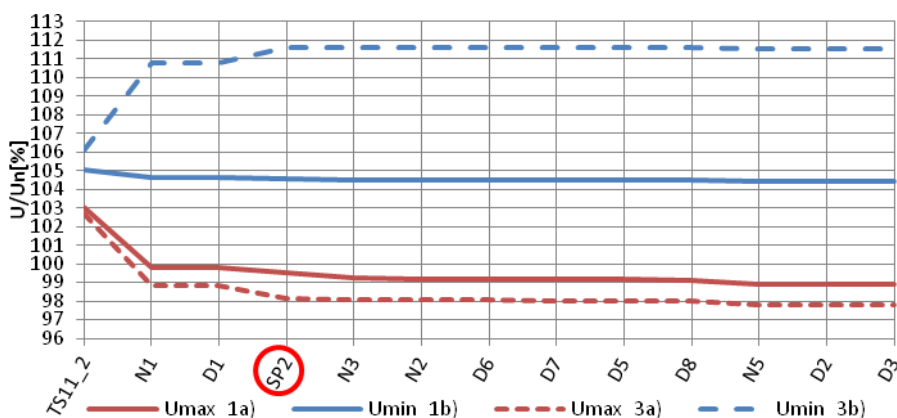
Slika 9. Priključenje elektrane E2 u 10 kV izvod D

S obzirom na mogućnost pojave ekstremnih napona, analiziraju se dva granična slučaja:

3a) Maksimalna potrošnja kupaca dok elektrana preuzima radnu snagu 200 kW iz mreže uz $\cos \varphi = 0,95$

3b) Minimalna potrošnja kupaca dok elektrana predaje radnu snagu 2500 kW u mrežu uz $\cos \varphi = 1$

Na slici 10 je prikazan naponski profil uzduž izvoda D prije i nakon priključenja elektrana E1 i E2, za sve granične slučajeve. Mjesto priključenja elektrane u 10 kV izvod D je u čvorištu SP2.



Slika 10. Naponski profil 10 kV izvoda D prije i nakon priključenja elektrana E1 i E2

Nakon priključenja elektrana E1 i E2 u razmatranoj mreži dolazi do promjene tokova snage iz izvoda B i D prema pojnoj trafostanici TS11 35/10 kV. Također, za vrijeme minimalne potrošnje dolazi do promjene toka snage od pojne trafostanice TS11 35/10 kV prema nadređenoj 35 kV mreži. Nazivna proizvodnja elektrane E2 je oko 14 puta veća od minimalne, a oko 2 puta veća od maksimalne potrošnje u razmatranom izvodu D. U tablici II je prikazana relativna promjena napona na mjestu priključenja elektrana na mrežu u odnosu na napon prije priključenja elektrana E1 i E2.

Tablica II. Relativna promjena napona u čvorištu SP1 i SP2 nakon priključenja elektrana E1 i E2

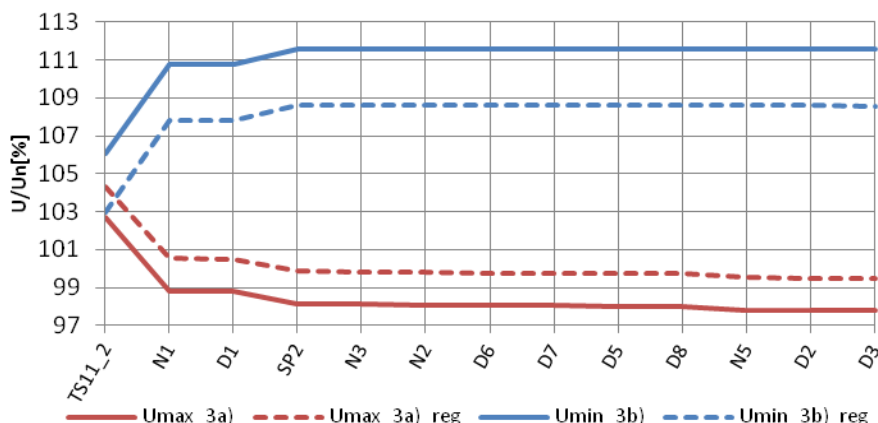
Mjesto priključenja elektrane	Δu [%]	
	Slučaj 3a	Slučaj 3b
SP1	-0,67	2,85
SP2	-1,36	7,06

Nakon priključenja elektrana E1 i E2 u razmatranoj mreži se za slučaj minimalne potrošnje javlja napon od $111,8\%U_n$ što je iznad dopuštenog raspona od $110\%U_n$, pa je za priključenje elektrane E2 potrebno stvoriti dodatne tehničke uvjete u mreži.

2.2.3. Analiza uvođenja automatske regulacije napona na transformatoru 35/10 kV

Uobičajna tehnička rješenja (povećanje presjeka voda, prelazak lokalne mreže s 10 kV na 20 kV) za stvaranje uvjeta u mreži za priključenje elektrane E2 nisu djelotvorna/optimalna, pa se razmatra uvođenje automatske regulacije napona na transformatorima 35/10 kV u TS11. Naime, presjek vodova u razmatranim izvodima je već maksimalno mogući te ne postoji mogućnost poboljšanja naponskih prilika smanjivanjem impedancije do mjesta priključenja elektrana, dok prelazak sa 10 kV na 20 kV nije optimalno rješenje zbog visokih troškova i dugačkog vremena realizacije (planira se smanjenje potrošnje u razmatranom trafopodručju pa se u investicijskim planovima operatora ne predviđa prelazak na 20 kV, mreža nepripremljena za prelazak na 20 kV itd.). Ukoliko ne postoji mogućnost uvođenja automatske regulacije napona u postojećim transformatorima 35/10 kV, ugrađuju se novi transformatori 35(20)/10(20) kV s automatskom regulacijom napona, koji su primarno i sekundarno prespojivi na 20 kV. Prednost navedenih transformatora je da ukoliko dođe do prelaska cijele mreže na 20 kV da mogu služiti kao uzdužna regulacija napona 20/20 kV. Navedeni transformatori vrše regulaciju napona isto kao i transformatori 110/35 kV te imaju nazivni prijenosni omjer $35 \pm 10 \times 1,5\%/10,5(21)$ kV odnosno $20 \pm 10 \times 2,625\%/10,5(21)$ kV ($35(20) \pm 10 \times 0,525/10,5(21)$ kV). „Mrtva zona“ regulatora je modelirana s rasponom od ± 80 V ($0,8\%U_n$)

Analizira se uvođenje automatske regulacije napona s fiksnim podešenjem napona na sekundarnoj strani na referentnu vrijednost 10,3 kV ($103\%U_n$). Podešenje napona na sekundarnoj strani je određeno uzimajući u obzir maksimalni pad napona u izvodu A (iznosi oko $11\%U_n$) jer bi podešenjem referentnog napona ispod 10,3 kV u izvodu A za vrijeme maksimalne potrošnje došlo do preniskih napona (ispod $90\%U_n$). Na slici 11 je prikazan naponski profil izvoda D prije i nakon uvođenja automatske regulacije napona u TS11 35/10 kV za ekstremne slučajeve minimalne i maksimalne potrošnje.

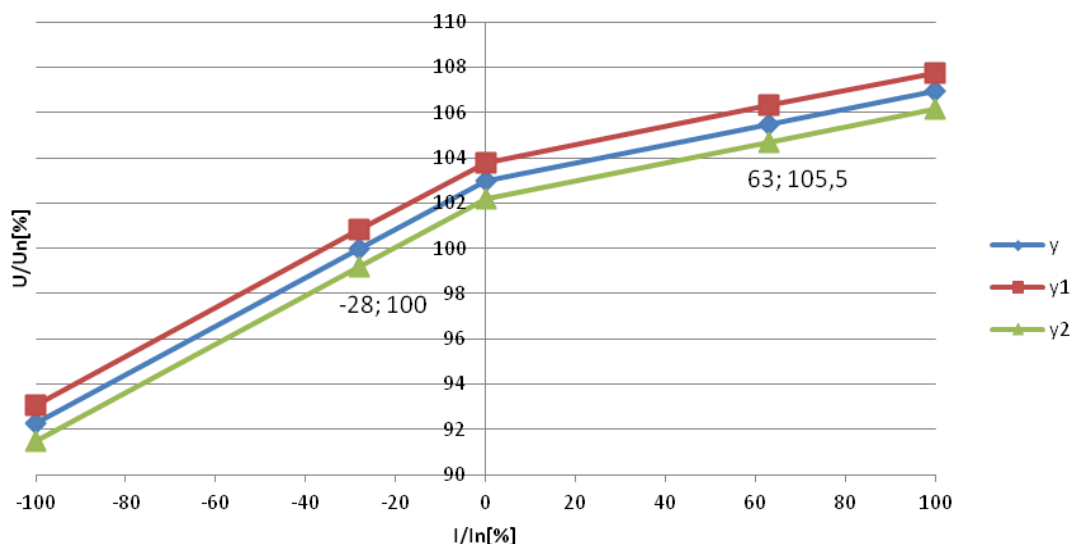


Slika 11. Naponski profil 10 kV izvoda D prije i nakon uvođenja fiksne automatske regulacije napona

Ugradnjom automatske regulacije napona u TS11 35/10 kV s fiksno podešenom vrijednosti napona na sekundaru, napon u razmatranoj mreži se regulira unutar dopuštenih vrijednosti uz pretpostavku da svi transformatori u TS 10/0,4 kV imaju nazivni prijenosni omjer 10/0,4 kV te da im se regulacijska preklopka nalazi u srednjem položaju. Iako je uvedena automatska regulacija napona, naponi u izvodu D za vrijeme minimalne potrošnje dostižu visoke vrijednosti oko $109\%U_n$ te fluktuacija napona u pojedinom čvorištu između minimalne i maksimalne vrijednosti napona može iznositi i do $9\%U_n$. Ukoliko su zbog velikih padova napona u NN mreži u periodima maksimalne potrošnje, regulacijske preklopke transformatora 10/0,4 kV postavljene u cilju podizanja sekundarnog napona za 2,5% (preklopka se nalazi u položaju 4), naponi na sekundaru mogu u periodima minimalne potrošnje dosegnuti nedopuštene vrijednosti napona u iznosu od $112\%U_n$. U navedenom slučaju automatska regulacija napona s fiksnim podešenjem napona neće biti dostatna za održavanje napona unutar propisanih granica u razmatranoj NN mreži.

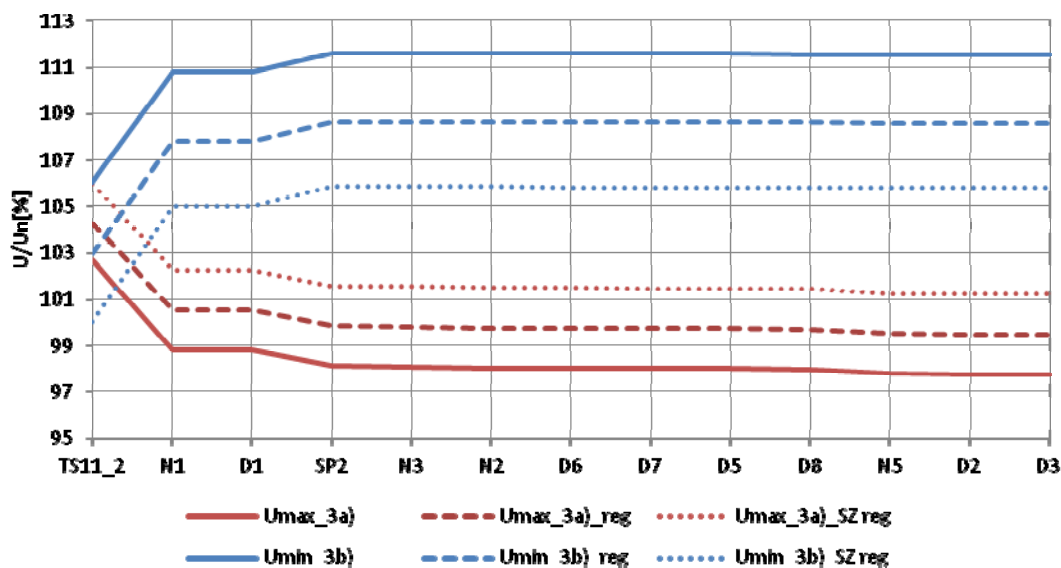
Analizira se uvođenje automatske regulacije napona u TS11 35/10 kV sa usmjerenom strujno zavisnom regulacijom napona. U ovom radu se pod usmjerenom strujno zavisnom regulacijom napona podrazumijeva regulacija napona u ovisnosti o iznosu i smjeru struje kroz energetske transformator.

Regulacija napona se modelira prema kompaundacijskoj krivulji prema slici 12. Usmjerno strujno zavisna regulacija napona regulira napon na sekundaru TS 35/10 kV na način da se u periodima maksimalne potrošnje (maksimalni konzum), kada je tok struje od nadređene 35 kV mreže prema TS11 35/10 kV, napon regulira između 103%-105.5%Un. U periodima minimalne potrošnje, kada je tok struje od TS11 35/10 kV prema nadređenoj 35 kV mreži, regulator drži vrijednost napona između 100-103%Un.



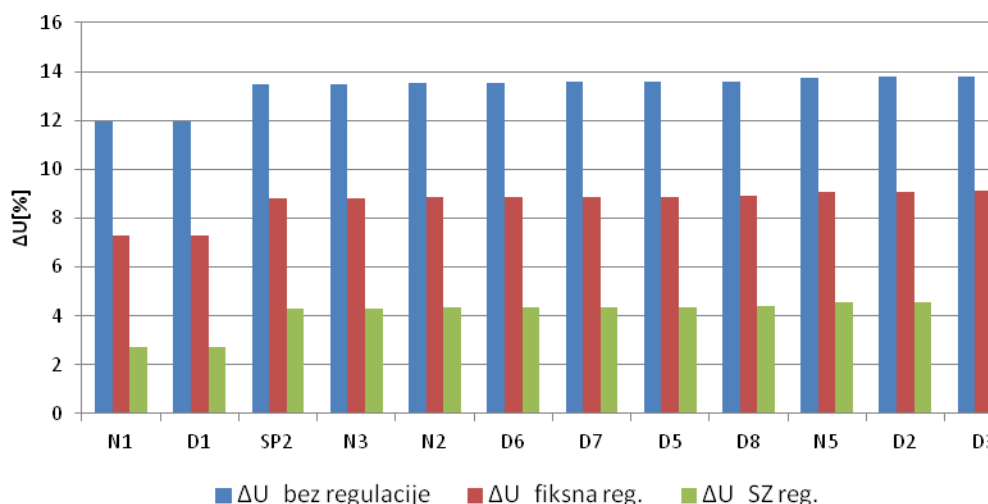
Slika 12. Kompaundacijska krivulja regulatora

Na slici 13 je prikazan naponski profil uzduž izvoda D nakon uvođenja usmjerene strujno zavisne automatske regulacije u TS11 35/10 za slučaj minimalne i maksimalne potrošnje. Naponi u izvodu D za vrijeme minimalne potrošnje dostižu vrijednosti oko 106%Un, te fluktuacija napona u pojedinom čvorištu između minimalne i maksimalne vrijednosti napona iznosi oko 4%Un. Ukoliko su regulacijske preklapke transformatora 10/0,4 kV postavljene u cilju podizanja sekundarnog napona za 2,5%, naponi na sekundaru mogu u periodima minimalne potrošnje dosegnuti najviše vrijednosti napona u iznosu od 109%Un. Automatska regulacija napona s usmjerenom strujno zavisnom regulacijom napona omogućava održavanje napona unutar propisanih granica na SN i NN za sve rubne slučajeve.



Slika 13. Naponski profil 10 kV izvoda D prije i nakon uvođenja usmjerene strujno zavisne automatske regulacije napona

Na slici 14 je prikazana fluktuacija napona u pojedinom čvorištu izvoda D prije i nakon uvođenja automatske regulacije napona u TS11 35/10 kV. Nakon uvođenja automatske regulacije napona sa fiksnim podešenjem napon u pojedinom čvorištu oscilira oko $9\%U_n$, dok nakon uvođenja automatske regulacije napona s usmjerenom strujno zavisnom regulacijom oko $4\%U_n$.



Slika 14. Prikaz fluktuacije napona u pojedinom čvorištu 10 kV izvoda D prije i nakon uvođenja automatske regulacije napona u TS11 35/10 kV

3. ZAKLJUČAK

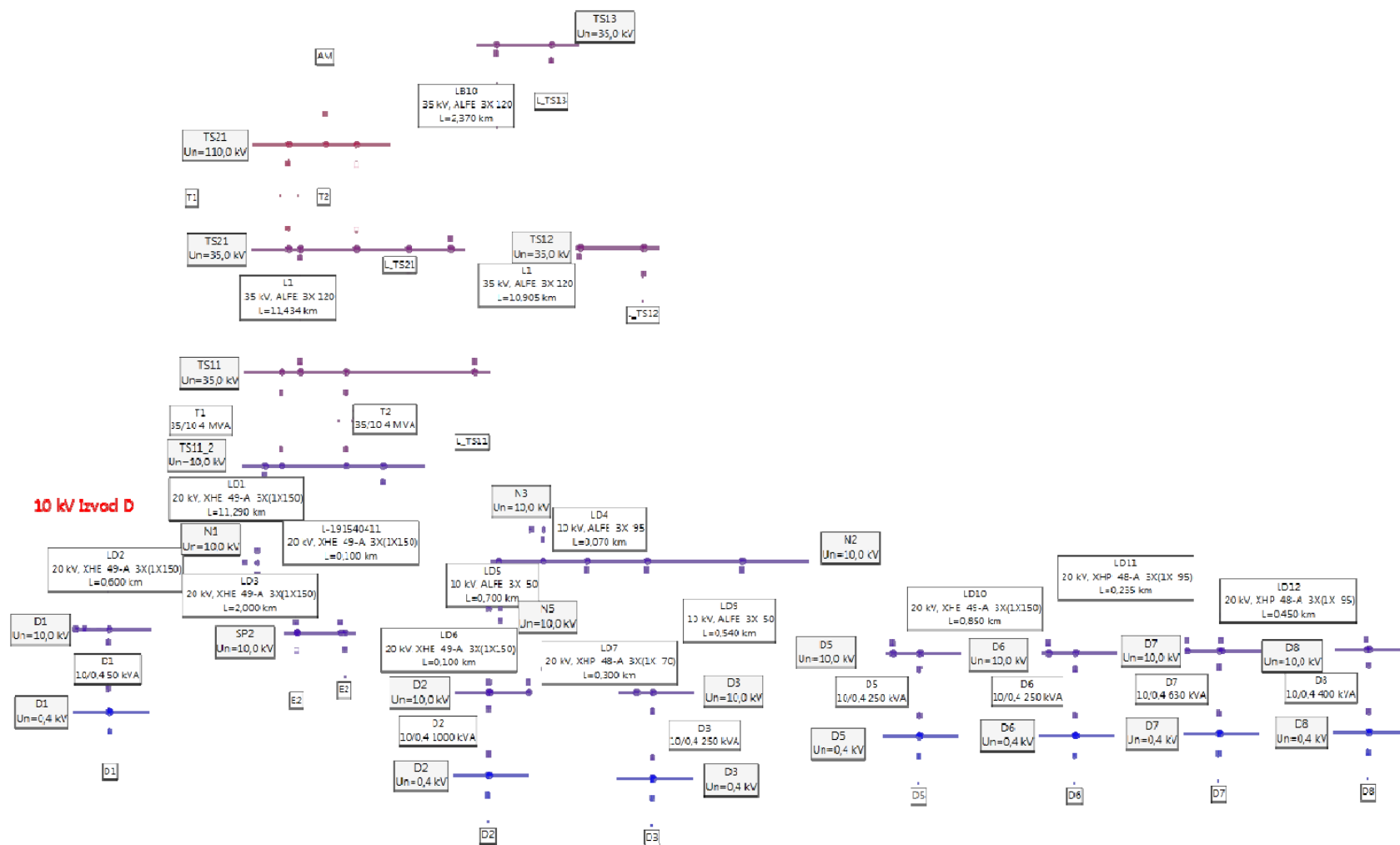
Priključenje sve većeg broja elektrana (DI) u distribucijsku mrežu uzrokuje sve širi raspon fluktuiranja napona u distribucijskoj mreži, što predstavlja izazov za pronalaženje optimalnog tehničkog rješenja priključenja novih elektrana. Ukoliko uobičajena tehnička rješenja (povećanje presjeka voda, prelazak lokalne mreže s 10 kV na 20 kV) za stvaranje tehničkih uvjeta u mreži za priključenje elektrane nisu djelotvorna/optimalna, operator distribucijskog sustava kao jedno od mogućih tehničkih rješenja stvaranja uvjeta u mreži razmatra i uvođenje automatske regulacije napona na transformatorima SN/SN.

U referatu je na pojednostavljenom modelu distribucijske mreže sa stvarnim okolnostima u mreži HEP–ODS-a analiziran utjecaj uvođenja automatske regulacije napona na transformatoru 35/10 kV. Uvođenjem automatske regulacije napona na transformatoru 35/10 kV omogućuje se priključenje nove elektrane na distribucijsku mrežu uz održavanje napona unutar propisanih granica. Korištenjem usmjerene strujno zavisne automatske regulacije napona se najefikasnije regulira napon u distribucijskoj mreži s DI odnosno raspon fluktuacije napona u mreži je najmanji.

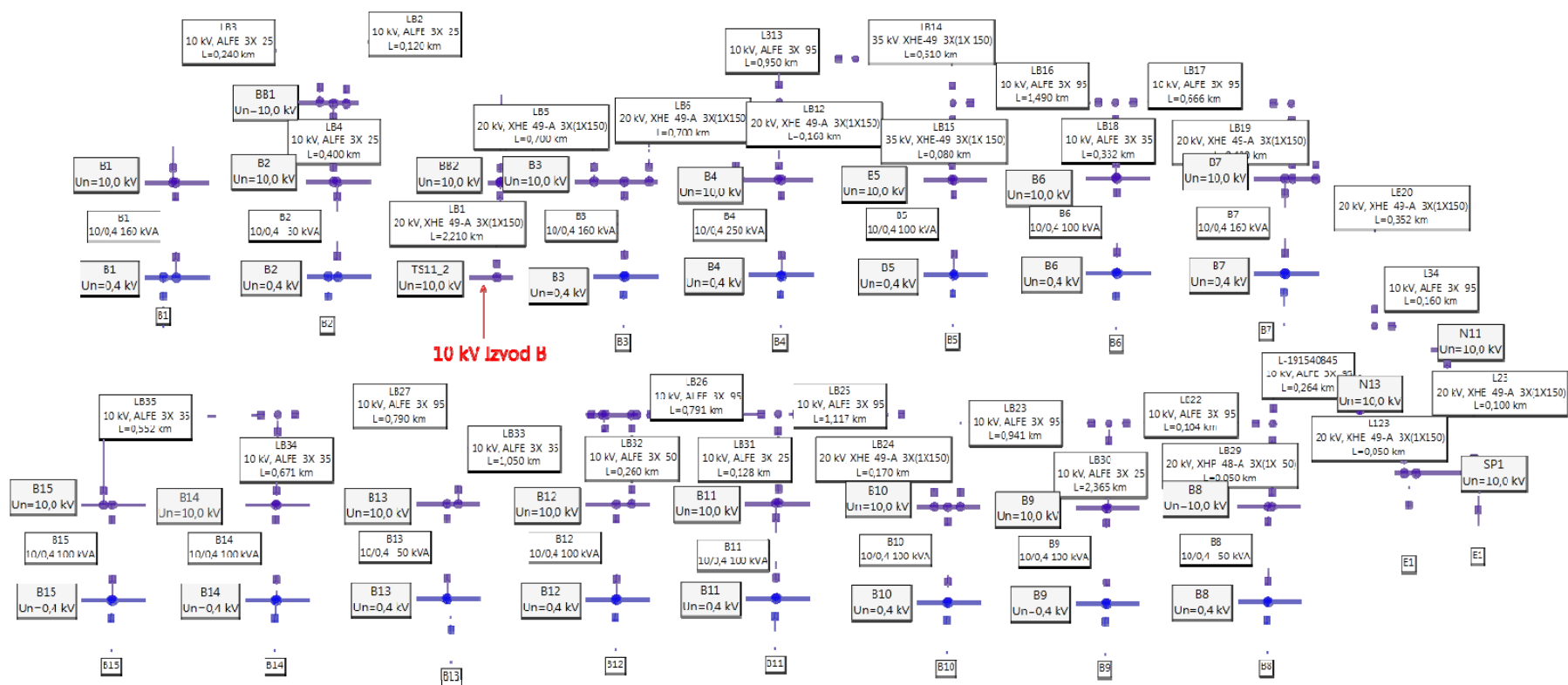
Djelotvornost automatske regulacije napona na transformatoru 35/10 kV je upitna u trafopodručjima gdje je znatna razlika u karakteru naponskih profila podređenih 10 kV izvoda. Ako u jednom trafopodručju 35/10 kV postoje 10 kV izvodi u kojima su naponi previsoki zbog dominantnog utjecaja priključenih elektrana kao i 10 kV izvodi u kojima su naponi preniski zbog dominantnog utjecaja kupaca (npr. u izvodu su priključeni veliki kupci bez priključenih elektrana), nemoguće je pronaći podešenje automatskog regulatora napona koje može održavati napon unutar propisanih granica u obje vrste izvoda. Jedno od mogućih tehničkih rješenja za takvu situaciju je uvođenje uzdužne automatske regulacije napona na izvodu.

Daljnjom integracijom elektrana u distribucijsku mrežu, problematika regulacije napona unutar propisanih granica će postati sve izraženija. Operator distribucijskog sustava u suradnji s drugim energetske subjektima će morati razmotriti sve tehničke mogućnosti s ciljem optimalne regulacije napona u distribucijskom sustavu, uključujući i sudjelovanje elektrana u regulaciji mrežnog napona.

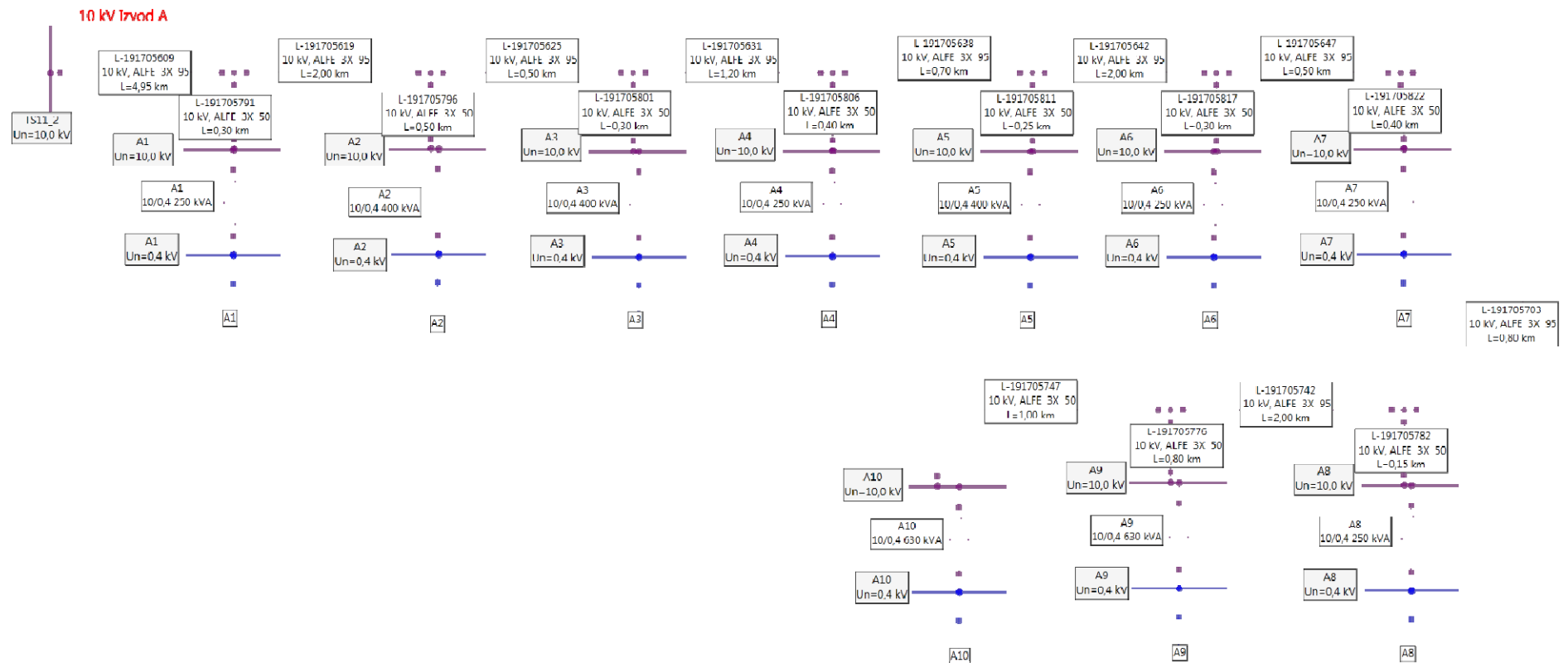
4. PRILOG: Model razmatrane mreže – dio 1/3



Model razmatrane mreže – dio 2/3



Model razmatrane mreže – dio 3/3



5. LITERATURA

- [1] Mrežna pravila elektroenergetskog sustava (NN br. 36/06)
- [2] Opći uvjeti za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom (NN br. 85/15)
- [3] Pravilnik o naknadi za priključenje na elektroenergetsku mrežu i za povećanje priključne snage (NN br. 28/06)