

Karakteristike i mogućnosti programskog alata za izbor metaloksidnih odvodnika prenapona

Dragan Đorđević¹, Zlatan Stojković², Aleksandar Ivanov¹

¹Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Koste Glavinića 8a
11000 Beograd, Srbija
dragan.djordjevic@ieent.org

²Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73
11000 Beograd, Srbija
zstojkovic@etf.rs

Kratak sadržaj: U ovom radu se ukratko izlaže generalni postupak izbora metaloksidnih odvodnika prenapona, nakon čega se prezentuju karakteristike i mogućnosti programskog alata za izbor metaloksidnih odvodnika prenapona. Programski alat je razvijen prilikom izrade master rada pod naslovom "Automatizacija izbora metaloksidnih odvodnika prenapona". Na posletku se daje primer izbora metaloksidnog odvodnika prenapona primenom razvijenog programskog alata.

Ključne reči: metaloksidni odvodnik prenapona, izbor metaloksidnog odvodnika prenapona, programski alat

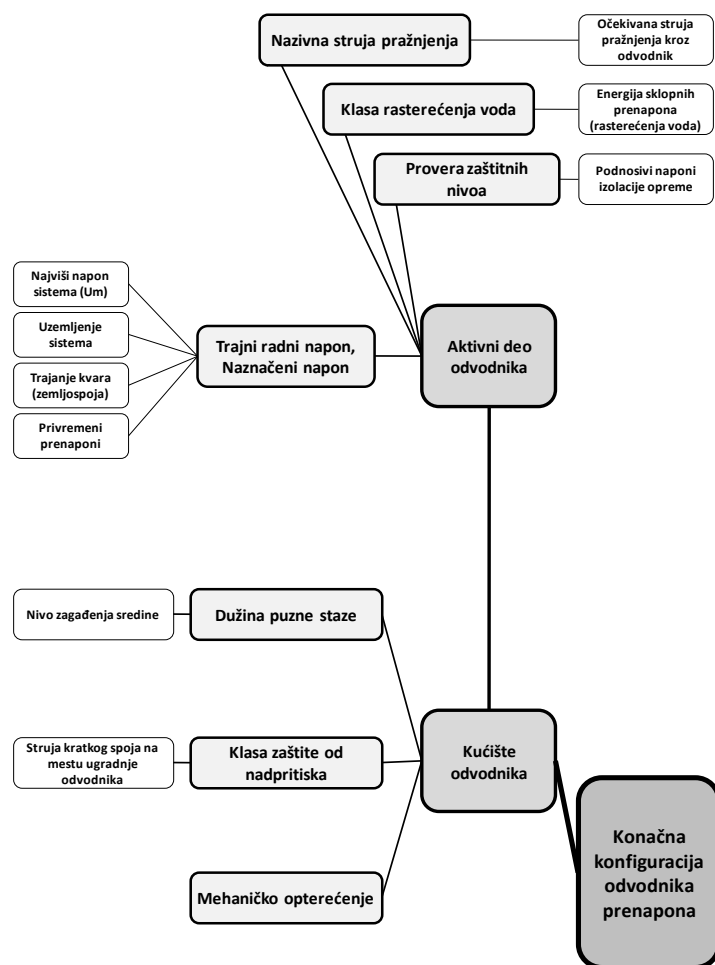
1. Uvod

Tokom eksploatacije metaloksidnog odvodnika prenapona (u daljem tekstu odvodnik) neminovno dolazi do promene njegovih karakteristika. Jedan od najvažnijih uzroka degradacije odvodnika predstavlja nepravilan izbor odvodnika (pogotovo nepravilan izbor naznačenog napona odvodnika). Iz navedenog razloga, pravilan izbor odvodnika je od izuzetne važnosti za projektovanje i eksploataciju visokonaponskih mreža i postrojenja. Postupak izbora odvodnika je poželjno automatizovati tako da se izbor odvodnika zasigurno vrši na pravilan i pritom efikasan način. Kao osnova za formiranje programskog alata korišćeni su katalozi renomiranih svetskih proizvođača odvodnika, *Siemens*-a i *ABB*-a. U okviru kataloga svakog od navedenih proizvođača izložen je i sam postupak za izbor odvodnika. Iako se ovi postupci međusobno u pojedinim tačkama razlikuju, ipak se primećuje da

podležu sličnoj formi koja bi se mogla nazvati generalni postupak za izbor odvodnika. Ovaj generalni postupak će se ukratko prikazati u nastavku.

2. Generalni postupak za pravilan izbor odvodnika

Na slici 1 je u formi blok dijagrama prikazan tok izbora odvodnika.



Slika 1. Blok dijagram generalnog postupka izbora odvodnika

Sa slike 1 se vidi da se izbor odvodnika sastoji od izbora dva osnovna dela odvodnika. To su izbor *aktivnog dela* odvodnika i izbor *kućišta*

odvodnika. Aktivni deo predstavlja "stub" sačinjen od metaloksidnih varistora (pored varistora u aktivnom delu odvodnika prisutni su i aluminijumski odstojnici, koji prilagođavaju dužinu "stuba" dužini samog kućišta). Naravno, dimenzije izabranog aktivnog dela utiču na izbor kućišta.

Aktivni deo odvodnika se specificira prema: zahtevanom *trajnom radnom naponu* i *naznačenom naponu*, *nazivnoj struji pražnjenja* i *klasi rasterećenja voda*.

Trajni radni napon se definiše kao efektivna vrednost maksimalnog radnog napona industrijske učestanosti na koji se odvodnik može trajno priključiti. Prema tome, ovaj napon zavisi od najvišeg napona sistema i vrste uzemljenja sistema. Dok za efikasno uzemljene sisteme minimalno zahtevani trajni radni napon treba da bude jednak najvišem faznom naponu (uvećanom za 5%, čime se uzimaju u obzir viši harmonici koji mogu da uvećaju amplitudu napona), za neefikasno uzemljene sisteme minimalno zahtevani trajni radni napon treba da bude jednak najvišem međufaznom naponu (budući da zemljospoj kod ovih sistema može da traje i više sati). *Naznačeni napon* odvodnika se određuje na dva načina. Prvi način je da se minimalno zahtevani trajni radni napon množi sa određenim koeficijentom (prema *Siemens*-u ovaj koeficijent je konstantan i iznosi 1.25, dok prema *ABB*-u iznosi od 0.8 do 1.25 u zavisnosti od vrednosti najvišeg napona sistema i vremena trajanja potencijalnog zemljospoja). Naznačeni napon se na drugi način određuje tako da odgovori na zahteve privremenih prenapona. Najčešće su to prenaponi koji nastaju pri nesimetričnom pogonu (pri nesimetričnim kvarovima ili pri nesimetričnom prekidu napajanja u trofaznim mrežama), mada postoje i druge vrste. Dakle, za sve privremene prenapone za koje se smatra da se mogu javiti u pogonu na mestu ugradnje odvodnika, ako su poznati njihovi parametri (vrednost i vreme trajanja), određuju se potencijalni naznačeni naponi uz pomoć dijagrama koji prikazuju odnos dozvoljenog napona na odvodniku i naznačenog napona odvodnika u toku vremena dejstva napona na koji je odvodnik priključen. Ove dijagrame proizvođači odvodnika daju u svojim katalozima. Kada se uporede vrednosti dobijenih potencijalnih naznačenih napona, najviša vrednost se zatim poredi sa vrednošću naznačenog napona koja je dobijena na prvi način i veća vrednost se uzima kao konačan naznačeni napon (naravno, ako u katalogu proizvođača ne postoji takva standardna vrednost, uzima se prva veća). Trajni radni napon odvodnika će sada biti vrednost iz kataloga koja odgovara izabranom naznačenom naponu.

Nazivna struja pražnjenja se bira prema očekivanoj struji pražnjenja kroz odvodnik. Ova struja zavisi od više faktora kao što su: složenost postrojenja, broj priključenih vodova na sabirnice postrojenja, snabdevenost prilaznih vodova zaštitnim užadima, udarna impedansa uzemljenja prilaznih stubova, podnosivi napon izolacije prilaznih vodova itd.

Klasa rasterećenja voda prema IEC standardu predstavlja merilo sposobnosti apsorpcije energije. Pojam klase rasterećenja voda se zasniva na pretpostavci da se na dugom vodu usled sklopnih operacija javlja sklopni

prenapon, koji se zatim u obliku putujućeg talasa rasterećuje kroz priključeni odvodnik. Relativno dugo trajanje sklopnog prenapona čini da ova vrsta prenapona postane najopasnija u smislu energetskog naprezanja. IEC standard definiše pet različitih klasa rasterećenja voda, koje se označavaju brojevima od 1 do 5. Pri ovome, veći broj označava bolju sposobnost apsorpcije energije. Koju klasu rasterećenja voda odabrati moguće je odlučiti na osnovu iskustva, odnosno, očekivane energije sklopnih prenapona. Ukoliko iskustvo izostaje, proizvođači daju preporuke u obliku tabela koje uparuju pojedine klase sa opsezima najvišeg napona mreže.

Nakon što se aktivni deo odvodnika specificira pomoću pomenutih kriterijuma, potrebno je proveriti da li on ispunjava *zaštitne karakteristike*. Preciznije rečeno, porebno je proveriti da li je preostali napon na krajevima odvodnika pri proticanju struje pražnjenja dovoljno niži od standardnog podnosivog napona izolacije štićenog elementa mreže (ovo se odnosi i na atmosferski i na sklopni podnosivi napon). Ukoliko su zaštitne karakteristike zadovoljene aktivni deo je potpuno određen. Međutim, ukoliko se pokaže da zaštitne karakteristike nisu adekvatne, potrebno je ili sniziti naznačeni napon (ali tako da se ne ugrozi trajni rad) ili povećati klasu rasterećenja voda (na ovaj način se dobija "pljosnatija" volt-amperska karakteristika odvodnika).

Kućište odvodnika se specificira prema: *dužini puzne staze, klasi zaštite od nadpritiska i mehaničkom opterećenju* koje može delovati na odvodnik u radu. Već je rečeno da dimenzije aktivnog dela utiču na dimenzije samog kućišta.

Dužina puzne staze predstavlja dužinu kućišta odvodnika (izolatora) merenu po spoljašnjoj "naboranoj" površini. Ime puzna staza je nastalo po puzajućem pražnjenju koje je početni stadijum preskoka po površini izolatora. "Naborana" površina izolatora veštački uvećava dužinu odvodnika i tako otežava nastanak puzajućih pražnjenja. Prema IEC standardu dužina puzne staze se bira prema *nivou zagađenja sredine* u kojoj se planira ugradnja odvodnika. Navedeni standard definiše četiri nivoa zagađenja sredine prema kojima se bira specifična dužina puzne staze – lako, srednje, teško i vrlo teško zagađenje sredine. Ovim nivoima su pridružene vrednosti specifične dužine puzne staze u mm/kV (u odnosu na najviši napon sistema).

Klasa zaštite od nadpritiska predstavlja ustvari merilo sposobnosti odvodnika da podnese struju kratkog spoja bez pojave teških posledica (npr. eksplozije kućišta). IEC standard stoga klasifikuje odvodnike prema maksimalnoj podnosivoj struji kratkog spoja, odnosno naznačenoj struji kratkog spoja. Potrebno je odabrati prvu veću vrednost od one koja se očekuje na mestu ugradnje odvodnika.

Odvodnici prenapona u toku radnog veka bivaju izloženi raznim mehaničkim opterećenjima kao što su naleti jakog vetra, zemljotresi itd. Pri izboru odvodnika potrebno je proveriti da li on zadovoljava kriterijume u pogledu podnosivih sila (momenata) koji mogu da deluju na odvodnik u toku rada.

Nakon specificiranja kućišta izbor odvodnika prenapona je kompletiran. Potrebno je samo u katalogu proizvođača pronaći odvodnik koji zadovoljava postavljene kriterijume.

3. Opis programskog alata

Kao programsko okruženje za formiranje programskog alata odabran je *Microsoft Access*. Na ovu ideju došlo se zbog toga što su podaci u katalogima proizvođača u nekim delovima dati tako da ih je zahvalno podeliti u posebne celine i potom referencijalno povezati, što ustvari predstavlja jednu od glavnih odlika Access-a. Pored ovoga, Access ima mogućnost elegantnog formiranja ulazno/izlaznog grafičkog interfejsa pomoću tzv. obrazaca (Forms). Na slici 2 prikazana je ulazna maska (interfejs) programskog alata.

Slika 2. Ulazna maska programskog alata za izbor odvodnika prenapona

Sa slike 2 se može uočiti da se ulazna maska sastoji od niza okvira, koji ustvari predstavljaju korake postupka izbora odvodnika. U gornjem levom uglu se nalazi okvir u kom se specificira *vrsta odvodnika prenapona*. Pod ovim se podrazumeva izbor proizvođača odvodnika, izbor vrste materijala od koje je izrađeno kućište odvodnika, kao i izbor mesta montaže odvodnika, odnosno, izbor namene odvodnika. Kako je energetska transformator u najvećem broju slučajeva štiti element, odvodnik može da ima ulogu zaštite izolacije

između faze i zemlje ili između neutralne tačke i zemlje, što je upravo predviđeno podokvirom *zaštita izolacije (montaža)*.

Ispod okvira za specifikaciju vrste odvodnika nalazi se okvir u kom se specificiraju *naponski kriterijumi*. Unutar ovog okvira bira se nazivni, odnosno najviši napon sistema, zatim tu je podokvir za izbor vrste *uzemljenja sistema* (efikasno ili neefikasno uzemljen sistem). Pored toga tu se nalazi i podokvir u kom se podešavaju parametri zemljospoja (misli se na jednofazan zemljospoj u mreži gde se odvodnik ugrađuje). *Faktor zemljospoja* (odnos napona "zdrave" faze pri zemljospoju i napona te faze u normalnom radu) je već automatski podešen na vrednost 1.4 za efektivno uzemljene sisteme (korisnik može da ga podesi na manju vrednost), odnosno 1.73 za neefikasno uzemljene sisteme. *Trajanje zemljospoja* je neophodno uneti preko tastature. Pored prethodno navedenog, u okviru *naponski kriterijumi* nalazi se i podokvir za podešavanje parametara *dodatnog privremenog prenapona* (već se obrađuje privremeni prenapon usled zemljospoja) sa pripadajućim "checkbox"-om kojim se ovaj okvir ostavlja kao opcija koju korisnik može a opet ne mora da koristi.

Gore desno se nalazi okvir za *pomoć* korisniku pri radu sa programskim alatom. Tu se nalazi polje *napomena* u kojem se ispisuje poruka koja korisnika navodi na ispravan unos kriterijuma. Pored toga, ovde postoje linkovi ka uputstvima proizvođača ukoliko korisnik ima potrebu da ih konsultuje.

Naredni okvir u nizu je okvir u kom se specificira sposobnost apsorpcije energije odvodnika. To se vrši preko izbora nazivne struje pražnjenja i klase rasterećenja voda.

Okvir za specifikaciju mehaničkih kriterijuma sadrži polja za izbor *nivoa zagađenja sredine*, *maksimalnog mehaničkog opterećenja vrha odvodnika* i polje za izbor *klase zaštite od nadpritiska* odnosno naznačene struje kratkog spoja. Ovde treba napomenuti da je za kriterijum mehaničkog opterećenja odabrana sila koja može u toku rada da deluje na vrh odvodnika (nije pogodno raditi sa momentima zbog različitih visina odvodnika). Specifikacija pomenute sile je problem budući da su retko poznate vrednosti sile koje mogu da nastupe. Međutim, da bi se izdvojili odvodnici za teške uslove rada (u mehaničkom smislu) potrebno je na ovom mestu uneti vrednost sile iz opsega od 5 000 N do 10 000 N. Za odvodnike od kojih se ne zahteva odolevanje većim mehaničkim opterećenjima dovoljno je uneti vrednost ispod 1 000 N.

Nakon što se specificiraju svi kriterijumi izbora odvodnika prenapona dovoljno je kliknuti na dugme *izbor odvodnika* da programski alat predloži odvodnik (ili više njih) koji zadovoljava postavljene kriterijume.

4. Primer primene programskog alata

Kao primer primene programskog alata prikazaće se izbor odvodnika za mrežu nazivnog napona 110 kV. Iskoristiće se to što je na Slici 2 u sklopu opisa programskog alata već prikazana ulazna maska sa specificiranim kriterijumima za izbor ABB-ovog 110 kV odvodnika sa polimernim kućištem, namenjenog da štiti faznu izolaciju efikasno uzemljenog sistema. Programski alat kao rezultat klika na dugme izbor odvodnika otvara izlaznu masku sa podacima o predloženom odvodniku. Na Slici 3 prikazana je odgovarajuća izlazna maska.

The screenshot shows the 'qpyABB_FZ2' application window with the ABB logo. It displays the 'Osnovni podaci' (Basic data) tab for a surge arrester. The 'Tip' (Type) is 'PEXLIM R 090 - YH123'. The data is organized into three main sections: 'Električne karakteristike' (Electrical characteristics), 'Preostali naponi na odvodniku za date strujne impulse' (Residual voltages on the arrester for the given current impulses), and 'Mehaničke karakteristike' (Mechanical characteristics). At the bottom, there are 'Radni uslovi' (Operating conditions) and a status bar.

Električne karakteristike	
Najviši napon sistema	123 kV
Naznačeni napon	90 kV
Trajni radni napon	72 kV
Nazivna struja pražnjenja	10 kA
Klasa rasterećenja voda	2
Sposobnost apsorpcije energije	5.1 kJ/kV

Preostali naponi na odvodniku za date strujne impulse	
30/60 μ s/ μ s	
0,5 kA	186 kV
1 kA	193 kV
2 kA	202 kV
3 kA	- kV
8/20 μ s/ μ s	
5 kA	220 kV
10 kA	234 kV
20 kA	262 kV
40 kA	299 kV

Mehaničke karakteristike	
Dužina puzne staze	3726 mm
Klasa zaštite od nad pritiska (nazivna struja kratkog spoja)	50 kA
Max. dozvoljena dugotrajna sila na vrh odvodnika	809 N
Max. dozvoljeni dugotrajni moment	1000 Nm
Max. dozvoljena kratkotrajna sila na vrh odvodnika	1294 N
Max. dozvoljeni kratkotrajni moment	1600 Nm

Radni uslovi

Temperatura	-50 °C – 45 °C
Nadmorska visina	max. 1000 m
Učestanost	15 – 62 Hz

Buttons: < > Izlaz

Status bar: Record: 1 of 2, No Filter, Search

Slika 3. Izlazna maska programskog alata za izbor odvodnika prenapona (prikaz osnovnih podataka)

Može se videti da se izlazna maska sastoji od dve kartice (Tag). Unutar jedne se nalaze *osnovni podaci* (Slika 3) a u okviru druge *dodatni podaci* (Slika 4). Ako se pogleda donji levi ugao izlazne maske može se primetiti da je programski alat predložio dva odvodnika (ovde se prikazuju samo podaci prvog predloženog odvodnika). Pregled drugih predloženih odvodnika vrši se pomoću dugmića sa oznakom strelice.

Slika 4. Izlazna maska programskog alata za izbor odvodnika prenapona (prikaz dodatnih podataka)

5. Zaključak

Pravilan izbor metaloksidnih odvodnika prenapona je vrlo važan za projektovanje i eksploataciju visokonaponskih mreža i postrojenja. Razvijeni programski alat predstavlja jednu vrstu automatskog kataloga budući da sadrži bazu podataka formiranu na osnovu stvarnih kataloga dva proizvođača odvodnika prenapona. Prema tome, može se zaključiti da programski alat pored toga što izbor odvodnika vrši na pravilan način u postupak izbora unosi i efikasnost čime se postiže ušteda vremena u procesu projektovanja elektroenergetskih postrojenja.

Literatura

- [1] 1HSM 9543 12-00en, Surge Arresters Buyer's Guide, Edition 8, 2010-12, ABB AB, Ludvika, Sweden.
- [2] V. Hinrichsen, Metal-Oxide Surge Arrester, Fundamentals, 1st edition, Siemens AG, Berlin, Germany, 2001.
- [3] M. Savić, Z. Stojković: Tehnika visokog napona - atmosferski prenaponi,

Monografija, II ispravljeno izdanje, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2001.

- [4] D. Đorđević, Z. Stojković: Automatizacija izbora metaloksidnih odvodnika prenapona, master rad, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2011.

Abstract. This paper outlines a general procedure of metal-oxide surge arresters selection, and the characteristics and possibilities of the software tool for metal-oxide surge arresters selection. Software tool was developed during the preparation of the master's thesis titled "Automation of metal-oxide surge arresters selection". Finally an example is given for metal-oxide surge arresters selection using developed software tool.

Keywords: metal-oxide surge arrester, metal-oxide surge arresters selection, software tool

Characteristics and Possibilities of Software Tool for Metal-Oxide Surge Arresters Selection