

# Praktična primena TeleCAD-GIS-a za proračun uticaja elektroenergetskih vodova na telekomunikacione vodove

Milorad Tošić, Goran Medić, Dejan Raketić

**Sadržaj** — U JUS standardima N.CO. 101 i N. CO.102 je opisana zaštita telekomunikacionih postrojenja (TK) od opasnosti i smetnji koje potiču od uticaja elektroenergetskih postrojenja (EE). Proračuni su izvršeni po metodi najgoreg slučaja, daju približne vrednosti i ne zahtevaju upotrebu računara. Telekom Srbija a.d. je uveo programski paket TeleCAD-GIS koji se koristi za izradu projektne dokumentacije TK mreža i spojnih puteva te smeštanje i ažuriranje podataka u GIS bazi. U ovom radu je prikazano kako je ovaj softver moguće proširiti sa modulom za proračun uticaja EE voda na TK vod koji automatizuje proračun, čini ga lakšim i bržim, a geometrijske veličine potrebne za proračun se očitavaju sa situacionog plana mnogo preciznije, čime i sam proračun postaje lakši, brži i precizniji.

**Ključne reči** — proračun uticaja, TeleCAD-GIS

## I. UVOD

Još u prošlom veku, sa pojavom prvih dalekovoda visokog napona javili su se ozbiljni problemi kod tadašnjih TK vodova. Ti početni problemi bili su rešeni u najvećem broju slučajeva kabliranjem, ali ne zadugo.

Kako se izgradnja i jednih i drugih mreža, iz ekonomskih razloga, često vrši na relativno malim međusobnim rastojanjima to je problem koegzistencije EE i TK vodova dobio veći značaj. On se vremenom sve više komplikovao zbog porasta napona i struja na EE vodovima i povećanja gustine EE i TK mreže kao i zbog elektrifikacije železnice.

Nova generacija pristupnih mreža ima kraću pretplatničku petlju, međutim, izgrađuje se kablovima TK 59 GM čiji je omotač od plastičnih materijala, zbog čega je redukcionni faktor jednak jedinici pa se i kod relativno malih paralelizama EE i TK vodova javljaju opasni i smetajući uticaji koji prekoračuju standarima propisane granice.

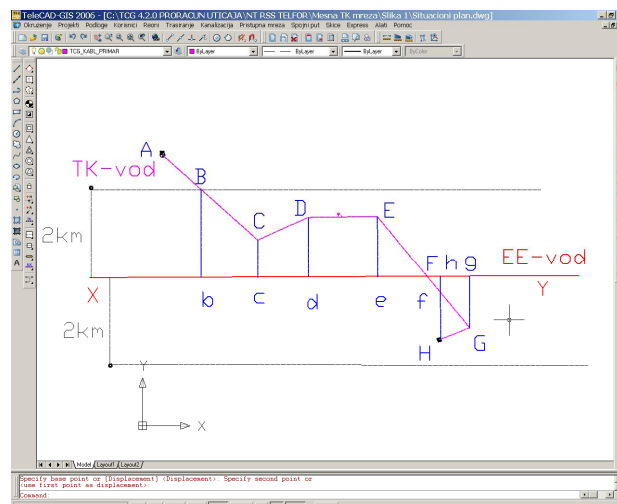
## II. ZONA Približavanja

Smernice ne daju eksplicitne granice u odnosu na oblast oko elektroenergetske linije u kojoj treba razmatrati približavanja i vršiti proračune. Odstojanje do koga treba razmatrati približavanja znatno zavisi od otpornosti tla.

Npr. u vrlo provodnim zemljištima i velikim gradovima uticaji se vrlo brzo smanjuju već posle nekoliko stotina metara. Naprotiv, na homogenom granitnom tlu uticaj se može javiti i na nekoliko kilometara. Međutim, kad se zanemare naponi ispod 10V/kmA uticaji se osećaju na 2 km samo za otpornosti veće od 250  $\Omega$ m, koje su dosta izuzetne. Osim ovih posebnih slučajeva, koji se mogu pojaviti u zemljama sa velikom otpornošću tla kao što su Švedska, Finska ili zemlje sa planinskom konfiguracijom terena, razmatranje približavanja se može ograničiti na pojas od 2 km oko elektroenergetske linije. U velikim gradovima se ova oblast može smanjiti na 1 km za opasne uticaje dalekovoda visokog napona ili na 300 m za opasne i smetajuće uticaje vodova elektrovuče.

## III. PRINCIP PRORAČUNA

Neka bude TK vod linija AH, dok je EE vod linija XY (Slika 1). Razmatra se samo deo TK voda unutar zone približavanja (2km, kao što je obrazloženo u II poglavlju), tj. segmenti od B do H. TK vod prikazan uzastopnim pravolinijskim segmentima može predstavljati paralelizam na segmentu DE, kosa približavanja na segmentima BC, CD i GH ili ukrštanja na segmentu EFG. Svaki od pravolinijskih segmenata BC, CD i DE projektuje se na EE vod u bc, cd i de, a zatim se proračunava indukovana elektromotorna sila u svakoj od deonica. Tražena indukovana elektromotorna sila jeste zbir svih parcijalnih elektromotornih sila.



Sl. 1. Deo TK voda unutar zone približavanja

Poduzna indukovana elektromotorna sila, izražena u V, za slučaj paralelnog vođenja izražava se pomoću obrasca

$$E = \omega M I I r 10^{-3}$$

gde su:

$\omega$  -  $2\pi f$  (f-nazivna frekvencija EE mreže u Hz)

M - modul koeficijenta međusobne induktivnosti između EE i TK voda, u  $\mu\text{H}/\text{km}$

I - jačina indukujuće struje, u kA

r - redukциони faktor čija je vrednost između 0 i 1.

Vrednost M zavisi od tri veličine:

- rastojanja između EE-voda i TK-voda
- frekvencije f
- specifične otpornosti tla  $\rho$

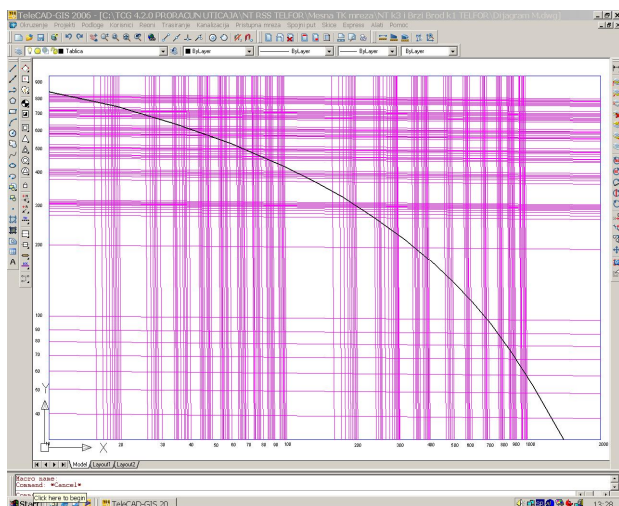
ove tri veličine mogu da se izraze u obliku parametra x

$$x = a \sqrt{\frac{\mu_0 \omega}{\rho}}$$

gde je  $\mu_0$  permeabilnost slobodnog prostora

$$\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ H/m}$$

Prema teorijama Carson-a i Pollaczek-a funkciju M(x) je moguće tačnim obrazcima opisati, što omogućava obradu problema sa velikom preciznošću. Međutim, ove formule uključuju korišćenje Kelvin-ovih funkcija koje se mogu izračunavati samo numeričkim metodama korišćenjem računara. Zbog toga se ovi obrasci zamenjuju manje tačnim formulama ili dijagramom M(x) (koji je prikazan na Slici 2 što je u većini slučajeva dovoljno da bi se izradio projekat ili elaborat uticaja.

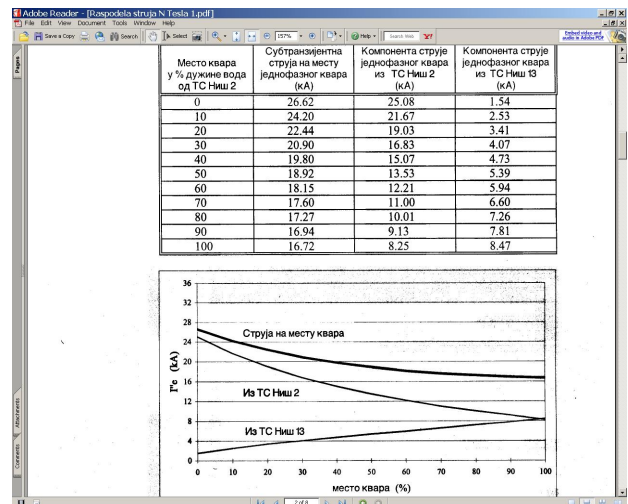


Sl. 2. Dijagram koeficijenta međusobne iduktivnosti u funkciji od x u  $\mu\text{H}/\text{km}$

Vrednost za I saopštava elektroprivreda tako što daje dijagram zavisnosti veličine struje zemljospoja u funkciji od rastojanja između elektroenergetskog postrojenja i mesta kvara.

Najnepovoljniji položaj uopšte nalazi se na krajevima približavanja jer struja kvara tada indukuje elektromotornu silu na celoj dužini približavanja. Jedan primer dijagrama krivih koje daju vrednost indukujućih struja koje teku sa obe strane kvara u zavisnosti od položaja kvara je dat na Sl. 3.

Vrednost specifične otpornosti tla se određuje merenjem. Međutim, u najvećem broju slučajeva je zbog napred navedenih razloga usvajamo da je ona  $50 \Omega/\text{m}^3$ . U standardu JUS n.CO.101 je dato više tabela iz kojih se preciznije ova vrednost može odrediti, kad se za to ukaže potreba.



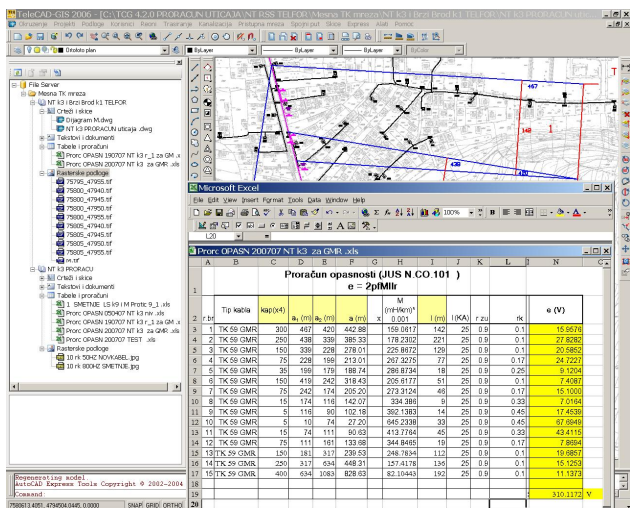
Sl. 3. Dijagram zavisnosti struje zemljospoja u funkciji rastojanja EE postrojenja od mesta kvara

Tačna vrednost redukcionog faktora dobija se merenjima, proračunima ili iz dijagrama i tabela koje daje proizvođač. Granične vrednosti indukovanih elektromotornih sila date su u JUS standardima i iznose 430V za opasne uticaje u kratkotrajnom režimu, 65 V za opasne uticaje u trajnom režimu kod elektrificiranih pruga i 1mV za smetnje.

#### IV. PRIMENA TELECAD-GIS-A ZA PRORAČUN UTICAJA EE VODA NA TK VOD

Ova materija je već detaljno teoretski izučena početkom prošlog veka i sa mnogobrojnim rezultatima merenja potvrđena. U eri informatike, u kojoj se nalazimo, ova oblast je i dalje na margini i možemo da kažemo da se proračuni rade sa jako malo automatizacije.

Izrada proračuna uticaja EE voda na TK vodove je naporan posao pre svega zbog broja podataka koje treba sa karata pročitati i količine detalja na koje treba obratiti pažnju, a zatim iskoristiti u proračunu. Naime, da bi proračun bio obavljen potrebno je iscertati trase dalekovoda i kabela, zatim odrediti i nacrtati segmente za koje će biti vršen proračun i najzad dužine potrebne za proračun izmeriti i u prethodno napravljenu tabelu za proračun uneti. Broj segmenata, a samim tim i količina podataka koji se uzimaju u proračun zavisi od razgranatosti mreže kao i dužine zone uticaja na kojima je neophodno uraditi proračun.



Sl. 4. Proračun opasnosti

Na Sl. 4. je dat primer na kome se vidi karta sa crtežom koji služi za obavljanje pripremnih radova da bi se uzele veličine potrebne za popunjavanje tabela „Proračun opasnosti (JUS N.CO.101)“.

Za ovaj proračun je bilo neophodno uvesti novi objekat „Elektroenergetski vod“ koji će biti opisan osobinama potrebnim za proračun uticaja.

Trasa i osobine dalekovoda se dobiju od vlasnika u vektorskom ili analognom obliku nakon čega se vrši učitavanje u TeleCAD-GIS i isertavanje EE voda sa potrebnim osobinama.

Pošto smo nacrtali EE i TK vod, TeleCAD-GIS nam nudi opciju prihvatanja ili dodatne manuelne korekcije deonica paralizma, kosog približavanja i ukrštanja te eksportuje sve potrebne dužine međusobnih rastojanja i sve odgovarajuće projekcije TK voda na EE vod neophodne za proračun. Ovi podaci se unose u tabelu za proračun opasnosti, a obzirom da je  $M(x)$  u konkretnom slučaju izračunato približnom formulom, automatski dobijamo izračunate elektromotorne sile na svim deonicama, tj. generisane tabele iz kojih se vidi zašto je aplikacija u procesu optimizacije na pojedinim segmentima TK voda preporučila polaganje kablova tipa GMR.

U konkretnom primeru na Slici 4 smo uzeli 400 KV dalekovod za koji je maksimalna subtranzijentna struja monofaznog zemljospoja 28kA (što se vidi sa Slike 3 koja je dostavljena od strane elektroprivrede) pa za struju zemljospoja na mestu kvara usvojimo 25kA. Za redukcionu faktor zaštitnog užeta smo usvojili 0.9 pa smo dobili da je ukupna indukovana elektromotorna sila 1830V. Iz ovog razloga su projektom predviđeni, za ovaj kablovski pravac, kablovi tipa GMR a redukcionu faktor za svaku kablovsku konstrukciju ponaosob je uzet iz kataloga proizvođača kablova. Za specifičnu otpornost tla je usvojeno da iznosi  $50\Omega/m^3$ , a učestanost za opasne uticaje je 50Hz pa smo za ukupnu podužno indukovanu elektromotornu silu na trasi dobili 310.1V što je manje od 430V.

Smetnje od induktivnih uticaja se dobijaju tako što se uzme za učestanost 800Hz, za nju  $M(x)$  bude automatski

izračunato, a redukcionu faktori za GMR kablove se uzmu iz kataloga dobijenog od strane proizvođača, ali za učestanost 800 Hz i identičnim postupkom dobije elektromotorna sila šuma koja iznosi 0.023mV.

Uvođenjem softverskog paketa TeleCAD-GIS dovelo je do delimične ili potpune automatizacije izrade mnogih neophodnih delova projektne dokumentacije.

Rasterske podloge se skeniraju, digitalizuju i bezšavno spajaju. Otvara se „Projekat kablovskog pravca“, projektuje trasa (ili učitava geodetski snimak trase), a zatim postavljaju TK objekti (kablovski izvodi,...). Svaki TeleCAD-GIS objekat je detaljno opisan potrebnim osobinama. Nakon polaganja kablova izvršava se korak automatske optimizacije kapaciteta mreže, vrši se automatska numeracija i razbrajanje i generišu se svi potrebni izveštaji.

Ako se projektovani kablovski pravac nađe u zoni uticaja nekog EE voda, neophodno je izvršiti proračun uticaja da bi se odredili tipovi kablova (menja se konstrukcija kablovskog omotača).

Sposobnost programskog paketa TeleCAD-GIS da vrši optimizaciju položenih kablova po kapacitetu i prečniku, dala je autorima ideju da se u ovom koraku vrši predmetni proračun i određuju potrebne konstruktivne karakteristike (tip) položenog kabla.

Funkcionalnosti koje programski paket pruža korisniku u svakodnevnom radu čini ga jedinstvenim na našem području, što potvrđuje i status Autodesk Preferred Industry Partner za jugoistočnu Evropu za oblast telekomunikacije.

## V. ZAKLJUČAK

Obzirom da oblast približavanja zavisi od specifične otpornosti tla najčešće greške koje se javljaju u proračunu su precenjivanje ili podcenjivanje vrednosti podužno indukovane EMS, koja se treba dobiti u proračunu.

Automatizacijom postupka uz pomoć programskog paketa TeleCAD-GIS brzina rada se znatno povećava, ovakve greške će se do izvesnih granica smanjiti, međutim, greške se mogu znatno smanjiti korišćenjem tačnih formula Carson-a i Pollaczek-a. Obrazloženje je suviše obzirom na činjenicu da je  $M(x)$  kompleksan broj pa na tačnost, pored korišćenja tačnih, a ne približnih formula, utiče i činjenica da je moduo zbira kompleksnih brojeva uvek manji od zbira njegovih modula.

Druga greška koja utiče na tačnost proračuna se javlja zbog toga što se kose približavanja svode na paralelizme, dok bi se mnogo tačniji rezultati dobili integraljenjem duž trase delta vrednosti podužno indukovane elektromotorne sile izračunavane u kompleksnom obliku.

Uviđajući mesta daljeg poboljšanja proračuna, a imajući na umu da na našem tržištu (po našem saznanju) ne postoje softveri koji rešavaju ovu problematiku, dalji rad na razvoju programskog paketa TeleCAD-GIS, u ovoj oblasti, će se usmeriti u pravcu eliminisanja ovih grešaka i dalje automatizacije kompletnog postupka.

## LITERATURA

- [1] Woodland F., "Electrical interference aspects of buried electrical power and telephone lines, IEEE Trans., 1979.
- [2] Miyazaki K., Hashimoto E., Inoue Y., "Electromagnetic induction in communication lines laid along bridges and shielding affects of bridges", IEEE Trans., PAS-98, 1979
- [3] Petrović R., Tošić M., Proračun elektromagnetnog uticaja elektroenergetskih vodova na telekomunikacione vodove savetovanje ZJPTT, Poreč 1982.
- [4] Petrović R., Tošić M., Redukciono dejstvo kablovskog omotača pri uticaju elektroenergetskih vodova na telekomunikacione vodove, YUTEL 1986.
- [5] Autodesk Developer Network (ADN), Rel. 2008., <http://adn.autodesk.com>
- [6] Savović Lj., Šestić M., Maksimović S., "Softverski paket INOVA TeleCAD-GIS", TELFOR 2003

## ABSTRACT

This paper presents influence calculation of high power lines on telecommunication lines which are integrated with TeleCAD-GIS. After drawing high power line and telecommunication line on the cadastral card, TeleCAD-GIS reads by itself all data that is requested about each selected line. This data is then put in the table needed for the influence calculation of high power lines on telecommunication lines. In that manner, we get much faster and more precise calculation.

### **PRACTICAL APPLICATION OF TeleCAD-GIS IN CALCULATING INFLUENCE OF HIGHPOWER LINES ON TELECOMMUNICATION LINES**

Milorad Tošić, Goran Medić, Dejan Raketić