

# Planiranje distributivne mreže na području ogranka Jagodina

Miloš Anđelković, Ana Anđelković, Nenad Belčević, Miroslav Stanković, Nada Vrcelj

Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"

Elektrotehnički fakultet

Univerzitet u Beogradu

Beograd, Srbija

[milos.andjelkovic@ieent.org](mailto:milos.andjelkovic@ieent.org)

*Sadržaj* - Iz potrebe da se sagleda razvoj mreže 10-110 kV na području ogranka Jagodina u narednom periodu, proistekla je „Studija perspektivnog razvoja DEES na području ogranka Jagodina“ koju je Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“ završio krajem 2017. godine. Izradi studije prethodio je proces opsežne pripreme podataka koji mogu da posluže kao osnova i za brojne druge analize [1]. Prikupljeni su svi relevantni podaci o postojećoj elektroenergetskoj mreži i izvršeno modeliranje elektroenergetske mreže (10-110 kV) u programskom paketu „Tokovi Snaga“. Prognoza aktuelne kao i buduće potrošnje izvršeno je prema kriterijumima razvijenim u institutu. Izvršena je analiza mreže i predložene promene radi optimizacije aktuelnog stanja. Predložene su investicije neophodne za budući nesmetani rad mreže ogranka Jagodina unutar granica propisanih tehničkim preporukama.

*Ključne reči* – planiranje, distributivne mreže; modeliranje, ED Jagodina;

## I. UVOD

Cilj rada je da se, na primeru distributivne mreže ogranka Jagodine, prikaže metodologija za određivanje neophodnih kratkoročnih i dugoročnih investicija u elektro distributivnoj mreži. Tokom ovog opsežnog procesa, ujedno se rešavaju svi postojeći, kao i potencijalni budući tehnički problemi koji se mogu javiti u mreži. U odgovarajućim poglavljima prikazani su i konkretni rezultati, koji su posledica predloženih mera, a koji značajno poboljšavaju trenutno i buduće stanje u mreži.

Proces započinje prikupljanjem svih relevantnih podataka neophodnih za formiranje validnog modela mreže. Pomoću ovako generisanog elektroenergetskog modela celokupnog ogranka Jagodina u programskom paketu „Tokovi Snaga“ dobijeni su tokovi kroz mrežu kao i naponske prilike, u postojećem stanju. Pristupa se analizi postojećeg stanja mreže i rešavaju svi postojeći problemi (nedozvoljeni naponi i preopterećeni elementi mreže) a ujedno se vrši i optimizacija uklopnog stanja u mreži. Prognozira se potrošnja za naredni perspektivni period do 2035. godine. Za svaku razvojnu etapu mreže, prognozirana opterećenja se unose u model aktuelne mreže i na taj način uočuju i lociraju moguće buduće kritične deonice i tačke. Predlažu su investicije neophodne za budući nesmetani rad mreže.

Svi navedeni koraci, kao i konkretni rezultati i zaključci, su detaljnije objašnjeni u narednim poglavljima.

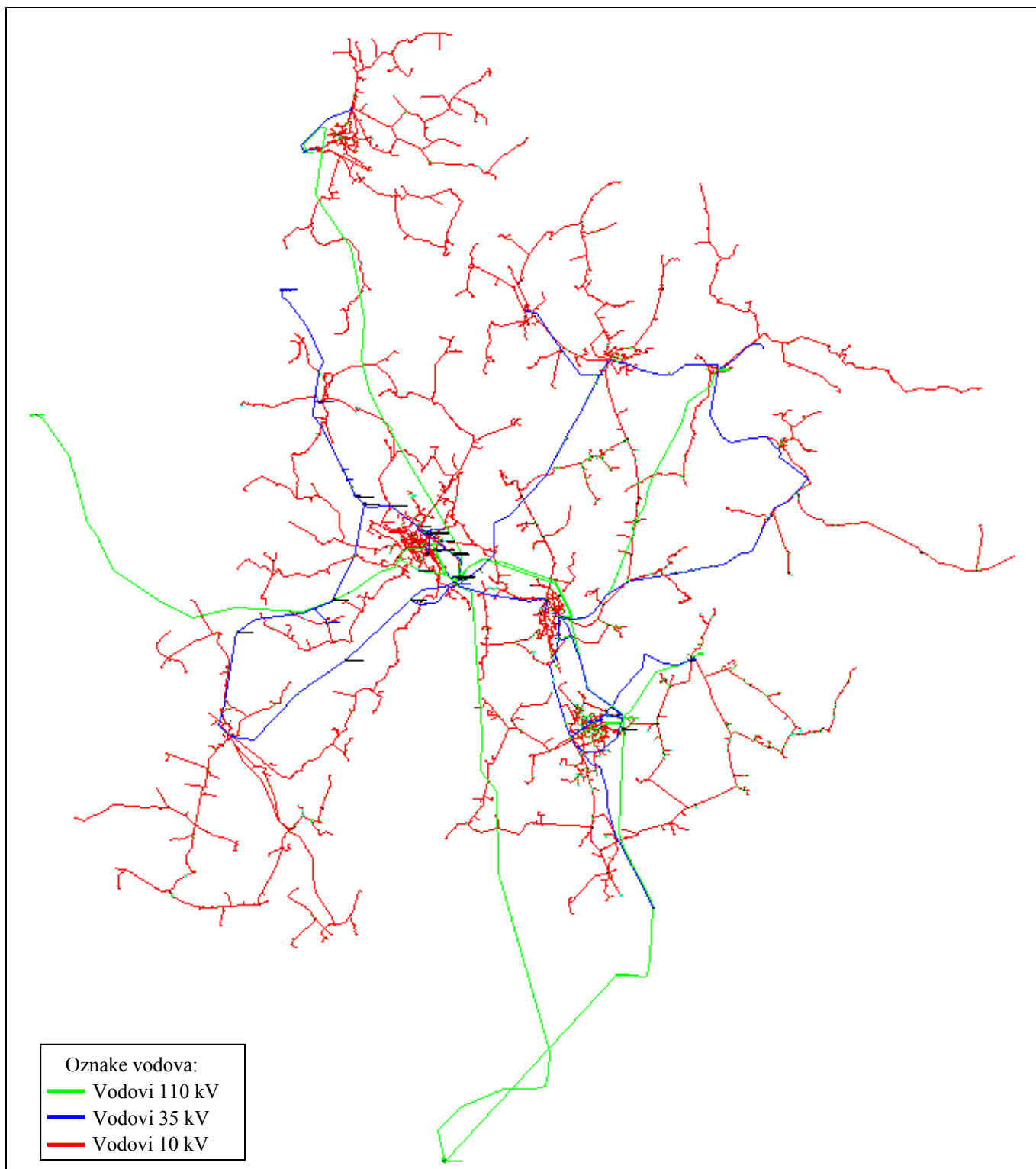
## II. OPIS I MODEL MREŽE

U sastavu ogranka Jagodina su tri pogona - Jagodina, Čuprija i Paraćin. Ogranak se napaja preko sedam TS 110/X kV i devetnaest TS 35/10 kV. Ukupni instalisani kapacitet u transformaciji 110/X kV iznosi 312 MVA a u transformaciji 35/10 kV, računajući i transformatore koji su u normalnom režimu rada isključeni, iznosi 221.1 MVA. Povezna 110 kV mreža je u potpunosti nadzemna a njena dužina iznosi oko 246 km. Ukupna dužina 35 kV nadzemne mreže iznosi oko 224 km, a kablovske oko 16 km. Ukupna dužina 10 kV nadzemne mreže iznosi oko 1027 km, a kablovske oko 322 km, putem koje se snaga plasira u pravcu približno 1480 TS 10/0.4 kV. Ukupan broj potrošača na području pogona Jagodina iznosi oko 112 000.

Podaci o gore spomenutim nadzemnim vodovima, kablovima, transformatorima, rasklopnoj opremi, kao i svi ostali relevantni podaci za modeliranje (10-110 kV) mreže su prikupljeni i mreža je modelirana u programskom paketu „Tokovi Snaga“. Na Sl. 1 dat je prikaz modela mreže na području ogranka Jagodina po naponskim nivoima sa tačnim trasama nazemnih i kablovskih vodova.

## III. MODELIRANJE AKTUELNE POTROŠNJE

Za potrebe analiza rada mreže 10-110 kV modelirana su opterećenja po TS X/0.4 kV i mernim mestima X kV, tako da se stekne uvid u tokove snaga i naponske prilike u mreži na nivou transformacije 110/X kV [1]. Na osnovu podataka o energiji koja je kroz TS X/0.4 kV isporučena potrošačima i izmerena na njihovim mestima merenja, izvršena je raspodela aktivne snage po TS X/0.4 kV srazmerno toku energije kroz njihove transformatore (period oktobar 2015.-septembar 2016. godine). Koeficijent srazmere energije isporučene potrošačima i modeliranog aktivnog opterećenja je prosečno vreme korišćenja energije isporučene kupcima (u daljem tekstu  $T_{PKE}$ ). Prilikom modeliranja opterećenja korišćeni su podaci o vršnim opterećenjima, kao i podaci o protocima aktivne i reaktivne energije po TS 110/X kV i mernim mestima X kV na kojima se preuzima električna energija [1]. Takođe, na raspolaganju su bili prikupljeni podaci o TS X/0.4 kV sa kojih se snabdevaju



Slika 1. Prikaz distributivne mreže ogranka Jagodina

pojedini potrošači u uobičajenom uklopnom stanju u mreži naponskog nivoa 35 kV i 10(20) kV, na osnovu kojih je utvrđeno sa koje TS 110/X kV napajaju pojedini potrošači,

čime je uspostavljena veza evidentirane energije prodane krajnjim potrošačima i TS 110/X kV. Prilikom analize dostavljenih podataka o vršnim snagama TS 110/X kV, pri

čemu se imao uvid i u „SRAAMD“ bazu koja sadrži podatke o 15-minutnim opterećenjima, konstatovano je da su u slučaju nekih TS 110/X kV zabeležena maksimalna opterećenja posledica havarijskih situacija ili promena uklopnog stanja, odnosno međusobnog preuzimanja između pojedinih TS i ova merenja nisu uzeta u obzir u analizama. Prosečno vreme korišćenja energije isporučene kupcima ( $T_{PKE}$ ) na nivou TS 110/X kV dobijeno je iterativnim postupkom, pri čemu je u svakoj iteraciji izvršena analiza tokova snaga u mreži koja se napaja iz TS 110/X kV. Pomoću jedničane (1) podešava se vrednost  $T_{PKE}$  u posmatranoj iteraciji. U svakoj iteraciji vrednost  $T_{PKE}$  korišćena je za proračun aktivnih opterećenja sa kojima pojedine TS X/0.4 kV ulaze u proračun tokova snaga i to tako što je ukupna proračunska energija svih potrošača koji se napajaju iz pojedine TS X/0.4 kV podeljena sa vrednošću  $T_{PKE}$ . Za potrošače kod kojih ne postoji merenje snage, proračunska energija je jednaka preuzetoj energiji (na nivou godine). Takođe se kroz nekoliko iteracija, pomoću jednačine (2), dolazi i do vrednosti faktora snage koji će se koristiti za proračun reaktivnog opterećenja kod potrošača koji imaju samo merenje utrošene aktivne energije. Cilj iterativnog postupka je bio da se dobiju takvi tokovi aktivnog i reaktivnog opterećenja kroz TS 110/X kV (u modelu mreže u programu „Tokovi Snaga“) koji će što približnije odgovarati odabranim vrednostima (iz „SRAAMD“ baze) u posmatranoj godini, kada su u pitanju maksimalne godišnje vrednosti aktivnih i reaktivnih opterećenja.

$$P_{mod} = W_{potr} / T_{PKE} \quad (1)$$

$$Q_{mod} = P_{mod} \cdot \tan \varphi_{mod} \quad (2)$$

Gde su:

$T_{PKE}$  - prosečno vreme korišćenja energije isporučene kupcima,

$W_{potr}$  - ukupna energija koja se kupcima isporučila kroz neku TS 110/X kV (izvod 35 kV, TS 35/10 kV, izvod 10 kV, TS 10/X kV...) i izmeri na njihovim mestima preuzimanja,

$P_{mod}$  - ukupno modelirano aktivno opterećenje na mestima modeliranja opterećenja,

$Q_{mod}$  - ukupno modelirano reaktivno opterećenje na mestima modeliranja opterećenja,

$\cos \varphi_{mod}$  - faktor snage na mestima modelovanja opterećenja.

Ukupno tako proračunato opterećenje za ogranak Jagodina na nivou transformacije 110/X kV iznosi 160.9 MW i 46.1 Mvar i raspoređeno je po mernim mestima 10 kV (opterećenja modelirana po mernim mestima 10, 20 i 35 kV odnose se uglavnom na velepotrošače koji preuzimaju energiju na tom naponskom nivou) i TS X/0.4 kV. Pored opterećenja u navedenom iznosu, modelirano je i vršno opterećenje TS 110/35 kV Čičevac, zatim opterećenja u EVP Jagodina i Novi Popovac na sabirnicama 110 kV u TS 110/X kV prema vršnim opterećenjima iz „SRAAMD“ baze podataka.

Što se tiče uklopnog stanja modelirano je stanje koje se ima u normalnom radnom režimu, a prema podacima dobijenim iz dispečerskog centra ogranka Jagodina.

U TS 110/35 kV se nalaze transformatori 110/35 kV sa automatskom regulacijom napona na sekundaru pod opterećenjem. Naime, posmatrano je stanje sa naponima u mreži oko 35 kV osim ako drugačiji podaci nisu dobijeni od strane distribucije, kao na primer u TS 110/35 kV Jagodina 1 gde se napon na sekundaru održava na oko 36 kV zbog dugačke distributivne mreže koja prouzrokuje loše naponske prilike. U mreži ogranka Jagodina postoje i transformatori 110/10 kV. Ovi transformatori su takođe opremljeni automatskom regulacijom napona na sekundaru pod opterećenjem, a napon im se održava u granicama između 10.2 i 10.5 kV. Transformatori 35/10 kV u TS 35/10 kV u aktuelnom režimu podešeni su na nominalni prenosni odnos, osim ako drugačiji podaci nisu dobijeni od distribucije, kao u TS 35/10 kV Rekovac gde su zbog niskih napona, preklopke pomerene na minimalni položaj (-5%). Pored same mreže 35 kV ograničenje u podizanju napona javlja se i zbog mreže 10 kV koja je snabdevena preko transformatora 35/10 kV koji imaju regulaciju u beznaponskom stanju s promenama prenosnog odnosa transformatora u granicama od -5% do +5% (s korakom regulacije 2.5% ili 5%).

#### IV. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Aktivne i reaktivne snage, dobijene metodom objašnjenom u prethodnom poglavlju, ugrađene su u model mreže. Analizom rezultata i rada mreže na području ogranka Jagodina za maksimalno godišnje opterećenje uočeni su problemi sa stanovišta opterećenja pojedinih elemenata mreže, naponskih prilika na krajevima sredjenaponskih izvoda i sigurnosti u napojnoj mreži 10-110 kV. Uočene su visokoopterećene transformatorske jedinice 110/X kV i 35/X kV kao i visokoopterećeni 35 kV vodovi. Što se tiče mreže naponskog nivoa 10 kV, od ukupno 155 sredjenaponska izvoda, na 13 se generiše 50% ukupnih gubitaka aktivne snage sredjenaponskih izvoda ogranka Jagodina.

Programski paket „Tokovi Snaga“ u sebi ima ugrađenu funkciju za optimizaciju mreže po određenim kriterijumima. Programu je moguće zadati kriterijumsku funkciju, u konkretnom primeru minimizacija gubitaka aktivne snage u mreži, kao i ograničenja (naponske granice čvorova, strujne granice vodova, mogući položaji regulatora u transformatorima i sl.). Program kao izlazni rezultat daje optimalno stanje mreže (novo uklopno stanje i nove položaje regulatora u TS 35/10 kV) u kojoj su gubici aktivne snage svedeni na najniži nivo, uz poštovanje svih zadatih tehničkih ograničenja. Treba napomenuti da za rešavanje ovog problema program koristi metod linearnog programiranja.

Optimizacijom uklopnog stanja u mreži 35 kV i 10 kV može se u značajnoj meri unaprediti rad mreže na području ogranka Jagodina: redukuju se gubici za oko 530 kW, poboljšavaju naponske prilike na nizu izvoda i rasterećuju visoko opterećeni elementi mreže. Promenom prenosnog odnosa transformatora 35/10 kV u pojedinim TS 35/10 kV popravljaju se naponske prilike na izvodima 10 kV iz ovih TS i smanjuju se gubici u mreži za oko 38 kW. Ispadi napojnih

110 kV vodova koji napajaju pogon Čuprija (TD 1141/2 i TD 1142) kao i jedinice 110/35/10 u TS 110/35/10 kV Stenjevec uzrokuju redukciju potrošnje. Ispadi nekoliko napojnih DV 35 kV i jedinica 35/10 kV instaliranih u TS 35/10 kV uzrokuju redukcije u manjoj ili većoj meri. Gradska kablovska mreža 10 kV uglavnom zadovoljava princip sigurnosti „n-1“. Postoje, naravno, i niz pojedinačnih TS 10/0.4 kV u gradskim sredinama koje još uvek imaju samo radijalno napajanje.

## V. PROGNOZA BUDUĆE POTROŠNJE

Naredni pasus opisuje metodologiju prognoze potrošnje električne energije i preuzet je iz studije [1].

Prognoza potrošnje električne energije je sprovedena po pojedinim kategorijama potrošača da bi se formirala njena dobra prostorna raspodela. Izdvojene su sledeće kategorije: „domaćinstva“, „ostala potrošnja“, „javno osvetljenje“ i „direktno prognozirani potrošači“. Najveći broj potrošača (95.7%) je direktno lociran na raspoloživim georeferenciranim mapama, što je omogućilo da se precizno odrede napojne TS X/0.4 kV, kao i pripadnost popisnim naseljima. Tako je formirana baza podataka sa informacijom o pripadnosti popisnom naselju na osnovu lokacije svakog potrošača (x i y koordinate u Gaus-Kriggerovom koordinatnom sistemu) i granica popisnih naselja definisanih po poslednjem popisu iz 2011. godine (uzete su u obzir i zvanične izmene o popisnim naseljima u periodu 2011-2016. godina). Na ovaj način je uspostavljena sprega podataka o utrošenoj električnoj energiji i demografskih podataka za sve potrošače u kategoriji „domaćinstva“. Naime, potrošnja električne energije u kategoriji „domaćinstva“ prognozirana je po popisnim naseljima, pri čemu se pod popisnim naseljem podrazumeva celina definisana popisom izvršenim 2011. godine. Dakle, budući razvoj potrošnje domaćinstava je uprosečen prema naselju kojem domaćinstva pripadaju. Prvi korak u prognozi potrošnje ove kategorije je prognoza broja stanovnika po popisnim naseljima. U prognozi broja stanovnika i broja domaćinstava korišćeni su popisni podaci iz perioda 1948-2011. godine. Krajnji rezultat ovog koraka prognoze je kretanje broja domaćinstava po naseljima po svim presečnim godinama perspektivnog perioda. Na bazi dobijenih rezultata utvrđuje se kako će se kretati ukupna potrošnja u svakom od naselja, odnosno, prosečni procenti promene ovih potrošnji po definisanim etapama razvoja, odnosno presečnim godinama perspektivnog perioda. Izračunati procenti se primenjuju na potrošnju na konzumu svake od TS X/0.4 kV, prema naselju kojem ta potrošnja pripada. Konkretni matematički izrazi i formule pomoću kojih se dolazi do ovih prognoza neće biti prikazani u ovom radu zbog svoje robusnosti kao i poslovne tajne.

Prognozirani porast potrošnje električne energije u kategoriji „domaćinstva“ na području ogranka Jagodina u narednih devetnaest godina iznosi prosečno godišnje 0.44% (Tabela I). Potrošnja u ovoj kategoriji u prethodnih petnaest godina na nivou ogranka Jagodina beleži pad od oko 0.51% prosečno godišnje. Kroz dobijene vrednosti procenta porasta energije domaćinstava pravi se rezerva u prognozi, odnosno, mogućnost da planirana mreža bude dovoljno robusna da prihvati opterećenje i nešto veće od onog koje se realno očekuje [1].

TABELA I. PROGNOZIRANI PORAST POTROŠNJE PO KATEGORIJAMA

Kategorija potrošnje	Procentualni porast potrošnje
Domaćinstva	0.44%
Ostala potrošnja	2.00%
Javno osvetljenje	0.40%
Direktno prognozirani potrošači	2.65%

Na osnovu dostavljene baze podataka o virmanskim potrošačima u kojoj su sadržani podaci o potrošačima iz sledećih grupa potrošnje: „srednji napon 35 kV“, „srednji napon 20 kV“, „srednji napon 10 kV“, potrošači na 0.4 kV iz kategorije „niski napon“ (imaju merenje snage, aktivne i reaktivne energije), „široka i zajednička potrošnja“ (imaju samo merenje aktivne energije) i „javno osvetljenje“, formirane su tri kategorije virmanske potrošnje za prognozu električne energije: „direktno prognozirani potrošači“, „ostala potrošnja“ i „javno osvetljenje“. Kategoriju potrošnje „javno osvetljenje“ čine potrošači iz grupe potrošnje „javno osvetljenje“, a što se tiče preostalih virmanskiih potrošača, oni su podeljeni u dve kategorije: „ostala potrošnja“ i „direktno prognozirani potrošači“. Podela je inicijalno izvršena na bazi godišnje vršne snage („direktno prognozirani potrošači“ su iznad 150 kW) ili utrošene električne energije na godišnjem nivou („direktno prognozirani potrošači“ imaju potrošnju veću od 300 000 kWh) [1]. Za svaku kategoriju potrošnje virmanskiih potrošača usvojene su metodologije na osnovu kojih su formirane prognoze potrošnje električne energije a koje će biti detaljno objašnjene u nastavku teksta.

U prognozi su kategorijom potrošnje „ostala potrošnja“ obuhvaćene sledeće grupe potrošača: razni lokali, firme, prodavnice, zanatski i trgovinski centri. Za ovu kategoriju potrošača usvojen je fiksni procenat promene električne energije na godišnjem nivou od 2% [1]. Kao i za ostale kategorije, i za ostalu potrošnju, prognozirani koeficijenti porasta potrošnje dati su tabelarno u Tabeli I radi laske preglednosti.

Prilikom razmatranja kretanja potrošnje u kategoriji „javno osvetljenje“ uočeno je da je procenat porasta značajan, u periodu 2001-2015. godine. Ovako visok porast potrošnje rezultat je u najvećoj meri uvođenja javnog osvetljenja u širim gradskim, prigradskim i seoskim područjima. S obzirom da se raspolagalo informacijom o pripadnosti popisnom naselju svakog potrošača iz kategorije „javno osvetljenje“ došlo se do zaključka da su na teritoriji ogranka Jagodina „poduhvatom osvetljavanja“ obuhvaćena većina naselja. Stoga je prognoza potrošnje električne energije u kategoriji „javno osvetljenje“ sprovedena po naseljima. Potrošnja iz kategorije „javno osvetljenje“ je prognozirana sa fiksnim godišnjim procentom porasta, a usvojene su vrednosti godišnjeg porasta od 0.4% (Tabela I), kako za postojeće javno osvetljenje, tako i za javno osvetljenje koje će se pojaviti u posmatranom perspektivnom periodu. Procenti rasta potrošnje električne energije su usvojeni na osnovu detaljnih analiza podataka iz posebne baze podataka o potrošnji električne energije u periodu oktobar 2012.-septembar 2016. godine za grupu potrošnje „javno osvetljenje“.

Već je pomenuto da je u prognozi potrošnje električne energije formirana posebna kategorija potrošača tzv. „direktno prognozirani potrošači” koji su izdvojeni na bazi godišnje vršne snage (iznad 150 kW) ili utrošene električne energije na nivou godine (imaju potrošnju veću od 300 000 kWh godišnje) [1]. Metodologija je bila da se svi veći potrošači pojedinačno anketiraju a zatim prognozira njihova potrošnja. Svi izdvojeni potrošači su pojedinačno tretirani i prognozirani. Za grupu anketiranih potrošača je uzet u obzir nivo njihove potrošnje u prethodnom periodu, obavljani su direktni razgovori sa većinom od njih pojedinačno i na osnovu anketiranja izvršena je direktna prognoza potrošnje električne energije i snage po svim presečnim etapama perspektivnog perioda [1]. U okviru ove prognoze data je i prognoza za nove potrošače čija je pojava u narednom periodu izvesna, a na osnovu izdatih Rešenja za priključenje budućih objekata na elektrodistributivnu mrežu ogranka Jagodina sa kojima se raspolagalo u toku izrade Studije. Takođe, u prognozi potrošnje u kategoriji „direktno prognozirani potrošači” sagledane su potrebe za budućim industrijskim zonama u sva tri pogona ogranka Jagodine. Prognozirani porast potrošnje električne energije u kategoriji „direktno prognozirani potrošači” na području ogranka Jagodina iznosi u narednih devetnaest godina prosečno godišnje 2.65% (Tabela I).

## VI. PLANIRANJE MREŽE

Analiza potencijalnih pravaca razvoja mreže podrazumeva formiranje ciljnih mreža po etapama razvoja zaključno sa 2035. godinom, sa modeliranim opterećenjima. Analizira se potreba eventualnog ulaska u pogon novih objekata 110/X i 35/X kV, potreba za promenom instalisanih kapaciteta u postojećim objektima, pojavljivanje novih srednjenaponskih izvoda, a posebna pažnja se poklanja oblikovanju gradske kablovske mreže. U okviru formiranja ciljne mreže razmatrana je i eventualna potreba za formiranjem novih izvoda iz postojećih TS 110/X kV i TS 35/10 kV zbog potrebe da se otkloni problem loših naponskih prilika u pojedinim delovima vangradske mreže srednjeg napona, kao i potreba da se formiraju funkcionalni međupovezni vodovi i funkcionalne petlje 10 (20) kV koje su značajne s aspekta sigurnosti napajanja [2].

Prema programskom zadatku urađene studije podrazumeva se dugoročni plan ulaganja u osnovne elemente elektroenergetske mreže (vodove i TS) određenih naponskih nivoa (10-110 kV) sa najnižim aktuelizovanim kumulativnim troškovima u razmatranom periodu razvoja, pri čemu formirana rešenja mreže zadovoljavaju zahteve konzuma u pogledu maksimalne aktivne snage (i odgovarajuće reaktivne snage) i unapred definisana tehnička ograničenja [3] - [6].

Najveći deo predloženih investicija, za posmatrani perspektivni period razvoja, na području ogranka Jagodina odnosi se na održavanje postojeće mreže, tj. zamenu dotrajalih elemenata mreže. Zamena transformatora vrši se nakon 40 godina eksploatacije dok se zamena vodova predlaže nakon 50 godina eksploatacije. Ukupna vrednost predloženih investicija iznosi oko 45 000 000 €, od toga oko 65% čine investicije vezane za revitalizaciju postojeće mreže. Ostatak investicija čine nove jedinice 110/X kV i 35/10 kV kao i novi 35 i 10 kV pravci. Nove investicije omogućuju nesmetani rad mreže

unutar tehničkih ograničenja sa prognoziranim opterećenjima u mreži, i obezbeđuju princip sigurnosti „n-1” u 110 i 35 kV mreži kao i u gradskoj kablovskoj 10 kV mreži. Zbog zastarelosti postojeće mreže kao i neophodnosti najvećeg broja novih investicija, kako ne bi došlo do preopterećenja elemenata kao i nedozvoljeno niskih napona, oko 50% od ukupne vrednosti investicija predviđenih do kraja perspektivnog perioda razvoja, predlaže se za implementaciju u prvom petogodišnjem periodu razvoja. Na početku perspektivnog perioda razvoja (2016. godina) ukupno opterećenje iznosi oko 160.94 MW i 46.14 MVar, dok proračunati aktivni gubici u mreži iznose oko 7.99 MW (4.96 % od ukupne aktivne snage). Na kraju perspektivnog perioda razvoja mreže prognozirano ukupno opterećenje iznosi oko 202.04 MW i 50.60 Mvar, dok su aktivni gubici u mreži oko 6.61 MW (3.27 % od ukupne aktivne snage). Jasno je uočljiv značajan procentualni pad gubitaka u mreži.

U Tabeli II, radi bolje preglednosti, dati su sumarno, gore navedeni, podaci o ukupnim snagama potrošnje i gubicima, na početku i kraju perspektivnog perioda razvoja. Takođe je data ukupna vrednost svih predloženih investicija.

## VII. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan metod za analizu i prognozu distributivne mreže na modelu mreže ogranka Jagodina. Ovim analizama prethodi proces opsežne pripreme podataka koji se takođe mogu koristiti kao osnova za brojne druge analize. Prikupljeni su svi relevantni podaci o postojećoj elektroenergetskoj mreži a takođe i najveći broj potrošača je direktno lociran na raspoloživim georeferenciranim mapama. Prikupljeni podaci su iskorišćeni za formiranje modela mreže ogranka Jagodina u programskom paketu „Tokovi Snaga”. Ukratko su objašnjene metodologije za modeliranje vršnih snaga pomoću raspoloživih podataka, kao i metodologija za prognozu električne energije u budućem periodu razvoja mreže. Zaključeno je da se optimizacijom uklopnog stanja u aktuelnoj mreži mogu postići značajne uštede kao i poboljšati naponske prilike u mreži. Objasnjena je metodologija i pravila za planiranje distributivne mreže u perspektivnom periodu razvoja. Zaključeno je da se adekvatnim ulaganjem u mrežu mogu izbeći kako aktuelni tako i buduću tehnički problemi i značajno smanjiti gubici u distributivnoj mreži.

Cilj ove planerske studije predstavlja određivanje neophodnih i prioritetnih kratkoročnih i dugoročnih ulaganja u mrežu, dok prikupljeni podaci i dobijeni rezultati mogu biti osnova i za razne druge analize.

TABELA II. UKUPNE AKTIVNE I REAKTIVNE SNAGE POTROŠNJE KAO I GUBICI NA POČETKU I KRAJU PERSPEKTIVNOG PERIODA

God.	P (MW)	Q (MVar)	Aktivni Gubici (MW)	Aktivni Gubici (%)
2016	160.94	46.14	7.99	4.69
2035	202.04	50.60	6.61	3.27
<b>Ukupna vrednost investicija: 45 000 000 €</b>				

#### LITERATURA

- [1] "Razvoj distributivne mreže na teritoriji ogranaka ED Čačak, Jagodina i Arandelovac", Studija Elektrotehnički institut Nikola Tesla, 2017
- [2] "Dugoročni razvoj električne mreže naponskog nivoa 10-110 kV na području ogranka Kruševac u okviru ED „Elektrosrbija“ Kraljevo“, Studija Elektrotehnički institut Nikola Tesla, 2015
- [3] Pravila o radu distributivnog sistema, Elektrosrbija, verzija 1.0, decembar, 2009. godine
- [4] Tehničke preporuke Direkcije za distribuciju EPS-a
- [5] Pravila o radu prenosnog sistema EMS, verzija 1.0, april, 2008. godine
- [6] Metodologija o kriterijumima i načinu određivanja troškova priključka na sistem za prenos i distribuciju električne energije, Službeni glasnik RS, br. 60/06, 79/06, 114/06, 14/07, 9/09

#### ABSTRACT

From the need to perceive the development of the 10-110 kV network in the area of distribution network of Jagodina in the following period, came out the "Study of the perspective development of the distribution network in the area of

Jagodina", completed by the Electric Engineering Institute "Nikola Tesla", at the end of 2017. The completion of the study was preceded by a process of extensive data preparation that can be used as a basis for many other analyses. All relevant data on the existing power network have been collected and the network was modelled in the software package "Tokovi Snaga". Modelling of the current and future consumption was done according to the criteria developed in the institute. By network analysis changes were proposed to optimize the current state. The investments, necessary for the proper future operation of the distribution network, within the limits prescribed by the technical recommendations, were proposed.

#### **DISTRIBUTION NETWORK PLANNING IN THE AREA OF JAGODINA,**

Miloš Anđelković, Ana Anđelković, Nenad Belčević,  
Miroslav Stanković, Nada Vrcelj