

## Dodatak L

### Primena linijskih odvodnika

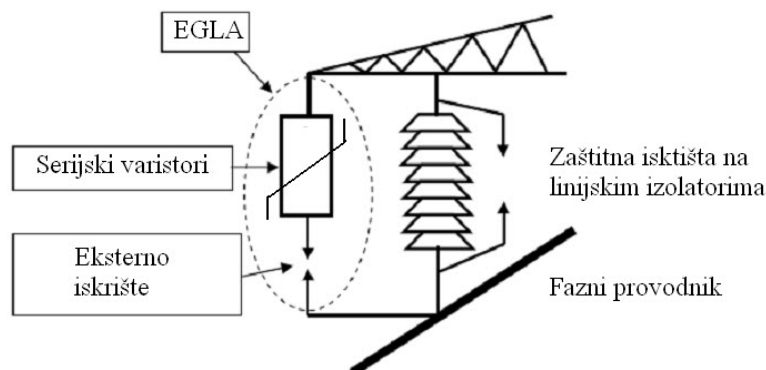
Zbog velikog broja preskoka na srednjenaponskim nadzemnim vodovima prouzrokovanih atmosferskih pražnjenjima, kod njih je prvo počela primena odvodnika prenapona za smanjivanje broja preskoka. Danas se odvodnici prenapona postavljaju na jako ugrožene vodove bilo u regionima sa jakom grmljavinskom aktivnošću ili u slučajevima vodova sa zaštitnim užadima na kamenitim terenima sa velikom otporima uzemljenja stubova. Odvodnici prenapona se postavljaju na prenosne i distributivne vodove, radi smanjivanja broja preskoka usled atmosferskih pražnjenja. Odvodnici prenapona primenjeni na nadzemnim vodovima se nazivaju linijskim odvodnicima prenapona, u stranoj literaturi označeni sa LNA (engl. Line Surge Arresters) ili TLA (engl. Transmission Line Arresters). Šira primena odvodnika prenapona na vodovima omogućena je pojavom polimernih materijala koji se koriste za kućišta odvodnika.

Linijski odvodnici prenapona se postavljaju paralelno izolatorima na stubovima voda radi sprečavanja preskoka ograničavanjem prenapona na linijskoj izolaciji. Postoje dve vrste linijskih odvodnika prenapona:

- odvodnici sa spoljašnjim iskrištem (EGLA od engl. Externaly Gapped Line Arresters),
- odvodnici bez iskrišta (NGLA od engl. Non Gapped Line Arresters).

Na slici L.1 šematski je ilustrovano postavljanje odvodnika prenapona sa spoljašnjim serijskim iskrištem pored linijskog izolatora na stubu [88].

Upotreba linijskih odvodnika na svim provodnicima jednog sistema, na svakom stubu, u potpunosti eliminiše preskoke na linijskim izolatorima u tom sistemu. U praksi se linijski odvodnici prenapona ne postavljaju uvek celom dužinom nadzemnog voda, već



Slika L.1: Šema postavljanja linijskog odvodnika prenapona sa spoljašnjim serijskim iskrištem

samo u oblastima gde atmosferska pražnjenja prave najviše problema usled izloženosti voda ili loših uslova uzemljenja. Izbor naznačenog napona linijskih odvodnika prenapona obično se vrši na osnovu istih kriterijuma kao za slučaj odvodnika u postrojenjima. Karakteristike odvodnika se obično biraju da ograniče prenapone ispod atmosferskog udarnog preskočnog napona linijskih izolatora ili vazdušnih rastojanja na rasponu. Od velike je važnosti ispravan izbor energetske apsorpcione moći odvodnika prenapona.

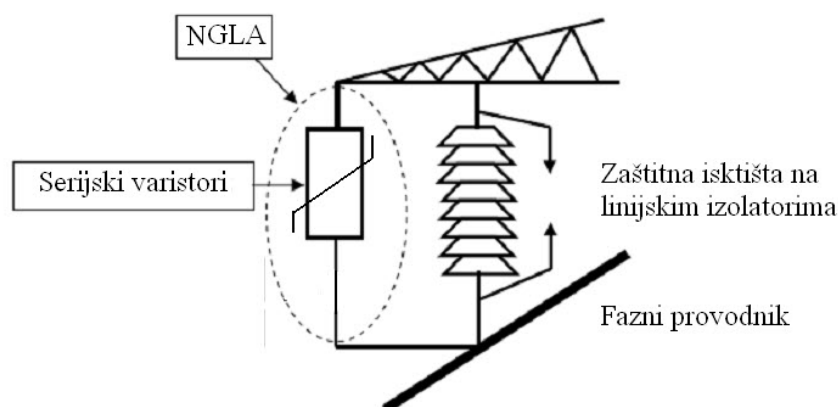
Za razliku od iskrišta koja su paralelna izolatoru, na kojima svaki preskok predstavlja kvar koji se mora isključiti da bi se luk na iskrištu ugasio, odvodnik prenapona odvodi prenapon u zemlju bez posledica na rad sistema. Primena linijskih odvodnika prenapona, osim poboljšanja uslova pri atmosferskim pražnjenjima, omogućava i dodatne prednosti:

- Postavljanjem odvodnika na stubove u neposrednoj okolini postrojenja, moguće je smanjenjem prenapona eliminisati rizik od preskoka u blizini ili u samom postrojenju,
- U slučaju oklopljenih SF6 gasom izolovanih postrojenja može se izbeći potreba za dodatnim skupim metalom oklopljenim odvodnicima koji se ugrađuju u SF6 postrojenja,
- Sklopni prenaponi koji se prostiru duž visokonaponskog prenosnog voda mogu se kontrolisati postavljanjem odvodnika prenapona na krajevima voda i dodatnih odvodnika u više tačaka duž voda,
- Povećanjem naznačenog napona voda, a samim tim i radnog napona, koristeći postojeće prenosne vodove, može se postići povećan protok snage. U tom slučaju odvodnici se mogu koristiti za ograničenje atmosferskih i sklopni prenapona i postizanje zahteva koordinacije izolacije. Tu se javlja niz teškoća, kao na primer izbor

provodnika zbog efekte korone, elektromagnetsku kompatibilnost, sigurnosna rastojanja itd.

## L.1 Odvodnici bez eksternih iskrišta

Odvodnici prenapona bez eksternih iskrišta se direktno povezuju između faznog provodnika i uzemljenih delova stuba i imaju konstrukciju sličnu konstrukciji odvodnika koji se koriste u postrojenjima [87]. Na slici L.2 šematski je ilustrovano postavljanje odvodnika prenapona bez spoljašnjeg serijskog iskrišta pored linijskog izolatora na stubu. Pored izolatora su nacrtane i elektrode zaštitnog iskrišta koje mogu, ali ne moraju da budu prisutne.



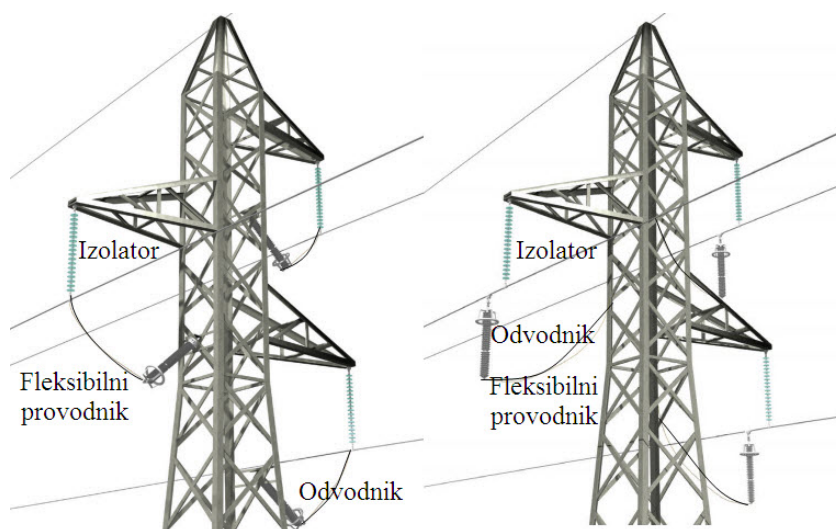
Slika L.2: Linijski odvodnik prenapona bez spoljašnjeg iskrišta

Ovaj tip odvodnika prenapona mora da ima mrežni odvajač koji omogućava da u slučaju kvara (termičkog proboja odvodnika, kada on prelazi u stanje stalnog provođenja), dođe do odvajanja odvodnika od faznog provodnika. Vod sa mrežnim odvajačem prikazan je na slici L.3, prema [89], koristeći princip odvajanja fleksibilnog provodnika ispred odvodnika prenapona, sa strane faze (levo) ili iza odvodnika prema zemlji (desno).

Odvodnik prenapona provodi zanemarljivu struju pri delovanju radnog napona industrijske frekvencije, čak i pod nepovoljnim vremenskim uslovima, uključujući za gađenje kućišta, vlagu, led ili sneg.

Glavne prednosti odvodnika prenapona bez eksternog iskrišta su:

- mogu se lako postaviti, lakše nego EGLA,
- mogu služiti za ograničavanje prenapona sporog čela - sklopnih prenapona,



Slika L.3: Prenosni vod sa linijskim odvodnicima i mrežnim odvajanjem-dva principa odvajanja

- kvar odvodnika prenapona se može detektovati pomoću helikoptera ili vizuelnom inspekcijom na velikoj oblasti kada povezni provodnik mrežnog odvajanja padne,
- svi odvodnici prenapona učestvuju u raspodeli energije pri delovanju sklopnih prenapona, jer su u paralelnoj vezi, pa ne dolazi do pojedinačnog termičkog preopterećenja.

Glavne mane odvodnika bez eksternog iskrišta su:

- mrežni odvajanje i fleksibilni provodnik koji odvajanje odvodnik od provodnika pod naponom u slučaju kvara odvodnika su često slabe tačke; mrežni odvajanje se često mehanički kvvari usled vibracija;
- može se desiti da mrežni odvajanje ne reaguje bez dovoljno velike struje kvara,
- metal-oksidni blokovi su povremeno napregnuti privremenim prenaponima i prenaponima sporog čela (sklopnim prenaponima),
- u jako zagađenim oblastima može doći do kontaminacije spoljašnjosti kućišta, proticanja struje po površini kućišta i njegovog zagrevanja, što može da izazove zagrevanje aktivnog dela (nelinearnih otpornika) i povećanje struje odvoda kroz odvodnik,
- nagomilavanje snega ili leda je problem u oblastima sa hladnom klimom.

## L.2 Linijski odvodnici sa serijskim iskrištem - EGLA

Ovaj tip linijskih odvodnika poseduje serijski vezano spoljašnje iskrište na kome dolazi do preskoka samo kada na vodu dođe do atmosferskog prenapona dovoljne

amplitude da izazove preskok na iskrištu. EGLA ne provode struju usled delovanja radnog napona, ali imaju istu karakteristiku preostalog napona napona nakon preskoka na eksternom iskrištu kao i NEGLA. Linijski odvodnici prenapona sa iskrištem imaju sledeće prednosti [87]:

- odsustvo trajnog naprezanja metal-oksidnog otpornika na radnom naponu,
- naznačeni napon odvodnika prenapona može da bude niži od radnog napona, što smanjuje dužinu odvodnika, njegovu težinu i cenu,
- u slučaju kada je kućište ovlaženo ili kontaminirano, ne dolazi do zagrevanja odvodnika,
- ukoliko dođe do kvara metal-oksidnog otpornika, kada nelinearni rezistor postaje provodan, to predstavlja prolazni kvar za vod koji se eliminiše operacijom APU-a. Nakon ponovnog uključanja, eksterno iskrište odvaja neispravan odvodnik od mreže, tako da vod može nesmetano da radi i bez mrežnog odvajanja, ali se mora voditi računa da eksterno iskrište na neispravnom odvodniku predstavlja slabu tačku,
- linijski odvodnici nisu napregnuti sklopnim ili privremenim prenaponima.

Da bi linijski odvodnici mogli da budu manje apsorpcione moći, a samim tim jeftiniji, ne bi trebalo da reaguju na sklopne prenapone. U tom slučaju treba izabrati rastojanje eksternog iskrišta da ne reaguje na sklopne prenapone.

Glavne mane odvodnika sa eksternim iskrištem su sledeće:

- složenije postavljanje,
- pri delovanju atmosferskih prenapona ne dele energiju ravnomerno, jer odvodnik koji prvi reaguje preuzima svu energiju na sebe,
- tehnički je teško locirati odvodnik sa eksternim iskrištem u slučaju kvara metal-oksidnog otpornika,
- primena EGLA zahteva pažljivu koordinaciju volt-sekundne karakteristike izolatora sa karakteristikom vazdušnog razmaka eksternog iskrišta.

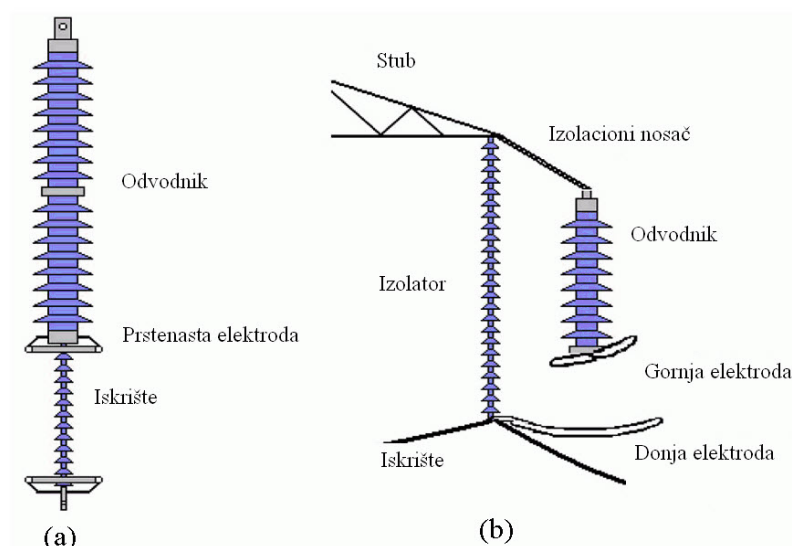
Iskrište vezano u seriju sa metal-oksidnim otpornikom mora biti dimenzionisano tako da se u slučaju atmosferskog prenapona na njemu javi preskok pre nego na izolatorskom lancu, ali eksterno iskrište ne sme da reaguje u slučaju sklopnih prenapona radi ograničenja absorbovane energije u odvodniku [84].

Eksterno iskrište zahteva pažljivo prilagođenje tipu stuba, kao i njihovom provodniku u slučaju vetra. Linijski odvodnici prenapona bez eksternog iskrišta su pogodniji s praktične tačke gledišta, jer se lako mogu postaviti na različitim tipovima stubova.

### L.3 Konstrukcija serijskih eksternih iskrišta

Postoje dve konstrukcije serijskim iskrišta za linijske odvodnike prenapona. Prva ima odvojeno (fleksibilno) iskrište, sa dve elektrode izolovane samo vazduhom.

Druga konstrukcija ima fiksirano (integrisano) iskrište, sa dva prstena učvršćena pomoću kompozitnog izolatora radi održavanja konstantnog rastojanja između elektroda čak i pod jakim udarima vetra. Obe konstrukcije su prikazane na slici L.4.



Slika L.4: Linijski odvodnici sa (a) fiksnim i (b) odvojenim iskrištima

Kod odvodnika sa fiksnim iskrištem su telo odvodnika i serijsko iskrište jedna celina. Obično se kompozitni izolator učvrsti na donjem kraju odvodnika, a dve prstenaste elektrode se fiksiraju na dva kraja izolatora. Prednost ovakvog iskrišta je da na rastojanje između elektroda ne utiču spoljašnji faktori.

Atmosferski udarni preskočni napon mora kod odvodnika sa odvojenim iskrištem da bude veći nego kod onih sa fiksnim iskrištem da bi se obezbedilo da ne dođe do preskoka pri sklopnim prenaponima usled promene rastojanja elektroda [84].

## L.4 Zaštita vodova sa prekrivenim provodnicima

Jedan od veoma čestih uzroka prolaznih kvarova u srednjenaponskim nadzemnim mrežama su ptice. Ptice mogu da prespoje fazno ili međufazno rastojanje u zavisnosti od toga na kom mestu su stajale. Kod srednjenaponskih vodova sa provodnim stubovima (metalnim ili armirano-betonskim) sa potpornim izolatorima ptice staju na izolator i prilikom poletanja mogu da dodirnu krilima stub, čime prave privremeni kratak spoj. Premošćenje međufaznog razmaka, kada ptice staju na jednu fazu i rasponom krila pri poletanju premošćuju međufazni razmak je reda pojava.

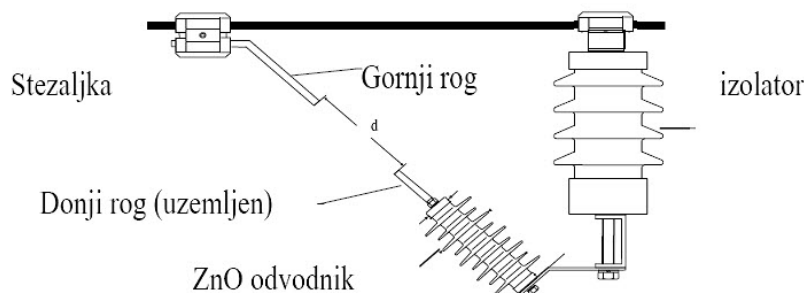
Izgradnja vodova sa prekrivenim ili poluizolovanim provodnicima pretstavlja poseban vid zaštite nadzemnih srednjenaponskih vodova. Pod prekrivenim provodnicima se podrazumevaju provodnici izolovani tankom slojem izolacionog materijala

koji može da kratkotrajno podnese radni napon, ali ne može da podnese prenapone. Ovakvi provodnici se ispituju naizmeničnim naponom koji je niži od standardnog ispitnog naizmeničnog napona, za razliku od izolovanih provodnika koji prolaze kompletnu proceduru ispitivanja naizmeničnim i udarnim naponom. Uloga prekrivenih provodnika je da kratkotrajno izdrže napon pri privremenom premošćenju provodnika pri uzletanju ptica, dodiru faza zbog vetra, njihanju grana ili iz nekog drugog razloga. Prekriveni provodnici se vešaju na potpuno isti način na izolatorske lance ili postavljaju na potporne izolatore kao i goli provodnici.

Kod ovog tipa nadzemnih vodova pri atmosferskim pražnjenjima dolazi do jedne vrlo nepovoljne pojave. U slučaju direktnog ili indirektnog atmosferskog pražnjenja prenaponski talas može da probije tanak sloj izolacije provodnika u blizini stuba pored izolatora (na mestu najjačeg polja), što dovodi do preskoka između provodnika i konzole stuba.

Pošto je fazni provodnik izolovan, na njemu nastaje oštećenje izolacije na mestu nastanka preskoka. Kasnije, kad nestane prenapona koji je izazvao proboj izolacije, luk nastavlja da gori usled proticanja struje industrijske učestanosti. Ukoliko je mreža sa izolovanom neutralnom tačkom, gorenje luka može da traje sve dok se kvar ne isključi (što zavisi od primenjene tehnike zaštite od zemljospojeva). Može se desiti i pri uzemljenju preko male impedanse da zbog otpora luka na mestu kvara ne reaguje zaštita i javi se dugotrajan luk. Pošto struja protiče na mestu gde se pojavio proboj izolacije na provodniku, a luk se ne pomera levo ili desno već stalno gori na tom mestu, ponekad se događa da dođe do topljenja provodnika i njegovog kidanja usled visoke temperature luka zbog struje industrijske učestanosti. U zemljama u kojima se primenjuju prekriveni provodnici zapažen je veliki broj kidanja faznih provodnika koji se tumači ovim fenomenom.

Jedna od mera koja se primenjuje u srednjenaponskim mrežama u cilju sprečavanja pojave preskoka između prekrivenog faznog provodnika i konzole je primena iskrišta sa ograničavanjem struje (CLX od engleskog Current Limiting Arcing Horn). Iskrište postavljeno između prekrivenog provodnika i uzemljenog dela stuba omogućava da luk ne gori između faznog provodnika i konzole, već između namenski postavljenih rogova koji neće biti oštećeni lukom. Da bi se osiguralo gašenje luka, na red sa iskrištem se postavlja nelinearni otpornik koji ograničava struju. Zbog toga se luk na iskrištu sam gasi prilikom prolaska struje kroz nulu. Na slici L.5 prema [83], [90] prikazano je tehničko rešenje iskrišta sa ograničavanjem struje sa dva štapa i ZnO odvodnikom prenapona. Rešenje prenaponske zaštite prekrivenih provodnika pomoću iskrišta sa ograničavanjem struje pomoću cink-oksidnog odvodnika prenapona sprečava preskoke između faze i uzemljenih delova, a uspešno prekida luk usled proticanja struje industrijske učestanosti kroz iskrište. Naznačeni napon ZnO odvodnika prenapona sa rednim iskrištem je niži od naznačenog napona ZnO odvodnika koji bi bio primenjen u mreži za prenaponsku zaštitu opreme za isti nazivni napon mreže. Odvodnik prenapona sistema CLX ima nižu cenu od odvodnika bez ekstrenog iskrišta koji bi se koristio za zaštitu transformatora ili kablovskih završnica od prenapona, jer ima manji broj diskova od nelinearnog materijala. Zahvaljujući



Slika L.5: Prenaponska zaštita voda sa prekrivenim provodnicima

eksternom iskrištu obezbeđuje se da kroz odvodnik pri delovanju radnog napona ne protiče struja. Bez obzira na relativno nižu cenu otpornika za ograničavanje struje u odnosu na uobičajenu konstrukciju metal-oksidnih odvodnika bez iskrišta, izgradnja nadzemnih vodova sa prekrivenim provodnicima i iskrištima sa ograničavanjem struje predstavlja skuplje rešenje od izgradnje klasičnih nadzemnih vodova sa golim provodnicima.

Sa uvođenjem linijskih odvodnika u široku upotrebu pojavila se potreba za standardizacijom ispitivanja EGLA, kod kojih je veoma značajna koordinacija napona reagovanja iskrišta, podnosivog napona paralelnog izolatora i preostalog napona odvodnika. Uspostavljena je zajedničke osnova za definisanje i ispitivanje EGLA, jer se oni značajno razlikuju od odvodnika bez iskrišta koji se koriste kao linijski odvodnici, ili od standardnih odvodnika koji se koriste za zaštitu postrojenja. Standard [88] definiše EGLA kao sistem koji se sastoji od aktivnog metal-oksidnog dela i eksternog serijskog iskrišta, bez izolatora vezanog paralelno. Novi standard definiše EGLA kao uređaj čiji je zadatak da štiti izolator samo od prenapona uzrokovanih atmosferskim pražnjenjima. Zbog toga, kao i zbog činjenice da odvodnik nije trajno priključen na napon, na EGLA se ne primenjuju sklopni udarni napon, preostali napon pri sklopnoj udarnoj struji, nije bitna termička stabilnost, ni podnošenje naprezanja pri struji dugog trajanja, kao ni problemi primene mrežnog odvajača i starenja usled radnog napona. Sledeći parametri za metal-oksidne odvodnike bez iskrišta, ne postoje u primjeni EGLA:

- maksimalni trajni radni napon,
- energetska klasa,
- sigurnosno preskočno rastojanje kućišta odvodnika.

Sa druge strane, izuzetno je važno rastojanje elektroda eksternog iskrišta koje definiše 50% preskočni napon iskrišta, kao i odnos prema preskočnom naponu izolatora koji se štiti.

Ispitivanja moraju da potvrde sposobnost eksternog iskrišta da prekine propratnu struju usled delovanja radnog napona u toku prve poluperiode radnog napona. Provera se vrši u uslovima zagađenja i pri kiši.



- Linijski odvodnici prenapona mogu se koristiti u urbanim sredinama u svrhu značajnog smanjenja rizika od pojave opasnih napona dodira i koraka usled porasta radnog potencijala zemlje koji prati preskok na izolaciji,
- Primena linijskih odvodnika prenapona omogućava i upotrebu kompaktnih vodova. Kompaktni prenosni vodovi se konstruišu da zauzimaju minimalan prostor, a kompozitni izolatori omogućavaju postizanje sigurnosnih rastojanja pri manjim razmacima između faza i u odnosu na uzemljene delove.

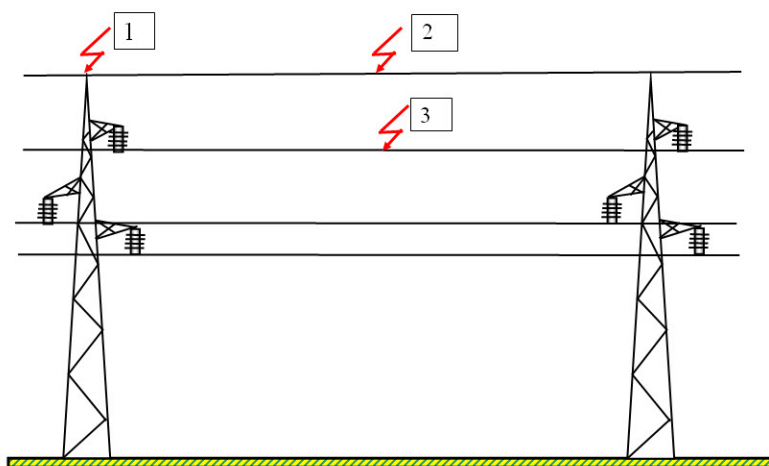
## L.5 Analiza vodova sa linijskim odvodnicima prenapona

Do preskoka na nadzemnom prenosnomvodu visokog napona usled atmosferskih pražnjenja može da dođe usled sledećih događaja:

- pražnjenje u zaštitno uže i povratni preskok,
- pražnjenje mimo zaštitnog užeta u fazni provodnik.

Pri pražnjenjima u zaštitno uže razlikujemo pražnjenja u raspon i pražnjenja u stub.

Na slici L.6 prikazani su tipovi atmosferskih udara koji mogu da izazovu preskoke na izolaciji visokonaponskih vodova.



Slika L.6: Tipovi atmosferskih udara koji mogu da izazovu preskoke na izolaciji visokonaponskih vodova

Na slici L.6 oznake imaju sledeće značenje:

1. udar u vrh stuba ili okolinu stuba u tačku koja nije dalje od 30% od dužine raspona,
2. udar u raspon, daleko od stuba najmanje 30% od dužine raspona,
3. udar u fazni provodnik mimo zaštitnog užeta.

Smatra se da pri udarima koji su bliže stubu od 30% od dužine raspona najveći deo struje ide kroz jedan stub, dok na rastojanjima koja su dalje od 30 % dužine raspona stubovi dele struju.

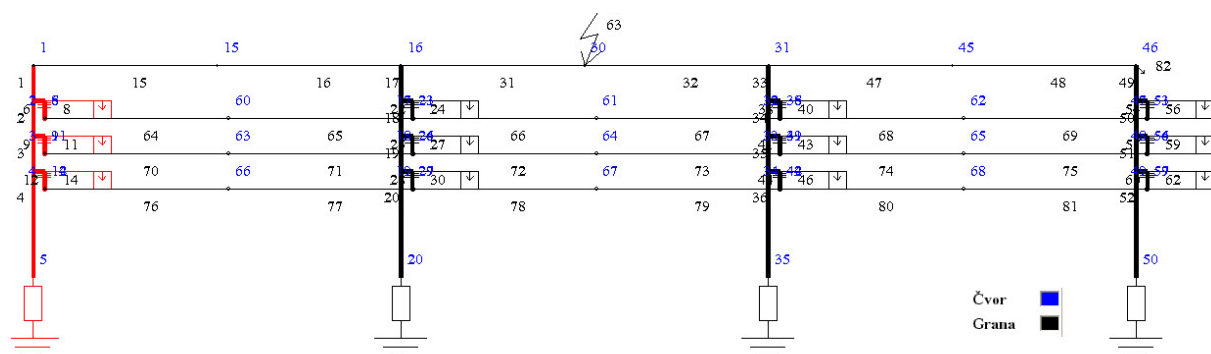
U slučaju nadzemnih srednjenaponskih vodova preskoci se mogu javiti usled pražnjenja okolinu voda koja izazivaju indukovane prenapone koji mogu imati dovoljnu amplitudu da izazovu preskok.

Postavljanje metal-oksidnih odvodnika prenapona smanjuje broj preskoka na nadzemnim prenosnim vodovima prouzrokovanih direktnim atmosferskim pražnjenjima u u zaštitno uže koji prouzrokuju povratni preskok ili pražnjenjima mimo zaštitnog užeta. Najčešće se odvodnici prenapona postavljaju na sve tri faze voda, u kritičnim delovima trase, gde praktično eliminišu preskoke na izolatorima voda. Veliki broj preskoka usled atmosferskih pražnjenja nastaje zbog atmosferskih udara na deonicama voda sa povećanom grmljavinskom aktivnošću, odnosno na ograničenom broju deonica voda [87], [91]. Radi smanjenja troškova se razmatra parcijalna upotreba odvodnika u sledećim slučajevima:

- instalacija odvodnika se vrši samo u oblastima sa visokom otpornošću tla,
- instalacija odvodnika se vrši samo na izloženim fazama ako je primenjeno delimično ekraniranje provodnika jednim zaštitnim užetom na vodovima kod kojih potpuno ekraniranje zahteva 2 užeta,
- na kritičnim fazama voda bez zaštitnog užeta (gornje faze koje ekraniraju niže faze).

## L.6 Analiza broja ispada sa i bez linijskih odvodnika

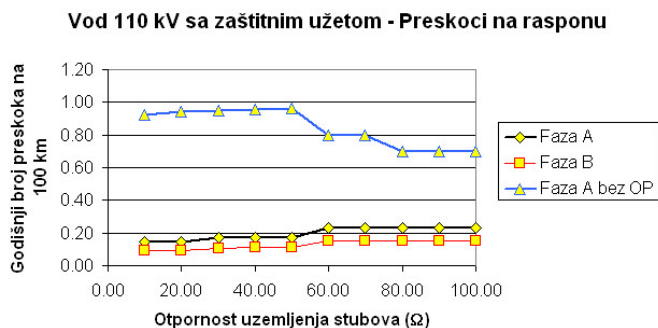
Na slici L.7 dat je ekranski prikaz 3 raspona 110 kV voda sa portalnim stubovima i odvodnicima prenapona postavljenim paralelno šticenoj izolaciji, sa atmosferskim pražnjenjem u sredinu drugog raspona koji je 300 m dugačak. Odvodnici prenapona su sa eksternim iskrištem (EGLA) uz svaki od linijskih izolatora na svim stubovima.



Slika L.7: Zamenska šema deonice voda koja se sastoji od 3 raspona sa portalnim stubovima sa odvodnicima prenapona EGLA

### L.6.1 Uticaj otpornosti uzemljenja stubova

Analiziran je 110 kV vod sa zaštitnim užadima. Izvršen je proračun godišnjeg broja preskoka na izolaciji stubova i na rasponu u slučaju kada je primenjen odvodnik prenapona naznačenog napona 96 kV sa eksternim iskrištem. Proračunom je dobijen rezultat da na izolaciji stubova nikada ne dolazi do preskoka, već isključivo na međufaznom rastojanju na rasponu.

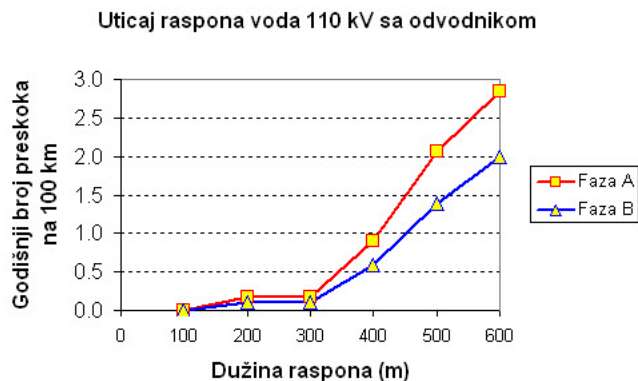


Slika L.8: Poređenje godišnjeg broja preskoka na rasponu voda 110 kV u slučaju kada se primenjuje odvodnik prenapona sa brojem preskoka bez odvodnika prenapona

Sa slike L.8 se može se uočiti da u slučaju kada se primenjuju odvodnici prenapona, broj preskoka na vodu je značajno manji nego kada se ne primenjuju (faza A bez OP na slici L.8). Interesantno je uočiti da je broj preskoka između faza A i B (što predstavlja dvofazni kratak spoj), pri primeni odvodnika prenapona veći nego kada se ne primenjuju. Kvar na fazi A predstavlja kratak spoj između zaštitnog užeta i faze A, odnosno jednofazni kvar. To znači da u slučaju kada ne postoje odvodnici prenapona dolazi do preskoka na stubovima, pa se smanjuje broj preskoka na rasponu. Broj dvofaznih kvarova na rasponu pri primeni odvodnika iznosi ispod 0,15, a broj jednofaznih kvarova iznosi 0,23 kvarova godišnje na 100 km pri otporu uzemljenja od 100  $\Omega$ .

## L.6.2 Uticaj dužine raspona na broj preskoka

Izvršen je proračun broja preskoka na rasponu za 110 kV vod sa primenjenim odvodnicima za slučaj kada je vod sa zaštitnim užetom. Svi proračuni su rađeni kada je otpornost uzemljenja stubova iznosila 40  $\Omega$ . Na slici L.9 prikazan je godišnji broj preskoka na vodu 110 kV sa portalnim stubovima i zaštitnim užadima sa primenjenim odvodnicima prenapona u funkciji dužine raspona. Na osnovu slike L.9 mogu se doneti sledeći zaključci:



Slika L.9: Godišnji broj preskoka na vodu 110 kV sa portalnim stubovima i zaštitnim užadima sa primenjenim odvodnicima prenapona, u funkciji dužine raspona

- Sa porastom dužine raspona broj preskoka na rasponu značajno raste,
- Broj međufaznih preskoka je manji nego broj preskoka prema fazi A.

## Zahvalnica

Primer je nastao na osnovu studije Primena prenaponske zaštite prenosnih nadzemnih vodova visokog napona u cilju smanjenja broja kvarova usled atmosferskih prenapona,

koju je naručio JP Elektroistok (kasnije Elektromreža Srbije), 2012-2014.