

Perspektiva razvoja mreže 110 kV na području Jugoistoka

Tijana Janjić¹

¹ Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Koste Glavinića 8a
11000 Beograd, Srbija
tjanjic@ieent.org

Kratak sadržaj: U radu se sagledava razvoj mreže 110 kV na području jednog dela PD Jugoistok koji je proistekao iz Studije perspektivnog dugoročnog razvoja električnih mreža naponskih nivoa 110 i 35 kV na području ogranaka Niš, Leskovac, Prokuplje, Pirot i Vranje u PD Jugoistok kao i varijantna rešenja konkretnih problema. Analiziran je uticaj promene nivoa opterećenja na razvoj mreže.

Ključne reči: planiranje, mreža 110 kV, PD Jugoistok, prognoza

1. Uvod

U ovom radu su izložene varijante rešenja perspektivne mreže 110 kV proistekla iz Studije perspektivnog dugoročnog razvoja električnih mreža naponskih nivoa 110 i 35 kV na području ogranaka Niš, Leskovac, Prokuplje, Pirot i Vranje u PD Jugoistok.

2. Prognoza potrošnje

Metodologija prognoze porasta potrošnje prilagođena je podacima o potrošnji po kategorijama, naseljima i napojnim trafo-stanicama sa kojima se raspolagalo. S obzirom da se radi o velikom području, a da su podaci o mreži nižeg naponskog nivoa bili nepoznati, a potrošači većim delom bez podataka o napojnim TS, sama metodologija prognoze je pretrpela neophodne izmene kako bi se dobila što tačnija raspodela potrošnje.

Formirane su dve varijante prognoze potrošnje električne energije, odnosno snage, niža i viša varijanta. Prognoza potrošnje električne energije vršena je po kategorijama: kategoriji "domaćinstava", kategoriji "ostale potrošnje" i kategoriji "značajnih kupaca".

Potrošnja električne energije u kategoriji "domaćinstava" prognozirana je na osnovu porasta broja domaćinstava po popisnim naseljima. S obzirom da je područje obuhvaćeno ovom studijom relativno veliko nije bilo moguće do kraja uskladiti podatke o naselju iz baza o potrošnji električne energije i popisna naselja, te se pribeglo uvođenju kategorije geografskih reona. Geografski reon predstavlja grupu naselja koja su locirana jedno uz drugo, a slična su po svojim ostalim karakteristikama - geografiji, prosečnom broju članova domaćinstava itd. Uvođenjem kategorije geografskih reona izbegla su se neminovna velika odstupanja u broju domaćinstava iz popisa i broju kupaca. Povezivanje potrošnje domaćinstava po naseljima sa napojnom TS X/10 kV je izvršeno pod kontrolom stručnjaka PD Jugoistok. U slučaju da se jedno naselje napaja iz više različitih TS raspodela potrošnje naselja na TS X/10 kV vršena je na način koji je najtačniji s obzirom na dostupne podatke.

U kategoriju ostale potrošnje obuhvaćeni su javna rasveta i svi ostali kupci na 0.4 kV koji ne pripadaju kategoriji domaćinstava. Polazni podatak za ovu kategoriju je sumarna energija po naseljima. Raspodela energije u kategoriji "ostala potrošnja" za naselja koja se napajaju iz više TS X/10 kV vršena je proporcionalno razlici merene energije TS i energije koja je pripojena TS za kategorije "domaćinstva" i "veliki kupci" i energije "ostale potrošnje" koja se napaja sa iste TS, a drugog naselja. Za ovu kategoriju kupaca usvojen je fiksni godišnji procenat rasta od 2%, u nižoj varijanti prognoze i 4% u višoj varijanti prognoze, odnosno 4% i 6% za javnu rasvetu.

Kategorija "značajnih kupaca" je formirana na osnovu baze podataka u distributivnim preduzećima koja sadrži podatke o kupcima iz nekoliko grupa potrošnje: direktni kupci na 35 i 10 kV, kupci na 0.4 kV I stepen (svi navedeni imaju merenje snage, aktivne i reaktivne energije). Za ove kupce se raspolagalo sa nazivom i adresom te je za veliki deo njih bilo moguće identifikovati TS X/10(6) kV sa koje se napajaju, ukoliko isti podatak već nije bio dostupan. Ova kategorija kupaca prognozirana je u dve kategorije: "veliki" kupci čija je vršna snaga u protekloj godini prelazila 1 MW i koji su pojedinačno anketirani, a zatim prognozirani i "mali" koji su svi ostali i prognozirani su sa fiksnom stopom porasta potrošnje od 2% godišnje u nižoj varijanti prognoze, odnosno 4% godišnje u višoj.

Reaktivno opterećenje je proračunato na osnovu aktivnog opterećenja i usvojenog proračunskog faktora snage 0.989 za sve kategorije kupaca. Vrednost od 0.989 je usvojena tako da se pri proračunu opterećenja u 2006. godini dobije odnos modelovanih zbirnih aktivnih i reaktivnih opterećenja isti kao što je bio pri pojavi vršnog opterećenja analiziranog dela PD Jugoistok. Za kategoriju "velikih" značajnih kupaca pojedinačno je prognozirano i reaktivno opterećenje. Usvojeno prosečno vreme korišćenja energije isporučene kupcima iznosi 3700 sati. Usvojena vrednost od $T_{PKE}=3700$ sati

dobijena je na osnovu zbirnog modelovanog opterećenja na sabirnicama srednjeg napona na nivou vršnog opterećenja PD Jugoistok u 2006. godini koje iznosi 708.2 MW, ne uzimajući u obzir opterećenje elektro-vučnih postrojenja, i ukupne fakturisane energije svih kategorija kupaca u protekloj godini (oko 2660 GWh). Na bazi proračunatih vrednosti faktora jednovremenosti: $f_{\text{vodovi 35 kV}}=0.869$ i $f_{\text{vodovi 110 kV}}=0.971$ proračunate su vrednosti $T_{\text{PKEvodovi 35 kV}}=3200$ sati za nivo maksimuma vodova 35 kV, kao i $T_{\text{PKEvodovi 110 kV}}=3600$ za nivo maksimuma vodova 110 kV. U **Tabela 1** je dat prikaz prognozirane energije, odnosno snage za razmatrano područje na nivou vršnog opterećenja PD Jugoistok. Iz priložene tabele se vidi da se očekuje porast opterećenja od 31.6% u narednih devetnaest godina, kada je u pitanju niža varijanta prognoze, odnosno 57.9% kada je u pitanju viša varijanta prognoze.

Tabela 1. Zbirni prikaz rezultata formirane prognoze potrošnje električne energije i snage za područje PD Jugoistok (na nivou vrha PD Jugoistok)

Varijanta prognoze	Ukupna aktivna energija na nivou vrha PD Jugoistok (kWh)					Godišnji procenat rasta ukupne energije i snage
	2006	2010	2015	2020	2025	
Niža	2 603 275 140	2 812 876 890	3 008 059 298	3 207 492 921	3 425 429 356	1.45%
Viša	2 603 275 140	2 922 675 377	3 288 186 862	3 673 125 569	4 110 194 461	2.43%
	Ukupna aktivna snaga na nivou vrha PD Jugoistok (MW)					
	2006	2010	2015	2020	2025	
Niža	704	760	813	867	926	1.45%
Viša	704	790	889	993	1111	2.43%

3. Razvoj mreže naponskog nivoa 110 kV po petogodišnjim etapama razvoja

Detaljna razrada varijanti razvoja mreže 110 kV na području PD Jugoistok određuje dinamiku ulaska u pogon novih elemenata mreže odnosno zamenu dotrajalih elemenata po petogodišnjim presečnim periodima za prognozirana opterećenja.

3.1. Etapa razvoja do 2010. godine

U prvoj etapi razvoja planiran je najveći deo investicija što ukazuje na urgentnost njihovog izvođenja radi zadovoljenja osnovnih tehničkih kriterijuma.

TS 110/35 kV Sloga. Ulazak u pogon nove TS 110/35 kV Sloga, iako neekonomičan, neophodan je u početnoj etapi zarad zadovoljenja sigurnosti pri ispadu voda 35 kV između HE Vrla III i HE Vrla IV. Iako bi se sigurno napajanje moglo postići i 35 kV vodom izgradnja ove TS je već u toku, a ekonomski efekti se očekuju tek u narednim etapama. TS 110/35 kV Sloga

se, prema planu iz PD Jugoistok, priključuje na jedan vod 110 kV HE Vrla III - Vranje 1 provodnicima Al/č-150 mm², ukupne dužine oko 2.25 km pri čemu je plan da se iskoristi oko 1 km postojeće deonice voda HE Vrla III - Vranje 1. U ovoj TS je do kraja perspektivnog perioda dovoljan jedan transformator snage 31.5 MVA s obzirom da se ispad rezervira putem 35 kV mreže.

Dvostruki vod 110 kV Niš 2 - Niš 1. Dva voda 110 kV Niš 2 - Niš 1 su u postojećem stanju visoko opterećena i kada se TS 110/35 kV Aleksinac napaja vodom iz Kruševca, a pri ispadu jednog od njih ugrožena je sigurnost značajnog dela konzuma. Mada ovu investiciju uslovljava kriterijum sigurnost njena ekonomičnost sa stopom rentabilnosti od oko 40% već u prvoj etapi razvoja je vrlo značajna. U postrojenju 110 kV u TS 110/35 kV Niš 1 ima prostora za opremanje samo još jednog dalekovodnog polja, te se jedan od dva postojeća voda 110 kV Niš 2-Niš 1 i Niš 1-Aleksinac direktno povezuju, čime se izbegava potreba za opremanjem novih dalekovodnih polja.

TS 110/10 kV Niš 8. Na lokaciji postojeće TS 35/10 kV Niš 8 predviđa se izgradnja nove TS 110/10 kV Niš 8. Priključak ove TS na mrežu izveo bi se dvostrukim vodom Al/č-240 mm², dužine oko 1.21 km na jedan od novih vodova između 110 kV Niš 2 - Niš 1. Efekti izgradnje ove TS ogledaju se u rasterećenju postojećih kapaciteta 110/X kV na području grada Niša, kao i postojeće mreže 35 kV. Prema studiji [1] u početnoj etapi razvoja dovoljni instalisani kapacitet u ovoj TS je 1x31.5 MVA. Stvarni efekti ove investicije mogu se sagledati tek uvidom u 10 kV mrežu.

TS 110/35/10 kV Vranje 2. Prema postojećim planovima u okviru ED Vranje predviđa se ulazak nove TS 110/35 kV Vranje 2 zapadno od grada na području sela Buniševce. Priključak TS 110/35/10 kV Vranje 2 izvodi se iz buduće TS 400/110 kV Vranje 3 istom trasom kao i priključak na postojeći dalekovod 110 kV Vranje - Ristovac, a zatim dvostrukim dalekovodom koji se uvodi u novu TS 110/35/10 kV Vranje 2, a sa druge strane nastavlja ka TS 110/35 kV Vranje i spaja sa jednim dalekovodom iz HE Vrla III. Smanjenje gubitaka dobijeno ulaskom TS 110/35/10 kV Vranje 2 i opisanim investicijama u 35 i 10 kV mrežu pri vršnom opterećenju vodova 110 kV za prognozirana opterećenja iz 2010. godine iznosi oko 640 kW. Međutim, obzirom na veliku cenu kapitala (oko 4960000 €), stopa rentabilnosti je svega oko 3.6%.

TS 110/35 kV Doljevac. Izgradnja TS 110/35 kV Doljevac omogućava rasterećenje transformatora u TS 110/35 kV Prokuplje i Niš 1, kao i petlje 110 kV Niš 1 – Prokuplje – Kuršumlja – Aleksandrovac - Kruševac preuzimanjem napajanja TS 35/10 kV Klisura i Žitorađa. Konačna lokacija za TS 110/35 kV Doljevac nije određena, te je priključak ove TS na postojeći vod 110 kV Niš 2 - Leskovac 4 procenjen na oko 1.5 km dvostrukog voda preseka Al/č-240 mm². S obzirom da je obezbeđeno rezervno napajanje preko 35 kV mreže iz okolnih TS 110/35 kV za sve TS 35/10 kV do kraja perspektivnog perioda dovoljan instalisan kapacitet u ovoj TS je 1x31.5 MVA. Stopa rentabilnosti ove investicije iznosi oko 11.8%. Treba napomenuti da se pojava ove TS pokazala rentabilnom u mreži sa modelovanim novim vodovima 110 kV Niš 2 - Niš 1, a da bi efekti pre modelovanja njihovog ulaska u pogon bili još veći.

TS 110/35 kV Bela Palanka. U postojećem stanju TS 35/10 kV Bela Palanka se napaja starim vodom preseka Cu-35 mm², dužine oko 24 km iz TS 110/35 kV Piro 1. TS 35/10 kV Dolac i Ostrovica napajaju se istim vodom iz pravca Niša dužine oko 16 km. Da bi se zadovoljio kriterijum sigurnosti potrebno bi bilo izgraditi još oko 14.5 km voda 35 kV između TS 35/10 kV Bela Palanka i Dolac, što bi značilo da bi ukupna dužina novoizgrađenih 35 kV vodova bila oko 54.5 km. Osim toga, ulazak transformacije 110/35 kV u Beloj Palanci omogućava rasterećenje transformatora u TS 110/35 kV Piro 1 i Piro 2 i sigurnost napajanja sa instalisanih 4x31.5 MVA na kraju perspektivnog perioda u ove dve TS. Osim toga, radi elektrifikacije železnice između Niša i Dimitrovgrada predviđena je izgradnja elektrovnih postrojenja te bi se lokacija u Beloj Palanci mogla iskoristiti za izgradnju kombinovane elektrovnih i distributivne TS. Stopa rentabilnosti ove investicije u 2010. godini iznosi 9.2% što je na granici rentabilnosti. Treba imati u vidu da se realizacijom ove investicije smanjuju ulaganja u vodove 35 kV koji bi se već u prvoj etapi morali rekonstruisati.

Vod 110 kV Vranje 3 - Preševo. Novi vod 110 kV Vranje 3 - Preševo obezbeđuje sigurnost napajanja područja Preševa i Bujanovca. Stopa rentabilnosti ove investicije je oko 4.6%, ali se prema kriterijumu sigurnosti izgradnja ovog voda mora planirati već u prvoj etapi razvoja.

Vod 110 kV Doljevac - Prokuplje. Vod 110 kV Niš 1 - Prokuplje je visoko opterećen, a petlja 110 kV Kruševac - Aleksandrovac - Kuršumlja - Prokuplje - Niš ne zadovoljava kriterijum sigurnosti "n-1". Rentabilnost ove investicije je zbog visoke opterećenosti postojećih vodova relativno visoka oko 9.2%, uvažavajući prethodni ulazak u pogon novih dalekovoda 110 kV Niš 2 - Niš 1. Ukoliko u TS 110/35 kV Prokuplje ne postoji mogućnost izgradnje još jednog dalekovodnog polja 110 kV, vod 110 kV Kuršumlja - Prokuplje treba povezati sa jednim od dva voda ka TS 110/35 kV Niš 1 i uvesti ga u isto dalekovodno polje sa najbližeg stuba.

Vod 110 kV Leskovac 2 - Jablanica. Novi vod 110 kV Leskovac 2 - Jablanica predviđa mogućnost izgradnje nove TS 110/10 kV Leskovac 5. Novi vod bi se priključio na jedan od postojećih vodova 110 kV Leskovac 2 - Leskovac 6 "T" priključkom, s tim što bi na prvoj deonici voda stubovi bili za dvosistemski vod, a do eventualne izgradnje TS 110/10 kV Leskovac 5 na njima bi se montirao samo jedan sistem provodnika. Nakon izgradnje TS 110/10 kV Leskovac 5 montirao bi se i drugi sistem i formirala petlja 110 kV Leskovac 2 - Leskovac 5 - Leskovac 6. Stopa rentabilnosti ove investicije je niska, svega 1.8%, ali je ova investicija diktirana kriterijumom sigurnosti.

Drugi vod 110 kV ka TS 110/10 kV Niš 5. TS 110/10 kV Niš 5 napaja se jednim dalekovodom iz pravca TS Niš 2. Rezervno napajanje pri ispadu ovog dalekovoda može se obezbediti "T" priključkom na postojeći dalekovod 110 kV Niš 2 - Bela Palanka - Piro 2. Na ovaj način uštedela bi se ugradnja jednog dalekovodnog polja u TS Niš 2 i oko 2.8 km 110 kV voda. Izgradnja rezervnog dalekovoda uslovljena je isključivo kriterijumom sigurnosti.

Vod 110 kV Niš 2 - Niš 10. Novi dalekovod 110 kV do TS Niš 10 zatvara petlju koja obezbeđuje sigurnost napajanja za TS Niš 13 i TS Niš 10. Ova investicija nije isplativa, već diktirana kriterijumom sigurnosti.

Povećanje postojećih kapaciteta u TS 110/X kV. Ulazak novih transformatorskih jedinica u postojeće TS 110/35 kV, odnosno povećanje kapaciteta postojećih jedinica, uslovljeno je zadovoljenjem kriterijuma sigurnosti. S obzirom da je povećanje kapaciteta neophodno, isplativost pojedinačnih investicija nije od velikog značaja.

Rezervni vod ka TS 110/35/10 kV Vlasotinca. Vod 110 kV Cu-95 mm² Leskovac 2 - HE Vrla III, koji napaja EVP Grdelica, je dotrajavao, a njegova početna deonica sa provodnicima Al/č-150 mm² se može iskoristiti za novi vod ka TS 110/35/10 kV Vlasotinca. Međutim, s obzirom da u početnoj etapi nije planiran ulazak naponskog nivoa 400 kV u Vranju, ovaj vod bi trebalo održavati još jednu etapu. Da bi se obezbedilo napajanje EVP Grdelica planira se da se ono kratkim dvostrukim vodom priključi na novi vod 110 kV Leskovac 2 - HE Vrla III. Novi vod ka TS 110/35/10 kV Vlasotinca, dužine oko 6.8 km, trebalo bi da se priključi na postojeći vod ka HE Vrla III kao "T" priključak u ovoj etapi razvoja.

Zamena dotrajalih vodova. Pojedine deonice 110 kV vodova su dotrajale te ih je neophodno zameniti vodovima preseka Al/č-150 mm² i Al/č-240 mm² na deonicama Niš 2 - Niš 1 i Niš 2 - Doljevac - Leskovac 4, odnosno Al/č-240 mm² na deonici Niš 2 - Niš 1 - Aleksinac.

U narednoj tabeli dat je pregled investicija u mreži 110 kV na području PD Jugoistok koje su predmet ove studije u etapi razvoja do 2010. godine.

Tabela 2. Pregled investicija na naponskom nivou 110 kV do 2010. godine

Opis investicije	Iznos investicije (1000 EUR)
Nova TS 110/35 kV Sloga	1121.8
Dvostruki vod 110 kV Niš 2 - Niš 1	1816.0
Nova TS 110/10 kV Niš 8	2317.8
Nova TS 110/35/10 kV Vranje 2	4958.7
Nova TS 110/35 kV Doljevac	2623.5
Nova TS 110/35 kV Bela Palanka	3058.3
Novi vod 110 kV RP Vranje 3 - Preševo	2668.0
Novi vod 110 kV Doljevac - Prokuplje	2150.0
Novi vod 110 kV Leskovac 2 – Jablanica	1679.4

Opis investicije	Iznos investicije (1000 EUR)
Novi vod 110 kV Niš 2 - Niš 10	1114.0
Povećanje kapaciteta u transformaciji 110/X	5730.0
Rezervni vod 110 kV ka TS Vlasotince	598.6
Zamena voda 110 kV na deonicama Niš 2 - Niš 1 i Niš 2 - Doljevac - Leskovac 4	2291.8
Zamena voda 110 kV Niš 2 - Niš 1 - Aleksinac	3061.3

3.2. Etapa razvoja do 2015. godine

Formiranje napojne tačke 10 kV u u TS 110/35 kV Vranje 1. U 2015. godini transformatori X/10 kV na području grada Vranja su visoko opterećeni. Prema sugestijama stručnjaka iz ED Vranje, koji imaju kvalitetniji uvid u mrežu 10 kV, TS 110/35 kV Vranje 1 bi trebalo da se proširi 10 kV postrojenjem. Tercijer u TS 110/35/10 kV Vranje 1 u ovoj etapi preuzima 2 MW sa TS 35/10 kV Vranje 1, odnosno oko 5 MW modelovanog opterećenja na vrhu vodova 35 kV sa TS 35/10 kV Senjak. Stopa rentabilnosti ulaska tercijera u TS 110/35/10 kV Vranje 1 iznosi oko 3%.

Drugi transformator u TS 110/10 kV Niš 8. Prema studiji razvoja mreže na području ED Niš [1], u etapi razvoja do 2015. godine, iz razloga sigurnosti neophodna su dva transformatora snage 31.5 MVA u TS 110/10 kV Niš 8.

Tabela 3. Pregled investicija na naponskom nivou 110 kV do 2015. godine

Opis investicije	Iznos investicije (1000 EUR)
Formiranje napojne tačke 10 kV u u TS 110/35 kV Vranje 1	1002.5
Drugi transformator u TS 110/10 kV Niš 8	675.0

3.3. Etapa razvoja do 2020. godine

Zamena dotrajalog voda 110 kV Niš 2 - Niš 1 - Prokuplje. Zamena dotrajalog voda vrši se provodnicima Al/č-240 mm². Stopa rentabilnosti ove investicije iznosi oko 5.8% u odnosu na stanje mreže kada stari vod još uvek

funkcionirše, dok bi se za stanje u kojem bi postojeći vod izašao iz pogona, mogla očekivati značajno veća stopa rentabilnosti.

Zamena dotrajalog voda 110 kV Niš 2 - Pirot 2 i Niš 2 - Niš 5. Područje ED Pirot se napaja dvostrano iz pravca Niša i Svrljiga, a jedan deo energije obezbeđuje i HE Zavoj, tako da se sa modelovanim opterećenjem iz 2025. godine na nivou vršnog opterećenja vodova 110 kV a sa upetljanom mrežom 110 kV ne pokazuje kao ekonomično graditi vod preseka Al/č-240 mm² na deonici Bela Palanka - Pirot 2. U slučaju da HE Zavoj nije raspoloživa, a da se područje Pirota napaja samo vodom 110 kV iz pravca Niša, vod Al/č-150 mm² ne zadovoljava. S obzirom da je već potrebno graditi novi vod preporučljivo je izvoditi ga sa provodnicima preseka Al/č-240 mm².

Povećanje postojećih kapaciteta u TS 110/X kV. U TS 110/35 kV Pirot 2 u ovoj etapi, sigurnosti radi, mora se ugraditi drugi transformator snage 31.5 MVA. U TS 110/35/10 kV Vranje 1 očekuje se izlazak iz pogona zbog dotrajalosti postojećeg transformatora 110/35 kV, pa se predlaže njegova zamena tronamotajnim transformatorom 110/35/10 kV snage 31.5/31.5/10.5 MVA.

Tabela 4. Pregled investicija na naponskom nivou 110 kV do 2020. godine

Opis investicije	Iznos investicije (1000 EUR)
Rekonstrukcija voda 110 kV Niš 1 - Prokuplje	1818.2
Rekonstrukcija voda 110 kV Niš 2 - Bela Palanka - Pirot 2	4375.5
Rekonstrukcija voda 110 kV Niš 2 - Niš 5	171.5
Povećanje kapaciteta u TS 110/35 kV Pirot 2	715.0
Drugi tronamotajni transformator u TS 110/35/10 kV Vranje 1	585.0

3.4. Etapa razvoja do 2025. godine

TS 110/35/10 kV Toponica. Prema prognoziranom opterećenju iz 2025. godine za višu varijantu prognoze, pri nivou vršnog opterećenja vodova 110 kV i računajući da je izgrađena TS 110/X kV Soko Banja, TS 110/35 kV Aleksinac napaja oko 51.5 MVA konzuma koji je geografski izolovan od okolnih TS 110/35 kV. Radi zadovoljenja sigurnosti napajanja u TS 110/35 kV Aleksinac do kraja perspektivnog perioda bi se morale ugraditi dve jedinice snage 63 MVA ili izgraditi druga TS 110/X kV. S obzirom da se TS 35/10 kV Toponica i Katun napajaju dugim 35 kV vodovima i zbog neposredne blizine

110 kV (oko 0.5 km) vodova nameće se mogućnost ove investicije. Ovim bi se smanjili gubici na 35 kV vodovima, rasteretili transformatori u TS 110/35 kV Niš 1 i obezbedila sigurnost napajanja u TS 110/35 kV Aleksinac. Sigurnost napajanja može se obezbediti putem mreže 35 kV, te je dovoljan jedan transformator 110/35/10 kV snage 31.5/21/21 MVA i jedna rezervna jedinica 35/10 kV snage 12.5 MVA. Stopa rentabilnosti ove investicije je oko 5.8%.

Tabela 5. Pregled investicija na naponskom nivou 110 kV do 2025. godine

Opis investicije	Iznos investicije (1000 EUR)
Nova TS 110/35/10 kV Toponica	2269.0

4. Varijantna rešenja razvoja mreže

Razvoj mreže bez nove TS 110/35/10 kV Toponica

Analizirano je varijantno rešenje u kojem se ugrožena sigurnost napajanja pri ispadu jednog transformatora u TS 110/35 kV Aleksinac obezbeđuje povećanjem kapaciteta transformatora u TS 110/35 kV Aleksinac sa dve jedinice snage 63 MVA. Poređenje ove i osnovne varijante razvoja, kako sa aspekta ulaganja kako u 110 tako i u 35 kV mrežu, tako sa aspekta gubitaka pokazuje da varijanta bez uvođenja napona 110 kV u TS 35/10 kV Toponica ima niža ulaganja, međutim nešto više gubitke u svim godinama. Aktuelizovani kumulativni troškovi mreže su za varijantu sa povećanjem kapaciteta u TS 110/35 kV Aleksinac niži u odnosu na varijantu sa ulaskom TS 110/35/10 kV Toponica te se povećanje kapaciteta pokazuje kao bolje rešenje. Treba, ipak imati u vidu da je ulazak u pogon nove TS 110/35/10 kV Toponica predviđen u poslednjoj godini, a da se aktuelizovani kumulativni troškovi razmatranih varijanti do tog trenutka praktično ne razlikuju. Uloga buduće TS 110/35/10 kV Toponica u mreži može se sagledati tek kada se razmotri period od bar 15-ak godina nakon njenog ulaska u pogon. Iz tog razloga se za realizaciju predlaže rešenje koje omogućuje njen ulazak u pogon, odnosno, osnovna varijanta razvoja.

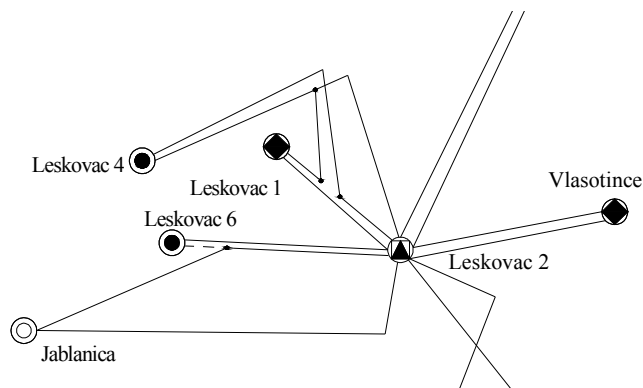
Razvoj mreže sa izgradnjom drugog voda 110 kV Niš 1 - Prokuplje

Izgradnja ovog voda je alternativno rešenje izgradnji novog voda 110 kV Doljevac - Prokuplje. S obzirom se do kraja perspektivnog perioda očekuje

izlazak iz pogona postojećeg dalekovoda 110 kV Niš 1 - Prokuplje može se planirati izgradnja dalekovoda sa stubovima za dva sistema provodnika Al/č-240 mm². Međutim, kako se bez ovog voda ne može računati na sigurnost napajanja velikog dela konzuma, neophodna je njegova gradnja već u prvoj etapi razvoja. U TS 110/35 kV Niš 1 postoji prostor za ugradnju još jednog dalekovodnog polja 110 kV, ali da bi se izbegla nabavka opreme za novo DV polje, a istovremeno oslobodilo jedno dalekovodno polje novi dalekovod se može povezati sa starim dalekovodom 110 kV Niš 2 - Niš 1, a preostalo dalekovodno polje iskoristiti u TS 110/35 kV Prokuplje. Ukoliko u TS 110/35 kV Prokuplje ne postoji mogućnost proširenja za još jedno dalekovodno polje 110 kV, vod 110 kV Kuršumljica - Prokuplje treba povezati sa jednim od dva voda ka TS 110/35 kV Prokuplje i uvesti ga u isto polje. Dužina voda 110 kV Niš 1 - Prokuplje i voda Doljevac - Prokuplje je skoro identična, a razlika u investicijama se ogleda u ceni dalekovodnog polja i činjenici da se u varijanti 2 vod gradi kao dvostruki. Troškovi gubitaka varijantnog rešenja u svim godinama su niži, kao i troškovi uloženog kapitala. Prema aktuelizovanim kumulativnim troškovima pokazuje se da je varijanta sa ulaskom drugog voda 110 kV Niš 1 - Prokuplje povoljnija.

Razvoj mreže uz napuštanje voda 110 kV Doljevac - Leskovac 4

Deonica starog voda 110 kV Cu-95 mm² Doljevac - Leskovac 4 je 1954. godišta te je njegova zamena urgentna. Međutim, s obzirom da se pojavljuje napon 400 kV u TS 400/220/110 kV Leskovac 2, ovaj vod gubi svrhu u smislu rezerviranja bar jednog dela konzuma pri ispadu 220 kV voda. Napuštanjem ovog voda moralo bi se obezbediti rezervno napajanje za TS 110/10 kV Leskovac 4 presecanjem jednog od dva voda ka TS 110/35/10 kV Leskovac 1 pri čemu je potrebno izgraditi oko 0.5 km dvostrukog voda Al/č-150 mm² kao na Slika 1. Dakle, umesto izgradnje oko 22 km novog voda, potrebno je izgraditi deonicu dvostrukog voda dugu oko 0.5 km pri čemu se postiže ušteda od oko 1.6 miliona €, odnosno prikazano kroz aktuelizovane kumulativne troškove gubitaka i kapitala za oko 20 miliona € do kraja perspektivnog perioda. Prema tome, iako je primedba iz ED Leskovac bila da se ne napušta vod od TS 110/35 kV Doljevac, uz izgledan razvoj mreže 400 kV u južnom delu PD Jugoistok, velika ušteda bi se napravila ukoliko se ovaj vod ne rekonstruiše. Naravno, veći gubici u modelu sa vodom Doljevac - Leskovac 4 posledica su i upetljanosti mreže 110 kV.



Slika 1. Rezervno napajanje za TS 110/10 kV Leskovac 4 nakon napuštanja voda od TS 110/35 kV Doljevac

Ova varijanta je problematična u situaciji kada se grade dva voda 110 kV Niš 1 - Prokuplje. Naime, u ovoj varijanti bi se rezervno napajanje pri ispadu jedinog voda 110 kV ka TS 110/35 kV Doljevac obezbedilo putem 35 kV mreže. Međutim, onog momenta kada 35 kV mreža ne bude imala dovoljan kapacitet da obezbedi rezervu za TS 110/35 kV Doljevac, izgradnja rezervne veze 110 kV iz pravca Leskovca ili Prokuplja biće neophodna.

Razvoj mreže sa TS 110/35 kV Babušnica

Ova varijanta predstavlja alternativno rešenje novoj TS 110/35 kV Bela Palanka. S obzirom na prognozirano opterećenje na području ED Pirot u 2025. godini, neophodan je ulazak još jedne TS 110/X kV ili pojačanje kapaciteta u postojećim TS. Do opštine Babušnica izgrađen je 110 kV vod Al/č-240 mm² koji radi na naponskom nivou 35 kV, što ukazuje na mogućnost izgradnje TS 110/35 kV na ovom području. Do TS 35/10 kV Bela Palanka trebalo bi izgraditi vodove od TS 110/35 kV Pirot 1, oko 24 km i od TS 110/35 kV Babušnica oko 22 km te sekcionisati sabirnice tako da se jedan deo opterećenja napaja iz TS 110/35 kV Pirot 1, a drugi iz TS 110/35 kV Babušnica. Tako bi zadovoljavajući presek oba voda bio Al/č-70 mm². Da bi se zadovoljila sigurnost napajanja bez ugradnje dve transformatorske jedinice u TS 110/35 kV Babušnica i izgradnje novog 110 kV voda, neophodan je jedan 35 kV vod Al/č-95 mm², dužine oko 20 km između TS Pirot 2 i TS Babušnica 1 koji bi u havarijskom režimu napajao TS 35/10 kV Babušnica 1, Babušnica 2 i Ljuberađa. Ulaganja ukoliko bi se umesto TS 110/35 kV Bela Palanka gradilo postrojenje TS 110/35 kV Babušnica su znatno veća zbog neophodnih investicija u 35 kV mrežu kao i gubici u svakoj godini razvoja. Prema tome ova varijanta se pokazuje kao znatno nepovoljnija.

Razvoj mreže sa povećanjem kapaciteta u transformaciji 110/35 kV u ED Pirot

Ova varijanta takođe predstavlja alternativu TS 110/35 kV Bela Palanka. Ukoliko se u TS 110/35 kV Pirot 1 ugrade transformatorske jedinice snage 63 MVA u etapi razvoja do 2020. godine, sigurnost prilikom ispada jednog transformatora u TS 110/35 kV Pirot 1 ili Pirot 2 bi bila zadovoljena. Pri ovakvom rešenju ukupne investicije u 110 i 35 kV mreži bile bi manje za oko 600000 €, ukoliko se rečuna da ostaje na raspolaganju jedan transformator 110/35 kV snage 31.5 MVA. Međutim, s obzirom da se energija koja bi, po osnovnoj varijanti, napajala TS 110/35 kV Bela Palanka, sada prenosi na mnogo veće rastojanje 110 kV vodovima, a takođe duža je i 35 kV mreža, gubici u 110 i 35 kV mreži se znatno povećavaju, te su ukupni aktuelizovani troškovi do kraja perspektivnog perioda u osnovnoj varijanti niži, te se izgradnja TS 110/35 kV Bela Palanka i dalje pokazuje kao povoljnije rešenje.

Razvoj mreže sa alternativnim načinom izvođenja drugog 110 kV voda ka TS 110/35 kV Jablanica

Vod 110 kV koji je rađen za napajanje potencijalne TS 110/X kV Vučje, a za koju se pokazalo da nije opravdana, trenutno radi pod naponom 35 kV. Izgradnjom oko 14 km novog voda 110 kV Al/č-240 mm², u prvoj etapi razvoja, postojeći vod se može prevesti na napon 110 kV i iskoristiti kao drugi vod ka TS 110/35 kV Jablanica. Zatim, potrebno je izgraditi dodatni 35 kV vod kako bi se obezbedilo dvostrano napajanje, takođe u etapi razvoja do 2010. godine. S obzirom da vod 35 kV Jug - Vučje izlazi iz pogona zbog dotrajalosti, povoljnije je graditi dvostruki vod sa provodnicima Al/č-95mm² iz TS 110/35 kV Jablanica i oformiti petlju sa TS 35/10 kV Vučje i TS 35/10 kV Miroševce.

Ukupne investicije u ovoj varijanti, u odnosu na investicije u osnovnoj varijanti veće su za oko 170000 €. Takođe povećavaju se i troškovi gubitaka, uglavnom na vodovima 35 kV vodovima. Prema tome, ova varijanta nije u ekonomskoj prednosti u odnosu na osnovnu, ali ukoliko se ne očekuje ulazak TS 110/10 kV Leskovac 5 ili se njen priključak izvede na drugi način, ovo rešenje se pokazuje kao konceptijski čistije u smislu izvođenja 35 kV mreže.

Razvoj mreže ukoliko se rezervno napajanje TS 110/35/10 kV Vlasotince ostvaruje putem 35 kV mreže

Ukoliko ulazi u pogon potencijalna TS 35/10 kV Stajkovce već u prvoj etapi razvoja, vod 35 kV koji inače izlazi iz pogona u etapi do 2015. godine, Vlasotince - Stajkovce bi trebalo da se rekonstruiše i gradi kao dvostruki vod preseka Al/č-70 mm². Ovaj vod bi u TS 35/10 kV Stajkovce trebalo da bude

vezan na istoj sekciji sabirnica 35 kV sa novim vodom iz TS 35/10 kV Biljanica i prilikom kritičnog ispada napajao bi konzum tercijera tronamotajnog transformatora i TS 35/10 kV Vlasotince 1. U TS 110/35/10 kV Vlasotince neophodno je ugraditi jedan rezervni transformator 35/10 kV snage 8 MVA koji bi napajao opterećenje tercijera pri ispadu tronamotajnog transformatora. Drugi sistem provodnika novog dvostrukog voda 35 kV Vlasotince - Stajkovce bi trebalo da napaja TS 35/10 kV Batulovce, a u TS 35/10 kV Stajkovce bi trebalo da bude na istoj sekciji sabirnica 35 kV sa direktnim vodom iz TS 110/35/10 kV Leskovac 1. Prilikom kritičnog ispada tronamotajnog transformatora vod 35 kV Leskovac 1 - Stajkovce napajao bi konzum TS 35/10 kV Batulovce i Nevit, preko jedne sekcije sabirnica 35 kV u TS 110/35/10 kV Vlasotince. Ovaj način rešavanja kritične havarijske situacije iziskuje veliki broj manipulacija uz dodatna neophodna rasterećenja elemenata, a s obzirom da je transformator u TS 110/35/10 kV Vlasotince visoko opterećen, već u etapi nakon 2025. godine bi se mogla očekivati potreba za povećanjem kapaciteta.

Investicije u ovako formiranoj mreži bile bi niže za oko 970000 €, dok bi gubici na kraju perspektivnog perioda u mreži 110 i 35 kV bili viši za oko 300 kW pri vršnom opterećenju vodova 110 kV. Ipak, na kraju perspektivnog perioda ukupni aktuelizovani troškovi ove varijante su znatno niži. Prednost osnovne varijante je lakša havarijska manipulacija i dugoročno rešenje.

Razvoj mreže sa novom TS 110/10 kV Ratko Pavlović

Studija perspektivnog dugoročnog razvoja električne mreže naponskog nivoa 110, 35 i 10 kV na području grada Niša [1] kao varijantno rešenje predviđa uvođenje napona 110 kV u TS 35/10 kV Ratko Pavlović. Ovakvom koncepcijom razvoja mreže za duži period rešava se najveći deo problema u 10 kV kablovskoj mreži grada Niša. U etapi razvoja do 2010. godine, umesto novog voda 110 kV Niš 2 -Niš 10, za gradnju se planira kombinovana deonica koju čine vod preseka Al/č-240 mm² i kabl preseka Al-1000 mm². Trasa novog voda se formira tako da prolazi pored lokacije TS 35/10 kV Ratko Pavlović. U ovoj etapi razvoja 110 kV kablovi se ne bi uveli u TS 35/10 kV Ratko Pavlović, ali je trasom novog voda potrebno stvoriti uslove da se po izgradnji nove TS 110/10 kV priključak na 110 kV mrežu relativno lako realizuje. Ovaj vod bi istovremeno predstavljao rezervno napajanje za TS 110/10 kV Niš 10. Prema [1] dovoljno je da TS 110/10 kV Niš 10 i TS 110/35/10 kV Niš 13 do kraja perspektivnog perioda raspolažu sa po dva transformatora 110/10 kV snage 20 MVA. U etapi razvoja do 2020. godine planirano je da u pogon uđe nova TS 110/10 kV Ratko Pavlović sa jednim transformatorom 110/10 kV snage 40 MVA. U etapi razvoja do 2025. godine u TS 110/10 kV Ratko Pavlović ugradio bi se još jedan transformator snage 40 MVA.

Što se tiče investicija u 110 i 35 kV mrežu u ovoj varijanti one bi bile veće za oko 5.15 miliona €, pri tome se očekuje izvesno smanjenje godišnjih

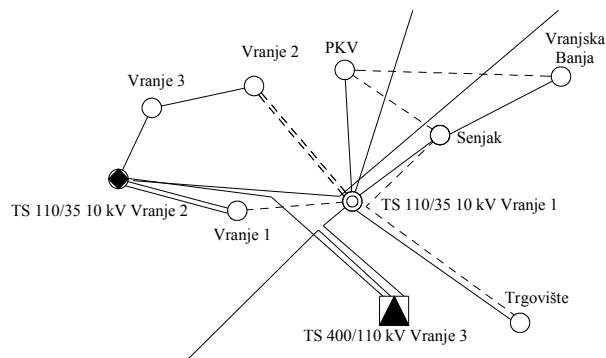
troškova zbog smanjenja gubitaka u 110 i 35 kV mreži od oko 100000 €/godišnje za vršno opterećenje vodova 110 kV iz 2025. godine. Detaljna analiza mreže na području grada Niša kroz etape razvoja, uključujući i 10 kV mrežu [1] pokazuje da je ovo varijantno rešenje neophodno.

Razvoj mreže sa novom TS 110/35/10 kV Vranje 2 na lokaciji Senjak

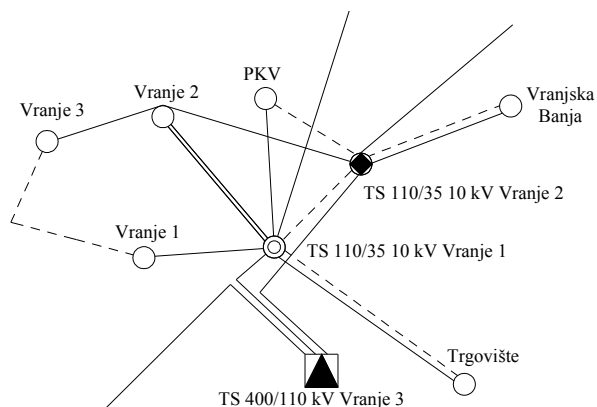
Prema sadašnjim planovima potencijalna lokacija za novu TS 110/X kV Vranje 2 nalazi se zapadno od grada na teritoriji sela Buniševce. Međutim, TS 35/10 kV Senjak je predviđena i izgrađena sa mogućnošću da se transformiše u TS 110/35/10 kV i nalazi se u blizini vodova 110 kV HE Vrla III - Vranje, a oko nje je skoncentrisan značajan industrijski konzum, te se nameće kao logično rešenje iskoristiti je za novu TS 110/35/10 kV Vranje 2.

Rasplet mreže 35 kV u osnovnoj varijanti vidi se na Slika 2 dok je za varijantno rešenje dat na Slika 3. Naime, planirano je da se u etapi razvoja do 2010. godine u TS 35/10 kV Senjak uvede napon 110 kV povezivanjem sa postojećim vodom iz HE Vrla III i vodom iz buduće TS 400/110 kV Vranje 3. Dužina novih 110 kV vodova je znatno kraća u odnosu na lokaciju Buniševac (oko 7 km dalekovoda preseka Al/č-240 mm² i oko 0.3 km dalekovoda preseka Al/č-150 mm²). U TS 110/35/10 kV Vranje 2 (Senjak) ugradila bi se dva tronamotajna transformatora snage 31.5/21/21 MVA, dok postojeći transformatori 35/10 kV ostaju kao rezervno napajanje. Razlog za povećanje snage tercijera u odnosu na osnovnu varijantu leži upravo u tim transformatorima 35/10 kV snage 8 MVA koje su u normalnom uklopnom stanju van pogona, koji bi do predviđenog ulaska u pogon nove TS napajali značajan konzum, a po njenom ulasku u pogon bi obezbeđivali rezervu. TS 110/35/10 kV Vranje 2 bi u etapi do 2010. godine preuzela celokupan konzum TS 35/10 kV Senjak kao i opterećenje TS 35/10 kV Vranje 1 i Vranje 2 koje je u osnovnoj varijanti preuzela TS 110/35/10 kV Vranje 2 na lokaciji u Buniševcu.

S obzirom na prognozirana opterećenja u 2025. godini, najveći deo konzuma je skoncentrisan na istočnoj strani grada, odnosno u TS 35/10 kV Senjak, Vranje 2 i Vranje 1 te bi bilo potrebno izgraditi 10 kV mrežu koja bi preuzela veliki deo konzuma na TS 110/35/10 kV Vranje 2. Za potrebe planiranja 110 i 35 kV vršena je procena broja potrebnih kablovskih izvoda 10 kV, računajući pri tome maksimalnu dužinu između dve TS 35/10 kV i opterećenje ovih izvoda do 50%, da bi se preuzeo određeni konzum te rasteretili postojeći elementi 35 kV mreže.



Slika 2. Rasplet mreže na užem području Vranja u osnovnoj varijanti razvoja



Slika 3. Rasplet mreže na užem području Vranja u varijanti sa novom TS 110/35/10 kV Vranje 2 na lokaciji Senjak

Kada se sračunaju sve potrebne investicije, uključujući pri tome i duži rasplet 10 kV mreže, ulaganja u osnovnoj varijanti veća su za oko 1.5 miliona €, godišnji troškovi kapitala su veći za oko 160000 €. Pri tome je računato sa fiksnim troškovima za izgradnju TS 110/X kV od oko 1.2 miliona €, a očekuje se da bi ovi troškovi mogli biti manji, s obzirom da je plac već na raspolaganju. Oko 330000 € odnosi se na razliku u investicijama u 110 kV vodove. Što se tiče ukupnih gubitaka u 110 i 35 kV mreži razlika za ova dva rešenja je neznatna, dok se očekuje da bi u 10 kV mreži bolje rešenje predstavljala varijanta s obzirom na skoncentrisanost konzuma oko TS 35/10 kV Senjak. Sve analize u ovoj varijanti razvoja mreže rađene su sa pretpostavkom da nove TS 110/35 kV Vranje 2 na lokaciji Buniševce nema. Međutim, započetim kreditnim aranžmanom ova TS je praktično u fazi izgradnje, tako da je odluka o gradnji nove TS 110/X kV na lokaciji Senjak izlišna. Ipak, činjenica da su transformatori 110/X kV u Vranju opterećeni sa

blizu 90% nominalne snage u poslednjoj etapi razvoja, ukazuje na mogućnost da će na ovom području biti potrebna i treća TS 110/X kV i kao prirodna lokacija za nju nameće postojeća TS 35/10 kV Senjak.

Varijantna rešenja za nižu varijantu prognoze

Sve varijante razvoja su analizirane i za nižu varijantu prognoze, ali iako je prognozirano opterećenje za oko 17% niže od opterećenja iz više varijante prognoze, nema velikih razlika u investicijama sve do pred sam kraj perspektivnog perioda. Tek u poslednjoj godini perspektivnog perioda uočava se da smanjenje prognoziranog opterećenja dovodi do odlaganja izgradnje TS 110/35/10 kV Toponica. To je posledica činjenice da se najveći obim investicija planira u prvoj etapi perioda razvoja, kada ih je potrebno realizovati da bi se rešili nagomilani problemi u funkcionisanju 110 kV i 35 kV mreže. Investicije koje je neophodno realizovati u narednim etapama razvoja uglavnom su supstitucija dotrajalih elemenata novim i u maloj meri su uslovljene nivoom varijacije prognoziranog opterećenja. Pitanje koje se postavlja je koliko smanjenje prognoze utiče na izbor varijanti razvoja mreže. U **Tabela 6** dati su sistematizovani rezultati ekonomskih analiza za višu i nižu varijantu prognoze iz kojih se vidi da razlika u prognoziranom opterećenju ne utiče bitnije na izbor varijante razvoja mreže. Varijanta 1 nije analizirana s obzirom da za nižu varijantu prognoze do kraja perspektivnog perioda nema potrebe za ulaskom TS 110/35/10 kV Toponica.

Tabela 6. Sistematizovani rezultati ekonomskih analiza za višu i nižu varijantu prognoze i predlog varijanti koje bi trebalo izabrati za realizaciju

Varijanta razvoja mreže	Viša varijanta prognoze		Niža varijanta prognoze		Varijanta koju treba realizovati
	Ukupna ulaganja u odnosu na osnovnu varijantu (1000 €)	Kumulativni aktuelizovani troškovi u osnovnu varijantu (1000 €)	Ukupna ulaganja u odnosu na osnovnu varijantu (1000 €)	Kumulativni aktuelizovani troškovi u osnovnu varijantu (1000 €)	
Razvoj mreže sa izgradnjom drugog voda TS 110/35 kV NŠ 1 - TS 110/35 kV Prokuplje	-1069	-516	-1069	-409	Varijanta
Razvoj mreže uz napuštanje voda 110 kV Doljevac - Leskovac 4	-1346	-1739	-1346	-1373	Varijanta
Razvoj mreže sa TS 110/35 kV Babušnica	1167	1804	1047	1423	Osnovna varijanta
Razvoj mreže sa povećanjem kapaciteta u transformaciji 110/35 kV u ED Pirov	-636	454	-636	136	Osnovna varijanta
Razvoj mreže sa alternativnim načinom izvođenja drugog kV voda ka TS 110/35 kV Jablanica	171	637	171	701	Osnovna varijanta
Razvoj mreže ukoliko se rezervno napajanje TS 110/35/10 kV Vlasotince ostvaruje putem 35 kV mreže	-972	-635	-972	-735	Varijanta
Razvoj mreže sa novom TS 110/35 kV Ratko Pavlović	5144	3086	5144	2820	Zavisno od detaljnog uvida u 10 kV mrežu
Razvoj mreže sa novom TS 110/35/10 kV Vranje 2 na lokaciji TS 35/10 kV Senjak	-1201	-3289	-1201	-3028	Osnovna varijanta

U ovoj tabeli znak minus u iznosu ulaganja ili kumulativnih aktuelizovanih troškova označava da je vrednost u varijanti razvoja mreže manja od

odgovarajuće vrednosti u osnovnoj varijanti razvoja i ukazuje na činjenicu da je varijantno rešenje u prednosti, sa izuzetkom varijante nove TS 110/35/10 kV Vranje 2 na lokaciji TS 35/10 kV Senjak.

5. Zaključak

U analizi razvoja mreže PD Jugoistok pošlo se od postojeće mreže iz 2006. godine sa modelovanim opterećenjima iz 2010. godine za višu varijantu prognoze. U delu mreže 220 i 400 kV koji je od interesa za analizu stanja mreže 110 i 35 kV mreže PD Jugoistok, modelovana su opterećenja i odgovarajuće promene koje se očekuju do kraja etape razvoja 2010. godine na osnovu Studije razvoja prenosne mreže [4]. Na tako formiranoj mreži vršeno je sagledavanje potencijalnih problema i njihovo rešavanje u skladu sa ranije usvojenim tehničkim i ekonomskim kriterijumima. Postupak je identičan i za sve ostale etape, odnosno, polazi se od mreže iz prethodne etape sa modelovanim opterećenjima iz etape koja se analizira i formira se mreža koja bi se imala na kraju posmatrane etape.

Detaljna razrada varijanti razvoja mreže za višu i nižu varijantu prognoze dovela je do skupa neophodnih investicija koje rešavaju postojeće tehničke probleme na ovom području i ostvaruju ekonomske benefite.

Interesantno je zapaziti da je razvoj 110 kV mreže na ovom području u velikoj meri nezavisan od nivoa prognozirane potrošnje. Prema tome odstupanje u realnom rastu potrošnje u odnosu na prognozirani, sem u slučaju pojave značajnih skoncentrisanih konzuma, neće mnogo uticati na perspektivni izgled mreže.

Literatura

- [1] Studija perspektivnog dugoročnog razvoja električne mreže naponskog nivoa 10 kV na području grada Niša, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, 2008.
- [2] Izbor optimalne varijante razvoja mreže 400 kV, 220 kV, 110 kV i 35 kV na područjima elektrodistribucija Niš, Leskovac i Vranje, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, 1995.
- [3] Studija perspektivnog dugoročnog razvoja električne mreže naponskog nivoa 10 kV na području grada Leskovca, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, 2006.
- [4] Studija perspektivnog razvoja prenosne mreže Srbije do 2020 (2025) godine, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Beograd, 2007.

Abstract. This paper presents development of 110 kV network in south Serbia (areas of Niš, Leskovac, Prokuplje, Pirot and Vranje) resulted from long-term development study of 110 and 35 kV networks in the same area. Possible development variants in separate areas are detaily analyzed. The influence of load alteration on the development of network was analyzed.

Keywords: planning, 110 kV network, Public Utility Jugoistok, energy consumption forecast

Perspectives of the 110 kV Network in Public Utility Jugoistok

Rad primljen u uredništvo 16.11.2010. godine
Rad prihvaćen 26.1.2010. godine