

# ZAŠTITA OD ELEKTRIČNOG UDARA

---

**Brdarić, Karlo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*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:128:254651>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-11**



**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

Karlo Brdarić

# **ZAŠTITA OD ELEKTRIČNOG UDARA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2020.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Karlo Brdarić

Protection against electric shock

Final paper

Karlovac, year 2020.

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

Karlo Brdarić

# **ZAŠTITA OD ELEKTRIČNOG UDARA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

**Filip Žugčić mag. ing. el.**

Karlovac, 2020.



**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

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: **KARLO BRDARIĆ**  
Naslov:

Matični broj: **0416615026**

#### **ZAŠTITA OD ELEKTRIČNOG UDARA**

Opis zadatka: U završnome radu navesti opasnosti od električnog udara te njihov utjecaj na ljudsko tijelo. Opisati tehničke mjere zaštite koje su propisane određenim Zakonima. Navesti opasnosti u kućanstvu koje može prouzročiti električna struja. Provesti anketni upitnik na temu „Poznavanje zaštite od električnog udara“.

Koristiti se stručnom literaturom, zakonima i pravilnicima te se konzultirati s mentorom. Završni rad napraviti sukladno Pravilniku VUKA.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

6.5.2019

18.6.2020

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Filip Žugčić mag. ing. el.

## **PREDGOVOR**

Zahvaljujem se svima koji su mi pomagali i podržavali me tokom mog studiranja. Najviše se zahvaljujem svojoj obitelji koja mi je omogućila školovanje i koja mi je bila najveća podrška. Hvala i Veleučilištu u Karlovcu.

Htio bih se zahvaliti i mentoru Filipu Žugčiću, mag. ing. el. koji je sa svojim stručnim znanjem pomogao u izradi ovog Završnog rada te na strpljenju i razumijevanju tokom njegovog pisanja.

## **SAŽETAK:**

Tema ovog rada je utjecaj električne energije na čovjeka te posljedice prolaska električne struje kroz ljudsko tijelo. Navedene su mjere zaštite od indirektnog i direktnog dodira te primjeri uređaja i načina koji nam pomažu kako bi se što bolje osigurali od električnog udara. Objašnjeni su primjeri opasnosti koje nosi struja u kućanstvu i načini kako se zaštititi od nezgoda koje uzrokuje električna energija u kućanstvu. Proveden je anketni upitnik koji se dotiče obrađenih tema u svrhu dobivanja podataka o informiranosti ljudi o zaštiti od električnog udara.

## **SUMMARY:**

In this paper, we talk about the impact of electricity on humans, and what the consequences can be of passing electricity through a person's body. It also show`s protection against direct and indirect contact and examples of devices and methods that help us avoid electrical shock. Examples of the dangers of household electricity and how to protect against accidents caused by electricity in the household are clarified. A survey questionnaire was conducted that touched upon the covered topics in order to obtain information about people's awareness of electric shock protection.



# SADRŽAJ

V

Stranica

<b>ZADATAK ZAVRŠNOG RADA .....</b>	<b>I</b>
<b>PREDGOVOR .....</b>	<b>II</b>
<b>SAŽETAK: .....</b>	<b>III</b>
<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1. CILJ RADA .....	2
1.2. IZVORI PODATAKA I METODE PRIKUPLJANJA .....	2
<b>2. TEORIJSKI DIO.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. UTJECAJ ELEKTRIČNE ENERGIJE NA ČOVJEKA.....</b>	<b>3</b>
2.1.1. Prolazak električne struje kroz organizam čovjeka .....	3
Električne traume – vanjske ozljede kao što su opekline, metalizacija kože i električni znakovi.....	3
2.1.1.1. Slučajevi u kojima čovjek postaje dio zatvorenog kruga: .....	4
2.1.1.2. Djelovanje električne energije na ljudsko tijelo .....	7
2.1.1.3. Impedancija ljudskog tijela .....	7
2.1.1.4 Granice opasnih napona.....	9
2.2. ZAŠTITNE MJERE OD DJELOVANJA ELEKTRIČNE STRUJE.....	11
2.2.1. Zaštita od direktnog dodira .....	11
2.2.2. Vodiči i kućišta .....	11
2.2.3. Dodatna diferencijalna zaštita.....	12
2.2.4. Zaštita od direktnog dodira preprekama i udaljavanjem .....	13
2.3. ZAŠTITA OD INDIREKTNOG DODIRA .....	14
2.3.1 Sigurnosni razredi zaštite električnih instalacija .....	16
2.3.2. Vrste zaštite od indirektnog dodira .....	17

2.3.3 Istodobna zaštita od izravnog i neizravnog dodira .....	17
2.3.4. Zaštita sa uređajima za automatsko isključivanje napajanja .....	20
2.3.5. TN sustav- zaštita s uređajima nadstrujne zaštite .....	20
2.3.6. TN sustav - isključivanje sa zaštitnim uređajima diferencijalne struje .....	22
2.3.7. TT sustav - isključivanje s uređajima nadstrujne zaštite .....	23
2.3.8. TT sustav – za isključivanje sa zaštitnim uređajima diferencijalne struje....	25
2.3.9. IT sustav- za automatsko isključivanje napajanja.....	25
2.4. OSNOVNA PRAVILA SIGURNOSTI KOD KORIŠTENJA STRUJE U KUĆANSTVU.....	28
2.4.1. Kako raditi sa strujom.....	28
2.4.2. Kako postupiti u slučaju nezgode .....	29
2.4.3. Postupci pružanja prve pomoći unesrećenoj osobi nakon strujnog udara .....	30
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	32
3.1 Anketni upitnik .....	32
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	33
5. ZAKLJUČAK.....	41
6. LITERATURA .....	43



# 1. UVOD

Sve ozljede nenamjerne ili namjerne u svijetu prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije godišnje smrtno strada oko 4,9 milijuna ljudi od kojih su 2/3 muškog spola i 1/3 ženskog spola. Vodeći uzrok ozljeda u svijetu su prometne nesreće (30%), na drugom mjestu se nalaze padovi (16%) te ostale ozljede koje uzrokuju smrt (17%). Na samom vrhu ljestvice smrtnosti od ozljeda u Europskoj uniji se nalazi Bjelorusija sa stopom 92,5/100.000, a Hrvatska u 2016. godini nalazila u gornjoj trećini europske ljestvice mortaliteta od ozljeda sa stopom od 46,1/100.000.

Električna energija spada u jednu od mnogih izvora opasnosti koje uzrokuje ozljede na radu te mogu biti opasne po život. Kako je današnje vrijeme nezamislivo bez njene upotrebe, potrebno je pridržavati se određenih pravila kako bi se osigurali od električnog udara.

Struja je po definiciji usmjereno gibanje slobodnih elektrona od pozitivnog pola prema negativnom i to u suprotnome smjeru od struje u vodičima. Jakost ili intenzitet struje koja teče presjekom vodiča možemo izračunati pomoću količine naboja koja njime prolazi u određenom vremenu. Označavamo je oznakom  $I$  i mjernom jedinicom - amper (A). Postoje dvije vrste električne struje: istosmjerna koja se kreće u jednome smjeru i u svakom trenutku ima jednaku jakost te izmjenična koja u jednakim vremenskim razmacima konstantno mijenja smjer i iznos. Vrlo je važno odrediti ukupno djelovanje strujnog polja na nekom putu – električni napon. Napon je razlika električnih potencijala dviju točaka električnoga polja ili strujnoga kruga. Tijekom rada govorimo o visokom naponu koji prelazi vrijednost od 1000 V za izmjeničnu ili 1500 V za istosmjernu struju. Niski napon ima vrijednost do 1000 V ako se radi o izmjeničnoj struji i 1500 V kod istosmjerne.

Čovjek može postati dio zatvorenog strujnog kruga ako dođe u doticaj s pokvarenom električnom instalacijom ili uređajima ako se nađe u izravnom dodiru između dvije točke pod naponom koje uzrokuju opasnost od električnog udara. Sigurnost i zdravlje pri radu s električnom energijom propisana je u Pravilniku na temelju članka 12. Stavka (1) Zakon o zaštiti na radu. Pravilnikom su određene granične vrijednosti nazivnog napona do 50 V za izmjeničnu i 120 V za istosmjernu u normalnim uvjetima kako bi se spriječile opasnosti na radu. U težim uvjetima na radu kao što su gradilišta, rudnici itd. granična vrijednost opasnog napona je propisana na dvostruko manje iznose.

U današnje vrijeme život u kućanstvu bez električne energije je nezamisliv. Svaki električni uređaj koji koristimo mora biti spojen na izvor napajanja (električnu mrežu) . Ako su uređaj ili instalacije koje se u kućanstvu koriste pokvarene, mogu uzrokovati nezgode. Kako bi spriječili potencijalne opasnosti treba poznavati osnovna pravila sigurnosti kod korištenja električnog uređaja u kućanstvu. Svaka osoba mora biti upoznata s pružanjem prve pomoći unesrećenoj osobi kod nezgoda svih vrsta, pa tako i kod udara električne struje.

## 1.1. CILJ RADA

Cilj ovog rada je opisati opasnosti od električne energije, njen utjecaj na ljudski organizam, kako postupiti u slučaju električnog udara te provesti upitnik i prikupiti podatke o znanju ljudi o električnoj energiji, poznavanju mjera prevencije te kako postupati ukoliko dođe do strujnog udara.

## 1.2. IZVORI PODATAKA I METODE PRIKUPLJANJA

Dobiveni podaci prikupljeni su primjenom anketnog upitnika koji se sastojao od pitanja zatvorenog tipa. Rezultati ankete obrađeni su analitičkom statistikom. Odgovori su prilikom obrade rezultata prikazani u obliku grafikona i tabela. Upitnik su ispunjavale punoljetne osobe koje su svojevrijem pristale na ispunjavanje. Podaci ankete nisu objavljeni i nitko ih ne može vidjeti kako bi zaštitili prava osoba i time smanjio utjecaj davanja društveno poželjnih (neiskrenih) odgovora.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. UTJECAJ ELEKTRIČNE ENERGIJE NA ČOVJEKA

Ako je čovjek izložen izmjeničnom naponu većem od 50 V uz frekvenciju napona od 50 Hz, onda se u smislu zaštite čovjeka za određeni iznos napona mora osigurati da on ne traje dulje od određenog vremena. Primjerice, trajanje struje uz izmjenični napon od 230 V i 50 Hz ne smije biti dulje od 170 ms, a u izrazito lošim, vlažnim uvjetima, ne smije biti dulje od 50 ms.

#### 2.1.1. Prolazak električne struje kroz organizam čovjeka

Čovjek koji se nalazi u izravnom dodiru s dvjema točkama pod naponom i time zatvara strujni krug pod utjecajem je električne struje. Struja koja prolazi kroz prsni koš i srce predstavlja najveću opasnost po život.

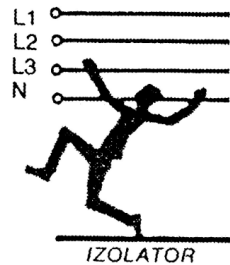
Postoje dvije vrste ozljeda uzrokovane električnom strujom:

Električni udar – ozljeđuje cijeli organizam. Može dovesti do paralize disanja i/ili paralize rada srca i u tim slučajevima djeluje smrtonosno. Ukoliko je struja slabije jakosti, organizam trpi fiziološke posljedice kao što su: oštećenje krvnih žila i krvotoka te grčevi u krvnim žilama koji uzrokuju nagli porast krvnog tlaka.

Električne traume – vanjske ozljede kao što su opekline, metalizacija kože i električni znakovi.

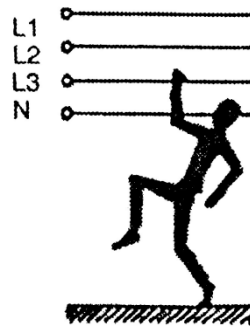
### 2.1.1.1. Slučajevi u kojima čovjek postaje dio zatvorenog kruga:

a) izravan dodir čovjeka s dva vodiča strujnog kruga



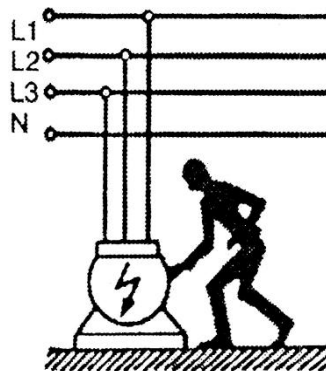
Slika 1. Dodir čovjeka s dva vodiča <sup>[1]</sup>

b) izravan dodir s jednim vodičem koji se nalazi pod naponom



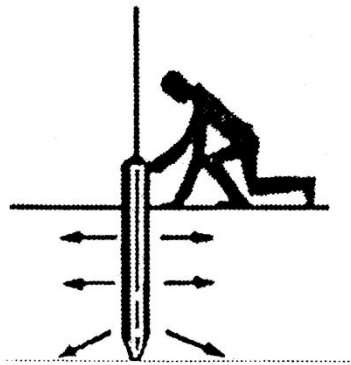
Slika 2. Dodir s jednim vodičem u odnosu na zemlju <sup>[1]</sup>

c) dodir sa metalnim dijelom koji je pod naponom zbog greške na izolaciji



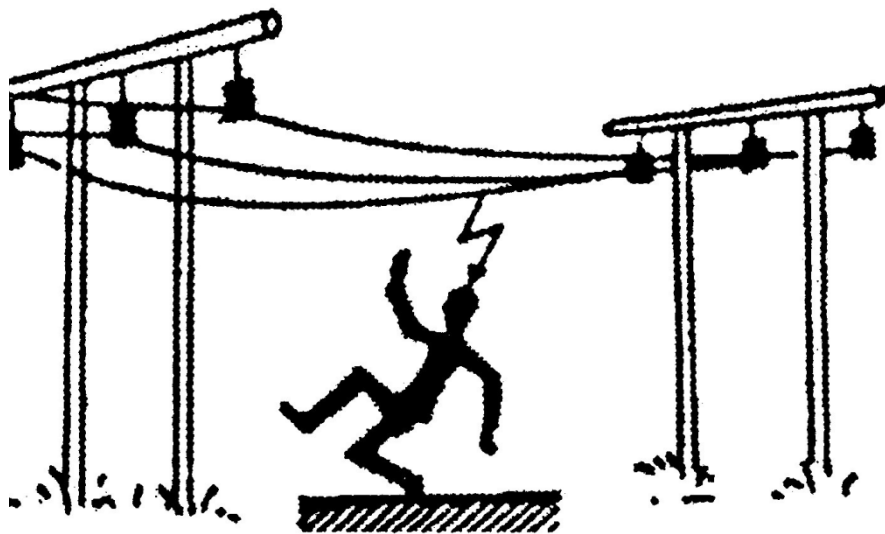
Slika 3. Čovjek u dodiru sa metalnim kućištem <sup>[1]</sup>

d) napon dodira; dodir s uzemljivačem nekog elektroničkog uređaja koji se zbog greške nalazi pod naponom



Slika 4. Čovjek u dodiru sa metalnim kućištem <sup>[1]</sup>

e) zatvaranje strujnog kruga prisustvom u visokonaponskom postrojenju u kojem dolazi do proboja zraka



Slika 5. Opasnost od postrojenja pod visokim naponom <sup>[1]</sup>

Navedeni slučajevi prikazuju kako postajemo dio zatvorenog strujnog kruga u kojemu kroz naše tijelo protječe struja određene jakosti koju možemo odrediti na vrlo točan način prema Ohmovom zakonu.



Jakost struje ovisi o veličini napona ( $U_d$ ) i otporu tijela ( $R_t$ ) između kontaktnih točaka prema Ohmovom zakonu :

$$I_t = \frac{U_d}{R_t} \text{ [A]}$$

gdje je:

$I_t$  – jakost struje kroz tijelo ( A )

$U_d$  – dodirni napon (V)

$R_t$  – otpor tijela ( $\Omega$ )

Posljedice koje stvara struja prolaskom kroz tijelo ovise o jakosti struje, putu prolaska, trajanju prolaska struje te svojstvima pojedinog organizma.

**Posljedice utjecaja struje jakosti 50 Hz između noge i ruke:**

- 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 sekunde, razaranje tkiva toplinskim djelovanjem. <sup>[3]</sup>

**Put prolaska** struje kroz tijelo odvija se na dva načina: **ruka-ruka** i **ruka- noga**.

**Trajanje prolaska struje kroz tijelo** izrazito utječe na ozljede do kojih dolazi pri jakosti struje većoj od nekoliko desetaka mili ampera i razmjernom naboju, tj. količini elektriciteta:

$$Q = I \cdot t$$

Gdje je:

Q – količina elektriciteta (C)

I – jakost struje (A)

t – vrijeme prolaska struje kroz tijelo (s)

**Organizam** u odnosu na iznos struje i opasnosti svojom fizičkom spremom, pripremljenosti na udar, bolesti srca te pluća određuje do kakvog će ishoda doći u trenutku električnog udara.

### 2.1.1.2. Djelovanje električne energije na ljudsko tijelo

Struja koja prolazi kroz tijelo uzrokuje ozljede na organizam koje se očituju kao **toplinske** (nastaju opekline), **mehaničke** (uništava tkivo), **kemijske** i **biološke** (otežano disanje ili paralizira disanje, grčenje tkiva) ozljede.

### 2.1.1.3. Impedancija ljudskog tijela

Za ostvarivanje mogućnosti kontrole nad mogućim izlaganjem čovjeka djelovanju električne struje, najprije je potrebno odrediti napon koji uzrokuje protjecanje dopuštene granične struje. Iz tog razloga potrebno je poznavati impedanciju ljudskog tijela.

Impedanciju ljudskog tijela čine radni i kapacitivni dio otpora. Kapacitivni dio se u praksi zanemaruje jer njegov utjecaj nije značajan. Za razliku od njega radni utjecaj 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 nositelj je otpora koji varira u širokim granicama od 0 do 20 000  $\Omega$ , [2].

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

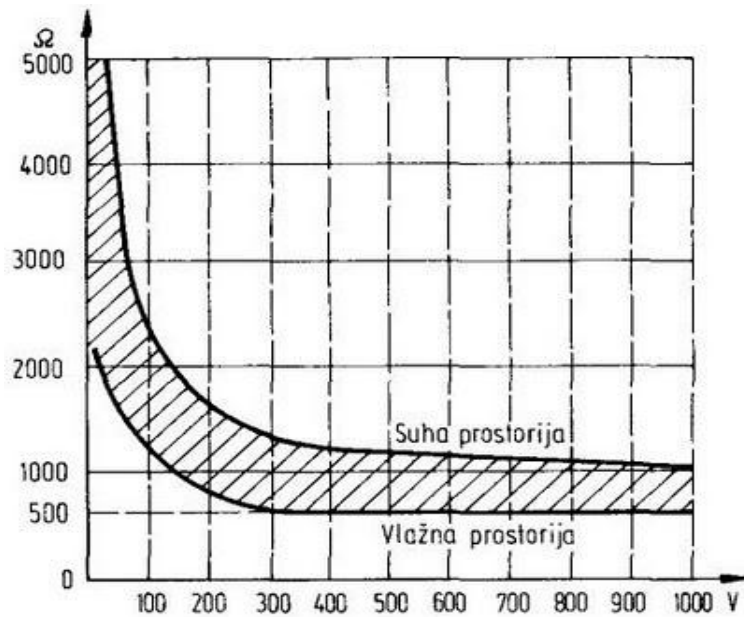
- čistoći kože
- vlažnosti kože
- debljini kože
- pritisku dodira
- općem zdravstvenom stanju (muskulatura)
- trajanju djelovanja
- visini napona
- vrsti struje
- frekvenciji
- temperaturi čovjeka (fizički napor - manji otpor) .

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 1.

Tablica 1. Ovisnost impedancije tijela o naponu dodira. <sup>[1]</sup>

Napon dodira (V)	25	50	75	100	125	220	700	1000	>1000
Totalna impedancija ljudskog tijela ( $\Omega$ )	1.750	1.450	1.250	1.200	1.125	1.000	750	700	600

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, [2].



Slika 6. Čovjek u dodiru sa metalnim kućištem. <sup>[2]</sup>

#### 2.1.1.4 Granice opasnih napona

Vrijeme koje je potrebno za prolazak električne struje kroz ljudsko tijelo određuje vrijednost granice opasnih napona. Najveća dopuštena vrijednost napona dodira ( $U_L$ ) koja ne utječe na zdravlje čovjeka određuje se fiziološkim djelovanjem električnih struja različitih jakosti, trajanja i impedancije čovjekovog tijela, u ovisnosti o naponu.

Tablica 2. Dopušteno trajanje napona dodira. <sup>[1]</sup>

Očekivani napon dodira $U_c$ (V)	Dopušteno vrijeme trajanja t(s)	
	Normalni uvjeti	Loši uvjeti
25	$\infty$	5
50	5	0.48
75	0.6	0.3
100	0.4	0.22
150	0.28	0.12
230	0.17	0.05
300	0.12	0.025
400	0.07	
500	0.04	

Dopušteni napon dodira ( $U_L$ ) je najveća vrijednost napona koja pri utvrđenim uvjetima okoline i vremenski neograničenom djelovanju, nema posljedice na ljudsko tijelo.

Kada tijelo dođe u dodir s izmjeničnom strujom, određeno je da trajno dopušteni dodir napona u normalnim uvjetima u okolini može iznositi 50 V, a ako se tijelo nalazi u lošim uvjetima tada dopušteni napon dodira iznosi 25 V. Tako postoji i određeni napon dodira za istosmjernu struju koja u normalnim uvjetima okoline iznosi 120 V, a u teškim 60 V.

## 2.2. ZAŠTITNE MJERE OD DJELOVANJA ELEKTRIČNE STRUJE

Struja je izvor opasnosti kada se njome ne rukuje pravilno. Ukoliko želimo izbjeći doticaj s električnom energijom tijekom rukovanja i korištenja električnih postrojenja, instalacija i trošila, moramo postići provedbu tehničkih zaštitnih mjera. Tehničke mjere zaštite od direktnog i indirektnog dodira te dopunske zaštite usko možemo povezati s razdjelnim mrežama niskog napona. Ujedno moramo poznavati i kako se vodiči označavaju, izoliraju te koji sigurnosni razredi električne opreme postoje. Vrlo je važno poznavati osnovna pravila prve pomoći kako bismo mogli pomoći osobi koja je doživjela strujni udar.

### 2.2.1. Zaštita od direktnog dodira

Tijekom direktnog udara najveću opasnost predstavljaju električni uređaji te instalacije pod naponom. Ukoliko dođe do kvara na uređajima ili instalacijama kojima čovjek rukuje, javlja se rizik od izloženosti punom faznom ili linijskom naponu. Kako bismo se zaštitili od niskog napona, uređaji i instalacije moraju biti izolirane i zaštićene kućištima ili pregradama.

### 2.2.2. Vodiči i kućišta

**Vodiči** su glavni prijenosnici električne energije u električnim instalacijama, koji se sastoje od bakrene žice zaštićene izolacijskim PVC omotačem ili vulkanizirane gume. Važno je poznavati boje žica jer nam to govori o njezinoj namjeni. Zahvaljujući tome možemo lako raspoznati vodiče strujnog kruga.

Vodiči istosmjerne i izmjenične struje označavamo određenim oznakama i bojama koje su navedene u tablicama 4. i 5.

Tablica 3. Označavanje vodiča izmjenične struje. <sup>[1]</sup>

Izmjenična struja		
Oznake	Boja vodiča	Naziv vodiča
L1, L2, L3	crna ili smeđa	fazni vodič
N	svijetlo-plava	neutralni vodič
PE	zeleno-žuta	zaštitni vodič
PEN	zeleno-žuta	zaštitni i neutralni vodič zajedno

Tablica 4. Označavanje vodiča istosmjerna struje. <sup>[1]</sup>

Istosmjerna struja		
Oznake	Boja vodiča	Naziv vodiča
L+	crvena	pozitivni vodič
L--	plava	negativni vodič
M	svijetlo-plava	srednji vodič
PE	zeleno-žuta	zaštitni vodič

**Kućišta** se koriste za zaštitu električnih instalacija i uređaja od vanjskih utjecaja te za zaštitu od indirektnog dodira sa svih strana. Građena su od vodljivih ili izolacijskih materijala. Radi sigurnosti kućišta se moraju otvarati samo pomoću alata, ključa, ugradnjom krajnje sklopke te unutarnjim pregradama.

### 2.2.3. Dodatna diferencijalna zaštita

U kućanstvima su glavne sklopke glavni uređaji za upravljanje i zaštitu električnih instalacija. Ukoliko glavna sklopka ne posjeduje diferencijalnu sklopku ili FID sklopku (slika 7.), potrebno je pobrinuti se za zaštitu ugradnjom jednog ili nekoliko uređaja na početku instalacije.



Slika 7. Diferencijalna ili FID sklopka. <sup>[6]</sup>

Diferencijalna sklopka nam pomaže ustanoviti postoji li gubitak struje na način da uspoređuje jačinu struje na ulazu i izlazu, a kada dođe do situacije da te dvije vrijednosti nisu jednake, FID sklopka prekida strujni krug. To nam govori da negdje dolazi do gubitka struje. Ukoliko želimo ponovno uključiti FID sklopku moramo otkriti kvar na uređaju. Kod ugrađivanja FID sklopke bitno je da se postavlja na početak strujnog kruga koji je zaštićen razdjelnom ormaru.

Dopunska zaštita koristi se u instalacijama i prostorijama s puno vlage jer tamo postoji povećana opasnost od strujnog udara. Granične vrijednosti FID sklopki se kreće između 300 mA i 10 mA. Kod kupaoonica, električnih kućanskih uređaja te opasnih prostorija granična vrijednost iznosi 30 mA.

#### 2.2.4. Zaštita od direktnog dodira preprekama i udaljavanjem

Svake zgrade moraju sadržavati električne prostorije (posebno ograđene na otvorenom npr. transformatske stanice) u kojima se nalaze električne instalacije i postrojenja koje su propisano zaštićene od direktnog dodira. Prostorije moraju biti zaključane, te pristup mora biti dozvoljen samo ovlaštenim osobama u kojima je dozvoljena smanjena zaštita od izravnog dodira primjenom zaštitnih mjera:

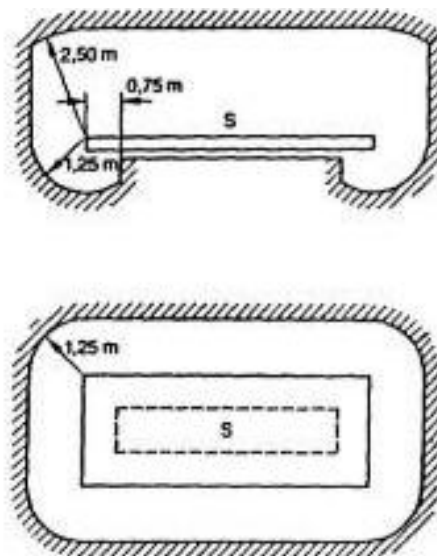
1. zaštita preprekama
2. zaštita udaljavanjem



**Zaštita preprekama** sprječava samo slučajan fizički pristup dijelova pod naponom ili slučajni dodir s dijelovima pod naponom. Ostvarujemo ju postavljanjem zaštitnih prečka, izolacijskih ploča ili žičanih mreža. Prepreke se uklanjaju bez ključa ili alata za otvaranje, ali moraju biti učvršćene na način da je spriječeno njihovo slučajno uklanjanje.

**Zaštita udaljavanjem** omogućuje zaštitu samo kod slučajnog dodira dijelova pod naponom. Da bi se osigurala efikasnost zaštite od slučajnog izravnog dodira, istodobno dostupni dijelovi pod naponom električnih instalacija moraju biti na međusobnoj udaljenosti od najmanje 2,5 m. Prema tome, dijelovi pod naponom moraju se razmjestiti tako da u odnosu stajalište čovjeka budu:

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



Slika 8 . Dopuštena udaljenost od slučajnog dodira dijelova pod naponom. <sup>[2]</sup>

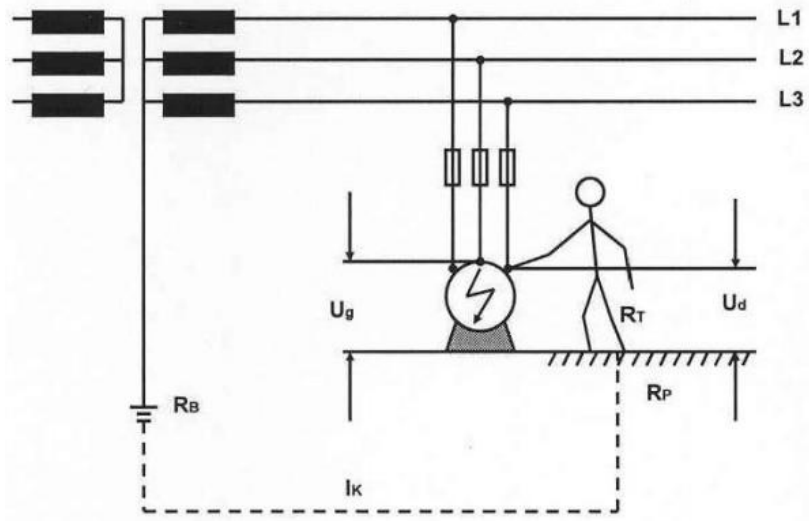
### 2.3. ZAŠTITA OD INDIREKTNOG DODIRA

Neizravan ili indirektan dodir nam govori o električnom udaru do kojeg dolazi u slučaju oštećenja osnovne izolacije ili u dodiru s vodljivim dijelovima koji spadaju u strujni krug, ali u redovnom pogonu nisu pod naponom te tako predstavljaju opasnost za ljude.

Slika 9. Prikazuje slučaj gdje je čovjek u dodiru sa kućištem trošila u kvaru i istodobno stoji na vodljivom tlu s prijelaznom otporom  $R_p$ .  $U_g$  predstavlja napon dodira čija vrijednost ovisi o međusobnom odnosu otpora ljudskog tijela  $R_T$  i prijelaznom otporu  $R_p$ . Jakost struje kvara

$I_K$  određena je naponom prema zemlji  $U_g$  i ukupnim otporima koji se pojavljuju pri kvaru kućišta.  $U_d$  je napon kvara koje predstavlja kućište trošila i  $R_B$  je otpor pogonskog uzemljenja.

**Očekivani napon dodira** je najviši napon dodira u električnoj instalaciji tijekom kvara koji se može pojaviti.



Slika 9. Dodir čovjeka sa oštećenim kućištem uređaja. <sup>[2]</sup>



Zaštita od indirektnog dodira ima zadaću:

- isključiti strujni krug s kvarom u dovoljno kratkom vremenu i time ograničiti vrijeme djelovanja struje kvara kroz čovjekovo tijelo, 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 (kod električnih uređaja razreda / klase II i III)

### 2.3.1 Sigurnosni razredi zaštite električnih instalacija

Postoje mnoge električne opreme koje nam omogućuju određeni stupanj zaštite. Električnu opremu možemo razvrstati prema stupnju zaštite ( tablica 6.) koja je određena odgovarajućim normama te simbolima radi lakšeg raspoznavanja sigurnosni razreda.

Tablica 5. Simboli na električnoj opremi vezani uz zaštitu od strujnog udara. <sup>[1]</sup>

RAZREDI	OZNAKE NA PLOČICI UREĐAJA
0	Nema oznake
I	Simbol uzemljenja 
II	
III	Oznaka nazivnog napona

Sigurnosni razredi električne opreme:

1. Oprema razreda 0. : oprema koja sadrži osnovnu izolaciju, ali nema snažniju izolaciju na svim svojim dijelovima, pa zato nema mogućnost povezivanja svojih izloženih metalnih dijelova na zaštitni vodič
2. Oprema razreda I. : ima barem jednu osnovnu izolaciju na svim dijelovima i ima mogućnost povezivanja svojih izloženih metalnih dijelova na zaštitni vodič. Kućanski aparati koji spadaju pod sigurnosni razred I. : bojleri, hladnjaci, štednjaci, grijalice itd.
3. Oprema razreda II. : izloženi dijelovi od aktivnih dijelova odvojeni su izolacijom koja sadrži samo dvostruku izolaciju ili snažniju izolaciju te nema mogućnost spajanja izloženih metalnih dijelova ukoliko postoje na zaštitnom vodiču. Kućanski aparati razreda II. : brijaći aparati, sušila za kosu, rasvjetna tijela za kupaonicu itd.
4. Oprema razreda III. : oprema za koju predviđeni napon ne prelazi granicu niskog napona do 50 V te nema vanjski i unutarnji krug.

### 2.3.2. Vrste zaštite od indirektnog dodira

Postoji četrnaest zaštitnih mjera od neizravnog dodira koje se prema načinu djelovanja mogu podijeliti u tri glavne skupine:

1. Skupina - istodobna zaštita od izravnog i neizravnog dodira:
  - sigurnosni mali napon (SELV)
  - uzemljeni sigurnosni mali napon (PELV)
  - mali radni napon (FELV)
2. Skupina - zaštita s uređajima za automatsko isključivanje napajanja:
  - TN (TN-C, TN-C/S, TN-S) sustavi - isključivanje s uređajima nadstrujne zaštite, isključivanje sa zaštitnim uređajima diferencijalne struje
  - TT sustavi - isključivanje s uređajima nadstrujne zaštite, isključivanje sa zaštitnim uređajima diferencijalne struje
  - IT sustav s korištenjem - kontrolnika izolacije, zaštitnih uređaja diferencijalne struje, zaštitnih uređaja nadstrujne zaštite.
3. Skupina – zaštita bez uređaja za isključivanje struje kvara
  - zaštita primjenom uređaja klase II. ili odgovarajućom izolacijom
  - električko odvajanje (galvansko odvajanje)
  - nevodljiva okolina
  - izjednačavanje potencijala bez vodljive veze sa zemljom.

### 2.3.3 Istodobna zaštita od izravnog i neizravnog dodira

Istodobna zaštita od izravnog i neizravnog dodira najdjelotvornija je zaštita jer snizuje nazivni napon uređaja na vrijednost ispod granice opasnih napona. Visina nazivnog napona ograničena je na 50 V kod izmjenične struje i na 120 V kod istosmjerne.

1. **Sigurnosni mali napon** ( SELV- Saftey Extra Low Voltage)

Koristi se u situacijama gdje rad električnih uređaja predstavlja veliku opasnost (npr. bazeni, zabavni parkovi, dječje igračke te neki kućanski aparati).

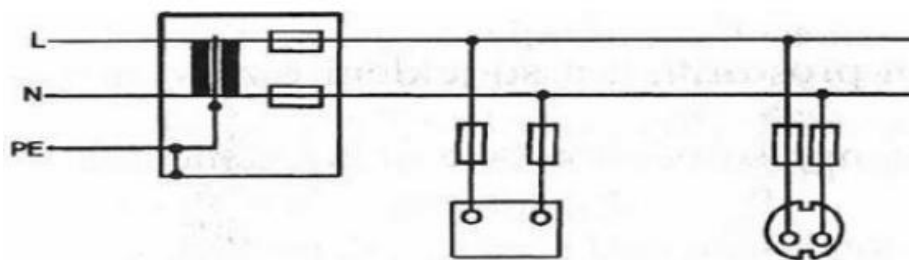
Nazivni napon u strujnom krugu sigurnosnog malog napona je ograničen na 50 V izmjenične struje i 120 V istosmjerne struje, ako se nalazi u lošim uvjetima nazivni napon se ograničava na 25 V izmjenične i 60 V istosmjerne struje.

Izvori sigurnosnog malog napona u slučaju kvara ne smiju dopustiti da se pojavi viši napon od njegovog nazivnog napona.

Strujni krugovi sustava izvode se na sljedeće načine:

- dijelovi pod naponom ne smiju se uzemljiti i spajati s aktivnim dijelovima strujnog kruga višeg napona
- kućište električne opreme ne smije se spajati sa zemljom, zaštitnim vodičem te stranim dijelovima
- vodiči u strujnom krugu sustava moraju biti fizički odvojeni od vodiča bilo kojeg drugog strujnog kruga

Kod izravnog dodira sigurnosnog malog napona potrebna je dodatna zaštita pregradama, kućištima ili izolacijom ako nazivni napon prelazi 25 V izmjenične struje i 60 V istosmjerne.



Slika 10. Sigurnosni mali napon (SELV). [2]

## 2. Uzemljeni sigurnosni mali napon (PELV- Protection by Extra Low Voltage)

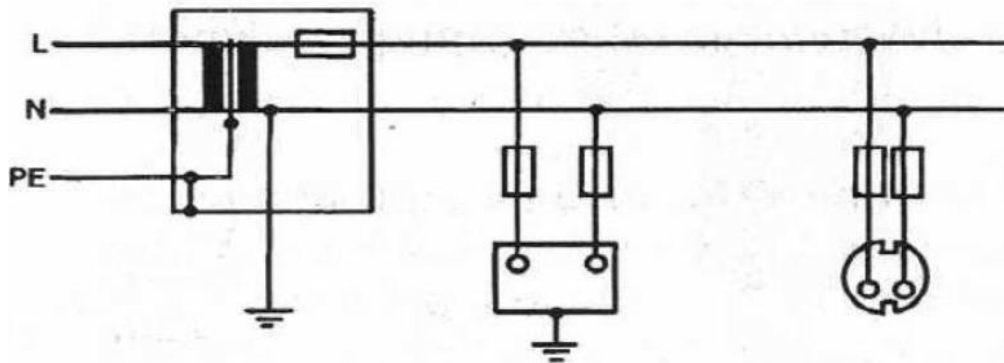
PELV sustav se koristi kao istodobna zaštita od direktnog i indirektnog napona gdje se zbog uvjeta okoline i rada zahtjeva veliki stupanj sigurnosti i tada su potrebni uzemljeni vodiči malog napona. Strujni krugovi su izvedeni kao i kod SELV sustava. U PELV sustavu nije potrebna dopunska zaštita od indirektnog dodira jer se ona osigurava samo izvedbom a to je:

- nazivni naponi su manji od trajno dopuštenog napona dodira  $U_g$
- 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 s povećanom sigurnosti od električnog udara

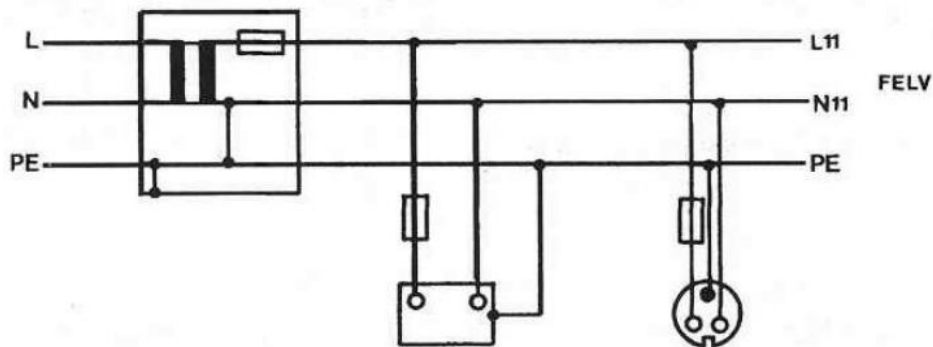
- mjerne i upravljačke strujne krugove
- telekomunikacijske i informacijske sustave.



Slika 11. Uzemljeni sigurnosni mali napon (PELV). [2]

### 3. Mali radni napon (FELV- Functional Extra Low Voltage)

Ako nam je ekonomski i tehnološki prihvatljiviji mali radni napon, a nisu nužni sigurnosni mali naponi i uzemljeni sigurnosni mali napon, koristit će se mali radni napon (FELV). Tijekom njegovog korištenja sustav se mora osigurati od izravnog i neizravnog napona dodira.



Slika 12. Mali radni napon (FELV). [2]

Od izravnog dodira se osiguravamo pregradama ili kućistima te izolacijom dijelova pod naponom koji izdrže napon od 230 V. Ako u nekim slučajevima izolacija dijelova strujnog kruga malog radnog napona ne izdržava ispitne napone zahtjevne za primarni krug, tijekom postavljanja dijelova moraju se pristupačni nevodljivi dijelovi dodatno pojačati kako bi cjelokupna izolacija izdržala ispitni napon 1500 V efektivne vrijednosti izmjenične struje kroz 1 minutu.

FELV sustav se koristi u slučaju kada uređaj kao pogonski napon koristi napon do 50 V izmjenične struje, ali pri tome nisu ispunjeni uvjeti za sustav SELV niti PELV, kao npr. galvanizacija, elektroliza, indukcijske peći i sl.

### 2.3.4. Zaštita sa uređajima za automatsko isključivanje napajanja

Zadatak automatskog isključivanja napajanja kod električnih instalacija i uređaja je automatsko isključivanje napajanja u slučaju pojave kvara na izolaciji, čime se sprječava nastanak ozljeda pod utjecajem visokog napona. Do isključivanja napajanja na instalacijama dolazi ako je struja koja je prouzročila kvar na izolaciji dovoljno jaka da prekine napajanje u vremenu koje je bezopasno za ljude.

Ova zaštita primjenjuje se kod sustava električnih niskonaponskih mreža i instalacija, kod kojih se zbog zaštite korisnika povezuju dostupni i vodljivi dijelovi uređaja, aparata i instalacijske opreme sa zaštitnim vodičima. Takvi sustavi su TN, TT i IT sustavi niskonaponskih mreža i instalacija.

Vrste zaštitnih uređaja za automatsko isključivanje napajanja su:

#### 1. rastalni osigurači

- instalacijski osigurači
- visokoučinski osigurači.

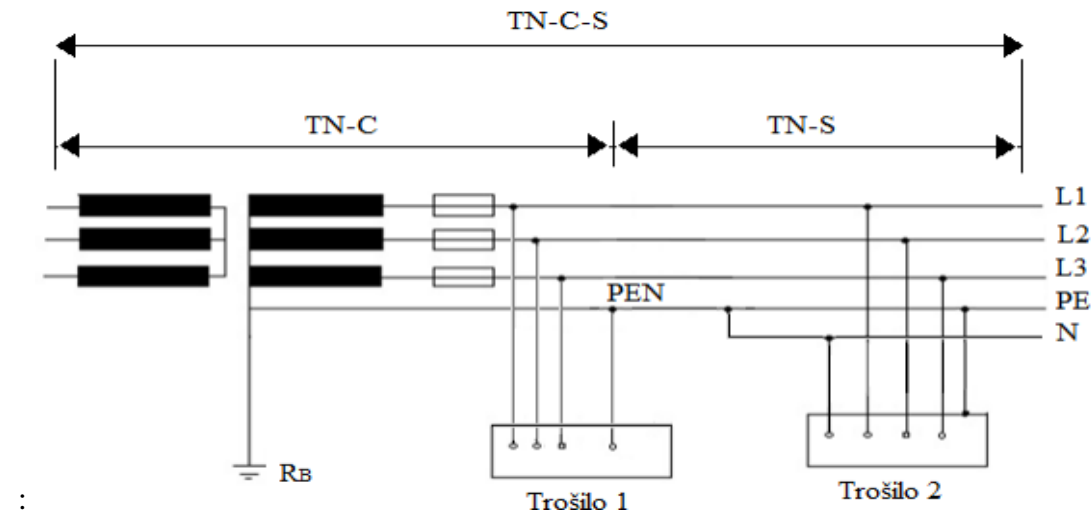
#### 2. automatski zaštitni prekidači

#### 3. zaštitne sklopke

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

Glavna zadaća TN sustava je da pomoću određenih uređaja nadstrujne zaštite i vodiča u slučaju kvara zanemarivog otpora dovodi do automatskog isključivanja napajanja u određenom vremenu. Kod TN sustava jezgra transformatora je direktno spojena sa zemljom, a kućište je preko zaštitnog vodiča direktno spojeno na uzemljenu neutralnu točku. Kako

postoje različiti rasporedi neutralnog i zaštitnog vodiča, tako postoje i tri podvrste TN sustava (TN-S, TN-C, TN-C/S)



Slika 13. Podvrste TN sustava. <sup>[2]</sup>

Kod TN-S sustava neutralni vodič (N) i zaštitni vodič (PE) su odvojeni što znači da struja ne teče kroz zaštitni vodič.

U TN-C sustavu neutralni vodič (N) i zaštitni vodič (PE) su spojeni u jedno i čine jedan PEN vodič.

TN-C/S sustav predstavlja oba sustava zajedno tako da u jednom dijelu mreže može biti kao PEN vodič, a u drugom dijelu mreže, koji se nalazi u blizini trošila, zaštitni vodič odvojen je od trošila.

Kod korištenja zaštitnih uređaja u TN sustavu mora se odrediti njihovo maksimalno vrijeme rada za zaštitu od kvarova. Ukoliko kod krajnjih strujnih krugova čija nazivna struja ne prelazi 63 A s jednom ili više utičnica, maksimalno vrijeme odvajanja neće prelaziti vrijednosti navedene u tablici 7. Za ostale strujne krugove maksimalno vrijeme odvajanja je fiksno i iznosi 5 sekundi.



Tablica 6. Maksimalno vrijeme odvajanja u TN sustavima pod određenim faznim naponom.

[1]

$U_o$ (V)	T (s)
$50 < U_o \leq 120$	0.8
$120 < U_o \leq 230$	0.4
$230 < U_o \leq 400$	0.2
$U_o > 400$	0.1

$U_o$  – fazni napon na zemlju

Rastalni osigurači te zaštitni prekidači su uređaji s nadstrujnom zaštitom. Kod rastalnih osigurača moramo pripaziti na njihovu rastalnu karakteristiku, tj. vrijeme potrebno da osigurač prepore (t<sub>i</sub>) nakon što je izložen struji kvara. Vrijeme pregaranja mora biti manje od zahtjevnog vremena (t<sub>d</sub>). Tijekom korištenja zaštitnih prekidača moramo obratiti pozornost na struju okidanja, u tom slučaju struja kvara mora biti veća od struje okidanja .

### 2.3.6. TN sustav - isključivanje sa zaštitnim uređajima diferencijalne struje

Diferencijalnu struju možemo prevesti kao struju s greškom. U normalnom pogonu struja koja dolazi do trošila mora biti jednaka struji koja izlazi iz trošila. Ukoliko dođe do kvara na trošilu, tj. na kvaru proboja izolacije, dolazi do razlike u jakosti ulazne i izlazne struje te posljedično dolazi do isključenja struje pomoću zaštitnog uređaja. U tom slučaju, FID sklopka je glavni uređaj za zaštitu od diferencijalne struje. FID sklopke se smatraju sigurnim uređajima jer njihovo vrijeme isklopa iznosi 0,1 sekundu.

Kako bi ova zaštita s uređajima diferencijalne struje funkcionirala mora biti ispunjen uvjet:

$$Z_k \cdot I_k \leq U_g \quad R_k \cdot I_k \leq U_g$$

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:

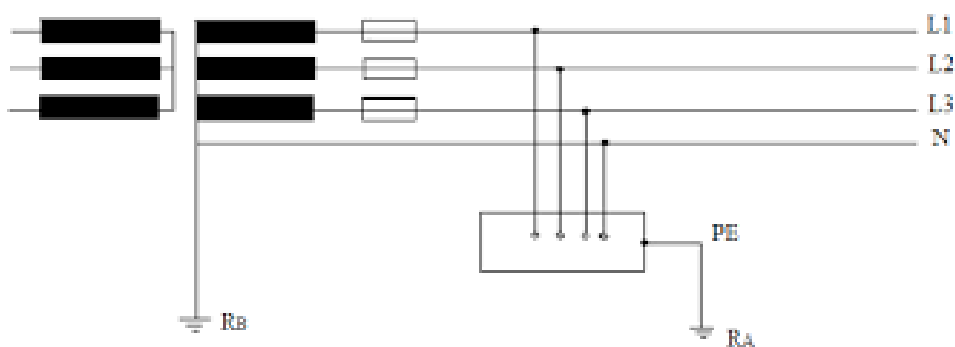
- 0,4 sekunde za strujne krugove s priključnicama, za pokretna i prenosiva trošila
- 5 sekundi za radijalne strujne krugove stabilnih trošila koji ne mogu utjecati na strujne krugove s priključnicama.

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

$I_{\Delta n}$  - nazivna diferencijalna struja FID sklopke (A). <sup>[5]</sup>

### 2.3.7. TT sustav - isključivanje s uređajima nadstrujne zaštite

TT je sustav u kojem je jezgra transformatora direktno spojena sa zemljom te je kućište trošila isto tako spojeno sa zemljom i ono ne ovisi o transformatoru.



Slika 14. TT sustav. <sup>[3]</sup>

Kod nadstrujnih zaštitnih uređaja najvažnije je da ukoliko dođe do kvara nekog zanemarivog otpora automatski dolazi do isključivanja napajanja u određenom vremenu. Određeni uvjeti moraju biti ispunjeni kako bi vrijeme potrebno za isključivanje bilo manje od 5 sekundi.

Uvjeti:

$$R_A \times I_A \leq U_L$$

Gdje je :

- $U_L$  dopušteni napon dodira
- $R_A$  ukupni otpor uzemljivača
- $I_A$  struja kvara koja osigurava isklapanje nadstrujnog zaštitnog uređaja.

Rastalni osigurači i automatski instalacijski osigurači prikazani na slici 12. spadaju pod zaštitne uređaje nadstrujne zaštite u kojima struja kvara ( $I_A$ ) mora biti dovoljne jakosti kako bi osigurači automatski isključili struju.



Slika 15. Automatski i rastalni osigurači. [4]

### 2.3.8. TT sustav – za isključivanje sa zaštitnim uređajima diferencijalne struje

Za zaštitu uređaja diferencijalne struje vrijeme prekida je manje od 0,1 sekunde što ih čini vrlo pouzdanim uređajima. Kako se uređaj nalazi u TT sustavu on je sam za sebe povezan sa zemljom te ukoliko dođe do kvara na izolaciji trošila, uređaj će omogućiti da dovoljno jaka struja prođe kroz vodiče i aktivirat će zaštitni uređaj.

Uvjet za aktiviranje zaštitnog uređaja:

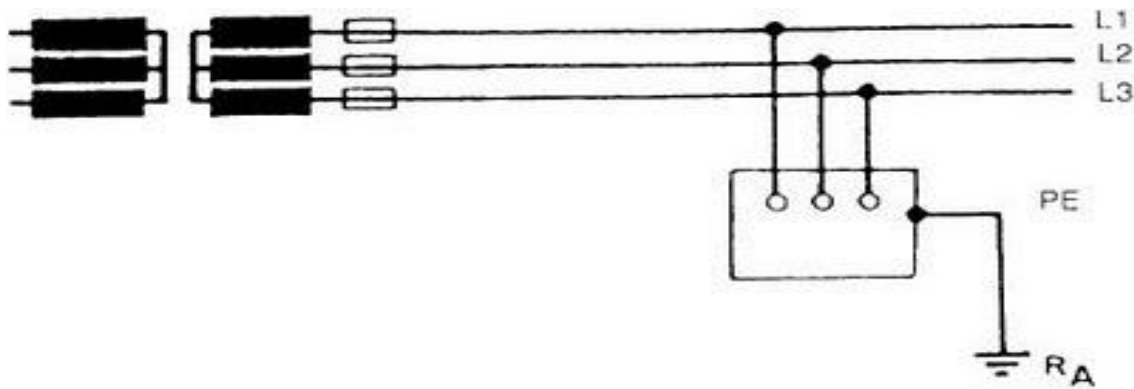
$$R_A \times I_{\Delta n} \leq U_L$$

Gdje je :

- $R_A$  - ukupni otpor uzemljivača
- $I_{\Delta n}$  - nazivna isklopna diferencijalna struja pri kojoj dolazi do isklapanja
- $U_L$  – dopušteni napon dodira od 50 V ili 25 V.

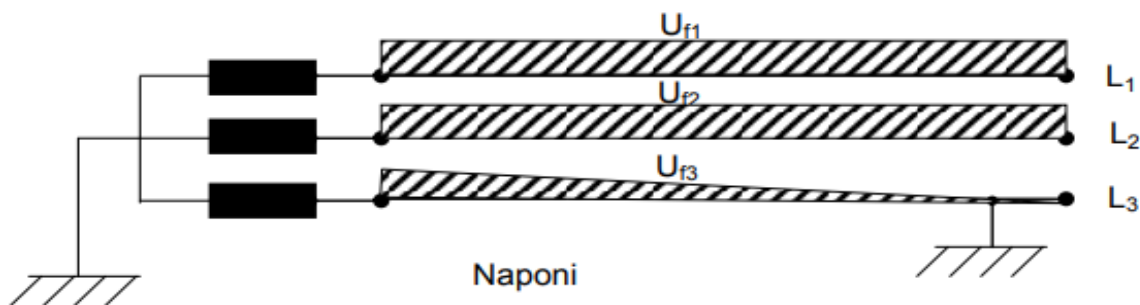
### 2.3.9. IT sustav- za automatsko isključivanje napajanja

Kod IT sustava jezgra transformatora nije uzemljena, nego su svi vodiči izolirani od zemlje ili su sa zemljom povezani u jednoj točki preko velike impedancije ( otpor prolaska izmjenične struje kroz strujni krug ). Kućište trošila je povezano direktno sa zemljom.



Slika 16. IT sustav. <sup>[5]</sup>

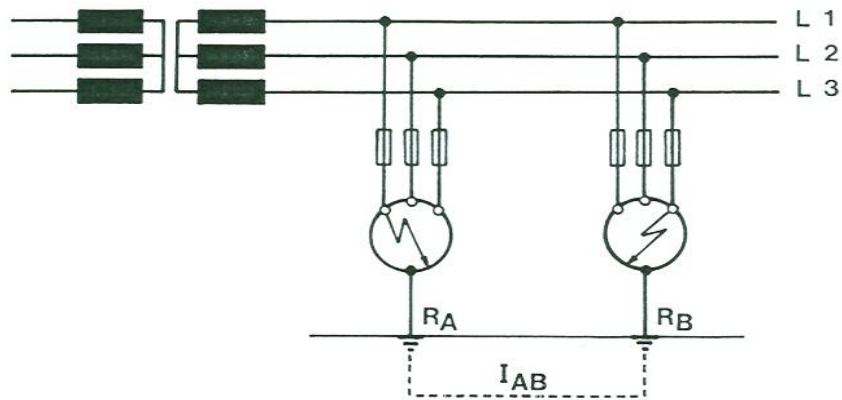
Kod IT sustava postoji jednopolni kratki spoj koji nazivamo zemljospoj. Postoji više vrsta zemljospoja. Kod jednostrukog zemljospoja ili prvog kvara, faza koji se nalazi u kvaru može približno poprimiti potencijal zemlje (slika 14.), a za to vrijeme ostale dvije faze koje nisu u kvaru poprimaju napon koji je tri puta veći te tako instalacija može ostati u pogonu, iako je jedna faza u kvaru. Tako IT sustav ima prednost nad ostalim sustavima.



Slika 17. Zemljospoj sa jednom „bolesnom“ fazom

Kod struje zemljospoja (prvog kvara) struja kvara je male jakosti koja ne može isključiti struju pomoću nadstrujnih zaštitnih uređaja. Ukoliko se ne popravi prvi kvar, on može uzrokovati i drugi kvar u drugoj fazi koja može poprimiti visoke napone dodira. Kako bismo spriječili drugi kvar moramo postaviti uređaj koji na temelju zvučnih i vizualnih signala dojavljuje grešku. Takve uređaje nazivamo kontrolnikom izolacije.

Ukoliko se pojavi dvostruki zemljospoj, tj. drugi kvar prouzročen prvim kvarom, tada struja kvara prolaskom kroz fazni vodič dolazi do prvog kućišta trošila ( $R_A$ ) koje je zaštitnim vodičem direktno uzemljeno, zatim kroz zaštitni vodič ( $I_{AB}$ ) drugog kućišta trošila ( $R_B$ ) dolazi do izvora napajanja (slika 15.). Time dolazi do greške na oba trošila ako se kućišta trošila uzemlje pojedinačno ili u skupinama.



Slika 18. Kvar u oba trošila u IT sustavu kod pojedinačnog uzemljenja. <sup>[2]</sup>

Uvjeti zaštite ukoliko su fazni dijelovi uzemljeni pojedinačno ili u skupinama:

$$Z_s \leq \frac{\sqrt{3} \times U_0}{2 \times I_a}$$

Gdje je:

- $U_0$  - napon mreže prema zemlji
- $Z_s$  - impedancija petlje kvara koja se sastoji od impedancije faznih vodiča od oba trošila i impedancije dijela zaštitnog vodiča između oba trošila
- $I_a$  - struja kvara

## 2.4. OSNOVNA PRAVILA SIGURNOSTI KOD KORIŠTENJA STRUJE U KUĆANSTVU

Struja u kućanstvu smatra se velikim izvorom opasnosti ako se njome ne rukuje pravilno i s pažnjom. Do strujnog udara može doći izravnim kontaktom osobe s metalnim elementom kroz koji struja prolazi. Strujni udar može biti smrtonosan ukoliko se nesreća dogodi u vlažnom prostoru (kupaonica, kuhinja) i u slučajevima kada je pod vodič struje (zemlja, pločice itd.)

### 2.4.1. Kako raditi sa strujom

Prije svakog početka rada na električnim instalacijama treba prekinuti strujni krug na razvodnoj ploči. Na taj način zaustavit ćemo protok struje i možemo sigurno nastaviti s radom.

Pravila ponašanja kod rada sa strujom:

- ne koristite nikakav električni uređaj ukoliko imate mokre ruke ili stojite u vodi
- nikada električne uređaje, kao što su sušilo za kosu, ne ostavljate uz rub kade
- prilikom isključenja uređaja iz utičnice ne povlačite ga za kabel -na taj način možete oštetiti uređaj, kabel ili spojeve utičnice i prouzročiti loš kontakt koji može rezultirati zagrijavanjem uređaja, a samim time i požarom
- kod čišćenja uređaja vlažnim krpama, potrebno je prethodno isključiti uređaj
- nakon prestanka korištenja električnih uređaja odmah izvući kabel iz utičnice kako se uređaj ne bi nehotice upalio
- električni produžni kablovi mogu biti izvor nesreće ukoliko su loše utaknuti, tj. kada je žica preslaba (premalog presjeka) za napajanje uređaja, jer tada dolazi do prekomjernog zagrijavanja.
- nikada ne koristite produžetak s dva utikača te pazite da kabel ima uzemljenje za uređaj koji će se u njega priključiti

- pripazite na letve za priključivanje nekoliko uređaja jer ako su preopterećene dolazi do zagrijavanje i može doći do nastanka požara
- ne stavljati metalna grla u vlažne prostore jer kod mijenjanja žarulja može doći do strujnog udara
- kod bušenja zida ili stropa obavezno provjeriti gdje se nalaze ugrađeni kabelski kanali jer ukoliko probušimo kabelski kanal može doći do strujnog udara
- ne stavljati duge metalne predmete blizu nadzemnih vodova, udare li ljestve, antene ili cijev u električni vod, posljedice su kobne
- koristiti materijale i opremu u skladu s normama
- ovlašteni električari povremeno trebaju pregledati i održavati električne instalacije u kućanstvu

Ukoliko se u kućanstvu nalaze mala djeca trebalo bi povećati sigurnost. Postoje uređaji koji omogućuju dodatnu sigurnost, kao na primjer:

- utičnice sa zaštitom: otvori utičnice zatvorene su s dva poklopca koji se mogu istodobno otvoriti pod pritiskom čepova utikača
- uređaj s dvostrukom izolacijom sigurnosnog razreda II: ti su uređaji posebno zaštićeni i ne trebaju imati uzemljenje, prepoznatljivi su po znaku dvostrukog kvadrata koji se nalazi na uređaju i obavezni su u zaštitnom prostoru oko kade ili tuša te obavezno moraju biti nepropusni u slučaju prskanja vode ( simbol  $\triangle$  )
- utikači sa zaštićenim čepovima
- utičnica s izolacijskim transformatorom: uklonjena je opasnost od proboja struje, ali je ograničena snaga
- visoko osjetljiva diferencijalna sklopka: prekida strujni krug pri najmanjoj nepravilnosti (preporučljivo za kupaonice).

## 2.4.2. Kako postupiti u slučaju nezgode

U današnje vrijeme struja u domovima neophodna je za normalan život. Okružuje nas sa svih strana što ujedno predstavlja i određene rizike koji mogu kasnije prerasti u nepotrebne nezgode. Kao na primjer:



- **Električni udar** smrtno je opasan, ako je netko u našoj blizini bio izložen udaru, najvažnije je brzo djelovati. Prvo i osnovno pravilo kako ne bi pogoršali stanje jest izbjegavanje izravnog dodira s unesrećenom osobom. Ljudsko tijelo je vodič i ako dodirnemo osobu koja je u kontaktu sa strujom možemo sami sebe ozlijediti radi nepažnje. Unesrećenu osobu treba odvojiti od struje pomoću drvenih stvari (stvari koje ne provode struju). Ako je unesrećena osoba bez svijesti, ima opekline ili se loše osjeća treba pozvati hitnu pomoć.
- **Električni uređaj** se zapalio i ne smijemo dirati zapaljeni kabel. Ako je uređaj priključen na utičnicu prije nego ga iskopčamo potrebno je prekinuti struju na odgovarajućoj sklopki. Kod gašenja uređaja koristimo pokrivač kako bi ugušili plamen ili protupožarni aparat sa suhim prahom.
- **Iskrenje ili miris zapaljenja** kod uređaja uklonimo tako da prvo iskopčamo uređaj iz utičnice ili prekinemo strujni krug na razvodnoj ploči te nakon toga pregledamo u kakvom su stanju spojevi žica. Ako su oštećene treba ih zamijeniti
- **Iskrenje ili miris zapaljenja** kod utičnica uklonimo tako da prvo isključimo struju na razvodnoj ploči. Ako je kućište toplo treba ga pregledati i ako je u lošem stanju zamijeniti.

### 2.4.3. Postupci pružanja prve pomoći unesrećenoj osobi nakon strujnog udara

Kod električnog udara jako je važna brzina akcije kako bi što prije pomogli unesrećenoj osobi. Ozljede od strujnog udara koje osoba može imati su: opekotine, grčenje mišića, prekid disanja i rada srca. Ozljede dijelimo na teže i blaže. Težina ozljeda ovisi o jakosti struje, naponu otporu te o vremenskom trajanju protjecanja struje kroz organizam.

Ukoliko unesrećena osoba krvari treba zaustaviti krvarenje. Ukoliko osoba ne pokazuje znakove života treba započeti postupke oživljavanja umjetnim disanjem i/ili vanjskom masažom srca.

Umjetno disanje "usta na usta" ili "usta na nos" se primjenjuje cijelo vrijeme dok unesrećena osoba ne počne sama disati.

Postupak pružanja prve pomoći:

- položiti osobu na leđa i olabaviti odjeću da ju ne steže
- glavu zabaciti unatrag tako da brada bude istaknuta prema gore
- kod postupka "usta na usta" davatelj duboko udahne i upuhuje zrak na usta pri čemu unesrećenoj osobi drži začepljen nos. Kod "usta na nos" zrak se upuhuje kroz nos, a usta su začepljena
- ponavljati postupak 12 do 15 puta.

Masažu srca radimo ukoliko je unesrećena osoba bez svijesti i ne diše normalno.

Postupak masaže srca:

1. Kleknuti pokraj prsnog koša unesrećene osobe
2. Sredinu prsne kosti pritiskujemo korijenom dlana jedne ruke te na nju stavimo dlan druge ruke. Treba isprepletati prste obje ruke. Ne smijemo pritiskati rebra, gornji dio trbuha ili donji dio prsne kosti
3. Ramena osobe koja pruža prvu pomoć moraju biti okomito na prsnu kost unesrećene osobe
4. Ispruženim rukama utisnemo prsni koš 5 do 6 centimetra, laktovi moraju biti ispruženi
  - u takvom se položaju može iskoristiti vlastita težina tijela za pritisak koji mora biti kratkotrajan i snažan
  - ne odvajati ruke od prsne kosti
  - pritisak mora trajati jednako koliko i otpuštanje od prsne kosti
  - izvršiti 30 pritisaka brzinom od 100 do 120 pritisaka u minuti (u sekundi je to otprilike 2 puta).

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

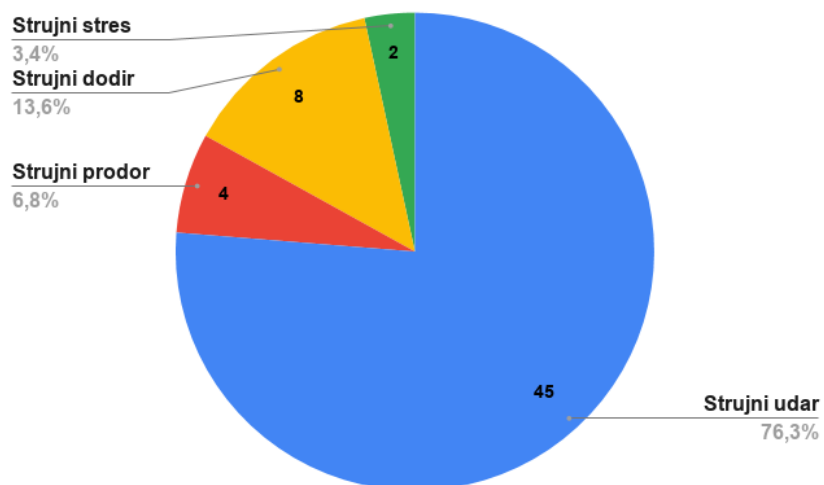
Prema dobivenim statističkim podacima, koji su rezultat prikupljanja informacija i njihove analize, donosimo zaključke o pojavama i procesima koje proučavamo, u ovom slučaju o električnoj energiji i njenoj opasnosti. Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu prikupljao je podatke od 1991. g. do 2012 g. o smrtnosti koju uzrokuje električna energija. U tom vremenskom periodu identificirano je 89 slučajeva u Zagrebačkoj županiji od kojih je 78 osoba muškog spola uglavnom u dobi od 25 do 66 godina te 11 osoba ženskog spola u dobi od 30 do 89 godina. Prosječna dob smrtnosti bila je 40 godina, od kojih je 14 osoba bilo mlađe od 18 godina (13 dječaka i jedna djevojčica). U 75% slučajeva uzrok smrtnosti je bila nisko naponska struja koja se nalazi u kućanstvu te se 25% odnosi na smrtnost koju je uzrokovala visoko naponska struja. Prostor u kućanstvu koji su odnijeli najviše života su kupaonice (24 slučaja od kojih je većina ženske populacije), zatim ostale sobe u kući (19%) i dvorišta (11%).

#### 3.1 Anketni upitnik

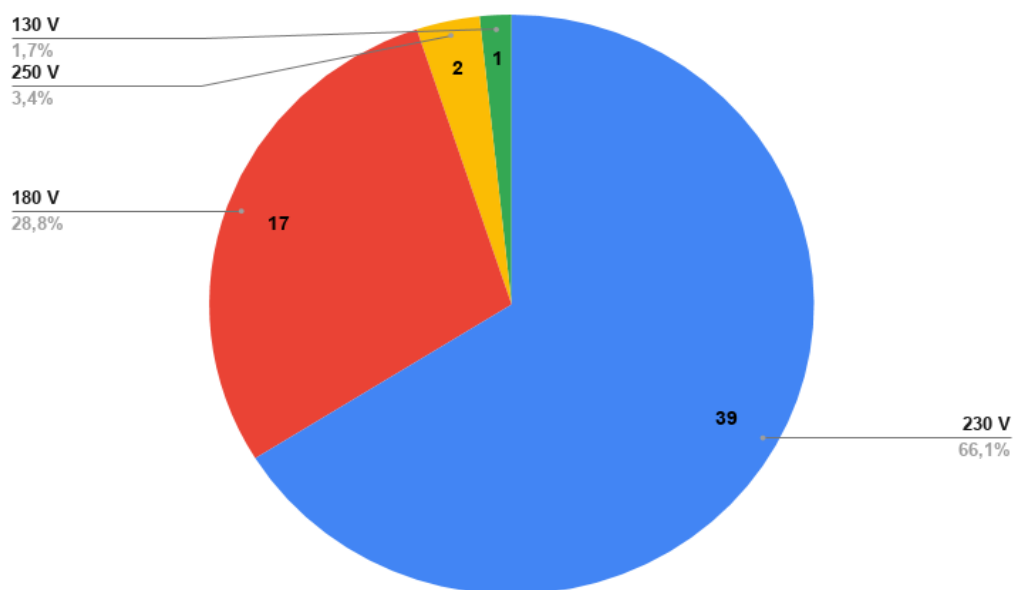
Anketa je provedena na 58 ispitanika od kojih su 32 žene i 26 muškaraca, gdje je 90 % ispitanika bilo dobne starosti od 20 do 35 godina. Anketa se sastojala od 10 pitanja na temu zaštita od električnog udara.

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

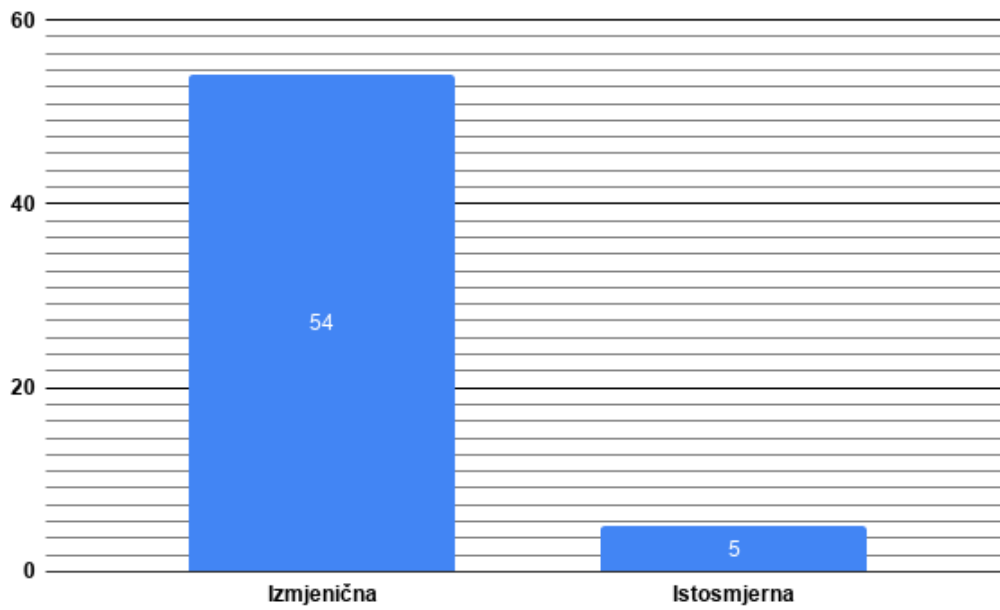
1. Dotaknemo li jednom rukom fazni vodič pod naponom i drugom rukom nulti vodič, doživjet ćemo?



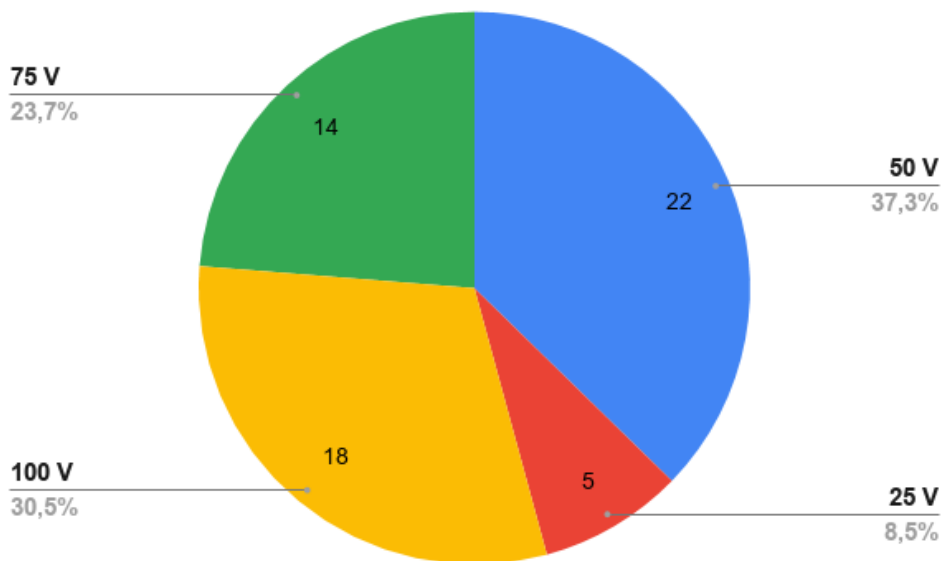
2. Koliko iznosi napon kod jednofaznih utičnica koje se koristi u kućanstvu?



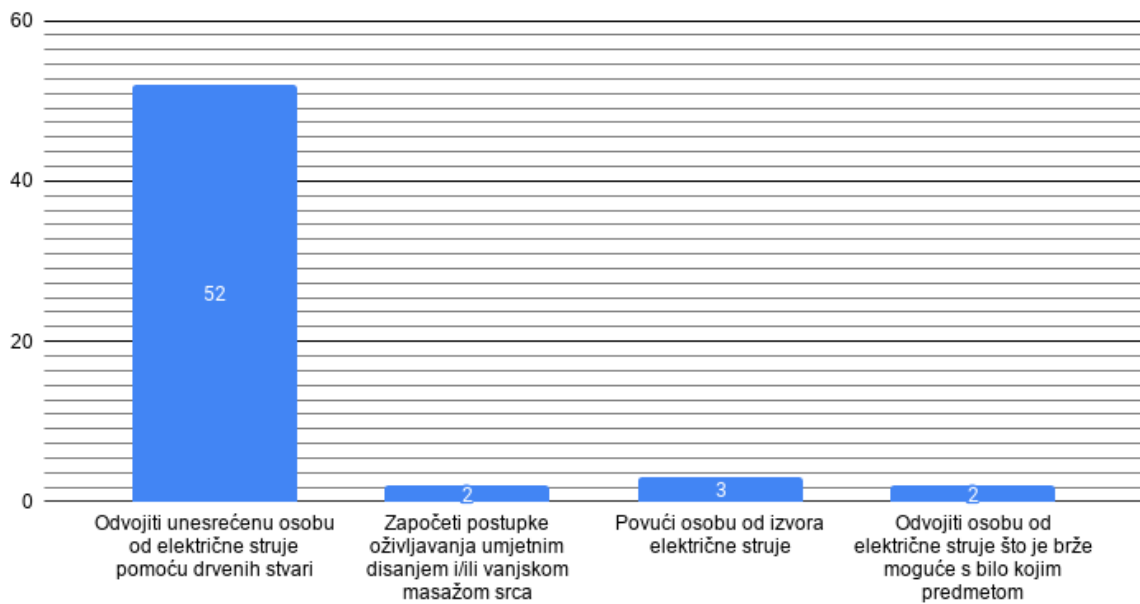
3. Vrsta koje se struje najčešće koristi u kućanstvu?



4. Koji je minimalni napon smrtonosan za ljude u normalnim uvjetima?



## 5. Ukoliko je osoba doživjela električni udar, prvo trebate?



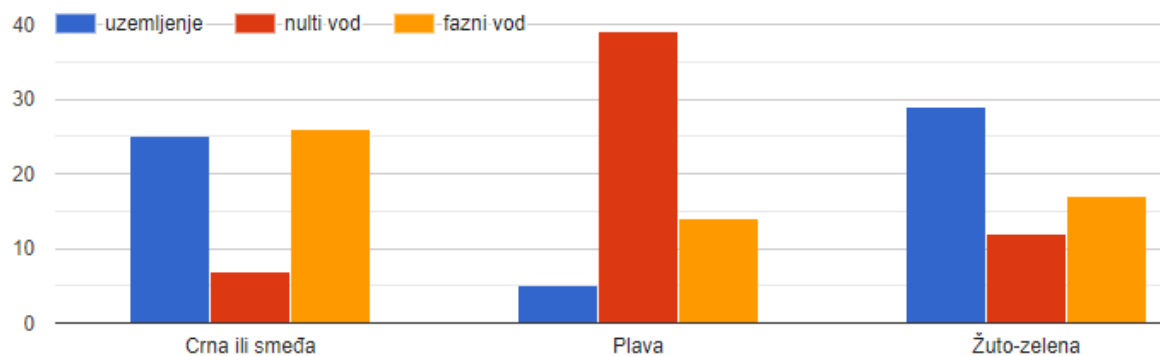
80,1 % - odvojiti nesrećenu osobu od električne struje pomoću drvenih stvari

5,1 % - povući osobu od izvora električne struje

3,4% - odvojiti osobu od električne struje što je brže moguće s bilo kojim predmetom

3,4 % - započeti postupke oživljavanja umjetnim disanjem i/ili vanjskom masažom srca

## 6. Poveži vodiče s pripadajućom bojom.



44,8 % - fazni vod

67 % - nulti vod

50 % - uzemljenje

7. Čemu služi zaštitni uređaj diferencijalne struje (FID sklopka)?

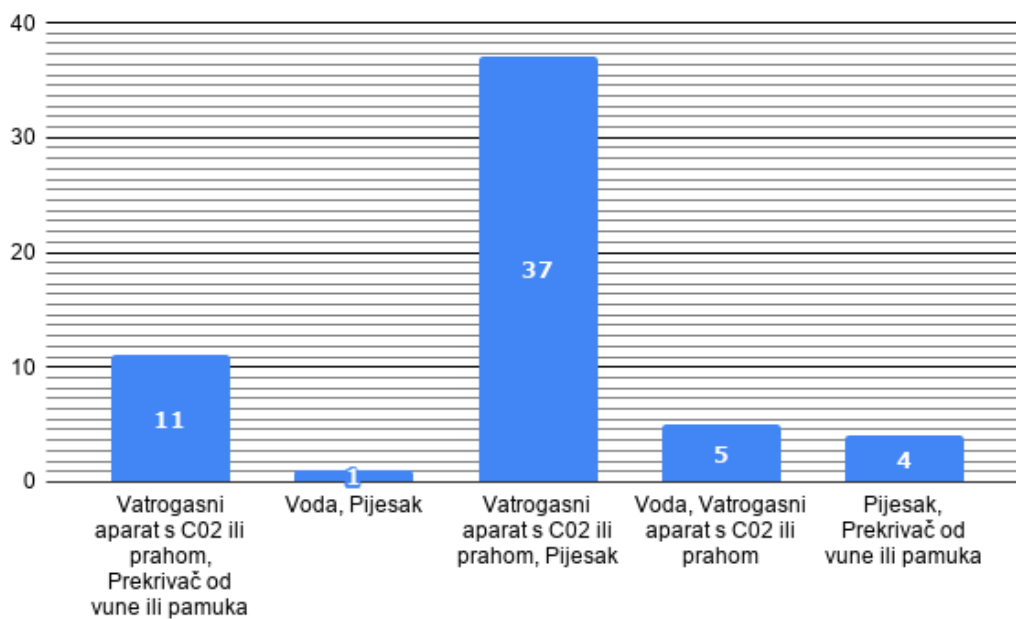


53,4 % - prekida strujni krug ukoliko jačina struje na izlazu i ulazu nisu jednake ●

36,2 % - automatski prekida strujni krug ukoliko je struja kvara dovoljno jaka ●

10,3 % - služi za uključivanje i isključivanje napajanja kod električnih instalacija i uređaja ●

## 8. Čime gasimo požar u slučaju zapaljenja električne instalacije?



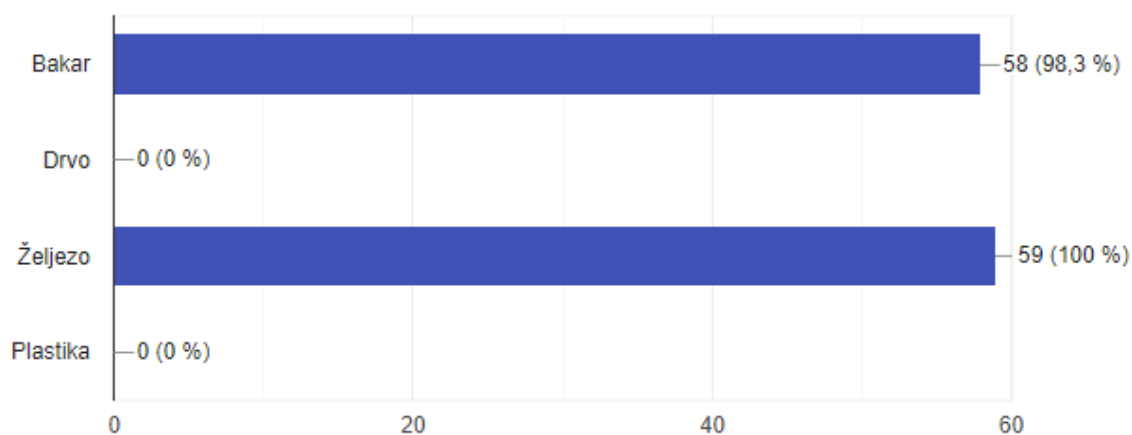
10,3 % - voda

91,4 % - vatrogasni aparat s CO<sub>2</sub> ili prahom

72,4 % - pijesak

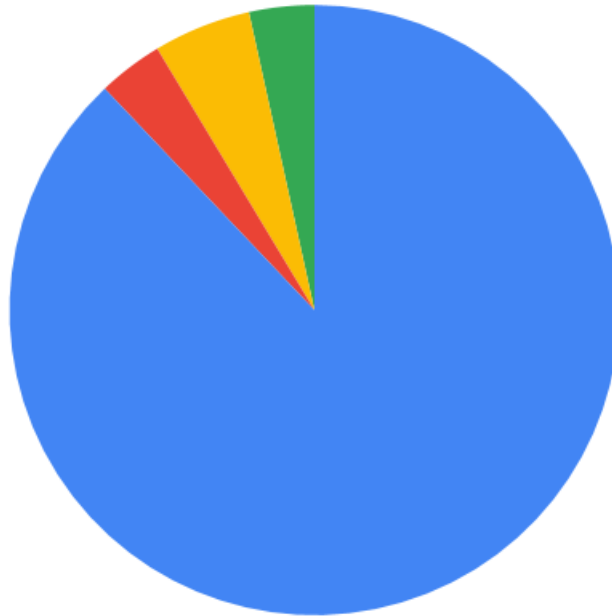
25,4 % - prekrivač od vune ili pamuka

## 9. Koji materijali provode struju?





## 10. Čemu služe osigurači u kući?



87,9 % - prekida strujni krug u slučaju kratkog spoja ●

5,2 % - služi kao prekidač za paljenje i gašenje električnih uređaja ●

3,4 % - služe kao izolatori ●

3,4 % - uzrokuje kratki spoj ●

Prosječna vrijednost točnih odgovora:

$$P_{10} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots P_{10}}{10} = \frac{76,3\% + 66,1\% + 93,1\% + 37\% + 80,1\% + 55,3\% + 50,4\% + 25,4\% + 100\% + 87,9}{10} =$$

$$\frac{671\%}{10} = 67,1 \%$$

Osnovni cilj provođenja ankete bio je prikupiti informacije o općem znanju ispitanika na temu električne energije, mogućim kvarovima, mjerama zaštite te znanju o ispravnom djelovanju ukoliko dođe do kvara na električnim instalacijama ili do strujnog udara. U navedenu svrhu korišten je obrazac koji je sadržavao 10 pitanja i ispunjavao se pomoću računala ili mobilnog uređaja preko internet veze.

Rezultati su prikazani preko grafikona i tablica.

Statističkom obradom dobiven je ukupan broj točnih odgovora u iznosu od 67,1%. Rezultati nisu zadovoljavajući budući da neznanje u ovom području može biti kobno, pa čak i smrtonosno.

Prvo pitanje odnosi se na opće znanje ispitanika, to jest na terminologiju vezanu uz nepoželjno djelovanje električne struje na čovjeka ukoliko dođe do kontakta između faznog i nultog voda, koji su odvojeni bojama kako bi se mogli što bolje raspoznati (šesto pitanje). Dotaknemo li fazni i nulti vod istovremeno, zatvorit ćemo strujni krug - koji pod određenom voltažom može uzrokovati smrt. Točnost ovog pitanja iznosi 75%. Takav rezultat nije prihvatljiv s obzirom na ishod koji sam udar može uzrokovati.

Električne uređaje i instalacije, koji za svoj rad koriste određeni električni napon, koristimo svakodnevno. S obzirom na takvu učestalost primjene, valja biti upoznat s vrijednostima napona koji su opasni i kojima treba pristupati s velikim oprezom. Postotak točnih odgovora od 37% nikako nije zadovoljavajući.

U našim domovima nalaze se brojni izvori opasnosti koji proizlaze iz električnih instalacija. Kako bi izloženost opasnostima sveli na minimum, takve instalacije je potrebno povremeno pregledavati. Oštećenja na instalacijama izvor su opasnosti koji mogu rezultirati i njihovim zapaljenjem. U tom slučaju iznimno je bitno poznavati sredstva koja su pogodna za gašenje takvih požara. U osmom pitanju ponuđeno je više različitih odgovora koji se odnose na sredstva kojima se gase požari koji su proizašli iz zapaljenja električnih instalacija. Na ovo pitanje 37 osoba odgovorilo je da se takav požar gasi aparatom s CO<sub>2</sub> ili prahom te pijeskom što je djelomičan odgovor, jer pijesak nije toliko učinkovit kod gašenja električne instalacije kao što su aparat s CO<sub>2</sub> ili prah i prekrivač od vune ili pamuka. Od 58 ispitanika, samo njih 11 odgovorilo je potpuno na ovo pitanje. Požari koji se pojavljuju na zidu teže je gasiti pijeskom jer ima manju učinkovitost, a pijesak nije uvijek lako dostupan u kućanstvima.

Ukoliko dođe do strujnog udara, vrlo je važno poznavati postupke pružanja prve pomoći unesrećenoj osobi i to na način da time ne ugrožavamo samog sebe. Prema tome, prvi i najznačajniji postupak pružanja pomoći je odvajanje osobe od napona predmetom koji ne provodi struju ( peto i deveto pitanje). Postotak točnih odgovora na peto pitanje, koje se odnosi na prvi korak u pružanju pomoći, iznosi 80% . Uzmemo li u obzir to da se radi o vrlo važnom pitanju koje se odnosi na znanje o kojem mogu ovisiti ljudski životi, pogrešnih odgovora ne bi smjelo biti.

Deseto pitanje odnosi se na upoznatost ispitanika s ulogom osigurača u kućanstvu. Postotak točnih odgovora na ovo pitanje je 87%. Prema tome, većina ispitanika upoznata je s ulogom osigurača – zaštita od električnog udara prilikom rada s električnim instalacijama i uređajima.

Rezultati ankete pokazuju kako su ljudi manje upoznati s FID sklopkama i njihovom namjenom. Tako je na sedmo pitanje samo polovica ispitanika odgovorilo točno. FID sklopke se u današnje vrijeme moraju nalaziti u svakoj kupaonici i vlažnoj prostoriji radi zaštite od električnog udara.

Drugo, treće i šesto pitanje dotiču opće poznavanje ispitanika o električnim sklopovima i energiji u kućanstvu. Iako se ne radi o znanju čiji nedostatak može imati smrtonosne posljedice, na navedene pojmove također treba obratiti pažnju.

## 5. ZAKLJUČAK

Osnovna zadaća zaštite na radu je prevencija bolesti i ozljeda radnika, a kako bi se to što bolje izrazilo tijekom rada poslodavci su obavezni primijeniti mjere zaštite na radu te informirati radnike o svim rizicima koji se pojavljuju na mjestu rada. Zaštita na radu dio je organizacije rada i izvođenja radnog postupka koje poslodavac ostvaruje primjenom osnovnih, posebnih i priznatih pravila koja su propisana Zakonom o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 154/14, 94/18, 96/18). Zaštita od električnog udara na radu propisana je **Pravilnikom o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom (Narodne novine 88/2012)**.

Do nesreća koje uzrokuje električna energija dolazi nepažnjom, kvarom električnih instalacija i uređaja, dodiranjem unesrećene osobe s kućištem pokvarenog uređaja i sl. Ljudski organizam vrlo dobro provodi struju. Ozljede koje unesrećena osoba zadobije ovise i o stanju kože. Ako je koža topla i vlažna efekt će biti jači, međutim kroz deblju, hladniju i suhu kožu efekt će biti izuzetno manji. Do smrti može doći ukoliko se jave paraliza srca i prestanak disanja. Djelovanje ovisi također o jakosti struje, putu prolaska te vremenskom trajanju prolaska struje. Svake godine zabilježeni podaci o ozljedama na radu sa strujom su sve manji jer u današnje vrijeme postoje naprednije tehnologije, a samim time i bolji sustav zaštite, tj. bolja oprema i uređaji koji omogućuju manje ozljeda na radu i bolju produktivnost zaposlenika na radu. U kućanstvu također moramo pripaziti na opasnosti koje može prouzročiti električna energija jer tek tada preuzimamo potpunu odgovornost za svoju sigurnost. Kako bi se što bolje osigurali od nesreće ili ozljeda u kućanstvu potrebno je upoznati se s pravilima ponašanja pri radu sa strujom i opasnostima koje uzrokuje električna energija u kući. Veliku pažnju od električnog udara u kući moramo posvetiti djeci kako bi ih što bolje zaštitili od nezgoda.

Anketnim upitnikom dobiveni su podaci o poznavanju električne energije i mjera zaštite pri radu s električnim uređajima i instalacijama. Prikupljeni su odgovori od 58 ispitanika. Prosječna vrijednost točnih odgovora na anketna pitanja iznosi 67%. Obrada rezultata ankete omogućava nam uvid u opće znanje ispitanika prema kojem možemo dalje djelovati i usmjeriti edukaciju na manje poznata, ali vrlo bitna i korisna znanja, a time svesti pojavu rizika i ozljeda na minimum. Kod mlađih uzrasta, znanje o električnoj energiji možemo

povećati uvođenjem i poboljšanjem edukacije u obrazovnom sustavu. Kod starijih osoba, posebno ženskog roda, pozornost valja obratiti na određene znakove zabrane i upozorenja na uređajima.

Iako ozljede od električnog udara nisu toliko česte i nemaju veliku stopu smrtnosti, rad s električnom energijom zahtijeva veliku opreznost i pažnju kako bi se što bolje zaštitili i osigurali od mogućih ozljeda.

## 6. LITERATURA

[1]

[https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/FOTONAPON/Schrack\\_i\\_bn/198\\_Primjena\\_RC\\_D\\_sklopke\\_na\\_brodu\\_1.dio.pdf](https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/FOTONAPON/Schrack_i_bn/198_Primjena_RC_D_sklopke_na_brodu_1.dio.pdf)

[2]

[https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_1/SUPEE\\_POG\\_02.pdf](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_1/SUPEE_POG_02.pdf)

[3]

[https://www.vuka.hr/fileadmin/user\\_upload/knjiznica/on\\_line\\_izdanja/Sigurnost\\_u\\_primjeni\\_elektri%C4%8Dne\\_energije\\_Boris\\_O%C5%BEani%C4%87.pdf](https://www.vuka.hr/fileadmin/user_upload/knjiznica/on_line_izdanja/Sigurnost_u_primjeni_elektri%C4%8Dne_energije_Boris_O%C5%BEani%C4%87.pdf)

[4]

[https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_1/SUPEE\\_POG\\_04\\_dio\\_2.pdf](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_1/SUPEE_POG_04_dio_2.pdf)

[5]

<http://uznr.mrms.hr/wp-content/uploads/prezentacije/dobrapraksa10072019/elektri%C4%8Dna%20oprema%20u%20vla%C5%BEnim%20i%20sku%C4%8Denim%20prostorima.pdf>

[6]

[http://www.zagrebinspekt.hr/propisi/Propisi\\_ZNR/knjiga\\_CD1/Pravilnik\\_ELEN.htm](http://www.zagrebinspekt.hr/propisi/Propisi_ZNR/knjiga_CD1/Pravilnik_ELEN.htm)

[7]

[https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_1/SUPEE\\_POG\\_04\\_dio\\_1.pdf](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_1/SUPEE_POG_04_dio_1.pdf)

### POPIS TABLICA

[1]

[https://www.fpm.hr/images/sadrzaj/Premium\\_products/6103\\_CD/6103uzorci\\_10st/preview/za\\_sitne\\_mjere\\_napon.pdf](https://www.fpm.hr/images/sadrzaj/Premium_products/6103_CD/6103uzorci_10st/preview/za_sitne_mjere_napon.pdf)

Tablica 1. Ovisnost impedancije tijela o naponu dodira

Tablica 2. Dopušteno trajanje napona dodira

Tablica 3. Označavanje vodiča izmjenične struje

Tablica 4. Označavanje vodiča istosmjerna struje

Tablica 5. Simboli na električnoj opremi vezani uz zaštitu od strujnog udara

Tablica 6. Maksimalno vrijeme odvajanja u TN sustavima pod određenim faznim naponom

#### POPIS SLIKA

[1]

[file:///D:/Downloads/Zastita\\_na\\_radu\(2\)%20\(1\).pdf](file:///D:/Downloads/Zastita_na_radu(2)%20(1).pdf)

[2]

[https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_1/SUPEE\\_POG\\_04\\_dio\\_1.pdf](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_1/SUPEE_POG_04_dio_1.pdf)

[3]

<http://e-elektro.blogspot.com/2010/03/tt-i-it-sustav-mreza-nn-napona.html>

[4]

[https://www.google.com/search?biw=1366&bih=608&tbn=isch&sxsrf=ACYBGNSXXHEvUzZjf8zMQcaEZz98JhIZ3Q%3A1568143513164&sa=1&ei=mfh3XdXJCdKUkgXBrYi4Dw&q=osigura%C4%8Di+za+struju&oq=+osigura%C4%8Di&gs\\_l=img.1.1.0i67j0l5j0i7i30l4.122786.124368..126254...0.0..0.127.236.0j2.....0....1..gws-wiz-img.LclCqI9yx3Q#imgrc=MAq66IH3fJN2hM:](https://www.google.com/search?biw=1366&bih=608&tbn=isch&sxsrf=ACYBGNSXXHEvUzZjf8zMQcaEZz98JhIZ3Q%3A1568143513164&sa=1&ei=mfh3XdXJCdKUkgXBrYi4Dw&q=osigura%C4%8Di+za+struju&oq=+osigura%C4%8Di&gs_l=img.1.1.0i67j0l5j0i7i30l4.122786.124368..126254...0.0..0.127.236.0j2.....0....1..gws-wiz-img.LclCqI9yx3Q#imgrc=MAq66IH3fJN2hM:)

[5]

[https://www.google.com/search?q=it+sustav&sxsrf=ACYBGNT029VhJhp0mQ-1bYlj806vfgbUeA:1568217583065&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjfhODfkcnkAhVjxosKHdzZB\\_4Q\\_AUIEigB&biw=1366&bih=657#imgrc=oFEetncklXRdtM:](https://www.google.com/search?q=it+sustav&sxsrf=ACYBGNT029VhJhp0mQ-1bYlj806vfgbUeA:1568217583065&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjfhODfkcnkAhVjxosKHdzZB_4Q_AUIEigB&biw=1366&bih=657#imgrc=oFEetncklXRdtM:)

[6]

<https://termometal.hr/zastotne-sklopke-fid-grupa-408/>

## POPIS SLIKA

Slika 1. Dodir čovjeka s dva vodiča

Slika 2. Dodir s jednim vodičem u odnosu na zemlju

Slika 3. Čovjek u dodiru sa metalnim kućištem

Slika 4. Čovjek u dodiru sa metalnim kućištem

Slika 5. Opasnost od postrojenja pod visokim naponom

Slika 6. Čovjek u dodiru sa metalnim kućištem

Slika 7. Diferencijalna ili FID sklopka

Slika 8. Dopuštena udaljenost od slučajnog dodira dijelova pod naponom

Slika 9. Dodir čovjeka sa oštećenim kućištem uređaja

Slika 10. Sigurnosni mali napon (SELV)

Slika 11. Uzemljeni sigurnosni mali napon (PELV)

Slika 12. Mali radni napon (FELV)

Slika 13. Podvrste TN sustava

Slika 14. TT sustav

Slika 15. Automatski i rastalni osigurači

Slika 16. IT sustav

Slika 17. Zemljospoj sa jednom „bolesnom“ fazom

Slika 18. Kvar u oba trošila u IT sustavu kod pojedinačnog uzemljenja