

Principi testiranja prenaponske zaštite u električnim instalacijama niskog napona

Vladan Radulović

Elektrotehnički fakultet
Univerzitet Crne Gore
Podgorica, Crna Gora
vladanra@ac.me

Milan Kočović

Nacionalni Dispečerski Centar
Crnogorski Elektroprenosni Sistem
Podgorica, Crna Gora
kocovicmilan@gmail.com

Sažetak—Zaštita uređaja i provodnika u električnim instalacijama od prenaponu se realizuje kroz projektovanje i izgradnju odgovarajuće prenaponske zaštite koja obuhvata primjenu uređaja za zaštitu od prenaponu. Veliki broj parametara utiče na pravilan izbor i primjenu uređaja za zaštitu od prenaponu, kao što su: vrsta uređaja, tipovi i amplitude očekivanih talasa napona i struja, dužine i karakteristike provodnika između pojedinih stepena zaštite itd. Iz toga razloga je potrebno je provjeriti efikasnost zaštite u odnosu na postavljene kriterijume testiranjem sistema zaštite simulacionim ili eksperimentalnim putem. Cilj rada je da se na jednom mjestu ukaže na kompleksnost ovog problema i potrebu sistematizovanog pristupa njegovom rješavanju.

Ključne riječi-atmosfersko pražnjenje; prenaponska zaštita; testiranje;

I. UVOD

Poremećaji u električnim instalacijama niskog napona se mogu klasifikovati na više načina, kao što su: povećanje ili smanjenje efektivne vrijednosti napona u odnosu na nominalnu vrijednost, varijacije u pogledu talasnih oblika napona i struja, i pojava prenaponskih i strujnih talasa [1]. Svako povećanje napona iznad vrijednosti najvišeg napona opreme smatra se da izlazi iz domena normalnog pogona i naziva se prenaponom. Prenapon predstavlja napon između faznog provodnika i zemlje ili između faza, čija tjemena vrijednost prelazi odgovarajući tjemenu vrijednost najvišeg napona opreme [2]. Prenaponi u električnim instalacijama niskog napona se prema uzroku nastanka mogu podijeliti na dva osnovna tipa: spoljašnji ili atmosferski prenaponi i unutrašnji prenaponi [2]. Treći fenomen koji treba uzeti u obzir je pojava prenaponu uslijed interakcije različitih sistema, kao što su sistemi električne instalacije niskog napona i komunikacione instalacije, za vrijeme pojave prenaponskog i/ili strujnog talasa u jednom od posmatranih sistema [3]. Spoljašnji ili atmosferski prenaponi su posljedica direktnog udara atmosferskog pražnjenja u posmatranu strukturu (prihvativi sistem spoljašnje gromobranske instalacije), u susjedne strukture/objekte ili u zemlju u relativnoj blizini posmatranog objekta. Pri direktnim atmosferskim pražnjenjima pojavljuju se vrlo velike struje koje izazivaju visoke napone na objektima, od kojih se oprema i uređaji u objektima moraju zaštititi [3].

Zaštita uređaja i provodnika u električnim instalacijama od atmosferskog pražnjenja se realizuje kroz projektovanje i

izgradnju odgovarajuće gromobranske instalacije. Gromobranska instalacija je kompletna instalacija koja omogućava da se jedan objekat zaštići od dejstva atmosferskog pražnjenja i sastoji se od spoljašnje i unutrašnje gromobranske instalacije [4]. U posebnim slučajevima gromobranska instalacija se može sastojati samo od spoljašnje ili samo od unutrašnje gromobranske instalacije. Spoljašnju gromobransku instalaciju sačinjavaju prihvativi sistem, spusni provodnici i sistem uzemljenja [4]. Ona ima zadatku da na sebe preuzme direktna atmosferska pražnjenja u objekat i da bez posljedica struju atmosferskog pražnjenja sproveđe u zemlju. Unutrašnja gromobranska instalacija obuhvata sve dodatne primijenjene mjere na spoljašnju gromobransku instalaciju, koje će smanjiti elektromagnetna dejstva struje atmosferskog pražnjenja u šiřenom prostoru [4]. Ona ima zadatku da spriječi pojavu velikih razlika potencijala unutar objekta i da zaštititi uređaje i instalacije u objektu od visokih prenaponskih talasa pri atmosferskom pražnjenju.

Najvažniji elementi unutrašnje gromobranske instalacije su uređaji za zaštitu od prenaponu (UZP). Veliki broj parametara utiče na pravilan izbor i primjenu uređaja za zaštitu od prenaponu, kao što su: vrsta uređaja, tipovi i amplitude očekivanih talasa napona i struja, dužine i karakteristike provodnika između pojedinih stepena zaštite itd [5], [6]. Iz toga razloga je potrebno je provjeriti efikasnost zaštite u odnosu na postavljene kriterijume testiranjem sistema zaštite simulacionim ili eksperimentalnim putem. Uobičajena inženjerska praksa je relativno pojednostavljen pristup realizaciji sistema zaštite, pa je iz toga razloga cilj ovoga rada da se na jednom mjestu ukaže na kompleksnost problema i potrebu sistematizovanog pristupa njegovom rješavanju.

U radu je dat opis realizacija unutrašnje gromobranske instalacije i principa primjene uređaja za zaštitu od prenaponu prema IEC i IEEE standardima. U cilju sagledavanja performansi zaštite, analizirani su zahtjevi koje uređaji za zaštitu od prenaponu treba da ispune. Na kraju su dati principi testiranja sistema zaštite za različite kriterijume performansi.

II. PRINCIPI PRIMJENE UREĐAJA ZA ZAŠTITU OD PRENAPONA

Realizacije unutrašnje gromobranske instalacije i principi primjene uređaja za zaštitu od prenaponu mogu se svrstati u dva pristupa koji su sumirani u:

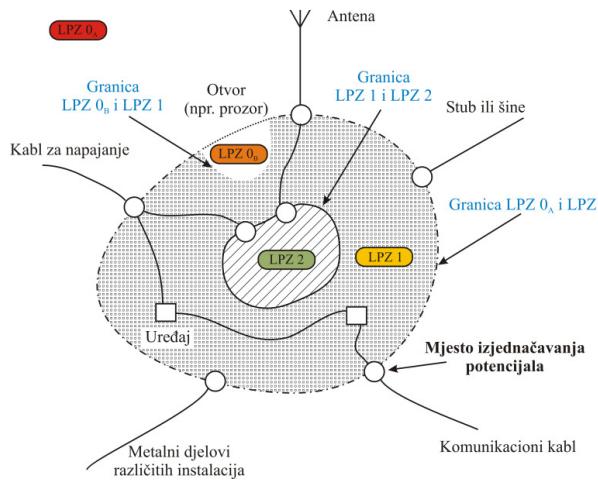
- IEC standardima i
- IEEE standardima.

A. Pristup prema IEC standardima

IEC Std. 62305-4 [7] uvodi i definiše koncept zona zaštite (LPZ – Lightning Protection Zones) od atmosferskog pražnjenja. Prema ovom konceptu definišu se oklapanje objekata, povezivanje unutar objekata i uzemljenje, zahtjevi za UZP i zaštita opreme u postojećim objektima. Prema konceptu zona zaštite od atmosferskog pražnjenja (LPZ), prostor koji se štiti mora biti podijeljen na odgovarajuće zone da bi se definisali pojedini dijelovi prostora sa različitim uticajima elektromagnetskog impulsa atmosferskog pražnjenja. Zone zaštite karakteriše visok stepen promjena elektromagnetskih uslova na njihovim granicama. Koncept zona zaštite definiše sljedeće LPZ:

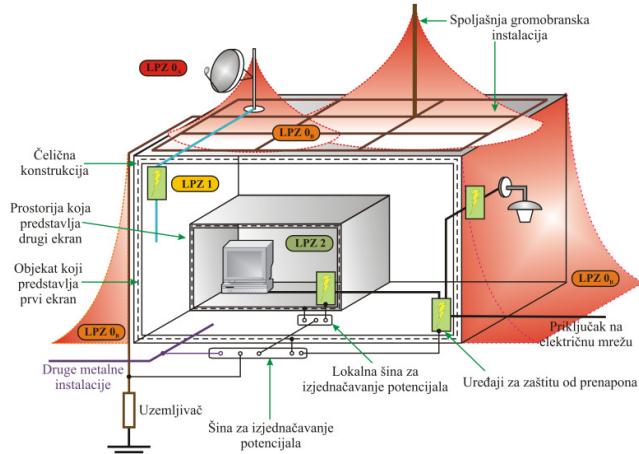
- LPZ 0A: zona u kojoj su objekti izloženi direktnom udaru atmosferskog pražnjenja i zbog toga moraju biti spremni da podnesu cijelokupnu struju atmosferskog pražnjenja. Ovdje se javlja cijelokupno – neoslabljeno magnetno polje.
- LPZ 0B: zona u kojoj objekti nijesu izloženi direktnom udaru atmosferskog pražnjenja, ali se javlja cijelokupno – neoslabljeno magnetno polje.
- LPZ 1: zona u kojoj objekti nijesu izloženi direktnom udaru atmosferskog pražnjenja i gdje su struje na svim provodnim djelovima unutar ove zone manje u poređenju sa zonom 0B. U ovoj zoni elektromagnetsko polje može biti oslabljeno u zavisnosti od korišćenih mjera ekrанизacije.
- Naredne zone (LPZ 2 itd): kada se zahtjeva smanjenje konduktionih struja i/ili elektromagnetskog polja, uvode se i sljedeće zone. Zahtjevi za ove zone će biti postavljeni u zavisnosti od zahtijevanih zona okruženja sistema koji treba štititi.

Uopšteno posmatrajući, što je veći redni broj zone, to je niži nivo elektromagnetskih uticaja. Opšti princip podjele prostora na LPZ je dat na sl. 1.



Slika 1. Opšti princip za podjelu prostora u LPZ [7]

Na sl. 2 je dat primjer podjele objekta u nekoliko zona zaštite sa primjenjenim izjednačavanjem potencijala.



Slika 2. Primjer podjele objekta u nekoliko LPZ i adekvatno izjednačavanje potencijala

Kao što se vidi sa sl. 2 i iz definicije zaštitnih zona, zaštitna zona LPZ 0A definiše prostor u kome se javlja direktni udar atmosferskog pražnjenja, čime ova zona uključuje spoljašnju gromobransku instalaciju objekta. Ostale zone se odnose na realizaciju unutrašnje gromobranske instalacije objekta. IEC Std. 62305-4 [7] detaljno definije zahtjeve u pogledu uzemljenja i oklapanja pojedinih zona, kao i zahtjeve za izjednačavanja potencijala na pojedinim granicama zaštitnih zona kako metalnih provodnih masa, tako i električnih i telekomunikacionih instalacija. Pored ovoga, IEC Std. 62305-4 [7] definije i karakteristične lokacije za postavljanje UZP, i to:

- Glavna razvodna tabla – lokacija na granici između LPZ1/LPZ0A ili LPZ1/LPZ0B zone.
- Pomoćna razvodna tabla – lokacija na granici između LPZ1/LPZ2 zone ili narednih zona.
- Ispred štićenog uređaja

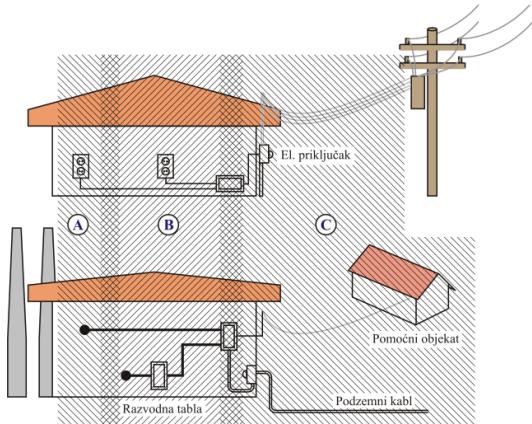
B. Pristup prema IEEE standardima

IEEE Std. C62.72 [8] definiše primjenu UZP u električnim instalacijama niskog napona, dok IEEE Std. C62.43 [9] definije primjenu uređaja za zaštitu od prenapona u telekomunikacionim i signalnim instalacijama. Prema IEEE Std. C62.72 [8], primjena uređaja za zaštitu od prenapona u električnim instalacijama niskog napona je bazirana na konceptu kategorija lokacija. Naime, IEEE Std. C62.41.1 [3] uvodi koncept lokacija za slučajeve koji obuhvataju pojavu prenaponskih talasa u električnoj instalaciji u slučaju direktnog udara atmosferskog pražnjenja u susjedne strukture/objekte. Ovaj scenario obuhvata sljedeće mehanizme nastanka prenapona u električnoj instalaciji:

- Prodror prenaponskog talasa atmosferskog pražnjenja putem električnog priključka posmatrane električne instalacije.

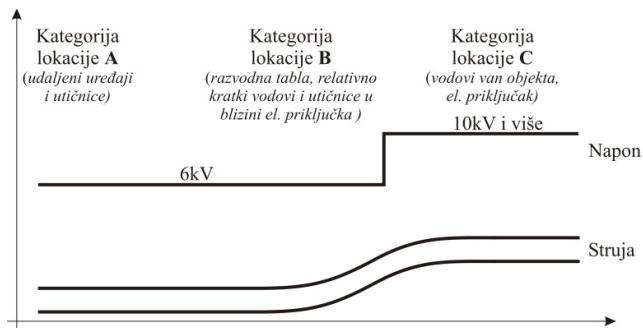
- Indukovanje prenaponskih talasa u provodnicima električne instalacije putem električnog i magnetnog polja kroz posmatranu strukturu/objekat.

IEEE Std. C62.41.1 [3] definiše tri kategorije lokacija: A, B i C. Kategorija lokacije A obuhvata dijelove električne instalacije (uređaje i električne utičnice) udaljene od električnog priključka instalacije (tj. vezane sa električnim priključkom sa provodnicima relativno velike dužine). Kategorija lokacije C obuhvata dijelove provodnika električnog napajanja van objekta sa posmatranom električnom instalacijom, priključak električne instalacije i prateći dio instalacije unutar objekta. Kategorija lokacije B se nalazi između kategorija A i C. Grafički opis principijelne podjele objekata na kategorije lokacija je dat na sl. 3.



Slika 3. Principijelna podjela na kategorije lokacija [3]

Koncept kategorija lokacija se oslanja na karakteristike prostiranja prenaponskih talasa i raspodjelu struja u električnim instalacijama niskog napona. Iz toga razloga, koncept kategorija lokacija se može predstaviti i u obliku promjene nivoa napona i struja kao na sl. 4 [3].



Slika 4. Nivoi promjene napona i struja zavisno od kategorije lokacija [3]

Kao što se vidi sa sl. 4. između pojedinih kategorija lokacija nema oštrih granica iz razloga što prostiranje prenaponskih i strujnih talasa je fenomen koji ne zavisi od postavljenih granica, već samo od fizičkih karakteristika elemenata (uređaja i provodnika). Umjesto oštrih granica koje razdvajaju, koncept kategorija lokacija prepoznaje tranzicije tj. djelimična preklapanja koja povezuju pojedine kategorije lokacija. Ovo je uvedeno iz razloga što je nerealno očekivati

naglu promjenu elektromagnetskih uslova na pojednim dijelovima električne instalacije. Tranzicija između pojedinih zona može označavati prisustvo nekog UZP, uređaja, proboj ili preskok izolacije, i/ili promjenu impedanse dijela električne instalacije [3], [10].

Prema ovom konceptu, kategorije lokacija su definisane prema dužini provodnika u odnosu na električni priključak i prema karakteristikama prostiranja prenaponskih i strujnih talasa, tako da IEEE Std. C62.72 [8] definije primjenu UZP odgovarajućih karakteristika u sljedećim tipičnim lokacijama:

Kategorija lokacije C:

- Vodovi od stuba napojnog voda ili transformatorske stanice do električnog priključka.
- Električni priključak.
- Provodnici između električnog priključka i glavne razvodne table.
- Glavna razvodna tabla.

Kategorija lokacije B:

- Provodnici kraće dužine od glavne razvodne table.
- Pomoćne razvodne table.
- Sabirnice i napojni vodovi u industrijskim objektima.
- Sistem osvjetljenja u velikim objektima.

Kategorija lokacije A:

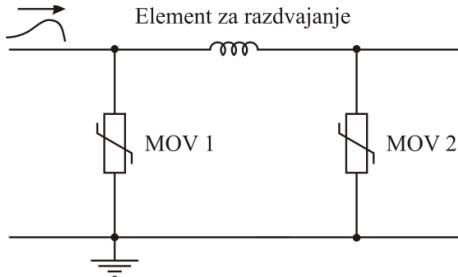
- Uticnice na rastojanju većem od oko 10m od kategorije B.
- Uticnice na rastojanju većem od oko 20m od kategorije C.

III. ZAHTJEVI ZA UREĐAJE ZA ZAŠTITU OD PRENAPONA

Primjena UZP zavisno od zona zaštite (LPZ) i/ili kategorija lokacije, definije i odgovarajuće zahtjeve koje treba da ispunе UZP postavljeni na odgovarajućim lokacijama u električnoj instalaciji. Zahtjevi se, prije svega, odnose na vrijednost energije koju UZP treba da sprovede u zemlju (strujni i energetski zahtjevi), kao i na vrijednosti zaštitnog napona (zaštitne karakteristike) i sposobnost podnošenja privremenih prenapona. Broj UZP postavljenih u sistem zaštite zavisi od zahtjeva koncepta zaštite od atmosferskih pražnjenja, otpornosti od oštećenja opreme koja se štiti i karakteristika UZP koji se upotrebljavaju. Proces usklađivanja izolacionih karakteristika štićene opreme sa zaštitnim i energetskim karakteristikama zaštitnih uređaja u cilju smanjenja vjerovatnoće da napomska naprezanja prouzrokuju oštećenje izolacije ili da utiču na neprekidnost pogona predstavlja kompleksan proces koordinacije izolacije.

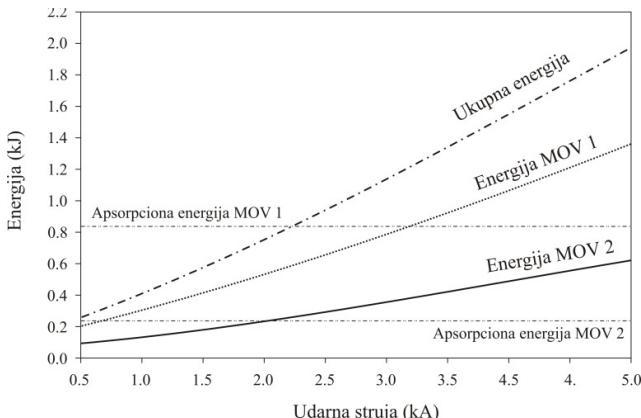
Zaštitni nivo ugrađenih UZP treba da je u svim slučajevima primjene ispod podnositivog napona izolacije (izolacionog nivoa) štićene opreme. Predmet energetske koordinacije je da se izbjegne da je bilo koji UZP unutar instalacije energetski prenapregnut [7], [11]. Koordinacija energije se postiže kada je za svaku udarnu struju koja se može pojaviti kao posljedica

elektromagnetnog impulsa atmosferskog pražnjenja, količina energije oslobođena kroz svaki posmatrani UZP manja ili jednaka najvećoj energiji koju može izdržati pojedinačni UZP. Primjer je dat na sl. 5 i 6. Ukoliko energija oslobođena u svakom od dva posmatrana UZP-a ne prelazi najveću energiju koju može da izdrži MOV (Metal Oxid Varistor – metal-oksidni varistor) tog UZP-a, ostvarena je energetska koordinacija.



Slika 5. Osnovna kombinacija dva UZP-a za ograničenje napona [7]

Najveća energija izdržljivosti (apsorpciona energija) je definisana kao najveća energija koju može izdržati UZP bez degradacije karakteristika. Određivanje ove energije se postiže pomoću električnog ispitivanja i uzimanjem u obzir tehničke informacije proizvođača.



Slika 6. Osnovni princip za koordinaciju energije dva UZP-a za ograničenje napona [7]

Odavde je jasno da je za realizaciju uspješne unutrašnje gromobranske instalacije neophodno riješiti niz pitanja vezanih za primjenu UZP u ovim instalacijama. Imajući u vidu namjenu gromobranskih instalacija i potrebu da one pravilno ispunjavaju svoju zaštitnu ulogu, a vodeći računa o tehničko – ekonomskoj optimizaciji predloženih rješenja, neophodno je, prije svega, posebnu pažnju posvetiti energetskoj koordinaciji ugrađenih odvodnika prenapona.

IV. TESTIRANJE SISTEMA ZAŠTITE OD ATMOSFERSKIH PRENAPONA U ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA NISKOG NAPONA

U cilju sagledavanja performansi projektovane zaštite od atmosferskih prenapona potrebno je pravilno sprovesti testiranje sistema zaštite, od čega zavisi i ocjena kvaliteta posmatranog sistema. Prilikom realnog testiranja ili kompjuterski simulacionog testiranja zaštite od atmosferskih

prenapona, a u cilju sagledavanja performansi zaštite, potrebno je pravilno definisati:

- Vrstu i karakteristike testirane zaštite,
- Kriterijume performansi,
- Vrstu i nivoe amplituda prenaponskih i strujnih talasa.

Sa aspekta vrste testirane zaštite, moguće je testirati jednu komponentu zaštite (UZP), zaštitu dijela ili zaštitu cijelokupne električne instalacije niskog napona. Sa aspekta karakteristika testirane zaštite moguće su:

- Testirana zaštita nepoznate vrijednosti impedanse (dio ili cijelokupna električna instalacija niskog napona).
- Testirana zaštita visoke vrijednosti impedanse (namotaji motora i transformatora, izolacija provodnika, poluprovodnici u inverznom režimu rada, UZP u režimu neprovođenja).
- Testirana zaštita niske vrijednosti impedanse (filteri, UZP u režimu provođenja, poluprovodnici u direktnom režimu rada).
- Testirana zaštita promjenjive vrijednosti impedanse tokom testiranja (preskok ili probaj izolacije, reagovanje UZP).

Kriterijumi performansi definišu kraj testiranja. Naime, kada se tokom testiranja dostigne određeni kriterijum performanse zaštite, tada se na osnovu vrijednosti karakterističnih parametara (struja, napona, energije) definije ocjena kvaliteta zaštite. Kriterijumi performansi mogu biti:

- Nema uočenih promjena u radu i/ili konstrukciji štićenog elementa i/ili testirane zaštite. U suštini, kada se prilikom testiranja dostigne ovaj kriterijum, može se smatrati da je testirana zaštita uspješno projektovana.
- Privremeni ili trajni poremećaj u radu štićenog elementa i/ili testirane zaštite (bez oštećenja konstrukcije) predstavlja gubitak kontrolnih funkcija automatskih uređaja ili gubitak podataka savremenih elektronskih uređaja.
- Privremeno ili trajno oštećenje (konstrukcije) štićenog elementa i/ili testirane zaštite. Privremeno oštećenje predstavlja pojavu preskoka na obnovljivoj izolaciji, dok trajno oštećenje predstavlja probaj neobnovljive izolacije, oštećenje UZP ili filtera itd.

Sami proces testiranja se može sprovesti na dva načina:

- Bez djelovanja radnog napona napajanja.
- Sa djelovanjem radnog napona napajanja.

Izbor jednog ili drugog načina zavisi od kriterijuma performansi koji se želi ispitati i dostići. Testiranje sa djelovanjem radnog napona se sprovodi u situacijama kada je kriterijum performansi vezan za radni režim testirane zaštite. Takođe, neka testirana zaštita može biti osjetljiva na trenutak nastanka prenaponskih ili strujnih talasa u odnosu na sinusni oblik radnog napona, ili na uticaj faznog ugla radnog napona nakon prolaska talasa. Ovaj fazni ugao može definisati i

eventualnu pojavu propratne struje. Primjera radi, ukoliko je kriterijum performansi privremeni ili trajni poremećaj u radu testirane zaštite, tada je jasno da se mora sprovesti testiranje sa djelovanjem radnog napona. U ostalim slučajevima se sprovodi testiranje bez djelovanja radnog napona. Prednost testiranja sa djelovanjem radnog napona je u tome što bliže simulira stvarne uslove eksploracije, kao i što uvodi određeni nivo predopterećenja opreme i uređaja uslijed djelovanja radnog napona, a prije nastanka prenaponskih i/ili strujnih talasa.

U slučaju testiranja bez djelovanja radnog napona testiranje podrazumijeva priključenje samo testirane zaštite na generator željene vrste i amplitude talasa. Pri tome, sve ostale veze testirane zaštite sa drugim komponentama ili sistemima (npr. televizijske antene i kablovi, telekomunikacioni kablovi itd.) se prekidaaju i eventualno, ukoliko imaju uticaja na kriterijum performansi, se zamijene sa ekvivalentnim električnim kolima.

U slučaju testiranja sa djelovanjem radnog napona potrebno je obezbijediti dva uslova:

- Priključenje ispitnog generatora na sistem sa testiranom zaštitom samo za vrijeme trajanja testiranja. Ovaj uslov se postiže primjenom odgovarajuće mreže za priključenje (tzv. „coupling network“ ili „coupler“)
- Prostiranje talasa proizvedenih od ispitnog generatora samo ka testiranoj zaštiti, a ne i u mrežu napajanja radnim naponom. Ovaj uslov se postiže primjenom odgovarajuće mreže – filtera za razdvajanje (tzv. „decoupling network“ ili „back - filter“).

Mreža za priključenje se obično realizuje kao iskrište ili kondenzator koje se veže na red sa ispitnim generatorom. Naime, u oba slučaja se postiže da je za vrijeme djelovanja radnog napona industrijske učestanosti ispitni generator odvojen od testirane zaštite. Uključenjem ispitnog generatora dolazi do reagovanja iskrišta, odnosno kondenzator se ponaša kao kratak spoj za harmonike višeg reda (frekvencije) na čelu talasa, čime se generator priključuje na testiranu zaštitu.

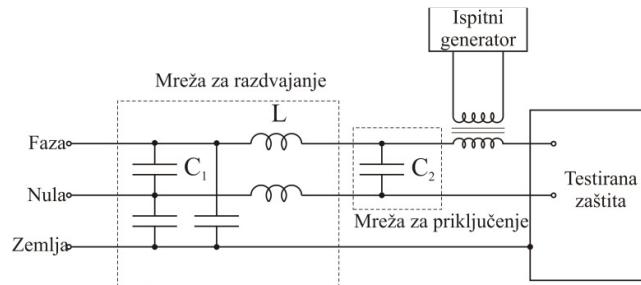
Mreža za razdvajanje se realizuje preko induktivnosti koje se postavljaju na red sa provodnicima električne instalacije niskog napona i to između mjesta priključenja ispitnog generatora i izvora napajanja radnim naponom električne instalacije, i preko odgovarajućih kondenzatora koji se postavljaju između provodnika električne instalacije niskog napona. Induktivnost ne dozvoljava prostiranje strujnim talasima, dok kondenzatori ne dozvoljavaju prostiranje naponskih talasa prema smjeru koji je suprotan od smjera testirane zaštite. Na ovaj način se štite uređaji i oprema u električnoj instalaciji koji ne pripadaju testiranoj zaštiti od prostiranja naponskih i strujnih talasa. Osim toga, na ovaj način se izbjegava i rasipanje energije ispitnog generatora u slučajevima kada u dijelovima električne instalacije koji ne pripadaju testiranoj zaštiti postoje UZP koji bi mogli reagovati. Vrijednosti kapacitivnosti kondenzatora i induktivnosti kalemata koji se koriste u mrežama za priključenje i razdvajanje moraju biti takve da ne utiču u velikoj mjeri na normalan rad testirane zaštite pod radnim naponom napajanja (mali pad napona, malo provođenje energije, mala dodata redna impedansa koja neće izazvati smanjenje struje industrijske učestanosti za vrijeme

trajanja kratkog spoja ispod vrijednosti reagovanja osigurača električne instalacije).

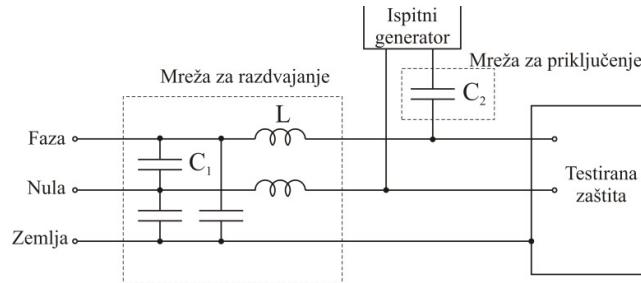
Zavisno od toga da li se primjenjuje testiranje sa ili bez djelovanja radnog napona priključenje ispitnog generatora na testiranu zaštitu se može realizovati na jedan od sljedeća tri načina [12]:

- Direktno priključenje – podrazumijeva priključenje ispitnog generatora na testiranu zaštitu umjesto radnog napona. Prema tome, ovaj način priključenja se primjenjuje kod testiranja bez djelovanja radnog napona.
- Redno priključenje (sl. 7) – podrazumijeva priključenje ispitnog generatora na red sa jednim provodnikom električne instalacije niskog napona.
- Paralelno priključenje (sl. 8) – podrazumijeva priključenje ispitnog generatora između dva provodnika električne instalacije niskog napona.

Redno i paralelno priključenje se mogu primijeniti i kod testiranja sa i kod testiranja bez djelovanja radnog napona, ali se uglavnom primjenjuju kod testiranja sa djelovanjem radnog napona.



Slika 7. Redno priključenje ispitnog generatora između faznog i nultog provodnika [12]



Slika 8. Paralelno priključenje ispitnog generatora između faznog i nultog provodnika [12]

Vrijednosti induktivnosti L u mreži za razdvajanje na sl. 7. i 8. je prema [13] 1.5mH. Vrijednost kapaciteta kondenzatora C₂ u mreži za priključenje na sl. 8. prema [14] iznosi 18µF. U slučaju primjene ispitnog generatora koji proizvodi udarni brzi tranzijenti talas vrijednost kapaciteta C₂ je 33nF a induktivnosti L>100µH [15], pri čemu treba voditi računa da zbog izuzetno malog kapaciteta mreže za priključenje veliki uticaj na stvarnu kapacitivnost može imati i parazitna kapacitivnost generisana od strane spoljašnje konstrukcije testirane zaštite, slojeva

izolacije provodnika, pa čak i prisustva operatera koji sprovodi testiranje.

Sa sl. 7. i 8. je jasno da prisustvo kapacitivnosti i induktivnosti mreža za priključenje i razdvajanje utiče na talasne oblike koje generišu ispitni generatori čiji su parametri električnih kola podešeni za direktno priključenje. Primjera radi, u situaciji kada postoje mreža za priključenje i razdvajanje, napon praznog hoda je napon koji se dobija kada testirana zaštita nije povezana, ali mreže za priključenje i razdvajanje jesu, jer su one praktično dio ispitnog generatora. Iz toga razloga je potrebno prije početka samog testiranja prepodesiti parametre električnih kola ispitnog generatora tako da daje talasne oblike napona i/ili struja definisane standardima. Procedura provjere talasnih oblika napona i struje je definisana u [12] i podrazumijeva inicijalno testiranje bez priključene testirane zaštite ali sa povezanim mrežama za priključenje i razdvajanje. Pri tome se svи provodnici električne instalacije koji dolaze od izvora napajanja prema mreži za razdvajanje kratko spoje prije same mreže za razdvajanje. Na taj način se izbjegava uticaj različite impedanse različitih električnih instalacija od izvora napajanja do mreže za razdvajanje. Sprovođenjem inicijalnog testiranja u ovakvim uslovima utvrđuje se saglasnost talasnih oblika i amplituda napona praznog hoda i/ili struja kratkog spoja ispitnog generatora sa odgovarajućim standardima i zatim realizuje potrebno prepodešavanje parametara ispitnog generatora. U novije vrijeme se koriste posebni generatori koji imaju mogućnost generisanja superponiranog talasnog oblika na sinusni oblik radnog napona u željenom trenutku. Ovakvi generatori se direktno priključuju na testiranu zaštitu kao u slučaju testiranja bez djelovanja radnog napona, a u suštini predstavljaju testiranje sa uticajem radnog napona. Kod ovakvih generatora nema potrebe za mrežama za priključenje i razdvajanje.

V. ZAKLJUČAK

Zaštita uređaja i provodnika u električnim instalacijama od prenapona se realizuje kroz projektovanje i izgradnju odgovarajuće prenaponske zaštite. Veliki broj parametara utiče na performanse prenaponske zaštite kao što su: vrsta uređaja, tipovi i amplitude očekivanih talasa napona i struja, dužine i karakteristike provodnika između pojedinih stepena zaštite itd. U cilju sagledavanja performansi projektovane zaštite od atmosferskih prenapona potrebno je pravilno sprovesti testiranje sistema zaštite, od čega zavisi i ocjena kvaliteta posmatranog sistema. Prilikom realnog testiranja ili kompjuterski simulacionog testiranja zaštite od atmosferskih prenapona, a u cilju sagledavanja performansi zaštite, potrebno je pravilno definisati: vrstu i karakteristike testirane zaštite, kriterijume performansi, kao i vrstu i nivo amplituda prenaponskih i strujnih talasa. U radu je dat opis realizacija unutrašnje gromobranske instalacije i principa primjene uređaja za zaštitu od prenapona prema IEC i IEEE standardima. U cilju sagledavanja kriterijuma efikasnosti zaštite, analizirani su zahtjevi koje uređaji za zaštitu od prenapona treba da ispune i dati principi testiranja sistema zaštite.

LITERATURA

- [1] IEEE Recommended Practice for Monitoring Electrical Power Quality, IEEE 1159 Standard, 2009.
- [2] M. Savić and Z. Stojković, Tehnika visokog napona - atmosferski prenaponi, Beograd: Elektrotehnički fakultet Beograd, 2001.
- [3] IEEE Guide on the Surge Environment in Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits, IEEE C62.41.1-2002 Standard, April 2003.
- [4] Gromobranske instalacije – OPŠTI USLOVI, JUS N.B4.800, 1995.
- [5] I. A. Metwally / F. Heidler, „Enhancement of the SPD residual voltage at apparatus terminals in low-voltage power systems,“ IEEE Trans. Power Del., t. 22, br. 4, pp. 2207-2213, 2007.
- [6] S. Skuletic and V. Radulovic, "Effective Protection Distance from Cascade Coordinated Surge Protective Devices to Equipment in Low-Voltage AC Power Circuits," in 43rd International Universities Power Engineering Conference, UPEC 2008, Padova, Italy, 2008.
- [7] Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures, IEC Std. 62305-4 Standard, 2006.
- [8] IEEE Guide for the Application of Surge-Protective Devices for Low-Voltage (1000V or Less) AC Power Circuits, IEEE Std. C62.72, 2007.
- [9] IEEE Guide for Application of Surge Protectors Used in Low-Voltage (Equal to or Less than 1000VRms or 1200Vdc) Data, Communications and Signaling Circuits, IEEE C62.43, 2005.
- [10] IEEE Recommended Practice on Characterization of Surges in Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits, IEEE C62.41.2-2002 Standard, April 2003.
- [11] Zaštita od elektromagnetskog impulsa atmosferskog pražnjenja Deo 3: Zahtevi za uređaje za zaštitu od prenapona (SPDs), JUS IEC 61312-3, 2002.
- [12] IEEE Recommended Practice on Surge Testing for Equipment Connected to Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits, IEEE C62.45-2002 Standard, April 2003.
- [13] P. Richman, "Criteria and designs for surge couplers and back-filters," in IEEE National Symposium on Electromagnetic Compatibility, 1989.
- [14] Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test, IEC Std. 61000-4-5 Standard, 2005.
- [15] Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test, IEC Std. 61000-4-4, 2004.

ABSTRACT

The protection of devices and conductors in electrical installations against surges is realized through the design and construction of an appropriate overvoltage protection system and application of a surge protection device. A large number of parameters have influence on the proper selection and application of surge protection devices, such as: type of devices, types and amplitudes of the expected voltage and current waves, length and characteristics of the conductors between the individual degrees of protection, etc. For this reason it is necessary to check the efficiency of protection system by its testing through simulation or experiment. The aim of this paper is to point out the complexity of the problem and the necessity for a systematic approach to its solution.

PRINCIPLES OF SURGE PROTECTION TESTING IN LOW VOLTAGE ELECTRICAL INSTALLATIONS

Vladan Radulović, Milan Kočović