

Prenaponska zaštita objekata priključenih na niskonaponsku mrežu

Nikola Tanasković, Iva Batić, Tomislav Rajić

Univerzitet u Beogradu-Elektrotehnički fakultet

Rezime - Atmosferska pražnjenja predstavljaju prirodnu pojavu sa kojom se ljudi suočavaju još od svog nastanka. U pogledu uticaja na elektroenergetsku mrežu i elektronske uređaje predstavljaju negativan efekat zbog velike energije koju pražnjenje sa sobom nosi. Kako je elektroenergetski sistem (EES) sve razgranatiji i rasprostanjeniji, tako je i mogućnost potencijalnih udara u njegove elemente sve veća. Atmosferska pražnjenja se ne mogu sprečiti, ali adekvatnim poznavanjem mehanizma pražnjenja možemo uticati na njihovo kontrolisanje, odnosno pravilnim projektovanjem prihvatnog sistema i izborom zaštitnih uređaja možemo u dobroj meri sprečiti veće štetne posledice. Cilj ovog rada je da ponudi pregled zaštitnih uređaja koji štite od prenapona, odvodnika prenapona u elektroenergetskom sistemu. Sve je veća potreba za automatizacijom pri izboru odvodnika prenapona, te shodno tome raste i broj softverskih alata koji se baziraju na konceptima koji predlažu vodeći svetski proizvođači. U radu je prikazan i koncept zaštite objekata u niskonaponskim mrežama, kao i prateći softverski alat za automatizovan izbor zona zaštite i gromobranske instalacije.

Gljučne reči - atmosferska pražnjenja, odvodnici prenapona, distributivna mreža

I UVOD

Atmosferska pražnjenja predstavljaju prirodnu pojavu sa kojom se ljudi suočavaju još od svog nastanka. U pogledu uticaja na elektroenergetsku mrežu i električne (elektronske) uređaje predstavljaju negativan efekat zbog velike energije koju pražnjenje sa sobom nosi. Kako je elektroenergetski sistem (EES) sve razgranatiji, tako je i mogućnost potencijalnih udara u njegove elemente sve veća [1]. Atmosferska pražnjenja se ne mogu sprečiti, ali adekvatnim poznavanjem mehanizma pražnjenja može se uticati na njihov efekat, odnosno pravilnim projektovanjem prihvatnog sistema i izborom zaštitnih uređaja možemo u dobroj meri sprečiti veće štetne posledice.

Cilj ovog rada jeste da se ponudi pregled zaštitnih uređaja koji štite od prenapona – odvodnika prenapona (kompletan postupak/algoritam izbora u zavisnosti od svih ključnih parametara) u elektroenergetskom sistemu [2]. Sve je veća potreba za automatizacijom pri izboru odvodnika prenapona, što će u radu biti potkrepljeno softverskim alatima koji se baziraju na konceptima koji predlažu vodeći svetski proizvođači. Nakon toga, biće predloženi i koncepti zaštite objekata u niskonaponskim mrežama [3, 4], kao i prateći softverski alat za automatizovan izbor zona zaštite i gromobranske instalacije.

U drugom poglavlju biće prikazan princip odabira odvodnika prenapona na visokom naponu. Ovo je važno za zaštitu

energetskih transformatora prenosnog odnosa $X/0,4$ kV. Treća poglavlje daje odgovor na pitanje kako se izvodi spoljašnja gromobranska instalacija kod niskonaponskih objekata. Selekcija nivoa zaštite je posebna tema koja je obrađena u četvrtom poglavlju. U petom poglavlju su prikazani rezultati softvera koji je kreiran u MATLAB okruženju zarad automatizacije odabire potrebnog nivoa gromobranske zaštite. Na kraju je dat zaključak i korišćena literatura.

II IZBOR ODVODNIKA PRENAPONA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

Odvodnici prenapona predstavljaju uređaje (aparate) koji imaju nelinearne otpornike (varistore) vezane prema zemlji. Pri nailasku prenapona smanjuju svoju otpornost i na taj način odvođe deo energije u zemlju. Nestankom prenapona, otpornost im se vraća na prvobitnu vrednost. Danas su u upotrebi metaloksidni odvodnici prenapona (MOP), jer za razliku od klasičnih silicijum-karbidnih (SiC) imaju jednostavniju konstrukciju, i ispoljavaju bolje zaštitne karakteristike [2]. Neke od glavnih prednosti su nepostojanje iskrišta i povoljniji oblik naponsko-strujne (U-I) karakteristike.

Da bi odgovarajući delovi sistema bili pravilno zaštićeni od prenapona (atmosferskih i sklopnih), mora se izvršiti adekvatan izbor odvodnika prenapona na osnovu parametara mreže koji podrazumevaju najviši radni napon mreže, njenu konfiguraciju, način uzemljenja (efikasno uzemljena, mreža sa izolovanom neutralnom tačkom, uzemljena preko impedanse), kao i trajanje privremenih prenapona koji se u toj mreži pojavljuju. Odabir odvodnika prenapona je bitan za zaštitu energetskih transformatora $X/0,4$ kV.

Izbor MOP-a vrši se u tri koraka [2]:

1. određivanje parametara sistema,
2. proveru uslova rada pri havarijskim uslovima,
3. izbor trajnog radnog napona odvodnika i naznačenog napona odvodnika prenapona.

Najvažniji parametar koji opisuje sistem jeste maksimalni dozvoljeni radni napon koji je obično (5-20) % viši od naznačenog (nominalnog) napona sistema. On predstavlja efektivnu vrednost međufaznog (linijskog) napona. Pod privremenim prenaponima podrazumevaju se naponi koji su veći od maksimalno dozvoljenog radnog napona industrijske učestanosti. Nazivaju se još i kvazistacionarni ili povremeni (u engleskoj literaturi Temporary Overvoltages - TOV). Javljaju se pri zemljospojevima (u mrežama sa izolovanom neutralnom tačkom), naglom rasterećenju sistema, usled ferorezonantnih pojava u kolima sa izraženim nelinearnim karakteristikama magnećenja transformatora, ili pri prekidu jedne ili dve faze.

Pod uslovima rada pri havarijskim uslovima se podrazumeva da

u uzemljenom sistemu može doći do pojave viših prenapona od očekivanih na neoštećenim faznim provodnicima. Ovaj slučaj se može javiti pri razumljivanju neutralnih tačaka transformatora koji rade u paraleli, što predstavlja neefikasno uzemljenje sistema.

Slika 1. Prozor programa za izbor odvodnika prenapona prema uputstvu firme ABB

Prema postupku proračuna koji predlaže ABB, bira se trajni radni napon U_c , a zatim na osnovu njegove vrednosti i kataloških podataka, sledi izbor naznačenog napona odvodnika U_r . U zavisnosti od načina uzemljenja neutralne tačke sistema, trajni radni napon U_c se određuje na sledeće načine [2]:

1) Izolovan ili rezonantno uzemljen sistem:

$$U_c \geq U_S \quad (1)$$

2) Sistem uzemljen preko otpornika velike vrednosti otpornosti:

$$U_c \geq \frac{U_S}{K_{TOV,c}}, \quad (2)$$

gde je $K_{TOV,c}$ koeficijent podnošenja privremenih prenapona.

3) Sistem uzemljen preko otpornika male vrednosti otpornosti ili efikasno uzemljen sistem ($K_Z < 1.4$):

$$U_c \geq \frac{K_Z U_S}{K_{TOV,c} \sqrt{3}} = \frac{1.4 U_S}{K_{TOV,c} \sqrt{3}} \quad (3)$$

4) Sistem uzemljen preko otpornika male vrednosti otpornosti koji nema ravnomerno vrednost $K_Z < 1.4$. U ovim okolnostima, trajni radni napon se određuje kao u slučaju 2. Ako je struja kvara mala, pa nema automatskog isključenja, trajni radni napon odvodnika prenapona se može odrediti na osnovu relacije:

$$U_c \geq U_S \quad (4)$$

5) Sistem uzemljen preko otpornika male otpornosti za $K_Z > 1.4$

$$U_c \geq \frac{1.05 U_S}{K_{TOV,c}}, \quad (5)$$

gde 1,05 predstavlja faktor rezerve u izboru trajnog radnog napona odvodnika prenapona.

U svih pet slučajeva, na osnovu određenog trajnog radnog napona U_c , bira se prva veća vrednost iz kataloga, a na osnovu nje i odgovarajuća kataloška vrednost naznačenog napona odvodnika prenapona U_r .

Na Slici 1 prikazan je prozor programa, realizovan u MATLAB okruženju.

Program je realizovan u cilju automatskog odabira odvodnika prenapona. Kreiran je prateći uputstvo izbora koji predlaže ABB. U ovom programu može se preciznije definisati način uzemljenja sistema (potrebno je izabrati jedan od pet mogućih načina koji su teorijski objašnjeni). Vremensko trajanje prenapona i u ovom slučaju, treba stavljati na 10 s jer se radi o distributivnim mrežama, a takođe je omogućen izbor karakteristike podnošenja privremenih prenapona u skladu sa prethodnim opterećenjem.

III SPOLJAŠNJA GROMOBRANSKA INSTALACIJA

U prethodnom poglavlju su predstavljene odvodnici prenapona kao i kompletan postupak za njihov izbor, kao bitan segment zaštite od prenapona u distributivnim mrežama. Kao nastavak zaštite od prenapona, u ovom poglavlju će pažnja biti posvećena zaštiti niskonaponskih potrošača (objekata) od direktnog atmosferskog pražnjenja predstavljanjem spoljašnjeg sistema gromobranske instalacije. Sačinjavaju je:

- prihvatni sistem,
- spusni provodnici,
- sistem uzemljenja.

Osnovna funkcija prihvatnog sistema jeste prihvatanje atmosferskog pražnjenja. Postojanjem prihvatnog sistema značajno se smanjuje verovatnoća direktnog atmosferskog pražnjenja u štićeni prostor. Prihvatni sistemi mogu biti izrađeni od bilo koje kombinacije sledećih elemenata [3]:

- štapnih hvataljki ili štapnih hvataljki sa pojačanim dejstvom,
- razapetih žica,
- mreže provodnika.

U praksi su najčešću primenu našli prihvatni sistemi sastavljeni od mreže provodnika. Kod ovakve primene, mreža se deli na okca odgovarajućih dimenzija koje zavise od potrebnog nivoa zaštite objekta. U Tabeli 1 su prikazane potrebne dimenzije okca, u zavisnosti od zone zaštite (I-IV).

Tabela 1. Maksimalne dozvoljene dimenzije okca mreže provodnika u zavisnosti od zaštitnog nivoa

Nivo zaštite	Dimenzije okca [m]
I	5x5
II	10x10
III	15x15
IV	20x20

Uloga spusnih provodnika jeste da vrši sponu između prihvatnog sistema i sistema uzemljenja, odnosno da sprovede energiju atmosferskog pražnjenja između dva sistema.

Ukoliko se prihvatni sistem sastoji od mreže provodnika, spusni provodnici treba da se rasporede po obimu štice prostora, tako da između svakog spusnog provodnika bude približno jednako rastojanje koje je određeno klasom (nivoom zaštite). U Tabeli 2 su navedene vrednosti potrebnog rastojanja među spusnim provodnicima, a sve u zavisnosti od nivoa zaštite.

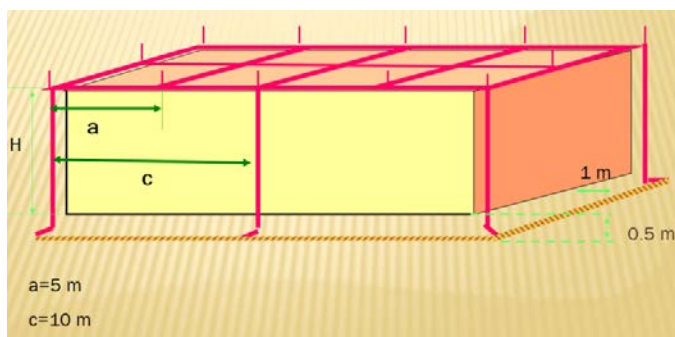
Spusni provodnici mogu se postaviti na sledeće načine:

- ako je zid izrađen od nezapaljivog materijala, mogu biti postavljeni na ili u zidu,
- ako je zid izrađen od zapaljivog materijala, mogu biti postavljeni na zidu, pod uslovom da povećanje temperature spusnih provodnika tokom provođenja struje atmosferskog pražnjenja nije opasno za materijal zida, i
- ako je zid izrađen od zapaljivog materijala i ako je povećanje temperature spusnog provodnika opasno za materijal zida, rastojanje između spusnih provodnika i najbližih delova štice prostora mora da bude duže od 10 cm (nosači za učvršćenje, izrađeni od metala, mogu biti u kontaktu sa zidom) [4].

Već postojeći elementi objekta se mogu iskoristiti kao prirodni spusni provodnici: metalne mase, metalni kostur objekta, povezane čelične armature objekta, elementi fasada, profili i nosači metalnih fasada. Na Slici 2 može se primetiti da pošto je u pitanju nivo zaštite I, dimenzije okaca mreže su 5x5 m ($a=5$ m), a maksimalno dozvoljeno prosečno rastojanje između susednih spusnih provodnika je $c=10$ m.

Tabela 2. Maksimalno dozvoljeno rastojanje između susednih spusnih provodnika

Nivo zaštite	Razmak između spusteva [m]
I	10
II	10
III	15
IV	20



Slika 2. Primer postavljenih okaca mreže kao elemenata prihvatnog sistema i spusnih provodnika za klasu zaštite I

Sistem uzemljenja predstavlja poslednji deo spoljašnje gromobranske instalacije. Osnovna funkcija sistema uzemljenja jeste da energiju atmosferskog pražnjenja odvede u okolnu zemlju. Najbolje rešenje i kompletnu zaštitu od atmosferskih pražnjenja i zaštitu električnih instalacija niskog napona pruža integrisana sjedinjena struktura raznih sistema uzemljenja. Ukoliko iz određenih razloga, sistemi uzemljenja moraju biti

odvojeni, u takvim okolnostima mora se izvršiti njihovo međusobno povezivanje korišćenjem provodnika za izjednačenje potencijala, pri čemu se primenjuju odgovarajući propisi i standardi. Neki od najčešće korišćenih tipova uzemljivača su [3]:

- radijalni uzemljivači,
- temeljni uzemljivači,
- vertikalni uzemljivači,
- jedan ili više prstenastih uzemljivača.

Instalacije uzemljivača: Spoljašnji prstenasti uzemljivač bi trebalo da bude najmanje na 0,5 m dubine i najmanje 1 m udaljen od zidova objekta (Slika 2). Uzemljivači se moraju postaviti izvan štice prostora i rasporediti što pravilnije, najmanje 0.5 m ispod površine, tako da se međusobna dejstva svedu na minimum. Uzemljivači moraju biti postavljeni tako da za vreme izvođenja dopuštaju kontrolu.

IV ODREĐIVANJE POTREBNOG NIVOA ZAŠTITE OBJEKTA

U ovom delu biće obrađen algoritam za određivanje potrebnog nivoa zaštite objekata, koji kasnije direktno ukazuje na koji način treba modelovati gromobransku instalaciju i njene elemente, a sve u cilju zaštite objekta u okviru zaštitne zone kojoj objekat pripada. Ono što svaku zonu zaštite definiše je potrebna računaska efikasnost gromobranske instalacije, i označava se sa Er .

Prvi korak

Izračunavanje učestalosti direktnog udara groma u objekat je moguće izvršiti na osnovu sledeće relacije:

$$N_d = N_g * A_e * C_d * 10^{-6} \text{ [broj udara/god]} \quad (6)$$

gde su:

N_g [broj udara/km²] – prosečna gustina atmosferskog pražnjenja za određenu geografsku oblast na kojoj se objekat nalazi,
 A_e [m²] – ekvivalentna prihvatna površina objekta,
 C_d – faktor lokacije objekta koji daje informaciju o blizini posmatranog objekta i drugih objekata.

Parametar N_g se najčešće izračunava primenom relacije:

$$N_g = 0,1 * T_d \quad (7)$$

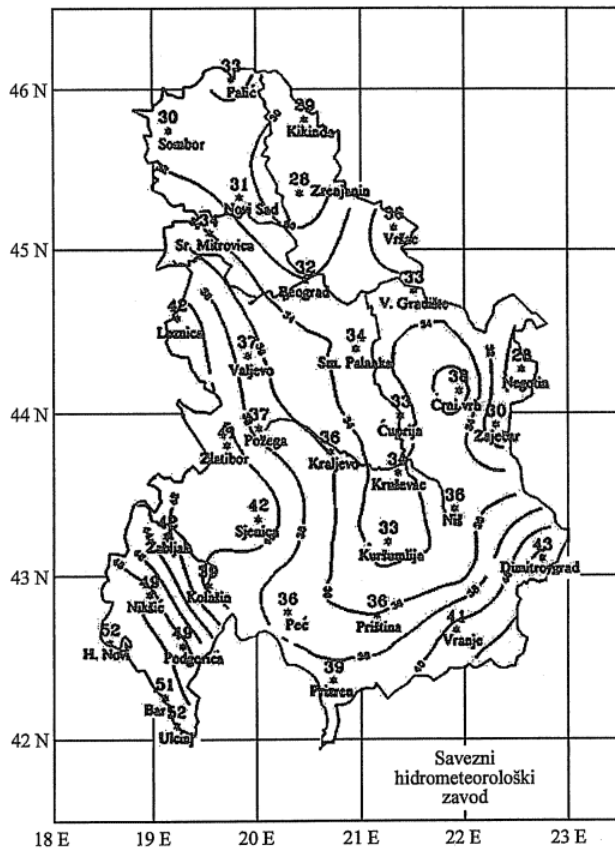
gde je: T_d – prosečan broj dana sa grmljavinskom aktivnošću karakterističan za neku geografsku oblast, i određuje se sa posebno formiranih izokerauničkih karata jednostavnim očitavanjem za lokaciju od interesa (Slika 3).

Za usamljene objekte, ekvivalentna prihvatna površina predstavlja oblast ograničenu punom linijom na slici 4. Za objekte različitog geometrijskog oblika i karakteristika postoje eksperimentalni izrazi u funkciji dimenzija samog objekta (dužina, širina, visina). Konkretno za objekat sa ravnim krovom, čije su dimenzije: dužina – L , širina – W , visina – H , može se upotrebiti sledeći izraz za izračunavanje ekvivalentne prihvatne površine:

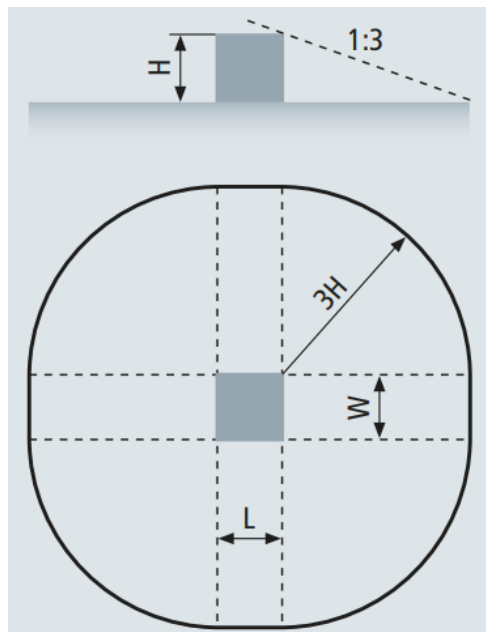
$$A_e = L * W + 6H(L + W) + 9\pi * H^2 \quad (8)$$

Odgovarajući ilustrativni primer određivanja ekvivalentne prihvatne površine, nalazi se na Slici 4. Parametar C_d može imati

vrednosti 0,25, 0,5, 1 ili 2 u zavisnosti da li je usamljen ili okružen visokim objektima.



Slika 3. Izokeraunička karta SR Jugoslavije u periodu 1950 – 1981 [7]



Slika 4. Ekvivalentna prihvatna površina objekta sa ravnim krovom [6]

Drugi korak

Cilj drugog koraka jeste izračunavanje usvojene vrednosti udara groma – N_c , na osnovu analize opasnosti od štete koju atmosfersko pražnjenje može izazvati. Vrednost ovog parametra određuje se na osnovu koeficijenata koji daju informaciju o konstrukciji objekta i njegovog krova, sadržaju objekta i njegove zapaljivosti, nameni objekta i posledice udara groma na objekat i uticaja na okolinu. Vrednosti svih koeficijenata nalaze se u Tabelama 3-6 [3, 4].

Tabela 3. Vrednosti koeficijenta C_1 u zavisnosti od konstrukcije objekta i vrste krova

Vrsta konstrukcije objekta			
Konstrukcija objekta/Krov	Metalni	Kombinovani	Zapaljivi
Metalna konstrukcija	0,5	1	2
Kombinovana	1	1	2,5
Zapaljiva	2	2,5	3

Tabela 4. Vrednosti koeficijenta C_2 u zavisnosti od sadržaja objekta

Sadržaj objekta	
Bez vrednosti i nazapaljiv	0,5
Mala vrednost ili uglavnom zapaljiv	1
Veća vrednost ili naročito lako zapaljiv	2
Izvanredno velika vrednost, nenadoknativa šteta, vrlo zapaljiv ili eksplozivan	3

Tabela 5. Vrednosti koeficijenta C_3 u zavisnosti od namene objekta

Namena objekta	
Nezaposednut	0,5
Uglavnom nezaposednut	1
Teška evakuacija ili opasnost od panike	3

Tabela 6. Vrednosti koeficijenta C_4 u zavisnosti od posledica udara groma u objekat

Posledice od udara groma u objekat	
Nije obavezna neprekidnost pogona i bez uticaja na okolinu	1
Obavezna neprekidnost pogona, ali bez uticaja na okolinu	5
Uticaj na okolinu	10

Na osnovu određenih vrednosti koeficijenata $C_1 - C_4$, može se napisati relacija pomoću koje se određuje parametar N_c :

$$N_c = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{C_1 C_2 C_3 C_4} \quad (9)$$

Na osnovu realizovanog prvog, a zatim i drugog koraka dolazi se do poznatih vrednosti parametara N_d i N_c . Sada na osnovu ova dva parametra se može napisati relacija kojom se određuje računski efikasnost gromobranske instalacije, a na osnovu nje i odgovarajuće zone zaštite objekata:

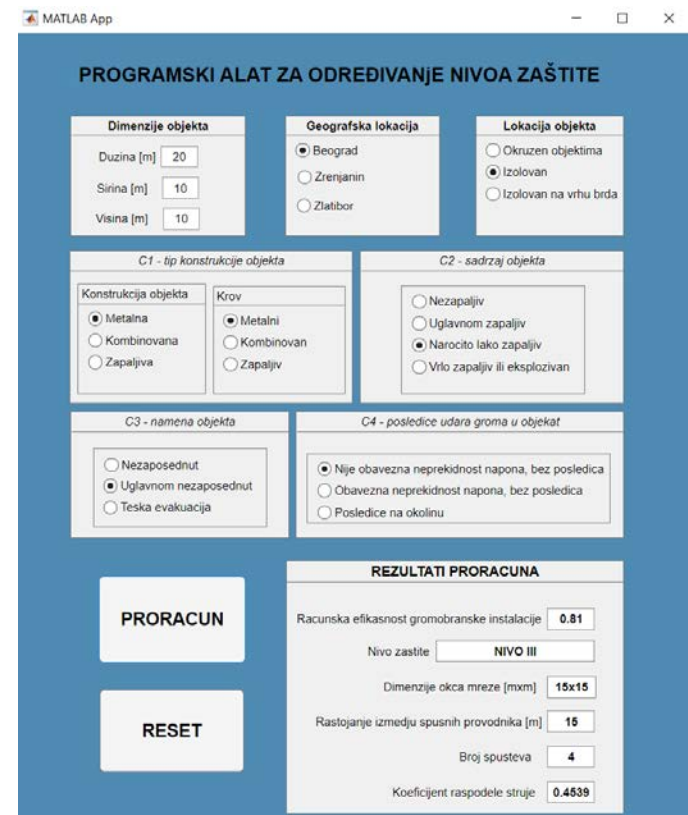
$$E_r = \frac{N_d - N_c}{N_d} = 1 - \frac{N_c}{N_d} \quad (10)$$

Tabela 7. Nivo zaštite objekata u funkciji računске efikasnosti E_r

Računska efikasnost	Odgovarajući nivo zaštite
$E_r > 0,98$	Nivo I sa dodatnim merama
$0.98 \geq E_r > 0.95$	Nivo I
$0.95 \geq E_r > 0.90$	Nivo II
$0.90 \geq E_r > 0.80$	Nivo III
$0.80 \geq E_r > 0$	Nivo IV

V PROGRAMSKI ALAT ZA ODREĐIVANJE NIVOA ZAŠTITE OBJEKTA

Cilj ovog poglavlja jeste da se predstavi programski alat koji korisniku omogućuje određivanje zaštitnog nivoa objekta na osnovu svih potrebnih parametara [8]. Grafički interfejs i programski kod su kreirani upotrebom softverskog paketa MATLAB, korišćenjem AppDesigner-a.

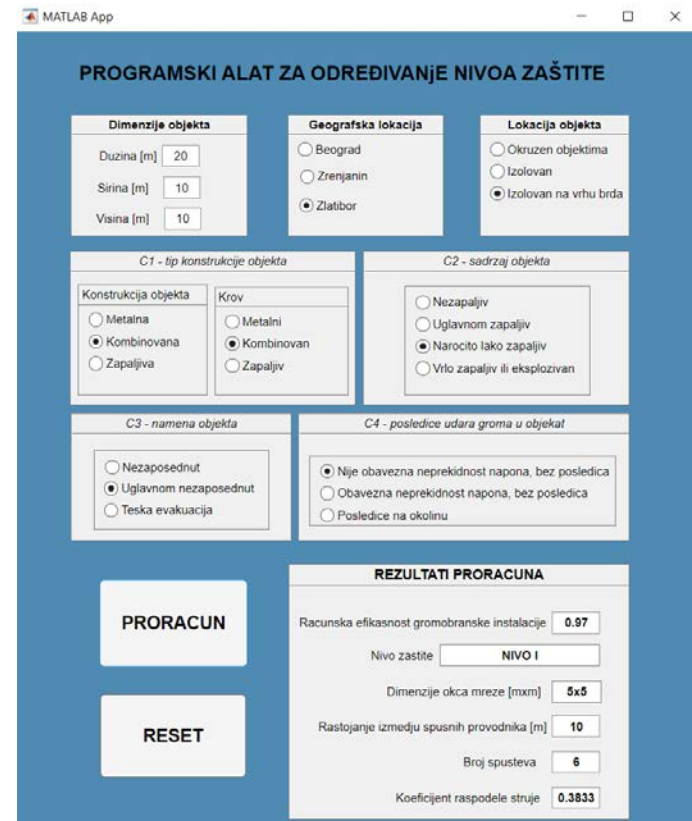


Slika 8. Prikaz rezultata na grafičkom interfejsu za primer 1

Kada se program otvori, na samom početku je potrebno uneti dimenzije analiziranog objekta sa ravnim krovom – dužinu, širinu i visinu. Na osnovu učitanih vrednosti vrši se određivanje ekvivalentne prihvatne površine objekta, koja je potrebna pri izračunavanju parametra N_d . Zatim se nudi izbor geografske lokacije objekta. Ponuđena su tri mesta preko kojih se određuje broj grmljavinskih dana u toku godine: Beograd – kao reprezent srednje vrednosti očitane sa izokerauničke karte, Zrenjanin i Zlatibor kojima odgovaraju ekstremne vrednosti broja grmljavinskih dana u toku godine (minimalna i maksimalna, respektivno). Na osnovu tabela 3 – 6 kreirane su odgovarajuće grupe parametara koje određuju vrednosti koeficijenata C_1 – C_4 . Vrednosti ovih koeficijenata su od značaja prilikom određivanja

parametra N_c . Pritiskom na dugme *proračun* izvršava se programski kod. U programskom kodu napisan je kompletan postupak zasnovan na prvom i drugom kriterijumu određivanja potrebnog nivoa zaštite objekta E_r .

Na osnovu određene vrednosti efikasnosti gromobranske instalacije E_r , program izračunava potrebni nivo zaštite tako što dobijenu vrednost upoređuje sa vrednostima iz tabele 7 koja je implementirana u programskom kodu. Na osnovu nivoa zaštite objekta, moguće je odrediti odgovarajuće parametre gromobranske instalacije i izvršiti dimenzionisanje prihvatnog sistema postavljenog u obliku mrežeprovodnika, kao i sistema spušnih provodnika. Odgovarajućim pravilnicima i standardima određene su dimenzije okaca koji formiraju mrežu provodnika i maksimalna dozvoljena prosečna rastojanja između spušnih provodnika za svaku od prethodno određene potrebne zaštitne zone, što je takođe implementirano u kodu. Na osnovu ovih vrednosti, program izračunava potrebne dimenzije okca koji čini mrežu, i razmak između spusteva za dati objekat, a zatim i broj spušnih provodnika koje je potrebno postaviti, na osnovu kog je moguće odrediti i koeficijent raspodele struje groma usled postojanja paralelnih spušnih provodnika – k_c .



Slika 9. Prikaz rezultata na grafičkom interfejsu za primer 2

Sve izračunate vrednosti su date u okviru panela – Rezultati proračuna. Pritiskom na dugme *reset* moguće je ponovo izvršiti učitavanje novih (drugačijih) vrednosti za neki sledeći objekat.

Grafički interfejs programa prikazan je na slikama 8 i 9, za dva primera. U oba primera dimenzije objekta su identične. Ono što se razlikuje jeste geografska lokacija objekta (u prvom primeru objekat se nalazi u Beogradu, a u drugom na Zlatiboru), kao i

sama lokacija objekta u odnosu na druge objekte. Takođe su odabrane i drugačije vrednosti za materijale konstrukcije objekta/krova, dok su vrednosti koeficijenta kojima se predstavlja namena, sadržaj i uticaj (posledica od udara groma u objekat) ostali nepromenjeni.

Upoređivanjem dobijenih rezultata, u prvom primeru je potreban III nivo zaštite, dok je u drugom primeru potreban I nivo zaštite. Vidi se da na različit nivo zaštite objekta istih dimenzija u ovim primerima, prvenstveno utiče to što su za odabir konstrukcije objekta i krova izabrani kombinovani materijali (primer 2), u odnosu na metalne (primer 1). Kako su određeni različiti nivoi zaštite, tako se razlikuju i ostale vrednosti koje određuju dimenzije okca mreže, rastojanje između spusteva i njihov broj.

VI ZAKLJUČAK

U radu je prikazan detaljan postupak za izbor metaloksidnih odvodnika prenapona u distributivnim mrežama, jer samo pravilnim izborom opreme možemo štititi EES i njegove delove od prenaponskih pojava. Objasnjen je formirani softverski alat koji korisniku predlaže preliminarne izbor MOP-a, u zavisnosti od brojnih parametara, i na taj način znatno olakšava i ubrzava proceduru primene. Rad nudi detaljan uvid u spoljašnju gromobransku instalaciju, kao i određivanje potrebnog nivoa zaštite objekata priključenih na niskonaponsku mrežu. Kreiran je program koji na osnovu zadatog problema, predlaže nivo zaštite objekta, a zatim i vrši dimenzionisanje spoljašnje gromobranske instalacije za prethodni određeni nivo zaštite, a sve u skladu sa propisima i standardima.

Cilj rada je bio da početnim uočavanjem prirodnog fenomena u vidu atmosferskog pražnjenja koji se ne može sprečiti, a sa druge

strane može izazvati velike posledice na EES, prikaže modelovanje, izbor i softverske alate, a sve u svrzi zaštite EES-a, njegovih elemenata i krajnjih potrošača.

LITERATURA/REFERENCES

- [1] Stojković, Z., Savić, M. *Tehnika visokog napona – atmosferski prenaponi*, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2001.
- [2] Stojanović, Z., Stojković, Z. *Monitoring i dijagnostika metaloksidnih odvodnika prenapona*, Akademska misao, Beograd, 2014.
- [3] Vičović, D., Hadžić, Z. *Zaštita objekata od atmosferskog pražnjenja*, Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije (SMEITS), Beograd, 2008.
- [4] Kostić, M. *Teorija i praksa projektovanja električnih instalacija*, Akademska misao, Beograd, 2014.
- [5] Đurić, M., Ilić, V. *Visokonaponska razvodna postrojenja*, AGM Knjiga, Beograd, 2017.
- [6] DEHN + SÖHNE – *Lightning Protection Guide*, 2014. <https://www.dehn-international.com/sites/default/files/media/files/lpg-2015-e-complete.pdf> [pristupljeno 24.04.2024]
- [7] Standard: N.B4.803:1996 <https://iss.rs/en/project/show/iss:proj:14508> [pristupljeno 24.04.2024]
- [8] Tanasković, N. *Zaštita od atmosferskih prenapona u distributivnim mrežama i programski alat za određivanje nivoa zaštite objekata*, Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2023.

AUTORI/AUTHORS

Nikola Tanasković, dipl. inž. el. i rač., Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Srbija, tane99tane@gmail.com, ORCID [0009-0003-6978-1538](https://orcid.org/0009-0003-6978-1538)

dr Iva Batić, naučni saradnik, Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Srbija, iva@etf.rs, ORCID [0000-0003-0150-3235](https://orcid.org/0000-0003-0150-3235)

dr Tomislav Rajić, docent, Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet, Beograd, Srbija, rajic@etf.rs, ORCID [0000-0003-4796-4117](https://orcid.org/0000-0003-4796-4117)

Overvoltage Protection for Objects Connected to the Low-Voltage Network

Abstract – Lightnings are a natural phenomenon that people have been dealing with since the beginning of time. In terms of the impact on the power grid and electronic devices, they represent a negative effect due to the high energy that the discharge carries with it. As the electric power system is increasingly branched and spread out, the possibility of potential impacts to its elements is also increasing. Lightnings cannot be prevented, but with an adequate knowledge of the mechanism of the discharge, we can influence their control, that is, by properly designing the receiving system and selecting protective devices, we can largely prevent major harmful consequences. The aim of this paper is to offer an overview of protective devices that protect against overvoltage, surge arresters in the power system. There is an increasing need for automation in the selection of surge arresters, and accordingly the number of software tools that are based on the concepts proposed by the world's leading manufacturers is also increasing. The paper also presents the concept of protection of objects in low-voltage networks, as well as the accompanying software tool for the automated selection of protection zones and lightning protection installations.

Index Terms – Lightnings, Surge arresters, Distribution network