

# ZAŠTITA ELEKTROENERGETSKOG POSTROJENJA OD POŽARA IZAZVANOG OD MALIH ŽIVOTINJA

---

Krznar, Dario

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:128:343329>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-09**



**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 REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu

STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Dario Krznar

ZAŠTITA ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA  
OD POŽARA IZAZVANOG OD MALIH ŽIVOTINJA

Diplomski rad

Karlovac, 2024.

Veleučilište u Karlovcu

STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Dario Krznar

ZAŠTITA ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA  
OD POŽARA IZAZVANO G OD MALIH ŽIVOTINJA

Diplomski rad

Mentor: dr.sc. Matusinović Zvonimir

Viši predavač

Karlovac, 2024.

Veleučilište u Karlovcu

## STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Usmjerenje: ZAŠTITA OD POŽARA

### DIPLOMSKI ZADATAK

Student: Dario Krznar

Matični broj: 0416608394

Naslov teme:

## ZAŠTITA ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA OD POŽARA IZAZVANOG OD MALIH ŽIVOTINJA

Opis zadatka:

U ovom radu biti će analizirana zaštita elektroenergetskih postrojenja (trafostanice, dalekovodi i kabeli) s analizom kvarova u prethodne dvije godine i prijedlogom poboljšanja na navedenim objektima s ciljem ukazivanja na probleme u isporuci električne energije.

Zadatak zadan:

Rok predaje:

Predviđeni datum obrane: 19.06.2024.

Mentor:

dr.sc. Matusinović Zvonimir

Viši predavač

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

dr.sc. Mustapić Nenad

Profesor stručnih studija

Član ispitnog povjerenstva:

mag.oec. Vučinić Zoran

Viši predavač

## **Izjava**

Ovim putem izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu. Zahvaljujem se svome mentoru, na uloženo vrijeme i savjetima tijekom izrade rada. Također bih se volio ovim putem zahvaliti mojoj obitelji, rodbini, prijateljima i kolegama koji su mi bili podrška tokom studiranja.

Dario Krznar

## **Sažetak**

U ovom diplomskom radu obrazložene su mjere zaštite elektroenergetskih postrojenja i objekata od malih životinja. Teorijski dio bazira se na osnovnim pojmovima u elektroenergetskim sustavima i na analizi problema vezanih uz tu tematiku. U eksperimentalnom djelu sadržani su podaci dobiveni istraživanjem provedenim u Hrvatskoj elektroprivredi d.d. HEP Distribuciji d.o.o. DP Elektra Karlovac i napravljena je analiza dobivenih podataka o kvarovima uzrokovanih malim životinjama i ostalim uzrocima kvarova ( kratki spoj, preopterećenje, zemljospoj, prolazni kvar, puknuti vodič, premalo ulja u transformatoru, itd.).

Na kraju ovog diplomskog rada je rasprava o mjerama zaštite elektroenergetskih objekata od malih životinja i zaključak. Osim toga u radu su sadržane i neke mjere propisane zakonom o Zaštiti na radu i granskim normama Hrvatske elektroprivrede i ostalim zakonima i pravilnicima.

Ključne riječi: Mjere zaštite, male životinje, kvarovi, podaci

## Summary

In this dissertation the security parameters of electroenergetic systems and objects from small animals are discussed. The theoretical part is based on the elementary meanings in electroenergetical systems and on the analysis of problems connected to this theme. The experimental part contains the information collected exploring in HEP Distribucija d.o.o. DP Elektra Karlovac together with analysis of the results about damages caused by small animals and other reasons for damages ( short circuit, overloading, a ground circuit, short lasting damages, a broken header, too much oil in the transformer, ect. ).

At the end of this dissertation is a discussion about the security parameters of electroenergetic objects from small animals and a conclusion. Except that, this work also contains some law parameters about job safety the branch normals of Croatian electrical company and other rules and rulebooks.

Key words: Protection measures, small animals, breakdowns, data

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. TEMELJNI POJMOVI .....	2
2.1. Definicija pojmova .....	2
2.2. Vodovi .....	9
2.3. Nadzemni vodovi niskog napona .....	12
2.4. Nadzemni vodovi visokog napona .....	15
2.5. Rasklopna postrojenja .....	16
3. SUSTAV ZA POBOLJŠANJE IZOLACIJE .....	21
3.1. Oprema za unutarnju ugradnju .....	23
3.2. Materijali za izolaciju sabirnica .....	24
4. EKSPERIMENTALNI DIO... ..	32
4.1. Opis eksperimenta .....	32
5. RASPRAVA I ZAKLJUČAK .....	40
6. LITERATURA .....	44



## Popis slika

<i>Slika 1: Građevinsko-elektromontažna cijelina .....</i>	2
<i>Slika 2: Elektroenergetski nadzemni vodovi i trafostanica .....</i>	3
<i>Slika 3: Elektroenergetski nadzemni vod .....</i>	4
<i>Slika 4: Elektroenergetski kabelski vod (prelaz preko potoka) .....</i>	5
<i>Slika 5: Rasklopno postrojenje u fazi izrade izolacije.....</i>	14
<i>Slika 6: Rasklopno postrojenje .....</i>	14
<i>Slika 7: Izoliranje transformatorskih sabirnica .....</i>	18
<i>Slika 8: Izolirane transformatorske sabirnice .....</i>	19
<i>Slika 9: Prikaz namotane HVBT trake .....</i>	21
<i>Slika 10: Toploskupljajuće srednjestjenkaste cijevi na sabirnici.....</i>	22
<i>Slika 11: Izolacioni pokrivni kanali.....</i>	23
<i>Slika 12: Izolacijska traka .....</i>	24
<i>Slika 13: Visokonaponski izolacijski komplet.....</i>	25
<i>Slika 14: Visokonaponska izolacijska folija .....</i>	25
<i>Slika 15: Prikaz dozemnog spoja izazvan mačkom .....</i>	30
<i>Slika 16: Prikaz dozemnog spoja izazvanog kunom.....</i>	31
<i>Slika 17: Vidljivo oštećenje izolatora izazvano kunom .....</i>	31
<i>Slika 18: Prikaz opasnosti od malih životinja .....</i>	32
<i>Slika 19: Prikaz montera u penjanju na stup .....</i>	33
<i>Slika 20: Prikaz montera pri izmjeni izolatora na izolatorskom lancu na stupu .</i>	34
<i>Slika 21: Prikaz zamjene izolatorskog lanca na dalekovodnom stupu.....</i>	34
<i>Slika 22: Izolirano elektroenergetsko postrojenje.....</i>	35
<i>Slika 23: Prikaz zaštite izolatorskog lanca od životinja.....</i>	36
<i>Slika 24: Prikaz izrade izoliranog elektroenergetskog postrojenja .....</i>	37
<i>Slika 25: Prikaz zaštite prolaza kroz uvodne kanale trafostanice.....</i>	37
<i>Slika 26: Zaštita prolaza uz kabel u trafostanicu .....</i>	38

# 1. UVOD

Mnogobrojne odlike i neosporne prednosti pred drugim oblicima energije osnovni su razlog masovne primjene električne energije. Ona je nužna u svim djelatnostima; od čovjekovog boravka u svojem domu, na radnom mjestu, prometu, odmoru, rekreaciji, prilikom bavljenja hobijima itd.

Najčešće čovjek niti ne razmišlja koliko je električna energija opasna. Već malenom nepažnjom ili pogrešnom primjenom bilo kojeg električnog aparata ili uređaja ona može uzrokovati tragediju – usmrtiti čovjeka.

Bez svake sumnje, električna energija nužna je za život i opstanak suvremenog čovjeka na Zemlji. Električna energija do krajnjeg korisnika dolazi putem vodova. Električni vodovi služe za provođenje električne energije. Električna energija koju provodimo vodom može biti različitih napona, snage ili frekvencije. Pod vodom u širem smislu podrazumjevamo, osim samog voda, i sav pribor, naprave i uređaje koji služe za njegovo trajno nošenje ili polaganje [ 1 ]. Vrlo česta pojava na tim vodovima je ta da su oni uzročnik stradavanja malih životinja, kao što su vjeverice, miševi, ptice, mačke i slično. Ovaj rad bazira se upravo na stradavanju malih životinja, štetama koje uzrokuju, te na mjerama zaštite elektroenergetskih postrojenja i objekata od malih životinja [ 2 ]. O ovoj temi pisali su mnogobrojni autori, a kao osnovna literatura za ovaj rad poslužio mi je Elektromonterski priručnik Drage Kelera i suradnika. Osim toga, podaci o ovoj temi mogu se pronaći u priručniku Raychem o sustavima za poboljšanje izolacije, u časopisu Sigurnost, na stranicama interneta, te u brojnim zakonima, pravilnicima i propisima koji reguliraju područje vezano uz električnu energiju [ 3 ]. Cilj rada je ukazati na probleme neisporuke električne energije koji se javljaju zbog kvarova na elektroenergetskim postrojenjima i objektima, a uzrokovani su utjecajem malih životinja, te ukazati i na moguća poboljšanja i mjere zaštite koje se trenutno mogu naći na tržištu, ali su naravno skupi i komplicirani za ugradnju [ 4, 5]. Zbog toga ću u ovom radu pokušati donijeti zaključke o tome zašto dolazi do stradavanja malih životinja i na temelju toga pokušati ustanoviti mjere zaštite elektroenergetskih postrojenja i objekata od malih životinja, te mjere zaštite samih malih životinja koje nisu toliko skupe i komplicirane za primjenu [ 6 ].

## 2. TEMELJNI POJMOVI

### 2.1. Definicija pojmova

Elektroenergetska postrojenja ili električna postrojenja su sva postrojenja jake struje s pogonskim sredstvima za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije.

Elektroenergetski objekt je građevinsko-elektromontažna cjelina namijenjena za proizvodnju, prijenos, transformaciju i razvod električne energije (slika 1).



*Slika 1: Građevinsko-elektromontažna cjelina*

Pogonske prostorije su prostorije u zgradama ili otvoreni prostori određeni za smještaj i pogon elektroenergetskih i drugih postrojenja, u koje u redovnom pogonu imaju pristup i osobe koje nisu zaposlene na održavanju ili na njihovom rukovanju.

Električne pogonske prostorije su prostorije u zgradama ili otvoreni prostori određeni prvenstveno za smještaj i pogon postrojenja u kojima se smiju kretati samo osobe koje takva postrojenja održavaju ili njima rukuju. Ostalim osobama pristup u takve prostorije je dopušten samo pod stručnim nadzorom. Zatvorene električne pogonske prostorije su prostorije u zgradama ili ograđeni otvoreni prostori određeni isključivo za smještaj i pogon električnih

postrojenja, koji su tijekom pogona tih postrojenja zaključani i u njima je povremeni pristup dopušten samo za to ovlaštenim osobama [ 2 ].

Pogon je stanje elektroenergetskih postrojenja u procesu proizvodnje, prijenosa, raspodjele i korištenja električne energije. Elektroenergetski nadzemni vod je skup svih građevinskih elektroenergetskih elemenata koji služe za nadzemno vođenje vodiča u procesu prijenosa i razvođenja (distribucije) električne energije (slika 2 i slika 3) [ 1 ].



*Slika 2: Elektroenergetski nadzemni vodovi i trafostanica*



*Slika 3: Elektroenergetski nadzemni vod*

Elektroenergetski kabelski vod je skup svih građevinsko-elektroenergetskih elemenata postavljenih u zemlji ili na specijalnim nosačima, koji služe za prijenos i razvođenje (distribuciju) električne energije ( slika 4) [ 1 ].



*Slika 4: Elektroenergetski kabelski vod (prelaz preko potoka)*

Vod je zajednički naziv za nadzemni i kabelski vod.

Izvor napajanja je transformatorska stanica, elektrana, akumulatorske baterije ili agregat koji napaja objekt na kojem se radi. Posluživanje obuhvaća upravljanje, rukovanje i nadgledanje rada objekata. Održavanje elektroenergetskih postrojenja je rad na elektroenergetskim postrojenjima koji osigurava njihovo tehnički ispravno stanje u skladu s Uputama o održavanju i uputama proizvođača opreme [ 2 ]. Prekidač je električna naprava koja može uključivati, voditi i prekidati struju u normalnim uvjetima pogona, zatim može uključivati, voditi i prekidati struju kratkog spoja u određenom vremenu [1 ].

Rastavljač je električna naprava koja služi za vidljivo razdvajanje neopterećenog, odnosno za isključenje i uključenje manje opterećenog strujnog kruga. Rastavljač snage je električna naprava koja može uključivati, voditi i prekidati struju do nominalnih vrijednosti; uključujući i preopterećenja. Rastavljač snage također može voditi i uključivati, ali ne i prekidati struje kratkog spoja. Objekt rada je jedno ili više mjesta rada gdje radove izvodi jedna ili više radnih grupa (ekipa) na dijelu istog elektroenergetskog postrojenja, tako da je moguće izravno nadzirati provedene mjere zaštite na radu [ 2 ]. Mjesto isklopa je mjesto gdje se obavlja iskapčanje određenog dijela elektro-postrojenja, zbog oslobodjenja mjesta rada od napona. Mjesto rada je dio elektroenergetskog postrojenja na kojemu radna grupa izvodi radni zadatak.

Zajednički objekti rada su veći broj objekata rada povezanih u jednu elektroenergetsku cjelinu, na kojima istodobno radove izvodi više radnih grupa.

Organizator rada je ovlaštena osoba, koja organizira i vodi rad, nadzor ili radi samostalno. Njemu za tu svrhu mora biti dostupna sva raspoloživa tehnička i pogonska dokumentacija, kao i sva sredstva potrebna radi pravilnog nadzora i rukovanja električnih postrojenja na kojemu radi. On je odgovoran za organizaciju radnog zadatka prema «temeljnom radnom nalogu» i za izdavanje, prema potrebi, «internog radnog naloga» rukovoditelja radova, te za davanje potrebnih uputa za izvođenje rada na siguran način [ 2 ].

Organizator radnog zadatka je, u pravilu, poslovođa organizacijske jedinice.

Rukovoditelj radova je odgovorna i stručna osoba kojoj je povjereno da sa svojom radnom grupom ili samostalno obavi rad, odnosno nadzor nad radom, na elektro postrojenju, što je utvrđeno u ispravama za rad. Rukovoditelja radova za svaki rad na električnom postrojenju određuje organizator rada ili rukovoditelj pogona službe. Rukovoditelj radova u potpunosti osigurava mjesto rada i daje nalog za početak rada usmenim putem.

Dispečer ili osoba koju on ovlasti u Dispečerskoj službi ovlašten je za sva uključivanja i isključenja na elektroenergetskim postrojenjima u svojoj nadležnosti, a u svrhu usmjeravanja tijekom električne energije ili izvođenja radova.

Dispečer niskog napona je poslovođa stalne pogonske službe ili osoba koju on ovlasti, koja obavlja poslove dispečera na elektroenergetskim postrojenjima niskog napona u svojoj službi.

Zahtjev za iskapčanje i izdavanje dozvole za rad dispečerskoj službi je isprava koju je ispostavila ovlaštena osoba pojedinih radnih jedinica, kojom se od ovlaštenih osoba za vođenje pogona traži iskapčanje elektro postrojenja ili njegovog dijela, zbog izvođenja radova na njemu.

Dozvola za rad je pismena isprava koja se izdaje za radove u beznaponskom stanju ili kod radova u blizini napona, kad se primjenjuje bilo koje od pet pravila sigurnosti. Dozvola za rad izdaje se rukovoditelju radova, nadzornoj osobi ili koordinatoru radova, shodno «Zahtjevu za iskapčanje» i organizaciji rada [ 2 ].

Radni nalog je isprava kojom organizator rada rukovoditelju izdaje nalog za obavljanje radnog zadatka. Potreban je za sve radove na elektroenergetskim postrojenjima. Radni nalog može se izdati i usmeno, ako postoji mogućnost snimanja razgovora, i putem govornih telekomunikacijskih veza, uz upisivanje podataka u određene obrasce i sravnjivanje teksta.

Osiguranje mjesta isklopa je provođenje osnovnih uvjeta sigurnosti na mjestu isklopa i nije nužno obaviti ograđivanje mjesta isklopa.

Osiguranje mjesta rada je provođenje osnovnih i dodatnih mjera sigurnosti na elektro postrojenju ili njegovom dijelu, zbog mogućnosti izvođenja sigurnog rada bez opasnosti po život i zdravlje djelatnika, te zbog sigurnosti postrojenja.

Početak rada je trenutak kada rukovoditelj radova objavi da se na osiguranom mjestu može početi s radom.

Završetak rada je trenutak koji objavljuje rukovoditelj radova poslije uklanjanja materijala, alata, zaštitne opreme i udaljavanja ljudi s mjesta rada.

Osobna zaštitna sredstva su sredstva zaštite koju djelatnik stalno nosi na sebi ili ih upotrebljava za vrijeme rada.

Sigurnosna udaljenost je najmanja dopuštena udaljenost vodiča i zemnog voda u bilo kom pravcu, odnosno dijelova pod naponom od zemlje ili nekog objekta na zemlji pri provjesu na  $+ 40^{\circ}\text{C}$  i opterećenju od vjetra od nule do punog iznosa [ 1 ].

Sigurnosni razmak je najmanji dopušteni razmak između dijelova pod naponom i bilo kojeg dijela tijela djelatnika odnosno neizoliranog alata ili opreme kojom se djelatnik služi.

Električno postrojenje visokog napona su sva električna postrojenja jake struje nazivnog napona iznad 1 kV.

Električno postrojenje niskog napona su sva električna postrojenja jake struje nazivnog napona do 1 kV.

Naponsko stanje električnog postrojenja je stanje električnog postrojenja pod naponom koji je na bilo kojem mjestu između pogonskog uređenja i dijela električnog postrojenja.

Beznaponsko stanje električnog postrojenja je iskopčano stanje električnog postrojenja u kojem je odgovarajućom metodom (provjerom) ustanovljeno da na iskopčanom mjestu između pogonskog uređaja i dijela električnog postrojenja nema napona.

## **2.2. Vodovi**

Vodove možemo podijeliti prema njihovim različitim osobinama. Najčešće ih dijelimo na:

- nadzemne
- podzemne
- izolirane
- kabele.

Nadzemni vod sastoji se od vodiča položenih u zraku, koji mogu biti goli ili izolirani. Vodiči se pričvršćuju na stupove ili nosače pomoću staklenih ili porculanskih izolatora, u novije vrijeme i silikonskih izolatora. Nadzemni vod u širem smislu je, osim vodiča, sav ovjesni materijal, stupovi



ili nosači za vješanje vodiča, zajedno s njihovim temeljima. Ovdje ubrajamo nadzemne niskonaponske i visokonaponske mreže i dalekovode svih napona [ 1 ].

Izolirani vodovi upotrebljavaju se najčešće u električnim instalacijama. Vodiči u nadzemnim vodovima najčešće su goli, a mogu biti i izolirani. Vodiči se izoliraju presvlačenjem izolacionim materijalima.

Izolacioni vod s izoliranim vodičima nastaje kada se vodiči obuhvate u jedan vod bilo posebnim slojevima izolacionog ili drugog materijala, bilo uvlačenjem u instalacione cijevi. Izolirani vod s golim vodičima rađen je tako da se vodič okruglog ili profilnog presjeka izolira od zaštitnog pokrivača vodiča. Zaštitni pokrivači vodiča učvršćuju se na zid ili uza zid objekta, a služe za zaštitu od slučajnog ili hotimičnog dodira vodiča. Izolirani vodovi s golim vodičima susreću se u praksi pod nazivom kanalni razvod. Izolirani vodovi upotrebljavaju se uglavnom za napone do 1 kV.

Kabel je vrsta voda sa više međusobno izoliranih vodiča sa zaštitom od pogoršanja električne funkcije pri polaganju i nakon polaganja u kableske vodove, kableske kanale ili vodu.

Teško je postaviti oštru granicu između kabela i izoliranih vodova. To se osobito odnosi na kabele i vodove izolirane gumama ili plastičnim masama. Razlikovati ih možemo prema pažnji koja je u kabele konstrukcijom poklonjena zaštitnim slojevima. Razlika postoji i u nazivnim naponima. Izolirani vodovi ne izvode se za napone više od 1 kV, osim kod instalacije svijetlećih cijevi. Kabeli izolirani plastičnim masama izvode se za nazivne napone do 110 kV, a oni s izolacijom od papira do 500 kV.

Prema vrsti električne energije koju provode, vodove dijelimo na:

- energetske
- telekomunikacijske

Energetske vodove razlikujemo prema naponu i snazi koju mogu provoditi.

Osnovni elementi voda su:

- vodič
- izolacije vodiča
- slojevi za zaštitu vodiča i izolacije od vlage, mehaničkih, toplinskih i kemijskih utjecaja
- pribor za spajanje, završavanje, nošenje, mehaničku i električnu zaštitu voda.

Vodič je načinjen od vodljivog materijala, najčešće bakra ili aluminija, i služi za provođenje električne energije. Vodič se sastoji od jedne ili više žica.

Površine presjeka vodiča su od nekoliko stotinki mm<sup>2</sup> do 1 000 mm<sup>2</sup>. Vodič od više žica naziva se uže ili uzica. Vodič s pravilno, tj. helikoidalno sukanim žicama, naziva se uže, a s nepravilno sukanim uzica.

Presjek vodiča može biti različita oblika; najčešći su:

- kružni presjek
- sektorski
- šuplji

Kao izolacije upotrebljavaju se:

- zrak (kod vodova s golim vodičima) sa staklenim, porculanskim ili plastičnim izolatorima za vješanje
- papir
- tekstili (pamuk, svila, platno juta itd.)
- lakovi (silikonski)
- elastomeri ili gume (na bazi prirodnog ili umjetnog kaučuka)
- termoplastici (polivinilklorid, polietilen, najlon, teflon, itd.)
- slojevi na vodiču nanesen galvanski (npr. oksidi)
- azbesti
- smjese navedenih izolacionih materijala.

Slojevi za zaštitu vodiča i izolacije od vlage, mehaničkih, toplinskih i kemijskih utjecaja, izrađuju se od metala, guma, termo plastika, impregniranih tekstila itd. [ 1].

U pribor za spajanje, završavanje, nošenje, mehaničku i električnu zaštitu voda ubrajamo instalacioni materijal (instalacione cijevi, instalacione kutije, uvodnice).

Osnovne preporuke za polaganje instalacionih cijevi i pribora [ 3 ]:

- instalacione plastične cijevi smiju se polagati iznad ili pod žbuku u suhim i vlažnim prostorijama
- čelične oklopljene cijevi upotrebljavaju se u svim mogućim uvjetima, osim što je polaganje zabranjeno u prostorijama gdje bi moglo doći do korozije. Naročito se upotrebljavaju tamo gdje su moguća velika mehanička oštećenja

- čelične oklopljene cijevi učvršćuju se na zid i tavanicu u suhim prostorijama pomoću obujmica. U vlažnim prostorijama polažu se pomoću odstoynih obujmica na udaljenosti 2 do 3 cm od zida. Radi antikorozivne zaštite treba premazati cijevi sredstvom protiv rđanja.
- čelične cijevi s prijeklopom smiju se polagati jedino po zidu i to u suhim prostorijama, gdje je potrebna samo mehanička zaštita vodiča. Polaganje tih cijevi u zid zabranjeno je.
- cijevi svih vrsta polažu se samo po pravoj crti, i to jedino vertikalno ili horizontalno. Pri horizontalnom polaganju cijevi moraju imati mali nagib prema kutiji, da se u njima ne bi sakupljala i zadržavala voda.
- na slobodnim krajevima cijevi postavljaju se uvedne lule i krajnice da se prilikom uvlačenja vodiča ne ošteti njegova izolacija
- cijevi se mogu polagati prije stavljanja žbuke ako su zidovi suhi
- polaganje instalacionih obloženih cijevi i cijevi bez metalnog plašta u zidove od blata zabranjeno je
- cijevi položene u žbuku ne smiju se prekrivati materijalom koji ih nagriza
- za učvršćivanje cijevi prije stavljanja žbuke upotrebljava se u suhim prostorijama sadra, a u vlažnim obujmice ili cementna sadra
- vodiči se postavljaju u cijevi tako da se bez poteškoća mogu uvlačiti i izvlačiti.
- razvodne kutije postavljaju se tako da najveći razmak među njima bude 6 m
- kutije valja postaviti tako da je moguće lako uvlačenje i izvlačenje vodiča. Između dvije kutije po pravilu ne smije biti više od dva luka ili tri krivine
- u istoj cijevi poželjno je da budu samo vodiči istog strujnog kruga
- kroz istu kutiju smiju se polagati vodiči različitih strujnih krugova.

### **2.3.Nadzemni vodovi niskog napona**

Za niskonaponske vodove mogu se upotrijebiti goli i izolirani vodiči s tim da njihova upotreba ne može ublažiti zahtjeve sigurnosti s obzirom na minimalne razmake koji se traže za gole vodiče. Od takvog zahtjeva se izdvaja novi tip samonosivog kabela tzv. samonosivi kabelski snop, koji može sadržavati od 2 do 6 použenih izoliranih vodiča [ 1 ].

Vodiči se proizvode od istog materijala kao i za vodove visokog napona, s tim da se kod niskonaponskih vodova smije upotrijebiti i polutvrđi bakar. Najmanji dopušteni presjeci na rasponima do 45 m iznose:

- bakar i bronca 6 mm<sup>2</sup>
- aluminij i njegove legure 16mm<sup>2</sup>

U našim niskonaponskim nadzemnim mrežama već se odavno upotrebljavaju aluminijski vodiči dok se bakreni vodiči susreću još samo u starijim mrežama.

Za vodove raspona do 40 m i za vodiče manjih presjeka obično se upotrebljavaju savijeni nosači izolatora. Ako su rasponi veći ili ako se više vodiča polaže u jednoj liniji, preporučuju se poprečne konzole s izolatorima postavljenim na ravne nosače ili na šekl-izolatore.

U niskonaponskim nadzemnim mrežama upotrebljavaju se odvodnici prenapona kao zaštita od (atmosferskih) prenapona. Postavljaju se u neposrednoj blizini transformatorske stanice, odnosno na niskonaponskim vodovima na mjestu grananja, uzduž voda, a obavezno na kraju dugih vodova. Razmak između odvodnika prenapona ne smije iznositi više od 1 000 m, odnosno 500 m u zoni veoma čestih atmosferskih pražnjenja [ 2 ].

Odvodnici prenapona moraju se uvijek tako uzemljiti da otpor uzemljenja ne bude veći od 5 oma. U mreži gdje se nulovanje upotrebljava kao sistem zaštite od previsokog dodirnog napona, obavezno je međusobno povezati uzemljenje odvodnika prenapona s pogonskim uzemljenjem, tj. treba povezati dozemni vod odvodnika prenapona s neutralnim (nultim) vodičem.

Odvodnici prenapona spajaju se na fazne vodiče. No u mrežu u kojoj nije dopušteno nulovanje neutralni (nulti) vodič treba također uzemljiti preko odvodnika prenapona.

U nadzemnim mrežama niskog napona obično se upotrebljavaju:

- jednostruki stupovi – koji služe redovno za nošenje vodiča na ravnoj trasi, a ukoliko su dovoljno dimenzionirani, mogu se upotrijebiti i na kutnim točkama pri malom skretanju trase, te za kućne priključke
- A-stupovi – se upotrebljavaju na kutnim točkama, tj. tamo gdje se mijenja smjer voda, ali često i na početku, odnosno kraju voda, te na odvojnim točkama
- poduprti stupovi – se upotrebljavaju u istu svrhu kao A-stupovi, ali za nešto manja opterećenja
- usidreni stupovi – upotrebljavaju se kao zamjena za poduprti stup

- dvostruki stupovi – zamjenjuju poduprte stupove onda kada se poduprti stup ne može upotrijebiti s obzirom na mjesne prilike. Općenito treba izbjegavati usidrene stupove, jer usidreno uže može u slučaju oštećenja doći pod napon.
- betonski stupovi – služe za sve svrhe

Radi toga treba pri usidrenju neuzemljenih drvenih stupova ugraditi zatezni izolator u uže i to iznad dohvata ruke, a stupanj izolacije mora odgovarati stupnju izolacije voda.

Drveni stupovi upotrebljavaju se obično kod vodova niskog napona, za raspone do 35 m. Centrifugirani betonski i čelični stupovi upotrebljavaju se uglavnom pri gradnji niskonaponskih mreža u gradovima, kod vodiča većeg presjeka i na mjestima gdje se grana više vodova, odnosno zavisno od odnosa cijena, životne dobi i transportnih troškova. Općenito vrijedi da dopuštena sila  $F$  na stup ovisi o dimenzijama stupa, vrsti tla i dubini i načinu temeljenja. Danas se betonski stupovi koriste na svim mjestima umjesto A stupova, poduprtih, usidrenih i dvostrukih.

Za polaganje vodiča kod vodova niskog napona vrijede u osnovi ista uputstva kao za vodove visokog napona s tom razlikom što je ovdje polaganje vodiča i kočenje bubnja mnogo lakše. Koloturi mogu biti manjeg promjera i obično se izrađuju s drvenim kotačem. Pri izboru kolotura mora se strogo paziti na to da ne dođe do međusobnog miješanja kolotura namjenjenih za razvlačenje aluminijskih, odnosno bakrenih vodiča. Preporučuje se da se koloturi oboje radi prepoznavanja, npr. za Al- vodiče plavom, a za Cu- vodiče crvenom bojom. Ako se vodiči ne mogu razvlačiti pomoću kolotura, tada treba to izvesti na slijedeći način: Vodič se na jednom kraju pričvrsti pomoću zateznog veza, a sam bubanj se postavi na prikolicu koja se kreće duž trase, pri čemu se vodič odmotava s bubnja. Redoslijed razvlačenja vodiča mora biti takav da se najprije položi vodič za najgornji izolator. Neutralni (nulti) vodič polaže se ispod faznih vodiča. Kad se vodiči polažu na krovne nosače, upotrebljavaju se pomoćni konopci za prebacivanje vodiča s krova na krov. Pri tome je praktično zavezati vodič na sredinu konopca kako bi se jednim prebacivanjem konopca mogla izvući dva vodiča. Pri razvlačenju vodiča iznad drveća upotrebljavaju se motke s rašljama za dizanje vodiča i motke sa pilom.

Nakon što se vodiči polože na potporne nosne izolatore, treba ih odmah o njima pričvrstiti pomoću tzv. provizornog veza. Vodiči trebaju biti uvijek s unutrašnje strane nosnih izolatora, tako da pri eventualnom pucanju veza vodič ostane visiti na nosaču, odnosno na konzoli, dok na kutnim stupovima treba vodiče tako postaviti da zatezna sila ne djeluje na vez, nego na izolator [ 1 ].

Nakon što su svi vodiči razvučeni u jednom zateznom polju, pristupa se njihovom konačnom zatezanju i podešavanju provjesa. U tu se svrhu na kraju vodiča na kojem još nije napravljen zatezni vez vodič prihvati pomoću zatezne stezaljke. Za Cu- vodiče dobre su jednostavne stezaljke

dok za Al-vodiče treba paziti da zatezne stezaljke ne oštete površinu vodiča. Prije nego što se definitivno podesi provjes preporučuje se da se ostave vodiči, naročito aluminijski, da slobodno vise 24 sata, kako bi se potpuno izjednačile temperature vodiča i zraka, odnosno isključila mogućnost naknadne promjene provjesa zbog istezanja vodiča. Preostale komade vodiča i metalne dijelove treba brižljivo pokupiti duž trase, a posebno na poljima, da se stoka ne ozljedi. U žljebovima nakon montaže krovnih nosača ne smiju ostati komadi bakra zbog štetnog korozivnog djelovanja.

## **2.4. Nadzemni vodovi visokog napona**

Nadzemni vodovi visokog napona služe za prijenos i razvod električne energije, a obuhvaćaju nadzemne vodove nazivnog napona iznad 1 000 V. Pod nadzemnim vodom ovdje se ne podrazumijevaju nadzemni kabeli i kontaktna mreža za električnu vuču.

Troškovi izrade nadzemnog voda su redovno niži od troškova izgradnje kabelskog voda jednakog napona i presjeka. No unatoč tome nadzemni vodovi neće naći svoju primjenu tamo gdje se postavljaju posebni uvjeti s obzirom na pogonsku sigurnost, te pri prostornoj ograničenosti, kao što su npr. gradske kabelske mreže, ukrštanja sa važnijim objektima i sl.

Vodiči služe za provođenje struje, a zaštitna užad za zaštitu vodova od atmosferskih prenapona. Za vodove visokog napona praktički se uvijek upotrebljavaju gola užad, a ne žice. Naime, upotreba žica od aluminija i aluminijskih legura je zabranjena, dok žice od bakra, čelika i bronce smiju imati najveći presjek od 16 mm<sup>2</sup> i mogu se polagati na rasponima najviše do 80 m, što uglavnom nije interesantno za vodove visokog napona [ 1 ].

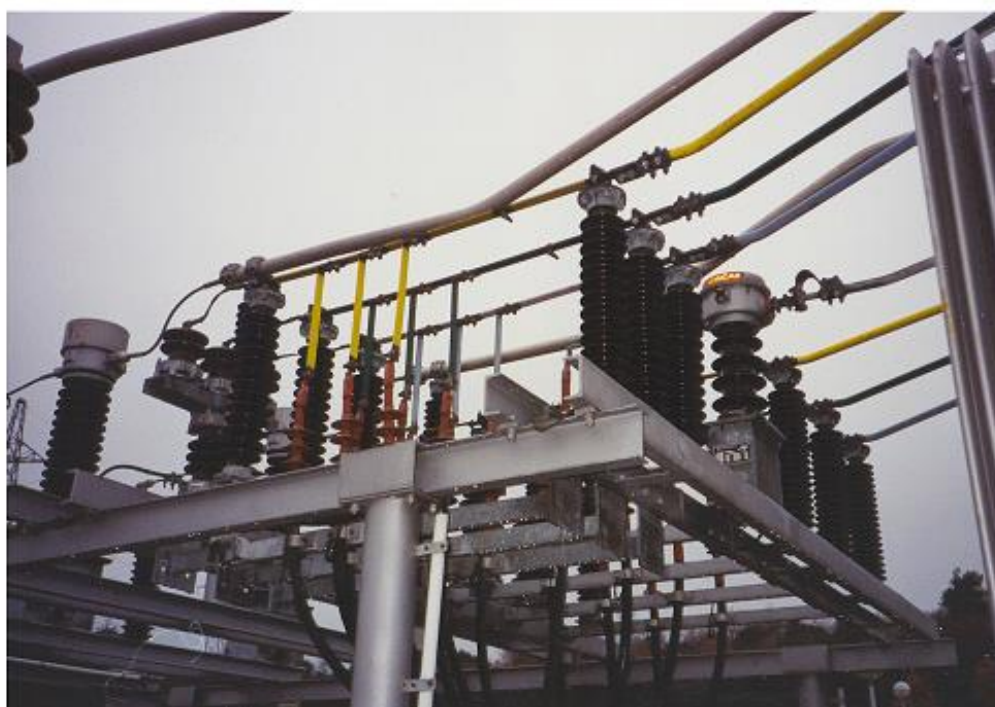
Na sigurnost rada vodova viših napona utječu u velikoj mjeri atmosferska pražnjenja, koja omogućuju da dođe do preskoka, tj. probijanja električne izolacije izolacijskih lanaca. Električni luk koji nastaje pri takvim prenaponima može oštetiti izolatore, a i sam vodič, što većinom isključuje vodove iz pogona i nanosi velike gubitke. Zbog toga se izolatorski lanci zaštićuju od električnog luka zaštitnim rogovima ili prstenovima koji električni luk drže daleko od vodiča i od izolatora.

## 2.5. Rasklopna postrojenja

Rasklopna postrojenja su sastavni dijelovi elektrana i električnih mreža, a služe za razvod, mjerenje, zaštitu, upravljanje, signalizaciju i transformaciju električne energije na njenom putu od generatora do potrošača (slika 5 i slika 6).



*Slika 5: Rasklopno postrojenje u fazi izrade izolacije*



*Slika 6: Rasklopno postrojenje*

Prema namjeni i mjestu rasklopna postrojenja trebaju postojati u svakom čvorištu električne mreže, pri čemu se razlikuju:

- rasklopna postrojenja u važnim čvorišnim točkama električne mreže bez obzira da li se radi o transformaciji električne energije ili ne i u kom obimu, kao što je npr. redovno s rasklopnim postrojenjima u elektranama
- transformatorske stanice, tj. rasklopna postrojenja u kojima se obavlja transformacija i razvod električne energije
- razvodni uređaji, tj. rasklopna postrojenja u kojima se obavlja samo razvod električne energije, i to na čvorištu mreže (vodova) istog napona, tj. bez transformacije napona.

Rasklopna postrojenja izrađuju se prema Tehničkim propisima za elektroenergetska postrojenja iznad 1 000 V. Normalan rad rasklopnih postrojenja omogućuju uklopno-isklopni aparati, transformatori, mjerni transformatori, zaštitni i mjerni uređaji, sabirnice te uređaji za kontrolu i signalizaciju stanja pojedinih aparata.

Za razvod i transformaciju električne energije služe rasklopna postrojenja, i to kao postrojenja unutarnje i vanjske izvedbe.

Za napon do 45 (60) kV ekonomski je najpovoljnije da se postrojenja izvode u posebnoj zgradi, tj. kao unutarnja izvedba. Kod viših napona razmaci između vodiča, i dimenzije električnih aparata, zahtijevaju velike prostorije, zbog čega je ekonomičnije izvoditi postrojenja na otvorenom prostoru, tj. kao vanjsku izvedbu. No ponekad se postrojenja i za više napone izvode u zgradi kada to zahtijevaju prilike, npr. atmosferske ili nedostatak prostora.

U daljnjem tekstu bit će uglavnom opisana postrojenja za napon do 35 kV. Zajedničko za sva postrojenja jest da se moraju izvesti tako da se postignu minimalni razmaci i širine hodnika u skladu s nazivnim naponom postrojenja, te da su pregledna, pristupačna i da pružaju najveću pogonsku sigurnost.

### **Zatvorena blindirana postrojenja za vanjsku montažu**

Sastoje se od jedne ili više oklopljenih ćelija. Ta se postrojenja odlikuju time što se mogu brzo premjestiti s jednog mjesta na drugo, te se mogu lako proširiti jednostavnim dodavanjem novih ćelija. Takva mogućnost dobro dolazi pri rješavanju hitnih energetske probleme, npr. u novim stambenim naseljima ili za proširenje industrijskih pogona. Ova postrojenja odlično služe i kao privremene instalacije kao što su: velika gradilišta, rudnici, dnevni kopovi i sl.



Blindirane razvodne i transformatorske stanice proizvode se redovito za napon 10 kV, sa snagom transformatora do 630 kVA. U prostorijama napona 35 kV transformatori se obično postavljaju izvan ćelija, a nadzemni priključci se izvode pomoću provodnih izolatora na krovu ćelija.

Pojedine ćelije izrađuju se od čeličnih limova i profila na način koji štiti unutrašnjost postrojenja od oborina, prašine i dodira. Ćelije su gotovo redovito zatvorene s obje strane vratima, iza kojih se u donjem dijelu nalazi zaštitna mreža, a u gornjem dijelu zaštitni lim, koji se može podignuti kada su vrata otvorena. Na taj način on služi kao nadstrešnica omogućujući pregled i remont postrojenja i za lošeg vremena. Za ventilaciju ćelija predviđeni su otvori u obliku žaluzina na donjem i gornjem dijelu ćelije, i to ne samo na transformatorskoj ćeliji, nego i na svim ćelijama. Na taj se način poboljšava hlađenje i smanjuje mogućnost kondenzacije na aparatima bez naglih promjena temperature i sprečava ulazak malih životinja. Već prema izradi, može se izvesti blokiranje između mehanizama za otvaranje mrežastih vrata i zaštitnog lima u odnosu na pogon rastavljača i sklopki.

Ćelije se normalno postavljaju na betonski temelj i učvršćuju na okvir koji se mora zabetonirati. Pri tome se mora paziti da se temeljni okvir postavi horizontalno. Pri izradi temelja moraju se ugraditi betonske cijevi za ulaz kabela ili predvidjeti kanali koji odgovaraju toj svrsi. Gornji rub temelja treba biti 30 cm iznad okolnog terena. Ispod pojedinih ćelija u temelju je predviđen prostor za polaganje i savijanje kabela. Ispod transformatorske ćelije predviđena je uljna jama pokrivena rešetkom, koju isporučuje tvornica zajedno sa stanicom, a postavlja se na temelj prije montaže transformatora.

Na rešetku treba nasuti sloj šljunka debljine 20 cm, granulacije 3 - 6 cm, čime se omogućuje brzo otjecanje ulja u slučaju kvara na transformatoru, a time se sprečava požar u samoj komori. Veličina uljne jame je takva da može primiti sve ulje iz transformatora, odnosno omogućiti otjecanje ulja na drugi način.

Uzemljenje transformatorske stanice sastoji se od pogonskog i zaštitnog uzemljenja, koja se moraju izvesti tako da odgovaraju uvjetima visokonaponske mreže i vodljivosti tla. Zaštitno uzemljenje izrađuje se obično kao kružni vod oko stanice, i to pomoću pocinčane čelične trake 25x4 mm položene u dubini vlažne zemlje. Na limenu konstrukciju ćelija transformatorske stanice povezana su kućišta svih visoko i niskonaponskih aparata, tako da je dovoljno svaku ćeliju samo spojiti na zaštitno uzemljenje pomoću vijka predviđenog za tu svrhu. Preporučuje se da se zaštitno uzemljenje načini u obliku kružnog uzemljenja, koje služi i za oblikovanje potencijala.

To se uzemljenje polaže oko stanice tako da se metalno kućište stanice može dodirnuti tek pošto se stupi na oblikovano područje. Oko stanice treba nasuti 15 do 20 cm debeo sloj krupnog šljunka,

koji propušta vodu, izolira stajalište i priječi stvaranje blata ispred stanice, ili se prostor može popločiti betonskim pločama.

Zaštitno uzemljenje visokog i niskog napona izrađuje se zajedno, dok se pogonsko uzemljenje niskonaponskog neutralnog vodiča izrađuje odvojeno na udaljenosti minimalno 20 m od zaštitnog uzemljenja. Kad je moguće, valja povezati pogonsko i zaštitno uzemljenje.

Blindirana postrojenja izrađuju se kao stabilna postrojenja ili kao pokretna postrojenja i to pretežno kao transformatorske stanice [ 1 ].

### **Stupne transformatorske stanice**

Obično se izrađuju za napon do 20 kV i za snagu do 250 kVA, a služe većinom za elektrifikaciju sela i rijetko naseljenih područja.

Nosni stup transformatorske stanice može biti načinjen kao drveni A-stup, čelični ili betonski stup. Na visini od oko 5 m od zemlje na stupu je platforma za posluživanje transformatora i visokonaponskih osigurača. Na istom stupu, ili na prvom stupu ispred stanice, obično se nalazi linijski rastavljač kojim se cijeli uređaj može u slučaju potrebe odvojiti od dalekovoda. Rastavljač se poslužuje sa zemlje pomoću polužnog pogona. Transformator je zaštićen osiguračima, ispred kojih su odvodnici prenapona. Niskonaponski aparati (brojila, mjerni instrumenti, osigurači itd.) smješteni su u posebnom vodonepropusnom ormariću nadohvat ruci od zemlje, radi lakšeg posluživanja.

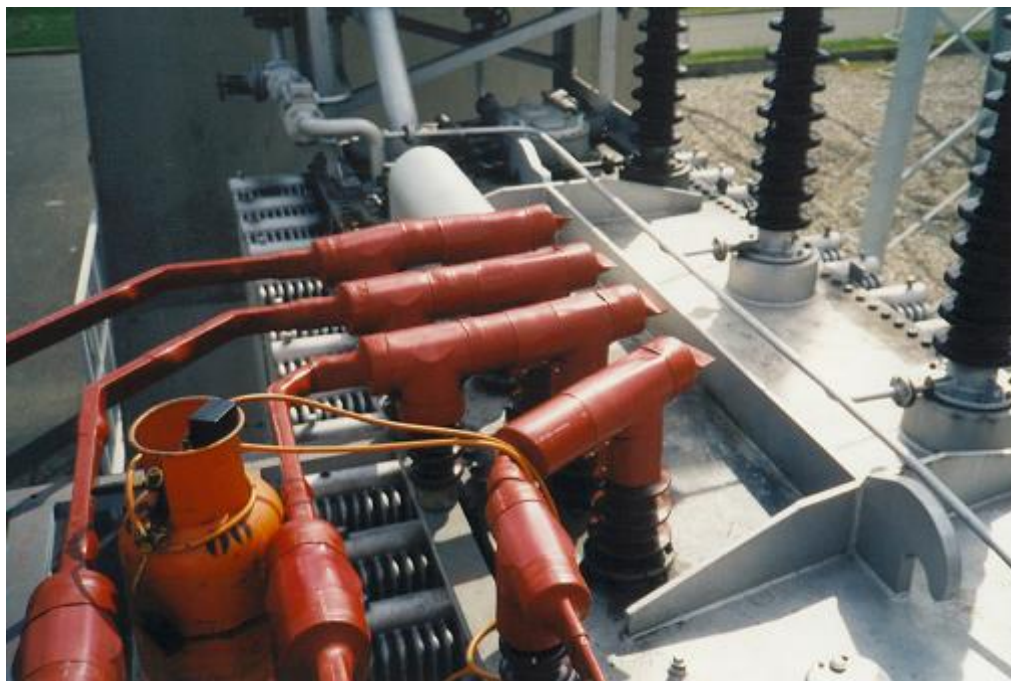
Troškovi izgradnje stupnih transformatorskih stanica su niski, ali su zato troškovi njihova održavanja znatno veći nego blindiranih i zidanih transformatorskih stanica. O postrojenjima na otvorenom prostoru za napon iznad 35 kV neće ovdje biti govora.

### **Minijaturne blindirane transformatorske stanice**

Problem sve veće skučenosti i veoma visoke cijene gradilišta, potrebnih za lociranje novih ili proširenje postojećih gradskih transformatorskih stanica, veoma se uspješno rješava upotrebom minijaturnih transformatorskih stanica. Izrada se zasniva na upotrebi potpuno izoliranih visokonaponskih razvodnih uređaja i transformatora koji imaju izravan priključak na visokonaponsko postrojenje preko specijalnih vodnih izolatora, odnosno kablskih glava. Mjerenje, kao i niskonaponski razvod, su identični s uobičajenim rješenjima.

### 3. SUSTAV ZA POBOLJŠANJE IZOLACIJE

Temeljem dugogodišnjih iskustava sa tehnologijom polimera i postupaka brtvljenja na području kablenskog pribora, tvrtka Raychem je razvila sustav za poboljšanje izolacije koji sadrži jednostavno ugradbene izolacijske cijevi, folije prethodno oblikovane dijelove te trake za unutarnju i vanjsku primjenu. Sustav omogućuje smanjenje razmaka, zaštitu od preskoka kao posljedicu slučajnog kontakta sa sabirnicom te sprečava preskoke na izolatorima i provodnim izolatorima kao posljedicu onečišćenja i služi za zaštitu od malih životinja. Sustav je idealan za izoliranje sabirnica u zatvorenom ili otvorenom prostoru te za izoliranje spojeva u visokonaponskim rasklopnim postrojenjima, transformatorskim stanicama i električnim aparatima (slika 7 i slika 8).



*Slika 7: Izoliranje transformatorskih sabirnica*



*Slika 8: Izolirane transformatorske sabirnice*

### **Prednosti zaštite vanjskih postrojenja i opreme**

Pouzdanost mreže ima primarnu važnost u elektrodistribucijskim poduzećima. Prekidi u napajanju dovode do povećanja troškova održavanja i uzrokuju nezadovoljstvo potrošača. U transformatorskim stanicama, kvarovi na sabirnicama koje su smještene relativno blizu jedna drugoj, mogu izazvati struje kratkog spoja dovoljno velike da prouzroče kvarove i na drugoj opremi. Takav izdatak za zamjenu opreme, ispitivanja, elektromontažne radove i uređenje okoliša može koštati i više od milijun kuna, a što na kraju umanjuje i ukupni godišnji prihod.

### **Zaštita od utjecaja okoline**

Utjecaji okoline mogu u znatnoj mjeri loše utjecati na karakteristike vanjske izolacije. Preskoci se mogu pojaviti za vrijeme olujnih kiša, pranja izolatora pod naponom, pa čak i pri malim zagađenjima. Ovo se također može dogoditi kada se nečistoća veća od konstrukcijom dozvoljene, nataloži na površini nekog izolatora. Ovo se događa u mnogim sredinama, uključujući industrijske zone, priobalna područja i pustinje.

Rješenje je retrofitno podizanje izolacijskog nivoa. Raychemovi proizvođači pužnih staza osiguravaju jedinstveno i dugotrajno rješenje za preskoke zbog onečišćenja kroz trajno povećanje dužine pužne staze, poboljšanje oblika izolatora i nemogućnost hodanja malih životinja po neizoliranim dijelovima pod naponom. Dodatni šesirići omogućavaju rješenje za preskoke uzrokovane visokom vlagom.

### 3.1. Oprema za unutarnju ugradnju

Sustav za poboljšanje izolacije se u širokom rasponu koristi za električnu izolaciju na oklopljenim sabirnicama, te za izoliranje spojeva u rasklopnim postrojenjima i električnoj opremi. Bilo da se radi o staroj opremi koja se tehnički usavršava ili o konstrukciji sabirničkih sustava, izolacijski proizvodi mogu osigurati visoko fleksibilni sustav za sve oblike i veličine vodiča.

Prednosti koje pruža upotreba sustava za poboljšanje izolacije su znatne, a od bitnijih su:

- kompletan sustav proizvoda primjenjiv za okrugle i plosnate sabirnice, vodiče i složene oblike
- pojednostavljen izbor proizvoda i sustav inženjeringa
- smanjenje međusobnih razmaka uvjetovanih za električnu opremu, do 50%
- skladna i jednostavna montaža
- sustav nazivnih vrijednosti struja se ne ugrožava
- otpornost na sredstva za otapanje, mehaničke udarce i vremenske utjecaje
- kompatibilnost sa uobičajenim materijalima za izolaciju
- temeljenje na nehalogenim materijalima, otpornim na površinske pužne struje i gorenje
- mogućnost kretanja zalutalih malih životinja

### 3.2. Materijali za izolaciju sabirnica

Sabirnice su dio rasklopnog postrojenja preko kojeg se razvodi električna energija, tj. one povezuju vodove koji dovode energiju s onima koji je odvođe. Sabirnice se izrađuju uglavnom od neizoliranih bakrenih ili aluminijskih vodiča, i to okrugla, plosnata ili U-profila za napon do 35 kV, dok se za više napone upotrebljavaju užad ili cijevi. Ukoliko se izvodi postrojenje s izoliranim sabirnicama, tada se znatno smanjuju dimenzije postrojenja.

Često se koristi visokonaponska traka za izoliranje sabirnica HVBT [ High voltage busbar insulation tape (slika 9)].



*Slika 9: Prikaz namotane HVBT trake*

HVBT je ljepljom oslojena toplo skupljajuća traka koja poboljšava izolaciju i štiti od slučajnog pražnjenja. Traka je dizajnirana u dvostrukoj kombinaciji: u potpunosti kao toplo skupljajuća cijev ali sa mogućnošću omatanja oko spoja koji se izolira.

HVBT traka se brzo i jednostavno instalira. Prilikom grijanja ova se traka skuplja, a unutrašnje ljepljivo se topi, međusobno spajajući slojeve i proizvodeći cjelovitost namatanja.

Samo jedan sloj trake, sa 2/3 preklopa, ostvaruje dielektričnu čvrstoću (zaštitu od preskoka) do 17.5 kV, a dodajući drugi sloj izolacijski nivo se povećava na 24 kV.

Ova traka nudi jednostavno i efikasno rješenje problema naknadnog izoliranja sabirnica, a naročito tamo gdje se postojeća oprema ne može rastaviti ili demontirati. Može se koristiti za unutarnju ili vanjsku primjenu, a instalira se jednostavno preko širokog područja različitih oblika spojeva uključujući i najsloženije [ 4 ].

Osobitosti ove trake su:

- kompatibilnost sa svim drugim proizvodima srednje naponskog sustava za postizanje povećanog izolacijskog nivoa
- jednostavna primjena uz korištenje dostupne opreme
- pogodnost za unutarnju i vanjsku primjenu
- izvrsna otpornost na pužne struje
- trajna radna temperatura do 70°C

- neobična univerzalnost i fleksibilnost na temperaturama nižim i od  $-40^{\circ}\text{C}$ , a 30%-tni omjer skupljanja omogućava pokrivanje skoro svih oblika
- dobro temperaturno zračenje i kontakt sa sabirnicom osigurava nazivnu strujnu otpornost
- proizvodi se od materijala koji nije baziran na halogenu, čime se smanjuje požarnost i stvaranje otrovnih i agresivnih plinova u slučaju požara
- može se uskladištiti na neodređeno vrijeme na temperaturi do  $50^{\circ}\text{C}$  bez gubitaka karakteristika.

U upotrebi su i toploskupljajuće srednjestjenkaste cijevi za izoliranje sabirnica BPTM [ Busbar insulation tubing – medium (slika 10)]

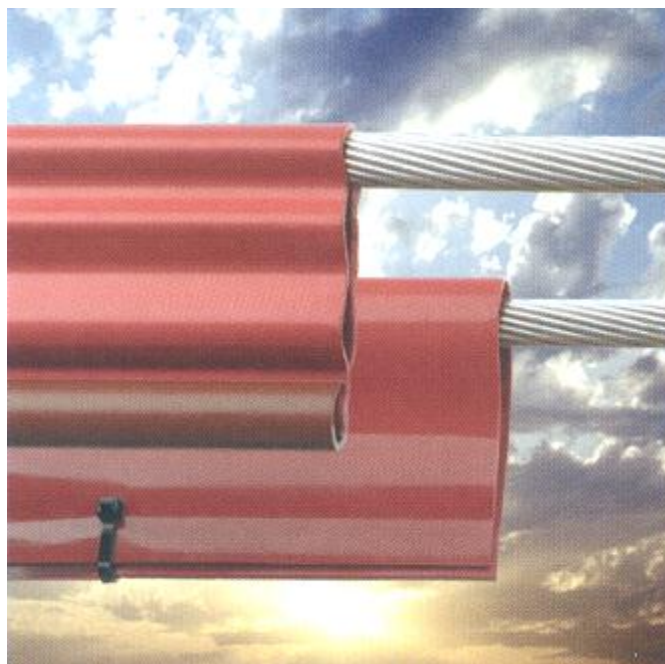


*Slika 10: Toplo skupljajuće srednjestjenkaste cijevi na sabirnici*

BPTM su toplo skupljajuće cijevi sa srednjom debljinom stijenke, a kojima se postiže povećanje izolacije i zaštita od preskoka i slučajno izazvanih električnih pražnjenja. Naročito korisno kod ograničenih prostora, ove cijevi se mogu uspješno koristiti na okruglim ili plosnatim, bakrenim ili aluminijskim sabirnicama. Grijanjem se cijevi dobro skupljaju prateći oblik sabirnice i jamčeći pri tome traženu minimalnu debljinu stijenke.

Ove cijevi instaliraju se lagano: u industriji i kod većeg obima proizvodnje koristeći peći sa vrućim zrakom, a kod ugradnje na licu mjesta uz korištenje plamenika i propan-butan plina.

Često se koriste za zaštitu izolacijski pokrivni kanali za nadzemne mreže  
OLIC [ Overhead line insulating channel (slika 11)].

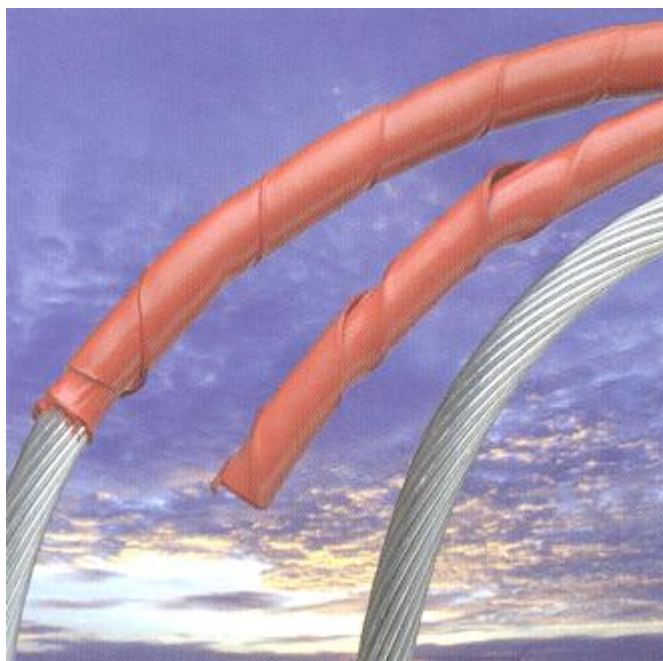


*Slika 11: Izolacioni pokrivni kanali*

OLIC je pričvršćujući izolirani kanal koji osigurava zaštitu od preskoka za nadzemne vodove. Instaliranjem OLIC kanala sprečavaju se direktni dodiri vodiča prilikom njihovanja mreže te prelazni kontakti sa pticama, malim životinjama ili granama. OLIC je proizveden od umreženog polimera otpornog na pužne staze i sa visokom dielektričnom čvrstoćom [ 4 ].

Montaža je vrlo jednostavna jer se pokrovni kanal postavlja preko vodiča i učvršćuje pomoću UV stabiliziranih plastičnih remenčića ili pomoću demontažnog profila za zatvaranje.





*Slika 12: Izolacijska traka*

OLIT (Overhead line insulation tape) traka je ljepilom oslojena toplo skupljajuća izolacijska traka koja je prethodno spiralno oblikovana da pojednostavi montažu oko neizoliranog nadzemnog vodiča.

Kada se traka omota oko vodiča i grijanjem se počne skupljati, ljepilo se topi i stapa slojeve trake zajedno proizvodeći time jednu omotavajuću cijev. Iako je samo stapajuća, ljepljiva traka OLIT se ne ljepi za kovinu tako da je jednostavno odstranjivanje prilikom demontaže [ 4 ].

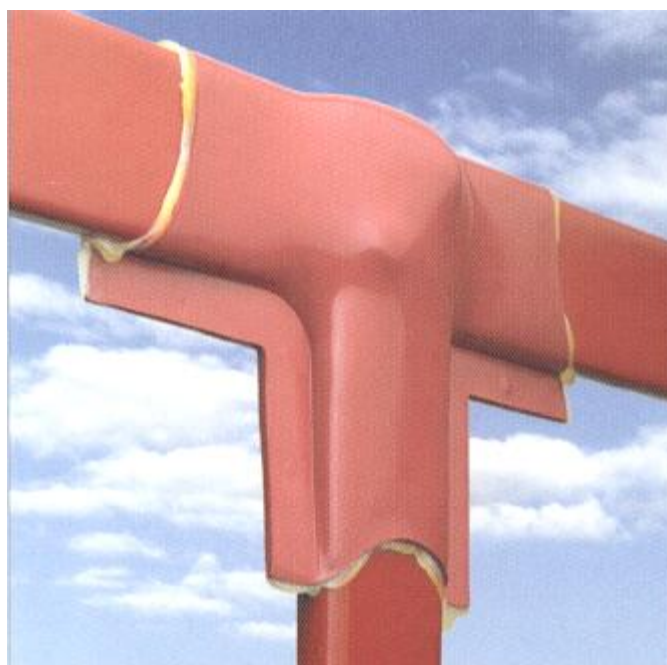
Sa OLIT trakom ostvaruje se naknadna izolacija nadzemnih vodiča, a zbog prevencije mogućih grešaka prouzrokovanih međusobnim dodirom njihajućih vodova, okolnim granama, pticama ili životinjama.



*Slika 13: Visokonaponski izolacijski komplet*

SMOE visokonaponski kompleti sadrže ne skupljajuće pred formirane pokrove, toplo skupljajuće cijevi, polipropilenske potporne prstenove i brtveno ljepilo u obliku traka. Kompletan sklop pruža poboljšanje izolacije, zaštitu od slučajno izazvanih pražnjenja i malih životinja [ 4 ].

SMOE izolacijski kompleti su tipični za učvršćivanje sabirnica na potporne izolatore i transformatorske provodne izolatore te za savijene T-spojeve gdje cijev, traka ili folija ne mogu biti korišteni. Sav izolacijski materijal otporan je na UV zrake.



*Slika 14: Visokonaponska izolacijska folija*

HVIS je ljepilom oslojena toplo skupljajuća folija kojom se osigurava pojačanje izolacije, zaštita od slučajno izazvanih pražnjenja i malih životinja. HVIS foliju moguće je odrezati po mjeri na licu mjesta, kako bi pokrila gotovo sve oblike i veličine sabirničkih spojeva [ 4 ].

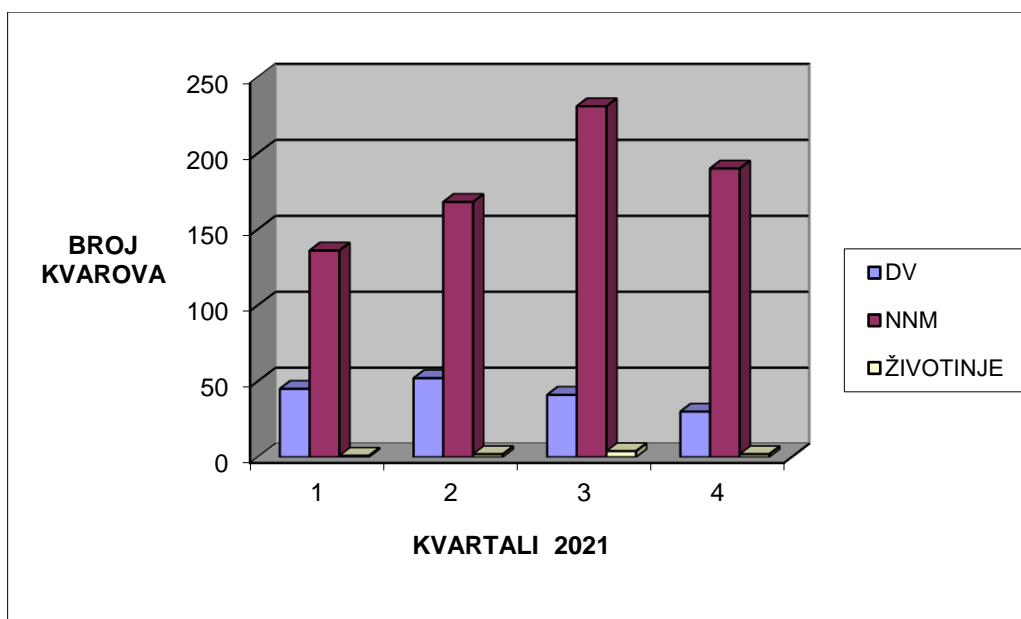
Tijekom instalacije folije se postavljaju labavo u željeni položaj i na krajevima učvrsti s kutnicima i metalnim stezaljkama. Grijanjem se HVIS folija skuplja dvoaksijalno i tako prijanja i na najsloženije sabirničke konfiguracije.

Iako se HVIS folija lijepi međusobno neće se zalijepiti na dijelove od metala ili porculana što omogućava jednostavno odstranjivanje.

## 4. EKSPERIMENTALNI DIO

### 4.1. Opis eksperimenta

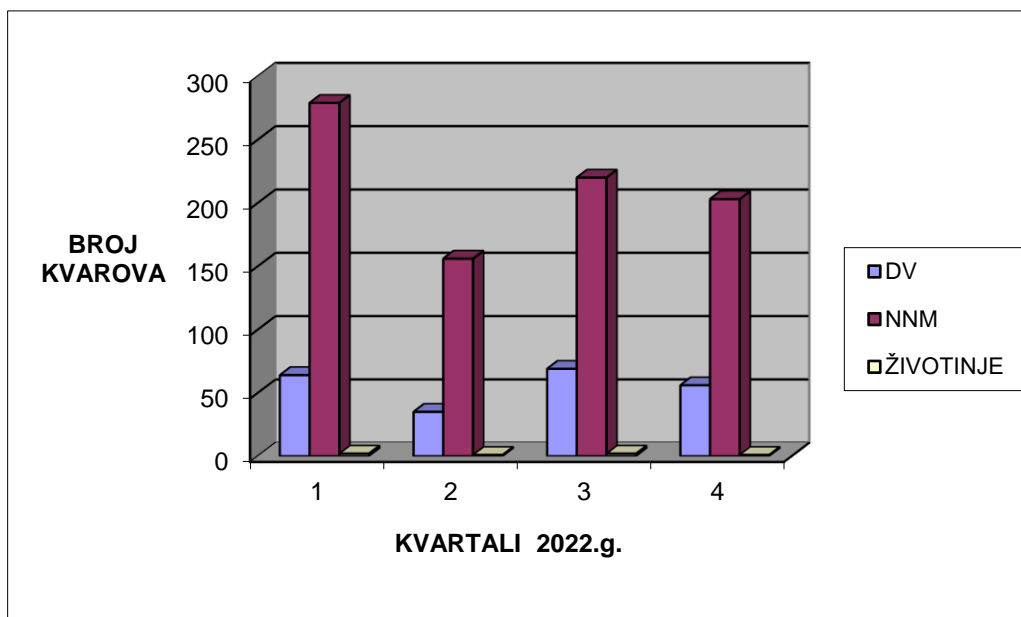
U ovom dijelu ovog diplomskog rada analizirani su podaci dobiveni iz dispečerskog dnevnika i dežurne službe HEP Distribucije d.o.o. DP Elektre Karlovac. U analizi su obuhvaćeni podaci o kvarovima koji su se dogodili u 2003. godini i 2004. godini. Kvarovi su evidentirani na dalekovodima 10 i 35 kV i niskonaponskoj mreži 0,4 kV. Prilikom vođenja dispečerskog dnevnika dispečer upisuje kvar i na koji način je uzrokovan. Kvarovi mogu biti izazvani na različite načine npr. puknuće vodiča, sapletanja vodiča, prenapona, atmosferskih pražnjenja, proboj izolatora, prolazni kvar ... i kvarovi uzrokovani malim životinjama. Dobiveni podaci su uspoređivani kvartalno i to kao kvarovi na DV (dalekovodima) ; kvarovi na NNM (niskonaponskoj mreži) i kvarovi od malih životinja te prikazani kroz grafikone.



DV	NNM	ŽIVOTINJE
45	136	1
52	168	2
41	231	4
30	190	2

Prikaz kvartalnih kvarova na dalekovodu (DV), niskonaponskoj mreži (NNM) i kvarovi od životinja u 2021. godini

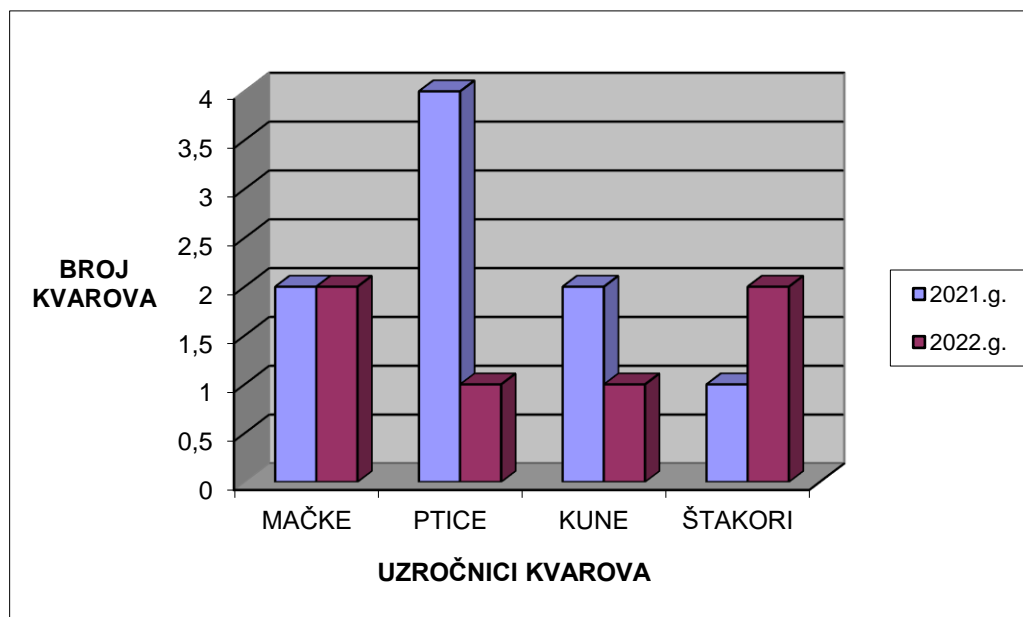
Kvartalni kvarovi u 2022. godini.



DV	NNM	ŽIVOTINJE
64	279	2
35	156	1
69	220	2
56	203	1

Prikaz kvartalnih kvarova na dalekovodu (DV), niskonaponskoj mreži (NNM) i kvarovi od životinja u 2022. godini

Kvarovi specificirani po vrstama životinja u 2021. i 2022. godini.



	2021.g.	2022.g.
MAČKE	2	2
PTICE	4	1
KUNE	2	1
ŠTAKORI	1	2

Prikaz uzročnika kvarova s količinama u 2021. i 2022. g.

Iz grafikona je vidljivo da se najviše kvarova dešava na niskonaponskoj mreži zatim na dalekovodima, a uspoređujući količine kvarova izazvanih na razne načine s količinom izazvanom od malih životinja vidljivo je da su u velikom nesrazmjeru. Ukupno sagledavajući može se zaključiti da je broj kvarova od malih životinja jako mali ali nije i zanemariv jer mogu biti prouzročene goleme materijalne štete kako za Hrvatsku elektroprivredu tako i za potrošače koji ostanu bez električne energije. U ovim podacima je broj kvarova od malih životinja uzet samo na području grada Karlovca tako da se možemo povesti za tom činjenicom koliko je to kvarova na

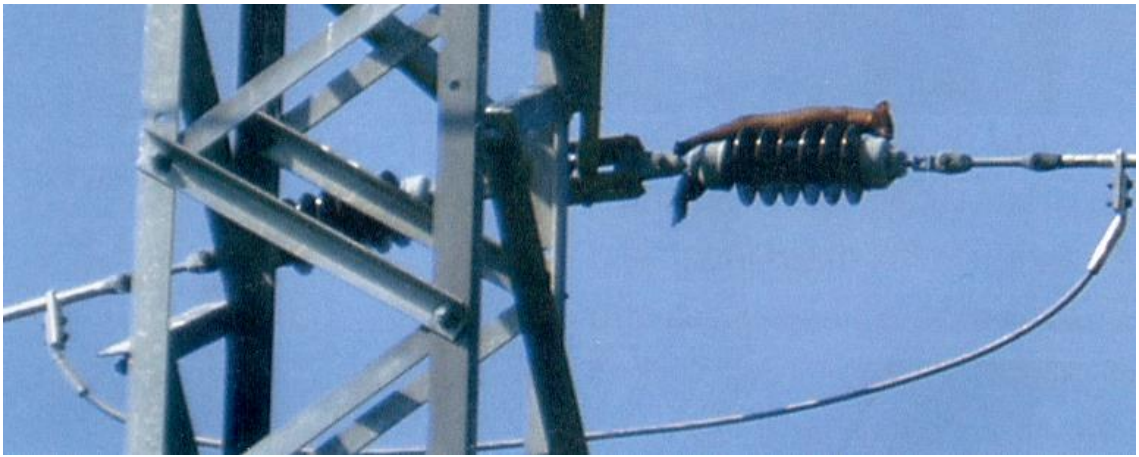
nivou županije ili republike i doći do fascinantnih podataka da ti kvarovi nikako ne smiju biti zaboravljeni.

Male životinje (miševi, štakori, kune, vidre, ptice, mačke i druge slične životinje) mogu kvarove izazvati na najrazličitije načine te čak ugroziti i čovjekov život.

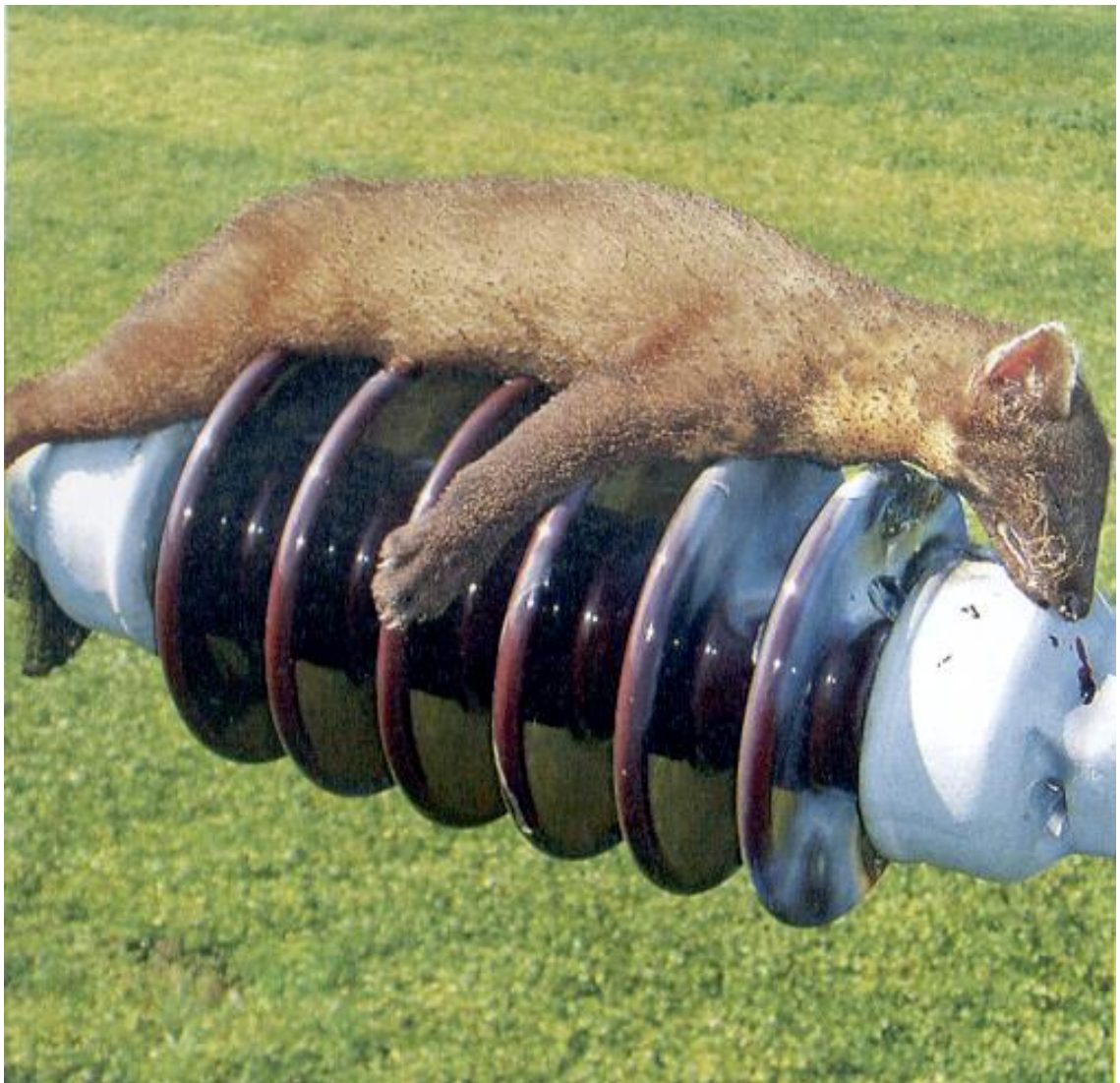
Kroz slijedeće slike 15.; 16.; 17. i 18. su prikazani razni načini izazivanja kvarova od malih životinja.



*Slika 15: Prikaz dozemnog spoja izazvan mačkom*



*Slika 16: Prikaz dozemnog spoja izazvanog kunom*



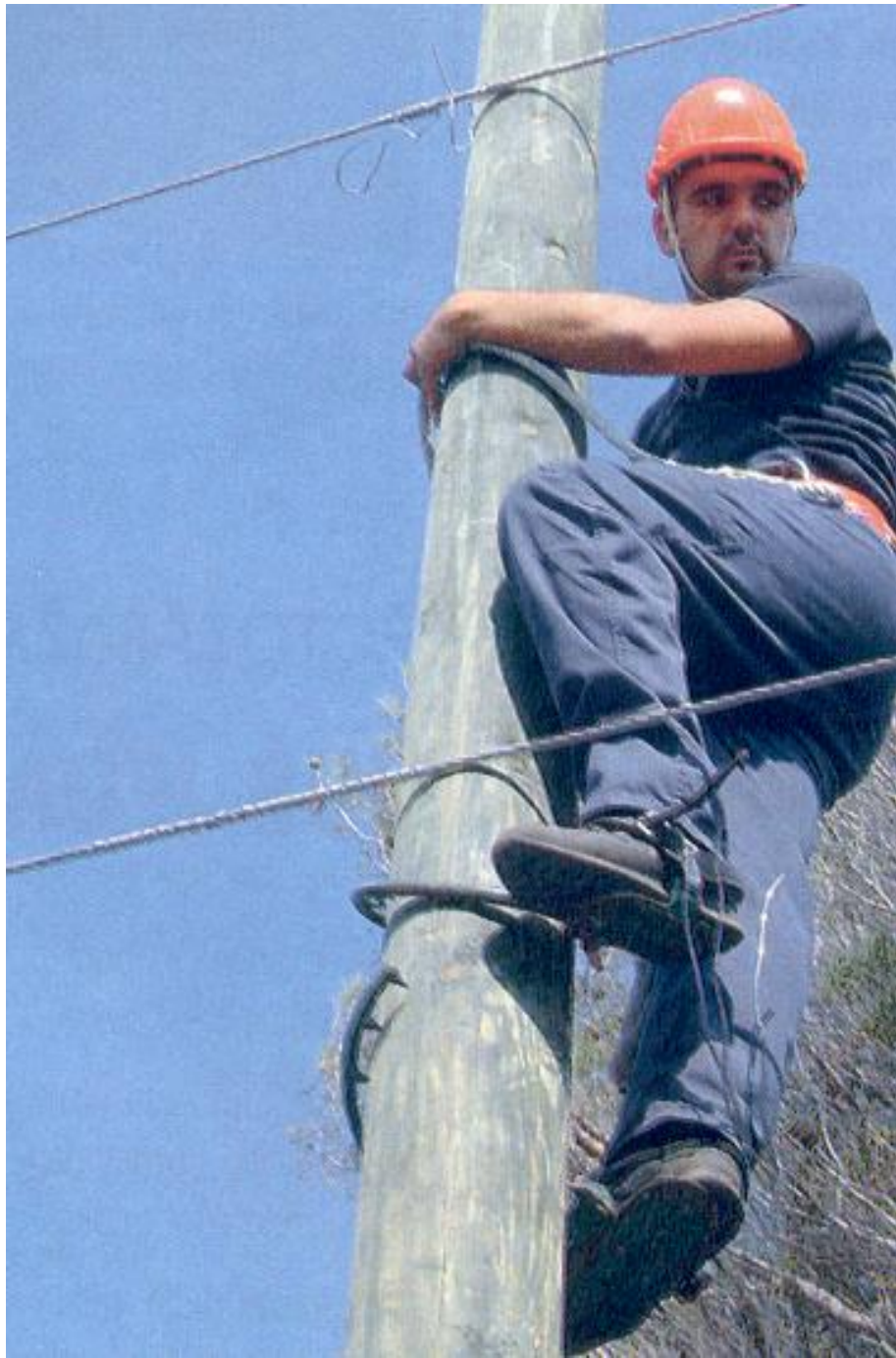
*Slika 17: Vidljivo oštećenje izolatora izazvano kunom*





*Slika 18: Prikaz opasnosti od malih životinja*

Kroz ove slike vidljivi su neki od kvarova koje su uzrokovale male životinje. One su nepredvidive i nemoguće je izbjeći neke od ovakvih situacija jer da bi se monter mogao slobodno penjati na stup (slika 19.) ili ući u postrojenje ne smije biti nikakvih prepreka pa takva situacija omogućuje i malim životinjama da se slobodno penju i kreću. To je samo dio problema koji se odnosi na penjanje dio problema je i na samom vrhu stupa gdje su pretežno neizolirani vodiči i svaka zaštita od malih životinja da ne mogu do golih vodiča onemogućavala bi i montera u radu poglavito na dalekovodnim stupovima. Najbolji prikaz zašto je to tako pokazuje nam (slika 20 i 21) gdje vidimo čak dva montera na jednom stupu odnosno na izolatorskom lancu.



*Slika 19: Prikaz montera u penjanju na stup*



*Slika 20: Prikaz montera pri izmjeni izolatora na izolatorskom lancu na stupu*



*Slika 21: Prikaz zamjene izolatorskog lanca na dalekovodnom stupu*

## 5. RASPRAVA I ZAKLJUČAK

Iz svega navedenoga je vidljivo da kvarovi od malih životinja nisu beznačajni i da se dešavaju nepredvidivo za čovjeka. Ukupno sagledavajući te kvarove mogli bi se čak i zabrinuti jer sve tehnike i tehnologije idu prema naprijed tako je i sa isporukom električne energije gdje se teži potrošaču neprekidno omogućiti opskrbu električnom energijom. Zbog toga se i primjenjuje sve više rad pod naponom. Taj rad je moguće izvoditi uz određenu opremu i zaštitna sredstva ne smogu što koristi čovjek nego bi trebalo čim više upotrebljavati i već spomenute zaštite na postrojenjima (slika 22). Takvim zahvatima bi se spriječili i neželjeni kvarovi od malih životinja.



*Slika 22: Izolirano elektroenergetsko postrojenje*

Zaštita postrojenja od malih životinja je uvijek u paralelnim potrebama s još nekim zaštitama tako da bi uvijek trebalo voditi brigu o tome jer treba odabrati uvijek najbolje rješenje, a ne najjeftinije. Mogućnosti ima dosta, evo i nekoliko primjera:

- zaštita porculanskog lanca (slika. 23.)
- zaštita potpornih izolatora (slika 24.)
- zaštita ulaznih otvora u trafostanice (slike 25. i 26.)



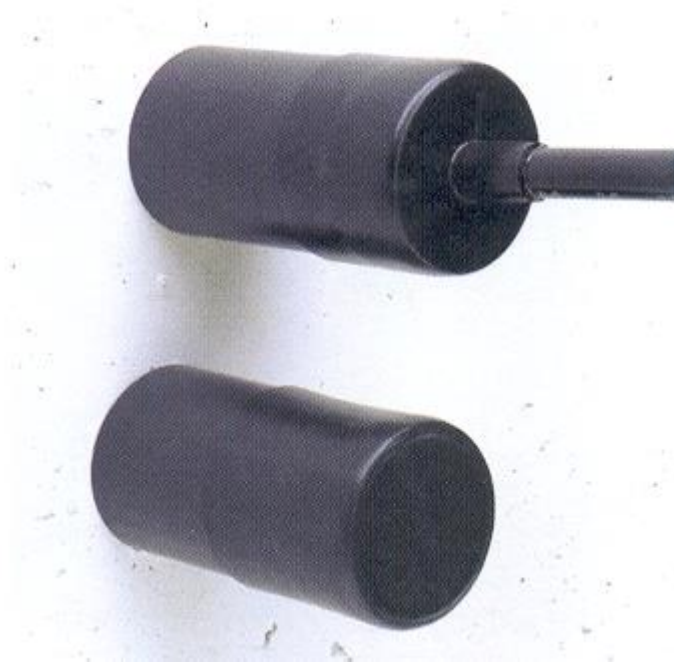
*Slika 23: Prikaz zaštite izolatorskog lanca od životinja*



*Slika 24: Prikaz izrade izoliranog elektroenergetskog postrojenja*



*Slika 25: Prikaz zaštite prolaza kroz uvedne kanale trafostanice*



*Slika 26: Zaštita prolaza uz kabel u trafostanicu*

Ovo su samo neki od mogućih primjera zaštite elektroenergetskih postrojenja od malih životinja. Svakim danom ih je sve više i proizvođači ih prezentiraju putem prezentacija i seminara na kojima odmah vrše i osposobljavanje. Tako da postoji vjerojatnost sve veće primjene ovih zaštitnih sredstava što nam u konačnici daje zaključak da se teži neprekidnoj isporuci električne energije.

## 6. LITERATURA

1. Drago Keler i suradnici « Elektromonterski priručnik »  
Tehnička knjiga , tiskano 11/1987.
2. Bilten hrvatske elektroprivrede br.14  
Hrvatska elektroprivreda, tiskano 03/1992.g.
3. Westermanov Elektrotehnički priručnik  
Tehnička knjiga, tiskano 11/1991.
4. Rayhem skripta « Sustavi za poboljšanje izolacije »  
Rayhem, tiskano 02/1998.g.
5. Tyco skripta « Sustavi brtvljenja »  
Tyco, tiskano 09/2001.g.
6. HEP Vjesnik broj 161  
Hrvatska elektroprivreda, tiskano TIVA tiskara Varaždin 06