

PRIMENA NAPONA 20 kV NA PODRUČJU OGRANKA ED JAGODINA

Nada VRCELJ*, Elektrotehnički Institut "Nikola Tesla" a.d. Beograd, Srbija
Miloš ANĐELKOVIĆ, Elektrotehnički Institut "Nikola Tesla" a.d. Beograd, Srbija
Nenad BELČEVIĆ, Elektrotehnički Institut "Nikola Tesla" a.d. Beograd, Srbija
Miroslav STANKOVIĆ, Elektrotehnički Institut "Nikola Tesla" a.d. Beograd, Srbija
Zoran VULIĆ, "ODS EPS Distribucija" Ogranak Jagodina, Srbija
Jovan MAKSIMOVIĆ, "ODS EPS Distribucija" Ogranak Jagodina, Srbija
Mališa ALIMPIJEVIĆ, "ODS EPS Distribucija" Ogranak Jagodina, Srbija
Veselin RMANDIĆ, "ODS EPS Distribucija" Ogranak Jagodina, Srbija

KRATAK SADRŽAJ

Više studija dugoročnog razvoja, koje su periodično rađene u nekoliko decenija unazad, je pokazalo da je na području Jagodine, Svilajna i Rekovca, zbog topologije postojeće mreže 10 kV, ekonomičnije da se napajanje potrošača vrši pod naponom 20 kV. Iz tog razloga je i vrlo visok procenat elemenata mreže na ovom području projektovan za radni napon 20 kV.

Međutim, zbog dotrajalosti elektrodistributivne mreže svih naponskih nivoa i potrebe da se ona obnovi, poslednjom studijom dugoročnog razvoja su ipak analizirane dve mogućnosti razvoja – da se u perspektivi ostane na napajanju pod naponom 10 kV i da kompletan konzum pređe na napajanje pod naponom 20 kV. Analize su vršene za period razvoja do 2035. godine.

Pokazalo se da bi se u varijanti 10 kV imale niže ukupne investicije, ali bi se imali značajno viši gubici u mreži, kao i potreba da se odmah iza 2035. godine ulažu dodatna sredstva da bi se obezbedila neophodna sigurnost u napajanju. Manipulativnost u mreži bi, pri napajanju pod naponom 20 kV, bila veća i problemi sa niskim naponom bi bili rešeni na duže vreme. Detaljna razrada razvoja mreže na posmatranom području je rađena za varijantu 20 kV.

Zbog dotrajavanja mreže 35 kV i velikog broja energetskih transformatora X/10 kV, kao i vrlo visoke cene njihovog obnavljanja, kao ekonomičnije rešenje se pokazao prelazak na napajanje kompletnog konzuma na ovom području već do kraja 2026. godine.

Na vangradskom području mreža je zbog razuđenosti uglavnom obnavljana i po potrebi "pojačavana" da bi se imala odgovarajuća sigurnost napajanja i da bi naponi bili u dozvoljenim granicama. Pri formiranju rešenja za gradsku mrežu, težilo se čistim koncepcijama, a smernice za razvoj su bile u skladu sa dogovorom koji je postignut sa nadležnima iz Ogranaka Jagodina (kablove koji dotrajavaju ne treba obnavljati, a po potrebi formirati nove, kraće veze 20 kV).

Ključne reči: elektrodistributivna mreža, napon 20 kV, dugoročno planiranje razvoja, ED Jagodina

SUMMARY

Several long-term development studies, which were periodically performed over the past few decades, showed that in the area of Jagodina, Svilajnac and Rekovac, due to the topology of the existing 10 kV network, it is more economical for consumers to be supplied via 20 kV voltage network. For this reason, a very high percentage of network elements in this area are designed for voltage 20 kV.

However, due to the worsening of the electrical distribution network elements of all voltage levels and the need to renew them, last performed study analyzed two possible network developments - to remain on the power supply at voltage of 10 kV in the future, and that the total consumption goes to the power supply at 20 kV voltage. The development period until 2035 was considered.

The analysis showed that 10 kV variant would have lower total investments, but with significantly higher losses in the network, as well as the need to invest additional funds immediately after 2035. The network manipulation, in the case of power supply via 20 kV voltage, would be higher and problems with low voltage would be solved for a longer period of time. A detailed network development in the observed area was made for the 20 kV variant.

Due to the obsolescence of the 35 kV network and the large number of X / 10 kV power transformers, as well as the very high price of their renewal, it was concluded that the most economical solution, is to transfer the entire consumption in this area to 20kV voltage, until the end of 2026.

In the rural area, the network has already been largely renewed and, if necessary, "enhanced" due to dissolution, in order to have adequate security of supply and that the voltages would be within the allowed limits. When forming a solution for the city network, it tended to be clean concepts, and the development guidelines were in line with an agreement reached with the authorities from the Jagodina Branch (the cables that will obsolete would not be renewed, and if necessary, new, shorter 20 kV connections would be proposed).

Key words: power distribution network, voltage 20 kV, long-term development planning, ED Jagodina

Nada VRCELJ, nada.vrcelj@ieent.org
Miloš ANDELKOVIĆ, milos.andjelkovic@ieent.org
Nenad BELČEVIĆ, belcevic92@gmail.com
Miroslav STANKOVIĆ, miroslav.stankovic@ieent.org
Zoran VULIĆ, zoran.vulic@epsdistribucija.rs
Jovan MAKSIMOVIĆ, jovan.maksimovic@epsdistribucija.rs
Mališa ALIMPIJEVIĆ, malisa.alimpijevic@epsdistribucija.rs
Veselin RMANDIĆ, veselin.rmandic@epsdistribucija.rs

UVOD

Dugoročno planiranje razvoja elektrodistributivnih mreža je strateški vrlo značajna aktivnost, jer ima za cilj, kako smanjenje gubitaka energije, tako i investicionih i eksploatacionih troškova mreže.

Sagledavanjem budućih potreba za električnom energijom na nekom području, odnosno mogućih pravaca razvoja mreže, definiše se dinamika izgradnje novih elektroenergetskih objekata, njihovo uklapanje u postojeću mrežu, kao i neophodnost i način rekonstrukcije postojećih. Troškovi različitih rešenja se kroz odgovarajuću tehničko – ekonomsku analizu budućih pogonskih stanja posmatrane mreže minimizuju i međusobno porede.

Osnova za pomenute analize su kvalitetna prognoza budućeg opterećenja, model postojeće mreže i odgovarajući proračuni tokova snaga i naponskih prilika. Posmatra se dinamika razvoja po etapama od pet godina i neophodno je da predložena rešenja zadovoljavaju zadate tehničke kriterijume na kraju svake etape.

U uslovima liberalizovanog tržišta se javlja potreba da se za prvih deset godina razmatranog perioda planiranje razvoja vrši detaljno za svaku godinu posebno. Studije razvoja u novim uslovima poslovanja dobijaju na značaju, ali postaju i kompleksnije.

ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA MREŽE NA PODRUČJU POGONA JAGODINA

Za potrebe analiza postojećeg stanja elektrodistributivne mreže na području Ogranka Jagodina (pogoni Jagodina, Čuprija i Paraćin) čiji su rezultati prikazani u studiji (1) je modelovana mreža 110 kV, 35 kV, 20 kV i 10 kV za trenutak maksimalnog opterećenja koje se imalo u zimskom periodu 2015/2016. godine. Povezivanjem tehničke i komercijalne baze podataka je definisana veza svakog kupca i njegove napojne TS 10/0.4 kV tako da je prostorna raspodela modelovanog opterećenja u potpunosti pratila realno stanje u mreži.

Problemi koji su uočeni se prevashodno odnose na neekonomično opterećene elemente mreže, loše naponske prilike na krajevima sredjenaponskih izvoda i nemogućnost da se obezbedi sigurno napajanje za sve kupce u pojedinim havarijskim režimima mreže. Kriterijumi su bili postavljeni u skladu sa (2), (3) i (4).

U pogonu Jagodina, kao kritično opterećeni elementi su uočeni: tercijer tronamotajnog transformatora u TS 110/20/10 kV Jagodina 3, obe transformatorske jedinice u TS 35/10 kV Rekovac i 35 kV dalekovod TE Morava – TS 35/10 kV Svilajnac 1. Loše naponske prilike i visok procenat gubitaka aktivne snage je uočen na 10 kV izvodima Vodovod Ribare iz TS 110/20/10 kV Jagodina 3 i Krčinsko područje iz TS 35/10 kV Rekovac. Redukcija u napajanju je potrebna pri ispadu napojnih vodova 35 kV za TS 35/10 kV Svilajnac 2 i Rekovac, kao i u slučajevima ispada transformatora u TS 35/10 kV Rekovac i Bagrdan. U gradskoj kablovskoj mreži 10 kV je kriterijum "n-1" uglavnom zadovoljen, osim u slučaju nekoliko TS 10/0.4 kV koje su radijalno napajane. Kupac na 20 kV "Vibak" takođe nema mogućnost rezervnog napajanja.

Da bi se delimično sanirali uočeni problemi, u studiji (1) predložena je optimizacija gubitaka aktivne snage promenom uklopog stanja na naponskom nivou 10 kV i regulacijom napona u TS 35/10 kV.

Nakon analize postojećeg stanja elektrodistributivne mreže pristupilo se fazi formiranja opterećenja koja će se imati u perspektivnom periodu, odnosno prognozi buduće potrošnje do kraja 2035. godine.

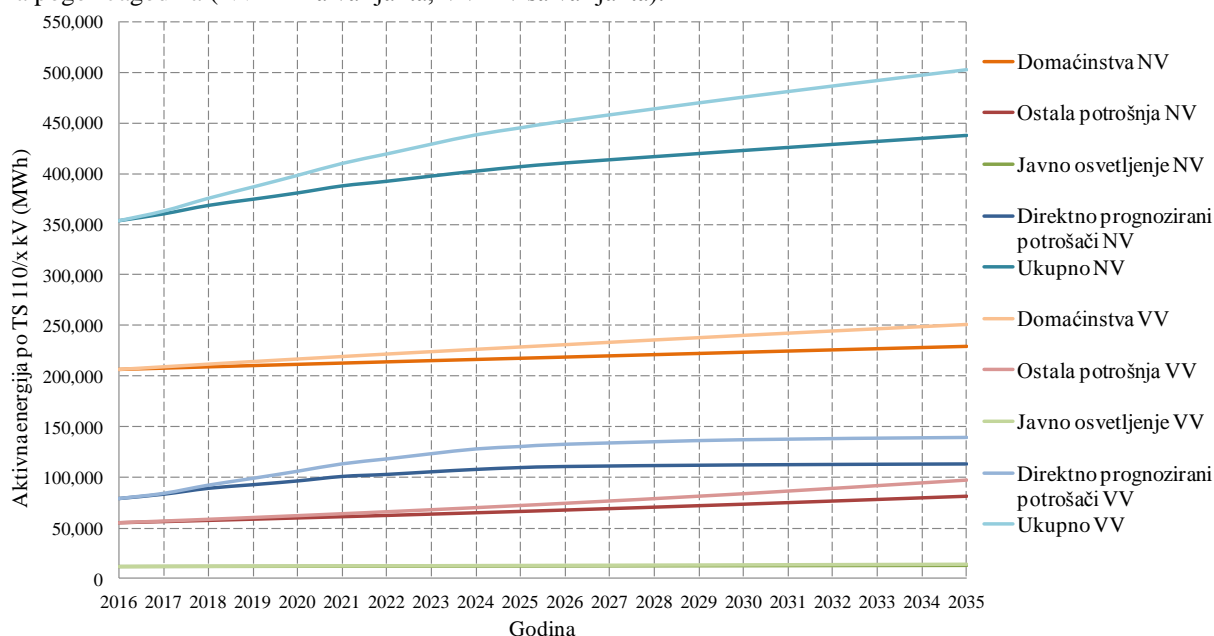
PROGNOZA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE I SNAGE NA PODRUČJU POGONA JAGODINA

Na osnovu raspoloživih podataka o prodatoj električnoj energiji po kategorijama iz perioda 2001-2015. godina najpre su sagledani trendovi promene godišnje potrošnje na svim naponskim nivoima po svim kategorijama. Na kompletnom području Ogranaka Jagodina (pogoni Jagodina, Čuprija i Paraćin) je u periodu do 2011. godine uočen rast prodaje električne energije od 5.8% (prosečno godišnje 0.57%), dok je u periodu 2011-2015. godina zabeležen pad prodaje za 2.55% (prosečno godišnje 0.64%).

Posmatrano po kategorijama potrošnje, trendovi su slični, blagi rast do 2007. godine u kategorijama virmanske potrošnje na svim naponskim nivoima odnosno do 2005. godine u kategoriji domaćinstava, a zatim pad prodaje i to najviše u kategoriji virmanske potrošnje na 35 kV i 10 kV (godišnje 2.51% i 1.39%, respektivno). U kategoriji domaćinstava pad prodaje u periodu 2005-2015. godina iznosi prosečno 0.97% godišnje. Trend u kategorijama virmanske potrošnje na niskom naponu i javne rasvete je u periodu 2001-2015. godina beležio rast (prosečno godišnje 2.6% i 6.33%, respektivno). U periodu 2010-2012. godine u ove dve kategorije je zabeležen blaži pad, ali to nije značajno uticalo na ukupan trend.

Ukoliko se posmatra samo pogon Jagodina, situacija je slična.

Imajući u vidu trendove promene godišnje potrošnje po kategorijama koji su se imali u prošlosti i privredni rast koji se očekuje u budućnosti, za kompletan ogranak su formirane dve varijante prognoze potrošnje. Na SLICI 1 je prikazana prognozirana aktivna energija za period 2016-2035. godina u slučaju obe varijante prognoze samo za pogon Jagodina (NV – niža varijanta, VV – viša varijanta).



SLIKA 1 – PROGNOZIRANA AKTIVNA ENERGIJA NA NIVOU TS 110/X kV U VIŠOJ I NIŽOJ VARIJANTI PROGNOZE

U okviru svake kategorije je primenjena metodologija kojom su uvažene konkretne specifičnosti posmatranog konzuma. Osim istorije potrošnje električne energije svakog kupca na mesečnom, odnosno godišnjem nivou, statističkih podataka o prosečnoj potrošnji domaćinstava i očekivanog poslovanja virmanskih kupaca, korišćena su sva raspoloživa merenja koja su ostvarena putem postojećih SCADA sistema, kao i popisni podaci stanovništva u periodu 1948-2011. godina i urbanistički planovi budućeg razvoja dobijeni od gradskih uprava opština koje su obuhvaćene planiranjem.

Očekivani prosečan godišnji porast opterećenja za obe varijante je prikazan u TABELI 1.

U dogovoru sa nadležnima iz Ogranaka Jagodina, razrada varijanti razvoja je rađena samo za nižu varijantu prognoze opterećenja, s tim da se za industrijske zone koriste opterećenja iz više varijante. Smatralo se da je, kada se razmotre svi detalji prognoze priloženi u studiji (1), usvojeni scenario najverovatniji.

TABELA 1 – PROSEČAN GODIŠNJI PROCENAT RASTA OPTEREĆENJA PO KATEGORIJAMA U OBE VARIJANTE PROGNOZE

Kategorija	Prosečan godišnji rast potrošnje	
	Niža varijanta	Viša varijanta
Domaćinstva	0.56%	1.03%
Ostala potrošnja	2%	3%
Javno osvetljenje	0.41%	0.81%
Direktno prognozirani potrošači	1.89%	3.02%
Ukupno	1.12%	1.87%

POTENCIJALNI PRAVCI RAZVOJA MREŽE NA PODRUČJU POGONA JAGODINA

Nakon što su definisani problemi u postojećoj mreži i proračunata buduća opterećenja po presečnim godinama od interesa, pristupilo se formiranju mogućih varijanti razvoja. Najpre je simulirano pogonsko stanje koje bi se imalo, ako se topologija mreže ne bi menjala u odnosu na 2016. godinu, a opterećenja porasla do nivoa očekivanog u 2035. godini. Novodobijeno stanje omogućava da se definišu problemi koji će se javiti u perspektivi.

Poseban uticaj na razvoj elektrodistributivne mreže imaju rešenja koja se odnose na elemente mreže koji dotrajavaju i čiju funkcionalnost je potrebno povratiti na optimalan način. U TABELI 2 je dat pregled po pogonima na koliki procenat od ukupne dužine vodova na području Ogranka Jagodina se može računati do kraja 2035. godine. Da bi se stekla jasnija slika treba reći i da udeo nadzemnih vodova u ukupnoj dužini vodova koji dotrajavaju iznosi 81%. Kada je reč o vodovima koji su u pogonu pod naponom 10 kV, a projektovani su za radni napon 20 kV, udeo dotrajalih je 28%.

TABELA 2 – DOTRAJALOST VODOVA 10 kV, 20 kV I 35 kV NA PODRUČJU OGRANKA JAGODINA DO KRAJA 2035. GODINE

Pogon	Ukupna dužina vodova (km)	Dužina dotrajalih vodova (km)	Udeo dotrajalih u ukupnoj dužini (%)
Jagodina	814.71	373.32	45.82
Čuprija	470.37	265.47	56.44
Paraćin	305.05	193.17	63.32
Ukupno	1590.13	831.96	52.32

Što se tiče dotrajavanja energetskih transformatora situacija je slična kao sa dalekovodima. U TABELI 3 je dat pregled po pogonima na koliki procenat transformatorskih jedinica se ne može računati do kraja perspektivnog perioda.

TABELA 3 – DOTRAJALOST ENERGETSKIH TRANSFORMATORA NA PODRUČJU OGRANKA JAGODINA DO KRAJA 2035. GODINE

Pogon	Energetski transformatori (MVA)						
	110/x kV		110/X/x kV	35/10 kV			10(20)/0.4 kV (kom.)
2016. godina							
Jagodina	2x31.5	2x20	1x31.5	8x8	3x4	1x2.5	770
Čuprija	3x31.5	/	1x31.5	7x8	4x4	1x2.5	452
Paraćin	2x31.5	1x20	/	7x8	2x4	1x2.5	349
2035. godina							
Jagodina	/	/	1x31.5	2x8	/	/	381
Čuprija	/	/	/	1x8	/	/	246
Paraćin	/	/	/	2x8	/	/	222
Procenat dotrajalih (%)							
Jagodina	100	100	0	25	100	100	49.48
Čuprija	100	/	0	14.28	100	100	54.42
Paraćin	100	100	/	28.57	100	100	63.61

Kako se do kraja 2035. godine na području pogona Jagodina nije moglo računati na značajan procenat vodova 10 kV, 20 kV i 35 kV, kao ni energetskih transformatora, bilo je neophodno da se za pogon ED Jagodina izvrše dve vrste analiza. Prva se odnosila na mogućnost da se u perspektivi pređe na napajanje pod naponom 20 kV, odnosno da se naponski nivoi 10 kV i 35 kV ugase. Druga je bila da se sagleda razvoj mreže primenom napona 10 kV, odnosno trend da se u perspektivi mreža 10 kV i 35 kV obnovi i po potrebi "pojača" izgradnjom novih veza 10 kV, kao i da se zadrži i obnovi transformacija 110/35 kV, odnosno 110/10 kV i 35/10 kV.

Rezultati analiza izvršenih na modelu mreže iz 2016. godine sa modelovanim opterećenjima iz 2035. godine su bili takvi da je za detaljnu razradu varijanti razvoja po etapama, kao povoljnija, izabrana Varijanta 20 kV. Pokazalo se da je do kraja perspektivnog perioda neophodno da kompletan konzum pogona Jagodina pređe na napajanje pod naponom 20 kV.

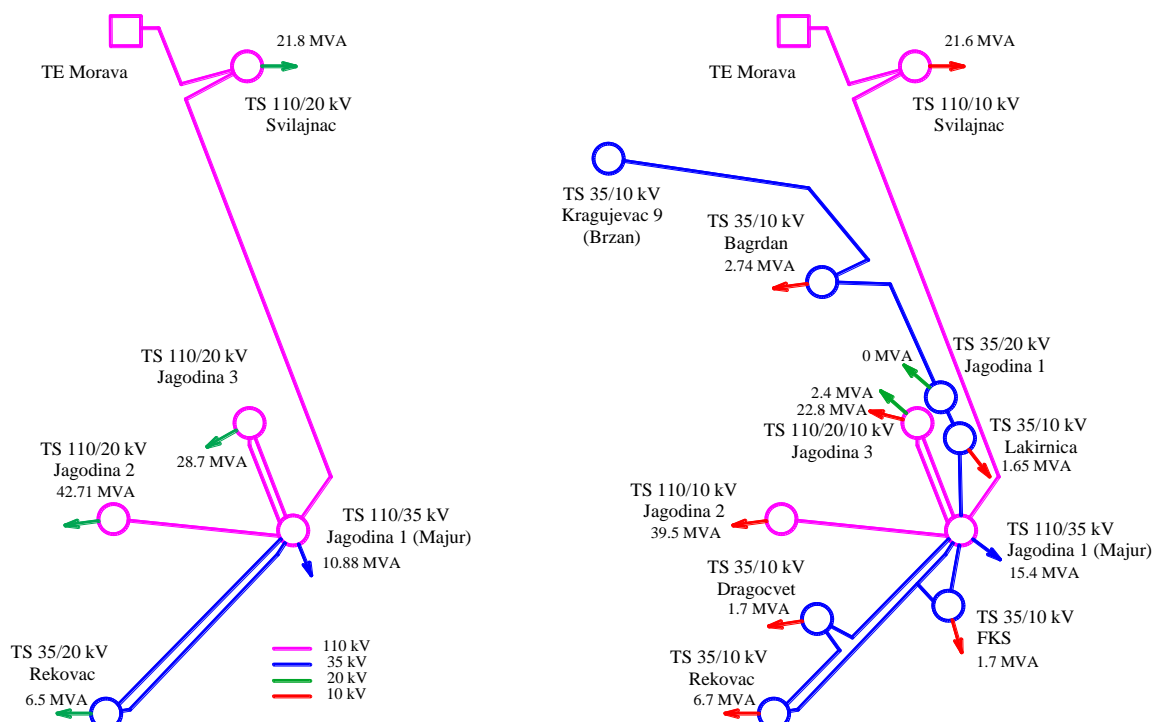
Ukupan nivo potrebnih investicija u Varijanti 20 kV je viši, jer je cena elemenata mreže sa izolacijom 20 kV nešto viša nego u slučaju 10 kV (izgradnja dalekovoda, opremanje postrojenja i zamena sredjenaponskih blokova 10 kV i transformatora 10/0.4 kV novim blokovima 20 kV, odnosno prevezivim transformatorima 10(20)/0.4 kV). Vrednost opreme koja bi pri prevođenju na napajanje pod naponom 20 kV bila demontirana i koja ne dotrajava do kraja 2035. godine ima značajnu vrednost i može da se ugradi na nekom drugom mestu u mreži pogona Paraćin i Čuprija.

Snaga tehničkih gubitaka koji bi se na kraju 2035. godine imali u Varijanti 20 kV bi bila niža za oko 1.4 MW nego u Varijanti 10 kV. Izraženo u novcu, imala bi se ušteda od oko 220 000 € na godišnjem nivou. S obzirom da je modelovan zimski maksimum 2035. godine, ova ušteda bi bila nešto niža, jer se gubici ne generišu u toku čitave godine i niži su pri nižim opterećenjima u godinama pre 2035., ali treba imati na umu da bi se razlika u ulaganju u Varijanti 10 kV vremenom anulirala većim troškovima gubitka, posebno ako se uzme u obzir i razlika u preostaloj vrednosti demontirane opreme.

Nivo opterećenosti vodova 10 kV u Varijanti 10 kV bi na kraju perspektivnog perioda bio takva, da bi bile neophodne dodatne investicije sa porastom opterećenja odmah iza horizontnog perioda. U Varijanti 20 kV to nije slučaj. Što se tiče manipulativnosti u mreži, u Varijanti 10 kV bi pri ispadima na naponskom nivou 10 kV bio potreban veći broj manipulacija nego u Varijanti 20 kV, odnosno upravljanje mrežom bi se odvijalo na teži način i sa većim troškovima.

Treba reći i da su iznosi potrebni za realizaciju pojedinih investicija formirani na osnovu jediničnih cena elemenata i njihovog procenjenog broja, odnosno dužine. Dužina pojedinih vodova formirana je na osnovu sagledavanja geografske konfiguracije terena i mogućnosti realizacije novih nadzemnih ili kablovskih vodova, pri čemu se težilo da vodovi prate postojeću putnu infrastrukturu, radi ekonomičnije i jednostavnije realizacije i održavanja.

Izgled mreže 35 kV i 110 kV pogona Jagodina koji bi se imao na kraju 2035. godine za obe varijante razvoja je prikazan na SLICI 2.



SLIKA 2 – POGON JAGODINA NA KRAJU 2035. GODINE, POREĐENJE VARIJANTI RAZVOJA MREŽE PRIMENOM NAPONA 20 kV I 10 kV

DETALJNA RAZRADA VARIJANTE RAZVOJA MREŽE PRIMENOM NAPONA 20 kV

Detaljna razrada varijanti razvoja je vršena počev od 2017. godine za prvih deset godina na godišnjem nivou, a nakon toga po etapama na pet godina. Bilo je potrebno da se na kraju svakog petogodišnjeg perioda imaju zadovoljeni tehnički kriterijumi definisani u (2), (3) i (4). U okviru svih investicija predloženo je da presek novih kablova bude XHE49A 150 mm², dok je u slučaju investiranja u nadzemnu mrežu, bilo da je reč o investicijama radi zadovoljenja tehničkih kriterijuma ili zameni vodova čiji izlazak iz pogona se očekuje do 2035. godine, po pravilu predložena ugradnja užeta najmanjeg preseka ALFe 50 mm².

Pri formiranju rešenja težilo se čistim koncepcijama. U tom smislu godišta kablova su bila značajan ulazni podatak pri formiranju rešenja na području grada. Težilo se da dotrajali kablovi budu napušteni, a da se umesto obnavljanja postojećih veza formiraju nove, kraće veze. Posledica takvog pristupa je da se predviđa gašenje određenog broja sadašnjih izvoda 10 kV. Na vangradskom području mreža je zbog razuđenosti konzumnog područja uglavnom obnavljana i po potrebi "pojačavana" da bi se imala odgovarajuća sigurnost napajanja i da bi naponi u krajnjim tačkama izvoda bili u dozvoljenim granicama.

Razvoj mreže po etapama za period 2017-2021. godina

U prvih pet godina je, zbog dotrajalosti velikog broja komponenti mreže i potrebe da se reše pitanja sigurnog napajanja i loših naponskih prilika u pojedinim područjima, neophodno uložiti oko polovine, odnosno oko 52% od ukupne vrednosti procenjenih investicija koje se očekuju do kraja 2035. godine. Umesto obnavljanja mreže 10 kV i 35 kV, kao i nabavke novih transformatora 35/10 kV vrši se prevođenje na napajanje pod naponom 20 kV i koriste se prednosti takvog načina eksploatacije mreže (niži gubici, veća prenosna moć vodova, manji padovi napona na dugačkim pretežno nadzemnim izvodima i dr.).

Najkrupnija investicija u ovom periodu razvoja mreže na području pogona Jagodina je izgradnja i uklapanje u postojeću mrežu nove TS 110/20 kV Svilajnac, odnosno prevođenje na napajanje pod naponom 20 kV oko 75% konzuma koji se napaja preko TS 35/10 kV Svilajnac 1 i Svilajnac 2. Od ukupno osam izvoda 20 kV koje je potrebno do kraja 2035. godine formirati iz TS 110/20 kV Svilajnac u prvih pet godina bi se pojavilo šest izvoda 20 kV. Svi izvodi 10 kV iz TS 35/10 kV Svilajnac 1 osim izvoda Crvena Zastava bi bili prevedeni pod napon 20 kV, a transformator T2 bi bio premešten u TS 35/10 kV Svilajnac 2 umesto postojeće jedinice T2 koja dotrajava. Od izvoda 10 kV koji se trenutno napajaju iz TS 35/10 kV Svilajnac 2 bi se pod napon 20 kV pustili izvodi Ciglana, Dublje i Crkvenac.

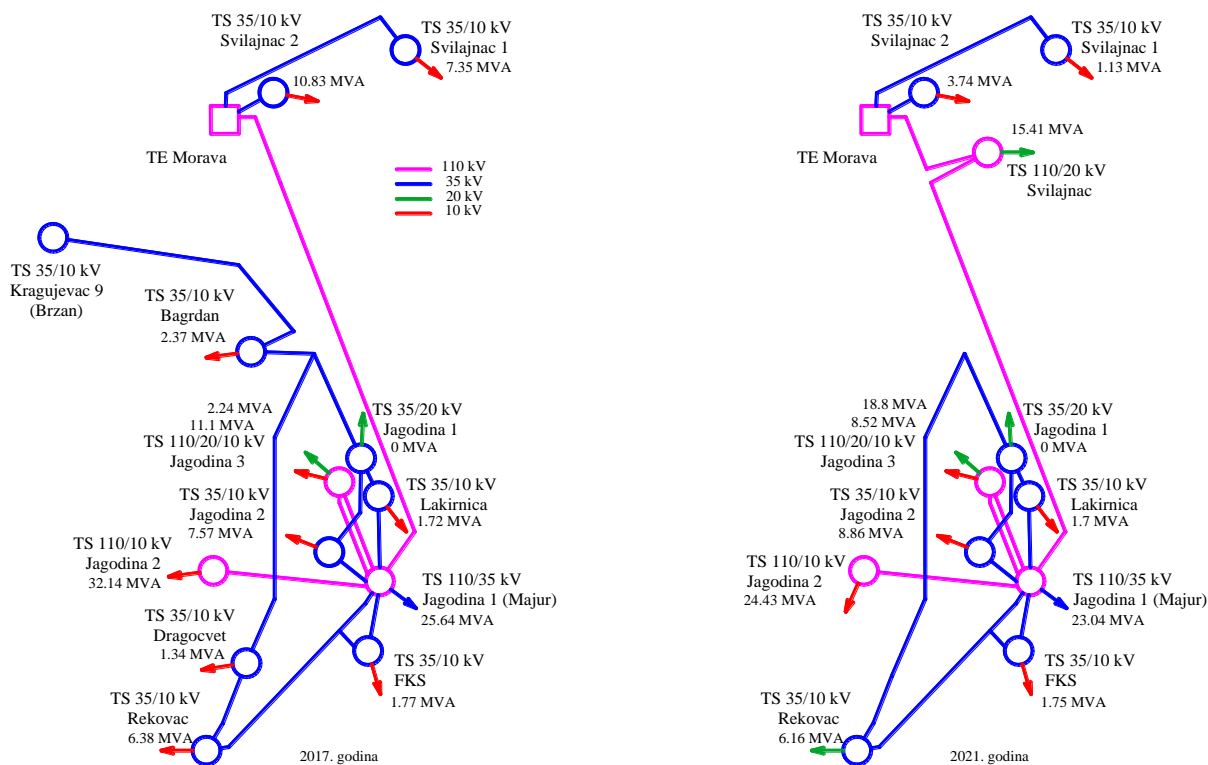
Napojni dalekovod 35 kV za TS 35/10 kV Svilajnac 1 takođe dotrajava u periodu do kraja 2021. godine, ali je procenjeno da se na njega može računati sve dok se ne stvore uslovi za prevođenje kompletnog konzuma na području Svilajнца na napajanje pod naponom 20 kV.

S obzirom da transformatori u TS 35/10 kV Rekovac u ovom periodu dotrajavaju i da je nivo pripremljenosti mreže 10 kV na ovom području za rad pod naponom 20 kV relativno visok, predviđa se puštanje u pogon pod naponom 20 kV kompletnog konzuma ove TS.

Situacija je slična i kada je reč o transformaciji 35/10 kV u TS 35/10 kV Dragocvet i Bagrdan, odnosno transformatori u ovim TS dotrajavaju, kao i veći deo njihovih napojnih vodova 35 kV. Iz navedenih razloga u prvih pet godina se predviđa i gašenje TS 35/10 kV Dragocvet i Bagrdan pri čemu bi dalekovod 35 kV između TS 35/10 kV Jagodina 1 i TS 35/20 kV Rekovac bio zadržan i imao bi ulogu rezervnog za sigurno napajanje TS 35/20 kV Rekovac.

Što se tiče konzuma TS 110/20/10 kV Jagodina 3, predviđa se nabavka i ugradnja novog transformatora 110/20 kV snage 20 MVA koji bi bio ugrađen u ovu TS i preko koga bi se odvijalo postepeno puštanje u pogon pod naponom 20 kV konzuma koji se trenutno napaja iz TS 110/(20)10 kV Jagodina 2 i TS 110/20/10 kV Jagodina 3.

Na SLICI 3 je dat izgled mreže 35 kV i 110 kV na kraju 2017. i 2021. godine, radi poređenja.



SLIKA 3 – RAZVOJ MREŽE POGONA JAGODINA U PERIODU 2017-2021. GODINA

Predlaže se da strategija pri uvođenju napona 20 kV bude takva da se najpre prevode nadzemni pretežno vangradski izvodi, a kasnije da se postepeno rešava i gradska kablovska mreža. Najpre bi se pod naponom 20 kV pustio u pogon konzum TS 110/20/10 kV Jagodina 3, a zatim TS 110/(20)10 kV Jagodina 2. Rezerva na 10 kV za gradske izvode bi se obezbeđivala preko postojećih veza sa TS 35/10 kV Jagodina 2. S obzirom da transformator T1 u TS 35/10 kV Jagodina 2 dotrajava, predlaže se da se nakon gašenja TS 35/10 kV Bagrdan jedinica snage 4 MVA na koju može da se računa do kraja 2029. godine, premesti u TS 35/10 kV Jagodina 2. Osim navedenih promena potrebno je i kompletno rekonstruisati sve dalekovode koji dotrajavaju i to u godini nakon koje se ne može više računati na njih. Kablovske deonice 10 kV koje je zbog dotrajalosti potrebno napustiti su navedene u (1).

Razvoj mreže po etapama za period 2021-2026. godina

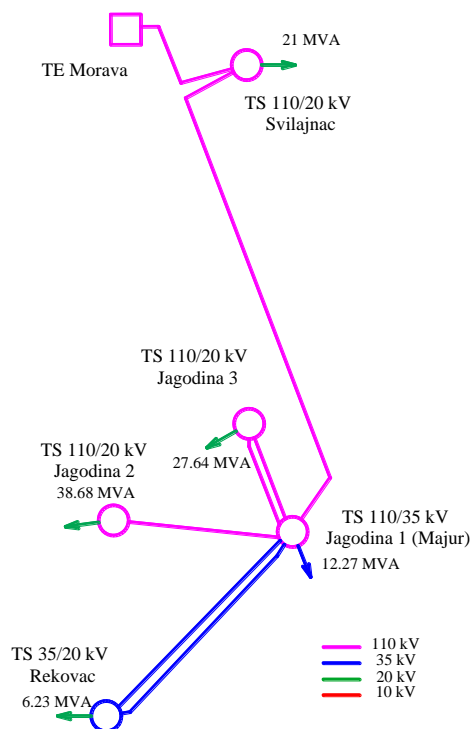
Kao što je već rečeno u prvom petogodišnjem periodu je planirano da se prevede pod napon 20 kV gotovo kompletna nadzemna mreža na području pogona Jagodina. Razlog za takav pristup je činjenica da se najveći gubici i padovi napona imaju upravo na dugim nadzemnim izvodima 10 kV, tako da je i efekat prelaska na viši naponski nivo najveći. Drugi razlog je i potreba da se postojeća mreža 35 kV gasi, jer dotrajava.

U periodu do kraja 2026. godine bi se nastavilo sa prevođenjem na napajanje pod naponom 20 kV i gradske kablovske mreže. Planira se da do kraja ove etape napon 10 kV na području pogona Jagodina bude ugašen.

S obzirom na stepen pripremljenosti mreže za napon 20 kV, najkrupnija investicija bi bila nabavka i ugradnja drugog transformatora 110/20 kV snage 20 MVA u TS 110/35/20 kV Jagodina 3, pošto se postojeća jedinica 110/20/10 kV snage 31.5/31.5/10.5 MVA premesti u TS 110/(20)10 kV Jagodina 2. Naime, transformatori u TS 110/(20)10 kV Jagodina 2 dotrajavaju i predlaže se da se umesto jedne jedinice 110/(20)10 kV snage 20 MVA u ovoj TS ugradi tronamotajni transformator iz TS 110/35/20 kV Jagodina 3. Potrebno je da se postrojenje TS 110/(20)10 kV Jagodina 2 prilagodi za pojavu trećeg sabirničkog sistema i da se na njega priključi tercijer tronamotajnog transformatora. Na ovaj način bi se u svim fazama prelaska na napajanje pod naponom 20 kV gradskog konzuma na području Jagodine imalo sigurno napajanje za kompletan konzum u svim havarijskim režimima.

Predlaže se da dinamika puštanja pod napon 20 kV izvoda 10 kV iz TS 110/20/10 kV Jagodina 2 bude takva da se najpre prevode veze 10 kV koje se imaju sa TS 35/10 kV Jagodina 1 i da se ovo postrojenje gasi, a zatim veze 10 kV sa TS 35/10 kV Jagodina 2.

Na SLICI 4 je prikazana mreža 35 kV i 110 kV na području pogona Jagodina koja bi se imala na kraju 2026. godine.



SLIKA 4 – IZGLJED MREŽE POGONA JAGODINA U NA KRAJU 2026. GODINE

U ovoj etapi se predlaže i gašenje TS 35/10 kV Lakirnica. Razlog je dotrajavanje napojnog voda 35 kV za ovu TS. Ukoliko bi se zadržala transformacija 35/10 kV u ovoj TS bilo bi neophodno ne samo da se kompletno rekonstruše napojni dalekovod, već i da se izgradi novi mešoviti vod 35 kV trasom pored postojećeg. Novoizgrađeni dalekovod bi imao ulogu rezervnog – gašenjem TS 35/10 kV Jagodina 1 i Jagodina 2 bila bi, zbog dotrajalosti, ugašena i mreža 35 kV preko koje se napajaju ove TS, odnosno TS 35/10 kV Lakirnica bi bila radijalno napajana. Umesto obnavljanja mreže 35 kV, kao daleko povoljnija varijanta za napajanje TS 35/10 kV Lakirnica se predlaže polaganje dva kablovska voda 20 kV iz pravca TS 110/20 kV Jagodina 3 i prelazak na napajanje konzuma ove TS pod naponom 20 kV.

U ovom periodu, zbog dotrajavanja mreže 35 kV, bez mogućnosti rezervnog napajanja ostaje i TS 35/20 kV Rekovac. Osim toga, postojeći napojni vod 35 kV za ovu TS dotrajava, tako da je neophodna i kompletna rekonstrukcija ovog voda. Predlaže se da rezervno napajanje za TS 35/20 kV Rekovac bude realizovano izgradnjom novog dalekovoda 35 kV trasom pored postojećeg.

Zbog dotrajalosti mreže 35 kV na području Svilajнца se, takođe, predviđa gašenje transformacije 35/10 kV. Napojni vod za TS 35/10 kV Svilajnac 1 dotrajava, kao i transformatori T1 snage 8 MVA u TS 35/10 kV Svilajnac 2 i T2 110/35 snage 20 MVA u TE Morava. Predlaže se da jedna jedinica 8 MVA iz TS 35/10 kV Svilajnac 1 bude premeštena u TS 35/10 kV Paraćin 1, umesto postojećeg koji dotrajava. Za ugradnju na nekom drugom mestu u mreži preostaje jedan transformator 8 MVA koji je u prethodnom petogodišnjem periodu premešten iz TS 35/10 kV Svilajnac 2 u TS 35/10 kV Svilajnac 1, kao i kompletna oprema 35 kV i 10 kV iz ove dve TS.

Slično kao u prethodnom periodu, neophodno je u svakoj godini kompletno rekonstruisati dalekovode 10(20) kV koji dotrajavaju. Kablovi 10 kV koje je potrebno napustiti su priloženi u (1).

Razvoj mreže po etapama za period 2026-2030. godina

Najkrupnija investicija u etapi razvoja do kraja 2030. godine je nabavka i ugradnja transformatora 110/20 kV snage 31.5 MVA u TS 110/20 kV Jagodina 2. S obzirom da postojeća jedinica snage 20 MVA dotrajava do kraja 2023. godine i da je ovaj transformator ostao u pogonu do kraja 2026. godine, odnosno do prelaska na napajanje pod naponom 20 kV kompletnog područja Jagodine, predlaže se da nabavka novog transformatora bude izvršena u periodu odmah iza 2026. godine da bi transformatori u TS 110/20 kV Jagodina 2 mogli da budu u pogonu u paraleli. Razlozi su što se u predloženom uklopnom stanju imaju niži gubici, a i manji broj manipulacija pri ispadu transformatora 31.5 MVA, jer bi se ugradnjom nove jedinice veće snage imala autonomna rezerva.

U ovoj etapi razvoja dotrajava i dalekovod 35 kV koji je osnovno napajanje TS 35/10 kV FKS. Umesto da se kompletno rekonstruišu napojni i rezervni dalekovod 35 kV za ovu TS predlaže se, kao daleko povoljnije rešenje,

prelazak na napajanje pod naponom 20 kV i konzuma koji se napaja preko TS 35/10 kV FKS. Priključak na postojeću mrežu bi bio izveden dvostrukim dalekovodom 20 kV trasom postojećeg rezervnog voda 35 kV na vod između TS 20/0.4 kV Bresje 1 i Bresje 2.

Ostale promene se odnose na mrežu 20 kV i veze koje dotrajavaju, odnosno na rešenja kojima bi se omogućilo sigurno napajanje za kompletan konzum.

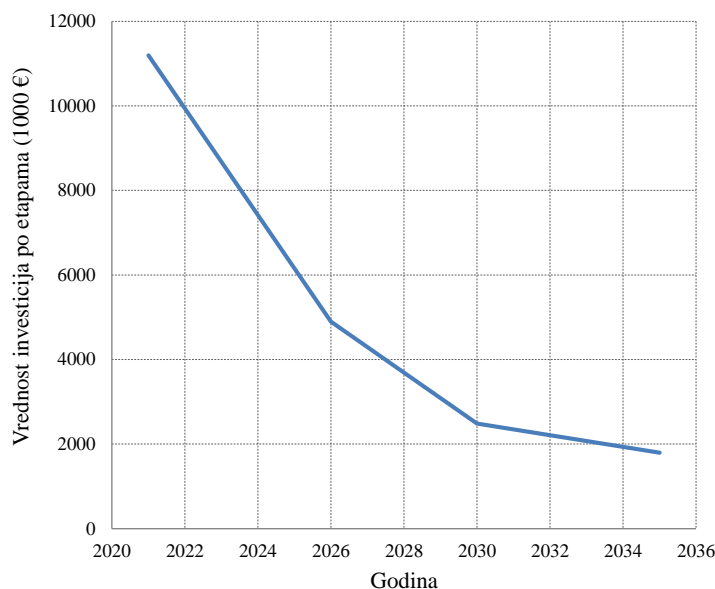
Razvoj mreže po etapama za period 2030-2035. godina

Prema raspoloživim podacima o godištima nadzemnih i kablovskih vodova 20 kV na području Jagodine, veliki broj deonica do kraja 2035. godine dotrajava. Iz razloga sigurnog napajanja najveći broj dalekovoda je potrebno kompletno rekonstruisati, a dotrajale kablovske veze obnoviti. U situacijama gde to nije potrebno predviđa se gašenje tih deonica. Sve investicije koje se očekuju u ovoj etapi razvoja se odnose na obnovu dotrajale mreže 20 kV i na rešenja za delove mreže gde se neke deonice gase.

Pregled investicija

Investicije koje su neophodne za realizaciju predviđenih promena u mreži pogona Jagodina su prikazane na SLICI 5. Gledano po etapama, najveći iznos je potrebno uložiti u prvih pet godina. Za izgradnju nove TS 110/20 kV Svilajnac čije puštanje u pogon se očekuje do kraja 2019. godine je potrebno izdvojiti ukupno oko 2 700 000 €. Preostali novac koji je predviđen za ulaganje u mrežu do kraja 2021. godine je potrebno investirati u njeno uklapanje u postojeću mrežu i prevođenje na napajanje pod naponom 20 kV konzuma TS 35/10 kV Rekovac, odnosno gašenje TS 35/10 kV Bagrdan i Dragocvet.

Investicije koje su neophodne zbog dotrajalosti elemenata mreže su dominantne i u velikoj meri diktiraju dinamiku prelaska na napajanje pod naponom 20 kV. Nivo opterećenja kao kriterijum za investiranje je u drugom planu. Izlaskom iz pogona nekih elemenata ostavlja se prostor za konceptijski čistija rešenja. Napuštanjem pojedinih veza 10 kV i 35 kV smanjuje se ukupna dužina mreže, a time i troškovi održavanja (u varijanti 10 kV značajan broj ovih veza bi, zbog kriterijuma sigurnog napajanja, morao da bude obnovljen). Ušteda sredstava koja se izdvajaju za održavanje se ostvaruje i u slučaju transformatorskih stanica koje se gase. Ove uštede u (1) nisu valorizovane, ali ih ne treba zanemariti u ukupnom sagledavanju efekata prelaska na napajanje pod naponom 20 kV



Etapa razvoja (godina)	Vrednost investicija (1000 €)
2017	1,083.952
2018	2,290.377
2019	3,364.884
2021	1,091.141
Ukupno 2017-2021.	11,195.955
2022	2,127.712
2023	907.135
2024	505.545
2025	162.715
2026	1,192.701
Ukupno 2021-2026.	4,895.808
2030	2,486.129
2035	1,795.454
Ukupno	20,373.346

SLIKA 5 – VREDNOST INVESTICIJA PO GODINAMA I ETAPAMA RAZVOJA

ZAKLJUČAK

Kompletan konzum na području pogona Jagodina je neophodno prevesti na napajanje pod naponom 20 kV u periodu do kraja 2026. godine. Prednost prelaska na viši naponski nivo se ogleda u ekonomičnijoj distribuciji električne energije i jednostavnijem upravljanju mrežom, kako u normalnim radnim režimima, tako i pri

havarijama. Izborom ove varijante razvoja mreže na ovom području su na duži vremenski period rešeni i problemi loših naponskih prilika na dugim vangradskim izvodima.(1)

S obzirom na dotrajalost mreže, prostorni raspored opterećenja i nivo pripremljenosti mreže 10 kV za radni napon 20 kV, kao najpovoljnija sa aspekta ekonomičnosti i potrebe da se obezbedi sigurno napajanje za kompletan konzum se pokazala taktika, da se najpre pod napon 20 kV puštaju vangradski nadzemni izvodi 10 kV, a da se gradska kablovska mreža rešava u skladu sa dinamikom izlaska iz pogona odgovarajućih vodova 35 kV i transformatora 35/10 kV, odnosno 110/10 kV.

Velika razuđenost mreže srednjeg napona na području ED Jagodina i nivo opterećenja koji bi se imao u perspektivi su se pokazali kao osnovni preduslovi za prelazak na napajanje pod naponom 20 kV na ovom području. S obzirom da dotrajalost elemenata mreže ED Jagodina ima dominantan uticaj na pravce razvoja mreže u perspektivi i da se sa pripremom mreže za prelazak na napajanje pod naponom 20 kV započelo početkom '70-tih godina prošlog veka, i u ovom slučaju se podrazumeva da se obnova postojeće mreže i izgradnja novih elektroenergetskih objekata vrši sa izolacijom za radni napon 20 kV, a da se sa primenom ovog napona započne postepeno i u trenutku kada dotrajavaju elementi viših naponskih nivoa (vodovi 35 kV i transformatori X/10 kV).

LITERATURA

1. 2017, "Studija perspektivnog razvoja DEES na području ogranaka Čačak, Jagodina i Arandjelovac", "Elektrotehnički institut Nikola Tesla", Beograd
2. 2017, "Pravila o radu distributivnog sistema električne energije", "EPS Distribucija d.o.o. Beograd", <http://www.epsdistribucija.rs/index.php/informacije/saopštenja/97-pravila-o-radu-distributivnog-sistema>
3. "Tehničke preporuke direkcije za Distribuciju EPS-a", TP-01, TP-03, TP-08, TP-10, TP-12 i TP-14, <http://www.epsdistribucija.rs/index.php/zakonska-regulativa/interni-standardi>
4. 2011, "TU-DV-04: Uputstvo - Dozvoljene struje faznih provodnika na dalekovodima JP EMS", verzija 2.0