

Srećko Aljinović, dipl.inž.
Vedran Novak, dipl.inž.
Hrvatska elektroprivreda, Prijenosno područje Split

R 3.02

**VIŠEGODIŠNJA ISKUSTVA U EKSPLOATACIJI 110 kV PODMORSKIH
ULJNIH KABELA
(OIL FILLED SUBMARINE POWER CABLES)**

SAŽETAK

Ovim radom obuhvaćena su iskustva u eksploataciji, odnosno održavanju uljnih podmorskih kabela (*oil filled submarine power cables*). Tijekom proteklih godina došli smo do određenih iskustava vezanih uz nedostatke uočene na kablama, kvarove te principe održavanja. Problem koji se javlja tijekom višegodišnjeg eksploatiranja kabela jest korištenje stare rezerve, odnosno starost i upotrebljivost pribora, te neobučenosť osoblja za otklanjanje složenijih kvarova. Sljedeći problem jest sama zastarjelost tehnologije radi čega se oni sve manje izrađuju. Ta činjenica uvjetuje upotrebu specijalne opreme za eventualnu zamjenu određene dionice uljnog kabela s kablom suvremene tehnologije. U radu se ukazuje i na problematiku zaštite podmorskih kabela i lociranja mjesta kvara. Vezano za problematiku održavanja došlo se do novih iskustava u pogledu učestalosti pregleda kablaskih postrojenja.

SUMMARY

This work contains experience in exploitation, i.e. the maintenance of oil filled submarine power cables. Over the last few years, we have come to certain experience concerning defects on the cables, damages and principles of maintenance.

KLJUČNE RIJEČI

podmorski uljni kabel, Južna otočna petlja, kvarovi, popravci, obučenost ljudstva, rezerva opreme

KEYWORDS

Oil filled submarine cables, Southern Island Loop, damages, repairs, trained staff, equipment reserve

1. UVOD

U ovom radu bit će izložen kratki povijesni razvoj elektrifikacije srednjedalmatinskih otoka, odnosno izgradnja Južne otočne petlje. Težište rada su uljni kabeli Južne otočne petlje. S tim u vezi bit će govora o iskustvima eksploatacije kabela Prijenosnog područja "Split" te iskustvima do kojih se došlo tijekom gotovo četvrtine stoljeća njihovog održavanja. Problemi se javljaju u vezi skladištenja, odnosno dotrajalosti i upotrebljivosti rezerve te neobučenosti ljudi za otklanjanje složenijih kvarova. Osim toga bit će riječi o napuštanju tehnologije (potiskivanje uljne izolacije s izolacijom od umrežanog polietilena na višim naponima). Javlja se nužnost zamjene oštećenih dionica uljnog kabela s kabelom suvremene tehnologije. U radu se ukazuje i na problematiku zaštite podmorskih kabela i lociranje mjesta kvara. Eksploatacijom kabela Južne petlje došlo se i do novih iskustava u pogledu učestalosti pregleda kabelskih postrojenja i eventualne dogradnje petlje.

2. KRATKI POVIJESNI RAZVOJ ELEKTRIFIKACIJE SREDNJDALMATINSKIH OTOKA

Počeci suvremenog razvoja elektrifikacije Dalmacije počinju koncem prošlog stoljeća, kada je 1895. godine u pogon stavljena HE "Jaruga" na Skradinskom buku. Nakon toga slijede: Jaruga II (1903.), Manojlovac (1906.), Vrilo (1903.), Roški slap (1908.), Gubavica /Kraljevac/ (1912) /2/... Dobro je spomenuti i da je 1913. godine pušten u pogon prvi dalekovod na ovom području (Kraljevac - Dugi Rat) /1/. U tom periodu su izgrađene i prve dizel elektrane za električnu rasvjetu gradova (Zadar 1894., Šibenik 1895., Dubrovnik 1900., ali Split tek 1920.) /3/ i otoka (najstarija DE "Blator" 1928. god.)

1933. godine počelo se konkretno raspravljati o povezivanju otoka Brača s kopnom. Ali, stranote rata su prolongirale taj tehničko-tehnološko povijestan datum.

Poslije II. svjetskog rata obnavljaju se porušeni elektroenergetski objekti i izgrađuju novi. Tako su u Dalmaciji izgrađeni dalekovodi napona 35 kV i 110 kV, koji su po prvi put povezali sve elektrane. Ponovno se aktualizira povezivanje Brača s kopnenim elektroenergetskim sustavom, te je odlučeno da se položi 30 kV kabel presjeka 3x50 mm².

6. siječnja 1955. godine, nakon vremenskih nepogoda, specijalni nizozemski brod položio je kabel između Dugog Rata i Postira. Nakon otoka Brača priključuju se na kopneni elektroenergetski sustav otoci Hvar (30 kV kabel, 1959. god.), Korčula (35 kV kabel, 1961. god.). Završetak faze izgradnje 30, odnosno 35 kV kabela predstavlja spajanje Visa, kada se 19. studenog 1964. godine i ovaj vanjski srednjodalmatinski otok povezao na kopneni elektroenergetski sustav. Ostali otoci spojeni su 10 kV kabelima s gravitirajućim otocima, odnosno s kopnom u jedinstveni elektroenergetski sustav.

S vremenom se električni kabel na dionici kopno - otok Brač našao na granici preopterećenja. Uviđajući perspektivu razvoja srednjedalmatinskih otoka, odustalo se od gradnje usporedne veze postojećeg stanja, te je odlučeno da se, neovisno o kabelima 30, odnosno 35 kV, srednjodalmatinske otoke poveže 110 kV kabelom /1/, odnosno izgradi Južna otočna petlja.

3. JUŽNA OTOČNA PETLJA

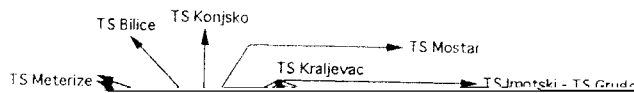
3.1. Izgradnja i razvoj

Južnom otočnom petljom smatraju se četiri 110 kV dalekovoda između TS 110/30/15 kV "Dugi Rat" i TS 110/35 "Ston", koji s kopnenim 110 kV dalekovodima Zakučac - Dugi Rat I i II, Kraljevac - Zakučac, Kraljevac - Makarska, Opuzen - Ploče - Makarska, Opuzen - Neum i Neum - Ston zatvaraju prsten, odnosno petlju, a sačinjavaju je sljedeći dalekovodi:

1. DV 110 kV Dugi Rat - Nerežišća
2. DV 110 kV Nerežišća - Stari Grad
3. DV 110 kV Stari Grad - Blato
4. DV 110 kV Blato - Korčula - Ston

U sastavu navedenih dalekovoda nalaze se četiri kabelaške veze prikazane u *Tablici 1*

1	KB 110 kV Dugi Rat - Postire	veza: kopno - o. Brač	dužina: 8,019 km
2	KB 110 kV Slatina - Travna	veza: o. Brač - o. Hvar	dužina: 4,544 km
3	KB 110 kV Medvidbad - Prapatna	veza: o. Hvar - o. Korčula	dužina: 16,238 km
4	KB 110 kV Strečica - Zamošće (Perna)	veza: o. Korčula - Pelješac	dužina: 2,202 km



nategao, vjerojatno više nego li je dopušteno. Osim prenaprezanja, kopneni dio kabela na svojem najvišem mjestu došao je grješkom švedske montažne ekipe u područje podtlaka, tako da se olovni plašt stisnuo u trolist. Podizanjem tlaka ulja olovni plašt je opet popremio kružni oblik, ali savijanje olova dovelo je do pojave pukotina tijekom eksploatacije, što je kasnije i opisano. Završni radovi na polaganju kabela obavljani su 5. kolovoza 1968, a konačna montaža obavljena je 3. rujna 1968. Prvo vrijeme, do 1978. godine kabel se nalazio pod naponom od 30 kV, nakon čega je pušten pod nazivni napon za koji je i konstruiran.

3.1.2. KB 110 kV Slatina - Travna (Brač - Hvar)

U siječnju 1970. godine u neposrednim kontaktima s raznim ponuđačima i razjašnjavanjem nejasnoća, odlučeno je da se, kao najpovoljniji isporučitelj kabela odabere norveška firma "Standard Telefon og Kabelfabrik" - STK za polaganje drugog kabela između kabelskih kućica u Slatini i Travni.

Za razliku od švedskih, kod norveških kabela uljne ekspanzijske posude, manometri i kontaktni manometar smješteni su u posebne kućice, dok su kabela glave smještene na konstrukciju s vanjske strane kućice. U kućicu su prema želji investitora smješteni i uređaji za VF-vezu koji omogućavaju prijenos signala mjerenja tlaka, odnosno signala minimalnog i maksimalnog tlaka. Električno VN-postrojenje smješteno je na ravnom krovu kućice.

Osim toga, kod norveških kabela ekspanzioni medij je plin (N_2), dok se kod švedskih kabela nadtlak postiže uz pomoć čelične ćelije s oprugom. Nedostatak švedskih kabela je i taj što rezervni spremnici nemaju kontrolu volumena i tlaka ulja.

Norveški kabel između kabelskih kućica u Slatini i Travni položen je 3. lipnja 1973. godine, po trasi koja je utvrđena ranijim geodetskim snimanjima. Položaj broda kontroliran je sa

vezom.

I kabel između kabelskih kućica u Slatini i Travni je do 1978. godine bio pod naponom od 30 kV, da bi se, kada je izgrađena TS 110/35 kV "Starigrad" našao pod nazivnim naponom.

3.1.3. KB 110 kV Medvidbad - Prapatna (Hvar - Korčula)

Za proizvođača našeg najdužeg kabela između kabelskih kućica u Medvidbadu i Prapatnoj, odnosno otoka Hvara i Korčule, odabere se firma "Standard Telefon og Kabelfabrik" - STK.

Kako se ispitivanjem ustanovilo da je kabel koji je izvađen između Hvara i Korčule u potpunosti ispravan i neoštećen (osim spojnice), jedna njegova dionica iskoristila se za polaganje između Korčule i Pelješca, te dijelom na sjevernom Hrvatskom primorju uz sniženu cijenu i produženi garancijski rok. Polaganje je obavljeno norveškim brodom "Arnstein" 30. lipnja 1972. god.

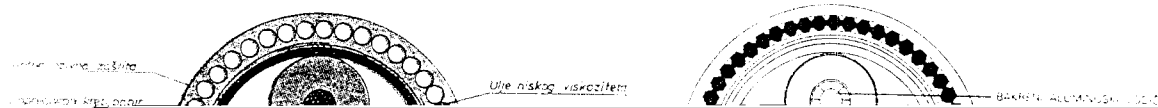
Razlika u izvedbi priobalne zaštite ovog kabela je ta što je kod kabela kućice "Zamošće" (Perna) izvedena prekrivanjem kabela vrećama cementa međusobno spojenim željeznim kukama.

Pod 10 kV-nim napon ovaj kabel se povremeno stavlja tek 1978. i 1979. godine. 1987. i 1988. godine kabel je povremeno stavljan na napon od 35 kV, da bi prava eksploatacija započela 1988. godine, završetkom TS 110/35 kV "Blato" kada je konačno stavljen pod nazivni napon od 110 kV [4].

Time je okončana gradnja Južne otočne petlje.

3.2. Tehnički podaci Južne otočne petlje

Tehnički podaci dalekovoda i kabela Južne petlje navedeni su u Tablici 3.2.1.



3.3. Kronologija i opis značajnijih kvarova

Tijekom eksploatacije Južne otočke petlje zabilježeni su slijedeći značajniji kvarovi:

- 6. svibnja 1970. (KP "Dugi Rat")

Curenje ulja na jednožilnom dijelu kabela uz kabelsku glavu u fazi "0", gdje se pojavila pukotina na šavu olovnog plašta. Kvar je saniran postavljanjem bandaže i olovne košuljice, a izveli su ga švedski djelatnici uz pomoć djelatnika "Elektroprijenosa" - Split. Po obavljenom popravku

je izazvao gubitak ulja i pad tlaka. Do otklanjanja kvara u sustavu se održavao minimalni tlak dodavanjem ulja iz rezervnog spremnika kako u nj nebi ušao zrak. Kvar su sanirali djelatnici norveškog "STK"-a od 25. do 27. travnja 1988. god. na način da su puknuti stezni prsten zamijenili sa novim. Na poslietku je vakumirana kabelska glava i nadoknađeno ispušeno ulje.

Sa djelatnicima "STK"-a dogovoreno je da se ista zamjena uradi i na ostalim kabelskim glavama u KK "Prapatna", kao i u KK "Travna" na otoku Hvaru, jer su te dvije kućice najizloženije agresivnoj atmosferi. Za ostale kućice je naručena ista rezervna oprema. kako bi se sami djelatnici

- 09. siječnja 1989. (KK "Prapatna")

Na temelju iskustva o lošem materijalu steznih prstenova "STK" je obavio metaluršku analizu, odabrao novu leguru te besplatno isporučio nove prstenove, uz naplatu montaže odnosno nadzora. Zamjena steznih prstenova obavljena je na kabelskim glavama na kojima nije već ranije izvršena. Postavljeni su novi brončani stezni prstenovi iz dva dijela, koji su osim bolje legure i pogodniji za montažu, jer se ne treba skidati izolator kabelske glave, pa nije potrebno ni naknadno vakuumiranje. Zamjenu prstenova su obavili djelatnici "STK"-a u vremenu od 9. do 12. siječnja 1989. godine.

- 14. siječnja 1989. (KK "Travna")

Iz istih razloga i u ovoj kabelskoj kućici zamijenjeni su stezni prstenovi.

4. DOSADAŠNJA ISKUSTVA

4.1. Iskustva dobivena pri otklanjanju kvarova

Kako se može razabrati dvije su kritične točke na kabelima Južne otočne petlje.

To je, kao prvo, kabelska glava, odnosno spoj kabelske glave sa kabelom te stezni prstenovi. Osim lemljenja nema pogodnijeg popravka spoja kabelske glave. Što se pak tiče steznih prstenova, pokazalo se da ih treba zamijeniti brončanim iz dva dijela.

Druga kritična točka Južne petlje je kopnena dionica kabelske veze Dugi Rat - Postire, kod kabelskog postrojenja "Postire". Ova kritična točka je posljedica izvlačenja kabela prilikom postavljanja pri visokoj vanjskoj temperaturi, pojave podtlaka u gornjem dijelu kabela i povlačenja od mora prema kabelskom postrojenju, dakle uz prilično veliki uspon. Tako je došlo do maltretiranja olovnog plašta, koji je čak pukao na dijelu pred samo kabelsko postrojenje gdje kabel čini ulaznu petlju.

Do sada se tri puta ovaj kvar otklanjao postavljanjem košuljice za popravak kabela, a posljednji put dodatno je postavljena i *Raychemova termoskupljajuća cijev*. Očigledno je da se može očekivati uskoro još koje napuknuće olovnog plašta /5/. Stoga, treba razmišljati o zamjeni ove kopnene dionice podmorskog kabela. Kako se napušta tehnologija uljnih kabela ova dionica bi se najvjerojatnije zamijenila sa suhim kabelom i izolacijom od umrežanog polietilena. Upotreba takvog kabela koji je u direktnom serijskom spoju sa suhim kabelom, nalaže upotrebu tzv. *stop-joint* spojnice koja ima zadaću spoja električnog medija kabela, ali razdvaja njihove izolacije. Izvjesnih iskustava već ima Prijenosno područje "Opatija", gdje postoji prelazna spojnica punjena plinom SF₆.

U KK "Travna" (otok Hvar) bilo je velikih problema sa posolicom iako je ugrađena oprema s pojačanom izolacijom (produžena klizna staza). Prvobitno, taj problem se pokušavao riješiti samo premazivanjem kabelskih glava silikonom. No, s tim problem nije u potpunosti riješen. Problem je riješen postavljanjem zaštitne mreže ispred kabelske kućice, prema moru. U odnosu na pocinčano željezo, iskustvo je pokazalo, da je bolja mreža načinjena od plastičnih materijala.

Ovdje bi trebalo spomenuti problem, koji još nije izazvao kvar, ali pitanje je trenutka kada će se to dogoditi. Riječ je o nasipanju obale od strane tvornice "Dalmacija" u Dugom Ratu kada se i dio podmorske dionice kabela našao pod zemljom, što uzrokuje njegovo smanjeno hlađenje. Također, nasipanje obale uzrokuje natezanje slobodnog dijela podmorske dionice kabela i njegov podizanja od morskog dna.

4.2. Obuka i obrazovanje osoblja

Nekoliko elektromontera Prijenosnog područja "Split" završilo je obuku u opsegu održavanja kabela, a to podrazumijeva tehnike reguliranja tlaka i volumena ulja, centrifugiranje ulja i upotreba vakuummetera. Karakter kvara kojeg mogu otkloniti jest oštećenje kabela do uključivo plašta i to samo na kopnenim dionicama jer ne postoji pogodan brod za popravak kabela, a ne postoje niti specijalna sidra za podizanje kabela s morskog dna. Znači, ne postoje osposobljeni djelatnici za popravak tzv. unutarnjih oštećenja kabela, koji zahtijevaju ubacivanje novog segmenta kabela i izradu spojke.

Glavni razlog tome je papirnata izolacija (koja, istina, postoji u rezervi) koja zahtijeva izvanredno

4.3. Oprema za popravak kabela

Što se opreme tiče, tu je situacija još kritičnija. Naime, prilikom polaganja kabela od proizvođača se dobilo nešto rezerve kabela (od oba proizvođača) i nešto opreme te pribora za najnužnije popravke i dopunjavanje kabela uljem. No, ta oprema, a naročito pribor ima vijek trajanja koji je sigurno manji od dvadeset godina, koliko je već uskladištena. Stoga, veliki dio tog pribora je i neupotrebljiv, a neupotrebljiv je i dio rezerve kabela.

Dakle, može se zaključiti da i dalje Hrvatska elektroprivreda ne raspolaže suvremenom opremom niti suvremenom organizacijom za polaganje i popravljanje podmorskih kabela unatoč tenziji u osamdesetim godinama. Nasuprot tome, u svijetu, tehnike polaganje i popravki kabela suaveliko uznapredovale. Razvijaju se već postojeće tehnike polaganja kabela, usavršavaju se nove mehanizacije tako da je već uobičajena mehanizacija za polaganje kabela u dubinama do 1000 m.

R 3.02

Medvidbad - Prapratna. Pokusom su utvrđena pokazivanja lokatora, a rezultati su dati u *tablici III* za dalekovod DV 110 kV D 153 Nerežišća - Stari Grad i u *tablici IV* za dalekovod DV 110 kV D 129 Stari Grad - Blato.

DV 110 kV D 153 NEREŽIŠĆA - STARI GRAD	Pokazivanje lokatora
zračni vod: TS "Stari Grad" - KK "Travna"	0 - 39 %
kabel: KK "Travna" - KK "Slatina"	39 - 53 %
zračni vod: KK "Slatina" - TS "Nerežišća"	53 - 99 %

Tablica III: Pokazivanje lokatora kvara u TS "Stari Grad" za dalekovod

DV 110 kV D 129 STARI GRAD - BLATO	Pokazivanje lokatora
---------------------------------------	----------------------

Načinjene su neke racionalizacije (daljinski nadzor tlaka samo s jedne strane kabela), a vezano za uzuelne preglede kablskih postrojenja, odnosno kućica, predložu se imena Dalmacije

Održavanje postrojenja, kvarovi i njihove posljedice upućuju na zaključak da bi trebalo prihvatiti trendove kabliske tehnologije u svijetu i postepeno napuštati tehnologiju uljnih kabela.

Prilikom osnaživanja Južne otočne petlje izgradnjom dalekovoda sa kablskom vezom između Starog Grada i Makarske to bi trebalo uzeti u obzir.

LITERATURA:

1. Budanko, Božidar: ELEKTROENERGETSKO RJEŠENJE I PERSPEKTIVNA ELEKTRIČNA MREŽA OTOKA 110 i 35 kV OTOKA SREDNJEG I JUŽNOG JADRANA, "Elektroprenos" u sastavu "Elektroprivrede Dalmacije" 1970. god
2. G.A. ELEKTROPRIVREDA DALMACIJE 1956-1986, "RO Elektroprivreda Dalmacije" 1986. god.

