

Izvajanje antikorozijske zaščite (AKZ) kovinskih delov prenosnih daljnovodov ELES

Lovro Belak¹, Drago Bokal¹, Robert Maruša¹, Rado Ferlič¹, Vladimir Leva¹

¹ELES, d.o.o., Hajdrihova 2, SI-1000 Ljubljana
E-pošta: lovro.belak@eles.si

Implementation of corrosion protection (corrosion protection) metal parts power transmission lines ELES

Slovenian Transmission Company ELES, d.o.o. has the task that in the area of Republic Slovenia assures smooth, reliable and efficient electricity transmission. Following this, it has transmission network spanning in length of 2,842 km with 32 switchgears on 400, 220 and 110 voltage field. All this primary equipment is mostly composed from metal structures, power lines or portals and media pedestals in switches. According to the electrochemical form, on the steel-metal structures, it comes to oxidizing - below it comes to corrosion of material. To prevent unwanted corrosion, ELES properly implemented anti-corrosion protection for metal structures. This article describes an overview of such practices on terrain, the process of oxidation, existing practice of corrosion protection and a proposal for future implementation.

1 Uvod

Članek predstavlja pregled, nadgradnjo in razčlenitev problema vzdrževalnih (investicijskih) del v zvezi z antikorozijsko zaščito (AKZ) daljnovodov ter kovinskih konstrukcij v RTP oz. kovinskih delov elementov. Teoretičnemu pregledu korozije kovin sledi prikaz nekaterih tipičnih primerov korozije daljnovodnih konstrukcij na terenu, pregled obsega daljnovodnih površin po napetostnih nivojih ter obstoječa praksa izvajanja vzdrževalnih del. Temu sledi opis postopka ugotavljanja stanja, ki nadgrajuje obstoječi sistem in ga izboljšuje v veliki meri. Sledi prikaz procesov, ki so sestavni del izvajanja antikorozijske zaščite s prikazom minimalnega nabora podatkov, ki so potrebni za njihovo izvajanje. Podan je tudi pregled standardov s področja antikorozijske zaščite ter zaključki in usmeritve za nadaljnje delo na tem zahtevnem področju.

2 Teoretična izhodišča korozije kovin

Korozija je pojav neželenega napada na kovino, ko kovina postane člen, ki porablja samega sebe. V daljnovodni tehniki to pomeni, da korozija tanjša aktivni prerez napadenih profilov in s tem manjša mehansko trdnost oz. odpornost stebra kot celote. Zaradi tega je

nujno treba ugotavljati stanje korozivnosti in z ustreznimi ukrepi preprečevati nadaljnje širjenje rjavenja [1].

Večina kovin je v naravi v obliki sulfidov ali oksidov iz katerih jih pridobivamo po različnih postopkih ob velikem vložku energije. Tako je vračanje kovin v stanje oksidov ali sulfidov spontan in neizogiben proces, katerega hitrost je praviloma majhna. Po teoriji ločimo naslednje tipe korozij: enakomerna korozija, jamičasta korozija, korozija v špranji, galvanska korozija, erozijska korozija, stičiščna (fretting) korozija, interkristalna korozija, luščenje, selektivno odtapljanje, napetostnokorozijsko pokanje in utrujenostna korozija [1].

Korozijo preprečujemo z vplivom na dejavnike, ki jo omogočajo, kot sledi: na anodo, anodno reakcijo ali stik anoda-elektrolit, na katodo, katodno reakcijo ali stik katoda-elektrolit, na elektrolit, na katodni reaktant in na električne kontakte [1].

Metode za kontrolo korozije so razdeljene po področjih, ki zagotavljajo vpliv na njen razvoj: izbira materiala in oblike, sprememba elektrolita, sprememba elektrodnega potenciala in zaščita površine [1].

Pri jekleno predalčnih drogovich se v zadnjem času najpogosteje uporablja vroče cinkanje – temu se strokovno reče difuzija, kjer se na površinsko plast pri visokih temperaturah nanaša cink (šerardiranje). Poleg tega pa se uporabljajo tudi barvne prevleke – oba postopka sodita v skupino ukrepov pod imenom zaščita površine [1].

Korozijo je mogoče spremljati na več načinov, kot sledi: metoda izgubljene mase, elektrokemijske meritve, ki se delijo na: Taflove meritve, anodne potenciodinamske meritve, linearna polarizacijska upornost, elektrokemijska impedančna spektroskopija, elektrokemijski šum in druge metode [1].

Zanimiva je tudi delitev v korozijske razrede po standardu SIST EN 122944, ki določa šest razredov glede na izgubo materiala ter glede na izgubo debeline opazovanega materiala v Tabela 1:

Tabela 1. Korozijski razredi po standardu

Korozijski razred	Izguba [g/m ²]	Izguba [μm]
C1	pod 10	pod 1,3
C2	10 – 200	1,3 – 25
C3	200 – 400	25 – 50
C4	400 – 650	50 – 80
C5-1	650 – 1500	80 – 200
C5-M	650 – 1500	80 – 200

Navedeni korozijski razredi so s stališča spremljanja AKZ daljnovodov in drugih kovinskih delov neuporabni, ker že predpostavljajo izgubo materiala ta pa pri prenosnih vodih ni dovoljena. Morda bi razred C1 še bil sprejemljiv a na žalost ne vemo kakšen videz ima površina kovine, ki je v tem korozijskem razredu.

2.1 Standardi s področja antikorozijske zaščite

Antikorozijska zaščita (AKZ) je področje, ki zajema številne znanstvene prvine. Tu se prepletajo področja statike, dinamične obremenitve, kemijske lastnosti okolja in vplivi okolja, kemijske lastnosti nanosov oz. barv, mehansko čiščenje obstoječih korozivnih delov, ter premazi in njihove lastnosti, ki naj bi zagotavljali zadostno zaščito jeklenih konstrukcij daljnovodov. S standardi so pokrita naslednja področja: izvedba jeklenih konstrukcij, cinkove prevleke, projektiranje in korozijska odpornost, korozijska zaščita jeklenih konstrukcij z zaščitnimi premaznimi sistemi, vrednotenje propadanja premazov, priprava jeklenih podlag za nanašanje premazov, idr. Številni standardi s tega področja potrjujejo zahtevnost obdelovane materije.

Ugotavljanje stanja antikorozijske zaščite kovinskih delov prenosnih vodov se izvaja v skladu s Pravilnikom o vzdrževanju elektroenergetskih objektov [2]. Pri pregledu vodov, ki se opravljajo praviloma vsake pol leta vzdrževalno osebje pregleda traso. Pri tem ugotavlja stanje jeklenih konstrukcij drogov ter druge značilnosti vzdolž trase daljnovoda.

3 Obstoječa praksa izvajanja antikorozijske zaščite

Kovinski oz. jekleni deli so v prenosnem podjetju dokaj pogost pojav saj si daljnovodnih stebrov ne moremo predstavljati brez jeklenih profilov. Ta oblika predstavlja nad 98 % jeklenih konstrukcij katere se vgrajujejo še v portalih transformatorskih razdelilnih postaj, manjši del pa predstavljajo jekleni deli samih naprav. V nadaljevanju se bomo omejili na obravnavo antikorozijske zaščite jeklenih konstrukcij daljnovodov zato je najprej podan obseg teh naprav ter način njihovega vzdrževanja s stališča tovrstne zaščite.

3.1 Obseg jekleno predalčnih stebrov v prenosnem podjetju

V prenosnem podjetju se uporabljajo le daljnovodni stebri iz jekleno predalčnih konstrukcij, ki tvorijo ogrodje stebra na katerega se doda še obesna oprema ter izolatorji in vodniki. Po funkciji ločimo nosilne in zatezne stebre, po obliki pa portal, sod, jelka, donava, π, H in Y stebre. Ločimo jih še po številu sistemov na enosistemske, dvosistemske in večsistemske stebre. Pregled obsega vseh stebrov podaja Tabela 2, ki je pridobljena iz informacijskega sistema Maximo AM.

Tabela 2. Pregled števila stebrov po napetostnih nivojih in vrsti

Vrsta stebra /Nap. nivo	400 kV	220 kV	110 kV	Skupaj
Enosist. stebri	844	789	2.535	4.168
Dvosist. stebri	712	31	2.561	3.304
Trisist. stebri	0	0	14	14
SKUPAJ:	1.556	820	5.110	7.486

Vidimo, da po številu prevladujejo 400 in 110 kV daljnovodni stebri s tem, da je na 400 kV nivoju večje število enosistemskih na 110 kV nivoju pa je nekoliko večje število dvosistemskih stebrov. Za samo izvajanje AKZ oz. barvanja stebrov pa ta podatek ni najbolj posečen – za vsak daljnovod oz. za vsak steber je treba pridobiti podatke o njegovi površini in o v preteklosti izvajanih posegih s stališča antikorozijske zaščite. Zanimiv je podatek, da je površina 400 kV stebra od 200 pa do 650 m² celotna površina jekleno predalčnih konstrukcij DV 400 kV Maribor – Podlog pa je okrog 50.000 m².

3.2 Obstoječi način izvajanja AKZ na daljnovodih

Osnovno delo na tem področju je AKZ konstrukcije jekleno-predalčnih stebrov, ki se opravlja v skladu z [3]. Opravilo AKZ konstrukcije je odvisno od prioritete daljnovoda, ki jo opredelijo sodelavci na področju obratovanja. Tako se revizije (pregledi s plezanjem pri katerih se odpravljajo morebitno ugotovljene pomanjkljivosti) izvajajo letno, na dve oz. tri leta glede na prioriteto posameznega daljnovoda.

Najpogostejše ugotovitve tovrstnih pregledov so, da ni večjih pomanjkljivosti AKZ jekleno-predalčnih konstrukcij, kar pomeni, da ni ukrepanja na terenu. V primeru ugotovitve preglednika, da je konstrukcija korodirana pa vodja vzdrževanja daljnovodov ugotovitve preveri na licu mesta in ob potrditvi tovrstnih ugotovitev napiše zapisnik s predlogom, da se AKZ predmetnega stebra vključi v načrt vzdrževalnih del za prihodnje leto.

4 Predlog za delo v prihodnje

Kot je iz priporočil konstruktorjev jekleno-predalčnih stebrov znano je na teh elementih ni dovoljena korozija, ker najeda material in manjša prečni prerez profilov. Manjšanje teh prerezov pa zmanjšuje statično odpornost drogov, ki v primeru večjih površin izpostavljenih rji niso sposobni prenašati s projektom predvidene obremenitve (dodatne obremenitve sneg oz. led, vetrove idr.). Pri izvedbi je treba upoštevati vse dejavnike, ki vplivajo na kakovost izvedbe tovrstnih del. Pri oblikovanju pogojev antikorozijske zaščite so velikega pomena naslednji dejavniki: ugotavljanje stanja kovinskih konstrukcij oz. diagnostika, obravnava že obstoječega ali morebitnega daljnovoda v gradnji, določitev podatkov pomembnih za sprejem odločitve: splošnih podatkov, splošnih podatkov o zaščiti konstrukcije/elementa, podatki o obstoječi zaščiti in pogoji dela, ki jih je treba pri izvajanju posameznih opravil upoštevati.

Glede na to, da se prenosnemu podjetju obeta prevzem dokajšnjega dela 110 kV omrežja, ki je sedaj v lasti distribucijskih, proizvodnih in drugih podjetij se je treba ustrezno pripraviti in usposobiti za kakovostno in učinkovito opravljanje del na področju antikorozijske zaščite (AKZ). Predvidevamo, da bo stanje prevzetih stebrov vse prej kot ustrezno in da bo to pomenilo dodatna dela in stroške na tem področju. Področje infrastrukture prenosnega omrežja (PIPO) je za ureditev posameznih področij sprejel ustrezne ukrepe med drugim je naročena in izdelana študija [4], ki razrešuje problematiko diagnosticiranja na področju AKZ.

4.1 Ugotavljanje stanja kovinskih delov - diagnostika

Najpomembnejša dejavnost v celotni verigi opravljanja posameznih del je ugotavljanje stanja kovinskih delov stebrov, konstrukcij oz. naprav. Ta tematika je bila do sedaj razreševana z izkušnjami vzdrževalnega osebja, ki so na podlagi svojih izkušenj podajali ugotovitve v zapisniku o pregledu oz. obhodu daljnovoda. Nov pristop k ugotavljanju stanja je podrobno razčlenjen v [4]. Pri tem je pomembno upoštevati naslednje dejavnike:

I. Osnovne podatke o objektu (elementu), kot so: osnovni podatki (lastnik, lokacija, leto izgradnje idr.), sistem zaščite (premazi, vroče cinkanje, »dupleks«), zaščitene površine, okoljski pogoji, izvajalci dosedanjih posegov, podatki o obstoječi zaščiti: priprava površin, osnovna zaščita, morebitni dosedanja popravki, dosežena debelina suhega filma AKZ, podatki o temeljnih, vmesnih in prekrivnih premazih;

II. Stanje konstrukcije stebra katerega značilnosti so: celovitost - kompletnost konstrukcije, poškodbe ali deformacije konstrukcije ali elementov, spojna sredstva v vozliščih in montažnih stikih, stanje varjenih stikov in stanje temeljenja in terena;

III. Stanje protikorozijskega zaščitnega sistema: meritve debeline suhega filma AKZ s premazi, meritve debelin in prevleke stanja površine AKZ z vročim cinkanjem, meritve oprijema in stanja zaščit glede na tip

zaščite, ugotavljanje stopnje mehurjenja, zarjavelosti, razpokanosti, obrabe, ugotavljanje zarjavelosti zvarov in druge pomanjkljivosti. Navedene ugotovitve je treba obdelati in sprejeti zaključke, kot sledi v nadaljevanju.

IV. Zaključki ugotavljanja stanja konstrukcije: stanje nosilne konstrukcije, vzroki poškodb, popravila in roki izvedbe, poškodbe, deformacije in pomanjkljivosti;

V. Zaključki ugotavljanja stanja AKZ: stanje AKZ, vzroki in stopnje poškodb in potreba po dodatnih preiskavah.

Rezultat zaključkov so predlagani ukrepi in to vrsta ter roki njihove izvedbe, kar naj bi zagotovilo ustrezno stanje kovinskih delov daljnovodov, konstrukcij in naprav.

4.2 Opredelitev prioritet izvajanja posameznih del

V skladu z metodo v zanesljivost usmerjenega vzdrževanja (RCM), sprejeto za vzdrževanje daljnovodov, se upošteva opredelitev prioritet opravljanja posameznih vzdrževalnih del glede na vlogo daljnovoda oz. elementa v sistemu. Tako so posamezni daljnovodi poleg napetostnih nivojev porazdeljeni še po prioritetah glede njihove vloge v prenosnem elektroenergetskem sistemu. Končni vrstni red opravljanja posameznih del AKZ je tako odvisen poleg od stanja tudi od sprejetih prioritet.

4.3 Razmerje stari – novi daljnovodi (konstrukcije, naprave)

Pomembno je, da imamo za obstoječe daljnovode ustrezno podatkovno podprto preteklo poseganje na področju antikorozijske zaščite. To je zlasti pomembno pri izvajanju del v prihodnje, kjer je treba biti pozoren predvsem na okoljske pogoje in na pogoje kompatibilnosti obstoječih in novih premazov. Na splošno so uporabljene naslednje zaščite: vroče cinkanje, premazi in »dupleks« sistemi. Pomembno je poznavanje preteklih izkušenj zaredi sprejemanja odločitve o tovrstnih zaščitah novih daljnovodov, kar naj bi zagotavljalo optimalne odločitve.

4.4 Izhodišča za uspešno izvajanje antikorozijske zaščite

Pri pogojih za AKZ je treba zajeti skupna izhodišča, ki jih je pri izvajanju tovrstne zaščite treba upoštevati. To so naslednja izhodišča: ugotavljanje stanja stebrov na katerih bo izvajana AKZ, analiza vzorcev stebrov na katerih bo izvajana AKZ, na podlagi ugotovitev analize opredeliti vrsto premazov, njihovo debelino in druge pomembne lastnosti, priprava površine – čiščenje oz. odstranjevanje rje in drugih nečistoč (mah idr. nečistoče), zaščita delov konstrukcije, ki se ne barvajo, opredelitev pogojev barvanja števila potrebnih nanosov, pogoji temeljnega nanosa, pogoji nadaljnjih nanosov (če so ti opredeljeni), pogoji končnega nanosa, nadzor vseh faz delovnih procesov (za kakovost del zelo pomembna faza pri kateri naj sodelujejo posebno izobraženi predstavniki naročnika) in končna kontrola.

Za opredelitev navedenih dejavnikov predlagamo predhodno izdelavo elaborata AKZ, ki bo za vsak

primer posebej (v kolikor je jasno, da so pogoji izvajanja AKZ na različnih daljnovodih različni) natančno opredelil vse parametre izvajanja teh del. Te morajo potem pri svojem delu upoštevati vsi pri AKZ vključeni izvajalci in nadzorniki del. Po najnovejših ugotovitvah je cinkanje profilov ukrep, ki ob nepoškodovanih površinah in normalnih atmosferskih pogojih (ni agresivne atmosfere v okolici stebra) zadostuje za 20 let. Vsak nadaljnji nanos zaščitne barve pa zadevo podaljša za pet do deset let, kar je odvisno od kakovosti podlage in uporabljenih materialov ter od kakovosti izvedenih del.

Poleg opravljanja del se o zahtevah standardov postavljajo tudi konkretni pogoji, ki zajemajo naslednje dejavnike: sistem premaza mora biti odporen na lokalno kategorijo atmosferske korozivnosti C2 do C3 (nizka in srednja) po SIST EN ISO 12944-2; lastnosti nanosa so takšne, da omogoča delo oz. na suho podlago; lastnosti nanosa so takšne, da omogoča delo pri temperaturi od 10 do 25 st. C; temeljni premaz mora imeti najmanj 70 % suhe snovi v sestavi aluminija in da je njegova debelina 60 µm; končni premaz mora imeti najmanj 60 % suhe snovi v sestavi železovega oksida ter se izvede v debelini 60 µm, premaz mora biti odporen na ultravijolično sevanje, atmosferske in druge vplive.

4.5 Nadzor nad celotnim procesom antikorozijske zaščite in fazne kontrole

V vsak proces, postopek in izvajanje posameznih opravil je treba zagotoviti sodelovanje neodvisnega nadzora, ki bo zagotovil kakovostne in učinkovite rešitve na področju AKZ. Zaradi tega morajo nadzor opravljati strokovno ustrezno usposobljene osebe, ki imajo tudi bogate praktične izkušnje na tem področju. Poleg nadzora je pomembno vzpostaviti tudi fazno kontrolo, ki bo sproti ugotavljala ustreznost izvedbe vsake faze pri izvajanju AKZ (čiščenja, prvega nanosa, drugega nanosa v različni barvi in tretjega nanosa, na koncu pa se z meritvami ugotovijo tudi debeline nanosov).

5 Zaključek

Glede na predvideni prevzem 110 kV daljnovodov prenosnega značaja od distribucijskih podjetij je treba pričakovati povečani obseg del na področju AKZ ter tudi vprašljivo podatkovno podporo na tem in na sploh na področju vzdrževanja. Zato moramo predvideti povečanje stroškov za tovrstna dela kakor predvideti ustrezno povečanje števila zaposlenih, ki bodo povečani obseg del tudi opravljali.

Problematika AKZ je zelo kompleksna in zahtevna ter terja nenehno izobraževanje in usposabljanje osebja, ki se s tovrstnim delom ukvarja. Poleg tega je samo izvajanje del zelo zahtevno tako s stališča nadzora kot tudi s stališča kontrole kakovosti opravljenih posameznih del ter glede tehnologije izvedbe del. Slednje je pomembno zlasti pri jeklenih konstrukcijah

drogov, ki so v preteklosti že bile ščitene z različnimi vrstami premazov.

Literatura

- [1] T Kosec Mikić., I Milošev.: Korozijski procesi, vrste korozije in njihove zaščite, Vakuumist 24/1-2, 2004.
- [2] EZS: Pravilnik o vzdrževanju elektroenergetskih objektov, delovno gradivo, Ljubljana, oktober 2012
- [3] ELES: Navodilo o vzdrževanju elektroenergetskih prenosnih naprav, NA K 7.5.12.1, izdaja 4 KU, 25. 3. 2011, ELES, Ljubljana.
- [4] Bureau Veritas: »Antikorozijska zaščita daljnovodov«, študija, Bureau Veritas, d. o. o., Ljubljana.