

Kristijan Stublić, dipl.ing.el.
Dalekovod Projekt d.o.o.
kristijan.stublic@dalekovod.hr

Robert Matoković, dipl.ing.el.
Dalekovod Projekt d.o.o.
robert.matokovic@dalekovod.hr

Darko Vranić, ing.el.
Dalekovod Projekt d.o.o.
darko.vranic@dalekovod.hr

ELABORATI PROCJENE POSTOJEĆEG STANJA I PRIJEDLOG SANACIJE DV 35 kV - METODOLOGIJA, ALATI I ISKUSTVA

SAŽETAK

Postojeća nadzemna 35 kV mreža u vlasništvu HEP ODS-a je izgrađena je 60-tih i 70- tih godina prošlog stoljeća. Kako je procijenjeni životni vijek sredjenaponskih vodova 50 - 60 godina, većina tih vodova je pri kraju životnog vijeka. Za mnoge od tih dalekovoda nedostaje tehnička dokumentacija, te vlasnik nije imao pravi uvid u stvarno stanje dalekovoda. Pregledi dalekovoda provode se od strane elektro i građevinskog inženjera, uz pomoć lokalnih djelatnika HEP-a. Snimanje dalekovoda provodi se pristupanjem svakom stupnom mjestu, te snimanjem pomoću drona na nepristupačnim dijelovima trase. Dokumentira se postojeće stanje konstrukcije stupa, stanje temelja, izolacije, te ovjesne opreme i užadi. Nakon pregleda voda izrađuje se elaborat postojećeg stanja kroz koji se daje stručno mišljenje i prijedlog sanacije voda, kojom se produljuje životni vijek postojećeg dalekovoda.

U ovom referatu prikazana je gore navedena procedura na konkretnim primjerima iz prakse.

Glavne riječi: Postojeći DV 35 kV, dokumentacija, terenski očevid, sanacija dalekovoda

DETAILED ANALYSIS OF THE ASSESSMENT OF THE CURRENT CONDITION AND THE PROPOSAL FOR THE REHABILITATION OF THE 35 KV OVERHEAD LINE - METHODOLOGY, TOOLS AND EXPERIENCE

SUMMARY

The existing 35 kV network owned by HEP ODS was built in the 60s and 70s of the last century. As the estimated lifetime of the MV overhead lines is 50 - 60 years, most of these lines are at the end of their useful life. Technical documentation is missing for many of these overhead lines, and the owner had no real insight into the actual condition of them. Inspections of lines are carried out by electrical and construction engineers, with the help of local HEP employees. The inspection of the lines is carried out by approaching each stage location, and by recording inaccessible parts of the lines with a drone. The existing state of the pole structure, the state of the foundation, insulation, suspension equipment and ropes are then documented. After the inspection of the line, an analysis of the existing condition is made, through which an expert opinion and a proposal for rehabilitation of the overhead lines are given, which extends the life of the existing overhead line.

In this report, the above-mentioned procedure is presented on concrete examples from previous experience.

Keywords: Existing 35 kV overhead line, documentation, field inspection, OHTL rehabilitation

1. UVOD

Pregledi dalekovoda rade se s ciljem procjene postojećeg stanja dalekovoda (DV) 35 kV te predlaganja mjera za njegovu sanaciju. Dalekovodi su ključni elementi elektroenergetske mreže, a njihova ispravnost i pouzdanost imaju izravan utjecaj na sigurnost napajanja potrošača. Pregledom postojećeg stanja identificirat će se nedostaci te predložiti rješenja za poboljšanje funkcionalnosti i sigurnosti sustava.

Dalekovodi su podložni različitim oblicima degradacije tijekom vremena, uključujući mehanička oštećenja, koroziju, klimatske utjecaje i starenje materijala. Redoviti pregledi i održavanje nužni su kako bi se spriječili kvarovi koji mogu dovesti do prekida napajanja, financijskih gubitaka te potencijalnih sigurnosnih rizika, sukladno Pravilima o održavanju elektrodistribucijske mreže [1]. Ovaj dokument predstavlja analizu trenutnog stanja DV 35 kV te definira korake potrebne za sanaciju kako bi se osigurala dugotrajna pouzdanost sustava.

Okvirni sporazum

Pregledi dalekovoda 35 kV, te izrada Elaborata snimanja postojećeg stanja i prijedlog sanacije DV 35 kV rađeni su temeljem okvirnog sporazuma sklopljenog između HEP ODS d.o.o. i Dalekovod-Projekt d.o.o. u svrhu održavanja tehničke ispravnosti i pogonske sigurnosti dalekovoda, sukladno odredbama Pravilnika [2]. Temeljem okvirnog sporazuma pregledano je 40 dionica DV 35 kV u 11 Elektri (distribucijskih područja). Ukupno je pregledano oko 508 km trase dalekovoda.

Osvrt na postojeću 35 kV mrežu u Republici Hrvatskoj

Elektroenergetska mreža 35 kV u Republici Hrvatskoj u velikoj je mjeri zastarjela, s velikim brojem dalekovoda koji su izgrađeni prije nekoliko desetljeća. Većina infrastrukture potječe iz razdoblja intenzivne elektrifikacije u drugoj polovici 20. stoljeća, a od tada su mnogi segmenti mreže doživjeli značajno trošenje bez odgovarajuće modernizacije. Zbog starosti mreže i utjecaja vremenskih uvjeta, pojedini dijelovi sustava nalaze se u lošem stanju, što povećava rizik od kvarova i neplaniranih ispada u opskrbi električnom energijom, a u nekim slučajevima može ugroziti sigurnost ljudi i imovine.

Problemi koji proizlaze iz zastarjelosti mreže uključuju povećanu učestalost kvarova, veće gubitke energije u prijenosu, kao i otežano održavanje zbog zastarjelih komponenti koje se više ne proizvode. Stoga je potrebno sustavno planirati obnovu i modernizaciju kako bi se osigurala dugoročna pouzdanost i stabilnost elektroenergetskog sustava.

U niže priloženim tablicama prikazan je pregled 35 kV vodova s obzirom na njihovu izvedbu, te pregled nadzemnih dalekovoda prema presjeku, materijalu i vrsti stupova [3]:

Tablica I: Nadzemni vodovi 35 kV

Naziv	Duljina (km)	Duljina (%)
Nadzemni vodovi 35 kV	2.973	66 %
Kabelski vodovi 35 kV	1.418	31 %
Podmorski kabelski vodovi 35 kV	145	3 %
Ukupno	4.536	100 %

Tablica II: Pregled 35 kV nadzemnih vodova prema presjeku, materijalu i vrsti stupova

Vrsta stupa / Presjek vodiča	Duljina vodova (km)					
	Al/Fe 120/20 mm ²	Al/Fe 95/15 mm ²	Al/Fe ostali presjeci	Bakreni vodič	Ukupno (km)	Ukupno (%)
Betonski stupovi	337	231	8	57	634	21%
Čeličnorešetkasti stupovi	1492	559	217	86	2361	79%
Ukupno (km)	1829	790	225	143	2987	100%
Ukupno	61%	26%	8%	5%	100%	

Utjecaj Domovinskog rata na elektroenergetsku mrežu

Tijekom Domovinskog rata (1991.-1995.), elektroenergetska mreža Republike Hrvatske pretrpjela je značajna oštećenja i razaranja. Veliki broj dalekovoda, transformatorskih stanica i drugih ključnih infrastrukturnih objekata bio je izravno pogođen ratnim djelovanjima, što je uzrokovalo dugotrajne prekide u opskrbi električnom energijom. Uništeni su brojni stupovi, vodiči i izolatori, a mnoge dionice dalekovoda ostale su potpuno nefunkcionalne.

Nakon završetka rata, izvršeni su brojni privremeni popravci kako bi se što prije uspostavila osnovna funkcionalnost elektroenergetskog sustava. Međutim, velik dio saniranih objekata nije prošao cjelovitu rekonstrukciju, već su korištena privremena rješenja koja nisu dugoročno održiva. Posljedice tih oštećenja i improviziranih popravaka i danas su vidljive na mnogim dijelovima mreže, a zastarjelost sustava dodatno otežava njegovo održavanje i modernizaciju. Stoga je nužno pristupiti sustavnom planiranju sanacije i obnove mreže, uzimajući u obzir i posljedice ratnih razaranja.

Aktualni uzroci oštećenja dalekovoda

U današnje vrijeme, uz kvarove koji su posljedica dotrajalosti, najveći broj oštećenja na dalekovodima uzrokovan je lošim vremenskim prilikama, uključujući snažne oluje, udare groma, snježne nanose i led koji mogu dovesti do prekida vodiča ili oštećenja izolatora. Osim toga, učestali su slučajevi rušenja drveća u blizini dalekovoda, što može prouzročiti pad stabala na vodiče ili stupove, izazivajući ozbiljna oštećenja i kvarove.

Poseban problem prisutan je na slavonskim poljima, gdje često dolazi do udara poljoprivrednih strojeva u stupove dalekovoda tijekom radova u polju. Ovakvi incidenti ne samo da uzrokuju štetu na elektroenergetskoj infrastrukturi, već mogu predstavljati i ozbiljan sigurnosni rizik za ljude koji rade u blizini. Zbog toga je potrebno pojačati nadzor nad zaštitnim pojasevima dalekovoda, educirati lokalno stanovništvo i poljoprivrednike o opasnostima te implementirati dodatne zaštitne mjere kako bi se smanjio broj ovakvih nesreća.

2. ULAZNI PODACI

Za izradu elaborata procjene stanja korišteni su sljedeći ulazni podaci:

1. **Projektni zadatak** – definira opseg i ciljeve pregleda dalekovoda.
 - Opis usluge definirane projektnim zadatkom:
 - Detaljan terenski očevid dalekovoda koji uključuje vizualni pregled trase i stupova.
 - Izrada elaborata postojećeg stanja s prijedlogom sanacije/revitalizacije.
 - Elaborat obuhvaća tekstualni dio u MS Wordu i tablični dio u Excelu s podacima o stupovima i uočenim nedostacima.
2. **Postojeća dokumentacija** – projektna dokumentacija, prethodne inspekcije, izvještaji o održavanju i evidencija kvarova.
 - Osvrt na postojeću dokumentaciju

Postojeća dokumentacija o elektroenergetskoj mreži često je nepotpuna, zastarjela i teško dostupna. U mnogim slučajevima nedostaju ključni podaci o tehničkim specifikacijama i prethodnim sanacijama, što otežava preciznu procjenu stanja dalekovoda. Osim toga, arhivska građa raznih operatera mreže često nije centralizirana, što dodatno komplicira pristup relevantnim informacijama.

U većini slučajeva najpouzdaniji izvor podataka nalazi se u arhivi tvrtke Dalekovod, koja raspolaže dokumentacijom o projektiranju i izgradnji brojnih elektroenergetskih objekata u Hrvatskoj. Međutim, i ova dokumentacija često zahtijeva ažuriranje i usporedbu sa stvarnim stanjem na terenu. Zbog navedenih problema, za točnu procjenu postojećeg stanja nužno je osloniti se na terenske preglede i analizu stvarnih uvjeta na lokacijama dalekovoda.

3. TERENSKI OČEVID

Terenski očevid provodi se kako bi se prikupili podaci o stvarnom stanju dalekovoda. Pregledom su obuhvaćene sljedeće aktivnosti:

- Pregled dalekovoda – vizualna provjera osnovnih elemenata dalekovoda, stupova, temelja, izolacije i ovjesne opreme
- Evidentiranje uočenih oštećenja konstrukcije i temelja sukladno tehničkom propisu za građevinske konstrukcije [4], koji između ostalog propisuje obvezu da se u okviru redovitog održavanja građevinske konstrukcije provode periodični pregledi stanja konstrukcije [5], (korozija, mehanička oštećenja stupova, krađe elemenata stupova i sl.)
- Pregled stanja izolacije (razbijeni izolatori), vodiča, te ovjesne i spojne opreme i uzemljenja
- Fotografiranje stupnih mjesta i elemenata dalekovoda
- Snimanje i fotografiranje i videa teško pristupačnih dijelova trase dronom u svrhu kasnije analize elemenata dalekovoda, te otkrivanje mogućih oštećenja i nedostataka koja nisu vidljiva očevidom sa zemlje
- Izrada tekstualnog dijela – podrazumijeva detaljan opis svakog segmenta dalekovoda sa slikovnim i tehničkim prikazima kritičnih područja

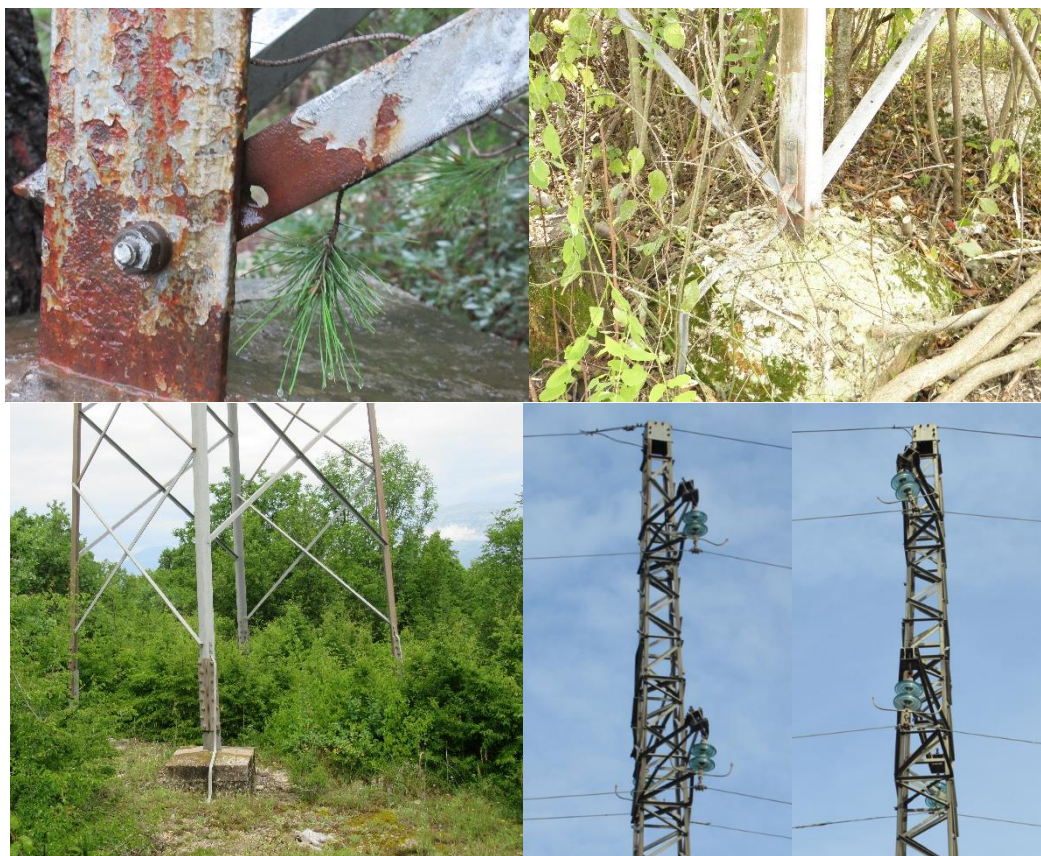
4. IZRADA ELABORATA

Izrada elaborata postojećeg stanja temelji se na prikupljenim podacima i obuhvaća sljedeće korake:

- Prikupljanje osnovnih tehničkih podataka, postojeće projektne dokumentacije, te eventualnih zapisa o zahvatima i sanaciji dalekovoda tijekom eksploatacije
- Analiza prikupljenih podataka – sustavno razmatranje svih prikupljenih informacija s terena i snimki dronom radi utvrđivanja stvarnog stanja dalekovoda
- Izrada tablice uočenih nedostataka –izrada stupne liste s pregledom stanja pojedinih elemenata dalekovoda
- Izrada tekstualnog dijela elaborata
 - Detaljan opis svakog segmenta dalekovoda s tekstualnim prikazima kritičnih područja i prilaganjem karakterističnih fotografija oštećenja i nedostataka na dalekovodu
 - Prijedlog sanacije - definiranje potrebnih mjera za izvedbu sanacije
 - Procjena troškova sanacije – okvirna financijska procjena potrebnih materijala i radova
- Izrada grafičkog dijela elaborata
 - Izrada situacije trase dalekovoda na digitalnoj ortofoto karti u mjerilu 1:5000

Prilikom izrade tablice uočenih nedostataka na DV 35 kV, koja je osnova za prijedlog sanacije i procjenu troškova sanacije, analiziraju se slijedeći elementi, sukladno projektnom zadatku:

- **Stanje stupova i temelja:** Zabilježeni su različiti tipovi stupova s varijacijama u visini, a kod dijela su uočena oštećenja temelja i konstrukcije.



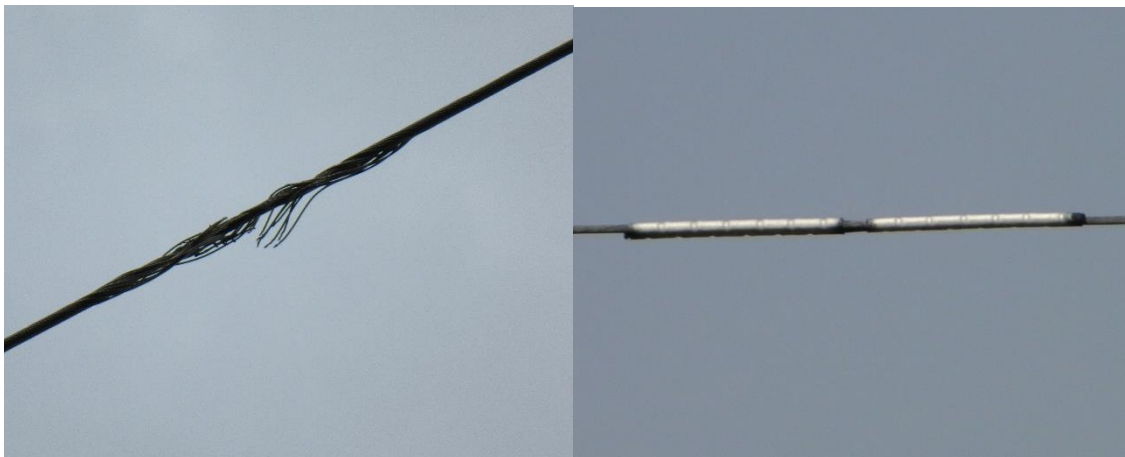
Slika 1: Primjeri oštećenja ČR stupova i temelja

- **Izolacija i ovjesna oprema:** Kod određenog broja stupova izolacija pokazuje znakove trošenja ili nije u potpunosti funkcionalna.



Slika 2: Primjeri oštećenja izolatorskih lanaca

- **Spojnice i vodiči:** Uočena su oštećenja vodiča i nedostaci na spojnica faznih vodiča i zaštitnog užeta, što može uzrokovati smanjenje pouzdanosti prijenosa električne energije.



Slika 3: Primjeri oštećenja vodiča i spojnica

- **Uzemljenje:** Vizualno se može ustanoviti stanje spoja uzemljivača na pojasnik, stanje samog uzemljenja može se odrediti tek mjerenjem



Slika 4: Primjeri oštećenja uzemljenja

- **Označavanje stupova:** Neki stupovi nemaju jasno vidljive pločice s oznakama rednog broja i upozorenjima, što može otežati identifikaciju i održavanje.



Slika 5: Primjeri oštećenja pločica za označavanje stupova

- **Pristupačnost trase:** Na pojedinim dionicama prisutni su problemi s pristupom zbog nepostojanja ili neodržavanja pristupnih puteva, što može otežati sanacijske radove.
- **Šumska prosjeka:** Za dalekovode koji prolaze šumskim područjima bitno je održavanje šumske prosjeke u svrhu sprečavanja oštećenja stupova, užadi i ovjesne opreme s izolacijom uslijed pada stabala



Slika 6: Primjeri obraslog stupa i neodržavane šumske prosjeke

- **Križanja s drugim objektima i instalacijama:** Identificirana su potencijalno rizična križanja dalekovoda s drugim infrastrukturnim objektima, što može zahtijevati dodatne sigurnosne mjere. Osobitu pažnju obratiti na prelaze dalekovoda preko stambenih objekata, cesta, ostalih zračnih instalacija i slično.



Slika 7: Primjeri prelaska dalekovoda preko kuća

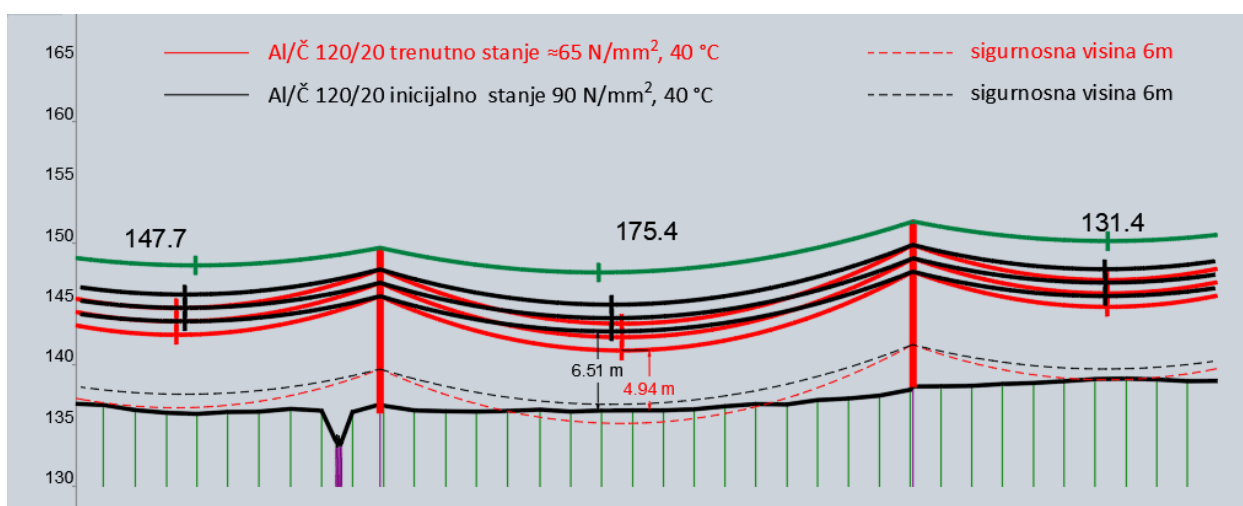
5. PRIJEDLOG DODATNIH AKTIVNOSTI

Pregledom dalekovoda mogu se dobiti informacije o vidljivim nedostacima na dalekovodima (vidljivo oštećenje konstrukcije, krune temelja, izolacije, užadi, spoja uzemljenja na stup, stanje šumske prosjeke i pristupačnost trasi, odnosno stupovima dalekovoda). Na temelju prikupljenih podataka predlažu se prioriteti sanacije kako bi se osigurala dugoročna pouzdanost sustava i smanjili operativni rizici.

Terenskim pregledom ne može se utvrditi dotrajalost stupova (stvarna nosivost i vertikalnost stupa), stanje temelja i uzemljenja, sigurnosne visine i udaljenosti, elektromehanička svojstva užadi, izolatora, te ovjesne i spojne opreme. U svrhu dobivanja preciznijih podataka o stanju dalekovoda preporučuju se slijedeće aktivnosti:

Geodetsko snimanje (fotogrametrijsko snimanje i LIDAR) – snimanje dronom, obrada snimljenih podataka. Omogućava ažuriranje podataka u GIS-u HEP ODS-a s točnim podacima (pozicije stupnih mjesta i vrsta stupova, drveni, armiranobetonski ili čeličnoretastki, vertikalnost stupova). Do sada su se u GIS unosili podaci temeljem raspoložive projektne dokumentacije upitne točnosti i ažurnosti, snimanja položaja stupova ručnim uređajima s približnom točnošću, preuzimanja podataka s postojećih karata itd.

Izrada modela postojećeg stanja dalekovoda – osnovom preciznog geodetskog snimka se osim vrsta stupova mogu odrediti visine stupova i tipovi glava stupova. Moguća je analiza sigurnosnih visina i udaljenosti u odnosu na postojeće i planirane objekte, kao i prijedlozi rješenja za ispunjenje zahtjeva iz Pravilnika. Model je prvi korak za izradu projektne dokumentacije obnove postojećih dalekovoda.



Slika 8: Model dalekovoda s usporedbom inicijalnog i trenutnog stanja provjesa

Mjerenje otpora uzemljenja stupova – neophodno za dobivanje informacija o stanju uzemljenja stupova i donošenje odluke o izradi novih uzemljivača stupova

Ispitivanje stupova – prilikom demontaže čeličnoretastkih i armiranobetonskih stupova i konzola (npr. zbog kabliranja dijela dalekovoda) predlaže se provesti ispitivanje istih u ovlaštenom laboratoriju kako bi se dobila realna slika o stanju čelika, betona, armature, konzola i ostalih elemenata, što nije moguće dobiti vizualnim pregledom dalekovoda

Termovizijski pregled – snimanje vodiča, spojnika, strujnih mostova, izolatorskih lanaca, kablskih završetaka na prijelazu zrak-kabel

Izrada projektne dokumentacije – sukladno odluci i planovima naručitelja a prema svim ranije provedenim pregledima, mjerenjima i ispitivanjima izrađuje se projektna dokumentacija sanacije pregledanog dalekovoda u svrhu otklanjanja nedostataka, te pouzdanog i sigurnog rada u EEN mreži.

6. ZAKLJUČAK

Provedena analiza postojećeg stanja DV 35 kV pokazala je niz strukturnih i funkcionalnih nedostataka koji mogu utjecati na pouzdanost i sigurnost elektroenergetskog sustava. Pregledom terena i dokumentacije identificirani su ključni problemi, uključujući dotrajale izolatore, koroziju stupova, oštećenja krune temelja, nedostatke na vodičima i spojnica, te probleme s pristupačnošću i održavanjem.

Dobiveni podaci omogućuju precizno planiranje sanacijskih mjera, pri čemu su prioriteta određeni prema stupnju oštećenja i mogućim rizicima za sigurnost mreže. Posebno je važno pravovremeno sanirati stupove s ozbiljnim statičkim nedostacima, zamijeniti dotrajalu izolaciju i poboljšati sustav uzemljenja radi smanjenja rizika od kvarova i nesreća.

Osim tehničkih aspekata, analiza je pokazala i potrebu za sustavnijim vođenjem evidencije o stanju mreže, te implementacijom suvremenih metoda nadzora pri eksploataciji i održavanju dalekovoda [6], uključujući upotrebu dronova za inspekciju vodiča i stupnih mjesta.

Pregledom terena dobiveni su ključni podaci putem fotografiranja elemenata dalekovoda i vizualnog pregleda. Fotodokumentacija je omogućila detaljno bilježenje stanja izolatora, spojeva, uzemljenja i konstrukcija stupova. Vizualni pregled na terenu je omogućio utvrđivanje prisutnih oštećenja, deformacija i stanja opreme, što je od velike važnosti za određivanje potrebnih sanacijskih mjera.

Zaključno, provedba predloženih sanacijskih mjera značajno će unaprijediti pouzdanost DV 35 kV, smanjiti operativne troškove održavanja i povećati sigurnost mreže. Preporučuje se kontinuirano praćenje stanja dalekovoda te uspostava redovitih periodičnih pregleda kako bi se pravovremeno otklonili potencijalni problemi i osigurala dugoročna stabilnost sustava.

Provedena analiza pokazala je da su mnogi dalekovodi 35 kV u lošem stanju i da zahtijevaju hitnu sanaciju. Fotodokumentacija i vizualni pregled omogućili su precizno bilježenje stanja izolatora, spojeva, uzemljenja i konstrukcije stupova.

Međutim, ovakvim pregledom nije bilo moguće dobiti potpune informacije o stanju uzemljivača dalekovoda i temelja, posebno onih koji su obrasli raslinjem. Stoga se predlaže, tamo gdje se to smatra potrebnim za cjelovitu procjenu stanja dalekovoda, proširiti opseg pregleda dodatnim ispitivanjima uz primjenu specijalizirane opreme.

7. LITERATURA

- [1] Pravila o održavanju elektrodistribucijske mreže, Bilten br. 504, 1.3.2021.
- [2] Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV (Sl. list 65/88, NN br. 53/91 i 24/97)
- [3] Prijedlog desetogodišnjeg (2024. – 2033.) plana razvoja distribucijske mreže HEP ODS-a s detaljnom razradom za početno trogodišnje i jednogodišnje razdoblje, HEP ODS d.o.o., Zagreb, lipanj 2024.
- [4] Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN br. 17/17, 75/20)
- [5] K. Pavić, N. Lakić, M. Križić: „Glavni pregledi čelično rešetkastih stupova nadzemnih vodova“, 15. savjetovanje HRO CIGRÉ, Šibenik, studeni 2021. B2-18
- [6] G. Mirošević, F. Vidaković: *Projektiranje, gradnja i održavanje dalekovoda*, KIGEN d.o.o., Zagreb, R. Hrvatska, lipanj 2008.