

Dr. sc. Ivan Sarajčev, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike,
strojarstva i brodogradnje, Split

**PRIOLOG IZBORU METALOKSIDNIH ODVODNIKA PRENAPONA
NAMIJENJENIH ZAŠTITI PLAŠTEVA KABELA KOJI SU
UZEMLJENI SAMO NA JEDNOME KRAJU**

SAŽETAK

U radu je tretirana problematika prenaponske zaštite plašteva kabelskog voda, sačinjenog od tri jednožilna kabela, kojemu su plaštevci uzemljeni samo na jednomo kraju. Prikazan je, u tu svrhu, izbor osnovnih parametara metaloksidnih odvodnika prenapona koji se ugrađuju između plašteva kabela na neuzemljenom kraju i pripadnog uzemljivača. Prikaz odabira odgovarajućeg odvodnika prenapona urađen je na primjeru kabelskog voda sastavljenog od jednožilnih kabela 64/110 kV tipa SIPRELEC, tvrtke SILEC - Francuska.

**CONTRIBUTION TO THE CHOICE OF METAL-OXIDE SURGE
ARRESTER FOR CABLE SHEATHS PROTECTION WHICH ARE
EARTHED ON ONE END**

RESUME

In this paper is treated the problem being connected with overvoltage sheath protection of the cable composed from three singlecore cables, and with the sheaths earthed on one end. For that purpose it is presented the choice of the basic parameters of metal-oxide surge arresters which are incorporated between the sheaths on the unearthed end and the corresponding earthing point.

1. UVOD

Vodljivi plaštev elektroenergetskih kabela uzemljuju se, u pravilu, na oba kraja. Međutim, u situacijama kada se primjerice želi:

- spriječiti iznošenje potencijala iz postrojenja pogodenih jednopolnim/dozemnim kratkim spojem
- ostvariti ispravno djelovanje relejne zaštite od jednopolnoga kratkog spoja (JKS-a) u kabeu,

plaštev spomenutih kabela uzemljuju se samo na jednom od njegovih krajeva

U spomenutim situacijama potrebno je između plašteva kabela na neuzemljenom kraju i pripadnog uzemljivača postaviti/ugraditi odgovarajuću prenaponsku zaštitu. Neka je, pritom, riječ o kabelskom vodu sačinjenom od tri jednožilna kabela s plaštevima izoliranim u odnosu na okolnu zemlju. Za prenaponsku zaštitu neka se, na dalje, upotrijebe metaloksidni (MO-ni) odvodnici prenapona.

Temeljna zadaća ovoga rada jest prikazati izbor osnovnih parametara MO-nih odvodnika prenapona namijenjenih ugradnji između plašteva kabela na neuzemljenom kraju i pripadnog uzemljivača.

U tom smislu, na sl. 1 je predložen isječak iz elektroenergetske mreže u kojemu je prikazana jednopolna shema promatranoga kabelskog voda, s plaštevima uzemljenim samo na jednom kraju, te pripadni sustav prenaponske zaštite dotičnoga kabelskog voda. Glede potonjeg, radi se o:

- prenaponskoj zaštiti plašteva kabela na neuzemljenom kraju

postrojenja, kao i inducirani napon u plaštu onog jednožilnog kabela koji pripada fazi u kvaru u uvjetima nastupa JKS-a u postrojenju B.

2. IZBOR OSNOVNIH PARAMETARA MO-nog ODVODNIKA PRENAPONA

Osnovni parametri MO-nog odvodnika prenapona, namijenjenog ugradnji između plašteva kabela na neuzemljenom kraju i pripadnog uzemljivača, jesu:

- trajni radni napon
- nazivni napon
- nazivna odvodna struja
- preostali naponi pri: nazivnoj odvodnoj struji i struji pri sklapanju.

Valja reći da je izbor parametara MO-nog odvodnika prenapona uvijek plod kompromisa u nastojanju da se zadovolje slijedeći temeljni zahtjevi:

- a) čim veća otpornost u odnosu na tzv. privremene prenapone
- b) čim niža zaštitna razina (niži preostali napon)
- c) čim veća snosobnost absorpcije energije (veća energetska podnosivost)

- d) čim prihvatljivija cijena.

Treba, pritom, naglasiti da su zahtjevi a) i b) odnosno c) i d) međusobno protivni, jer primjerice povišenjem otpornosti glede privremenih prenapona (postiže se izborom višeg nazivnog napona odvodnika) znači istodobno povišenje i zaštitne razine (preostalog napona) odvodnika prenapona. Isto tako, izborom odvodnika prenapona veće energetske podnosivosti (smanjuje se tada rizik kvara odvodnika) znači skuplji odvodnik (naime, cijena odvodnika prenapona usko je vezana uz njegovu energetska podnosivost).

Mogućnost optimalnog izbora MO-nog odvodnika prenapona ovisi, u velikoj mjeri, o poznavanju stvarnih naponskih i energetskih naprezanja kojim će biti izložen odvodnik prenapona na mjestu svoje ugradnje. Stoga je zadaći određivanja mogućih/očekivanih naponskih i energetskih naprezanja odvodnika prenapona potrebno posvetiti punu pozornost.

Trajni radni napon odvodnika prenapona, U_c , jest maksimalno dozvoljena efektivna vrijednost napona, nazivne frekvencije (50 Hz), koji može biti trajno primijenjen između priključaka odvodnika. Temeljni zahtjev koji se postavlja pri izboru veličine U_c jest da tjemena vrijednost dotičnog napona ($\sqrt{2} \cdot U_c$) mora biti jednaka ili veća od tjemene vrijednosti najvišeg odgovarajućeg napona u stacionarnom stanju, u koji su po mogućnosti uključeni i harmonici napona, a koji se može javiti između plašteva kabela na neuzemljenom kraju i pripadnog uzemljivača. Efektivna pak vrijednost potonjeg napona, $\bar{E}$, može se - u slučaju kabela složenih u trokutnom snopu, da se međusobno dotiču, i opterećenih simetričnim trofaznim sustavom struja za koji dakako vrijedi:

$$I_R + I_S + I_T = 0 \quad , \quad (1)$$

a pri nepostojanju harmonika napona u mreži - odrediti slijedećim izrazom:

$$\bar{E} = \bar{I}_R \cdot j \frac{\omega \cdot \mu_0 \cdot l}{2\pi} \cdot \ln \frac{D}{r_p} \quad (2)$$

gdje su:

- $\bar{I}_R$ - struja u fazi R (struja opterećenja; iste su po iznosu i struje u fazama S i T, samo su međusobno fazno pomaknute za 120°) promatranog kablenskog voda
- j - imaginarna jedinica, $j = \sqrt{-1}$
- ω - kružna frekvencija, $\omega = 2\pi f$; pritom je f - nazivna frekvencija
- μ_0 - permeabilnost vakuum, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$
- l - duljina kablenskog voda
- D - vanjski promjer odgovarajućeg jednožilnog kabela
- r_p - srednji polumjer plašta jednožilnog kabela.

Naime, valja istaknuti da se u slučaju kabela složenih u trokutnom snopu javljaju/induciraju u njihovim plaštovima naponi istoga iznosa.

Međutim, kod kabela položenih u ravnini odgovarajući naponi inducirani u plaštovima pojedinih kabela nisu međusobno jednakih iznosa. Najmanji inducirani napon se redovito javlja u plaštu središnjeg kabela. Inducirani naponi u plaštovima vanjskih kabela su veći i međusobno nejednaki. Koji će od plašteva vanjskih kabela imati najveći inducirani napon ovisi isključivo o redoslijedu kojim su poredane faze promatranoga kablenskog voda u ravnini. Određivanje dotičnih napona iscrpno je prikazano u [5].

Temeljem svega prije iznijetog izbor veličine U_c mora zadovoljiti slijedeću nejednakost:

$$U_c \geq |E| \quad (3)$$

Odabir veličine U_c prema (3) provodi se iz kataloških podataka proizvođača odvodnika prenapona. Ovdje, međutim, valja navesti da neki proizvođači odvodnika prenapona u svojim uputstvima imaju drugačiji pristup izboru veličine U_c stavljajući je u ovisnost od amplitude i trajanja privremenih prenapona. Time veličini U_c pridaju drugačije značenje.

Nazivni napon odvodnika prenapona, U_r , predstavlja maksimalno dozvoljenu efektivnu vrijednost napona, nazivne frekvencije, ograničenog trajanja (10 sek.), koji se može primijeniti između priključaka odvodnika prenapona pošto je odvodnik apsorbirao dozvoljeni/nazivni iznos energije. U svezi je s termičkom stabilnošću odvodnika i bira se na temelju tzv. privremenih prenapona koji se mogu javiti na mjestu ugradnje odvodnika.

Privremeni prenaponi (engl.: temporary overvoltage) - odnosno privremeno povišenje napona - u promatranom slučaju jesu oscilatorni prenaponi između plašteva kabela na neuzemljenom kraju i pripadnog uzemljivača. Relativno su dugog trajanja, neprigušeni su ili tek slabo prigušeni. Potječu obično od kratkih spojeva u mreži i operacija sklapanja (ispadi tereta), te zbog pojava nelinearnosti (efekti ferorezonancije, viši harmonici). Karakteriziraju se: amplitudom (U_{TOV}), trajanjem (t_{TOV}) i frekvencijom oscilacija. Potonja veličina se, pritom, kreće u području od nekoliko Hz-a do nekoliko stotina Hz-a.

Kod pravilno projektiranih mreža postoji minimalna mogućnost nastupa privremenih prenapona uslijed rezonantnih pojava (u tom smislu, pri izboru parametara odvodnika prenapona, ne

$$U_{TOV} = I_R \cdot \frac{\omega \cdot \mu_0 \cdot l}{2\pi} \cdot \ln \frac{D}{r_p} \quad (4)$$

pri čemu veličina I_R ovdje predodžuje iznos/modul struje trolnoga kratkog spoja u faznom vodiču R kabela (treba reći da je trolni kratki spoj simetrični kratki spoj, pa su stoga odgovarajuće struje u ostalim faznim vodičima S i T kabela jednake po iznosu navedenoj struji u faznom vodiču R).

Pri nastupu JKS-a u mreži struja u pogodnom/"bolesnom" faznom vodiču (neka to bude faza R)

je uvijek veća od struja u ostalim/"zdravim" faznim vodičima S i T. Pritom su struje u "zdravim" faznim vodičima S i T - u slučaju kada se proračun JKS-a provodi uz jednake sustave direktnog i inverznog redosljeda - međusobno jednake. Vrijedi tada:

$$\bar{I}_S = \bar{I}_T = I_z \cdot e^{j\varphi_z} = I_z \angle \varphi_z \quad (5)$$

gdie su I i m - efektivna vrijednost i fazni pomak struja u "zdravim" faznim vodičima S i T

respektivno.

Za struju u "bolesnom" faznom vodiču kabela može se, na dalje, usvojiti:

$$\bar{I}_R = I_b \cdot e^{j\varphi_b} = I_b \angle \varphi_b \quad (6)$$

Istraživanja provedena u [6] pokazuju da se najnepovoljnije naponsko stanje (najveći inducirani napon) redovito javlja u plaštu onoga kabela kojeg je fazni vodič pogoden JKS-em. Pritom najveći odgovarajući prenapon nastaje u slučaju nastupa JKS-a na kraju promatranoga kabelskog voda, tj. u incidentnom postrojenju. Dotični se prenapon, pri kabelima složenim u trokutnom snopu, može odrediti pomoću izraza:

$$\bar{E}_b = I_b \cdot e^{j\varphi_b} \cdot \bar{Z}_m + 2 \cdot I_z \cdot e^{j\varphi_z} \cdot \bar{Z}_m^I \quad (7)$$

pri čemu su:

$$\bar{Z}_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{\omega \cdot \mu_0 \cdot l}{2\pi} \cdot \ln \frac{D}{r_p} \quad \text{u Ohmima (impedencija međusobnog induktivnog spajanja između faza S i T)}$$

$$D_c = 658 \cdot \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad (10)$$

gdje veličina ρ predstavlja prosječnu vrijednost specifičnog električnog otpora tla duž trase razmatranoga kablenskog voda.

U skladu s oznakama i simbolikom primijenjenom na sl. 1, pri nastupu JKS-a u postrojenju incidentnom promatranom kablskom vodu, amplituda privremenog prenapona između plašta kabela na neuzemljenom kraju i pripadnog uzemljivača iznosi:

$$U_{TOV} = |\bar{E}_b + \bar{V}_{uA} + \bar{V}_{uB}| \quad (11)$$

pri čemu su veličine $\bar{V}_{uA}$ i $\bar{V}_{uB}$ respektivno potencijali uzemljivača postrojenja A i B koji su incidentni promatranom kablskom vodu. Spomenuti se potencijali računaju prema izrazima:

$$\bar{V}_{uA} = \bar{I}_{uA} \cdot \bar{Z}_{uA} \quad (12)$$

$$\bar{V}_{uB} = \bar{I}_{uB} \cdot \bar{Z}_{uB} \quad (13)$$

u kojima su $\bar{Z}_{uA}$ i $\bar{Z}_{uB}$ nadomjesne impedancije uzemljenja pripadnih uzemljivačkih sustava postrojenja A i B, respektivno; dok su $\bar{I}_{uA}$ i $\bar{I}_{uB}$ struje koje respektivno odводе u zemlju navedeni sustavi uzemljenja. Određivanje raspodjele struja u sustavima uzemljenja, u uvjetima nastupa JKS-a, može se primjerice provesti korištenjem teorije prezentirane u [8] i na temelju nje razvijenog programskog paketa naslova RASTRUZ.

Trajanje privremenih prenapona, t_{TOV} , prouzročenih nastupima spomenutih kratkih spojeva ovisno je o vremenu eliminiranja kvara, odnosno u svezi je s udešenjem relejne zaštite.

Kao plod provedenih analiza spomenutih vrsta kratkih spojeva, te raznih konfiguracija mreže, dobiju se amplitude: $U_{TOV_1}, U_{TOV_2}, \dots$ odgovarajućih privremenih prenapona kao i vremena njihovih trajanja: $t_{TOV_1}, t_{TOV_2}, \dots$. Dotični privremeni prenaponi, u koliko su im vremena trajanja u području između 0,1 sek i 100 sek. (redovito je to slučaj u mrežama s izravno uzemljenim zvjezdlišima energetskih transformatora, kao i u mrežama uzemljenim posredno preko malog djelatnog otpornika), mogu se izraziti nadomjesnim/ekvivalentnim privremenim prenaponima s amplitudama: U i $\sqrt{U}$ i trajanjem 10 sek. (notorna vrijednost odgovara naime trajanju

Temeljni zahtjev kojega valja zadovoljiti pri izboru nazivnog napona odvodnika prenapona, U_r , jest da potonja veličina mora biti jednaka ili veća od najvećeg dobijenog nadomjesnog

$$U_r \geq \max (U_{c\eta_1}, U_{c\eta_2}, \dots) \quad (15)$$

Izbor veličine U_r u skladu s (15) provodi se iz kataloških podataka proizvođača odvodnika prenapona.

Ovdje valja navesti da neki proizvođači odvodnika prenapona u svojim tehničkim uputstvima navode postupak izbora nazivnog napona odvodnika koji se razlikuje od netom predloženog. U tu svrhu iskorištava se svojstvo otpornosti odvodnika prenapona u odnosu na privremene prenapone, koje je definirano s pomoću tzv. koeficijenata otpornosti odvodnika. Potonji su koeficijenti dani u vidu krivulja u katalozima proizvođača odvodnika.

Treba, međutim, reći da oba navedena postupka izbora nazivnog napona odvodnika daju najčešće približno jednake konačne rezultate. Prednost bi ipak trebalo dati postupku prezentiranom u ovom radu.

Nazivna odvodna struja odvodnika prenapona, I_n , jest tjemena vrijednost impulsne/udarne struje oblika 8/20. Ista služi za razređivanje odvodnika glede njihove izdržljivosti u odnosu na strujna opterećenja.

Nazivna odvodna struja odvodnika prenapona ugrađenih između plašteva kabela na neuzemljenom kraju i pripadnog uzemljivača treba biti jednaka nazivnoj odvodnoj struji odvodnika prenapona postavljenih na dotičnom kraju kabela između njegovih faznih vodiča i pripadnog uzemljivača, [2].

3. PRIMJER IZBORA MO-nog ODVODNIKA PRENAPONA

Postupak izbora MO-nih odvodnika prenapona, namijenjenih zaštiti plašteva kabela koji su uzemljeni samo na jednome kraju, obrađen je na primjeru kabelskog voda sastavljenog od tri jednožilna kabela 64/110 kV tipa SIPRELEC, tvrtke SILEC - Francuska. Fazni vodiči dotičnih kabela izrađeni su iz aluminijskog užeta i presjeka su 1000 mm². Izolacija im je iz umreženog

slojeve povrh faznog vodiča i izolacije. Konstrukcijski podaci su im navedeni u [12].

Spomenuti kabele su složeni u trokutnom snopu, tako da se međusobno dotiču. Ukopani su u tlo prosječnog specifičnog električnog otpora $\rho=100 \Omega\text{m}$. Ovako ostvareni kabelski vod je 110 kV veza među postrojenjima A i B, sl. 1. Duljina dotičnog kabelskog voda neka iznosi 5 km.

Plaševi navedenog kabelskog voda neka su pritom uzemljeni samo u postrojenju A, sl. 1. Stoga je u postrojenju B potrebno postaviti odgovarajuće odvodnike prenapona između neuzemljenih/izoliranih plašteva promatranog kabelskog voda i pripadnog uzemljivača.

Prema [12] nazivno opterećenje (stacionarno stanje) promatranog kabelskog voda iznosi $I_R=740 \text{ A}$. Stoga, u skladu s (2), napon induciran u plaštevima spomenutog kabelskog voda ima vrijednost:

$$|\vec{U}| = 183 \text{ V} . \quad (16)$$

Na temelju (3) trajni radni napon odvodnika prenapona, koji se kani ugraditi između plašteva kabela na neuzemljenom kraju i pripadnog uzemljivača, mora zadovoljiti slijedeću nejednakost:

Koristeći prezentirane vrijednosti struja u tablici I - te izraze (4), (7), (8), (9), (10), (11), (12) i (13) - a uz zanemarenje nadomjesnih impedancija uzemljenja uzemljivačkih sustava postrojenja A i B (tj. uz $\bar{Z}_{uA} = \bar{Z}_{uB} \approx 0 + j0 \Omega$) mogu se odrediti amplitude odgovarajućih privremenih prenapona na mjestu ugradnje traženih odvodnika prenapona. Rezultati proračuna dotičnih privremenih prenapona prikazani su u tablici II. Redoslijed predočenih privremenih prenapona odgovara, pritom, najprije nastupima trolnoga kratkog spoja u postrojenjima A i B, $i \in [1,2]$, a zatim nastupima JKS-a u postrojenjima A i B, $i \in [3,4]$. U dotičnoj tablici unesena su i vremena trajanja navedenih privremenih prenapona. Ona odgovaraju vremenima djelovanja II. stupnja distantne zaštite (0,6 sek). Naime, pretpostavlja se da u postrojenjima A i B ne postoji sabirnička zaštita. Konačno, u tablici II unesene su i vrijednosti amplitude ekvivalentnih privremenih prenapona s trajanjem 10 sek. Iste su određene na temelju (14).

Tablica II Amplitude privremenih prenapona, U_{TOV_i} , njihova trajanja, t_{TOV_i} , te amplitude ekvivalentnih privremenih prenapona s trajanjem 10 sek., U_{eq_i} , između plašteva na neuzemljenom kraju promatranog kablenskog voda i uzemljivača postrojenja B pri nastupima trolnoga i jednopolnoga kratkog spoja u postrojenjima A i B.

i	U_{TOV_i} [V]	t_{TOV_i} [s]	U_{eq_i} [V]
1	519	0,6	491
2	751	0,6	710
3	2649	0,6	2503
4	3768	0,6	3561

Izbor nazivnog napona traženog odvodnika prenapona mora zadovoljiti nejednakost (15), pa u skladu s vrijednostima danim u tablici II slijedi:

$$U_r \geq 3561 \text{ V.} \quad (18)$$

Uz pretpostavku da su odvodnici prenapona ugrađeni između faznih vodiča promatranoga kablenskog voda i pripadnog uzemljivača u postrojenju B nazivne odvodne struje $I_n=10 \text{ kA}$, odabrat će se iz kataloga, primjerice [13], traženi odvodnik prenapona sa slijedećim podacima:

$$U_c = 3,2 \text{ kV} \quad U_r = 4 \text{ kV} \quad I_n = 10 \text{ kA} . \quad (19)$$

Radi se, naime, o MO-nom odvodniku prenapona, primjerice, tipa PEXLIM Q 004-VV004. Očito je, dakle, da odabrani odvodnik prenapona zadovoljava u potpunosti zahtjeve (17) i (18). Zaštitne karakteristike dotičnog odvodnika u odnosu na prenapone atmosferskog i sklopnog podrijetla predočene su odgovarajućim preostalim naponima navedenim u tablicama III i IV, respektivno.

Tablica III Maksimalni preostali naponi odvodnika pri odvođenju struja oblika 8/20.

Struja [kA]	5	10	20
Napon [kV]	9,1	9,6	10,6

Tablica IV Maksimalni preostali naponi odvodnika pri odvođenju struja sklapanja; riječ je o impulsnim strujama s trajanjem čela duljim od 30 μ s.

Struja [kA]	0,5	1	2
Napon [kV]	7,8	8,0	8,3

Nazivna specifična energetska podnosivost odabranog odvodnika prenapona izražena je u odnosu na njegov nazivni napon. Jednaka je iznosu 4,5 kJ/kV.

Valja reći da je kućište odabranog odvodnika prenapona izrađeno iz polimera, pa stoga ne postoji mogućnost njegova rasprsnuća koje bi moglo ugroziti susjednu opremu i ljude nazočne u njegovoj blizini. Pored toga, kućište navedenog odvodnika zadovoljava IV. razinu onečišćenja.

4. ZAKLJUČAK

U radu je tretirana problematika prenaponske zaštite plašteva kablenskog voda, sastavljenog od jednožilnih kabela, kojemu su plaštevci uzemljeni samo na jednom kraju. Tada je, naime, na drugom kraju dotičnog kablenskog voda potrebno postaviti odvodnike prenapona između plašteva na tom/neuzemljenom kraju i pripadnog uzemljivača.

Prezentiran je postupak izbora osnovnih parametara navedenih odvodnika prenapona. Riječ je, pritom, o metaloksidnim odvodnicima prenapona. Pokazano je da su naponska naprerezanja u stacionarnom stanju mjerodavna pri izboru trajnog radnog napona odvodnika prenapona. Za izbor, pak, nazivnog napona odvodnika prenapona bitna su naponska naprezanja koja se javljaju tijekom tzv. kvazistacionarnih stanja. Radi se, naime o nastupima trolnoga i jednofaznoga kratkog spoja u elektroenergetskoj mreži. Pritom dolazi i do privremenog povišenja napona (tzv. privremeni prenapon) između plašteva kabela na neuzemljenom kraju i pripadnog uzemljivača. Trajanje ovog stanja je ograničeno udešenjem/ugadanjem relejne zaštite u mreži. Valja, pritom, reći da se u uvjetima nastupa trolnoga kratkog spoja u svim plaštevima promatranog kablenskog voda, složenog u trokutnom snopu, javljaju potpuno jednaka naponska naprezanja. Međutim, pri nastupu JKS-a najveće naponsko naprezanje redovito se pojavljuje u plaštu onoga kabela kojeg je fazni vodič u kvaru.

Glede izbora nazivne odvodne struje dotičnog odvodnika, potrebno je da ona bude istog iznosa kao i nazivna odvodna struja onih odvodnika prenapona koji su smješteni u zajedničkom postrojenju a ugrađeni su između faznih vodiča promatranog kablenskog voda i pripadnog/zajedničkog uzemljivača.

Što se pak tiče preostalih napona (definiraju zaštitnu razinu) dotičnog odvodnika, potrebno je da su oni čim niži, kako bi navedeni odvodnik prenapona bio čim bolja/učinkovitija zaštita vanjskom omotaču kabela.

Na primjeru kablenskog voda duljine 5 km sastavljenog od jednožilnih kabela 64/110 kV tipa SIPRELEC, tvrtke SILEC - Francuska, s plaštevima uzemljenim samo na jednom kraju proveden je izbor odgovarajućeg MO-ovog odvodnika, prenapona, namijenjenog zaštiti plaštova kablenskog voda na neuzemljenom kraju.

kablenskog voda na neuzemljenom kraju.

LITERATURA

- [1] IEC 99-4: 1991, Surge Arresters - Part 4: Metal-oxide Surge Arresters without Gaps for A.C. Systems
- [2] IEC 37 (secretariat) 93: Guide for the Selection and Application of Surge Arresters
- [3] IEC, Publication 287/1969.
- [4] IEC, Publication 840/1988
- [5] Sarajčev, I.: Gubici snage kablenskog prenosa, disertacija, ETI, Zagreb, 1985.
- [6] Sarajčev, I.: Određivanje naponskog stanja u plaštevima jednožilnih kabela uzemljenih na jednom kraju pri nastupu JKS-a u jednom od kabela, I. simpozij o energetskeim kabelima, Split, 1994.
- [7] Sarajčev, I.: Istraživanje strujnog stanja pri kratkom spoju u jednožilnim kabelima, Elektrotehnika, Vol. 37, No 4, Zagreb, 1994.
- [8] Sarajčev, I.: Nov matematički model proračuna strujnog stanja u sustavima uzemljenja, Elektrotehnika, Vol. 35, No 5-6, Zagreb, 1992.
- [9] Heinhold, L.: Power Cables nad their Application, Siemens, Berlin, 1979.
- [10] Milosavljević, Lj.; Đorić, N.: Nulta impedansa kod kablova, II. savjetovanje JUNAKO CIGRE o energetskeim kabelima
- [11] Nahman, J.: Uzemljenje neutralne tačke distributivnih mreža. Naučna knjiga, Beograd, 1980

