

Davor Cvrtak, dipl. ing. el., univ. spec. el.

ZAŠTITA SIGNALNO-SIGURNOSNIH UREĐAJA OD ATMOSFERSKIH UTJECAJA

1. Uvod

Radni uvjeti signalno-sigurnosnog uređaja (SS) moraju biti unaprijed definirani. U suprotnome dolazi do negativnih utjecaja na rad SS uređaja. U procesu nabave SS uređaja stručno povjerenstvo koje je imenovao poslodavac i na kojem je zahtjevna odluka mora obratiti pozornost na niz tehničkih uvjeta. Jedan od bitnih tehničkih uvjeta jest radno okružje u kojemu će SS uređaj biti instaliran. Osim temperature okoliša i drugih negativnih utjecaja iznimno je bitan atmosferski utjecaj. Atmosferski utjecaj izravno utječe na raspoloživost SS uređaja, što u praksi znači zaustavljanje vlaka na cestovnome prijelazu ili nemogućnost reguliranja željezničkog prometa kolodvorskim ili pružnim SS uređajem. Svako zaustavljanje vlaka koje nije propisano voznim redom dovodi do kašnjenja vlaka, što ima negativan niz posljedica. S obzirom na vanjske negativne utjecaje, uređaj bi uvijek trebao biti raspoloživ kako bi željeznički i cestovni promet mogli teći neometano.

Cilj je ovoga članka opisati problematiku koju uzrokuje atmosfersko pražnjenje s posebnim osvrtom na neelektrificiranu prugu odnosno na problematiku pregaranja (kvara) prenaponske zaštite, a sve zbog velikog otpora uzemljenja koji sprječava odvođenje prenapona na uzemljenje.

Kao primjer problematike odabrane su neispravnosti na elektroničkome uređaju ŽCP-a Fratrov - SPA-2B/CR u mjestu Primorski Dolac. Uređaj za zaštitu željezničko-cestovnog prijelaza Fratrov projektiran je kao automatski uređaj s daljinskom kontrolom u kolodvoru Primorski Dolac. Na tome SS uređaju napravljeni

su dodatni zahvati na sustavu uzemljenja kojima je smanjena moguća šteta koja je mogla nastati zbog atmosferskog pražnjenja.

2. Utjecaj atmosferskog pražnjenja na rad SS uređaja

2.1. Primjeri negativnih utjecaja atmosferskih pražnjenja

Posljedica neispravnosti SS uređaja zbog kvara elemenata u strujnim krugovima uključne točke jest kvar uređaja za osiguranje željezničko-cestovnog prijelaza. Primjeri navedene neispravnosti za SS uređaj SPA-2B/CR prikazani su u tablici 1.

2.2. Poboljšanje postojećeg sustava uzemljenja

Postojeći sustav uzemljenja trebalo je poboljšati i to kako bi se poništio negativan utjecaj atmosferskog pražnjenja na rad SS uređaja. Postojeći sustav uzemljenja svodio se na uzemljenje kućice ŽCP-a pomoću prstenastog uzemljivača. Prilikom mjerenja otpora uzemljenja, izmjerena vrijednost otpora nije bila u skladu sa zahtjevima. Postojeći sustav uzemljenja nalazi se u tlu velikoga specifičnog otpora (kamenito tlo) te se njime nije postizao otpor uzemljenja propisan zahtjevima. Dosadašnja praksa bila je takva da se sva metalna kućišta povežu na tračnicu, a pretpostavljalo se da je tračnica uzemljena. Autor članka smatra da je do te pretpostavke došlo zbog plana elektrifikacije ličke pruge ili je u pitanju bilo neznanje iz područja uzemljivača. S obzirom na to da elektrifikacija pruge nije provedena, i stanje je ostalo isto, što je za posljedicu imalo veliki negativni utjecaj atmosferskog pražnjenja na rad elektroničkih SS uređaja. Budući da se takvo stanje više nije moglo tolerirati, morao se realizirati novi sustav uzemljenja. U uvjetima u kojima vlada veliki specifični otpor tla primjenjuju se tehnička rješenja u kojima se kontakt uzemljivača i zemlje poboljšava.

Tablica 1. Karakteristične neispravnosti uzrokovane lošim vremenskim uvjetima na ŽCP-u Fratrov u km 287+316

Službeno mjesto	Naziv uređaja	Opis neispravnosti	Uzrok neispravnosti	Tip zamijenjenog elementa	Datum nastanka neispravnosti	Vrijeme nastanka neispravnosti
Primorski Dolac	ŽCP Fratrov	Ostalo (kvar – def. K2)	Loši vremenski uvjeti	Prenaponska zaštita	3. 12. 2014.	10.30
Primorski Dolac	ŽCP Fratrov	Ostalo (kvar – def. K1)	Loši vremenski uvjeti	Senzor kom. 2, VUR, osigurači	16. 8. 2015.	3.40
Primorski Dolac	ŽCP Fratrov	Kartica (kvar – def. K1)	Loši vremenski uvjeti	Senzor BT2	4. 9. 2015.	11.02

Izvor: Baza podataka neispravnosti SS uređaja Elektrotehničkog sektora Split

Neka od tehničkih rješenja jesu:

- kemijske sonde
- gel
- bentonit
- grafitni prah.

Poboljšanje sustava uzemljenja trakastim uzemljivačem često nije racionalno jer zahtijeva neograničeni prostor te zbog toga često nije izvedivo. Navedeni razlog nije predstavljao problem jer je duž pruge već bio postavljen trakasti uzemljivač. Budući da je uzemljenje trakastim uzemljivačem bilo ekonomski opravdano, odabrano je kao tehničko rješenje poboljšanja sustava uzemljenja. U daljnjem postupku poboljšanja sustava uzemljenja pristupilo se povezivanju tračnice s trakastim uzemljivačem (pocinčanom pružnom trakom), odnosno uzemljenju tračnice. Postupak povezivanja vanjskih elementa elektroničkog uređaja SPA-2B/CR i same tračnice prikazan je na slici 1.

Zadovoljavajuća vrijednost otpora uzemljenja bila je potvrđena pri prvome atmosferskom pražnjenju. S obzirom na to da nije bilo prorade prenaponske zaštite u sustavu uključnih točki ni stradavanja unutarnjih ili vanjskih elemenata SS uređaja, to je dodatno potvrdilo

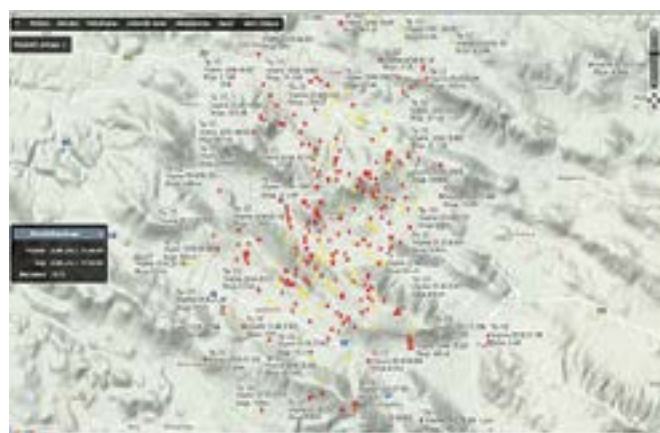


Slika 2. Izvedeno stanje, izjednačavanje potencijala između vanjskih elementa uređaja SPA-2B/CR

poboljšanje sustava uzemljenja. Na slici 2. prikazano je izvedeno stanje na terenu, tj. način na koji je ostvareno povezivanje vanjskih elemenata uključne točke na trakasti uzemljivač.

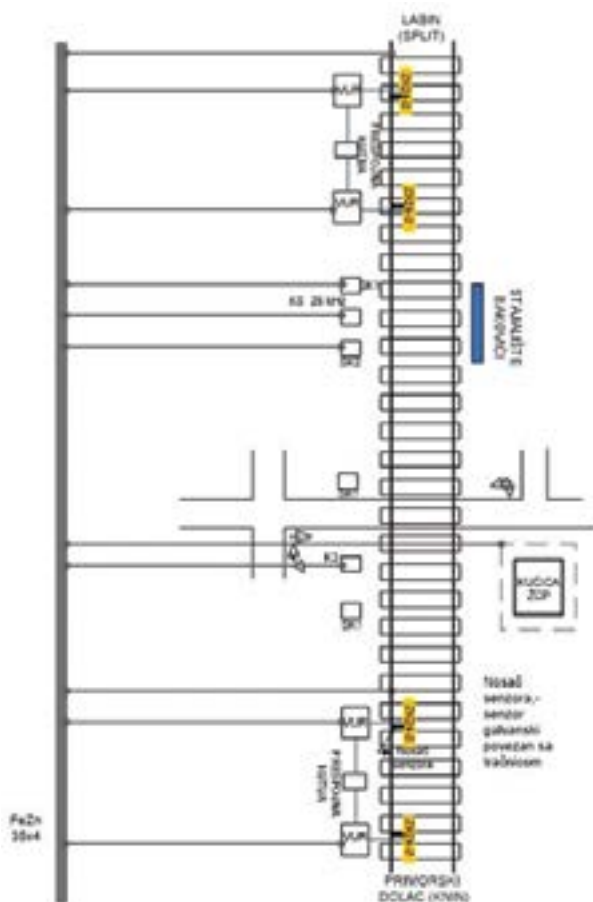
2.3. Primjena podataka iz LLS-a (zona ŽCP-a Fratrov km 287+316)

Sustav za lociranje atmosferskih pražnjenja LLS zagradi (eng. *Lightning Location System*), odabran je kako bi potvrdio atmosfersko pražnjenje za neispravnosti navedene u tablici 1., a u kojima su uništeni elementi SS uređaja. LLS sustav sastoji se od određenog broja nadzornih postaja koje su povezane brzim komunikacijskim kanalima sa središnjim serverom za obradu podataka. Svaka nadzorna postaja ima poznate GPS koordinate. Nadzorne postaje opremljene su sustavom antena i senzora u kojima se registriraju inducirani naponi. Također, nadzorne postaje imaju vlastite GPS prijemnike s jako točnim vremenima registracije događaja¹. Na slici 3. prikazan je utjecaj



Slika 3. Rezultati događaja iz sustava LLS na dan 16. kolovoza 2015. u periodu od 1.00 do 4.00 sata (x crveni – udar OZ, x žuti – udar OO)

¹ A. Tokić, V. Milardić, *Kvalitet električne energije*, 3 Elektromagnetske prijelazne pojave, 3.5. Sistemi za praćenje atmosferskih pražnjenja Printcom, Tuzla, 2015., str. 91-94



Slika 1. Shema uzemljenja vanjskih elemenata



Slika 4. Rezultati događaja iz sustava LLS na dan 6. siječnja 2015. u 0.00 sati (u sustavu LLS registrirana 5954 udara)

atmosferskog pražnjenja i označen je crvenim i žutim križićem. Registrirani udar nalazi se u zoni vanjskih elemenata ŽCP-a Fratrov (senzori željezničkog kotača, EOC detektori, cestovni signali, SPZ kabeli). Uslijed toga detektiranog atmosferskog pražnjenja stradala je prenaponska zaštita u krugu uključne točke detektora K2. Na temelju tog događaja može se zaključiti da je „strani“ potencijal bio narinut na prenaponsku zaštitu koja je pregorjela jer zbog velikog otpora uzemljenja nije omogućila odvođenje „stranog“ potencijala na uzemljenje. Ovdje je važno napomenuti to da ugradnja prenaponske zaštite bez propisanog otpora uzemljenja neće imati smisla, odnosno prenaponska zaštita neće u cijelosti ispuniti svoju funkciju.

2.4. Događaji atmosferskog pražnjenja nakon mjera za poboljšanje sustava uzemljenja

Na slikama 4. i 5. prikazani su registrirani događaji atmosferskog pražnjenja u blizini ŽCP-a Fratrov, odnosno događaji atmosferskog pražnjenja nakon zahvata na sustavu uzemljenja. Pri tim udarima na SS uređaju nije bilo registriranih neispravnosti.

2.5. Podaci iz LLS-a o atmosferskim pražnjenjima (ŽCP Komin i ŽCP Rogotin)

Na slici 6. prikazan je registrirani događaj atmosferskog pražnjenja u blizini ŽCP-a Komin u km 183+210 i ŽCP-a Rogotin u km 185+863. Pri tim udarima na SS uređaju nije bilo registriranih neispravnosti.

Ako se usporede podaci iz LLA-a za područje Rogotina s podacima za područje Primorskog Dolca, može se zaključiti to da ne dolazi do prorade prenaponske zaštite, a sve zbog kvalitetnog uzemljenja (elektrificirane pruge).

Budući da su izmjerene vrijednosti u skladu s propisanim vrijednostima, može se zaključiti to da u slučaju prorade prenaponske zaštite neće doći do problema odvođenja „stranog“ potencijala u zemlju. Uspoređivanjem događaja atmosferskog pražnjenja iz baze



Slika 5. Rezultati događaja iz sustava LLS na dan 13. siječnja 2015. u 0.00 sati (u sustavu LLS registrirano 25 713 udara)



Slika 6. Rezultati događaja iz sustava LLS od 4. prosinca 2014. do 5. prosinca 2014. od 21.00 do 0.00 sati (u sustavu LLS registrirano 3818 udara)

podataka LLS-a (slika 6.) s neispravnostima SS uređaja zaključeno je to da na uključnim točkama nije došlo do gubitka signala, što znači da nije došlo do prorade prenaponske zaštite.

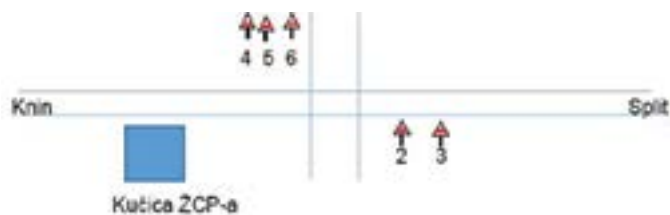
3. Uzemljenje SS uređaja na neelektrificiranoj pruzi

3.1. Otpor uzemljenja ŽCP-a Fratrov

Budući da pruga Oštarije – Knin – Split nije elektrificirana pa ne postoji osnovni uzemljivač kao na elektrificiranima prugama (tračnice povratnog voda), moraju se izvoditi posebni uzemljivači. U cilju utvrđivanja iznosa otpora uzemljenja s pocinčanom trakom pristupilo se mjerenju otpora uzemljenja, i to instrumentom FLUKE 1621. U tablici 2. prikazani su rezultati mjerenja otpora uzemljenja realiziranog s pocinčanom trakom, u tlu sa šljunkom i zemljom pri temperaturi zraka od +30 °C.

Tablica 2. Rezultati mjerenja uzemljenja ŽCP-a Fratrov

Redni broj	Mjereno mjesto	Otpor uzemljenja
1	Kućica ŽCP-a	7,62
2	Cestovni signal 2	7,62
3	Cestovni signal 3	7,62
4	Cestovni signal 4	7,62
5	Cestovni signal 5	7,62
6	Cestovni signal 6	7,62



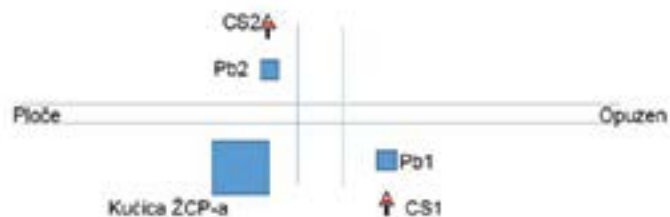
Slika 7. Smještaj vanjskih elemenata ŽCP-a Fratrov

3.2. Otpor uzemljenja ŽCP-ova Komin i Rastoka

U cilju utvrđivanja vrijednosti otpora uzemljenja provedeno je mjerenje otpora uzemljenja, i to instrumentom Fluke 1621. U tablicama 3. i 4. dani su rezultati mjerenja otpora uzemljenja realiziranog s pocinčanom trakom, u tlu sa šljunkom i zemljom pri temperaturi zraka od + 30 °C.

Tablica 3. Rezultati mjerenja uzemljenja ŽCP-a Rastoka

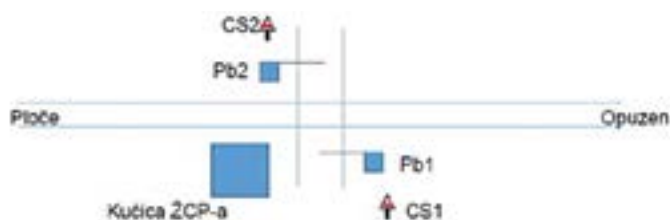
Redni broj	Mjereno mjesto	Otpor uzemljenja s povratnim vodom KM-a
1	Kućica ŽCP-a	0,90
2	Cestovni signal 1	0,92
3	Cestovni signal 2	0,94
4	Postavljač 1	0,93
5	Postavljač 2	0,92



Slika 8. Smještaj vanjskih elemenata ŽCP-a Rastoka

Tablica 4. Rezultati mjerenja uzemljenja ŽCP-a Komin

Redni broj	Mjereno mjesto	Otpor uzemljenja s povratnim vodom KM-a
1	Kućica ŽCP-a	0,72
2	Cestovni signal 1	0,72
3	Cestovni signal 2	0,74
4	Postavljač 1	0,75
5	Postavljač 2	0,74



Slika 9. Smještaj vanjskih elemenata ŽCP-a Komin

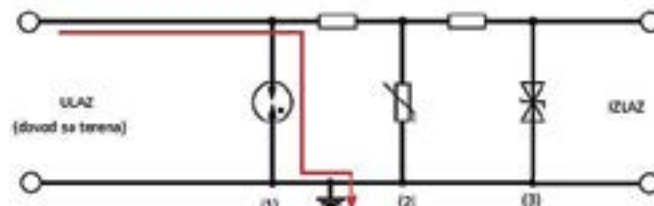
Na isti način provedeno je mjerenje uzemljenja na ŽCP-u Komin. U tablici 4. prikazani su rezultati mjerenja otpora uzemljenja realiziranog s pocinčanom trakom, u tlu sa šljunkom i zemljom pri temperaturi zraka od + 30 °C.

Zaključeno je to da je otpor uzemljenja svih vanjskih elemenata ŽCP-a u skladu sa zahtjevima.

4. Prenaponska zaštita

4.1. Elementi i koordinacija prenaponske zaštite

Ugradnja prenaponskih zaštita u sustav SS uređaja, odnosno u dio sustava koji prenosi bitne informacije (informacije koje omogućuju ispravan rad uređaja, informacije od velike važnosti za sigurnost prometa), zahtjeva analizu zbog „negativnih“ stanja u koja se prenaponska zaštita može dovesti proradom. Primjer kaskadne prenaponske zaštite prikazan je na slici 10.



Slika 10. Princip trostupanjnske zaštite

- (1) Plinom punjen odvodnik prenapona
- (2) Varistor
- (3) TVS (engl. *Transient Voltage Suppressor*) diode

Iznimno je važno to da radna struja pojedinačnog elementa prenaponske zaštite ne smije biti prekoračena jer u protivnome dolazi do pregaranja elemenata. Principi koordinacije detaljno se razrađuju i usvajaju u IEC normama, a jedan od principa jest taj da se isti radni napon uzima za svaki element i svi elementi imaju istu strujno-naponsku karakteristiku ili se povećava radni napon za svaki sljedeći element prenaponske zaštite.²

Na slici 10. prikazana je kontura (crvena boja), odnosno način zatvaranja struje uslijed prorade plinskog odvodnika na uzemljenje.

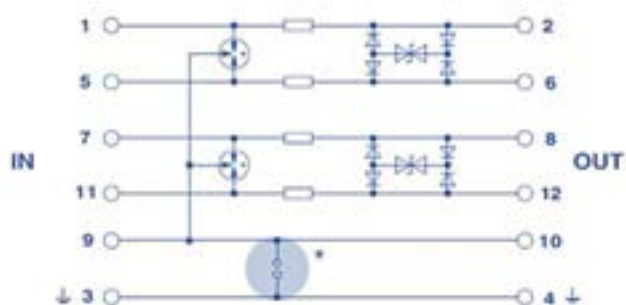
² Prančević, Drago: Sustavi i zaštite od munje, Zaštita od prenapona unutarnjih električnih instalacija, 6.5. praktične upute za postavu SPD uređaja, Kigen, Zagreb, prosinac 2003., str. 172

4.2. Moguća stanja prenaponske zaštite nakon odvođenja prenapona

Nakon prorade prenaponske zaštite, odnosno odvođenja prenapona na uzemljenje, elementi zaštite (TVS, plinski odvodnici, metal-oksidini i drugi) trebali bi se iz stanja vođenja struje ponovno vratiti u stanje ne vođenja struje na uzemljenje (GND). PHOENIX contact proizvodi prenaponske zaštite u strujnim krugovima uključnih točki na uređaju ŽCP-a Fratrov, i to:

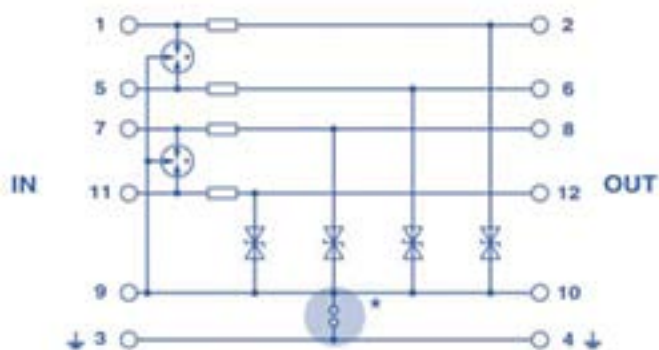
1. PT 2 x 2 – HF 24 DC-ST, $U_c = 28 \text{ V DC}$, $I_n = 450 \text{ mA}$
2. PT 4 x 1 48DC-ST, $U_c = 53 \text{ V DC}$, $I_n = 300 \text{ mA}$.

Na slikama 11. i 12. prikazane su sheme prenaponskih zaštita PT 2 x 2 i PT 4 x 1.



Slika 11. Shema prenaponske zaštite PT 2 x 2

* - spoj na zemlju (opcionalno) kada se koristi zaštita s oznakom PT; točke 9/10 (GND) spojene su izravno na DIN nosač



Slika 12. Shema prenaponske zaštite PT 4 x 1

Na temelju iskustva iz prakse potvrđeno je to da pojedini elementi (najčešće TVS diode) nakon prorade trajno stradavaju tako da trajno ostaju u stanju smanjene impedancije (stanje vođenja) ili u trajnome prekidu, a što je posljedica velikog otpora uzemljenja. Budući da se u SS uređaju primjenjuje IT sustav, na taj način neispravni elementi (oni koji su ostali u trajnome stanju vođenja) ostvaruju zemljospoj. IT sustav odbran je upravo zbog problema zemljospoja. Kada bi u SS sustavima bio primijenjen neki drugi sustav (npr. TT sustav), prvi zemljospoj uzrokovao bi isključivanje

sustava, što izravno utječe na raspoloživost sustava odnosno SS uređaja. Uzroci isključivanja sustava mogu biti razni: inducirani naponi na elektrificiranoj pruzi, atmosfersko pražnjenje, struje električne lokomotive i drugi. Zahvaljujući izoliranoj mreži (IT sustavu), u slučaju prvog zemljospoja sustav i dalje ostaje raspoloživ, odnosno SS uređaj i dalje funkcionira kao da se ništa nije dogodilo. S obzirom na to u uređaju SPA-2B/CR nije instaliran stalni kontrolnik izolacije, osoblje koje je zaduženo za održavanje uređaja nema zvučni ni svjetlosni alarm zemljospoja. Takve pogreške narušavaju smisao izoliranog sustava pa bi osnovna preporuka bila ugradnja kontrolnika izolacije koji bi trajno kontrolirao stanje otpora izolacije sustava. Otpor izolacije može biti narušen uslijed nepovoljnih stanja prenaponskih zaštita. S obzirom na to da u uređaju SPA-2B/CR nema stalne kontrole otpora izolacije (nema ugrađenog kontrolnika izolacije), trebalo bi definirati period provjere stanja prenaponskih zaštita, navedeno provoditi u praksi sve do ugradnje kontrolnika otpora izolacije.

Uređaj SPA-2B/CR projektiran je tako da se uključanje uređaja ostvaruje spajanjem tračnica putem osovina željezničkog vozila (EOC detektori) i kod novije preinake uređaja on se uključuje pomoću brojača osovina (BO 23). U oba tehnička rješenja prolaskom željezničkog vozila dolazi do gubitka signala koji je odgovoran za uključivanje uređaja. U slučaju gubitka signala u trenutku kada željezničko vozilo nije na uključnoj točki, događaj se registrira kao neispravnost uređaja. Jedan od mogućih uzroka gubitka signala jest prorada prenaponske zaštite. Zbog potencijalnog problema stanja prenaponske zaštite nakon prorade, zaštita se može testirati testerom proizvođača PHOENIX koji je prikazan na slici 13.



Slika 13. Kontrolnik prenaponskih zaštita proizvođača PHOENIX contact

Izvor: Katalog tvrtke PHOENIX contact



Slika 14. Primjer izvješća nakon ispitivanja prenaponske zaštite

Izvor: Katalog tvrtke PHOENIX

Tester sa slike 14. omogućuje testiranje bilo koje prenaponske zaštite istog proizvođača, omogućuje skeniranje barkoda te generiranje svih tehničkih podataka prenaponske zaštite. Izvješće nakon testiranja pruža uvid u to je li prenaponska zaštita prošla test odnosno je li ispravna. Primjer izvješća o ispitivanju prikazan je slici 14. Izvješće prikazuje slučajeve potpuno ispravne prenaponske zaštite, prenaponske zaštite na granici ispravnosti i slučaj neispravne zaštite.

4.3. Periodična kontrola izolacije

S obzirom na dosadašnju praksu, treba istaknuti to da se otpor izolacije mjeri jedanput godišnje. Od trenutaka kada se mjerenje provede, prolazi 12 mjeseci. U slučaju da nastane pogreška kod koje ne postoji ispad sustava kao u TT mreži, nastalu pogrešku osoblje za održavanje SS uređaja detektirat će tek za 12 mjeseci (prilikom sljedećeg mjerenja). Budući da se u periodu od 12 mjeseci mogu pojaviti višestruke pogreške u IT sustavu (stara kabela spojnica, nekvalitetno i nepropisno ugrađena kabela spojnica, starenje izolacije sustava, loša ili oštećena izolacija vanjskih kabela i drugo), ta praksa nije preporučljiva, i to iz dva razloga:

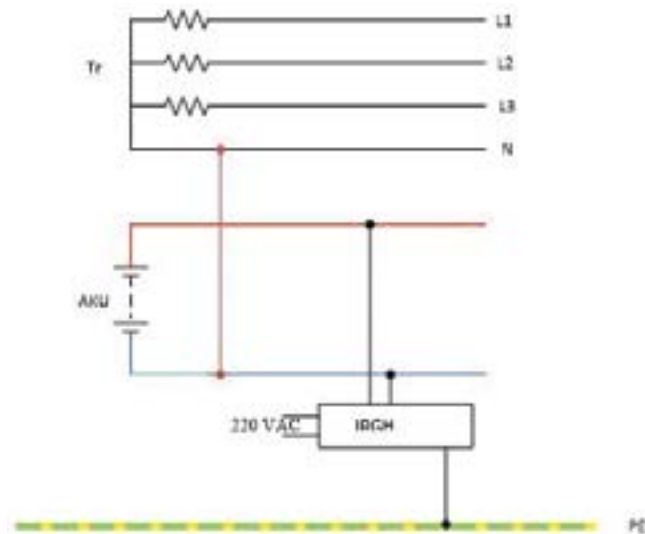
1. mjerenje se obavlja periodično, a ne neprekidno

2. mjerenje se obavlja dok je uređaj u osnovnome stanju, odnosno ne provodi se dok je uređaj u stanju uključenja (npr. uključivanje ŽCP-a, postavljanje signala na određeni signalni pojam, promjena položaja skretnice, općenita manipulacija SS uređajem i drugo).

U praksi su mogući slučajevi da se vrijednost otpora izolacije IT sustava smanji kada je uređaj u stanju uključenja (ostvare se strujni krugovi u kojima postoji zemljospoj) ili se stanje otpora izolacije IT sustava popravi (strujni krugovi sa zemljospojem nisu aktivni, a bili su aktivni u osnovnome stanju). Budući da se zemljospojevi mogu ostvariti u osnovnome stanju i u stanju uključenja uređaja, preporuka je da se mjerenje obavi u oba stanja. Otpor izolacije mjeri se instrumentom IRGH 265-4. U priručniku instrumenta propisan je otpor izolacije od 220 kΩ (u skladu sa SI. gl. JŽ br. 8/71) te je navedeno to da može doći do funkcijskih pogrešaka u sustavu, zbog čega sigurnost nije više osigurana. S obzirom na to da se u željezničkim sustavima često primjenjuje mješovita mreža kao na slici 15., neophodno je kontrolirati stanje izolacije mreže. Kontrolnik izolacije IRGH 265-4 upotrebljava se kao prijenosni kontrolnik isključivo na postrojenjima gdje nema stacionarnog kontrolnika, a to su:

- kolodvorski SS uređaj
- željezničko-cestovni prijelaz tipa DK
- željezničko-cestovni prijelaz tipa KS
- željezničko-cestovni prijelaz tipa KP
- APB uređaj⁶

Nazivni napon kabela mreže je od 0 do 500 V DC. Princip povezivanja kontrolnika izolacije na mješovitu kabela mrežu prikazan je na slici 15.

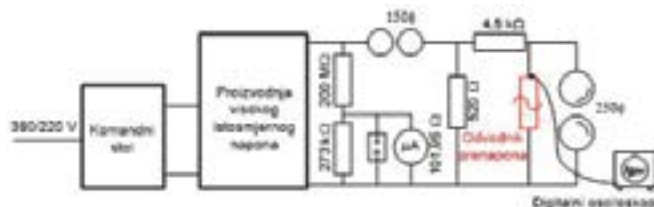


Slika 15. Način spajanja instrumenta IRGH 265-4 na mješovitu IT mrežu

³ Uputstvo za instrument IRGH 265-4, str. 4

4.4. Ispitivanje prenaponskih zaštita ispitnim generatorom

Ispitivanje je provedeno u laboratoriju visokog napona na Fakultetu elektrotehnike i računarstva u Zagrebu, i to pomoću generatora udarnog napona, koji po parametrima odgovaraju standardnome prenaponskom valu oblika $1,2/50 \mu\text{s}$. Ispitivanje je provedeno u skladu sa shemom prikazanom na slici 16., gdje je u slučaju ovoga rada ispitni predmet prenaponska zaštita raznih proizvođača.



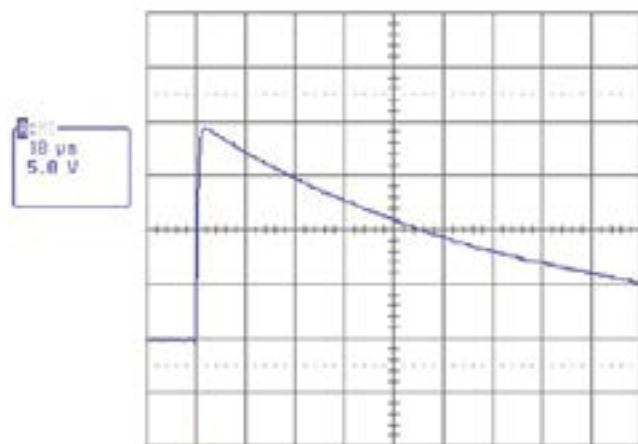
Slika 16. Princip rada odvodnika prenapona

U pokusu je upotrijebljen digitalni osciloskop (s odgovarajućim sondama) za snimanje prenaponskog vala te preostalog napona na prenaponskoj zaštiti. Na početku pokusa sonda digitalnog osciloskopa spojena je na potporni izolator. Budući da se mjerno iskrište ne koristi u ispitivanju karakteristika prenaponske zaštite, postavljeno je na dovoljno velik razmak. U nastavku pokusa visina izmjeničnog napona i razmak izbojnog iskrišta regulirani su tako da se dobije prenaponski val približne vrijednosti 20 kV. Nakon početnih priprema snimljen je pozitivni prenaponski val od 20 kV i negativni prenaponski val od -20 kV . Nakon snimanja prenaponskih valova kojima će biti izložena prenaponska zaštita pristupilo se spajanju prenaponske zaštite u skladu sa shemom prikazanom na slici 16. Nakon spajanja prenaponske zaštite u pogon generiran je prenaponski val iste amplitude kao i prethodni. Odzivi dobiveni snimljeni su u memoriju osciloskopa. U nastavku pokusa ispitivane su različite prenaponske zaštite dvaju proizvođača: DEHNgarda i PHOENIX-a.⁷

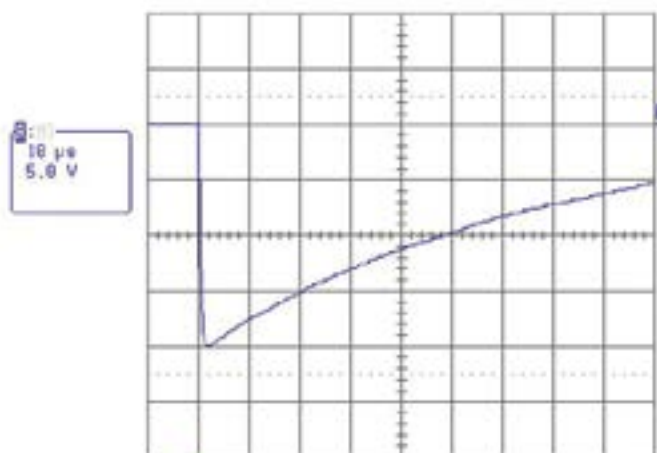
Odziv prenaponskog vala približno 20 kV dobiven u laboratoriju prikazan je na slici 17, dok je odziv prenaponskog vala približno -20 kV prikazan na slici 18.

Ispitivanje je provedeno s obzirom na kataloške podatke preostalog napona U_p , koji je definiran kao preostali napon odnosno kao parametar koji karakterizira prenaponsku zaštitu. Podatak o naponu U_p treba navesti proizvođač. Taj je napon prilikom prorade prenaponske zaštite maksimalni napon na priključnicama uređaja za specificirani prenaponski ili strujni val. Odzivi dobiveni za prenaponsku zaštitu proizvođača DEHNgard DG T 275 pri pozitivnome naponskom valu od 20 kV prikazani su na slici 25., dok je odziv

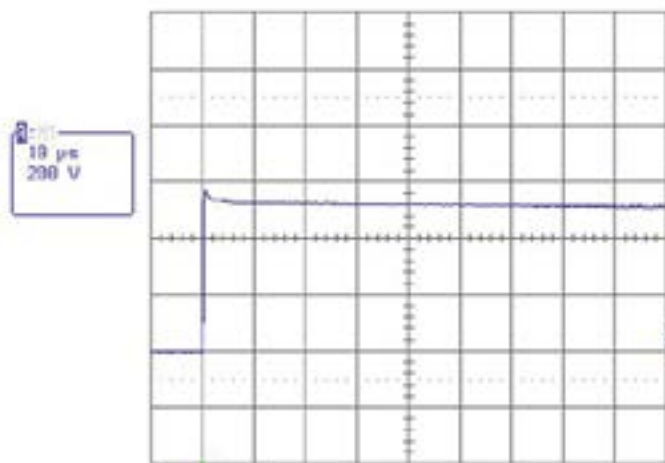
dobiven pri negativnome naponskom valu od 20 kV prikazan na slici 19.



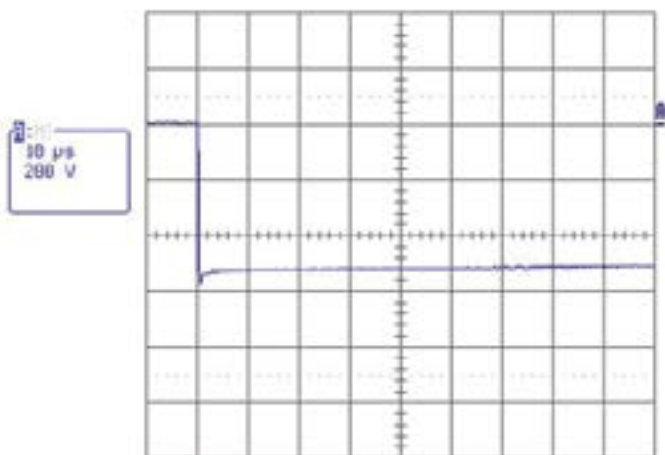
Slika 17. Snimka Sc4.000; prenaponski val približno 20 kV



Slika 18. Snimka Sc4.002; prenaponski val približno -20 kV

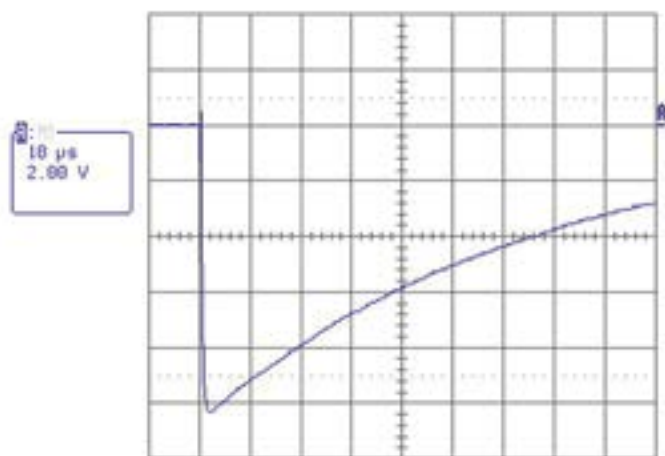


Slika 19. Snimka Sc1.001; preostali napon na T275 pri gornjemu prenaponskom valu

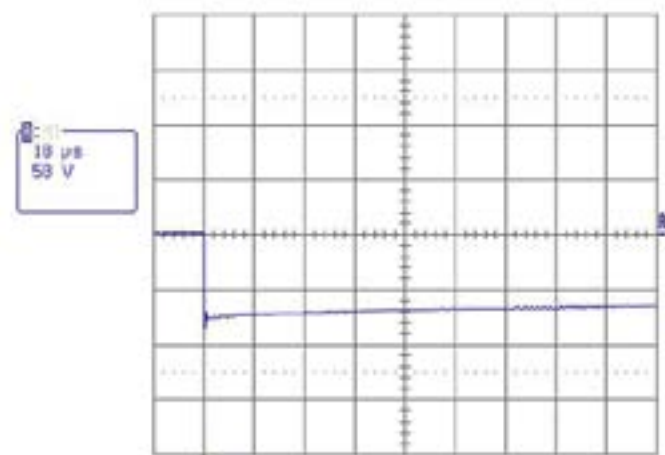


Slika 20. Snimka Sc1.003; preostali napon na T275 pri valu od -20 kV

U katalogu proizvođača DEHNgard navodi se da je preostali napon U_p za T275 manji od 1,25 kV. Dobiveni odzivi na slikama 20 i 21. zadovoljavaju su s obzirom na podatak o naponu U_p . Na slici 21. prikazan je negativni prenaponski val od -10 kV, kojim je testirana prenaponska zaštita proizvođača PHOENIX.

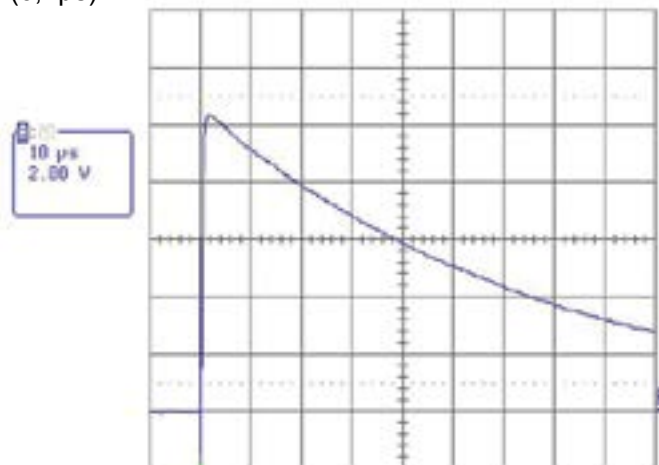


Slika 21. Snimka Sc4.004; prenaponski val približno -10 kV

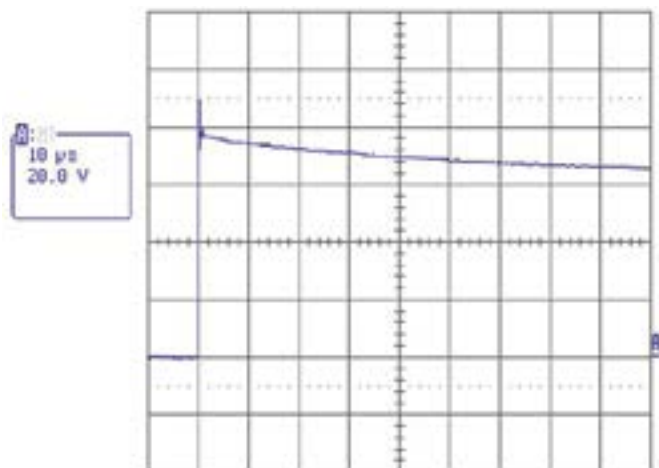


Slika 22. Snimka Sc1.005; preostali napon na PT 4 x 1 pri gornjem valu između 1 i 9

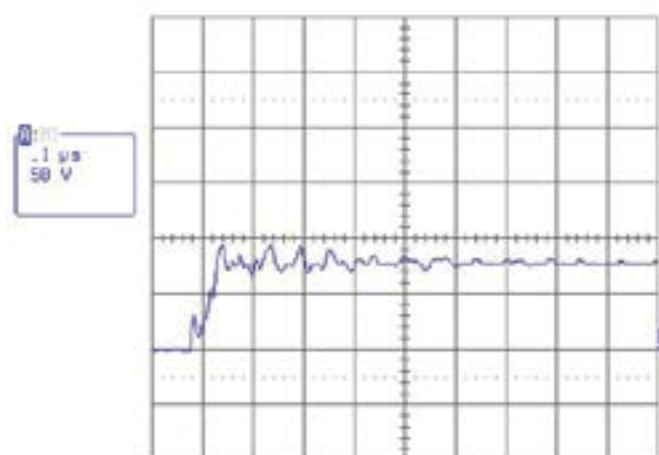
Slika 23. prikazuje dobiveni odziv prenaponske zaštite PT 4 x 1 na liniji 1-9. Ispitivanjem je potvrđen navod u katalogu proizvođača da preostali napon U_p mora biti manji od 130 V. Opisano ispitivanje provedeno je na istoj liniji i s pozitivnim prenaponskim valom od 10 kV, a dobiveni odzivi prikazani su na slikama 24. i 25., s time da slika 25. prikazuje odziv s većom rezolucijom (0,1 μs).



Slika 23. Snimka Sc4.006; prenaponski val od približno 10 kV



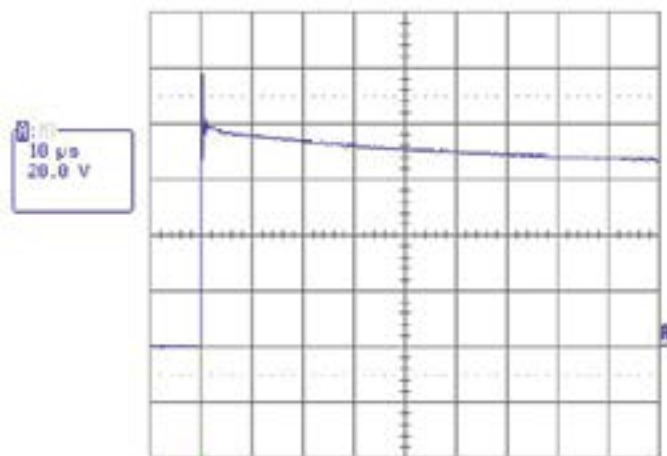
Slika 24. Snimka Sc1.007; preostali napon na PT 4 x 1 pri gornjem valu između 1 i 9



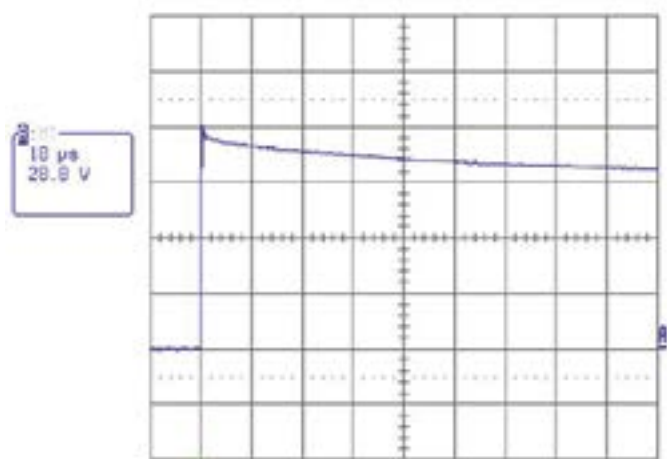
Slika 25. Snimka Sc1.021; preostali napon na PT 4 x 1 pri valu od 10 kV između 1 i 9 (0,1 μs)

Ispitivanje je provedeno na ostalim linijama prenaponske zaštite PT 4 x 1, odnosno na linijama 5-9, 7-9, 11-9, a dobiveni odzivi prikazani su na slikama 26., 27. i 28. Dobiveni su slični odzivi kao na liniji 1-9, odnosno zadovoljavajući su s obzirom na podatak o preostalom naponu U_p .

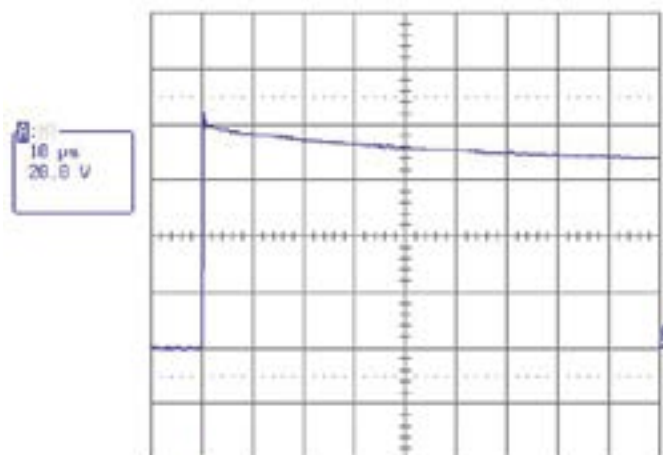
Ispitivanje prorade prenaponske zaštite PT 2 x 2 provedeno je prenaponskim valom od približno 10 kV (slika 29.). Odziv dobiven na liniji 1-10 prikazan je na slici 30., odziv na liniji 5-10 na slici 31., a odziv na liniji 7-10 na slici 33. Ispitivanjem je utvrđeno to da se plinski odvodnik prenapona ne ponaša uvijek isto, odnosno da se ne dobivaju uvijek isti odzivi pa je na slici 33. prikazan zadovoljavajući odziv s obzirom na kataloški podatak o preostalom naponu ($U_p \leq 120$). Navedeno je prikazano i na slici 34., a ispitivanje je provedeno na liniji 7-10.



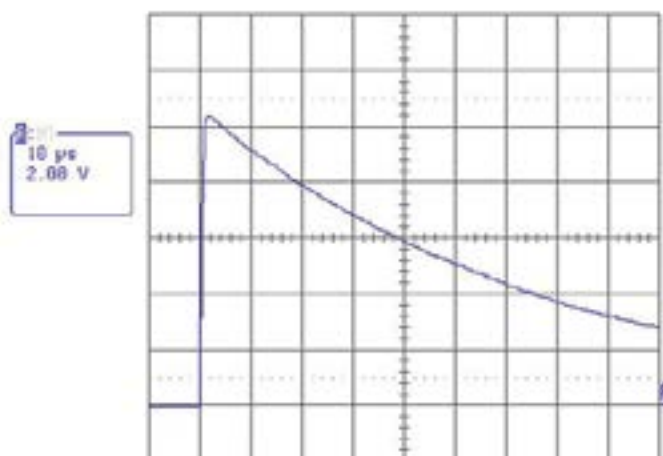
Slika 26. Snimka Sc1.008; preostali napon na PT 4 x 1 pri valu od 10 kV između 5 i 9



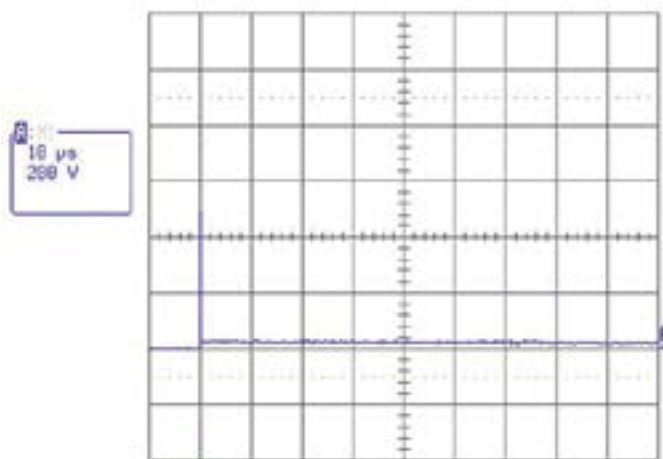
Slika 27. Snimka Sc1.009; preostali napon na PT 4 x 1 pri valu od 10 između 7 i 9



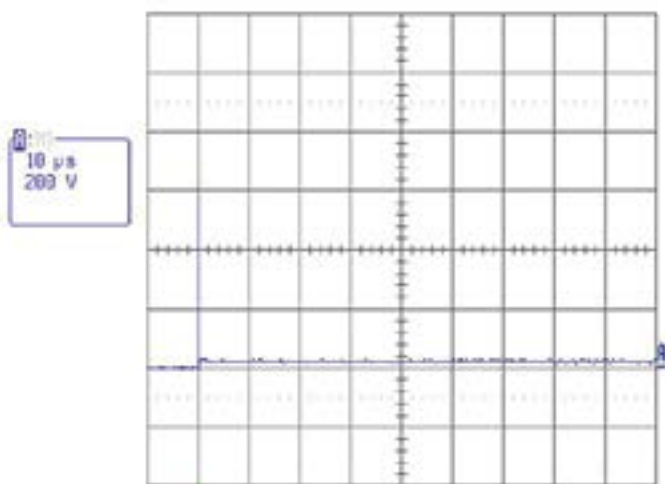
Slika 28. Snimka Sc1.010; preostali napon na PT 4 x 1 pri valu od 10 kV između 11 i 9



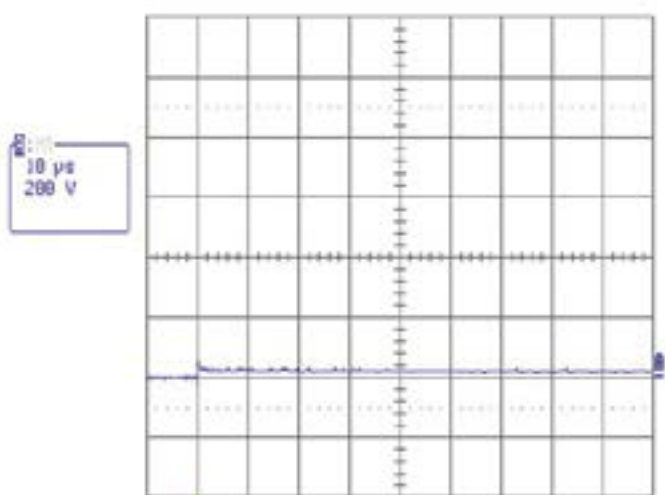
Slika 29. Snimka Sc4.011; prenaponski val od približno 10 kV



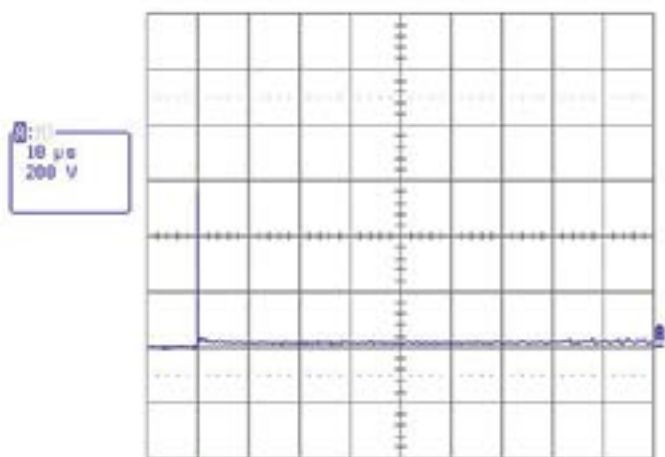
Slika 30. Snimka Sc1.012; preostali napon na PT 2 x 2 pri gornjem valu između 1 i 10



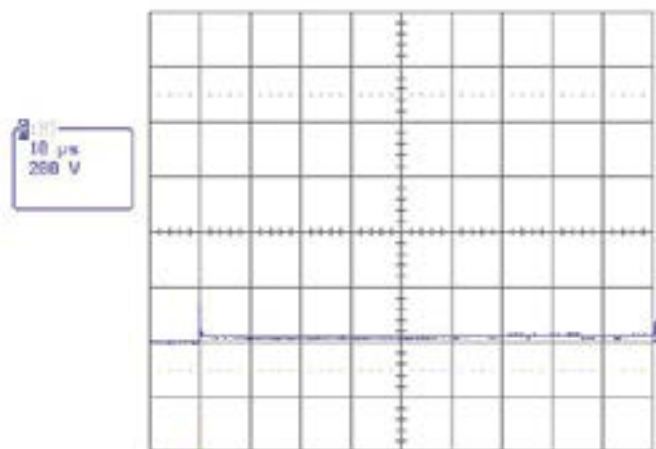
Slika 31. Snimka Sc1.013; preostali napon na PT 2 x 2 pri valu od 10 kV između 5 i 10



Slika 32. Snimka Sc1.014; preostali napon na PT 2 x 2 pri valu od 10 kV između 5 i 10

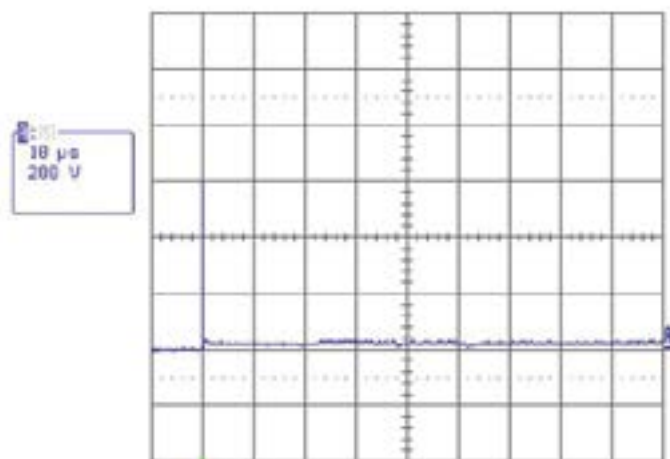


Slika 33. Snimka Sc1.015; preostali napon na PT 2 x 2 pri valu od 10 kV između 7 i 10

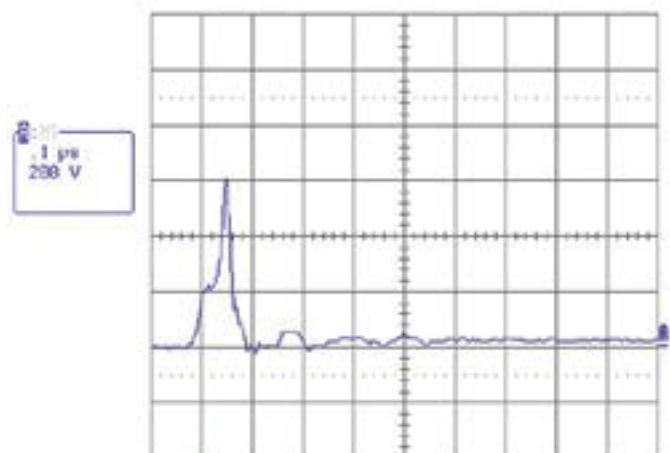


Slika 34. Snimka Sc1.016; Up na PT 2 x 2 pri valu od 10 kV između 7 i 10

Slika 35. prikazuje preostali napon na prenaponskoj zaštiti PT 2 x 2, i to na liniji 11-10. To isto prikazano je na slici 36., no s većom rezolucijom.

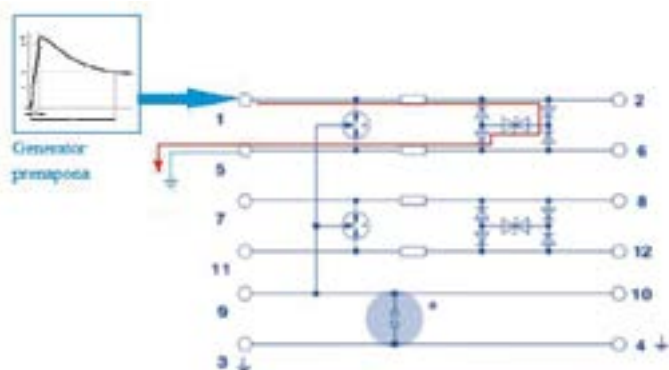


Slika 35. Snimka Sc1.017; preostali napon na PT 2 x 2 pri valu od 10 kV između 11 i 10



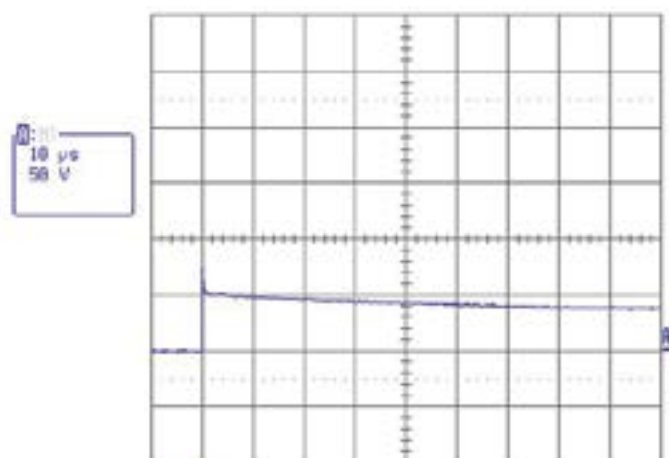
Slika 36. Snimka Sc1.018, Up na PT 2 x 2 pri valu od 10 kV između 11 i 10 (0,1 μs)

Dobiveni rezultati nisu u skladu s kataloškim podacima, ali ni parametri udarnog vala nisu jednaki. Zato je dobiveni odziv veći od navedenoga kataloškog podatka za preostali napon U_p . Ako se na kraju usporede sheme prenaponskih zaštita PT 4 x 1 i PT 2 x 2, može se uočiti to da se diode u prenaponskoj zaštiti PT 2 x 2 nalaze između linija, a ne između linija i uzemljenja (točke GND), dok se u prenaponskoj zaštiti PT 4 x 1 diode nalaze između linija i uzemljenja. Da bi se dobio odziv dioda spojenih među linijama, ispitivanje je provedeno u skladu sa slikom 37.

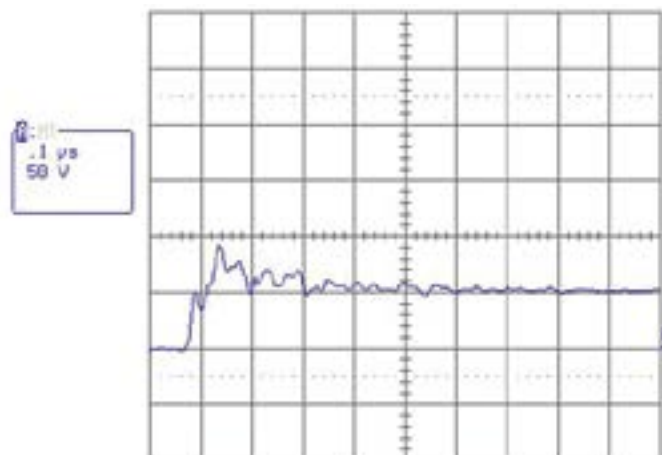


Slika 37. Prorada prenaponske zaštite PT 2 x 1 na liniji 1-5

Na priključno mjesto jedan (1) spojen je udarni prenaponski val, dok je točka 5 uzemljena. Takav primjer prorade u praksi znači da jedna žila kabela ima spoj na zemlju, dok je druga pod utjecajem prenapona (atmosferskog pražnjenja). Odziv dobiven na opisani način prikazan je na slici 38., dok je isti odziv s većom rezolucijom prikazan na slici 39. Dobiveni odzivi zadovoljavaju s obzirom na kataloški podatak o preostalom naponu U_p .



Slika 38. Snimka Sc1.020; U_p na PT 2 x 2 pri valu od 10 kV između 1 i 5



Slika 39. Snimka Sc1.019; U_p na PT 2 x 2 pri valu od 10 kV između 1 i 5 (0,1 μ s)

5. Zaključak

U skladu s važećim propisima za uzemljenje, otpor uzemljenja treba kontrolirati u određenim (propisanim) periodima. Povećani otpor uzemljenja onemogućuje odvođenje „vanjskoga“ potencijala koji je uzrokovan atmosferskim pražnjenjem, što posljedično uzrokuje pregaranje preponske zaštite i elemenata SS uređaja. Učestalo pregaranje prenaponskih zaštita i elemenata SS uređaja dovodi do dodatnih troškova održavanja i doprinosi povećanom broju kvarova SS uređaja. Od iznimne je važnosti da radnici za održavanje SS uređaja budu upoznati s problematikom atmosferskog pražnjenja odnosno s karakterom atmosferskog pražnjenja kako bi svojim iskustvom u praksi mogli prenijeti stvarnu problematiku, a u cilju projektiranja odgovarajućeg sustava zaštite od atmosferskoga pražnjenja.

Budući da je opskrba mreža u SS uređajima realizirana kao izolirani sustav, odnosno IT sustav, na službenim mjestima, odnosno na lokacijama gdje je instaliran SS uređaj, potrebno je ugraditi stalne kontrolnike otpora izolacije. Stalni kontrolnici izolacije omogućuju trajno praćenje stanja otpora izolacije sustava. S obzirom na to da u elektroničkom uređaju SPA-2B/CR ne postoji kontrolnik izolacije, minimalno nakon grmljavinskoga perioda trebalo bi provjeriti stanja prenaponskih zaštita jer one nakon prorade mogu ostati neispravne. Kod sljedećega atmosferskog pražnjenja neispravne (poluispravne) prenaponske zaštite neće ostvariti svoju funkciju, što za posljedicu ima pregaranje elemenata SS uređaja. Budući da je uređaj za daljinski nadzor od iznimne važnosti za promet (prometnome osoblju omogućuje uvid u stanje ŽCP-a), treba biti odgovarajuće zaštićen od atmosferskog pražnjenja, odnosno otpor uzemljenja također treba kontrolirati u krugu uređaja za daljinski nadzor.

S obzirom na kataloške podatke, odnosno na preostali napon, ispitivanje prenaponske zaštite može se izvesti u laboratorijskim uvjetima s odgovarajućom opremom. Na temelju takve vrste ispitivanja može se zaključiti koja je prenaponska zaštita optimalna za određeni sustav, odnosno koja će prenaponska zaštita najbolje ostvariti svoju funkciju u sustavu. Budući da se kvarovi uzrokovani atmosferskim pražnjenjem otklanjaju u lošim vremenskim uvjetima, modul prenaponske zaštite (kućište, postolje) mora biti takav da omogućuje jednostavnu i brzu zamjenu. Jednostavna i brza zamjena prenaponske zaštite omogućuje da osoblje za održavanje SS uređaja u što kraćem roku otkloni kvar.

S obzirom na to da je prenaponska zaštita element koji štiti sustav, odnosno da je prvi na udaru prilikom atmosferskog pražnjenja, praksa je pokazala to da često dolazi do pregaranja prenaponske zaštite odnosno do potpunog uništenja prenaponske zaštite. Potpuno uništenje prenaponske zaštite uzrokuje prevelik otpor uzemljenja ili prenaponski val s većom energijom odnosno s duljim trajanjem od prenaponskog vala kojim je testirana prenaponska zaštita.

Zbog sprječavanja smanjenja raspoloživosti SS uređaja, prenaponska zaštita trebala bi biti univerzalni element koji se može kupiti od raznih proizvođača, odnosno željeznica bi trebala oformiti servise koji su osposobljeni za popravak prenaponskih zaštita i zahtijevati od proizvođača da prenaponska zaštita ne bude integralni dio SS uređaja. Servisima bi trebalo omogućiti rezervne elemente kao što su TVS diode, plinski odvodnici, metal-oksidi i drugi elementi potrebni za popravak prenaponske zaštite. Navedeni su elementi osnovni elementi koje sadrži prenaponska zaštita te je popravak prenaponske zaštite bez rezervnih elemenata i osposobljenog kadra nije moguć u servisu.

Literatura:

- [1] Zagreb Signal d.o.o., *Tehnička dokumentacija izvedenog stanja CP Fratrov u km 287+316 br. Pr. T-227/08*, 2008.
- [2] Elving projektiranje, *Izmjena tehničke dokumentacije izvedenog stanja ŽCP-a Fratrov u km 287+316, br TD: 1-118/14*, veljača 2015.
- [3] Tokić, A.; Milardić, V.: *Kvalitet električne energije*, 3 Elektromagnetske prijelazne pojave, 3.5. Sistemi za praćenje atmosferskih pražnjenja Printcom, Tuzla, 2015.
- [4] Prančević, Drago: *Sustavi i zaštite od munje*, Zaštita od prenapona unutarnjih električnih instalacija, 6.5. praktične upute za postavu SPD uređaja, Kigen, Zagreb, prosinac 2003.
- [5] Phoenix Contact: Surge protection trabtech, Katalog, str. 68-69., 2007/2008.

- [6] DEHNguard: Glavni katalog, UE 2000 E, *Tehnički podaci prenaponske zaštite DEHNguard T275*, 2000., str. 50
- [7] Elektrisom Inženiring d.o.o.: Uputstvo za prijenosni kontrolnik izolacije IRGH 265-4, Uputstvo 11/98, Ljubljana, veljača 1998.
- [8] Cvrtač, Davor: *Elektronički uređaj za automatsko osiguranje cestovnog prijelaza K. Sućurac*, Stručna radnja, Split, 2009.
- [9] Altpro d.o.o.: BO23 – korisnička dokumentacija, AP215600, Zagreb, 2011.
- [10] Cvrtač, Davor: *Zaštita signalno sigurnosnih uređaja od atmosferskih utjecaja (specijalistička radnja)*, FER, Zagreb, 2017.

UDK: 656.25

Adresa autora:

Davor Cvrtač, dipl. ing. el., univ. spec. el.
HŽ Infrastruktura d.o.o.
Područna radna jedinica za održavanje SS i TK sustava, EEP
i KM Jug
Hercegovačka 37b, 21 000 Split
davor.cvrtač@hzinfra.hr

SAŽETAK

Utjecaj atmosferskog pražnjenja na rad SS uređaja moguće je pratiti upotrebom LLS sustava. U svrhu kvalitetne evidencije otpora uzemljenja potrebno je na službenim mjestima arhivirati ispitne liste u kojima će se bilježiti izmjerene vrijednosti otpora uzemljenja. Stanja prenaponskih zaštita potrebno je redovno kontrolirati. Nakon što prenaponska zaštita provede prenapon na zemlju, ponekad pojedini elementi i dalje ostvaruju trajni spoj na uzemljenje bez utjecaja prenapona, čime se narušava smisao IT sustava. Stanje u kojemu su elementi prenaponske zaštite neispravni nakon atmosferskog pražnjenja u prvome sljedećem atmosferskom pražnjenju neće omogućiti odvođenje prenapona na uzemljenje.

Ključne riječi: signalno-sigurnosni uređaj, atmosferski utjecaj, elektrificirana pruga, prenaponska zaštita, uzemljenje, sustav za lociranje atmosferskih pražnjenja, IT sustav, kontrolnik izolacije, preostali napon.

Kategorizacija: stručni rad

SUMMARY

PROTECTION OF SIGNALLING AND INTERLOCKING DEVICES FROM ATMOSPHERIC EFFECTS

The effect of the lightning on the operation of the SS device can be easily monitored using a LLS system. In order to perform a proper quality control of each ground resistance value, it is necessary to perform measurements in accordance with the applicable standards. Surge protection needs to be controlled regularly. After connecting overvoltage to the ground by the surge protection, sometimes certain elements still continue to be connected to the ground. The state, in which surge protection elements continually achieve a ground-based connection, causes the earth fault that consequently disables the proper work of the IT system. The condition, in which the overvoltage protection elements are defective after lightning, at the first subsequent lightning the overvoltage will not be grounded.

Keywords: signal safety device, lightning, railway electrification system, surge protection, grounding system, lightning location system, IT system, insulation monitoring, voltage protection level.

Categorization: professional paper