

Miro Totgergeli
HEP – ODS d.o.o., Elektra Bjelovar
miro.totgergeli@hep.hr

Zvonimir Popović
HEP – ODS d.o.o., Elektra Bjelovar
zvonimir.popovic@hep.hr

Bojan Đurović
HEP – ODS d.o.o., Elektra Bjelovar
bojan.durovic@hep.hr

LABORATORIJSKO ISPITIVANJE I POSTOJEĆA ISKUSTVA U PRIMJENI KOMPOZITNIH IZOLATORA

SAŽETAK

Prilikom odabira izolatora za ugradnju na visokonaponske vodove često postoji dvojba oko korištenja starih prokušanih tehnologija ili odabira noviteta koji se javljaju na tržištu. Novi izolatori odlikuju se određenim prednostima nad starima, no nedostaje dovoljno iskustava u eksploataciji istih. Djelomična iskustva postoje i na temelju određenih kriterija može se napraviti usporedba izolatora. Kako bi se uvjerili u kvalitetu proizvoda, kupci organiziraju vlastita ispitivanja izolatora u uvjetima sličnim onima u pogonu.

Glavne riječi: izolatori, usporedba tehnologija, laboratorijsko testiranje

LABORATORY TESTING AND EXISTING EXPERIENCES IN USE OF COMPOSITE INSULATORS

SUMMARY

Choosing the adequate insulator for installation on high voltage overhead lines often puts the buyer under certain dilemma whether to use old and proof technologies or to install a new one on the market. New insulator technologies offer certain advantages over the old ones, however there is a lack of experience using them. Nevertheless, partial experiences exist and using certain criteria insulator comparison can be made. In order to assure the quality of the product, buyers often organise their own testing of insulators in conditions similar to the real ones.

Key words: insulators, technology comparison, laboratory testing

1. UVOD

Uvažavajući zahtjeve za povećanjem pogonske pouzdanosti i raspoloživosti svih komponenti elektroenergetskog sustava, te polazeći od činjenice da cijena izolacije u ukupnoj investiciji nadzemnog voda ne prelazi 10 %, a istovremeno utječe i do 80 % na pouzdanost voda, te uvažavajući razvoj novih tehnologija i materijala, pojavila se potreba izrade novih kriterija za pravilan izbor, kvalitetu izrade i dugotrajnost izolatora koji se ugrađuju na visokonaponskim (od 10 kV do 35 kV) vodovima.

2. PREDNOSTI KOD UGRADNJE

Razvojem novih tehnologija i materijala u primjenu ulaze takozvani „nekeramički“ izolatori koji se najčešće nazivaju kompozitnim izolatorima. Kompozitni izolatori pojavili su se prvenstveno kao štapni izolatori, međutim sada se potpuno ravnopravno pojavljuju i kao potporni izolatori.

Izolatori ovog tipa odlikuju se nizom prednosti pred klasičnim izolatorskim lancima sastavljenim od većeg ili manjeg broja izolatorskih članaka izrađenih od porculana ili stakla. Važno je istaknuti da su kompozitni u odnosu na klasične izolatore osjetno manje mase, imaju bolja specifična izolacijska svojstva, veću otpornost na oštećenja, bolje se uklapaju u okoliš i daju mogućnost kompaktiranja vodova. Ugrađuju se u izolatorske konstrukcije nadzemnih vodova zbog svojih spomenutih karakteristika, ali i zbog znatno jednostavnije montaže, nižih troškova održavanja i praktički električke neprobojnosti.

Međutim, i kroz relativno skromnu upotrebu te nedostatak pogonskih iskustava i sistematiziranog praćenja ponašanja u raznim klimatskim i mrežnim uvjetima, uočili smo par ozbiljnih oštećenja i nedostataka kompozitnih izolatora koji u konačnici osjetno smanjuju pouzdanost i raspoloživost vodova odnosno distribucijskog sustava u cjelini.

3. POSTOJEĆA ISKUSTVA U PRIMJENI KOMPOZITNIH IZOLATORA

3.1. Iskustva drugih

Kompozitni izolatori na području Republike Hrvatske se koriste relativno kratko, pa je teško dati adekvatnu ocjenu opravdanosti njihove upotrebe. No mogu se izdvojiti određeni razlozi odabira ovih izolatora, kao i određena iskustva u pogodnu, osobito kod kvarova.

Prema anketi koja je provedena u nekoliko distribucijskih područja na području Republike Hrvatske, kao glavni razlozi odabira ugradnje kompozitnih izolatora istaknuti su manja masa i lakša montaža, zatim mogućnost povišenja naponske razine postojećeg voda, ponašanje izolatora u uvjetima onečišćenja, manja izloženost vandalizmu, cijena i bolji estetski izgled.

Najviše izolatora ugrađeno je na 10 kV vodovima (oko 75%), a ugrađeni izolatori bili su većinom izrađeni od silikonske gume.

Prema studiji Instituta za elektroprivredu i energetiku koja je rađena za potrebe HEP ODS-a moguće je izdvojiti dva primjera pogonskih iskustava u dva distribucijska područja [1].

3.1.1. Iskustvo na jednom 35 kV vodu

U početku su na tom 35 kV vodu bili porculanski izolatori, a s vremenom su zamjenjivani staklenim. Na dionici na kojoj su klasični izolatori najčešće stradavali, na 30 stupova je izvršena njihova zamjena s kompozitnim silikonskim izolatorima. Kao primarni uzrok za stradavanje klasičnih izolatora navedeni su povratni preskoci sa stupa na fazne vodiče. Radi se o području sa izraženom grmljavinskom aktivnosti. Istovremeno, brdovit i nepristupačan teren znatno otežava pronalaženje mjesta kvara i zamjenu oštećenih izolatora.

Kompozitni izolatori su 2001. godine ugrađeni na najugroženiju dionicu voda. U periodu od 2 godine nije se dogodio niti jedan kvar kompozitnih izolatora, što predstavlja znatno poboljšanje u odnosu na prijašnju situaciju. Usporedbe radi, na istoj dionici je prije zamjene u razdoblju od 3 godine bilo 9 kvarova na vodu i zamijenjen je ukupno 101 izolatorski članak. Naravno, dvije godine u pogonu nisu dovoljne za ocjenu prednosti odnosno eventualnih nedostataka novih izolatora, nego se to tek treba potvrditi daljnjim praćenjem [2].

3.1.2. Iskustvo na jednom 10 kV vodu

Na jednom od 10 kV vodova bilo je zabilježeno nekoliko slučajeva kvarova i oštećenja kompozitnih izolatora u relativno kratkom vremenu nakon ugradnje. Ugrađeni izolatori bili su nazivnog napona 24 kV, a većina izolatora na kojima su se dogodili kvarovi bila je na zateznim stupovima. Također, upravo na jednom od stupova na kojem se dogodio kvar su bili ugrađeni odvodnici prenapona, tako da je malo vjerojatno da je do oštećenja izolatora došlo zbog udara munje u taj stup.

Izolatori istog proizvođača su bili ugrađeni na više vodova u mreži 10 i 35 kV, ali su kvarovi i oštećenja zabilježeni samo na tom jednom 10 kV vodu. Na nekoliko izolatora toga voda nastupio je električni proboj (bilo potpuni, bilo djelomični), a primijećena je i pojava krednjenja i karbonizacije na površini rebra.

U Institutu su provedena laboratorijska ispitivanja određenog broja uzoraka izolatora istog tipa. Svi uzroci (kako oni skinuti sa stupova, tako i oni koji još nisu bili ugrađeni) su uspješno prošli sva ispitivanja, osim jednog uzorka skinutog sa stupa kod kojeg je došlo do mehaničkog prijeloma jezgre prilikom ispitivanja vlačnom silom [1].

S obzirom na sve navedeno, te uz činjenicu da su pogođeni izolatori iz jedne te iste proizvodne serije, a da na izolatorima iz nove serije koji su ugrađeni umjesto oštećenih nije bilo sličnih problema, zaključeno je da se najvjerojatnije radilo o problemu nastalom pri proizvodnji, odnosno o propustu u sustavu osiguranja kvalitete kod proizvođača.

3.2. Iskustva na području Elektre Bjelovar

Na području Elektre Bjelovar kompozitni izolatori u silikonskoj izvedbi ugrađuju se od 2001. godine. Vrste i količine ugrađenih izolatora prikazane su u tablici I.

Tablica I. Broj i vrsta ugrađenih kompozitnih izolatora za razdoblje od 2001. – 2009. godine

Vrsta izolatora	Količina [kom]
Kompozitni potporni (silikonski)	1400
Kompozitni štapni (silikonski)	1988
UKUPNO	3388

S korištenjem kompozitnih izolatora počelo se kod radova redovnog i interventnog održavanja na 10 kV vodovima, gdje su se štapni izolatori koristili za ugradnju na zatezne i rasteretne stupove odnosno na rastavljače.

Intenzivnija upotreba kompozitnih izolatora počinje 2004. godine kada se 10 kV vod Mišulinovac i 10 kV vod Veliko Trojstvo rekonstruiraju upotrebom kompozitnih izolatora potporne izvedbe. Također, novi 10 kV dalekovodi Žabjak, Domankuš i Podgorci iz transformatorske stanice TS 35/10 kV Predavac izgrađeni su koristeći kompozitne izolatore potpornog i štapnog tipa.

U razdoblju 2006. – 2009. godina kompozitni izolatori na području Elektre Bjelovar isključivo se koriste kao zatezni izolatori štapnog tipa i kod radova redovnog i interventnog održavanja kao i kod rekonstrukcija postojećih vodova.

Novi srednjenaponski vodovi projektiraju se i grade kao podzemni kabelski vodovi.

3.2.1. Kvarovi na kompozitnim izolatorima

Od početka ugradnje kompozitnih izolatora na distribucijskom području Elektre Bjelovar zabilježeno je nekoliko kvarova na 10 kV dalekovodima na kojima su ugrađivani ti izolatori. U većini slučajeva radilo se o kvaru mehaničkog karaktera. Višestruko ponavljanje iste vrste kvara na 10 kV vodu Mišulinovac i 10 kV vodu Veliko Trojstvo te analiza samih događaja, načina montaže i konstrukcije samog izolatora, a radilo se o istom proizvođaču i istoj seriji izolatora, došlo se do zaključka da izolatori zbog loše izvedbe i konstrukcijskih pogrešaka jednostavno ispadaju s nosioca zbog vibracija i opterećenja.

Ovakvi kvarovi lako su bili locirani i njihovo otklanjanje je bilo kratkotrajno i svodilo se na zamjenu izolatora. Međutim zamjena izolatora istim nije garantirala otklanjanje kvara na duži period. Trajno rješenje ovog problema svelo se na ponovnu zamjenu potpuno novim izolatorima.

Električkih kvarova na kompozitnim izolatorima zabilježeno je također tek nekoliko, no njihovo lociranje i otklanjanje nije uvijek bilo lako i u kratkom vremenu.

Prema podacima iz DISPO-a koji su prikazani u tablici II. može se napraviti analiza i usporedba nastalih zastoja na 10 kV i 35 kV vodovima zbog kvara kompozitnih izolatora naspram broja ugrađenih izolatora na području Elektre Bjelovar.

Tablica II. Odnos broja kvarova i ugrađenih izolatora za period od 4 godine (2006.-2009.)

ELEKTRA BJELOVAR 10 kV i 35 kV	Broj ugrađenih izolatora	Broj zastoja	Zastoj/ugrađeno x 100 [%]
Kompozitni	3388	3	0,088
Ostali izolatori	cca. 38600	86	0,223
UKUPNO	cca. 42000	89	0,211

Uočava se da su zastoji uzrokovani kvarovima na kompozitnim izolatorima približno tri puta manji, s obzirom na broj ugrađenih izolatora, u usporedbi sa zastojima uzrokovanim ostalim izolatorima. Ipak, važno je napomenuti da su kompozitni izolatori ugrađivani tek od 2001. godine, dok u kategoriji ostalih izolatora ima izolatora starijih od 40 godina. Stoga se na osnovu prikazanih podataka ne može konstatirati da su električna svojstva kompozitnih izolatora tri puta bolja od keramičkih ili staklenih jer u tim podacima nije uzet u obzir kriterij starenja izolatora.

3.2.1.1. Kvar na 10 kV vodu Bolč

Ukupna dužina 10 kV voda Bolč je 15.323 metra i ukupno ima cca 700 izolatora. Na vodu je ugrađeno 48 štapnih kompozitnih izolatora koncentriranih na zateznim kutnim ili otcjepnim stupovima novoizgrađene dionice Kendelovac-Majur ukupne dužine 3350 metara.

Dana 4. lipnja 2008. oko 18.00 sati dogodio se definitivni ispad 10 kV voda Bolč po usmjerenoj dozemnoj zaštiti. Sekcioniranjem kvara određeno je da se kvar nalazi na glavnoj trasi voda što nije omogućavalo puštanje dijela voda pod napon i opskrbu bar dijela potrošača električnom energijom.

S obzirom da transformatorske stanice na vodu Bolč napajaju više većih i važnijih kupaca, kao što su farme, obiteljska poljoprivredna gospodarstva i pilane, bilo je potrebno što brže naći i otkloniti kvar zbog mogućnosti šteta koje bi nastale dugotrajnim nestankom napajanja.



Slika 1. Prikaz kvara na kompozitnom izolatoru ugrađenom na 10 kV vodu Bolč

Napravljen je pregled dalekovoda po cijeloj glavnoj trasi, no kvar nije bio pronađen. Zbog toga je napravljen ponovni pregled kojim također nije uočen kvar. Prema izvještajima, svi izolatori i stupovi su bili vizualno pregledani i ispravni. Kako je drugi pregled završio pri sumraku, uključene su dvije transformatorske stanice na početku voda, prije linijskog rastavljača, dok je ostatak ostao bez napona čitavu noć. Zbog ljetnog razdoblja, ponovni pregled i traženje kvara započeto je u ranim jutarnjim satima i potrajalo je nekoliko sati kada je odlučeno uz pomoć auto-dizalice pregledati zatezne stupove sa štapnim kompozitnim izolatorima. Tada je na gornjoj strani jednog štapnog kompozitnog izolatora primijećeno oštećenje nalik na malu pukotinu (slika 1.), te je taj izolator zamijenjen. Nakon toga, uključenje voda je uspjelo, te je vod pušten u pogon oko 11 sati.

4. NOVE TEHNOLOGIJE U IZRADI KOMPOZITNIH IZOLATORA

Širenjem upotrebe kompozitnih izolatora kod opremanja i održavanja visokonaponskih vodova dolazi i do širenja ponude izolatora različitih proizvođača, ali i različitih tehnologija izrade. To podrazumijeva najčešće primjenu novih materijala ili novih oblika i načina izrade. Izolatori proizvedeni novim tehnologijama često kupce stavljaju u dvojbu. S jedne strane, proizvođač garantira kvalitetu svojih izolatora atestima s ispitivanja provedenih po zahtjevima normi, pa čak i u zahtjevnijim uvjetima, dok s druge strane s konkretnim izolatorima kupac nema iskustva u praksi.

4.1. Nove tehnologije na hrvatskom tržištu

Na tržištu se našla nova vrsta kompozitnog izolatora, novijeg proizvođača izolatora i nove tehnologije izrade koja se ponešto razlikuje od izolatora koji se inače ugrađuju. Izolator ima kompaktan izgled i konkurentnu cijenu, a proizvođač ima višegodišnje iskustvo u proizvodnji izolacije, te se pojavio interes o detaljnijim informacijama i iskustvima o samom proizvodu.

Novi izolator imao je ateste s ispitivanja koje propisuje norma za kompozitne potporne odnosno štapne izolatore [4]. Neka od tipskih ispitivanja po normi su mehanička ispitivanja kod opterećenja na vlak, tlak, savijanje i torziju, zatim električna ispitivanja udarnim naponom u suhim i uvjetima povećane vlažnosti, ispitivanja erozije i prodiranja vlage.

Uvjeti koje propisuje norma su, prema navodu proizvođača, tehnički minimum koje proizvod mora zadovoljavati kako bi dokazao svoju kvalitetu. Stoga je izolator podvrgnut dodatnim ispitivanjima od strane proizvođača. Raspon dodatnih ispitivanja obuhvatio je ispitivanje izolatora u uvjetima pojačanog sunčevog zračenja, mjerenje struje odvoda nakon 100-satnog kuhanja izolatora u kipućoj vodi, zahtjevnija ispitivanja erozije i prodiranja vode, te ispitivanje guljenja jezgre. Izolator je pokazao vrlo dobre performanse kod svih navedenih ispitivanja, što bi trebalo opravdati njegov izbor za ugradnju.

Na kraju proizvođač navodi kako je najbolji dokaz kvalitete iskustvo u eksploataciji, navodeći pritom brojne primjere ugradnje ovih izolatora diljem svijeta u raznoraznim primjenama, od distribucije električne energije, do željezničkih sustava i industrijskih postrojenja u zadnjih desetak godina.



Slika 2. Prikaz namjernog oštećenja izolatora svrdlom

4.2. Dodatno ispitivanje novog kompozitnog izolatora

Dodatna ispitivanja provedena su u Institutu za elektroprivredu i energetiku u Zagrebu. Iskustva s oštećenjima i kvarovima na izolatorima utjecala su na način ispitivanja. Kako iskustva pokazuju da su kod izolatora česta oštećenja nastala kod lova odnosno od metaka, odlučilo se izolator ispitati s namjerno prouzrokovanim oštećenjima nalik na oštećenja od metka. Izolator je do jezgre probušen na tri mjesta svrdlom od 8 mm pod kutom 120°, kao što je prikazano na slici 2. U svrhu ispitivanja u težim uvjetima, ispitivani izolatori položeni su još u slanu otopinu oko 48 sati prije nego li su ispitivani.

Ispitivanje je provedeno na 3 uzorka izolatora, neoštećenom suhom, neoštećenom namočenom u slanu otopinu i namjerno oštećenom namočenom u slanu otopinu. Metoda ispitivanja bila je mjerenje struje odvoda kod narinutog izmjeničnog napona, ispitivanje napona preskoka i ispitivanje na podnosivi napon u trajanju 1 minute. Rezultati ispitivanja prikazani su u tablici III [3].

Tablica III. Rezultati mjerenja struje odvoda i izmjeničnog napona

Uzorak izolatora	Ispitni napon [kV]	Struja odvoda [mA]	Izmjereni izmjenični napon [kV]	
			Preskočni	Podnosivi 1 min.
Neoštećeni suhi	10,0	5,3	96,5	85
	15,6	9,0		
	20,0	11,6		
	27,0	15,4		
Neoštećeni namočen	10,0	6,8	102	85
	15,6	10,9		
	20,0	13,9		
	27,0	18,6		
Oštećeni namočen	10,0	5,0	97	85
	15,6	8,0		
	20,0	10,3		
	27,0	13,6		

Iz rezultata mjerenja može se vidjeti da se mjerenja gotovo ne razlikuju, bilo da se radi o neoštećenim ili oštećenim izolatorima. Vrijednost preskočnog napona također je zadovoljila vrijednosti specificirane od strane proizvođača. Oštećenje na ispitivanom uzorku nije utjecalo na električka svojstva izolatora.

5. ZAKLJUČAK

Kompozitni izolatori imaju mnogo prednosti kod primjene u odnosu na klasične staklene i keramičke izolatore. Zbog još nedovoljno iskustava u eksploataciji javljaju se nedoumice pri njihovom izboru. Nove tehnologije izrade kompozitnih izolatora nude poboljšanja i dobre karakteristike izolatora, no potkrepljene su samo izvješćima od strane proizvođača. Dosadašnja iskustva u primjeni kompozitnih izolatora ukazuju da je isplativo ugrađivati kompozitne izolatore pouzdanih proizvođača koji svojim tipskim i specijalnim ispitivanjima dokazuju pouzdanost izolatora u svim pogonskim uvjetima, te posvećuju posebnu pažnju izlaznoj kontroli kvalitete proizvoda.

LITERATURA

- [1] B. Babić, A. Sekso, S. Bojić, "Problematika i dosadašnja iskustva te kriteriji za izbor kompozitnih izolatora u razdjelnim mrežama Hrvatske", Institut za elektroprivredu i energetiku, studeni 2006.
- [2] S. Jergović, „Prva iskustva sa silikonskim izolatorima u 35 kV mreži DP Elektroistra Pula“, HK CIGRE, Cavtat, 2003.
- [3] I. Dolić, J. Kučak, D. Šupljika, "Izveštaj o ispitivanju kompozitnog štapnog izolatora nazivnog napona 27 kV", Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, studeni 2009.
- [4] IEC 62217/2005 Ed. 1.0: Polymeric insulators for indoor and outdoor use with a nominal voltage > 1 000 V - General definitions, test methods and acceptance criteria