



Mario Starčević, dipl.ing.
Mišo Glagolić
Multisoft d.o.o., Zagreb
prof.dr.sc. Davor Škrlec
Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zavod za visoki napon i energetiku, Zagreb
Neven Lang-Kosić
HEP – Distribucija d.o.o., DP Elektra Zagreb

C6 – 04

OPTIMIRANJE RAZDJELNIH MREŽA – PRIPREMA ULAZNIH PODATAKA ZA CADDIN KORIŠTENJEM APLIKACIJE DEGIS

SAŽETAK

Kvalitetno planiranje izgradnje razdjelnih mreža zahtjeva kvalitetne i točne ulazne podatke. Primjena modernih informacijskih sustava, koji poput geografskog informacijskog sustava imaju funkciju integratora podataka elektrodistribucijskog poduzeća uklanja dosadašnji nedostatak neodržavanih podataka o elementima razdjelne mreže. Programski paket CADDiN kojem je osnovna namjena srednjoročno i dugoročno planiranje urbanih razdjelnih mreža za analizu zahtjeva ulazne datoteke određenih formata i sadržaja. U referatu je opisana automatizirana priprema ulaznih podataka za CADDiN korištenjem aplikacije DeGIS. Na primjeru DP Elektro Zagreb daje se prikaz navedenog rješenja.

Ključne riječi: planiranje razdjelne mreže, GIS, CADDiN, DeGIS

OPTIMIZATION OF THE DISTRIBUTION NETWORKS - PREPARATION OF THE INPUT DATA FOR CADDIN WITH THE USE OF DEGIS APPLICATION

SUMMARY

High quality of the input data is requested to assure the quality of the planning procedure of the electrical distribution networks. The appliance of the advanced information systems like geographical information system with the role of the data integrator fend off inadequacy of the poor maintenance of network data. CADDiN is the application for medium and long-term optimal planning of the electrical distribution networks. Input datasets could be prepared in GIS in the predefined input file formats. In this article is described automated procedure of data arrangement using the DeGIS application on the dataset from the MV network of DP Elektra Zagreb.

Key words: distribution network planning, GIS, CADDiN, DeGIS

1. UVOD

Sasvim općenito, postupak planiranja razdjelnih mreža može se podijeliti u tri kategorije:

- planiranje izgradnje i pojačanja razdjelnih mreža,

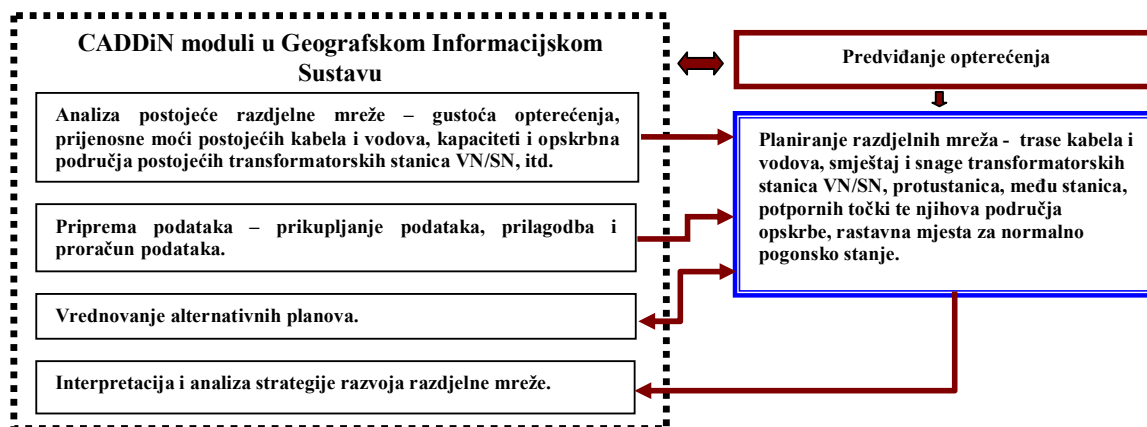
- pogonsko planiranje razdjelnih mreža (cilj je odrediti optimalnu strukturu (uklopno stanje) razdjelne mreže u normalnim pogonskim prilikama u svrhu smanjenja gubitaka i povećanja pouzdanosti opskrbe, pri tome bez ili uz što je moguće manja ulaganja u razdjelnu mrežu),
- planiranje za izvanredne prilike u razdjelnoj mreži (kako bi se u što je moguće kraćem vremenu što većem broju potrošača osigurala opskrba električnom energijom).

Programski paket **CADDiN** temeljen na evolucijskim algoritmima (optimiranje) i GIS-u namijenjen je za srednjoročno i dugoročno planiranje izgradnje razdjelnih mreža prostorno zatvorenih struktura (prstenasta, povezna, mreža s međustanicom, mreža s protustanicom i mreža s potpornom točkom – [1]).

CADDiN se sastoji od niza modula, svaki namijenjen nekom od specifičnih zadataka planiranja:

- analiza i priprema podataka u geografskom informacijskom sustavu (GIS),
- prikaz razdjelne mreže i rezultata planiranja,
- vrednovanje različitih planova i strategija razvitka razdjelne mreže,
- optimalno strukturiranje razdjelne mreže (prstenasta, povezna, mreža s protustanicom i/ili međustanicom, mreža s potpornom točkom),
- predviđanje opterećenja.

U prošlosti je uvažavanje tek ograničenog broja podataka važnih za planiranje razdjelnih mreža bio jedan od najvažnijih nedostataka korištenih računalnih metoda. Količina podataka koje je potrebno uključiti u postupke planiranja nije samo vezana uz velik broj parametara koji opisuju svaku komponentu razdjelne mreže, već i cijeli niz podataka koji su neposredno povezani, ali ipak važni za postupak planiranja razdjelnih mreža. Uloga GIS-a, kao mogućeg izvora iznimno velikog broj georeferenciranih podataka (npr. urbanih zona, ulica, parcela, postojećih transformatorskih stanica i trasa postojećih vodova, mogućih trasa polaganja novih elektroenergetskih vodova, trase ostalih komunalnih mreža, itd., ali i topološke strukture podataka koja omogućava prostorne analize), u tom je smislu ne zamjenjiva.



Slika 1. Moduli CADDiN-a u GIS-u

Moguće trase novih kabela i vodova razdjelne mreže (koridori) unutar GIS-a, sasvim općenito, mogu nastati kombiniranjem različitih linijskih objekata (npr. centralne linije ulica (ili već nekih drugih linijskih objekata u vezi s ulicama), granice parcela, trase postojećih vodova, itd.).

Automatizirane procedure u aplikaciji DeGIS, baziranoj na Smallword Core Spatial Tehnology, omogućuju da se iz baze podataka postojećih vodova naprave skupovi podataka o postojećim koridorima a iz skupa postojećih ulica napravi skup mogućih novih koridora.

Rezultat optimizacijskog postupka su optimalne veličine i lokacije novih transformatorskih stanica 110(35)/x kV, veličine novih transformatora u postojećim transformatorskim stanicama, trase novih vodova te opskrba područja pojedinih TS 110(35)/x kV. Postupak optimiranja uključuje postojeću mrežu (temeljem podataka iz GIS-a), proračun padova napona u normalnim i izvanrednim pogonskim prilikama, gubitke snage i energije te provjeru termičke granice vodova i transformatora.

2. POSTUPAK PLANIRANJA RAZDJELNE MREŽE PROGRAMOM CADDIN

2.1. Analiza postojeće razdjelne mreže

Planiranje razdjelnih mreža nužno je kako bi se zadovoljila buduća potražnja novih i postojećih TS SN/NN, zamijenile zastarjele komponente razdjelnih mreža te povećala njihova efikasnost i raspoloživost. Svakom postupku planiranja prethodi analiza postojeće mreže – kapacitet postojećih komponenti analizira se spram predviđenih opterećenja u budućnosti. Ukoliko postojeća mreža nije u mogućnosti zadovoljiti zadane ciljeve, razrađuju se alternativne opcije za njezinu izgradnju odnosno pojačanje (npr. izgradnja nove TS VN/SN, napuštanje postojeće TS VN/SN, povećanje instalirane snage postojeće TS VN/SN, izgradnja novih protu i međustanica, izgradnja novih izvoda i vodova, itd.) koje se onda detaljno razrađuju u samim optimizacijskim postupcima.

2.2. Priprema podataka

U postupku pripreme podataka "prikupljaju" se podaci spremljeni u geografskom informacijskom sustavu koje koristi elektrodistribucijsko poduzeće, i odgovarajuće prilagođavaju te prema potrebi računaju novi. Osim toga, u ovom koraku postupka planiranja planer treba definirati sljedeće:

- Ovisno o korištenom algoritmu optimiranja područje razrade (dio geografskog područja koji djelomično ili u potpunosti obuhvaća opskrba područja promatranih TS VN/SN).
- Strukturu razdjelne mreže. Naime, planer je taj koji odlučuje o tome koja će se struktura razdjelne mreže (prstenasta, ili povezna sa ili bez protu i međustanica) koristiti u području razrade.
- Pogonski napon (CADDiN-om je moguće razmotriti posljedice uvođenja novog pogonskog napona razdjelne mreže), minimalan presjek ili godina polaganja postojećih vodova i kabela (postojeći vodovi i kabeli koji ne zadovoljavaju ove kriterije postaju tek moguće trase polaganja novih vodova), moguće standardne snage novih transformatora u TS VN/SN, moguće lokacije novih TS VN/SN, protu i međustanica (ukoliko se ta opcija razmatra u postupku planiranja), maksimalan broj izvoda iz pojedinih TS VN/SN, protu i međustanice (na temelju usporedbe područja razrade s opskrbnim područjem TS VN/SN, rezerviranih izvoda za posebne namjene).

2.3. Vrednovanje alternativnih rješenja

Svako moguće rješenje u evolucijskom algoritmu vrednuje se na temelju zadanih atributa u funkciji cilja i kriterija. Kriterija su zahtjevi i ograničenja koje moguće rješenja nužno mora zadovoljiti (npr. pad napona u normalnim i izvanrednim pogonskim prilikama, termičke granice vodova, kabela i transformatora, struktura mreže). Kako bi se u CADDiN optimizacijskom postupku stimuliralo formiranje rješenja koja zadovoljavaju ograničenja na termičku granicu vodova, i povećavaju raspoloživost mreže, prethodnoj listi kriterija u CADDiN-u su dodani sljedeći kriteriji koje mora zadovoljiti svako moguće rješenje problema:

- Ukupno opterećenje svih TS SN/NN unutar veze ili prstena mora biti manje od strane planera zadanog limita. Maksimalna smisljena vrijednost tog limita, naravno, odgovara termičkoj granici novih kabela/vodova s obzirom da je praksa u hrvatskim razdjelnim mrežama korištenje uniformnog presjeka svih novih kabela. Prema želji ponekad planer može zadati i nižu vrijednost (npr. kako bi se sačuvala rezerva za buduću rast opterećenja u izvodima).
- Ukupan broj svih TS SN/NN unutar veze ili prstena mora biti manji od strane planera zadanog limita (npr. 15-30).

Atribut funkcije cilja je kriterij kvalitete kojeg je postupkom optimiranja potrebno maksimizirati a da pri tome budu zadovoljeni svi kriteriji. Tradicionalni postupci planiranja razdjelnih mreža (tj. deterministički pristup) podrazumijevaju samo jedan atribut, a to je trošak kojeg je potrebno minimizirati. Pri tome se trošak sastoji od investicijskih troškova (komponente, priprema i rad), troškova pogona i održavanja te troškova uslijed gubitaka snage i energije. Metoda sadašnje vrijednosti se koristi kako bi se troškovi koji nastaju u različitim periodima razdoblja planiranja sveli na sadašnju vrijednost.

Troškovi kabela i vodova uobičajeno predstavljaju od 2/3 do 3/4 troškova razdjelne mreže i mjesta su gdje nastaje između 1/2 i 2/3 svih kvarova u mreži. Većina postupaka za optimalno

strukturiranje razdjelnih mreža zahtjeva da se unaprijed definiraju mogući kandidati za trase vodova u mreži. To pojednostavljuje problem, ali isto tako često ne daje optimalno rješenja problema. U CADDiN-u se koristi drugačiji pristup – koristi se GIS prostorna analiza najkraćeg puta kako bi se odredile najjeftinije trase i troškovi povezivanja parova transformatorskih stanica u razdjelnoj mreži. Te su trase temelj (ulazni parametri) na kojem evolucijski optimizacijski postupak "gradi" trase budućih vodova i kabela.

Analiza najkraćeg puta za određivanje najjeftinijih troškova povezivanja temelji se na investicijskim i troškovima održavanjima izraženim po jedinici duljine za svaki linijski objekt u mreži koridora (troškovi uslijed gubitaka snage i energije vrednuju se u optimizacijskom postupku kada je poznata struktura razdjelne mreže). Sasvim općenito, ti se troškovi razlikuju za pojedine linijske objekte međusobno jer pored investicijskih troškova u sam vod/kabel uključuju i troškove priprema, iskopa, dozvola, nabave opreme, itd. Na taj je način u CADDiN-u moguće odgovarajuće vrednovati i uštede koje nastaju korištenjem trasa postojećih vodova koji se iz nekog razloga neće koristiti, smještaj više kabela u zajednički rov i sl. S druge strane, pridjeljivanjem nerealno visokih jediničnih troškova pojedinim trasama može se na jednostavan način spriječiti njihovo korištenje u konačnom rješenju. Za one linijske objekte koji predstavljaju segment postojećeg voda koji zadovoljava kriterij o minimalno potrebom presjeku i godini polaganja kabela, investicijska komponenta jediničnih troškova je jednaka nuli (sastoji se samo od aktualiziranih troškova održavanja u periodu planiranja razdjelne mreže).

Opisani pristup definiranju troškova vodova omogućava da se jedinstveni optimizacijski postupak koristi za simultanu izgradnju i restrukturiranje postojeće razdjelne mreže, pri čemu je težište na korištenju postojećih vodova (ali ne i nužno, ukoliko to dugoročno gledano nije isplativo).

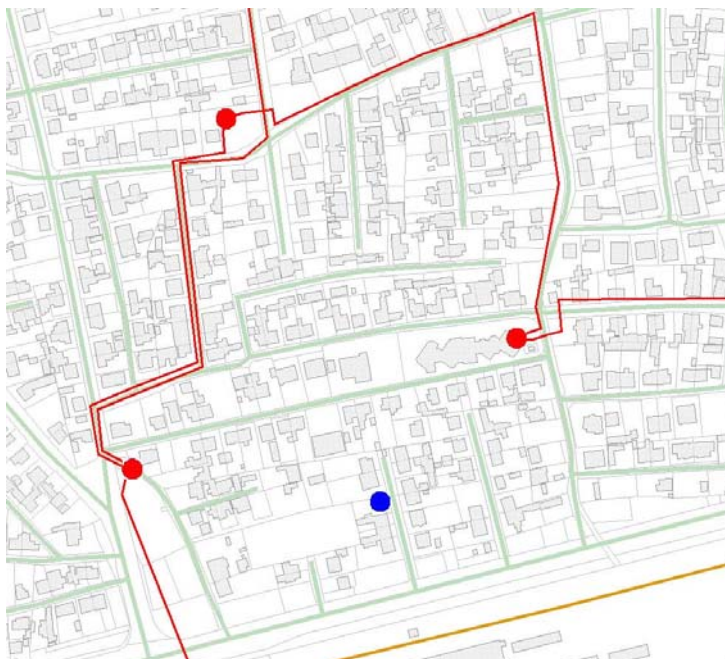
3. DEGIS – KATASTAR ELEKTROENERGETSKIH VODOVA, IZVOR PODATAKA

DeGIS aplikacija ili Katastar EE vodova je aplikacija bazirana na Smallworld prostornoj bazi podataka. Smallworld je vodeći svjetski geografski informacijski sustav kada je riječ o primjeni i funkcionalnosti takvih sustava u svim vrstama mreža (transportne, električne, itd.). DeGIS aplikacija obuhvaća sve objekte (transformatorske stanice, vodovi, javna rasvjeta, sklopni aparati ...) razdjelne mreže, od transformatorskih stanica naponskih nivoa 110 i 30(35) kV do niskonaponskih kućnih priključaka. Aplikacija sadrži podjele na standardne naponske nivoe. Karakterističnost Smallworld-a je u mogućnosti postojanja višestrukih svjetova odnosno GIS-a u GIS-u. Ta karakteristika je omogućila stvaranje internih svjetova električnih postrojenja u razdjelnoj mreži. Interni svjetovi sadrže jednopolne sheme tih objekata. Te jednopolne sheme sudjeluju u topološkoj povezanosti mreže. Postoje mogućnosti višestrukih geometrija po objektu te samim time i mogućnost višestrukih topologija (npr. transformatorska stanica može imati višestruku topologiju – čvorište i poligon). Sama baza je podijeljena u tri skupine podataka:

- GIS – kompletan skup EE objekata
- Katastar – fond podataka koji opisuje prostor u kojem se nalazi razdjelna mreža, iz kojeg je između ostalog stvaran fond podataka centralnih linija ulica
- Raster podloge – skup podataka koji sadrži skenirane rastere, karte podijeljene po mjerilima u kojima su kreirane

4. KORIDORI

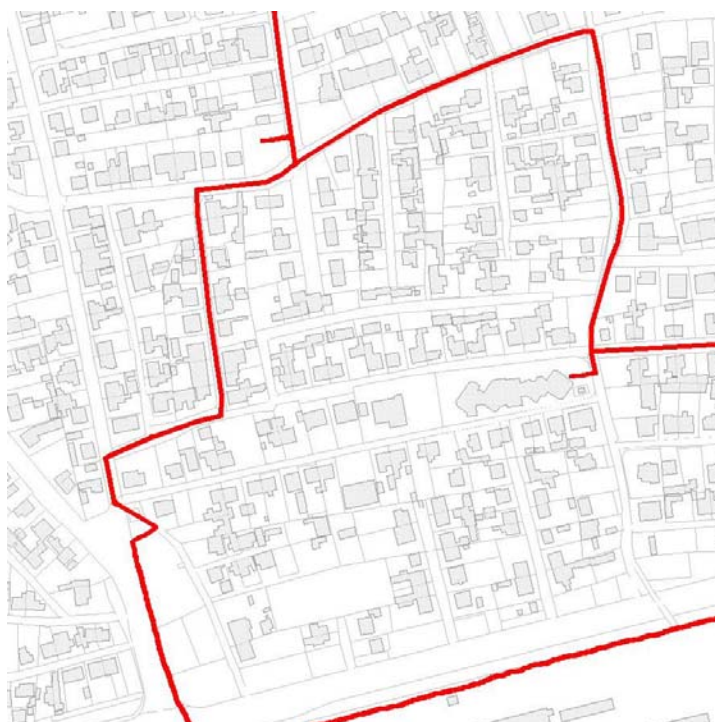
Prostornim analizama na podacima iz DeGIS baze podataka kreiraju se tablice koridora. Za kreiranje koridora koriste se postojeći fondovi podataka koje čine položeni vodovi i ulice. Na slici 2. prikazan je jedan prostor u kojem su crvenom bojom označeni postojeći vodovi i transformatorske stanice, a plavom bojom lokacija planirane, odnosno nove neizgrađene transformatorske stanice.



Slika 2. Prikaz jednog dijela mreže

4.1. "Postojeći" koridora

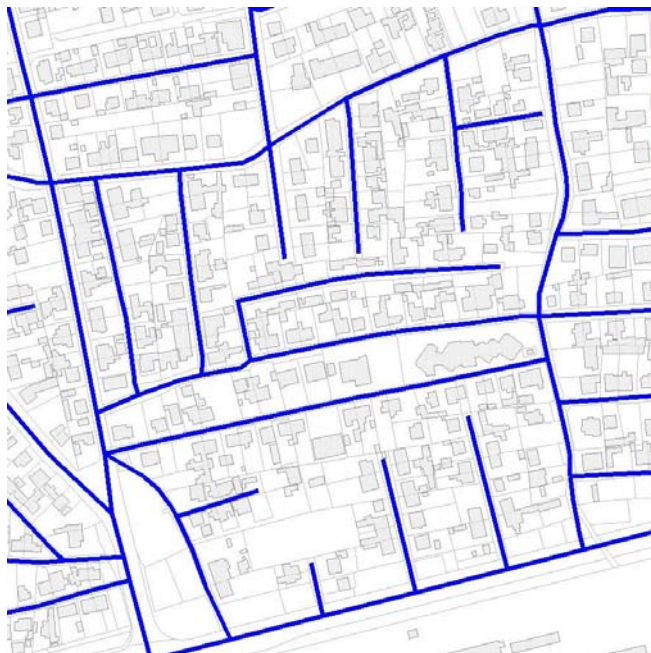
Tablica "postojeći" koridori su rezultat prostorne analize postojećih položenih vodova. Iz tablice postojećih vodova kreira se tablica koridora čije kreiranje je moguće parametrizirati brojem vodova u koridoru. Do tog broja moguće je doći iz postojećih podataka i prostorne analize ili predefiniраниm brojem vodova po koridoru. Koridor dobiva trošak jednak najlošijoj dionici voda u koridoru.



Slika 3. Prikaz postojećih koridora

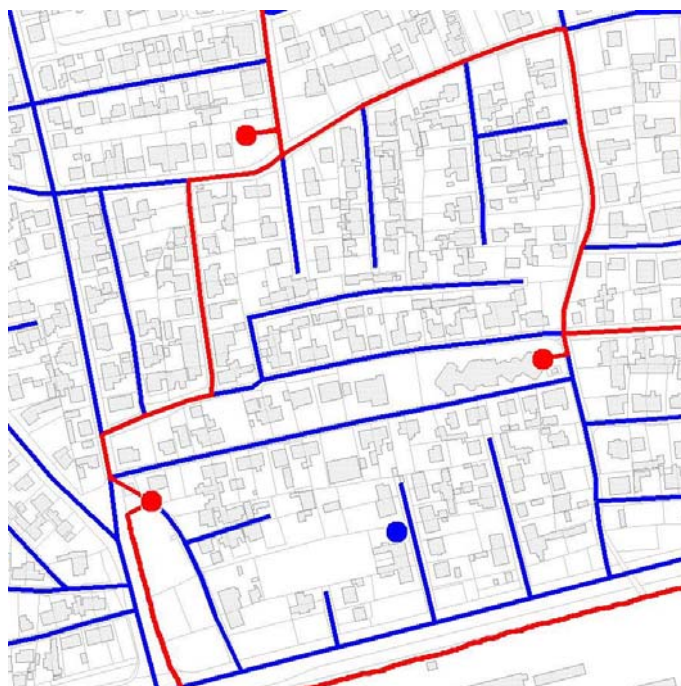
4.2. "Novi" koridori

U DeGIS aplikaciji postoji tablica "ulice" koja se može iskoristiti za kreiranje tablice "mogućih" koridora. Centralne linije ulica postaju mogući novi koridori s parametriziranim brojem mogućih novih vodova u koridoru.



Slika 4. Prikaz mogućih koridora

Novom prostornom analizom preklapanja "postojećih" i "mogućih" koridora dobiva se kao rezultat razlike, iz tablice "mogućih", tablica "novih" koridora. Tablice "postojećih" i "novih" koridora čine skup koridora potreban za ulazne podatke aplikacije za optimiranje razdjelne mreže.



Slika 5. Prikaz novih i postojećih koridora

5. ZAKLJUČAK

Na jednostavnom primjeru kreiranja novih i postojećih koridora za polaganje kabela pokazano je kako se automatizacijom postupka u aplikaciji **DeGIS** postiže učinkovita priprema ulaznih podataka za **CADDiN**. Cjelokupna priprema ulaznih podataka odvija se u okruženju geografskog informacijskog sustava. Iako se prikazani postupak čini banalnim isti je pokušaj kreiranja koridora u drugim geografskim informacijskim sustavima zahtijevao programiranje dodatnih aplikacija, što Smallworld kao temeljni dio **DeGIS** aplikacije čini superiornim alatom za pripremu podataka u postupcima planiranja razdjelnih mreža.

LITERATURA

- [1] M.Skok,D.Škrlec,S.Krajcar, Planiranje prostorno uzamčenih razdjelnih mreža programskim paketom CADDiN, 6. savjetovanje HK CIGRE – zbornik radova, Grupa C6, Cavtat, 2003.
- [2] D. Skrlec, S. Krajcar, M. Filipec, S. Blagajac, 1997, "How can we Best Route the Electric Energy in Distribution Networks", *Proc. of the 5th Int. Middle East Power Conference*, Alexandria, Egypt, 468-472.
- [3] M. Skok, D. Skrlec, S. Krajcar, 2000, "New Genetic algorithm for link Distribution System Design", *Proc. of the 10th MELECON' 2000*, Cyprus, pp. 887-890.
- [4] M.Skok, D.Škrlec, S.Krajcar, Geographical Information System and Genetic Algorithm Based Planning Tool for MV Distribution Networks, *Proceeding of the 17th International Conference on Electricity Distribution*. Barcelona, 2003.
- [5] Z. Zmijarević, S. Krajcar, D. Škrlec, Routing Underground Feeders Using Gis And Composite Installation Costs, *Proceeding of the Seventh IASTED International Multi-Conference Power and Energy Sytems*, Anaheim, CA, USA: ACTA press, 2003.
- [6] M. Skok, D. Škrlec, S. Krajcar, Genetic Algorithm and GIS Enhanced Long Term Planning of Large Link Structured Distribution Systems, *Proceedings of the 2002 Large Engineering Systems Conference on Power Engineering*, Halifax, 2002.
- [7] Z. Zmijarević, S. Krajcar, D. Škrlec, GIS Enhanced Long-Term Planning of MV Distribution Networks, *Proceedings of the IASTED International Conference on Power and Energy Systems (PES 2002)* Anaheim, CA, USA: ACTA press, 2002.