

Jože Hrastnik
Izoelektro d.o.o.
joze@izoelektro.si

ODVOJNA NAPRAVA NISKONAPONSKIH ODVODNIKA PRENAPONA ZA VANJSKU MONTAŽU

SAŽETAK

Članak se bavi niskonaponskim (NN) odvodnicima prenapona koji osiguravaju stalnu opskrbu električnom energijom, sve važnijim čimbenikom neometanog djelovanja procesa baziranih na njenom korištenju. Naglasak članka je na odvojnoj napravi, koja mora efikasno isključiti odvodnik prenapona iz mreže, ako dođe do pada naponsko-strujne (U-I) karakteristike, odnosno do trenutnog uništenja odvodnika prenapona zbog prevelike količine apsorbirane energije.

U članku je detaljnije prikazana odvojna naprava za niskonaponski odvodnik prenapona, koja sprječava/onemogućuje nastanak kratkog spoja u električnoj mreži zbog odvajanja odvodnoga priključka od niskonaponskog odvodnika prenapona, te je sposobna isključiti i najneugodnije struje kratkog spoja pri nenadanom uništenju odvodnika prenapona. U članku su također prikazani i rezultati testiranja djelovanja odvojne naprave u akreditiranom laboratoriju ZKU iz Praga.

Cljučne riječi: prenapon, električna energija, odvodnik prenapona, odvojna naprava, ispitivanja

DISCONNECTING DEVICE OF LOW VOLTAGE SURGE ARRESTERS FOR OUTDOOR FITTING

SUMMARY

This article deals with low voltage (LV) surge arresters, because the constant supply of electricity is increasingly important for the uninterrupted functioning of all processes that are based on the use of electricity. Article focus on the disconnector device, which should effectively disconnected surge arrester from the electrical network, if there is a deterioration of voltage-current (IM) characteristics or momentarily destruction of surge arrester because of too much absorbed energy.

The article detailed the disconnector device for low voltage surge arrester, which prevents the formation of a short circuit in the electrical network in order to switch-off the earthing fitting of low voltage surge arrester and is able to disconnect the most unfavourable short circuits in the sudden destruction of surge arrester. In the article are given the results of the trials to defeat the operation of the device in an accredited laboratory ZKU Prague.

Key words: overvoltage, electric energy, surge arrester, disconnecting device, tests

1. UVOD

1.1. Stanje u svijetu

Članak opisuje niskonaponske (NN) odvodnike prenapona. Gotovo da više i nema poslovnih procesa koji ne bi koristili električnu energiju, pa je neometana opskrba električnom energijom sve važniji čimbenik njihova nesmetanog odvijanja. Također i domaćinstva, koja slijede razvoju tehnoloških rješenja, sve su više procesno ovisna o električnoj energiji, pa su stoga sve jači zahtjevi glede njene neprekinute opskrbe. Istraživanja njemačkog osiguravajućega instituta iz godine 2001. [1] pokazala su da čak 23,5 % svih šteta prouzroče razni prenaponi, prije svega atmosferskoga izvora. Na tržištu postoje mnogobrojni elementi za zaštitu od prenapona, a najčešće se ugrađuju metal-oksidni odvodnici prenapona. Danas, se u odvodnike prenapona ugrađuju metal-oksidni (ZnO) varistori, koji imaju izrazito nelinearnu karakteristiku. Slaba strana ZnO varistora je, da također u normalnom radu propuštaju određene vrijednosti jalovih struja

1.2. Sadržaj članka i naglasak

Naglasak članka je na odvojnoj napravi, koja mora učinkovito otklopiti odvodnik prenapona iz mreže, kad se naponsko-strujna (U-I) karakteristika pogorša, odnosno dođe do trenutnoga uništenja odvodnika prenapona zbog prevelike apsorbirane energije.

U članku su najprije općenito predstavljeni NN odvodnici prenapona za vanjsku montažu. Kasnije je u članku detaljnije prikazana odvojna naprava za niskonaponski odvodnik prenapona, koja omogućava nastanak kratkoga spoja u električnoj mreži zbog isključivanja odvodnoga priključka od niskonaponskoga odvodnika prenapona. Ta odvojna naprava je sposobna otklopiti i najneugodnije kratke spojeve pri nenadanom uništenju odvodnika prenapona. Na kraju su prikazani rezultati laboratorijskih ispitivanja/testiranja odvojne naprave u akreditiranom laboratoriju ZKU Zkušebnictvi, as., iz Praga (Republika Češka)

2. ODVODNICI PRENAPONA - OPĆENITO

2.1. Općenito

Kao osnova prenaponskih odvodnika danas se koriste metal-oksidni (ZnO) nelinearni otpori. Metal-oksidni nelinearni otpori imaju veliku prednost u usporedbi sa SiC nelinearnim otporima, koji su se za odvodnike prenapona koristili u prošlosti. Najvažnije prednosti metal-oksidnih odvodnika prenapona jesu:

- a) niži zaštitni nivo,
- b) bolja sposobnost apsorpcije energije,
- c) mogućnost paralelnoga spajanja,
- d) manje dimenzije.

Odvodnici prenapona se upotrebljavaju na raznim mjestima u distribucijskoj mreži, koja obilježavaju njihova opterećenja:

- a) električna,
- b) termička, kao posljedica električnih i
- c) termička, kao posljedica vanjskih izvora topline (sunce).

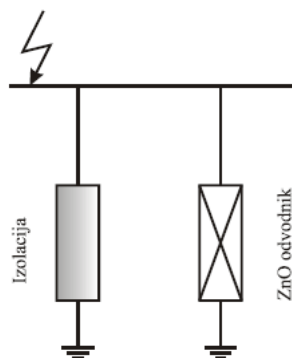
Osnovna zadaća ZnO odvodnika prenapona jest:

- a) ograničiti prenapon na objektu koji štitimo,
- b) apsorbirati energiju tako da pri tome temperatura ne prelazi granične vrijednosti.

ZnO odvodnici prenapona se najčešće ugrađuju na onim mjestima vodova, na kojima se mijenja valni otpor. Prema propisima ugrađuju se pred postrojenjima, odnosno ispred važnih dijelova postrojenja (energetski transformatori, generatori, itd).

Odvodnik prenapona štiti naprave u određenoj udaljenosti od mjesta na kojem je montiran. Prenaponski odvodnici djeluju kao limitatori prenapona.

Obično su vezani usporedno s izolacijom električnih naprava. Slika 1 shematski prikazuje osnovni princip priključenja odvodnika prenapona i njihovo djelovanje.



Slika 1. Osnovni princip priključenja odvodnika prenapona [3]

2.2. ZnO varistori

Materijal ZnO varistora, koji se koristi kao osnova prenaponskih odvodnika je sastavljen iz smjese više komponenata, u kojoj pretežni udio, kako po masi tako i po volumenu ima ZnO. Osim ZnO, u smjesi su u manjim količinama i drugi metal-okside: Bi_2O_3 , MnO_2 , Cr_2O_3 , Sb_2O_3 , Co_3O_4 . Udio ZnO u smjesi je oko 90 %, a ostalih komponenti oko 10 % [2].

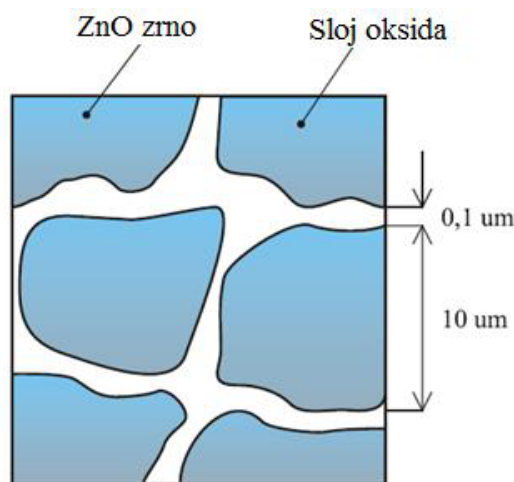
Postupak izrade ZnO varistora sličan je proizvodnim postupcima izrade drugih keramika. Smjesa oksida navedenih materijala u prahu promiješa se s odgovarajućim dodatkom vode kako bi se postigla dobra homogenost materijala. Smjesa se zatim osuši i ponovno pretvori u prah. Slijedi stiskanje praha u oblik valjka odgovarajućih dimenzija i zatim sinteriranje pri temperaturi od približno 1200 °C. Daljnja obrada ZnO nelinearnih otpora ne utječe više na njihovu unutarnju strukturu.

Analiza tako nastale polikristalinske strukture je pokazala slijedeće sastavne dijelove, karakteristične za taj materijal:

- ZnO zrnca,
- spinel ($\text{Zn}_7\text{Sb}_2\text{O}_{12}$), (ionski kristal)
- bizmutom bogate intergranularne faze.

ZnO zrnca imaju heksagonalno kristalnu strukturu. Najčešće su n-tipa zbog previše atoma kovina, što je rezultat prisutnosti intersticijalnoga cinka ili nedostatka kisika.

Među ZnO zrnima se u fazi sinteriranja formira intergranularna struktura u obliku trodimenzionalne mreže. Ta struktura u pretežnoj mjeri određuje prvo područje strujno-naponske karakteristike ZnO nelinearnih otpora. Struktura toga sloja ovisi prije svega o vremenskom tijeku temperature sinteriranja. Slika 2 prikazuje građu ZnO varistora.

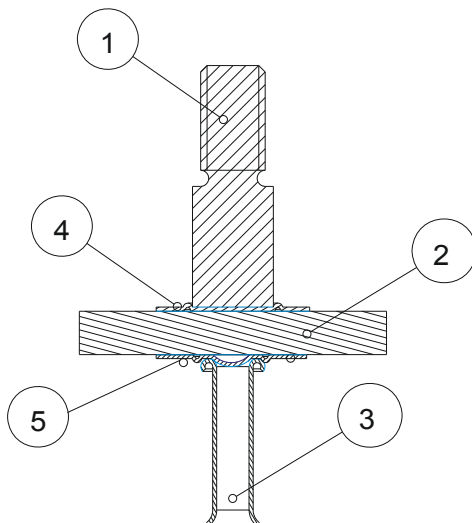


Slika 2. Građa ZnO varistora

2.3. Konstrukcija odvodnika prenapona

2.3.1. Konstrukcija vitalnih dijelova ispitivanog odvodnika prenapona

Sastavne dijelove odvodnika prenapona na kojima smo usavršili odvojnu napravu, prikazuje slika 3.



Slika 3. Struktura ispitivanog odvodnika prenapona.

Sastavnica:

- 1 – priključni vijak
- 2 – varistor
- 3 – zakovica
- 4 – pločica za vijak
- 5 – pločica za zakovicu

2.3.2. Plašt ispitivanog odvodnika prenapona

Omotač testiranog odvodnika prenapona izrađen je od silikonske gume. Električna svojstva odvodnika prenapona prije svega ovise o upotrijebljenom varistoru i omotaču, kojim je zaštićena jezgra. Između raznih organskih materijala, primjernih za izradu zaštitnih omotača (poliuretani, polietileni, teflon ...), dva su imala posebno dobra svojstva:

- EPDM (etilen-propilen-dien monomer) i
- silikonska guma.

Potrebno je naglasiti da su kompozitni materijali smjese različitih komponenata. Svojstva materijala ovise o kemijskom sastavu, postupku vulkanizacije, punila i dodataka. Kompozitni materijal (npr. silikonska guma) jednog proizvođača može imati posve drugačija svojstva od materijala drugoga (sadržaji punila i raznih drugih dodataka).

Dobra svojstva naprava s omotačem iz silikonske gume su sljedeća:

- a) mala težina,
- b) jednostavan prijevoz, rukovanje i namještanje,
- c) veća dielektrična izdržljivost (hidrofobnost),
- d) veća mehanička izdržljivost (vandalizam, termička opterećenja zbog luka),
- e) veća pouzdanost djelovanja,
- f) niski troškovi održavanja i
- g) bolji stupanj IP (Ingress Protection).

Jedno od bitnih svojstava silikona, koji utječu na električna svojstva naprava, je hidrofobnost. Hidrofobna je ona površina koja odbija vodu. Mjera za hidrofobnost je kut koji kapljica vode uspostavi u doticaju s površinom izolatora.

Odgovarajući silikon za naprave u elektrotehnici je čisti silikon bez dodanih punila. On ima dobra mehanička svojstva i hidrofobnost.

NN odvodnik s omotačem iz silikonske gume je značajan po tomu, da su svi kontaktni dijelovi i varistor nepropusno zaliveni silikonom, koji u cjelini zapuni prostor među sastavnim dijelovima. Onemogućeno je prodiranje bilo kakvih tvrdih (također mikronskih) djelaca pod omotač odvodnika prenapona. Odvodnik prenapona još uvijek djeluje i nakon višesatnog potapanja u vodu i osigurava neometano djelovanje u ekstremnim vremenskih okolnostima (kiša, snijeg, oluja, vjetar ...). NN odvodnik s omotačem iz silikonske gume omogućava stupanj zaštite IP 67 (IP ... Ingress Protection).



Slika 4. Presjek ispitivanoga NN odvodnika prenapona zalivenog silikonskom gumom

3. NOVA ODVOJNA NAPRAVA ODVODNIKA PRENAPONA

3.1. Prikaz problema

Predmet izuma je odvojna naprava za niskonaponski odvodnik prenapona namijenjen odvajanju prenapona u niskonaponskim električnim mrežama, koje svojim djelovanjem (padom), zbog promijenjene U-I karakteristike ili preopterećenja, sprječava nastanak kratkoga spoja u strujnom krugu. Nova odvojna naprava onemogućuje i nastanak požara (nakon obavljenog isklopa).

Prilikom promijenjenih U-I karakteristika ili preopterećenja niskonaponskog odvodnika prenapona, odvodni priključni dio se zbog preopterećenja isklupi od cjelokupne naprave. Pri poznatim rješenjima je vrh zaključka odvodnoga priključnoga dijela iz kovinskoga materijala, što pri isključivanju odvodnoga priključnoga dijela zbog preopterećenja može prouzročiti kratki spoj i požar zbog mogućnosti kontakta nezaštićenog metalnog vrha odvodnoga priključnoga dijela i dijelova pod naponom. U do sada poznatim rješenjima udaljenost između dijela pod naponom i dijela koji je odvodnik isklupio iz mreže vrlo je mala – samo nekoliko mm. U određenim primjerima je ta udaljenost premala, da bi se prekinuo tok kratkoga spoja. Posljedica je nastanak električnoga luka na tom mjestu i požar odvodnika prenapona.

Uzevši u obzir sve navedene nedostatke do sada korištenih odvojnih naprava niskonaponskih odvodnika prenapona, predstavljena je nova naprava koja svojim djelovanjem onemogućava nastanak kratkoga spoja u strujnom krugu. Naprava može prekinuti i struje kratkog spoja snage do 300A, a da na tom mjestu ne dođe do nastanka električnoga luka.

3.2. Postojeće stanje tehnike

U rješenja koja su u primjeni, kod preopterećenja niskonaponskoga odvodnika prenapona isklupi se odvodni priključni dio, pri čemu je vrh zaključka odvodnoga priključnoga dijela iz provodnoga materijala. Vrh zaključka odvodnoga priključnoga dijela je nakon djelovanja nezaštićen i postoji vjerojatnost, da nezaštićen vrh zaključka odvodnoga priključnoga dijela padne na dijelove pod naponom (sabirnice), što izazove kratki spoj na električnoj mreži i kao posljedicu požar.

3.3. Novo stanje tehnike

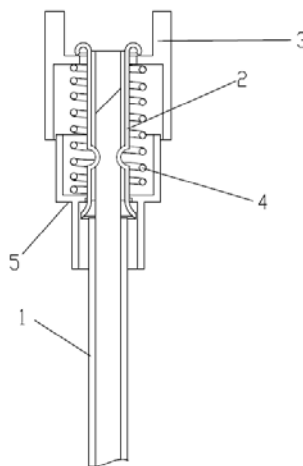
Novi niskonaponski odvodnik prenapona ima donji poklopac, koji prekrije odvodni priključni dio, iz provodnoga materijala, što onemogućuje nastanak kratkoga spoja u električnoj mreži zbog isključivanja odvodnoga priključnoga dijela od niskonaponskoga odvodnika prenapona. Nakon djelovanja naprave za isključivanje, udaljenost između dijela pod naponom i dijelom, koji je odvodnik otklopio iz mreže, nije samo nekoliko mm, već oko 20 cm, što je dovoljno za sprječavanje mogućnosti nastanka električnoga luka.

Nova odvojna naprava za niskonaponski odvodnik prenapona je sastavljena iz odvodnoga priključnoga dijela, donjega poklopca odvojne naprave, opruge odvojne naprave i gornjega poklopca odvojne naprave.

Nova odvojna naprava za niskonaponski odvodnik prenapona je pričvršćena na vodič za priključenje niskonaponskog odvodnika na uzemljenje.

Za povezivanje odvojne naprave na niskonaponski odvodnik prenapona s varistorom, mogu se također koristiti i pločice za odvodni priključni dio.

Odvodni priključni dio niskonaponskog odvodnika prenapona je lemljenjem, lijepljenjem ili na bilo koji drugi način spojen pločicom za odvodni priključni dio. Pločica za odvodni priključni dio je lemljenjem, lijepljenjem ili na neki drugi način spojena s varistorom. Isto je tako moguće na bilo koji drugi način spojiti odvodni priključni dio niskonaponskog odvodnika direktno na varistor, što ne ograničava suštinu izuma.



Slika 5. Detalj naprave za isključivanje nakon djelovanja

Sastavnica:

- 1 – vodič za uzemljenje
- 2 – odvodni priključni dio
- 3 – donji poklopac naprave za isključivanje
- 4 – opruga naprave za isključivanje
- 5 – gornji poklopac naprave za isključivanje

4. ISPITIVANJE ODVOJNE NAPRAVE U SKLADU SA STANDARDOM IEC 61643-1

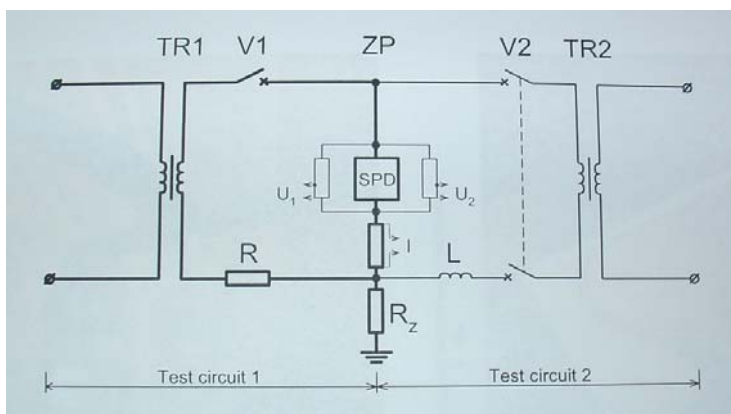
4.1. Tehnički podaci ispitivanog odvodnika prenapona

Za ispitivanja je bio korišten odvodnik prenapona tip Mosipo 15/275. Tehnički podaci spomenutoga odvodnika prenapona su slijedeći:

Nazivna odvodna struja	15 kA
Maksimalna odvodna struja	40 kA
Trajni radni napon	275 V AC/ 350 V DC
Stupanj zaštite IP	67
Energijska apsorpcija	2450 J
Radna temperatura	- 40 °C ÷ +85 °C
Materijal kućišta	silikonska guma

4.2. Ispitivanja [4], [5]

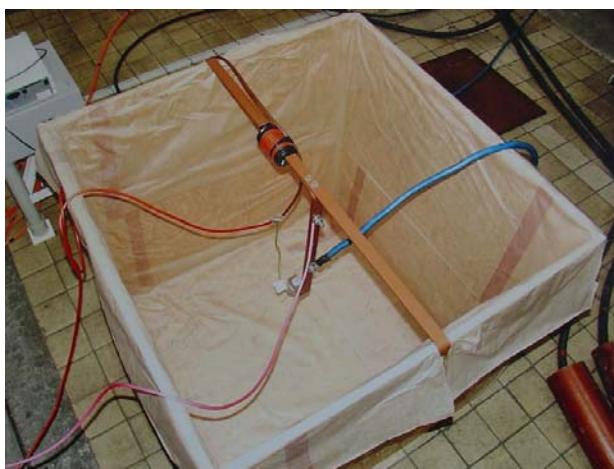
Ispitivanja su bila izvedena u skladu sa standardom IEC 61643-1, točka 7.7.4. Ispitivanje u skladu s točkom 7.7.4 se vrši na osnovi dvaju ispitivanja strujnih krugova. Ispitivani strujni krug je prikazan na slici 6.



Slika 6. Shema vezanja u skladu s točkom 7.7.4. standarda IEC 61643-1.

Ispitni strujni krug 1 je generirao prenapon od 1640 V. Vrijeme trajanja nametnutog napona je bio 200 ms. Struja kratkog spoja ispitnog kruga 1 iznosio je 300A. Ispitni strujni krug 2 je generirao narinuti napon od 275 V, sa strujom kratkoga spoja od 300 A. Preklop između ispitivanih strujnih krugova 1 i 2 bio je izveden automatski u vremenu od 100 ms.

Ispitivana naprava bila je smještena u sredinu drvene kutije, stranica 1m x 1m x1m. Smještaj ispitivane naprave prikazuje slika 7. Jedna od stranica kutije, (ne donja), morala je biti otvorena za postavljanje priključnih kablova. Drvena kutija je bila iznutra obložena lako gorivim papirom (engl. muslin paper).



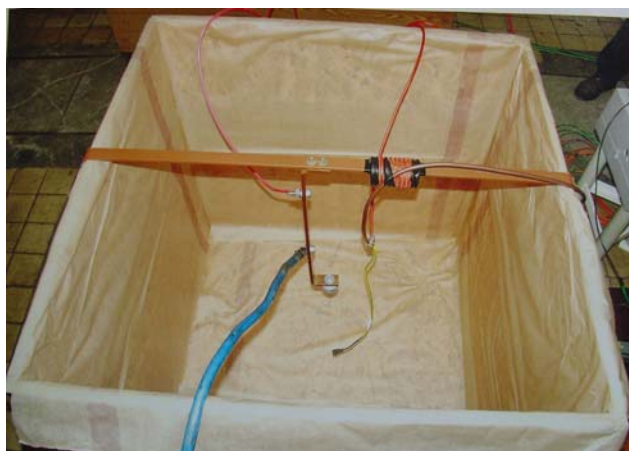
Slika 7. Smještaj odvodnika prenapona

Kriteriji prihvatljivosti:

- Lako gorivi papir u vrijeme pokusa i nakon njega ne smije zagorjeti.
- Ako naprava ima deklariranu zaštitu IP, jednaku ili veću od IP 20, standardnim se ispitnim prstom prema IEC 60592 silom od 5 N nakon ispitivanja ne smiju dotaknuti dijelovi koji su pod naponom, osim onih dijelova, kojih smo se mogli dotaknuti i prije ispitivanja.
- Ako odvojna naprava tijekom ispitivanja proradi, učinkovito i trajno isključivanje naprave koja se ispituje mora biti jasno vidljivo.

4.3. Rezultati

Ispitivanje je provedeno na tri uzorka i svako od njih je bilo pozitivno. Slika 8 prikazuje NN odvodnik prenapona nakon pokusa, koji je još uvijek smješten u sanduku za ispitivanje.



Slika 8. Slika odvodnika prenapona nakon ispitivanja

5. ZAKLJUČAK

Članak govori o niskonaponskim (NN) odvodnicima prenapona, kojima se omogućuje nesmetana opskrba električnom energijom, sve važnijim čimbenikom neometanog djelovanja svih procesa, koji se na njoj zasnivaju. Naglasak članka je na odvojnoj napravi, jednom od važnijih elemenata NN odvodnika prenapona, koja mora učinkovito otklopiti odvodnik prenapona iz mreže, dođe li do pogoršanja naponsko-strujne (U-I) karakteristike, odnosno do trenutnoga uništenja odvodnika prenapona zbog prevelike količine apsorbirane energije.

U članku je prikazana konstrukcija učinkovite odvojne naprave i objašnjeno je njeno djelovanje. Nova naprava za isključivanje prilikom svog djelovanja onemogućuje nastanak kratkoga spoja u električnom strujnom krugu. Sposobna je prekinuti i struje kratkoga spoja do snage 300A, a da na njenom mjestu ne dođe do nastanka električnoga luka, što bi moglo uzrokovati zapaljenje odvodnika prenapona.

Izneseni su također i rezultati ispitivanja nove odvojne naprave.

LITERATURA

- [1] Elektronik – Schaden im Jahr 2001, "Analyse von 7370 Schadens fällen (Lit.: Wurttembergsche Versicherung AG)", DEHN Catalogue, 2006
- [2] M. Babuder, "Promjene naponsko-strujnih karakteristika metal-oksidnih odvodnika prenapona kao posljedica udarnih strujnih opterećenja," Doktorska disertacija, Zagreb 1993
- [3] M. Iglič, M. Janša, K. Grabner "Izbira tehničkih lastnosti SN kovinsko-oksidnih prenapetostnih odvodnikov različnim razmeram obratovanja in mestom vgradnje," EIMV, Maj 2008
- [4] IEC 61643-1 Low-voltage surge protective devices – Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Requirements and tests, IEC 2005
- [5] Test report No. 07 – 013 Temporary overvoltage failure test, Zakratovna Zkušebnictvi, a.s., February 2007