

Tin Bobetko, dipl.ing.el.
HEP – OPS d.o.o., PrP Zagreb
tin.bobetko@hep.hr

Matej Cvitanović, dipl.ing.el.
HEP – ODS d.o.o., Elektra Zagreb
matej.cvitanovic@hep.hr

Joško Grašo, dipl.ing.el.
HEP – ODS d.o.o., Elektra Zagreb
josko.graso@hep.hr

Matija Zidar, dipl.ing.el.
Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
matija.zidar@fer.hr

PLANIRANJE POVEZNE DISTRIBUTIVNE MREŽE UPOTREBOM PROGRAMSKOG PAKETA CADDiN 4.1

SAŽETAK

U opskrbnom području istočnog dijela grada Zagreba predviđena je gradnja nove napojne transformatorske stanice TS 110/10(20) kV FERENŠČICA budući da je postojeća srednjonaponska mreža s pripadajućim napojnim čvorištima vrlo opterećena. Također je važno napomenuti da je u navedenom području planirana izgradnja mnogih novih poslovnih i stambenih objekata te je stoga u bliskoj budućnosti potrebno računati na značajno povećanje opterećenja. Izgradnja navedene transformatorske stanice također je dio dugoročnog plana prijelaza na 20 kV i ukidanja četveronaponskog sustava. Optimizacijski postupak izveden je pomoću programskog paketa CADDiN 4.1 razvijenog na Zavodu za visoki napon i energetiku na Fakultetu elektrotehnike i računarstva u Zagrebu. Programski paket CADDiN 4.1 koristeći genetski algoritam daje dugoročno rješenje topologije distributivne mreže odabranog opskrbnog područja kao i ukupne investicijske troškove.

Ključne riječi: optimiranje, planiranje, povezna struktura, programski paket CADDiN, genetski algoritam, prijelaz na 20 kV

PLANNING OF A LINK STRUCTURED DISTRIBUTION NETWORK USING THE CADDiN 4.1 SOFTWARE PACKAGE

SUMMARY

The construction of a new supply transformer station TS 110/10(20) kV is planned in the power supply area in the eastern part of town due to the overload of the existing medium voltage network with belonging power supply nodes. It is important to note that the construction of many commercial and residential buildings is planned in the stated power supply area. Because of this it is necessary to count on the increased demand for power in the near future. The construction of this power supply station is also part of a long-term plan for the transition to 20 kV and abolition of four voltage system. Optimization procedure is performed using CADDiN 4.1 software package developed at the Department of Power Systems at the Faculty of Electrical Engineering and Computing. CADDiN 4.1 software package is based on a genetic algorithm and provides a long-term solution for distribution network topology of selected supply areas and total investment costs.

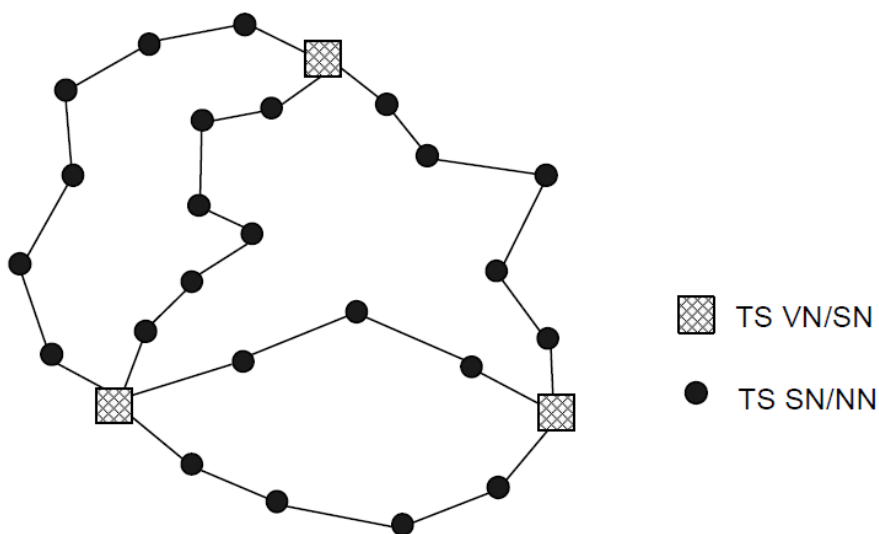
Key words: optimization, planning, link based structure, CADDiN software package, genetic algorithm, transition to 20 kV

1. UVOD

Osnovni zadatak svakog elektrodistribucijskog poduzeća je osigurati pouzdanu opskrbu potrošača kvalitetnom električnom energijom uz minimalne troškove. Navedeni zadatak je posebno teško ostvariti u urbanim sredinama gdje se potreba za električnom energijom povećava na dnevnoj razini, a sama srednjonaponska mreža u urbanim sredinama je najčešće iznimno kompleksne strukture. Upravo sama struktura mreže te njena dotrajalost doprinose značajnom smanjenju pouzdanosti sustava te povećanju troškova održavanja. Iz tih razloga ispravno planiranje srednjonaponske mreže predstavlja rješenje nekih od ključnih problema svake elektrodistribucije.

Optimalno strukturiranje razdjelnih mreža je postupak čiji je cilj da se, uz minimalna ulaganja u nove elemente, što je više moguće iskoriste postojeći. Stoga je potrebno na odgovarajući način pripremiti podatke o postojećim elementima razdjelne mreže, mogućim trasama polaganja novih vodova te o lokacijama novih transformatorskih stanica. Sama struktura mreže dokazana kao optimalna naziva se povezna te je prikazana na slici 1.

Povezna mreža je najpovoljnija struktura gradskih razdjelnih mreža, odnosno svih područja s dva ili više izvora. Veći broj izvora pogoduje tome da se gubitak transformacije u jednom izvoru nadoknađuje zalihošću susjednih izvora i to je ono što ovakvu strukturu čini čestom. Veza izlazi iz jedne TS VN/SN, obilazi nekoliko TS SN/NN i završava u drugoj TS VN/SN (slika 1.). Ovisno o broju transformatora, kod povezne mreže često nisu potrebne nikakve rezerve u snazi transformatora. Pogonska otvorenost se može postići otvaranjem veze na polovici veze ili na mjestu minimalnih gubitaka u mreži. U slučaju kvara na nekom vodu, nakon što je izdvojeno mjesto kvara, dio veze do mjesta kvara se napaja iz jednog izvora, a drugi dio iz drugog izvora. Najnepovoljniji kvar je slučaj kvara na vodu veze koji se nalazi odmah na izlazu iz TS VN/SN. Tada će se sve TS SN/NN napajati iz drugog izvora pri čemu će doći do najvećeg opterećenja prvog voda iz drugog izvora.



Slika 1. Povezna struktura mreže

Optimiranje distributivne srednjonaponske mreže na opskrbnom području Ferenščice izvedeno je pomoću programskog paketa CADDiN 4.1 razvijenog na Zavodu za visoki napon i energetiku na FER-u. Princip rada samog programskog paketa zasniva se na genetskom algoritmu detaljno opisanom u literaturi [1].

2. OPSKRBNO PODRUČJE FERENŠČICA

2.1. Opći podaci

Opskrbno područje Ferenščica prostire se na površini od oko 15 kvadratnih kilometara u istočnom dijelu grada Zagreba. Gledano iz energetskeg aspekta navedeno područje zanimljivo je zbog raznovrsne strukture potrošača budući da se u istom opskrbnom području nalaze i stambeni objekti i industrijski pogoni

dok je u novije vrijeme prisutna i izgradnja velikih poslovnih objekata i velikih trgovačkih centara. Iz ovih je razloga izuzetno bitno navedenom području osigurati pouzdanu opskrbu električnom energijom u svako doba. Distribucija električne energije na navedenom području trenutačno se obavlja preko sedam uklopnih transformatorskih stanica od kojih su njih pet 30/10 kV transformatorske stanice.

2.2. Izgradnja nove napojne točke 4TS31 FERENŠČICA

Izgradnja nove napojne točke u navedenom opskrbnom području je apsolutno nužna u bliskoj budućnosti iz više razloga. Argumente za izgradnju nove transformatorske stanice možemo podijeliti u tri grupe.

2.2.1. Preopterećenost postojeće 10 kV mreže i pripadajućih napojnih točaka

Opterećenja postojećih napojnih transformatorskih stanica opskrbnog područja Ferenšćice dana su u tablici 1. Navedeni podaci odnose se na datum 12.1.2009. kada je izmjereno najveće opterećenje grada Zagreba u 2009. godini. Iz danih podataka lako je vidljivo da je čak pet napojnih točaka opterećeno preko 50 % što značajno narušuje sigurnost i pouzdanost pogona te krši sigurnosni kriterij n-1.

Tablica I. Opterećenja napojnih točaka na datum 12.1.2009.

Napojna točka	Instalirana snaga [MVA]	Vršno opterećenje za datum 12.1.2009.*
3TS2 LEPUŠIĆEVA	2 x 16	18 (56%)
3TS6 DRŽIĆEVA	3 x 8	7 (29%)
3TS11 ŽITNJAK 1	2 x 16	23 (72%)
3TS12 ŽITNJAK 2	3 x 8	21 (88%)
4TS13 SAVICA	2 x 40	25 (31%)
3TS18 VOLOVČICA	2 x 16	14 (44%)
4TS25 TRPIMIROVA	2 x 40	54 (68%)

Važno je napomenuti i da su 30 kilovoltna postrojenja izrazito stara, te su pri kraju svog životnog vijeka što dodatno utječe na pouzdanost električne opskrbe navedenog područja. Izgradnjom nove napojne točke 4TS31 FERENŠČICA već u prvoj etapi bilo bi moguće eliminirati dvije 30 kV transformatorske stanice: 3TS2 Lepušićeva i 3TS6 Držićeva.

2.2.2. Tendencija izrazito brzog porasta opterećenja na navedenom području

Stope godišnjeg porasta opterećenja na određenom području se uobičajeno kreću između 2–5 %, ali u slučaju opskrbnog područja Ferenšćice navedene stope su neodržive. U navedenom području je u narednim godinama predviđena izgradnja novih transformatorskih stanica ukupne instalirane snage preko 85 000 kVA. Naime, upravo će šire područje Ferenšćice zajedno s područjem Žitnjaka u narednim godinama preuzeti ulogu "velikog gradilišta" te postati izrazito propulzivni dio grada Zagreba. Također je predviđena izgradnja brojnih novih stambenih i poslovnih objekata na mjestu nekadašnjih industrijskih kompleksa.

Značajan udio će imati i novi trgovački centri od kojih su instalirane snage najveća tri, redom 12 MVA, 10 MVA i 6 MVA. Važno je napomenuti da uklapanje navedenih velikih potrošača nije izvedeno pomoću programskog paketa CADDiN 4.1 budući da isti nije predviđen za navedenu namjenu. Rasplet i način uklapanja transformatorskih stanica ovako velikih instaliranih snaga izvodi se još uvijek ručno bez pomoći računala.

2.2.3. Projekt prelaska na 20 kV i uspostava tronaponskog sustava

Nadalje, izgradnjom nove napojne točke 110/10(20) kV 4TS31 FERENŠČICA bilo bi moguće već u prvoj etapi eliminirati dvije 30 kV transformatorske stanice: 3TS2 Lepušićeva i 3TS6 Držićeva. Za eliminaciju navedenih napojnih točaka realizacija 20 kV sredjonaponske mreže u navedenom području ne predstavlja nužan uvjet, odnosno napojne točke moguće je ukinuti čak i pri 10 kV postojećem naponu SN mreže. U daljnjim etapama predviđeno je potpuno ukidanje 30 kV naponske razine na području Ferenšćice što je u skladu s razvojnim planovima HEP ODS, ELEKTRE Zagreb koji predviđaju ukidanje sustava (110 – 30 – 10 – 0,4 kV) te prelazak na tronaponski sustav 110 – 20 – 0,4 kV [2].

2.3. Konceptija srednjonaponske mreže opskrbnog područja Ferenščica

Srednjonaponska mreža šireg područja Ferenščice u prvoj etapi izgradnje zamišljena je kao povezna mreža ostvarena između slijedećih napojnih točaka:

4TS31 FERENŠČICA	110/10(20) kV	2x40 MVA
4TS25 TRPIMIROVA	110/10(20) kV	2x40 MVA
4TS13 SAVICA	110/10(20) kV	2x40 MVA
3TS11 ŽITNJAK 1	30/10 kV	2x16 MVA
3TS12 ŽITNJAK 2	30/10 kV	3x8 MVA
3TS18 VOLOVČICA	30/10 kV	2x16 MVA

pri čemu su uvažene i postojeće 30 kV transformatorske stanice 3TS2 LEPUŠIĆEVA i 3TS 6 DRŽIĆEVA na način da se s posebnom pozornošću pazilo na broj veza između napojnih točaka te njihov geografski razmještaj kako bi se odmah u prvoj etapi razvoja srednjonaponske mreže Ferenščice moglo pristupiti procesu eliminacije navedenih 30 kV postrojenja. Dakle navedene 30/10 kV transformatorske stanice u proračunu raspleta opskrbnog područja Ferenščica nisu promatrane kao napojne točke.

Samo područje za koje se vrši proračun je podijeljeno na sjeverni i južni sektor kako bi omogućili konvergenciju algoritma budući da je kompletno područje Ferenščice predstavljalo presložen ulazni podatak zbog velike površine, kompleksne strukture i velikog broja 10(20)/0,4 kV transformatorskih stanica. Granica između dva sektora postavljena je duž Radničke ulice, dok je sama konceptija sektora opisana detaljno u poglavlju 3. zajedno sa samim rezultatima proračuna.

3. ANALIZA REZULTATA PRORAČUNA

3.1. Ulazni podaci za CADDiN 4.1

Ulazni podaci potrebni za proračun su uneseni u grafički model mreže izrađen u Autodesk Map 3D programskom paketu te predstavljaju realno stanje u srednjonaponskoj mreži opskrbnog područja Ferenščice 2009. godine. Osim postojećih trafostanica i kablskih vodova u model su unesene i planirane TS te pripadajući novi kablski vodovi položeni prema pripadajućem elektroenergetskom rješenju za navedenu transformatorsku stanicu. Podaci koji su uneseni za sve navedene elemente navedeni su u tablici II.

Tablica II. Ulazni parametri za CADDiN 4.1 programski paket

Transformatorska stanica	Broj TS
	Konstruktivski napon [kV]
	Instalirana snaga [kVA]
	Faktor opterećenja
	Radna snaga [kVA]
	Koordinate [x,y]
<hr/>	
Kablski vod	Broj KV
	Konstruktivski napon [kV]
	TS 1
	TS 2

Za transformatorsku stanicu prvi ulazni parametar je broj TS pomoću kojega se vrši indeksiranje svih TS u navedenom opskrbnom području. Nadalje osim vrijednosti instalirane snage unesene su i vrijednosti radne snage koja je definirana kao umnožak instalirane snage i faktora opterećenja. Vrijednost faktora opterećenja pojedine transformatorske stanice dobiven je iz mjerenja opterećenja TS ukoliko je ono izvršeno, odnosno uzeta je vrijednost 0.4 za TS gdje nema dostupnih rezultata mjerenja. Osim navedenih podataka uneseni su i podaci koordinata koji definiraju točan smještaj TS u stvarnom geografskom mjerilu te vrijednosti konstrukcijskog napona (20 ili 10 kV).

Za kablski vod unesene su vrijednosti broja KV (indeksiranje KV u navedenom modelu), konstrukcijskog napona (kV) te brojčane oznake polazne i određne transformatorske stanice, tj. brojevi TS koje određeni kablski vod povezuje.

Osim navedenih elemenata (*transformatorska stanica i kabelski vod*) u ulaznom modelu potrebno je definirati i elemente trasa i koridor. Koridor je definiran kao moguća veza između dvije TS ili postojećih kabelskih vodova pri čemu je kroz takvu vezu potrebno položiti novi kabelski vod čija cijena je data u ulaznim parametrima (tablica III.). Trasa je definirana kao moguća veza između dvije TS ili postojećih kabelskih vodova za koju je cijena polaganja drukčija od one za koridor. Naime za trasu je ta cijena manja budući da kao trasu najčešće definiramo onu vezu u kojoj već imamo neki postojeći kabelski vod. Iz tog je razloga jeftinije polagati kabel kroz takvu vezu. U našem modelu kao trase su definirani svi kabelski vodovi nazivnog napona 10 kV budući da moraju biti mijenjani prema programu prelaska na 20 kV. Kao koridori su isctane nove veze pri čemu se obratila pozornost na stvarni razmještaj ulica i objekata.

Nakon ovako modeliranog grafičkog modela izvršava se parametrisiranje određenih troškovnih i energetske parametara navedenih u tablici III. te izdvajanje u novu bazu podataka pomoću programskog paketa CADDiN 4.1 Map Module. Vrijednosti navedenih parametara su također definirane u tablici III. Tako dobivena baza predstavlja ulaznu datoteku za sam proračun optimiranja izvršen pomoću CADDiN 4.1 programa.

Tablica III. Parametri izdvajanja podataka

Energetski parametri	Presjek kabela [mm ²]	185 mm ²
	Dozvoljena strujna opterećenost [A]	290 A
	Materijal	Aluminij
Troškovni parametri	Faktor stalnih godišnjih troškova [%]	2 %
	Diskontni faktor [%]	4 %
	Razdoblje planiranja [godina]	20 godina
	Jedinična cijena izgradnje voda po metru [€/m]	100 €/m
	Koeficijent smanjenja troška za postojeće trase	0.5

3.2. Optimiranje povezne mreže opskrbnog područja Ferenščica

Nakon datoteka stvorenih spomenutim izdvajanjem unutar Autodesk Map 3D softvera ulazni podaci za sam CADDiN optimizacijski postupak su gotovi te je moguće pristupiti procesu optimiranja. U navedenom procesu potrebno je zadati određene parametre koji će definirati i usmjeriti sam optimizacijski postupak. Navedeni parametri i njihove vrijednosti definirani su u tablici IV.

Tablica IV. Parametri optimiranja

Energetski parametri	Maksimalno dozvoljeno opterećenje veze [kVA]	10000 kVA
	Faktor opterećenja TS x/0.4 kV [%]	100 %
	Faktor istodobnosti	0.5
	Dozvoljeni padovi napona u normalnom pogonu [%]	5 %
	Dozvoljeni padovi napona u izvanrednom pogonu [%]	10 %
	Maksimalan broj TS po vezi	20
Troškovni parametri	Cijena gubitka energije [€/kWh]	0.07 €/kWh
	Cijena gubitka snage [€/kW]	5 €/kW
	Godišnji porast opterećenja [%]	2 %
	Vrijeme uporabe max. opterećenja godišnje [h]	4000 h
Parametri genetskog algoritma	Broj generacija	2500000
	Veličina populacije	500
	Intenzitet selekcije	1.02
	Vjerojatnost mutacije	0.3
	Operator križanja	CX

Energetski parametri su postavljeni prema dostupnim informacijama iz stvarnih slučajeva i pogona samog sustava. Uz sve ovdje navedene parametre potrebno je navesti i broj veza između uklopnih transformatorskih stanica te broj raspoloživih vodnih polja u istima.

Sam optimizacijski postupak proveden je za **pogonski napon 20 kV** te **poveznu strukturu mreže**. Pri pogonskom naponu 20 kV definirano je maksimalno moguće opterećenje veze od 10 000 kVA.

Kako je nadstrujna zaštita srednjonaponske mreže postavljena na 360 A u uklopnim trafostanicama (napojnim točkama) maksimalne vrijednosti snage pri različitim pogonskim naponima iznose:

- pri pogonskom naponu **10 kV** : $P_{max} = 6228$ kVA
- pri pogonskom naponu **20 kV** : $P_{max} = 12\ 456$ kVA

Iz navedenog se lako zaključuje da su moguća preopterećenja pojedinih veza pri pogonskom naponu 10 kV. Upravo iz tog razloga važno je napomenuti da se s posebnom pozornošću pazilo da kroz istu "zonu" (geografsko područje koje sadržava određeni broj potrošačkih TS) prolazi više različito opterećenih kabela kako bi se jednostavnim prespajanjima u budućnosti mogao izbjeći scenarij preopterećenih veza. Drugi važan faktor koji je potrebno istaknuti je veliki broj planiranih transformatorskih stanica koje će biti izgrađene u bližoj ili daljoj budućnosti, a čije opterećenje je za ovaj optimizacijski postupak uzeto kao postojeće. Upravo iz tog razloga stvarno opterećenje veze nakon izgradnje 4TS31 110/10(20) kV FERENŠČICA biti će znatno manje nego ono koje je dobiveno proračunom.

Iz navedenih razloga, usprkos odabranom maksimalnom opterećenju veze od 10000 kVA, svaka od definiranih veza će u najgorem slučaju uz minimalne ručne preinake moći biti u pogonu i pod 10 kV.

Govoreći o samim parametrima optimiranja mreže važno je napomenuti da je zadan maksimalni faktor iskorištenja TS 10(20)/0,4 kV, odnosno dodijeljena mu je vrijednost 1 (100%) iz razloga što su se kao ulazni podaci koristile vrijednosti pravih mjerenja. Cijena polaganja novog kabela je definirana kao 100 €/m što znači da su i sve ostale troškovne analize definirane u eurima.

Optimizacijski postupak je dakle proveden za pogonski napon 20 kV, ali je važno napomenuti da je na ovaj način isplanirana mreža u mogućnosti biti u pogonu i pod 10 kV što znači da se odmah može krenuti u realizaciju konačnog stadija raspleta opskrbnog područja Ferenščica bez ikakvih međuetapa. Ovako provedenim optimizacijskim postupkom dobivena je konačna koncepcija SN mreže opskrbnog područja Ferenščica te se može reći da je planiranje mreže navedenog područja definirano do daljnjega.

3.3. Rješenje raspleta srednjonaponske mreže opskrbnog područja Ferenščica

Optimizacijski postupak je proveden u dva dijela prema već spomenutoj geografskoj podjeli područja na sjeverni i južni sektor. Navedena podjela je izvršena kako bi sam genetski algoritam na kojem se temelji CADDiN 4.1 konvergirao te pritom dao optimalno rješenje. Naime, ulazni podatak u obliku cijelog opskrbnog područja je jednostavno bio presložen zbog same strukture mreže te izrazilo velikog broja elemenata mreže (transformatorske stanice, kabelski vodovi, trase, koridori). Iz tog razloga je izvorni grafički model podijeljen na dva dijela pri čemu je granica postavljena duž Radničke ulice te su na kraju dva dobivena rješenja spojena u jedinstveno.

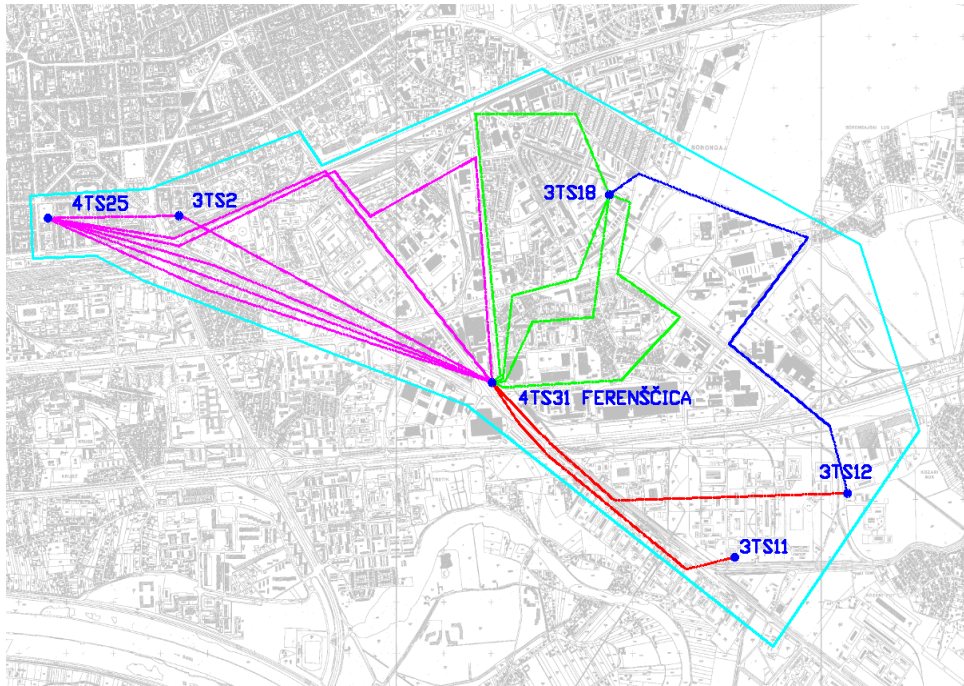
3.3.1. Sjeverni sektor

Sjeverni sektor opskrbnog područja Ferenščice obuhvaća napojne točke 4TS25 TRPIMIROVA, 3TS2 LEPUŠIČEVA, 3TS18 VOLOVČICA, 3TS11 ŽITNJAK 1, 3TS12 ŽITNJAK 2 te planiranu 4TS31 FERENŠČICA. Skica dobivenog rješenja dana je na slici 2. Važno je napomenuti da se uklapanja velikih potrošača na navedenom području rješavaju ručno te su stoga ovdje definirane veze koje obuhvaćaju isključivo konzumne i manje TS x/0,4 kV. Iz tog je razloga stvarni broj veza veći od ovdje prikazanog. Veći potrošači i njihove instalirane snage u sjevernom sektoru navedeni su u tablici V.

Tablica V. Veći potrošači i njihove instalirane snage (ne ulaze u CADDiN proračun)

DUKAT	5300 kW
LEDO	3000 kW
ZVIJEZDA	3306 kW
LDC KONZUM	2620 kW
AVENUE PARK	3184 kW
ZAGREB TOWER	9990 kW
ZAGREB MALL	4210 kW

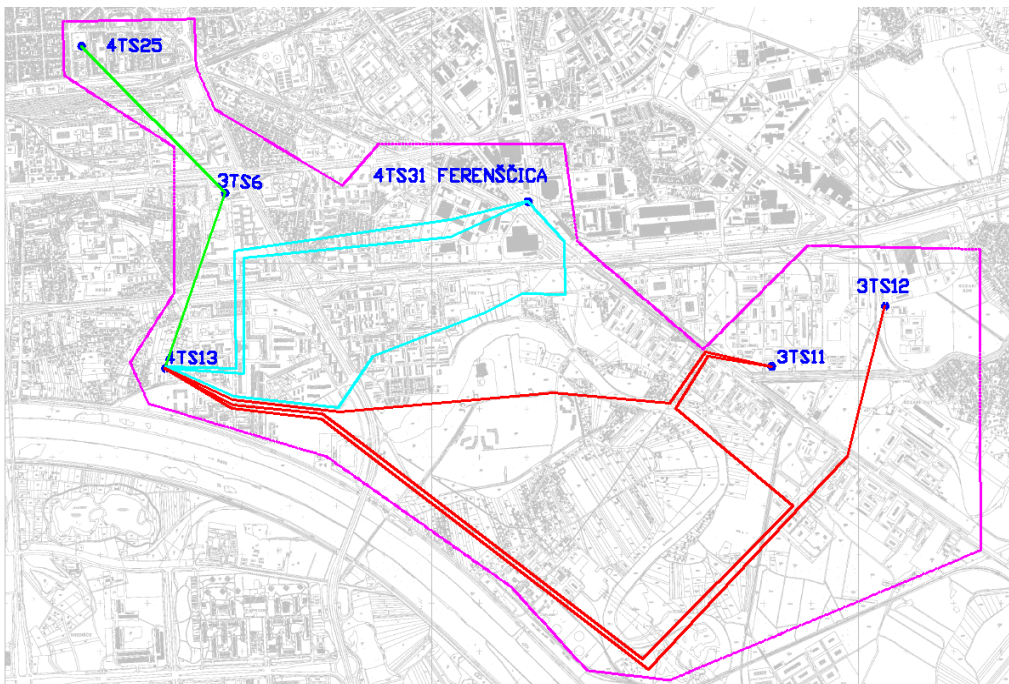
Navedeni veći potrošači nisu potpuno zanemareni budući da je u sklopu parametriranja uzeta u obzir snaga postojećih kao i broj vodnih polja koji zauzimaju svojim uklopnim stanjem u pripadajućim uklopnim transformatorskim stanicama.



Slika 2. Skica rješenja raspjeta sjevernog sektora opskrbnog područja Ferenščica

3.3.2. Južni sektor

Južni sektor opskrbnog područja Ferenščice obuhvaća napojne točke 4TS13 SAVICA, 3TS6 DRŽIČEVA, 4TS25 TRPIMIROVA, 3TS11 ŽITNJAK 1, 3TS12 ŽITNJAK 2 te planiranu 4TS31 FERENŠČICA. Skica dobivenog rješenja dana je na slici 3. Veze između 4TS31 FERENŠČICA i napojnih točaka 3TS11 i 3TS12 ŽITNJAKU kao i veze između 4TS31 FERENŠČICA i 4TS25 TRPIMIROVA definirane su u proračunu sjevernog sektora. U južnom sektoru u optimizacijski postupak su ušle sve TS budući da nema prisutnih većih potrošača u navedenom području.



Slika 3. Skica rješenja raspjeta južnog sektora opskrbnog područja Ferenščica

3.3.3. Konačno rješenje

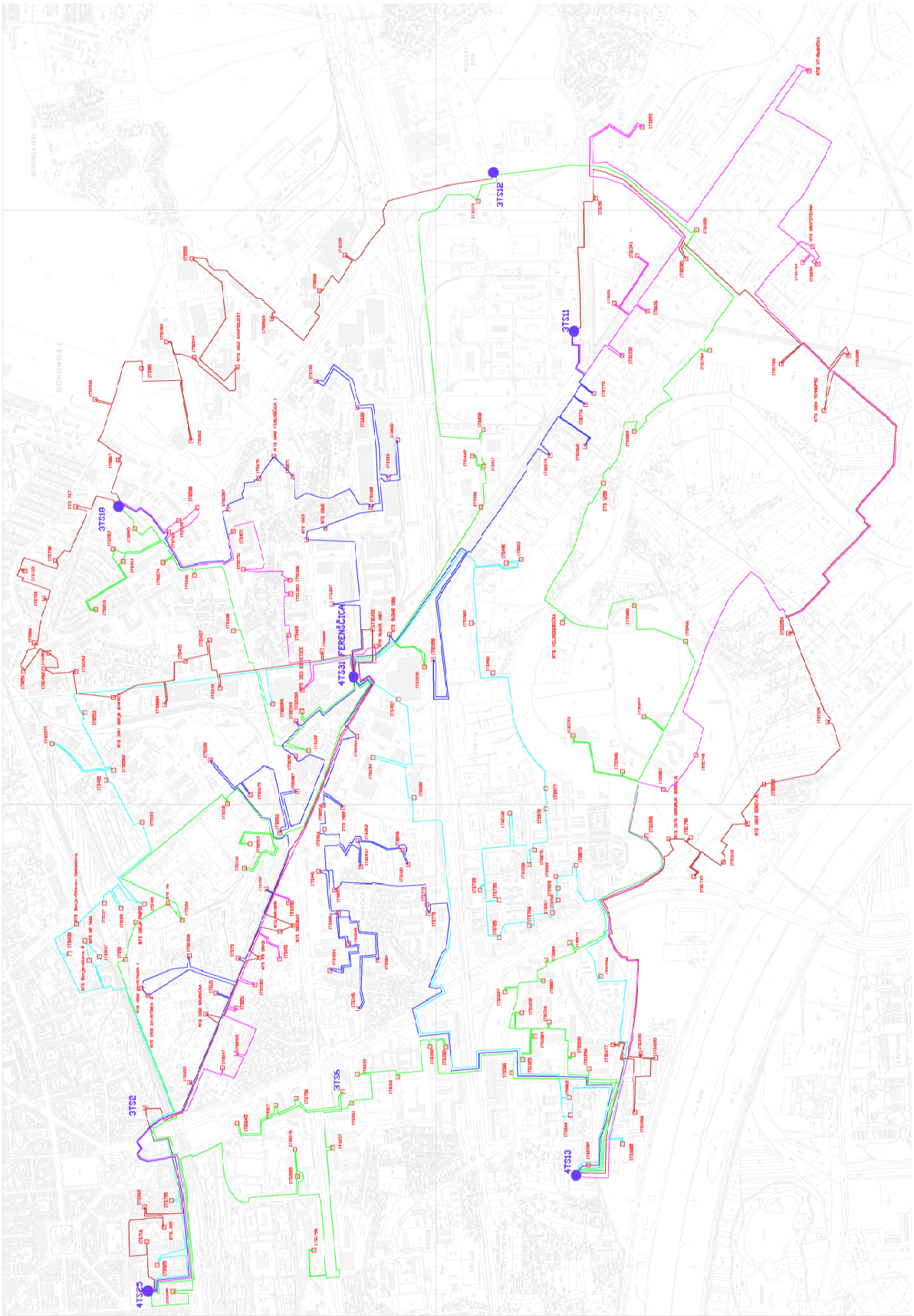
Nakon ovako dobivena dva rješenja slaže se jedinstveno rješenje opskrbnog područja prikazano na slici 4. Navedeno konačno rješenje točno definira položaj svih kablskih vodova kako postojećih tako i planiranih. Osim samog geografskog položaja za svaku vezu dobiveni su slijedeći rezultati:

- Cijena izgradnje staze (cijena polaganja novih i rekonstrukcije starih vodova)
- Broj stanica u povezu
- Sve transformatorske stanice koje ulaze u navedenu stazu
- Padovi napona
- Mjesto otvaranja (mjesto isklopa svake veze)
 - Najčešće na onom mjestu u stazi koje samu stazu dijeli na dva jednaka dijela gledajući opterećenja iz svakog smjera
 - Proizlazi iz nemogućnosti paralelnog pogona srednjonaponske mreže

Ovako dobiveno rješenje predstavlja topološki model srednjonaponske mreže opskrbnog područja Ferenščica te pomaže u rješavanju problema planiranja srednjonaponske mreže navedenog područja (slika 4.)

4. ZAKLJUČAK

Optimiziranje postojeće i planiranje buduće srednjonaponske mreže opskrbnog područja Ferenščica izvršeno je upotrebom programskog paketa CADDiN 4.1. Provedenom analizom se dobiva jedinstveno rješenje koje dugoročno rješava napajanje zadanog opskrbnog područja. Dobiveno rješenje predstavlja optimalan model srednjonaponske mreže u zadanom opskrbnom području. U prvoj etapi se srednjonaponska mreža opskrbnog područja može ostvariti napajanjem sa 10 kV naponom. Iz rješenja je vidljivo da nijedan kabel u dobivenoj strukturi mreže nije preopterećen te je uz minimalne materijalne troškove dobiven jednostavniji i pouzdaniji model srednjonaponske mreže. Konačno rješenje predstavlja model povezano strukturirane srednjonaponske mreže u kojem je pravilnom raspodjelom potrošača i sekcioniranjem svake kablске veze postignuta veća pouzdanost napajanja potrošača. Provedena analiza je u cijelosti sagledala postojeću srednjonaponsku mrežu tako da je opisani rezultat postignut uz minimalne promjene u postojećoj mreži.



Slika 4. Topološki prikaz rješenja

LITERATURA:

- [1] N. Lang Kosić, "Idejno rješenje SN mreže područja Trnja", Elektra Zagreb, 1990.g.
- [2] N. Lang Kosić, "Idejno rješenje SN mreže područja Žitnjaka", Elektra Zagreb, 1992.g.
- [3] D. Škrlec, "Idejno rješenje SN mreže područja središnjeg dijela grada Zagreba", Elektra Zagreb, 1990.g.
- [4] M. Skok i H. Keko, "CADDiN Map modul manual", FER – ZVNE, 2004.g.
- [5] S. Žutobradić, "O razvoju srednjonaponskih mreža u Hrvatskoj elektroprivredi", Energija, 1992.g.
- [6] Rihard Schenner, „Period planiranja distributivnih električnih mreža“, Energija, 1993. g.