

# Izvori opasnosti i mjere zaštite od udara električne struje

---

**Antunović, Kristina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*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:128:935710>

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

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



**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  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Kristina Antunović

**IZVORI OPASNOSTI I MJERE ZAŠTITE OD UDARA  
ELEKTRIČNE STRUJE**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2018.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Kristina Antunović

**SOURCES OF RISK AND PROTECTION MEASURES OF ELECTRIC SHOCK**

Final paper

Karlovac, 2018

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

Kristina Antunović

**IZVORI OPASNOSTI I MJERE ZAŠTITE OD UDARA  
ELEKTRIČNE STRUJE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

**dr. sc. Vladimir Tudić, prof.v.š.**

Karlovac, 2018.



**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, 05.04.2018.

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Studentica: **KRISTINA ANTUNOVIĆ**

Matični broj: **0415615060**

Naslov:

### **IZVORI OPASNOSTI I MJERE ZAŠTITE OD UDARA ELEKTRIČNE STRUJE**

Opis zadatka:

U Završnom radu naznačiti izvore opasnosti od štetnog djelovanja električne struje te tehničke mjere zaštite propisane Zakonom i važećim Pravilnicima. Navesti utjecaj električne struje na tijelo čovjeka u slučaju dodira. Opisati zone opasnosti i navesti pet pravila za siguran rad u bez naponskom stanju. Naznačiti sredstva osobne zaštite koju moraju koristiti osobe u radu s električnim instalacijama.

Koristiti se stručnom literaturom, radnim materijalima, Zakonima i Pravilnicima, ostalom stručnom literaturom i konzultirati se s mentorom. Završni rad izraditi sukladno Pravilniku VUKA.

Zadatak zadan:  
05.04.2018.

Rok predaje rada:  
21.06.2018.

Predviđeni datum obrane:  
28.06.2018.

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

dr. sc. Vladimir Tudić, prof.v.š.

## **PREDGOVOR**

Ovim putem zahvaljujem se svim osobama koje su mi bile podrška i koje su mi pomagale tijekom mog studiranja, a najviše hvala mojoj obitelji koja mi je pomogla kroz cjeloživotno školovanje. Hvala i svim djelatnicima Veleučilišta u Karlovcu.

Na kraju bi se htjela zahvaliti mentoru dr. sc. Vladimiru Tudiću koji će mi zauvijek ostati u sjećanju kao vrhunski profesor koji svoje stručno zvanje i znanje kvalitetno, sa strpljenjem i sa velikim trudom prenosi na svaku generaciju i kao motivirajuća osoba za školovanje i životne uspjehe. Također mu se zahvaljujem na stručnoj pomoći prilikom izrade ovog Završnog rada kao i na strpljenju i ohrabrenju prije i prilikom pisanja rada.

**Sažetak:**

U ovom radu su navedeni uzroci i posljedice djelovanja električne struje, te je prikazano kako ona zna biti opasna po ljude i njihove živote. Također, navedene su primjerene mjere zaštite od direktnog i indirektnog dodira, te zaštitni uređaji koji sprječavaju nastanak većih šteta i oštećenja. Opisan je postupak provedbe zaštitnih mjera i njihove karakteristike, kao i područja primjene u društvu. Dani su i primjeri kako bi se što lakše shvatila uloga i način djelovanja zaštite, te važna potreba za njom.

**Summary:**

There are listed causes and consequences of electric current's impact in this paper, and it is showed how it can be dangerous to people and their lives. There are also listed appropriate measures of safety from direct and indirect shock, and protection devices that prevent the occurrence of major damages. The procedure of implementation of safety measures and their characteristics is described and also the area of use in society. There are also examples for easier understanding of the role and the way of protection's actions, and the important need for it.

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. TEORETSKI DIO	
IZVORI OPASNOSTI ELEKTRIČNE STRUJE I TEHNIČKE MJERE ZAŠTITE .	3
2.1. Primarne opasnosti .....	3
2.1.1. Sekundarne opasnosti.....	4
2.2. Zaštita od direktnog dodira .....	8
2.2.1. Zaštita dijelova pod naponom izoliranjem .....	9
2.2.2. Zaštita pregradama ili kućištima .....	9
2.2.3. Dopunska zaštita uređajima diferencijalne struje .....	10
2.2.4. Zaštita od direktnog dodira u zatvorenim električnim prostorijama..	11
2.3. Zaštita od indirektnog dodira.....	13
2.3.1. Podjela električnih uređaja s obzirom na zaštitu od električnog udara .....	18
2.3.2. Vrste zaštita od indirektnog dodira .....	19
2.3.3. Zaštitni uređaji za automatsko isključivanje napajanja .....	20
2.3.4. TN sustav - zaštita s uređajima nadstrujne zaštite .....	21
2.3.5. TN sustav - zaštita s uređajima diferencijalne struje .....	24
2.3.6. TT sustav - zaštita s uređajima nadstrujne zaštite .....	25
2.3.7. TT sustav - zaštita s uređajima diferencijalne struje.....	26
2.3.8. IT sustav - zaštita automatskim isključivanjem napajanja .....	27
2.4. Istodobna zaštita od direktnog i indirektnog dodira .....	30
2.4.1. Sigurnosni mali napon (SELV) .....	31
2.4.2. Uzemljeni sigurnosni mali napon (PELV) .....	33
2.4.3. Mali radni napon (FELV) .....	34



3. UTJECAJ ELEKTRIČNE STRUJE NA ČOVJEKA.....	36
3.1. Prolazak električne struje kroz ljudsko tijelo.....	36
3.2. Impedancija ljudskog tijela .....	38
3.3. Djelovanje električne struje na čovjeka .....	40
3.4. Granice opasnih napona.....	43
4. PRAKTIČNI DIO	
ZONE OPASNOSTI .....	43
4.1. 1. zona – ZONA SLOBODNOG KRETANJA .....	46
4.2. 2. zona – ZONA PRIBLIŽAVANJA.....	46
4.3. 3. zona – ZONA OPASNOSTI .....	48
5. PET PRAVILA ZA RAD U BEZNAPONSKOM STANJU .....	50
6. OSOBNA ZAŠTITNA SREDSTVA .....	53
6.1. Vrste osobnih zaštitnih sredstava .....	54
6.2. Poslovi s posebnim uvjetima rada .....	60
7. ZAKLJUČAK.....	62
8. LITERATURA .....	63

## 1. UVOD

U današnje moderno doba malo koji pojedinac živi bez kontakta s električnom energijom. Električna energija može biti za život neophodna ali isto tako može biti i smrtonosna. Svakodnevno korištenje električne energije umanjuje ljudski osjećaj za rizikom koji ona može prouzročiti. Osnovna pravila sigurnosti za izbjegavanje rizika koji proizlaze iz korištenja električnog sustava i alata mogu se svrstati u tri glavne skupine:

- Električni sustavi i alati moraju biti projektirani i izvedeni za siguran rad;
- Električni sustavi i alati se trebaju koristiti na siguran način. Periodična ispitivanja moraju jamčiti sigurnost električne opreme prema važećim propisima.
- Električne sustave i alate treba popravljati na siguran način i omogućiti da su sigurni za daljnju uporabu.

Opasnost od električne energije ovisi o protoku struje koji se javlja kada radnik dođe u kontakt s dijelovima pod naponom zbog oštećene električne opreme ili kvara strujnog kruga. Razina struje koja teče kroz ljudsko tijelo je definirana "Ohmovim zakonom" koji definira odnos između napona, jakosti struje i otpora. To znači što je viši napon, odnosno niži otpor, veća je jakost struje.

Električna struja je usmjereno gibanje pozitivnih naboja od točke višeg potencijala prema točki manjeg potencijala, a smjer električne struje definiran je tokom pozitivnih naboja što je smjer suprotan od smjera gibanja elektrona. Oznaka za struju je  $I$ , a mjerena jedinica je amper (A).

Struja može biti istosmjerna, gibajući se u jednom smjeru, odnosno izmjenična što znači da se giba harmonično u oba smjera vodičem. Svako povećano gibanje naboja odnosno struje potencijalno predstavlja opasnost za čovjekovo zdravlje i život. Rizici i sigurni načini rada sa električnom strujom navedeni su u Pravilniku o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom.

Svaki protok struje, koji prelazi prag percepcije, u kombinaciji sa strujnim udarom ili sekundarnom nezgodom može biti opasan (ali uglavnom nije opasan po život). Također, kontakt s naponom daleko nižim od granične vrijednosti od 50 V izmjenične struje ili 120 V istosmjerne struje može izazvati ozljedu. Treba smatrati opasnim svaki dodirni napon koji dovodi do prolaska struje čija jačina prelazi granicu od 10 mA. Ako uvjeti u radnom okruženju nisu otežani (npr. zatvoreni prostori s rizikom da radnik dođe u dodir s dijelovima pod naponom), u pravilu, neopasni napon koji može proteći kroz ljudsko tijelo smije biti do 50 V. U navedenim otežanim uvjetima rada možda će biti potrebno ograničiti napon na manje od 24 V izmjenične struje ili 60 V istosmjerne struje.

Protok struje kroz ljudsko tijelo napona između 50 V za posljedicu može imati smrt. Takvo djelovanje napona iznad 50 V je dokazano i statistikom ozljeda.

Većina se nesreća dogodi pri naponu od 230 V izmjenične struje (prema zemlji) i 400 V izmjenične struje (između dva vanjska vodiča) – što odgovara naponu niskonaponske instalacije i električnim trošilima široke potrošnje, npr. strojevi, uređaji i aparati.

Napon je kvalificiran u „niski“ i „visoki“. Niski napon je općenito izmjenični napon vrijednosti između 0 i 1000 V. Normativne vrijednosti izmjeničnog napona iznad 1000 V, definirane su kao visoki napon.

Svi električni uređaji i alati namijenjeni su za korištenje unutar određenog napona i u specifičnoj okolini u kojoj se pojavljuje npr. prašina, vlaga ili eksplozivna atmosfera. Informacije o specifičnim uvjetima okoline, za koju je uređaj namijenjen mogu se dobiti sa naljepnice uređaja ili uputa za uporabu.

## **2. TEORETSKI DIO**

### **IZVORI OPASNOSTI ELEKTRIČNE STRUJE I TEHNIČKE MJERE ZAŠTITE**

Opasnosti uzrokovane električnom energijom mogu se podijeliti u dvije glavne grupe: primarne i sekundarne.

#### **2.1. Primarne opasnosti**

Za posljedicu imaju ozljedu direktno uzrokovanu djelovanjem električne energije i to najčešće protokom struje kroz ljudsko tijelo.

Može uzrokovati strujni udar sa štetnim učincima na unutarnje organe i njihovu pravilnu funkciju. Najranjiviji su srce i dišni organi. Težina ozljede ovisi o nizu faktora:

- Jakost struje;
- Frekvencija struje;
- Put prolaza struje;
- Uvjeti okoliša (npr. vlaga, temperatura);
- Duljina vremena kontakta.

Pod istim okolnostima, izmjenična struja (50-60 Hz – frekvencija koja se koristi u svakodnevnom životu) je opasnija od istosmjerne struje. Ljudsko tijelo je vrlo osjetljivo na jačinu struje. Struja koja može uzrokovati ozljede je oko 1/10 struje koja prolazi kroz žarulju. Slaba struja uglavnom uzrokuje funkcionalne poremećaje, dok jaka struja uzrokuje opekline tkiva, osobito ako struja ulazi i izlazi iz tijela. Kontakt s vrućim i štetnim tvarima rezultira nastanak električnog luka i njegovih produkata.

Električni luk je pražnjenje električne energije u smjesi ionizirajućeg zraka i plinova, para različitih vodljivih materijala. Električni luk može biti popraćen visokom temperaturom, intenzivnom svjetlošću, tlakom, zvukom, parama metala i krhotinama razbijene opreme. Industrijska primjena kontroliranog električnog luka može se vidjeti kod elektrolučnog zavarivanja i rezanja.

Zasljepljujući bljesak električnog luka može uzrokovati privremeno ili trajno oštećenje oka. Emitirano toplinsko zračenje može ozlijediti ili usmrtniti čovjeka. Vrući zrak i pare metala mogu prouzročiti teške opekline. Udisanje produkata vrućeg električnog luka može ozbiljno oštetiti dišni sustav s opekotinama pluća i grla, ili može rezultirati trovanjem.

Električni luk je najčešće uzrokovan kratkim spojem (izazvanim slučajno ili nepravilnim radom) ili nepravilnim uključivanjem i isključivanjem uređaja. Opseg ozljede ovisi o vremenu izloženosti, snazi luka (jakost), udaljenosti od radnika, postojanju pregrade i dostupnosti osobne zaštitne opreme.

Utjecaj jakog elektromagnetskog polja je kumulativan i štetni se učinci manifestiraju kasnije. Međutim, jako visoko frekventno polje može uzrokovati oštećenje tkiva i organa, djelujući kao mikrovalna pećnica. Najosjetljivije su oči. Bilo koji rad u blizini snažne antene mobilnog operatera može uzrokovati ove učinke unutar zone zračenja.

### **2.1.1. Sekundarne opasnosti**

Električna struja može izazvati druge opasnosti, koje se mogu podijeliti u dvije glavne skupine: IZVORI VATRE I/ILI EKSPLOZIJE

Tri elementa su potrebna da bi došlo do požara ili eksplozije: zapaljivi materijal, oksidator (zrak), izvor zapaljenja. Električni iskre, električni luk i ugrijani dijelovi električnih instalacija i opreme predstavljaju izvore zapaljenja gore navedenih elemenata. Električne iskre se ne formiraju samo pod neuobičajenim uvjetima, kao što je kratki spoj, već i tijekom uobičajenog rada pojedinih električnih uređaja. Svi uređaji s prekidačima proizvode iskre različite jačine pri

uobičajenom korištenju. Stoga je bitno da električna oprema odgovara zahtjevima radnog okruženja.

Statički elektricitet stvara posebnu vrstu iskre. Statički naboj nastaje kada barem jedan od mehanički međusobno povezanih materijala ima visoku otpornost na protok električne energije. Predmeti mogu doći pod napon od čak nekoliko desetka tisuća volti. Taj napon ne može izazvati opasan protok struje kroz ljudsko tijelo, ali ima dovoljnu energiju za pokretanje električnog iskrenja, dovoljno snažnog da zapali eksplozivnu atmosferu.

Električna energija zagrijava sve dijelove strujnog kruga kroz koji protječe. Kontaktne točke kruga kroz koji protječe. Kontaktne točke žica uzrokuju snažno zagrijavanje. U svakodnevnom životu najopasnije su utičnice i utikači, pogotovo ako su preopterećeni. Preopterećenje može uzrokovati pretjerano zagrijavanje cjelokupne instalacije. Da bi se to izbjeglo potrebno je spriječiti preopterećenje utičnica.

Protok struje kroz ljudsko tijelo ili elektronsko pražnjenje od/do čovjeka može izazvati nekontrolirano kretanje ili reakcije mišića koje uzrokuju spoticanje, pokliznuće, padanje i slično, kao što je naznačeno u [5].

Vrste opasnosti od ozljeđivanja električnom strujom:

- izravan dodir dijelova električnih postrojenja i instalacija pod naponom,
- približavanje dijelova postrojenja pod visokim naponom,
- neizravan dodir, odnosno previsok napon dodira kao posljedica kvara na izolaciji električnih uređaja niskog napona,
- previsoki napon dodira i napon koraka uvjetovan prolaskom struje kroz uzemljivače,
- iznošenje potencijala,
- inducirani naponi,
- preskok visokog napona na postrojenjima niskog napona,
- preopterećenja i kratki spojevi,
- električni luk,
- zaostali naboj,
- statički elektricitet,
- atmosferski elektricitet,
- utjecaj električnog polja i magnetskog polja na čovjeka.

Tehničke mjere zaštite od električnog udara propisane su normama i pravilnicima a dužni su ih provoditi svi koji su uključeni u projektiranje, izradu, instaliranje, montažu, održavanje i rukovanje električnim uređajima i postrojenjima kako bi se smanjila opasnost od štetnog djelovanja električne struje na ljudski organizam. Distributivna mreža iz koje se napajaju stambeni i poslovni objekti, a time i sva električna trošila u njima je izmjenična, trofazna, standardnog napona  $U=230/400$  V i frekvencije  $f=50$  Hz, a time je i opasna po život.

Razvojem primjene električne energije, uvode se i tehničke zaštitne mjere, kako bi se uklonile opasnosti koje sa sobom nosi upotreba električne energije. Zaštita ljudi od ozljeđivanja električnom strujom niskog napona, moguća je u osnovi na tri načina :

- onemogućavanjem dodira čovjeka s bilo kojim dijelom postrojenja ili instalacije pod naponom, zaštitne mjere kojima se želi izbjeći djelovanje napona na čovjeka, bilo da se onemogući direktan dodir vodiča, bilo da

se ukloni mogućnost da čovjek svojim tijelom premosti dvije točke različitih potencijala.

- ograničavanje jakosti struje kroz čovječje tijelo na neopasne vrijednosti, zaštitne mjere kojima se želi ograničiti visinu napona koji može djelovati na čovjeka. Time se ograničavaju struje koje prolaze kroz tijelo na neopasne vrijednosti.
- ograničavanje količine elektriciteta kojemu je izloženo ljudsko tijelo na neopasne vrijednosti, zaštitne mjere s brzim isključenjem strujnih krugova u kvaru kako bi se količina elektriciteta koji djeluje na čovjekovo tijelo ograničila na sigurne vrijednosti.

Prilikom rukovanja i korištenja električnih postrojenja, instalacija i trošila za rad na električni pogon zaštita ljudi od električnog udara se postiže provedbom tehničkih zaštitnih mjera:

- zaštita od direktnog dodira - zaštita dijelova koji su u normalnom pogonu pod naponom (npr. fazni vodič pod naponom),
- zaštita od indirektnog dodira - zaštita koja djeluje kada dostupni vodljivi dijelovi trošila i elemenata instalacija zbog kvara dođu pod opasni napon dodira (npr. zbog oštećenja izolacije),
- dopunska zaštita - zaštita koja djeluje ako ne djeluje jedna od navedenih osnovnih zaštita, a provodi se efikasnim uređajima za brzo isključivanje (npr. ZUDS uređaj sa  $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ ).

Potpuna zaštita od djelovanja električne struje u NN električnim postrojenjima, instalacijama i trošilima postiže se primjenom tehničkih zaštitnih mjera zaštite od direktnog i indirektnog dodira, a dopunska zaštita se koristi u nekim propisanim slučajevima kada je obvezna, te je preporučljiva zbog velike efikasnosti u svim slučajevima iako nije obvezujuća propisima. Tehničke zaštitne mjere se primjenjuju:

- na električnim instalacijama objekata u cjelini,
- na pojedine prostore unutar objekata (npr. kupaonica),
- na pojedinu opremu, trošilo ili uređaj.



## 2.2. Zaštita od direktnog dodira

Prilikom rada s trošilima na električni pogon ili kod rukovanja s elementima električnih instalacija, najveću opasnost predstavlja direktni dodir vodiča ili ostalih dijelova instalacija koji se nalaze pod naponom. U takvim slučajevima uz malo nepovoljnije uvjete, na čovječe tijelo djeluje puni fazni ili linijski napon. Kako bi se to spriječilo nužno je izvesti električne instalacije i trošila tako da je onemogućen direktan dodir s dijelovima pod naponom.

Osnovna zaštita od direktnog dodira u svim električnim postrojenjima, instalacijama i trošilima niskog napona:

- izoliranjem dijelova pod naponom (zaštita od svakog dodira),
- zaštita kućištima ili pregradama (zaštita od svakog dodira).

Dopunska zaštita od direktnog dodira:

- primjenom zaštitnih uređaja diferencijalne struje ( $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ ).

U zatvorenim električnim prostorijama (elektroenergetska postrojenja, transformatorske stanice, potrošačka elektroenergetska postrojenja, NN razvodi potrošača srednje i veće snage i sl.) kao osnovna zaštita od direktnog dodira mogu se primjenjivati (ali ne obavezno):

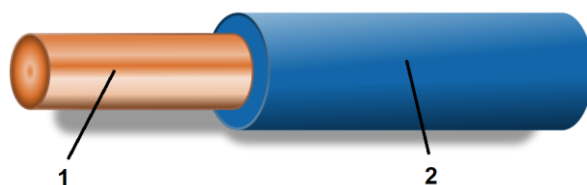
- izoliranje,
- zaštita kućištima ili pregradama,

a primjenjuju se:

- zaštita preprekama (zaštita od slučajnog dodira),
- zaštita postavljanjem dijelova pod naponom izvan dohvata rukom (zaštita od slučajnog dodira).

### 2.2.1. Zaštita dijelova pod naponom izoliranjem

Zaštitno izoliranje ima za zadatak spriječiti svaki dodir dijelova pod naponom u električnim postrojenjima, instalacijama i trošilima. Dijelovi pod naponom moraju biti potpuno pokriveni izolacijom, tako da se može ukloniti samo njenim razaranjem. Ostale vrste zaštite kao što su prevlake vodiča bojom, lakom, emajlom i sličnim materijalima premda odgovaraju pogonskom naponu, ne smatraju se dovoljnom zaštitom od direktnog dodira. Od izolacije se zahtjeva da trajno izdrži različite štetne utjecaje, te prema tim uvjetima mora biti i izrađena. Zaštita dijelova pod naponom izoliranjem je osnovna zaštita od direktnog dodira.



*Slika 2.1. zaštita izoliranjem, (1 - fazni vodič, 2 - izolacija).*

### 2.2.2. Zaštita pregradama ili kućištima

Ovakva vrsta zaštite sprječava svaki dodir dijelova pod naponom. Dijelovi koji su pod naponom ugrađuju se u zatvorena kućišta ili se dodir sprječava s čvrsto ugrađenim pregradama. Stupanj zaštite od prodiranja stranih tijela mora biti najmanje IP 2x ( $d \leq 12$  mm), a u slučaju da su gornje površine kućišta ili pregrada pristupačne, zahtijeva se stupanj zaštite IP 4x ( $d \leq 1$  mm) .



*Slika 2.2. Predodžba zaštite pregradama ili kućištima.*

Kućište štiti opremu od vanjskih utjecaja i osigurava zaštitu od direktnog dodira sa svih strana, a pregrada osigurava zaštitu od direktnog dodira sa neke uobičajene strane (smjera) prilaza ili dodira. Kućišta ili pregrade su građena iz vodljivih ili izolacijskih materijala.

Otvaranje kućišta ili pregrada mora biti moguće samo na jedan od sljedećih načina:

- pomoću ključa ili alata,
- ugradnjom krajnje sklopke kojom se isključuje napon u trenutku otvaranja vrata ili poklopca,
- umetanjem druge pregrade.

### **2.2.3. Dopunska zaštita uređajima diferencijalne struje**

Zaštitni uređaji diferencijalne struje (ZUDS) su uređaji kod kojih nazivna proradna diferencijalna struja iznosi najviše 30 mA. Koriste se kao dopunska mjera zaštite pri jednopolnim direktnim dodirima. Zaštita od direktnog dodira

uređajima diferencijalne struje može poslužiti samo kao dopunska zaštita i ne može zamijeniti niti jednu od propisanih zaštita od direktnog dodira.

Primjena ZUDS  $I_{\Delta n} \leq 30$  mA je dopunska tehnička zaštitna mjera kada je došlo do direktnog dodira jednog faznog vodiča, a nisu zaštitile osnovne zaštite od direktnog dodira. Primjena ZUDS  $I_{\Delta n} \leq 30$  mA ne djeluje kao zaštita kod dodira dva dijela pod naponom, npr. dodir dva fazna vodiča ili faznog i neutralnog vodiča.

ZUDS se postavlja na početak strujnog kruga kojeg se štiti u razdjelnom ormaru. Nazivna proradna (diferencijalna) struja ZUDS mora biti manja od 30 mA ( $I_{\Delta n} \leq 30$  mA).

Dopunska zaštita primjenom zaštitnih uređaja diferencijalna struje primjenjuje se:

- u instalacijama i strujnim krugovima u kojima postoji povećana opasnost od električnog udara, npr. kod prenosivih električnih trošila i uređaja kod kojih češće dolazi do oštećenja izolacije priključnih vodiča,
- obvezno u instalacijama i strujnim krugovima u kojima je zbog vlage povećana opasnost od električnog udara, npr. kupaonice, poljoprivredni potrošači, gradilišta i sl.

#### **2.2.4. Zaštita od direktnog dodira u zatvorenim električnim prostorijama**

Zatvorene električne prostorije su prostori u zgradama ili ograđeni prostori na otvorenom, namijenjeni isključivo za izgradnju i pogon električnih postrojenja i instalacija, a koji su tijekom pogona zaključani i u koje je pristup dozvoljen samo ovlaštenim, posebno obučanim osobama (npr. transformatorske stanice, prostori razvodnih ormara i sl.).

Kako su ti prostori dostupni samo posebno stručno osposobljenim osobama, u njima je dozvoljena smanjena, odnosno djelomična zaštita od direktnog dodira - zaštita od slučajnog dodira, i to primjenom zaštitnih mjera:

- zaštita preprekama,
- zaštita postavljanjem izvan dohvata rukom - zaštita udaljavanjem.

U zatvorenim električnim prostorijama se mogu primijeniti i osnovne zaštite od direktnog dodira (izoliranje, pregrade ili kućišta).

Zaštita preprekama sprječava samo slučajan dodir dijelova pod naponom, a ostvaruje se postavljanjem zaštitnih prečki, izolacijskih ploča ili žičanih mreža.

Ako se koriste žičane mreže ili izolacijske ploče stupnja zaštite IP 1x ( $d \leq 50$  mm) onda dijelovi pod naponom moraju biti tako udaljeni od prepreke da se ne mogu dohvatiti ispitnim prstom.

Prepreke imaju zadatak spriječiti:

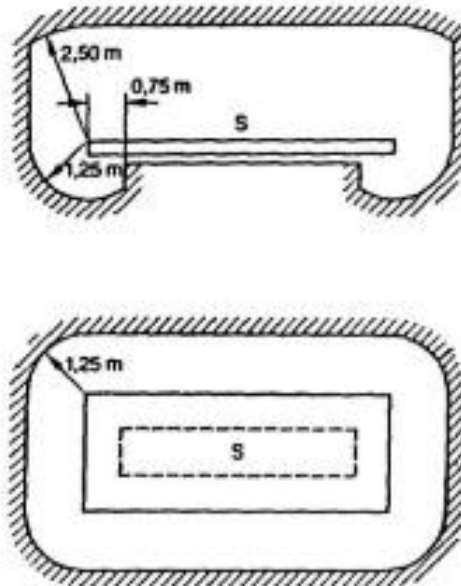
- slučajni fizički pristup dijelovima pod naponom ili
- slučajni dodir s dijelovima pod naponom za vrijeme rukovanja opremom koja se nalazi pod naponom.

Prepreke se uklanjaju bez ključa ili alata za otvaranje, ali moraju biti tako učvršćene da je spriječeno njihovo slučajno uklanjanje. Zaštita postavljanjem izvan dohvata rukom štiti samo od slučajnog dodira dijelova pod naponom. Neizolirani dijelovi instalacije ili opreme, koja se nalazi pod naponom postavljaju se izvan dohvata rukom. Ako se vodoravno kretanje sprječava preprekom, onda prostor dohvata rukom započinje od te prepreke. Pod prostorom dohvata ruke podrazumijeva se prostor u kojem je moguć dodir golim rukama bez posredstva pomoćnih sredstava. Udaljenosti u prostoru, gdje se rukuje vodljivim elementima velikih duljina, moraju biti uvećane uzimajući u obzir duljine tih elemenata.

Da bi se osigurala efikasnost zaštite od slučajnog direktnog dodira, istodobno dostupni dijelovi pod naponom električnih instalacija moraju biti na međusobnoj

udaljenosti najmanje 2,5 m, pa se dijelovi pod naponom moraju razmjestiti tako da u odnosu na moguće mjesto na kojem čovjek može stajati (stajalište) budu :

- na visini većoj od 2,5 m iznad tog mjesta,
- udaljeni 1,25 m vodoravno ili niže od tog mjesta.



*Slika 2.4. Predodžba zaštite postavljanjem izvan dohvata ruke. Izvor: Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom.*

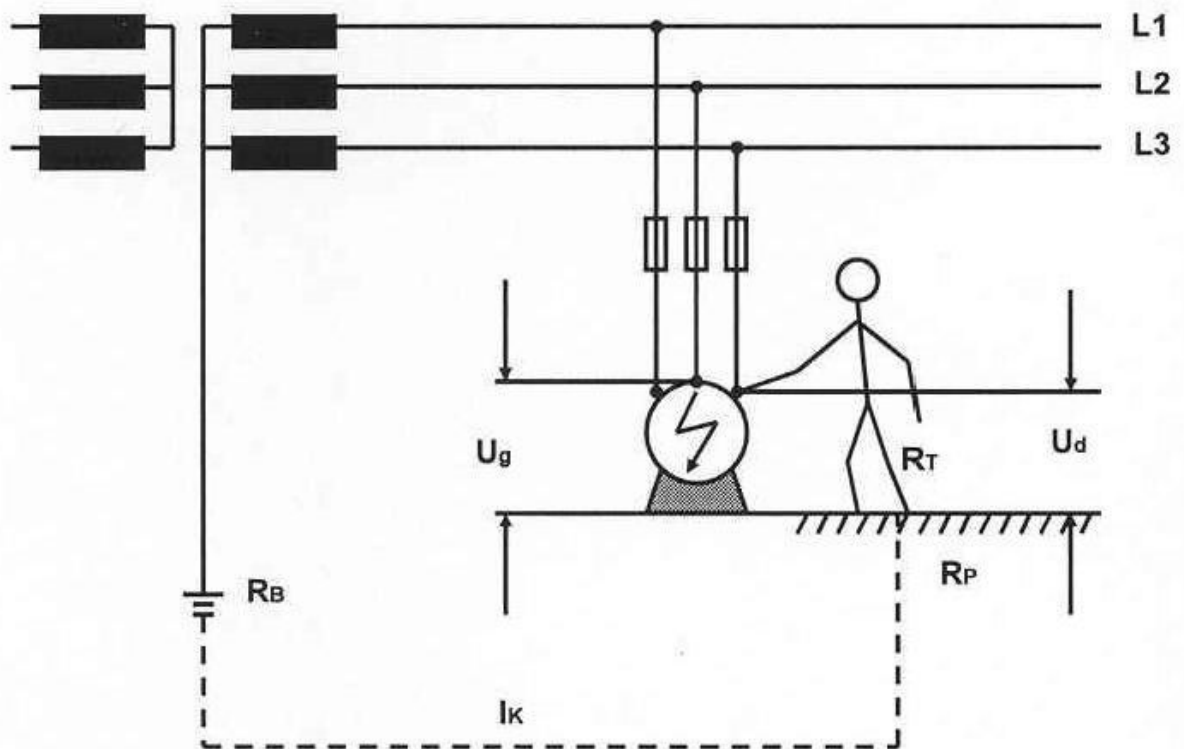
### **2.3. Zaštita od indirektnog dodira**

Za vrijeme kvara na izolaciji vodiča, kućišta trošila i opreme, te ostale metalne mase, koje u redovnom pogonu nisu pod naponom, mogu doći pod napon i predstavljati opasnost za ljude koji dodiruju ovu opremu.

Većina tog napona najviše ovisi o vrijednosti faznog napona, kao i o mjestu kvara na izolaciji vodiča. Zaštita od indirektnog dodira ima zadaću:

- isključiti strujni krug s kvarom u dovoljno kratkom vremenu i time ograničiti vrijeme djelovanja struje kvara kroz čovjeka, kako ne bi nastale opasne patofiziološke posljedice (kod električnih uređaja razreda / klase I),
- ograničiti iznos struje kvara koja teče kroz čovjekovo tijelo na neopasne vrijednosti struja (kod električnih uređaja razreda / klase II i III).

Zaštita od indirektnog dodira sastoji se u tome da se dopušteni napon dodira  $U_d$  drži u dopuštenim granicama vrijednosti i trajanja, [3].



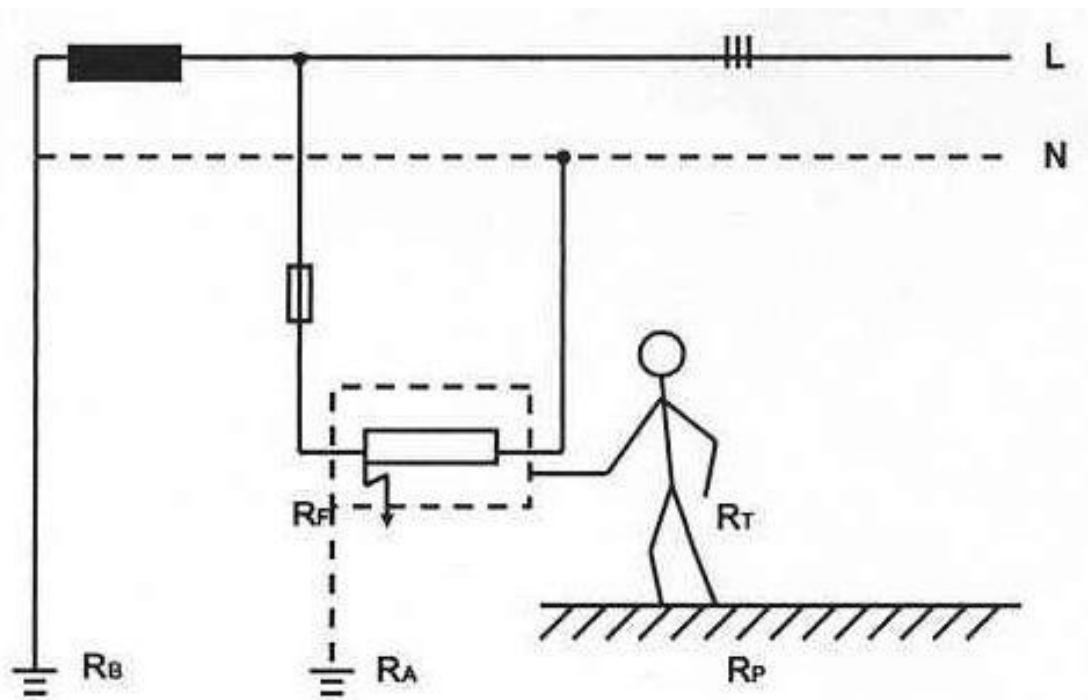
Slika 2.5. Predodžba: Dodir kućišta trošila kod proboja izolacije vodiča.

Izvor: [https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_1/](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_1/SUPEE_POG_02.pdf)

SUPEE\_POG\_02.pdf

$U_g$  je napona kvara koji predstavlja potencijal kućišta trošila prema zemlji, a dio napona jeste napon dodira  $U_d$  (dodirni napon) koji se pojavljuje između istodobno dostupnih dijelova za vrijeme kvara.

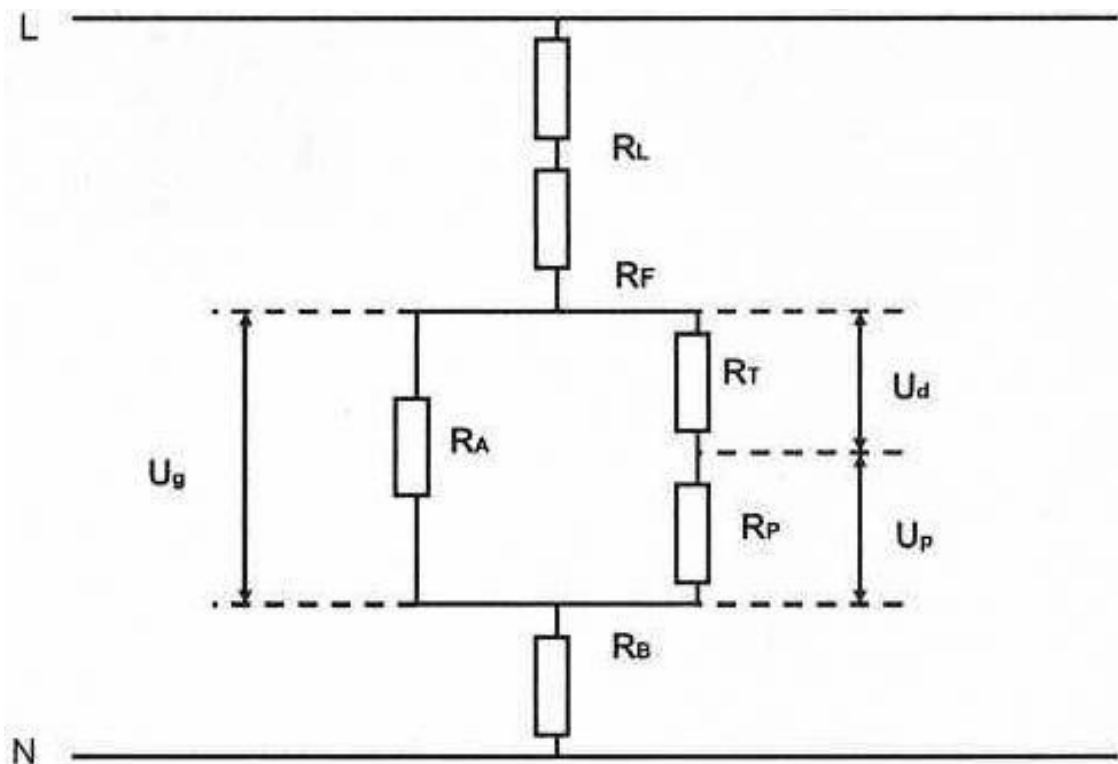
Na slici 2.6. prikazan je slučaj kad čovjek stojeći na vodljivom tlu s prijelaznim otporom  $R_P$  istodobno dotiče trošilo u kvaru. Na krajevima tijela pojavit će se napon dodira čija vrijednost znatno ovisi o međusobnom odnosu otpora ljudskog tijela  $R_T$  i prijelaznog otpora  $R_P$  prema zemlji, [3].



Slika 2.6. Predodžba: Napon dodira pri vodljivom tlu. Izvor:

[https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_1/SUPE\\_E\\_POG\\_02.pdf](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_1/SUPE_E_POG_02.pdf)





Slika 2.7. Predodžba: Nadomjesna shema petlje kvara. Izvor:  
[https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_1/SUPE\\_E\\_POG\\_02.pdf](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_1/SUPE_E_POG_02.pdf)

Vidi se da je napon dodira jednak, [3]:

$$U_d = I_m \cdot R_t$$

gdje je:

$I_m$  - jakost struje kvara kroz ljudsko tijelo (A),

$R_T$  - otpor ljudskog tijela ( $\Omega$ ).

Jakost struje kvara određena je naponom prema zemlji i ukupnim otporom petlje kvara, [3]:

$$I_k = \frac{U_g}{R_F + R_T + R_P + R_B}$$

gdje je:

$U_g$  - napon prema zemlji (napona na mjestu kvara) (V),

$R_F$  - otpor na mjestu kvara ( $\Omega$ ),

$R_T$  - otpor ljudskog tijela ( $\Omega$ ),

$R_P$  - otpor stajališta ( $\Omega$ ),

$R_B$  - otpor pogonskog uzemljenja ( $\Omega$ ).

Otpor  $R_B$  je prilično malen, a zbog svoje funkcije ne smije se povećati pa je za daljnje razmatranje, u ovom slučaju, zanemariv. Otpor  $R_T$  je otpor ljudskog tijela na čiju je veličinu nemoguće utjecati. Otpori  $R_F$  i  $R_P$  su otpori na čije se veličine može utjecati.

Slijedi da je, [1]:

$$I_k = \frac{U_g}{R_T + R_P}$$

Iznos napona dodira može se računati prema sljedećoj formuli, [1]:

$$U_d = \frac{U_g}{1 + \frac{R_P}{R_T}}$$

gdje je:

$U_d$  - napon dodira (V),

$U_g$  - napon kvara (V),

$R_P$  - prijelazni otpor tla prema zemlji ( $\Omega$ ),


$R_T$  - otpor ljudskog tijela ( $\Omega$ ).

Također, treba uočiti veliki utjecaj otpora tla prema zemlji na stupanj opasnosti. Tako na primjer ako je prijelazni otpor tog mjesta malen, kao što je moguće kada čovjek stoji na mokrom betonskom tlu, onda će napon dodira biti veći, a time i veća opasnost za čovjeka.

### **2.3.1. Podjela električnih uređaja s obzirom na zaštitu od električnog udara**

Električni uređaji s obzirom na zaštitu od električnog udara dijele se na :

- električni uređaji razreda/kalse I - zaštita uređaja od električnog udara izvedena je sa osnovnom izolacijom i dodatnom zaštitnom mjerom kojom je osigurano povezivanje dostupnih vodljivih dijelova na zaštitni vodič u električnoj instalaciji objekta, tako da dostupni vodljivi dijelovi uređaja ne mogu postati opasni pri dodiru i pri oštećenju izolacije.

Njihova oznaka je: 

- električni uređaji razreda/klase II - zaštita uređaja od električnog udara izvedena je sa osnovnom izolacijom i dodatnim zaštitnim mjerama, dvostrukom ili pojačanom izolacijom.

Oznaka im je:



- električni uređaji razreda/klase III - zaštita uređaja od električnog udara je izvedena primjenom sigurnosnog malog napona, kod koje se ne mogu pojaviti previsoki naponi dodira.

Označuju se sa:



### 2.3.2. Vrste zaštita od indirektnog dodira

S obzirom na način djelovanja zaštitnih mjera od indirektnog dodira, razlikuju se:

- zaštita s uređajima za automatsko isključivanje napajanja :

a) TN (TN-C, TN-C/S, TN-S) sustavi:

- isključivanje s uređajima nad strujne zaštite,
- isključivanje sa zaštitnim uređajima diferencijalne struje.

b) TT sustavi

- isključivanje s uređajima nad strujne zaštite,

c) IT sustav s korištenjem

- kontrolnika izolacije,
  - zaštitnih uređaja diferencijalne struje,
  - zaštitnih uređaja nad strujne zaštite.
- 
- zaštita bez uređaja za isključivanje struje kvara:
    - zaštita primjenom uređaja klase II ili odgovarajućom izolacijom,
    - električno (galvansko) odvajanje,
    - nevodljiva okolina,
    - izjednačavanje potencijala bez vodljive veze sa zemljom.

### **2.3.3. Zaštitni uređaji za automatsko isključivanje napajanja**

Vrste zaštitnih uređaja za automatsko isključivanje napajanja :

- rastalni osigurači,
- automatski zaštitni prekidači,
- zaštitne sklopke.

Rastalni osigurači:

- instalacijski osigurači,
- visokoučinski osigurači.

#### 2.3.4. TN sustav - zaštita s uređajima nadstrujne zaštite

Karakteristike djelovanja nadstrujnih zaštitnih uređaja i impedanciju petlje kvara treba odabrati tako da se kod kvara sa zanemarivom impedancijom između faznih i zaštitnih vodiča ili dostupnih vodljivih dijelova opreme u električnoj instalaciji napajanje strujnog kruga u kvaru automatski isključi u određenom vremenu.

To vrijedi ako je :

$$Z_K \cdot I_K \leq U_g$$

$$R_K \cdot I_K \leq U_g$$

gdje je:

$U_g$  - nazivni fazni napon (V),

$Z_K$  - impedancija petlje kvara ( $\Omega$ ),

$R_K$  - otpor petlje kvara ( $\Omega$ ).

$I_K$  - struja (A) koja osigurava djelovanje nad strujnog zaštitnog uređaja za automatsko isključivanje u određenom vremenu  $t$  (s), ovisno o vrsti strujnih krugova:

- $t_i \leq 0,4s$  za strujne krugove s priključnicama, za pokretna i prenosiva trošila,
- $t_i \leq 5s$  za radialne strujne krugove stabilnih trošila, koji ne mogu utjecati na strujne krugove s priključnicama.

Tablica. 2.1. Predodžba najduljeg vremena isključivanja u TN sustavima.

Nazivni napon mreže prema zemlji $U_g$ (V)	Vrijeme isključenja (s)	
	Za dobre uvjete $U_d = 50 \text{ V}$	Za loše uvjete $U_d = 25 \text{ V}$
120	0,8	0,35
230	0,4	0,2
277	0,4	0,2
400	0,2	0,05
580	0,1	0,02

Kod primjene osigurača iz I/t karakteristike moramo uz pomoć struje kvara  $I_K$  pronaći vrijeme isklapanja osigurača  $t_i$  pri kojem će osigurač sigurno pregorjeti. Vrijeme pregaranja osigurača mora biti manje od zahtijevanog vremena  $t_d$ .

Mora biti ispunjeno :

$$t_i \leq t_d$$

gdje je:

$t_i$  - vrijeme od nastanka kvara do pregaranja osigurača iz I/t karakteristike,

$t_d$  - maksimalno dopušteno vrijeme trajanja kvara prema tablici 2.1. ili za određene strujne krugove.

Kod primjene zaštitnih prekidača, okidača i instalacijskih prekidača potrebno je pomoću I/t karakteristike djelovanja ili natpisne pločice zaštitnog uređaja utvrditi struju okidanja, pri kojoj će zaštitni uređaj sigurno isključiti. Struja kvara mora biti veća od struje okidanja.

Ovoj vrsti zaštitnih uređaja vrijeme isklapanja ne stvara nikakav problem, jer su sva vremena okidanja manja od 0,1 sekunde.

Otpor petlje kvara se može izračunati ili izmjeriti na izvedenoj instalaciji.

On je jednak :

$$R_K = R_{LNN} + R_{PEN} + R_{LEI} + R_{PE}$$

gdje je:

$R_K$  - otpor petlje kvara ( $\Omega$ ),

$R_{LNN}$  - otpor faznog vodiča NN voda ( $\Omega$ ),

$R_{PEN}$  - otpor PEN vodiča NN voda ( $\Omega$ ),

$R_{LEI}$  - otpor faznog vodiča električne instalacije ( $\Omega$ ),

$R_{PE}$  - otpor zaštitnog (PE) vodiča ( $\Omega$ ).

Za ispravan rad ove vrste zaštite struja kvara mora biti veća od isklapne struje zaštitnog uređaja, a to je moguće ako je otpor petlje kojim prolazi struja kvara takav da je:

$$R_K \leq \frac{V_f}{k \cdot I_n}$$

gdje je:

$R_K$  - otpor petlje kvara ( $\Omega$ )  $V_f$  - fazni napon (V),

$k$  - faktor isklapne struje,

$I_n$  - nazivna struja zaštitnog uređaja (A).



Faktor isklopne struje je jednak:

$$k = \frac{I_K}{I_n}$$

### 2.3.5. TN sustav - zaštita s uređajima diferencijalne struje

Zaštitni uređaji diferencijalne struje prorađuju kada je diferencijalna struja jednaka nazivnoj isklopnoj struji uređaja. Za ispravan rad ove zaštitne mjere mora biti ispunjen uvjet :

$$Z_K \cdot I_K \leq U_g$$

$$R_K \cdot I_K \leq U_g$$

pri čemu je:

$Z_K$  - impedancija petlje kvara ( $\Omega$ ),

$R_K$  - otpor petlje kvara ( $\Omega$ ),

$U_g$  - nazivni napon mreže prema zemlji (V),

$I_K$  - struja kvara (A), dovoljna da izazove isklapanje uređaja diferencijalne struje u zahtijevanim vremenima i to:

- 0,4 sekunde za strujne krugove s priključnicama, za pokretna i prenosiva trošila ili
- 5 sekundi za radijalne strujne krugove stabilnih trošila, a koji ne mogu utjecati na strujne krugove s priključnicama.

$$I_K = I_{\Delta n}$$

$I_{\Delta n}$  - nazivna diferencijalna struja FI sklopke (A).

Kod zaštitnih uređaja diferencijalne struje koji nemaju vremensku zadržku isklonpa vremena od nastanka greške do isklapanja su vrlo kratka i iznose  $t_i = 0,1$  sekunde.

Prednosti zaštitnih uređaja diferencijalne struje su njihova visoka pouzdanost, vrlo kratka vremena isklapanja, primjenjivost u svim uobičajenim tipovima električnih mreža.

U TN sustavima se redovito koriste kao isklonpa zaštitni uređaji ZUDS/FI sklopke, i to:

- kao dodatna zaštita od direktnog dodira ( $I_{\Delta n} \leq 30$  mA),
- u prostorima sa povećanim opasnostima od električnog udara (npr. kupaonica),
- za instalacije na otvorenom prostoru (kampovi, gradilišta i sl.),
- u požarom ugroženim prostorima.

### 2.3.6. TT sustav - zaštita s uređajima nad strujne zaštite

Značajke nad strujnih zaštitnih uređaja i ukupni otpor uzemljivača moraju se odabrati tako da u slučaju kvara zanemarivog otpora nastupi automatsko isključivanje napajanja u vremenu od 5 sekundi i zbog toga mora biti ispunjen ovaj uvjet :

$$R I_A \cdot \kappa \leq U_d$$

gdje je:

$U_d$  - dopušteni napon dodira (50 V ili 25 V),

$R_A$  - ukupni otpor uzemljivača i otpor zaštitnog vodiča od uzemljivača do štice trošila ( $\Omega$ ),

$I_K$  - struja kvara koja osigurava isklapanje nad strujnog zaštitnog uređaja (A).

Kao nad strujni zaštitni uređaji mogu se koristiti:

- uređaji s inverznom I/t karakteristikom kao što su rastalni osigurači pri čemu struja kvara mora osigurati automatsko isključivanje u vremenu kraćem od 5 sekundi,
- zaštitni uređaji s trenutačnom karakteristikom isklapanja, kao npr. automatski instalacijski osigurači pri čemu struja kvara  $I_K$  mora biti najmanja struja koja osigurava trenutno automatsko isključivanje.

### 2.3.7. TT sustav - zaštita s uređajima diferencijalne struje

Za ispravnost ove zaštitne mjere treba biti ispunjen sljedeći uvjet :

$$R_A \cdot I_{\Delta n} \leq U_d$$

gdje je:

$R_A$  - ukupni otpor uzemljivača i otpor zaštitnog vodiča od uzemljivača do štice trošila ( $\Omega$ ),

$I_{\Delta n}$  - nazivna isklopna diferencijalna struja pri kojoj dolazi do isklapanja (A),

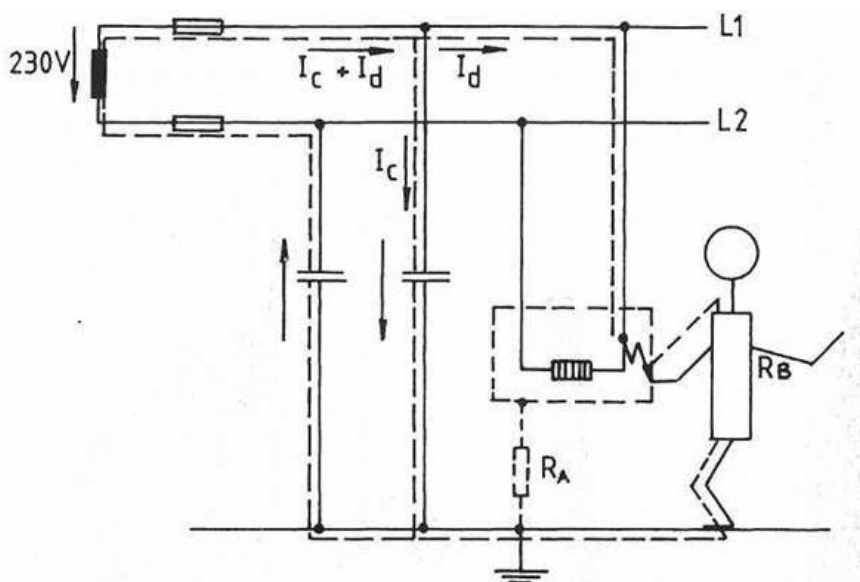
$U_d$  - dopušteni napon dodira (50 V ili 25 V).

Kako je vrijeme isklapanja takvih zaštitnih uređaja manje od 0,1 sekunde, vrijeme isklapanja nije posebno propisano. U slučaju serijski spojenih zaštitnih uređaja diferencijalne struje u mreži, da bi se osigurala selektivnost, dopušta se primjena uređaja diferencijalne struje s vremenskim zatezanjem do najviše 1 sekunde.

Posebna njihova odlika je to što ovi zaštitni uređaji mogu djelovati i u većini slučajeva i kod prekida zaštitnog vodiča. U slučaju kvara na izolaciji trošila, prirodno uzemljenje uređaja u mnogim slučajevima omogućava da poteče još dovoljno jaka struja koja će aktivirati zaštitni uređaj.

### 2.3.8. IT sustav - zaštita automatskim isključivanjem napajanja

Kod prvog kvara u IT sustavu, za vrijeme trajanja zemljo-spoja faza u kvaru poprima približno potencijal zemlje, a dvije preostale faze poprime prema zemlji za tri puta uvećan napon. Instalacija može i dalje ostati u pogonu i to je jedna od prednosti ovog sustava.



Slika 2.8. Predodžba zemljo-spoj u IT sustavu. Izvor:

[https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_1/SUP\\_EE\\_POG\\_03.pdf](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_1/SUP_EE_POG_03.pdf)

Struja zemljo-spoja stvara pad napona na uzemljivaču.

Da se ne bi pojavio previsok napon dodira na masama trošila, mora biti ispunjen uvjet:

$$R_A \cdot I_d \leq U_d$$

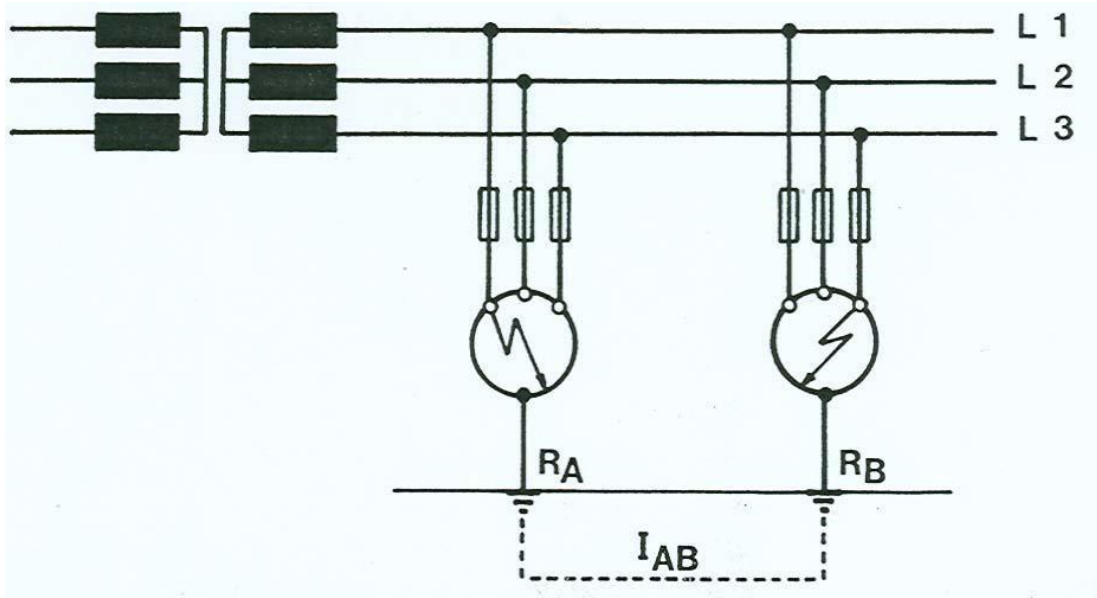
gdje je:

$R_A$  - otpor uzemljivača mase trošila ( $\Omega$ ),

$I_d$  - struja zemljo-spoja u slučaju prvog malog otpora između faznog vodiča i mase trošila (A),

$U_d$  - dopušteni napon dodira (V).

Kod pojave drugog kvara uz prvi kvar ako su mase trošila uzemljene pojedinačno ili po skupinama, a dvije istodobne greške nastaju na trošilima iz različitih skupina i na različitim fazama, struja kvara prolazi od izvora jednim faznim vodičem do mase trošila u kvaru, potom zaštitnim vodičem preko jednog uzemljivača u zemlju, a preko drugog uzemljivača vraća se na masu drugog trošila i preko faze u kvaru do izvora napajanja.



Slika 2.9. Predodžba dva istodobna zemljo-spoja u IT sustavu s pojedinačnim uzemljivačem.

Izvor:

[https://www.veleri.hr/files/datoteke/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_1/SUP\\_EE\\_POG\\_04\\_dio\\_2.pdf](https://www.veleri.hr/files/datoteke/nastavni_materijali/k_sigurnost_1/SUP_EE_POG_04_dio_2.pdf)

Ako su dostupni vodljivi dijelovi uzemljeni pojedinačno ili na grupne uzemljivače treba primijeniti uvjete zaštite kao u TT sustavu, a ako su uzemljeni na zajednički uzemljivač objekta, treba primijeniti uvjete zaštite kao u TN sustavu, prema sljedećem uvjetu :

$$Z_K \leq \frac{\sqrt{3} \cdot U_g}{2 \cdot I_K}$$

gdje je:

$U_g$  - napon mreže prema zemlji (V),

$Z_K$  - impedancija petlje kvara ( $\Omega$ ),

$I_K$  - struja kvara, koja mora osigurati isklapanje zaštitnih uređaja u određenom vremenu (A).

Tablica 2.2. najdulje vrijeme isključenja u IT sustavu.

$U_g/U$ (V)	isključenja (s)			
	Vrijeme		s	
	bez neutralnog	Vodiča	neutralnim	Vodičem
	$U_d = 50 V$	$U_d = 25 V$	$U_d = 50 V$	$U_d = 25 V$
120/230	0,8	0,4	5	1
230/400	0,4	0,2	0,8	0,5
277/480	0,4	0,2	0,8	0,5
400/690	0,2	0,06	0,04	0,2
580/1000	0,1	0,02	0,2	0,08

Tablica 4.2. vrijedi za sve strujne krugove s priključnicama i prenosivim trošilima (kao za TN sustav).

Dok za sve strujne krugove stabilnih trošila bez priključnica i prenosivih trošila vrijeme isključenja ne smije biti dulje od 5 sekundi.

#### 2.4. Istodobna zaštita od direktnog i indirektnog dodira

Najučinkovitija mjera od električnog udara u lošim uvjetima korištenja i okoline gdje je stupanj iskorištenja od električnog udara velik, primjerice radovi s prenosivim električnim alatom na metalnim konstrukcijama, radovi u kotlovnica, garažama, u mokrim prostorijama je snižavanje nazivnih pogonskih napona na vrijednosti ispod granice opasnih napona (ispod 50 V izmjenične ili 120 V istosmjerne struje).

Na taj način, uz stanovite mjere, dobiva se istodobno zaštita od direktnog i indirektnog dodira, pa posebne mjere zaštite nisu potrebne.

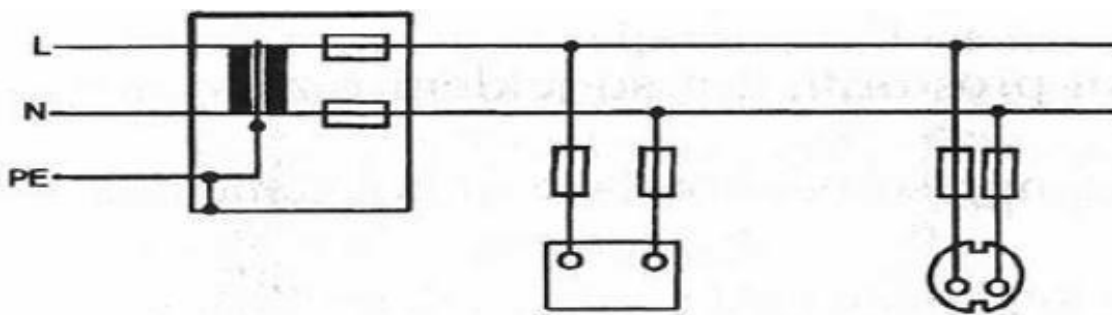
Istodobna zaštita od direktnog i indirektnog dodira izvodi se u sustavu :

- sigurnosni mali napon (Safety Extra - Low Voltage),
- uzemljeni sigurnosni mali napon (Protection by Extra Low Voltage), mali radni napon (Functional Extra - Low Voltage).

#### 2.4.1. Sigurnosni mali napon (SELV)

Kada se želi postići istodobna zaštita od direktnog i indirektnog dodira sa ovom zaštitnom mjerom, moraju se ispuniti određeni uvjeti u pogledu:

- visine nazivnih napona,
- izvora napajanja,
- izvođenja strujnih krugova i
- načina zaštite od direktnih dodira.



Sl. 2.10. Predodžba spoja sigurnosni mali napon (SELV).

Izvor:

[https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_1/SUP\\_EE\\_POG\\_04\\_dio\\_2.pdf](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_1/SUP_EE_POG_04_dio_2.pdf)



Visina nazivnog napona je ograničena na najviše 50 V efektivne vrijednosti kod izmjenične struje, odnosno 120 V kod istosmjerne struje.

U osobito lošim uvjetima uporabe električnih alata i okoline kao što su, npr. vodljivi prostori kotlova i metalnih spremnika, ograničava se nazivni napon na vrijednost do 25 V izmjenične, odnosno 60 V istosmjerne struje.

Strujni krugovi sigurnosnog malog napona moraju se izvesti tako da se onemogućí izravan prelazak viših napona na njih, kao i prelazak viših potencijala uslijed kvara na izolaciji strujnih krugova viših napona. To se postiže na sljedeće načine:

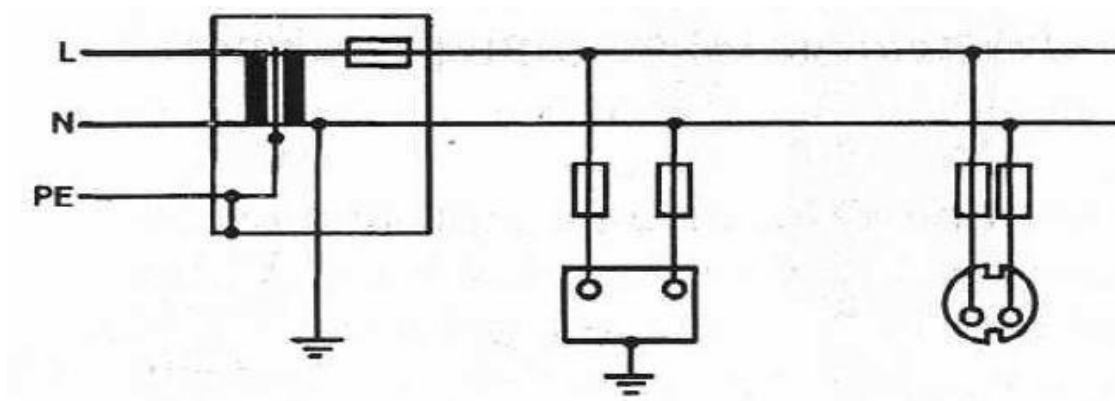
- dijelovi pod naponom strujnih krugova malog napona ne smiju se uzemljivati ni spajati s aktivnim dijelovima strujnih krugova viših napona, kao ni njihovim zaštitnim vodičima,
- kućišta (mase) električne opreme ne smiju se spajati sa:
  - zemljom,
  - zaštitnim vodičima ili kućištima drugih instalacija,
  - stranim vodljivim dijelovima, ako oni mogu doći pod napon koji je veći od sigurnosnog malog napona promatranog strujnog kruga.
- dijelovi pod naponom strujnog kruga sigurnosnog malog napona moraju biti električni odvojeni od strujnih krugova viših napona.
- vodiči strujnog kruga sigurnosnog malog napona moraju biti fizički rastavljeni od vodiča bilo kojeg drugog strujnog kruga. Ako to nije moguće izvesti, onda se vodiči sigurnosnog malog napona:
  - oblažu nemetalnom oblogom (plaštem),
  - izoliraju izolacijom odabranom za najviši napon koji je primijenjen (višežilni kabeli), - razdvajaju uzemljenim metalnim ekranom od vodiča viših napona.

Osim navedenih uvjeta postavljaju se i određeni zahtjevi za priključni pribor, a to su:

- utikači ne smiju ulaziti u priključnice napajane drugim sustavima napona,
- priključnice moraju sprječavati uvlačenje utikača predviđenih za druge sustave napona,
- priključnice ne smiju imati zaštitni kontakt.

#### 2.4.2. Uzemljeni sigurnosni mali napon (PELV)

U rizičnim područjima gdje je stupanj sigurnosti od udara električnom strujom na visokoj razini, a zbog konstrukcijskih i funkcijskih razloga vodiči malog napona moraju biti uzemljeni, primjenjuje se istodobna zaštita od direktnog i indirektnog dodira s uzemljenim sigurnosnim malim naponom (PELV).



Slika 2.11. Predodžba: Uzemljeni sigurnosni mali napon (PELV).

Izvor:

[https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_1/SUP\\_EE\\_POG\\_04\\_dio\\_2.pdf](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_1/SUP_EE_POG_04_dio_2.pdf)

Kod uzemljenog sigurnosnog malog napona javljaju se zahtjevi u pogledu:

- izvora napajanja,
- izvedbe strujnih krugova i priključnog pribora potpuno su jednaki kao i za sigurnosni mali napon (SELV).

Primjenom ovog sustava nije potrebna nikakva dopunska zaštita od indirektnog dodira, jer se ona osigurava samom izvedbom, a to je:

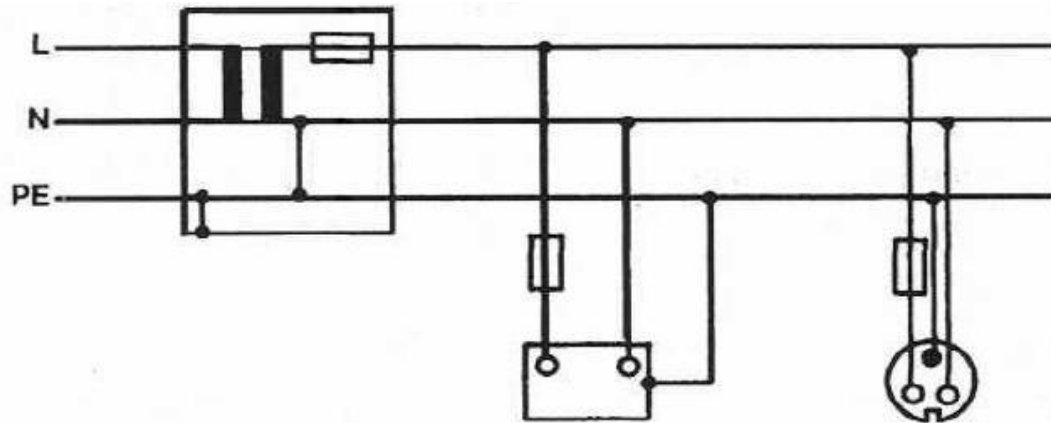
- nazivni naponi su manji od trajno dopuštenog napona dodira  $U_d$ ,
- onemogućen je prijelaz viših nazivnih napona na strujni krug uzemljenog sigurnosnog malog napona sigurnim električnim razdvajanjem od strujnih krugova.

PELV sustav se koristi za:

- pogonske strojeve sa povećanom sigurnošću od električnog udara,
- mjerne i upravljačke strujne krugove,
- telekomunikacijske i informacijske sustave.

### **2.4.3. Mali radni napon (FELV)**

U situacijama kada je zbog ekonomskih ili tehnoloških razloga pogodan mali napon, a nisu nužni ni sigurnosni mali naponi (SELV), niti uzemljeni sigurnosni mali naponi (PELV), koristi se mali radni napon (FELV).



Slika 2.12. Predodžba: Mali radni napon (FELV).

Izvor:

[https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_1/SUP\\_EE\\_POG\\_04\\_dio\\_2.pdf](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_1/SUP_EE_POG_04_dio_2.pdf)

U takvom sustavu mora se osigurati zaštita od direktnog i indirektnog dodira.

Zaštita od direktnog dodira osigurava se:

- pregradama ili kućistima koja zadovoljavaju uvjetima za niski napon ili
- izolacijom jednakom kao i strujni krugovi primarnih strujnih krugova, npr. za 230 V.

Zaštita od indirektnog dodira provodi se:

- spajanjem svih vodljivih dijelova opreme na zaštitni vodič primarnog strujnog kruga, ako je primarni strujni krug štićen nekom od zaštitnih mjera s automatskim isključivanjem napajanja,

- priključnice i utikači izvode se tako da je nemoguće utaknuti utikač strujnog kruga za mali radni napon u priključnice napajane drugim naponima.

FELV sustav se koristi u slučaju kad uređaj kao pogonski napon koristi napon do 50 V izmjenične struje, ali pri tome nisu ispunjeni uvjeti niti za SELV, niti za PELV sustav.

### **3. UTJECAJ ELEKTRIČNE STRUJE NA ČOVJEKA**

Prema IEC (International Electrotechnical Commission) i EN normama naponi veći od 50 V smatraju se opasnima po život, pa se prema tome i provodi odgovarajuća zaštita. Zaštita od direktnog i indirektnog dodira dijelova pod naponom temelj je za sigurnu uporabu trošila u distribucijskoj mreži, te mora pružati potpunu zaštitu od električnog udara.

#### **3.1. Prolazak električne struje kroz ljudsko tijelo**

Kako bi električna struja potekla kroz ljudsko tijelo ono najprije mora postati dio strujnog kruga, a to je moguće kada osoba dođe u kontakt:

- s dva vodiča između kojih vlada napon,
- s jednim vodičem pod naponom i zemljom,
- s metalnim dijelom koji je pod naponom zbog greške,
- s dvije točke na zemlji različitog potencijala,
- u blizini VN postrojenja kada dođe do proboja zraka, a strujni krug se zatvara preko čovjeka u zemlju.

U tim slučajevima napon koji vlada između bilo kojih dviju točaka na ljudskom tijelu, potjerat će kroz tijelo električnu struju. Jakost te struje može se odrediti prilično točno prema Ohmovom zakonu.

Jakost struje ovisit će o veličini napona i veličini impedancije ljudskog tijela prema izrazu, [1]:

$$I_m = \frac{U_d}{R_t}$$

gdje je:

$I_m$  - struja kroz tijelo (A),

$U_d$  - napon dodira, tj. napon koji vlada na krajevima ljudskog tijela (V),

$R_T$  - otpor ljudskog tijela ( $\Omega$ ).

Za djelovanje struje na čovjeka vrlo je važan put struje kroz ljudsko tijelo. Najopasniji put je kroz srce. Do toga dolazi kada struja prolazi putem:

- ruka - ruka,
- ruka - noga.

90% smrtnih slučajeva nastalo je pri dodiru dijelova pod naponom jednom rukom, dok je druga ruka ili noga bila dobro uzemljena.

10% smrtnih slučajeva nastalo je pri dodiru dvaju vodiča.

Najopasnije frekvencije su od 40 do 60 Hz. Baš u tom području nalaze se tzv. industrijske frekvencije.

Weberova formula iz 1920. godine vrlo lijepo i jednostavno definira sigurnost, [1]:

$$\text{sigurnost} = \frac{\text{zaštitne mjere}}{\text{nerazumnost} + \text{nemar} + \text{nepoznato}}$$

### 3.2. Impedancija ljudskog tijela

Kako bi bilo moguće ostvariti kontrolu nad mogućim izlaganjem čovjeka djelovanju električne struje najprije je potrebno odrediti napon koji uzrokuje protjecanje dopuštene granične struje. To je razlog zašto je potrebno poznavati impedanciju ljudskog tijela.

Impedanciju ljudskog tijela čine radni i kapacitivni dio otpora. Kapacitivni se u praksi zanemaruje, utjecaj nije značajan. Za razliku od njega radni se sastoji od unutarnjeg otpora i otpora kože na mjestu ulaza i izlaza električne struje iz tijela. Unutarnji otpor ljudskog tijela se kreće u granicama 500-800  $\Omega$  i prvenstveno ovisi o masi tijela, dok površinski sloj kože predstavlja dielektrik i nositelja otpora koji varira u širokim granicama od 0 do 20000  $\Omega$ .

Radni otpor ljudskog tijela nije stalan već ovisi o nizu čimbenika:

- čistoći kože,
- vlažnosti kože,
- debljini kože,
- pritisku dodira,
- općem zdravstvenom stanju (muskulatura),
- trajanju djelovanja,
- visini napona,
- vrsti struje,
- frekvenciji,

- temperaturi čovjeka (fizički napor - manji otpor),
- duševnom stanju (euforično stanje - manji otpor).

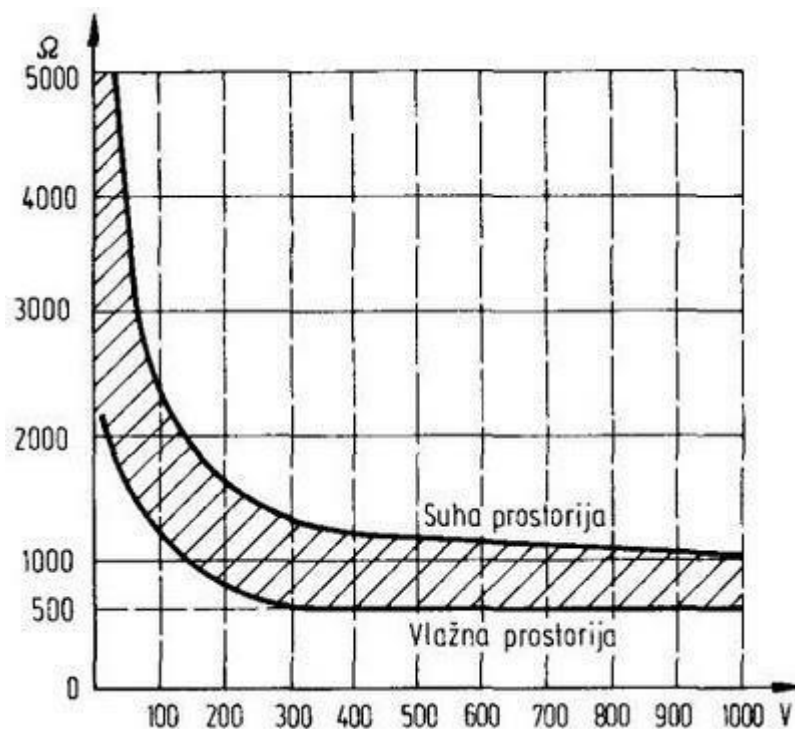
Prilikom razrade pojedinih mjera zaštite, vrijednost otpora ljudskog tijela promatra se redovito samo u ovisnosti o naponu dodira, a vrijednosti tog otpora prikazane su u tablici 3.1., [3]:

*Tablica 3.1. ovisnost  $Z_t$  o  $U_d$ .*

Napon dodira (V)	Ukupna impedancija tijela ( $\Omega$ )
25	1750
50	1450
75	1250
100	1200
125	1125
220	1000
700	750
1000	700
>1000	650

Vrijednosti ukupne impedancije tijela odraslih osoba koje su navedene u tablici vrijede za put struje ruka-ruka, odnosno ruka-noga pri konstantnoj površini između 50 cm<sup>2</sup> i 100 cm<sup>2</sup> i pri suhoj koži, [3].





Slika 3.1. otpor ljudskog tijela u ovisnosti o naponu dodira. Izvor: [https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_1/SUP\\_EE\\_POG\\_02.pdf](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_1/SUP_EE_POG_02.pdf)

### 3.3. Djelovanje električne struje na čovjeka

Električna struja svojim prolaskom kroz ljudski organizam djeluje na sljedeći način, [3]:

- toplinski - tijelo se zagrijava, te nastaju teške vanjske i unutarnje opekline,
- mehanički - uslijed prolaska struje dolazi do grčenja mišića što može izazvati kidanje krvnih žila, živaca, pa čak i lomove kostiju,
- kemijski - uslijed prolaska struje elektrolitički se razdvaja krvna plazma,

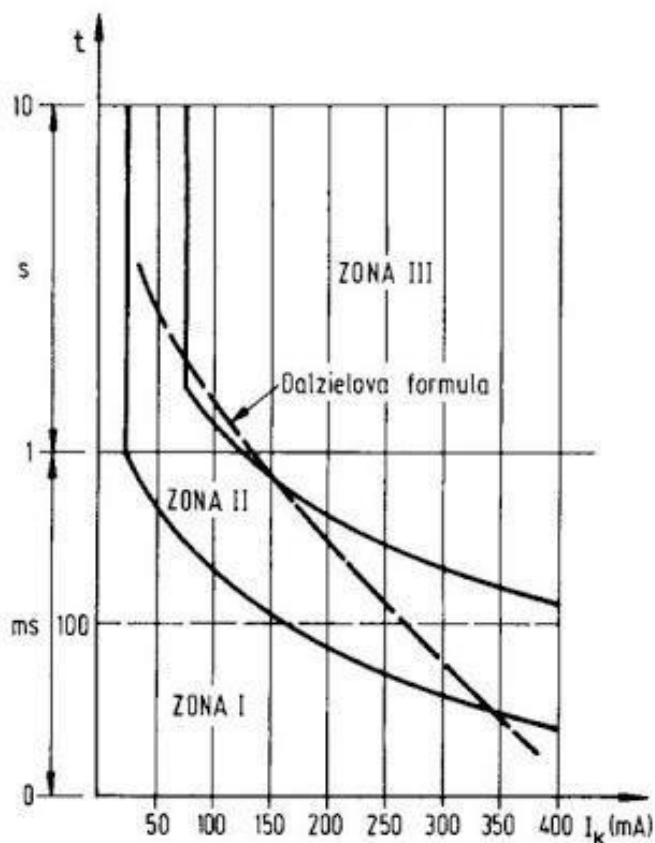
- biološki - očituje se u grčenju mišića, paralizi disanja, grčenju krvotoka, treperenju srčanih klijetki i nepovoljnom utjecaju na živčani sustav.

Značajan utjecaj na posljedice koje će nastati djelovanjem električne struje kroz čovjeka ima duljina njenog protjecanja. Dalzielovom formulom se izračunavaju fibrilacijske struje za razdoblje od 8 ms do 5 sekundi, [3]:

$$I = \frac{K}{\sqrt{t}}$$

gdje je:

$K$  – fibrilacijska struja pri  $t = 1$  s.



Slika 3.2. Predodžba strujnih zona u ovisnosti o reakcijama čovjeka]. Izvor: Vjekoslav Srb, Električne instalacije i niskonaponske mreže, Zagreb 1982.

značenje zona:

zona I - početak primjetljivosti do otpuštajuće struje,

zona II - od otpuštajuće do  
nefibrilacijske struje,

zona III - od nefibrilacijske do smrtonosne struje.

Na temelju raznih ispitivanja i analiza ozljeda i smrtnih slučajeva dobiveni su sljedeći podatci o djelovanju jakosti struje na ljudski organizam:

- 0,6 - 1,5 mA - početak osjeta, lagano podrhtavanje prstiju,
- 2 - 3 mA - jako podrhtavanje prstiju,
- 5 - 10 mA - grč šake,
- 12 - 15 mA - ruke se teško odvajaju od elektroda, snažni bolovi u prstima i rukama, bol se može trpjeti 5 - 10 sekundi,
- 20 - 25 mA - paraliza ruku, veoma jaki bolovi, otežano disanje,
- 50 - 80 mA - paraliza disanja, početak treperenja srčanih klijetki,
- 80 - 100 mA - paraliza rada srca, paraliza disanja,
- iznad 3000 mA - paraliza disanja i rada srca pri djelovanju od 0,1 sekundu, razaranje tkiva toplinskim djelovanjem.

Prikazani podatci odnose se također na prolazak izmjenične struje 50 Hz put ruka-ruka ili ruka-noga.

### 3.4. Granice opasnih napona

Poznavajući djelovanje struja različitih jakosti na ljudski organizam i prosječnu impedanciju ljudskog tijela moguće je zaključiti koji su opasni naponi za život čovjeka.

Dopušteni napon dodira je najveća vrijednost napona dodira kojemu je dopušteno da se održava neograničeno vrijeme pri utvrđenim uvjetima vanjskih utjecaja. U tablici 2.2. prikazano je dopušteno trajanje pojedinih vrijednosti napona dodira prema IEC standardu.

Tablica 3.2. dopušteno trajanje napona dodira.

Očekivani napon dodira U (V)	Dopušteno vrijeme trajanja t (s)	
	Normalni uvjeti	Loši uvjeti
25	bez ograničenja	5
50	5	0,48
75	0,6	0,48
100	0,4	0,22
150	0,28	0,12
230	0,17	0,05
300	0,12	0,025
400	0,07	0
500	0,04	0

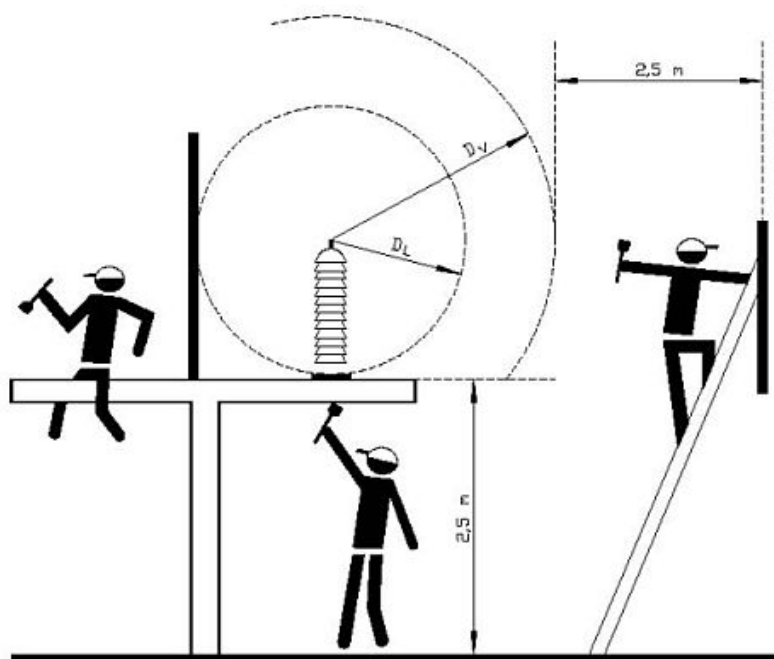
## 4. PRAKTIČNI DIO

### ZONE OPASNOSTI

Stupanj opasnosti nije jednak u svim dijelovima električnih dijelova postrojenja. U ovisnosti o stupnju opasnosti, a radi jasnog određivanja prava kretanja osoblja unutar električnih postrojenja, električna postrojenja se dijele na tri zone:

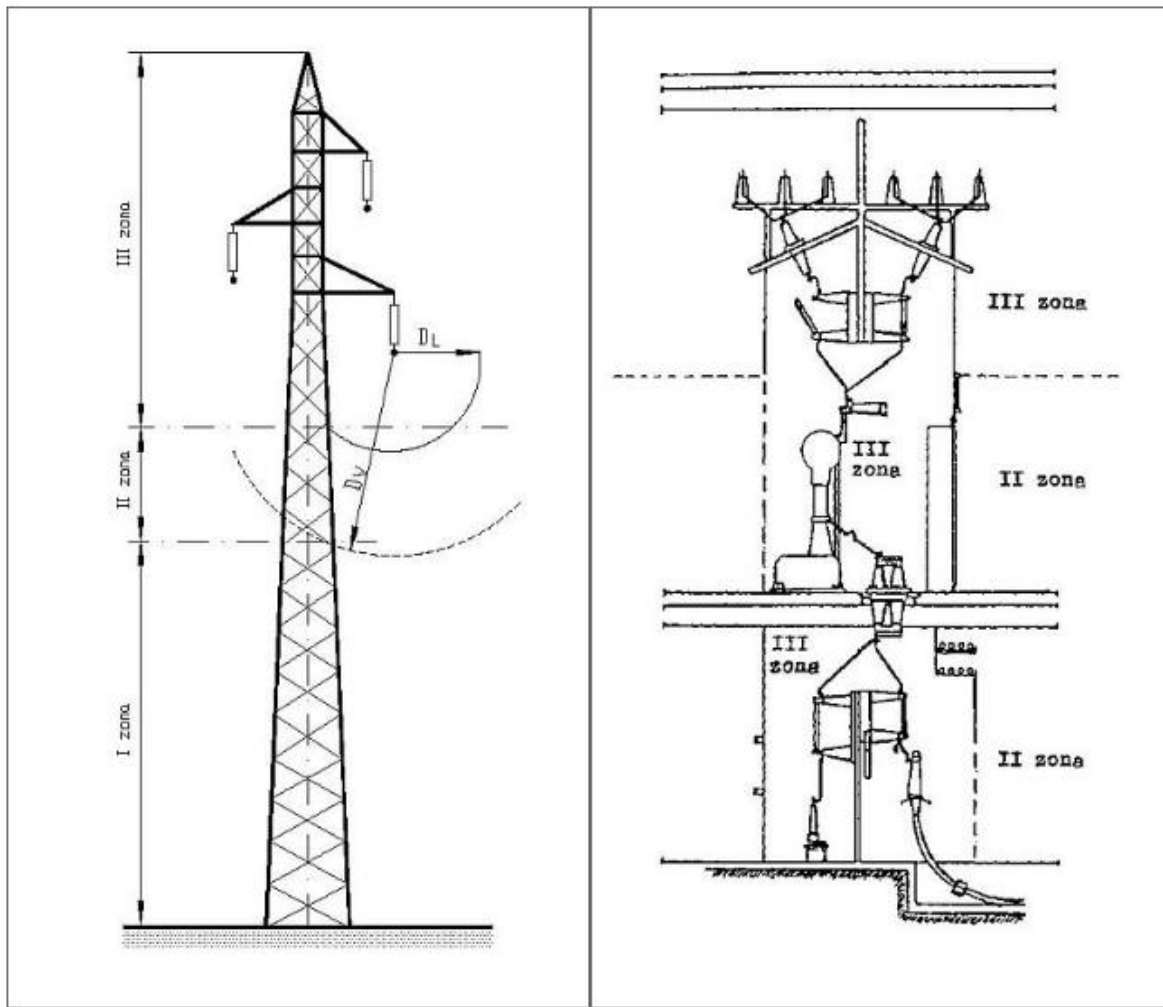
- I. zona – zona slobodnog kretanja,
- II. zona – zona približavanja,
- III. zona – zona opasnosti.

Podjela vanjskog električnog rasklopnog postrojenja na zone i položaj zaposlenika predložena je na Slici 4.1.



*Slika 4.1: Predodžba podjele vanjskog električnog rasklopnog postrojenja s obzirom na položaj zaposlenika.  
Izvor: Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom*

Podjela nadzemnog voda na zone predočena je na Slici 4.2.



*Slika 4.2. Predodžba podjela na zone opasnosti nadzemnog voda. Izvor: Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom.*

#### **4.1. 1. zona – ZONA SLOBODNOG KRETANJA**

Predmetna zona su prostori i prostorije električnih postrojenja visokog i niskog napona koje nisu obuhvaćene ni zonom opasnosti ni zonom približavanja, u kojima zaposlenik svojim neopreznim postupkom ne može izazvati isklon ili uklop dijelova postrojenja, niti tijelom, niti alatom doći u opasnu blizinu dijelova pod naponom.

##### **Zona slobodnog kretanja obuhvaća:**

- tehničko-administrativne prostorije, radionice, montažne tornjeve, garaže, skladišta, garderobe i sanitarne prostorije, te druge obične prostore uz električno postrojenje,
- glavne prometnice koje povezuju spomenute prostorije i prostore, te sve ostale prostore koji su odijeljeni zidom ili ogradom od dijelova pod naponom, tako da ih se ne može dodirnuti niti dugačkim alatom ni dugačkim predmetima,
- sav prostor izvan zone približavanja visokog i niskog napona dio dalekovodnih stupova do zone približavanja.

#### **4.2. 2. zona – ZONA PRIBLIŽAVANJA**

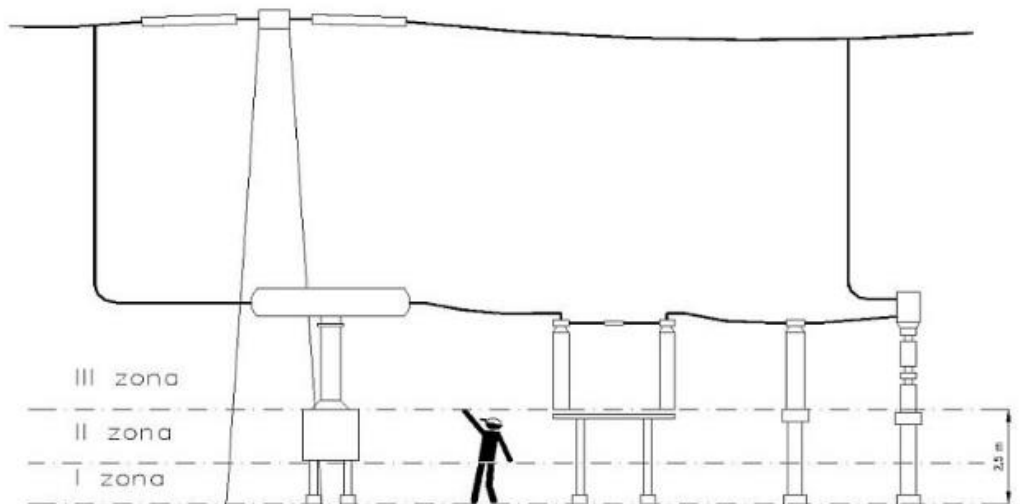
Zona 2 je prostor u području zone opasnosti omeđen graničnim razmakom DV od dijelova pod naponom. Granični razmak DV dobiva se na taj način da se graničnom razmaku zone opasnosti DL pridodaju sljedeće vrijednosti:

- za niskonaponske instalacije 500 mm,
- za postrojenja visokog napona do uključivši 110 kV nazivnog napona dodatak od 1000 mm,
- za postrojenja viših nazivnih napona iznad 110 kV dodatak od 2000 mm.

Zbog jednostavnijeg određivanja pravila za kretanje i boravak zaposlenika u postrojenjima, u 2. zonu – zonu približavanja su uvršteni i sljedeći prostori i prostorije:

- prostorije električne komande,
- generatorske i turbinske prostorije elektrana,
- prostorije za smještaj agregata vlastite potrošnje,
- prostorije za smještaj zaštitne, relejne i informatičke opreme,
- akumulatorske i kompresorske prostorije,
- kabelski prostori,
- cijeli prostor ispod aparata visokog napona u vanjskim rasklopnim postrojenjima visoke izvedbe, bez obzira što jedan dio tog prostora, isti uz zemlju, može biti i u 1. zoni.

Proširenje zone približavanja u vanjskim visokonaponskim postrojenjima predočena je na Slici 4.3.



*Slika 4.3. Predodžba područja približavanja u visokonaponskim postrojenjima*

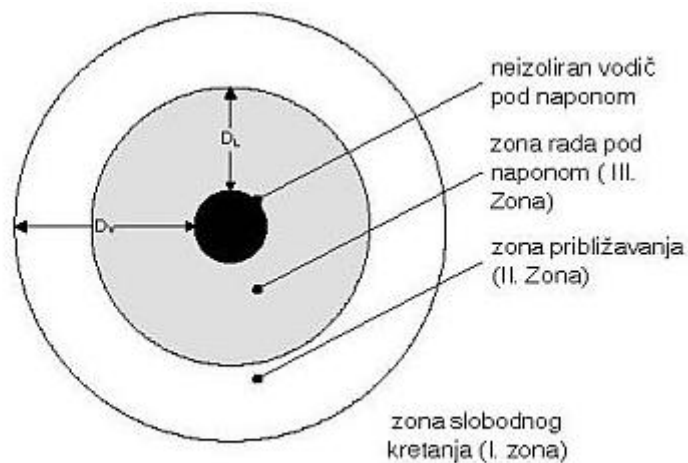
*Izvor: Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom.*



### 4.3. 3. zona – ZONA OPASNOSTI

Predmetna zona je prostor u području dijelova pod naponom na udaljenosti manjoj od minimalno dozvoljenog razmaka između vodiča pod naponom i uzemljenih dijelova, odnosno prostor oko dijelova pod naponom omeđen graničnim razmakom zone opasnosti DL.

#### Sigurnosni razmaci u zraku i podjela na zone

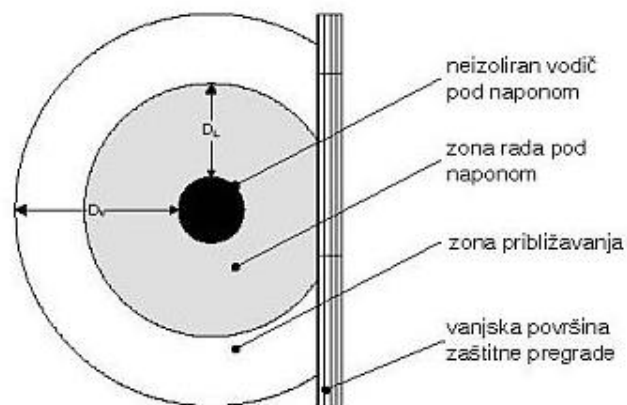


DL: Granična udaljenost za zonu rada pod naponom

DV: Granična udaljenost za zonu približavanja

*Slika 4.4. Predodžba zona rada pod naponom i zona približavanja*

*Izvor: Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom.*



*Slika 4.5. Predodžba ograničavanja zone rada pod naponom zaštitnim izolacijskim pregradama.*

*Izvor: Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom.*

### **Međusobno odjeljivanje zona**

Područje III. zone – zone opasnosti u transformatorskim stanicama, rasklopnim postrojenjima, elektranama treba biti odijeljeno od ostalih zona propisanim ogradama, mrežama, zidovima ili razmacima u skladu s tehničkim propisima.

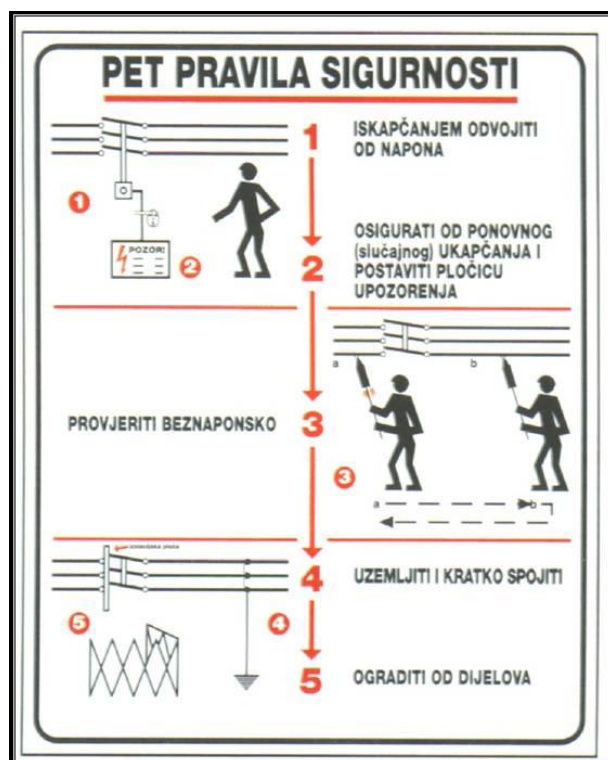
Sve prostorije koje se nalaze u zoni približavanja, a u istoj trajno ne borave zaposlenici, trebaju biti zaključane. Trebaju postojati dvije garniture ključeva, od kojih se jedna nalazi kod zaposlenika koji obavlja nadzor nad tim prostorima, a druga garnitura se nalazi kod višeg nadzornog organa.

Tablica 4.2. Granični razmaci zone opasnosti i zone približavanja

Nazivni napon mreže (kV)	Sigurnosna udaljenost zone rada pod naponom DL (mm)	Sigurnosna udaljenost zone približavanja DV (mm)
≤ 1	bez dodira	300
3	60	1 120
6	90	1 120
10	120	1 150
15	160	1 160
20	220	1 220
30	320	1 320
36	380	1 380
110	1 000	2 000
220	1 600	3 000
380	2 500	4 000

## 5. PET PRAVILA ZA RAD U BEZNAPONSKOM STANJU

- 1. Pravilo – isklopiti i odvojiti od napona:** ostvaruje se sklopnim aparatima: prekidači, rastavljači, rastavljači snage, osigurači.
- 2. Pravilo – spriječiti ponovni uklop:** ostvaruje se blokiranjem elemenata, zaključavanjem elemenata, postavljanjem tablice zabrane.
- 3. Pravilo – utvrditi beznaponsko stanje:** ostvaruje se indikatorima napona i voltmetrima.
- 4. Pravilo – uzemljiti i kratko spojiti:** ostvaruje se napravama za uzemljenja i kratko spajanje.
- 5. Pravilo – ograditi mjesto rada od dijelova pod naponom:** ostvaruje se izolacijskim pregradama, preprekama i izolacijskim prekrivačima.



Slika 5.1. Predodžba pravila sigurnosti u elektroenergetskim postrojenjima. Izvor: Boris Ožanić, Sigurnost u primjeni električne energije, Skripta VUKA, Karlovac 2016.

## **Kabeli i kondenzatorske baterijama nakon isključenja**

Prilikom isklopa kondenzatora i kabela iz pogona na njima će se još uvijek zadržati neki napon koji odgovara trenutnoj vrijednosti pogonskog napona u trenutku isklopa. Taj napon može biti i do 1,41 puta veći od efektivne vrijednosti pogonskog napona.

Dodir čovjeka s takvom baterijom ili kabelom može biti smrtonosan – npr. kabel duljine 5 km i napona 10 kV ima dovoljnu količinu akumulirane el. energije da izazove fibrilaciju srca.

Taj napon se odstranjuje tako da iz kond. baterije i proračun kabela izbije preostali napoj napravama za uzemljenje aktivnih vodiča.

## **Utvrđivanje bez naponskog stanja**

Neposredno prije svakog uzemljenja i kratkog spajanja određenog isključenog dijela elektroenergetskog postrojenja potrebno je utvrditi beznaponsko stanje svih faznih vodiča, odnosno svih vodiča koje je potrebno uzemljiti i kratko spojiti.

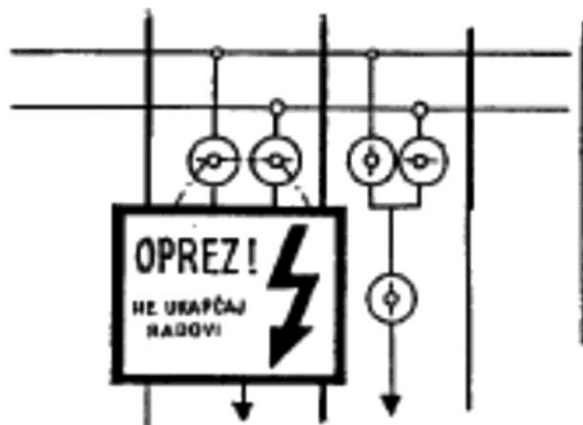
Utvrđivanje beznaponskog stanja se provodi na svakom dijelu elektroenergetskog postrojenja koje se galvanski odvaja u više dijelova, zbog mogućnosti pojave induciranih ili povratnih napona preko mjernih transformatora.

Beznaponsko stanje smije utvrditi samo kvalificiran i osposobljen radnik, a u pravilu, to je rukovoditelj radova.

Beznaponsko stanje se utvrđuje indikatorom napona, voltmetrima, uređajima ili alatima s izolacijskom drškom za mehaničko probijanje kabela te prekidačem za uzemljenje.

Indikator napona treba biti izrađen za odgovarajući napon, voltmetri trebaju biti kalibrirani. Ispitivanje indikatorom napona treba obavljati iz 2. zone. Upravljanje prekidačima za uzemljenje se obavlja daljinskim putem.

Ako je strujni krug napona isključen tada se dozvoljava postavljanje oznake upozorenja.



Slika 5.2. Predodžba utvrđivanja bez naponskog stanja u postrojenju.

Izvor: Boris Ožanić, Sigurnost u primjeni električne energije, Skripta VUKA, Karlovac 2016.

## 6. OSOBNA ZAŠTITNA SREDSTVA

Pod pojmom osobnih zaštitnih sredstava podrazumijevaju se odjevni i drugi predmeti i uređaji koje radnici nose na sebi ili ih koriste pri radu, a koja su izrađena u skladu s hrvatskim normama, internim standardima ili uputama, odnosno koja su ispitana u ovlaštenoj pravnoj ustanovi. Osobna zaštitna sredstva radnik primjenjuje pri odgovarajućim poslovima za koje su osobna zaštitna sredstva, prema pravilima zaštite na radu, propisana kao obvezna oprema za obavljanje rada. Određivanje potrebnih osobnih zaštitnih sredstava pri obavljanju pojedinih poslova i zadataka utvrđuje se na temelju procjene opasnosti. Osobna zaštitna sredstva radnik treba redovito čistiti, prati i održavati. Čišćenje, pranje i održavanje osobnih zaštitnih sredstava obavlja radnik koji ih koristi. Prije početka i tijekom rada svaki radnik obavezan je sam nadzirati ispravnost svojih osobnih zaštitnih sredstava.

## 6.1. Vrste osobnih zaštitnih sredstava

### Sredstva za zaštitu glave

Osobna zaštitna sredstva za zaštitu glave su:

- zaštitna kaciga za električare,
- zaštitna kapa,
- zaštitna marama i drugo.

Sredstva za zaštitu glave, na primjer zaštitni šljem (kaciga), koja trebaju štiti glavu od padajućih predmeta. Zaštitni šljem treba imati ugrađenu kolijevku koja ima mogućnost podešavanja prema veličini s razmakom od glave između 2 i 4 centimetra.



*Slika 6.1. Predodžba zaštitne kacige. Izvor: Boris Ožanić, Sigurnost u primjeni električne energije, Skripta VUKA, Karlovac 2016.*

### Osobna zaštitna sredstva za zaštitu očiju

Riječ je o:

- zaštitnim naočalama s nepropusnim okvirom,
- zaštitnim naočalama od providnog stakla,
- zaštitnim naočalama s tamnim staklom,
- štitnicima za zavarivače,
- zaštitnim naočalama,
- zaštitnim maskama,
- zaštitnicima za lice i drugome.

Sredstva za zaštitu očiju i lica, s obzirom na zaštitne naočale ili štitnike za varioce, koriste se za zaštitu od „ulijetanja“ čestica i strugotina u oči te za zaštitu očiju od štetnog zračenja kod npr. varenja.



*Slika 6.2. Predodžba sredstva za zaštitu očiju. Izvor: Boris Ožanić, Sigurnost u primjeni električne energije, Skripta VUKA, Karlovac 2016.*

### **Osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha**

Sadržaj osobnih sredstava za zaštitu sluha:

- ušni štitnici za zaštitu sluha,
- ušni čepovi i drugo.



*Slika 6.3. Predodžba ušnih štitnika. Izvor: Boris Ožanić, Sigurnost u primjeni električne energije, Skripta VUKA, Karlovac 2016.*

Sredstva za zaštitu sluha, u koja pripadaju vata, čepići i zaštitne slušalice (antifoni), daju se na korištenje osobama izloženim tijekom rada povećanoj buci koja se drugim mjerama ne može spriječiti.



## Osobna zaštitna sredstva za zaštitu dišnih organa

Sadržaj:

- respirator,
- plinska maska,
- cijevna maska s kapuljačom ili kacigom
- izolacijski uređaji i drugo



*Slika 6.3. Predodžba sredstva za zaštitu dišnih organa. Izvor: Boris Ožanić, Sigurnost u primjeni električne energije, Skripta VUKA, Karlovac 2016.*

Sredstva za zaštitu dišnih organa koriste se kako bi se zaštili dišni organi od štetnih čestica, prašina i plinova koji se vrlo lako mogu udahnuti i na taj način doprijeti do pluća i uzrokovati oštećenja tkiva.

## Osobna zaštitna sredstva za zaštitu ruku

Predmetno sadržaj je sljedeći:

- kožne rukavice raznih vrsta,
- izolacijske rukavice za električare,
- rukavice od nesagorive tkanine,
- rukavice za varioce,
- rukavice od prirodne i sintetičke gume,
- rukavice od plastičnog materijala,
- rukavice s produljenom nadlakticom od ceradnog platna i drugo.



*Slika 6.4. Predodžba više vrste zaštitnih rukavica. Izvor: Boris Ožanić, Sigurnost u primjeni električne energije, Skripta VUKA, Karlovac 2016.*

Sredstva za zaštitu ruku štite ruke od hladnoće i topline, električne energije, mehaničkih opasnosti, štetnog djelovanja kiselina i slično. Rade se od gume (za rukovanje kiselinama, za rad s uređajima pod naponom) ili kože (kod varenja).

## Osobna zaštitna sredstva za zaštitu nogu

Kada su u pitanju noge, bitno je voditi brigu o sljedećim elementima:

- zaštitne radne cipele ili čizme,
- zaštitne gumene kaljače,
- radne papuče,
- gumene čizme – kratke i duge,
- zaštitne potkoljenice i štitnik za koljena,
- ribarske čizme i ostalo.



*Slika 6.5. Predodžba zaštitne obuće. Izvor: Boris Ožanić, Sigurnost u primjeni električne energije, Skripta VUKA, Karlovac 2016.*

## Osobna zaštitna sredstva za zaštitu tijela

Sadržaj osobne zaštite:

- radna odijela,
- radna odijela od nepromočivog platna,
- zaštitne pregače od kože, platna i gume,
- zaštitna radna kuta, radna majica,
- kišna kabanica, kišno odijelo,
- prsluk bunda vjetrovka i drugo.

Sredstva za zaštitu tijela u koja spadaju zaštitna kuta, kombinezoni i slično koriste se kao zaštita od prašine i prljanja.



*Slika 6.6. Predodžba zaštite tijela zaštitnim odijelom. Izvor: Boris Ožanić, Sigurnost u primjeni električne energije, Skripta VUKA, Karlovac 2016.*

### **Osobna zaštitna sredstva za zaštitu tijela od pada s visine**

To je:

- zaštitni opasač s užetom i karabinjerom.



*Slika 6.7. Predodžba opasača za siguran rad na visini. Izvor: Boris Ožanić, Sigurnost u primjeni električne energije, Skripta VUKA, Karlovac 2016.*

Sredstva za zaštitu od pada s visine koriste radnici kojima nije moguće na niti jedan drugi način ograditi ili na drugi način osigurati radno mjesto. U predmetnu opremu treba uključiti zaštitnu užad i opasače.

## **6.2. Poslovi s posebnim uvjetima rada**

Poslovi s posebnim uvjetima rada su takvi poslovi u slučaju kojih je prisutna povećana opasnost i štetnost za radnike koji takove poslove obavljaju.

Uvjeti koji se trebaju ispunjavati za obavljanje poslova s posebnim uvjetima rada odnose se na životnu dob, spol, stručnu osposobljenost, zdravstveno, tjelesno i psihičko stanje te psihofizičku i psihičku sposobnost.

Posebna pravila zaštite na radu sadrže i:

- obvezu i načine korištenja odgovarajućih osobnih zaštitnih sredstava i zaštitnih naprava,
- posebne postupke pri uporabi opasnih radnih tvari,
- obvezu postavljanja znakova upozorenja od određenih opasnosti i štetnosti,
- obvezu osiguranja napatka pri obavljanju određenih poslova,
- način na koji se trebaju izvoditi određeni poslovi ili radni postupci, a posebno glede trajanja posla, jednoličnog rada i rada prema učinku,
- postupak s unesrećenim ili oboljelim radnikom do upućivanja na liječenje nadležnoj zdravstvenoj ustanovi.

## **Na koji se način utvrđuje sposobnost obavljanja radova s posebnim uvjetima?**

Utvrđivanje uvjeta za obavljanje poslova s posebnim uvjetima rada obavlja se prilikom prvog zapošljavanja, premještanja na drugo radno mjesto i nakon isteka propisanog vremena, osim ako iz liječničke svjedodžbe proizlazi da to nije potrebno.

Zahtjevi u pogledu zdravstvenog, tjelesnog, psihičkog stanja, psihofizičkih i psihičkih sposobnosti koji se uvjetuju, dokazuju se odgovarajućom ispravom koju izdaje ovlaštena ustanova, odnosno specijalist medicine rada u privatnoj praksi.

To podrazumijeva da su svi radnici koji se prvi put zapošljavaju, premještaju ili već rade na radnim mjestima s posebnim uvjetima rada obvezni pristupiti specijalističkom liječničkom pregledu radi utvrđivanja njihove sposobnosti.

Upućivanje radnika na pregled obavlja služba za pravne, kadrovske i opće poslove u suradnji sa stručnjakom zaštite na radu. [5]

## 7. ZAKLJUČAK

Svrha zaštite na radu je sprječavanje ozljeda na radu, profesionalnih bolesti, drugih bolesti u vezi sa radom te zaštita radnog okoliša. Mjere sigurnosti se moraju pridržavati svi i ne dopustiti da ugroze svoj ili tuđe živote. Do nesreće u elektroenergetskom sustavu može doći nesvjesno, zbog različitih kvarova, kao što je proboj izolacije na nekoj opremi ili uređaju te da osoba dođe u kontakt sa kućištem tog uređaja. Zaštitu je potrebno napraviti na odgovarajući način i prema primjerenim mjerama zaštite.

Zakonom o zaštiti na radu određeno je da svaki poslodavac bez obzira na djelatnost koju obavlja i svoju veličinu mora izraditi procjenu rizika, osposobiti radnike za rad na siguran način i urediti način vođenja poslova zaštite na radu, a ovisno o svojim specifičnostima, odnosno djelatnosti koju obavlja, dužan je ispuniti i niz drugih obveza kao na primjer: izrada plana evakuacije i spašavanja, ispitivanje električnih instalacija, radnog okoliša i radne opreme, znakovi sigurnosti, liječnički pregledi, prva pomoć i sl.

Razvijanje zaštitnih mjera i zaštitne opreme donijelo je sigurnije i jednostavnije vođenje i korištenje sustava. Neželjene situacije i nesreće su se prorijedile, što je znatno olakšalo daljnje unapređenje sustava. Sve se više razvija zaštitna oprema manjih dimenzija, a veće energetske moći. Svaki stambeni i radni prostor, kao i svi ostali objekti u kojima je izvedena električna instalacija štice su određenim sustavom zaštite. Prema statističkim istraživanjima broj ozljeda radnika na radu svake godine je sve manji. Kako se sve više upoznaje i unapređuje zaštita na radu, tako je i sve manje ozljeda.

## 8. LITERATURA

- [1] Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom, Ministarstvo rada i mirovinskog sustava, NN 88/2012
- [2] Zakon o zaštiti na radu, Hrvatski sabor, NN 71/2014
- [3] Vjekoslav Srb, Električne instalacije i niskonaponske mreže, Zagreb 1982.
- [4] Amir Halep, Električne instalacije i osvjetljenje, Sarajevo 2000.
- [5] Boris Ožanić, Sigurnost u primjeni električne energije, Skripta VUKA, Karlovac 2016.
- [6] Djelovanje električne struje na čovjeka, <http://hzzzs.hr/wp-content/uploads/2016/11/Opasnost-od-elektri%C4%8Dne-energije.pdf>
- [7] Vrste (izvori) opasnosti od električne struje, [https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_1/SUPEE\\_POG\\_03.pdf](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_1/SUPEE_POG_03.pdf)