

# ZAŠTITA STUPNE TRAFOSTANICE I RADNIKA NA ODRŽAVANJU

---

**Nović, Mario**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:886592>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-04**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Mario Nović

# **ZAŠTITA STUPNE TRAFOSTANICE I RADNIKA NA ODRŽAVANJU**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2021.

Karlovac University of Applied Sciences

Odjel Sigurnosti i zaštite

Study of Safety and Protection

Mario Nović

# **PROTECTION OF TRANSMISSION STATION AND MAINTANCE WORKERS**

Final paper

Karlovac, 2021.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Mario Nović

# **ZAŠTITA STUPNE TRAFOSTANICE I RADNIKA NA ODRŽAVANJU**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Prof.dr.sc. Budimir Mijović

Karlovac, 2021.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni studij: Sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita na radu, Karlovac, 2021.

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Mario Nović

Matični broj: 0416610749

Naslov: Zaštita stupne trafostanice i radnika na održavanju

Opis zadatka: U zadanoj temi sam pisao o zaštiti stupne trafostanice, njene neposredne blizine i radnika na održavanju. Vrlo je važno istaknuti funkciju trafostanice i njenu ulogu, ali i opasnosti kojima su izloženi radnici koji rade na njoj.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:  
obrane:

Predviđeni datum

07.01.2021.

30.04.2021.

14.05.2021.

Mentor:  
Prof. dr. sc. Budimir Mijović

Predsjednik ispitnog povjerenstva:  
Dr. sc. Snježana Kirin, viši pred.

## PREDGOVOR

Za izradu ovog završnog rada posebno se zahvaljujem svome mentoru prof. dr. sc. Budimiru Mijoviću koji je svojim stručnim znanjem i velikim iskustvom pomogao pri izradi ovog završnog rada. Zahvaljujem se i svim profesorima Veleučilište u Karlovcu na prenesenom znanju tijekom studija, kao i svojoj obitelji koja mi je bila velika podrška tijekom studiranja. Zahvaljujem i poduzeću HEP O.D.S. u kojem radim i koje mi je ustupilo potrebne informacije i materijale za pisanje završnog rada.

## SAŽETAK

Zaštita stupne trafostanice obuhvaća zaštitu same trafostanice, njene neposredne blizine i radnika na održavanju. U današnje moderno vrijeme, opskrba električnom energijom je gotovo nezaobilazna. Kako bismo bolje shvatili važnost trafostanica, bitno je prvo razumjeti njihovu ulogu, ali i opasnosti kojima su izloženi radnici koji rade na istoj. U ovom radu, biti će prikazana zaštita trafostanice, njene okoline i radnika iste.

### Ključne riječi

Trafostanice, radnici, zaštita, električna energija

### ABSTRACT

The protection of the tower substation includes the protection of the substation itself, its immediate vicinity and maintenance workers. In today's modern times, electricity supply is almost unavoidable. In order to better understand the importance of substations, it is important to first understand their role but also the dangers to which workers working on it are exposed. In this paper, the protection of the substation, its environment and its workers will be presented.

Key words: Substations, workers, protection, electricity

SADRŽAJ	IV
ZADATAK ZAVRŠNOG RADA	I
PREDGOVOR .....	II
SAŽETAK.....	III
SADRŽAJ.....	IV
1. UVOD.....	1
1.1 Predmet i cilj rada .....	1
1.2 Izvori podataka i metode prikupljanja .....	1
2. OPIS STUPNE TS I NJENIH KOMPONENATA .....	2
2.1. Tipska stupna TS .....	2
2.2. Ostale komponente Trafostanice .....	8
2.2.1. Vodiči dalekovoda.....	8
2.2.2. Elementi 24 kV univerzalnog samonosivog kabela (SUK).....	10
2.2.3. Dolazni Excel (univerzalni kabel 20 kV) .....	13
2.2.4. Energetski transformator .....	14
2.2.5. Razvod 0,4kV .....	14
2.2.6. Kompenzacija .....	16
2.2.7. Potporni izolatori .....	16
2.2.8. Odvodi 0,4kV .....	16
3. TEHNIČKA ZAŠTITA TS I NJENE OKOLINE .....	18
3.1. Komponente zaštite .....	18
3.1.1. Uzemljenje.....	18
3.1.2. Uzemljenje za zaštitu od groma .....	20
3.1.3. Zaštita od neizravnog dodirnog napona.....	21
3.1.4. Odvodnici prenapona.....	22
3.1.5. SN osigurači .....	23
3.2. Program kontrole i osiguranja kvalitete .....	23
3.3. Prikaz tehničkih rješenja za primjenu zaštite od požara.....	24
3.3.1. Dalekovod.....	24
3.3.2. Transformatorska stanica.....	25
4. ZAŠTITA RADNIKA I OSTALIH POSJETITELJA TRAFOSTANICE.....	26



4.1. Upozorenja na trafostanici.....	26
4.2. Pet pravila za osiguranje mjesta rada na električnim postrojenjima i instalacijama .....	27
4.3. Upute za pružanje prve pomoći pri udaru električne struje.....	29
4.4. Zaštitna obuća, odjeća i oprema radnika trafostanice.....	30
5. PRIMJER ZAMJENE DOTRAJALIH KATODNIH ODVODNIKA PRENAPONA .....	33
6. ZAKLJUČAK.....	38
7. LITERATURA .....	40
8. PRILOZI.....	41
8.1 Popis slika .....	41

# 1. UVOD

## 1.1 Predmet i cilj rada

Predmet ovog završnog rada je navesti zaštitu postrojenja i radnika koji rade na otklanjanju kvara na transformatorskoj stanici. Potrebno je u ovom radu opisati material i cijelo postrojenje zajedno sa svim detaljima zaštite, a da bi to što vjernije pokazali radnja se bavi opisom materijala, elemenata, funkcijom, sastavnim dijelovima i material koji ima zaštitnu funkciju.

Transformatorska stanica kao i svi novi materiali i postrojenja moraju biti prilagođeni što lakšim prelaskom na 20kV.

Nazivni napon na više naponskoj strani je 20kV ili 20.000V, a manji ili sekundarni napon je 0,4kV ili 420V.

Zbog trenutnog napona na srednjenaponskoj mreži od 10kV, transformatorska stanica mora biti što bolje pripremljene za što brži i bezbolniji prelazak na 20kV i mora imati dio postrojenja preklopivi (transformator).

Cilj ovog rada je ukazati na radove sa opisom načina zaštite radnika od slučajnog dodira dijelova pod naponom kod kvarova na čeličnorešetkastoj transformatorskoj stranici.

Ime po važećim standardima kabela je EXCEL 24kV 3\*10/10mm<sup>2</sup>.

## 1.2 .Izvori podataka i metode prikupljanja

Izvori podataka ovog završnog rada su stručna literatura i projekti Hrvatske elektroprivrede, HEP Vjesnik Bilten i samostalna stečena znanja tijekom studiranja i rada. Prema temi rada, odabrani su odgovorajući sadržaji iz dostupnih izvora podataka i povezani su na način kako bi činili smislenu cjelinu.

## 2. OPIS STUPNE TS I NJENIH KOMPONENATA

Trafostanica služi kako bismo napon jedne razine transformirali u napon druge razine. Ciklusi električne energije su proizvodnja, prijenos i distribucija. Između svakog ciklusa, jako bitnu ulogu igraju upravo trafostanice koje se nalaze na stranama viskog, srednjeg i niskog napona. Zbog njihovih važnosti, potrebno je poznavati opasnosti istih i kako se od njih zaštititi prilikom rada.

### 2.1. Tipska stupna TS

Tipna stupna TS 10(20)/0,4kV sastoji se od nosivog čelično-rešetkastog stupa visine 8,76 m (iznad temelja) s betonskim temeljem i elektroenergetskih uređaja, a to su primarni uređaji visokog napona 10(20)kV, energetski transformator 10(20)kV do 250kVA i sekundarni uređaji niskog napona 0,4kV. S obzirom na dovod i odvod el. energije moguće su 4 osnovne izvedbe stupne TS i to:

- SN zračni dovod i NN zračni odvodi
- SN zračni dovod i kabelski odvodi
- SN kabelski dovod i NN zračni odvodi
- SN kabelski dovod i NN kabelski odvodi

Stup TS je pocinčana čelično-rešetkasta konstrukcija oblika piramide, statički obrađena i konstruktivno oblikovana za prihvat i zavješanje zračnog SN priključka i NN zračnih odvoda, za nošenje SN osigurača, energetskog transformatora, odvodnika prenapona, razvodnih ormarića i SN kabela koji se uvlače kroz zaštitne okite cijevi promjera 75 mm/5 bar ubetonirane u temelj i vode po unutarnjoj Y strani stupa do spojnih ploča pa se provlače na vanjsku X stranu nasuprot transformatora i vode do projektirane konzole za priključak kabelskih završetaka [1].

Kabeli se sidre za dijagonale pocinčanim plastificiranim obujmicama.

Na vrhu stupa je predviđena konzola s 6 potpornih izolatora za prihvat vodiča zračnog voda i rupama za prihvat zateznih izolatorskih lanaca (alternativa), a nešto niže 0,45 m od vrha ispod zračnog voda nalazi se konzola za nošenje odvodnika prenapona.

Kod kabelskog SN priključka ova konzola se montira na suprotnu stranu, pri čemu tada služi za nošenje odvodnika prenapona i prihvat kabelskih završetaka – glava.

Nasuprot ovoj konzoli na strani ispod zračnog priključka, na sredini prostora iznad energetskog transformatora nalazi se nosač s SN osiguračima. Spojni vodovi od zračnog voda ili kabelskih završetaka do energetskog transformatora su isti kao u SN zračnom vodu /Al-Ce uža > 35/6 mm<sup>2</sup>).

Ispod nosača SN osigurača nalazi se konzola za zavješanje NN odvoda.

Slika ispod prikazuje trafostanicu, odnosno, transformator na čelično-rešetkastom stupu (Slika 1) [1].



Slika 1 Stupna trafostanica na čelično-rešetkastom stupu

Slika ispod prikazuje betonski stup dalekovoda s linijskim rastavljačem, odnosno, dolaz visokog napona na trafostanicu (Slika 2) [1].



Slika 2 Betonski stup dalekovoda 10kV s linijskim rastavljačem

Slike ispod prikazuju kako izgleda dolaz žica dalekovoda (visokog napona) na izolatore čelično-rešetkastog stupa, odvodnike prenapona, visoko naponske osigurače i konačno na visoko naponsku stranu transformatora (Slike 3 i 4) [1].



Slika 3 Prikaz dolaza žica 10kV dalekovoda na stupnu trafostanicu



Slika 4 Prikaz dolaza viskog napona na trafostanicu

Razvodni ormarić za distribuciju dimenzija 670x930x1095 mm, s vratima na prednjoj i stražnjoj strani, izrađen od Al lima, smješten na dvije konzole u sredinu stupa, pruža mogućnost prihvata s donje strane kablskih odvoda, a s gornje strane zračnih odvoda i kablskog dovoda.

Slika ispod prikazuje izgled razvodnog ormarića za distribuciju na čelično-rešetkastom stupu (Slika 5) [1].



Slika 5 Razvodni ormarić trafostanice za distribuciju

U slučaju kabljskih odvoda kabeli se uvlače kroz zaštitne okitene cijevi promjera 75 mm/5 bara ubetonirane u sredinu temelja. Snopovi zračnih odvoda SKS i dovodni kabeli s energetskog transformatora vode se po unutarnjoj strani stupa sidrenjem za dijagonale pocinčanim plastificiranim obujmicama i uvlače u razvodni ormarić s gornje strane kroz prikladne APg uvodnice.

Pored razvodnog ormarića za distribuciju na stupu sa strane postavljen je poseban razvodni ormarić dimenzija 600x300x800mm, koji sadrži samo opremu potrebnu za javnu rasvjetu.

Neposredno ispod energetskog transformatora postavljena je na sve četiri strane fizička prepreka u obliku propisanih metalnih šiljaka protiv nedopuštenog penjanja [1].



## 2.2. Ostale komponente Trafostanice

### 2.2.1. Vodiči dalekovoda

Univerzalni kabel zadovoljava uvjete polaganja samonosivog srednjenaponskog kabela zračno na postojeće stupove iznad niskonaponske mreže zatim kombinirano polaganje nadzemno , podzemno i podvodno bez nepotrebnog sječenja kabela na što većim dužinama. Konstrukcija kabela je veoma zahtjevna i predstavlja proizvod najviše tehnološke i uporabne vrijednosti. Povoljno postignuta električna svojstva kabela s obzirom na znatno manje padove napona u odnosu na druge vodiče kao i povećanje dužine nadzemnih vodova na 40 – 50% [1].

Primjenom samonosivog srednjenaponskog kabela moguće je izvesti srednjenaponsku mrežu u cjelini sa sva tri načina polaganja kabela. Nadzemnim polaganjem dobiva se povećani kapacitivni otpor, a time i smanjeni prividni otpor što rezultira smanjenjem padova napona i mogućom većom duljinom voda na već postojeću niskonaponsku mrežu.

Primjenom univerzalnog kabela smanjuje se znatno broj elemenata koji čine srednjenaponsku mrežu čime je omogućena brza i jednostavna gradnja. Postojeća mreža može se vrlo jednostavno preoblikovati na nekim kritičkim djelovima ili kompletna zamjena naponskog nivoa na postojećim nosačima sa interpolacijom transformatorske stanice.

Prekidi u napajanju pojedinih djelova srednjenaponske mreže izbjegnuti su u teškim vremenskim i klimatskim uvjetima kao što je snježno nevrijeme, jak vjetar koji uzrokuje pad drveća i granja, atmosferska pražnjenja i zagađena atmosfera. Ovakvom izgradnjom sa univerzalnim samonosivim kabelom izbjegnuti su kratki spojevi između vodiča, zemni spoj uzrokovan probojem izolatora ili dodirrom vodiča sa okolnim drvećem, preskoci na izolatorima uzrokovani prenaponima, lom izolatora ili proboj izolatorskog lanca kao i traženja kvara u teškim vremenskim prilikama.

Za projektirani dalekovod predviđen je univerzalni kabel EXCEL 3x10/10mm<sup>2</sup> 14/24kV. Kabel se sastoji od vanjskog plašta i XEPL izolacije sa tvrdo vučenim bakrenim vodičima

presjeka  $10\text{mm}^2$ . Predmetni univerzalni kabel predviđen je za polaganje na betonskim stupovima.

Za gradnju srednjenaponskih vodova u nadzemnoj i podzemnoj izvedbi, švedska tvrtka "ERICSSON" proizvela je za tu namjenu srednjenaponski univerzalni kabel tipa "EXCEL".

Konstrukcija srednjenaponskog univerzalnog kabela izvedena je trožilno, a svaka žila izrađena od tvrdo vučenog bakra i izolirana umreženim polietilenom XLPE na kojemu je s unutrašnje i vanjske strane nanešen poluvodljivi sloj. Svaka žila vanjske strane preko poluvodljivog sloja ima ekran od pokositrene bakrene pletene trake. Sve tri žile, preko pokositrene bakrene trake, obuhvaćene su vezivnim slojem (bandažom) i zaštićene mehanički i električki otpornim LLD PE vanjskim plaštem.

Odabrani kabel tipa "EXCEL" konstruiran je, ispitan i sukladan normi IEC 502 i švedskom standardu SS 424 14 16. Nostrificiran je u Institutu za elektroprivredu i energetiku d.d. Zagreb, br NC.0061/22 od 10.08.2000. godine [1].

nazivni presjek/presjek plašta  $3 \times 10/10\text{mm}^2$

promjer vodiča 3,55mm

promjer sa XLPE izolacijom 15mm

promjer kabela 38mm

obodna dimenzija 41mm

početni modul elastičnosti prije dodatnog opterećenja  $75\text{kN/mm}^2$

modul elastičnosti poslije dodatnog opterećenja  $87\text{kN/mm}^2$

trajno istežanje 0,5%

koeficijent linearnog istežanja  $20 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

naprežanje kod  $0^\circ\text{C}$   $80\text{N/mm}^2$

maximalna proračunska sila za kabel 8,5kN

prosječna dinamička sila brzog kidanja kabela 24kN

prosječna statička sila polaganog kidanja kabela  $\geq 16\text{kN}$

fazni i linijski napon kabela 14/24kV

otpor vodiča kod 20°C 1,83 $\Omega$ /km

induktivitet 0,49 mH/km

kapacitet 0,13 $\mu\text{F}$ /km

reaktivni otpor 0,15 $\Omega$ /km

struja zemljospoja (kapacitivna struja) 1,27A/km

maximalna kratkospojna struja uz zagrijavanje vodiča do 250°C 2,0kA/sek.

maximalna kratkospojna struja ekrana 2,0kA/sek.

maximalna temperatura vodiča 90°C zrak 25 °C 90 A

minimalni radijus savijanja polaganja 450mm

minimalni radijus savijanja učvršćenja 300mm

minimalna temperature polaganja - 20°C

dužine isporuka kabla 500 m, bubanj K 16, težina 805kg

dužine isporuka kabla 1000 m, bubanja K 22, težina 1630kg [1].

### 2.2.2. Elementi 24 kV univerzalnog samonosivog kabela (SUK)

Sredjenaponski univerzalni kabel u nadzemnoj izvedbi uvjetuje i odgovarajuću spojnu i ovjesnu opremu, koju proizvođač kabela, preporuča kao tehničku i tehnološku cjelinu.

Zatezno zavješanje SUK-a izvodi se pomoću nosača (kuka s vijkom), zatezača (zatezna spona) i zatezne spirale. Kod montaže zatezne spirale važno je napomenuti da se ne smije upotrijebiti alat za povećanje sile kod namatanja spirale. Spirala se sastoji od dvije odvojeno oblikovane cjeline koje se kod namatanja zatvore u samozateznu mrežu. Oblikovane cjeline (polovice spirale) sastoje se od 4 žile. Kod namatanja se prvi uvojak ne koristi, a pri kraju namataju se dvije po dvije žile, dok se na samom završetku namata

svaka žila odvojeno. Za montažu spirale ne koriste se posebni alati, dovoljne su i obavezne zaštitne rukavice.

Nosivo zavješnje SUK-A izvodi se pomoću nosača (kuka s vijkom) i nosive stezaljke. Nosiva stezaljka ima dvojnju namjenu. Prva namjena je korištenje nosive stezaljke u svojstvu koloturnika za razvlačenje kabela. U tom svojstvu se koristi i za vrijeme zatezanja kabela u odgovarajući provjes. Druga namjena nosive stezaljke je nosivo zavješnje sa mogućnošću proklizivanja. Za navedene namjere nosiva stezaljka u srednjem djelu ima vijak kao koloturnik, a kada je u donjem položaju onda se kabel spušta na posteljice sa ulošcima od gume i stezaljka preuzima namjenu nosivog zavješnja.

Kutno zavješnje SUK-a za kuteve loma trase od  $40^{\circ}$  indetično je s nosivim zavješnjem. ako je kabel položen s unutarnje strane kuta. Ako je SUK položen s vanjske strane kuta onda se koristi produženi nosač [1]

Ovjesna oprema za ovješanje samonosivog univerzalnog kabela na betonske stupove sastoji se od :

- kuka komplet
- nosiva stezaljka
- gumeni uložak
- kutna konzola unutarnji ovjes 40°
- kutna konzola vanjski ovjes 40°
- kutna konzola unutarnji ovjes 80°
- zatezna spirala
- zatezna spona
- regulacijski natezač
- kabelski završetak za vanjsku montažu
- kabelska glava za vanjsku montažu
- Stopice za vodiče
- stopice za ekran
- kabelska spojnica tropolna
- kabelska tripolna spojnica
- spojne čahure za spajanje vodica
- spojnice za spajanje ekrana

Za zaštitu od prenapona odabrani su metaloksidni odvodnici prenapona proizvođača "RAYCHEM" tip HAD 12 NA-NFF, a montirati će se na čelično rešetkastim stupovima budućih trafostanica gdje završava srednjenaponski univerzalni kabel.

Naprezanje vodiča odabrano je u skladu s konstrukcijom SUK-a i iznosi približno 10 daN/mm<sup>2</sup> kod temperature 20<sup>0</sup> C. Za tako odabrano naprezanje proizvođač kabela dao je i odgovarajuću tablicu provjesa (za silu F= 3,00kN) [1].

### 2.2.3. Dolazni Excel (univerzalni kabel 20 kV)

Gradnjom srednjenaponskih vodova 24 kV primjenom univerzalnog srednjenaponskog kabela koji se polaže po zraku, pod zemljom i podvodno u besprekidnoj liniji. Jedna od velikih prednosti je i ta da se za postavljanje 20 kV napona može izvesti na postojećim betonskim, čelično-rešetkastim i drugim stupovima.

Povezivanjem napojnih trafostanica sa razdjelnim i krajnim ili povezivanjem pojedinih odcjernih dalekovoda nalazi se u svakom sustavu srednjeg napona. Velika razgranatost srednjenaponskih mreža na širokom području, cestovnih i željezničkih koridora pridonosi u pronalaženju jednostavnijih i ekonomičnijih načina u projektiranju gradnji, održavanju i upravljanju.

Pogodnosti zbog kojih se ugrađuje univerzalni kabel:

optimizacija srednjenaponske mreže u odnosu na opterećenje, pad napona i gubitka snage  
povećanje preoblikovanja postojeće mreže, interpolacija trafostanica u težište potrošnje i  
povećanje duljine vodova srednjeg napona

omogućuje promjenu napona postojeće mreže na primjer sa 12 na 24kV

omogućuje korištenje postojećih razgranatih raznovrsnih mreža za interpolaciju srednjenaponske mreže na postojećim stupovima

omogućuje optimizaciju oblikovanja mreže u neprekidnom nizu kroz izrazito teške terene u brdovitim i šumskim predjelima preko rijeka i jezera poljoprivrednim zemljištima islično.

povećava pogonsku sigurnost u svim vremenskim uvjetima i s obzirom na atmosferska pražnjenja kao i agresivne atmosfere u blizini industrijskih pogona.

onemogućava prekide uzrokovane djelovanjem ptica na vodu

smanjuje mogućnost utjecaja voda na izazivanju šumskih požara

omogućuje izradu brzih rekonstrukcija i zahvate bez prekida u što kraćem vremenu

omogućuje maksimalnu sigurnost okolnog stanovništva [1].

#### 2.2.4. Energetski transformator

Energetski trofazni uljni transformator 10(20)/0,4kV, snage do 250kVA postavlja se na konzolu stupne TS na propisanoj visini (5,50m iznad zemlje) tako da više ne treba poduzimati posebne mjere zaštite od slučajnog dodira dijelova pod naponom.

Konzola je statički i konstruktivno određena za nosivost transformatora mase do 1300kg i uobičajeno je ispod zračnog SN priključka, ali su moguća i druga rješenja na poseban zahtjev npr. postavljanje na suprotnu stranu.

Na zahtjev investitora moguće je na istu konzolu postaviti ogradu oko transformatora i plato od rebrastog lima radi sigurnijeg rukovanja i pristupa samom en. transformatoru (u osnovnoj izvedbi se isporučuje bez ograde). Privod SN napona izvodi se užetom Al-Ce 35/6mm<sup>2</sup> (ili više) po fazi, a dovod niskog napona 0,4kV od en. transformatora do razvodnog ormarića izoliranim bakrenim četverožilnim kabelom PPOO, presjeka 2x(4x95)mm<sup>2</sup> po fazi i N vodiču za transformatore 160 i 250kVA, a za 50 i 100kVA s jednim kabelom PPOO 4x95mm<sup>2</sup>.

Postavlja se na nosač izravno bez kotača. (Konstruktivno rješenje nosača omogućuje postavljanje transformatora i na kotače) [1].

#### 2.2.5. Razvod 0,4kV

Razvod niskog napona 400/231V, 50Hz, s ugrađenom kompletnom opremom za distribuciju i javnu rasvjetu određen je smještajem u prikladnom ormariću dimenzija 670x930x1095mm, od aluminijskog lima stupnja mehaničke zaštite IP 54 s vratima i bravom na prednjoj i stražnjoj strani.

Zbog otjecanja vode krov ormarića je skošen na dvije strane, s okapnicama iznad jednih i drugih vrata. Brtvljenje između vrata i ormarića je izvedeno termoizolirajućom profiliranom trakom 9x3mm.

Ormarić prostorno može primiti maksimum sadržaja razvoda NN aparata za najveću predviđenu snagu energetskog transformatora. Kabelski odvodi se ulače u razvodni ormarić s donje strane, a kabelski dovod 0,4kV i zračni odvodi s gornje strane kroz

odgovarajuće APg uvodnice preko kojih se na kraj kabela i izoliranih vodiča stavlja toplospajajuća cijev “Raychem” radi onemogućenja ulaza vode u ormarić. S gornje strane je također predviđen ulaz za prihvat signalnog kabela od termoprotektora.

U ormarić su ugrađene odgovarajuće aluminijske ploče, od kojih je jedna fiksna i jedna pokretna, na koje je postavljena sva oprema i elementi odgovarajuće kakvoće s potrebitim ispitnim protokolima (atestima) koji su podloga ovlaštenoj ustanovi za izdavanje ispitnog protokola za razvodni ormarić + SN1 kao jednu cjelinu. Otvaranjem pokretne ploče omogućen je nesmetan pristup središnjem dijelu unutrašnjosti ormarica prilikom privodenja i priključivanja pojedinih odvoda na osiguračke pruge.

Sklopljeni i ožičeni razvod 0,4kV u osnovi ima sljedeće funkcije:

prihvat el. energije od energ. transformatora

razvod i usmjerenje energije prema odvodima odnosno dalje prema distributivnim potrošačima i potrošačima javne rasvjete

upravljanje javnom rasvjetom

zaštita od kratkih spojeva, preopterećenje transformatora i prenapona

mjerenje odnosno pogonska kontrola napona istruje

kompensacija jalove snage [1].

Na jednim i drugim vratima iznutra nalazi se natpisna pločica sljedećeg sadržaja:

Proizvođač

Tip

Tv. br.

Godina proizvodnje

Snaga

Nazivni napon

Nazivna struja

Stupanj mehaničke zaštite



Otpornost na kratki spoj

Razvodni ormarić je mehanički i električki ispitan i za to osjeduje odgovarajući atest.

U razvodnom ormariću nalazi se jednopolna shema, uputa za pružanje prve pomoći i uputa za obavljanje radova na stupu TS i u NN razvodnom ormariću.

#### 2.2.6. Kompenzacija

Budući da su često puta u elektroenergetskoj mreži 0,4kV priključeni potrošači jalove energije iduktivnog karaktera racionalno je u NN razvod ugraditi kondenzatorsku bateriju primjerene snage (oko 10% od nazivne snage transformatora) radi kompenzacije jalove snage. Kondenzatorska baterija je trofazna, dvopolno izolirana, zatvorene izvedbe u limenom kucištu. Priključuje se na sabirnice preko zasebnih osigurača (rastavna sklopka) [1].

#### 2.2.7. Potporni izolatori

Za zavješanje zračnog dovoda 10(20)kV na stupnoj TS predviđena su dva potporna izolatora po fazi. Tehnički podaci:

Nazivni napon 24kV

podnosivi napon 50Hz, 1min 50kV

udarni napon 50% preskoka + 125 kV - 140kV

prelomna sila 12kN

masa 4kg

#### 2.2.8. Odvodi 0,4kV

Energetski trofazni odvodi 400/231V, 50Hz prema potrošačima (najviše 4 strujna kruga) formirani su u razvodnom ormariću izoliranim trofaznim osiguračkim prugama nazivne

struje 400A na koje se privode i izravno spajaju snopovi aluminijских vodiča XOO/O-A 3X70+71,5mm<sup>2</sup> ili kabeli PPOO-A 4x150mm<sup>2</sup>.

Za potrebe priključenja jednofaznih strujnih krugova javne rasvjete (najviše 4 strujna kruga) predviđene su redne stezaljke koje su osigurane preko rastavnim osigurač-sklopki i jednopolnih i visokoučinskih osigurača nazivne struje 160A [1].

### 3. TEHNIČKA ZAŠTITA TS I NJENE OKOLINE

#### 3.1. Komponente zaštite

##### 3.1.1. Uzemljenje

Uzemljenje stupne TS predviđeno je uzemljivačem mrežastog oblika tj. od tri uzemljivačka prstena položena u zemlju, bliži na dubini 0,3m, srednji na dubini 0,5m, treći na dubini 0,8m od površine tla, zrakasto povezani s četiri kraka koji mogu biti kraći ili dulji u skladu s proračunom i pripadnim nacrtom.

Materijal za izvedbu zemljivača je uže Cu 50mm<sup>2</sup> što se na pocinčanu čelično-rešetkastu konstrukciju spaja na dva mjesta s po dva užeta mesinganim strujnim stezaljkama, a međuspajanje uzemljivača položenih u zemlju izvodi se odgovarajućim Cu kompresijskim H stezaljkama. Općenito, uzemljenjem se provodi zaštita ljudi od mogućeg opasnog napona dodira, te u tu svrhu na uzemljenj treba spojiti sve metalne i vodljive dijelove građevine (u djelokrugu TS) koji ne pripadaju strujnim krugovima i normalno nisu pod naponom, a greškom ili probojem izolacije mogu doći pod napon. Pocinčana čelčna konstrukcija mehanički povezana pocinčanim čeličnim vijcima uzima se kao kompaktno galvanski vodljiva cjelina te ako su mase aparata što normalno nisu pod naponom na isti način pričvršćene na konstrukciju TS, smatra se da je uzemljivanje navedenih elemenata provedeno.

Masu energetskog transformatora treba vidljivo i dostupno uzemljiti preko prigradenih i označenih vijaka za uzemljenje.

Na NN razvodnim ormaricima treba Cu užetom presjeka 10 mm<sup>2</sup> izvesti galvansku vezu s prednjim i stražnjim vratima, te sa stupom TS [1].

Slika ispod prikazuje izgled uzemljenja načinjenog od bakrenog užeta na čelično-rešetkastom stupu (Slika 6).



Slika 6. Uzemljenje na čelično-rešetkastom stupu trafostanice

Kod projektiranja uzemljenja konkretno određene stupne TS 10(20)/0,42kV, treba uvažiti kriterije važećih tehničkih propisa za određenu elektroenergetsku mrežu na koju se priključuje predmetna TS (mreža sa izoliranom neutralnom točkom, odnosno mreža sa uzemljenom neutralnom točkom preko zvjezdišnog otpornika). Izbor uzemljenja i uzemljivača stupne TS, te njihovo dimenzioniranje, vrši se u ovisnosti o parametrima priključenih SN i NN mreža s pozornošću na zaštitu od previsokih napona dodira i koraka, te na termičku stabilnost uzemljivača.

U praksi prilikom projektiranja određene TS, a time pripadnog uzemljenja, na uzemljenje ima bitan utjecaj karakteristika neutralne točke SN mreže na koju se priključuje dotična TS. Razlikuju se dvije osnovne karakteristične SN mreže:

elektroenergetska SN mreža s izoliranom neutralnom točkom

elektro energetska SN mreža s uzemljenom neutralnom točkom preko zvjezdišnog otpornika.

Uzemljenje trafostanice potrebno je izvesti :

na udaljenosti od 1 metar od temelja trafostanice potrebno je ukopati tri prstena oko temeljnog uzemljivača na dubini od 0,5 metara.

od prstena potrebno je izvesti dva kraka po 20 metara Cu užetom 50mm<sup>2</sup>.

svi metalni djelovi trafostanice potrebno je povezati na zaštitno uzemljenje u svrhu zaštite od previsokog napona dodira i koraka

### 3.1.2. Uzemljenje za zaštitu od groma

Uzemljenje pri udaru u stup mora smanjiti opasnost od preskoka na vodiče treba prema odabranom stupnju izolacije voda odrediti maksimalno dopušteni otpor uzemljenja uzimajući u obzir učestalost i jakost gromova u području trase voda i učestalost kvarova.

Da ne dođe do preskoka otpora uzemljenja mora iznositi: (Slika 7) [1]

$$R_{uz} < \frac{U_i}{I_N} \quad (\Omega)$$

Slika 7 Formula za izračun otpora uzemljenja

### 3.1.3. Zaštita od neizravnog dodirnog napona

U sklopu ovog rada nije razmatrana zaštita potrošača i niskonaponske mreže. Smatram da to nije predmet mog diplomskog rada, jer je zadatak zaštita TS, a ne i njezinih odlaznih strujnih krugova.

Otpor pogonskog uzemljenja TS treba biti približno jednak ili istog reda veličine kao kombinacija pogonskih uzemljenja prema kraju mreže, uzevši u obzir sve strujne krugove iste TS (uvjet naponske vage).

Ukupni otpor uzemljenja mjeri se u TS zajedno s uzemljenjem TS i sa svim ostalim uzemljivačima koji su spojeni na PEN-vodič u NNM. Presjek PEN-vodica NNV treba u pravilu biti jednak presjeku faznog vodiča.

Ako se ne može postići dovoljno mali otpor uzemljenja PEN-vodiča ili je presjek PEN-vodica relativno mali u odnosu na presjek faznog vodiča, onda se kod TN-sustava mora (na više mjesta u mreži) provjeriti vrijednost potencijala PEN-vodiča. Ovo se pogotovo odnosi na nadzemne dionice vodova izvan dosega zaštite osigurača kod kojih se može trajno održati stanje jednopolnog kratkog spoja.

PEN-vodič nadzemne NNM uzemljuje se kod TS i na kraju duljih grana u mreži. Pri tome ukupni otpor uzemljenja PEN-vodiča NNM, mjeren u TS bez odvajanja uzemljenja TS, smije iznositi do  $5\Omega$ , ali i više ako se može dokazati da dodirni naponi neće prijeći vrijednosti na krivulji.

Uzemljenje svakog radijalnog odvojka mreže duljeg od 200m izvodi se pomoću jednog uzemljivača na kraju odvojka ili više uzemljivača raspoređenih na duljini od najviše 200m, gledano od kraja odvojka.

Otpor pojedinačnog uzemljenja može biti i veći ako se na krajevima radijalnih odvojaka nalaze objekti (zgrade) s temeljnim uzemljivačima i provedenim izjednačivanjem potencijala.

Ako u jednom dijelu NNM nisu ispunjeni uvjeti TN-sustava, tada se u ovoj mreži može primijeniti TN-sustav samo ako su u objektima na tom dijelu mreže primijenjene zaštitne strujne sklopke (ZSS) [1].

#### 3.1.4. Odvodnici prenapona

Za zaštitu NN mreže od atmosferskih prenapona, potrebno je postaviti odvodnike prenapona.

Katodne odvodnike potrebno je postaviti u niskonaponski ormar transformatorske stanice, na prelazu zračnog voda u kabelski i na krajevima strujnih krugova.

Katodni odvodnici prenapona 0,5kV i odvodne moći 2,5kA moraju biti uzemljeni otporom ispod  $5\Omega$ .

Za zaštitu energetskog transformatora i prihvatnih elemenata srednjeg napona od mogućih nadolazećih prenapona predviđeni su odvodnici prenapona (metaloksid ZnO) s postavljanjem na nosač koji je montiran na visini 0,45m ispod vrha stupa.

Omogućeno je postavljanje odvodnika prenapona na obje X strane stupa, ovisno o vrsti VN priključka.

Tehnički podaci:

Trajni radni napon 12kV (21kV)

Nazivni napon 15kV (26kV)

udarni napon vala 1,2/50 cs 101kV (180kV)

nazivna strujna odvođenja 10kV

nazivna udarna struja 40kV

granična odvodna struja 100kVA

dugotrajno podnosiva udarna struja (vršno) 500A, 2000us

energetska sposobnost kod:

granične odvodne struje 5,3kJ/kVUc

dugotrajne podnosive udarne struje 2,6kJ/kVUc [1].

### 3.1.5. SN osigurači

Za zaštitu energetskog transformatora od kvarova velike snage (npr. kratki spojevi) koriste se SN osigurači montirani na podnožje - nosač SN osigurača.

Tehnički podaci:

nazivni napon 12(24)kV

nazivna struja 200A

### 3.2. Program kontrole i osiguranja kvalitete

Oprema koja se ugrađuje može se ugraditi u građevinu samo ako je njezina kvaliteta dokazana ispravom proizvođača ili certifikatom sukladnim zakonom, te Granskim normama HEP-a.

Stručni nadzor na osiguranju kvalitete radova i ugrađenih proizvoda i opreme u skladu sa zahtjevima projekta te kontrolu kvalitete dokazanu propisanim ispitivanjima i dokumentima provodi nadzorni inženjer prema normama ISO 9001 A (osiguranje kakvoće kod projektiranja, proizvodnje, ugradnje i održavanja) te ISO 9003 (osiguranje kakvoće kod završnih pregleda).

Prije početka građenja dalekovoda i trafostanice potrebno je sačiniti elaborat o iskolčenju a koji je ovjeren od ovlaštene osobe [1].



### 3.3. Prikaz tehničkih rješenja za primjenu zaštite od požara

#### 3.3.1. Dalekovod

Kod prijenosa i razvoda elektricne energije eventualni kvarovi i havarije na dalekovodu kao i atmosferska pražnjenja mogu dovesti do pojave električnog luka. Pojavom električnog luka postoji mogućnost izbijanja požara na nekim od obližnjih građevina, ukoliko postoje a koje dalekovod prelazi ili im se približava, osigurano je potrebnim sigurnosnim razmacima i visinama.

Zaštita od požara elektroenergetskih objekata i uređaja, a i objekata u blizini elektroenergetskih postrojenja, svodi se na to da elektroenergetski objekti (vod, mreža, TS) moraju biti tako konstruirani i montirani da ne mogu izazvati požar većeg opsega, niti ugroziti susjedne objekte i objekte u kojima i na kojima su montirani

Ostale protupožarne mjere zaštite prilikom izgradnje ili održavanja n.n. mreže su:

Pravilno uskladištenje materijala i opreme, naročito zapaljivih.

Zabrana pristupa vatrom upaljivim materijalima i sredstvima.

Vidljivo označenje lako zapaljivih materijala i opreme.

Prilikom rada sa lako zapaljivim materijalima ili sredstvima pridržavati se strogo uputa proizvođača istih.

Odvojena lokacija uskladištenja lako zapaljivih materijala i opreme od ostalog skladišta.

Prilikom organizacije gradilišta obavezno predvidjeti aparate za gašenje požara.

Kod upotrebe dalekovoda potrebno je obratiti naročitu pozornost stalnoj kontroli i održavanju sigurnosnih visina i udaljenosti na čitavoj trasi, kontrolom provjesa i porasta raslinja ispod dalekovoda te onemogućavanjem izgradnje građevine koje bi mogle ugroziti potreban sigurnosni razmak [1].

### 3.3.2. Transformatorska stanica

Tipska trafostanica predviđena je kao samostojeća građevina od negorivih elemenata koji ne podržavaju gorenje osim dijelova transformatora, udaljena od susjednih elemenata građevina minimalno 10 metara a u neposrednoj blizini prilazne saobraćajnice radi lakšeg prilaza građevini u slučaju potrebe gašenja požara.

Eventualni kvarovi i havarije te atmosferska pražnjenja mogu eventualno unatoč primjenjenim mjerama zaštite od požara, dovesti do pojave električnog luka i izazivanja požara.

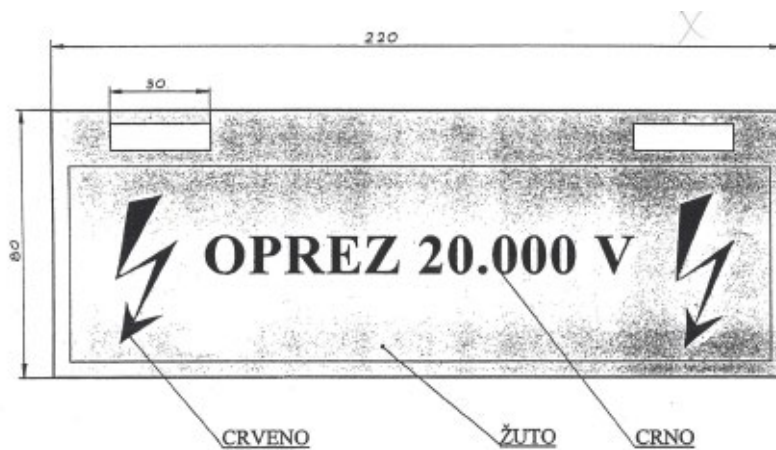
S ciljem smanjenja vjerojatnosti da električni luk uzrokuje požar ostvareni su razmaci veći od propisanih.

Trafoformatorska stanica predviđena je u pogonu bez posade i dovoljno odmaknuta od drugih građevina, nije opremljena protupožarnim aparatom [1].

## 4. ZAŠTITA RADNIKA I OSTALIH POSJETITELJA TRAFOSTANICE

### 4.1. Upozorenja na trafostanici

Slike ispod prikazuju upozorenja koja se najčešće mogu vidjeti na trafostanici. Upozorenja moraju biti jasno vidljiva i upozoriti radnike na potencijalne opasnosti (Slika 8) [2].



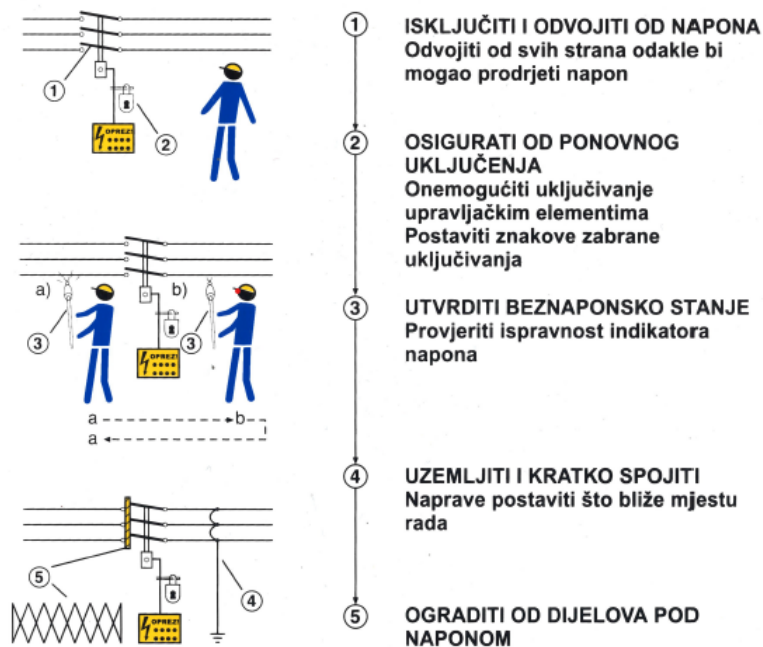
Slika 8. Upozorenja

#### 4.2. Pet pravila za osiguranje mjesta rada na električnim postrojenjima i instalacijama

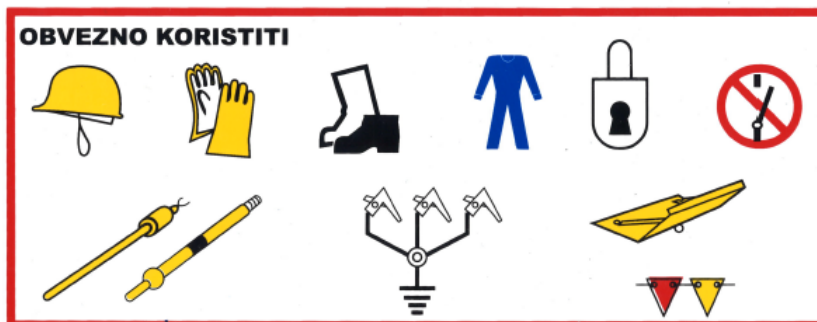
Jedno od najvažnijih ako ne i najvažnija pravila kojih se moraju pridržavati radnici trafostanice su pet pravila za osiguranje mjesta rada na električnim postrojenjima i instalacijama.

Slika ispod prikazuje navedena pravila koje se nalaze na elektroenergetskim postrojenjima (Slika 9) [2].

## PET PRAVILA ZA OSIGURANJE MJESTA RADA NA ELEKTRIČNIM POSTROJENJIMA I INSTALACIJAMA



Na jednostrano napajanim strujnim krugovima niskog napona, izuzev nadzemnih vodova, ne treba uzemljivati i kratko spajati vodiče.



Slika 9. Pet pravila osiguranja mjesta rada na električnim postrojenjima i instalacijama

Prije nego što uopće mogu započeti rad na trafostanici, radnici moraju imati položenu zaštitu na radu koju od njih zahtjeva poslodavac. U tu zaštitu, također spadaju pet gore navedenih pravila za osiguranje mjesta rada s kojima radnici moraju biti dobro upoznati.

Navedena pravila se prema biltenu HEP-a moraju nalaziti na jasno vidljivom mjestu unutar svake trafostanice [2].

4.3. Upute za pružanje prve pomoći pri udaru električne struje  
Slika ispod prikazuje upute za pružanje prve pomoći pri udaru električne struje (Slika 10) [2].



Slika 10 Upute za pružanje prve pomoći

Radnici trafostanice moraju također biti upoznati s pravilima pružanja prve pomoći pri udaru električne struje.

Navedena pravila se prema biltenu HEP-a moraju nalaziti na jasno vidljivom mjestu unutar svake trafostanice.

#### 4.4. Zaštitna obuća, odjeća i oprema radnika trafostanice

Kako bi radnici sa sigurnošću mogli izvršavati svoje radne zadatke na trafostanici, dužni su nositi odgovarajuću zaštitnu odjeću i obuću i koristiti odgovarajuću opremu i alat za rad.

Na slici ispod nalazi se zaštitna kaciga s vizirom koju je radnik dužan nositi prilikom rada na trafostanici i ostalim za njeno nošenje predviđenim mjestima. Služi za zaštitu od po život opasnog napona (Slika 11).



Slika 11 Zaštitna kaciga s vizirom

Na slikama ispod, prikazane su zaštitne rukavice koje je radnik radi svoje sigurnosti dužan nositi prilikom rada pod napon (Slika 12 i Slika 13).



Slika 12 Zaštitne rukavice za rad pod naponom



Slika 13 Zaštitna rukavica za mijenjanje osigurača



Slike ispod prikazuju zaštitnu obuću i odjeću (radno odijelo) koje je radnik dužan nositi (Slika 14 i Slika 15).



Slika 14 Zaštine visoke cipele



Slika 15 Zaštitno radno odijelo

## 5. PRIMJER ZAMJENE DOTRAJALIH KATODNIH ODVODNIKA PRENAPONA

U ovom primjeru biti će opisano kako izgleda zamjena dotrajalih odvodnika prenapona novim, metal-oksidnim.

Na pojedinim trafostanicama nalaze se dotrajali odvodnici prenapona koji u slučaju atmosferskih pražnjenja, odnosno, udara groma u samu trafostanicu ili mrežu iste, može izazvati velike probleme i kvarove. Kako bi se smanjila vjerojatnost većih kvarova ukoliko dođe do atmosferskih pražnjenja, potrebno je zamijeniti dotrajale odvodnike prenapona novim.

Osnovni uređaji za zaštitu od atmosferskih prenapona koji se koriste u našim elektroenergetskim mrežama su:

Ventilni odvodnici prenapona (SiC)

Metal oksidni odvodnici prenapona (MO)

Za izbor ventilnog odvodnika: važna su dva parametra:

Nazivni napon

Nazivna odvodna struja

Nazivni napon se bira tako da se zadovolje dva uvjeta:

1. Donja granica nazivnog napona – najmanje jednaka ili veća od maksimalnog napona koji se može pojaviti na mjestu ugradnje odvodnika.
2. Gornja granica – bira se na osnovu koeficijenta zaštite „k“

$$k = \frac{U_i}{U_{zn}}$$

$U_i$  – podnosivi udarni napon izolacije

$U_{zn}$  – udarna zaštitna razina odvodnika [3].

Postupak zamjene je sljedeći:

Odabrati mjesto gdje je potrebno izvršiti zamjenu

Odabrati stručno osposobljenye radnike koji će izvršiti zamjenu

Odabrati odgovarajući materijal, opremu i alat

U ovom slučaju, to će biti odvodnici prenapona na čelično-rešetkastom stupu same trafostanice.

Radnicima koji će izvršiti zamjenu, organizator i/ili rukovoditelj radova dužan je osigurati potreban materijal. Osim toga, dužan je izdati radnicima nalog za rad bez kojeg ne smiju izaći na teren.

Radnici su dužni provjeriti opremu i alat i ako je sve u redu, mogu se uputiti na mjesto rada službenim vozilom.

Prije početka prijenosa, odnosno prijevoza radne opreme, moraju se provesti sljedeće mjere zaštite radnika:

Svi pokretni dijelovi koji bi se u prijevozu mogli pomaknuti i ugroziti sigurnost i zdravlje radnika, moraju se osigurati od pomicanja, odnosno moraju se učvrstiti.

Električna i druga oprema mora se zaštititi od oštećenja, zapinjanja, vibracija, utjecaja vlage, jačih izvora topline i niskih temperatura.

Uzimajući u obzir masu i dimenzije radne opreme, moraju se provjeriti i po potrebi poduzeti mjere za otklanjanje ograničenja prilikom prijevoza radne opreme.

U slučaju opasnosti od pomicanja ili prevrtanja, radna oprema se mora pričvrstiti za prijevozno sredstvo [4].

U tekstu iznad spomenuto je da će biti opisana zamjena odvodnika prenapona na čelično-rešetkastom stupu trafostanice koji se ne nalaze na nadohvat ruke radnika koji rade na zamjeni istih. Zbog toga, radnik ili više njih, mogu se poslužiti sigurnosnom opremom za penjanje ili u našem primjeru, vozilom (platformom) koje ima mogućnost podizanja radnika na određenu visinu.

Pošto se radi o po život opasnom naponu, zamjena odvodnika prenapona ne može i ne smije se izvesti bez prethodnog isključenja napona na trafostanci.

Kako bi se isključio napon na trafostanici, potrebno je na prvom obližnjem rastavljaču na stupu dalekovoda „rastaviti“ trafostanicu od napona. To se čini uz prethodnu obavijest nadležnima i za to radnici moraju imati dopusnicu za isključenje i rad.

Nakon što se isključiti dovod napajanja trafostanici, potrebno je stranu dalekovoda prema trafostanici uzemljiti.

Prije nego što radnici krenu sa zamjenom, potrebno je provjeriti je li mjesto rada sigurno bez napona (pridržavanje pet sigurnosnih pravila za rad pod naponu na električnim postrojenjima).

Prije nego što smiju pristupiti mjestu rada, radnici moraju obavezno nositi sigurnosnu zaštitu odjeću i obuću i koristiti odgovarajuću opremu i alat.

Od odjeće i obuće, radnici su obavezni nositi zaštitno radno odijelo, kacigu, rukavice i cipele. Korištena zaštitna odjeća i obuća opisana je prethodno u radu.

Kada su se uvjerali da je sve po pravilima i sigurno, radnik ili radnici mogu ući u vozilo za podizanje na razinu visine odvodnika prenapona (platforma) na trafostanici.

Važno je napomenuti da se platformom smiju koristiti samo oni radnici koji imaju položen odgovarajući ispit za to.

Prema pravilima struke, radnici vrše zamjenu dotrajalih odvodnika prenapona novim pazeći pritom najviše na sigurnost.

Nakon uspješne zamjene, radnici se spuštaju platformom na tlo i izlaze iz nje. Nakon što se uvjere da je sve napravljeno prema propisima, miču prethodno postavljeno uzemljenje i ponovno stavljaju pomoću rastavljača trafostanicu pod napon.

Slike ispod prikazuju korištene metal-oksidge odvodnike prenapona i iste instalirane na čelično-rešetkastom stupu trafostanice (Slika 16 i Slika 17) [3].



Slika 16 Odvodnici prenapona



Slika 17 Ugrađeni Raychem odvodnici prenapona na čelično-rešetkastom stupu trafostanice

Kod klasičnih odvodnika, ovi prenaponi na mjestu ugradnje odvodnika, ne smiju prekoračiti nazivni napon odvodnika jer u tom slučaju ne bi došlo do gašenja povratne struje što bi imalo za posljedicu uništenje odvodnika. MO odvodnik može zbog svojih karakteristika, zavisno od dužine trajanja prenapona, uspješno štiti od prenapona čije amplitude prelaze nazivni napon odvodnika. Zaštitna karakteristika mu se tijekom vremena uporabe ne mijenja, već ostaje stabilna, što nije slučaj kod SiC odvodnika. Ima veću zaštitnu zonu u području atmosferskih prenapona. Mogućnost paralelnog rada kod ograničenja sklopnih prenapona, gdje svu energiju odvođenja ne preuzima odvodnik koji prvi proradi kao kod SiC odvodnika, već odvođenje na sebe preuzimaju ostali odvodnici ugrađeni u blizini.

Zbog ovakve izvedbe, proizlaze i druge prednosti „MO“ odvodnika u odnosu na klasične, a to su:

Bolja zaštitna karakteristika (niža zaštitna razina)

Znatno bolja energetska karakteristika.

Ovi odvodnici imaju 3-5 puta veću sposobnost apsorpcije energije od SiC odvodnika [3].

Iz gornjeg primjera, može se vidjeti kako se u stvarnosti primjenjuje tehnička zaštita i zaštita radnika. Sva pravila moraju se poštovati kako bi se posao sa sigurnošću mogao obaviti i kako ne bi došlo do materijalne štete ili još gore, ozljede radnika

## 6. ZAKLJUČAK

U ovome završnom radu, opisana je zaštita stupne trafostanice na čelično-rešetkastom stupu i radnika koji rade na njenom održavanju. Trafostanica i njene komponente također su opisane s tehničke strane kako bi bolje razumjeli opasnosti koje mogu nastati prilikom rada.

Tehničkoj zaštiti nije posvećena prevelika pažnja zbog toga što to nije bila ideja ovoga rada već je bila ukazati na opasnosti pri radu na elektroenergetskim postrojenjima i kako se zaštititi od istih. Zbog po život opasnih situacija, u ovom radu se nalaze postupci rada na siguran način koje radnik na održavanju trafostanice obavezno mora poštivati.

Meni kao zaposlenom u Hrvatskoj elektro privredi, od velike su važnosti pravila zaštite i rada na siguran način te sam se zbog toga htio posvetiti ovoj temi. Svjedok sam tome kako HEP neprestano ulaže u zaštitu radnika kroz razne edukacije, novom zaštitnom opremom, novim priborom za rad na siguran način i bolju kontrolu pridržavanja istih i razne druge detalje. Osim toga, potrebna je kontinuirana samog povjerenik i stručnjaka zaštite na radu, te njihova obaveza praćenja trendova i noviteta. Ujedno je bitan i utjecaj koji imaju stručnjak zaštite i povjerenik zaštite na radu na poslodavca, kao glavne karike od koje sve počinje i završava.

Prema hrvatskim zakonima o radu, ukoliko radniku nije osigurana odgovarajuća zaštita na radu i ukoliko je ugroženo njegovo zdravlje ili život, radnik ima pravo odbiti izvršiti taj rad.

Smatram kako bi se sigurnosti i zaštiti na radu trebala pridodati veća pažnja zbog mnogih opasnosti koje mogu nastati prilikom rada na elektroenergetskim postrojenjima. Nažalost, bilo je mnogo slučajeva gdje su radnici stradavali što zbog svoje ili tuđe nepažnje i nepridržavanja pravila i zaštite rada na siguran način. To bi nama ostalima koji se bavimo navedenom zaštitom trebala biti još veća motivacija za daljnje ulaganje i napredovanje u navedenoj području.

Zaštita radnika i drugih ljudi trebala bi uvijek biti na prvom mjestu i mi koji smo u području zaštite na radu, trebali bi prvi poduzimati mjere kako bi svima mogao osigurati rad na siguran način.

Htio bih istaknuti kako mi je za razumijevanje i rad na siguran način uvelike pomogao Bilten HEP-a, broj 496, „Pravila i mjere sigurnosti pri radu na električnim postrojenjima“.



## 7. LITERATURA

- [1] HEP projekt - 2004\_12\_01\_Projekt\_DV\_TS\_NNI\_Gar\_Brestovac\_2
- [2] HEP Vjesnik, Bilten broj 496
- [3] <https://mabacic.eios.hr/oo/pz.pdf>
- [4] [https://www.vuka.hr/fileadmin/user\\_upload/knjiznica/on\\_line\\_izdanja/Budimir\\_Mijovic\\_Odrzavanje\\_strojeva\\_i\\_uredjaja.pdf](https://www.vuka.hr/fileadmin/user_upload/knjiznica/on_line_izdanja/Budimir_Mijovic_Odrzavanje_strojeva_i_uredjaja.pdf)
- [5] Kirin S., „Uvod u ergonomiju“, Karlovac, 2019.
- [6] Vučinić J., Vučinić Z., „Osobna zaštitna sredstva i oprema“, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, ožujak 2011.
- [7] Zakon o radu NN 93/14, 127/17
- [8] Zakon o zaštiti na radu NN 71/14, 118/14, 154/14
- [9] Ustav RH, NN 56/90, 135/97, 8/98, 113/00, 124/00, 28/01, 41/01, 55/01, 76/10, 85/10, 05/14
- [10] <https://www.hep.hr/ods/zakoni-i-propisi-138/138>
- [11] [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2011\\_03\\_28\\_576.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2011_03_28_576.html)
- [12] [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2006\\_04\\_39\\_958.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2006_04_39_958.html)
- [13] „Zaštita strojeva i uređaja“, Budimir Mijović, Veleučilište u Karlovcu, 2012
- [14] [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2011\\_03\\_28\\_576.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2011_03_28_576.html)
- [15] [https://www.hep.hr/ods/UserDocsImages/dokumenti/Planovi\\_razvoja/1\\_10g\\_2018\\_2027\\_z.pdf](https://www.hep.hr/ods/UserDocsImages/dokumenti/Planovi_razvoja/1_10g_2018_2027_z.pdf)

## 8. PRILOZI

### 8.1 Popis slika

Slika 1 Stupna trafostanica na čelično-rešetkastom stupu	3
Slika 2 Betonski stup dalekovoda 10kV s linijskim rastavljačem	4
Slika 3 Prikaz dolaza žica 10kV dalekovoda na stupnu trafostanicu	5
Slika 4 Prikaz dolaza viskog napona na trafostanicu	5
Slika 5 Razvodni ormarić trafostanice za distribuciju	6
Slika 6 Uzemljenje na čelično-rešetkastom stupu trafostanice	18
Slika 7 Formula za izračun otpora uzemljenja	19
Slika 8 Upozorenja	25
Slika 9 Pet pravila osiguranja mjesta rada na električnim postrojenjima i instalacijama	26
Slika 10 Upute za pružanje prve pomoći	27
Slika 11 Zaštitna kaciga s viziorom	28
Slika 12 Zaštitne rukavice za rad pod naponom	29
Slika 13 Zaštitna rukavica za mijenjanje osigurača	29
Slika 14 Zaštine visoke cipele	30
Slika 15 Zaštitno radno odijelo	30
Slika 16 Odvodnici prenapona	33
Slika 17 Ugrađeni Raychem odvodnici prenapona na čelično-rešetkastom stupu trafostanice	34