

# IZOLACIJA U SREDNJONAPONSKIM ZRAČNIM MREŽAMA S GLEDIŠTA KVAROVA UZROKOVANIH VANJSKIM PRENAPONIMA

Ivo S a n t i c a, Split

UDK 621.315.1:621.316.91  
STRUČNI ČLANAK

Izolatorima i izolatorskom priboru, jednom od osnovnih elemenata u srednjonaponskim zračnim mrežama, treba posvetiti posebnu pozornost. Na ovim elementima dalekovoda najčešće se javljaju kvarovi kao posljedica atmosferskih prenapona. Korisnik dalekovoda (distributer), koji održava mrežu i mijenja oštećene izolatore, još nema konačan stav o najprihvatljivijem tipu izolacije, iako ima čvrstu spoznaju da na izolaciji treba biti što manje kvarova. Porculan se u principu zamjenjuje staklom, ali se premalo i samo ponegdje eksperimentira s kompozitnim polimernim izolatorima. Izolaciju većinom određuje projektant, uz pomoć trgovačkih kuća. Koje bi specifičnosti, uz propisima precizno određene karakteristike, trebao imati izolator da zadovolji potrebe distributera, pokušat će se naznačiti ovim člankom.

**Ključne riječi:** izolatori, prenaponi, povratni preskok.

## 1. UVOD

Izgradnja i revitalizacija distribucijskih srednjonaponskih mreža trajno je nazočna; nekad više nekad manje intenzivna. Bilo da se radi o sanacijama ratnih šteta, bilo da se radi o zatvaranju otvorenih petlji (zadovoljavanje sigurnosnog uvjeta  $n-1$ ), bilo da se radi o sanaciji naponskih prilika ili pak o revitalizaciji već amortiziranih i zastarjelih dionica u srednjonaponskoj mreži uvijek se gradi. Značaj i vrijednost radova obvezuju na posebnu pozornost prema svakom elementu zahvata. Ovim člankom skreće se pozornost na izolaciju.

Izolator naponski odvaja vodič električne struje od nosive konstrukcije stupa. Osim ovog osnovnog zahtjeva, izolator preuzima sile koje se javljaju na vodiču i prenosi ih na konstrukciju stupa.

Porculan je osnovni materijal u povijesnom razvoju izolacije. On se upotrebljava radi izrazito dobrih električnih i mehaničkih karakteristika te kemijske postojanosti (čvrstoća na pritisak 4000 do 4500, na vlak 300 do 500, na savijanje 500 do 1000 kg/cm<sup>2</sup>; probojna čvrstoća 34 do 38 kV/mm). Vanjska površina se glazira. U mrežama srednjeg napona i danas ga nalazimo u funkciji, iako su neke mreže izgrađene početkom prošlog stoljeća. Tradicionalno dobre osobine porculana uza sve veću ponudu modernih materijala zadržavaju porculanske izolatore i dalje u uporabi u srednjonaponskim mrežama. Loša osobina, "vizualno sakrivanje mjesta proboja" odnosno oštećenja, pogotovo kod kapastih izolatora, razlog su postupne zamjene porculana sa staklom. Danas se kapasti porculanski izolatori rijetko ugrađuju u srednjonaponske mreže.

Kratko će se iznijeti razlika između porculana i stakla jer su oba materijala sličnog sirovinog sastava [12]. Razlika je u postupku proizvodnje. Za stjecanje nužnih mehaničkih svojstava potrebnih za uporabu u prijenosnim mrežama, stakleni izolator se kali, a porculanski glazira (pocakljuje). Postupak kaljenja znatno povećava čvrstoću keramičkog materijala. Postoje i druge razlike u procesu proizvodnje. Staklena masa najprije se topi pa zatim lije u kalupe, a porculanski izolator modelira u sirovu stanju, da bi zatim sljedila daljnja obrada. Dobra dielektrična čvrstoća keramičkih izolatora sljedeća je njihova značajka. Pri ispitivanju izolatora na probojnost u uljnoj kupki u skladu s preporukama IEC nikad ne dolazi do proboja ispod kape staklenog izolatora, no može doći do rasprsnuća tanjura. Kod porculana, naprotiv, dolazi do proboja kroz glavu. Tu je i glavna pogonska prednost staklenog izolatora.

Je li stakleni kapasti izolator najbolji izbor?

Ako se na ovo pitanje, u članku i ne dobije potpuni odgovor, pokušat će se dati naznake kojim se pristupom trebaju tražiti rješenja.

I porculan i staklo mogu podnijeti samo ograničena naprezanja na vlak, a značajno veće sile na tlak. Zbog toga je i razvijen poseban dizajn kapastih izolatora koji omogućava da se naprezanje na istezanje koje se javlja na armaturi (kapa, batić), konvertira u naprezanje na tlak i smik u izolacijskom elementu. Poznati su mnogi nedostaci ovakvog dizajna kao proboj tanjura, osrednje performanse u uvjetima zagađenja, trošenje i korozija batića i dr. Mnogi korisnici u distribuciji ne odustaju od korištenja ove vrste izolacije u distribucijskoj

praksi; veoma oprezno eksperimentirajući s novim tehnologijama.

Kvarovi na dalekovodima izazvani “onečišćenjem” nisu predmet ovog članka, iako razgovarajući o izolaciji, nemoguće je zaobići ovu problematiku. Dužina, oblik i kakvoća površina po kojoj puže strujna staza, osobina su svake izolacije.

U ukupnoj investiciji jednog dalekovoda na izolaciju otpada manje od 5% veličine investicije. Međutim, grubi pokazatelji kažu (do relevantnih podataka nije se moglo doći), da na tu istu izolaciju otpada preko 80 % kvarova na distribucijskim vodovima. Kvarovi obično nastaju za vrijeme vremenskih nepogoda. Tada je ujedno najteže locirati i otkloniti kvar.

Dosta područja još uvijek se napaja preko radijalnih vodova 35 kV i 10(20) kV. Sanacija kvara na dalekovodu često se izvodi uz predhodne složene manevre u mreži, kako bi što manje potrošača ostalo bez napona do konačnog otklanjanja kvara.

Prolazne kvarove otklanjamo automatskim ponovnim uklopom. Trajne kvarove kao što je proboj izolacije, otklanjamo jedino zamjenom izolacije.

Zapravo, uspješan automatski ponovni uklop za distributera, odnosno za njene službe održavanja, predstavlja samo naznaku prolazne smetnje. Kada bi sve kvarove mogli pretvoriti u prolazne kvarove, mogli bi hipotetski reći da imamo miran pogon. Na putu ove konstatacije pokušat ćemo zapravo tražiti rješenje.

Razmatranja se odnose na srednjonaponske vodove, jer je drukčija percepcija povratnog preskoka na ove vodove u odnosu na vodove višeg napona.

## 2. ORIJENTACIJSKI POKAZATELJI BROJA IZOLATORA U SN ZRAČNOJ DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI

Jednostavnim računom umnoška broja stupova u pojedinoj mreži s brojem izolatora postavljenim na stupu, uvećano sve za određeni koeficijent, dobit ćemo traženu veličinu ukupnog broja izolatora. Određene razlike postoje po naponskim nivoima, ovisno o načinu izvedbe uporišnih mjesta, zato ih kompenziramo korekcijskim koeficijentom. Ukupni rezultat je samo red veličina bez pretenzije egzaktnog podatka, što je sasvim dovoljno kada se radi o orijentacijskom pokazatelju.

- 35 kV DV.....16611 stup. x 6 x 1,4 = 139532 izol.
- 20 kV DV.....32403 stup. x 6 x 1,1 = 213860 izol.
- 10 kV DV.....259499 stup. x 3 x 1,3 = 1012046 izol.

Iz gornjeg je vidljivo da u srednjonaponskim mrežama HEP-a imamo ugrađeno oko milijun i petsto tisuća izolatora.

Izgradnja novih dalekovoda kao i rekonstrukcija postojećih, zahtijeva sigurno određeniji odnos prema izolaciji s konačnim ciljem mirnijeg i urednijeg pogona.

## 3. UOBIČAJENA IZVEDBA SREDNJONAPONSKIH ZRAČNIH VODOVA

Kratki opisi se odnose na vodove 10, 20 i 35 kV.

S gledišta uporišnih mjesta vodovi se uglavnom izvode na drvenim, betonskim i željezno rešetkastim stupovima. Distribucijska je praksa izvedba dalekovoda 10 i 20 kV bez zaštitnog vodiča, a 35 kV dalekovoda sa zaštitnim vodičem.

Vodovi 10(20) kV izvode se s potpornim i visećim izolatorima. Za novije magistralne vodove to znači ili viseći izolatori ili potporni izolatori s gibljivom stezaljkom. Vodovi 35 kV koncipirani su s visećim izolatorima.

Uzemljenje stupova (betonskih i željezno rešetkastih) kod oba naponska nivoa 20 i 35 kV izvodi se prema propisanim vrijednostima po obliku a po zahtjevu “zaštite ljudi”. To rezultira s jednim ili dva prstena uzemljivača položena oko temelja stupa, ovisno je li stup postavljen na pristupačnom ili na nepristupačnom mjestu.

Zahtjev izvedbe uzemljivača u pogledu “zaštite postrojenja”, odnosno zaštite od povratnog preskoka, skoro se ne uobičava ispuniti kod vodova srednjeg napona. Razlog su izrazito veliki materijalni troškovi izvedbe uzemljenja, pogotovo na kraškim terenima.

Uobičajena jednadžba kojom se služe projektanti kod projektiranja uzemljivača srednjonaponskih dalekovoda je:

$$R_{uz} \leq \frac{U_i}{I_u} [\Omega]$$

gdje je:

$R_{uz}$  – otpor uzemljenja promatranog stupa bez spoja sa zaštitnim užetom, odnosno ostalim uzemljivačima [ $\Omega$ ]

$U_i$  – podnosivi udarni napon izolacije promatranog stupa u suhom [kV]

$I_u$  – tjemena vrijednost udarne struje groma za promatrane stupove [kA]  
(20 i 40 kA – veličine s kojima se najčešće ulazi u izračune )

$$- 20kV..... R_{uz} \leq \frac{125}{20} \leq 6,25\Omega$$

$$- 35kV..... R_{uz} \leq \frac{170}{40} \leq 4,25\Omega$$

te se praktički od ovog zahtjeva uglavnom odustaje i prihvaća se pojava povratnog preskoka kao pogonska nužnost.

Dalekovodi 10 i 20 kV svojom nižom izvedbom i prirodnom “skrivenošću” u okolišu, manje su izloženi vanjskim prenaponima od vodova 35 kV. Ovo je samo načelan stav, ali izuzetci postoje kod oba naponska nivoa.

#### 4. POVRATNI PRESKOK UZROKOVAN VANJSKIM PRENAPONIMA

Atmosferska pražnjenja uzrokuju sljedeće vrste prenapona na vodovima:

- Prenapone zbog izravnog udara groma u fazni vodič.
- Prenapone zbog udara groma u stupove ili zaštitnu užad.
- Inducirane prenapone.

Sve navedene vrste prenapona mogu prouzročiti preskok na izolaciji voda.

Udarom groma u zaštitno uže ili stup, nastaje valni proces u sustavu: kanal groma – zaštitno uže – stup – uzemljivač stupa.

Ako ovaj valni proces prouzroči na izolaciji voda preskok sa stupa na fazni vodič, tada govorimo o povratnom preskoku. Sličan, ali ne isti proces, događa se kod udara groma izravno u vodič ili kod induciranih prenapona.

Inducirani prenaponi nastaju zbog udara groma u tlo u blizini voda, pri čemu je njihova amplituda općenito ovisna o amplitudi struje groma i udaljenosti između mjesta udara i dalekovoda. Njihova amplituda rijetko prelazi 250 kV, pa su posebno značajni za distribucijske vodove.

Preskok preko izolatora, stvara ionizirajući kanal kojim može teći struja kvara tjerana faznim naponom mreže. U slučaju povratnog preskoka na više faza, nastaje višefazni kratki spoj sa strujama veličine kA. Električni luk koji gori uz površinu izolatora, termički napreže izolaciju s mogućnošću njenog oštećenja. Zaštita, s dugim vremenom isključenja, omogućava veliku energiju električnog luka. Prethodna naprezanja izolacije, uz novonastalu termičku energiju, uzrok su razaranja izolacije. Ovim počinje distribucijski problem; trajni ispad voda, traženje kvara, otklanjanje kvara i ponovno puštanje voda pod napon.

Valni otpor stupa za stupove stožaste željezno rešetkaste konstrukcije [2] iznosi u  $[\Omega]$ :

$$Z_s = 30 \cdot \ln \frac{2(H_s^2 + r_s^2)}{r_s^2}$$

gdje su:

$H_s$  – visina stupa, u m,

$2r_s$  – ekvivalentni promjer površine donje baze stupa, u m.

Impulsni otpor uzemljenja uzemljivača stupa u  $[\Omega]$ :

$$R_i = \frac{R_o}{\sqrt{1 + \frac{I}{I_g}}}$$

gdje je:

$R_o$  – stacionarni otpor uzemljenja uzemljivača stupa;

$$R_o = \rho \times c_r$$

$\rho$  – specifični električni otpor tla u  $[\Omega\text{m}]$

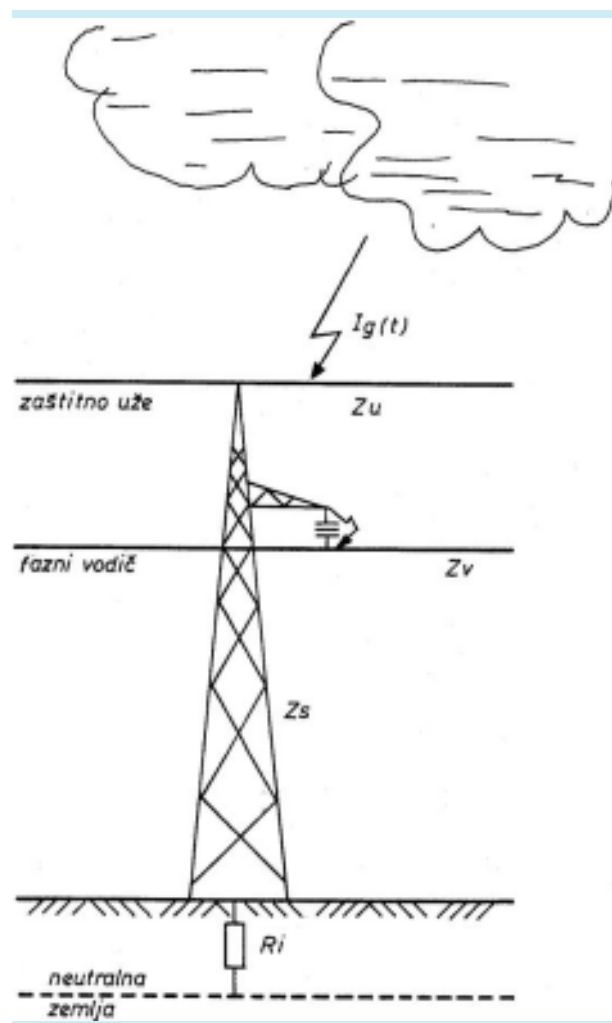
$c_r$  – konstanta, ovisna o obliku uzemljivača

$I$  – amplituda struje groma koju odvodi uzemljivač stupa u  $[\text{kA}]$ .

$I_g$  – granična struja groma u  $[\text{kA}]$ .

Pomoću programa PRENAP [2] ( Upustvo i primjeri programa PRENAP, ELMAP, Split 1995 ) mogu se izračunati prenaponi na:

- vrhu stupa
- izolatorskom lancu
- uzemljivaču stupa.



Slika 1. Skica udara groma u zaštitno uže uz nastanak povratnog preskoka

#### 5. POBOLJŠANJE PRESKOČNIH KARAKTERISTIKA DALEKOVODA

Za poboljšanje preskočnih karakteristika vodova mogu se koristiti sljedeći zahvati; pojedinačno ili više njih zajedno:

1. – smanjenje otpora uzemljenja stupa i izbor odgovarajućih uzemljivačkih sustava,

2. – povećanje izolacijskog nivoa voda,
3. – ugradnja dodatnih zaštitnih užadi,
4. – ugradnja užeta ispod faznih vodiča s ciljem popravka faktora međusobnih utjecaja,
5. – ugradnja zateznih užadi na konstrukciji stupa.

Zahvat pod točkom 1. najefikasniji je, ali najsloženiji i najskuplji. Tehnički i ekonomski je opravdan i prakticira se kod svih vodova naponskog nivoa 110 kV i više.

Međutim, ovaj zahvat kod srednjonaponskih vodova, trebalo bi izvoditi u mjeri kako je navedeno u [2] pod točkom 5 "Gospodarski aspekti u odabiru uzemljivača stupova", u kojoj se navodi:

1. Kod vodova 10, 20 i 35 kV bez zaštitnog vodiča uzemljivači stupova ne utječu na zaštitu voda od atmosferskih prenapona. Prema tome, kod takvih vodova nema smisla ulagati u skupe uzemljivače (velikih dimenzija), pa je dovoljno izvesti uzemljivač u obliku jedne konture (K) oko stupa.
2. Kod vodova 35 kV sa zaštitnim vodičima, uzemljivači stupova važan su element zaštite od povratnog preskoka. Pri tome je bitno da impulsne impedancije budu manje od  $30 \Omega$ . To se može postići uporabom konfiguracije uzemljivača prikazanih u sljedećoj tablici:

$\rho(\Omega)$	Konfiguracija	$Z_i(\Omega)$	Udio u cijeni voda(%)
50	K	5	0,3
100	K	10	0,3
500	K+4×5 m	25	2,5
1000	K+4×15 m	27	4,8
2000	K	145	1,2

Povećanje izolacijskog nivoa provodi se najčešće kod rekonstrukcija kada se kompletno zamjenjuju izolatori (kompozit). Posebnu problematiku imamo kod dvostrukih vodova. Ponekad se na jednom vodu smanjuje, a na drugom povećava izolacija, kako bi se ciljano usmjerili kvarovi i namjerno izbjegli dvostruki ispadi "diferencijalna izolacija".

Ugradnjom dodatnih zaštitnih užadi smanjuje se mogućnost direktnih udara groma u vodič, razgranava struja groma, povećavaju međusobni utjecaji, a time i smanjuje mogućnost povratnog preskoka.

Zateznom užadi u konstrukciji stupa smanjuje se valni otpor stupa, a time i potencijal stupa.

## 6. UGRADNJA LINIJSKIH ODVODNIKA PRENAPONA (PILOT PROJEKTI)

U zadnjih nekoliko godina u svijetu se intenzivira primjena odvodnika prenapona s polimernim kućištem, a radi poboljšanja prenaponskih karakteristika visokonaponskih vodova.

Linijski odvodnici prenapona s polimernim kućištem ugrađuju se u distribucijske i vodove najviših napona. I u našoj se distribuciji predviđaju određeni pilot projekti. Svaki pilot projekt vrijedan je posebne pozornosti. Za uspješnost projekta nužni su određeni preduvjeti. Prvo je potrebno imati što veći broj preciznih ulaznih podataka, zatim razrađen sustav praćenja u praksi te na kraju objektivnu valorizaciju. Posebno treba inzistirati na preciznosti svih podataka, bilo da se radi o cijeni objekta, bilo da se radi o troškovima gubitka neisporučene električne energije ili bilo kojem drugom podatku.

Nažalost, ovakav pristup uvijek se ne prakticira, pa i rezultati ne mogu biti potpuno vjerodostojni.

Uvijek kada se rade usporedbeni troškovi, cijena investicije uspoređuje se s cijenom neisporučene električne energije. To je i logično.

Međutim, je li izračun temeljen na objektivnim pokazateljima sljedeće je pitanje?

Jednom prilikom konzultirajući dispečersku službu, ustanovilo se da u zadnjih šest godina na jednom dalekovodu nije zabilježen niti jedan uspješan automatski ponovni uklop. Prema ovom podatku nije bilo prolaznih kvarova. To otvara nova pitanja, kao što su podešenost zaštite ili podešenost regulacijskih iskrišta? Zapravo, sve je moguće. Možda je razmak iskrišta poremećen pa sklopni prenaponi izbacuju dalekovod u drugom ciklusu zaštite.

Na ovakvom dalekovodu, bez sistematiziranih ulaznih podataka, sigurno ne bi trebalo raditi pilot projekt jer rezultat može biti neobjektivna slika.

## 7. MOGUĆI IZRAČUNI SLIKA DOGAĐANJA IZAZVANIH VANJSKIM PRENAPONIMA

Danas već postoje specijalistički programi za izračun svih mogućih događanja prouzrokovanih vanjskim prenaponima. Programski paketi pokrivaju sva prenaponska događanja i sve konfiguracije dalekovoda. Moguće je analizirati jednostruke i dvostruke vodove sa i bez zaštitne užadi, vodove na drvenim stupovima, vodove s instaliranim linijskim odvodnicima prenapona, vodove s diferencijalnom izolacijom i dr.

Dobre statističke metode omogućavaju izračun moguće veličine i mjesta udara groma uz primjenu izokerauničkih podataka i podataka o konfiguraciji dalekovoda. Ovisno o karakteristikama voda izračunavaju se sva moguća događanja vezana za putne valove, preciziraju se detaljni podaci o svim prenaponima, te se određuju mjesta gdje će doći do preskoka.

Zapravo teoretski se mogu objasniti uglavnom sva prenaponska događanja.

Međutim, što je interesantno distributeru? Njega, odnosno njih, najviše interesira imati miran i uredan pogon bez obzira na sva moguća vanjska događanja. Njega zapravo sasvim zadovoljava da se po mogućnosti sve

smetnje pretvore samo u prolazne, tj. da se automatskim ponovnim uklopom bilo u prvom ili drugom ciklusu, obavi ponovno napajanje potrošača.

Znači kao posljedica prenapona ne bi trebalo biti oštećenja izolacije, odnosno to bi trebao biti izuzetak, a ne ponekad pravilo.

Postoje zapravo dva moguća rješenja ove problematike:

- ugradnja odgovarajućih kvalitetnih iskrišta, zaštitnih prstenova ili sl. radi zaštite izolacije (klasična metoda)
- inzistiranje na proizvodnji i ugradnji “što manje razorivih” izolatora.

Poznate su prilike u našoj distribucijskoj srednjonaponskoj mreži. Zbog veoma malih razmaka na izolaciji, na DV 10(20) kV ne ugrađuju se iskrišta, dok se na DV 35 kV uglavnom ugrađuju. Nažalost i tamo gdje se ugrađuju i gdje su ugrađena, nedovoljno su sistematizirani rezultati. Postoje podaci kako se ponekad i demontiraju jer bez njih pogon postaje mirniji. To je praksa i život u pogonu. Određivanje razmaka iskrišta uvijek je veoma složen zadatak, jer mnogi čimbenici utječu na ovu veličinu. Neće se ulaziti u detaljnije analize što je uzrok nekontroliranih preskoka; je li to premali razmak za moguće pogonske prenapone, ili je to mehanička pogriješka ili krivi dizajn pa se položaj iskrišta s vremenom “poremeti i izvitoperi”, a time i promjene predviđeni razmaci. Očito je da se ovim elementom ne rješava problem.

Prema tome sigurno je potrebno u distribucijsku praksu uvoditi “što manje razorive” izolatore, tj. izolatore kojima neće bit razorena struktura i u najtežim pogonskim događanjima.

Pojam “neprobojan” koristi se sada kod određenih tipova izolatora. Međutim, izolatori su možda neprobojni, ali imaju manjkavost da su još uvijek lomljivi. Kod određenih događanja izazvanih vanjskim prenaponima, dolazilo je do pucanja izolatora, odnosno loma. Posljedica je pad vodiča na zemlju, što je veoma problematično, bilo da se radi o opasnosti za ljude ili opasnosti za izazivanje požara.

Izolatori ugrađeni u srednjonaponske nadzemne vodove izloženi su tijekom uporabe stalnim ili povremenim utjecajima iz okoline, pa trebaju imati otpornost na ove utjecaje [10]:

- sunčevo zračenje,
- prirodno zagrijavanje i hlađenje,
- kiša, snijeg, led, magla i ostale oborine,
- vjetar i posolica,
- atmosferska pražnjenja,
- taloženje prirodne prašine,
- kemijski talog iz onečišćenog zraka.

## 8. KOMPOZITNI IZOLATORI

Kompozitni izolatori ili izolatori novijih tehnologija imaju nekoliko prednosti u odnosu na klasične izolatore (porculan i staklo).

- manja težina,

- povećana otpornost na namjerna oštećenja,
- bolje uklapanje u okoliš,
- manja mogućnost oštećenja kod preskoka izazvanih prenaponima,
- mogućnost kompaktiranja nadzemnih vodova,
- značajna poboljšanja performansi u uvjetima zagađene atmosfere,
- smanjeni troškovi održavanja.

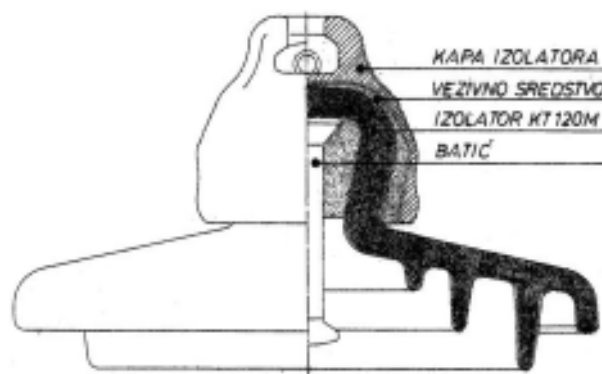
Danas 60% – 70% svih izolatora koji se instaliraju u USA, upravo su kompozitni polimerni izolatori. Postaje sve evidentnije da silikonska guma ima bolje performanse u odnosu na porculan i staklo. Podaci su djelomično dobiveni kroz pogonska iskustva, a djelomično u laboratorijima i ispitnim stanicama na otvorenom. Treba posebno obratiti pozornost na kvalitetu silikonske gume. Ovisno o kompoziciji materijala, dizajnu, procesu proizvodnje idr. različita je kvaliteta finalnog produkta. Vijek trajanja, odnosno, životna dob, može se razlikovati i 10 puta. Minimalni traženi životni vijek od 30 godina ne bi trebalo smanjivati. Dapače, razvoj se kreće u pravcu dobivanja materijala boljih dielektričnih svojstava u uvjetima kiše, vlage i onečišćenja. Time se zapravo rješava osnovni problem starenja i degradacije materijala.

Proizvodi trebaju proći svu potrebnu standardizaciju, uz propisana testiranja i ispitivanja, naravno, uz garancijski rok koji vrijedi i za ostalu opremu.

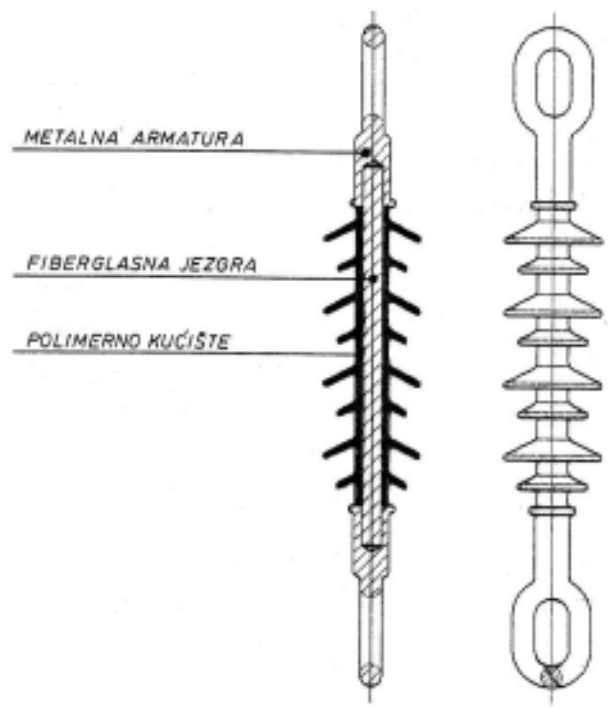
Osim kod štapnih zateznih kompozitnih izolatora i kod potpornih izolatora, javlja se niz mogućih prednosti. Veća je mehanička čvrstoća na udar nego kod konvencionalnih izolatora, a izolatori od silikonske gume imaju bolje performanse u uvjetima zagađenja.

Silikonska guma je hidrofobična, što znači da se vlaga ili tekućina na njezinoj površini, ukapljuje. Ovo je razlog manje mogućnosti stvaranja puznih staza na površini izolatora. Prilagodljivost i jednostavna obrada omogućava veoma jednostavno produžavanje strujne staze, neovisno o dužini izolatora. Također je moguća izrada drugačijih aerodinamičnih profila.

Kod izbora ovog zahtjevnog elementa ne smije se dogoditi pogriješka. Klasičnu komercijalnu praksu protežiranja niskih cijena kao kriterija izbora, treba izbjegavati. Kvaliteta treba biti odlučujući faktor podržan referencama proizvođača.



Slika 2. Klasični kapasti stakleni izolator



Slika 3. Kompozitni silikonski izolator

## 9. NEKI PRIMJERI I ISKUSTVA S IZOLACIJOM U PRIMORSKOM DIJELU REPUBLIKE HRVATSKE

Sistematiziranost temeljnih podataka i iskustava nužan je preduvjet za ozbiljniji pristup rješavanju postavljene problematike. Nažalost, podaci koji će se ovdje iznijeti, samo su niz usmenih izvješća ljudi koji se na određenim prostorima bave problematikom zračnih dalekovoda. Tvrtka još nije formirala eksperimentalni poligon za srednji napon na kojem se stječu i sistematiziraju iskustva. Za više napone da, ali za srednji napon ne.

Pojedinci u distribucijskim područjima pojedinačno eksperimentiraju, ali se stečena iskustva nedovoljno razmjenjuju.

Pokrenuta je inicijativa preko HK CIGRE odbora B2 da se problemu izolacije u srednjonaponskim mrežama posveti dužna pozornost s teorijskog i praktičkog gledišta kao i izolaciji u visokonaponskim mrežama. Na prvi pogled problematika izgleda ista, međutim kako je već izneseno, ona se ipak razlikuje te je kao tako različitu, treba i rješavati.

DP Elektrojug, Dubrovnik:

U zadnjih desetak godina na ovom prostoru izgrađeno je preko 100 km 10(20) kV i 35 kV zračnih dalekovoda. Najveći dio ove izgradnje odnosi se na sanaciju ratnih šteta. Dalekovodi su građeni na željezno rešetkastim stupovima sa staklenim kapastim izolatorima. Izuzetak je bio dvostruki DV 35 i 10(20) kV Blato – Korčula, opremljen štapnim porculanskim izolatorima. Baš

na ovom dalekovodu došlo je u dva navrata do pucanja štapnog izolatora i do pada vodiča na zemlju. Štapni izolatori na kraju su zamijenjeni staklenim kapastim izolatorima.

Većina novoizgrađenih dalekovoda zamjena je za postojeće, izgrađene na drvenim stupovima.

Posolica, samozapaljenje, rasprsnuća stupova zbog udara groma, bili su stalni pratioci prijašnjeg pogona. Poslije takvih iskustava nova mreža donosi znatno mirniji pogon, međutim ne sasvim bez kvarova. Kvarovi su uglavnom proboj izolacije kao posljedica vanjskih prenapona. Normalno je da distributer i dalje traži još mirniji i sigurniji pogon. Je li se to moglo postići drukčijim izborom izolacije?

DP Elektrodalmacija, Split:

Na ovom prostoru samo je djelomično bilo sanacija ratnih šteta. Dalekovodi su se izgrađivali s klasičnim izolacijama, na drvenim, betonskim i željezno rešetkastim stupovima. Izuzetak je bio dalekovod 10(20) kV Suhać – Hrvace (7 km) na betonskim stupovima s potpornim štapnim izolatorima i DV 10(20) kV Pisak – Slime (3,5 km) na željezno rešetkastim stupovima sa zateznim štapnim izolatorima. Prvi dalekovod ima konstantno miran i uredan pogon dok je na drugom dalekovodu (Pisak – Slime) bilo sličnih problema kao i na DV Blato – Korčula. Pucali su porculanski štapni zatezni izolatori.

U DP-ima južnog dijela države, nema još dovoljno iskustava s kompozitnim izolatorima.

DP Elektroistra, Pula:

U ovom DP-u već postoje određena iskustva s ugradnjom kompozitnih izolatora sa silikonskim kućištem [8]. Izolatori su ugrađeni na DV 35 kV Pazin – Vranja. Ne na cijelom dalekovodu, već na dionici najviše ugroženoj od vanjskih prenapona, između stupova br. 47 i br. 90, gdje su do zamjene bili montirani miješano porculanski i stakleni izolatori. Iskustva su veoma pozitivna. Broj kvarova znatno je smanjen. Na ovom primjeru eksperimentalno se prišlo ugradnji kompozitnih izolatora i uredno su se pratila događanja. Sve je brojčano prikazano u [8].

DP Elektroprimorje, Rijeka:

U uvjetima atmosferskih onečišćenja posolicom i izrazite izokerauničke izloženosti na pojedinim područjima ovog DP-a, razmišlja se o mogućnosti ugradnje nove generacije izolatora.

Za sada je sa silikonskim izolatorima izveden DV 20 kV TS 110/20 kV Rab – TS 20/0,4 kV Supetarska Draga s odcjepima na otoku Rabu, duljine 2,5 km. Dalekovod je izgrađen na betonskim stupovima s vodičima Al-Fe 70/12 mm<sup>2</sup>.

Prekratko vrijeme (1 god.) pogonske eksploatacije dalekovoda onemogućava davanje bilo kakve ocjene. Međutim, ipak kroz jednu godinu korištenja, nema negativnih iskustava.





**Slika 4. Kompozitni silikonski potporni izolatori na DV 20 kV TS 110/20 kV Rab – TS 20/0,4 kV Supetarska Draga**

## 10. ZAKLJUČAK

Kompozitni polimerni izolatori predpostavka su smanjenja broja oštećenja uzrokovanih vanjskim prenaponima u distribucijskim mrežama, a time i smanjenje dužine trajanja prekida u napajanju potrošača određenim dalekovodom. Ovo se, pogotovo odnosi, na dio distribucijskih mreža, gdje se pojava povratnog preskoka, ne može ublažiti drugim mjerama.

Eksperimentalne poligone trebalo bi što prije aktivirati. Oni bi trebali postati mjerodavno mjesto za stjecanje valjanih iskustava, usporedbu i ocjenu više tipova izolatora.

Osim toga, trebalo bi razmišljati i o dodatnim zahtjevima, koje izolatori za distribucijske vodove trebaju ispunjavati, a propisima nisu zadani.

Zašto bi se uostalom trebale zadovoljiti samo propisanim vrijednostima?

To su propisane nužnosti koje nitko ne brani dopuniti, radi kvalitetnijeg pogona, a na korist potrošača i vlasnika mreže.

Put za ostvarenje cilja najlakši je kroz granske normative.

## LITERATURA

- [1] M. PADELIN: “Zaštita od groma”, Školska knjiga Zagreb, 1987. god.
- [2] I. SARAJČEV: “Karakteristike ambijenta relevantne za mogućnost oštećenja OPGW užeta i načini smanjenja rizika: Utjecaj atmosferskih izbijanja”, STE d.o.o., savjetovanje na Hvaru, 1994. god.
- [3] S. ŽUTOBRADIĆ: “Zaštita nadzemnih vodova od atmosferskih prenapona”, časopis ENERGIJA 1, 1995. god.
- [4] V. KOLEGA, S. ŽUTOBRADIĆ: “Zaštita distribucijskih mreža od atmosferskih prenapona temeljni podaci”, časopis ENERGIJA 1, 1998. god.
- [5] U. MASSEN, “Svjetska iskustva o cikloalifatskim epoksidnim izolatorima kroz 25 godina”, Simpozij o tehnološki nekeramičkim izolatorima, Singapur, 1996. god.
- [6] Z. HAZNADAR, K. SOKOLIJA, S. BERBEROVIĆ, Ž. ŠTIH, “Primjena kompozitnih polimernih izolatora u prijenosu i distribuciji električne energije”, Šesto savjetovanje HK Cigre, Cavtat, 2003. god.
- [7] A. SEKSO, “Tipologija oštećenja kompozitnih izolatora u prijenosnim i razdjelnim mrežama Hrvatske”, Šesto savjetovanje HK Cigre, Cavtat, 2003. god.
- [8] S. JERGOVIĆ, “Prva iskustva sa silikonskim izolatorima u 35 kV mreži DP Elektroistra Pula”Šesto savjetovanje HK Cigre, Cavtat, 2003. god.
- [9] S. SADOVIĆ, M. PUHARIĆ, “Studija ugradnje linijskih odvodnika prenapona – pilot projekt”, ENEDIS d.o.o., Zagreb, 20004. god.
- [10] W. DALLAGO, “Smjernice za razvoj izolatora za vanjsku ugradnju u srednjenaponske nadzemne mreže”, Peto savjetovanje HK Cigre, Cavtat, 2001. god.
- [11] D. KREMER “Komparativna analiza različitih izolacija na dalekovodima”, Peto savjetovanje HK Cigre, Cavtat, 2001. god.
- [12] Z. CVETKOVIĆ, “Izolatori u prijenosnoj mreži”, časopis ENERGIJA 3, 1993. god.

## INSULATION IN MID-VOLTAGE OVERHEAD NETWORKS FROM THE POINT OF FAULTS CAUSED BY OUTER OVERVOLTAGES

Insulation and insulation equipment is one of the basic elements of mid-voltage overhead networks and it needs special attention. Most of the faults on these transmission network elements are caused by atmospheric overvoltages. The user of transmission line (distributor) that maintains the network and changes the damaged insulation, has not yet a definite attitude on the most convenient insulation type, although it has profound knowledge about the fact that the number of insulation faults should be minimised. Porcelain is in principle changed by glass, but it is rare and only in a very few cases experimented with composite polymer insulation. Insulation is usually determined by the designer with the help of selling companies. Which characteristics beside those determined by rules should the insulator have to meet the needs of distributors are going to be given in this paper.

## **DIE ISOLIERUNG VON MITTELSPANNUNGS-FREILEITUNGEN ANGESICHTS DER DURCH ÄUSSERLICHE ÜBERSPANNUNGEN BEDINGTEN SCHÄDEN**

Zu den Grundbestandteilen von Mittelspannungs-Freileitungen zählenden Isolatoren und dem dazugehörigen Zubehör, ist eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Die Schäden auf diesen Bestandteilen entstehen meistens als Folge atmosphärischer Überspannungen. In der Frage der Instandhaltung von Freileitungen haben Betreiber (Versorgungsunternehmen) das Erkenntniss der Notwendigkeit möglichst weniger Eingriffe bezüglich des Austausches der beschädigten Isolatoren, aber noch keinen endgültigen Standpunkt von deren geeignetster Art. Grundsätzlich tauscht man Porzulan mit Glas aus, es wird aber zu wenig und nur ausnahmsweise versucht mit den kompositen, polymeren Isolatoren zu Erfahrungen zu kommen. Die Isolation

wird meistens beim Entwurf bestimmt, unter Zuhilfe von Handelsunternehmen. In diesem Artikel versucht man anzudeuten, welche Eigenschaften, neben jenen durch Vorschriften genau bestimmten, ein Isolator haben sollte, um den Bedürfnissen des Betreibers zu entsprechen.

Naslov pisca:

**Ivo Santica, dipl. ing.**  
**Hrvatska elektroprivreda d.d.**  
**DP Elektrodalmacija, Split**  
**Poljička bb**  
**21000 Split, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
2004 – 07 – 30.