



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Elektroenergetika
Modul: Elektroenergetska učinkovitost in električne
inštalacije

VZDRŽEVANJE SREDNJENAPETOSTNIH VODOV

Mentor: dr. Viktor Lovrenčič, univ. dipl. inž.
Lektorica: Stanislava Sirk, prof. slov. in prim. knjiž.

Kandidat: Matic Gorše

Šmartno pri Litiji, junij 2023

ZAHVALA

Zahvaljujem se dr. Viktorju Lovrenčiču za mentorstvo, strokovne nasvete, njegovo ažurnost in pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi Stanislavi Sirk, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

Posebej bi se rad zahvalil še svojim staršem, ki so me v času študija in izdelave diplomske naloge podpirali in mi stali ob strani.

IZJAVA

Študent Matic Gorše izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Viktorja Lovrenčiča, univ. dipl. inž.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

V današnjem času si ne znamo predstavljati življenja brez električne energije. Da bomo lahko polnili električne avtomobile, se ogrevali s pomočjo toplotnih črpalk in na strehah svojih domov postavljali sončne elektrarne, potrebujemo dobro vzdrževano in razvito distribucijsko omrežje. Srednjenapetostni vodi so del distribucijskega omrežja. Uvršča se jih med kritično infrastrukturo, saj njihovo delovanje omogoča nemoteno funkcioniranje celotne družbe. V diplomski nalogi smo predstavili strukturo 20 kV daljnovodov, postopke vzdrževanja, različne metode vzdrževanja in na praktičnem primeru pokazali zamenjavo določenega dela srednjenapetostnega daljnovoda. Iz zapisanega je tudi razvidno, da je delo delavcev v distribucijskih podjetjih velikokrat zelo zahtevno in nevarno.

KLJUČNE BESEDE

- Vzdrževanje,
- srednja napetost,
- daljnovod,
- kablovod,
- distribucijsko omrežje.

ABSTRACT

Nowadays, we can't imagine life without electricity. Charging electric cars daily, heating with heat pumps, and installing solar power plants on the roofs of our homes require a well-maintained and developed distribution network. Medium-voltage lines are part of the distribution network and are classified as critical infrastructure since their operation enables the smooth functioning of society. In this paper, we presented the structure of 20 kV transmission lines, maintenance procedures, different maintenance methods, and demonstrated the replacement of a specific part of the medium-voltage transmission line as a practical example. The work of employees in distribution companies is very demanding and dangerous, so we also addressed work safety, which we must give great importance to when performing maintenance work.

KEYWORDS

- Maintenance,
- medium voltage,
- power line,
- cable duct,
- distribution network.

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilji naloge	1
1.3	Predstavitev okolja	1
1.4	Predpostavke in omejitve	3
1.5	Metode dela	3
2	SREDNJENAPETOSTNI DALJNOVODI	4
2.1	Delitev električnih omrežji.....	4
2.1	Drogovi	4
2.1.1	Leseni drogovi.....	5
2.1.2	Betonski drogovi	6
2.2	Vodniki	7
2.2.1	SN univerzalni energetski kabli	8
2.3	Izolatorji	9
2.3.1	Prenapetostni odvodniki.....	10
2.4	Zaščita in avtomatika 20 kv vodov.....	11
2.5	Stikalne naprave	12
2.5.1	Progovno ločilno stikalo.....	12
2.5.2	Progovno ločilno stikalo s komorami	13
2.5.3	Odklopniki	13
3	SREDNJENAPETOSTNI KABLOVODI	14
4	VZDRŽEVANJE SREDNJENAPETOSTNIH VODOV	18
4.1	Vzdrževalna dela.....	19
4.2	Vzdrževalna opravila.....	20
4.3	Pojmi in definicije s področja vzdrževanja	20
4.3.1	Diagnostika	20
4.3.2	Dogodek	20
4.3.3	Vzdrževanje – dela.....	21
4.3.4	Vzdrževanje – metode	22
4.4	Izvajanje vzdrževanja.....	23
4.5	Preventivno (preprečevalno) vzdrževanje.....	24
4.6	Korektivno (popravljalno) vzdrževanje.....	25
4.7	Dokumenti za varno delo.....	26
4.7.1	Delovni program.....	26
4.7.2	Delovni nalog	27
4.8	Pet zlatih pravil.....	28
5	OKVARE NA SREDNJENAPETOSTNIH DALJNOVODIH.....	29
5.1	Aktiviranje vrste zaščit glede na okvaro.....	31
6	ZAMENJAVA ODCEPNEGA A-DROGA.....	32
6.1	Prevoz drogov in materiala za izdelavo A-droga.....	32

6.2	Sestavljanje A-droga	32
6.3	Izklop določenega sektorja daljnovoda.....	34
6.3.1	Ozemljitev daljnovoda	34
6.4	Zamenjava A-droga.....	35
6.4.1	Izkop za A-drog.....	35
6.4.2	Postavitev A-droga.....	36
6.4.3	Vpenjanje vodnikov	37
7	ZAKLJUČEK	39
8	LITERATURA IN VIRI	40

KAZALO SLIK

Slika 1: Elektrodistribucijska podjetja v Sloveniji	2
Slika 2: Elektroenergetski sistem Slovenije	4
Slika 3: Skladišče lesenih drogov	5
Slika 4: Betonske klešče nameščene na A drogu	5
Slika 5: Sestavljanje razbremenilnega A-droga	6
Slika 6: Skladišče betonskih drogov	7
Slika 7: Vodnik AL-FE preseka 70 mm^2	7
Slika 8: Pol-izoliran vodnik.....	8
Slika 9: Sestava univerzalnega kabla s samonosilnimi vodniki.	9
Slika 10: Pokončni kompozitni izolator (PKI).....	9
Slika 11: Zatezno-nosilni izolator	10
Slika 12: Prikaz zgradbe prenapetostnega odvodnika	11
Slika 13: Progovno ločilno stikalo	12
Slika 14: Progovno ločilno stikalo s komorami	13
Slika 15: Daljinsko močnostno stikalo na A-drogu	14
Slika 16: Sestava SN enožilnega kabla	15
Slika 17: Oznake na plašču kabla.....	16
Slika 18: Povezava SN kablov na nadzemne vodnike	17
Slika 19: Delitev vzdrževanja.....	18
Slika 20: Vodnik na konzoli.....	29
Slika 21: Zlomljen nosilni drog.....	29
Slika 22: Padlo drevo na daljnovodu	30
Slika 23: Vpetje vodnikov na izolator	30
Slika 24: Zlom progovnega stikala.....	31
Slika 25: Prevoz drogov	32
Slika 26: Namestitvev betonskih klešč.....	33
Slika 27: Sestavljanje spodnjega dela A-droga.....	33
Slika 28: Enopolni indikator napetosti (20 kV).....	34
Slika 29: Ozemljen 20 kV daljnovod	34
Slika 30: Luknje v lesenem drogu.....	35
Slika 31: Kopanje izkopa za A-drog.....	35
Slika 32: Postavitev A-droga	36
Slika 33: Nastavljanje A-droga na pravo mesto	36
Slika 34: Vpenjanje vodnikov.....	37
Slika 35: Vpeti vodniki	37
Slika 36: Končna podoba novega A-droga	38

KRATICE

NN: nizka napetost

SN : srednja napetost

VN: visoka napetost

RP: razdelilna postaja

RTP: razdelilna transformatorska postaja

DCV: distribucijski center vodenja

DV: daljnovod

1 UVOD

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Električna energija je dobrina, brez katere si v današnjem svetu življenja ne znamo predstavljati. Razvoj sodobnega sveta se giblje v smeri, ko čedalje več naprav za svoje delovanje potrebuje električno energijo, ki velja za okolju prijazno. Problem pa nastaja zaradi vse večje obremenitve distribucijskega omrežja. Ob nepredvidenih izklopih prihaja do čedalje večjih pritiskov odjemalcev elektrike, saj jim takšni dogodki povzročajo ogromno težav.

Marsikdo misli, da je neprekinjena dobava električne energije nekaj samoumevnega, vendar temu ni tako. Vzdrževanje SN daljnovodov je zelo zahtevno in nevarno delo. Ob nepredvidenih izpadih smo delavci izpostavljeni neugodnim vremenskim razmeram in nevarnim delovnim nalogam.

Sredjenapetostni vodi so lahko izvedeni v dveh oblikah, in sicer kot daljnovodi ali kablovodi. Kablovodi so veliko zanesljivejši, ker niso izpostavljeni zunanjim dejavnikom.

V elektrodistribucijskih podjetjih se poslužujemo dveh načinov vzdrževanja, in sicer preventivnega (preprečevalnega) in korektivnega (popravljalnega). Vse več pozornosti je namenjeno preventivnemu vzdrževanju, vendar pa se zaradi vremenskih dejavnikov vseeno ne moremo izogniti tudi korektivnemu vzdrževanju.

1.2 CILJI NALOGE

Cilj raziskovalne naloge je predstaviti strukturo sredjenapetostnih daljnovodov, njihovo vlogo v vsakdanjem življenju in na konkretnih primerih opisati postopke in delovne naloge, ki se jih poslužujemo tako pri preventivnem kot korektivnem vzdrževanju.

1.3 PREDSTAVITEV OKOLJA

Sredjenapetostni daljnovodi so sestavni del distribucijskega omrežja. Distribucijsko omrežje je priključeno na prenosno omrežje preko razdelilnih – transformatorskih postaj. Namenjeno je razdeljevanju električne energije med posameznimi gospodinjstvi in drugimi porabniki.

Upravljalec distribucijskega omrežja je družba SODO, d. o. o., ki izvaja gospodarsko javno službo distribucijskega operaterja na področju Republike Slovenije.

V imenu podjetja SODO, d. o. o., na podlagi pogodbe o najemu elektrodistribucijske infrastrukture in izvajanju storitev za operaterja distribucijskega sistema izvajajo distribucijsko dejavnost naslednja distribucijska podjetja:

- Elektro Ljubljana, d. d.,
- Elektro Maribor, d. d.,
- Elektro Celje, d. d.,
- Elektro Gorenjska, d. d.,
- Elektro Primorska, d. d.



Slika 1: Elektrodistribucijska podjetja v Sloveniji
(Vir: Energetika, 2015)

V našem diplomskem delu smo se osredotočili predvsem na območje, na katerem deluje podjetje Elektro Ljubljana, d. d., v katerem sem tudi sam zaposlen. Distribucijsko omrežje Elektra Ljubljane je napajano preko petih napajalnih točk, in sicer: RTP 400/220/110 kV Beričevo, RTP 220/110 kV Kleče, RTP 110/35 kV TET in RP 110 kV Hudo.

1.4 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

V diplomski nalogi poskušamo potrditi tezo, da se moramo v elektrodistribucijskih podjetjih osredotočiti na preprečevalno vzdrževanje srednjenapetostnega omrežja, ker bomo lahko samo na ta način odjemalcem zagotavljali čim bolj neprekinjeno dobavo električne energije tudi v času slabih vremenskih razmer, ko je tveganje za nastanek škode na daljnovodu največje.

V diplomski nalogi bomo predstavili zamenjavo določenega sestavnega dela na srednjenapetostnem vodu in poškodbe, ki nastanejo zaradi vremenskih vplivov.

Z dobrim preventivnim oziroma preprečevalnim vzdrževanjem odpravljamo težave še preden bi le-te lahko nastale. Predvidevamo, da se ljudje velikokrat sploh ne zavedajo, kako zahtevno je vzdrževanje SN daljnovodov, saj so delavci ob predvidenih ali nepredvidenih izklopih velikokrat deležni kritik in negativne energije.

Predpostavljamo, da bomo imeli težave pri pridobivanju vseh ustreznih podatkov, kajti gradiva na to temo je razmeroma malo. Vzdrževanje SN vodov je distribucijska dejavnost, zato je gradivo predvsem interno.

1.5 METODE DELA

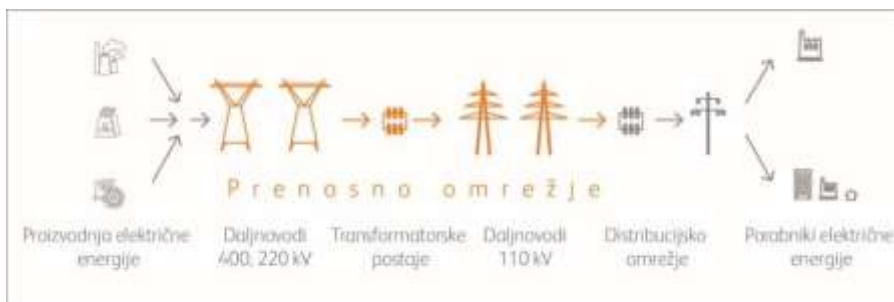
Pri pisanju diplomskega dela smo uporabili tri metode dela. V teoretičnem delu diplomske naloge smo opredelili pojem vzdrževanje SN daljnovodov ter predstavili strukturo in delovanje distribucijskega omrežja. Uporabili smo opisno metodo za ponazoritev trenutnega stanja in primerjalno metodo za pojasnitev razlogov za različna načina vzdrževanja srednjenapetostnih vodov (*preventivno in korektivno*).

Raziskovalni del temelji na lastnih izkušnjah in analitični metodi, s pomočjo katere so predstavljeni konkretni primeri vzdrževanja.

2 SREDNJENAPETOSTNI DALJNOVODI

2.1 DELITEV ELEKTRIČNIH OMREŽJI

Električno omrežje je sistem povezanih objektov in naprav, ki omogočajo prenos elektrike od proizvajalca do neposrednega porabnika. Je del elektroenergetskega sistema in je zaradi svoje pomembnosti obravnavano kot kritična infrastruktura.



Slika 2: Elektroenergetski sistem Slovenije
(Vir: ELES, 2013)

Električna omrežja v glavnem delimo gleda na njihovo napetost, in sicer:

- NN – niskonapetostna omrežja (do 1 kV)
- SN – sredjenapetostna omrežja (1–35 kV)
- VN – visokonapetostna omrežja (110–400 kV).

Električno omrežje se deli še na prenosno in distribucijsko. Prenosno omrežje omogoča prenos električne energije na velikih razdaljah, distribucijsko omrežje pa je namenjeno porazdelitvi električne energije med porabnike.

V raziskovalni nalogi bomo podrobneje predstavili 20 kV sredjenapetostni daljnovod, ki je v slovenskem elektrodistribucijskem omrežju najbolj razširjen. Sredjenapetostni vodi so napajani iz razdelilno transformatorskih postaj (RTP).

2.1 DROGOVI

Sredjenapetostni daljnovodi so večinoma izvedeni na lesnih drogovi v kombinaciji z betonskimi podstavki (betonske klešče). Poleg njih se uporabljajo še betonski drogovi in kovinski jambori.

Kovinski jambori in betonski drogovi se uporabljajo takrat, ko imamo dolga razpetja (npr. ko daljnovod prečka reko), velike višine, veliki zatezne sile ipd.

2.1.1 Leseni drogovi

Večina stojišč za srednjenapetostne daljnovode na območju Elektra Ljubljane, d. d., je izvedenih na lesenih oporiščih (drogovih). Leseni drogovi so enostavni za zamenjavo, lažje jih je oblikovati in jih prilagajati različnim okoliščinam. Večinoma uporabljamo les kostanja, bora ali smreke. Smrekovi drogovi so impregnirani, kar jih še dodatno zaščiti pred vremenskimi vplivi. Višine lesenih oporišč so od 9 m do 12 m.



*Slika 3: Skladišče lesenih drogov
(Lastni vir)*

Na drogove se skoraj vedno namestijo betonski podstavki (betonske klešče). Betonske klešče do določene višine zakopljemo v zemljo. Ker lesen drog, vpet v klešče, ni neposredno zakopan v zemljo, mu še dodatno podaljšamo življenjsko dobo. Na vrhu se drog ošpiči in nanj pribije pločevina.



*Slika 4: Betonske klešče nameščene na A drog
(Lastni vir)*

Uporabljamo različne izvedbe lesenih drogov, in sicer nosilni drog ter A-drog, ki je lahko izveden kot razbremenilni, končni, odcepni ali kotni. Betonske podstavke se

vedno namešča v parih na vsako nogo A-droga, na njih pa potem še talna in bočna lesena podloga, ki poveča stabilnost in preprečuje nagnjenost A-droga. A-drogove v sredini povezujemo s prečko, na vrhu pa jih spojimo z vijaki.

Vsako leseno oporišče mora vsebovati številko, letnico in varnostno opozorilno tablico.



*Slika 5: Sestavljanje razbremenilnega A-droga
(Lastni vir)*

2.1.2 Betonski drogovi

Betonske drogove uporabljamo tam, kjer je omogočen dostop s težko gradbeno mehanizacijo. Omogočajo nam dolga razpetja in velike zatezne sile. Velikokrat jih postavljamo, ko moramo narediti prehod iz kableskega omrežja na nadzemno. Odporni so na vse vremenske razmere in jih ni potrebno vzdrževati. Transportiramo jih z velikimi tovornjaki in specialnimi prikolicami, razkladamo pa s hidravličnimi dvigali. Pred postavitvijo betonskega droga je potrebno v zemljo namestiti betonsko cev ustreznega premera in globine, odvisno od velikosti droga. Betonski drog postavljamo s pomočjo hidravličnega dvigala in jeklene vrvi. Ko je drog nameščen v prostor, med steno cevi nasujemo pesek v kombinaciji z vodo, na koncu pa vrh cevi zalijemo z betonom.



Slika 6: Skladišče betonskih drogov
(Lastni vir)

Poznamo več vrst nosilnih drogov:

- nosilni drog – NO10 in NO12,
- zatezni drog – Z10 in Z12,
- kotni drog – K10 in K12,
- zatezni drog za TP – K10 TP in K12 TP

Vsak betonski drog mora biti opremljen z znakom proizvajalca, letom proizvodnje, kataloško označbo in podatkom o nosilnosti droga v vrhu.

2.2 VODNIKI

Nadzemno srednjenapetostno omrežje navadno gradimo z golimi aluminijastimi vodniki z jeklenim jedrom (Al-Fe) prereza 25 mm^2 , 30 mm^2 in 70 mm^2 . Z jeklenim jedrom vodniku povečamo nosilnost. V veliki meri se v današnjem času uporabljajo vodniki prereza 70 mm^2 . Vodniki s presekom 25 mm^2 in 30 mm^2 pa se opuščajo.



Slika 7: Vodnik AL-FE preseka 70 mm^2
(Lastni vir)

V podjetju Elektro Ljubljana, d. d., imamo poleg daljnovodov, ki so grajeni iz golih vodnikov, tudi nekaj vodov, na katerih so nameščeni pol-izolirani vodniki (PAS vodnik).

Pol-izoliran vodnik s presekom 70 mm^2 je zgrajen iz poliuretanskega plašča, aluminijastega vodnika in jedra iz karbonskih vlaken. Pol-izolirani vodniki so zanesljivi v slabih vremenskih razmerah. Zaradi zunanjšega plašča niso tako ranljivi pri medsebojnem dotiku ali ob dotiku z drevjem.

Uporabljamo jih v predelih z visoko nadmorsko višino, kjer je pozimi velika nevarnost povečane obtežbe vodnikov zaradi snega in ledu, ter v gozdnatih predelih, kjer je večja možnost padcev dreves na daljnovod. Padla dreves bo vodnik vzdržal več dni mehansko in električno. Pri nadzemnih vodih, na katerih je nameščen PAS vodnik, moramo na določenih delih vodnika odstraniti polprevodno plast, zato da lahko v primeru del daljnovod ustrezno ozemljimo.

Zaradi zgoraj naštetih lastnosti nam pol-prevodni vodniki omogočajo večjo varnost, večjo obratovalno zanesljivost in nižje obratovalne stroške.



*Slika 8: Pol-izoliran vodnik
(Lastni vir)*

2.2.1 SN univerzalni energetske kabli

Poleg zgoraj navedenih opcij izvedbe sredjenapetostnih vodov na daljnovode nameščamo tudi univerzalne energetske kabli. Univerzalni jim pravimo zato, ker so lahko izvedeni prostozračno ali pa se položijo v zemljo. Sestavljeni so iz treh vodnikov, ki so med seboj popolnoma izolirani. Uporabljamo jih na hribovitih gozdnih področjih, kjer bi bila obratovalna zanesljivost daljnovodov z golimi vodniki močno zmanjšana zaradi pogostih zemeljskih stikov ob padcih vej in dreves na daljnovod. Poleg tega nam omogočajo manjše poseke in daljše razdalje med samimi drogovi.



Slika 9: Sestava univerzalnega kabla s samonosilnimi vodniki.

(Vir: GIZ, 2015)

Velikokrat jih uporabimo takrat, ko daljnovod večkrat prehaja iz zraka v zemljo (npr. zaradi nerešenih lastniških vprašanj). Nameščamo jih tudi za napajanje začasnih gradbišč in kjer imamo težave s prostorom. Če povzamemo: univerzalni SN kabli so obratovalno zelo zanesljivi, vendar cenovno neugodni ter zahtevni za nameščanje.

2.3 IZOLATORJI

Izolatorji so izdelani iz neprevodnega materiala. Omogočajo nam vpetje vodnikov in so izdelani za točno določen napetostni nivo. Nameščeni so na konzole, ki so izdelane iz vroče cinkanega jekla, kar pomeni, da so odporne proti vsem atmosferskim vplivom. Izolatorje delimo glede na material, iz katerega so izdelani, in glede na način vpetja vodnika.

Glede na način vpetja vodnikov delimo izolatorje na:

- podporne,



Slika 10: Pokončni kompozitni izolator (PKI)

(Vir: IZOELEKTRO, 2020)

- natezne.



*Slika 11: Natezni izolator
(Lastni vir)*

V Sloveniji na srednjenapetostnih daljnovodih uporabljamo tri vrste izolatorjev:

- kompozitne oz. silikonske,
- keramične in
- steklene.

Uporaba keramičnih izolatorjev se opušča, saj so kompozitni lažji in imajo enostavnejši sistem za vpenjanje vodnika. Izolatorje izbiramo glede na plazilno pot, vzdržno napetost v suhem vremenu in dežju, prelomno silo in število reber. Na 20 kV daljnovodih uporabljamo izolatorje za napetosti do 25 kV.

2.3.1 Prenapetostni odvodniki

Prenapetostni odvodniki so zaščitne naprave, ki omejujejo prenapetosti. Varujejo srednjenapetostne daljnovode pred direktnim udarom strele. Na 20 kV daljnovode vgrajujemo ZnO prenapetostne odvodnike s silikonskim ohišjem. Kot navaja Klenovšek (b. l.) so »ZnO prenapetostni odvodniki sestavljeni iz visoko nelinearnih uporovnih blokov. Nelinearnost se pokaže v smislu odvisnosti toka skozi odvodnik in napetosti. Upornost odvodnika je obratno sorazmerna s pritisnjeno napetostjo. Ob udarnem valu, ki nastane na zaščitenem vodu zaradi strele ali stikalnih manipulacij v sistemu, odvodniku zmanjša upornost in udarni val steče preko odvodnika v ozemljitev. Ob prenehanju prenapetosti se odvodnik povrne v stanje visoke upornosti. ZnO varistorji zagotavljajo stabilne električne karakteristike.« (Klenovšek, b. l., 1). Navadno jih nameščamo na koncu daljnovoda, vedno pa jih uporabimo pri prehodu iz podzemnega na nadzemno omrežje ali obratno.



Slika 12: Prikaz zgradbe prenapetostnega odvodnika
(Vir: Elektroinštitut Milan Vidmar, 2008)

2.4 ZAŠČITA IN AVTOMATIKA 20 KV VODOV

NADTOKOVNA ZAŠČITA

Nadtokovna zaščita varuje daljnovod, kablovod ali transformator pred preobremenitvijo. Preprečuje, da ne bi zaradi prevelikih tokov prišlo do pregrevanja vodnikov in s tem do pretrganja vodov, gorenja izolacije, prevelikih povosov.

KRATKOSTIČNA ZAŠČITA

Kratkostična zaščita varuje naprave pred dvopolnim ali tripolnim kratkim stikom. Ker so kratkostični tokovi zelo veliki, mora zaščita v trenutku izklopiti vod v okvari.

ZEMLJOSTIČNA ZAŠČITA

Zemljostična zaščita deluje v primeru, ko pride fazni vodnik v stik s potencialom zemlje in po časovni zakasnitvi deluje na odklop odklopnika.

AVTOMATSKI PONOJNI VKLOP (APV)

Avtomatski ponovni vklop deluje tako, da vklopi odklopnik po določenem času, definiranem z breznapetostnim stanjem.

Pri kablovodih, kjer ni prehodnih napak (npr. padec veje na daljnovod), rele vklopi po 30 sekundah. Temu pravimo počasni ponovni vklop – PAPV. Če napaka izgine, je stanje odvoda normalno, če napaka še traja, odvod ostane izklopljen.

Pri daljnovodih je dodan še cikel hitrega ponovnega vklopa (HAPV) v času 0,3 sekunde. Ta nam velikokrat odpravi prehodne napake. Hitri avtomatski ponovni vklop – HAPV

Vse zaščite delujejo na avtomatiko ponovnega avtomatskega vklopa.

AVTOMATSKI ISKALEC VISOKOOMSKE NAPAKE (AIVN)

Deluje takrat, ko je tok zemeljskega stika premajhen (manjši od 20 A), da bi delovala zemljostična zaščita.

RESONANČNO OZEMLJENA NEVTRALNA TOČKA (RONT)

V zvezdišče energetskega transformatorja se vgradi Pattersonova dušilka, katere naloga je, da kompenzira kapacitivne komponente zemljostičnega toka SN sistema. Posledično ima zmožnost samo – gašenja obloka ob prehodnih enopolnih zemeljskih stikih. S tem zmanjšamo število izpadov ob prehodnih okvarah.

2.5 STIKALNE NAPRAVE

2.5.1 Progovno ločilno stikalo

Progovna stikala so ločilna stikal, saj z njimi lahko izklapljammo samo naprave v neobremenjenem stanju. Izklopni tokovi ne smejo biti večji od 6 A.



*Slika 13: Progovno ločilno stikalo
(Lastni vir)*

Progovna ločilna stikala uporabljamo za:

- priklop in izkop neobremenjenih TP do 250 kV,
- izklapljanje neobremenjenih DV, dolžine od 8 km in KB do 0, km,
- sklepanje in ločevanje zank.

Ob rednem vzdrževanju manipulacije s progovnimi ločilnimi stikali ne smejo biti problematične.

2.5.2 Progovno ločilno stikalo s komorami

Progovna stikala z gasilnim komorami so bremenska stikala, saj z njimi opravljamo vse manipulacije pod obremenitvijo, in sicer nazivni tok 400 A ali 630 A, ne omogočajo pa izklopa kratkega stika.

Z bremenskimi stikali lahko izklapljammo in vklapljamo nazivne moči in tokove v rednem obratovanju. Kratkostičnih tokov z njimi ni mogoče izklopiti. Omogočajo vidno ločitev izklopljenih delov od delov pod napetostjo. Izklop transformatorjev, večjih od 250 kVA, izvajamo z bremenskimi stikali.

Poznamo bremenska stikala za notranjo in zunanjo montažo (na drog).

Zelo razširjena bremenska stikala za notranjo montažo so izdelana v SF6 tehniki. Pri večini teh stikal ni možna vidna ločitev. Položaj stikal je viden na indikacijski znački, ki je nameščena pogonski osi stikal.



*Slika 14: Progovno ločilno stikalo s komorami
(Lastni vir)*

2.5.3 Odklopniki

Z odklopniki oz. močnostnimi stikali lahko izklapljammo in vklapljamo nazivne moči in tokove. Z njimi lahko izklapljammo tudi kratke stike. Kadar pride do okvar na daljnovodih opravljamo preklope in izklope z odklopniki.

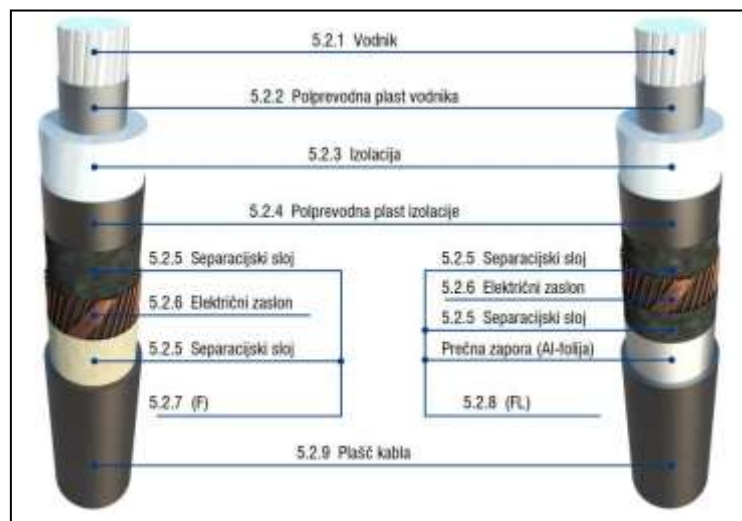


*Slika 15: Daljinsko močnostno stikalo na A-drogu
(Lastni vir)*

3 SREDNJENAPETOSTNI KABLOVODI

Za doseganje dobre obratovalne zanesljivosti, zmanjševanja stroškov in zadovoljstva odjemalcev je ključnega pomena razvoj in gradnja srednjenapetostnih kablovodov. To se odraža tudi v boljšem SAIDI in SAIFI.

Pri gradnji 20 kV kablovodov uporabljamo enožilne kable, pri čemer ena žila predstavlja eno fazo. Enožilne kable polagamo v vseh terenskih pogojih, z njimi pa napajamo vse vrste distribucijskih elektroenergetskih objektov.



Slika 16: Sestava SN enožilnega kabla
(Vir: SODO, 2020)

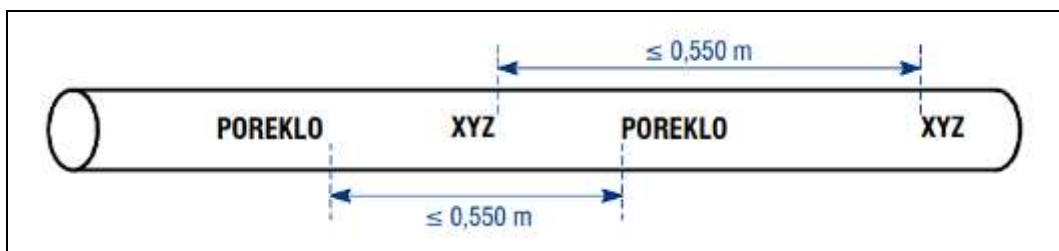
Vsak kabel mora biti označen v skladu s standardom. Na plašču kabla morajo biti jasno vidne, neizbrisljive in ponavljajoče se naslednje oznake:

• POREKLO

- ime proizvajalca kabla ali njegov zaščitni znak.

• XYZ

- leto izdelave,
- oznaka konstrukcije kabla po standardu,
- število žil, nazivni prerez vodnika in električne zaščite,
- nazivna napetost kabla,
- tekoče oznake dolžin. (SODO, 2022)



Slika 17: Oznake na plašču kabla
(Vir: SODO, 2020)

Srednjenapetostne kablove lahko polagamo direktno v zemljo ali pa že v prej zgrajeno kabelsko kanalizacijo. Kabelske kolute transportiramo z velikimi tovornjaki in specialnimi prikolicami. To je zahtevno delo, saj moramo izredno paziti, da se le-ti ne poškodujejo. Kabel se polaga direktno v zemljo (v peščeno posteljo ali drobno zemljo) na minimalni globini 0.7 m. Tik pod površjem moramo namestiti rdeč opozorilni trak z napisom ENERGETSKI KABEL. Vleka kablov po kabelski kanalizaciji poteka s pomočjo prevlečene vrvi in vitla. Pred tem moramo predvideti, kje se bodo izdelovale spojke (glede na postavitev jaškov). Pri prehodu podzemnega voda na nadzemno omrežje ali tam, kjer se kabli speljejo v transformatorsko postajo, se na koncu na vsakem kablu naredi kabelsko glavo (končnik).



*Slika 18: Povezava SN kablov na nadzemne vodnike
(Lastni vir)*

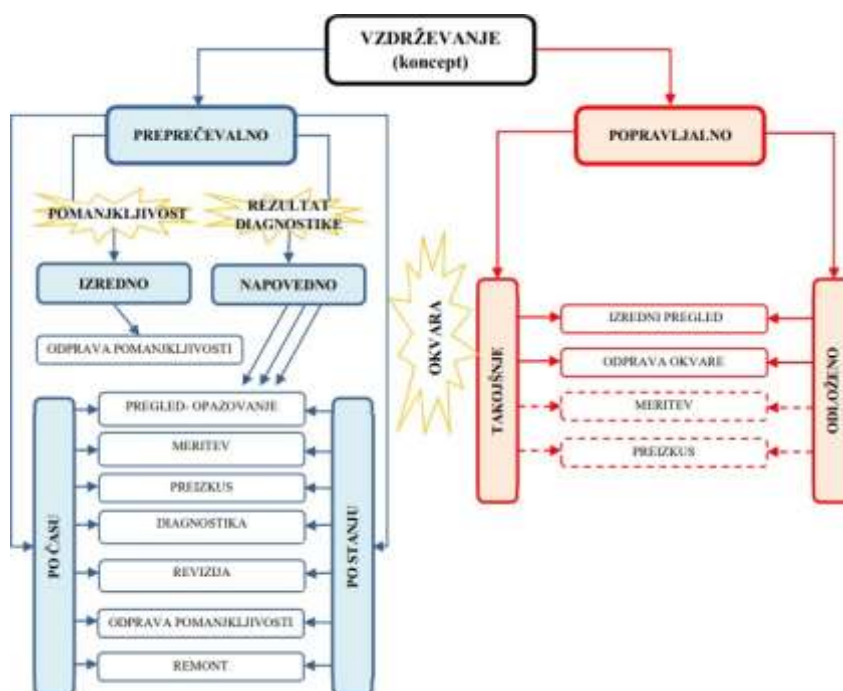
4 VZDRŽEVANJE SREDNENAPETOSTNIH VODOV

»Vzdrževanje je kombinacija tehničnih, administrativnih in vodstvenih ukrepov za časa življenjske dobe naprave s ciljem obdržati napravo v stanju ali jo vrniti v stanje, v katerem lahko opravlja svojo funkcijo.« (SODO, 2022, str. 3)

»Sistem vzdrževanja delimo na:

- koncepte vzdrževanja,
- metode vzdrževanja,
- vzdrževalna dela in
- vzdrževalna opravila.« (SODO, 2022, str. 3)

V slovenskih podjetjih za vzdrževanje distribucijskega omrežja se usmerjamo tistemu konceptu vzdrževanja, ki temelji na zanesljivosti. Za doseganje zanesljivega delovanja omrežja moramo vpeljati sisteme za spremljanje stanja naprav, stroškov vzdrževalnih del, statistike dogodkov in namena določenih naprav v sistemu. Uvesti je potrebno tudi tehnike vzdrževanja naprav (SODO, 2022).



Slika 19: Delitev vzdrževanja

(Vir: Navodila za vzdrževanje distribucijskega EEN omrežja - Verzija: 1. 7, 3. 11., 2022)

Metode vzdrževanja delimo na dva načina:

1. preprečevalno (preventivno) vzdrževanje:
 - preprečevalno vzdrževanje po času,
 - preprečevalno vzdrževanje po stanju,
 - izredno vzdrževanje,
 - napovedno vzdrževanje;
2. popravljalno (kurativno) vzdrževanje:
 - takojšnje popravljalno vzdrževanje,
 - odloženo popravljalno vzdrževanje (SODO, 2022).

4.1 VZDRŽEVALNA DELA

Vzdrževalna dela so:

- odprava okvar,
- izredni pregled – opazovanje,
- pregled – opazovanje,
- revizija,
- odprava pomanjkljivosti,
- remont,
- diagnostika,
- meritve,
- preizkusi (SODO, 2022).

Pri izvajanju vzdrževalnih del v distribucijskem omrežju in postrojih je potrebno upoštevati:

- določila navodil SODO,
- pravilnik o vzdrževanju elektroenergetskih postrojev,
- energetski zakon,
- zakone, standarde in pravilnike s področja elektroenergetike, ki zadevajo problematiko izvajanja vzdrževalnih del,
- zahteve projektne dokumentacije (PGD, PID idr.), ki so bile osnova za izdajo gradbenega in uporabnega dovoljenja,
- predpise s področja varnosti in zdravja pri delu,
- predpise s področja meroslovnih pravilnikov,
- navodila proizvajalcev za vzdrževanje,
- interne akte oz. dokumentacijo s področja vzdrževanja in
- predpise s področja požarne varnosti in varovanja okolja (SODO, 2022).

4.2 VZDRŽEVALNA OPRAVILA

»K vzdrževalnim opravilom sodi:

- ugotavljanje stanja s pregledom,
- opazovanje,
- preverjanje (nivo olja, tesnil, pritrditev, itd.),
- preverjanje delovanja,
- čiščenje,
- posek tras,
- mazanje,
- antikorozijska zaščita,
- nastavitve,
- zamenjava delov (popravila).« (SODO, 2022, str. 4 - 5)

4.3 POJMI IN DEFINICIJE S PODROČJA VZDRŽEVANJA

4.3.1 Diagnostika

»*DIAGNOSTIČNA METODA* je postopek ugotavljanja parametrov, ki so značilni za obratovanje dane naprave in se ugotavljajo na podlagi razumskih in nepristranskih postopkov.« (SODO, 2022, str. 5)

»*DIAGNOSTIKA* je proces določanja stanja naprave na podlagi velikosti značilnih parametrov ali njihovih sprememb.« (SODO, 2022, str. 6)

»*STANJE NAPRAVE* je lastnost, ki se določi na podlagi ugotavljanja in spremljanja velikosti karakterističnih parametrov o delovanju in vzdrževanju naprave.« (SODO, 2022, str. 6)

4.3.2 Dogodek

»*DOGODEK* je sprememba stanja naprave, ki onemogoča ali ovira izvrševanje osnovne funkcije naprave.« (SODO, 2022, str. 6)

»*OKVARA* je stanje, v katerem naprava ni sposobna opravljati funkcij, zaradi katerih je vgrajena, ali so ogroženi zanesljivo obratovanje, zdravje in življenje ter lastnina, razen med preprečevalnim vzdrževanjem, drugimi načrtovanimi deli ali izpadom napajanja.« (SODO, 2022, str. 6)

»*POMANJKLJIVOST* je stanje naprav ali objekta, ki omogoča njihovo delovanje s polno ali z zmanjšano funkcionalnostjo in s povečanim tveganjem za nastanek okvare.« (SODO, 2022, str. 6)

4.3.3 Vzdrževanje – dela

»*PREGLED* je preverjanje stanja naprav z opazovanjem, z meritvami ali s preskušanjem karakteristik naprave. Pri pregledu je obseg del praviloma minimalen. Izvaja se med normalnim delovanjem elementa,« (SODO, 2022, str. 6)

»*IZREDNI PREGLED* je pregled z opazovanjem, ki se opravlja po izrednih dogodkih na elementih postroja ali voda (okvara, izredne vremenske razmere) z namenom, da se ugotovi stanje naprave (voda) in po potrebi ukrepa ter se tako ohrani življenjska doba naprave. Izredni pregled predstavlja tudi dodaten pregled na zahtevo zunanjega organa.« (SODO, 2022, str. 6)

»*REVIZIJA* je delo na elementih naprave ali voda. Opravlja se periodično po navodilih o vzdrževanju pred nastankom okvare, z namenom, da se ohrani življenjska doba naprave. V okviru revizije se opravi tudi pregled naprave ali voda ter lahko tudi odpravi ugotovljene pomanjkljivosti. Revizija se opravlja v breznapetostnem stanju. Izjema so opravila in dela, ki jih je mogoče opraviti v skladu z navodili in postopki dela pod napetostjo (DPN).« (SODO, 2022, str. 6)

»*REMONT* je obsežen nabor preprečevalnih vzdrževalnih ukrepov za ohranjanje zahtevane ravni delovanja naprave. Naveden termin se v distribucijskih podjetjih ne uporablja.« (SODO, 2022, str. 6)

»**OBNOVA** je delo na elementih postroja ali voda, ki se izvaja z namenom, da se podaljša njegova življenjska doba. Pri obnovi gre za izvedbo investicijskih del v življenjski dobi objekta, zato je tudi opredeljena v Navodilih za vzdrževanje distribucijskega elektroenergetskega omrežja.« (SODO, 2022, str. 7)

»**POSODOBITEV** je vzdrževalno delo na EEP, pri katerem z zamenjavo posameznih delov naprav in z vgradnjo sodobnejših delov ohranjamo EEP na nivoju novejšega stanja tehnike.« (SODO, 2022, str. 7)

»**MERITEV** je nabor opravil za določitev lastnosti naprave s ciljem ugotavljanja ustreznosti naprave za njeno delovanje.« (SODO, 2022, str. 7)

»**PREIZKUS** je proces, s katerim se preverja obratovalna sposobnost naprave glede na vnaprej opredeljene karakteristike, ki jih mora izpolnjevati.« (SODO, 2022, str. 7)

4.3.4 Vzdrževanje – metode

»**VZDRŽEVANJE** je kombinacija tehničnih, administrativnih in vodstvenih ukrepov v življenjski dobi naprave s ciljem obdržati napravo v stanju ali napravo vrniti v stanje, v katerem lahko opravlja svojo funkcijo.« (SODO, 2022, str. 7)

»**PREPREČEVALNO (PREVENTIVNO) VZDRŽEVANJE** je delo, ki se izvaja v načrtovanih intervalih ali glede na stanje naprave z namenom, da se zmanjša verjetnost okvare ali poslabšanja delovanja.« (SODO, 2022, str. 7)

»**POPRAVLJALNO (KURATIVNO) VZDRŽEVANJE** je delo, ki se izvaja po ugotovitvi okvare s ciljem, da se postroj vrne v stanje, ko lahko opravlja zahtevano funkcijo.« (SODO, 2022, str. 7)

4.4 IZVAJANJE VZDRŽEVANJA

»Vzdrževalna dela se izvršujejo na osnovi naslednjih sprožitvenih mehanizmov:

- načrta vzdrževanja,
- poročil o ugotavljanju stanja naprav,
- na podlagi ocene stanja,
- na podlagi poročila o nastali okvari,
- na zahtevo inšpektorja ali SODO v primeru zapisniško ugotovljenih pomanjkljivosti na napravah oz. omrežju.« (SODO, 2022, str. 10)

»Vzdrževalna dela se izvajajo na naslednjih objektih, napravah, opremi in vodih:

- RTP in RP (VN, SN, NN oprema in naprave):
 - primarna oprema (energetski transformatorji, odklopniki, ločilniki, TIT, NIT idr.),
 - sekundarna oprema (zaščita in vodenje, merilne naprave, telekomunikacije),
 - gradbeni objekti;
- TP (SN/NN) (SN, NN oprema in naprave):
 - primarna oprema (distribucijski transformatorji, odklopniki, ločilniki, TIT, NIT idr.),
 - sekundarna oprema (zaščita in vodenje, merilne naprave, telekomunikacije),
 - gradbeni objekti,
 - nadzemni vodi (VN, SN, NN oprema in naprave ter DVLM),
 - podzemni vodi (VN, SN in NN),
 - kabelska kanalizacija,
 - center vodenja,
 - merilni center,
 - priključki uporabnikov,
 - merilne naprave.« (SODO, 2022, str. 10)

4.5 PREVENTIVNO (PREPREČEVALNO) VZDRŽEVANJE

V okviru preventivnega (preprečevalnega) vzdrževanja se izvajajo vzdrževalna dela in oprava, ki so navedena v rokovnikih vzdrževalnih del. Za posamezen objekt, napravo, opremo oziroma vod se upošteva ustrezen rokovnik glede na vrsto objekta in obratovalno napetost objekta, naprave, opreme oziroma voda.

Vzdrževalna dela se izvajajo na podlagi naslednjih sprožitvenih mehanizmov:

- načrta vzdrževanja, poročil (zapisnikov) o ugotavljanju stanja naprav,
- ocene stanja,
- poročila o nastali okvari,
- zahteve inšpektorja ali SODO v primeru zapisniško ugotovljenih pomanjkljivosti na napravah oz. omrežju.

Preprečevalno vzdrževanje se izvaja pred nastankom okvare in zajema naslednja vzdrževalna dela:

- pregled – opazovanje,
- revizija,
- odprava pomanjkljivosti,
- remont (ne izvaja se v distribuciji),
- diagnostika,
- meritve,
- preizkusi.

Preprečevalno vzdrževanje se izvaja ob upoštevanju letnega, mesečnega in tedenskega načrta vzdrževanja. Pri tem so predvideni roki opravljanja vzdrževalnih del (pregled, revizija) za posamezne naprave, opredeljeni v navodilih SODO.

Po opravljenih preprečevalnih vzdrževalnih delih je treba izdelati poročilo o opravljenih delih in o stanju naprave (postroja, voda), na katerem so bila izvajana dela (SODO, 2022).

4.6 KOREKTIVNO (POPRAVLJALNO) VZDRŽEVANJE

Korektivno (popravljalno) vzdrževanje opravljamo ob že nastali okvari.

»Korektivno vzdrževanje zajema naslednja vzdrževalna dela:

- popravilo naprav oz. odprava okvar,
- izredni pregled.« (SODO, 2022, str. 10)

S preventivnimi pregledi, opazovanjem, meritvami in diagnostiko ugotavljamo nastanek napak in pomanjkljivosti, in sicer na podlagi izpadov ali informacij tretjih oseb.

Pomanjkljivosti na srednjenapetostnih vodih odpravljamo s preventivnim vzdrževanjem.

Okvare kot so nezanesljivo delovanje distribucijskega omrežja, prekinitve dobave električne energije, ogroženo zdravje in življenje ter ogroženo okolje, moramo odpraviti v najkrajšem možnem času v sklopu čimprejšnjega popravljalnega vzdrževanja. Ostale okvare se lahko odpravijo v sklopu odloženega popravljalnega vzdrževanja.

Nastanek havarije pomeni poškodbo večjega števila naprav, dela ali pa celotnega omrežja. So posledica enega ali več dogodkov. Lastnik omrežja oziroma distribucijsko podjetje mora imeti v svojem internem aktu oziroma načrtu zaščite in reševanja predpisane postopke v primeru nastanka havarije na distribucijskem omrežju.

»V primeru izrednih okoliščin, se v sklopu preventivnega vzdrževanja izvedejo še dodatna dela, ki so:

- diagnostika,
- meritve,
- preizkusi.« (SODO, 2022, str. 10)

Kadar opravimo popravilo ali izredni pregled na srednjenapetostnem vodu, moramo napisati poročilo z vsemi podatki, ki so pomembni za nadaljnje postopanje.

Distribucijsko podjetje oziroma lastnik omrežja mora načrtovati preventivno vzdrževanje tako, da se napak kar se da hitro odpravi. (SODO, 2022).

4.7 DOKUMENTI ZA VARNO DELO

Dokumenti za varno delo so pisni ukrepi za zagotavljanje varnega dela na srednjenapetostnih vodih. Opredeljujejo pripravo in izvedbo del. Samo na osnovi predhodno izdanih dokumentov za varno delo, lahko izvajamo dela na elektroenergetskih objektih in napravah. Njihovo izdajanje in smiselna uporaba je definirana v delovnem navodilu. Napisani morajo biti tako, da so posamezniku ali skupini razumljivi. Vsebovati morajo vse podatke in odgovornosti glede dela. (Elektro Ljubljana, 2016)

Dokumenti za varno delo so:

- »delovni program,
- delovni nalog,
- dovoljenje za delo,
- obvestilo o prenehanju dela,
- depeša.« (Elektro Ljubljana, 2016, str. 13)

Dokumenti za varno delo se navadno izdajo:

- »pisno (z določenim obrazcem),
- ustno, če obstaja možnost snemanja govora,
- prek govornih telekomunikacijskih zvez z vpisovanjem in s preverjanjem besedila in telefaksa,
- z ustrezno programsko opremo, ki zagotavlja verodostojnost.« (Elektro Ljubljana, Interno gradivo, 2016, str. 13)

»Dokumente za varno delo se izdaja v potrebnem številu izvodov. Dokumente za varno delo hranijo izdajatelji najmanj pet let.« (Elektro Ljubljana, 2016, str. 13)

4.7.1 Delovni program

Delovni program je dokument, ki ga uporabljamo, kadar moramo organizirati večje načrtovano delo, pri katerem sodeluje ena ali več delovnih skupin. Obvezen je tudi, kadar dela izvaja več skupin iz drugih podjetji. Delovni program mora biti usklajen med skupinami, vedno pa mu mora slediti še delovni nalog. (Elektro Ljubljana, 2016)

4.7.2 Delovni nalog

Delovni nalog je obvezen pri izvajanju vseh del na srednjenapetostnih elektroenergetskih objektih, postrojih in napravah. Predpisuje ukrepe za varno delo skupine in se izdaja vodjem delovnih skupin.

Delovni nalog je izdelan v pisni obliki mora vsebovati:

1. naziv podjetja in datum izdaje delovnega naloga,
2. številko delovnega naloga,
3. predviden datum in čas pričetka in zaključka del,
4. številko delovnega programa in drugih dokumentov v zvezi z delovno nalogo.
5. priimek in ime koordinatorja del – odgovornega vodje programskih del (v kolikor je bil izdan delovni program),
6. priimek in ime vodje del – vodje delovne skupine,
7. za izvedbo del obvezne manipulacije in ukrepe za zavarovanje mesta dela,
8. ogovorno osebo za izdajo dovoljenja za delo,
9. odgovorno osebo za izdajo obvestila o prenehanju dela,
10. način obveščanja prizadetih,
11. komu se dostavi delovni nalog,
12. posebna določila,
13. podpis ogovorne osebe, ki je delovni nalog izdala, in osebe, ki je delovni nalog prejela.« (Elektro Ljubljana, 2016, str. 13 - 14)

Dovoljenje za delo izda odgovorna oseba za izklop in vzpostavitev breznapetostnega stanja. Ko napravo oziroma postroj izklopi in ustrezno zavaruje, ga v podpis izroči vodji delovne skupine. (Elektro Ljubljana, 2016)

Obvestilo o prenehanju dela se izdaja v pisni obliki po končanem delu ali prekinitvi dela. Vodja delovne skupine ga v podpis izroči odgovorni osebi za vzpostavitev breznapetostnega stanja, ko je prepričan, da so vsi delavci umaknjeni iz nevarne cone naprave ali postroja ter da so odstranili material, orodje in druge predmete. Odstranjene morajo biti tudi naprave za ozemljitev in kratkostično povezavo ter vsa sredstva za zavarovanje, ki so bila pogoj za izdajo dovoljenja za delo. (Elektro Ljubljana, 2016)

4.8 PET ZLATIH PRAVIL

Osnova za varno delo na vseh elektrodistribucijskih objektih je *PET ZLATIH PRAVIL*, ki se glasijo:

1. IZKLOPI IN VIDNO LOČI

Preden začnemo delati na določeni napravi, moramo napravo v celoti izklopiti. Na 20 kV vodih izklope določenega sektorja daljnovoda izvršujemo z odklopniki in bremenskimi stikali.

2. PREPREČI PONOJNI VKLOP

Pred ponovnim vklopom moramo zaščititi tiste dele (stikalo) na napravi, s katerimi smo izvršili izklop. To lahko naredimo npr. s postavitvijo opozorilnih tabel, z zavarovanjem stikala s ključavnico.

3. PREVERI BREZNAPETOSTNO STANJE

Breznepetostno stanje preverjamo z enopolnim preizkuševalcem napetosti (20 kV).

4. OZEMLJI IN IZVRŠI KRATKOSTIČNO POVEZAVO NAPRAV

Ko smo prepričani, da je naprava brez napetosti, jo moramo ozemljiti in kratko skleniti.

Sredjenapetostne daljnovode ozemljujemo s pomočjo ozemljitvenih palic in sonde, na katero so nameščeni trije bakreni vodniki. Sonda se namesti v zemljo, bakrene vodnike pa pritrdimo na ozemljitvene palice. Ozemljitve nato s pomočjo izolirane palice namestimo na vodnike daljnovoda.

5. OGRADI, ZAVARUJ MESTO DELA OD DELOV, KI SO POD NAPETOSTJO

Vedno moramo zagraditi mesto, na katerem bomo izvajali dela, da se natančno vidi katere naprave so v breznapetostnem stanju. Zavarovati moramo tako, da onemogočimo stik z napravami pod napetostjo.

5 OKVARE NA SREDNJENAPETOSTNIH DALJNOVODIH

Okvare se največkrat pojavijo na nadzemnih srednjenapetostnih vodih. Do teh prihaja najpogosteje zaradi vremenskih pojavov, kot so strela, veter, sneg. Na spodnjih slikah so prikazane pogoste okvare na 20 kV daljnovodih.



*Slika 20: Vodnik na konzoli
(Lastni vir)*



*Slika 21: Zlomljen nosilni drog
(Lastni vir)*



*Slika 22: Padlo drevo na daljnovodu
(Lastni vir)*



*Slika 23: Vpetje vodnikov na izolator
(Lastni vir)*



Slika 24: Zlom progovnega stikala
(Lastni vir)

5.1 AKTIVIRANJE VRSTE ZAŠČIT GLEDE NA OKVARO

ZEMLJOSTIČNA ZAŠČITA

Zemljostična zaščita deluje v primeru zemeljskega stika. Največkrat je to preboj izolacije ali padec vodnika na konzolo.

KRATKOSTIČNA ZAŠČITA

Kratkostična zaščita največkrat deluje ob pretrganih vodnikih, drevju na vodnikih, istočasnem preboju dveh ali več izolatorjev, močnih sunkih vetra, sprostitvi dodatne obtežbe ob vetru in snegu, ob mehanski poškodbi kabla.

PRETOKOVNA ZAŠČITA

Preobremenitev voda in vse vrste napak kot pri kratkostični zaščiti, vendar s to razliko, da se napaka nahaja na koncu daljnovoda, ki ga kratkostična zaščita ne more več pokrivati. Deluje lahko tudi pri vklopih zelo obremenjenih vodov.

VISOKOOMSKA ZAŠČITA

Deluje v primeru zemeljskega stika, kjer je zemljostični tok manjši, kot ga lahko zazna. Tok zemeljskega stika na sme biti manjši od 1 A.

6 ZAMENJAVA ODCEPNEGA A-DROGA

V praktičnem delu diplomske naloge bomo opisali zamenjavo odcepnega A-droga. Zamenjava drogov je ključna za omogočanje čim bolj neprekinjene dobave električne energije, saj so drogovi najbolj izpostavljeni vremenskim vplivom in zaradi njih velikokrat pride do okvare.

Pred zamenjavo drog ali A-drogov je potrebno najprej ugotoviti:

- višino droga,
- njegov tip,
- vrsto izolacije,
- možnost dostopa z mehanizacijo,
- kdaj se lahko zamenja drog zaradi varovanja posevka.

6.1 PREVOZ DROGOV IN MATERIALA ZA IZDELAVO A-DROGA

Takšno delo načeloma poteka dva dni. Prvi dan na delovišče pripeljemo potreben material za zamenjavo, in sicer betonske klešče, lesene drogove, izolatorje, konzolo. Drogove transportiramo s pomočjo specialnih prikolic.



Slika 25: Prevoz drogov
(Lastni vir)

6.2 SESTAVLJANJE A-DROGA

Ko imamo na delovišču ves potreben material, se lotimo sestavljanja (armiranja) A-droga. Pri takšnem delu si pomagamo s hidravličnimi dvigali. Najprej na vsak drog posebej namestimo betonske klešče in jih nato povežemo s talno podlogo. Na vrhu

A-drog spojimo z dvema vijakoma in nanj namestimo ustrezno konzolo. V sredini ga povežemo s prečko. Pomembno je, da na koncu na drog namestimo opozorilno tablico, letnico izdelave in številko droga.



Slika 26: Namestitvev betonskih klešč
(Lastni vir)



Slika 27: Sestavljanje spodnjega dela A-droga
(Lastni vir)

6.3 IZKLOP DOLOČENEGA SEKTORJA DALJNOVODA

Delovni nalog je osnova za izklop določenega sektorja daljnovoda. Na njem je natančno napisano, kdo je odgovorna oseba za vzpostavitev breznapetostnega stanja in ob kateri uri mora začeti stikalno manipulacijo, ki jo izvrši po navodilih DCV-ja (distribucijski center vodenja). Ko je daljnovod izklopljen, preveri breznapetostno stanje in daljnovod ozemlji.



Slika 28: Enopolni indikator napetosti (20 kV)
(Lastni vir)

Pred začetkom dela izroči vodji del za zamenjavo droga dovoljenje za delo, ki ga mora le-ta podpisati. Svojim delavcem mora nato naročiti, da še sami preverijo breznapetostno stanje in delovišče obojestransko ozemljijo.

6.3.1 OZEMLJITEV DALJNOVODA

Sredjenapetostne daljnovode ozemljujemo s pomočjo ozemljitvenih palic in sonde, na katero so nameščeni trije bakreni vodniki. Sonda se namesti v zemljo, bakrene vodnike pa pritrdimo na ozemljitvene palice. Ozemljitve nato s pomočjo izolirane palice namestimo na vodnike daljnovoda.



Slika 29: Ozemljen 20 kV daljnovod
(Lastni vir)

6.4 ZAMENJAVA A-DROGA

Ko imamo daljnovod po predpisih izklopljen in zavarovan, lahko pričnemo z deli. Naprej moramo demontirati dotrajani drog. To storimo s pomočjo dvižnih delovnih ploščadi. Stari A-drog nato podremo. Na spodnji sliki so vidne luknje v lesenem drogu. Takšen drog ne bi zdržal močnejšega vetra, zato je bil skrajni čas za zamenjavo.



*Slika 30: Luknje v lesenem drogu
(Lastni vir)*

6.4.1 Izkop za A-drog

Izkop za A-drog mora biti prilagojen dimenzijam A-droga, prilagajati pa se moramo tudi terenu in njegovi sestavi. V našem primeru smo izkopali 2 m globoko, 1 m široko in 3 m dolgo jamo za postavitev novega A-droga.



*Slika 31: Kopanje izkopa za A-drog
(Lastni vir)*

6.4.2 Postavitev A-droga

Pri postavitvi si pomagamo s težko gradbeno mehanizacijo. A-drog smo postavili s hidravličnim dvigalom v kombinaciji z jeklenimi vrvmi. Preden A-drog zasujemo, ga moramo umeriti. Za ta namen uporabljamo merilo, imenovano grezilo. Ko A-drog stoji navpično, ga zasujemo z zemljo.



*Slika 32: Postavitev A-droga
(Lastni vir)*



*Slika 33: Nastavljanje A-droga na pravo mesto
(Lastni vir)*

6.4.3 Vpenjanje vodnikov

Da lahko daljnovod ponovno obratuje, je potrebno namestiti vodnike. V opisanem primeru smo imeli opraviti z zatezno-nosilnimi izolatorji, zato smo pri vpenjanju uporabljali žična dvigala.



*Slika 34: Vpenjanje vodnikov
(Lastni vir)*



*Slika 35: Vpeti vodniki
(Lastni vir)*

Po končanih delih smo se z delovišča umaknili in odstranili vso delovno opremo. Vodja del je najprej preveril, če so se vsi delavci umaknili z nevarnih območij. Nato je dal naročil, naj se delovišče raz-zemlji, ter napisal obvestilo o prenehanju del in ga izročil odgovorni oseba za izklop v podpis. Odgovorna oseb za izklop je v obratnem vrstnem redu odstranila vse varnostne naprave in ob sodelovanju z DCV daljnovid ponovno vrnila v normalno obratovalno stanje (pod napetost).



*Slika 36: Končna podoba novega A-droga
(Lastni vir)*

7 ZAKLJUČEK

V raziskovalni nalogi smo želeli dokazati, kako pomembno je vzdrževanje srednjanapetostnih vodov za učinkovito delovanje celotnega distribucijskega omrežja. Na področju elektrodistribucijskih podjetji v Sloveniji so najbolj razširjeni 20 kV daljnovodi. Služijo prenosu energije od razdelilnih transformatorskih postaj (RTP) do posameznih transformatorskih postaj, ki so namenjene napajanju gospodinjstev in drugih porabnikov električne energije.

V veliki meri se v današnjem času poslužujemo preventivnega vzdrževanja. Stremimo k temu, da že vnaprej predvidimo okvaro, ki bi se lahko zgodil na določenem sektorju daljnovoda. V času, ko imamo načrtovan izklop daljnovoda, poskušamo opraviti čim več vzdrževalnih del, še posebej na mestih, kjer ni možnosti prenapenjanja.

Kljub temu da skušamo večino napak odpraviti še pred nastankom okvare, se še vedno ne moremo izogniti korektivnemu vzdrževanju. Največ problemov nam povzročajo vremenski dejavniki. Pozimi zaradi velike obtežitve snega in vetra prihaja do zlomov drogov, poleti v času neviht pa se velikokrat srečujemo z udarom strele. V času okvar smo delavci elektrodistribucijskih podjetji izpostavljeni nevarnim delovnim okoliščinam, saj si prizadevamo hitro odpraviti napako.

Ugotovili smo tudi, da je tam, kjer se določene transformatorske postaje napajajo iz podzemnih vodov, dobava električne energije redkeje prekinjena, saj kablovodi niso izpostavljeni zunanjim dejavnikom.

Glede na cilj, ki smo si ga zadali v začetku diplomske naloge, menim, da smo širši javnosti dobro prikazali realno stanje na področju vzdrževanja daljnovodov. V prihodnosti pa se bo moralo distribucijsko omrežje še intenzivneje posodablјati in razvijati.

8 LITERATURA IN VIRI

Elektro Ljubljana. (b. l.). *Omrežje*. Pridobljeno 10. 2. 2023 z naslova <https://www.elektro-ljubljana.si/omrezje>.

ELES. (2013). *Delitev električnih omrežji*. Pridobljeno 6. 2. 2023 z naslova <https://www.eles.si/zakladnica-znanja/ArticleID/12816/Delitev-elektri%C4%8Dnih-omre%C5%BEij>.

GIZ – distribucije električne energije. (2015). *SN univerzalni energetski kabli 12/20/24 kV*. Pridobljeno 5. 4. 2023 z naslova <https://www.giz-dee.si/Portals/0/Tipizacija/GIZ-TS-10-SN-Univerzalni-energetski-kabli-12-20-24-kV.pdf>.

IZOELEKTRO. (2020). *Katalog izdelkov*. Pridobljeno 2. 3. 2023 z naslova https://www.izoelektro.com/files/catalogue/IZOELEKTRO_catalogue.pdf.

Klenovšek, P. (b. l.). *Srednjenapetostni ZnO prenapetostni odvodniki s silikonskim ohišjem*. Pridobljeno 8. 2. 2023 z naslova https://www.eti.si/images/userfiles/sl-SI/documents/media/Srednjenapetostni_odvodnik-scan.pdf.

SODO. (2020). *Načrtovanje in gradnja 20 kV kablovodov*. Pridobljeno 9. 4. 2023 z naslova <https://www.sodo.si/storage/app/uploads/public/5f5/a07/1ab/5f5a071abe268517302344.pdf>.

SODO. (2020). *Enožilni energetski kabli 12/20/24 kV*. Pridobljeno 9. 4. 2023 z naslova <https://www.sodo.si/storage/app/uploads/public/5fb/3aa/8d4/5fb3aa8d4b5c9691990800.pdf>

SODO. (2022). *Navodila za vzdrževanje distribucijskega elektroenergetskega omrežja - Verzija: 1.7*. Pridobljeno 17. 3. 2023 z naslova <https://www.sodo.si/storage/app/uploads/public/636/9fb/772/6369fb7728e2e921476150.pdf>.