

## **METODE PRIMENE U POSTUPCIMA LOCIRANJA MESTA KVARA I PRIPREME ZA POPRAVKU KVARA NA KABLU 110 kV**

P.Tasić, „Elektrodistribucija Beograd“, Srbija  
S.Međo, „Elektrodistribucija Beograd“, Srbija  
N. Stojanović, „Elektrodistribucija Beograd“, Srbija

### **UVOD**

U distribuciji električne energije kablovi zauzimaju dominantno mesto. Projektovanje velikih elektroenergetskih sistema i međusobna konekcija učinili su to da kablovi u prenosu dobijaju sve više na značaju. Kablovske arterije u gradu povezuju napojne transformatorske stanice u vidu prstena što omogućava pouzdano snabdevanje električnom energijom gradskog područja i važnih objekata. Pored potreba u prenosu, takođe i u distributivnim mrežama, u velikim gradskim centrima, gde je u srce grada instalisana snaga od nekoliko stotina MVA, traži se nova generacija visokonaponskih kablova. Kako su prenosne moći kablova reda i više desetina MVA, i kako je neophodno vreme za popravku kablovskih vodova, za gradske mreže se predviđaju principijelna rešenja koja obezbeđuju rezervno napajanje za slučaj jednostrukog kvara na kablovima.

### **POSTUPAK PRONALAZENJA KVARA NA KABLU 110 kV**

U ovom poglavlju opisuje se procedura pronalazjenja oštećenja na kablovima 110 kV. Kao što je već pominjano, karakteristično za uljne kablove 110 kV je to da se kroz sedište ovih kablova pruža kanal kroz koji cirkuliše ulje čija je uloga da hladi kabl i da impregniše papirnu izolaciju unutar kabla. Na mestima gde su zaprečne spojnice na trasi kabla nalaze se manometri pomoću kojih se kontroliše pritisak ulja u kablovima. Usled neprijavljenih i nestručnih iskopnih radova od strane trećih lica često dolazi do mehaničkih oštećenja kablova 110 kV. To se manifestuje podom pritiska koji se očitava na manometrima koji se nalaze na završnicama kabla i na zaprečnim spojnica. Kao što je već pomenuto može doći samo do oštećenja plašta jedne žile kabla 110 kV usled čega kabl može ostati pod naponom i ne mora doći do zemljospoja ili prekida, ali može se desiti prekid jedne, dve ili sve tri faze što već predstavlja ozbiljan problem. Pre nego što se pristupi iskopnim radovima za popravku kvara mora se proceniti na kom delu trase kabla se nalazi oštećenje. Ovaj deo trase se određuje metodom zamrzavanja oštećene žile kabla.

#### **Procedura zamrzavanja oštećene faze**

Prvo se iskopa rov 4 metra dužine i 2 metra širine. Kada se stigne do betonskih ploča koje štite kabl one se sklone i u pesku se nalaze sve tri žile kabla 110 kV. Mora se napomenuti da se svi iskopni radovi strogo moraju obavljati ručno, pomoću ašova i lopate. Pritom se mora voditi računa o tome da se obezbedi proctor za cisternu koja nosi rezervoar sa tečnim azotom pomoću koga se vrši zamrzavanje oštećene žile kabla 110 kV. Sledeći korak je izdvajanje oštećene žile i montiranje oklopa

za 10 kV spojnicu koji se pokazao veoma korisno u ulozi postolja za crevo kroz koji protiče tečni azot. Montaža se vrši tako što se prvo oko žile obmoti traka a zatim se preko trake namontira oklop spojnice 10 kV kroz čiji će se otvor na vrhu spustiti crevo kroz koje će se pustiti tečni azot pod pritiskom. Zatim puštamo tečni azot pod pritiskom iz cisterne preko creva koje će se spustiti u otvor na vrhu oklopa spojnice 10 kV. Ovako se počinje sa zamrzavanjem kabla, a inače tečni azot zamrzava do temperature od  $-196^{\circ}\text{C}$ . Nakon pola sata zamrzavanja pretpostavlja se da je došlo do zastoja protoka ulja kroz kabl i onda se dopunjuju tankovi na pritisak od 1,06 do 1,1 bar. Treba voditi računa o tačnom odabiru žile koju treba lediti jer posle svake zaprečne spojnice dolazi do ukrštanja žila zbog poništavanja struja koje se formiraju u plaštu kabla.



SLIKA 1 – Zamrzavanje oštećene žile kabla

Tečni azot veoma dobro leđi imože se primetiti da se i oklop spojnice 10 kV i kabl u njemu veoma dobro smrznju tako da je protok ulja kroz kabl zaustavljen. Ukolikodođe do pada pritiska na manometru, sigurni smo da je na datoj trasi oštećenje. I naš dalji cilj je suzbijanje trase. Na prvoj deonici je pritisak znatno pao:

TABELA 1- PROMENA PRITISKA U KABLU NA DEONICI GDE SE NALAZI OŠTEĆENJE

<i>vreme</i>	11:00	13:00	15:00
<i>P (bar)</i>	1,06	0,9	0,84

Dok je na drugoj deonici pritisak konstantan  $P=\text{const}$ .

TABELA 2 - PROMENA PRITISKA U KABLU NA DEONICI NA KOJOJ KABL NIJE OŠTEĆEN

<i>vreme</i>	11:00	13:00	15:00
<i>P (bar)</i>	1,1	1,1	1,1

Nakon lociranja deonice na kojoj se nalazi oštećenje detaljnije se pregleda trasa i na osnovu nekih prethodnih dešavanja na karakterističnim mestima uglavnom se bez većih poteškoća odredi mesto kvara.

## PRIPREMA ZA POPRAVKU KVARA NA KABLU 110 kV

Uzrok kvara na kablju 110 kV bio je mašinski iskop septičke jame koju su inicirali Romi koji žive u obližnjoj mali. Nakon dojave dispečerskog centra Elektrodistribucije Beograd da je signaliziran kvar na kablju 110 kV koji se pruža od TS 110/35 kV/kV Toplana do TS 110/35 kV/kV „Beograd VI“ u Hilendarskoj ulici, i lociranja kvara od strane Službe za naponska ispitivanja, pristupilo se prvim preventivnim merama radi zaustavljanja većeg isticanja ulja iz kabla, tako što su na mestima gde se nalaze zaprečne spojnice S4 i S9 zatvoreni ventili koji vode ka spojnicama i tankovima. Nakon izvršenja prvih preventivnih mera isečeno je oštećeno parče kabla i postavljene su kape na obe strane oštećene žile kabla. Kape su napravljene tako da se na svakoj od njih nalazi zavrtanj koji može da se odvije i da se na njega namontira slavina pomoću koje se uzimaju uzorci ulja koji su veoma bitni za dalja ispitivanja. Nakon svih ovih mera pristupilo se formiranju rova za popravku kabla. Iskopan je rov dužine 16 metara, širine 4 metara i dubine 2 metra. Unutar rova ispod kabla kopani su „džepovi“ sa obe strane, dužine 2 do 3 metra i 1 metar dubine. Ovi džepovi služe za zakretanje kabla čime bi se

zaustavio protok ulja. Nakon formiranja rova potrebno je bilo postaviti kontejnere na rov. To se radilo na osnovu već utvrđenih mera. Prvo su postavljene grede preko širine rova tako da prvi kontejner drži tri grede koje su poprečno pričvršćene fosnama, dok drugi kontejner drži četiri grede od kojih je jedna mobilna kojom se može prebacivati neki teret. Kontejnere smo pomoću dizalice spuštali na rov tako da se ivice kontejnera nalaze na 1,5 metar sa jedne i sa druge strane od mesta kvara, gde bi na oko 3 metra od ivice kontejnera sa jedne i sa druge strane trebalo da se nalaze središnje tačke kablovskih spojnice, a na 2 do 3 metra od sredine spojnice treba iskopati džepove za zakretanje kabla. Između dve kablovske spojnice je ubačeno 10 metara kabla. Komad dužine od 10 metara isečen je sa kotura koji se nalazi u magacinu. Interesantno je i to da kabl koji je namotan na kotur mora biti pod pritiskom tako da se uz kotur montira i rezervoar sa uljem čija je uloga da održava pritisak ulja unutar kabla. Kontejneri su dužine 5 metara i širine 3,5 metra. Unutar jednog od njih nalazi se klima uređaj koji obezbeđuje optimalne uslove za popravku kvara i imaju otvore sa donje strane. Nakon spuštanja kontejnera na rov ostalo je tri metra praznog prostora između njih i oko jedan metar praznog prostora sa svih strana što je zatvoreno daskama (patos) i preko svega toga postavljena je folija da bi se rov hermetički zatvorio.

### Određivanje procenta vazduha u ulju na oštećenoj fazi 110kV kabla ( kapa faktor )

U cilju određivanja kapa faktora prvo se pristupilo iskopskim radovima radi izdvajanja oštećene žile kabla i spuštanju iste na oslonce koji dižu kabl na otprilike 1metar visine. U rovu je montiran manometar koji je povezan na jedan kraj dvostruke slavine koja je pričvršćena na jedan kraj presečene žile sa koga će se očitavati pritisak ulja u kablju koji vodi do poprečne spojnice koja se nalazi kod silaska sa autoputa kod "Sava centra". Sa tanka iz kamiona propušteno je kroz kabl filtrirano ulje količinski oko 15 litara, koje je poteralo staro ulje u kablju i istisnulo sav vazduh sa deonice od „Sava centra“ do mesta kvara. Ostavljeno je da se ulje stabilizuje preko noći da bi se sutra pristupilo merenju *kapa faktora*. Nakon svih ovih radova moralo se napuniti uljem i parče kabla u dužini od 10 metara i da pomoću posebnog tanka to ulje održava pod pritiskom. Pritisak je očitavan na posebnom manometru specijalno postavljenom za tu namenu. Inače ovo parče kabla služi da bi se umetnulo između dve prolazne spojnice koje će se naknadno napraviti. Nakon celodnevnog čekanja da se koncentracija ulja unutar kabla stabilizuje pristupilo se daljim radovima:

Zatvoren je tank zaprečne spojnice kod "Sava centra", uzet je uzorak ulja u količini od 30 ml i očitana prva vrednost pritiska ulja u kablju na mestu kvara koji je iznosio  $p=1.78$  bar i koji je ostao konstantan u periodu od narednih 10 minuta. Napravljena je pauza u periodu od 5 min. Uzet je uzorak ulja u količini od 25 ml usled čega je pritisak pao na vrednost  $p=1,58$  bar i ova vrednost pritiska je ostala konstantna u narednih 10 minuta. Kao što se može primetiti ni u ovom slučaju nije došlo do promene pritiska što je dobro. Napravljena je pauza u periodu od 5 minuta. Uzet je uzorak ulja u količini od 25 ml usled čega je pritisak pao na vrednost  $p=1,44$  bar i ova vrednost pritiska je ostala konstantna u narednih 10 minuta. Kao što se može primetiti ni u ovom slučaju nije došlo do promene pritiska.

TABELA 3 – PROMENA PRITISKA NA JEDNOM KRAJU KABLA U VREMENSKOM PERIODU OD 10 MINUTA

$P_1$ (bar)	$t$	$P_2$ (bar)	$t$	$P_3$ (bar)	$t$
1.78	8:45	1.58	9:00	1,44	9:15
1.78	8:46	1.58	9:01	1,44	9:16
1.78	8:47	1.58	9:02	1,44	9:17
1.78	8:48	1.58	9:03	1,44	9:18
1.78	8:49	1.58	9:04	1,44	9:19
1.78	8:50	1.58	9:05	1,44	9:20
1.78	8:51	1.58	9:06	1,44	9:21
1.78	8:52	1.58	9:07	1,44	9:22
1.78	8:53	1.58	9:08	1,44	9:23
1.78	8:54	1.58	9:09	1,44	9:24

Nakon izvršenih merenja možemo izračunati vrednosti kapa faktora. Za proračun kapa faktora potrebni su nam sledeći podaci:

- količina uzorka ulja u menzuri uzetog iz kabla.
- proizvod dužine trase kabla od zaprečne spojnice do mesta kvara, količine ulja po jednom metru kabla i plus količine ulja u spojnicaama koje se nalaze na trasi.
- razlika pritiska na manometru.

Kapa faktor se računa iz izraza :

$$K = \frac{\Delta V \times 10}{\Delta p \times V}$$

$$K_1 = \frac{25 \times 10}{(400 \times 0,8 + 40) \times (1,78 - 1,58)} = 3,4722$$

Ovo je rezultat dobijen na osnovu prva dva merenja sada se ponavlja postupak i uzima u obzir drugo i treće merenje.

$$K_2 = \frac{25 \times 10}{(400 \times 0,8 + 40) \times (1,58 - 1,44)} = 4,960$$

Količina ulja unutar zaprečne spojnice je 40 litara.

Sada se izračuna srednja vrednost kapa faktora na ovoj deonici:

$$K_{sr} = \frac{K_1 + K_2}{2}$$

$$K_{sr} = \frac{(3,4722 + 4,4603)}{2} = 3,9662$$

Na osnovu dobijenih rezultata, pošto kapa faktor ima manju vrednost od 5, to znači da je procenat vazduha u ulju zanemarljiv i da se može pristupiti izradi kablovske spojnice.

Sada je potrebno ponoviti postupak i odrediti kapa faktor i sa strane zaprečne spojnice koja se nalazi u Ulici Admirala Geprata broj 4. Nakon dolaska na ovu lokaciju prvo je propušteno novo filtrirano ulje u tank i kroz kabl da bi se istisnuo vazduh iz kabla na ovoj deonici. Ulje je potiskivano preko tanka iz kamiona na mašinu za dodatno filtriranje koja se napajala preko agregata. Od mašine za filtriranje ulje dalje cirkuliše u tank kabla i kroz sam kabl i ističe u bure koje se nalazi na mestu kvara. Na osnovu ove procedure ističe se vazduh iz kabla i može se pristupiti merenju kapa faktora. Razdaljina od zaprečne spojnice do mesta kvara je 1963 m.

TABELA 4 - PROMENA PRITISKA NA JEDNOM KRAJU KABLA U VREMENSKOM PERIODU OD 10 MINUTA

Prvo merenje		Drugo merenje		Treće merenje	
P1 (bar)	t	P2 (bar)	t	P3 (bar)	t
1,96	9:50	1,79	10:05	1,58	10:20
1,98	9:51	1,79	10:06	1,58	10:21
2,00	9:52	1,81	10:07	1,59	10:22
2,00	9:53	1,81	10:08	1,60	10:23
2,01	9:54	1,82	10:09	1,60	10:24
2,02	9:55	1,82	10:10	1,61	10:25
2,04	9:56	1,83	10:11	1,62	10:26
2,04	9:57	1,84	10:12	1,63	10:27
2,05	9:58	1,85	10:13	1,64	10:28
2,05	9:59	1,86	10:14	1,65	10:29

Kao što se može primetiti iz tabele 4 tokom merenja dolazi do blagih oscilacija pritiska koje se s obzirom na dužinu trase mogu tolerisati. Iskustveno je određena količina uzorka ulja koji se uzima u odnosu na dužinu trase kabla. Između merenja kao i tokom prethodnog oglada pravljene su pauze u trajanju od 5 minuta. S obzirom da je u ovom slučaju veća razdaljina od zaprečne spojnice do mesta kvara uzimaju se količinski veći uzorci ulja. Između prvog i drugog merenja uzeto je 120 ml ulja, dok je između drugog i trećeg merenja uzeto 130 ml ulja.

Računanje kapa faktora:

$$K = \frac{\Delta V \times 10}{\Delta p \times V}$$

$$K_1 = \frac{120 \times 10}{(1963 \times 0,8 + 60 + 36) \times (2,05 - 1,86)} = 3,79$$

Vrednost kapa faktora između drugog i trećeg merenja je :

$$K_2 = \frac{130 \times 10}{(1963 \times 0,8 + 60 + 36) \times (1,86 - 1,65)} = 3,7149$$

$$K_{sr} = \frac{K_1 + K_2}{2}$$

$$K_{sr} = \frac{(3,79 + 3,7149)}{2} = 3,7525$$

60 litara podrazumeva količinu ulja u zaprečnoj spojnici, a 36 litara podrazumeva količinu ulja u četiri prelazne spojnice na pomenutoj trasi. Dobijena vrednost je manja od 5, pa je prema tome procenat vazduha u ulju na ovoj lokaciji takođe zanemarljiva i može se pristupiti izradi kablovske spojnice.

## ZAKLJUČAK

Obzirom da je u poslednje vreme učestala gradnja na području grada Beograda, i usled dotrajalosti mreže podzemnih instalacija sve su češće intervencije kopanja u blizini kablova 110 kV. Kao posledica obavljanja ovakvih vrsta intervencija sve češće dolazi do havarija na kablovima 110 kV usled kojih je, zbog nedostatka određenih kvalifikacija zaposlenih u Elektrodistribuciji Beograd, za obavljanje ovakvih vrsta poslova potrebno angažovati stručnjake iz inostranstva da bi otklonili kvar. U poslednjih nekoliko godina u nekoliko navrata kidani su kablovi 110 kV, i to sledećim redosledom:

- 1) kvar na kablju Beograd 15 - Beograd 17 tokom zime 2006 godine,
- 2) kvar na kablju Toplana Novi Beograd - Beograd 6 tokom 2008 godine, i
- 3) kvar na kablju Toplana Novi Beograd - Beograd 40 tokom 2009 godine

Ovi kvarovi su ugrozili stabilnost i pouzdanost DEES-a, i direktno uticali na prekid napajanja električnom energijom centralnih delova grada.

Najefikasnije prevazilaženje ovog problema je u obuci stručne radne snage zaposlene na radnim mestima za obavljanje poslova na otklanjanju kvarova na kablovima ovoga tipa, čime bi se uštedela znatna finansijska sredstva i omogućilo efikasno delovanje u slučaju kvara.

## LITERATURA

1. Nikolajević S., 2007., „Kablovska Tehnika“, JP Službeni list SRJ.
2. Lalević B., 1993., „Elektroenergetski kablovi“
3. Tasić D., 2001., „Osnovi elektroenergetske kablovske tehnike“, Elektronski fakultet u Nišu