

## **SPECIFIČNOSTI REŠENJA PRELASKA NA NAPONSKI NIVO 20 KV NA GRADSKOM PODRUČJU BANJA LUKE**

M. STANKOVIĆ, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Srbija

B. ĆUPIĆ, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Srbija

S. MINIĆ, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Srbija

T. JANJIĆ, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Srbija

M. IVANOVIĆ, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Srbija

N. ŠUŠNICA, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Srbija

I. STANISAVLJEVIĆ, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Srbija

### **1. UVOD**

Elektrodistributivno preduzeće Elektro-Krajina, Banja Luka, sačinjava devet radnih jedinica (Banja Luka, Prijedor, Gradiška, Laktaši, Mrkonjić Grad, Prnjavor, Novi Grad, Kozarska Dubica i Srbac). Na području ovog elektrodistributivnog preduzeća razvijena je elektroenergetska mreža naponskog nivoa 6 - 110 kV. Mrežu srednjeg napona čine uglavnom objekti naponskog nivoa 20 kV, kako nadzemni vodovi tako i kablovi, osim na području većeg dela radne jedinice Mrkonjić Grad, dela radne jedinice Prnjavor, Kozarska Dubica, Gradiška, Novi Grad i gradskom području Banja Luke koji rade pod naponom 10 kV. U dosta manjoj meri razvijena je mreža napona 35 kV, što ukazuje na činjenicu da je u toku gašenje konzuma ovog naponskog nivoa, a takođe, konzum 6 kV napona je u vrlo maloj meri razvijen (na području radne jedinice Prijedor: sa napojnim TS 20/6 kV Ljubija i TS 20/6 kV Tomašica). Za ovu ED postoje podaci o potrošnji po TS X/0.4 kV dobrog kvaliteta, za period od poslednjih šest godina, sa izostankom podataka o popisnim naseljima. Ovi podaci o potrošnji po TS X/0.4 kV

omogućuju kvalitetan raspored opterećenja po TS X/0.4 kV za analizu postojećeg stanja, uvažavajući dostavljene podatke o petnaestominutnim opterećenjima po mestima preuzimanja električne energije. Za analizu funkcionisanja mreže na nivou maksimalnog opterećenja 10 kV i 20 kV izvoda, korišćene su procene o faktoru jednovremenosti ovog opterećenja sa maksimalnim opterećenjem napojnih TS 110/X kV, jer se nije raspolagalo merenjima po izvodima 10 kV i 20 kV koji bi omogućili tačnije modelovanje. Uz bilanse nabavke (u periodu od 1996-2008. godina) i potpune bilanse prodaje iz prethodnih devet godina (2000-2008. godina), i dostavljene ankete o sagledavanjima elektroenergetskih potreba kupaca veće snage ili potrošnje električne energije, dostavljeni podaci o potrošnji po TS X/0.4 kV omogućuju kvalitetnu prognozu potrošnje energije i snage do 2020. godine.

Za većinu vodova postoje tehničke karakteristike, kao i podaci o njihovim trasama. Takođe, većina elemenata mreže je ucrtana na georeferenciranim digitalizovanim podlogama na svojim približnim lokacijama, tako da je bilo moguće planiranje trasa pojedinih vodova. Za sve TS 110/X kV i veći deo TS 35/X kV i TS 20/X kV su postojale jednopolne šeme i dispozicije, kao i tehničke karakteristike ugrađenih transformatora. Takođe, za sve TS 110/X kV su postojali podaci o raspoloživim rezervnim ćelijama (opremljenim i neopremljenim), i prostoru za ugradnju novih ćelija. Za transformatore 110/X kV raspolagalo se sa podacima o godini ulaska u pogon, koji omogućuju i projekciju godine očekivanog izlaska transformatora iz pogona, a na osnovu toga i sagledavanje potreba za novim transformatorima 110/X kV koji će preuzeti funkciju dotrajalih. S druge strane nije se raspolagalo podacima o godištim transformatorima 35/X kV i 20/X kV kao ni o godištim vodova 35 kV, 20 kV i 10 kV pa iz tog razloga nije bilo moguće odrediti godinu izlaska iz pogona elemenata mreže i njihove eventualne zamene zbog dotrajalosti. Međutim, od stručnjaka iz ED Elektrokrajina dostavljena je informacija da ne treba računati ni sa jednim transformatorom 35/X kV u 2020. godini, odnosno, da njihovu funkciju treba da preuzme mreža srednjeg napona napajana iz TS 110/X kV.

Na osnovu podataka kojima se raspolagalo, a koji su dostavljeni od strane ED Elektro-Krajina, urađena je detaljna analiza postojećeg stanja, prognoza potrošnje električne energije i planiranje razvoja elektrodistributivne mreže [1]. Zaključci koji su doneti nakon analize postojećeg stanja i prognoze potrošnje električne energije, doveli su do nekoliko varijantnih rešenja razvoja elektrodistributivne mreže u periodu do 2020. godine.

## 2. ANALIZA FUNKCIONISANJA MREŽE

Analiza funkcionisanja elektrodistributivne mreže obuhvata nekoliko koraka. Koraci koje je potrebno realizovati treba da ukažu na kvalitet funkcionisanja elektrodistributivnog preduzeća u pogledu mogućnosti poštovanja termičkih granica opterećenja pojedinih elemenata mreže, naponskih kriterijuma i kriterijuma sigurnosti i mogućnosti poboljšanja funkcionisanja mreže u pogledu smanjenje gubitaka i poboljšanja naponskih prilika. Da bi se sve analize izvršile, prethodno je potrebno na adekvatan način modelovati stanje u mreži: uklopno stanje mreže, prenosne odnose transformatora, a pre svega, opterećenja po TS X/0.4 kV.

ED preduzeće Elektrokrajina napaja nešto više od 246000 potrošača, čija je ukupna potrošnja za period 1. 4. 2008 - 31. 3. 2009. godine iznosila oko 1 365 GWh, a za njihove potrebe je nabavljena energija od oko 1 714 GWh u istom periodu. Maksimalno opterećenje cele ED je oko 355.1 MW, a na nivou transformacije 110/X kV (zbir nejednovremenih maksimalnih opterećenja TS 110/X kV) je 386.1 MW. Preuzimanje električne energije iz prenosne mreže realizuje se u 22 TS 110/X(Y) kV (ukupno instalisano 477.5 MVA u transformaciji 110/X kV, a 328 MVA u transformaciji 110/X/Y kV), a energija se distribuira posredstvom još 20 distributivnih TS (35/20 kV, 35/10 kV, 20/10 kV i 20/6 kV, ukupne instalisane snage 65.3 MVA) i ukupno oko 3500 TS X/0.4 kV. Nekoliko potrošača u ED Elektrokrajina energiju preuzima na 35 kV i ima sopstvene TS 35/X kV, preko koje je dalje distribuira u industrijsku mrežu.

Za potrebe analize funkcionisanja mreže na području Elektrokrajina modelovani su svi elementi mreže 6-110 kV, a kao balansni čvor modelovane su sabirnice 110 kV u TS 400/110/20 kV Banja Luka 6.

Za sve elemente mreže modelovano je njihovo uobičajeno uklopno stanje u režimima zimskih opterećenja, dostavljeno od strane ED Elektrokrajina. Takođe, iz ED Elektrokrajina su dobijeni podaci o prenosnom odnosu transformatora 35/10 kV, 35/20 kV, 20/10 kV i 20/6 kV, kao i o naponima u napojnim tačkama mreže 35 kV, 20 kV i 10 kV u TS 110/X kV. Prema dobijenim informacijama napon na sabirnicama za koje vezan sekundar ili tercijer u svim TS 110/X kV se održava na vrednosti oko 5% višoj od nominalne, odnosno 10% za područje Mrkonjić Grada.

Cilj analize bio je da se na osnovu raspoloživih podataka definiše način raspodele aktivne i reaktivne snage po navedenim tačkama, tako da se stekne uvid u tokove snaga i naponske prilike u mreži na nivou transformacije 110/X kV u jednom slučaju, odnosno na nivou početnih deonica izvoda srednjeg

napona u drugom slučaju. Na osnovu podataka o energiji koja je kroz pojedine TS X/0.4 kV isporučena kupcima i izmerena na njihovim mestima merenja, izvršena je raspodela aktivne snage po TS X/0.4 kV srazmerno toku energije kroz njihove transformatore, pri čemu je koeficijent srazmere jednak recipročnoj vrednosti prosečnog vremena korišćenja energije isporučene kupcima (u daljem tekstu  $T_{PKE}$ ). U analizi se polazi od nivoa transformacije 110/X kV zato što su podaci dobijeni samo za ovu transformaciju.

Ukupno modelovano opterećenje po čvorovima 6-35 kV na nivou transformacije 110/X kV na području ED Elektrokrajina iznosi 377.345 MW i 82.991 Mvar. Pored ovog modelovano je i opterećenje EVP Banja Luka 1, Ukriina i Novi Grad na 110 kV (ukupno 11.18 MW i 8.112 Mvar). Na nivou maksimuma sredjenaponskih izvoda modelovano je opterećenje od 449.348 MW i 99.333 Mvar po čvorovima 6-35 kV u mreži ED Elektrokrajina.

Nakon što je usvojen faktor jednovremenosti ( $f_j=0.94$ ), izračunato  $T_{PKE}$  (3380 sati) i  $T_{EKV}$  (4407 sati) na nivou TS 110/x kV i usvojeno na nivou sredjenaponskih izvoda, i izračunat faktor snage, propačunata opterećenja, pristupilo se analizi funkcionisanja mreže za postojeće stanje. Analizom tokova snaga i naponskih prilika uočava se da je moguće poboljšati naponske prilike promenom prenosnog odnosa transformatora u TS 35/X kV Sitari, Tukovi, Mrkonjić Grad, Jezero i Šipovo i TS 20/10 kV Dobrnja. Takođe, dodatni efekti se postižu optimizacijom uklopnog stanja. Ukupni efekti promene gubitaka prikazani su u tabeli (TABELA 1 TABELA 1)

U nastavku analize funkcionisanja mreže sprovedena je analiza je sigurnosti napajanja u havarijskim režimima, pri ispadu pojedinih elemenata mreže naponskog nivoa 35 i 110 kV, transformatora 35/X kV, kao i sigurnost napajanja kablovskog konzuma srednjeg napona 10 i 20 kV.

Na osnovu izvršenih analiza doneto je nekoliko važnih zaključaka u vezi sa sadašnjim stanjem i planiranjem budućeg razvoja mreže 10-35 kV na području ED Elektrokrajina.

1. Optimizacijom uklopnog stanja može se u značajnoj meri unaprediti rad mreže 6-35 kV: redukovati gubici za preko 2 MW i poboljšati naponske prilike na nizu izvoda.
2. Uočeni su problemi u nizu napojnih tačaka u pogledu sigurnog napajanja elektrodistributivne mreže 6-35 kV. Ovi problemi diktiraju povećanje instalisanih kapaciteta u transformaciji 110/X kV u perspektivnom periodu da bi se obezbedilo sigurno napajanje elektrodistributivne mreže.
3. Kablovska mreža 10 i 20 kV za preko 70% izvoda zadovoljava princip sigurnosti "n-1".
4. Čitav niz dugačkih vangradskih izvoda srednjeg napona je neekonomično opterećen i investicije su neophodne da bi se obezbedile zadovoljavajuće naponske prilike.

TABELA 1 – PREGLED EFEKATA OPTIMIZACIJE UKLOPNOG STANJA I PROMENE PRENSNOG ODNOSA TRANSFORMATORA

	Gubici (MW)						Ukupno
	Vodovi 6 kV	Vodovi 10 kV	Vodovi 20 kV	Transformatori 35/10 kV	Transformatori 20/X kV	Vodovi 35 kV	
Aktuelno uklopno stanje i regulacija napona	0.046	5.178	4.096	0.186	0.017	0.810	10.333
Optimalno uklopno stanje i aktuelna regulacija napona	0.046	4.533	3.345	0.076	0.017	0.184	8.201
Optimalno uklopno stanje i optimalna regulacija napona transformatora 35/10 kV	0.046	4.525	3.344	0.074	0.017	0.173	8.179

### 3. PROGNOZA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Osnovu za prognozu potrošnje činili su podaci o nabavci i prodaji električne energije u prethodnom periodu (TABELA 2 TABELA 2). Analizom podataka o prodaji električne energije po kategorijama potrošnje u periodu od 2000. do 2008. godine formirane su prosečne očekivane stope porasta potrošnje električne energije pojedinih kategorija potrošnje u budućnosti. Usvojena metodologija prognoze (zasnovana na [2]) omogućila je prostornu raspodelu pojedinih kategorija potrošnje po TS X/0.4 kV.

Formiranje prostorne raspodele buduće potrošnje domaćinstava je bilo problematično zbog neraspodelivosti demografskih podataka. Naime, u podacima nije postojao spisak popisnih naselja, a samim tim nije se znalo ni koji kupac pripada kojem popisnom naselju. Da bi se formirala kvalitetna prostorna raspodela prognozirane potrošnje domaćinstava, sadašnja potrošnja je raspoređena po geografskim zonama kvadratnog oblika dimenzija 2x2 km prema pripadajućim napojnim TS X/0.4 kV. Za pojedine kupce realizovana je anketa o budućim planovima razvoja vezanim za potrošnju električne energije i na osnovu anketa formirana je prognoza njihove buduće potrošnje.

Formatted: Font: Times New Roman, Not Bold, Serbian (Latin, Serbia and Montenegro (Former))

Formatted: Font: Not Bold, Serbian (Latin, Serbia and Montenegro (Former))

Potrošnja električne energije za javnu rasvetu je izuzetno dinamično rasla u prethodnih nekoliko godina. Godišnji rast potrošnje je u apsolutnom iznosu zadržan, ali procentualni rast smanjen u odnosu na procentualni rast iz prethodnog perioda. Identifikovane su zone bez javne rasvete i kod njih je prognozirana pojava javne rasvete do 2020. godine.

Svi ostali potrošači su prognozirani sa fiksnom stopom porasta čija je veličina određena na osnovu zbirnog porasta potrošnje potrošača na 0.4 kV, sa ili bez merenja snage u prethodnom periodu.

TABELA 2 - PRODAJA ELEKTRIČNE ENERGIJE PO TIPU POTROŠNJE (PODACI ZA JEDNU GODINU ODOSE SE NA PERIOD 1.4. TE GODINE DO 31.3. NAREDNE GODINE)

Godina	Nabavka	Prodaja po tipu potrošnje (kWh)												
		Domaćinstva	Kupci na 110 kV	Kupci na 35 kV	Kupci na 10 kV	Kupci I kategorija	Manji virmanski kupci	Ukupno virmanski kupci 0.4 kV	Ukupno virmanski kupci 0.4 - 10 kV	Ukupno virmanski kupci 0.4 - 35 kV	Javna rasveta	Ukupna prodaja (kWh)		
1996	928 847 835													
1997	1 067 858 843													
1998	1 227 210 701													
1999	1 264 358 775													
2000	1 220 992 386	552 724 105	5 786 880	29 183 910	112 732 271	43 311 284	109 978 254	153 289 538	266 021 809	448 495 257	23 891 426	877 608 130		
2001	1 352 727 155	583 547 968	11 815 692	38 974 684	108 046 882	49 039 669	125 765 184	174 804 853	282 851 735	496 631 272	10 627 567	927 817 646		
2002	1 431 445 163	613 186 068	19 730 048	47 125 141	113 531 273	55 054 848	135 204 879	190 259 727	303 791 000	541 175 868	12 465 194	996 297 451		
2003	1 448 677 444	687 289 513	17 322 307	49 181 575	119 500 361	62 956 866	137 140 458	200 097 324	319 597 685	568 876 584	14 192 115	1 087 583 195		
2004	1 514 840 879	693 526 607	15 759 520	60 123 706	124 383 301	68 201 856	144 685 534	212 887 390	337 250 691	610 261 787	15 894 202	1 122 554 726		
2005	1 561 950 437	699 976 863	31 251 801	52 961 853	147 605 558	73 755 995	145 812 808	219 568 803	367 174 360	639 705 016	17 067 089	1 168 431 967		
2006		714 904 722	30 973 448	47 665 743	162 613 545	79 532 409	152 029 125	231 561 534	394 175 080	673 402 357	20 023 431	1 207 742 423		
2007	1 634 353 567	741 069 113	31 376 291	38 663 074	189 406 026	95 939 519	170 358 382	266 297 900	455 703 927	760 664 901	22 145 519	1 288 957 923		
2008	1 713 724 989	765 681 665	30 374 157	30 560 168	236 000 791	101 995 079	173 830 803	275 825 883	511 826 674	818 212 725	26 356 768	1 364 799 432		

### 3.1. Prognoza ukupne potrošnje električne energije i snage

Ukupna potrošnja električne energije i opterećenja, kako na nivou maksimuma srednjenaponskih izvoda, tako i na nivou maksimuma TS 110/X kV dobija se kao suma potrošnje energije i snage po TS X/0.4 kV različitih kategorija potrošnje [1]. Reaktivna energija potrošača koji imaju merenje reaktivne energije prognozirana je sa postojećim faktorom snage ako je veći od 0.97, ili sa 0.97 ako je manji u postojećem stanju u očekivanju da će ovi potrošači izvršiti kompenzaciju zbog njene ekonomičnosti. Kod ostalih potrošača zadržan je faktor snage 0.978 dobijen na osnovu analiza u 2008. godini.

TABELA 3 - PROGNOZA UKUPNE PRORAČUNSKE ENERGIJE I OPTEREĆENJA PO PRESEČNIM GODINAMA ZA DVA NIVOA SAGLEDAVANJA FUNKCIONISANJA MREŽE

Ukupno	Na nivou SN Izvoda			Na nivou TS 110/X kV		
	2008	2015	2020	2008	2015	2020
Energija domaćinstava (kWh)	758 251 652	908 948 316	1 021 004 616	758 251 652	908 948 316	1 021 004 616
Energija javna rasveta (kWh)	24 932 392	38 462 341	53 354 275	24 932 392	38 462 341	53 354 275
Energija virmanaca (kWh)	466 016 435	597 102 210	698 230 859	492 248 141	635 712 854	742 747 833
Ukupna energija (kWh)	1 249 200 480	1 544 512 867	1 772 589 750	1 275 432 185	1 583 123 511	1 817 106 724
Snaga (MW)	449.35	555.58	637.62	377.35	468.38	537.61

Prosečan porast prognozirane potrošnje, je 2.99% na nivou maksimalnog opterećenja TS 110/X kV, odnosno, 2.96% na nivou maksimalnog opterećenja srednjenaponskih izvoda. Godišnja stopa u periodu 2003-2008. godina je bila nešto veća (4.51% ne računajući prodaju na 110 kV). Ovaj veliki procenat je posledica legalizacije dela potrošnje, obnove privrede posle rata i ekspanzivnog razvoja kao posledica velikog priliva kapitala u toku prve decenije 21. veka. Tekuće ekonomske prilike ukazuju na to da će se teško nastaviti tako intenzivan rast potrošnje.

Pošto se ne raspolaže tačnim podacima o stanovništvu, neki specifični parametri mogu se proračunati na bazi pretpostavke da prosečan potrošač u kategoriji domaćinstava ima tri člana. To znači da prosečna potrošnja po stanovniku sa 1900 kWh u 2008. godini raste na oko 2500 kWh u 2020. godini.

### 4. CILJNA REŠENJA MREŽE NA GRADSKOM PODRUČJU POSLOVNICE BANJA LUKA U 2020. GODINI

Na osnovu formirane prognoze opterećenja u 2020. godini, postojećeg stanja mreže, informacije da se na transformaciju 35/X kV ne može računati do kraja perspektivnog perioda, podataka o raspoloživim opremljenim i neopremljenim čelijama 6-35 kV i prostoru za dogradnju novih čelija, te na bazi usvojenih kriterijuma za planiranje [3] – [4] i jediničnih cena elemenata mreže formirana su ciljna

rešenja mreže. Najpre je data analiza potrebnih kapaciteta u transformaciji 110/X kV na području ED Elektrokrajina, a zatim potrebne investicije sa gledišta zadovoljenja tehničkih kriterijuma, a zatim i s gledišta ekonomičnog funkcionisanja mreže. Posebna pažnja je posvećena činjenici da se predviđa potpuno gašenje napona 35 kV na području ED Elektrokrajina namenjenog napajanju distributivne potrošnje, kao posledica činjenice da se neće moći računati ni na jednu od jedinica 35/X kV u mreži ED Elektrokrajina. Gašenje napona 35 kV je u planu prikazanom u [1] realizovano i spregnuto sa značajnim smanjenjem obima 10 kV mreže na račun povećanja obima 20 kV mreže. Na taj način se došlo do stanja u kojem je, praktično, kompletno vangradsko područje u ED Elektrokrajina prevedeno na rad pod naponom 20 kV, kao, uostalom i značajan deo gradskih područja, izuzev pojedinih izvoda 10 kV i 6 kV gde se njihovo prevođenje na rad pod naponom 20 kV ne isplati, i dela gradske mreže 10 kV na području Banja Luke.

#### **4.1. Analiza potrebnog kapaciteta u napojnim tačkama elektrodistributivne mreže za opterećenja iz 2020. godine**

Opterećenje napojnih tačaka zavisi od sadašnjeg rasporeda opterećenja i njegovog porasta, ali je u velikoj meri uslovljeno i prelaskom značajnih delova mreže 35 i 10 kV na rad pod naponom 20 kV i realizacijom nekih investicija u mreži srednjeg napona koji diktiraju preraspodelu opterećenja po napojnim TS 110/X kV na području ED Elektrokrajina. Osnovni zaključak na osnovu formiranog ciljnog rešenja mreže je da se u periodu do 2020. godine zadovoljavajuće rešenje mreže može postići i bez izgradnje novih TS 110/X kV na području ED Elektrokrajina, pri čemu je planirano povećanje instalisanog kapaciteta za oko 19% u postojećim TS 110/X kV. Pri tome će ovo povećanje obezbediti sigurno napajanje konzuma koji raste za oko 42%. Prosečno opterećenje transformacije 110/X kV bi u toj situaciji bilo oko 59%, što je još uvek relativno nizak procenat, ali je posledica predimenzionisane veličine transformatora 110/X kV u nekoliko TS.

Kao posebno varijantno rešenje obrađena je i mogućnost izgradnje nove TS 110/20/10 kV Banja Luka 9 na lokaciji postojeće TS 35/10 kV Sitari na području poslovnice Banja Luka. Izgradnja nove TS 110/20/10 kV Banja Luka 9 na ovoj lokaciji je značajna s aspekta skraćanja napojne mreže 20 kV iz pravca TS 110/20 kV Banja Luka 5 u pravcu grada, i zbog činjenice da već postoji izgrađeni rasplet srednjenaponske mreže iz TS 35/10 kV Sitari koji omogućuje lako uklapanje nove TS 110/X kV u mrežu srednjeg napona. Priključak na mrežu 110 kV je usaglašen sa Elektroprenosom BIH, i realizovao bi se kao dvostruki priključni vod 110 kV na postojećem vod TS 110/10 kV Banja Luka 2 – TS 110/20 kV Banja Luka 5. Izgradnja nove TS bi za nivo opterećenja prognozirani u 2020. godini dovela do smanjenja gubitaka za oko 400 kW, ukoliko ne bi bila aktivirana napojna tačka 20 kV u TS 110/10 kV Banja Luka 2, a za 230 kW, ukoliko bi ova napojna tačka bila aktivirana.

Razmatrano je nekoliko varijantnih rešenja koja zavise od sudbine TS 110/10 kV Banja Luka 2 u 2020. godini: 1) bez novih TS 110/X kV, 2) sa novom TS 110/20 kV Šipovo, 3) sa novim TS 110/20 kV Šipovo i TS 110/20/10 kV Banja Luka 9. Pošto se do 2020. godine očekuje izlazak iz pogona zbog dotrajalosti transformatora 110/10 kV snage 20 MVA u TS 110/10 kV Banja Luka 2, a planira se realizacija značajnih investicija u gradskoj mreži na području Banja Luke u narednom periodu kako bi se značajan deo mreže preveo na rad pod naponom 20 kV formiranje napojne tačke 20 kV u ovoj TS bi bilo od velikog značaja u pogledu pouzdanijeg napajanja (rasterećeniji transformatori u TS 110/20/10 kV Banja Luka 3 i manji broj manipulacija pri ispadu jednog od njih). Takođe, gubici u mreži srednjeg napona bi bili niži za oko 370 kW.

Inače, prosečno opterećenje transformacije 110/X kV u TS koje obezbeđuju napajanje područja grada Banja Luka i njegove okoline (TS Banja Luka 1-9) se kreće oko 60%, i u maloj meri zavisi od varijantnog rešenja. Dobra međusobna povezanost TS 110/X kV preko mreže srednjeg napona, naročito preko mreže 20 kV u potencijalnom stanju za 2020. godinu, omogućuje značajnu ispomoc susednih TS 110/X kV preko mreže srednjeg napona u havarijskim situacijama. Dispozicija opterećenja po TS 110/X kV je takva da se transformacija 110/X kV na obodnom području grada Banja Luke može opteretiti za dodatnih 50-ak MW, bez većih problema s aspekta kapaciteta transformacije 110/X kV, uz naravno, dodatna ulaganja u mrežu 20 kV, koja su prikazana u studiji [1].

#### **4.2. Potrebne investicije u mreži 35 kV**

Zbog dotrajalosti transformatora 35/X kV i potrebe da se smanji instalisani kapacitet transformacije 110/X kV, te ograničenog kapaciteta mreže 10 kV u gradskim područjima, planirano je potpuno gašenje napona 35 kV do 2020. godine. Vodovi 35 kV koristiće se pod naponom 10 i 20 kV, i to:

- Vod TS Banja Luka 5 - TS Sitari koristiće se pod naponom 20 kV za napajanje izvoda Poljokanov park i Sitari krug iz TS Banja Luka 5 (do izgradnje TS 110/20/10 kV Banja Luka 9),
- Vod TS Banja Luka 1 - TS Sitari koristiće se pod naponom 10 kV za napajanje izvoda Tvornica obuće i Starčevica 4 iz TS Banja Luka 1 (do izgradnje TS 110/20/10 kV Banja Luka 9),
- Vod TS Banja Luka 1 - TS Banja Luka 7, ulaskom u pogon dva transformatora 110/20/6 kV u TS Banja Luka 7, u potpunosti je izgubio funkciju,

#### 4.3. Potrebne investicije u mreži srednjeg napona

Investicije u gradsku (uglavnom kablovsku) mrežu potrebne su radi preuzimanja funkcije kablova nedovoljnog kapaciteta, obezbeđenja sigurnog napajanja TS X/0.4 kV na gradskim područjima i ravnomernijeg opterećenja transformacije 110/X kV koja napaja distributivnu mrežu. Ove investicije uglavnom podrazumevaju polaganje novih kablova 20 kV kojima se značajni delovi mreže prevode na rad pod naponom 20 kV. U većem broju slučajeva i u 2020. godini se računa na postojeću kablovsku mrežu koja je rasterećena 10 kV i obezbeđuje sigurno napajanje TS 10/0.4 kV koje se njome napajaju.

Poslovnica Banja Luka je najsloženija zona za planiranje razvoja mreže zbog velikog obima 10 kV mreže nedovoljnog kapaciteta da zadovolji kriterijume sigurnosti i neadekvatne dispozicije napojnih tačaka 10 kV i 20 kV. Izuzev TS 110/20/10 kV Banja Luka 3, ostale TS 110/X kV sa napojnom tačkom 20 kV su locirane na vangradskom području i mogu da prihvate ograničeni deo opterećenja na ekonomski prihvatljiv način. S druge strane, gradska kablovska mreža 10 kV je visoko opterećena, a na nizu deonica i preopterećena za nivo opterećenja iz 2020. godine, i ne može da obezbedi sigurno napajanje. Pod naponom 10 kV radi i niz kablova 20 kV, deo njih lociran na adekvatnom mestu u mreži - nadomak TS 110/20/10 kV Banja Luka 3, ali deo oslonjen na TS 110/10 kV Banja Luka 2.

U perspektivnom periodu neće se moći računati ni na TS 35/10 kV Sitari, pa se planira preuzimanje većeg dela opterećenje ove TS pod naponom 20 kV iz TS 110/20 kV Banja Luka 5, a manjeg dela opterećenja pod naponom 10 kV iz buduće TS 110/10 kV Banja Luka 3 (jer se napon 35 kV u ovoj TS gasi). Eventualna izgradnja nove TS 110/20/10 kV Banja Luka 9 na lokaciji TS 35/10 kV Sitari u mnogome bi pojednostavila rešavanje napajanja dela konzuma u južnom delu grada i eventualnih novih stambenih zona koje bi se mogle pojaviti u njenoj blizini.

Koncepcija razvoja mreže na gradskom području je formiranje pet izvoda 20 kV iz TS 110/20/10 kV Banja Luka 3 i tri izvoda 20 kV iz TS 110/20 kV Banja Luka 5 (ili opciono tri izvoda iz TS 110/20/10 kV Banja Luka 9, ukoliko ona bude izgrađena na lokaciji TS Sitari) koji se stiču pored TS 110/10 kV Banja Luka 2 i tu međusobno spajaju i formiraju jedan iz TS 110/20/10 kV Banja Luka 3 i tri međupovezna voda između TS 110/20/10 kV Banja Luka 3 i TS 110/20 kV Banja Luka 5 (odnosno, TS 110/20/10 kV Banja Luka 9). Izvodi iz TS Banja Luka 5 se formiraju izgradnjom jednog dvostrukog i jednog jednostrukog voda preseka Alč 95 mm<sup>2</sup> (ili kablovskih ukoliko to nije moguće) od TS 110/20 kV Banja Luka 5 do zone TS 20/0.4 kV Sitari krug odakle se kablovski svode u prve TS na izvodu. Ukoliko bude izgrađena TS 110/20/10 kV Banja Luka 9, izvodi se formiraju kao tri kablovska voda iz nove TS do zone TS 20/0.4 kV Sitari krug odakle se svode u prve TS na izvodu.

Veza između TS 110/20/10 kV Banja Luka 3 i TS 110/20 kV Banja Luka 5 na 20 kV se formira i sa još dva para izvoda. Planirano je da se iz TS 110/20/10 kV Banja Luka 3 formira još jedan 20 kV izvod Kastel koji bi se oslonio na povezni vod 20 kV između TS Banja Luka 5 i TS Banja Luka 3 i obezbedio podršku u havarijskim situacijama.

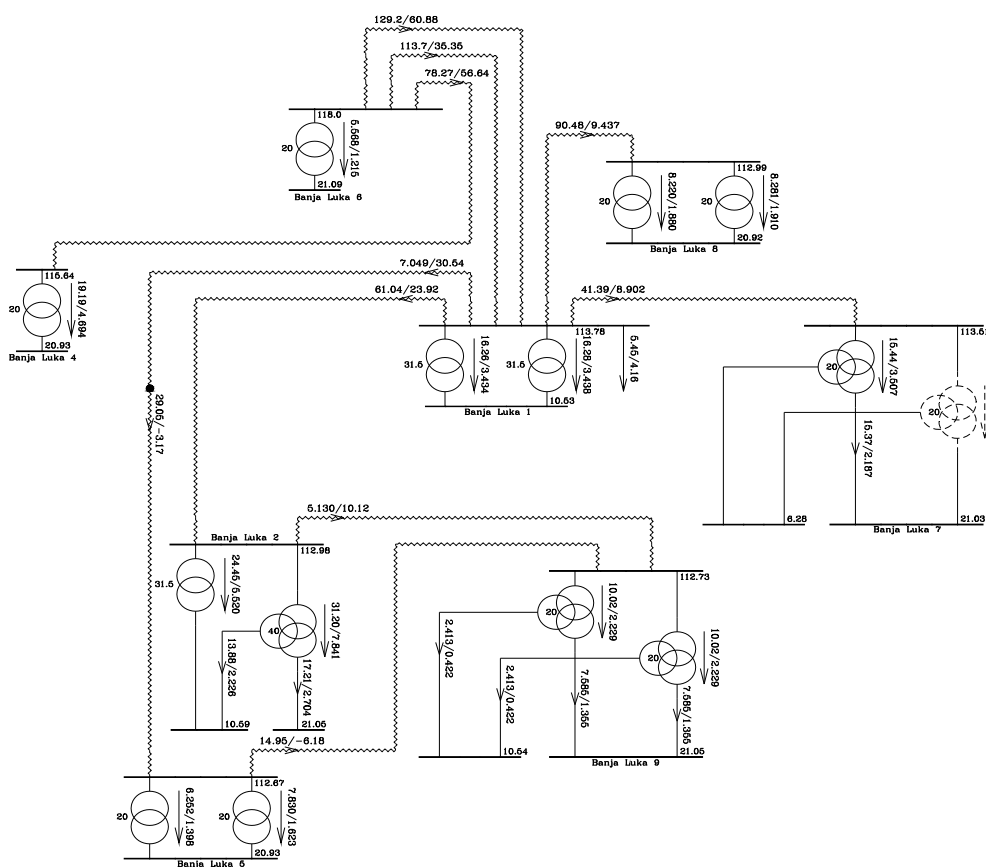
Ukoliko se izgradi nova TS 110/20/10 kV Banja Luka 9, izvodi su presečeni na lokaciji ove TS, pa se svode na postojeće izvode 10 kV između TS 110/20/10 kV Banja Luka 3 i TS 35/10 kV Sitari i TS 35/10 kV Sitari i TS 110/20 kV Banja Luka 5, koji bi bili prevedeni na rad pod naponom 20 kV.

Izvodi iz TS 110/20/10 kV Banja Luka 3 i iz TS 110/20 Banja Luka 5 se mogu, u slučaju formiranja napojne tačke 20 kV u TS 110/20/10 kV Banja Luka 2, odmah svesti u nju opremanjem osam izvodnih, jedne transformatorske i jedne ćelije 20 kV za memu opremu.

Izvodi Medicina, Vlada, Branko Radičević i Plastika nova su postojeći 10 kV izvodi prevedeni na rad pod naponom 20 kV jer se sastoje iz većeg broja kablova 20 kV, kao i izvodi Ministarstvo, Alternativna televizija, Bulevar, Policijska akademija i Univerzitetski grad iz TS 110/10 kV Banja Luka 2.

Pošto se gasi transformacija 35/10 kV u TS 35/10 kV Sitari, napajanje pojedinih 10 kV izvoda iz nje preuzima 35 kV vod iz pravca TS 110/35/10 kV Banja Luka 3 koji će raditi pod naponom 10 kV. Ukoliko bi se izgradila nova TS 110/20/10 kV Banja Luka 9 na lokaciji TS 35/10 kV Sitari, pomenuti izvodi bi se, naravno, napajali iz nje.

Značajno je istaći činjenicu da je pozicija TS 110/20/6 kV Banja Luka 7, koja je inicijalno predviđena za napajanje industrijskog potrošača, takva da se može iskoristiti za preuzimanje konzuma na području naselja istočno od užeg gradskog jezgra Banja Luke (posebno Vrbanje), kroz formiranje dva nova izvoda. Opterećenje ova dva izvoda je nešto veće od 4 MVA na nivou transformacije 110/X kV i njihova izgradnja je značajna sa aspekta rasterećenja mreže 10 kV koja se napaja iz TS 110/10 kV Banja Luka 1 i TS 110/10 kV Banja Luka 2, kao i sa aspekta povezivanja TS 110/20 kV Čelinac sa susjednim TS 110/20 kV radi obezbeđivanja rezerve za transformaciju 110/20 kV i magistralne vodove 20 kV iz ove TS. Nivo opterećenja po TS 110/X kV na kraju perspektivnog perioda za varijantu sa najviše novih TS 110/X kV na ovom području prikazan je na slici 1.



**SLIKA 1 - OPTEREĆENJA TS 110/X KV NA PODRUČJU GRADA BANJA LUKA NA KRAJU PERSPEKTIVNOG PERIODA U JEDNOJ OD VARIJANTI RAZVOJA MREŽE**

## 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu izvršenih analiza mreže doneto je nekoliko važnih zaključaka u vezi sa sadašnjim stanjem i planiranjem budućeg razvoja mreže 10-35 kV na području ED Elektrokrajina.

- Optimizacijom ukupnog stanja može se u značajnoj meri unaprediti rad mreže 6-35 kV: redukovati gubici za preko 2 MW i poboljšati naponske prilike na nizu izvoda.

- Uočeni su problemi u nizu napojnih tačaka u pogledu sigurnog napajanja elektrodistributivne mreže 6-35 kV. Ovi problemi diktiraju povećanje instaliranih kapaciteta u transformaciji 110/X kV u perspektivnom periodu da bi se obezbedilo sigurno napajanje elektrodistributivne mreže.
- Kablovska mreža 10 i 20 kV za preko 70% izvoda zadovoljava princip sigurnosti "n-1".
- Čitav niz dugačkih vangradskih izvoda srednjeg napona je neekonomično opterećen i investicije su neophodne da bi se obezbedile zadovoljavajuće naponske prilike, ali se očekuje da budu ekonomski opravdane sa stanovišta smanjenja gubitaka u elektrodistributivnoj mreži.

Prognoza potrošnje je formirana imajući u vidu ukupne poraste pojedinih kategorija potrošnje u prethodnom desetogodišnjem periodu, a njena prostorna raspodela shodno sadašnjoj prostornoj raspodeli pojedinih kategorija potrošnje i budućem razvoju na ovim lokacijama. Prosečan porast prognozirane potrošnje je 2.99% na nivou maksimalnog opterećenja TS 110/X kV, odnosno, 2.96% na nivou maksimalnog opterećenja sredjenaponskih izvoda. Godišnja stopa u periodu 2003-2008. godina je bila nešto veća (4.51% ne računajući prodaju na 110 kV). Ovaj veliki procenat je posledica legalizacije dela potrošnje, obnove privrede posle rata i ekspanzivnog razvoja kao posledica velikog priliva kapitala u toku prve decenije 21. veka. Tekuće ekonomske prilike ukazuju na to da će se teško nastaviti tako intenzivan rast potrošnje.

Planirani porast opterećenja na nivou transformacije 110/X kV je sa 377.35 MW na 537.61 MW, odnosno, na nivou maksimuma izvoda srednjeg napona sa 449.35 MW na 637.62 MW.

Na osnovu formirane prognoze opterećenja u 2020. godini, postojećeg stanja mreže, pretpostavke da će transformacija 35/X kV dotrajati do 2020. godine i da treba preuzeti njenu funkciju posredstvom mreže srednjeg napona napajane iz TS 110/X kV, podataka o raspoloživim opremljenim i neopremljenim čelijama 10-35 kV i prostoru za dogradnju novih čelija, te na bazi usvojenih kriterijuma za planiranje i jediničnih cena elemenata mreže formirana su ciljna rešenja mreže:

- Sa aspekta napojnih tačaka za elektrodistributivnu mrežu postojeće stanje je zadovoljavajuće, ali je neophodno određeno povećanje kapaciteta u postojećim TS 110/X kV, a pre svega preraspodela instaliranih kapaciteta (zavisno od varijante sa ili bez napojne tačke 20 kV u TS 110/10 kV Banja Luka 2).
- Značajno poboljšanje u pogledu kvaliteta napajanja (pre svega naponskih prilika, smanjenja gubitaka u mreži srednjeg napona za skoro 500 kW, ali i sigurnosti ako bi se ona mogla obezbediti na naponskom nivou 110 kV) donela bi nova TS 110/20 kV Šipovo.
- Izgradnja nove TS 110/20/10 kV Banja Luka 9 na lokaciji postojeće TS 35/10 kV Sitari takođe bi značajno doprinela smanjenju gubitaka u mreži srednjeg napona (za oko 400 kW ako nije aktivirana napojna tačka 20 kV u TS 110/10 kV Banja Luka 2, a za oko 230 kW ako jeste) i omogućila jednostavniju realizaciju raspeta u mreži 20 kV, pri čemu bi to uslovlilo značajno rasterećenje TS 110/20 kV Banja Luka 5 u odnosu na varijantu kada nove TS ne bi bilo. Zbog toga bi bila neophodna i drugačija raspodela instaliranih kapaciteta transformacije 110/X kV.
- Sa aspekta mreže 35 kV planirano je potpuno gašenje transformacije 35/X kV i prevođenje vodova 35 kV na rad pod naponom 10 ili 20 kV, zavisno od predložene funkcije u mreži.
- Sve investicije u mrežu srednjeg napona grubo se mogu podeliti u četiri grupe: (1) investicije u prevođenje mreže 10 kV na rad pod naponom 20 kV radi zadovoljenja tehničkih kriterijuma, ili ekonomičnije distribucije električne energije, (2) investicije u gradsku kablovsku mrežu, radi obezbeđenja principa sigurnosti "n-1" ili formiranja čistijih konceptijskih rešenja mreže, (3) investicije u vangradsku mrežu radi ekonomičnije distribucije snage, poboljšanja naponskih prilika, ili obezbeđenja međusobne ispomoći susednih TS 110/20 kV, i (4) zamene provodnika na neekonomično opterećenim nadzemnim vodovima, radi rentabilnije eksploatacije mreže.
- Ulaganja u transformaciju X/0.4 kV valorizovana su kroz statističku obradu potrebnog broja novih transformatora po postojećim TS, kao i novih TS X/0.4 kV,

## 6. LITERATURA

1. Minić S, Ćupić B, Stanković M, Šušnica N, Stanisavljević I, Janjić T, Ivanović M, 2010, "Studija dugoročnog razvoja elektrodistributivne mreže na području Republike Srpske"
2. Šaranović A, Kecman D, Belić I, Ćupić B, Ivanović M, Sovrlić V, Stanisavljević I, 2007, "Metodologija izrade prognoze potrošnje električne energije i njene prostorne raspodele i primeri primene", "Zbornik radova, Elektrotehnički institut Nikola Tesla", "18", 85-107



3. Tehnički savjet elektrodistribucija Mješovitog Holdinga "Elektroprivreda Republike Srpske", 2009, "Distributivna mrežna pravila Republike Srpske", <http://www.elektrokrajina.com/distributivna-mrezna-pravila>
4. Regulatorna komisija za energetiku Republike Srpske, 2008, "Opšti uslovi za isporuku i snabdijevanje električnom energijom", "Službeni glasnik Republike Srpske", "85/08"