

mr.sc. Domagoj Milun, dipl.ing.el
HEP ODS d.o.o. Elektrodalmacija Split
Domagoj.milun@hep.hr

Antonio Mirko Macan, mag.ing.el
HEP ODS d.o.o. Elektrodalmacija Split
Antoniomirko.macan@hep.hr

Perica Perković, mag.ing.el
HEP ODS d.o.o. Elektrodalmacija Split
Perica.perkovic@hep.hr

UČINCI SANACIJA I REVITALIZACIJA DV 35 kV NA POBOLJŠANJE POGONSKE POUZDANOSTI I SIGURNOSTI

SAŽETAK

Uslijed dotrajalosti pojedinih sastavnica voda, vanjskih utjecaja i pogonskih događaja, pogonska pouzdanost i sigurnost tih vodova s vremenom je u značajnoj mjeri smanjena, što se očituje kroz povećani broj kvarova te povećane troškove održavanja i hitnih popravaka. Zamjenom pojedinih kritičnih sastavnica ili u krajnjim slučajevima cjelovitom obnovom svih sastavnica dalekovoda moguće je znatno povećati pouzdanost i sigurnost.

Cilj ovog rada je prikazati pristupe i tehnička rješenja primijenjena na obnovljenim dalekovodima nazivnog napona 35 kV na području DP Elektrodalmacija te, kroz analizu pogonske statistike prekida i kvarova i troškova održavanja, pokazati opravdanost primijenjenih zahvata.

Ključne riječi: dalekovod, sanacija, zamjena, revitalizacija, pouzdanost, sigurnost, stupovi, izolacija, ovjesna oprema, vodič

EFFECTS OF REPAIR AND REVITALIZATION OF 35 kV OVERHEAD LINES ON THE IMPROVEMENT OF POWER RELIABILITY AND SAFETY

SUMMARY

Due to the deterioration of individual components of the lines, external influences and operational events, the reliability and safety of these lines has significantly decreased over time, which is reflected in the increased number of failures and increased maintenance and emergency repairs costs. Reliability and safety can be significantly increased by replacing certain critical components or, in extreme cases, by completely renewing all transmission line components.

The purpose of this paper is to present the approaches and technical solutions applied to the renovated overhead lines of the nominal voltage of 35 kV in the distribution area of Elektrodalmacija Split and, through the analysis of statistics of interruptions and faults as well as maintenance costs, to demonstrate the justification of the applied procedures.

Key words: overhead line, repair, replacement, revitalization, reliability, safety, poles, insulation, suspension equipment, conductor

1. UVOD

Dalekovodi nazivnog napona 35 kV, a u nekim distribucijskim područjima 30 kV su dugi niz godina tvorili kostur oko kojeg se izgrađivao sustav za distribuciju električne energije. Građeni su u razdoblju od ranih 50-ih (neki već i ranije) do konca 80-ih godina prošlog stoljeća, s tim da im se izvedba, kao i uloga, s vremenom i ovisno o potrebama, značajno mijenjala. Nakon 80-ih, zbog promjene razvojne koncepcije srednjonaponske mreže s ciljem prelaska na direktnu transformaciju 110/20 kV i SN mrežu jednog nazivnog napona: 20 kV, praktično se zaustavlja ulaganje u mrežu nazivnog napona 35 kV. No, trideset godina nakon toga, velika većina tih dalekovoda je još uvijek pod naponom 35 kV, dinamika prelaska na pogonski napon 20 kV je znatno sporija od prvobitno očekivane, zahvati na dalekovodima su kroz to razdoblje u najvećoj mjeri svedeni na redovno održavanje, a elementi dalekovoda su stari trideset pet godina i više.

Dalekovod je objekt sastavljen od više sastavnica, različitog životnog vijeka i u različitoj mjeri izloženih vanjskim utjecajima:

- stupovi,
- vodiči,
- izolatori,
- ovjesna i spojna oprema.

Pouzdanost dalekovoda u velikoj mjeri ovisi o pouzdanosti najlošije sastavnice. Zbog različitog životnog vijeka i podložnosti vanjskim utjecajima, neke sastavnice voda mogu biti u lošem stanju dok su druge u zadovoljavajućem, što navodi na zaključak da se opće stanje voda može poboljšati zamjenom samo tih loših dijelova. Ali s vremenom, čak i uz parcijalne sanacije, vodovi dođu u takvo stanje da se njihova daljnja funkcionalnost može postići jedino cjelovitom remontom koji uključuje zahvate na svim sastavnicama.

U nastavku se navode primjeri djelomičnih sanacija dalekovoda uz sanaciju ili zamjenu samo pojedinih dijelova te primjer cjelovitog remonta – revitalizacije voda, kojim se ne utječe samo na povećanje pouzdanosti nego i na produljenje životnog vijeka dalekovoda u cjelini.

2. PRIMJERI DJELOMIČNE SANACIJE DALEKOVODA

2.1. Sanacija armiranobetonskih stupova na DV 35

Prvi dalekovodi nazivnog napona 35(30) kV građeni u razdoblju nakon drugog svjetskog rata pa do polovice 50-ih godina, pretežno su građeni na armiranobetonskim stupovima, u dvije izvedbe: portal i jela. Stupovi su armirani i izljevani na licu mjesta, prema tipskom projektu ing. Šperca, po čijem su prezimenu i dobili tipski naziv „Šperac“. Nakon četrdeset godina eksploatacije, na stupovima su se pojavila i razvila oštećenja, pretežno kao posljedica vanjskih utjecaja te je trebalo donijeti odluku o sanaciji ili zamjeni čeličnoredkastim stupovima.

Za razliku od rekonstrukcije dalekovoda, sa zamjenom stupova čeličnoredkastim, sanacija postojećih stupova je bitno jeftinije rješenje, bez ishođenja građevinske dozvole i rješavanja imovinsko-pravnih odnosa. No, bez prethodnih iskustava, učinci sanacije na produljenje životnog vijeka su se mogli samo procijeniti, bez čvrstih jamstava. U nastavku se prikazuju iskustva te stanje stupova nakon dvadeset godina od sanacije.

2.1.1. Stanje dalekovoda prije sanacije

Dalekovod DV 35 kV Sinj - RS Dicmo (dionica Turjaci-RS Dicmo) izgrađen je 1947. godine na stupovima tip „Šperac“, oblika portal. Dalekovod DV 35 kV Kraljevac – Medov Dolac izgrađen je 1955. godine na stupovima tip „Šperac“, oblika jela. Stupovi su izrađivani na licu mjesta, pa su moguća odstupanja u kvaliteti izvedbe i materijala. Oba dalekovoda se nalaze na područjima sa sličnim klimatskim uvjetima, umjerene vlažnosti, izloženosti vjetru, snijegu i mrazu, bez značajnije izloženosti soli u zraku.

Za obje izvedbe stupova karakteristična su tipična oštećenja nakon približno 50 godina izloženosti vanjskim utjecajima. Dok su na nekim stupovima primjetne tek tanje pukotine vanjskog zaštitnog sloja, bez vidljive armature, na drugima su pukotine toliko duboke da sežu do armature, vanjski sloj betona se na mjestima vidljivo odvojio od armature, a na nekim stupovima je dijelom i otpao. Pregledom armature procijenjeno je da još nije nastupilo značajnije propadanje uslijed korozije.



Slika 1. Oštećenja vanjskog sloja armiranobetonske konstrukcije

2.1.2. Postupak sanacije

Ovisno o stupnju propadanja zaštitnog sloja primijenjene su dvije tehnike:

1. Površinska obnova zaštitnog sloja, može se primijeniti na stupovima s manjim pukotinama i oštećenjima, bez tragova odvajanja vanjskog sloja od armature.
2. Obijanje vanjskog sloja koji se odvaja od armature, antikorozivna zaštita armature i izrada nove vanjske obloge.

Zbog specifičnog poprečnog presjeka portalnih stupova na DV 35 kV Turjaci – Dicmo, u obliku slova „H“, nova betonska obloga je izvedena na način da je profil popunjen, pa je nakon sanacije ostao pravokutan.

Na DV 35 kV Kraljevac – Medov Dolac udio stupova s većim oštećenjima je bio manji nego na DV 35 kV Turjaci – Dicmo, pa je na većini stupova obavljena samo površinska sanacija vanjskog sloja, dok je obijanje betonske obloge do armature rađeno samo na dijelovima na kojima je beton poskočio ili otpao.

Ove dvije tehnike se znatno razlikuju cjenovno, organizacijski i vremenski, pa je potrebno dobro procijeniti koju primijeniti, ovisno o stanju svakog pojedinog stupa. Stoga je prije definicije opega posla potrebno obaviti prethodni stručni pregled s ocjenom stanja i prijedlogom sanacije za svaki stup posebno. Ovdje je potrebno naglasiti da su ovo tehnike sanacije, a ne strukturne obnove, odnosno da se mogu sanirati samo stupovi koji nisu strukturno značajnije oslabljeni.

2.1.3. Stanje nakon sanacije

Sanacija stupova na DV 35 kV Turjaci – Dicmo obavljena je pred kraj 90.-tih, a na DV 35 kV Kraljevac – Medov Dolac 2003. god., dakle, po isteku pedeset godina od izgradnje. U svrhu ocjene stanja, 2024. godine su obavljeni stručni pregledi oba dalekovoda, temeljem kojih su izrađeni elaborati ocjene postojećeg stanja i prijedloga sanacije [1], [2]. Nakon dvadeset, odnosno dvadeset pet godina proteklih od sanacije, stanje stupova je još uvijek zadovoljavajuće. Na nekim stupovima se mogu uočiti manja površinska oštećenja, koja se mogu sanirati primjenom jednostavnije tehnike površinske zaštite. Dakle, može se zaključiti da je ovim zahvatima produljen životni vijek stupova za najmanje dvadeset pet godina, odnosno i više jer je današnje stanje, dvadeset pet godina nakon obavljene sanacije, još uvijek znatno bolje nego što je bilo prije sanacije.



Slika 2. Stanje stupova dvadeset pet godina nakon sanacije

2.2. Sanacija konzola i ovjesne opreme na DV 35 Kraljevac – Baška Voda

Dalekovod DV 35 kV Kraljevac – Baška Voda izgrađen je 1968. godine na čeličnoretkastim stupovima oblika glave „jela“. Prelazi područjem s vrlo snažnim udarima bure, pa je od izgradnje do danas, nekoliko puta pretrpio ozbiljne havarije s rušenjem stupova i pucanjem vodiča. Zadnja veća sanacija, koja je uključivala zamjenu vodiča, izolacije, ovjesne i spojne opreme, ojačavanje stupova i antikorozivnu zaštitu, obavljena je 2002. godine. Tom prilikom su ugrađeni alučelični vodiči oznake Al/Č-70/12. Na pojedinim nosivim stupovima na kojima nisu ostvareni zadovoljavajući iznosi vertikalnih sila, dodatno su na izolatorske lance ugrađeni utezi od 25, 50, i 75 kg sa svrhom smanjenje eventualnih otklona vodiča u odnosu na uzemljene dijelove stupa.

2.2.1. Stanje dalekovoda prije sanacije

Nakon dva uzastopna pucanja ovjesa i pada vodiča skupa s izolatorskim lancem, pojavila se osnovana sumnja u istrošenost ovjesne opreme. Kvarovi su se nastupili u uvjetima jake bure i to svaki put na izolatorskim lancima opterećenim utezima, što je navodilo na pretpostavku istrošenosti opreme zbog trenja. Prethodnim redovitim godišnjim pregledima, vizualno s tla, uz pomoć dalekozora, nije uočen problem, stoga je obavljen pregled stanja opreme izbliza na nekoliko stupova, penjanjem do glave stupa. Tom prilikom je utvrđena istrošenost karika s batićem i stremena kojima se izolatorski lanci pričvršćeni za konzole i to na svim stupovima, ali puno izraženije, krajnje kritično, na stupovima na kojima su lanci s utezima. Stanje istrošenosti stremena i karika je prikazano na slikama.

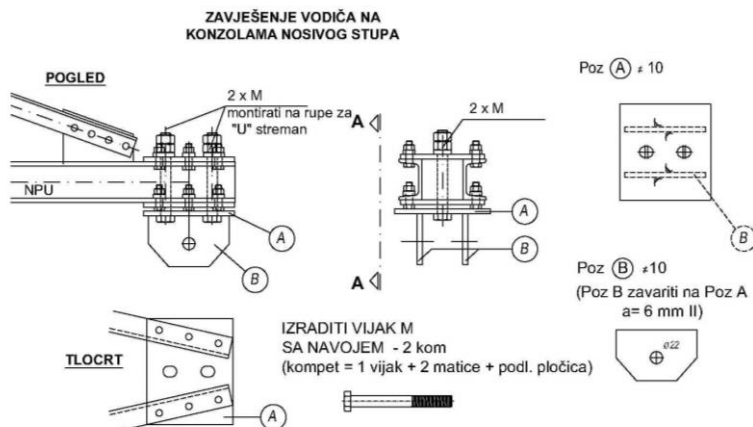


Slika 3. Istrošenost stremena i karike – dva tipa konzole

S obzirom na to da je prije dvadeset godina obavljena cjelovita revitalizacija dalekovoda sa zamjenom ovjesne opreme, što je kratak rok za toliki stupanj istrošenosti, uz činjenicu da je trošenje uočeno samo na tim elementima lanca, dok na drugima nije primjećeno, zaključeno je da je problem u izvedbi ovjesa sa stremenima i karikama, jer sličan problem nije uočen na dalekovodima na kojima je ovjes na konzolu izveden zastavicama ili V produžnicima.

2.2.2. Postupak sanacije

Za promjenu načina ovjesa u ovjes sa zastavicom, potrebno je preinačiti konzolu. Na slici 3. je prikazano tehničko rješenje za preinaku konzole, odnosno montažu adaptera za prihvata zastavice na postojeću konzolu, na način da se to može izvesti na stupu, bez demontaže konzole i spuštanja na tlo.



Slika 4. Adaptacija konzole za prihvata zastavice

Sanacija je predviđena u dvije faze:

1. Interventna zamjena ovjesa i izolatorskih lanaca na 15 kom stupova s utezima
2. Konačna sanacija preostalih stupova

Ograničenje samo na stupove s utezima, na kojima je utvrđen najveći stupanj trošenja, napravljeno je isključivo zbog financijskog ograničenja interventnog održavanja. Uz zamjenu ovjesne opreme i izolacije, na stupovima je obnovljena antikorozivna zaštita bojanjem. Druga faza je ostavljena za naknadnu realizaciju iz plana investicija.

2.2.3. Stanje nakon sanacije

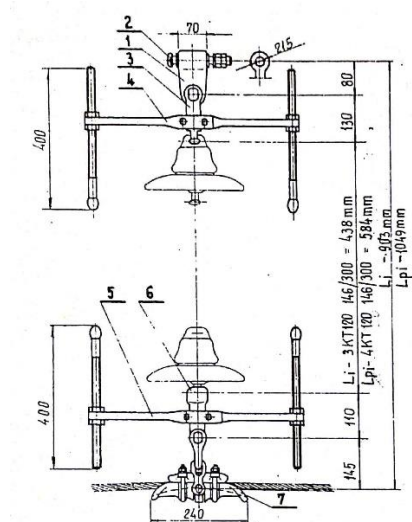


Slika 5. Stanje nakon sanacije

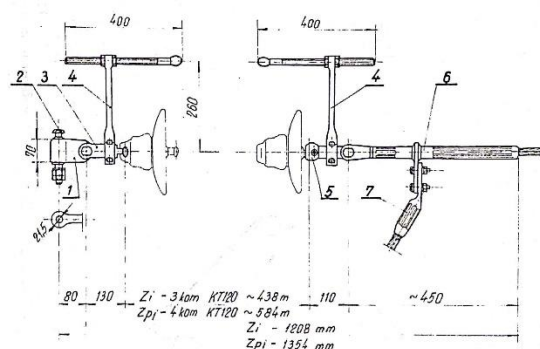
Stručnim pregledom dalekovoda obavljenim u travnju 2024. [3], a koji je uključivao i snimanje stanja ovjesne opreme i izolacije, utvrđeno je dobro stanje ovjesa, izolacije i antikorozivne zaštite na stupovima na kojima je obavljena sanacija, čime su spriječeni novi kvarovi. No, utvrđeno je daljnje propadanje i trošenje ovjesne opreme na stupovima koji još nisu sanirani, pa se predlaže sanacija i ostalih stupova, od čega hitno na barem njih 17, na kojima je utvrđen najveći stupanj istrošenosti.

2.3. Sanacija ovjesne i spojne opreme na DV 35 Nerežišće – Pučišće i DV 35 kV Nerežišće – Milna

Ova dva dalekovoda su izgrađena 1980-ih godina, preciznije: DV 35 kV Nerežišće – Milna 1983. god., a DV 35 kV Nerežišća – Pučišća 1983. godine. Oba dalekovoda su tipske izvedbe, na čeličnoredkastim stupovima oblika glave jela, s vodičima Al/Č 120/20 mm² i čeličnim zaštitnim užetom Č-III-50 mm². Stupovi su tipske izvedbe s račlanjenim temeljima i to: tipa Zb 1.1, Zb 1-T i Zb 11-T za zatezne, te tipa Nb 4-T za nosne stupove. Izolacija je izvedena izolatorskim lancima sa staklenim kapastim izolatorima tip KT 120 sa standardnim prihvatom zdjelica-batić i to s 3 kom/lancu za osnovnu i 4 kom/lancu za električki pojačanu izolaciju. Ovjesna oprema za ovješene izolatorskih lanaca na konzole te za ovjes vodiča na izolatorske lance je standardne izvedbe, proizvedena prema katalogu tipizirane ovjesne opreme „Dalekovoda“. Na izolatorskim lancima su montirana regulacijska iskrišta za koordinaciju izolacije s razmacima podešenim za stupanj izolacije Si38. Zatezne stezaljke su kompresijske, a strujni mostovi su izvedeni u jednom komadu s kompresijskim stopicama, koje su vijcima pričvršćene na kompresijske zatezne stezaljke.



Slika 6. Nosni izolatorski lanac



Slika 7. Zatezni izolatorski lanac

Dakle, ova dva voda se svojom izvedbom i tehničkim značajkama podudaraju s velikim brojem dalekovoda nazivnog napona 35 kV, građenih 1970-ih i 80-ih godina.

2.3.1. Stanje dalekovoda prije sanacije

Kroz redovne preglede i održavanje dalekovoda, kao i iz evidencije pogonskih događaja uočeno je povećanje broja prolaznih smetnji, ali i trajnih kvarova prilikom grmljavinskih nevremena. Pored toga, na DV 35 kV Nerežišće – Milna zabilježeno je više prolaznih smetnji koje se nisu mogle povezati s nevremenom. Za nekoliko požara koji su izbili na trasi dalekovoda, naknadnim pregledima i analizama je utvrđeno da su nastali kao posljedica iskrenja na iskrištima izolatorskih lanaca. U dva slučaja je nađeno da su se elektrode iskrišta na nosnom izolatorskom lancu toliko približile da je to izazvalo preskoke i luk. U nekoliko slučajeva je utvrđeno da je uzrok ispada dalekovoda stradanje ptica na iskrištima stupova, što je jednom prilikom, u kolovozu 2017. izazvalo požar ispod stupa.

Za razliku od TS 35/10 kV Milna, koja ima mogućnost napajanja drugim vodom 35 kV, TS 35/10 kV Pučišća je napajana radijalno, dalekovodom DV 35 kV Nerežišće – Pučišće. Trasa ovog dalekovoda je, zbog konfiguracije terena preko kojeg prelazi, posebno izložena atmosferskim prenaponima, što je za posljedicu imalo veći broj prolaznih smetnji, ali i trajnih kvarova. Zbog velikog broja prorada zaštite s uzastopnim automatskim ponovnim uklopima pri grmljavinskom nevremenu, što se loše odražavalo na

prekidač u vodnom polju u TS 110/35 kV, HOPS je blokirao APU, pa bi nakon ispada pri nevremenu dispečer preventivno držao dalekovod u isključenom stanju dok ne prođe oluja.

Analizom uzroka povećanog broja prolaznih smetnji i ispada, zaključeno je da su glavni problem izolatorski lanci s regulacijskim iskrištima, prikazani na slikama 6 i 7 i 8 i to iz više razloga:

- pretjerano snižen kritični preskočni napon izolatorskog lanca zbog koordinacije izolacije,
- dodatno sniženi kritični preskočni napon zbog neispravnosti iskrišta,
- stradavanje ptica na iskrištima
- dotrajalost izolatora i ovjesne opreme



Slika 8. Problematični izolatorski lanci s iskrištima

Zaključci koji se odnose na kritični preskočni napon iskrišta su proizašli iz analize prenaponskih značajki DV 35 kV Trogir – Marina [4], koji je slične konstrukcije, pa se zaključci iz te studije mogu primijeniti na ovim, kao i na svim ostalim sličnim dalekovodima.

Na ostalim elementima dalekovoda (vodiči, stupovi, temelji i uzemljivači) nisu primijećeni značajni nedostaci koji bi ukazivali na potencijalna mjesta kvarova.

2.3.2. Postupak sanacije

Temeljem prethodno navedenih zaključaka o uzrocima nepouzdanosti predmetnih dalekovoda, naručeni su elaborati sanacije DV 35 kV Nerežišće – Milna [5] i DV 35 kV Nerežišće – Pučišće [6]. Predmet sanacije dalekovoda je potpuna zamjena izolacije, ovjesne opreme i armature izolatorskih lanaca na svim stupovima ova dva dalekovoda. Podloga za projektiranje je postojeća tehnička dokumentacija (glavni projekt) te novi geodetski snimak uzdužnog profila. Uzdužni profil je ponovno snimljen zbog novih puteva, rekonstrukcije postojećih te eventualnih novih objekata u trasi voda. Zadatak projektanta je, među ostalim bio i provjeriti sve sigurnosne visine u novim uvjetima te eventualno predvidjeti pojačanu izolaciju.

Elaboratima je predviđena zamjena postojećih staklenih izolatora tip KT 120 novim staklenim izolatorima tip U 120 B, kompletne ovjesne opreme, te zamjena regulacijskih iskrišta zaštitnim rogovima. U ovoj fazi nije razmatrana dodatna zaštita od prenapona ugradnjom linijskih odvodnika prenapona, koja se može obaviti naknadno, ako se to pokaže potrebnim.

U nedostatku većih financijskih sredstava zahvat je ograničen samo na izolaciju i ovjesnu opremu te zamjenu faznih vodiča samo na prvim sedam raspona DV 35 kV Nerežišće – Pučišće. Zamjena vodiča i antikorozivna zaštita stupova je odgođena za naknadni remont, jer u tom trenutku nije bila u lošem stanju, barem ne do te mjere da bi to zahtijevalo hitnu sanaciju.

Radovi na zamjeni izolacije te ovjesne i spojne opreme su obavljani u drugoj polovici 2019. godine.



Slika 9. Novi izolatorski lanci sa zaštitnim rogovima umjesto iskrišta

2.3.3. Stanje nakon sanacije

Nakon zamjene izolacije i ovjesne opreme na dalekovodima 2019. godine, u proteklih pet godina dogodila su se samo dva kvara, po jedan na svakom od dalekovoda, koji su imali za posljedicu dulji prekid. Na DV 35 kV Nerežišće – Milna, pukao je vodič u sredini raspona. Kvar se ne povezuje s nevremenom i nije moguće pouzdano utvrditi uzrok. Iako vodiči pri remontu 2019. godine nisu zamijenjeni, njihovo stanje je još uvijek zadovoljavajuće i dotrajalost se može isključiti kao potencijalni uzrok. Ostaje za pretpostaviti da je uzrok neko prethodno oštećenje vodiča (npr. od lovačke sačme), koje je u određenom trenutku rezultiralo prekidom vodiča.

Na DV 35 kV Nerežišće – Pučišće je uslijed povećanog kontaktnog otpora na spoju strujnog mosta na zateznu stezaljku, pri vršnom opterećenju izgorila stezaljka strujnog mosta. Mogući uzrok može biti loše pritezanje stezaljke prilikom montaže te postupno povećavanje kontaktnog otpora i grijanje pri povećanom opterećenju.

Drugih značajnijih kvarova na dalekovodu u promatranom razdoblju od pet godina nije bilo, a broj prolaznih smetnji prilikom grmljavinskih nevremena se značajno smanjio u odnosu na razdoblje prije remonta, pa se može zaključiti da je predmetni zahvat bio opravdan.

U slijedećem desetgodišnjem investicijskom ciklusu treba planirati zamjenu vodiča i zaštitnog užeta, jer se tada već mogu očekivati problemi zbog dotrajalosti. Tom prilikom bi trebalo obnoviti i antikorozivnu zaštitu stupova te provjeriti stanje i po potrebi sanirati uzemljivače stupova.

3. PRIMJERI REVITALIZACIJE DALEKOVODA

3.1. Revitalizacija DV 35 kV Stari Grad – Hvar – KK Točila

Dalekovodi DV 35 kV Stari Grad – Hvar i DV 35 kV Hvar – KK Točila izgrađeni su 1960. godine u svrhu povezivanja grada Hvara i otoka Visa u mrežu nazivnog napona 35 kV, kao dio prve otočne veze 35 kV. Nakon izgradnje objekata druge otočne veze, TS 35/10 kV Hvar i TS 35/10 kV Vis su povezane novim podzemnim i podmorskim kabelima a ovi dalekovodi od tada su u praznom hodu, kao pričuvno napajanje.

DV 35 kV Stari Grad – Hvar, duljine 14,8 km, izgrađen je na čeličnoredkastim stupovima sa blok temeljima, oblika glave „jela“ s Al/C vodičima presjeka 95 mm² i čeličnim zaštitnim užetom presjeka 35 mm².

DV 35 kV Hvar – Točila duljine 5,6 km, izgrađen je na čeličnoredkastim stupovima s blok temeljima, oblika glave „jela“ s Cu vodičima presjeka 50 mm² i čeličnim zaštitnim užetom presjeka 35 mm².

Osim djelomičnih izmjena izolatora u sklopu održavanja te prva četiri stupa na dionici DV 35 kV Stari Grad – Hvar, koji su zamijenjeni novim tipiziranim stupovima tipa Nb2 i Zb4, oba dalekovoda su do sanacije bila u izvornom stanju. Dijelom zbog izvedbenih manjkavosti i izloženosti atmosferskim pražnjenjima, a dijelom zbog dotrajalosti, učestalost kvarova prije sanacije je bila tolika da su opcije bile ili cjelovita obnova s poboljšanjem problematičnih elemenata ili napuštanje.

3.1.1. Stanje dalekovoda prije revitalizacije

Stručnim pregledom dalekovoda s ciljem ocjene stanja dalekovoda i prijedloga njegove sanacije, obavljenog u rujnu 2010. godine, definirani su uzroci problema i učestalih kvarova. Pregledom i analizom su obuhvaćeni svi elementi: stupovi, vodiči i zaštitno uže, izolacija i ovjesna i spojna oprema. U nastavku se navode zaključci iz izvješća o pregledu sadržani u Elaboratu za održavanje [7].

Stupovi

Osim tri stupa, koji su oštećeni odronima i padom stabala na vodiče i koje treba zamijeniti, ostali stupovi su u općenito zadovoljavajućem stanju te je procijenjeno da im samo treba obnoviti antikorozivnu zaštitu i zamijeniti ili pritegnuti otpuštene vijke.

Vodiči i zaštitno uže

Vodiči i zaštitna užad su u upotrebi već preko pedeset godina, što je dob pri kojoj je realno za očekivati gubitak električkih i mehaničkih svojstava. Kad se tome doda veći broj spojnica u rasponima, kao posljedica prethodnih oštećenja, zaključak je da su vodiči i zaštitno uže dotrajali i da ih treba zamijeniti.

Izolacija

Očevidom je utvrđeno vrlo loše stanje izolacije. Izvorni porculanski izolatori tipa K3 su već dotrajali i u velikoj mjeri izgubili svoja izolacijska i mehanička svojstva. Uz starost, na stanje izolatora su utjecali i česti preskoci i proboji pri atmosferskim pražnjenjima. Zaključak je da treba promijeniti kompletnu izolaciju te po potrebi povećati osnovnu izolacijsku razinu, kao mjeru smanjenja nepovoljnog utjecaja atmosferskih pražnjenja.

Ovjesna i spojna oprema

Pregledom je utvrđen veliki stupanj korodiranosti i istrošenosti elemenata ovjesa zbog trenja, što je u najvećoj mjeri izraženo na elementima kod kojih sila djeluje u jednoj točki, kao što je npr. veza "U" stremen – karika. Zaključak je da treba zamijeniti elemente ovjesa u cijelosti.

3.1.2. Postupak revitalizacije

Temeljem nalaza stručnog pregleda i ocjene stanja dalekovoda, izrađena je tehnička dokumentacija za sanaciju – revitalizaciju dalekovoda [7] te je tijekom 2012. godine obavljena cjelovita obnova dalekovoda.

Tri oštećena stupa su zamijenjena, a ostali su potpuno obnovljeni, čime im je osiguran daljnji životni vijek. Vodiči su zamijenjeni novim vodičima istog tipa, a postojeća zaštitna užad je zamijenjena kvalitetnijim tipom aluminiziranog čeličnog užeta (34-A20SA – "Stalum" 35). Zamijenjena je i ovjesna oprema i to na način da je prethodna izvedba ovjesa na stupove s "U" stremenima zamijenjena ovjesom preko zastavice.

Najznačajniji zahvat je napravljen na izolaciji. Pored same zamjene izolatora u izolatorskim lancima staklenim izolatorima tip U 120 B i opremanja novih izolatorskih lanaca armaturnim zaštitnim rogovima, povećana je i osnovna razina izolacije. Naime, za razliku od uobičajene razine postignute s tri izolatora u lancu, u ovom slučaju je osnovna razina izolacije podignuta ugradnjom četiri izolatora u osnovnoj, odnosno pet izolatora u pojačanoj izolaciji. Povod za to je smanjenje vjerojatnosti povratnog preskoka pri udaru munje u zaštitno uže u uvjetima visokog specifičnog otpora tla i posljedično visoke vrijednosti otpora uzemljenja stupova.

3.1.3. Stanje nakon revitalizacije

Iako je u razdoblju nakon sanacije, odnosno od 2013. godine do danas, bilo ispada oba dalekovoda, pregledom dalekovoda nakon ispada nisu utvrđeni kvarovi, a i takve prolazne smetnje su bilo znatno rjeđe nego prije obnove. Na dalekovodu DV 35 kV Hvar – Točila je zabilježen veći broj ispada, ali niti jedan kvar.

Pokazalo se da je većina tih ispada posljedica kvarova i prolaznih smetnji na drugim elementima voda: dvije kabelske kućice na prijelazu dalekovoda u podmorski kabel i dionici DV 35 kV na otoku Visu.



Slika 10. Nosni i zatezni stup nakon obnove

Fotografije stupova na slici 10. iz kojih je razvidna nova izvedba izolacije i općenito dobro stanje svih elemenata, napravljene su deset godina nakon obavljenog zahvata. Stoga se može zaključiti da je navedenim zahvatom postignut očekivani rezultat povećanja sigurnosti i pouzdanosti dalekovoda. Pored toga, ovakvom obnovom dalekovoda nije samo sanirano loše stanje dalekovoda zamjenom dotrajalih elemenata, nego je takvim cjelovitim zahvatom produljen životni vijek dalekovoda u cjelini, pa se takav zahvat može nazvati revitalizacijom.

4. ZAKLJUČAK

U prethodnim poglavljima su opisani zahvati na sanaciji i obnovi dalekovoda nazivnog napona 35 kV, različiti po pristupu, opsegu i cilju. Svi opisani zahvati imaju karakter investicijskog održavanja što znači da se po visini troška smatraju ulaganjem kojim se uvećava vrijednost, odnosno nadomješta izgubljena vrijednost voda, a po vrsti aktivnosti održavanjem kojim se ne mijenjaju osnovna tehnička svojstva bitna za građevinu, jer bi to u protivnom bila rekonstrukcija. Dalje, svim prikazanim zahvatima se otklanjaju značajni nedostaci koji imaju nepovoljni utjecaj na pouzdanost i sigurnost voda.

Primjeri remonta i obnove dalekovoda su podijeljeni u dvije skupine:

- djelomične sanacije kritičnih elemenata dalekovoda:
 - sanacija stupova,
 - sanacija ovjesne opreme,
 - sanacija izolacije.
- cjelovita sanacija i obnova voda uz zamjenu svih kritičnih elemenata.

Djelomične sanacije kritičnih elemenata se poduzimaju onada kada su ostali elementi voda u zadovoljavajućem stanju, a parcijalnim ulaganjem se poboljšava opće stanje voda.

Kada je opće stanje voda loše i većina elemenata dotrajala, a stupovi, kao kapitalni elementi dalekovoda, još uvijek zadovoljavaju osnovne zahtjeve na čvrstoću, opravdano je na takvom vodu izvesti cjelovitu obnovu sa sanacijom elemenata koji se zadržavaju (npr. stupovi) i zamjenom svih dotrajalih i neispravnih elemenata (izolacija, vodiči i ovjes).

Iako u ovom radu nije razmatran takav primjer, u nekim slučajevima se, pored same obnove, postavlja i zahtjev za povećanje prijenosne moći. S obzirom na to da na dalekovodima nije moguće povećavati presjek vodiča, bez da se time ne utječe na statiku stupova, rješenje je u primjeni visokotemperaturnih niskoprovjesnih (HTLS) vodiča, kao što je to napravljeno već na nekoliko dalekovoda 35 kV, a jedan takav primjer zamjene AL/Č vodiča na DV 35 kV TS 110/35 kV Makarska – 35/10 kV Makarska [8].

5. LITERATURA

- [1] Elaborat snimanja postojećeg stanja i prijedlog sanacije DV 35 kV Sinj – Dicmo Prosik, RP2971, Dalekovod-projekt, Zagreb, travanj 2024.
- [2] Elaborat snimanja postojećeg stanja i prijedlog sanacije DV 35 kV TS Medov dolac - HE Kraljevac, RP2994, Dalekovod-projekt, Zagreb, lipanj 2024.
- [3] Elaborat snimanja postojećeg stanja i prijedlog sanacije DV 35 kV TS Baška Voda - HE Kraljevac, RP2940, Dalekovod-projekt, Zagreb, travanj 2024.
- [4] D. Milun, Z. Caktaš, " Iskustva u primjeni linijskih odvodnika prenapona na DV 35 kV“, 6. (12.) savjetovanje HO CIRED, Opatija, 13. - 16. svibnja 2018. referat br. SO1-18
- [5] Elaborat sanacije DV 35 kV Nerežišće – Milna, DB1503, Dalekovod-projekt, Zagreb, rujan 2019.
- [6] Elaborat sanacije DV 35 kV Nerežišće – Pučišće, DB1504, Dalekovod-projekt, Zagreb, rujan 2019.
- [7] Elaborat za održavanje DV 35 kV Starigrad – TS Hvar – KK Točila (dionica st.br. 22, 27,28, 49 – Točila), DB1271, Dalekovod-projekt, Zagreb, listopad 2011.
- [8] D. Milun, Ivica Katić, Z. Caktaš, Zvonimir Zorić, " Tehničko-ekonomski aspekti pri zamjeni Al/Č vodiča visokotemperaturnim niskoprovjesnim ACCC vodičima na DV 35 kV“, 6. (12.) savjetovanje HO CIRED, Opatija, 24. - 27. lipnja 2021. referat br. SO1-16