



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

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

REKONSTRUKCIJA IN VKLJUČITEV TP MORAVSKI VRH 3 V DISTRIBUCIJSKO OMREŽJE

Mentor: dr. Viktor Lovrenčič, univ. dipl. inž. el.
Lektorica: Zvezdana Sabol Golob, prof. slov.

Kandidat: Mirko Grah

Radenci, avgust 2023

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju dr. Viktorju Lovrenčiču, univ. dipl. inž. el., za pomoč pri izdelavi diplomske naloge, ter njegovo strokovno usmerjanje in zavzetost.

Zahvaljujem se tudi lektorici Zvezdani Sabol Golob, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

IZJAVA

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

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

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

Distribucijsko omrežje je eden izmed ključnih členov v verigi oskrbe z električno energijo, saj povezuje prenosno omrežje električne energije s končnimi uporabniki električne energije. Za zagotavljanje kakovostne oskrbe z električno energijo je potrebno zagotoviti ustrezno osnovno infrastrukturo elektroenergetskih vodov (transformatorske postaje, razdelilne transformatorske postaje, obnova nizkonapetostnih omrežij), ki se bo odražala v korist za uporabnike omrežja.

Kot študijo v diplomskem delu naloga obravnava rekonstrukcijo nizkonapetostnega omrežja, ki se napaja iz TP Moravski vrh – nadomestna (TP Moravski vrh 3). V diplomskem delu smo prikazali rekonstrukcijo dotrajanega nizkonapetostnega omrežja, ki je bila izvedena s kabliranjem, ter vključitev nadomestne transformatorske postaje.

Pri sami rekonstrukciji smo velik poudarek namenili varnosti in zdravju pri delu (pet zlatih pravil), zaščitni opremi, kar je nujno potrebno za varno kakovostno in uspešno delo brez poškodb.

KLJUČNE BESEDE

- nizkonapetostno omrežje
- rekonstrukcija omrežja
- transformatorska postaja
- ozemljitev
- varnost pri delu

ABSTRACT

The electrical distribution system is a crucial component of the electrical supply grid since it connects the electrical energy system with end users. To ensure the quality of electrical supply, it is necessary to upgrade the basic infrastructure such as Electro energetic supply lines, this includes high voltage/middle voltage transformer post, splitter transformer posts, as well as the refurbishing of low voltage networks all for the benefit of the end users.

In the current work we covered the reconstruction of a low voltage network which supplies TP Moravski Vrh and replaces Moravski Vrh 3. In the current work we showed the reconstruction of the worn-out low voltage network, which was performed by including a replacement transformation unit and new cables.

During reconstruction much emphasis was put towards occupational safety and health (five golden rules) safety equipment which is of crucial importance for safe and quality work performance without injuries.

KEYWORDS

- low-voltage network
- network restoration
- transformer station
- electrical grounding
- workplace safety

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilji naloge	2
1.3	Predpostavke in omejitve	2
1.4	Metode dela	2
2	TEORETIČNO OZADJE.....	3
2.1	Opis delovanja transformatorja.....	3
2.2	Ozemljitev	5
2.2.1	Zaščitna ozemljitev	6
2.2.2	Obratovalna ozemljitev	6
2.2.3	Združena ozemljitev	6
2.2.4	Ločena ozemljitev.....	7
2.2.5	Strelvodna ozemljitev	7
2.2.6	Ozemljila	7
3	PRAVILNIK	9
3.1.	Pravilnik o tehničnih normativih	9
3.1.1	Splošne določbe o ozemljitvah	9
3.1.2	Standard SIST HD 637 S1:1999 in elektroenergetske naprave nad 1 kV izmenične napetosti.....	9
3.1.3.	Dimenzioniranje ozemljitvenih sistemov pri obratovalni frekvenci	9
3.1.4.	Izvedba ozemljitvenih sistemov	10
3.1.5.	Zaščita pred nevarnostmi zaradi napetosti dotika in koraka.....	10
4	ELEKTROENERGETSKI SISTEM	12
4.1	Zaščita	13
5	ZASNOVA IN OPIS TRANSFORMATORSKE POSTAJE MORAVSKI VRH 3.15	
5.1	Splošni opis in lokacija objekta.....	15
5.1.1	Splošni opis.....	15
5.2	Argumentacija za predvidena dela	15
5.2.1	Argumentacija TP	15
5.2.2	Argumentacija SNO.....	15
5.2.3	Argumentacija NNO.....	15
5.3	Opis del.....	16
5.3.1	Opis obstoječega stanja	16
5.3.2	Opis predvidenega stanja.....	17
5.3.3	Lokacija in opis TP	17
5.3.4	Osnovni podatki.....	17
5.3.5	Tehnično poročilo	18
5.3.6	Elektrostrojni del.....	19
5.3.7	Sredjenapetostni del.....	19
5.3.8	Nizkonapetostni del	20
5.4	Zaščita	23
5.4.1	Zaščita transformatorja	23
5.4.2	Zaščita pred električnim udarom.....	24
5.4.3	Zaščita nizkonapetostnih izvodov	24
5.4.4	Zaščita pred prenapetostmi	24
5.4.5	Protipožarna zaščita	24
5.4.6	Zaščita okolja	24

5.4.7	Zaščita pred hrupom.....	25
5.4.8	Zaščita pred elektromagnetnim sevanjem	25
5.4.9	Zaščita pred udarom strele	25
5.4.10	Električna instalacija	26
5.4.11	Meritve.....	26
5.5	Načrtovanje NN omrežja	27
6	OPIS SN ENERGETSKEGA SISTEMA.....	28
6.1	Izračuni in dimenzioniranje.....	28
6.2	Ozemljitev	28
6.2.1	Termična kontrola	28
6.2.2	Podatki o specifični upornosti tal	28
6.2.3	Ozemljitve pri TP SN/NN	29
6.3	Vzdrževanje transformatorja	30
6.3.1	Transformatorsko olje	30
6.4	Skoznjiki	31
6.4.1	Klasičen ali nekondenzatorski tip.....	32
6.4.2	Kondenzatorski tip.....	32
6.4.3	Hladilni sistem	33
6.4.4	Naprave in oprema	33
6.4.5	Protipožarna zaščita	33
7	VARSTVO PRI DELU.....	35
7.1	Splošna določila	35
7.2	Pet zlatih pravil.....	36
7.3	Varno delo na višini.....	37
7.4	Delo na skupnem delovišču	37
7.5	Požarna varnost.....	37
7.6	Prva pomoč.....	38
7.7	Delo z dvigali in dvig bremen.....	38
7.8	Osamitev opreme	38
7.9	Nevarnost električnega toka	39
7.10	Ekologija in vpliv na okolje	39
8	ZAKLJUČEK	40
9	LITERATURA IN VIRI	41

KAZALO SLIK

Slika 1:	Shematični prikaz transformatorja.....	3
Slika 2:	Shematični prikaz delovanja ozemljitve.....	8
Slika 3:	Konstrukcija elektrodistribucijskega omrežja.....	13
Slika 4:	Tipska poenostavljena enopolna shema	14
Slika 5:	Stanje NN omrežja a.), b.) dotrajani drogovi, c.) stanje NN razdelilnika, d.) obstoječa postaja TP-274 Moravski vrh	16
Slika 6:	Shematični načrt transformatorske postaje	19
Slika 7:	a) SN postroj; b) Transformatorski prostor	20
Slika 8:	Nova transformatorska postaja na terenu	21
Slika 9:	a) Izgled NN dela v fazi priklopa; b) Vezje digitalnega odčitavanja spodaj	22
Slika 10:	Vezalna shema transformatorske postaje	23
Slika 11:	Potek proge SN in NN kabelskega sistema.....	26

KAZALO TABEL

Tabela 1: Najmanjši prerezi ozemlji, ki jih določa pravilnik.....	8
---	---

KRATICE IN AKRONIMI

Al:	Aluminij
BDP:	Bruto domači proizvod
Cu:	Baker
CATV:	Kabelska televizija
EM:	Elektro Maribor
GIZ:	Gospodarsko interesno združenje
NN:	Nizkonapetostno
NNO:	Nizkonapetostno omrežje
OE:	Območna enota
PS-RO:	Prostostoječa razdelilna omarica
PS-RMO:	Prostostoječa razdelilno merilna omarica
SODO:	Sistemski operater distribucijskega omrežja
SN:	Srednjenapetostno
SNO:	Srednjenapetostno omrežje
TS:	Tehnične specifikacije
TP:	Transformatorska postaja
TSN:	Tovarna stikalnih naprav
VN:	Visokonapetostno
VNO:	Visokonapetostno omrežje
V-PMO:	Vgradna priključno merilna omarica

1 UVOD

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Električno omrežje bi lahko enačili z ožiljem sodobne družbe. V kolikor je na voljo dovolj energije se tako v bioloških kot družbenih sistemih razvijata kompleksnost, odpornost in omogoča evolucijo oz. nenehni razvoj. Celotna ekonomija družbe je odvisna od energetske politike, kar je razvidno zlasti iz linearne korelacije med bruto domačim proizvodom (BDP) države in potrošeno energijo. Za delovanje družbenega sistema je potrebno električno energijo distribuirati do končnih uporabnikov, ključni element pri tem je transformator (Beckmann, 2003).

Električni transformator je naprava, ki pretvori električno energijo iz oblike, primerne za prenos na daljše razdalje v obliko, ki je uporabna za končnega uporabnika. Da se lahko električna energija velike moči prenese od lokacije generiranja (elektrarne) do končnega uporabnika je potrebna kar se da visoka napetost, saj bi v nasprotnem primeru zelo visoki električni tokovi nesprejemljivo segreti električni vodnik, kar imenujemo Joulove izgube (Agencija za energijo, 2023).

Z napetostjo smo omejeni z električno izolacijo vodnika in prebojno trdnostjo zraka. Zaradi nevarnosti preboja izolacije in s tem povezanim tveganjem za električne naprave in zdravje ljudi električna energija visoke napetosti ni uporabna za končnega uporabnika. Transformator je tako ključni člen v elektrodistribucijski verigi, ki povezuje visokonapetostne in nizkonapetostne vodnike oz. omrežja (Beckmann, 2003).

Dolžine nizkonapetostnih povezav do končnih uporabnikov je potrebno optimirati in sproti prilagajati ekonomskim in demografskim spremembam regije. Gradijo se namreč nova naselja in vzpostavljajo industrijske cone, hkrati pa je vztrajna tendenca po povišani uporabi električne energije prebivalstva. Ključni dejavniki, kot so elektrifikacija mobilnosti in montaža hišnih polnilnic za električne avtomobile, ogrevanje s toplotnimi črpalkami in električnimi grelnimi elementi (IR paneli, električno talno gretje, električni radiatorji) zahtevajo nadgradnjo električnega omrežja in izgradnjo novih transformatorskih postaj (Voršič, 2005).

Našteti dejavniki so tudi botrovali rekonstrukciji transformatorske postaje Moravski vrh. Rekonstrukcija je bila izvedena z upoštevanjem povišanih potreb odjemalcev in dolgoročne zanesljive oskrbe z električno energijo.

V nadaljevanju tega dela bo predstavljen projekt vzpostavitve nove transformatorske postaje, prikazali bomo vse potrebne korake in relevantne standarde oz. dobre prakse tega procesa, posebno pozornost bomo namenili zdravju in varstvu pri delu ter vplivu na okolje (Agencija za energijo, 2023; Voršič, 2005).

1.2 CILJI NALOGE

V diplomski nalogi so ob opisu področja načrtovanja nizkonapetostnega omrežja ter ob upoštevanju vseh zakonsko predpisanih navodil za varno delo bili podani tudi bistveni kriteriji za načrtovanje in pravilno izvedbo le tega. V sklopu diplomske naloge je bilo izdelano tudi tehnično poročilo za izvedbo rekonstrukcije nizkonapetostnega omrežja napajanega iz transformatorske postaje Moravski vrh (T-274). Izdelano tehnično poročilo vključuje izračun veličin, določitev materiala, načrt za polaganje pripadajočih kablov in stroškovno oceno predvidenih stroškov.

1.3 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

Rekonstrukcijska dela na terenu lahko v odvisnosti od spremembe okoliščin vključujejo tudi nepredvidena in dodatna dela. V velikem številu rekonstrukcijskih del prihaja do težav pri pridobivanju služnostnih pogodb, saj lastniki zemljišč ne dovoljujejo posega na njihovem zemljišču. V tem primeru je potrebno traso kablovoda spremeniti, jo z lastnikom zemljišča na novo uskladiti, v nekaterih primerih pa je potrebno celo poiskati povsem novo traso. Kot izvajalcu rekonstrukcijskih del so nam veliko oviro na zemljišču predstavljali tudi obstoječe omrežje za kabelsko televizijo (CATV), vodovod in kanalizacija. V fazi izdelave projektne dokumentacije in kasneje tehničnega poročila smo nepredvidene dogodke in vplive skušali kar se da natančno predvideti in v poročilu tudi navesti.

Izbran kabel z oznako NA2XY je bil določen v skladu s smernicami podjetja. Kabel ustreza vsem zakonsko predpisanim zahtevam, ima izolacijo z večjimi prenosnimi zmogljivostmi, vendar je po drugi strani manj odporen na mehanske vplive okolice. Na področjih, kjer se pričakuje večje tveganje za nastanek mehanskih poškodb, je bil kabel položen v zaščitno cev.

1.4 METODE DELA

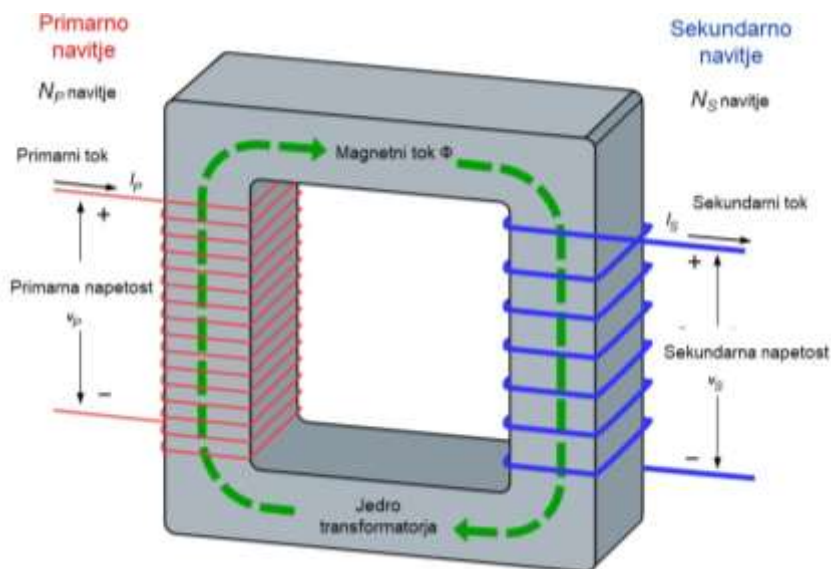
Pri izdelavi diplomske naloge so se uporabile naslednje metode:

- v teoretičnem delu se je uporabila metoda združevanja, saj smo združili zahteve iz različnih smernic in zakonskih predpisov. Poleg tega je bila uporabljena tudi metoda povzemanja, ki nam je omogočala povzetje teoretičnega gradiva iz pisnih virov in internetnih strani.
- v praktičnem delu je bila uporabljena analitična metoda dela s katero smo razčlenili obstoječe stanje. V sklepnem delu izdelave diplomske naloge je bila uporabljena tudi opisna metoda s katero smo opisali postopek dela na terenu in samem objektu.

2 TEORETIČNO OZADJE

2.1 OPIS DELOVANJA TRANSFORMATORJA

Električni transformator je naprava, ki pretvori električno energijo iz oblike, primerne za prenos na daljše razdalje v obliko, ki je uporabna za končnega uporabnika. Transformator je sestavljen iz primarnega in sekundarnega navitja in lameliranega feromagnetnega jedra iz elektropločevine. Navitja in jedro so električno ločeni s tuljavnikom, medsebojno pa z distančniki. Celotni sklop je postavljen na nosilec in se hladi preko zraka ali olja. Sestavni deli transformatorja so prikazani na sliki 1 (Topčagić et al., 2014; Voršič, 2005).



Slika 1: Shematični prikaz transformatorja
(Vir: Topčagić et. al., 2014)

Transformator na distribucijskem koncu električnega omrežja na svojem vходу oz. primarnem navitju sprejema električno energijo z visoko napetostjo. Primarno navitje inducira v jedru transformatorja magnetni tok. Magnetni tok se na sekundarnem navitju ponovno pretvori v električno energijo. Inducirana napetost za tokove sinusne oblike je podana s transformatorsko enačbo 1 (Topčagić et al., 2014):

- Inducirana napetost za tokove sinusne oblike je podana s transformatorsko enačbo 1:

$$U_1 = 4,44 \cdot N_1 \cdot f \cdot \phi_{gl} \quad [1]$$

kjer je:

- U_1 = efektivna vrednost napetosti na primarnem navitju
- N_1 = število ovojev na primarnem navitju transformatorja
- f = frekvenca vhodne (pritisnjene) napetosti U_1
- Φ_{gl} = magnetni pretok v jedru transformatorja

Napetost in tok na sekundarnem navitju sta odvisna od vhodne napetosti in toka ter od razmerja med številom ovojev na primarnem navitju in sekundarnem navitju, kar opisuje prvi zakon transformacije, podan z enačbo 2 (Voršič, 2005):

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad [2]$$

kjer je:

- U_2 = efektivna vrednost napetosti na sekundarnem navitju
- N_2 = število ovojev na sekundarnem navitju transformatorja

Transformator je električni stroj, ki z elektromagnetno indukcijo pretvarja električno energijo ene izmenične napetosti ter enega izmeničnega toka v električno energijo druge izmenične napetosti in drugega izmeničnega toka enake frekvence. Spada v skupino statičnih električnih strojev, saj ne opravlja nobenega mehanskega dela in nima gibajočih se delov. Električni stroji v pravem pomenu besede pa bodisi sprejemajo mehansko in oddajajo električno energijo (generatorji) bodisi sprejemajo električno in oddajajo mehansko energijo (motorji) (Voršič, 2005).

Ob koncu 19. stoletja je bil razvit prvi tehnično uporaben transformator, ki je omogočil dvig izmenične napetosti na visok nivo in s tem je postal prenos na velike razdalje ekonomičen. Z dvigovanjem napetosti in zmanjšanjem toka transformatorja v elektrarnah zmanjšamo izgube pri prenosu energije po omrežju ter zmanjšamo presek vodnikov. V bližini porabnikov oz. naselji pa s transformatorji prilagodimo napetost in tok uporabnikom. Z razvojem le-teh se je pospešil tudi razvoj električnih strojev eno- ali večfaznih sistemov (Beckmann, 2003; Voršič, 2005).

Transformatorji se uporabljajo tudi za specifične vrste priključnih naprav. Gradijo se v enofazni in trifazni izvedbi.

Glede na namen uporabe poznamo več izvedb transformatorjev:

- varilni transformator,
- ločilni transformator,
- napetostni/tokovni merilni transformator,
- regulacijski transformator,

- prečni transformator,
- energetski transformator,
- frekvenčni transformator.

Elementarno izvedbo transformatorja predstavljata dve galvansko ločeni navitji (tuljavi), in sicer primarno in sekundarno navitje, ki sta med seboj induktivno povezani. Primarno navitje sprejema električno energijo, sekundarno pa jo oddaja, kot prikazuje slika 1 (Voršič, 2005).

Osnovne sestavne dele ločimo na aktivne in pasivne. Tuljavi in feromagnetno jedro transformatorja sta aktivna dela, medtem ko pasivni deli ne sodelujejo neposredno v procesu transformacije, temveč skupaj z aktivnimi deli transformatorja sestavljajo pravilno in varno izveden električni stroj. To so: kotel, priključne sponke, krmilje, hladilna rebra, ventilatorji in zaščita (Beckmann, 2003).

Na primarno tuljavo priključimo napetost U_1 , ki požene skozi primarno navitje izmenični tok I_1 . Ta povzroči izmenični magnetni pretok. Če za primer obravnavamo idealni transformator, to pomeni, da sta navitji brez omskih upornosti $R_1 = R_2 = 0$. Magnetni pretok ali fluks steče po feromagnetnem jedru transformatorja ter povzroči indukcijo, ki na primarni strani transformatorja povzroči inducirano napetost U_{i1} , na sekundarni strani pa inducirano napetost U_{i2} . Ko na sekundarno navitje priključimo porabnika, sekundarna napetost U_2 skozenj požene tok I_2 . Pri idealnem transformatorju je moč na obeh straneh enaka, razlikujeta se lahko samo tok in napetost (Voršič, 2005):

$$p = \frac{N_1}{N_2} \approx \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad [3]$$

Pri realnem transformatorju pa moramo upoštevati tudi izgube v jedru in navitjih. Te izgube se pretvorijo v toploto in povzročijo segrevanje.

2.2 OZEMLJITEV

Elektroenergetske naprave je potrebno ozemljiti zaradi varne uporabe električne energije (zaščitna ozemljitev), kakor tudi zaradi nemotenega obratovanja električnih naprav (obratovalna ozemljitev). Ključni dejavniki za izgradnjo in potrebo po ozemljitvah so prenapetosti. Najuspešneje se borimo proti prenapetostim z ozemljitvijo in z izenačitvijo potencialov. Ozemljitev je galvansko povezovanje neke točke naprave z zemljo, ne glede na to, ali pripada točka tokokrogu ali ne. Z ozemljitvijo preprečimo, da bi prišla na ohišje naprave nedovoljena visoka napetost zaradi okvar na izolaciji, stabiliziramo napetost v času prehodnih pojavov, razdelimo tokove udara strele itd. (Beckmann, 2003; Voršič, 2005).

Ozemljitvene naprave ustrezajo svojemu namenu le tedaj, če je njihova ozemljitvena upornost - tudi ob precej neugodnih pogojih (npr. ob hudi suši) - manjša ali kvečjemu enaka vrednostnim, ki jih zahtevajo varnostni predpisi v obliki standardov in pravilnikov, ki jih zahteva slovenska zakonodaja. Vse ozemljitvene naprave je potrebno kontrolirati, in sicer zato, da se prepričamo o njihovi zanesljivosti. Periodično pa je potrebno kontrolirati tudi obstoječe ozemljitvene naprave in sisteme, da se prepričamo, če so v brezhibnem stanju (Beckmann, 2003; Voršič, 2005).

Poznamo več vrst ozemljitev, in sicer jih po namenu delimo na:

2.2.1 Zaščitna ozemljitev

To je ozemljitev prevodnega dela, ki ne spada med dele pod napetostjo in služi za zaščito oseb pred nevarnimi telesnimi tokovi. Nikoli ne pripada tokokrogu in ne pride z njim v galvansko zvezo, razen ob okvari. Delovanje zaščite povzroči kratkostični tok, ki je posledica zemeljskega stika.

2.2.2 Obratovalna ozemljitev

To je ozemljitev neke točke obratovalnega tokokroga, ki je potrebna za obratovanje aparatov ali naprav v skladu s predpisi. Izvede se neposredno preko male ohmske upornosti ali Petersenove dušilke. Tok steče le pri okvari. Če te ozemljitve ne bi izvedli, bi ob nesimetričnih obremenitvah posameznih faz prišlo do nihanj napetosti. V manj obremenjeni fazi bi prišlo do dviga napetosti in do uničenja naprav, priključenih na to fazo. Kadar zvezdišče ni primerno ozemljeno, se ob kratkem stiku ene faze z zemljo napetost ostalih dveh faz proti zemlji lahko dvigne na medfazno napetost. Tako zaščitna kot tudi obratovalna ozemljitev morata ob napakah v zemljo odvajati električni tok. Velikost toka je odvisna od napetosti in impedance tokokroga, ki je sklenjen skozi zemljo. Obe ozemljitvi sta lahko izvedeni ločeno, takrat govorimo o ločeni ozemljitvi. Če pa se za oba namena uporablja skupna ozemljitev, ali pa sta posamezni ozemljitvi med seboj povezani s kakršnim koli vodnikom, govorimo o združeni ozemljitvi (Beckmann, 2003; Voršič, 2005; Standard SIST EN 62305-1:2011, 2011; Standard SIST EN 62305-4:2011, 2011).

2.2.3 Združena ozemljitev

Merilo za zaščitno ozemljitev je dopustna napetost ob dotiku kovinskih delov. Vedno stremimo k združeni ozemljitvi, ker le z združeno ozemljitvijo lahko zagotovimo izenačevanje potencialov. Zaščitna ozemljitev visokonapetostnega omrežja in obratovalna napetost nizkonapetostnega omrežja sta v današnjem času združeni.

2.2.4 Ločena ozemljitev

Če v transformatorski postaji ni mogoče izvesti združene ozemljitve, je potrebno zaščitno ozemljitev izvesti ločeno od obratovalne ozemljitve.

2.2.5 Strel vodna ozemljitev

To je ozemljitev za odvajanje toka strele v zemljo. Atmosferski razelektritveni tok, ki je posledica delovanja strele in se konča v zemeljsko površino, je eden izmed glavnih krivcev za uničevanje električnih naprav. Običajno štejemo, da se ogroženost razširja v prostor v razdalji 1,5 km od udara strele. Energetske naprave so občutljive predvsem na direktne atmosferske razelektritve, elektronske naprave pa poškodujejo že sekundarne prenapetosti (Inšpektorat RS za okolje in prostor, 2021).

S stališča zaščite pred udarom strele je najboljšje izvesti en sam integrirani ozemljitveni sistem, ki je uporaben za vse namene (zaščita pred udarom strele, obratovalna ozemljitev, nizkonapetostni sistemi, telekomunikacijski sistemi itd.). Priporočljiva je nizka ozemljitvena upornost. Z vidika razpršitve toka strele v zemljo, ne da bi nastale nevarne prenapetosti, so oblika in dimenzije ozemljitvenega sistema pomembnejše od ponikalne upornosti ozemljila (Inšpektorat RS za okolje in prostor, 2021).

2.2.6 Ozemljila

Ozemljilo je vodnik ali skupina vodnikov, ki so v neposrednem stiku z zemljo in z njo zagotavljajo električno povezavo. Za ozemljila se kot material uporablja vroče pocinkano jeklo ali jeklo, ki je kako drugače zaščiteno pred korozijo - če zaradi lokalnih razmer ni potrebno uporabiti kakšnega drugega materiala (npr. baker). Za ozemljila se praviloma ne uporabljajo nepocinkane jeklene cevi, pločevina, profili in lahke kovine. Ker so ozemljila v tesnem stiku z zemljo, morajo biti izdelana iz materialov, odpornih proti koroziji (kemično ali biološko delovanje, oksidacija, tvorba elektroliznega korozijskega elementa, elektroliza itd.), vzdržati pa morajo tudi mehanske obremenitve med montažo in med normalnim obratovanjem (Beckmann, 2003; Standard SIST EN 62305-1:2011, 2011; Standard SIST EN 62305-4:2011, 2011).

Pocinkano jeklo	Baker
Trak s prerezom 100 mm ² , debel najmanj 3,5 mm	Trak s prerezom 50 mm ² , vendar ne tanjši kot 2 mm
Okroglo jeklo s premerom 100 mm	Vrv s premerom 35 mm ²

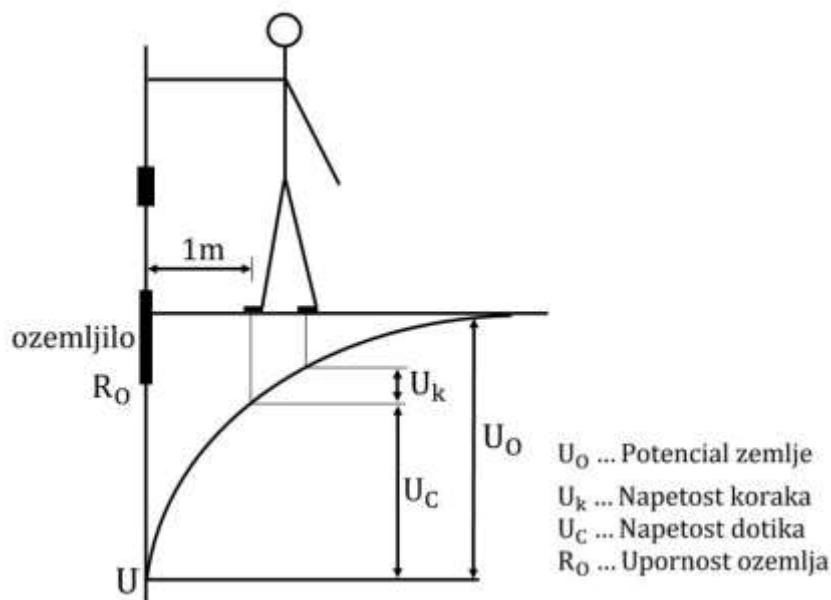
Cev s premerom 38 mm, debela ne manj kot 3,5 mm	Cev s premerom 30 mm, debela ne manj kot 2,5 mm
Kotnik 65 mm x 65 mm x 7 mm	-
Profil U 6,5 oziroma T 6 ali drugi ustrezni profili	-

Tabela 1: Najmanjši prerezi ozemljil, ki jih določa pravilnik
(Agencija za energijo, 2023)

Če na kakšnem območju pričakujemo močnejšo korozijo ali uporabljamo nepocinkano jeklo, vzamemo približno 50 % večje vrednosti prereza od vrednosti, ki so navedene v tabeli 1 (Voršič, 2005).

Okvarni tok, ki steče v zemljo preko ozemljila, steče radialno v vse smeri. Gostota toka je v neposredni bližini ozemljila zelo velika in se zmanjšuje, čim bolj se oddaljujemo od ozemljila. Ozemljilo lahko ima v primerjavi z referenčno zemljo zelo visok potencial oziroma napetost (Voršič, 2005).

Napetost dotika je potencialna razlika med opazovanim delom naprave in točko, ki je 1 m oddaljena od naprave. Napetost koraka je potencialna razlika točk na zemlji, ki sta 1 m narazen, kot prikazuje slika 2. Napetost dotika je človeškemu organizmu nevarnejša od napetosti koraka, ker gre pri dotiku z rokami del toka tudi skozi srce (Inšpektorat RS za okolje in prostor, 2021; Standard SIST EN 62305-4:2011, 2011).



Slika 2: Shematični prikaz delovanja ozemljitve
(Vir: Voršič, 2005)

3 PRAVILNIK

3.1. PRAVILNIK O TEHNIČNIH NORMATIVIH

Ta pravilnik se uporablja za graditev nadzemnih elektroenergetskih vodov z nazivno napetostjo od 1 kV do 400 kV (Ur. l. RS, št. 67, 2022).

Pravilnik predpisuje tehnične normative za graditev nadzemnih elektroenergetskih vodov, ki se uporabljajo za prenos in razdeljevanje električne energije z nazivno napetostjo od 1 kV do vseh 400 kV (Ur. l. RS, št. 67, 2022).

3.1.1 Splošne določbe o ozemljitvah

Pri ozemljitvi vodov se uporabljajo tudi predpisi o tehničnih normativih za elektroenergetske postroje z nazivno napetostjo nad 1000 V. Kovinski in armiranobetonski stebri visokonapetostnih vodov, kovinske sidrne vrvi in kovinski trakovi na lesenih drogovi, ki se uporabljajo za zaščito stebrov pred udarom strele, morajo biti zanesljivo povezani z zemljo. Če se s temeljenjem stebrov in vkopavanjem sider ne doseže zadovoljiva ozemljitev, se postavijo dodatna ozemljila oziroma izvedejo drugi dopolnilni ukrepi.

3.1.2 Standard SIST HD 637 S1:1999 in elektroenergetske naprave nad 1 kV izmenične napetosti

Slovenski standard SIST HD 637 S1:1999 je prevod evropskega standarda SIST HD 637 S1:1999. Namen tega standarda je, da v ustrezni obliki predpiše splošne zahteve za projektiranje in graditev elektroenergetskih naprav v sistemih z nazivnimi napetostmi nad 1 kV izmenične napetosti. Vsebuje merila za projektiranje, izvedbo, preizkušanje in vzdrževanje ozemljitvenih sistemov, tako da delujejo v vseh pogojih in je s tem zagotovljena varnost ljudi na vseh mestih, do katerih imajo le-ti upravičen dostop. Poleg tega mora biti zagotovljeno, da se oprema, ki je priključena na napravo, ne poškoduje (Standard SIST HD 637 S1:1999, 1999).

3.1.3. Dimenzioniranje ozemljitvenih sistemov pri obratovalni frekvenci

Pri projektiranju ozemljitvenih sistemov morajo biti izpolnjene štiri zahteve:

- zagotovljeni morata biti mehanska trdnost in korozijska obstojnost,
- sistem mora s toplotnega vidika vzdržati najvišji tok okvare (običajno izračunan),
- preprečiti je treba poškodovanje stvari in opreme,
- zagotovljena mora biti varnost oseb glede na napetosti na ozemljitvenih napravah, ki nastane ob najvišjem toku zemeljskega stika.

Pomembni pa so tudi parametri za dimenzioniranje ozemljitvenega sistema:

- višina toka okvare,
- trajanje okvare,
- karakteristike zemlje.

Ker so ozemljila v tesnem stiku z zemljo, morajo biti izdelana iz materialov, ki so odporni proti koroziji (kemično ali biološko delovanje, oksidacija, elektroliza itd.). Vzdržati morajo mehanske obremenitve, ki se pojavijo med montažo in normalnim obratovanjem. Jeklo, vloženo v betonsko temelje, in jeklene palice ali druga naravna ozemljila se smejo uporabljati kot del ozemljitvenega sistema (Ur. I. RS št. 67, 2022).

3.1.4. Izvedba ozemljitvenih sistemov

Ozemljitveni sistem je na splošno sestavljen iz več ozemljil, zakopanih ali zabitih vodoravno, navpično ali postrani v zemljo. Površinska ozemljila se običajno polagajo 0,5 do 1,0 m globoko. Navpično ali postrani zabite palice imajo prednost predvsem takrat, ko z globino pada specifična upornost tal. Kovinske konstrukcije, ki so ozemljene po tem standardu in ki konstrukcijsko tvorijo enoto, se smejo uporabiti kot ozemljitveni vodnik za ozemljitev delov, pritrjenih neposredno na konstrukcije. Zato morajo biti prevodni kovinski prerezi po vsej konstrukciji dovolj veliki, spoji pa električno vodljivi in mehansko zanesljivi. Zagotovljeno mora biti, da zaradi začasne demontaže delov konstrukcije ozemljitev drugih delov ne bo prekinjena (Ur. I. RS št. 67, 2022).

Za vodoravno položena ozemljila velja, da se polagajo na dno jarka ali gradbene jame. Priporočljivo je, da:

- so obdana z rahlo zbito zemljo;
- kamni in gramoz niso v neposrednem stiku z zakopanim ozemljilom;
- se prvotna zemlja, če bi delovala zelo korozivno na uporabljeni material ozemljila, nadomesti z ustrežnejšo zemljino (Voršič, 2005).

Spoji ozemljil za povezovanje prevodnih delov ozemljitvene mreže morajo imeti primerne mere za zagotovitev takšne električne prevodnosti ter mehanske in toplotne trdnosti, kot jo ima ozemljilo. Spoji ozemljil morajo biti korozijsko obstojni in se ne smejo nagibati k tvorbi galvanskih elementov.

3.1.5. Zaščita pred nevarnostmi zaradi napetosti dotika in koraka

V gradivu, ki obravnava nevarnosti električnega toka s pripadajočimi zaščitnimi ukrepi je navedeno, da lahko pri odvajanju toka strele v zemljo izven objekta nastanejo previsoke napetosti dotika. Zmanjševanje nevarnosti na sprejemljivo raven je mogoče če:

- je verjetnost gibanja oseb in njihovo neposredno zadrževanje v bližini odvodov zelo majhno;
- je v oddaljenosti treh metrov od odvoda specifična upornost zemlje najmanj 5 k Ω m;
- sestavo naravnega sistema kovinskih mas povezujejo številne paralelne poti, ki so povezane z armaturo ter konstrukcijo objekta, ki ima ob enem zagotovljeno dobro električno prevodnost (Ur. l. RS št. 67, 2022).

V primeru, da nobena zahteva navedena v prejšnjem odstavku ni izpolnjena, je potrebno zaradi zaščite oseb pred morebitno previsoko napetostjo dotika izvesti sledeče:

- izolirati odvode LPS;
- namestiti fizične ovire z jasno vidnimi opozorili za zmanjšanje možnosti dotika LPS odvodov.

Do zmanjšanja previsoke napetosti koraka na sprejemljivo raven pride v primeru če je:

- v razdalji manjši od 3 m od strelovodnih odvodov verjetnost gibanja ali zadrževanja oseb zelo majhna;
- v območju treh metrov od odvoda LPS specifična upornost zemlje vsaj 5 k Ω m.

Kot primer plasti izolacijskega materiala, ki zmanjšuje nevarnost napetosti koraka na sprejemljivo mejo lahko navedemo asfalt (debelina 0,05 m) ali gramoz (debelina 0,15 m).

V primeru, da pa kljub vsemu ni izpolnjena nobena izmed zgoraj navedenih zahtev je potrebno zaradi previsoke napetosti koraka izvesti sledeče:

- z oblikovanjem gostote mrež ozemljilnega sistema je potrebno izdelati potencialne izenačitve;
- za zmanjšanje možnosti dotika odvodov LPS v območju znotraj treh metrov je potrebno namestiti fizične ovire in jasno vidna opozorila (Voršič, 2005).

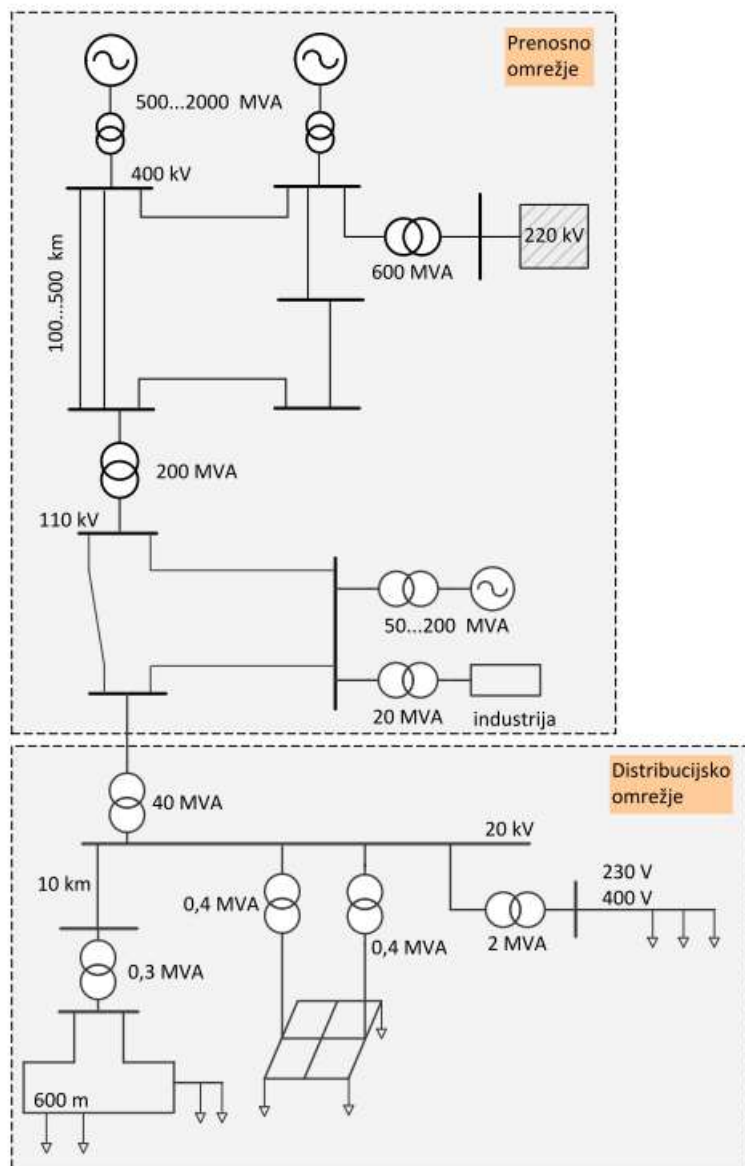
4 ELEKTROENERGETSKI SISTEM

Elektroenergetska omrežja delimo glede na: nazivne napetosti, funkcijah in konfiguracijah. Po nazivnih napetosti jih delimo na nizko napetostne (NN) do 1 kV, omrežja srednje napetosti (SN) za napetostne nivoje med 1 kV do 35 kV, in omrežja visoke napetosti (VN), ki delujejo nad 35 kV. V Sloveniji je največja napetost 400 kV. Pri tem delu se je izdelal napetostni prehod med 20 kV SN na 400 V NN omrežjem. Glede na funkcijo omrežja jih ločimo na: prenosna, distribucijska in porabniška. Prenosna omrežja obsegajo (VN) nivoje, ker služijo prenosu električne energije na daljše razdalje. Hkrati morajo zagotavljati neprekinjeno dobavo električne energije ustrezne kakovosti.

Na tem nivoju se regulirajo, vodijo in spremljajo:

- napetostni nivo;
- frekvenca delovanja;
- energetske rezerve;
- pokrivanje izgub;
- vodenje obratovanja;
- ponovni zagon omrežja po izpadu.

Distribucijska omrežja se napajajo iz prenosnega, kjer energijo razdelijo med uporabnike. Napajajo se iz razdelilnih transformatorskih postaj (RTP), ki so povezane s posameznimi porabniki električne energije. Dandanes imamo velik del razpršenih majhnih energetske virov sončnih in sorodnih elektrarn, ki so priključena na distribucijska omrežja, ki lahko neposredno vplivajo na delovanje le-tega. Na nivoju distribucije se izvajajo meritve električne energije, ki se hkrati tudi avtomatsko vodi, ni pa na tem nivoju možno regulirati napetostnih nivojev in frekvence delovanja. Na distribucijskem omrežju so prisotne prenapetostne in pretokovne zaščite, ki varujejo omrežje pred napakami in električnimi udari. Sodobni števeci omogočajo branje porabe električne energije tudi pri uporabniku. Primer konstrukcije elektrodistribucijskega omrežja prikazuje slika 3 (Vršič, 2005).

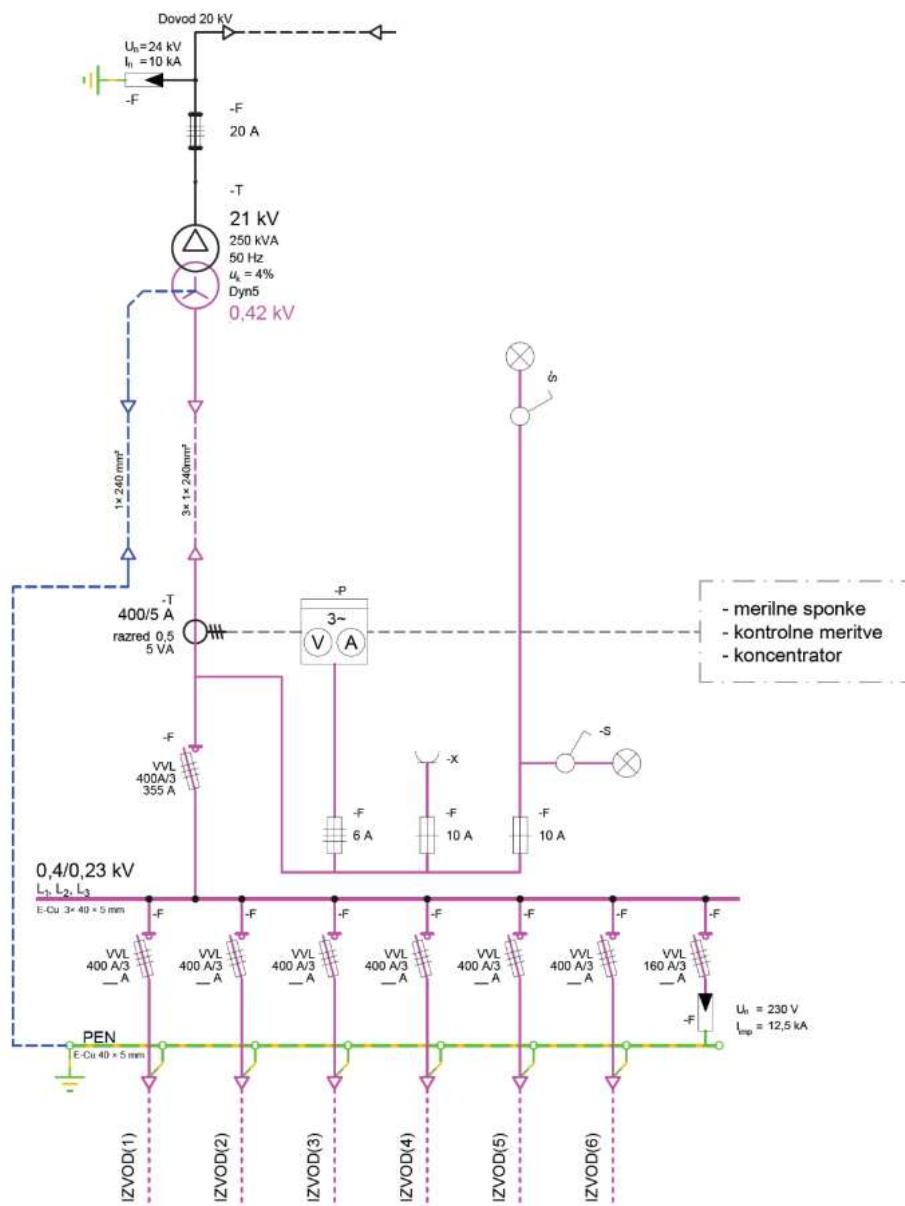


Slika 3: Konstrukcija elektrodistribucijskega omrežja
(Vir: Voršič, 2005)

4.1 ZAŠČITA

V TP je prisotnih več zaščitnih mehanizmov za preprečevanje širjenja napak na NN omrežju v SN omrežje in obratno. V namen zaščite uporabljamo stikalne naprave za izklop transformatorske postaje v primeru napake. Napako lahko definiramo s stališča električne napake na prekomerni napetosti ali prekomernem toku. Ob prekomernih napetostih posamezne faze proti ozemljitvi, ki je referenčna točka, pride do preboja napetostne varovalke, ki omeji napetost na nazivno vrednost zaščite. Do prenapetosti lahko pride ob udaru strele v bližini transformatorske postaje. Pred preobremenitvijo TP ščitijo pretokovne varovalke, ki izklopijo posamezni odcep od TP do uporabnika,

kjer je največja verjetnost za napako. Hkrati se ščiti SN vhod v TP z varovalko, katere nazivna moč je 60 % večja od nazivne moči transformatorja. Dodatno so še na NN delu prisotna merilna oprema, koncentrador in kontrolne sponke, kot je prikazano na sliki 4 (Elektro Maribor d.d., 2022).



Slika 4: Tipška poenostavljena enopolna shema
(Vir: Elektro Maribor d.d., 2022)

5 ZASNOVA IN OPIS TRANSFORMATORSKE POSTAJE MORAVSKI VRH 3

5.1 SPLOŠNI OPIS IN LOKACIJA OBJEKTA

5.1.1 Splošni opis

Nizkonapetostno omrežje predvidene TP Moravski vrh 3 je sedaj napajano iz dveh transformatorskih postaj TP Moravski vrh (T-274) in TP Senčak (T-280). Pred pričetkom del smo se prepričali o upoštevanju ustreznih standardov, preverili smo pogoje dela in upoštevali projektno dokumentacijo (Elektro Maribor d.d., 2022).

5.2 ARGUMENTACIJA ZA PREDVIDENA DELA

5.2.1 Argumentacija TP

Izbrana tipska TP 20/0,4 kV; 160 kVA (tip FOREM 1) ustreza obravnavanemu napajalnemu področju in načinu vključitve TP v SN 20 kV omrežje. Prav tako ustreza pričakovanim obtežbam odjemalcev na tem področju (Elektro Maribor d.d., 2022).

5.2.2 Argumentacija SNO

V omenjeni trasi bo uporabljen in položen tipski kabel 3 x NA2XS(F)2Y 1×70RM/16; 12/20 kV.

5.2.3 Argumentacija NNO

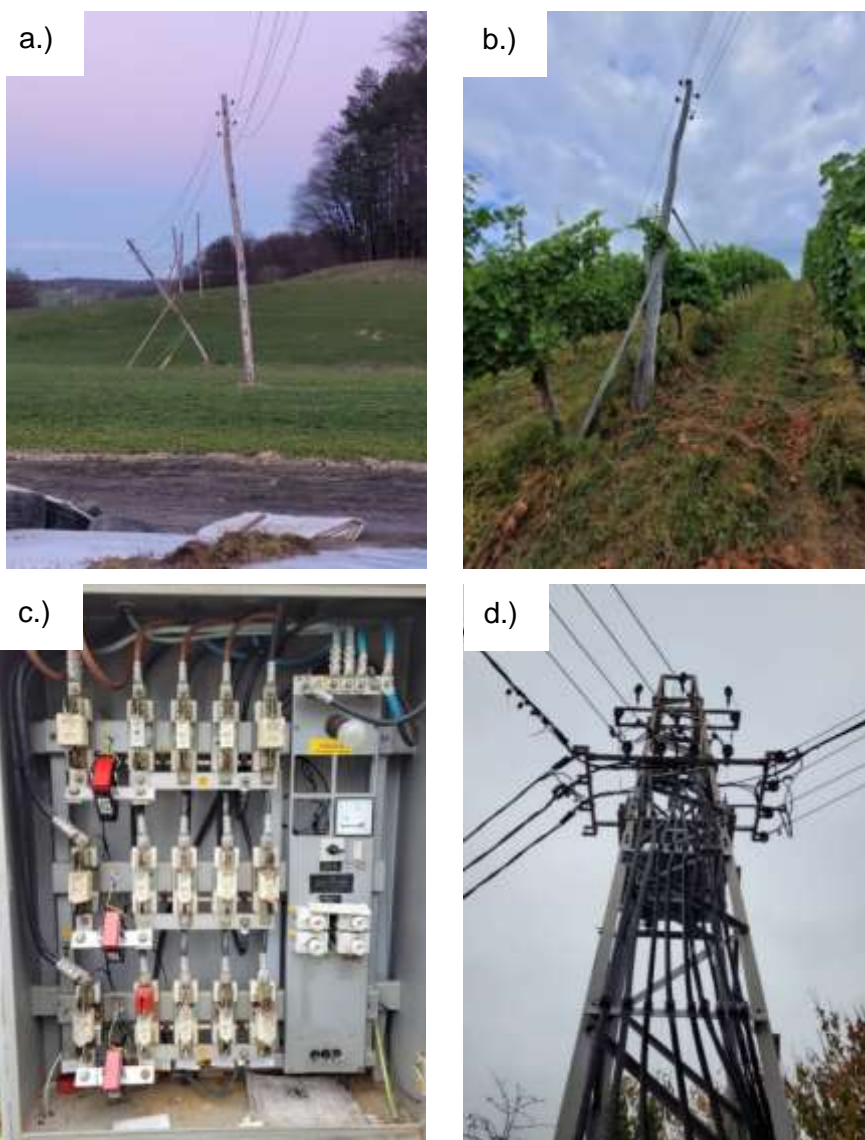
V omenjenih trasah bodo uporabljeni in položeni tipski NN kabli v skladu s citiranimi standardi, tipizacijami, predpisi in ustrezajo vsem zahtevanim pogojem za obravnavano napajalno območje.

5.3 OPIS DEL

5.3.1 Opis obstoječega stanja

NNO

Obstoječi odjemalci se napajajo iz TP Moravski vrh (T-274) in TP Senčak (T-280). Za potrebe napajanja obstoječih odjemalcev so izvedeni prostozaračni in delno zemeljski izvodi, kot prikazuje slika 5:



Slika 5: stanje NN omrežja a.), b.) dotrajani drogovi, c.) stanje NN razdelilnika, d.) obstoječa postaja TP-274 Moravski vrh
(Lastni vir)

Transformator in električna omarica ter njena vsebina je bila temu primerno dotrajana in potrebna prenove.

5.3.2 Opis predvidenega stanja

TP in SNO

Predvidena je izgradnja TP Moravski vrh 3, ki bo tipska transformatorska postaja betonske kompaktne izvedbe tipa FOREM 1.

Predvidena TP bo v SNO vključena kot radialni odcep iz DV odcep Moravski vrh (d-539, OP 9), ki se napaja iz RTP Ljutomer 110/20 kV (izvod C 25, DV 20 kV Cezanjevci). Predviden SN KB 20 kV bo zgrajen s tipskimi kabli 3 x NA2XS(F)2Y 1x70 RM/16 12/20 kV. Na stojnem mestu op. št. 9 bo postavljen novi leseni drog N-11 z vertikalnim ločilnim stikalom in SN KB odcepom (Elektro Maribor d.d., 2022).

NNO

Iz TP se izvedejo 4 novi kabelski izvodi v skladu s predlogom OE Gornja Radgona.

5.3.3 Lokacija in opis TP

Obravnavana TP 20/0.4 kV; 160 kVA (tip FOREM 1) TP Moravski vrh 3 bo locirana na parceli št. 1256 k.o. Moravci, kar je skladno s projektno nalogo in projektnim mnenjem Elektro Maribor.

Po izgradnji bo TP Moravski vrh 3 vključena v SN 20 kV mrežo s pomočjo SN kablovoda (Elektro Maribor d.d., 2022).

5.3.4 Osnovni podatki

Naziv postaje TP Moravski vrh 3:

- Nazivna napetost transformacije 20/0,4 kV;
- Nazivna moč transformacije do 1×250 kVA kar je največja vgradna moč transformatorja;
- Vgrajen transformator 160 kVA (hlajen z okolju prijaznim izolantom MIDEL) Ohišje TP FOREM 1, kompaktna armiranobetonska transformatorska postaja;
- SN postroj.

SN varovalke:

- NN postroj

NN omarica:

- 6 × NV stikalne letve 630 A

Zaščita transformatorja:

- srednja napetost - SN varovalke
- nizka napetost - NN varovalke

5.3.5 Tehnično poročilo

Parcela, na kateri je locirana predvidena TP, spada po ogledu in oceni v III. kategorijo zemljišč.

Pri izkopu je upoštevan strojni izkop. Ročni izkop je predviden tam, kjer s strojem ni možen dostop in v primeru križanja z drugimi komunalnimi vodi v zemlji (Ur. I. RS št. 83, 2005; Elektro Maribor d.d., 2022).

Objekt transformatorske postaje je iz kompaktno armiranobetonskega ohišja in armiranobetonske strešne plošče, način montaže pa omogoča postavitev na vsak teren, katerega nosilnost presega 0,1 MPa. Kompaktna armiranobetonska transformatorska postaja je prirejena za montažo do nadmorske višine 1600 m. Za montažo je potrebno pripraviti izkop, podložni beton in dostop za mehanizacijo.

Transformatorska postaja ima zunanje mere 2,00 m × 1,70 m ter je skupne višine 2,61 m. Od tega je 0,80 m pod terenom in 1,81 m nad terenom (Elektro Maribor d.d., 2022).

Teža armiranobetonskega ohišja in armiranobetonske strešne plošče transformatorske postaje se prenaša na temeljno armiranobetonsko ploščo.

Za izdelavo armiranobetonskega ohišja in armiranobetonske strešne plošče je uporabljen beton C30/37 ter armaturno železo MAG-500/560 (S500) in RA-400/500 (S400) (Elektro Maribor d.d., 2022).

Transformatorska postaja je izdelana iz armiranega betona, streha transformatorske postaje je po konstrukciji popolnoma montažno-demontažna. Armiranobetonsko ohišje in streha sta izvedena v kovinskih kalupih, gladke površine, vodoneprepustne izvedbe in odporna proti mrazu.

SN del ima izvedeno zaščito pred slučajnim dotikom delov pod napetostjo. Montaža SN in NN opreme je predvidena na pocinkano pločevino debeline 3 mm.

Streha transformatorske postaje je izvedena iz armiranobetonskega elementa vodoneprepustne izvedbe ter dodatno premazana s hidroizolacijskim premazom. Streha je ravna, debeline 10 cm z naklonom za odtekanje meteorne vode in z robnim vencem (Elektro Maribor d.d., 2022).

Temeljni del transformatorske postaje služi kot korito za prestrežanje morebitno izlite izolacijske in hladilne tekočine in je oljetesno ter dimenzionirano tako, da prevzame

celotno količino eventualno izlite izolacijske in hladilne tekočine iz distribucijskega transformatorja. Korito je dodatno premazano s hidroizolacijskim premazom.

Stene so debeline 10 cm. Notranje stene so gladke, pleskane z osnovnim premazom ter dvojnimi premazom disperzijske pralne bele barve.

Predvideno je naravno hlajenje distribucijskega transformatorja. Dovod svežega zraka je preko žaluzij na steni objekta in skozi rešetke na vratih, odvod pa skozi mrežo vzdignjene strehe (zaščiteno proti vstopu malih živali in predmetov).

5.3.6 Elektrostrojni del

Predvidena transformatorska postaja TP 20/0,4 kV; 160 kVA (tip FOREM 1) je tipski izdelek TSN Maribor in je dimenzionirana za vgradnjo transformatorja moči do maks. 250 kVA.

Posluževanje se bo izvajalo od zunaj z odprtjem ustreznega dela z oznako SN prostor ali NN prostor. Fasado TP prikazuje slika 8 v nadaljevanju diplomske naloge.

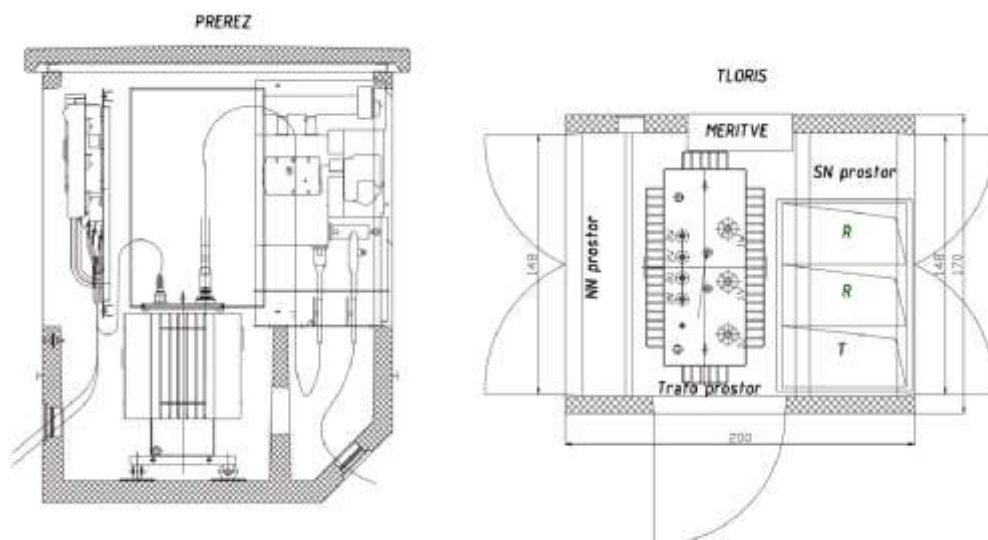
5.3.7 Sredjenapetostni del

Sredjenapetostni del transformatorske postaje predstavljajo:

- SN varovalke in podnožje varovalk (=J),
- distribucijski transformator (=T) ter
- SN povezava med nosilcem SN varovalk in transformatorjem.

Transformator

Transformator 21/0.42 kV, 160 kVA, Yzn5 bo nameščen v temeljnem koritu na dnu postaje, kot prikazuje slika 6.



Slika 6: Shematični načrt transformatorske postaje
(Vir: Elektro Maribor d.d., 2022)

SN povezava med nosilcem SN varovalk in transformatorjem SN prostor predstavlja podnožje SN varovalk z varovalkami ter odvodniki prenapetosti PO/SN 10 kA/20 kV.

Povezava med distribucijskim transformatorjem in podnožjem SN varovalk bo izvedena z novimi enožilnimi kabli.

Za priključitev bodo uporabljeni:

- notranji kabelski zaključki s kabelskimi čevlji POLT-24D/1XI Raychem;
- pribor za priključitev ozemljitev EAKT 1657 Raychem.

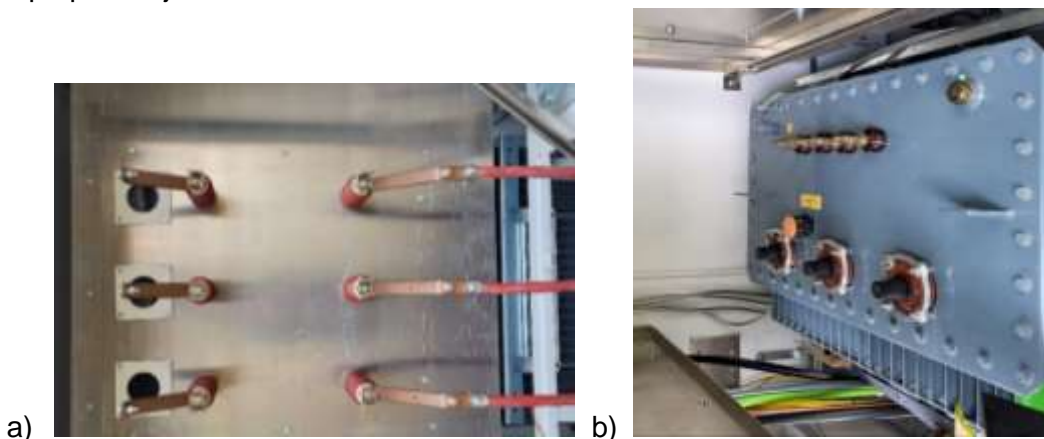
Na transformatorju bo priključitev izvedena s kabelskimi glavami POLT-24D/1XI Raychem.

Na podnožje SN varovalk bo priključen tudi predvideni SN kablovod tipa: 3×NA2XS(F)2Y 1×70RM/16 12/20 kV (Elektro Maribor d.d., 2022).

Za priključitev bodo uporabljeni:

- notranji kabelski zaključki s kabelskimi čevlji POLT-24D/1XI Raychem;
- pribor za priključitev ozemljitev EAKT 1658 Raychem.

Pri montaži kablov je potrebno paziti na najmanjši dovoljeni polmer krivljenja, sliko priklopa prikazuje slika 7.



Slika 7: a) SN postroj; b) Transformatorski prostor
(Lastni vir)

5.3.8 Niskonapetostni del

Niskonapetostna razdelilna plošča bo ločen prostor znotraj postaje, velikosti 1500x1090x380 mm. V NN omarico bo vgrajen analizator ter spončna garnitura MSG-1 (Elektro Maribor d.d., 2022).

Povezava med nizkonapetostno stranjo transformatorja in nizkonapetostno omarico bo narejena s kablji $3 \times \text{RV-K } 1 \times 240 \text{ mm}^2 + 1 \times \text{RV-K } 1 \times 240 \text{ mm}^2$.

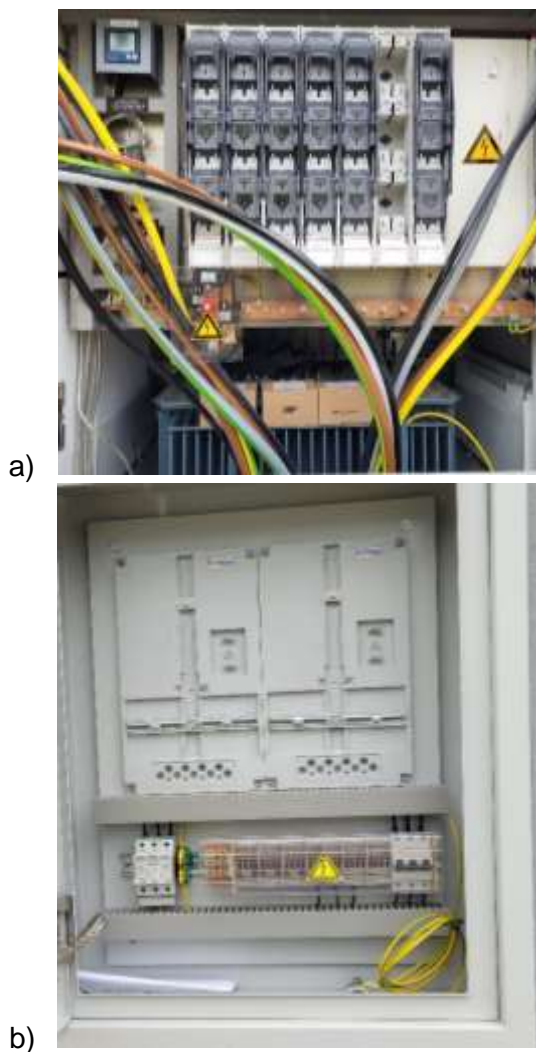
Kabli bodo na transformatorske priključke pritrjeni s pomočjo transformatorskih sponk Pfisterer tip 331 745 001 (navoj M12) ter zaščiteni z izolacijsko kapo tip 331 345 001. Ob montaži kablov v transformatorske sponke je potrebno spoje zaščititi z mastjo, ki onemogoča nastanek korozije na spojih (Elektro Maribor d.d., 2022).

Posluževanje NN omarice bo od zunaj in s sprednje strani izvedeno kot prikazuje slika 8.



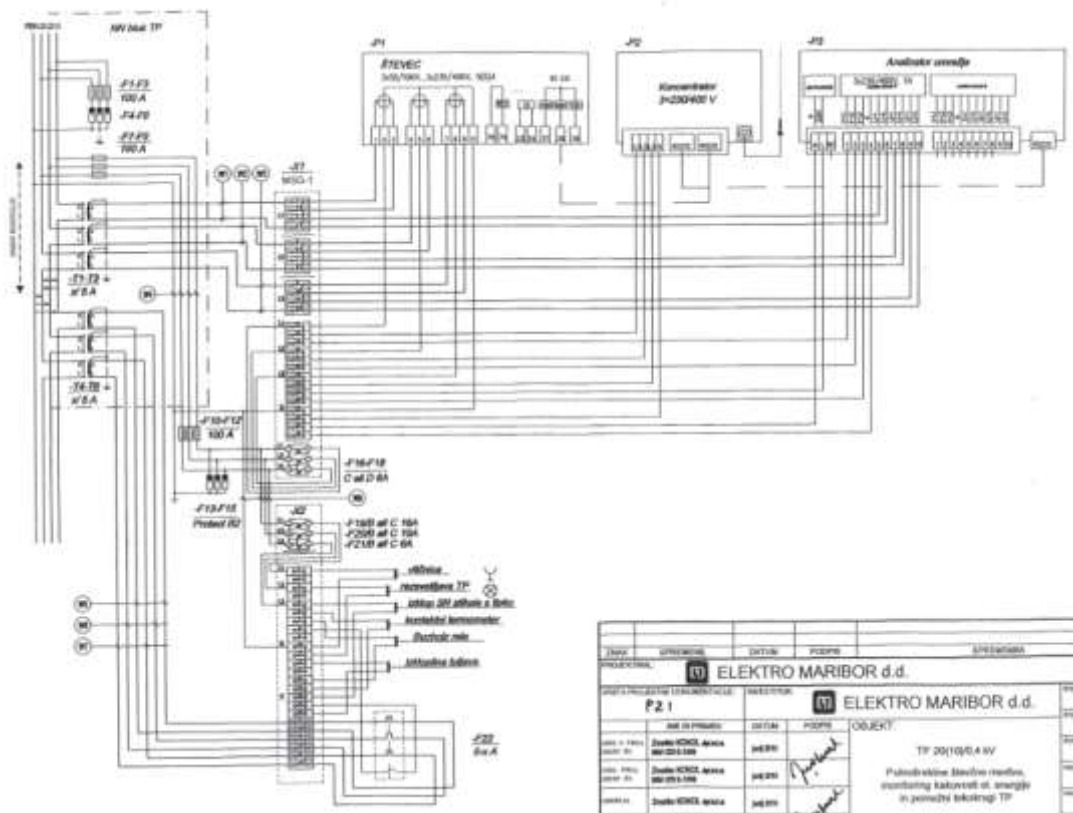
*Slika 8: Nova transformatorska postaja na terenu
(Lastni vir)*

Izgled NN dela v fazi priklopa in vezje digitalnega odčitavanja prikazuje slika 9.



Slika 9: a) Izgled NN dela v fazi priklopa; b) Vezje digitalnega odčitavanja spodaj
(Lastni vir)

Števčne meritve in monitoring kakovosti električne energije s konzentatorjem in števcem. V omarico meritev bodo vgrajeni števec in konzentator, merilna spončna garnitura MSG-2 (Strojoplast ali Elektrospoji) in PEN zbiralka. Povezava med tokovnimi transformatorji in merilno spončno garnituro v merilni omarici je prikazana na shemi na sliki 10.



Slika 10: Vežalna shema transformatorske postaje
(Vir: Elektro Maribor d.d., 2022)

Za povezavo med tokovnimi transformatorji (v nadaljevanju: TT) in merilno spončno garnituro (v nadaljevanju: MSG-2), nameščeno v NNRO, bo uporabljen finožični kabel tipa: OLFLEX 110 7G2.5 (Elektro Maribor d.d., 2022).

Kabel mora biti položen v ustreznem instalacijskem kanalu ali cevi v enem kosu brez uporabe vmesnih sponk. Za povezavo med zbiralkami in spončno garnituro MSG-1 in MSG-2 (obvezna uporaba talilnih vložkov 6 A gL karakteristike T ali TT) se bo uporabil finožični kabel tip: OLFLEX 110 4G2.5 in HO7V 2,5 mm² (Elektro Maribor d.d., 2022).

5.4 ZAŠČITA

5.4.1 Zaščita transformatorja

Transformator bo na SN strani zaščiten pred tokom kratkega stika z varovalkami tipa VVU. Varovalke bodo pregorele v primeru kratkega stika na povezavi med podnožjem SN varovalk in transformatorjem, v samem transformatorju ali na nizkonapetostni povezavi TR-NN varovalke (Standard SIST EN 62305-1:2011, 2011).

Za transformator moči 160 kVA bodo montirani SN varovalni vložki 10 A. Pred preobremenitvijo bo transformator zaščiten z NV varovalnimi vložki 250 A na NN strani.

5.4.2 Zaščita pred električnim udarom

Zaščita bo izvedena z ozemljitvijo vseh kovinskih delov električnih naprav in aparatov, ki normalno niso pod napetostjo in ne spadajo med obratovne tokokroge, vendar utegnejo pri okvari priti pod napetost neposredno ali po električnem obloku.

5.4.3 Zaščita nizkonapetostnih izvodov

Kabelski izvodi nizke napetosti bodo varovani pred preobremenitvijo in kratkim stikom v nizkonapetostni razdelilni plošči z varovalčnimi ločilniki.

5.4.4 Zaščita pred prenapetostmi

Za zaščito pred atmosferskimi in stikalnimi prenapetostmi bodo na nizkonapetostni razdelilni plošči montirani nizkonapetostni odvodniki prenapetosti razreda I. 25kA/320V na nosilci SN varovalk pa sredjenapetostni odvodniki (Standard SIST EN 62305-1:2011, 2011).

5.4.5 Protipožarna zaščita

Zaščita pred požarom je izvedena s pravilno izbiro materialov in opreme, kar je razvidno iz tipskega projekta.

Predviden je distribucijski transformator z izolirno in hladilno tekočino MIDEL 7131. MIDEL 7131 ima dobre lastnosti v pogledu požarne varnosti in eksplozijske zaščite (Elektro Maribor d.d., 2022).

5.4.6 Zaščita okolja

Zaščita okolja pred izlivom izolanta MIDEL (okolju prijazna tekočina, ki ne vsebuje PCB-jev) iz transformatorja v podtalnico bo izvedena z izgradnjo temeljnega korita transformatorske postaje v oljetesni izvedbi. Prostorninsko je temeljno korito dimenzionirano za količino izolanta elektroenergetskega transformatorja moči do 250 kVA (Elektro Maribor d.d., 2022; Standard SIST EN 62305-2:2012, 2012).

MIDEL 7131 je z vidika ekološke varnosti in škodljivosti za ljudi ter vpliva na onesnaženje vode uvrščen v razred 0. Zaradi svoje kemijske sestave je povsem biološko razgradljiv in tudi v pogledu klasifikacije odpadka ne predstavlja nobene nevarnosti. V primeru nenačrtovanega izpusta ali razlitja ga posujemo s snovjo, ki absorbira tekočino (pesek, žagovina...) in vse skupaj odpeljemo na deponijo. Tam ga

lahko sežgemo z ostalimi navadnimi odpadki. Njegova toksičnost za živali in rastline je pod dovoljeno mejo, določeno s predpisi (Elektro Maribor d.d., 2022).

5.4.7 Zaščita pred hrupom

Zaščita okolja pred hrupom distribucijskega transformatorja je izvedena z zapiranjem le-tega v ohišje TP.

5.4.8 Zaščita pred elektromagnetnim sevanjem

Električna poljska jakost in gostota magnetnega pretoka, ki sta posledica obratovanja obravnavanega tipa TP, nikjer v naravnem in življenjskem okolju na človeku dostopnih mestih v neposredni bližini obravnavanega tipa TP ne presegata mejne vrednosti za 1. vplivno območje za nizkofrekvenčne vire elektromagnetnega sevanja (EMS), glede na določila o EMS v naravnem in življenjskem okolju (Ur. l. RS št. 70, 2023; Inšpektorat RS za okolje in prostor, 2021).

5.4.9 Zaščita pred udarom strele

Strelovodna instalacija je vgrajena v beton, tako da je izvedba strelovodne instalacije možna brez posegov v ohišje ali streho. Obravnavana TP je tipska kabelska transformatorska postaja v kompaktnem armiranobetonskem ohišju. Floris transformatorske postaje znaša 2,0 m x 1,7 m. V zemljo bo TP vkopana 0,8 m, višina nad zemljo bo 1,8 m. TP je brez stalne posadke (predviden je redni pregled TP dvakrat na leto ter redna vzdrževalna dela v TP enkrat letno oziroma po potrebi ali po navodilih proizvajalca opreme) (Inšpektorat RS za okolje in prostor, 2021; Standard SIST EN 62305-1:2011, 2011).

V analizi je upoštevano, da je TP montirana kot osamljen objekt, v bližini ni drugih objektov ter da je TP brez stalne posadke. Z dobljenimi rezultati analize zaščite obravnavane TP pred delovanjem strele, s programskim orodjem IEC Risk assesment calculator, so bili ovrednoteni posamezni riziki skladno z vzroki in vrstami škod ter vrstami izgub (posamezne skupine rizikov so navedene v standardu SIST EN 62305-1:2011 in SIST EN 62305-2:2012) (Standard SIST EN 62305-1:2011, 2011; Standard SIST EN 62305-2:2012, 2012).

Vrste zaščitnih ukrepov in izbira zaščitnih nivojev, ki omogočajo zmanjševanje škodnega rizika R, so razvidne iz naslednjih dveh standardov SIST EN 62305-3 in SIST EN 62305-4. Standarda povzemata sledeče:

- SIST EN 62305-3 (Standard SIST EN 62305-3, 2011) obravnava zaščito pred poškodbami živih bitij in fizične škode v objektih;

- SIST EN 62305-4 (Standard SIST EN 62305-4, 2011) obravnava poškodbe notranjih naprav in elektronskih sistemov v objektu.

Na podlagi izvedene analize je ugotovljeno, da načrtovana zaščita pred delovanjem strele zagotavlja, da so doseženi parametri zaščitnega nivoja TP boljši od zahtevanega LPL IV (dosežen je LPL I).

Na NN zbiralkah NN stikalnega postroja morajo biti montirani odvodniki napetosti (SPD-naprava za zaščito pred udarnim razelektrivnim tokom strele ali udarnim prenapetostnim valom). Merilna in komunikacijska oprema v TP mora imeti svojo SPD napravo.

5.4.10 Električna instalacija

V transformatorski postaji bo izvedena električna instalacija za meritev in razsvetljavo po tipskem projektu TSN, za primere nujnih nočnih intervencij in remontnih del.

5.4.11 Meritve

V NN razdelilni plošči bodo za merjenje napetosti in toka vgrajeni:

- analizator omrežja npr.: Janitza UMG 96 RM, ki bo priključen na tokovne transformatorje 250/5 A ($r = 1$), ki bodo vgrajeni v posamezne faze NN dovoda.

Potek proge je prikazan na sliki 11:



Slika 11: Potek proge SN in NN kableskega sistema
(Vir: Elektro Maribor d.d., 2022)

5.5 NAČRTOVANJE NN OMREŽJA

Nizkonapetostno omrežje TP 20/0,4 kV Moravski vrh 3 bo po rekonstrukciji v celoti v kabelski izvedbi. Nizkonapetostni izvodi iz transformatorske postaje izpolnjujejo pogoje za TN sistem ozemljevanja.

PEN vodnik posameznega nizkonapetostnega izvoda bo ozemljen pri transformatorski postaji ter na koncu izvoda. Ob polaganju ozemljitve PEN vodnika nizkonapetostnega omrežja v bližini objektov porabnikov je potrebno preveriti lokacijo porabnikove zaščitne ozemljitve. Omrežna obratovalna ozemljitev in odjemalčeva zaščitna ozemljitev morata biti (Elektro Maribor d.d., 2022):

a) v kolikor je pri odjemalcu izveden TN sistem ozemljevanja, morajo na glavno zbiralko za izenačitev potenciala (GIP) biti vezani:

- zaščitni vodnik (povezava izpostavljenih delov)
- vodnik za glavno izenačenje potenciala (povezava vodovodne in strelovodne inštalacije, inštalacije centralne kurjave objekta, plinovod ...),
- ozemljitveni vodnik (povezava temeljnega ozemljila objekta) in
- PEN vodnik.
- V primeru, da je pri odjemalcu kovinska hišna priključna omarica, se mora ta povezati bodisi s PEN vodnikom (v omarici) ali z glavno zbiralko za izenačenje potenciala.
- b) v kolikor je pri odjemalcu izveden TT sistem ozemljevanja, morajo biti na glavno zbiralko za izenačitev potenciala vezani:
 - zaščitni vodnik (povezava izpostavljenih delov)
 - vodnik za glavno izenačenje potenciala (povezava vodovodne in strelovodne inštalacije, inštalacije centralne kurjave objekta, plinovod ...).

6 OPIS SN ENERGETSKEGA SISTEMA

6.1 IZRAČUNI IN DIMENZIONIRANJE

Za distribucijo omrežja bomo uporabili 160 kVA transformator. Za dimenzioniranje opreme je začetna izmenična kratkostična moč na 20 kV zbiralkah v RTP 110/20 kV Ljutomer Sk RTP = 181 MVA. Dejanske vrednosti kratkostičnih tokov v primeru kratkega stika na 20 kV zbiralkah v predvideni TP Moravski vrh 3 so nižje zaradi dušilnega vpliva reaktanc SN omrežja med RTP in predvideno TP Sk TP" = 28,1 MVA (Sk TP" ≤ Sk RTP") tako, da je izbrana oprema ustrezno dimenzionirana (Elektro Maribor d.d., 2022).

6.2 OZEMLJITEV

6.2.1 Termična kontrola

Uporabljeni bodo enožilni kabli RV-K 1×240 0,6/1 kV, ki zdržijo 1 sekundo kratkostični tok 34 kA. V primeru kratkega stika bo tekel kratkostični tok 15,07 kA. Čas delovanje zaščite mora biti manjši kot $6 \times 1 = 21,87 \text{ s} > t_{\text{zašč}}$ (Elektro Maribor d.d., 2022).

Zaščita deluje prej kot v 21,87 s, torej so kabli ustrezni.

Sistem ozemljevanja in ozemljitve

V projektirani transformatorski postaji bosta zaščitna in obratovalna ozemljitev združeni.

Sistem ozemljevanja

Transformatorska postaja TP 20/0,4 kV Moravski vrh 3 bo vključena v obstoječe nizkonapetostno distribucijsko omrežje, v katerem so izpolnjeni pogoji za TN sistem ozemljevanja. Pri transformatorski postaji bo izvedena združena ozemljitev (Elektro Maribor d.d., 2022).

6.2.2 Podatki o specifični upornosti tal

Vrednost specifične upornosti tal v globini 0,6 m na področju gradnje predvidene TP je ocenjena, in sicer:

$$\rho_{TP} = 125 \Omega m \quad [4]$$

Glede na predvideni obseg polaganja na širšem območju (na trasi predvidenega SN in NN kablovoda) lahko pričakujemo posamezne odseke z ugodnejšimi vrednostmi specifične upornosti tal.

6.2.3 Ozemljitve pri TP SN/NN

Združena ozemljitev transformatorske postaje bo dimenzionirana za vključitev v srednje-napetostno omrežje s posredno ozemljeno nevtralno točko preko nizko-ohmskega upora in nizkonapetostno omrežje s TN razdelilnim sistemom. V primeru enopolnega kratkega stika na sredjenapetostni strani ne sme okvarna napetost na združeni ozemljitvi transformatorske postaje preseči vrednosti iz krivulje najvišje dopustne napetosti dotika (Standard SIST EN 50522:2022, 2022).

Ozemljitvena upornost združene ozemljitve je v tem primeru:

$$R_{zdr} \leq \frac{U_d}{I_z} = \frac{U_d}{r \cdot I_k} = \frac{247}{1 \cdot 180} = 1,37 \Omega \quad [5]$$

U_d - dopustna napetost dotika na združeni ozemljitvi TP SN/NN Moravski vrh 3

t_{iz} - čas izklopa zemljostične zaščite SN voda (RTP Ljutomer, Izvod C25, $t_{iz} = 0,45$ s)

r - redukcijski faktor = 1 za daljnovod brez strelovodne vrvi

I_z - del toka zemeljskega kratkega stika, ki teče skozi ozemljitev transformatorske postaje (A)

I_k - tok zemelj. kratkega stika na obravnavanem delu SN omrežja $I_k = 180$ A

Za pravilno delovanje odvodnikov prenapetosti v TP je potrebno na samem mestu postavitve TP doseči ozemljitveno upornost $R_{TP} = 5 \Omega$.

Za izpolnitev tega pogoja je potrebno pri predvideni TP položiti najmanj naslednjo dolžino jeklenega pocinkanega valjanca 25 x 4 mm:

$$l = \frac{k \cdot \rho}{R_{TP}} = \frac{2 \cdot 125}{5} = 50 \text{ m} \quad [6]$$

Predvideno ozemljilo bo položeno v kabelskem jarku predvidenih SN in NN kablovodov ter predstavlja nadaljevanje ozemljila TP. Projektirana TP bo povezana preko ekranov PEN vodnika z ozemljitvami PS-RO, PS-PRMO, PS-PMO in objektov na posameznih izvodih.

Skupna vrednost združene ozemljitve znaša:

$$R_{zdrTP} = \frac{1}{\frac{1}{R_{TP}} + \frac{1}{R_{DV}} + 14 \cdot \frac{1}{R_{NNO}}} = \frac{1}{\frac{1}{5} + \frac{1}{5} + 14 \cdot \frac{1}{5}} = 0.31 \Omega \quad [7]$$

Pri tem pomeni:

R_{zdr} – združena ozemljitvena upornost

R_{TP} – vrednost ozemljitvene upornosti TP Moravski vrh 3

R_{DV} – vrednost ozemljitvene upornosti OP 9

R_{NNO} – vrednost ozemljitvene upornosti NN omrežja in objektov

Vse predvidene ozemljitve bodo izvedene s pocinkanim valjancem Fe/Zn 25 x 4 mm v globini 0,6 m. Pri izkopu jarka bosta humus in zemlja ločena od peska in kamenja. Pri zasipu bo ozemljitveni trak obložen z nabito humusno in ilovnato zemljo. S tem bo dosežena ugodnejša ozemljitvena upornost. Vsi spoji v zemlji bodo izvedeni s križnimi sponkami in ustrezno zaščiteni - zaliti z bitumnom oziroma kabelsko maso.

6.3 VZDRŽEVANJE TRANSFORMATORJA

V želji, da bi stroj pravilno in nemoteno deloval, ga je treba redno vzdrževati. S tem lahko preprečimo morebitno prekinitev delovanja, nenačrtovane okvare ali celo lome posameznih komponent. Enako velja tudi za električne stroje oziroma v našem primeru transformator. Proizvajalec transformatorja priporoča periodični pregled transformatorskega olja, sušilca zraka, čistosti izolatorjev, hladilnega sistema, meritve stresane induktivnosti transformatorja in meritve izolacijske upornosti navitji (Topčagić et. al., 2014; Ur. l. RS št. 67, 2022).

Vzdrževanje transformatorja in njegovih komponent lahko izvaja le za to kvalificirana oseba, in sicer po načrtu vzdrževanja, ki ga pripravi izvajalec oziroma dobavitelj. Pred izvajanjem varnostnih pregledov in vzdrževalnih del se je treba seznaniti z navodili za uporabo, izklopiti vse napajalnike ter jih zavarovati pred nenamernim vklopom. Za izvedbo meritev se lahko uporabljajo le tehnično brezhibne in primerne merilne naprave glede na posamezno meritev. Pri vzdrževalnih delih med obratovanjem je treba posebno pozornost nameniti napravam pod napetostjo (Inšpektorat RS za okolje in prostor, 2021).

6.3.1 Transformatorsko olje

Eden ključnih dejavnikov za doseganje optimalne življenjske dobe transformatorja je vzdrževanje in nadzor transformatorskega olja. S staranjem olja se pojavlja proces degradacije, ki spreminja njegovo kemično in fizično sestavo. Pri tem procesu se iz olja izločajo netopni produkti, ki se nabirajo na aktivnem delu transformatorja ter kvarno vplivajo na trdo izolacijo in slabšajo toplotne razmere v transformatorju (Topčagić et. al., 2014; Voršič, 2005).

Odvzem vzorcev olja je treba izvesti med obratovanjem ali neposredno po izklopu transformatorja, da so odvzeti vzorci dejanski odraz olja v transformatorju. Nepravilno odvzeti vzorci lahko vodijo k napačnim ugotovitvam analiz in kasneje tudi neprimernim

ukrepom za vzdrževanje le-tega. Glede na vrsto preiskave in merilne opreme je odvisna potrebna količina vzorca olja. Pri odvzemu moramo prav tako zabeležiti najvišjo temperaturo olja, ki je pomembna za pravilno oceno vsebnosti vlage v olju in papirne izolacije transformatorja. Glede na velikost transformatorja je odvisno število pipic za odvzem olja. Večji transformatorji imajo 3 pipice, in sicer v različnih nivojih kotla. Odvzem vzorcev opravimo na spodnji pipici. Pri odvzemu olja moramo slediti varnostnim napotkom proizvajalca ter splošnim in lokalnim predpisom iz varnosti in zdravja pri delu. Osebe mora uporabljati zaščitno opremo, da preprečimo stik olja s kožo in očmi, upoštevati je treba požarni red in preprečiti kakršnokoli razlitje v okolje. Pri odvzemu vzorcev med obratovanjem ali takoj po zaustavitvi je treba posebno previdnost nameniti rotirajočim se delom, delom pod napetostjo in vročim delom, saj se med obratovanjem olje segreje do 100 stopinj Celzija. Zato vzorce odvzema samo izkušena in usposobljena oseba. Prav tako so pomembni vremenski pogoji v trenutku odvzema vzorcev, saj lahko vplivajo na vsebnost vlage v vzorcu. Za zajemanje vzorcev uporabljamo le čiste in suhe namenske posode (Topčagić et. al., 2014; Ur. l. RS št. 67, 2022; Inšpektorat RS za okolje in prostor, 2021).

Najprej iz pipice odstranimo zaporno kapico in pipico ter posodico izperemo s kratkim curkom olja, da odstranimo morebitne nečistoče in nato po steni vzorčne posode natočimo olje in posodo zapremo. Po končanem postopku pipico zapremo in namestimo zaporno kapico. Vzorce shranimo v temnem prostoru in jih v najhitrejšem možnem času dostavimo v laboratorij. Obvezno je treba vzorce tudi pravilno označiti, in sicer z lokacijo, oznako, nazivom proizvajalca, letom izdelave, nazivno močjo in prestavnim razmerjem transformatorja, tipom olja in podatki o odvzemu (Ur. l. RS št. 67, 2022; Inšpektorat RS za okolje in prostor, 2021).

V laboratoriju opravimo meritve, ki jih kasneje primerjamo z dejanskimi meritvami na terenu. Če po opravljenih meritvah olja v laboratoriju ugotovimo, da njegove lastnosti niso več v zadovoljivih vrednostih, je treba olju izboljšati kakovost z zato namenjenimi sredstvi in mu tako podaljšati življenjsko dobo ali ga morda celo zamenjati. Prav tako vsi omenjeni postopki za vzdrževanje in varno uporabo veljajo za okolju prijazno tekočino Midel 7131 (Topčagić et. al., 2014; Elektro Maribor d.d., 2022).

6.4 SKOZNIJKI

Skoznjiki so bistveni sestavni del vsakega močnostnega transformatorja. Ti na videz preprosti elementi opravljajo kritično funkcijo prenosa toka pri visoki napetosti skozi ohišje transformatorja. Zagotavljajo izolacijo med vodnikom pod napetostjo in kovinskim ohišjem transformatorja, ki je na potencialu zemlje. Skoznjike na splošno lahko razdelimo na dva osnovna tipa glede na sestavo in način izdelave (Topčagić et. al., 2014; Voršič, 2005).

6.4.1 Klasičen ali nekondenzatorski tip

Glavna elementa izolatorja sta prevodna palica, ki je običajno iz bakra, bakrovih zlitin (medenina) ali aluminija, ter zunanji izolator, ki je bil tradicionalno narejen iz namenskega porcelana. Z razvojem tehnologije materialov pa tradicionalne porcelanske izolatorje kljub še vedno nekoliko višji ceni vedno bolj nadomeščajo izolatorji iz silikonske gume, ki so enostavnejši za rokovanje, odpornejši na mehanske poškodbe (npr. toča), predvsem pa je silikon v primerjavi s porcelanom mnogo bolj hidrofoben (odbija vodo). Prostor med vodnikom in izolatorjem je običajno zapolnjen s transformatorskim oljem, kar dodatno zvišuje prebojno trdnost (Topčagić et. al., 2014; Voršič, 2005).

6.4.2 Kondenzatorski tip

Konstruktivno je zasnovan tako, da je prostor med osrednjim vodnikom in zunanjim izolatorjem v radialnih intervalih izmenično zapolnjen s plastmi impregniranega papirja in plastmi prevodnih folij različnih dolžin. Ti prevodni vložki predstavljajo kapacitivne elemente (kot npr. več zaporedno povezanih kondenzatorjev), povezujejo visokonapetostni vodnik z zemljo ter s tem omogočajo porazdelitev oziroma stabilizacijo električnega polja, ki nastane pri visoki napetosti. Tovrstni skoznjiki so uporabljeni predvsem pri višjih sistemskih napetostih in so kompletno sestavljeni v tovarni. Prednost te vrste skoznjikov je, da jih je mogoče namestiti pod katerim koli kotom od navpične do vodoravne (Topčagić et. al., 2014; Ur. I. RS št. 67, 2022; Inšpektorat RS za okolje in prostor, 2021).

Pri montaži uporabljamo samo ustrezno orodje in pripomočke ter od proizvajalca predpisane tesnilne mase. Posebno pozornost je treba posvetiti kakovostni ozemljitvi prirobnice skoznjika na ohišje (tank) transformatorja, ki preprečuje električne razelektritve v normalnih pogojih obratovanja. Pred zagonom transformatorja ali ob redni menjavi olja je treba počakati 24 ur, da se vzpostavi nivo olja, ki mora segati vsaj do prirobnice. Eventualno razlito olje ne bo poškodovalo silikonskih izolatorjev, na njem pa bi se nabrala umazanija, ki zmanjšuje učinkovitost izolacije, zato ga je treba skrbno pobrisati s papirnato brisačo. Pred zagonom preverimo tesnjenje in izvedemo meritve kapacitivnosti, ki nam služijo kot referenca za nadaljnje servisne ali vzdrževalne posege (Topčagić et. al., 2014; Voršič, 2005).

V kolikor je transformator nameščen v okolju z večjo onesnaženostjo (prah, dim ...), je treba pogosteje čistiti zunanost izolatorjev, ker nečistoča zmanjšuje njihove izolacijske lastnosti. Silikonskih izolatorjev ne smemo čistiti z vodo pod visokim pritiskom, glede uporabe kemičnih pripravkov pa se moramo strogo držati navodil proizvajalca (Topčagić et. al., 2014).

6.4.3 Hladilni sistem

Redno vzdrževanje ventilatorjev in hladilnega sistema transformatorja ni potrebno. Opravi se samo vizualni pregled in po potrebi se odstranijo morebitni tujki in nečistoče, ki se lahko naberejo med rebri hladilnih elementov ali na ventilatorjih. Prav tako je priporočljivo, da so ventilatorji občasno za krajši čas v pogonu, da se posuši morebitna vlaga, ki lahko kondenzira znotraj motorja. Kadar pa se zaradi neustreznih lastnosti olja v transformatorju menja olje, je treba očistiti usedline olja v notranjosti hladilnih elementov (Topčagić et. al., 2014; Voršič, 2005).

6.4.4 Naprave in oprema

Po navodilih proizvajalca je enkrat letno priporočljiv tudi vizualni pregled vseh instrumentov, zaščitnih naprav, vodnikov in električnih povezav. Opraviti je treba tudi meritve izolacijske upornosti proti masi ter preveriti stanje tesnilk in ventilov, da bi pravočasno preprečili morebitno iztekanje olja (Topčagić et. al., 2014).

6.4.5 Protipožarna zaščita

Poleg rednega vzdrževanja transformatorja in opreme je pomembno tudi vzdrževanje in testiranje sistemov za zaznavo požara in sistemov za gašenje. Redno vzdrževanje protipožarne stene ni potrebno, opravimo samo vizualni pregled. Transformator je opremljen z dimnimi detektorji, ki jih služba za protipožarno zaščito redno testira in po potrebi tudi zamenja (Topčagić et. al., 2014; Voršič, 2005).

7 VARSTVO PRI DELU

7.1 SPLOŠNA DOLOČILA

Za vse osebe, ki so navzoče v delovnem procesu, je obvezno upoštevanje predpisov in zakonov ter zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu. Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1) določa pravice in dolžnosti delodajalcev in delavcev v zvezi z varnim in zdravim delom ter ukrepi za zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu. Prav tako zakon določa organe in podzakonske predpise s področja varnosti in zdravja pri delu ter dolžnosti delodajalca po zagotavljanju le-teh. Določbe tega zakona se izjemoma ne uporabljajo v službah Slovenske vojske, policije, civilne zaščite in rudarstva, pri katerih se zaradi specifik del uporabljajo posebni predpisi (Horvat, 2021; Lovrenčič, 2009).

Vlada Republike Slovenije po posvetovanju s strokovno javnostjo pripravi predlog nacionalnega programa varnosti in zdravja pri delu, ki ga potrdi državni zbor Republike Slovenije. V njem se določi strategija razvoja varnosti in zdravja pri delu z namenom varovanja življenja, zdravja in delovne zmožnosti delavca ter preprečevanja nezgod pri delu in bolezni, povezanih z delom (Lovrenčič, 2009).

Temeljna načela zakona določajo delodajalcu obvezo o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu, izvajanju ukrepov za preprečitev nevarnosti in usposabljanju delavcev. Prav tako mora delodajalec zagotoviti varno in zdravo delo ter upoštevati posebna tveganja nosečih delavk in delavcev z zmanjšano delovno zmožnostjo. Zakon določa načrtovanje in izvedbo promocije zdravja na delovnem mestu in uporabo osebne varovalne opreme. Dolžnosti delavcev so izvajanje in spoštovanje ukrepov, pazljivo opravljanje dela ter uporaba varnostnih naprav in osebne varovalne opreme skladno z namenom uporabe in priporočili (Horvat, 2021).

Program varnostnih ukrepov in izvajanja varnega dela mora vsebovati osnovne podatke o izvajalcu del z odgovornimi osebami:

- natančen opis del,
- opis lokacije delovišča ter opis tveganj z delom,
- tehnologije izvajanja dela,
- način varnega izvajanja del in način zavarovanja proti tveganjem,
- predvidena delovna oprema,
- potrebna osebna in skupna varovalna oprema,
- organizacijska shema delovišča,
- terminski plan,
- načrt ureditve delovišča (Horvat, 2021).

Pri posebno nevarnih delih pa še:

- delovna mesta s posebnimi pogoji dela – nevarne cone;
- določitev mest za postavitve strojev, naprav ter zavarovanje glede na lokacijo;
- plan dviga težkih bremen, prenosa delavcev z dvigali, delo v ozkem, zaprtem ali lahko prevodnem področju, delo v radiološko nadzorovanem območju, na ekstremnih višinah, globinah, pod vodo, pod napetostjo... (Horvat, 2021).

Odgovorni vodja del ali strokovna oseba iz VZD mora pred pričetkom izvajanja del na delovišču ali gradbišču izvajalce seznaniti z vsebino programa ter zahtevami za zagotavljanje varnega in zdravega dela. Na gradbiščih pa se izvaja stalni nadzor (Lovrenčič, 2009).

7.2 PET ZLATIH PRAVIL

Temeljna načela dobre prakse, ki so ključna za varno delo na elektro omrežjih, so znana kot 5 zlatih pravil (Horvat, 2021; Lovrenčič, 2009; Ur. l. RS št. 83, 2005):

1. IZKLOP VSEH POLOV IN IZ VSEH STRANI (VIDNA LOČITEV)

Pred pričetkom dela na napravi jo je potrebno v celoti izklopiti, čeprav delamo le na majhnem delu naprave.

2. ZAVAROVANJE PRED PONOVNIM VKLOPOM

Opremo, s katero smo izvedli izklop, je potrebno zavarovati proti ponovnem vklopu. Na primer glavna stikala imajo velikokrat možnost uporabe ključavnice v ta namen.

3. PREIZKUS BREZNAPETOSTNEGA STANJA NAPRAVE

Breznepetostno stanje lahko ugotovi samo strokovnjak elektrotehnične stroke! Običajno se to preveri s faznim preizkuševalcem, vendar to ni vedno zanesljivo, saj le-ta lahko sveti tudi zaradi inducirane napetosti sosednjih vodnikov. Za največjo zanesljivost je potrebno breznepetostno stanje potrditi z ustreznim instrumentom.

4. OZEMLJITEV IN IZVRŠITEV KRATKOSTIČNE POVEZAVE NAPRAV

Dele, na katerih izvajamo dela, je potrebno ozemljiti in kratko skleniti.

5. BLIŽNJE DELE, KI SO OSTALI POD NAPETOSTJO, PREKRITI IN NEVARNA MESTA OGRADITI.

Tako se izognemo naključnim dotikom delov pod napetostjo.

7.3 VARNO DELO NA VIŠINI

Izvajanje varnega dela na višini je pogojeno z ustreznim zdravniškim pregledom in z opravljenim usposabljanjem za varno delo na višini ter uporabo višinske varovalne opreme. Vsa delovna oprema in skupna varovalna oprema mora biti pregledana, brezhibna ter imeti potrdilo o brezhibnosti v skladu z 9. členom Pravilnika o varnosti in zdravju pri delu pri uporabi delovne opreme, ki je naveden v Uradnem listu RS (Horvat, 2021).

7.4 DELO NA SKUPNEM DELOVIŠČU

Dodatna tveganja za varnost in zdravje delavcev predstavlja delo na skupnem delovišču, kjer se istočasno izvaja več delovnih aktivnosti. Zato moramo biti še posebej previdni in se stalno usklajevati z ostalimi skupinami na delovišču. V sklopu tega je potrebno pripraviti tudi delovni program in delovni nalog z zapisanimi kativnostmi. Primera delovnega programa in delovnega naloga, ki sta bila uporabljena pri izvedbi rekonstrukcije TP sta priložena v Prilogi 1 (Delovni program št. 1.386 / 2023 P) in Prilogi 2 (Delovni nalog št. 1386 / 1 / 2023). Potrebno je zavarovanje posameznih delovišč, in sicer s postavitvijo namenskih ograj, s katerimi se zavarujemo, da nepooblaščen oziroma neusposobljena oseba ne vstopa na mesto, kjer mi izvajamo delo. Obvezna je postavitve gradbiščne table, na kateri so zbrani podatki o gradbišču, in opozorilne table o nevarnostih na delovišču (Horvat, 2021; Lovrenčič, 2009; Ur. l. RS št. 83, 2005).

7.5 POŽARNA VARNOST

Po zakonu mora delodajalec sprejeti ukrepe za zagotovitev varstva pred požarom in evakuacijo. Zagotoviti mora ustrezna gasilna sredstva, izdelati požarni načrt in načrt evakuacije. Vsi so dolžni upoštevati ukrepe varstva pred požarom v skladu s Programom požarne zaščite. V primeru, da grozi nevarnost požara ali kadar opazijo požar, morajo nemudoma začeti gasiti s priročnimi gasilnimi sredstvi, če seveda to lahko storijo varno zase in druge, in o dogodku nemudoma obvestijo po najbližjem telefonu oziroma razglasu (Horvat, 2021; Lovrenčič, 2009).

Dela, pri katerih se uporabljajo odprt plamen, varjenje, rezanje kovin ali brušenje, ali dela, pri kateri se pojavlja visoka temperatura, se lahko izvajajo izključno z ustrezno Požarno dovolilnico. Požarna dovolilnica je sestavni del delovnega naloga in nam za različna dela s toplotnimi učinki predpiše določene ukrepe, ki jih je treba izvajati. Ukrepi so zavarovanje okolice z negorljivimi krpami in pregradami, s katerimi omejimo možnosti nastanka požara okoli izvajanja del, in zaščita gorljivih materialov v bližini, požarna straža in pripravljeno gasilno sredstvo za potrebe posredovanja ob nastanku

požara. Požarna dovolilnica je prav tako potrebna pri začasnem ali trajnem zapiranju intervencijskih poti (Lovrenčič, 2009).

7.6 PRVA POMOČ

Izvajalec del je dolžan organizirati prvo pomoč za primer poškodbe pri delu. Na razpolago mora imeti torbico z opremo za prvo pomoč in usposobljene osebe za nudenje prve pomoči. V primeru nezgode je treba takoj zaustaviti dela na območju nezgode, zavarovati mesto pred dodatnimi nevarnostmi, nuditi prvo pomoč in poklicati kontrolno sobo, ki organizira nadaljnje reševanje. V primeru izvedbe zahtevnih del na veliki višini, v ozkem in zaprtem prostoru, ob vodi ali pod vodo, v vročem delovnem okolju ... oziroma takrat, ko to zahtevajo pripravljene varnostne zahteve na delovišču, je treba organizirati skupino za reševanje. Izvajajo jo poklicni gasilci, ki ustrezno zavarujejo delovišče, pripravijo plan reševanja, namestijo opremo za reševanje. Šele po tem pričnemo z delom (Lovrenčič, 2009).

7.7 DELO Z DVIGALI IN DVIG BREMEN

Zaradi potreb po dvigu in prenosu bremen se na gradbiščih uporablja vse več različnih vrst dvigal. Dvigala morajo ustrezati predpisanim standardom in imeti s strani pristojnih služb opravljene tudi redne periodične preglede, s katerimi dokazujejo, da je dvigalo varno in zanesljivo za uporabo. Prav tako lahko z dvigalom upravlja le usposobljena oseba z izpitom za dotično vrsto dvigala. Pred izvedbo je treba preučiti nosilnost dvigala in njegov doseg, težo in težišče bremena, določiti ustrezno privezovalno sredstvo in mesto priveza ter mesto in način odlaganja bremena. V primeru ostrih robov bremena uporabimo namenske ščitnike ostrih robov, ki varujejo privezovalno opremo pred poškodbami. Med izvedbo del poskrbimo za varnost in zdravje ljudi, ki so vključeni v proces, in preprečimo ostalim, da se gibajo v območju, kjer breme dvigujemo ali prenašamo (Horvat, 2021; Lovrenčič, 2009; Ur. l. RS št. 83, 2005).

7.8 OSAMITEV OPREME

S ciljem vzpostavitve takšnega stanja opreme, da zagotovimo zaščito osebja in opreme pred energijskimi izvori proizvodnega procesa, izvajamo osamitev opreme. Energijski izvori so lahko električna napetost, temperaturni vplivi, nadtlak ali podtlak tehnoloških medijev. Glede na vrsto izvora se razlikujejo osamitve.

Z opremo, na kateri je rdeča kartica, se ne sme manipulirati pod nobenim pogojem. Na njej so navedeni oznaka kartice, oznaka opreme, zahtevan položaj opreme, opis, oznaka načrta opreme in lokacija.

Rumena kartica pomeni opozorilo in nas opozarja na posebne pogoje, pod katerimi se lahko upravlja z opremo, ali opozarja na pomanjkljivost opreme (Horvat, 2021).

7.9 NEVARNOST ELEKTRIČNEGA TOKA

Nevarnost udara električnega toka je izjemno pomembna, saj so njegove posledice nevarne za človeško telo in življenje, povzročijo uničenje naprav ali strojev in so lahko vir požara ali eksplozije. Izvajanje del v elektroenergetskih postrojih je v veliki večini primerov izpostavljen delu v bližini naprav, ki so pod električno napetostjo, pri izvajanju del neposredno pod napetostjo pa je nevarnost udara električnega toka še toliko večja. Zato je bilo treba tudi med zamenjavo transformatorja upoštevati predpisana varnostna navodila. Dela morajo biti izvedena v skladu z veljavnimi standardi in predpisi. Izvajanje le-teh je dovoljeno samo usposobljeni osebi z ustrezno osebno varovalno opremo. Izpolniti je treba ukrepe, ki preprečujejo možnosti udara električnega toka. Ta se delijo na dela v breznapetostnem stanju, dela v bližini naprav, ki so pod napetostjo, in dela pod napetostjo (Horvat, 2021).

7.10 EKOLOGIJA IN VPLIV NA OKOLJE

Izgradnja transformatorske postaje predstavlja tuj predmet v naravnem okolju in je potrebno preučiti njegov vpliv na okolje oz. ekosistem. Visokonapetostni energetski transformatorji v svoji neposredni bližini oddajajo nizkofrekvenčno elektromagnetno sevanje (EMS). Na Inšpektoratu Republike Slovenije (Inšpektoratu RS) za okolje in prostor bila izvedena obširna akcija, kjer so ugotovili, da so bile v vseh primerih, ko so bile meritve izvedene, izmerjene vrednosti precej manjše od dovoljenih mejnih vrednosti EMS. Iz tega lahko zaključimo, da je vpliv EMS od transformatorske postaje okoljsko vzdržen. S postavitvijo transformatorske postaje FOREM 1 bo dodaten vpliv na okolje zaradi sevanja zanemarljiv (Horvat, 2021; Lovrenčič, 2009).

Statična zasnova in postavitve betonskega stebra so v skladu z gradbenimi standardi, namestitve stebra pa je dovolj oddaljena od bivalnih objektov in gozdov, tako da sam steber ne predstavlja dodatne nevarnosti za nastanek požara ob morebitni porušitvi.

Iz systemskega vidika omogoča zanesljivejša oskrba z električno energijo izvedbo ukrepov populacije za varovanje okolja (zmanjšanje emisij z investicijami v elektromobilnost in ogrevanje z električnimi grelnimi elementi, kot so toplotne črpalke).

Izgradnja transformatorske postaje Moravski vrh ne povzroča dodatne oz. drugačne obremenitve za okolje od obstoječe elektrodistribucijske infrastrukture (Horvat, 2021).

8 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo predstavili teoretične osnove elektro distribucije s posebnim poudarkom na transformatorski postaji. Opisali smo delovanje in sestavne dela transformatorja ter njegovo vlogo v distribuciji električne energije.

Rekonstrukcija NNO je bila potrebna zaradi slabih napetostnih razmer, ki so posledica dotrajanosti omrežja, kar je vodilo do pritožb uporabnikov. V sklopu rekonstrukcije omrežja smo izvedli tudi vključitev nove transformatorske postaje v SN, NN omrežje. Posebno pozornost smo posvečali izbiri materialov za izgradnjo NN vodov, ob upoštevanju navodil za varno delo, ter sestavnih delov in elementov, ki jih potrebujemo pri sami rekonstrukciji ter izgradnji transformatorske postaje.

V praktičnem delu naloge smo se osredotočili na izgradnjo NNO, ter na postavitve kompaktne betonske transformatorske postaje tipa FOREM 1. Ugotovili smo, da je tak tip izvedbe transformatorske postaje najustreznejši za rekonstrukcijo elektrodistribucijskega omrežja, saj smo gole vodnike zamenjali z zemeljskim kablovodom.

Med izvedbo del na terenu smo upoštevali trenutno veljavne zakone in interne predpise, ter namenili posebno pozornost varnosti in zdravju pri delu. Pri izvedbi del smo upoštevali pet zlatih pravil in dela uspešno zaključili brez zapletov in poškodb. Z izgradnjo nove transformatorske postaje Moravski vrh 3 smo zagotovili zanesljivejšo oskrbo kraja z električno energijo. S samo izvedbo del smo si pridobili veliko praktičnih izkušenj. V času priprave tega dela je obnova že deloma zaključena.

Začetne predpostavke in omejitve so se izkazale za ustrezne, pri čemer smo se dodatno seznanili z zahtevnostjo same postavitve in izdelave kableske kanalizacije za nadaljevanje rekonstrukcije NNO. Ugotovili smo, da vzpostavitev nove transformatorske postaje ne predstavlja dodatne obremenitve za okolje in prostor. Širše gledano zanesljivejša oskrba z električno energijo spodbuja investicije v okolju prijaznejše tehnologije.

9 LITERATURA IN VIRI

Agencija za energijo. (2023). Pridobljeno 05. 4. 2023 z naslova <https://agens.si/zakonodaja>.

Beckmann, H. W. (2003). *Priročnik za elektrotehniko in elektroniko: tehnologija - strokovna znanja - strokovna teorija, tehnična matematika - strokovno računanje, tehnično risanje - tehnična informatika, varstvo pri delu in varstvo okolja*, 2. izdaja, Tehniška založba Slovenije.

Horvat, M. (2021). *Analiza incidenta pri iznosu potenciala z vidika detekcije in delovanja zaščit*. Elektro Maribor, d. d., 15. konferenca Cigre-Cired, Laško.

Inšpektorat RS za okolje in prostor. (2021). *Četrtnina transformatorjev nima opravljenih meritev elektromagnetnega sevanja*. Pridobljeno 12. 2. 2023 z naslova <https://www.gov.si/novice/2021-01-12-cetrtnina-transformatorjev-nima-opravljenih-meritev-elektromagnetnega-sevanja/>.

Elektro Maribor d.d. (2022). *Interna dokumentacija (projektne dokumentacija) podjetja*.

Lovrenčič, V. (2009). *Varovanje okolja in varstvo pri delu : gradivo za 1. letnik*. Zavod IRC.

Sistemiški operater distribucijskega omrežja z električno energijo - SODO. (2023). Pridobljeno 29. 3. 2023 z naslova <https://www.sodo.si/sl>.

Standard SIST EN 62305-1:2011. (2011). *Zaščita pred delovanjem strele - 1. del: Splošna načela*.

Standard SIST EN 62305-2:2012. (2012). *Zaščita pred delovanjem strele - 2. del: Vodenje rizika*.

Standard SIST EN 62305-3:2011. (2011). *Zaščita pred delovanjem strele - 3. del: Fizična škoda na zgradbah in nevarnost za živa bitja*.

Standard SIST EN 62305-4:2011. (2011). *Zaščita pred delovanjem strele - 4. del: Električni in elektronski sistemi v zgradbah*.

Standard SIST HD 637 S1:1999. (1999). *Elektroenergetske naprave nad 1 kV izmenične napetosti*.

Standard SIST EN 50522:2022. (2022). *Ozemljitev elektroenergetskih postrojev, ki preseajo 1 kV izmenične napetosti*.

Topčagić Z., Križaj, D., Miljavec, D. (2014). *Termična analiza 250 kVA trifaznega transformatorja s 3D numerično simulacijo*, Elektrotehniško. Vestnik / Electrotechnical Review., izdaja 81, št. 1–2, str. 1–8.

Ur. l. RS št. 67. (2022). *Pravilnik o spremembi pravilnika o tehničnih pogojih za graditev nadzemnih elektroenergetskih visokonapetostnih vodov izmenične napetosti 1 kV do 400 kV*, stran 4999. Pridobljeno 18.03.2023 z naslova <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2022-01-1552?sop=2022-01-1552>.

Ur. l. RS št. 83. (2005). *Uredba o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih*. Pridobljeno 21.03.2023 z naslova https://www.uradni-list.si/_pdf/2005/Ur/u2005083.pdf.

Voršič, J. P. (2005). *Tehnika visokih napetosti in velikih tokov*, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru.

PRILOGA

Priloga 1: Delovni program št. 1.386 / 2023 P

ELEKTRO MARIBOR d.d.
OE Gornja RadgonaŠtevilka: 1.386 / 2023 P
Datum: 23.3.2023 14:27**DELOVNI PROGRAM**Začetek del: 28.3.2023 08:00 Konec del: 28.3.2023 11:00

Na navedenih elektroenergetskih postrojih in napravah bodo delovne skupine vršile naslednja dela:

DELOVNA SKUPINA 1:

Začetek del: 28.3.2023, od 08:00 ure. Konec del: 28.3.2023, ob 11:00 uri. Skupinovodja: Kovačič Simon

Naprava: *RTPLjutomer, DV Čezanjevci, DV D-539 Moravski vrh - Novi vrh SM 9*Dela: *na DV D-539 Moravski vrh - Novi vrh SM 9 postavitve droga za vertikalnim ločilnikom (LOČILNIK OSTANE IZKLOPLJEN IN BLOKIRAN) in montaža SN KBV za novo TP Moravski vrh 3 na drog*Odg. oseba za vzpostavitev breznapetostnega stanja je: **Grah Mirko**, ki izda dovoljenje za delo.Kordinator preklonitev: **Grah Mirko**Kordinator del: **Grah Mirko**, ki bo izdal delovne naloge.Osnovni varnostni ukrepi: **STROGO UPOŠTEVANJE VARNOSTNIH PRAVIL!**

Dodatni varnostni ukrepi:

Način sporazumevanja: *UKW, telefon*Obveščanje odjemalcev: *Radio, telefon, sms, elektronska pošta, ustno*

Posebna določila:

ELEKTRO MARIBOR d.d.
OE Gornja Radgona

Številka: 1.386 / 2023 P
Datum: 23.3.2023 14:27

Potrebne stikalne manipulacije in zavarovalni ukrepi:

- 1: TP Mezgovci, preveri D-OL DV Moravci, LM-187 mora biti izklopljen, Grah
- 2: Izklop daljinskih komand LM 187, Grah
- 3: -----
- 4: **OB 8:00 URI JE POTREBNO:**
- 5: Moravci, izklop POL DV Moravski vrh, LM-137, Grah
- 6: ozemljitev DV D-539 Moravski vrh - Novi vrh na SM 8 in 10, Kovačič
- 7: Po končanih delih vzpostavitve normalnega obratovalnega stanja v obratnem vrstnem redu in smislu.

PET ZLATIH PRAVIL:

1. Izklopi in vidno loči iz vseh strani!
2. Prepreči ponovni vklop!
3. Preizkusi breznapetostno stanje!
4. Ozemlji in kratko skleni!
5. Ogradi dele pod napetostjo!

Dostavljeno: DCV, Arhiv, Grah Mirko, Grah Mirko, Grah Mirko.

OE PTUJ

Program sestavil: **Jožef Tropenauer**

Program pregledal in odobril: **Kovačič Danijel**





Priloga 2: Delovni nalog št. 1386 / 1 / 2023

ELEKTRO MARIBOR d.d.
OE Gornja Radgona

Številka: 1386 / 1 / 2023
Datum: 23.3.2023 14:27

DELOVNI NALOG 1

Začetek del: 28.3.2023 8:00 Konec del: 28.3.2023 11:00

je potrebno na elektroenergetskem postroju - napravi:

RTP Ljutomer, DV Cezanjevci, DV D-539 Moravski vrh - Novi vrh SM 9

Izvršiti naslednja dela:

na DV D-539 Moravski vrh - Novi vrh SM 9 postavitev droga za vertikalnim ločilnikom (LOČILNIK OSTANE IZKLOPLJEN IN BLOKIRAN) in montaža SN KBV za novo TP Moravski vrh 3 na drog

Delo je predvideno z delovnim programom št.: **1386 / 2023**

Odgovorna oseba za vzpostavitev breznapetostnega stanja je: **Grah Mirko**, ki izda dovoljenje za delo.

Vodja delovne skupine je: **Kovačič Simon**, ki izda obvestilo o prenehanju dela.

Koordinator programskih del je: **Grah Mirko**

Koordinator preklonitev je: **Grah Mirko**

Vodja delovne skupine izvrši naslednje zavarovalne ukrepe:

Preizkus breznapetostnega stanja in ozemljitev deloviščal

Dodatni varnostni ukrepi:

Način obvestila odjemalcev in drugih prizadetih oseb: *Radio, telefon, sms, elektronska pošta, ustno.*

Posebna določila:

Vodja delovne skupine poskrbi za pravočasno pripravo orodja, opreme in prevoza. Pred pričetkom dela je dolžan seznaniti delovno skupino z delovnim nalogom, kakor tudi s posebnimi pogoji in nevarnostmi. Ko se je prepričal, da so izvedeni vsi varnostni ukrepi, dovoli pričetek del. Vsi zaposleni se morajo ravnati po določenih varstvenih pravilih za dela na elektroenergetskih postrojih in veljavnih tehničnih in drugih predpisih.

ELEKTRO MARIBOR d.d.
OE Gornja Radgona

Številka: 1386 / 1 / 2023
Datum: 23.3.2023 14:27

Potrebne stikalne manipulacije in zavarovalni ukrepi:

- 1: TP Mezgovci, preveri D-OL DV Moravci, LM-187 mora biti izklopljen, Grah
- 2: Izklop daljinskih komand LM 187, Grah
- 3: -----
- 4: OB 8:00 URI JE POTREBNO:
- 5: Moravci, izklop POL DV Moravski vrh, LM-137, Grah
- 6: ozemljitev DV D-539 Moravski vrh - Novi vrh na SM 8 in 10, Kovačič
- 7: Po končanih delih vzpostavitev normalnega obratovalnega stanja v obratnem vrstnem redu in smislu.

PET ZLATIH PRAVIL:

1. Izklopi in vidno loči iz vseh strani!
2. Prepreči ponovni vklop!
3. Preizkusi breznapetostno stanje!
4. Ozemlji in kratko skleni!
5. Ogradi dele pod napetostjo!

Dostavljeno: *Arhiv, Kovačič Simon, Grah Mirko.*

Delovni nalog pregledal in odobril,
Koordinator del: **Grah Mirko**

Izjavljam, da mi je delovni nalog razumljiv,
Vodja delovne skupine: **Kovačič Simon**