



Goran Pakasin, dipl.ing.
Tomislav Sinjeri, dipl.ing.
Darko Horvat, dipl.ing.
HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o.
DP Elektra Koprivnica

5 – D7

Diskusija na temu: Uvođenje i primjena GIS-a u elektrodistribuciji

POTREBA ZA GEOGRAFSKIM INFORMACIJSKIM SUSTAVOM (GIS) U DISTRIBUCIJSKIM PODRUČJIMA I MODEL DISTRIBUCIJSKE MREŽE U GIS-u

SAŽETAK

Kroz rad će se prikazati prednost primjena GIS-a kroz konkretne poslove u distribucijskim područjima, koji se primjenom GIS-a brže i točnije izvode i prikaz modela distribucijske mreže kojim bi se ona prikazala u GIS-u.

Ključne riječi: GIS, model distribucijske mreže

1. UVOD

Distribucija električne energije do krajnjih kupaca se vrši mrežom koja je po broju elemenata i njihovoj prostornoj rasprostranjenosti jedan od složenijih tehničkih sustava. Podaci o elementima mreže, njihovim međusobnim odnosima, informacije o pogonskom stanju mreže, priključak kupaca na mrežu samo su dio velike količine informacija koje su potrebne distribucijskom poduzeću. Praćenje tih podataka je nezamislivo bez korištenja baza podataka u kojima se pohranjuje informacija o svakom elementu mreže ili kupcu. Cijeli postupak je još lakši ako se za to koristi prostorna baza podataka - geografski informacijski sustav (GIS).

2. PREDNOSTI PRIMJENOM GIS-a

Uvođenje GIS-a kao novog informacijskog sustava zahtijeva analizu poslovnih procesa kao preduvjet uspješne implementacije GIS-a i njegove primjene. Analizom se može ustanoviti potreba za automatizacijom određenih poslovnih procesa (BPA-Bussines Process Automation) ili unapređenjem određenih poslovnih procesa (BPI – Bussines Process Improvement). Ako se analizom utvrdi da se poslovni procesi mogu učinkovitije obavljati nužno je načiniti reinženjerstvo poslovnog procesa (BPR – Bussines Process Reengineering). Reinženjerstvo poslovnih procesa se obavlja intenzivnom primjenom informacijske tehnologije i reorganizacijom tokova informacija.

Bez jedinstvenog modela distribucijske mreže međusobno korištenje podataka često predstavlja veliki problem kod korištenja aplikacija.

Zbog specifičnosti poslova često se događa da svaki odjel kreira podatke prema svojim potrebama. Kroz sljedeću tablicu navedeni su neki od primjeri poslova koji se obavljaju u distribucijskim područjima i prednosti nakon uvođenja GIS-a.

Tablica I. Poslovi i prednosti nakon uvođenja GIS-a:

r.br	poslovi	prednosti nakon uvođenja GIS-a
1.	<u>Prostorni podaci o SN i NN mreži</u> koji su rezultat geodetskih elaborata snimanja, a izrađuju se u digitalnom obliku nisu objedinjeni na jednom mjestu i nisu organizirani za potrebe energetike već geodezije.	Primjenom GIS-a i propisanih procedura za unos prostornih i atributnih podataka na jedno mjesto i podaci bi bili prilagođeni za prostorne i energetske analize i proračune, koristili bi se kao podloga u projektiranju, planiranju i razvoju, geodetima bi služili kao katastar vodova kod izdavanja posebnih uvjeta i lociranja objekata na terenu.
2.	<u>Tehnički podaci o SN i NN mreži</u> bilježe se na više lokacija i radi redundantnosti podataka upitna je njihova točnost.	Objedinjavanjem tehničkih i prostornih podataka u jednu cjelinu bez redundancije, koji su dostupni svima kojima su potrebni, dobiva se pouzdan podatak koji koristi više službi, a održavanje se vrši u onoj koja je za to zadužena. Primjer za prednosti su manji broj izlazaka na teren tokom izrade dokumentacije, bolja informiranost osoba koje izlaze o stanju na terenu, dojam koji se ostavlja na kupca dok se poznaje vlastita mreža.
3.	<u>Geodetske karte</u> kao grafičke podloge trenutno postoje u analognom obliku, skeniraju se prema potrebi i nisu sustavno organizirane i georeferencirane.	Skeniranjem i georeferenciranjem postojećih podloga i kupnjom onih koje nedostaju ili su manjeg mjerila i pohranjivanjem na jedno mjesto (jedinstvena baza podataka) one postaju dostupne svima kojima su potrebne. Digitalizirane katastarske podloge iz DGU trebale bi se dogovorno dobiti i ažurirati.
4.	<u>Energetski proračuni</u> potrebni u projektiranju, održavanju ili planiranju novog priključka ili mreže - potrebno je izaći na teren da se snimi postojeća mreža (presjek i tip vodova, broj kupaca, povezanost), po povratku u ured napraviti proračun da se provjeri zadovoljava li postojeća mreža tražene uvijete.	Prilikom projektiranja ili zahtjeva kupca za priključak aplikacija za proračun koja uzima podatke iz jedinstvene baze podataka o energetske mreži, uz uvjet redovitog ažuriranja podataka, daje rezultate brzo, bolji uvid o stanju na terenu na obostrano zadovoljstvo zaposlenih i kupaca.
5.	<u>Praćenje i analiza događaja</u>	Povezivanjem više naponskih nivoa kroz GIS dolazi se do podataka o kupcima koji su spojeni na određeni izlaz iz TS 10(20)/0,4kV ili 35/10kV ili 110/35kV koji je bio u prekidu.
6.	<u>Snimanje postojeće mreže</u> koje se trenutno vrši u analognom obliku i neprecizno, kod promjena na ucrtanom dijelu križanjem i doctrtavanjem podloge postaju nepregledne.	Upotreba GPS uređaja s geografskom podlogom i snimanje postojećih energetske objekata na terenu, prebacivanje digitalnih prostornih podataka u GIS i atributno opisivanje istih, kod održavanja i promjena na terenu ažurirani podaci s promjenama vidljivi korisnicima.
7.	<u>Katastar vodova</u> koji trebaju voditi lokalne uprave. Podaci iz elaborata snimanja koji do njih dolaze pohranjuju se u digitalnom obliku u malom postotku.	Primjenom GIS-a u distribuciji i definiranim uvjetima za razmjenu podataka s ostalim komunalnim službama, potrebni podaci bili bi dostupni svima i imao bi se bolji uvid u stanje na terenu (postojeće instalacije) kod izvođenja radova.
8.	<u>Potrebe za statističkim izvještajima</u> o elementima mreže.	Mogućnost statističkih izvještaja cjelokupne opreme koja se nalazi u bazi podataka s prostornim prikazom.

Između navedenog cilj je povezivanje GIS-a sa SCADA sustavom kako bi se topologija uzimala iz GIS-a, a GIS iz SCADA sustava uklopno stanje SN mreže i proračun zaštitnih uređaja u SN mreži.

Da bi implementacija GIS-a bila moguća moraju postojati propisane obaveze, ovlasti i procedure za zaposlene koji vrše unos i održavanje podataka, kao i ovlasti za pregled podataka (određena grupa korisnika vidi samo određene podatke).

3. MODEL DISTRIBUCIJSKE MREŽE U GIS-u

Preslikavanje realnog svijeta sa svim objektima i njihovim odnosima direktno u bazu podataka manjkavost je svih informacijskih sustava pa tako i geografskog informacijskog sustava. Zbog toga su generalizacija i pojednostavljenje dva vrlo važna koraka u procesu modeliranja baze podataka. Tim postupcima definiraju se objekti realnog svijeta koji će se modelirati u bazi podataka, definiraju se njihovi međusobni odnosi te podaci koji te objekte opisuju.

Funkcionalno je distribucijska mreža podijeljena u sljedeće grupe objekata:

1. objekte mreže (obuhvaćaju niskonaponsku i srednjonaponsku / visokonaponsku mrežu)
2. objekte postrojenja
3. objekte infrastrukture

Svi objekti distribucijske mreže su opisani s četiri osnovna skupa atributa:

1. **organizacijski skup atributa** - sadrži obvezne atribute:
 - a) vlasnik objekta (HEP Distribucija, IPP,...) ,
 - b) korisnika objekta (kupac/proizvođač),
 - c) pripadnost Distribucijskom području,
 - d) pripadnost Pogonu distribucijskog područja,
 - e) identifikator osnovnog sredstva,
 - f) datum unosa/promjene podatka,
 - g) podaci o osobi koja je upisala/promijenila podatak,
 - h) podaci o osobi koja je provjerila upis/promjenu podatka,
2. **tehnički skup atributa** - sadrži kataloški opis objekta prema šifri elementa. Nužno sadrži sljedeće atributne podatke:
 - a) naziv proizvođača,
 - b) vrstu elementa,
 - c) katalošku oznaku proizvođača (veza prema katalogu),
3. **proračunski skup atributa** - sadrži atribute potrebne za električke proračune ovisno o elementu mreže,
4. **prostorno/topološki skup atributa** – pojedini objekti mogu imati jednu ili više geometrija ovisno o aplikacijskim potrebama:
 - a) točne geometrije (geodetski podaci u propisanoj državnoj geodetskoj projekciji),
 - b) generalizirane geometrije (prikazi u sitnim mjerilima – M 1:5000 i više),
 - c) shematizirane geometrije (za jednopolne sheme pogona ili pojedinih postrojenja),
 - d) topološke informacije (povezivanje pojedinih objekata u mrežu čvorišta i linkova prema zajedničkoj namjeni).

3.1. Objekti mreže

3.1.1. Niskonaponska mreža

Niskonaponska mreža sastoji se od vodova 0.4 kV koji izlaze iz transformatorske stanice i vodova koji se koriste za spajanje KPMO na niskonaponsku mrežu. Temeljni dio niskonaponske mreže je NN dionica. NN dionica po vrsti može biti kabelaška ili nadzemna. Dionica je opisana atributima koji definiraju njezina električna i mehanička svojstva. NN dionica opisana je još i brojem faza (trofazna i jednofazna). Jedna ili više povezanih NN dionica čine NN vod. Vod ima jednoznačno dodijeljenu oznaku (trenutačno je prepoznatljiv po nazivu polja - niskonaponski izvod - u dijelu niskonaponskog razvoda TS x/0.4 kV). NN dionica ima jedinstven identifikacijski broj dionice koji je po svom opisu nevezan uz jedinstveni broj voda, već su relacijski povezani. Slika 1 i 2 na kraju rada prikazuje primjer niskonaponske mreže.

3.1.2. Srednjonaponska/visokonaponska mreža

Srednjonaponsku mrežu čine vodovi pogonskog napona 6kV, 10 kV, 20 kV, 30 kV i 35 kV. Visokonaponsku mrežu čine vodovi pogonskog napona 110 kV, a modelom su obuhvaćeni i vodovi pogonskog napona 220 kV i 400 kV. Temeljni dio srednjonaponske i visokonaponske mreže je VN dionica. Jedna ili više dionica koje čine jednu logičku cjelinu u mreži nazivaju se VN vod. VN dionica po

vrsti može biti kabelaška ili nadzemna. Dionica voda opisana je atributima koji definiraju njezina električna i mehanička svojstva. VN vod ima jednoznačno dodijeljenu oznaku voda. VN dionica ima jedinstveni identifikacijski broj dionice koji je po svom opisu nevezan uz jedinstveni broj voda, već su relacijski povezani. Slika 3 na kraju rada prikazuje primjer srednjonaponske mreže.

3.1.3. Spojnica

Spojnica predstavlja opremu koja se koristi za galvansko spajanje dvije ili više dionica voda različitih ili istih električnih i mehaničkih svojstava na mjestu prekida u vodu. To obuhvaća povezivanje dionica kablenskog voda ili dionica kablenskog i nadzemnog voda. Prema vrsti spojnica se dijeli na:

1. kablensku spojnicu
2. kablenski završetak

Spojnica se modelira kao čvorište u mreži koje topološki povezuje dvije dionice voda i predstavlja uvjet njihovog topološkog povezivanja.

3.1.4. Spoj

Spoj je čvorište u distribucijskoj mreži gdje se galvanski povezuju dvije ili više dionice različitih ili istih električnih i mehaničkih svojstava. Nema posebnog konstrukcijskog opisa jer predstavlja standardnu spojnu opremu odgovarajućeg tipa mrežne opreme. Karakterističan primjer je priključni vod u nadzemnoj niskonaponskoj mreži ili odcjep u nadzemnoj srednjonaponskoj mreži kod kojeg se priključak na glavni vod niskonaponske mreže ostvaruje stezaljkama ili sličnom spojnomo opremom.

Spoj se modelira kao čvorište u mreži, ali nije uvjet topološkog povezivanja dvije dionice voda.

3.1.5. Lokator kvara

Lokator kvara se modelira kao čvorište u mreži koji promjenom svog stanja pokazuje beznaponsko stanje elektroenergetske mreže i ne predstavlja galvanski prekid bilo kojeg voda.

3.1.6. Postrojenje

Postrojenje se može podijeliti na:

1. električno postrojenje bez transformacije,
2. električno postrojenje s transformacijom i
3. proizvodno postrojenje.

Električna postrojenja bez transformacije u srednjonaponskoj mreži su:

1. Rastavljač/rastavna sklopka
2. Rasklopište
3. Kabelaška kućica

Električna postrojenja bez transformacije u niskonaponskoj mreži su:

1. KRO kablenski razvodni ormarić
2. PMO priključno-mjerni ormarić

Podjela prema vrsti kablenskog razvodnog ormarića je na:

- NO – standardni nadzemni kablenski razvodni ormarić
- OJR – ormarić javne rasvjete
- OS – ormarić semaforški
- TK – telekomunikacijski ormarić

Prema vrsti priključka priključno-mjerni ormarić se dijeli na:

- KPO – kablenski priključni ormarić
- KPMO – kućni priključno-mjerni ormarić (samostojeći; ugradni)
- KPTO – Kućni priključni tavanski ormarić (pancer)

Električno postrojenje s transformacijom u srednjonaponskoj/visokonaponskoj mreži:

1. visokonaponska transformatorska stanica
2. srednjonaponska transformatorska stanica

Proizvodno postrojenje je elektroenergetsko postrojenje u kojem se proizvodi električna energija. U distribucijskim mrežama proizvodno postrojenje priključuje se direktno ili preko električnog postrojenja na elektroenergetski sustav.

Prema tipu proizvodno postrojenje može biti:

- sinkroni generator
- asinkroni generator
- učinkni izmjenjivač (odnosno sva proizvodna postrojenja koja se preko učinknog izmjenjivača priključuju na distribucijsku mrežu)

3.2. Objekti električnog postrojenja

Električno postrojenje se modelira kao složeni objekt koji se može sastojati od sljedećih objekata:

1. sabirnice
 - a) primarne
 - b) sekundarne
 - c) pomoćne
2. polje
 - a) vodno polje
 - b) spojno polje
 - c) mjerno polje
 - d) kompenzacijsko polje
 - e) transformatorsko polje
3. sklopni/zaštitni uređaji
 - a) osigurač
 - b) rastavljač
 - c) rastavna sklopka
 - d) prekidač
4. transformator
 - a) energetski
 - b) naponski mjerni transformator
 - c) strujni mjerni transformator
5. mjerni uređaj
6. spojni vod

Dodatna oprema postrojenja opisuje se samo atributno.

3.2.1. Sabirnice

Električno postrojenje ima primarne i sekundarne sabirnice, a može imati i pomoćne sabirnice.

U električnom postrojenju bez transformacije primarne i sekundarne sabirnice su iste naponske razine spojene sklopnim/zaštitnim uređajima.

U električnom postrojenju s transformacijom primarne i sekundarne sabirnice su različitih naponskih razina. Spojene su sklopnim/zaštitnim uređajima koji se postavljaju između sabirnica i transformatora.

Primarne i/ili sekundarne sabirnice mogu biti dvostruke, a spaja/razdvaja ih sklopno/zaštitni uređaj.

3.2.2. Sklopni/zaštitni uređaj

Sklopni/zaštitni uređaj je dio polja u električnom postrojenju. Objekt ne zahtjeva posebne proračunske atribute – samo je potrebno imati informaciju o njegovom uklopnom stanju i mogućnosti daljinskog vođenja. Specifični uređaj je rastavljač za uzemljenje koji u vodnom polju srednjeg napona samo treba imati informaciju o uklopnom stanju i nema topologiju, dok u vodnom polju visokog napona predstavlja objekt s topologijom.

3.2.3. Transformator

U električnom postrojenju nalaze se tri vrste transformatora:

- energetski
- strujni mjerni transformator
- naponski mjerni transformator

Energetski transformator spaja primarne i sekundarne sabirnice različitih naponskih nivoa, te zajedno sa sklopno/zaštitnim uređajima pripada organizacijskom objektu transformatorsko polje. Dio opreme koja ima mjerno/zaštitnu funkciju samog transformatora posebno se ne modelira jer predstavlja podatke sadržane u tehničkom skupu atributa koji opisuju uređaj.

Kako se uređaji za mjerenje električnih veličina ne mogu direktno priključiti na sabirnice koriste se naponski i strujni mjerni transformatori. Naponski mjerni transformator se obično priključuje na sabirnice, dok se strujni mjerni transformatori nalaze u vodnim poljima. Za mjerne transformatore potrebno je poznavati podatke o naponu/struji primarnog i sekundarnog namota te snazi.

3.2.4. Polje, blok, sekcija

Organizacijski objekti u električnom postrojenju nazivaju se polje, blok i sekcija. Blok se sastoji od više polja, a sekcija se sastoji od više blokova.

Polje se po svojoj funkciji može biti :

- vodno polje,
- spojno polje
- mjerno polje
- kompenzacijsko polje
- transformatorsko polje.

Električno postrojenje može sadržavati jedno ili više od svake navedene vrste polja.

Vodno polje je organizacijski objekt koji sadrži jedan ili više sklopnih/zaštitnih uređaja s funkcijom zaštite ili razdvajanja strujnog kruga pod opterećenjem ili tijekom kvara, te sklopne uređaje za zaštitno uzemljenje. U niskonaponskom razvodu vodno polje se tradicionalno naziva niskonaponski izvod ili strujni krug.

Spojno polje je organizacijski objekt koji sadrži jedan ili više sklopnih uređaja s funkcijom spajanja/razdvajanja dvostrukih sabirnica najčešće u beznaponskom stanju - izvanredno pri nazivnom opterećenju.

Mjerno polje je organizacijski objekt koji se sastoji od mjernih uređaja, odnosno jednog ili više brojila ili registracijskih uređaja. Mjerni uređaji imaju geometriju točke i relacijski se mogu povezivati s mjernim poljem, odnosno električnim postrojenjem, a topološka povezanost se ostvaruje samo s pripadajućom geometrijom prostora kojem pripadaju.

Kompenzacijsko polje je organizacijski objekt koji sadrži sklopne/zaštitne uređaje i uređaje za kompenzaciju jalove energije.

Transformatorsko polje je organizacijski objekt koji sadrži energetski transformator i pripadajuće sklopne/zaštitne uređaje.

3.3. Objekti infrastrukture

Objekti distribucijske mreže koji nemaju utjecaja na električne veličine i proračune, a sastavni su dio osnovnih sredstava modelirani su u posebnoj grupi.

3.3.1. Nosivi elementi

Nosivi elementi su objekti koji se koriste za nošenje ili pridržavanje nadzemnih vodova. Modelirane su sve vrste nosivih elemenata koje se koriste u HEP Distribucija d.o.o. Prema tipu dijele se na:

- stup
 - drveni
 - drveni s betonskim nosačem
 - betonski
 - čelični

- zidna konzola
 - nosiva
 - zatezna
- Krovni nosač

Dodatna oprema stupa opisuje se samo atributno i čine ju:

- pogonsko uzemljenje
- zaštitno uzemljenje/prenaponska zaštita
- rasvjetno tijelo
- konzola
- izolator

3.3.2. Ostali elementi infrastrukture

Pod ostalim elementima infrastrukture smatraju se pomoćni objekti koji se koriste u elektroenergetskoj mreži, mreži javne rasvjete i telekomunikacijskoj mreži i koji nemaju direktnu funkciju u prijenosu električne energije i informacija/signala. To su:

1. cijev
2. kabelski zdenac

3.3.3. Koridor

Koridor nije infrastrukturni element u vlasništvu HEP - Operator distribucijskog sustava d.o.o. nego predstavlja postojeću ili moguću trasu polaganja kabela ili izgradnje dalekovoda. Koridor sadrži sljedeće podatke:

1. maksimalni broj kabela/vodova koji se u koridoru može položiti/izgraditi
2. postojeći broj kabela/vodova
3. prostorni položaj kabela u rovu (presjek rova)
4. prostorni položaj vodova na dalekovodu (presjek stupa i konzola)

Koridor se može koristiti za analizu (utjecaj paralelno položenih kabela na prijenosnu moć; utjecaj odvođenja topline u rovu; trasa dalekovoda kroz šumu; trasa dalekovoda kroz naseljeno mjesto) elektroenergetske mreže, za planiranje elektroenergetske mreže (moguće polaganje kabela u postojeći rov; moguća izgradnja dalekovoda; nova trasa kabela/dalekovoda; pomoć pri rješavanju vlasničkih odnosa – otkup zemljišta; interakcija s infrastrukturom komunalnih poduzeća; izrada urbanističkih planova).

3.3.4. Nekretnine

Nekretninama su obuhvaćene upravne i pomoćne zgrade te zemljište u vlasništvu HEP Distribucija d.o.o. Sve zgrade koje se koriste za pogonske potrebe distribucijske mreže (npr. kompaktna transformatorska stanica X/0.4 kV) ne smatraju se nekretninama nego dijelom pogonskih sredstava distribucije.

3.4. Opis uvjeta topoloških povezivanja objekata

U kompleksnom sustavu kao što je distribucijska mreža nužno je u modelu definirati uvjete topološkog povezivanja objekata. Potrebno je topološko povezivanje svih klasa objekata mreže i postrojenja.

Osnovni uvjeti povezivanja su pripadnost objekta mrežnom odnosno naponskom nivou.

Sve klase objekata postrojenja imaju uvjet topološkog povezivanja objektom "spojni vod". Objekt "spojni vod" se ujedno koristi za povezivanje dva geometrijska prostora – geometrijskog prostora mreže i geometrijskog prostora postrojenja.

NN dionica se može direktno povezati s objektima iz geometrije postrojenja ili uvjetovanim spajanjem preko spojnice.

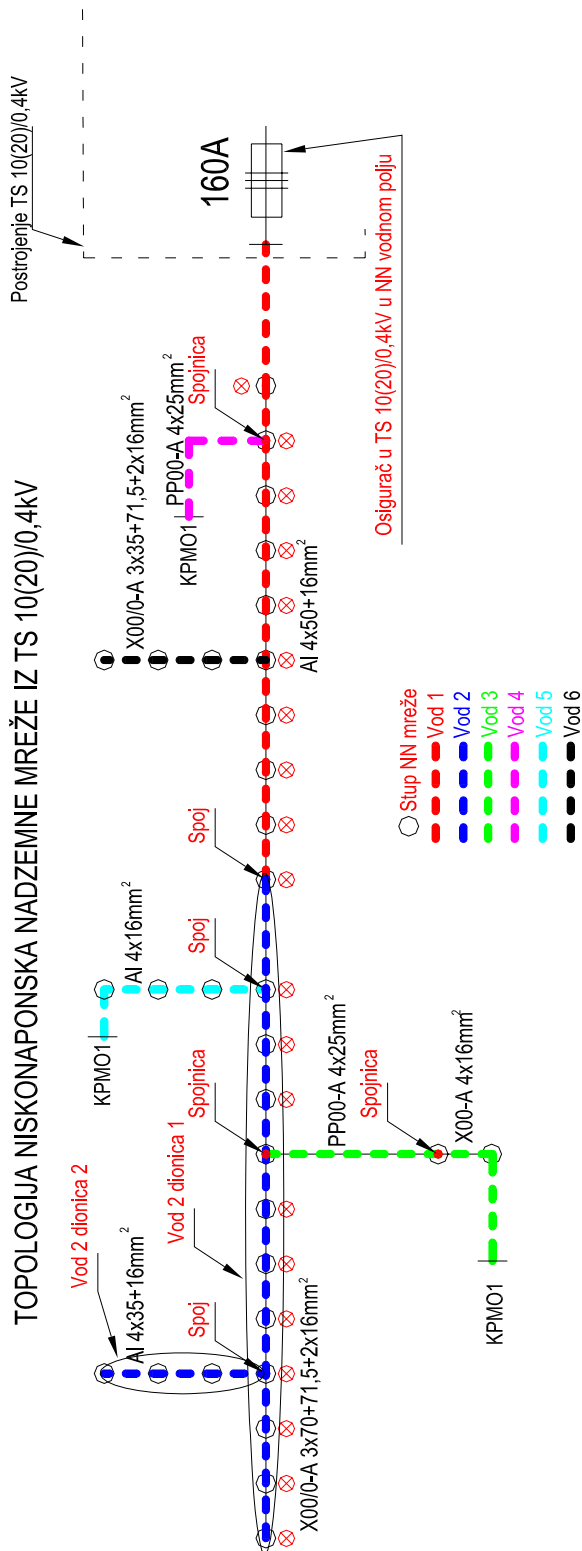
VN dionica se s objektima iz geometrije postrojenja topološki spaja uvjetovano preko spojnice.

Spoj omogućava topološko povezivanje više NN dionica ili više VN dionica.

Slika 4 prikazuje objekte distribucijske mreže i njihovu međusobnu povezanost.

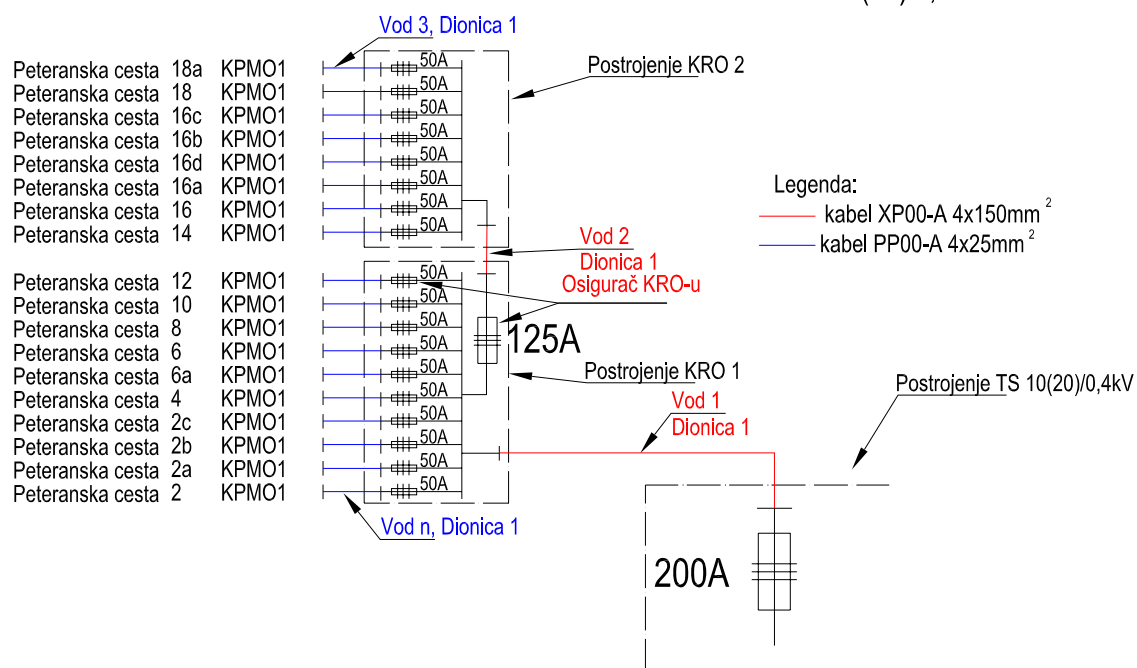
4. ZAKLJUČAK

Da bi se mogla primijenit topologija u GIS-u, koja se koristi da bi se zaključilo koji su objekti međusobno povezani (potrebna kod analiza i proračuna) i kasnije u SCADA sustavu, potrebno je modelirati energetska mrežu kako je kroz rad opisano. Preko postrojenja, uklopnih stanja opreme koja se u njemu nalazi (uzima iz SCADA sustava) i vodova koji ih povezuju dolazi se do zaključka o energetskej povezanosti kroz analizu u GIS-u.

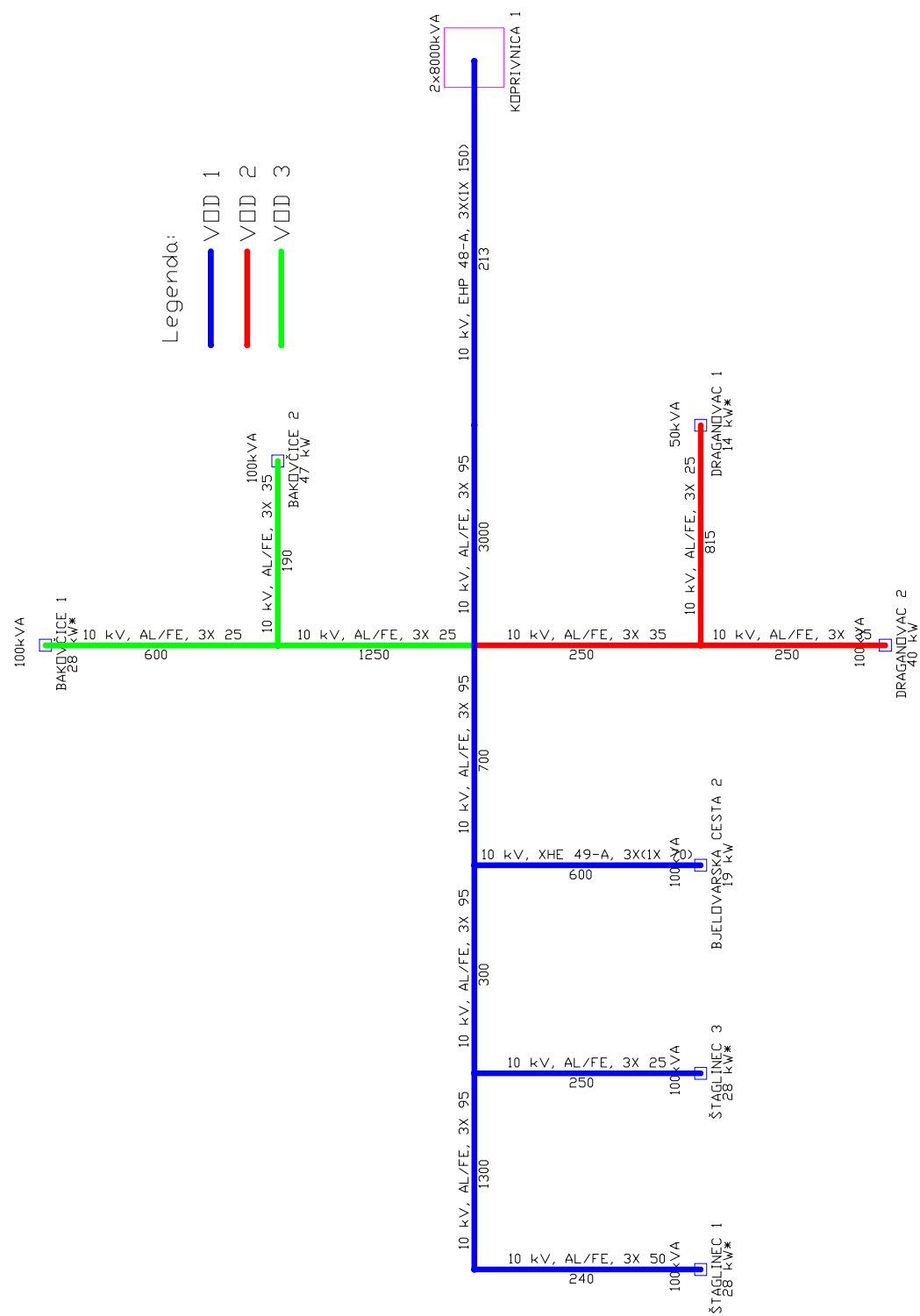


Slika 1. Primjer niskonaponske nadzemne mreže

TOPOLOGIJA NISKONAPONSKA KABELSKE MREŽE IZ TS 10(20)/0,4kV



Slika 2. Primjer niskonaponske podzemne mreže



Slika 3. Primjer srednjonaponske mreže

