

UVOD

Povećanje životnog standarda, razvoj industrije, obrtništva, poljoprivrede i dr., zahtijeva i drukčiji pristup projektiranju i izvođenju električnih instalacija. Ne samo da se povećava potreba za električnom energijom, nego se istodobno zahtijeva i njezina štednja. Također je sve prisutnija potreba za ugodnijim načinom upotrebe električne energije, npr. daljinsko upravljanje, programiranje, pozivanje i slično (tzv. "inteligentna" kuća). Tehnologija na području električnih instalacija neprestano napreduje tako da instalacije postaju sve kompleksnije. Značaj električnih instalacija niskih napona vidi se i po tome što se tu troši daleko najveći dio električne energije.

Nesreće od udara električne struje također se često događaju u tome dijelu elektroenergetskog sustava, a ni požari nisu rijetkost. Promjene propisa i normi su u ovom području neizbježni. Tehničkom regulativom uvedeni su novi pojmovi i definicije u električne mreže i instalacije, postrožile su se mjere sigurnosti i zaštite, uvedeni su novi načini ispitivanja i mjerenja, uvedene su nove oznake, uvedeni su druge vrijednosti nazivnih veličina (npr. 230 V), itd. Pišući ovaj priručnik nastojao sam se pridržavati najnovijih propisa i normi koji trenutno važe za ovo područje.

Na pisanje ovog priručnika posebno me potaklo to što kod nas nema literature koja bi obuhvaćala kompletne električne instalacije, a naročito ne one koja bi pratila nove tehnologije u električnim instalacijama. Elementi koji se danas upotrebljavaju u električnim instalacijama bitno se razlikuju od onih koji su se koristili prije 10-20 godina, a da ne govorimo o tome da se u današnjim instalacijama možemo koristiti i računalom (npr. EIB instalacija).

U prvom dijelu priručnika opisani su osnovni pojmovi iz instalacija, tehnički propisi, elementi instalacija, dimenzioniranje vodova, zaštita električnih instalacija i naprava, zaštita od udara električne struje, razvodni uređaji i električni priključci.

U drugome dijelu biti će opisane izvedbe instalacija u pojedinim objektima, posebne izvedbe instalacija (telekomunikacijske instalacije, Ex instalacije, EIB i dr.), gromobranske instalacije, rasvjeta i ispitivanja instalacija.

Zahvaljujem stručnim recenzentima koji su pažljivo pregledali materijale te mi svojim sugestijama pripomogli na razrješavanju dilema oko nekih poglavlja. Posebno se zahvaljujem profesorici Bernardi Conar na uloženom trudu da se isprave jezične i gramatičke pogreške.

Zahvaljujem svima koji su na bilo koji način pomogli da izađe ovaj priručnik, a posebno HEP DISTRIBUCIJA d. o. o. DP ELEKTRA VARAŽDIN, poduzeću *ZT-ing d. o. o.* Varaždin i Elektrostrojarskoj školi Varaždin.

Svima koji će upotrebljavati ovaj priručnik i imaju konstruktivne primjedbe, prijedloge i slično, bio bih zahvalan da mi ih osobno iznesu.

Ovaj priručnik prvenstveno je namijenjen učenicima, ali i svima onima koji se i praktično bave električnim instalacijama (ovo je prvi dio, nadam se da će uskoro izaći i drugi).

Varaždin, rujan 2005.

Vladimir Rodeš, dipl. ing. elektrotehnike

Stručni recenzenti:

Josip Huđek, dipl. ing. elektrotehnike, predavač na Visokoj elektrotehničkoj školi u Varaždinu
Željko Brezovec, dipl. ing. elektrotehnike, HEP Distribucija d. o. o. DP Elektra Varaždin

Lektor:

Bernarda Conar, prof.

Svako fotokopiranje i umnožavanje zabranjeno bez dopuštenja autora.

SADRŽAJ

1. ELEKTRIČNA MREŽA I INSTALACIJA	7
2. PODJELA ELEKTRIČNIH INSTALACIJA	8
3. OPĆE KARAKTERISTIKE ELEKTRIČNIH INSTALACIJA	9
3. 1. Karakteristike napajanja	9
3. 2. Vrsta sustava za napajanje	9
3. 3. Vrsta instalacijskoga strujnog kruga.....	9
3. 4. Vrsta razdjelnog sustava	9
3. 4. 1. Razdjelni sustavi niskog napona (tipovi NN mreža)	10
3. 5. Usklađenost opreme	11
3. 6. Održavanje instalacija.....	11
4. OSNOVNI POJMOVI I DEFINICIJE	12
5. TEHNIČKI PROPISI I NORME.....	16
5. 1. Pojmovi, nazivi i definicije.....	16
5. 2. Vrste normi	17
5. 3. Razine normizacije	17
5. 4. Hrvatske norme.....	18
5. 5. Postupci za utvrđivanje usklađenosti.....	19
5. 6. Deklaracije i označavanje proizvoda	19
6. GRAFIČKI SIMBOLI	21
7. ELEKTRIČNE SCHEME	27
8. ELEMENTI ELEKTRIČNIH INSTALACIJA	30
9. ELEKTRIČNI VODOVI - VODOVI U ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA.....	30
9. 1. Vrste vodova.....	31
9. 2. Označavanje vodova	32
9. 2. 1. Označavanje žila višezilnih izoliranih vodova i kabela.....	32
9. 2. 2. Označavanje izoliranih i kablskih vodova	33
9. 2. 3. Označavanje vodova i kabela prema CENELEC-u	36
9. 3. Pregled izoliranih vodova i kabela niskih napona	38
9. 3. 1. Vodovi izolirani termoplastikom.....	38
9. 3. 2. Vodovi izolirani gumom.....	41
9. 3. 3. Niskonaponski energetski kabele izolirani PVC ili XLPE masom	43
10. DIMENZIONIRANJE VODOVA ZA ELEKTRIČNE INSTALACIJE	47
10. 1. Termičko dimenzioniranje vodova	47
10. 2. Električno dimenzioniranje vodova.....	52
10. 2. 1. Dimenzioniranje električnog razvoda ohmskih trošila	52
10. 2. 2. Dimenzioniranje jednofaznog razvoda s induktivnim opterećenjem	54
10. 2. 3. Dimenzioniranje trofaznog razvoda	55
10. 2. 4. Dimenzioniranje razvoda uzdužno opterećenog na više mjesta	56
11. INSTALACIJSKE CIJEVI I PRIBOR	59
11. 1. Plastične cijevi	59
11. 2. Izbor instalacijskih cijevi	62
11. 3. Metalne instalacijske cijevi	62
11. 4. Pribor za instalacijske cijevi	62
11. 5. Instalacijske kutije	63
11. 6. Polaganje instalacijskih cijevi	64
11. 6. 1. Podžbukno polaganje cijevi.....	64

11. 6. 2. Nadžbukno polaganje cijevi	64
11. 6. 3. Polaganje cijevi u beton.....	66
11. 7. Uvlačenje vodiča u cijevi	68
12. OPĆE PREPORUKE ZA POLAGANJE CIJEVI I VODOVA	69
13. SPAJANJE I PRIKLJUČIVANJE VODIČA.....	71
14. IZVEDBE INSTALACIJA U STAMBENIM I SLIČNIM PROSTORIMA	73
15. SKLOPNI APARATI (UREĐAJI)	76
15. 1. Općenito o sklopnim aparatima.....	76
15. 2. Osnove električnih kontakata	77
15. 2. 1. Prijelazni otpor	77
15. 2. 2. Odskakivanje kontakata.....	77
15. 3. Priključne naprave	78
15. 3. 1. Priključne naprave za stambene i slične prostore	79
15. 3. 2. Priključne naprave za industriju	81
15. 4. Sklopke	82
15. 4. 1. Instalacijske sklopke.....	82
15. 4. 2. Spojevi instalacijskih sklopki	84
15. 5. Stubišni automati	87
15. 6. Upravljanje rasvjetom pomoću bistabilnog releja	88
15. 7. Regulatori svjetla (rasvjete).....	89
15. 8. Senzori gibanja	90
15. 9. Teretne sklopke.....	91
15. 9. 1. Primjena.....	92
15. 9. 2. Konstrukcija i izvedbe	92
15. 10. Niskonaponski prekidači	93
15. 10. 1. Niskonaponski prekidač NOVOMAX G 30.....	94
15. 11. Sklopnici.....	95
15. 11. 1. Sheme upravljanja sklopticima.....	97
15. 11. 2. Osnovne upute za spajanje sklopnika.....	98
15. 11. 3. Reverziranje motora sklopticima.....	100
16. ELEMENTI DALJINSKOG UPRAVLJANJA.....	101
16. 1. Tipkala	101
16. 2. Signalne svjetiljke i trube	101
16. 3. Specijalne ručne sklopke	102
16. 4. Krajnje sklopke i mikrosklopke.....	102
16. 5. Releji i pomoćni sklopnici	102
16. 6. Elektronska osjetila (senzori)	104
16. 7. Mjerači neelektričnih veličina	104
17. ZAŠTITA ELEKTRIČNIH INSTALACIJA I NAPRAVA	105
17. 1. IP zaštita	105
17. 2. Kratki spoj i preopterećenje - elementi zaštite	107
17. 3. Niskonaponski rastalni (topljivi) osigurači.....	109
17. 3. 1. Osigurački sustav D i DO	112
17. 3. 2. Osigurački sustav NH.....	113
17. 3. 3. Visokonaponski osigurači.....	115
17. 4. Instalacijski prekidači	115
17. 5. Kombinacija bimetalnog releja i sklopnika.....	118
18. NADSTRUJNA ZAŠTITA VODOVA I KABELA - IZBOR ZAŠTITNIH UREĐAJA	119

18. 1. Zaštita od preopterećenja.....	119
18. 2. Zaštita od kratkog spoja.....	120
18. 3. Provjera izbora zaštitnih uređaja	121
18. 3. 1. Provjera zaštite vodova od preopterećenja	121
18. 3. 2. Provjera zaštite vodova od kratkog spoja	123
18. 4. Postavljanje uređaja nadstrujne zaštite i selektivnost.....	125
19. PRENAPONI U ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA.....	128
19. 1. Vrste prenapona.....	128
19. 2. Atmosferski prenaponi	128
19. 3. Sklopni prenaponi.....	129
19. 4. Prenaponi zbog međudjelovanja različitih instalacija ili mreža	130
19. 5. Učestalost i štete od prenapona	130
19. 6. Električna oprema i uređaji s obzirom na prenaponske kategorije.....	130
19. 7. Zaštita od prenapona.....	131
19. 7. 1. Uređaji za zaštitu od prenapona.....	131
19. 7. 2. Ugradnja odvodnika prenapona.....	133
20. ZAŠTITNE MJERE KOD PRIMJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE	136
20. 1. Uvod	136
20. 2. Djelovanje električne struje na ljudsko tijelo	136
20. 3. Impedancija ljudskog tijela i naponi dodira	138
20. 4. Izvori opasnosti od električne energije.....	140
20. 5. Izravni dodir faznog vodiča u TN i TT sustavima	141
20. 6. Dodir faznog vodiča u IT sustavu.....	142
20. 7. Izravni dodir dvaju aktivnih vodiča.....	143
20. 8. Ljudsko tijelo pri dodiru naprave u kvaru na izolaciji (kod uzemljene mreže).....	144
20. 9. Napon dodira i koraka kao posljedica struje kroz uzemljivač	145
20. 10. Ostali izvori opasnosti	146
20. 11. Naponski opsezi i granice opasnih napona dodira.....	146
20. 12. Sustavi niskonaponskih mreža i vrste uzemljenja	148
20. 13. Izvedbe uzemljenja	149
20. 14. Proračun uzemljenja	151
20. 14. 1. Površinski uzemljivači.....	152
20. 14. 2. Vertikalni uzemljivači	152
20. 14. 3. Temeljni uzemljivači	152
20. 15. Zaštitni vodiči i zemljovodi	153
20. 15. 1. Zemljovodi.....	153
20. 15. 2. Zaštitni vodiči	154
20. 16. Izjednačenje potencijala	156
20. 16. 1. Glavno izjednačenje potencijala.....	156
20. 16. 2. Dodatno izjednačenje potencijala.....	158
20. 17. Zaštitne mjere od udara električne struje.....	160
20. 17. 1. Vrste zaštitnih mjera	160
20. 17. 2. Klasifikacija električne opreme	161
20. 17. 3. Zaštita od izravnog dodira	161
20. 17. 4. Zaštita od neizravnog dodira	164
20. 17. 5. Zaštita od neizravnog dodira automatskim isključenjem napajanja.....	165
20. 17. 6. Zaštita automatskim isključenjem napajanja u TN sustavima.....	165
20. 17. 7. Dodir faznog vodiča sa zemljom u uzemljenim sustavima	167
20. 17. 8. Zaštita automatskim isključenjem napajanja u TT sustavu	168

20. 17. 9. Zaštita automatskim isključenjem napajanja u IT sustavima	169
20. 17. 10. Zaštitni uređaji diferencijalne struje	173
20. 17. 11. Zaštita upotrebom opreme razreda II (zaštitno izoliranje)	177
20. 17. 12. Zaštita postavljanjem u nevodljivu okolinu (prostor).....	178
20. 17. 13. Zaštita lokalnim izjednačavanjem potencijala bez spajanja sa zemljom.....	178
20. 17. 14. Zaštita električnim odvajanjem	179
20. 17. 15. Istodobna zaštita od izravnog i neizravnog dodira	180
21. RAZVODNI UREĐAJI.....	183
21. 1. Općenito o razvodnim uređajima	183
21. 2. Opća pravila za izvedbu razvodnih uređaja.....	184
21. 3. Vrste razvodnih uređaja.....	184
21. 4. Oznake priključaka električnih naprava	185
21. 5. Oprema razvodnih uređaja.....	186
21. 5. 1. Uređaji za mjerenje isporučene električne energije.....	186
21. 5. 2. Mjerni transformatori	187
21. 5. 3. Električna brojila	187
21. 5. 4. Uklopni satovi.....	188
21. 5. 5. Ograničavala strujnog opterećenja (limitatori).....	188
21. 5. 6. MTU prijammici	188
21. 5. 7. Maksigrafi (registratori i pokazivači snage).....	189
21. 6. Sheme priključivanja električnih brojila.....	189
21. 7. Tehnička dokumentacija za razvodne uređaje.....	191
22. IZVEDBE ELEKTRIČNIH INSTALACIJA I PRIKLJUČAK NA ELEKTRIČNU MREŽU	192
22. 1. Prostori s elektrotehničkog stajališta	192
22. 2. Razredi vanjskih utjecaja.....	193
22. 3. Izvedbe električnih instalacija	196
22. 4. Električni priključak	197
22. 4. 1. Općenito.....	197
22. 4. 2. Podzemni priključak	198
22. 4. 3. Nadzemni priključak.....	198
22. 4. 4. Vodovi za električne priključke.....	198
22. 4. 5. Vanjski i unutrašnji priključak	199
22. 4. 6. Elektroenergetska suglasnost.....	200
22. 4. 7. Puštanje u pogon i ostali uvjeti.....	200
23. PRILOZI.....	202
23. 1. Karakteristike topljivih umetaka (patrona) NH osigurača (tip gL-gG, ~ 400 V, ~ 500 V, ~ 690 V	202
23. 2. Karakteristike instalacijskih (automatskih) prekidača B i C tipa	202
LITERATURA	204
Popis sponzora.....	205

1. ELEKTRIČNA MREŽA I INSTALACIJA

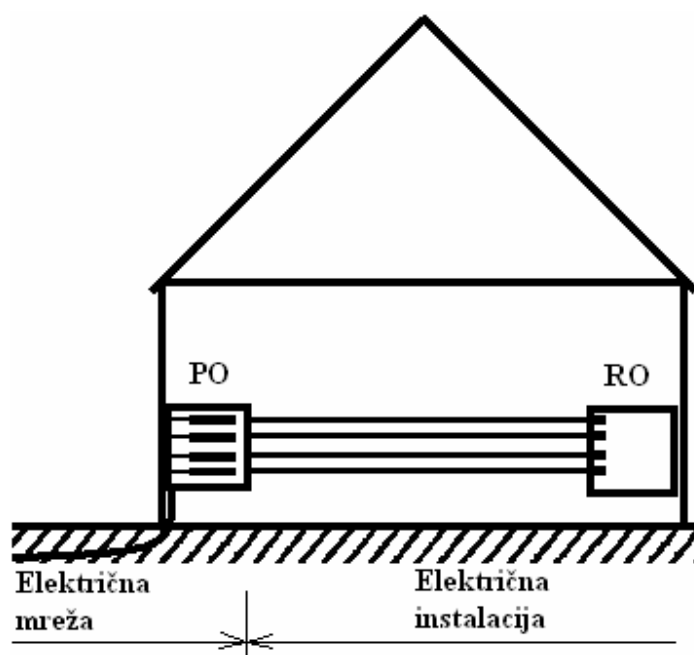
Pojam elektroenergetska mreža (električna mreža) nema uvijek isto značenje. U najširem smislu pod električnom mrežom smatramo međusobno povezane generatore, transformatore, vodove pa i trošila kod potrošača (dakle, čitav elektroenergetski sustav - EES).

Međutim, češće se pod električnom mrežom misli samo na neki dio elektroenergetskog sustava te takav dio mora biti jasno označen i nazvan, npr. niskonaponska mreža.

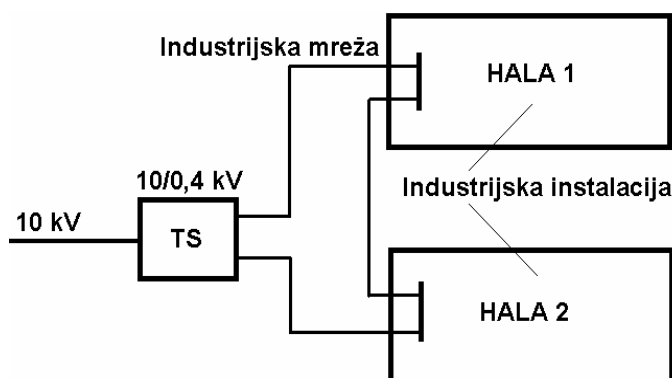
Niskonaponskom mrežom smatramo strujne krugove (sa svim elementima) nazivnog napona do 1 kV od izvora do potrošača, odnosno do kućnog priključnog ormara (KPO ili KPMO).

Električnom instalacijom smatramo strujne krugove poslije kućnog priključka (gledajući u smjeru tijeka energije).

Možemo reći da su **električne instalacije** odgovarajući povezane električne naprave koje posreduju u prijenosu električne energije od izvora do trošila (slika 1.1 i 1.2).



Slika 1.1
Granica između električne mreže i instalacije
PO – priključni ormar
RO – razvodni ormar



Slika 1.2
Industrijska mreža i instalacija
TS – transformatorska stanica

U užem smislu električne instalacije možemo definirati kao skup međusobno povezane električne opreme niskog napona u određenom prostoru (otvorenom ili zatvorenom) s određenom namjenom i usklađenim karakteristikama.

2. PODJELA ELEKTRIČNIH INSTALACIJA

S obzirom na područje primjene električne instalacije možemo podijeliti u tri veće grupe:

1. **Elektroenergetske instalacije niskih napona u stambenim i sličnim prostorima** za izmjenične napone do 250 V prema zemlji, npr. stambene kuće, zgrade, škole, uredi, poslovni prostori, hoteli, itd.,
2. **Elektroenergetske instalacije niskih napona u industriji**, i to za izmjenične napone do 600 V ili istosmjerne napone do 900 V (za elektromotorne pogone, elektrotermička i elektrokemijska postrojenja, npr. elektroliza) i
3. **Telekomunikacijske instalacije u zgradama** čiji napon među vodičima ili prema zemlji ne prelazi 50 V izmjenične, odnosno 120 V istosmjerne vrijednosti.

Podjelu možemo napraviti i na sljedeći način:

- **Elektroenergetske instalacije:**
 - instalacije rasvjete
 - instalacije elektromotornih pogona
 - instalacije elektrotermičkih postrojenja
 - instalacije elektrokemijskih postrojenja
- **Telekomunikacijske instalacije:**
 - instalacije telefona
 - instalacije kućnih telefona (interfona)
 - antenske instalacije
 - instalacije ozvučenja
 - instalacije alarmnih sustava
 - instalacije vremenskih naprava
 - instalacije računalnih mreža, itd.

U mnogim slučajevima ove instalacije nisu strogo odvojene jedne od drugih. U posljednje vrijeme je naročito prisutan razvoj telekomunikacijskih instalacija, posebno računalnih mreža, alarmnih sustava, EIB instalacijskog sustava i drugo.

Prema utjecaju okoline razlikujemo:

- instalacije u suhim prostorima (stanovi, poslovni prostori, ...)
- instalacije u prostorima sa specifičnim uvjetima (sportske dvorane, kazališta...)
- instalacije u posebnim prostorima (električni pogonski prostori, vlažni ili mokri prostori, vrući prostori, prostori ugroženi požarom...)
- instalacije u eksplozivno ugroženim prostorima (rafinerije...)

Pitanja i zadaci!

1. Objasnite pojmove električna mreža, niskonaponska mreža i električna instalacija.
2. Prikažite granice između el. mreže i instalacije (kućne i industrijske).
3. Kako u užem smislu možemo definirati el. instalaciju?
4. Kako dijelimo električne instalacije prema području primjene?
5. Navedite podjelu el. instalacije prema namjeni.
6. Kako dijelimo električne instalacije prema utjecaju okoline?
7. Koje su instalacije danas naročito u većem razvoju?

3. OPĆE KARAKTERISTIKE ELEKTRIČNIH INSTALACIJA

Među opće značajke električnih instalacija, prije svega, ubrajamo:

- karakteristike napajanja,
- vrsta sustava za napajanje (prema izvoru napajanja),
- vrsta instalacijskoga strujnog kruga,
- vrsta razdjelnog sustava (NN mreže),
- usklađenost opreme i
- održavanje električnih instalacija

3. 1. Karakteristike napajanja

To su, zapravo, osnovni električni podaci koje moramo poznavati da dimenzioniramo električne instalacije:

- vrsta struje i frekvencija
- nazivni napon
- predviđena jakost struje kratkog spoja priključka (I_u i I_k)
- vršno opterećenje

3. 2. Vrsta sustava za napajanje

S obzirom na stupanj sigurnosti možemo razlikovati tri sustava napajanja:

- **opći sustav napajanja** (to je, zapravo, napajanje iz javne mreže te uglavnom taj sustav za većinu instalacija zadovoljava)
- **sustav sigurnosnog napajanja** (npr. automatski preklop na pomoćni izvor napajanja u slučaju nestanka napona, npr. rasvjeta u nuždi i slično, a obično u tu svrhu upotrebljavamo akumulatore ili baterije s mogućnošću punjenja)
- **pomoćni sustav napajanja** (za to najčešće služe dizel-agregati, npr. u elektrani, bolnicama...)

3. 3. Vrsta instalacijskog strujnog kruga

S obzirom na značaj strujne krugove u električnim instalacijama dijelimo na:

- opće strujne krugove
- posebne strujne krugove

Posebni strujni krugovi napajaju npr. dizala, kotlovnice, hidrofore itd.

3. 4. Vrsta razdjelnog sustava

Razdjelni sustavi niskog napona određeni su vrstom i brojem vodiča pod naponom i odnosom sustava prema zemlji.

S obzirom na vrstu i broj vodiča pod naponom razlikujemo:

1. Izmjenične (AC) sustave:

- jednofazni sustav s dva vodiča
- dvofazni sustav s tri ili pet vodiča
- trofazni sustav s tri ili četiri vodiča

2. Istosmjerne (DC) sustave:

- s dva vodiča
- s tri vodiča

Pri izmjeničnim sustavima među vodiče pod naponom (aktivni dijelovi) ubrajamo fazne vodiče (L1, L2, L3) i neutralni vodič(N).

Kod istosmjernih sustava imamo pored pozitivnog (L+) i negativnog (L-) vodiča još i srednji vodič (M).

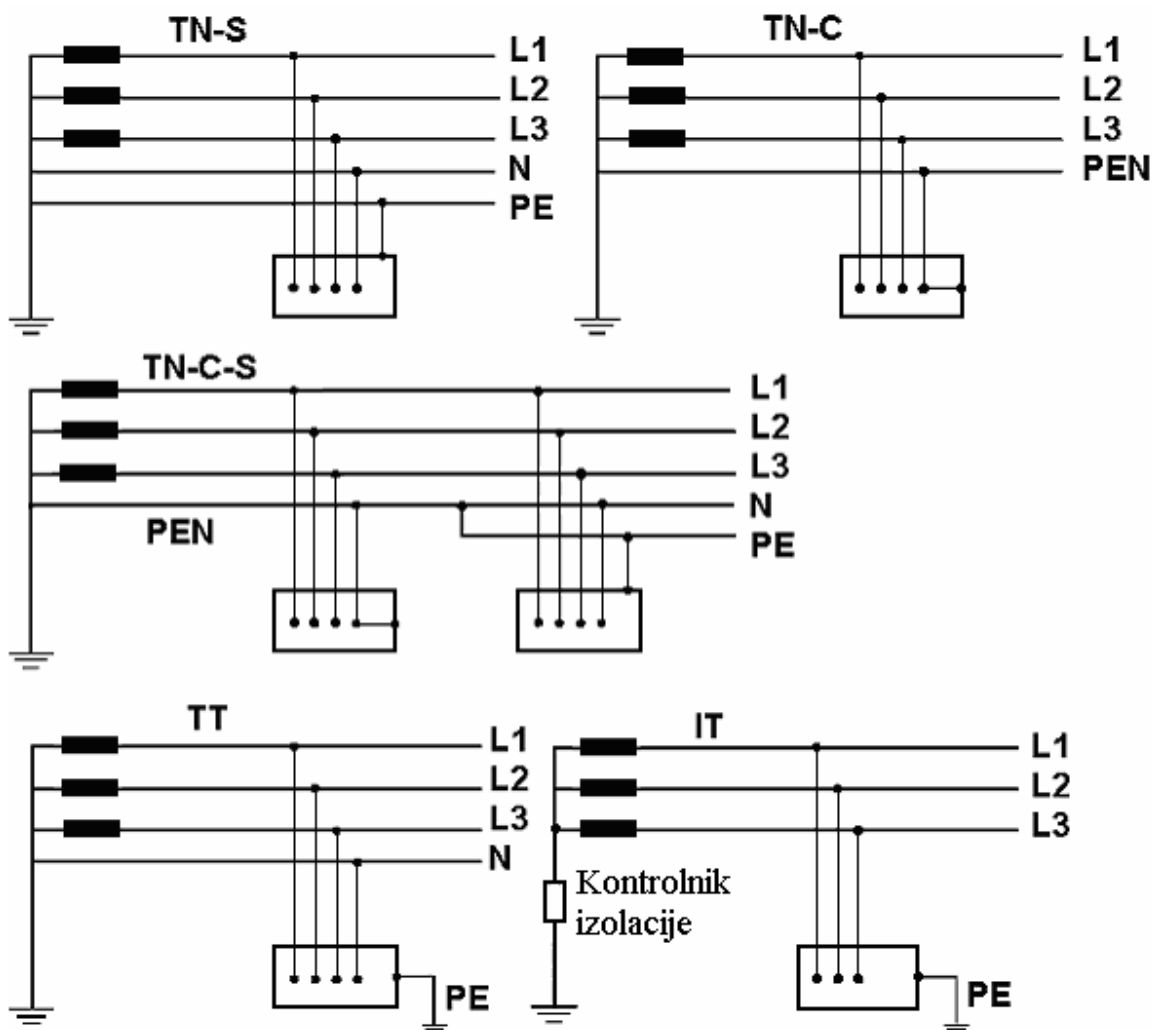
Zadatak: Označite dva sustava sabirnica u istom razdjelniku.

Rješenje: 1L1, 1L2, 1L3; 2L1, 2L2, 2L3

3. 4. 1. Razdjelni sustavi niskog napona (tipovi NN mreža)

Niskonaponska mreža je distribucijska mreža koja se upotrebljava za razdiobu el. energije od transformatorskih stanica do potrošača, odnosno do trošila. Nazivni napon ne prelazi 1000 V AC. S obzirom na sustav uzemljenja, niskonaponske mreže razlikuju se prema načinu uzemljenja sekundara transformatora 10/0.4 kV (20/0,4 kV), te prema načinu uzemljenja potrošača i niskonaponskih instalacija.

Tipove razdjelnih sustava prikazat ćemo pojednostavljeno od niskonaponske (NN) strane (sekundara) transformatora do trošila.



Slika 2.1 Tipovi NN mreža

U tim shemama upotrijebljene oznake imaju sljedeća značenja:

- C** = objedinjeno (od engl. riječi combined)
- E** = zemlja (od engl. riječi earth)
- I** = izolirano (od engl. riječi isolated)
- N** = neutralno (od engl. riječi neutral)
- P** = zaštita (od engl. riječi protection)
- S** = razdvojeno (od engl. riječi separated)
- T** = zemlja (od franc. riječi terre)

U distribucijskim mrežama danas se najčešće primjenjuje TN – C sustav razdiobe, a na području instalacija u zgradama TN – C – S i TT sustav.

Prema preporukama IEC-a prednost se daje TN – S sustavu.

Kako sustav zaštite od udara električne struje bitno zavisi o tipu razdjelnog sustava, to ćemo se o TN, TT i IT mrežama detaljnije pozabaviti i u kasnijim poglavljima.

3. 5. Usklađenost opreme

Dijelovi električne opreme u električnim instalacijama međusobno utječu jedni na druge ili na druge instalacije, te je potrebno poduzeti određene mjere. Među takve utjecaje ubrajamo prijelazne prenapone, nagle promjene opterećenja, više harmonike, struje uklapanja motora itd.

O mjerama, da se takvi utjecaji dovedu na željenu razinu, govorit ćemo u kasnijim poglavljima.

3. 6. Održavanje instalacija

Učinkovitost, sigurnost i trajnost električne instalacije ovisi o stupnju održavanja te mora biti predviđena projektom (predviđeno je i propisom).

Za svaku se instalaciju mora procijeniti učestalost i obim održavanja.

S gledišta učestalosti i obima održavanja moraju se uzeti u obzir:

- svi periodički pregledi, ispitivanja, održavanja i popravci za koje se pretpostavlja da će biti potrebni u tijeku predviđene trajnosti, a koji se mogu lako obaviti,
- efikasnost zaštitnih mjera za sigurnost u tijeku utvrđene trajnosti,
- pouzdanost opreme kojom se ostvaruje ispravan rad instalacije utvrđen trajnošću.

Određivanje rokova za periodičke preglede i ispitivanja nije jednostavno, pogotovo uzimajući u obzir utjecaj okoline (vruće, mokro, štetne kemikalije i sl.).

Česta ispitivanja uzrokuju nepotrebne troškove i poskupljuju proizvodnju, a predugi rokovi povećavaju rizik od oštećenja, zastoja rada i ozljeda ljudi.

Pitanja i zadaci!

1. Nabrojite opće karakteristike (značajke) električnih instalacija.
2. Što se podrazumijeva pod karakteristikama napajanja?
3. Objasnite pojmove: opći sustav napajanja, sustav sigurnosnog napajanja i pomoćni sustav napajanja.
4. Objasnite podjelu razdjelnih sustava niskog napona prema vrsti i broju vodiča pod naponom i odnosom sustava prema zemlji.
5. Prikazite skice TN – C, TN – S, TN – C – S, TT i IT sustava razdiobe el. energije.
6. Objasnite značenja oznaka u shemama iz prethodnog pitanja: **C, E, I, T, P, S** i **N**.
7. Što treba uzeti u obzir s gledišta održavanja el. instalacija?

4. OSNOVNI POJMOVI I DEFINICIJE

Uvjet za sigurnost u primjeni električne energije je u svakom slučaju i dobro poznavanje stručnih izraza ili termina. Zbog toga su IEC i CENELEC izdali standarde o stručnim terminima koji su dopunjeni definicijama.

U ovom ćemo poglavlju dati pregled nekih termina i definicija, posebno onih koji se često koriste u električnim instalacijama.

Potrošač - kupac električne energije koji električnu energiju nabavlja od nekog isporučitelja električne energije.

Trošilo - uređaj koji električnu energiju pretvara u drugi oblik energije.

Postrojenje (EN 50110-1/96) - elektroenergetsko postrojenje koje uključuje svu elektrotehničku opremu koja služi za proizvodnju, prijenos, pretvorbu, transformaciju, distribuciju i korištenje el. energije. To obuhvaća i izvore energije kao što su baterije, kondenzatori i drugi izvori akumulirane el. energije.

Potrošačko postrojenje - postrojenje u vlasništvu potrošača

Isporučitelj električne energije – društvo (npr. HEP) koje električnu energiju dobavlja preko neke javne razdjelne mreže.

Razvodni uređaj (ormar) - skup aparata koji služe za razvođenje ili grananje el. vodiča.

Sklopni aparati - uređaji ili oprema koja strujni krug spaja, prekida ili rastavlja.

Niski napon (NN) - prema europskoj normi EN - 50160, to je razdjelni napon čija je nazivna (efektivna) vrijednost najviše 1000 V (AC) ili 1500 V istosmjerno (DC).

Mali napon (EN 50110-1/96) - napon koji normalno ne prelazi 50 V izmjenične struje ili 120 V istosmjerne struje (bez valovitosti) i to bilo među vodičima ili između vodiča i zemlje.

Faza (IEV 601-3-9- Phase) - naziv jednog vodiča, skupine vodiča, stezaljki, namotaja ili nekog električnog elementa višefazne mreže koji je u normalnom pogonu pod naponom (npr. L1).

Fazni napon (IEV 601-1-30- Phase to neutral voltage) - napon između jednog vodiča faze višefaznog sustava i neutralne točke.

Vod: električni (IEV 601-3-3- Electric line) - skup elemenata sastavljenih od vodiča, izolatora i drugog pribora koji su jedan od drugog, od zemlje i od drugih konstruktivnih dijelova izolirani, a služe za prijenos električne energije.

Vodič (Conductor) - osnovni element električnog voda koji ima zadatak voditi električnu struju i jedini je aktivni dio voda.

Nula (nul vodič - N) (IEV 601-3-10- Neutral) - naziv za vodič stezaljku ili neki drugi element spojen na neutralnu točku višefaznog sustava.

Zaštitni vodič (PE) - vodič, koji u instalaciji povezuje izložene vodljive dijelove uređaja sa sabirnicom za izjednačavanje potencijala ili zaštitnom sabirnicom razvodnog ormara.

Glavni zaštitni vodič - vodič koji u instalaciji povezuje sabirnicu za izjednačavanje potencijala objekta i zaštitnu sabirnicu razvodnog ormara.

Sabirni zaštitni vodič - vodič koji u instalaciji ima funkciju **sabirnice**, na koju se priključuju na jednoj strani zaštitni vodiči, a na drugoj strani zaštitno uzemljenje objekta.

Zaštitni kontakt – kontakt u krugu zaštitnog vodiča, npr. na priključnici.

Sabirnica (IEV 605-2-1- Busbar) - vodič s malom impedancijom na koji se može pojedinačno vezivati više el. strujnih krugova odnosno vodiča.

Električni udar (IEV 604-4-16- Electric shock) - patofiziološki efekt koji nastaje prilikom prolaza električne struje kroz ljudsko ili životinjsko tijelo.

Kvar (IEV 604-2-1- Fault) - slučajni događaj ili kvar uređaja, koji može izazvati prekid rada tog uređaja, otkazivanje tog uređaja i/ili nekih drugih pridruženih uređaja.

Kvar na izolaciji (IEV 604-2-2- Insulation fault) (IEC 46-325) - kvar na izolaciji opreme što može izazvati pojavu nenormalnih struja kroz tu izolaciju ili njezin proboj.

Kratki spoj (IEV 151-12-04- Short - circuit) - spoj dviju točaka strujnog kruga različitih potencijala sa zanemarivom impedancijom.

Spoj među vodičima - zbog kvara nastala vodljiva veza među vodičima, ali preko korisnog otpora npr. žarulje, grijala, itd.

Spoj s masom - kvar koji uzrokuje vodljivi spoj između dijelova pod naponom i uzemljenih dijelova koji ne pripadaju pogonskom strujnom krugu.

Zemni spoj (IEC 15-324 - Earth fault) - **zemljospoj**, spoj vodiča sa zemljom koji je posljedica direktnog spoja sa zemljom ili smanjene izolacijske otpornosti prema zemlji.

Nazivna struja – struja koja teče kada je naprava u normalnom pogonu.

Struja kvara – struja koja teče zbog kvara na izolaciji ili zbog proboja, npr. na masu.

Struja odvoda – struja koja teče kroz izolaciju prema zemlji u normalnom pogonu.

Struja kratkog spoja – struja koja teče tijekom kratkog spoja i može biti vrlo velika.

Strujni krug – zatvoreni put struje između izvora i trošila.

Glavni strujni krug – služi za napajanje opreme koja služi za proizvodnju, prijenos i potrošnju električne energije.

Pomoćni strujni krug – su strujni krugovi zaštite, upravljanja, mjerenja, signalizacije itd.

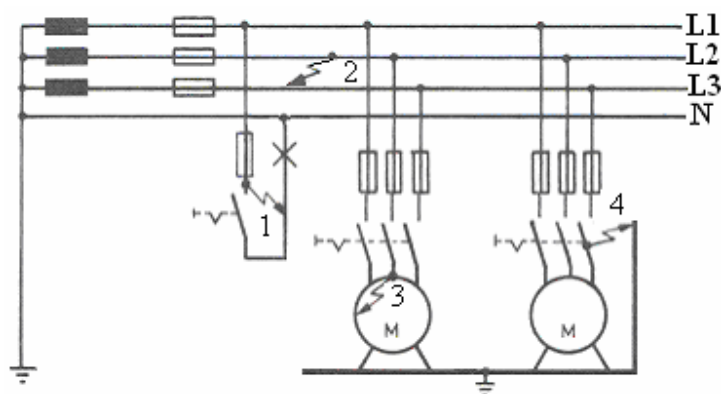
Otpor petlje (impedancija petlje) – suma otpora u strujnom krugu (izvor, glavni vodič i povratni vodič).

Zemlja (IEC 2-264- Earth) - vodljive mase u zemlji, kod kojih je električni potencijal u bilo kojoj točki jednak nuli. Tlo svake vrste: ilovača, njiva, pijesak, šljunak, kamenje kao i voda potoka, rijeke, jezera, mora i slično.

Uzemljenje - električna vodljiva veza dijelova objekta sa zemljom.

Sustav uzemljenja (IEV 604-4-2- Earthing system) - skup uređaja i međusobnih spojeva koji su potrebni za to da se odvojeno ili zajednički uzemlji neki aparat ili neko postrojenje.

Uzemljivač (IEV 604-4-3- Earth electrode) (IEC 23-275) - neizolirani vodiči, skupina vodiča ili metalni dijelovi koji leže u zemlji te su s njom u čvrstoj vodljivoj vezi. Dijelovi dovoda do uzemljivača koji leže neizolirani u zemlji smatraju se dijelovima uzemljivača.



Slika 4.1 Vrste spojeva

1 – spoj među vodičima

2 – kratki spoj

3 – spoj s izloženim
vodljivim dijelom

4 – zemljospoj

Zemljovod - vod između dijelova postrojenja koje se uzemljuje i uzemljivača postavljen izvan zemlje ili izolirano u zemlji.

Zaštitno uzemljenje - uzemljenje izloženih vodljivih dijelova el. uređaja, koji nisu dio strujnog kruga, a na dohvat su čovjeka.

Radno (pogonsko) uzemljenje - uzemljenje vodljivih dijelova el. uređaja koji su dio strujnog kruga (uzemljenje neutralnog vodiča). Ovo uzemljenje služi za sprječavanje pojave unutarnjih (pogonskih) prenapona.

Združeno uzemljenje – je sustav uzemljenja u kojem su međusobno povezana sva uzemljenja: visokonaponsko zaštitno, visokonaponsko radno, niskonaponsko zaštitno, niskonaponsko radno i gromobransko uzemljenje.

Direktni ili izravni dodir – je dodir ljudi ili životinja s dijelovima koji su u normalnom pogonu pod naponom.

Indirektni ili neizravni dodir – je dodir s izloženim vodljivim dijelovima koji su pod napon došli radi kvara.

Dostupni (ili izloženi) vodljivi dijelovi - su vodljivi dijelovi električne opreme koji normalno nisu pod naponom (često upotrebljavamo naziv masa, kućište, pokrov i slično).

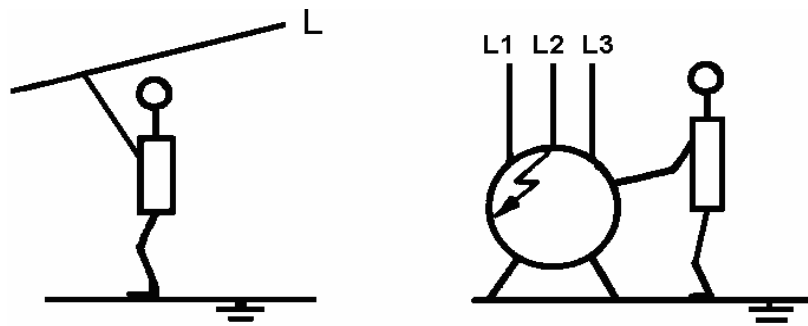
Strani vodljivi dijelovi - su vodljivi dijelovi koji nisu dio električne instalacije ili pribora (sustav cijevi za grijanje, vodovodnih cijevi, metalni dijelovi ventilacije, metalni dijelovi konstrukcije, itd.). Uglavnom su na potencijalu zemlje.

Istodobno dostupni dijelovi - su vodiči ili drugi vodljivi dijelovi kojih se čovjek (ili životinja) može dotaknuti istodobno.

Nazivni napon (U_n) - je napon kojim se neka mreža, instalacija, aparat ili bilo koje pogonsko sredstvo označuje ili identificira i na koji se svode određene pogonske značajke.

Napon kvara (U_{kv}) – je napon koji se pojavljuje zbog kvara na izolaciji, između kućišta i referentne zemlje.

Napon dodira (U_d) – je napon između pristupačnih vodljivih dijelova, odnosno napon koji čovjek premosti svojim tijelom.

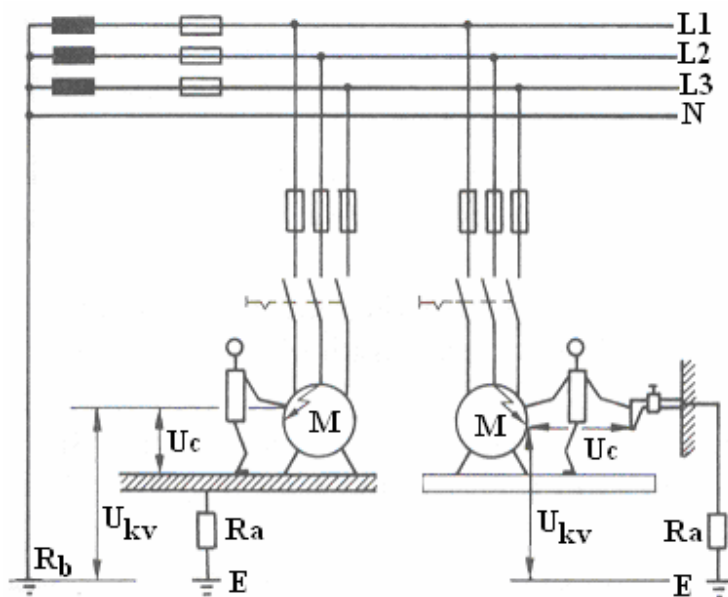


Slika 4.2 **Direktni ili izravni dodir** **Indirektni ili neizravni dodir**
(L – fazni vodič)

Očekivani napon dodira (U_c) – je najviši napon dodira koji se očekuje u slučaju kvara zanemarive impedancije.

Dozvoljeni napon dodira (U_L) – je najveća vrijednost napona dodira koja se može izdržati neograničeno vrijeme bez štetnih posljedica (uz određene uvjete).

S navedenim (i drugim) pojmovima i definicijama sretat ćemo se tijekom cijelog školovanja, pa i kasnije, u praktičnom radu ili daljnjem školovanju. Ako nam i svi pojmovi nisu baš potpuno jasni, za sada to i nije toliko važno jer u nastavku ćemo još sve detaljnije razjasniti.



Slika 4.3 Vrste napona kod kvarova - kod izolirane (lijevo) i neizolirane podloge (desno)
 U_{kv} - napon kvara (pogreške)
 R_b - ukupni otpor uzemljenja mreže
 U_c - napon dodira
 R_a - otpor stajališta ili otpor zaštitnog uzemljenja

Pitanja i zadaci!

1. Objasnite pojmove: potrošač, trošilo, razvodni uređaj (ormar), sklopni aparati, niski napon, mali napon, električni vod i vodič.
2. Objasnite pojmove: nula, zaštitni vodič, zaštitni kontakt, sabirnica, kratki spoj, spoj među vodičima, zemlja, zemni spoj (zemljospoj), otpor petlje (impedancija petlje) i spoj s masom.
3. Objasnite značenje pojmova faza i fazni napon.
4. Što nazivamo spoj među vodičima?
5. Objasnite pojmove: nazivna struja, struja kvara, struja kratkog spoja i struja odvoda.
6. Što podrazumijevamo pod uzemljenjem?
7. Što je to uzemljivač?
8. Prikažite skicom vrste spojeva u el. instalacijama.
9. Definirajte pojmove izravni i neizravni dodir.
10. Prikažite skicom izravni dodir.
11. Prikažite skicom neizravni dodir.
12. Što smatramo dostupnim (ili izloženim) vodljivim dijelovima?
13. Što smatramo stranim vodljivim dijelovima?
14. Što označava pojam istodobno dostupni dijelovi?
15. Koje strujne krugove smatramo glavnim, a koje pomoćnim?
16. Koji napon nazivamo nazivnim naponom? Navedite primjer!
17. Što je napon kvara, a što napon dodira?
18. Što je očekivani napon dodira?
19. Što je dozvoljeni napon dodira?
20. Prikažite skicom vrste napona kod kvarova.
21. Koje uzemljenje nazivamo pogonskim (radno) uzemljenjem?
22. Koje uzemljenje nazivamo zaštitnim uzemljenjem?
23. Opišite shemu na slici 4.3 te razjasnite oznake: R_a , R_b , E , U_{kv} i U_c .

5. TEHNIČKI PROPISI I NORME

5. 1. Pojmovi, nazivi i definicije

Tehnička regulativa je skup pisanih pravila koja se smatraju priznatim pravilima tehnike, a u pravilu se izdaju u obliku normi, propisa ili drugih sličnih dokumenata. Rad na donošenju, odnosno noviranju tehničke regulative, mora biti stalan jer u protivnom bi bila kočnica daljnjem razvoju tehnike. Dosljedno provedena suvremena tehnička regulativa čini električnu energiju toliko bezopasnom da je njena uporaba moguća svugdje.

Normizacija (standardizacija) je djelatnost uspostavljanja odredaba za opću i opetovanu uporabu koje se odnose na postojeće ili moguće probleme radi postizanja najboljeg stupnja uređenosti u danom kontekstu.

Kao početak standardizacije može se uzeti 1886. godina kada je u Dresdenu održana prva konvencija o metodama ispitivanja.

Ciljevi normizacije

Opći ciljevi normizacije, koji proizlaze iz definicije normizacije, su:

- povećanje razine sigurnosti proizvoda i procesa, čuvanje zdravlja i života ljudi te zaštita okoliša,
- promicanje kakvoće proizvoda, procesa i usluga,
- osiguranje svrsishodne uporabe rada, materijala i energije,
- poboljšanje proizvodne učinkovitosti, ograničenje raznolikosti optimalnoga broja tipova ili veličina, osiguranje spojivosti i zamjenjivosti,
- otklanjanje tehničkih zapreka u međunarodnoj trgovini.

Norma (standard) je dokument donesen **konsenzusom** i odobren od priznatoga tijela koji za opću i višekratnu uporabu daje pravila, upute ili značajke za djelatnosti ili njihove rezultate te koji jamči najbolji stupanj uređenosti u danom kontekstu.

U normama je skupljeno ogromno iskustvo i znanje koje je svima dostupno.

Norma ne obuhvaća sve detalje, npr. ne određuje sve mjere priključnica, nego samo najvažnije. Norme predstavljaju minimum kvalitete koju jedan proizvod treba da postigne (npr. % nečistoća u bakru). Norme ipak ostavljaju dovoljno prostora za kreativnost, dizajn i povećanu kvalitetu. I pored propisanih normi u svakoj djelatnosti postoje dobri, bolji i najbolji proizvodi i proizvođači.

Konsenzus je opće slaganje koje se odlikuje odsutnošću razlika u bitnim pitanjima između većine zainteresiranih strana, u kojem se nastoje uzeti u obzir gledišta svih zainteresiranih strana te uskladiti oprečna stajališta.

Propis je dokument koji sadrži obvezatna zakonska pravila, a donosi ga mjerodavno upravno tijelo.

Tehnički propis je propis u kojem se tehnički zahtjevi daju izravno ili upućivanjem na normu, tehničku specifikaciju ili upute za primjenu ili pak uključivanjem sadržaja tih dokumenata.

Tehnička specifikacija je dokument u kojem se propisuju tehnički zahtjevi koje treba zadovoljiti kakav proizvod, proces ili usluga.

Upute za primjenu je dokument kojim se preporučuju načini ili postupci projektiranja, izradbe, ugradbe, održavanja ili uporabe opreme, konstrukcija ili proizvoda.

Tipizacija je izvod iz norme koji je strogo definiran. Na primjer, poduzeća za distribuciju el. energije imaju svoje interne norme, koje su obično strože od službenih, što je i razumljivo, jer službene zahtijevaju minimum kvalitete i ne definiraju do detalja proizvod ili izradu.

5. 2. Vrste normi

Postoji više vrsta norma, a neke norme mogu imati značajke raznih vrsta.

Najčešće vrste su:

- **Osnovna norma** je norma kojom se obuhvaća široko područje ili koja sadrži opće odredbe za koje posebno područje.
- **Terminološka norma** je norma koja utvrđuje nazive, obično praćenje njihovim definicijama i, katkad, objašnjenjima, crtežima, primjerima itd.
- **Norma za ispitivanje** je norma koja utvrđuje metode ispitivanja, katkad dopunjena drugim odredbama koje se odnose na ispitivanja, kao što su uzorkovanje, uporaba statističkih metoda ili redoslijed ispitivanja itd.

5. 3. Razine normizacije

Razina normizacije je zemljopisni, politički ili gospodarski opseg normizacije.

Međunarodna normizacija je normizacija u kojoj mogu sudjelovati odgovarajuća tijela svih zemalja.

Najpoznatije međunarodne organizacije za normizaciju su:

- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - **ISO**
(Međunarodna organizacija za normizaciju - ISO)
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION - **IEC**
(Međunarodno elektrotehničko povjerenstvo - IEC)

Regionalna normizacija je normizacija u kojoj mogu sudjelovati odgovarajuća tijela zemalja samo jednoga zemljopisnoga, političkoga ili gospodarskoga područja svijeta, npr. europska normizacija.

Europske organizacije za normizaciju su:

- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - **CEN**
(Europski odbor za normizaciju – CEN, formiran 1961. godine)
- EUROPEAN COMMITTEE FOR ELECTROTECHNICAL STANDARDS - **CENELEC**
(Europski odbor za elektrotehničke norme - CENELEC)
- EUROPEAN TELECOMMUNICATION STANDARDS INSTITUTE - **ETSI**
(Europski institut za telekomunikacijske norme - ETSI)

Kao primjer regionalne normizacije (standardizacije) navest ćemo norme (standarde) za mjerenja i ispitivanja na električnim instalacijama do 1000 V AC i 1500 V DC.

IEC i CENELEC pripremili su i izdali grupu standarda **EN 61557** koja velikim dijelom slijedi njemačku grupu standarda DIN VDE 0413.

EN 61557 standard je podijeljen u nekoliko dijelova i svaki se dio bavi sigurnošću određenog mjerenja na električnim instalacijama kako slijedi:

- EN 61557 dio 2 Otpor izolacije
- EN 61557 dio 3 Impedancija petlje kvara
- EN 61557 dio 4 Neprekinutost zaštitnog vodiča i vodiča za izjednačenje potencijala
- EN 61557 dio 5 Otpornost zemlje (tla)
- EN 61557 dio 6 Strujna zaštitna sklopka u TT i TN sustavu
- EN 61557 dio 7 Redoslijed faza
- EN 61557 dio 8 Kontrola izolacije u IT sustavu

Nacionalna normizacija je normizacija koja se odvija na razini jedne određene zemlje, npr. hrvatska normizacija, slovenska normizacija, itd.

Primjer nacionalnih normiranih ustanova:

- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG - DIN
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION - BSI
- ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION - AFNOR
- ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE - UNI
- SLOVENSKI INSTITUT ZA NORMIZACIJU (SIST).
- **DRŽAVNI ZAVOD ZA NORMIZACIJU I MJERITELJSTVO - DZNM** imao je ulogu nacionalne normirane ustanove u Republici Hrvatskoj (do 1. 01. 2005.).

Za nas su posebno značajni DIN - Deutsches Institut für Normung i VDE - Verband Deutscher Elektrotechniker.

U pravilu norme (standardi) imaju početnu oznaku kraticu naziva organizacije kojoj pripadaju.

5. 4. Hrvatske norme

Hrvatske norme označuju se pisanom oznakom **HRN**. Naziv hrvatska norma i oznaka HRN ne smiju se upotrebljavati za označivanje drugih vrsta dokumenata.

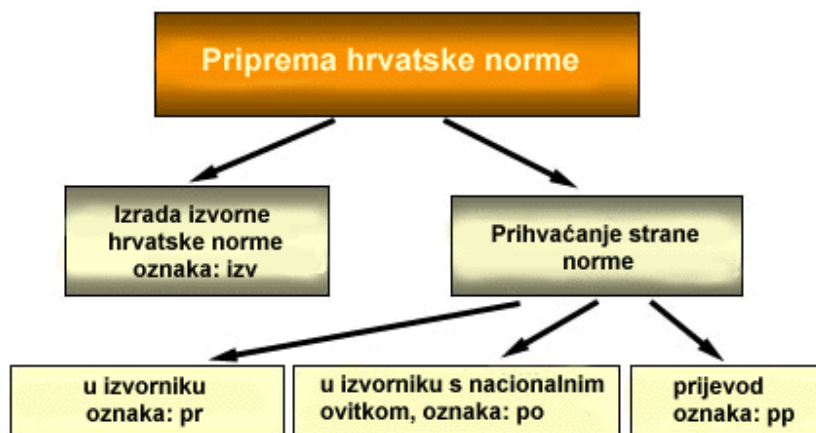
Zakonom o normizaciji, koji je donio Hrvatski sabor na sjednici 1. listopada 2003. osnovano je **Hrvatsko nacionalno normirno tijelo** (kraće:**Hrvatsko normirno tijelo**).

Hrvatsko normirno tijelo preuzima od Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo provedbu zadataka u području normizacije od 1. siječnja 2005. godine.

HRVATSKO NORMIRNO TIJELO obavlja sljedeće poslove:

1. priprema, prihvaća i izdaje hrvatske norme i druge dokumente s područja normizacije,
2. predstavlja hrvatsku normizaciju u međunarodnim i europskim normizacijskim organizacijama,
3. održava zbirku hrvatskih norma i vodi registar hrvatskih norma,
4. uređuje, izdaje i raspačava hrvatske norme, druge dokumente i publikacije s područja normizacije, itd.

Način pripreme hrvatske norme prikazan je slikom 5.1.



Slika 5.1 Priprema hrvatske norme

Primjer hrvatske norme:

- **HRN N. B2. 741 Električne instalacije u zgradama. Zaštita od električnog udara.**

Predmetci iz oznake hrvatskih normi imaju sljedeća značenja:

- predmetak HRN bez dodatnih slova označuje da je norma izvorna hrvatska norma
- predmetak HRN ISO označuje norme koje su preuzete iz normizacijskog sustava ISO-a
- predmetak HRN IEC označuje norme koje su preuzete iz normizacijskog sustava IEC-a
- predmetak HRN EN označuje norme koje su preuzete iz normizacijskog sustava CEN/CENELEC
- predmetak HRN ETS označuje norme koje su preuzete iz normizacijskog sustava ETSI-a (European Telecommunications Standards Institute)
- predmetak HRN DIN označuje norme koje su preuzete iz normizacijskog sustava DIN-a

Sukladnost određenoga proizvoda, procesa ili usluge s hrvatskom normom može se potvrditi izjavom o sukladnosti, potvrdom (**certifikatom**) o sukladnosti ili oznakom sukladnosti.

U slučaju da neko područje nije obuhvaćeno hrvatskim normama u pravilu se primjenjuju IEC-e, DIN ili VDE norme.

5. 5. Postupci za utvrđivanje usklađenosti

Članice Europske unije (EU) dogovorile su se da kod trgovine robom ili uslugama ne smije biti ograničenja. U tu je svrhu EU izdala tehničke smjernice koje svaka članica mora uključiti u svoje zakone ili regulativu. Tako se predviđa postupak certifikacije proizvoda ili usluga. Izraz certifikacija označava postupak neutralnog tijela (ne kupac niti proizvođač) koje potvrđuje da određeni proizvod ili usluga zadovoljava određene norme ili druge dokumente. Ako proizvod ili usluga zadovoljava sve propise ili standarde onda se smije označiti znakom **CE** (slika 5.1).

Slika 5.2 Simboli za označavanje usklađenosti



a) Europski certifikacijski znak
za regulirano područje

b) Europski certifikacijski znak
za neregulirano područje

c) Znak hrvatske kvalitete

5. 6. Deklaracije i označavanje proizvoda

Deklaracija proizvoda podrazumijeva da se na proizvod, ili njegovu ambalažu, navedu određeni podaci, npr. usklađenost s normama ili propisima, karakteristike, proizvođač ili onaj koji je proizvod stavio u promet.

Označavanje proizvoda podrazumijeva oznake za usklađenost, oznake i simbole za opasnost, oznake za transport, način skladištenja i postupci u slučaju nezgode.

Svi podaci moraju biti na hrvatskom jeziku.

Primjer oznaka na jednom električnom proizvodu je prikazan slikom 5.3.

115/230 V ~ / 50 Hz / 10 W



Slika 5.3 Primjer oznaka na električnom proizvodu

Značenje oznaka na slici (redom):

- Europski certifikacijski znak
- Dvostruka izolacija
- VDE znak
- Ispitna pouzdanost
- Zaštita od radio smetnji
- Švicarski ispitni znak







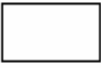


Pitanja i zadaci!




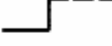
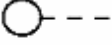

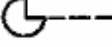

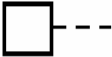

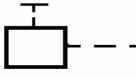

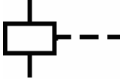

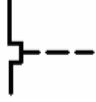



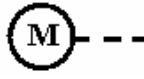

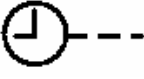
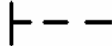

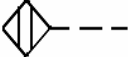
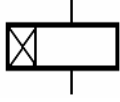
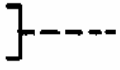
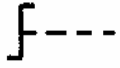
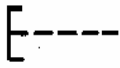
1. Definirajte pojmove tehnička regulativa i normizacija (standardizacija)
2. Koji su ciljevi normizacije?
3. Što je norma, a što konsenzus?
4. Što je propis?
5. Što se podrazumijeva pod tipizacijom?
6. Nabrojite vrste normi.
7. Objasnite pojmove: međunarodna normizacija, regionalna normizacija i nacionalna normizacija.
8. Objasnite skraćenice: ISO, IEC, CEN, CENELEC, DIN i VDE.
9. Što označava kratica DZNM?
10. Što je Hrvatsko normirno tijelo? Koji mu je zadatak?
11. Kojom skraćenicom započinje oznaka hrvatske norme?
12. Što označava oznaka EN 61557 ?
13. Navedite primjer hrvatske norme.
14. Objasnite oznaku HRN DIN.
15. Objasnite oznaku HRN ISO.
16. Objasnite pojam certifikacija.
17. Nacrtajte grafički simbol za europski certifikacijski znak za regulirano područje.
18. Objasnite oznake sa slike 5.2.
19. Koji je znak za oznaku hrvatske kvalitete?
20. Koje oznake se zahtijevaju za označavanje proizvoda?
21. Precrtajte simbole i prepisite oznake sa nekog električnog proizvoda te objasnite njihova značenja (npr., električni štednjak, žarulja, elektromotor, sklopka, itd.).

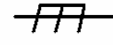





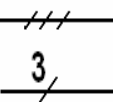

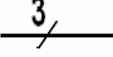
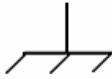



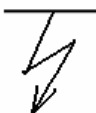









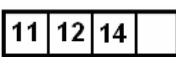

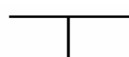
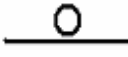

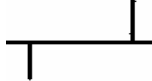

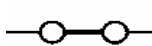
6. GRAFIČKI SIMBOLI

Jedan od zajedničkog načina izražavanja u električnim instalacijama (i općenito u elektrotehničkoj praksi) su grafički simboli. Grafički simbol prikazuje napravu ili njezin dio, i to najčešće, na nekoj shemi. Poznavanje simbola u mnogome će nam olakšati rad u električnim instalacijama. Posebnu važnost poznavanje simbola ima pri upotrebi shema, npr. kod projektiranja, praktičnog izvođenja elektroradova, spajanja, popravaka, održavanja itd. Mnoge simbole već smo upoznali, međutim kako su simboli određeni tehničkom regulativom (standardima), to je moguće da imamo različite simbole za isto pogonsko sredstvo. Najbolje se pri tome držati međunarodne tehničke regulative. U sljedećem prikazu dat ćemo pregled nekih najčešće upotrebljavanih simbola u električnim instalacijama.














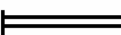

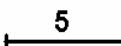











Tablica 6. 1. Grafički simboli



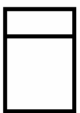

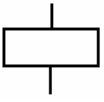

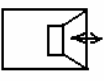


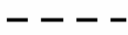
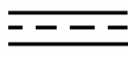
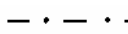
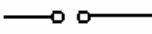



SIMBOL	ZNAČENJE	SIMBOL	ZNAČENJE
Vrsta materijala			
	Neodređeni materijal		Plinovi
	Kruti materijal		Izolacijski materijal
	Tekući materijal		
Simboli elemenata, naprava		Vrsta struje, napona	
	Naprava, funkcionalna jedinica, 1. oblik	—	Istosmjerna struja, napon, 1. oblik
	2. oblik	— — —	2. oblik
	3. oblik	~	Izmjenična struja, izmjenični napon
— — — —	Crta razdvajanja	Primjeri: 3N ~ 50 Hz 400 / 230 V	Trofazni sustav s neutralnim vodičem, 50 Hz, 400 V (između svake faze i nule je 230V)
	Zakriljenje, zaslon	3 N ~ 50 Hz / TN-S	Trofazni sustav s neutralnim vodičem, 50 Hz, jedna točka direktno uzemljena, neutralni zaštitni vodič su skroz vođeni odvojeno

Mehanički pogoni, spojevi, blokade			Ručno djelovanje, isklapanje u slučaju opasnosti
	Mehanički spoj, 1. oblik		
	Mehanički spoj, 2. oblik		Djelovanje s ručicom
	Djelovanje sa zakašnjenjem		Djelovanje s valjkom
			Djelovanje s grebenom
	Automatsko vraćanje		Mehanički pogon, pogon s akumuliranom mehaničkom energijom
	Bez automatskog vraćanja		Mehanički pogon s ručnim navijanjem
	Mehanička blokada između dviju naprava		Elektromagnetski pogon, djelovanje
	Jednosmjerna blokada, otvorena		Toplinski (bimetalni) okidač
	Jednosmjerna blokada, zatvorena		Elektromagnetski zaštitni okidač
	Blokirajuća naprava		Djelovanje s motorom
	Sklopna brava s mehaničkim oslobađanjem		Djelovanje s električnim satom
	Ručni pogon		Elektromehanička pobuda s dva sklopna položaja
	Djelovanje pod utjecajem blizine		Elektromehanička pobuda s usporenim privlačenjem
	Ručni pogon na potezanje, povlačenje		
	Ručni pogon na okretanje		
	Ručni pogon pritiskivanjem		

Uzemljenje, kvarovi			Vod u žbuci
	Uzemljenje, zemlja		Vod na žbuci
	Uzemljenje s podatkom o vrsti uzemljenja, npr. pogonsko		Vod ispod žbuke
	Priključno mjesto zaštitnog vodiča		Vod s tri vodiča, 1. oblik
	Izjednačenje potencijala		Vod s tri vodiča, 2. oblik
	Spoj na masu		Kabel, trožilni
	Kvar		Napajanje vodi gore
	Proboj		Napajanje vodi dolje
Vodovi, priključna mjesta, spojevi, kabelski pribor			Napajanje vodi gore i dolje
	Vod, općenito		Razdjelnik, npr. s 5 izvoda
	Gibljivi vod		Spoj dvaju ili više vodiča
	Zakriljeni vod		Priključno mjesto
	Vod u zemlji		Označavanje priključnih mjesta, stezaljki
	Nadzemni vod, u zraku		Odcjep, 1. oblik
	Vod u instalacijskoj cijevi ili kanalu		Odcjep, 2. oblik
			Dvostruki odcjep
			Dvostruki odcjep
			Stezaljka za spajanje vodiča u vodu

	Instalacijska kutija, općenito	Naprave za signalizaciju	
	Odvojna kutija		Signalna svjetiljka, žarulja, svjetlosni signal
	Kabelska glava, za jedan trožilni kabel		Truba
	Kabelska glava, za tri jednožilna kabela		Zvonce
	Kućni priključni ormarić		Sirena
Osigurači, zaštitne naprave			Zujalo
	Osigurač, općenito	Utičnice, priključnice	
	Osigurač velike prekidne moći, NH osigurač		Utičnica, opći simbol
	Odvodnik prenapona, naponski osigurač		Višestruka utičnica, npr. dvojna
	Zaštitna strujna sklopka, četveropolna		Utičnica sa zaštitnim kontaktom
	Zaštitni automat, automatski prekidač		Trofazna utičnica, peteropolna
	Motorska zaštitna sklopka, trolna		Utičnica s poklopcem
			Isklopiva utičnica
			Blokirajuća utičnica
			Utičnica s rastavnim transformatorom
			Telekomunikacijska utičnica, opći simbol TP – telefon, TV - televizija
			Antenska utičnica

Sklopke, tipkala		Električna rasvjeta	
	Sklopka, općenito		Svjetiljka, općenito
	Jednopolna sklopka		Priključno mjesto svjetiljke
	Jednopolna sklopka s ograničenim uklopnim vremenom		Priključno mjesto zidne svjetiljke
	Dvopolna sklopka		Žarulja, općenito
	Jednopolna serijska sklopka		Svjetiljka za izbojnu sijalicu
	Jednopolna izmjenična sklopka		Svjetiljka za fluorescentnu cijev
	Križna sklopka		Svjetiljka sa 3 F. C.
	Zamračivač		Svjetiljka sa 5 F. C.
	Zamračivač		Starter
	Jednopolna potezna sklopka		Predspojna naprava, prigušnica
	Sklopka sa signalnom žaruljicom		Svjetiljka za paničnu rasvjetu
	Tipkalo		Svjetiljka za paničnu rasvjetu s neovisnim izvorom napajanja
	Svjetleće tipkalo		Reflektor
	Tipkalo s ograničenim pristupom, npr stakleni poklopac		

Simboli raznih aparata        	Grijač vode	Gromobranska instalacija      Rasklopni elementi   	Nadzemni vod
	Ventilator		Vod u zemlji ili zidu
	Električno brojilo		Temeljni uzemljivač
	Električni sat		Električni vod, općenito
	Zavojnica		Mjerni spoj
	Električna brava		Uklopni kontakt
	Interfon		Isklopni kontakt
	Antena		Izmjenični kontakt

U prethodno navedenim tablicama prikazali smo mnogo različitih simbola, ali potrebno je istaknuti da u praksi ponekad srećemo i drukčije simbole od navedenih. Simbole koje najčešće srećemo dobro je upamtiti, npr. za osigurač, vrstu napajanja, uzemljenje, vodove, sklopke, zvonce, utičnice, svjetiljke, itd.

Važnost poznavanja simbola je temelj za čitanje instalacijskih nacрта i shema.

Pitanja i zadaci!

1. Prikažite pomoću simbola sljedeće uređaje ili stanja: simbol za kvar, kućni priključni ormarić, osigurač (općenito), osigurač velike prekidne moći (NH osigurač), zaštitna strujna sklopka (četveropolna), zaštitni automat (automatski osigurač), trofazna peteropolna utičnica, uzemljenje općenito i telekomunikacijska utičnica!
2. Prikažite pomoću simbola sljedeće uređaje: jednopolna sklopka, jednopolna izmjenična sklopka, tipkalo, svjetleće tipkalo, svjetiljka (općenito), svjetiljka za fluorescentnu cijev, električno brojilo, zvonce i antena!

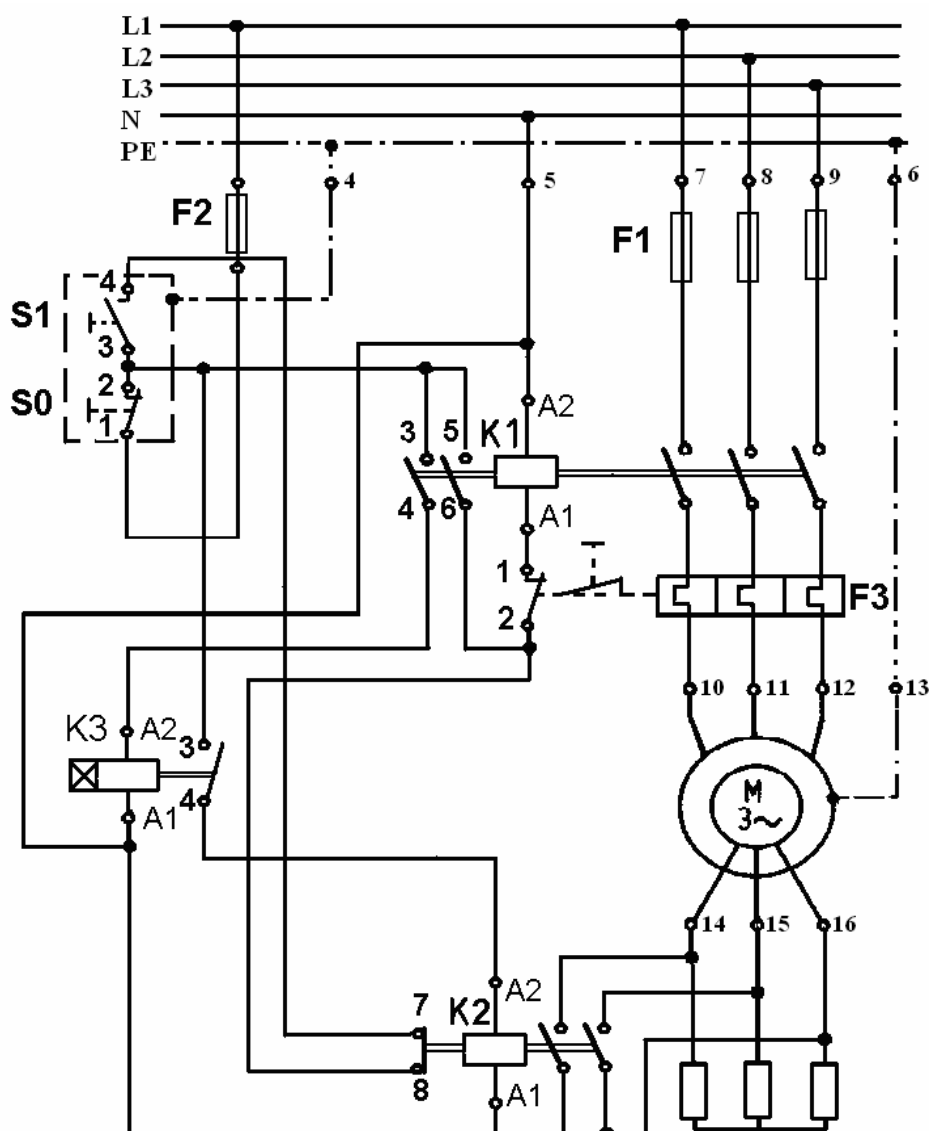
7. ELEKTRIČNE SCHEME

Električne sheme su vrlo važan dio elektrotehničke prakse. To su razni crteži na kojima, uz pomoć simbola, prikazujemo neki aparat ili sklop.

Električna shema prikazuje način djelovanja aparata ili sklopa, tok struje ili spojeve vodova, a često i sve to zajedno.

Tehnička regulativa predviđa razne vrste shema, npr. strujna shema, principijelna shema, shema spajanja aparata, priključni plan, plan mreža, plan instalacija itd.

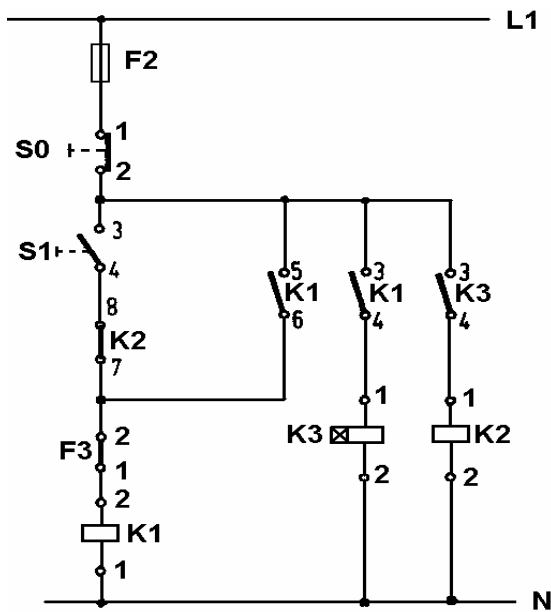
Za razumijevanje načina rada nekog sklopa ili aparata najvažnije su strujne sheme. Za električne instalacije posebno su važni planovi instalacija koje, vrlo često, nazivamo nacrtom instalacije. U električnim instalacijama često još koristimo principijelne sheme, strujne sheme i priključne sheme. Na sljedećih nekoliko slika prikazano je nekoliko primjera električnih shema.



Slika 7.1 Uključivanje trofaznog asinkronog motora s kratko spojenim rotorom – tzv. STRUJNA SCHEMA U POVEZANOM OBLIKU

Strujna shema je iscrpan prikaz djelovanja postrojenja ili dijela postrojenja sa svim pojedinostima. Uz pomoć simbola prikazuje sve el. i ostale veze s drugim dijelovima postrojenja, značajne za njegovu funkciju.

Strujne sheme u povezanom obliku prilično su nepregledne jer prikazuju sve spojeve sa svim detaljima i svi dijelovi crtaju se zajedno. Zbog toga se u praksi češće primjenjuju strujne sheme u nepovezanom obliku, odnosno zasebno strujna shema glavnog strujnog kruga i strujna shema pomoćnih strujnih krugova (slika 7. 2).



Slika 7.2 Strujna shema pomoćnoga strujnog kruga - uključivanja trofaznoga asinkronog motora s kratko spojenim rotorom

Kod strujnih shema pravilo je da strujni tokovi idu pravocrtno i to najčešće okomito po mogućnosti bez križanja. Strujna shema mora omogućiti ispitivanje, posluživanje i lokaliziranje kvara.

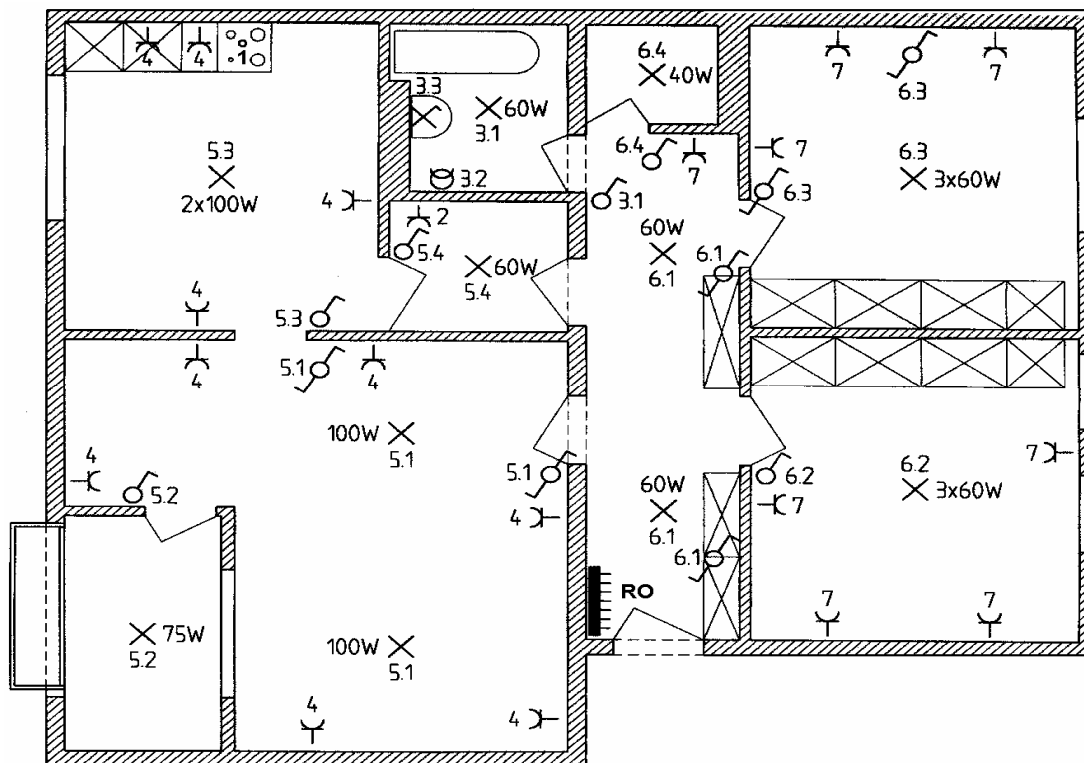
NAPOMENA

Električne elemente u strujnim shemama u pravilu prikazujemo u neaktiviranom, odnosno beznaponskom stanju.

Tablica 7. 1. OZNAKE ELEMENATA U SHEMAMA I NACRTIMA

A – funkcionalne jedinice	N – analogni elementi
B – mjerni pretvornici	P – mjerna oprema
C – kondenzatori	Q – sklopne naprave za energetske krugove
D – binarni elementi, naprave za usporavanje	R – otpori
E – razno	S – sklopne naprave za upravljačke krugove, tipkala, upravljačke sklopke
F – zaštitne naprave	T – transformatori
G – generatori	U – modulatori, pretvornici
H – signalne naprave	V – elektronske cijevi, poluvodiči
J – neodređeno	W – vodovi, sabirnice, valovodi, antene
K – releji, sklopnici	X – spojnice, stezaljke, utikači, utičnice
L – induktiviteti, prigušnice	Y – električno okidane mehaničke naprave
M – motori	Z – korekcijska opterećenja, filtri, limiteri

Na slici 7.3 prikazan je primjer nacrt električne instalacije stana (kuće) bez ucrtanih vodova. Označen je raspored cjelokupne opreme te oznake strujnog kruga kojemu pripada pojedina oprema (priključnice, sklopke, svjetiljke..).



Slika 7.3 Nacrt električne instalacije stana - raspored elemenata instalacija (bez ucrtanih vodova)

Pitanja i zadaci!

1. Što su električne sheme? Što one prikazuju?
2. Nabrojite najvažnije vrste shema.
3. Kakve su to strujne sheme?
4. Što označava pojam strujna shema u povezanom obliku?
5. Što označava pojam strujna shema u nepovezanom obliku?
6. Prepoznajte pojedine elemente na shemi slika 7.1. Po čemu ste ih prepoznali?
7. Opišite shemu na slici 7.1.
8. Što mora omogućiti strujna shema?
9. Opišite shemu na slici 7.2.
10. Što prikazuje nacrt instalacije na slici 7.3 ?
11. Nacrtajte pojednostavljeni (bez ucrtanih vodova) nacrt instalacije svoje sobe, kuće, zgrade i slično.
12. Kojim slovima na shemama označavamo: zaštitne naprave, signalne naprave, releje i sklopnike i motore?
13. Kojim slovima na shemama označavamo: sklopne naprave za energetske krugove, sklopne naprave za upravljačke krugove, tipkala, upravljačke sklopke, spojnice, stezaljke, utikači i utičnice?
14. U kakvom stanju u pravilu prikazujemo elemente u shemama?

8. ELEMENTI ELEKTRIČNIH INSTALACIJA

Kod izvođenja električnih instalacija koristimo raznu električnu opremu i materijale. Tip i vrsta opreme, prije svega, ovisi o tipu instalacije (npr. elektroenergetska ili telekomunikacijska), utjecajima okoline, zahtjevima korisnika itd.

Najvažnije elemente električnih instalacija možemo podijeliti u sljedeće grupe:

- **ELEKTRIČNI VODOVI** (s priborom za postavljanje i spajanje)
- **PRIKLJUČNE NAPRAVE** (priključnice, utikači..)
- **SKLOPKE I PREKIDAČI**
- **ZAŠTITNI UREĐAJI** (osigurači, zaštitne sklopke...)
- **RAZVODNI UREĐAJI** (razdjelnici, priključni ormari...)
- **SVJETILJKE** (sa opremom)
- **MJERNA OPREMA** (npr. brojila, uklopni satovi...)

Ovakva podjela je samo uvjetna jer se, kod izvođenja instalacija, koristi i razna druga oprema i materijali, ali nam ipak daje cjelokupni pregled onoga o čemu ćemo, među ostalim, govoriti u nastavku.

9. ELEKTRIČNI VODOVI - VODOVI U ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA

Električni vod je skup elemenata sastavljenih od vodiča, izolatora i drugog pribora, koji su jedan od drugog, od zemlje i od drugih konstruktivnih dijelova izolirani, a služe za prijenos električne energije s jedne točke mreže ili instalacije na drugu.

Pod vodom, dakle, u širem smislu, podrazumijevamo, osim samog voda, i sav pribor, naprave i uređaje koji služe za njegovo trajno nošenje ili polaganje.

Općenito možemo reći da se vod sastoji iz sljedećih dijelova:

- **VODIČ (I)**
- **IZOLACIJA**
- **SLOJEVI ZA ZAŠTITU VODIČA I IZOLACIJE**
- **PRIBOR I MATERIJAL ZA POSTAVLJANJE, SPAJANJE, ZAVRŠAVANJE TE MEHANIČKU I ELEKTRIČNU ZAŠTITU**

Vodič je osnovni element električnog voda koji ima zadatak voditi električnu struju i jedini je aktivni dio voda. U pravilu je iz bakra ili aluminijska. Obično računamo sa sljedećim vrijednostima specifične električne vodljivosti:

- za bakar $56-58 \text{ Sm/mm}^2$
- za aluminij $35-38 \text{ Sm/mm}^2$ (kod 20°C)

Presjeci energetskih vodiča su normirani i iznose: **0,5 – 0,75 – 1 – 1,5 – 2,5 – 4 – 6 – 10 – 16 – 25 – 35 – 50 – 70 – 95 – 120 – 150 – 185 – 240 – 300 – 400 mm².**

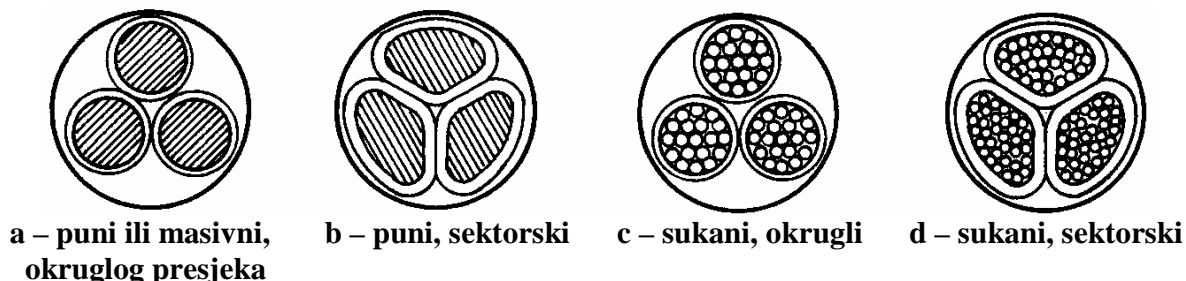
Vodič se sastoji od jedne ili više žica pa govorimo o punom (masivnom) ili višežičnom vodiču. Vodič od više žica naziva se uža ili uzica. Vodič s pravilno, tj. helikoidalno sukanim žicama naziva se uža, a s nepravilno sukanim uzica.

Presjek vodiča može biti različita oblika; najčešći su kružni, sektorski i šuplji.

Presjeci 0,5 i 0,75 mm² izrađuju se samo kao sukani. Presjeci od 1 do 16 mm² (uključujući i 16 mm²) izrađuju se kao puni i kao sukani.

Vodiči presjeka iznad 16 mm² izrađuju se samo kao sukani zbog skin efekta i lakšeg polaganja.

Slika 9.1 Izvedbe vodiča



Presjek stalno položenih bakrenih vodiča u instalacijama ne smije biti manji od 1,5 mm². Iznimka su vodiči u sklopnim ormarima, svjetiljkama i električnim aparatima.

Izolacija razdvaja vodiče međusobno ili od zemlje (uzemljenih dijelova). Za izolaciju se upotrebljava zrak (kod vodova s golim vodičima) sa staklenim, porculanskim ili plastičnim izolatorima za zavješanje, a kod ostalih vodova papir, tekstil, gume, termoplasti i dr.

Slojevi za zaštitu vodiča i izolacije od vlage, mehaničkih, toplinskih i kemijskih utjecaja, izrađuju se od metala, guma, termoplastika, impregniranih tekstila itd.

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

9. 1. Vrste vodova

Vodove u pravilu dijelimo prema namjeni i prema konstrukcijskoj izvedbi.

Prema namjeni razlikujemo:

- **ENERGETSKE VODOVE** (jake struje, služe za prijenos snage, ali mogu se prenositi i informacije)
- **TELEKOMUNIKACIJSKE VODOVE** (slabe struje, za prijenos informacija)

Prema izvedbi najčešće razlikujemo sljedeće vodove:

- **NADZEMNI VODOVI** (goli vodiči)
- **IZOLIRANI VODOVI** (za napone do 1000 V, najviše se koriste u instalacijama)
- **KABELSKI VODOVI** (za napone do 1 kV - niskonaponski, ali i do 500 kV)

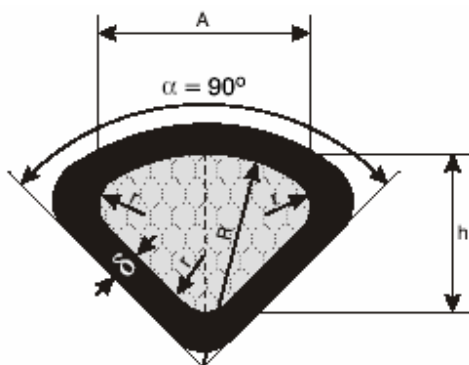
Između izoliranih i kabelskih vodova nema stroge granice tako da u praksi i mnoge izolirane vodove nazivamo kabelima. Prave energetske kabele vrlo lako ćemo prepoznati po konstrukciji jer je kod njih u pravilu pojačana izolacija i bolja zaštita od vanjskih utjecaja (npr. mehaničkih, kemijskih...).

Neki osnovni pojmovi koje srećemo kod kabela:

- **Kabel** je električni vod čiji su vodiči od dobro vodljivog materijala električki izolirani i smješteni u zajednički vanjski omotač za zaštitu od vanjskih utjecaja.
- **Kabelska cijev** je ukopani cjevovod kroz koji se mogu provući kabeli.

- **Kabelska spojnica** je oprema za spajanje ili odvajanje dvaju ili više kabelskih vodova.
- **Kabelske police** su police postavljene za držanje kabela.
- **Kabelski kanal** je kanal namijenjen za polaganje kabela.
- **Kabelski tunel** je tunel ili hodnik koji je namijenjen polaganju brojnih kabela koje treba postaviti na konzole ili police.
- **Kabelski završetak (kabelska glava ili završnica)** je oprema za povezivanje kabelskih vodiča s el. mrežom. Služi za zaštitu izolacije kabela od ulaza vlage, za toplinsku dilataciju kabelskih vodiča i izolacijskog ulja u kabelu, za zaštitu kabela od prenapona i mehaničko učvršćenje i zaštitu armature kabela.

Kabelski vodiči su često sektorskog presjeka jer se na taj način bolje iskorištava prostor (slika 9.2).



Slika 9.2 SEKTORSKI VODIČ

h = visina sektora
 A = širina sektora
 r = polumjer zaobljenja
 δ = debljina izolacije
 a = kut sektora
 R = polumjer sektora

U oznaci kabela je u pravilu, pored ostalog, dvoznamenkasti broj koji označava konstrukcijske osobine (npr. zaštitu).

9. 2. Označavanje vodova

Vodove označavamo u skladu s nacionalnim i međunarodnim normama. Oznake obuhvaćaju konstrukciju voda, materijale, namjenu voda ili namjenu vodiča (žila) u vodu, zaštitu, presjeke vodiča i nazivni napon.

9. 2. 1. Označavanje žila višežilnih izoliranih vodova i kabela

Obilježavanje žila sukladno je HRN N.CO. 010 i VDE 0293 normama i CENELEC. Savitljivi višežilni vodovi mogu biti u dvije izvedbe; sa ili bez zaštitnog vodiča. Sa zaštitnim vodičem nose oznaku Y prema HRN ili G prema CENELEC (odnosno VDE). Bez zaštitnog vodiča su s oznakom X prema CENELEC ili bez oznake prema HRN.

U izvedbi sa zaštitnim vodičem postoje sljedeća obilježavanja žila bojom izolacije:

- 3 - žilni vod: zeleno/žuta-smeđa-plava
- 4 - žilni vod: zeleno/žuta-crna-plava-smeđa
- 5 - žilni vod: zeleno/žuta-crna-plava-smeđa-crna.

Kod 6 i više žila ostaje žuto/zelena žila, a ostale su crne sa tiskanim brojevima slijedom od iznutra počevši s 1. Žuto/zelena žila mora biti u vanjskom sloju.

U izvedbi bez zaštitnog vodiča:

- 2 - žilni vod: smeđa-plava
- 3 - žilni vod: crna-plava-smeđa

4 - žilni vod: crna-plava-smeđa-crna

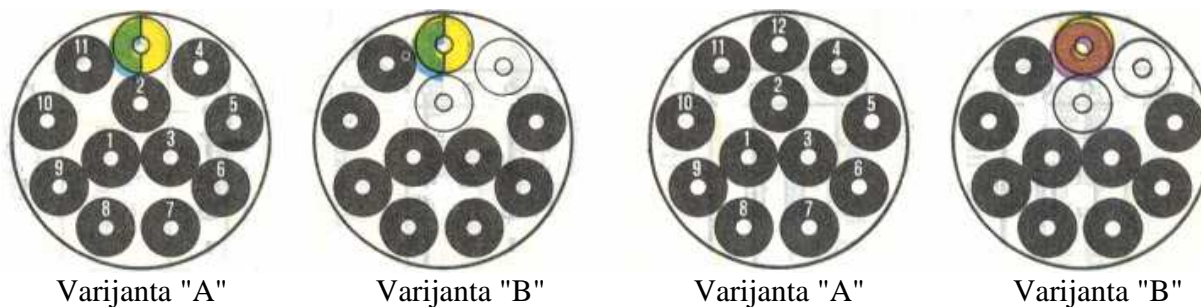
5 - žilni vod: crna-plava-smeđa-crna-crna.

Kod 6 i više žila sve su žile crne boje s tiskanim brojevima, slijedom iznutra počevši s 1.

Za 6 i više žila imamo dvije varijante označavanja (s bijelom, odnosno smeđom žilom).

a) Sa zaštitnim vodičem

b) Bez zaštitnog vodiča



Slika 9.3 Označavanje vodova sa 6 i više žila

Brojevi 1, 2, 3, ... stavljaju se na izolaciju na svakih 5 cm.

Tablica 9. 1. Označavanje napojnih (pojnih) vodova električnih razdjelnih sustava*

Vrsta voda		Oznaka		
		slovom	simbolom	bojom
U izmjeničnom sustavu	fazni 1	L1 (R)		3-žilni: crna-plava-zelenožuta
	fazni 2	L2 (S)		4-žilni: crna-plava-smeđa-zelenožuta
	fazni 3	L3 (T)		5-žilni: crna-plava-smeđa-crna-zelenožuta
	neutralni	N		svjetloplava
U istosmjernom sustavu	pozitivni	L+ (P)		2-žilni: crna-plava 3-žilni: crna-plava-smeđa
	negativni	L- (N)		
	srednji	M		
Neutralni sa zaštitnom funkcijom		PEN (N/Z)	⊕	zelenožuta
Zaštitni		PE (Z)		
Zemlja — uzemljenje		E	⊕	

*(U zagradama su navedene stare oznake koje još srećemo u praksi)

9. 2. 2. Označavanje izoliranih i kablskih vodova

Kabli i izolirani vodovi za elektroenergetiku označavaju se nizom brojčanih i slovnih simbola. Kako se još vrlo često upotrebljavaju stare oznake, prvo ćemo ukratko opisati taj način označavanja vodova.

Stari standard predviđa oznake podijeljene u najviše 7 grupa i to sljedećim redoslijedom (za mnoge izvedbe koriste se samo neke od navedenih 7 oznaka, dok se ostale ispuštaju):

I Označavanje posebnog područja primjene slovima (osim za energetske kabele):

A - automobilski S - svjetiljke Ž - željeznički
D - dizalični Z - zavarivanje B - brodski

Vod opće namjene nema oznake.

II Označavanje materijala izolacije i plašta slovima (u zagradi su oznake izolacije po ISO):

P - polivinil-klorid (PVC)	Fe - fluoronirani etilenpropilen (FLP)
E - termoplastični polietilen (PE)	Y - poliamid (PA)
X - termostabilni (umreženi) polietilen	Ni - nitril-guma
G - guma (NR) prirodna	IP - impregnirani papir
Ev - polivinilacetat	NP - naročito impregnirani papir
B - butil. guma (IIR)	T - tekstil
N - polikloropren (CR)	A - aluminijski prešani plašt
Si - silikonska guma (SI)	Az - aluminijski plašt od trake (zavaren)
Ep - etil-propilen (EPDM)	Av - aluminijski valoviti plašt
C - klorosulfonirani polietilen (SCM)	O - olovni plašt
Cl - klorirani polietilen	ZO - zasebni olovni plašt za svaku žilu
F - politetra-fluoretilen (PTFE)	H - poluvodljivi sloj za ograničenje električnog polja (radijalno polje)

Nakon **II** oznake uobičajeno stavljamo kosu crtu (/).

III Označavanje konstrukcijskih osobina slovima(važno za primjenu):

A - otporan prema atmosferijama	O - pojačan elementom za nošenje (samonosivi)
F - finožičan	R - s razmaknutim žilama
J - jače konstrukcije (deblja izolacija)	S - naročito savitljiv
K - pokositren	T - otporan na toplinu
L - lakša konstrukcija	U - s paralelnim žilama
M - mnogožičan	V - visokonaponski
N - ne podržava gorenje (nezapaljiv)	Z - električna zaštita (ekran) od metala

Napomena:

Slovni simbol K upotrebljava se samo za one vodiče za koje standardom nije propisano kositrenje.

IV Označavanje zaštitne osobine konstrukcije dvoznamenkastim brojem

Značenje prve dekade:

01 – 09	zaštita od korozije preko metalnog plašta
10 – 19	mehanička zaštita od čeličnih traka preko metalnog plašta
20 – 29	mehanička zaštita okruglim žicama
30 – 39	mehanička zaštita plosnatim i specijalnim okruglim Al žicama
40 – 49	elementi konstrukcija ispod ispod vanjskog PVC-plašta
50 – 59	elementi konstrukcija ispod vanjskoga gumenog plašta
60 – 69	elementi konstrukcija ispod vanjskoga gumenog plašta kabela sa zaštitnom žilom
70 – 79	pojačanoga gumenog plašta elementi konstrukcija ispod vanjskog
80 – 89	elementi konstrukcija i električne zaštite vanjskog plašta od plastične mase ili elastomera.
90 – 99	konstrukcijski elementi iznad vanjskog plašta od termoplasta ili elastomera

Simbol "00" upotrebljavamo za kabele bez konstrukcijskih elemenata navedenih prema gornjim oznakama (to su "laki" kabele, npr. PP 00).

V Označavanje materijala vodiča, njegovog oblika i sastava vodiča:

A - vodič od aluminija SJ - jednožični sektorski vodič

S - vodič u obliku sektora Y - kabel ima zeleno-žutu žilu

Bakreni i okrugli vodiči nemaju oznake. Prije ove oznake obično stavljamo znak - .

VI Označavanje broja žila, nazivni presjek i presjek koncentričnog nul-vodiča ili električne zaštite:

Primjeri:

3 x 120/25 mm² - 3 fazne žile od 120 mm² i 1 koncentrično raspoređeni vodič od 25 mm²

3 x 120+50 mm² - ugrađen je nul-vodič manjeg presjeka (50 mm²)

VII Označavanje nazivnog (radnog) napona voda:

- za instalacijske kabele u V (izolirani vodovi),

- za energetske kabele u kV,

- U_o/U; napon prema zemlji/napon između faza.

Primjeri označavanja!

1. **D EpN/F 48 -Y 4 x 120/10 mm² 6/10 kV** (I II III IV V VI VII)

I - D - dizalični kabel;

II - EpN - izolacija etilen-propilena i plašt od polikloroprena;

III - /F- finožični Cu-vodič;

IV - 48 - koncentrični zaštitni vodič oko svake žile;

V - Y - sa žuto-zelenom žilom;

VI - 4 x 120/10 mm² - 4 žile po 120 mm² i jedan zaštitni vod s koncentričnim vodičem oko svake žile ukupnog presjeka 10 mm²;

VII - 6/10 kV - napon prema zemlji /linijski napon.

2. Instalacijski vod (kabel) s izolacijom i plaštem od PVC mase, trožilni s bakrenim vodičima nazivnog presjeka 2.5 mm², označava se sa:

PP 3 x 2,5 mm²

3. Trožilni kabel s izolacijom i plaštem od PVC mase, s vodičima od aluminija sektorskog oblika i s koncentričnim vodičem manjeg presjeka, za 1 kV

PP 40 – AS 3 x 150/70 mm² 0,6/1 kV (PP 48 ima koncentrične vodiče oko svake žile - tzv. ekran koji služi kao električna zaštita).

4. Četverožilni energetski kabel s izolacijom i plaštem od PVC, s bakrenim vodičima presjeka 35 mm², bez posebne mehaničke zaštite, za nazivni napon 0,6/1 kV, označava se:

PP 00 4 x 35 mm² 0,6/1 kV

5. Četverožilni energetski kabel s izolacijom od XLPE, s aluminijskim faznim vodičima presjeka 120 mm² i zaštitnim vodičem istog presjeka, s armaturom od čeličnih pocinčanih okruglih žica i plaštem od PVC, za nazivni napon 0,6/1 kV, označava se:

XP 44 - YA 4 x 120 mm² 0,6/1kV

6. Samonosivi kabelski snop s nosivim vodičem od aluminijske legure, presjeka 71,5 mm² s 3 fazna aluminijska vodiča 70 mm² i dva aluminijska vodiča presjeka 25 mm² za potrebe javne rasvjete, s izolacijom od XLPE, za nazivni napon 0,6/1 kV, označava se:

X 00/0 - A 3 x 70 + 71,5 + 2 x 25 mm² 0,6/1 kV

9. 2. 3. Označavanje vodova i kabela prema CENELEC-u

CENELEC - Europski komitet za elektrotehničku standardizaciju za zemlje Europske unije (EU) i Zajednice europskog slobodnog tržišta (EFTA) izdao je standarde za označavanje vodova koji se prilično razlikuju od HRN (starih) standarda. Radi se o tzv. "harmoniziranim" vodovima koji, pored ostalih oznaka, imaju na plaštu oznaku "HAR". Oznake idu redoslijedom kao što je navedeno u tablici 9.2.

Tablica 9. 2. Oznake vodova prema CENELEC-u

Oznaka norme	
Harmonizirani tip	H
Nacionalni tip	A
Nazivni (radni) napon U_0/U	
300 / 300 V	03
300 / 500 V	05
450 / 750 V	07
Izolacija vodiča	
PVC	V
Prirodna (NR) i (ili) butil guma (SBR)	R
Silikonska guma (EPDM - etilen-propilen)	S
Plašt	
PVC	V
Prirodna (NR) i (ili) butil guma (SBR)	R
Polikloropren (neopren - CR))	N
Oplet sa staklenim vlaknima	J
Oplet s tekstilnim vlaknima	T
Vodootporni oplet	T2
Klorsulfonirani polietilen (CSM - otpornim na plamen)	N4
Specijalna konstrukcija	
Plosnati, djeljivi vodiči	H
Plosnati, nedjeljivi vodiči	H2
Profilni vodiči, tzv. centralno sree	D5
Vodiči	
Puni	-U
Višežični	-R
Mnogožični (fleksibilni) za fiksno polaganje	-K
Mnogožični (fleksibilni) za savitljive vodove	-F
Finožični (extra fleksibilni) za savitljive vodove	-H
Posebno savitljivi	-Y
Broj žila	-
Zaštitni vodič	
Sa zaštitnim vodičem /zeleno-žuta žila	G
Bez zaštitnog vodiča	X
Presjek vodiča	-

Tablica 9. 3. Označavanje vodova i kabela prema CENELEC-u (usporedna tablica)

"STARE" OZNAKE (HRN)	CENELEC
P	H07V-U
P/M	H07V-R
P/F	H07V-K
P/L	H03VH-H
PP/L	H03VV-F
PP/L-U	H03VVH2-F
PP/J	H05VV-F
PP/J-U	H05VVH2-F
P/S	H03VH-Y
GN 50	H07RN-F
GT/J	H03RT-F
GN/J	H05RN-F
GG/J	H05RR-F

Primjeri i zadaci za vježbu!

- Oznaka gumenog trožilnog voda presjeka vodiča $1,5 \text{ mm}^2$ sa zaštitnom ze/žu žilom je:
H05RR-F 3G1,5 mm².
- Oznaka gumenog trožilnog voda presjeka vodiča $1,5 \text{ mm}^2$ bez zaštitne žile je:
A05RR-F 3x1,5 mm².
- Teški gumeni vod s polikloroprenskim plaštem, fleksibilnim vodičem presjeka $2,5 \text{ mm}^2$, sa zaštitnom ze/žu žilom, trožilni, ima sljedeću oznaku: H07RN-F 3G2,5 mm²! Koja mu je oznaka po HRN standardu?
- Opišite vodove sljedećih oznaka:
 - H07RN-F 3G6 mm²
 - A07RN-F 3x6 mm²
 Kakva im je oznaka po HRN standardu?
- Oznaka trožilnoga teškogorivoga gumenog voda presjeka vodiča 10 mm^2 bez zaštitne žile je:
A07BN4-F 3x10 mm²
Koja je oznaka po HRN standardu?
- Oznaka trožilnoga teškogorivog gumenog voda presjeka vodiča 10 mm^2 sa zaštitnom žilom ze/žu boje je: H07BN4-F 3G10 mm². Koja je oznaka po HRN standardu?
- Gumeni priključni vod ima prema staroj normi oznaku GT/J! Navedite njegovu oznaku prema CENELEC-u.
- Objasnite oznake: H07V-U i H05V-U. Koja je oznaka po HRN standardu?
- Koja je oznaka lakog termoplastikom izoliranog voda (P/L) prema CENELEC-u?
- Koju oznaku ima vod H05VV-F prema HRN standardu?
- Koja je oznaka lakog termoplastikom izoliranog voda (PP/L) prema CENELEC-u?

9. 3. Pregled izoliranih vodova i kabela niskih napona

Niskonaponske vodove prema materijalu izolacije i plašta dijelimo na:




- vodovi izolirani termoplastikom
- vodovi izolirani gumom




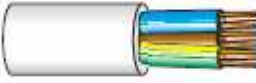
9. 3. 1. Vodovi izolirani termoplastikom



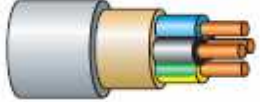

Za izolaciju i plašteve ovih vodova koriste se polivinilklorid (PVC), poliuretan (PUR) i drugi termoplasti. Polivinilklorid ima dobra električka, mehanička i termička svojstva koja su pridonijela povećanju primjene ovog materijala za izolacije kao i za plašteve vodova i kabela. Najveća trajna radna temperatura vodiča za ove vodove iznosi 70 °C (ponekad i do 90 °C).

Danas se u električnim instalacijama daleko najviše upotrebljavaju vodovi s PVC izolacijom (i plaštem). Možemo reći da je plastika preuzela primat u odnosu na gumu. Od novijih materijala posebno je značajna XLPE masa (umreženi polietilen), u standardnoj kvaliteti ili u teško gorivoj izvedbi (s halogenom ili bez halogena). Ovaj materijal posebno je značajan u proizvodnji energetskih kabela. U sljedećim tablicama prikazani su najčešće upotrebljavani vodovi i njihove karakteristike te upute za primjenu.

Tablica 9. 4. Termoplastikom izolirani instalacijski vodovi*

Oznaka	Izgled voda	Nazivni napon, presjek, broj žila, opis konstrukcije i primjena voda
P - vod H07V-U	 Boje izolacije prema standardu su: crna, svijetloplava, smeđa i zeleno/žuta.	450/750 V 1,5 – 16 mm ² 1 žila Instalacijski vodovi tipa sastoje se od nepokositrenog bakrenog vodiča, izoliranog PVC-om. Instalacijski vodovi tipa P upotrebljavaju se za elektroenergetske instalacije u suhim prostorijama za trajno polaganje u cijevi, kao i na izolacijskim tijelima.
H05V-U	 Boje izolacije prema standardu su: crna, svijetloplava, smeđa i zeleno/žuta.	300/500 V 0,5 – 1 mm ² 1 žila Instalacijski vodovi tipa H05V-U sastoje se od nepokositrenoga bakrenog vodiča, izoliranog PVC . Upotrebljavaju se za zaštitne instalacije u električnim uređajima, a također i za ožičenje u rasvjetnim tijelima.
H05V - K	 Boje izolacije prema standardu su: crna, svijetloplava, smeđa i zeleno/žuta.	300/500 V 0,5 – 1 mm ² 1 žila (15-30 tankih finih žica) Instalacijski vodovi tipa H05V - K sastoje se od nepokositrene finožične bakrene uzice, klase 5, izolirane slojem PVC smjese. Upotrebljavaju se za zaštitne instalacije u električnim uređajima, a također i za ožičenje u rasvjetnim tijelima.

<p>P/F H07V-K</p>	 <p>Boje izolacije prema standardu su: crna, svijetloplava, smeđa i zeleno/žuta.</p>	<p>450/750 V 0,5–240 mm² 1 žila Instalacijski vodovi tipa P/F sastoje se od nepokositrene finožične bakrene uzice, klase 5, izolirane slojem PVC smjese. Vodič može biti pokositren (oznaka P/FK). Instalacijski vodovi tipa P/F upotrebljavaju se u suhim prostorijama na mjestima gdje je potrebna naročita savitljivost. Za instalacije u zgradama polažu se u cijevima.</p>
<p>P/M H07V-R</p>	 <p>Boje izolacije prema standardu su: bijela, crna, svijetloplava, smeđa i zeleno/žuta</p>	<p>450/750 V 1 – 400 mm² 1 žila Instalacijski vod sastoji se od mnogožičnog bakrenog užeta, klase 2, izoliranog slojem PVC smjese. Vodič može biti i pokositren (P/MK). Instalacijski vod tipa P/M upotrebljava se u suhim prostorijama za polaganje u cijevi, koje mogu biti iznad i ispod žbuke.</p>
<p>P/L H03VH-H</p> <p>Laki savitljivi paralelno izolirani vod</p>	 <p>Boja izolacije utvrđuje se pri naručivanju. Odredbe HRN HD 27 S1 (standard za boju) ne primjenjuju se za ovaj tip proizvoda.</p>	<p>300/300 V 0,5 – 1 mm² 2 žile Instalacijski vod sastoji se od 2 paralelno postavljena vodiča izolirana slojem PVC smjese, tako da se mogu lagano odvojiti. Vodič se sastoji od vrlo savitljive bakrene uzice, klase 6. Može biti i pokositren (oznaka P/LK). Upotrebljava se za priključak manjih prenosivih električnih trošila, kao što su: stolne svjetiljke, radioaparati, stolni ventilatori i slično. Preporuča se mjesto uvoda u električno trošilo dodatno zaštititi zaštitnom uvodnicom od gume ili termoplastične mase.</p>
<p>PP/L, PP/L-U, H03VV-F, H03VVH2-F</p> <p>Laki termoplastikom izolirani vod.</p>	 <p>Vod sa ili bez zaštitnog vodiča. Boja plašta je bijela ili crna.</p>	<p>300/300 V 0,5 – 1 mm² 2 - 4 žile Laki izolirani vod koji se sastoji od nepokositrene meke finožične bakrene uzice, klase 5, izoliran slojem PVC smjese. Vodič može biti i pokositren (PP/LK). Vod PP/L ima dvije ili više žila použenih zajedno i zaštićenih PVC plaštem. Vod PP/L-U ima dvije paralelno položene žile i zaštićene PVC plaštem. Vod sa zaštitnom žilom ima oznaku PP/L-Y. Vod tipa PP/L upotrebljava se u suhim prostorijama za priključak manjih prenosivih trošila pod lakšim radnim uvjetima, kao što su: prijenosne svjetiljke, ventilatori, hladnjaci, mikseri, usisači i sl.</p>

<p>PP/J, PP/J-U H05VV-F i H05VVH2-F</p> <p>Teški termoplastikom izolirani vod.</p>	 <p>Vod sa ili bez zaštitnog vodiča. Boja plašta je bijela ili crna.</p>	<p>300/500 V 0,75-2,5 mm² 2-5 žila</p> <p>Vod se sastoji od nepokositrene meke finožične bakrene uzice, klase 5, izolirane slojem PVC smjese. Vodič može biti i pokositren. Vod PP/J ima dvije ili više žila, použenih zajedno i zaštićenih PVC plaštem. Vod PP/J-U ima dvije paralelno položene žile i zaštićene PVC plaštem. Vod tipa PP/J upotrebljava se za priključak električnih prenosivih trošila pod težim radnim uvjetima, kao strojevi za pranje rublja i posuđa, usisачи prašine i razne tehničke naprave.</p>
<p>PP/R</p> <p>Instalacijski PP/R vod</p>	 <p>Vod sa ili bez zaštitnog vodiča. Boja plašta je crna.</p>	<p>380 V 1,5 - 4 mm² 2 i 3 žile</p> <p>Instalacijski vod PP/R sastoji se od bakrenog vodiča izoliranog slojem PVC smjese. Žile su postavljene paralelno i zaštićene plaštem od PVC, tako da između žila postoji staza koja omogućuje privremeno pričvršćivanje voda. Upotrebljava se za instalacije u suhim prostorijama za trajno polaganje u žbuku ili pod žbuku.</p>
<p>PP H05VV-U, H05VV-R,</p> <p>Instalacijski PP vod</p>	 <p>Vod sa ili bez zaštitnog vodiča. Boja plašta je siva.</p>	<p>500 V 1,5-35 mm² 2 - 5 žila</p> <p>Instalacijski PP vod sastoji se od bakrenog vodiča izoliranog slojem PVC smjese. Dvije ili više žila použene međusobno obuhvaćene su ispunom, a preko ispune je plašt od PVC smjese. Instalacijski PP vodovi upotrebljavaju se u suhim i vlažnim prostorijama za polaganje ispod i iznad žbuke, bez naročite mehaničke zaštite.</p>
<p>PUR/PUR</p> <p>PUR/PUR vod</p>	 <p>Vod sa ili bez zaštitnog vodiča. Boja plašta je narančasta. Boje izolacije žila za 6 i više žila; ze/žu-ostale crne i označene brojevima ili sve crne i označene brojevima.</p>	<p>1000 V 0,75-400 mm² 2, 3, 4, 5, 6 i više žila</p> <p>Vod PUR/PUR sastoji se od nepokositrene meke finožične bakrene uzice, klase 5, izolirane slojem PUR mase, použene i ispunjene slojem gumene ispune i plaštem od PUR mase. Vod je namijenjen za priključivanje alata, strojeva i motora u industrijskim uvjetima. Ovaj vod ima posebnu namjenu u ekstremnim uvjetima klime i okoline zbog dobrih termičkih i kemijskih karakteristika (od - 40 °C do + 80 °C) što uz dobre mehaničke otpornosti na pritisak i habanje, osigurava dugotrajnu životnu dob.</p>

* Prema katalogu E L K A d . d . Z A G R E B

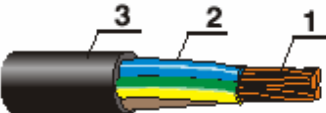
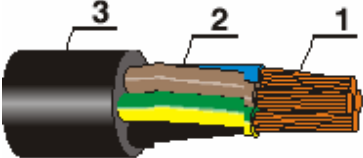
9. 3. 2. Vodovi izolirani gumom

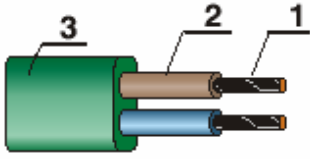
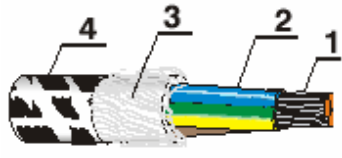
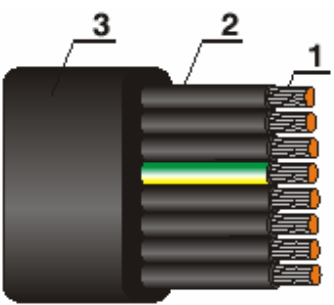
Intenzivni razvoj na polju sintetičkih elastomera rezultirao je nizom novih materijala koji imaju značajke vrlo visoke kakvoće izolacije. To su:

- Prirodni (NR) i stiren-butadienski (SBR - silikonski elastomer) elastomer - za plašt i za izolaciju
- Etilen-propilenski elastomer (EPR i EPDM) - za izolaciju, rjeđe za plašt
- Polikloroprenski elastomer (PCP) - većinom za plašt, a ponekad i za izolaciju
- Klorsulfonirani polietilen (CSM) - za plašt

Neki od njih, kao npr. etilen-propilen, postali su nezamjenjivi izolacijski materijali. Spomenuti elastomeri, uz još neke druge, afirmirali su se u kabelskoj industriji kao temelj za gumene mješavine i daju im značajke koje određuju područje uporabe dotičnih vodova ili kabela.

Tablica 9. 5. Gumom izolirani instalacijski vodovi i kabeli*

Oznaka i opis	Izgled voda i opis konstrukcije	Nazivni napon, presjek, broj žila, i primjena voda
<p>GG/L H05RR-F, A05RR-F Laki gumeni vod Boja plašta: crna G = vod sa zaštitnom žilom zeleno/žute boje X = vod bez zaštitne žile</p>	 <p>1. Vodič: bakreno finožično uže 2. Izolacija: gumena mješavina na temelju etilen propilenskoga elastomera (EPDM) 3. Plašt: gumena mješavina na temelju prirodnog i stirenbutadienskog elastomera (NR + SBR)</p>	<p>300/500 V 0,75-2,5 mm² 2-5 žila</p> <p>U suhim prostorijama za kućanske aparate i radionice kod manjih mehaničkih naprezanja.</p>
<p>GN 50 H07RN-F A07RN-F Teški gumeni vod Boja plašta je crna. G = vod sa zaštitnom žilom zeleno/žute boje X = vod bez zaštitne žile</p>	 <p>1. Vodič: bakreno finožično uže 2. Izolacija: gumena mješavina na temelju etilen-propilenskoga elastomera (EPDM) 3. Plašt: gumena mješavina na temelju polikloropena (PCP).</p>	<p>450/750 V 1-500 mm² 1 do 36 žila</p> <p>U suhom, vlažnom, kao i na otvorenom prostoru, u pogonskim uvjetima gdje postoji opasnost od požara, za pomična trošila, alatne i poljodjelske strojeve, za gradilišta kod srednjih mehaničkih naprezanja.</p>

<p>H05RNH2-F Gumeni vod za rasvjetu Boja plašta je zelena</p>	 <p>1. Vodič: bakreno pokositreno finožično uže 2. Izolacija: gumena mješavina na temelju etilen-propilenskoga elastomera (EPDM) 3. Plašt: gumena mješavina na temelju polikloroprena (PCP)</p>	<p>300/500 V 1,5 mm² 2 žile</p> <p>U suhim, vlažnim i mokrim prostorijama te na otvorenom prostoru kao spojni vodovi za rasvjetne svjetiljke na trgovima, vrtovima i sl.</p>
<p>GT H03RT-F Gumeni priključni vod Boja voda: razne boje G = vod sa zaštitnom žilom zeleno/žute boje X = vod bez zaštitne žile</p>	 <p>1. Vodič: bakreno uže, pokositreno, finožično 2. Izolacija: gumena mješavina na temelju etilen-propilenskoga elastomera 3. Ispuna: pamučna vlakna 4. Oplet: niti prirodnog ili sintetičkog materijala u boji</p>	<p>300/300 V 0,75-1,5mm² 2-3 žile</p> <p>Za priključke glačala, kuhala i drugih lakih kućanskih trošila.</p>
<p>DEpN/U-Y Gumeni plosnati vodovi za dizala i kranove. Boja plašta je crna. Temperaturno područje uporabe -35 do +80 °C.</p>	 <p>1. Vodič: bakreno pokositreno finožično uže 2. Izolacija: gumena mješavina na bazi etilen-propilenskoga elastomera (EPDM) 3. Plašt: gumena mješavina na bazi polikloroprenskog elastomera (PCP)</p>	<p>300/500 V 2,5-35mm² 4-12 žila</p> <p>Napajanje upravljačko-signalnih krugova na kranovima, transporterima i u drugim slučajevima gdje nisu pogodni okrugli vodovi. Uvjeti rada ovih vodova veoma su teški. Neprekidno su izloženi mehaničkim naprezanjima kao što su: vlak, uvijanje i habanje, zatim atmosferilijama, kao i djelovanju maziva i ulja. Mjesta uporabe su otvoreni prostori kao i tvorničke hale gdje postoji mogućnost doticanja s uljima i mazivima.</p>

* Prema katalogu E L K A d . d . Z A G R E B

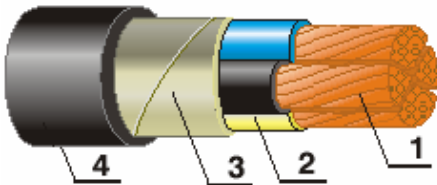
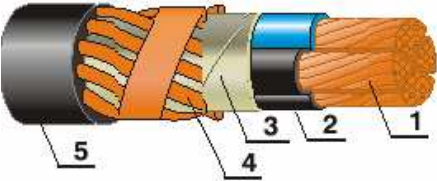
9. 3. 3. Niskonaponski energetski kabeli izolirani PVC ili XLPE masom

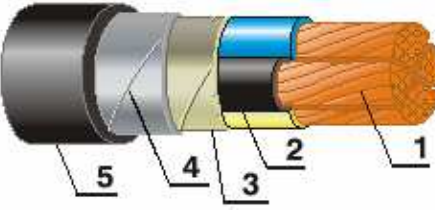
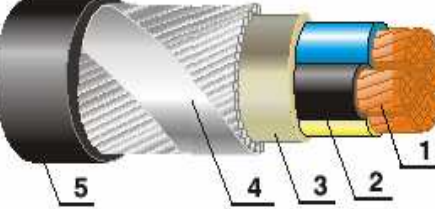
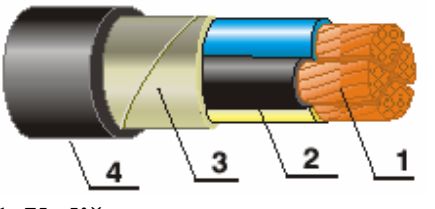
Izolacija ovih vodova sastoji se od sloja PVC ili XLPE mase, u standardnoj kvaliteti ili u teško gorivoj izvedbi (s halogenom ili bez halogena).

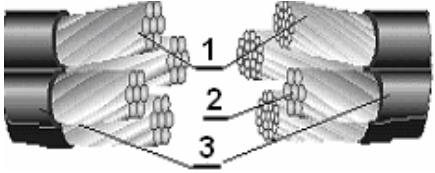
Teško gorivi izolacijski halogeni materijali odlikuju se vrlo dobrim mehaničkim i električnim karakteristikama. Glavna prednost ovih materijala, u odnosu na standardne, je ta da im je za gorenje potrebna veća količina kisika.

Teško gorivi bezhalogeni XLPE izolacijski materijal, uz sve značajke za teško gorivi XLPE, pri gorenju stvara dimove koji nisu otrovni, zagušljivi niti korozivni.

Tablica 9. 6. Niskonaponski energetski kabeli*

Oznaka, naziv i karakteristike	Izgled voda i opis konstrukcije	Područje primjene
<p>PP 00, PP 00-A Energetski kabeli s izolacijom i plaštem od PVC-a. Nazivni napon: 1kV Presjek: 1,5 do 300 mm² Broj žila: 1 - 5</p>	 <p>1. Vodič: žica ili uže od bakra tip PP 00 uže od aluminija tip PP 00-A 2. Izolacija: PVC masa 3. Ispuna: brizgana elastomerna ili plastomerna mješavina ili omotane termoplastične vrpce 4. Plašt: PVC masa</p>	<p>U zemlji, kanale, na konzole, u suhim i vlažnim prostorijama i sl., gdje se očekuju mehanička oštećenja, a kabeli nisu izloženi mehaničkom vlačnom istezanju. U gradskim mrežama, industrijskim pogonima, elektranama i drugim električnim postrojenjima. Za potrebe MTK sustava upravljanja u distribucijskim mrežama, kod četverožilnih kabela većih presjeka, ugrađuje se u sredinu između žila kabela dodatni izolirani vodič presjeka 2,5 mm².</p>
<p>PP 40 Energetski kabeli s izolacijom i plaštem od PVC-a, s koncentričnim nultim, odnosno zaštitnim vodičem Nazivni napon: 1 kV Presjek: 2 x 1,5/1,5 do 4 x 300/150 ili 5 x 35/16 mm² Broj žila: 2 - 5 i koncentrični vodič</p>	 <p>1. Vodič: žica ili uže od bakra 2. Izolacija: PVC masa 3. Ispuna: brizgana elastomerna ili plastomerna mješavina ili omotane termoplastične vrpce 4. Koncentrični vodič: bakrene žice 5. Plašt: PVC masa</p>	<p>Namijenjen za polaganje u zemlji gradskih i mjesnih mreža, na konzole, u suhim i vlažnim prostorijama i sl. Koncentrični vodič predstavlja sigurnosnu mjeru od napona dodira u slučaju grubog oštećenja metalnim oštrim predmetom.</p>

<p>PP 41, PP 41-A Energetski kabeli s izolacijom i plaštem od PVC-a, armirani s dvije čelične trake</p> <p>Nazivni napon: 1 kV</p> <p>Presjek: 1,5 - 300 mm²</p> <p>Broj žila: 2 - 5</p>	 <p>1. Vodič: žica ili uže od bakra tip PP 41 uže od aluminijsa tip PP 41-A</p> <p>2. Izolacija: PVC masa</p> <p>3. Ispuna: brizgana elastomerna ili plastomerna mješavina ili omotane termoplastične vrpce</p> <p>4. Armatura: dvije čelične trake</p> <p>5. Plašt: PVC masa</p>	<p>U zemlju, kanale, na konzole, u suhim i vlažnim prostorijama i sl., gdje se očekuju mehanička oštećenja, a kabeli nisu izloženi mehaničkom vlačnom istezanju.</p> <p>U gradskim mrežama, industrijskim pogonima, elektranama i drugim električnim postrojenjima.</p> <p>Za potrebe MTK sistema upravljanja u distribucijskim mrežama, kod četverožilnih kabela većih presjeka, ugrađuje se u sredinu između žila kabela dodatni izolirani vodič presjeka 2,5 mm².</p>
<p>PP 44, PP 44-A Energetski kabeli s izolacijom i plaštem od PVC-a, armirani s okruglim čeličnim žicama.</p> <p>Nazivni napon: 1 kV</p> <p>Presjek: 1,5 - 300 mm²</p> <p>Broj žila: 2 - 5</p>	 <p>1. Vodič: žica ili uže od bakra tip PP 44 uže od aluminijsa tip PP 44-A</p> <p>2. Izolacija: PVC masa</p> <p>3. Ispuna: brizgana elastomerna ili plastomerna mješavina ili omotane termoplastične vrpce</p> <p>4. Armatura: čelične pocinčane okrugle žice, i u suprotnom smjeru, obavijene pocinčanom čeličnom trakom</p> <p>5. Plašt: PVC masa</p>	<p>U zemlju, kanale, na konzole, u suhim i vlažnim prostorijama i sl., gdje se očekuju mehanička oštećenja, a kabeli su izloženi jačem mehaničkom vlačnom istezanju kod kosog ili vertikalnog polaganja.</p> <p>U gradskim mrežama, industrijskim pogonima, elektranama i drugim električnim postrojenjima.</p> <p>Za potrebe MTK sistema upravljanja u distribucijskim mrežama, kod četverožilnih kabela većih presjeka, ugrađuje se u sredinu između žila kabela dodatni izolirani vodič presjeka 2,5 mm².</p>
<p>XP 00, XP 00-A Energetski kabeli s XLPE izolacijom i PVC plaštem</p> <p>Nazivni napon: 1 kV</p> <p>Presjek: 16 - 300 mm²</p> <p>Broj žila: 2 - 4</p>	 <p>1. Vodič: uže od bakra tip XP 00 (N2XY) uže od aluminijsa tip XP 00-A (NA2XY)</p> <p>2. Izolacija: XLPE masa</p> <p>3. Ispuna: brizgana elastomerna ili plastomerna mješavina ili omotane termoplastične vrpce</p> <p>4. Plašt: PVC masa</p>	<p>U zemlju, kanale, na konzole, u suhim i vlažnim prostorijama i sl., gdje se ne očekuju mehanička oštećenja, a kabeli nisu izloženi mehaničkom vlačnom istezanju.</p> <p>U gradskim mrežama, industrijskim pogonima, elektranama i drugim električnim postrojenjima za povišena strujna i termička opterećenja (radna temp. vodiča do 90°C). Za MTK upravljanja u distribucijskim mrežama, kod četverožilnih kabela većih presjeka, ugrađuje se u sredinu kabela izolirani vodič presjeka 2,5 mm².</p>

<p>XO 00-HFTG Energetski teško gorivi kabel s teško gorivom XLPE izolacijom i teško gorivim poliolefinskim plaštem, bezhalogeni Nazivni napon: 1 kV Presjek: 16 - 300 mm² Broj žila: 2 - 4</p>	<p>Izgled kao i XP 00 1. Vodič: uže od bakra 2. Izolacija: teško goriva XLPE masa 3. Ispuna: brizgana teško goriva elastomerna ili plastomerna mješavina ili omotane teško gorive termo plastične vrpce 4. Plašt: teško gorivi bezhalogeni poliolefin</p>	<p>U kanale, na konzole, u suhim i vlažnim prostorijama i slično gdje se ne očekuju veća mehanička naprezanja. Za razvod energije u industrijskim pogonima, objektima javne namjene i drugim objektima gdje se zahtijevaju veće sigurnosne mjere od požara, za povišena strujna i termička opterećenja (radna temperatura vodiča do 90°C).</p>
<p>1. X 00-A, X 00/0-A Samonosivi kabelski snop s izolacijom od XLPE (Elkalex-1) Nazivni napon: 1 kV Presjek: 16 - 70 mm² Broj žila: Od 2 do 3+1+2</p> <p>2. X 00-A-TG Samonosivi kabelski snop s izolacijom od teškogorivog XLPE Oznaka: ELKALEX-1-TG</p>	 <p>1. Fazni vodič: kompaktirano aluminijsko okruglo uže presjeka 16, 25, 35, 50 ili 70 mm² 2. Nulti vodič: kompaktirano okruglo uže, izrađeno iz aluminijske legure AlMg 1 (1% magnezija) nazivnog presjeka 71,5 mm² ili aluminijske legure AlMgSi nazivnog presjeka 70 mm² ili 54,6 mm² 3. Izolacija: XLPE masa crne boje</p>	<p>Za distributivne niskonaponske nadzemne mreže u gradskim, prigradskim i seoskim područjima. Za napajanje udaljenih objekata i naselja privremenog i trajnog karaktera. Za nadzemne kućne priključke. ELKALEX-1-TG, namijenjen je naročito za kućne priključke iz razloga sigurnosti od požara. Presjek ELKALEX-1-TG: 2 x 16 mm² i 2 x 25 mm² 4 x 16 mm² i 4 x 25 mm²</p>

* Prema katalogu E L K A d . d . Z A G R E B

Pitanja i zadaci!

1. Nabrojite najvažnije elemente električnih instalacija.
2. Što općenito podrazumijevamo pod električnim vodom?
3. Od kojih se općih dijelova sastoji el. vod?
4. Što je vodič? Od čega se najčešće izrađuje?
5. Navedite vrijednosti specifične vodljivosti aluminija i bakra.
6. U kojim se presjecima izrađuju energetski vodovi?
7. Objasnite pojmove: puni, sukani, okrugli i sektorski vodič.
8. Kojih presjeka se izrađuju vodiči samo kao sukani? Zašto?
9. Čemu služi izolacija vodova? Nabrojite neke materijale za izolaciju vodova.
10. Čemu služe slojevi za zaštitu vodiča i izolacije? Iz čega se izrađuju?
11. Da li instalacijska cijev spada u dio voda? Čemu služi?
12. Kako dijelimo vodove?
13. Koja su bitna obilježja kabelskih vodova?
14. Čemu služi kabelska glava?
15. Nacrtajte sektorski oblik presjeka jedne žile kabela.

16. Što je sve obuhvaćeno oznakama voda? Navedite neki primjer.

17. Objasnite oznake žila vodova bojom izolacije.

18. Na koje se sve načine može označiti zaštitni vodič?

19. Koje boje su žile 5 - žilnog voda sa zaštitnim vodičem?

20. Koje boje su žile 5 - žilnog voda bez zaštitnog vodiča?

21. Kako označavamo vodove sa 6 i više žila?

22. Napišite značenje sljedećih oznaka:

L1 -	PE -
L2 -	PEN -
L3 -	E -
N -	

23. Navedite oznake vodiča istosmjernoga napojnog sustava.

24. Vodove označavamo nizom slovnih i brojčanih simbola. Objasnite "stari" standard označavanja po oznakama podijeljenih u 7 grupa.

25. Posebna područja primjene voda prema HRN označavaju se slovima. Dopunite značenja slova od B – Ž:

A - automobilski	S -
B -	Z -
D -	Ž -

26. Izolacijski materijali i plaševi vodova prema HRN označuju se slovima. Navedite značenja pojedinih slova:

P -	T -
E -	IP -
X -	A -
G -	O -

27. Konstrukcijske osobine vodova prema HRN označuju se slovima (važno za primjenu). Navedite značenja pojedinih slova:

A -	O -
F -	R -
J -	S -
K -	T -
L -	U -
M -	V -
N -	Z -

28. Objasnite značenja svih simbola u oznaci izoliranog voda: PP - Y 3 x 2,5 mm² 500 V ?

P - _____
P - _____
Y - _____
3 x 2,5 mm² _____
500 V _____

29. Opišite vodove sljedećih oznaka: GN/J - Y 5x2,5 mm²; PP/R - Y 3x2,5 mm² 380 V i DEpN/U-Y 4x16 mm² 300/500 V.

30. Kakav je to vod koji ima oznaku AP-1 mm² ?

31. Po čemu se razlikuju kabeli PP 40 i PP 48 ?

32. Nabrojite koje vodove najčešće srećete na praktičnoj nastavi. Opišite ih (poslužite se tablicama 9.4. do 9.6.).

33. Pokažite i opišite pojedine tipove vodova na prikladnom panou (koristite tablice 9.4. do 9.6.).

10. DIMENZIONIRANJE VODOVA ZA ELEKTRIČNE INSTALACIJE

Pod dimenzioniranjem vodova u pravilu podrazumijevamo određivanje presjeka vodiča koji će zadovoljiti određene zahtjeve u pogledu sigurnosti, trajnosti, kvalitete i ekonomičnosti.

Općenito razlikujemo:

- **Termičko dimenzioniranje (prema dopuštenoj jakosti struje)**
- **Električno dimenzioniranje (prema dopuštenom padu napona, uzevši u obzir i najviši dozvoljeni napon voda, tj. dimenzioniranje izolacije)**
- **Mehaničko dimenzioniranje (prema dopuštenom mehaničkom naprezanju vodiča)**
- **Ekonomsko (gospodarsko) dimenzioniranje (troškovi, npr. gubici energije)**

U električnim instalacijama obvezatno se obavlja termičko i električno dimenzioniranje. Mehaničko i gospodarsko dimenzioniranje obavlja se prema potrebi. Ova dimenzioniranja su mnogo važnija u prijenosu i razdiobi električne energije (npr. mreže i dalekovodi). U električnim instalacijama se mehanička čvrstoća vodova osigurava ugradnjom vodiča u cijevi, kanale, u žbuku itd. Veća mehanička naprezanja mogu se pojaviti u slučaju kratkih spojeva, npr. između sabirnica u razvodnim ormarima. U takvim primjerima potrebno je provjeriti mehaničku čvrstoću vodova i u slučaju kratkog spoja (to prelazi okvire ovog gradiva u ovom priručniku).

Za električne instalacije propis ne predviđa posebni mehanički proračun, osim što određuje minimalne presjeke vodiča.

Tako se za čvrsto položene i zaštićene vodiče (npr. u cijevima) propisuje minimalni presjek 1,5 mm² za bakar i 2,5 mm² za aluminij (u svjetiljkama i sličnim slučajevima i 0,75 mm² Cu).

10. 1. Termičko dimenzioniranje vodova

Kroz vodiče u pogonu trajno protječe električna struja pa su zbog toga na trajno povišenim temperaturama. Posebno osjetljiva mjesta na povišene temperature su spojevi vodiča.

Strujno opterećenje vodova potrebno je tako ograničiti da se sva količina topline razvijena u vodičima može slobodno prenijeti u okolni prostor (da postoji ravnoteža između zagrijavanja i hlađenja). Termičko dimenzioniranje vodova i kabela podrazumijeva određivanje dopuštenoga strujnog opterećenja.

Najveće dopušteno strujno opterećenje ovisi o:

- **presjeku vodiča**
- **materijalu vodiča**
- **vrsti izolacije**
- **broju paralelno položenih i opterećenih vodiča**
- **vanjskoj temperaturi**
- **načinu polaganja**

Trajno dopuštene struje u vodičima određujemo iz odgovarajućih tablica u kojima su navedeni faktori uzeti u obzir. Trajno dopuštene struje vodiča i vanjski utjecaj na električnu razdiobu utvrđeni su prema standardu HRN N.B2.752.

Prije ovih tablica navedimo nekoliko osnovnih napomena.

Za vodiče u električnim instalacijama u pravilu se koristi bakar, a kod kabela često i aluminij.






Izolacija je najčešće iz PVC-a (rjeđe iz gume). Temperatura okoline se uglavnom uzima 30 °C, a za kabele položene u zemlji 20 °C. Najveća dopuštena (trajno) temperatura vodiča izoliranog PVC-om je 70 °C (kod nekih izolatora je i viša, npr. 90 °C).

Standardom je predviđeno 15 različitih načina polaganja vodova koji se označuju slovima: A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M, N, P i Q.

Načini A i B su za izolirane vodiče. Načini C, D i E su za višežilne vodove i kabele. Načini F.....Q su za veći broj višežilnih vodova i kabela.

Najčešći su načini B, C, D i E te ćemo uglavnom i na njih obratiti pozornost.

Tablica 10. 1. Primjeri karakterističnih načina polaganja vodova i kabela

Skica i opis električnog razvoda	Primjeri referentnih razvoda
<p>A</p>  <p>Izolirani vodiči u termički izoliranom zidu s toplinskom vodljivošću 10 (W/m² K)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - višežilni kabele u termički izoliranom zidu - izolirani vodiči u cijevi i u zatvorenom kanalu -višežilni kabele u cijevi i u termički izoliranom zidu
<p>B</p>  <p>Izolirani vodiči u instalacijskoj cijevi na ili u zidu</p>	<ul style="list-style-type: none"> - izolirani vodiči u instalacijskom kanalu na zidu - izolirani vodiči u instalacijskoj cijevi i u kanalu s ventilacijom - izolirani vodiči, jedno ili višežilni kabele u instalacijskoj cijevi u zidu (neizolirani zid) ili instalacijskom prostoru
<p>C</p>  <p>Višežilni kabele na zidu</p>	<ul style="list-style-type: none"> - jednožilni kabele na zidu, na stropu ili podu - višežilni kabele u zidu - višežilni kabele u podu - jedno ili višežilni kabele u otvorenim ili ventilacijskim kanalima
<p>D</p>  <p>Višežilni kabele u cijevi i u zemlji</p>	<ul style="list-style-type: none"> - jednožilni kabele u cijevi te u zemlji - jedno ili višežilni kabele neposredno u zemlji
<p>E</p>  <p>Višežilni kabele u zraku (min. od zida 0,3 x promjer)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - višežilni kabele u zraku

Standard "A" odnosi se na zid s vanjskom hidroizolacijom i toplinskom izolacijom te s unutarnjom toplinskom izolacijom. Za postavljanje vodova po standardu "A" strujno opterećenje nećemo navoditi jer se rijetko grade zidovi s toplinskom vodljivošću $10 \text{ (W/m}^2 \text{ K)}$.

Što se tiče broja opterećenih vodiča vrijedi sljedeće pravilo:

- kod trožilnog jednofaznog sustava (L, N i PE) se smatra da su opterećena 2 vodiča
- kod peterožilnog trofaznog sustava (L1, L2, L3, N i PE) smatra se da su opterećena 3 vodiča

Tablica 10. 2. Dozvoljeno trajno strujno opterećenje bakrenih vodiča s PVC izolacijom, položenih na B, C i D način

Način polaganja	B		C		D	
Broj opterećenih vodiča	2	3	2	3	2	3
Presjek vodiča (mm ²)	Trajno dopuštena struja (A) pri temperaturi okoline 30 °C					
1	13,5	12	15	13,5	17,5	14,5
1,5	17,5	15,5	19,5	17,5	22	18
2,5	24	21	26	24	29	24
4	32	28	35	32	38	31
6	41	36	46	41	47	39
10	57	50	63	57	63	52
16	76	68	85	76	81	67
25	101	89	112	96	104	86
35	125	111	138	119	125	103
50	151	134	168	144	148	122
70	192	171	213	184	183	151
95	232	207	258	223	216	179
120	269	239	299	259	246	203
150	-	-	344	294	278	230
185	-	-	392	341	312	257
240	-	-	461	403	360	297
300	-	-	530	464	407	336

Tablica 10. 3. Dozvoljeno trajno strujno opterećenje bakrenih vodiča s PVC izolacijom, položenih na način E

Broj opterećenih vodiča	2	3
Presjek vodiča (mm ²)	Trajno dopuštena struja (A) pri temperaturi okoline 30 °C	
Za 500 V		
1	19,5	16,5
1,5	25	21
2,5	33	28
4	44	37
Za 750 V		
1	21	17,5
1,5	26	22
2,5	36	30
4	47	40
6	60	51
10	82	69
16	109	92
25	142	120
35	174	147
50	215	182
70	264	223
95	317	267
120	364	308
150	416	352
185	472	399
240	552	466

Ako uvjeti polaganja vodova odstupaju od standardnih, moramo (**prema normi HRN N.B2.752**) odrediti faktore redukcije opterećenja (K_1 , K_2 i K_3) i izračunati trajno podnosivu struju u vodiču prema izrazu:

$$I_z = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot I_z^*$$

Gdje je:

I_z^* - dopušteno strujno opterećenje vodiča pri normalnim uvjetima polaganja (A), određuje se iz gornjih tablica

K_1 , K_2 i K_3 - faktori redukcije strujnog opterećenja s obzirom na temperaturu okoline različitu od 30 °C (20 °C za kabele), više paralelno položenih vodova i različit stupanj

specifičnoga toplinskog otpora okoline (npr., vrsta tla) od standardne (određuju se iz tablica u navedenoj normi).

Iz - trajno dopušteno strujno opterećenje (A)

Kao primjer navest ćemo tablicu s korekcijskim faktorom temperature okoline različite od 30 °C za izolirane vodove i kabele u zraku.

Tablica 10. 4. Korekcijski faktori (K_1) strujnog opterećenja za različite temperature okoline

Temperatura okoline (°C)	10	15	20	25	35	40	45	50	55	60
Faktor redukcije opterećenja za vodove s PVC izolacijom	1,22	1,17	1,12	1,06	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61	0,50

U praksi najčešće bakrene izolirane vodiče postavljamo u cijevima u zidu (**P vod u cijevi – način polaganja B**), a kako možemo računati da u stambenim prostorima temperatura rijetko prelazi 25 °C, to ćemo u sljedećoj tablici navesti trajno dopuštene struje za taj primjer i ujedno navesti najviše nazivne struje rastalnih uložaka tipa gL (gG) za zaštitu tih vodiča. Tablicu možemo primijeniti i za nadžbukno položeni **PP** vod.

Tablica 10. 5. Strujno opterećenje i izbor topljivog osigurača za P - vod u cijevi, za temperaturu okoline do 25 °C

Presjek (mm ²)	2 vodiča		3 vodiča	
	Trajno dopuštena struja Iz (A)	In uložka tipa gL (A)	Trajno dopuštena struja Iz (A)	In uložka tipa gL (A)
1,5	18,5	16	16,5	10
2,5	25	20	22	20
4	34	25	30	25
6	43	35	38	35
10	60	50	53	50
16	81	63	72	63
25	107	80	94	80
35	132	100	118	100
50	160	125	142	120
70	204	160	181	160
95	246	200	219	160
120	285	250	253	200

Kod kvarova (preopterećenje i kratki spoj) dopuštaju se i veće temperature (kratkotrajno) vodiča s kojima je računato u prethodnim tablicama. Zbog toga je potrebno provjeriti da li će odabrani presjek vodiča prema trajno dopuštenoj struji zadovoljiti i prema preopterećenju i kratkom spoju. O ovome će biti više govora u okviru zaštite od preopterećenja i kratkog spoja, odnosno, odabiranju zaštitnih uređaja i provjeri zaštite.

10. 2. Električno dimenzioniranje vodova

Električna trošila i druge električne naprave predviđeni su za rad na određenom naponu (nazivni napon ili radni napon). Ako stvarna vrijednost napona odstupa (previše) od nazivne, može doći do vrlo štetnih pa i opasnih posljedica, npr. povećanja struje, smanjenje snage, smanjenje životne dobi naprave, isključenja naprave itd. Pri tome je važno reći da napon može biti previsok, prenizak, a može se dogoditi da dođe i do nestanka (gubitka) napona .

Pad napona u nekomvodu možemo definirati kao razliku između izmjerenih vrijednosti napona u dvije različite točke nekog voda u određenom trenutku.

Električno dimenzioniranje vodova ima za svrhu da spriječi prevelik pad napona u vodovima pa govorimo o dimenzioniranju vodova s obzirom na dopušteni pad napona.

Dopušteni padovi napona u električnim instalacijama određeni su Pravilnikom o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona.

Dopušteni pad napona između napojne točke električne instalacije i bilo koje druge točke ne smije biti veći od sljedećih vrijednosti prema nazivnom naponu električne instalacije:

- | |
|--|
| 1) za strujni krug rasvjete 3%, a za strujni krug ostalih trošila 5 % ako se električna instalacija napaja iz niskonaponske mreže; |
| 2) za strujni krug rasvjete 5 %, a za strujni krug ostalih trošila 8 % ako se električna instalacija napaja neposredno iz transformatorske stanice koja je priključena na visoki napon. |

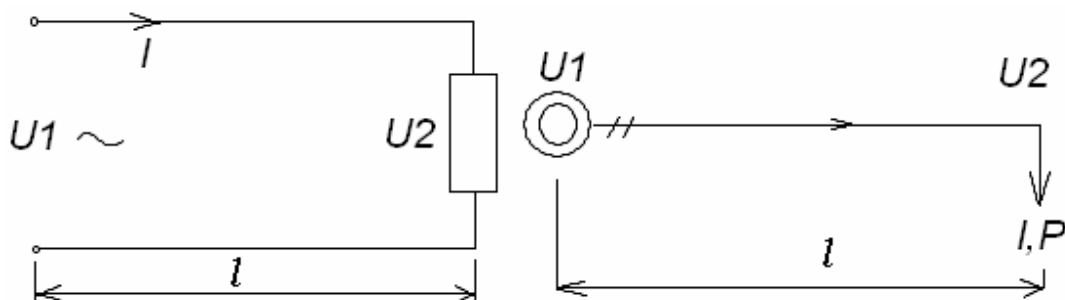
Za električne instalacije čija je duljina veća od 100 m dopušteni pad napona povećava se za 0,005 % po dužinskom metru iznad 100 m, ali ne više od 0,5 %.

U pravilu se pad napona računa pri pogonskoj struji naprave. Izuzetno se pad napona može preračunavati i prema struji pokretanja, npr. motora, posebno ako se radi o aparatima koji se često pokreću (npr. dizala).

Ako pad, nestanak ili ponovno uspostavljanje napona može izazvati opasnost za ljude i opremu (ili velike materijalne štete), mora se ugraditi uređaj za zaštitu od nestanka i pada napona.

10. 2. 1. Dimenzioniranje električnog razvoda ohmskih trošila

Prikažimo jednostavni strujni krug:



Slika 10.1 a) Višepolni prikaz strujnog kruga

b) Jednopolni prikaz

Gdje je:

U_1 - napon kod napojne točke razdiobe, npr. kod KPMO ili TS (V)

U_2 - napon na trošilu ili na nekom dijelu električne razdiobe (instalacije) (V)

I - pogonska struja u vodiču (A)

P - prijenosna snaga (W)
l - duljina razdiobe (vodiča - m)

Pad napona definiramo kao razliku između napona na početku i na kraju nekog voda:

$$\Delta u = U_1 - U_2 \quad (\text{V})$$

Prema Ohmovom zakonu je pad napona:

$$\Delta u = I \cdot R \quad (\text{V})$$

Gdje je:

$$R - \text{otpor vodiča koji možemo izračunati prema izrazu: } R = \rho \cdot \frac{2l}{S} = \frac{2l}{\kappa \cdot S} \quad (\Omega)$$

l – duljina (m)

ρ – specifični otpor materijala vodiča (za Cu 0,017 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

κ – specifična vodljivost materijala vodiča (za Cu $\approx 56 \text{ Sm}/\text{mm}^2$, a Al $\approx 36 \text{ Sm}/\text{mm}^2$)

S – poprečni presjek vodiča (mm^2)

I – pogonska struja u vodiču (A)

Uvrstimo to u izraz za pad napona:

$$\Delta u = I \cdot R = I \cdot \frac{2 \cdot l}{\kappa \cdot S} = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\kappa \cdot S} \quad (\text{V})$$

Kako se pad napona u pravilu navodi u (%) od nazivne vrijednosti napona, onda je najbolje tome prilagoditi i izraze za izračunavanje pada napona, odnosno presjeka vodiča.

$$\Delta u (\text{V}) = \frac{u(\%) \cdot U}{100}$$
$$u(\%) = \frac{\Delta u (\text{V})}{U} \cdot 100 = \frac{200 \cdot I \cdot l}{\kappa \cdot S \cdot U}$$

Iz tog izraza dobijemo konačno izraz za presjek vodiča:

$$S = \frac{200 \cdot I \cdot l}{\kappa \cdot u(\%) \cdot U} (\text{mm}^2)$$

Vrlo često, umjesto sa strujom, računamo s prijenosnom snagom P (W).

$$u(\%) = \frac{200 \cdot P \cdot l}{\kappa \cdot S \cdot U^2}$$

Odnosno:

$$S = \frac{200 \cdot P \cdot l}{\kappa \cdot u(\%) \cdot U^2} (\text{mm}^2)$$

Dobiveni izraz za presjek vodiča vrijedi za dvožični napojni sustav pri istosmjernom naponu i izmjeničnom naponu kod čistoga ohmskog opterećenja ($\cos \varphi = 1$) i zanemarivanje induktivnog

otpora voda. Presjek određen na taj način je minimalni presjek vodiča koji možemo upotrijebiti. Zbog toga u pravilu odabiremo prvi veći normirani presjek, odnosno dobiveni rezultat zaokružujemo na višu vrijednost.

Osim toga, tako odabrani presjek mora zadovoljiti i prema termičkom (strujnom) opterećenju.

10. 2. 2. Dimenzioniranje jednofaznog razvoda s induktivnim opterećenjem

Jednofazni elektromotori, elektromagneti i slična trošila imaju $\cos\varphi$ manji od 1, te pri izračunu pada napona i određivanju presjeka vodiča, moramo to uzeti u obzir.

Pad napona određujemo po sljedećem izrazu:

$$\Delta u = \frac{2 \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot l}{\kappa \cdot S} \quad (\text{V}),$$

a u postocima:

$$u = \frac{200 \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot l}{\kappa \cdot S \cdot U} \quad (\%)$$

Iz navedenog izraza dobijemo presjek:

$$S = \frac{200 \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot l}{\kappa \cdot u \cdot U} \quad (\text{mm}^2)$$

Ako je opterećenje zadano (poznato) sa radnom snagom P (W), onda navedeni izrazi prelaze u:

- pad napona u voltima:
$$\Delta u = \frac{2 \cdot P \cdot l}{\kappa \cdot S \cdot U^2} \quad (\text{V}),$$

- pad napona u postocima:

$$u = \frac{200 \cdot P \cdot l}{\kappa \cdot S \cdot U^2} \quad (\%)$$

- presjek vodiča:

$$S = \frac{200 \cdot P \cdot l}{\kappa \cdot u \cdot U^2} \quad (\text{mm}^2)$$

Gdje su:

- I – pogonska struja u vodiču (A)
- P - prijenosna snaga (W)
- $\cos \varphi$ – faktor snage
- U – nazivna vrijednost napona (V)
- u – pad napona (%)

l – duljina (m)

κ – specifična vodljivost materijala vodiča (za Cu $\approx 56 \text{ S} \cdot \text{m}/\text{mm}^2$, a Al $\approx 36 \text{ S} \cdot \text{m}/\text{mm}^2$)

S – poprečni presjek vodiča (mm^2)

Primjer!

Odredite presjek vodiča napojnog voda duljine 15 m koji napaja jednofazni motor sa sljedećim podacima: $U_n = 230 \text{ V}$, $I_n = 11,6 \text{ A}$ i $\cos \varphi = 0,79$. Elektromotor radi neprekidno! Omjer struje uključivanja i nominalne struje je 4,6. Dozvoljeni pad napona je 3 %.

Napojni vod izveden je PP vodom položenim nad žbukom (način polaganja B)!

$$S = \frac{200 \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot l}{\kappa \cdot u \cdot U} = \frac{200 \cdot 11,6 \cdot 0,79 \cdot 15}{56 \cdot 3 \cdot 230} = 0,71(\text{mm}^2)$$

Odaberemo presjek $1,5 \text{ mm}^2$. Taj presjek kontroliramo prema tablici 10. 2. (strujno opterećenje), odnosno tablici 10. 5. Vidimo da presjek od $1,5 \text{ mm}^2$ zadovoljava i da vod možemo zaštititi rastalnim osiguračem tipa gL 16 A.

Ukoliko bi isti primjer rješavali prema izrazu $S = \frac{200 \cdot P \cdot l}{\kappa \cdot u \cdot U^2}$ (mm^2), tada za snagu moramo uzeti: $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 2107,72(\text{W})$

10. 2. 3. Dimenzioniranje trofaznog razvoda (voda)

Pri dimenzioniranju trofaznih razvoda koristimo izraz za snagu trofaznog sustava (bez obzira na spoj):

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ (W)}$$

Gdje je:

P - djelatna ili radna snaga (W)

U - linijski napon (V)

I - struja u faznom vodiču (A)

$\cos \varphi$ - faktor snage

Uzevši u obzir prethodno izvedene izraze za pad napona i presjek vodiča, slijedi da je:

$$\text{Pad napona u voltima: } \Delta u = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot l}{\kappa \cdot S} \text{ (V),}$$

a u postocima:

$$u = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot l}{\kappa \cdot S \cdot U} \text{ (\%)}$$

Iz navedenog izraza dobijemo presjek:

$$S = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot l}{\kappa \cdot u \cdot U} \quad (\text{mm}^2)$$

Ako je opterećenje zadano (poznato) s radnom snagom P (W), onda navedeni izrazi prelaze u:

- pad napona u voltima:

$$\Delta u = \frac{P \cdot l}{\kappa \cdot S \cdot U^2} \quad (\text{V})$$

- pad napona u postocima:

$$u = \frac{100 \cdot P \cdot l}{\kappa \cdot S \cdot U^2} \quad (\%)$$

- presjek vodiča:

$$S = \frac{100 \cdot P \cdot l}{\kappa \cdot u \cdot U^2} \quad (\text{mm}^2)$$

Primjer!

Odredite presjek napojnog voda trofaznoga asinkronskog motora duljine 30 m. Vod je izveden vodičima P tipa u instalacijskim plastičnim cijevima. Motor je namijenjen za pogon dizala i ima sljedeće podatke: P = 5,5 kW, Un = 400 V, In = 11,5 A, cosφ = 0,85, η = 0,83 i I_{uk} / I_n = 3,2! Dozvoljeni pad napona je 3 %.

U ovom primjeru, zbog čestog uključivanja motora, moramo računati s padom napona pri uključivanju, tj. moramo računati sa strujom: I_{uk} = 3,2 · 11,5 = 36,8A

$$S = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot l}{\kappa \cdot u \cdot U} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 36,8 \cdot 0,85 \cdot 30}{56 \cdot 3 \cdot 400} = 2,4(\text{mm}^2)$$

Odaberemo 2,5 mm² koji, prema **tablici 10. 5.**, može trajno podnijeti struju od 22 A te odaberemo rastalni osigurač tipa gL 20 A.

10. 2. 4. Dimenzioniranje razvoda uzdužno opterećenog na više mjesta

U instalacijama vrlo često imamo više trošila u jednom strujnom krugu. Presjek takvog voda je po cijeloj duljini jednak i određuje se po istom principu kao i u prethodnim primjerima, osim što se umjesto izraza "I·l" ili "P·l" uvodi izraz ΣI·l ili ΣP·l (to je suma tzv. strujnih momenata ili momenata snage, vatni momenti – po analogiji iz mehanike).

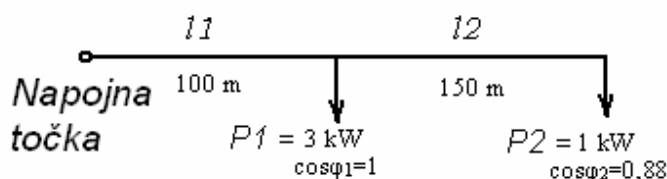
Presjek prema strujnom opterećenju kontroliramo prema najvećoj struji u vodu!

Na taj način određujemo i presjek glavnoga napojnog voda stambenog objekta s više katova, tj. više potrošača.

Primjer!

Odredite presjek bakrenog voda, P tipa u instalacijskoj cijevi, koji napaja dva jednofazna trošila snage 3 kW i $\cos\varphi_1 = 1$, te 1 kW i $\cos\varphi_2 = 0,88$. Ostali podaci: $U_n = 220$ V, dozvoljeni pad napona 4 %, udaljenost prvog trošila od napojne točke 100 m i drugog 250 m.

Prikažimo skicu voda:



$$S = \frac{200 \cdot (\sum I \cdot l) \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot u \cdot U} = \frac{200 \cdot (I_1 \cdot l_1 + I_2 \cdot (l_1 + l_2)) \cdot 0,88}{56 \cdot 4 \cdot 220} = 9,3(\text{mm}^2)$$

Za faktor snage uzimamo onaj koji je lošiji ili odredimo prosječnu vrijednost. Odabiremo presjek 10 mm^2 koji još prekontroliramo na strujno opterećenje. Struja $I_1 = 13,6$ A, a $I_2 = 5,2$ A, što znači da je maksimalna struja:

$$I = 13,6 + 5,2 = 18,8 \text{ A}$$

Iz **tablice 10. 1. 5.** vidljivo je da presjek 10 mm^2 zadovoljava jer trajno izdrži struju od 60 A.

Zaključimo i upamtimo!

Presjek i tip vodiča ili kabela određuje se prema uvjetima za polaganje vodiča i kabela te prema trajno podnosivoj struji, uzimajući u obzir i ograničavajuće faktore zaštitnih mjera, karakteristike uređaja za zaštitu od kratkog spoja i preopterećenja, temperature spojeva i dopušteni pad napona.

Struja vodiča pri normalnom radu električne instalacije mora biti manja od nazivne struje osigurača ili nazivne vrijednosti struje djelovanja uređaja za zaštitu od preopterećenja strujnog kruga vodiča, a ta vrijednost mora biti manja od trajno dopuštene struje vodiča.

Pitanja i zadaci!

1. Objasnite pojam dimenzioniranje vodova.
2. Objasnite pojmove: termičko, električno, mehaničko i ekonomsko (gospodarsko) dimenzioniranje vodova. Koja se dimenzioniranja obvezatno izvode u el. instalacijama?
3. Navedite o čemu sve ovisi najveće trajno dopušteno strujno opterećenje vodiča.
4. Kolika je trajno dopuštena temperatura vodiča s PVC izolacijom?
5. Objasnite najvažnije načine polaganja vodova u el. instalacijama. Što označavaju pojmovi 2 ili 3 opterećena vodiča?
6. Kako određujemo trajno podnosivu struju u vodičima ako uvjeti polaganja odstupaju od standardnih? Objasnite izraz: $I_z = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot I_z^*$.

7. Mora li se presjek vodiča provjeriti s obzirom na preopterećenje i kratki spoj? Objasnite zašto.
8. Odredite trajno dopuštenu struju P vodiča u cijevi koji je u sastavu trofaznoga strujnog kruga. Vodič je $2,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ i temperatura okoline je do $25 \text{ }^\circ\text{C}$! Koji rastalni uložak tipa gL je prikladan za zaštitu toga vodiča?
9. Odredite s kolikom strujom možemo trajno opteretiti Cu vod P tipa u cijevi presjeka $1,5 \text{ mm}^2$ na temperaturi : a) $20 \text{ }^\circ\text{C}$; b) $25 \text{ }^\circ\text{C}$; c) $30 \text{ }^\circ\text{C}$; d) $40 \text{ }^\circ\text{C}$! Komentirajte rezultate!
10. Što je pad napona? Koji su dozvoljeni padovi napona u el. instalacijama?
11. Pri kojoj se struji u pravilu računa pad napona? Zašto je strujni krug dizala izuzetak?
12. Izvedite izraz za određivanje presjeka vodiča s obzirom na pad napona kod napajanja jednofaznih ohmskih trošila.
13. Kako po analogiji iz mehanike nazivamo produkt (" $I \cdot l$ ") i (" $P \cdot l$ ")?
14. Koji ograničavajući faktori utječu na određivanje presjeka vodiča?
15. Napišite izraze za određivanje presjeka vodiča prema dopuštenom padu napona za:
 - a) Razvod ohmskih trošila
 - b) Jednofazni razvod s induktivnim opterećenjem
 - c) Trofazni razvod
 - d) Razvod uzdužno opterećen na više mjesta
16. Napišite izraz za izračunavanje djelatne snage trofaznog sustava.
17. Odredite presjek bakrenog vodiča P tipa u cijevi koji napaja električni grijač snage 2000 W . Grijač je priključen na kućni razdjelnik te je od njega udaljen 3 m . Dozvoljeni pad napona je 2% . Nazivni napon je 230 V .
18. Nadžbukno položenim PP vodom napaja se jednofazno trošilo sa sljedećim podacima: napon 230 V , struja 12 A i faktor snage $0,8$. Trošilo je udaljeno od izvora 35 m i dozvoljeni pad napona je 3% . Odredite presjek vodiča.
19. U strujnom krugu nalazi se 6 žarulja od po 100 W . Udaljenost prve žarulje od napojne točke je 10 m , a svaka sljedeća je na 4 m . Nazivni napon je 230 V , dozvoljeni pad napona 1% , a vod je izveden Cu vodom P tipa u cijevi!
 Odredite presjek vodiča uz računanje s momentima snage ($\Sigma P \cdot l$)!
20. Dimenzionirajte P vod postavljen u cijevi koji napaja trofazno trošilo udaljeno od izvora napajanja 42 m . Ostali podaci: struja 10 A , napon 400 V , faktor snage $0,85$, i dozvoljeni pad napona 3% !
21. U kućnoj instalaciji je razvodni ormar udaljen 5 m od KPO. Dozvoljeni pad napona od KPO do RO $0,5 \%$, a preostalih $2,5 \%$ u dijelu razvoda poslije RO. Izračunajte kolika smije biti najveće duljina strujnih krugova ako je presjek vodiča $1,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ te se polažu na tzv. B način.
22. Kolika bi bila dozvoljena duljina razvoda iz prethodnog zadatka ako bi presjek vodiča bio $2,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ ili $4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$?
23. Dimenzionirajte spojni vod (jednofazni) kućnoga priključnog ormarića i glavnog razdjelnika ako je vod duljine 10 m i strujno opterećenje 35 A . Dozvoljeni pad napona je $0,5 \%$! Način polaganja je "C" i temperatura okoline je do $30 \text{ }^\circ\text{C}$.
24. U kojem se slučaju obvezatno mora predvidjeti ugradnja uređaja za zaštitu od nestanka i pada napona? Objasnite zašto.

11. INSTALACIJSKE CIJEVI I PRIBOR

Prema pravilniku za električne instalacije niskog napona vodič mora biti tako ugrađen i postavljen da je zaštićen od vanjskih utjecaja. U električnim instalacijama uglavnom se upotrebljavaju izolirani vodovi (i kabeli) postavljeni u cijevi ili kanale koji imaju ulogu zaštite (neki tipovi vodova mogu se postavljati bez ikakve dodatne zaštite).

Važno je napomenuti da je cijev ili kanal (sa priborom) u tome slučaju također dio voda.

Instalacijske cijevi najčešće se dijele prema materijalu i to na:

- **plastične i**
- **metalne.**

11. 1. Plastične cijevi

Plastične instalacijske cijevi izrađuju se iz raznih termoplastičnih masa, samougasivih, odnosno otpornih na gorenje. Osim običnog PVC-a, upotrebljavaju se i drugi termoplastici kao što su polietilen, polipropilen i drugi (za ugradnju u beton, čelične konstrukcije itd.).

Termoplastične cijevi mogu biti glatke i rebraste, odnosno krute i savitljive.

Glatke plastične cijevi (**PNT cijevi**) uglavnom su krute te se izrađuju u duljinama 3 ili 4 m. Uglavnom ih upotrebljavamo za nadžbukno polaganje, a postavljaju se pomoću posebnih obujmica. Kod nadžbuknih instalacija često upotrebljavamo i plastične kanale (kanalice).

Rebraste plastične cijevi su, zbog svoje konstrukcijske izvedbe, naročito savitljive što im je velika prednost. Osim toga vrlo su lagane i lako se postavljaju.

Unutarnji promjeri cijevi su: 11; 13,5; 16; 23; 29; 36; 42 i 48 mm (ponekad i više).

Prema novim europskim normama i preporukama instalacijske cijevi nisu više definirane unutarnjim već vanjskim promjerima.

Nazivni vanjski promjeri cijevi su: 16, 20, 25, 32, 40, 50 i 63 mm.

Treba napomenuti da se u praksi još uvijek dosta navode unutarnji promjeri.

U posljednje vrijeme u Europi se uvodi posebni sustav označavanja instalacijskih cijevi prema sljedećim kriterijima:

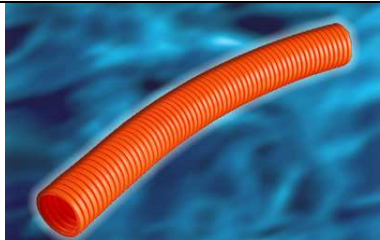

- **mehaničke karakteristike**
- **električne karakteristike**
- **otpornosti prema vanjskim utjecajima i**
- **otpornosti prema širenju vatre**

Za to se upotrebljavaju brojčane oznake (maksimalno 13 znamenki), ali ovakav sustav označavanja još nije obvezatan.

Proizvođači kod nas različito označuju cijevi pa je zato najbolje karakteristike cijevi uzeti iz uputa proizvođača. Npr., **IKG** cijevi su za klasičnu gradnju, a **IBG** cijevi za betonsku gradnju itd.

Na sljedećim slikama prikazane su neke vrste plastičnih cijevi (i kanala) s pripadajućim karakteristikama.

Tablica 11. 1. Karakteristike plastičnih cijevi i kanala*

1. ELEKTROINSTALACIJSKA REBRATA CIJEV ZA BETONSKU GRADNJU (TC)											
	TIP A: TC	16	20	25	32	40	50				
	Vanjski promjer (mm)	16	20	25	32	40	50				
	Unutarnji promjer (mm)	10.7	14.1	18.3	24.3	31.2	39.6				
	Kolut (m)	50	50	50	25	25	25				
	Pakiranje (m)	500	500	250	250	100	100				
<p>FIZIKALNA SVOJSTVA - Fleksibilna plastična cijev za teška mehanička opterećenja od termoplasta HDP narančaste boje. Otporna na udarce, pritisak i vanjske utjecaje kao što je voda, ulje, građevinske materijale i korozivne tvari. Nije otporna na plamen. Temperature primjene od -25^o do 90^o C.</p> <p>NAMJENA - Za sve instalacije u zgradama, polaganjem u zidove od nezapaljivog materijala ili betona. Prvenstvena upotreba u betonskoj gradnji.</p>											
2. ELEKTROINSTALACIJSKA REBRATA CIJEV ZA PODŽBUKNO POLAGANJE (ERC)											
	TIP A: TC	16	20	25	32	40	50				
	Vanjski promjer (mm)	16	20	25	32	40	50				
	Unutarnji promjer (mm)	10.7	14.1	18.3	24.3	31.2	39.6				
	Kolut (m)	50	50	50	25	25	25				
	Pakiranje (m)	500	500	250	250	100	100				
<p>FIZIKALNA SVOJSTVA - Fleksibilna plastična cijev za lagana mehanička opterećenja od PVC-a sive boje. Otporna na udarce, plamen i vanjske utjecaje kao što je voda, ulje, građevinske materijale i korozivne tvari. Temperature primjene od -5^o do 60^o C. SAMOUGASIVA, otporna na plamen.</p> <p>NAMJENA - Za sve instalacije u zgradama, polaganjem u žbuku ili pod žbuku svih vrsta zidova kao što je drvo, cigla, beton, siporeks i gips ploče.</p>											
3. ELEKTROINSTALACIJSKA REBRATA CIJEV ZA TELEFONIJU (TRC)											
	TIP A: TC	16	20	25	32	40	50				
	Vanjski promjer (mm)	16	20	25	32	40	50				
	Unutarnji promjer (mm)	10.7	14.1	18.3	24.3	31.2	39.6				
	Kolut (m)	50	50	50	25	25	25				
	Pakiranje (m)	500	500	250	250	100	100				
<p>FIZIKALNA SVOJSTVA - Fleksibilna plastična cijev za lagana mehanička opterećenja od PVC-a žute boje. Otporna na udarce, plamen i vanjske utjecaje kao što je voda, ulje, građevinski materijali i korozivne tvari. Temperature primjene od -5^o do 60^o C. SAMOUGASIVA, otporna na plamen.</p> <p>NAMJENA - Za telefonske instalacije u zgradama, polaganjem u žbuku ili pod žbuku svih vrsta zidova kao što je drvo, cigla, beton, siporeks i gips ploče.</p>											
4. REBRATA CIJEV S DUPLIM STIJENKAMA (VANJSKA STIJENKA REBRATA, A UNUTARNJA GLATKA)											
	TIP A: RDC	40	50	63	75	90	110	125	140	160	200
	Vanjski promjer (mm)	40	50	63	75	90	110	125	140	160	200
	Unutarnji promjer (mm)	32	41	51	62	75	92	106	121	140	180
	Kolut (m)	50	50	50	25	25	25	25	25	25	25
<p>FIZIKALNA SVOJSTVA - Fleksibilna dvoslojna plastična cijev za teška mehanička opterećenja od polietilena žute boje (posebne boje prema zahtjevu). Otporna na udarce, pritisak i vanjske utjecaje kao što je voda, ulje, građevinski materijali i korozivne tvari. Temperature primjene od -30^o do 60^o C.</p> <p>NAMJENA - Zaštita za kabele u elektroindustriji i telefoniji kod polaganja u pod, beton i zemlju.</p>											

5. SPIRALNA REBRATA CIJEV (FLEXI)



TIP A: SRC	8	10	12	14	16	20	22	25	28	32	35	40
Vanjski promjer (mm)	11.5	14.7	16.4	18.9	20.7	24.7	27.7	30.6	33.5	38	41	46.4
Unutarnji promjer (mm)	8	10	12	14	16	20	22	25	28	32	35	40
Kolut (m)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

FIZIKALNA SVOJSTVA

Spiralna fleksibilna ojačana cijev od PVC-a sive boje. Otporna na sve vanjske utjecaje, ulje, masti i plinove. Temperaturne primjene od -10° do 60° C. Izolacijskog otpora 100 MΩ i dielektričke čvrstoće 20 kV/mm.

NAMJENA - zaštita vodiča i kabela u strojogradnji, drvnoj industriji, industrijskim postrojenjima i u kućanstvu za glavne priključne vodove

6. ELEKTROINSTALACIJSKA RAVNA CIJEV ZA NADŽBUKNO POLAGANJE (PNT)



TIP A: PNT	11	13.5	16	23	29
Vanjski promjer (mm)	12.6	16.1	18.8	26.1	33.2
Unutarnji promjer (mm)	11	13.5	16	23	29
Duljina (m)	3	3	3	3	3
Pakiranje (m)	102	102	102	45	45

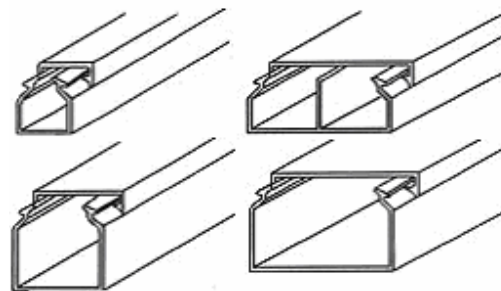
FIZIKALNA SVOJSTVA

Ravna elektroinstalacijska cijev iz PVC-a sive boje. Otporna na pritisak i vanjske utjecaje kao što je voda, ulje, građevinski materijali i korozivne tvari. Temperaturne primjene od -5° do 60° C.

SAMOUGASIVA, otporna na plamen.

NAMJENA - za sve instalacije u podžbukne, nadžbukne kao i za polaganje u beton. Posebna upotreba pri adaptaciji starih objekata.

7. PLASTIČNE KANALICE



NAZIV	DIMENZIJE (š i v)	BOJA	PAKIRANJE (u metrima)
NIK 11	10 x 10	smeđa/bijela	150
NIK 0	15 x 10	smeđa/bijela	100
NIK 1	15 x 17	smeđa/bijela	100
NIK 2	30 x 17	smeđa/bijela	70
NIK 3	30 x 30	smeđa/bijela	50
NIK4 _{pregradni}	40 x 17	smeđa/bijela	50

NIK KANALI

- samougasivi
- otporni na kiseline i ulja
- Temperaturne primjene od -20°C do 60°C.
- standardna dužina 2m
- boja bijela i smeđa
- pakiranje u kartonske kutije

* Prema podacima proizvođača

11. 2. Izbor instalacijskih cijevi

Maksimalni broj vodiča u cijevima ovisi o vrsti cijevi, njezinom promjeru, načinu polaganja i presjeku vodiča (odnosno vrsti voda).

U sljedećoj tablici je pregled rasporeda krutih "P" i mnogožičnih "P/M" vodiča u elektroinstalacijskim cijevima.

Tablica 11. 2. Broj vodiča u instalacijskim cijevima

VODIČ mm ²	Broj vodiča				
	1	2	3	4	5
	Vanjski promjer cijevi (mm)				
1.5	16	16	16	16	20
2.5	16	16	16	20	20
4	16	16	16	25	25
6	16	20	25	32	40
10	20	25	25	40	40
16	25	32	40	40	50

VODIČ mm ²	Broj vodiča				
	1	2	3	4	5
	Vanjski promjer cijevi (mm)				
25	25	40	40	50	50
35	32	40	50	50	63
50	32	50	50	63	63
70	40	50	63	63	63
95	40	50	63	63	/
120	50	63	63	63	/

11. 3. Metalne instalacijske cijevi

Metalne cijevi imaju prvenstveno ulogu mehaničke zaštite električnih vodova. U pravilu su čelične, a rjeđe aluminijske (slitine Al).

Čelične oklopljene cijevi (**STAPA CIJEVI**) najčešće se upotrebljavaju za nadžbuknu instalaciju u industriji gdje postoji mogućnost mehaničkog oštećenja vodova. Pri postavljanju i spajanju takvih cijevi koriste se posebne spojnice s navojima i posebne instalacijske kutije. Takva instalacija može se izvesti tako da bude otporna na prašinu i vlagu.

U posljednje se vrijeme za takve instalacije u pravilu upotrebljavaju kabeli na odstoynim obujmicama (npr. kabel PP 41).

Osim oklopljenih, upotrebljavaju se i savitljive metalne cijevi. Posebno su pogodne za instalacije na strojevima ili za priključne vodove do strojeva. Promjeri metalnih cijevi uglavnom su isti kao i plastičnih.

Metalne cijevi moraju iznutra imati izolacijsku oblogu.

Treba ih obvezatno povezati sa sabirnicom zaštitnog vodiča.

11. 4. Pribor za instalacijske cijevi

U pribor za instalacijske cijevi ubrajamo sav materijal koji služi za polaganje i spajanje cijevi.

Tu ubrajamo:

- **Uvodnice, lule i krajnice – služe za završavanje cijevi, odnosno uvođenje cijevi (i vodiča) u razvodne kutije, ormare ili trošila.**
- **Spojnice i lukovi – služe za spajanje i zakretanje cijevi**
- **Obujmice – služe za pričvršćivanje cijevi**
- **Instalacijske kutije – imaju višestruku namjenu**

11. 5. Instalacijske kutije

Instalacijske kutije upotrebljavamo za križanje (odvajanje) cijevi, odnosno vodova, prolaza vodova, montažu priključnica, sklopki ili tipkala te za spajanje odnosno nastavljjanje vodiča.

- Prema upotrebi dijele se na:
 - **montažne (za montažu utičnica, sklopki...)**
 - **razvodne**
 - **univerzalne**
- Prema obliku:
 - **okrugle**
 - **četvrtaste**
- Prema materijalu:
 - **plastične**
 - **metalne**

Za podžbukne instalacije uglavnom upotrebljavamo plastične kutije, najčešće sljedećih dimenzija:

- **okrugle promjera: Φ 60, 70 i 80 mm**
- **četvrtaste: 95x95 (100x100), 150x150, 200x200 i 250x250 mm.**

Za nadžbukne instalacije upotrebljavamo plastične i metalne kutije, najčešće sljedećih dimenzija:

- **okrugle: Φ 80 mm**
- **četvrtaste: 70x70, 80x80, 100x100 i 180x180 mm**

Nadžbukne instalacijske kutije imaju odgovarajuće otvore, s time da je u pravilu moguća **vodootporna** izvedba instalacije.


Razvodne kutije novije izvedbe (prema DIN i VDE) imaju na unutarnjoj strani podatak o dozvoljenom presjeku vodiča, broju stezaljki i broju vodiča.




Razvodna kutija za tzv. stalni priključak opremljena je stezaljkama i služi za direktne priključke aparata na instalaciju (npr. električni štednjaci, termoakumulacijske peći, bojleri, itd.).

Tablica 11. 3. Izbor instalacijskih kutija za termoplastične cijevi

Oblik	Dimenzije (mm)	Upotreba
○	60	Za postavljanje sklopki , priključnica, tipkala i za prolazne kutije
○	70	Za priključak do 4 cijevi Φ 11 i 13,5 mm
○	80	Za priključak do 4 cijevi Φ 11 do 23 mm
□	95 x 95	Za priključke 4 i više cijevi bilo kojih dimenzija
□	100 x 150	

Tablica 11. 4. Primjeri instalacijskog pribora i njihove karakteristike*

LUK ZA RAVNE PNT CIJEVI						
	TIP A: LPN	11	13.5	16	23	29
	Pakiranje	100	100	50	20	20
	NAMJENA Za spajanje dviju ravnih cijevi kod promjene smjera instalacije. Izrađena od HDP svijetlosive boje. Temperaturne primjene od -5° do 60° C.					

OBUJMICE ZA RAVNE PNT CIJEVI													
	TIP A: SPN		11	13.5	16	23	29						
	Pakiranje		100	100	50	20	20						
NAMJENA Pričvršćivanje na zid omogućava brzo polaganje cijevi. Izrađena od HDP svijetlo-sive boje. Temperaturne primjene od -5° do 60° C													
SPOJNICE ZA RAVNE PNT CIJEVI													
	TIP A: MPN		11	13.5	16	23	29						
	Pakiranje		100	100	50	20	20						
NAMJENA Za spajanje u istoj ravnini dviju ili više cijevi. Izrađena od HDP svijetlo-sive boje. Temperaturne primjene od -5° do 60° C													
UVODNICE ZA SPIRALNE REBRASTE CIJEVI													
	Nazivne dimenzije	8	10	12	14	16	20	22	25	28	32	35	40
	Pričvrсни narez	1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	1/2"	3/4"	3/4"	1"	1"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"
NAMJENA Za pričvršćivanje spiralnih rebrastih cijevi na električne uređaje i razvodne ormare													

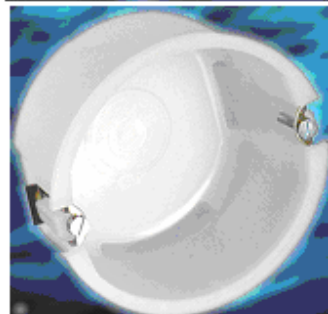
Tablica 11. 5. Instalacijske kutije*

1. Razvodna kutija Ø 60	2. Razvodna kutija Ø 60 N (nižuća)	3. Razvodna kutija Ø 60 D (dublja)	4. Razvodna kutija Ø 80	5. Razvodna kutija 100x100
				



Slika 11.1 Montažna kutija*

- za montažu instalacijskih uređaja (sklopke, utičnice) pomoću nožica
- ugradbena dubina: 41 mm
- nazivni napon: do 440 V ~
- stupanj zaštite: IP 20
- otpornost na vatru: 650 °C



Slika 11.2 Montažno-razvodna kutija*

- za razvod strujnih krugova ili montažu uređaja prilagođenih za ugradnju u kutije Ø 70 pomoću nožica ili vijaka na razmaku od 67 mm
- ugradbena dubina: 43 mm
- nazivni napon: do 440 V ~
- stupanj zaštite: IP 20
- otpornost na vatru: 650 °C

*(Podaci uzeti od proizvođača)

11. 6. Polaganje instalacijskih cijevi

Cijevi polažemo u principu na tri načina:

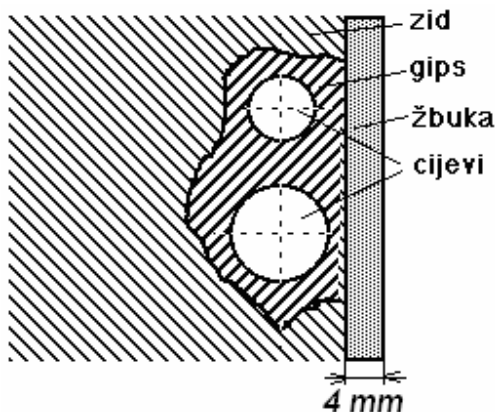
- **podžbukno (p/ž)**
- **nadžbukno (n/ž)**
- **u beton (b/g)**

11. 6. 1. Podžbukno polaganje cijevi

Cijevi se polažu u zid nakon što se zid dovoljno osuši. Sam redoslijed radova ide sljedećim tijekom:

- **označavanje trase voda**
- **dubljenje kanala u zidu**
- **postavljanje kutija, cijevi i (ili) PP, odnosno, PP/R vodova**

Cijevi (vodove) postavljamo vodoravno ili okomito. Koso polaganje je eventualno dozvoljeno po stropu (najbližim putem do trošila, naprave). Pri vodoravnom polaganju poželjan je blagi nagib prema razvodnim kutijama. Dubina kanala u zidu mora biti barem tolika da sloj žbuke na cijevi (ili vodu) bude minimalno 4 mm (vidi sliku).



Slika 11.3 Pravilno položene instalacijske cijevi

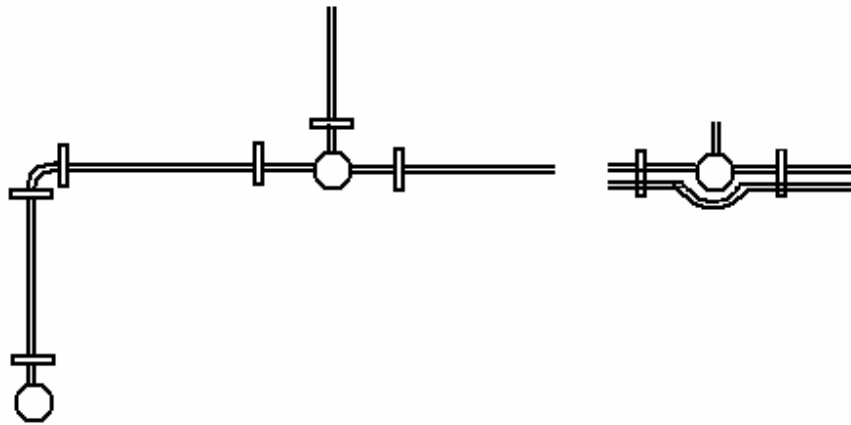
Ako se više cijevi (vodova) postavlja paralelno, onda razmak između njih mora biti barem za debljinu cijevi. Razvodne kutije postavljaju se u pravilu nakon dva zavoja (koljena) s time da najveći razmak između kutija može biti do 6 m.

Za pričvršćivanje električne razdiobe (cijevi, kutija, vodova) mogu se upotrijebiti sredstva i primijeniti postupci koji ne izazivaju deformacije ili oštećenje izolacije, kao što su: gipsanje, obujmice od izolacijskog materijala prilagođene obliku kabela, lijepljenje ili zakivanje čavlima s podložnim pločicama od izolacijskog materijala i dr.

Cijevi i kutije se u pravilu pričvršćuju gipsom preko kojeg, naknadno, dolazi žbuka.

11. 6. 2. Nadžbukno polaganje cijevi

Nadžbukno izvođenje električne razdiobe (instalacije) primjenjujemo u vlažnim i prašnjavim prostorima, a naročito u industrijskim objektima. U pravilu za nadžbuknu instalaciju upotrebljavamo glatke plastične cijevi (rjeđe metalne) koje se mogu polagati na žbuku, na beton, drvo ili čelične konstrukcije. Pričvršćujemo ih pomoću raznih vrsta obujmica na međusobnim razmacima 0,8 – 1 m, odnosno kao što je prikazano na slici 11.4.



Slika 11.4 Primjer nadžbuknog polaganja cijevi

11. 6. 3. Polaganje cijevi u beton

Veći građevinski objekti danas se uglavnom grade od betona i to:

- lijevanjem betona u odgovarajuće kalupe ili
- montažom gotovih betonskih elemenata.

To zahtijeva da se elektroinstalacijski radovi izvode istodobno s građevinskim radovima.

Posebno je važno odabrati prikladne cijevi i dodatni pribor (za betonsku gradnju).

Neki elementi pribora za betonsku gradnju prikazani su na sljedećim slikama.

Tablica 11. 6. Instalacijski pribor za betonsku gradnju*

	<p>IBG program za betonsku gradnju - kutije</p> <p>Razvodne Razvodne četvrtaste Montažne Za ovješene svjetiljke</p> <ul style="list-style-type: none"> • nazivni napon: do 400 V ~ AC • stupanj zaštite: IP 20 (s poklopcem) • temperatura primjene: od -25 °C do +90 °C • otpornost na vatru: 650 °C
	<p>IBG program za betonsku gradnju - pribor za učvršćenje kutija na oplatu</p> <p>Kalote - gumene Ulošci - gumeni Ulošci - plastični Stupić - učvrсни Oslonac Potporna cijev</p>



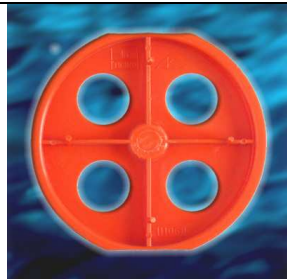
GUMENA KALOTA; Tehnički podaci:

1. Kalota s magnetom:

- za učvršćenje kutija Φ 60 i 80 na čelične oplate
- nepropusno za betonsko mlijeko za vodoravno i okomito lijevanje betona u čeličnim oplatama (s osloncem i potpornom cjevčicom)
- permanentni magnet sile prijanjanja 300 N

2. Kalota s čavlom ili vijkom:

- za učvršćenje kutija Φ 60 i Φ 80 na drvene oplate
- nepropusno za betonsko mlijeko za vodoravno i okomito lijevanje (s osloncem i potpornom cjevčicom) betona u drvenim oplatama



OSLONAC ZA OKOMITO LIJEVANJE

Tehnički podaci:

- za slaganje sloga za okomito lijevanje (kalota, kutija, potporna cijev, oslonac) radi oslanjanja na suprotnu oplatu



KOLČAK – OBIČNI, ZA CIJEV

Tehnički podaci:

- služi kao nastavak cijevi i za izvođenje prijelaza iz zida u strop
- osigurava spoj nepropusni za betonsko mlijeko
- materijal: guma



KOLČAK – DVOSTRUKI, ZA CIJEV

Tehnički podaci:

- služi kao nastavak cijevi i za izvođenje prijelaza iz zida u strop
- osigurava spoj nepropusni za betonsko mlijeko
- materijal: guma



PERO ZA BLOKIRANJE CIJEVI

Tehnički podaci:

- sprječava rastavljanje spoja cijevi s kolčakom
- materijal: čelična žica

* Prema podacima proizvođača

Potrebno je dobro fiksirati cijevi i kutije da se pri lijevanju betona ne pomiču ili oštete. Pri montažnoj gradnji se već u tvornici pri izradi betonskih elemenata u njih montiraju instalacijski

elementi (tzv. instalacijski moduli koji predstavljaju funkcionalne cjeline) prema odgovarajućoj tehničkoj dokumentaciji.

11. 7. Uvlačenje vodiča u cijevi

Vodiče, odnosno vodove, u cijevi uvlačimo pomoću posebno savitljive sajle dužine 5 – 10 m. Sajla na jednom kraju ima ušicu za koju pričvrstimo vodiče, a na drugom kraju je metalna kuglica. Prilikom uvlačenja moramo posebno paziti da ne oštetimo izolaciju vodiča. Za obavljanje ovih radova potrebna su dva elektroinstalatera.

Kod razvodnih i montažnih kutija ostavimo da vodiči strše iz njih oko 10 – 15 cm radi lakšeg spajanja.

Pitanja i zadaci!

1. Čemu služe instalacijske cijevi?
2. Kako se sve mogu podijeliti instalacijske cijevi?
3. Iz kojih se materijala izrađuju plastične cijevi?
4. U kojim se unutarnjim i vanjskim promjerima izrađuju cijevi?
5. Što sve obuhvaća novi sustav označavanja instalacijskih cijevi?
6. Opišite PNT cijevi.
7. Navedite prednosti rebrastih plastičnih cijevi. Zašto se izrađuju u više boja?
8. Objasnite oznake IKG i IBG cijevi.
9. U tablici 11.1. pronađite cijev prikladnu za polaganje u beton i zemlju.
10. Gdje je pogodna tzv. plastična spiralna fleksi cijev?
11. Gdje je primjerena upotreba plastičnih kanala?
12. Koliki je maksimalni broj P vodiča 1,5 i 2,5 mm² u cijevi čiji je vanjski promjer: a) 16 mm b) 20 mm c) 25 mm d) 32 mm i e) 40 mm?
13. Kakve su to stapa cijevi? Za što ih upotrebljavamo?
14. Za što su primjerene savitljive metalne cijevi? Objasnite zašto.
15. Zašto metalne cijevi moramo spojiti sa sabirnicom zaštitnog vodiča?
16. Koja je namjena uvodnica, lula i krajnica?
17. Na koji se način nastavljaju i zakreću cijevi? Da li to ovisi o vrsti cijevi? Navedite primjer!
18. Čemu služe obujmice?
19. Koja je uloga instalacijskih kutija?
20. Kako se sve mogu podijeliti instalacijske kutije? Kakva je to montažna kutija?
21. U kojim se dimenzijama izrađuju okrugle instalacijske kutije?
22. U kojim se dimenzijama izrađuju četvrtaste instalacijske kutije?
23. Kutiju kojih dimenzija treba upotrijebiti za priključak 4 cijevi Φ 23 mm?
24. Kakva je to razvodna kutija za stalni priključak?
25. Na koje se sve načine mogu polagati cijevi? Opišite postupak podžbuknog polaganje cijevi.
26. Prikažite crtežom pravilno položene cijevi u zidu. Kolika je minimalna debljina žbuke na cijevi?
27. Opišite nadžbukno polaganje cijevi. Nacrtajte skicu.
28. Na što je potrebno obratiti pažnju kod polaganja cijevi u beton? Čemu služe kalote?
29. Gdje se polažu razvodne kutije? Koliki je maksimalno dozvoljeni razmak između dvije razvodne kutije?
30. Gdje je jedino dozvoljeno koso polaganje cijevi? Objasnite.
31. Opišite postupak uvlačenja vodiča u cijevi. Zašto u razvodnim i montažnim kutijama ostavljamo da vodiči strše iz njih 10-15 cm?

12. OPĆE PREPORUKE ZA POLAGANJE CIJEVI I VODOVA

Prema pravilniku za el. instalacije niskog napona, za polaganje cijevi i vodova, vrijede sljedeća pravila:

- 1) Ako se u blizini električne razdiobe nalaze druge neelektrične instalacije, između njih se mora osigurati takav razmak da održavanje jedne instalacije ne ugrožava druge instalacije.
- 2) Najmanji dopušteni razmak između električne instalacije i drugih instalacija jest 30 mm.
- 3) Ako se u blizini električne instalacije nalaze instalacije grijanja, cijevi s toplim zrakom ili dimnjak, električna se instalacija mora izolirati toplinskom izolacijom ili ekranima, ili se mora postaviti izvan toplinskih utjecaja.
- 4) U istu instalacijsku cijev ili instalacijski kanal mogu se postavljati vodiči samo jednoga strujnog kruga, osim vodiča upravljačkih i pomoćnih strujnih krugova.
- 5) Kroz isti višezilni kabel ne smije se voditi više strujnih krugova, osim vodiča upravljačkih i pomoćnih strujnih krugova.
- 6) Kroz istu razvodnu kutiju smiju prolaziti vodiči različitih strujnih krugova.
- 7) Električna instalacija nižeg napona ne smije se postavljati u isti omotač ili cijev, niti blizu električne razdiobe čiji je napon viši, osim ako između te dvije instalacije postoji izolacijska pregrada koja izdržava ispitni napon električne instalacije višeg napona.
- 8) Kabeli položeni neposredno u žbuku i u zid moraju po cijeloj duljini biti pokriveni žbukom debljine najmanje 4 mm.
Iznimno, kabeli ne moraju biti pokriveni žbukom ako su položeni u šupljinama stropova i zidova od betona ili sličnog materijala koji ne gori, niti potpomaže gorenje.
- 9) Pri horizontalnom polaganju kabeli i instalacijski vodiči (u instalacijskim cijevima) vode se na udaljenosti od 30 cm do 110 cm od poda i minimalno 200 cm od poda do stropa.
- 10) Pri vertikalnom polaganju kabela i instalacijskih vodiča (u instalacijskim cijevima) udaljenost od rubova prozora i vrata mora biti najmanje 15 cm.
- 11) Kabeli bez ispune, kao što su kabeli tipa **PP/R**, smiju se polagati samo u suhim prostorijama, i to ispod žbuke, a u šupljine stropova i zidova od betona i sličnog negorivog materijala i bez pokrivanja žbukom.
- 12) Vodovi tipa **PP/R** ne smiju se voditi u snopu, postavljati u instalacijske kanale ni ispod sadrenih (gipsanih) kartonskih ploča, bez obzira na način na koji se pričvršćuju, i ne smiju se polagati na zapaljivi materijal ni kad se pokrivaju žbukom.
- 13) Vodiči tipa **P** (H07V-U) ne smiju se polagati bez dodatne zaštite, npr. obično se polažu u cijevi ili kanale.
- 14) Instalacijski kanali ne smiju se postavljati ispod žbuke niti u lijevani beton.
- 15) Vodovi tipa **PP** mogu se polagati na žbuci i pod žbukom u suhim, vlažnim i mokrim prostorima te u slobodnom prostoru bez posebne mehaničke zaštite.
- 16) Izolirani vodiči i kabeli moraju se položiti i označiti tako da se mogu raspoznati pri ispitivanju, popravku ili zamjeni.
- 17) Na osobito ugroženim mjestima (npr. pri vođenju izoliranih vodiča i kabela u podu) moraju se osigurati dodatne zaštitne mjere, kao što je postavljanje u cijevi, kanale i sl., uz primjenu odgovarajućeg stupnja zaštite zaštitnim kućištem.
- 18) Na krajevima električne razdiobe, a posebno na izlazima, ulazima i na mjestima prodiranja (prolaženja) električne razdiobe kroz zidove i električnu opremu, mora se obaviti trajno brtvljenje (npr. uvodnicama).
- 19) Ako električna razdioba prolazi kroz metalnu konstrukciju, rubovi otvora moraju biti zaobljeni.

- 20) Električna razdioba ne smije se postaviti ispod neelektričnih instalacija na kojima je moguća kondenzacija vode ili drugih tekućina.
- 21) Razvodne kutije za kabele ili vodiče (u instalacijskim cijevima) što se polažu pod žbuku moraju biti od izolacijskog materijala ili od metala s izolacijskom postavom i uvodnicama od izolacijskog materijala.
- 22) Polaganje kabela na zid dopušteno je ako kabel ima izolaciju od termoplastičnog materijala s ispunom i plaštom, ako se polaže na obujmice na zidu i ako je od poda do visine 2 m dodatno zaštićen od mehaničkih oštećenja.
- 23) Kabeli se mogu ukopati u zemlju ako imaju odgovarajući omotač koji ih štiti od mehaničkih i drugih utjecaja.
Pri polaganju kabela u zemlju dubina ukopavanja ne smije biti manja od 0,6 m od gornje površine zemlje, odnosno ne smije biti manja od 0,8 m ispod površine puta.
Iznimno se može i odstupiti od te dubine ako se kabeli polažu u kamenito tlo.
- 24) U podzemne zaštitne izolacijske instalacijske cijevi smiju se polagati kabeli s plaštom ili s olovnom omotačem, uz uvjet da ostanu pristupačni i zamjenjivi te da je cijev mehanički čvrsta, zaštićena od prodora tekućine i da se provjetrava.
- 25) Razmak između izoliranih vodiča pričvršćenih na odgovarajuće izolatore mora u svim prostorijama iznositi najmanje 2 cm, a u vlažnim prostorijama i na slobodnom prostoru - najmanje 5 cm.

Pitanja i zadaci!

1. Koliki je minimalni razmak između električnih i drugih vrsta instalacija (vodovodne, plinske...)?
2. Ako električna razdioba mora neizostavno prijeći preko dimnjaka, što treba učiniti?
3. Koliko strujnih krugova smije prolaziti kroz jednu cijev?
4. Smiju li se vodiči jednog strujnog kruga nalaziti u različitim cijevima? Objasnite zašto.
5. Koje bi bile posljedice postavljanja vodiča (L i N) jednog strujnog kruga u različitim cijevima? Što bi bilo ako su te cijevi plastične, a što ako su metalne?
6. Vodiči kojih strujnih krugova se smiju nalaziti u cijevi (ili vodu) s vodičima glavnoga strujnog kruga? Navedite neki primjer.
7. Je li dozvoljen prolaz vodova različitih strujnih krugova kroz istu razvodnu kutiju?
8. Smijemo li jedan neutralni vodič primijeniti za više strujnih krugova?
9. U kojem se slučaju kabeli ne trebaju prekrivati slojem žbuke?
10. Definirajte prostore koji su predviđeni za horizontalno polaganje vodova.
11. Koliki je minimalni razmak pri vertikalnom polaganju između električne instalacije i otvora za vrata ili prozore?
12. Opišite načina polaganja P, PP/R i PP vodova.
13. Navedite ograničenja za polaganje vodova tipa PP/R.
14. Koji tip voda je primjeren za suhe, vlažne i prostore na otvorenom?
15. Ako se vodovi ili kabeli postavljaju u pod, što je potrebno predvidjeti i zašto?
16. Uz koje se uvjete kabel smije polagati na zid? Do koje visine se u tome slučaju kabel mora dodatno mehanički zaštititi?
17. Kolika je uobičajena minimalna dubina ukopavanja kabela u zemlju? Koji se kabeli smiju polagati u zemlju?
18. Koji se vodovi smiju polagati u podzemne izolacijske cijevi? Uz koje uvjete?
19. Koliki mora biti razmak između izoliranih vodiča pričvršćenih na odgovarajuće izolatore:
 - a) u suhim prostorijama i
 - b) u vlažnim prostorijama?

13. SPAJANJE I PRIKLJUČIVANJE VODIČA

Vodiče spajamo radi nastavljanja ili razdvajanja. Dozvoljeno ih je spajati u razvodnim kutijama, kablskim spojnicama ili u razvodnim blokovima (ormarima).

U zidovima koji se montiraju od elemenata izlivenih od betona spajanje se može obavljati i u kutijama zidnih priključnica, i to ispod priključnica, uz uvjet da dubina tih kutija dopušta smještaj spojeva istoga strujnog kruga.

Priključivanje (također u pravilu kažemo spajanje) vodiča izvodimo na pokretnoj i nepokretnoj opremi, npr. utičnicama, utikačima, instalacijskim sklopkama, prijenosnim aparatima, itd.

Treba imati na umu da su spojna mjesta najosjetljiviji dijelovi električnih instalacija i uređaja. Svi spojevi trebaju biti tako izvedeni da predstavljaju što manju prepreku za struju, da imaju što je moguće manji prijelazni otpor. Što je prijelazni otpor na mjestu spoja veći, veće će biti i zagrijavanje na samom spoju. Što je veće zagrijavanje, intenzivniji su oksidacijski procesi na materijalima od kojih je načinjen spoj, pa se prijelazni otpor još više povećava, a s njim i zagrijavanje. Uslijed lošeg spoja spojno mjesto se žari što može imati nesagledive posljedice. Osim toga, treba znati da na lošim spojnim mjestima, uz zagrijavanje, imamo i pojavu pada napona, a time i smanjivanje napona na trošilu.

Spajanje i priključivanje izvodi se odgovarajućim spojnicama s vijcima, bez vijaka ili s utično-spojnim napravama (konektorsko spajanje).

Spoj vodiča i druge električne opreme mora biti izveden tako da bude siguran i postavljen da dopušta mogućnost stalne provjere.

Spoj mora biti pristupačan nakon skidanja poklopca ili pregrade alatom, a pristup mora imati stupanj zaštite najmanje IP 2X.

U elektroenergetskim instalacijama spajanje vodiča lemljenjem u pravilu nije dozvoljeno.

U razvodnim kutijama možemo pojedinačnim spojnicama spajati vodiče presjeka 1,5 i 2,5 mm². Za veće presjeke razvodne kutije moraju imati ugrađene fiksne stezaljke.

Razlikujemo razne vrste stezaljki od kojih su neke prikazane na sljedećim slikama.



Slika 13.1 Dvoredne stezaljke; 1,5 do 6mm²
Materijal - termoplastika (za temperature do 80°C)



Slika 13.2 Stezaljka bez vijaka

Npr. wecco stezaljke izrađuju se za presjeke 2,5; 4; 6; 10 i 16 mm², stezaljke bez vijaka za spajanje tri ili više vodiča presjeka 0,75 do 16 mm², luster stezaljke, priključne stezaljke, aparatne stezaljke, itd.

Za spajanja vodiča u razdjelnicima upotrebljavamo najčešće redne stezaljke koje se izrađuju za presjeke od 2,5 do 400 mm², a pričvršćujemo ih pomoću posebnih metalnih nosača (letvi).



Slika 13.3 Stezaljke na nosačima
2,5 do 35 mm², 750 V (samougasiva plastična masa, za temperature do 1100 °C)



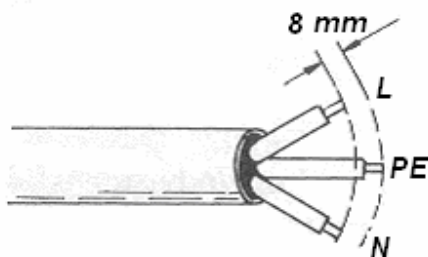
Slika 13.4 Stezaljka za univerzalnu kutiju - radi razvoda bez prekida i izvođenja odcjeka na instalacijske uređaje, nazivni napon: 400 V ~, 3-polna s 3 x 2,5 mm² spojnih mjesta po polu

Mnogožični ili finožični vodiči moraju se prije spajanja na krajevima zalemiti ili se spajaju pomoću odgovarajućih kablskih stopica (spojnica). U takvu se spojnicu vodič spaja stiskanjem pomoću posebnih kliješta i utisne u odgovarajuću natičnicu (konektorsko spajanje). Vodiči većih presjeka (iznad 6 mm²) u pravilu završavaju odgovarajućom spojnicom (stopicom) koja služi za spajanje. Pričvršćivanje vodiča u stopicu treba, po mogućnosti, izvesti pomoću specijalnih pneumatskih kliješta.

Međusobno spajanje bakrenih i aluminijskih vodiča izvodimo pomoću posebnih (bimetalnih) stezaljki ili spojnice koje sprečavaju koroziju aluminijskog zbog postojanja galvanske sprege (Al-Cu spojnice).

Kod spajanja (priključivanja) vodiča u raznim aparatima i priključnim napravama moramo posebno obratiti pozornost da vodič nije mehanički opterećen. To najčešće sprečavamo tako da pri uvodu voda u aparat upotrijebimo obujmicu za pričvršćenje.

Pri tome je potrebno osigurati da se, u slučaju ako naprava za rasterećenje otkáže, opterećenje prenese na vodiče koji vode struju (L, N), a nikako na zaštitni vodič (PE). U tu svrhu zaštitni vodič mora biti barem 0,8 mm dulji od aktivnih vodiča (vidi sliku 13.5).



Slika 13.5 Produljivanje PE vodiča u utikaču

Priključivanje nepomičnih aparata i trošila na instalaciju izvodimo pomoću posebnih priključnih kutija koje su već opremljene stezaljkama.

Radi lakšeg održavanja, provjere i slično, stezaljke moraju biti odgovarajuće označene (upotrebljavaju se slovne i brojčane oznake).

Naime, prema pravilniku o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona, u razvodnim ormarima i sklopnim blokovima koji sadrže zaštitne uređaje i sklopne aparate s

odgovarajućim strujnim krugovima, sve radne stezaljke moraju imati odgovarajuće slovne ili brojčano – slovne oznake.



Slika 13.6 Oznake za stezaljke - bijela plastična traka sa crno utisnutim brojkama 1 - 99

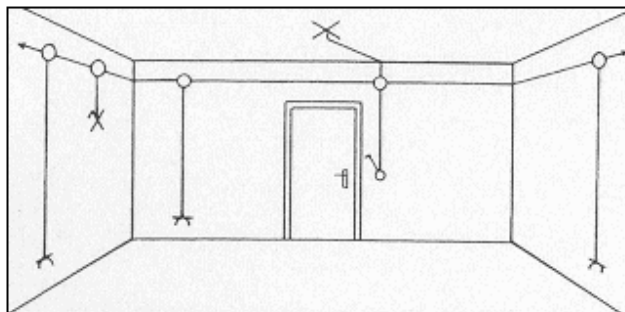
Pitanja i zadaci!

1. Objasnite pojmove spajanje i priključivanje vodiča.
2. Zbog čega su spojna i priključna mjesta najosjetljiviji dijelovi strujnih krugova?
3. Što je prijelazni otpor i kakav je njegov utjecaj u strujnom krugu?
4. Što se događa zbog povećavanja prijelaznog otpora? Objasnite!
5. Opišite osnovne načine spajanja i priključivanja vodiča.
6. Zašto u el. instalacijama nije dozvoljeno spajanje vodiča lemljenjem?
7. Zbog čega se ne preporučuje spajanje vodiča sukanjem?
8. Kakve su to redne stezaljke?
9. Zašto je poželjno označavati spojna i priključna mjesta?
10. Zašto PE vodič u utikaču mora biti malo dulji od aktivnih vodiča?
11. Navedite gdje se vodiči smiju spajati međusobno.
12. Opišite konektorsko spajanje vodiča.
13. Zašto se Cu i Al vodiči ne smiju međusobno spajati običnim stezaljkama?
14. Kako sprječavamo mehaničko opterećenje vodiča prilikom spajanja?
15. Da li je dozvoljeno spajanje Cu vodiča sa čeličnom pocinčanom trakom? Objasnite.
16. Objasnite pojam elektrokemijska korozija.
17. Kako spajamo vodiče većih presjeka (iznad 6 mm^2)?

14. IZVEDBE INSTALACIJA U STAMBENIM I SLIČNIM PROSTORIMA

S obzirom na način polaganja vodova i njihovo razvođenje u stambenim, poslovnim i sličnim prostorima, najčešće razlikujemo sljedeće izvedbe električnih instalacija (ili razdioba):

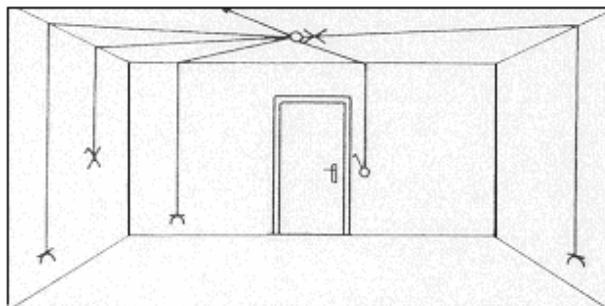
a) Instalacija s klasičnim razvodnim i montažnim kutijama



Takva instalacija je najčešća te je zato nazivamo **klasična izvedba**. Za takvu izvedbu karakterističan je velik broj razvodnih kutija jer pri svakom razvođenju vodiča upotrijebimo

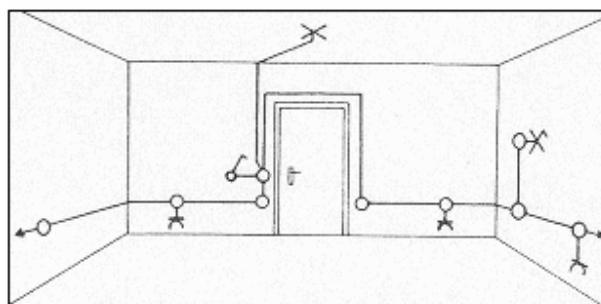
razvodnu kutiju. Pri traženju eventualnih kvarova moramo otvarati kutije pri čemu je moguće da ostaju tragovi na zidovima.

b) Instalacija sa stropnim razvodnim kutijama



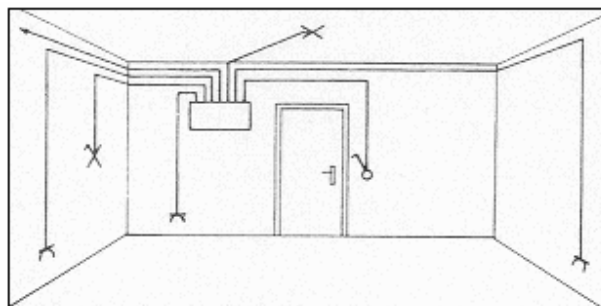
Za ovu instalaciju karakterističan je veliki broj spojnih mjesta u razvodnoj kutiji. Ovakva izvedba je primjerena kod zgrada čiji su zidovi i stropovi od lijevanog betona. Traženje kvarova je relativno jednostavno.

c) Instalacija s univerzalnim instalacijskim kutijama



Za ovu izvedbu značajno je da nisu potrebne razvodne kutije. Među kutijama je relativno velik broj vodiča. Prednost takve instalacije je da lako montiramo veći broj univerzalnih kutija nego što je trenutno potreban radi mogućeg proširenja instalacije ili premještanja utičnica. Neiskorištene kutije pokrijemo poklopcima. Traženje i otklanjanje kvarova je relativno kompliciranije jer treba prvo demontirati utičnice i sklopke.

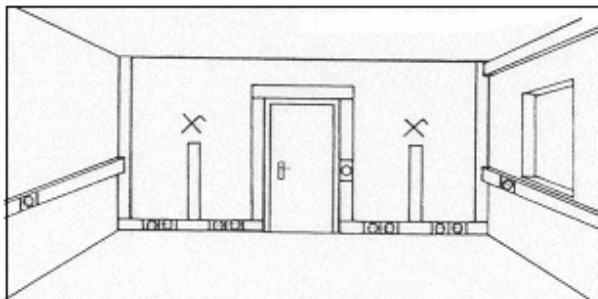
d) Instalacija s razvodnim ormarićem



Ovakva instalacija primjerena je za prostore gdje se zahtijeva odvojenost (autonomnost) pojedinih dijelova instalacije ili naknadne promjene u građevinskom smislu. Upotrebljava se većinom u upravnim zgradama, hotelima, bolnicama, itd. Svaki prostor ima svoj razvodni ormar iz kojeg se

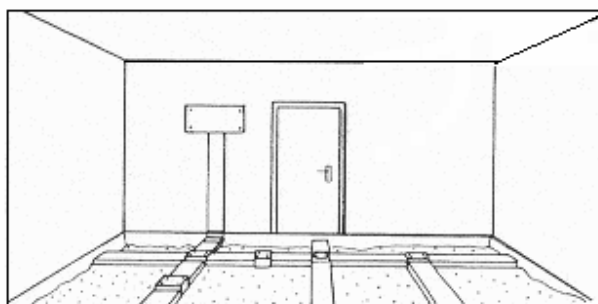
napajaju pojedini strujni krugovi. Moguće je i da se svi strujni krugovi udruže na jednu zajedničku nadstrujnu zaštitu (osigurač).

e) Instalacija s vodovima u kutnim ili zidnim kanalima



Ovakva nadžbukna instalacija primjerena je za prostore gdje trebamo veliki broj utičnica (energetskih i telekomunikacijskih). To su npr. laboratoriji, učionice, prodavaonice i slično. Promjena broja utičnica je relativno jednostavna. Često se ova instalacija izvodi i kao naknadna instalacija.

f) Podne instalacije



Podne instalacije izvode se s vodičima postavljenima u posebne podne kanale (najčešće višedjelne). Na kanale se priključuju posebne podne kutije u koje montiramo utičnice. Ovakav način izvođenja instalacije omogućava bolju iskorisćenost prostora. Pogodne su za robne kuće, pogone, kabinete s računalima i slično.

Neke posebne načine izvođenja instalacija opisat ćemo kasnije.

Pitanja i zadaci!

1. Prikažite skicu električne instalacije s klasičnim razvodnim i montažnim kutijama. Zašto je nazivamo klasičnom izvedbom?
2. Koja je karakteristika instalacije klasične izvedbe?
3. Skicirajte instalaciju sa stropnim razvodnim kutijama. Gdje je primjerena ta instalacija?
4. Prikažite skicu instalacije s univerzalnim instalacijskim kutijama. Koje su joj prednosti i nedostaci?
5. Gdje je primjerena instalacija s razvodnim ormarićem? Prikažite skicu.
6. Prikažite instalaciju s vodovima u podnim ili zidnim kanalima. Gdje je primjerena?
7. Prikažite skicu podne instalacije. Što omogućuje takva instalacija?
8. Gdje je primjerena upotreba podne instalacije?

15. SKLOPNI APARATI (UREĐAJI)

15. 1. Općenito o sklopnim aparatima

Sklopni aparati ili uređaji su naprave koje služe za zatvaranje i otvaranje strujnih krugova. Pritom neki mogu uklapati i prekidati određene struje normalnog i nenormalnog stanja pogona, dok drugi to ne mogu.

Može se reći da sklopni aparati služe za uspostavljanje, održavanje i prekidanje kontinuiteta ili diskontinuiteta strujnih krugova.

Podjela sklopnih aparata prema funkciji i namjeni:

- 1) **Sklopke** služe za uklapanje, trajno vođenje i prekidanje struja normalnog pogona i mogućih preopterećenja, a vrlo kratko mogu voditi i struje kratkog spoja.
- 2) **Prekidači**, za razliku od sklopki, mogu uključivati, voditi i isključivati struje do graničnih vrijednosti struje kratkog spoja u određenom vremenu.
- 3) **Rastavljači** imaju zadatak da u otvorenom položaju stvaraju rastavni razmak koji će osigurati sigurnost osoblja i postrojenja. Služe za otvaranje i zatvaranje strujnih krugova u praznom hodu. Rastavljači mogu trajno voditi struju normalnog pogona, a u kratkom vremenskom intervalu podnose i struju kratkog spoja. Upotrebljavaju se uglavnom u rasklopnim postrojenjima.
- 4) **Pokretači** služe za pokretanje motora ili puštanje u pogon drugih potrošača i pri tome omogućuju pogonskim veličinama da ostanu u propisanim granicama.
- 5) **Regulatori** omogućuju da neke pogonske ili radne veličine ostanu u približno konstantnim vrijednostima.
- 6) **Osigurači** su aparati koji automatski prekidaju strujni krug kada struja prekorači zadanu vrijednost.
- 7) **Odvodnici prenapona** služe za zaštitu električnih postrojenja od prenapona, a priključuju se u pravilu između električnih vodova i zemlje. Oni ograničavaju visinu udarnih prenapona.
- 8) **Releji** su aparati koji mjere neku pogonsku veličinu (struja, napon, tlak, temperatura itd.) te pri određenoj vrijednosti automatski zatvaraju ili otvaraju svoje kontakte i tako omogućuju upravljanje daljnjim uređajima. Relej je neka vrsta komandne sklopke.
- 9) **Priključne naprave** (pribor) su vrsta sklopnih aparata čiji dijelovi za spajanje i odvajanje nisu čvrsto vezani na jednom postolju (utičnica i utikač). Može se reći da u električnim instalacijama imaju (među ostalim) i ulogu sličnu rastavljačima.
- 10) **Sklopni blokovi** su zapravo skupine različitih sklopnih aparata, a najčešće se postavljaju u razvodne ormare, komandne stolove itd.

Podjela sklopnih aparata prema nazivnom naponu:

- niskonaponski - manji od 1000 V
- visokonaponski - veći od 1000 V

Prvenstveno ćemo opisivati niskonaponske sklopne aparate.

Osim navedenih podjela, sklopne aparate moguće je podijeliti i prema vrsti struje (istosmjerni i izmjenični), prema mjestu primjene (kućne instalacije, razvodne mreže, industrijski sklopni aparati, brodarstvo i dr.).

Razvojem tehnologije sklopnih aparata funkcije pojedinih sklopnih aparata sve se više sjedinjuju u jednom uređaju, npr. razne **zaštitne sklopke** kao što je **FI sklopka** s ugrađenom nadstrujnom zaštitom.

Kod sklopnih aparata često srećemo sljedeće pojmove:

- **Pol aparata** je dio sklopnog aparata koji pripada jednoj fazi izmjenične struje ili jednom polaritetu istosmjernog napona.
- **Struja poticanja ili aktiviranja** je iznos struje koja treba teći određeno vrijeme nakon kojeg sklopni aparat djeluje.
- **Zaštitni organ** je sklopni aparat koji na određeni štetni poticaj (najčešće zbog prevelike struje) isklapa strujni krug.
- **Okidač** je dio sklopnog aparata koji pri promjeni neke električne veličine (rjeđe neke druge fizikalne veličine) oslobađa akumuliranu energiju potrebnu za zatvaranje ili otvaranje kontakata. Energija je najčešće akumulirana u nategnutoj opruzi ili komprimiranom zraku. U sklopnim aparatima najčešće srećemo nadstrujni (bimetalni ili elektromagnetski), podnaponski i naponski okidač.
- **Tipkalo** je sklopni aparat koji služi za ručno kratkotrajno spajanje ili prekidanje kontakata.
- **Uklopna moć** je najveća tjemena vrijednost struje koju uređaj može uklopiti uz određeni napon i pod određenim pogonskim uvjetima bez zavarivanja kontaktnih elemenata i njihovoga mehaničkog izobličenja.
- **Prekidna (isklopna) moć** je efektivna vrijednost struje koju uređaj može prekinuti uz određeni napon i faktor snage, a bez nastupanja lučnog efekta među kontaktima.

15. 2. Osnove električnih kontakata

15. 2. 1. Prijelazni otpor

Ispitivanje različitih materijala koji se koriste u izradi kontakata za sklopne aparate pokazuje da mjesto dodira uvijek ima određenih neravnina zbog nesavršenosti materijala. Zbog toga nastaje manja efektivna površina dodira što stvara određeni dodatni otpor. Naravno da je potrebno imati što veći dodir kako bi se taj otpor smanjio. Veći dodir postiže se većim pritiskom kontakta na kontakt, a što kasnije stvara određenu deformaciju kontakata. Takav kontaktni otpor naziva se prijelazni otpor na mjestu dodira.

Taj otpor možemo podijeliti na dva dijela i to:

- provlačni otpor R_p (nastaje zbog manje površine dodira te se strujnice koncentriraju na dodirne točke) i
- slojni otpor R_s (stvaranje stranih slojeva koji se talože na kontaktnim plohama, oksidi, sulfidi, prašina, itd.).

Dakle, ukupni **kontaktni otpor** sastoji se od dvije spomenute komponente i jednak je:

$$R_k = R_p + R_s$$

15. 2. 2. Odskakivanje kontakata

Pri uklapanju aparata nastaju manji ili veći elastični sudari među kontaktima. Kontakti obično nekoliko puta odskoče prije nego se smire, odnosno prije nego ostanu u zatvorenom položaju. Tu pojavu nazivamo odskakivanje kontakata.

Svaki trenutačni prekid dodira pri odskakivanju popraćen je pojavom električnog luka koji pojačava trošenje kontakata, a može ih međusobno i zavariti. Zato treba pravilnom konstrukcijom kontakata spriječiti odskakivanje na najmanju mjeru ili barem vremenski skratiti postupak smirivanja kontakata.

15. 3. Priključne naprave

Priključne naprave služe za priključak prenosivih trošila na električnu instalaciju. Također ih često upotrebljavamo za produživanje napojnih vodova (produžni kabeli). Upotrebljavamo nazive kao što su utičnice (priključnice), utikači, prijenosne priključnice, natičnice, natikači i slično.

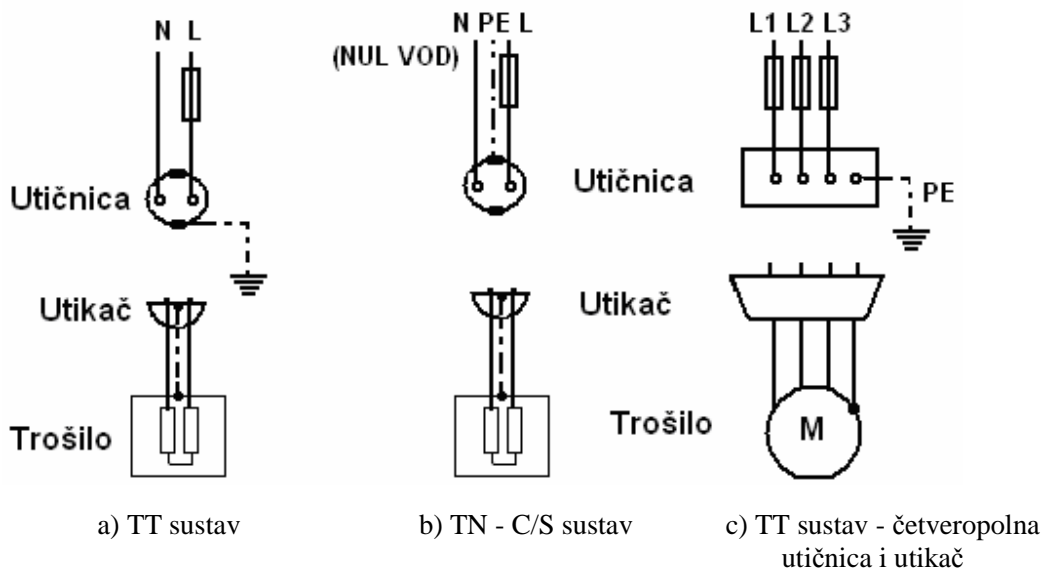
Utičnice i utikači predstavljaju u električnim instalacijama spojna mjesta. Već smo rekli da su spojna mjesta najosjetljiviji dijelovi električnih instalacija i uređaja. Loša spojna mjesta mogu uzrokovati povećano zagrijavanje pa i požar, a osim toga i smanjenje napona na trošilu (veći pad napona). Spajanje vodiča na utičnicu ili utikač treba posebno pažljivo izvesti, a naročito treba voditi računa o tome koji je primijenjen sustav zaštite od neizravnog dodira.

Na dvopolnim priključnicama redoslijed spajanja je sljedeći:

- zaštitni vodič se spaja na zaštitni kontakt, neutralni vodič na lijevi kontakt, a fazni vodič na desni kontakt.

Zabranjeno je spajati zaštitni i neutralni vodič unutar priključnice, a dopušteno je samo u razvodnim pločama (ovakvo rješenje može se pronaći još u starim instalacijama).

Primjeri spajanja vodiča na priključne naprave kod TT i TN sustava prikazani su na slici 15.1.



Slika 15.1 Spajanje trolinjskih i četveropolnih priključnih naprava u TT i TN sustavu

Zaštitni kontakti na "šuko" priključnicama podložni su mehaničkom oštećenju, onečišćenju, a vrlo često znaju biti premazani bojom prilikom ličenja prostorije, pa zbog toga zaštitne mjere od indirektnog dodira mogu postati nedjelotvorne. Stanje zaštitnih kontakata treba redovito kontrolirati. Također je potrebno kontrolirati neprekinutost zaštitnih kontakata (spojeva) pri spajanju utičnice i utikača.

Priključne (utične) naprave možemo svrstati u dvije skupine:

- **priključne naprave za instalacije u stambenim i sličnim prostorima**
- **priključne naprave za instalacije u industriji**

Prema broju polova mogu se podijeliti na:

- dvopolne,
- trolinjske,

- četveropolne i
- peteropolne

Osim toga priključni pribor možemo podijeliti i prema:

- stupnju zaštite prodora stranih tijela i vode (IP zaštita),
- strujnom i naponskom opterećenju,
- načinu ugradnje,
- vrsti struje,
- prema mogućnosti blokiranja, itd.

Priključne naprave grijaćih aparata moraju biti označene slovom T.

15. 3. 1. Priključne naprave za stambene i slične prostore

U električnim instalacijama zgrada i sličnih prostora upotrebljavamo najčešće priključne naprave nazivnih struja do 16 A i za napone 250, 400 i 500 V. Uglavnom se radi o tropolnom priključnom priboru (L, N i PE, ponekad kažemo dvopolni sa zaštitnim vodičem). Stupnjevi mehaničke zaštite su najčešće IP 20 i IP 41, a za ugradnju u garažama, podrumima i sličnim prostorima IP 41 i IP 55.

Utičnice obično postavljamo na visine:

- 0,3 – 0,4 m u sobama,
- 0,6 – 1,2 m u radnim prostorima i kuhinjama i
- 1,5 – 1,7 m u kupaonicama

Utikač je priključna naprava koja, preko utičnice, povezuje trošilo (napravu) s fiksnom instalacijom. Obvezatno se spaja na savitljivi vod.

U priključne naprave posebne namjene spadaju priključne naprave za male napone i telekomunikacijske priključne naprave (za telefone, interfone, antene, računala itd.).

Na sljedećim slikama prikazani su primjeri priključnih naprava i njihove karakteristike.

Tablica 15. 1. Priključni pribor za domaćinstvo*

		
<p>UTIKAČ, DVOPOLNI</p> <ul style="list-style-type: none"> • nazivni napon i struja: 250 V; 10 A DC/16 A AC • priključak vodiča: vijčani, max. 1,5 mm² • izvedba: masivni, s kontaktom za zaštitno uzemljenje • materijal: duroplast 	<p>UTIČNICA DVOPOLNA - SA ŠILJKOM - BEZVIJČANA - sa zaklopcem kontakata</p> <ul style="list-style-type: none"> • nazivne vrijednosti: 10 A (DC)/16 A (AC), 250 V • broj polova: 2P + 1 (PE) • priključci: bezvijčani (max. 2,5 mm²) 	<p>UTIČNICA PETPOLNA</p> <ul style="list-style-type: none"> • nazivne vrijednosti: 16 A, 400/230 V ~ (AC) • broj polova: 3P + N + 1 (PE) • priključci: vijčani • ugradnja u instalacijsku kutiju Φ 70 mm s nožicama, odnosno vijcima



Slika 15.2 UTIKAČ PETPOLNI* - "RAVNI"

- nazivni napon i struja: 400 V; 16 A AC
- broj polova: 3P+N+1(PE)
- priključak vodiča: u uzdužnoj osi, vijčani spoj, max. 2.5 mm²
- materijal: duroplast



Slika 15.3 Siluminska utičnica*, petpolna, 16A, 380V~, trofazna, nadgradna s poklopcem, npr. za podrum



Slika 15.4 Utičnica za stalni priključak*

- nazivni napon: 400 V (380 V) ~ (AC)
- broj polova: pet, 3P + N + 1(PE)
- priključci: čahurasti (za vodiče 2,5 mm²)
- ugradnja u instalacijsku kutiju Φ 60 mm, s nožicama, odnosno vijcima
- namijenjen je za stalni priključak električnih trošila, ponajprije el. štednjaka i peći

* Prema podacima proizvođača

U posljednje vrijeme sve se više primjenjuju prijenosne priključnice (jednostruke ili višestruke) koje često imaju ugrađenu zaštitu od preopterećenja i prenapona (npr. za napajanja računala).



Slika 15.5 Prenosiva priključnica s prenaponskom zaštitom, 16 A, 250 V, 3500 W, za zaštitu elektronskih uređaja od preopterećenja i udara prenapona.

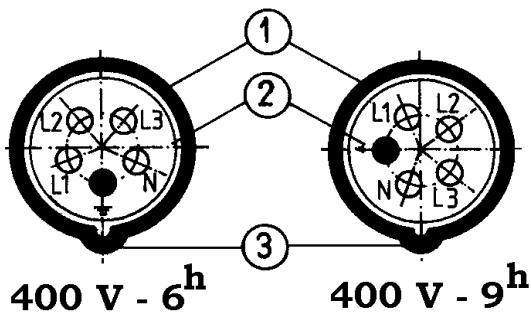
15. 3. 2. Priključne naprave za industriju

Priključne naprave za industriju upotrebljavamo u težim radnim uvjetima kao što su industrijski pogoni, gradilišta, poljoprivredni objekti, radionice, a ponekad i u kućanstvu. Konstrukcijski dijelovi ovih priključnih naprava najčešće su iz silumina ili iz jačih plastičnih materijala.

Osnovni podaci:

- nazivna struja: 16, 32, 63, 125 i 200 A
- nazivni napon: 24, 42, 250, 500 i 750 istosmjerni ili izmjenični i 400 V izmjenični
- pogonski napon
- vrsta struje
- oznaka proizvođača
- oznaka tipa
- zaštita od vlage
- oznaka za položaj zaštitnog kontakta ili pomoćni izdanak

Položaj zaštitnog kontakta najčešće je označen brojem sati, a osim toga je kontakt zaštitnog vodiča većeg promjera od ostalih kontakata. Utičnica i utikač imaju na sebi odgovarajući utor koji olakšava priključivanje (vidi sliku 15.6). Pri određivanju položaja zaštitnog kontakta pomoću satnog broja mora utor biti u položaju 6 sati (kao što je na slici 15.6).



Slika 15.6

Oznacavanje priključnih naprava za industriju

- 1 – kućište utičnice, utikača ili natikača
- 2 – izolacijsko tijelo s kontaktnim izvodima
- 3 – utor

Na sljedećim slikama prikazani su neki primjeri industrijskih priključnih naprava.

Tablica 15. 2. Industrijski priključni pribor

Industrijski utikač, 5P, 400V~	Natikač, 5P, 400V~	Utičać 3P, 250V~	Natikač 3P, 250V~

Pitanja i zadaci!

1. Što su to sklopni aparati? Čemu služe? Navedite primjere!
2. Definirajte sljedeće sklopne aparate ili pojmove: sklopka, prekidač, rastavljač, pokretač, regulator, osigurač, odvodnik prenapona, relej, priključna naprava i sklopni blok.
3. Kako dijelimo sklopne aparate prema visini napona?

4. Definirajte sljedeće pojmove ili sklopne aparate: pol aparata, struja poticanja ili aktiviranja, zaštitni organ, okidač, tipkalo, prekidna (isklopna) moć i uklopna moć!
5. Objasnite pojam prijelazni otpor. Od kojih se komponenti sastoji?
6. Zbog čega je vrlo neugodno odskakivanje kontakata?
7. Čemu služe priključne naprave? Kako se nazivaju u praksi? Navedite primjer!
8. Opišite redoslijed spajanja vodiča trožičnog jednofaznog sustava na dvopolnu utičnicu sa zaštitnim kontaktom.
9. Koja je uloga zaštitnog kontakta na utičnici i utikaču? Zašto je važno kontrolirati stanje zaštitnih kontakata?
10. Navedite moguće uzroke prekinutosti zaštitnih kontakata. Koje bi mogle biti posljedice?
11. Navedite moguće podjele priključnih naprava.
12. Prikažite skicu spajanja trolinnih i četveropolnih priključnih naprava u TT i TN sustavu.
13. Opišite priključne naprave za kućanstvo i slične prostore. Za koje su struje i napone?
14. Zašto se utikač spaja isključivo na savitljivi vod?
15. Nabrojite priključne naprave za posebne namjene.
16. Opišite priključne naprave za industriju. Za koje se struje i napone uglavnom izrađuju?
17. Prikažite skicom označavanje trofaznih priključnih naprava za industriju. Čemu služi utor?

15. 4. Sklopke

Sklopke (switch) su sklopni aparati koji služe za uklapanje, trajno vođenje i prekidanje struja normalnog pogona i mogućih preopterećenja, a vrlo kratko mogu voditi i struje kratkog spoja. Ima ih raznih vrsta i tipova pa se mogu podijeliti na razne načine.

Prema načinu rada:

- postavna sklopka (bez povratne sile, uklapanje i isklapanje je ručno, npr. poluzna, grebenasta, pregibna)
- impulsna sklopka (s povratnom silom, npr. tipkalo, sklopnici)
- zaporna sklopka (automatski prekidač)

Prema vrsti pogona:

- ručni (mehanički)
- daljinski (pneumatski, elektromagnetski, motorski)

Prema mogućnosti uklapanja (opterećenja):

- besteretne (npr., sklapa u praznom hodu)
- teretne (većinom uklapa I_n , a isklapa do $2I_n$)
- motorske (sklapa struje koje se pojavljuju pri pokretanju i preopterećenju motora)
- učinske sklopke (prekidači, za struje sve do struja kratkih spojeva)

Prema načinu gašenja luka razlikujemo zračne, uljne, vakumske, magnetske, itd.

Prema namjeni ima također raznih vrsta sklopki, npr. zaštitne, komandne, krajnje (tlačne, nivo sklopke), pomoćne, itd.

15. 4. 1. Instalacijske sklopke

Instalacijske sklopke su sklopke s pregibnom, okretnom, pritiskom ili poteznom tipkom koje u instalaciji služe za uključenje i isključenje trošila.

Instalacijske sklopke uglavnom upotrebljavamo za upravljanje rasvjetom. Instalaciju rasvjete u pravilu izvodimo s niskim naponom 230 V, frekvencije 50 Hz, tzv. trožičnim jednofaznim AC sustavom (L, N, PE).

Rasvjetne strujne krugove u pravilu štitimo osiguračima ili instalacijskim prekidačima do $I_n = 10 \text{ A}$.

Iznimno instalaciju rasvjete izvodimo i malim izmjeničnim naponom, u pravilu 24 V ili istosmjernim naponom 24, 110 ili 220 V.

Prema načinu ugradnje sklopke mogu biti:

- podžbukne
- nadžbukne i
- za ugradnju u aparate

Prema izvedbi mogu biti:

- okretne
- pregibne
- mikro i
- potezne

Prema načinu spajanja:

- jednopolne
- dvopolne
- grupne
- serijske
- izmjenične i
- križne

Prema izvedbi zaštite mogu biti:

- sklopke opće izvedbe (IP 20 i IP 40)*
- sklopke vodonepropusne izvedbe (IP 44 do IP 65, najčešće IP 55)

IP* - International protection

Sklopka se uvijek spaja u fazni vodič. Navojni dio u žaruljnom grlu u koji se zavrće žarulja ne smije biti spojen s faznim vodičem, tj. fazni se vodič spaja na središnji kontakt grla.


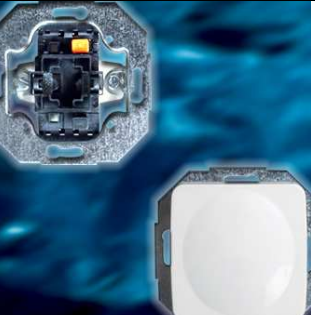

Sklopka može spajati i prekidati i neutralni vodič, ali to mora biti istodobno kada i fazni, odnosno prvo prekida fazni vodič, a onda neutralni (kod uključivanja obrnuto).

Zaštitni vodič spajamo na metalne dijelove strujnog kruga koji nisu pod naponom, npr. na metalno kućište rasvjetne armature.

Sklopke u pravilu postavljamo 1 - 1,5 m od tla (osim poteznih koje su u pravilu 2,25m o tla).

Na slici u tablici 15.3. su prikazane neke od instalacijskih sklopki i njihove karakteristike.

Tablica 15. 3. Instalacijske sklopke

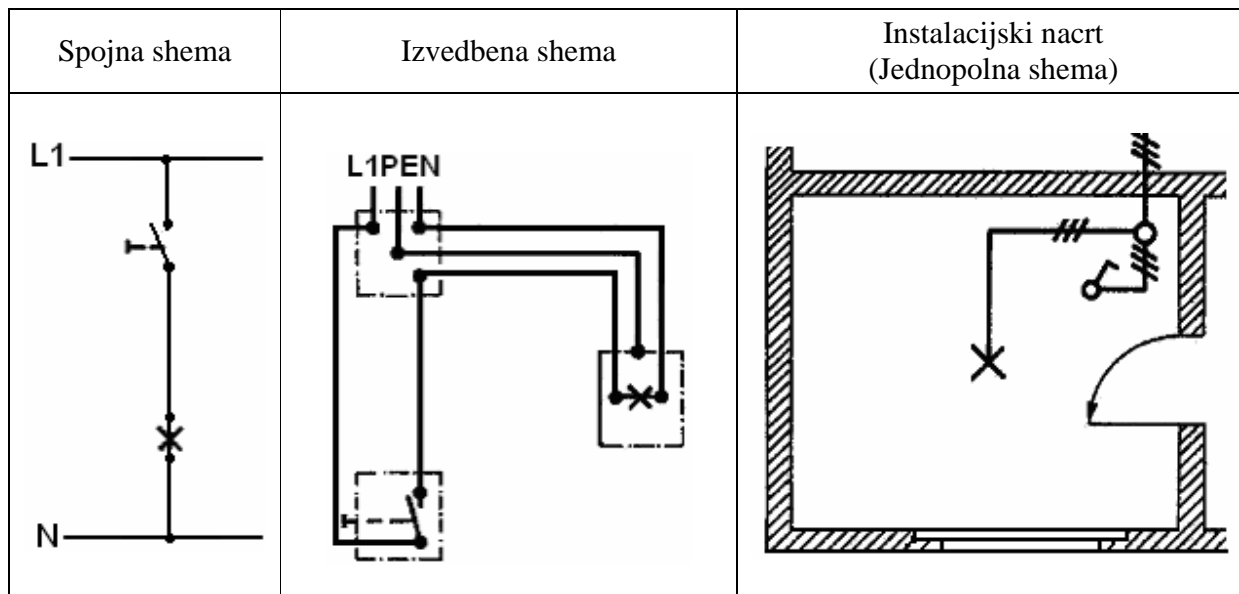
		
<p>Jednopolna sklopka</p>	<p>Podnožak jednopolne sklopke</p>	<p>Serijska sklopka</p>
<p>Nazivne vrijednosti: 10 A, 250 V ~ (AC), priključci: vijčani (max. 2,5 mm²), ugradnja u instalacijsku kutiju Φ 60 mm</p>		

15. 4. 2. Spojevi instalacijskih sklopki

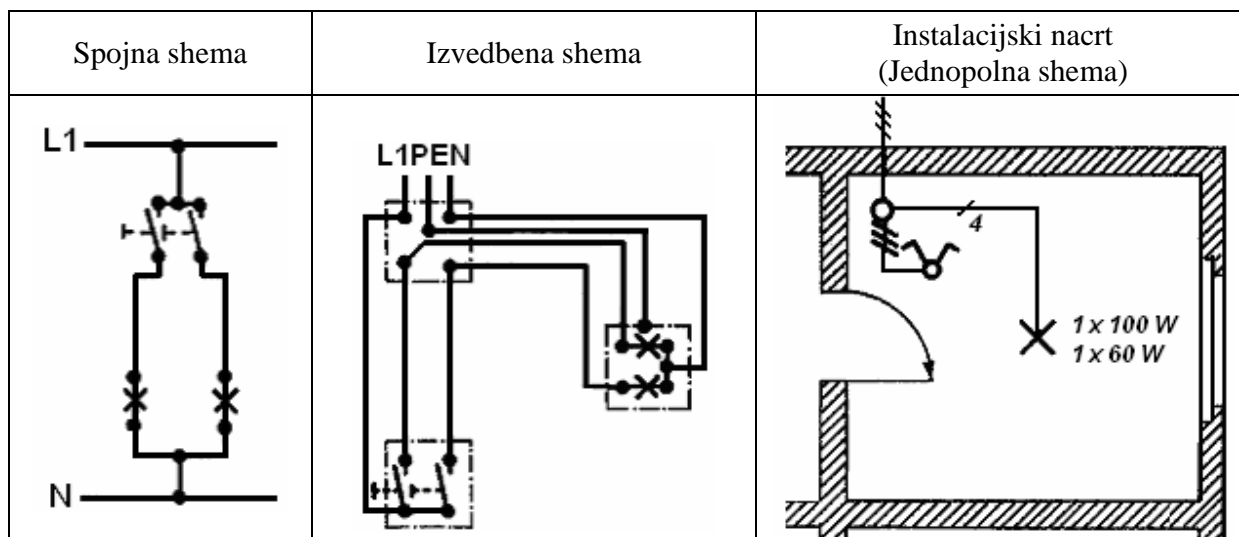
Na sljedećim slikama (tablica 15. 4.) prikazani su spojevi instalacijskih sklopki. Zbog preglednosti prikazane su spojne, izvedbene i jednopolne sheme. Namjenu pojedine sklopke možemo lako odrediti prema shemi spajanja.

Tablica 15. 4. Spojevi instalacijskih sklopki

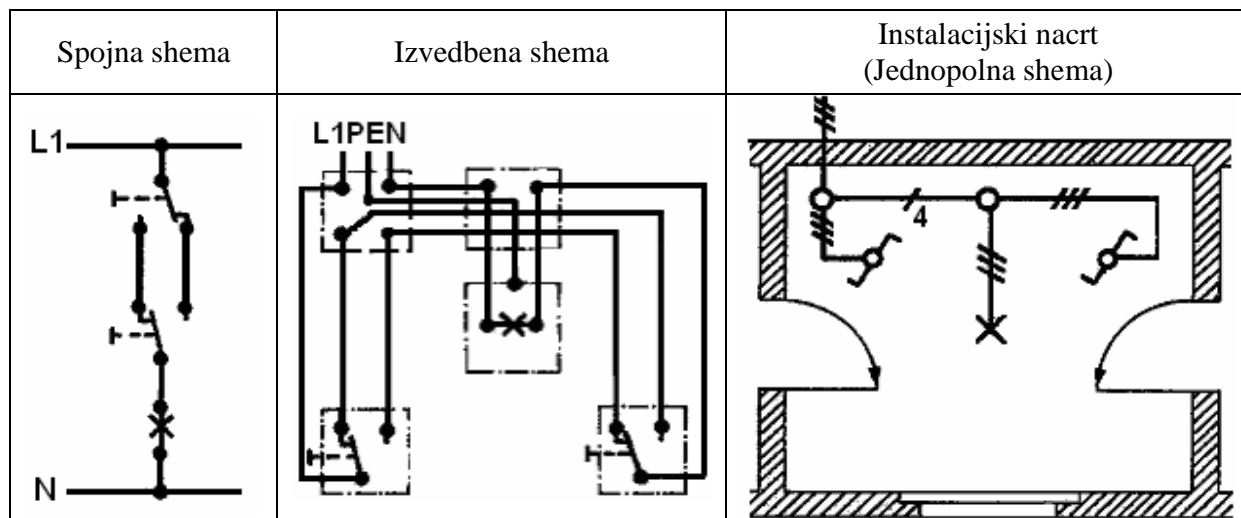
1. Jednopolna sklopka - za jednopolno uklapanje i isklapanje jednog ili jedne grupe trošila (uglavnom rasvjetna trošila).



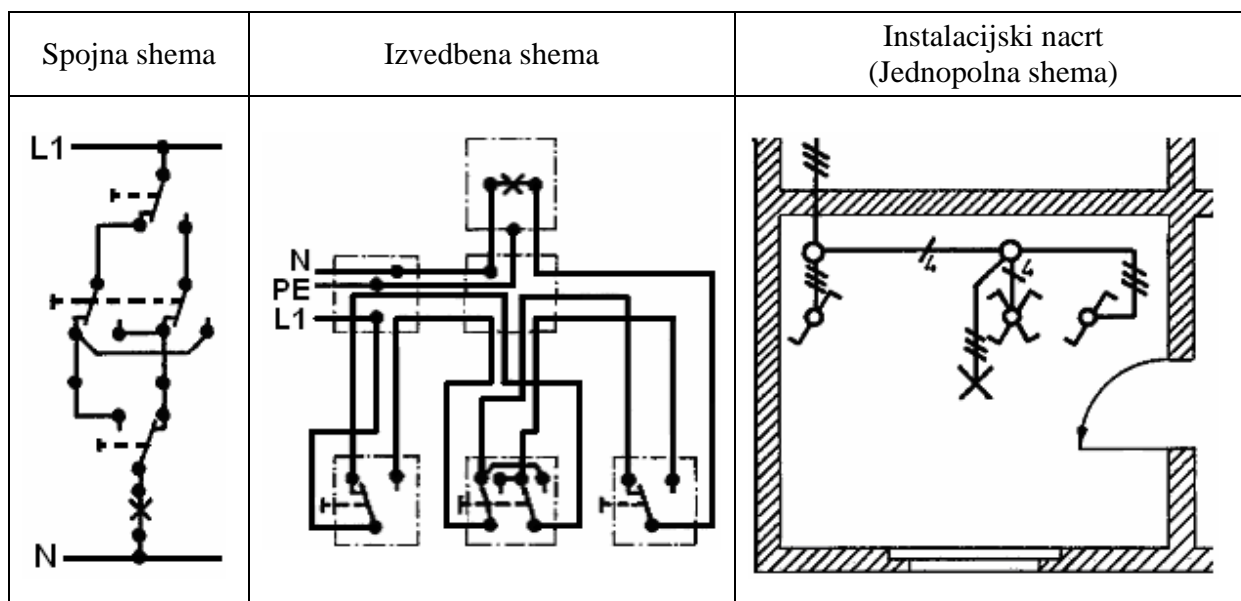
2. Serijska sklopka - za uklapanje i isklapanje dvije svjetiljke ili dvije grupe svjetiljki.



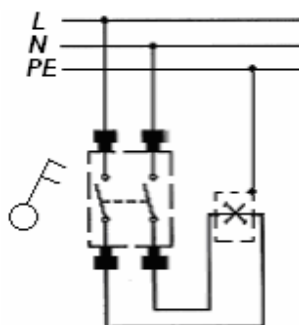
3. Izmjenična sklopka - za upravljanje rasvjetom s dva mjesta. Upotrebljava se u hodnicima, stubištima, prostorijama s dva ulaza i slično.



4. Križna sklopka - u kombinaciji s dvije izmjenične služi za upravljanje rasvjetom s tri mjesta.



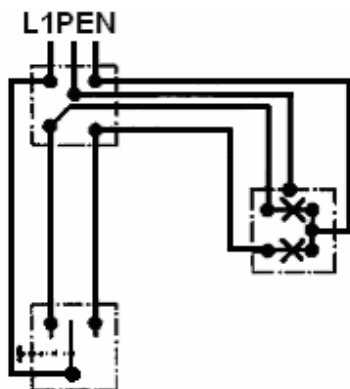
5. Dvopolna sklopka – služi za dvopolno uključivanje i isključivanje jednog ili jedne grupe trošila.



Slika 15.7 Dvopolna sklopka - izvedbena (tropolna) shema spoja

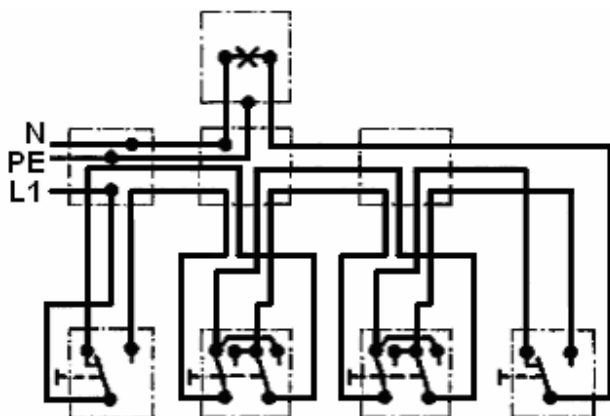
Dvopolna sklopka služi za dvopolno uklapanje i isklapanje jednoga strujnog kruga (npr. jedne ili grupe svjetiljki). Takve se sklopke upotrebljavaju u težim uvjetima rada (npr. kupaonice, podrumi i slično).

Vrlo slična serijskoj sklopki je i tzv. grupna sklopka. Služi za upravljanje s dva trošila (ili dvije grupe trošila), ali s njome ne možemo istodobno uključiti oba trošila.



Slika 15.8 Izvedbena shema spajanja grupne sklopke

Za upravljanje rasvjetom s 4 mjesta možemo upotrijebiti 2 izmjenične i 2 križne sklopke.



Slika 15.9 Upravljanje rasvjetom s četiri mjesta - izvedbena shema

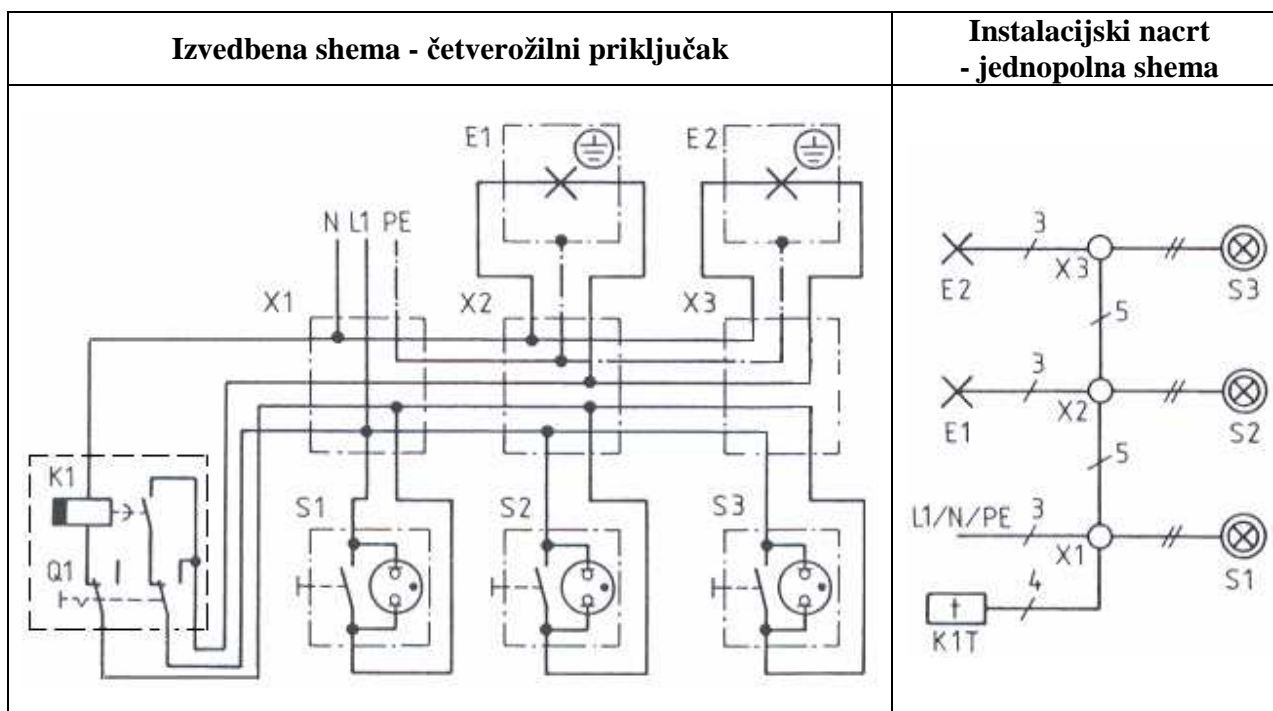
Pitanja i zadaci!

1. Čemu služe sklopke i kako ih možemo podijeliti?
2. Koja je razlika između besteretne i teretne sklopke?
3. Za što najčešće upotrebljavamo instalacijske sklopke?
4. Opišite sustave za napajanje rasvjete.
5. Kojim osiguračima (prekidačima) u pravilu štitimo strujne krugove rasvjete?
6. Kako sve možemo podijeliti instalacijske sklopke?
7. Na koju visinu se u pravilu postavljaju takve sklopke?
8. U koji se vodič spaja sklopka? Zašto?
9. Kamo spajamo PE vodič? Zašto?
10. Smije li sklopka prekidati neutralni vodič? Objasnite!
11. Nacrtajte izvedbene sheme pojedinih instalacijskih sklopki.
12. Navedite i objasnite uloge (namjene) pojedine sklopke.
13. Nacrtajte jednopolne sheme pojedinih instalacijskih sklopki.
14. Kojim malim naponima ponekad napajamo instalaciju rasvjete?

15. Nacrtajte izvedbenu shemu dvopolne instalacijske sklopke.
16. Nacrtajte jednopolnu shemu dvopolne instalacijske sklopke. Gdje se upotrebljavaju takve sklopke?
17. Koja je razlika između serijske i grupne sklopke?
18. Nacrtajte izvedbenu shemu spajanja grupne sklopke.
19. Nacrtajte jednopolnu shemu spajanja grupne sklopke.
20. Nacrtajte izvedbenu shemu upravljanja rasvjetom sa 4 mjesta. Gdje bismo mogli upotrijebiti takav spoj?
21. Nacrtajte jednopolnu shemu upravljanja rasvjetom sa 4 mjesta.
22. Koje bismo sklopke upotrijebili za upravljanje rasvjetom sa 5 mjesta? Na koji bismo još način mogli upravljati rasvjetom s pet mjesta?

15. 5. Stubišni automati

Za rasvjetu stubišta u zgradama se vrlo često upotrebljavaju stubišni automati. Nekada su se upotrebljavali tzv. **živini stubišni automati** s vremenskim mehanizmom. Danas su ih nadomjestili **elektronski automati**. Oni uklapaju jednu ili više svjetiljki, a nakon određenog vremena (npr. 1-7 min.) automatski je iskllope. Uklapanje izvodimo uz pomoć tipkala (kratki impuls). Današnji automati izgrađeni su tako da se već nakon vrlo kratkog intervala (npr.30 s) mogu resetirati. Ako nam je strujno opterećenje premalo (stubišnog automata) možemo ga kombinirati sa sklopnikom.



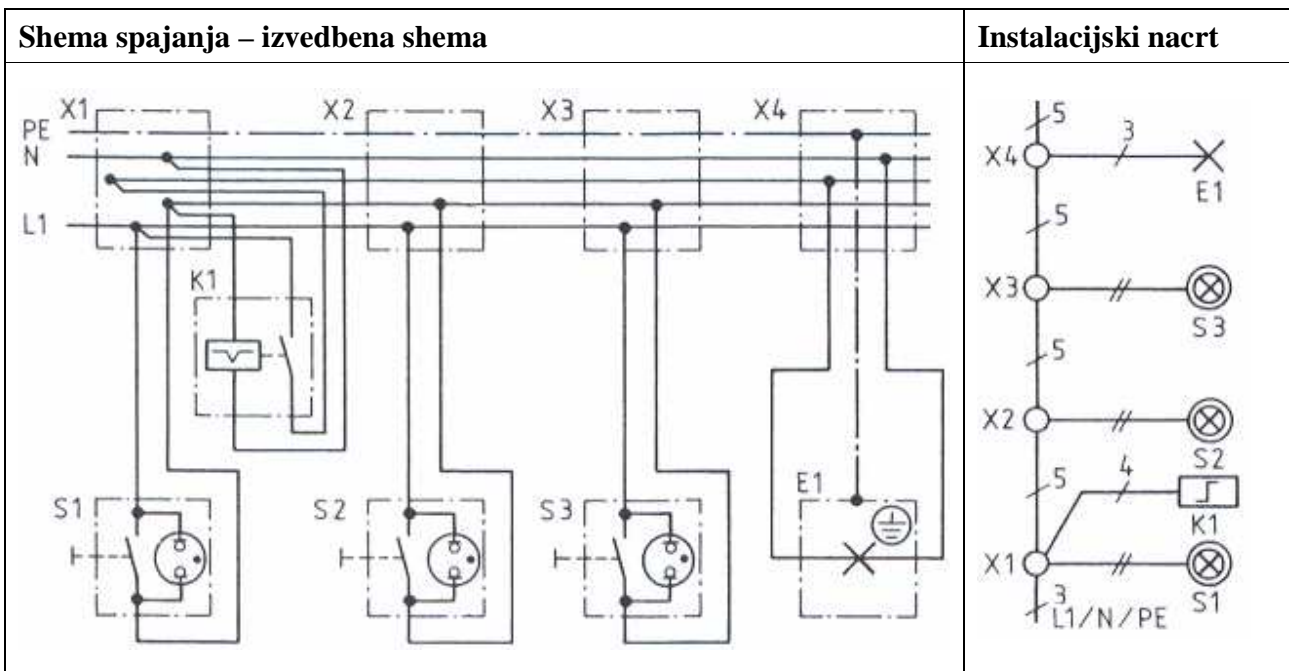
Slika 15.10 Spajanje stubišnog automata

K1 – stubišni automat E – svjetiljke
X – razvodne kutije S – tipkala

Kada se stubišni automat spaja tzv. trožilnim priključkom, ne može se ponovo uključiti prije isključivanja. Zbog toga se takav spoj ne preporučuje.

15. 6. Upravljanje rasvjetom pomoću bistabilnog releja

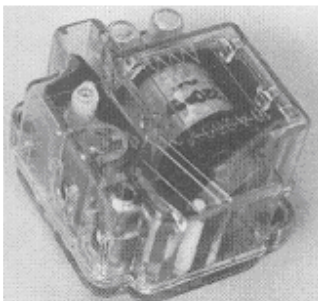
Za rasvjetu stubišta, hodnika, većih skladišta i sličnih prostora često upotrebljavamo **impulsni (bistabilni) relej**. Predviđen je tamo gdje je potrebno uključivanje i isključivanje trošila s više mjesta. To je posebna vrsta sklopke koju uklapamo s kratkim električnim impulsom uz pomoć tipkala. Kontakti releja ostanu tako dugo zatvoreni dok opet s kratkim električnim impulsom ne uzbudimo relej. Produženo držanje pritisnutog tipkala ne utječe na promjenu izlaza. Releji su vrlo malih dimenzija pa se mogu montirati i u razvodnu kutiju. Ako je strujno opterećenje veće, možemo ga kombinirati sa sklopnikom. Struja okidanja je zanemariva tako da presjek vodova do tipkala može biti minimalan.



Slika 15.11 Spajanje bistabilnog releja; S1, S2, S3 – svjetleća tipkala, K1 – relej, X1, X2, X3, X4 – razvodne kutije, E1 – svjetiljka



Elektromehanička pobuda s dva sklopna položaja



Slika 15.12 Impulsni (bistabilni) relej IR-11
250 V / 10 A, AC

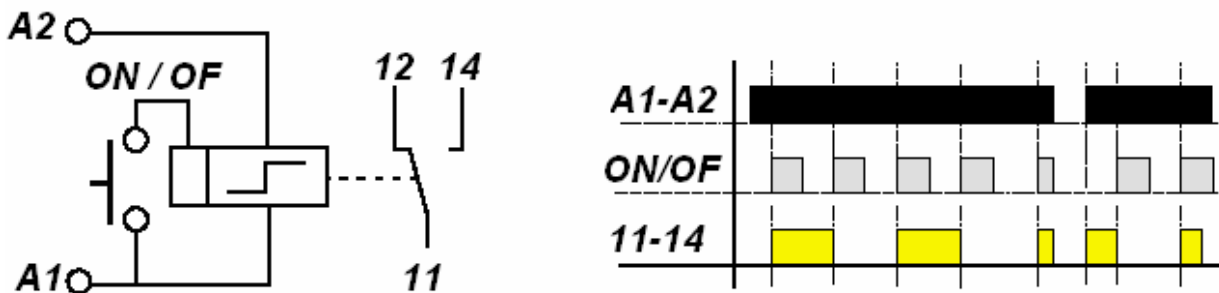
Broj paralelno vezanih tipkala je neograničen. Stanje kontakata signaliziraju odgovarajuće LED diode koje, kad su upaljene, označavaju uključivanje radnog kontakta. Radi uštede u prostoru često su u jedno kućište smještena dva bistabilna releja.



Slika 15.13 Impulsni relej MR - 41, (ETI)

Napajanje AC 230V ili AC/DC 12-240V
 Izlazni (radni) kontakt: 16A, izmjenično
 Trajanje impulsa: min. 25 ms / max. neograničeno
 Mehanička izdržljivost: 3×10^7
 Stanje izlaza: crvena LED
 Tolerancija napona napajanja: +/- 15%
 Preklopni napon: 250 V AC / 24 V DC
 Indikator napajanja: zelena LED
 Potrošnja: AC 230 V, AC max. 12 VA / 1,2 W
 Montaža: Na noseću letvu širine 35 mm

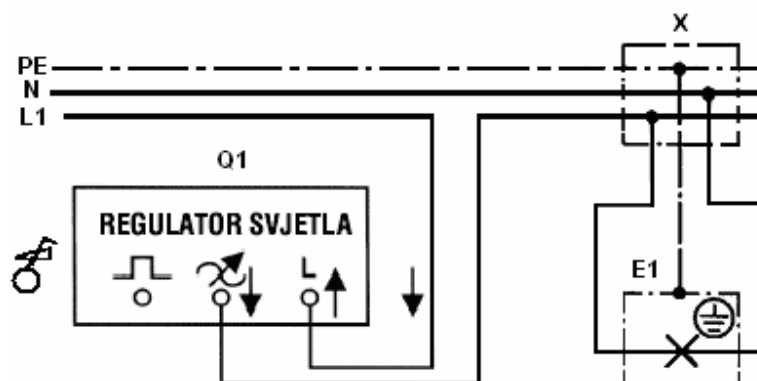
Impulsni relej MR-41 nakon nestanka napona ne gubi memoriju. To znači da ponovnim uspostavljanjem napona zadržava prethodno stanje radnih kontakata (neki releji pri nestanku napona napajanja duže od 3 sekunde gube memoriju, a njegovim dolaskom postavlja se u početni položaj u kome je radni kontakt isključen).



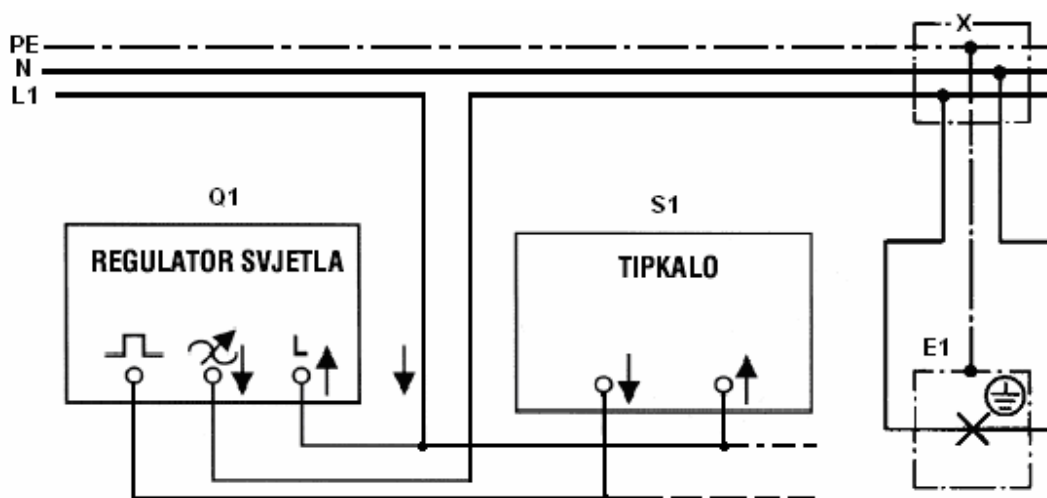
Slika 15.14 Spajanje i funkcije releja MR – 41

15. 7. Regulatori svjetla (rasvjetle)

Sklopke za upravljanje s rasvjetom često izvode se s elektronskom regulacijom svjetla. To pridonosi znatno efektivnijoj rasvjeti, a djelomično i uštedi energije. Na sljedećim slikama prikazan je način spajanja, izgled i karakteristike jednog od takvih regulatora.



Slika 15.15 Spajanje regulatora rasvjetle - izvedbena (tropolna) shema



Slika 15.16 Spajanje regulatora rasvjete preko tipkala – izvedbena (tropolna) shema



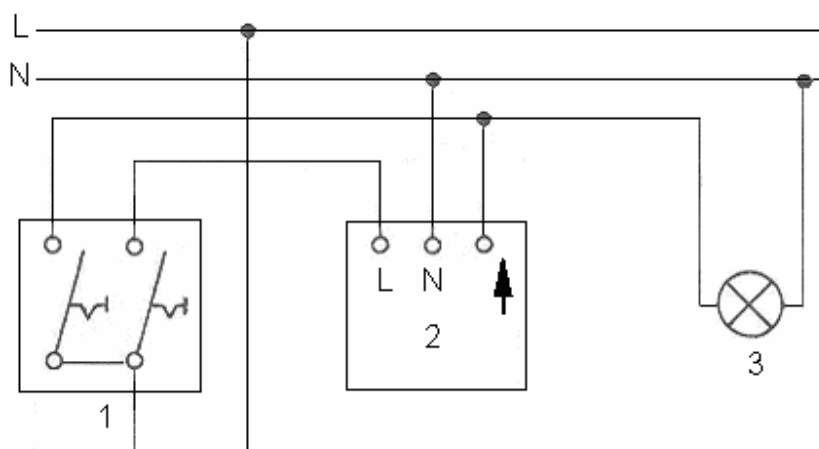
Slika 15.17 Regulator svjetla (senzorski)

Tehnički podaci

- nazivne vrijednosti: 230 V, min. 60 W, max. 500 W
- priključci: vijčani (max. 2,5 mm², kruta žica)
- ugradnja u instalacijsku kutiju Φ 60 mm

15. 8. Senzori gibanja

U posljednje vrijeme sve se više za upravljanje rasvjete koristi tzv. **senzor gibanja**. Na osnovi IC valova on samostalno uključuje rasvjetu (na dnevnom svjetlu ne djeluje) te se istodobno uključuje vremenski mehanizam i nakon nekog vremena se rasvjeta samostalno isključuje. Vrijeme i kut reagiranja može se do određene mjere podešavati. Senzori su namijenjeni za osvjtljivanje ulaza, garaža i drugih objekata gdje nije potrebno stalno svjetlo.



Slika 15.18 Shema spajanja senzora gibanja

- 1 – serijska ili grupna sklopka
- 2 – priključne stezaljke senzora
- 3 – svjetiljka

Na slikama 15.19 i 15.20 prikazana su dva senzora kretanja i navedene njihove karakteristike.



Slika 15.19 Halogeni reflektor s IC senzorom kretanja

Infracrvena dojava kretanja u krugu od 180 stupnjeva s područjem kontrole 10-16 m.

Podesivo u vremenskom intervalu od 15 s - 12 min ili uključeno stalno svjetlo.

Osjetljivost uključivanja podesiva.

Predviđen za uporabu na otvorenom.



Slika 15.20 Infracrveni senzor kretanja

Senzor obuhvaća područje 360°.

Zaštita od prskajuće vode.

Snaga prekidanja do 1300W, 250V~.

Područje djelovanja do 16m.

Pitanja i zadaci!

1. Opišite namjenu i princip rada stubišnog automata.
2. Nacrtajte jednopolnu shemu spajanja stubišnog automata koji se uključuje preko dva tipkala.
3. Zašto se u pravilu primjenjuje četverožilni priključak stubišnog automata?
4. Opišite namjenu i rad bistabilnog (impulsnog) releja.
5. Nacrtajte jednopolnu shemu spajanja bistabilnog releja za upravljanje rasvjetom s 5 mjesta. Usporedite s klasičnim upravljanjem rasvjetom (pomoću sklopki).
6. Opišite impulsni relej MR – 41.
7. Kada stubišni automat ili bistabilni relej kombiniramo sa sklopnikom?
8. Što su to regulatori svjetla? Kamo se u pravilu montiraju?
9. Nacrtajte jednopolnu shemu spajanja regulatora rasvjete sa i bez tipkala.
10. Što su to senzori gibanja (kretanja)?
11. Nacrtajte izvedbenu shemu spajanja senzora kretanja. Čemu služi serijska sklopka?

15. 9. Teretne sklopke

Tipični predstavnik teretnih sklopki su tzv. grebenaste sklopke. Grebenaste sklopke su sklopke koje su sastavljene od jednakih sklopnih elemenata, nanizanih na zajedničku osovinu s grebenima, koji zatvaraju i otvaraju kontakte s dvostrukim prekidanjem. Grebenaste sklopke* pružaju različite ugradne i prigradne mogućnosti, a mogu udovoljiti različitim zahtjevima u niskonaponskom dijelu transformatorske stanice, rasklopnim pločama, razvodnim ormarima, lijevanim i limenim razvodima u industriji, rudarstvu, na brodovima i sl. Iako su malih dimenzija, sklopke imaju veliku prekidnu moć, mehaničku i električku trajnost, izdržljivost na kratkotrajno preopterećenje, a u kombinaciji s osiguračima i veliku otpornost na struje kratkog spoja.

* Proizvodnje Končar

Osnovne tehničke karakteristike:

- Nazivni napon do 690V
- Nazivna struja do 1200A

Izvedbe:

- GN - 12, 20, 25, 32, 40, 63, 125A; do 37 kW
- GF - 10, 20 A; 2-5 kW
- 4G - 10, 16, 40, 63, 80, 100, 200, 400, 630, 800 i 1200 A; do 47 kW

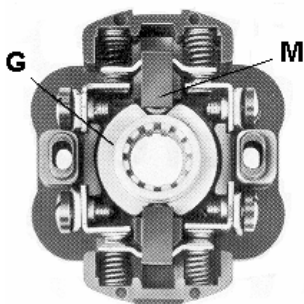
15. 9. 1. Primjena

Grebenaste sklopke imaju višestruku primjenu za sklapanje u glavnim i pomoćnim strujnim krugovima.

- Kao **motorske** sklopke mogu pogonski sigurno sklapati, upravljati i pokretati trofazne i jednofazne motore, a mogu se izvesti kao: preklopka zvijezda-trokut, preklopka za reverziranje, preklopka za motore s više brzina itd.
- U **pomoćnim** strujnim krugovima sastavljaju se prema željenom programu sklapanja, sklopke za komandne signalizacijske i mjerne krugove.
- Sklopke, preklopke i stepenaste sklopke, npr. za transformatore i aparate **za zavarivanje**.
- **Grupne sklopke, npr. za sklapanje otpornika i grijača.**
- Zakretna tipkala s automatskim povratom.
- Komandno-potvrдне sklopke za upravljanje i dojavu položaja prekidača i rastavljača.

15. 9. 2. Konstrukcija i izvedbe

Tijelo sklopnog elementa izrađeno je iz umjetne mase na bazi melamina koja je osobito otporna prema kliznim strujama i djelovanju električnog luka. Ono je oblikovano tako da na sebi nosi sve dijelove čvrstih i pokretnih kontakata bez upotrebe ikakvih dijelova za učvršćenje.



Slika 15.21 Sklopni element grebenaste sklopke

G – greben

M – kontakti most

Kroz središte sklopnog elementa prolazi greben **G** koji pokreće kontakte tako da podiže kontakti most **M** i time prekida strujni krug na dva mjesta (slika 15.21).

Primjenom dvostrukog prekidanja i kontaktnih elemenata platiniranih specijalnom srebrnom legurom, otpornom na nagaranje uslijed električkog luka, postiže se velika isklopna moć i električna trajnost.

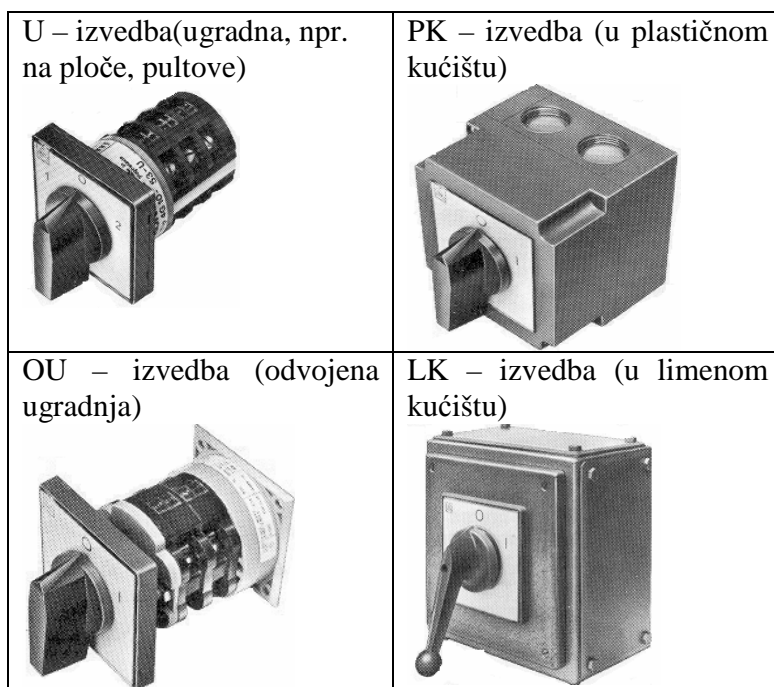
Imaju do 12 sklopnih elemenata. Kut zakreta im je: 30, 45, 60 i 90 stupnjeva.

Grebeni su međusobno čvrsto spojeni, tako da je osigurano praktički istodobno otvaranje i zatvaranje svih kontakata. Sklopni elementi povezani su međusobno izolacijskim vijcima. Sklopke se mogu na stražnjoj strani opremiti pomoćnim kontaktima, odnosno moguće je povezati dvije sklopke tako da se pokreću istom ručicom.

Pomoćni kontakti mogu biti mirni, radni ili prolazni. Moguće su i razne specijalne izvedbe.

Kod istosmjerne struje prekidna moć ovisna je o struji, naponu i induktivitetu. Kod istosmjernog napona iznad 60 V kontakti sklopke povezuju se u seriju kako bi se postigla što veća prekidna moć. Za napone niže od 24 V i struje reda 1 mA često imaju pozlaćene kontakte (na zahtjev kupca).

Slika 15.22 Primjeri izvedbe grebenastih sklopki



Primjer oznake: 4G 25 - 10 - U

- 4G – tip sklopke
- 25 – nazivna struja (A)
- 10 – broj sheme, trolejna sklopka (za jednofaznu je oznaka 90, 11 je shema sklopke kojom mijenjamo smjer vrtnje motora, itd.)
- U – ugradna

15. 10. Niskonaponski prekidači

Osnovna karakteristika tih sklopki je:

- **moćnost prekidanja nazivnih struja**
- **prekidanje struja kratkog spoja**

Proizvođači izrađuju niskonaponske prekidače koji se odlikuju visokim stupnjem kompaktnosti, visokim prekidnim moćima, te svojim konstrukcijskim karakteristikama osiguravaju pouzdan rad i minimalno održavanje. Opremljeni su elektromagnetskim i termičkim okidačima, a mogu biti dodatno opremljeni čitavim nizom prigradnji (podnaponski okidač ili okidač za daljinsko isklapanje, motorni pogon, signalni kontakti i dr.). Mogu biti opremljeni i elektroničkim okidačima koji omogućavaju široko područje podešavanja, te veliku točnost i postojanost prorade. Izvode se u različitim izvedbama, npr. fiksna, utična i izvlačiva.

Osnovne tehničke karakteristike

- Nazivni napon do 690 V ~
- Nazivna struja do 1250 A

- Prekidna moć do 50 kA

Ostale karakteristike:

- male dimenzije
- vodljivi dijelovi galvanski posrebnjeni
- nosači polova od izolacijskog materijala velike izolacijske i mehaničke čvrstoće
- velika sigurnost u pogonu
- velika prekidna i uklopna moć

Imaju široku primjenu u niskonaponskim strujnim krugovima, i to prvenstveno za zaštitu od preopterećenja i kratkog spoja generatora, transformatora, električnih vodova, aparata i uređaja, te različitih potrošača u industriji i brodogradnji.

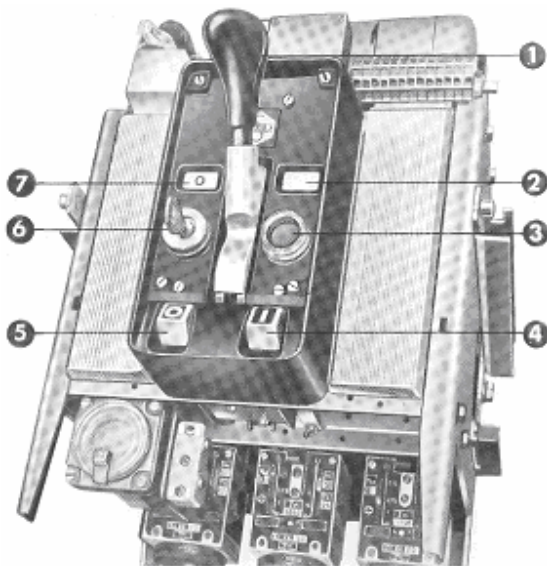


Slika 15.23 Niskonaponski kompaktni prekidač

15. 10. 1. Niskonaponski prekidač NOVOMAX G 30*

Pogonski mehanizam je tip s akumuliranom energijom pomoću pera (opruge). Pera mogu biti napeta rukom, pokretanjem ručice 1 prema dolje, ili automatski, pomoću elektromotora. U slučaju kada pogonski mehanizam ima okidače za isklapanje i uklapanje, tada se može upravljati i daljinski.

Taj pogonski mehanizam osigurava najmanje 30 000 sklapanja bez ikakve intervencije.



Slika 15.24 Niskonaponski prekidač NOVOMAX G 30

- za struje 800 do 1600 A i napon 660 V ~
- 1 - Ručica za napinjanje pera (ručno ili elektromotorom)
- 2 - Pokazivač stanja pera "pera napeta" (žuto) i "pera popuštena" (bijelo).
- 3 - Pokazivač za "isklopljeno uslijed djelovanja nadstrujnog okidača" (na zahtjev). Za ponovno vraćanje tog pokazivača treba pritisnuti dugme.
- 4 - Tipkalo za uklapanje.
- 5 - Tipkalo za isklapanje.
- 6 - Zapor na ključ (na zahtjev).
- 7 - Pokazivač "isklopljeno" (0) i "uklopljeno" (I).

* Proizvodnje Končar

Pitanja i zadaci!

1. Objasnite pojam teretna sklopka.
2. Opišite tzv. grebenastu sklopku.
3. Nabrojite neke primjere upotrebe takvih sklopki.
4. Opišite konstrukcijsku izvedbu sklopnog elementa grebenaste sklopke i način rada.
5. Prema slici 15.21 opišite princip dvostrukog prekidanja.
6. Što omogućuje veliku prekidnu moć takvih sklopki?
7. Kakvi sve mogu biti pomoćni kontakti?
8. O čemu ovisi prekidna moć sklopke kod istosmjerne struje?
9. Kako se može povećati prekidna moć kod istosmjerne struje?
10. Zašto se za vrlo male struje i napone sklopke izrađuju s pozlaćenim kontaktima?
11. Objasnite oznaku 4G 1200 – 10 – U.
12. Objasnite što omogućuje kombinacija sklopke s osiguračima.
13. Što su to prekidači?
14. Kojim bitnim elementima su najčešće opremljeni prekidači? Kojim se dodatnim elementima mogu opremiti prekidači?
15. Za koje nazivne struje i napone se izrađuju niskonaponski prekidači?
16. U kojim se izvedbama izrađuju prekidači?
17. Kakav je pogonski mehanizam prekidača Novomax G 30?
18. Prema slici 15.24 opišite pojedine dijelove prekidača Novomax G 30.
19. U kojem slučaju se prekidačem može upravljati daljinski?

15. 11. Sklopnici

Sklopnik (kontaktor) je uređaj s energetske (daljinske) pokretanjem pomičnih kontakata (elektromagnetom ili pneumatski).

To je posebna vrsta sklopnih aparata (sklopki) koji su sposobni uklapati i isklapati struje u normalnom pogonu i preopterećenju. Sila potrebna za zatvaranje rasklopnih elemenata najčešće se dobiva pomoću elektromagneta. Kako nema ugrađene blokade, ostane uklopljen samo za vrijeme dok je uzbuđen. Ako se može uklapati i daljinski, onda ga još nazivamo **daljinska sklopka**.

Osnovni dijelovi sklopnika su:

- glavni kontakti
- pomoćni kontakti
- magnetski svitak za upravljanje
- komore za gašenje luka

Možemo ih podijeliti u dvije grupe:

- glavni sklopnici
- pomoćni sklopnici - građeni su kao i glavni, ali mogu uključivati samo upravljačke struje

Manje sklopnike (upravljački ili pomoćni) obično izrađuju kao 4-polne i 8-polne te za struje do 25A. Veće sklopnike najčešće izrađuju kao trolne ili dvopolne (za istosmjernu struju) za struje do 2500 A i napone 1000 V AC i 1500 V DC. Snaga potrebna uzbuđivanje (uklapanje) sklopnika vrlo je mala (nekoliko VA, kod većih može biti i 1000 VA) u usporedbi sa snagom koju oni uklapaju. Zato često kažemo da sklopnik ima ulogu pojačala u jakoj struji.

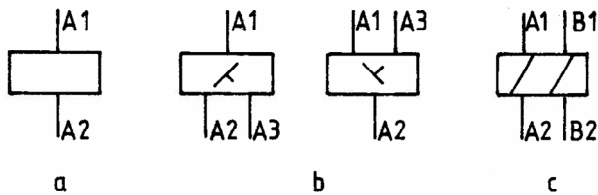
Uobičajeni sklopnici omogućuju i do 3000 uklapanja na sat.

Glavni podaci sklopnika:

- nazivni napon
- nazivna struja (ili snaga)
- nazivna termička moć, tj. najveća struja koju sklopnik može provoditi u tijeku 8-satnog rada

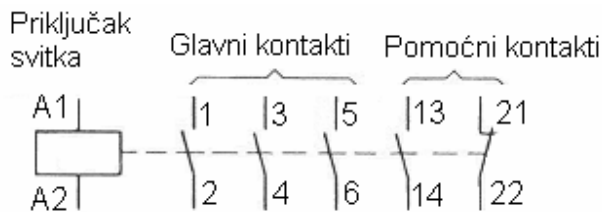
Sklopnici zahtijevaju predspojnu napravu za zaštitu od kratkog spoja.

Na sljedećim slikama prikazane su neke važnije oznake u vezi sklopnika.



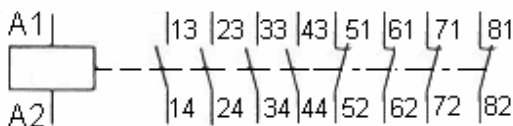
Slika 15.25 Oznacavanje sklopnika (i releja)

- a - svitak (zavojnica) s jednim namotom
- b - svitak s odcjepom
- c - svitak s dva namota
- 1 - početak svitka
- 2 - kraj svitka
- 3, 4...- odvojci

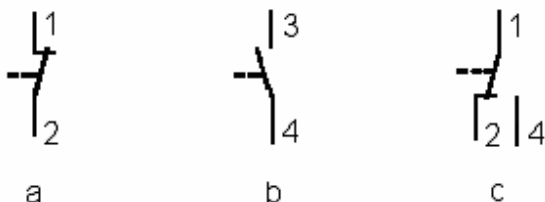


Slika 15.26 Primjer spojnih oznaka glavnih sklopnika

Glavni kontakti namijenjeni su za napajanje glavnoga strujnog kruga (npr. za napajanje trošila), a pomoćni kontakti za upravljačke, signalne ili druge pomoćne strujne krugove.



Slika 15.27 Primjer spojnih oznaka pomoćnih sklopnika



Slika 15.28 Oznake kontakata prema funkciji

- a – isklopni kontakt
- b – uklopni kontakt
- c – izmjenični kontakt

Sklopnici (ili kontaktori) su danas neizostavni elementi u automatizaciji elektromotornih pogona, ali ih koristimo i za druge naprave (rasvjeta, grijanje, daljinsko upravljanje, i dr.). Često sklopnik upotrebljavamo u kombinaciji s bimetalnim relejem za zaštitu motora. S obzirom na primjenu u praksi često upotrebljavamo nazive **motorski i instalacijski** sklopnik.



Slika 15.29 Instalacijski sklopnici, 2 i 4-polna izvedba; 20, 40 i 63A (npr. za rasvjetu, grijanje..., karakterizira ih tihi rad, ugrađeni RC elementi)



Slika 15.30 Upravljački (pomoćni) i motorski sklopnici; 20 – 630 A (ugrađeni RC elementi)

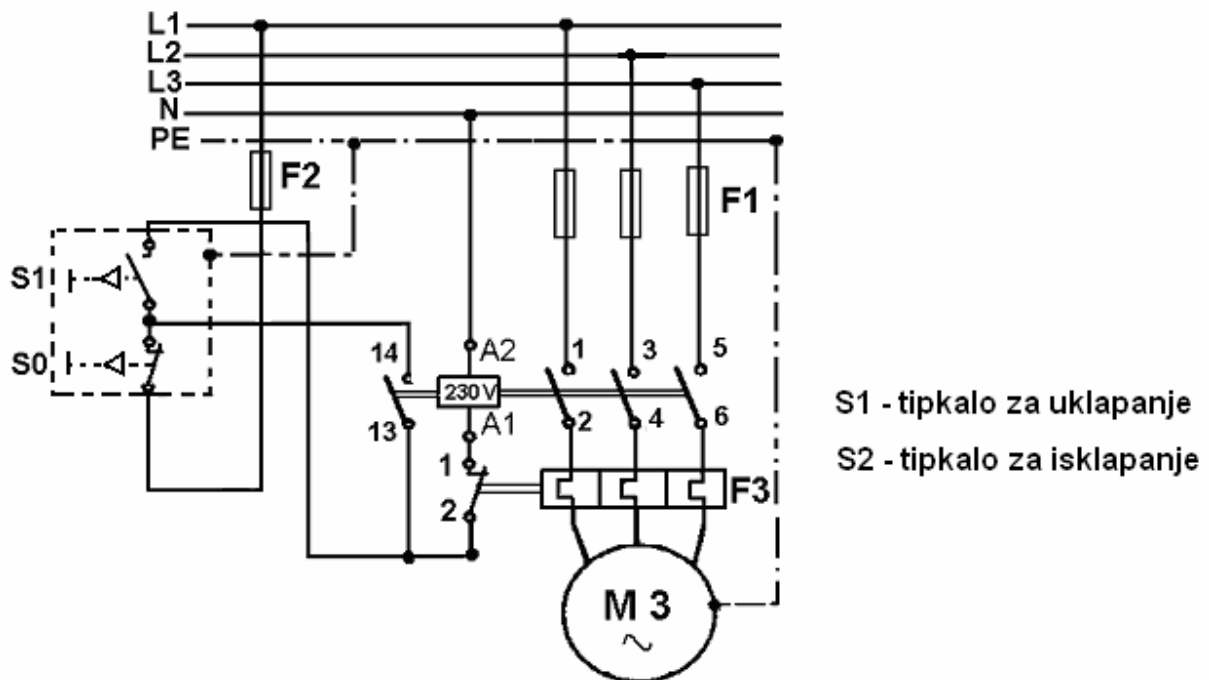
15. 11. 1. Sheme upravljanja sklopticima

Upravljanje sklopnikom može biti preko tipkala (kratkotrajni kontakt) ili preko sklopke s trajnim kontaktom (tada bimetal, npr. za zaštitu motora, mora imati blokadu). Sklopnike možemo kombinirati (pobuđivati) s drugim sklopnim napravama, npr. s bistabilnim relejem, vremenskim relejem, itd.

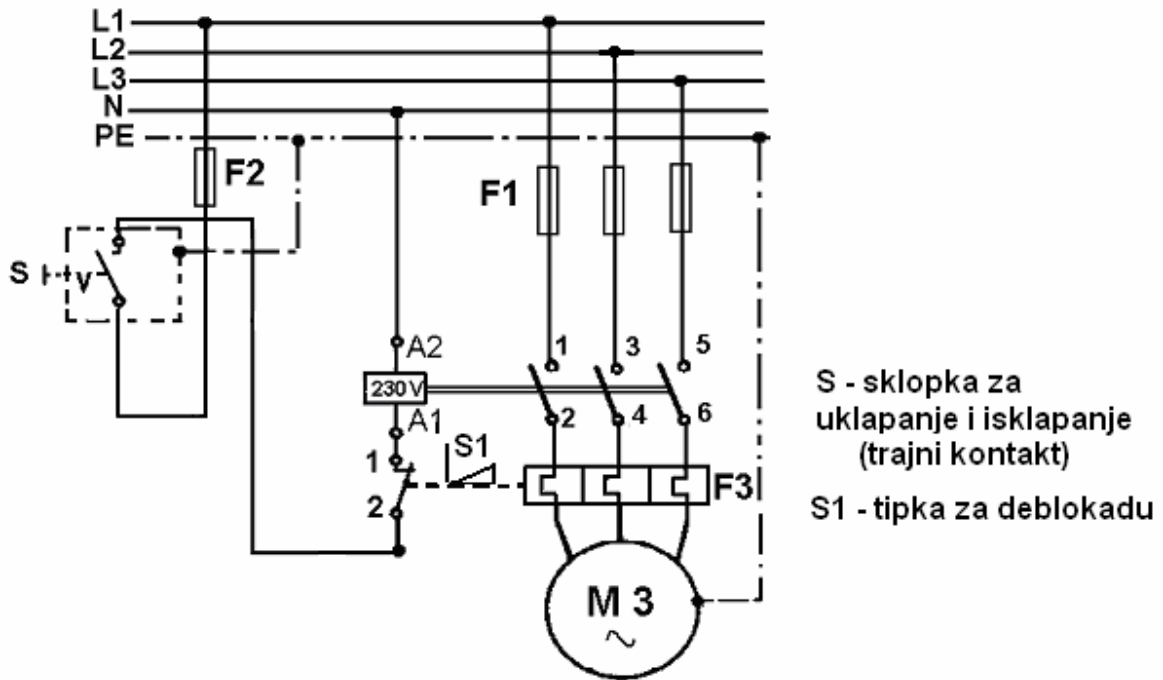
Naponi za uzbuđivanje svitka su najčešće:

- izmjenični naponi: 24 – 230 V
- istosmjerni naponi: 24 – 250 V

Sheme upravljanja sklopnikom pomoću tipkala i sklopke s trajnim kontaktom prikazane su na sljedećim slikama.



Slika 15.31 Upravljanje sklopnikom pomoću tipkala

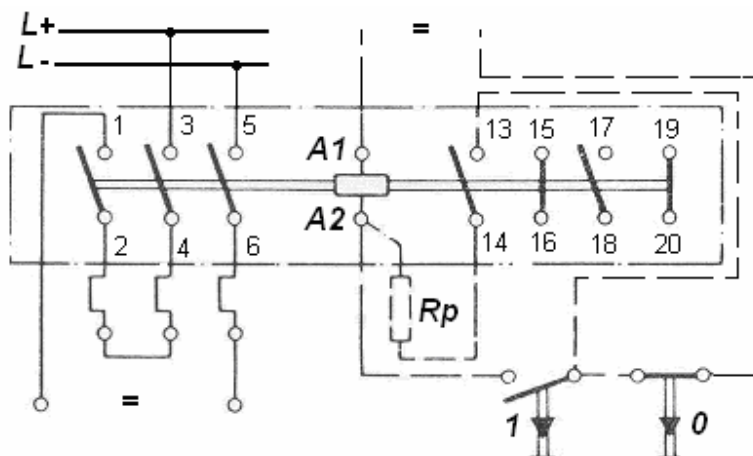


Slika 15.32 Upravljanje sklopnikom pomoću sklopke (npr. grebenasta sklopka)

15. 11. 2. Osnovne upute za spajanje sklopnika

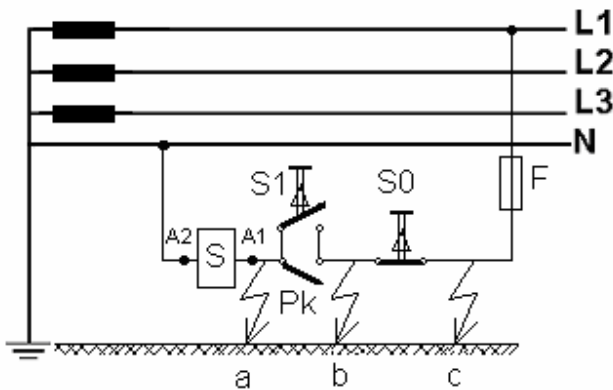
Za upravljanje sklopnicima nije preporučljivo primijeniti linijski napon (380 ili 400 V). U mrežama bez neutralnog vodiča (npr. IT sustav bez neutralnog vodiča) za upravljanje sklopnicima preporučuje se upotreba zašitnog transformatora koji na sekundaru nije uzemljen.

Kad se za pobuđivanje sklopnika koristi istosmjerni napon onda se, nakon uklapanja, u seriju sa svitkom spaja predotpornik (pri uklapanju je, zbog induktivnosti, znatno manja uklopna moć svitka nego u trajnom pogonu). Dva kontakta sklopnika (i bimetalnog releja) spajamo u seriju i preko njega se vodi L+ (vidi sliku 15.33).



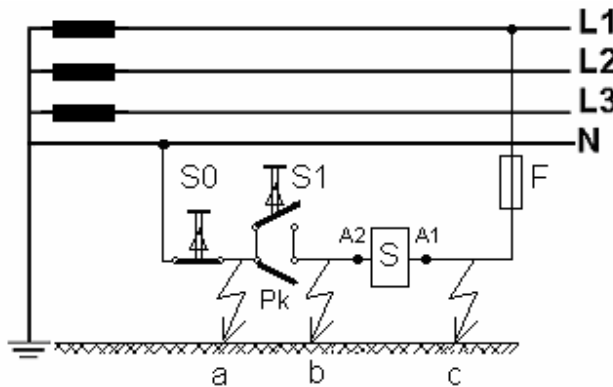
Slika 15.33 Spajanje sklopnika pri upotrebi kod istosmjerne struje

Na sljedećim primjerima prikazana je mogućnost pravilnog i nepravilnog spajanja sklopnika u izmjeničnoj (AC) uzemljenoj mreži.



Slika 15.34 Pravilno spajanje sklopnika u uzemljenoj mreži

S - svitak sklopnika
F - osigurač
S1 - tipkalo za uključivanje
S0 - tipkalo za isključivanje
A1, A2 - priključci svitka
Pk - pomoćni kontakt
a, b, c - mjesta mogućih zemljospojeva



Slika 15.35 Nepravilno spajanje sklopnika u uzemljenoj mreži

S - svitak sklopnika
F - osigurač
S1 - tipkalo za uključivanje
S0 - tipkalo za isključivanje
A1, A2 - priključci svitka
Pk - pomoćni kontakt
a, b, c - mjesta mogućih zemljospojeva

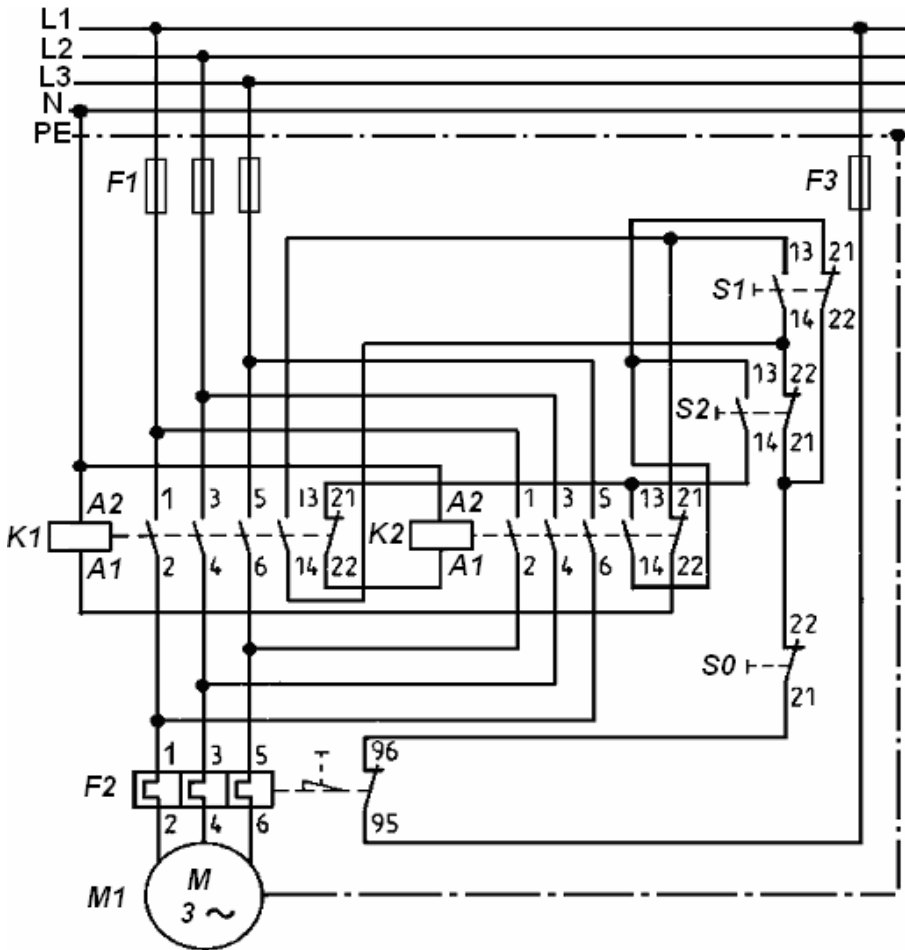
U tablici 15. 5. navedene su posljedice zemljospoja u točkama a, b i c za stanje prije i poslije uključivanja sklopnika.

Tablica 15. 5. Posljedice zemljospoja kod spajanja sklopnika

Mjesto zemljospoja	Pravilni spoj		Nepravilni spoj	
	Prije uključenja	Poslije uključenja	Prije uključenja	Poslije uključenja
a	Nema djelovanja	Pregori osigurač	Nema djelovanja	Sklopnik se ne može isključiti tipkalom
b	Pregori osigurač	Pregori osigurač	Sklopnik se uklapa bez komande	Sklopnik se ne može isključiti tipkalom
c	Pregori osigurač	Pregori osigurač	Pregori osigurač	Pregori osigurač

15. 11. 3. Reverziranje motora sklopnicima

Na sljedećoj slici prikazan je primjer upotrebe sklopnika za reverziranje motora.



Slika 15.36
Reverziranje motora sklopnicima - strujna shema u povezanom obliku
 S₁, S₂ – tipkala za uključivanje,
 S₀ – tipkalo za isključivanje

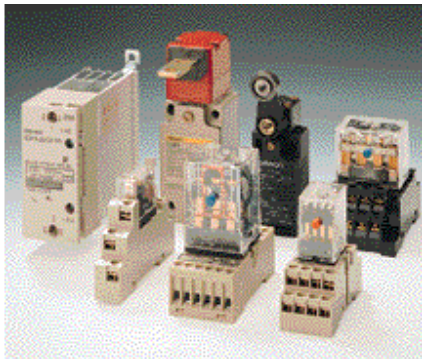
Pitanja i zadaci!

1. Što su to sklopnici? Navedite njegove dijelove, princip rad, glavne podatke i vrste.
2. Prikažite spojnu oznaku glavnih sklopnika.
3. Nabrojite i prikažite vrste kontakata prema funkciji.
4. Nabrojite primjere upotrebe sklopnika.
5. Objasnite pojmove motorski i instalacijski sklopnici.
6. Opišite sheme upravljanja sklopnikom prema slici 15.31 i 15.32. U čemu je bitna razlika?
7. Zašto se kod istosmjernoga pobudnog napona sklopnika mora nakon uklapanja u seriju sa svitkom spojiti predotpornik? Objasnite.
8. Koji se naponi preporučuju za pobuđivanje svitka sklopnika?
9. Objasnite što se događa (prema slici 15.35) ako u točki "a" dođe do zemljospoja (sklopnik je u uključenom stanju).
10. Nabrojite sve elemente sa sheme na slici 15.36.
11. Opišite princip reverziranja motora prema shemi na slici 15.36.

16. ELEMENTI DALJINSKOG UPRAVLJANJA

Razvojem tehnike sve se više osjeća potreba za daljinskim upravljanjem i u električnim instalacijama, a posebno u automatizaciji raznih industrijskih procesa. U tu svrhu upotrebljavamo razne elemente od kojih su najvažniji sljedeći:

- tipkala
- signalne svjetiljke i trube
- specijalne ručne sklopke
- krajnje sklopke i mikrosklopke
- releji i pomoćni sklopnici
- elektronska osjetila
- mjerači neelektričnih veličina
- upravljači i programatori



Slika 16.1 Razni elementi daljinskog upravljanja

- sigurnosni prekidači (za vrata)
- krajnje sklopke
- mikrosklopke
- industrijski releji i podnožja
- poluvodički releji

16. 1. Tipkala

Tipkalo je sklopni aparat (upravljačka sklopka) koji služi za ručno kratkotrajno spajanje ili prekidanje kontakata.

Imaju određeni broj kontakata (uklopnih ili isklonih) za napone do 500 V i struje do 10 A.

Tipkala su često opremljena signalnom žaruljicom odgovarajuće boje koja je spojena tako da signalizira izvršenje naredbe dane tipkalom.

Boje označuju sljedeće funkcije:

- **crvena:** zaustavljanje ili isklapanje, djelovanje u slučaju opasnosti
- **žuta:** poduzimanje radnje, zahvat, npr. koja sprečava nenormalne uvjete
- **zelena:** start, uklapanje ili pokretanje
- **plava:** bilo koje posebno značenje koje nije predviđeno drugim bojama
- **crna, siva, bijela:** nemaju posebnog značenja

Tipkala za isklapanje u slučaju opasnosti (crvene boje) imaju u pravilu gljivasti oblik.

16. 2. Signalne svjetiljke i trube

Signalne svjetiljke su elementi za signalizaciju koji nas optički obavještavaju o stanju upravljačkih i izvršnih elemenata. Značenje pojedinih boja određeno je regulativom, te znače:

- **crvena:** opasnost ili alarm, upozorenje na moguću opasnost
- **žuta:** upozorenje, promjena stanja
- **zelena:** sigurnost, pouzdanost, npr. naprava je spremna za rad
- **plava:** bilo koje posebno značenje osim prije navedenih

- **bijela:** nema posebnog značenja, opća informacija

Signalne svjetiljke često se napajaju iz posebnog transformatora s nižim naponom.

Za zvučnu signalizaciju najčešće upotrebljavamo zvonca i trube, npr. za javljanje ispada pomoćnog napajanja, za početak pogona itd.

16. 3. Specijalne ručne sklopke

U specijalne ručne sklopke ubrajamo komandno-potvrđne sklopke koje, uglavnom, upotrebljavamo u upravljačkim krugovima visokonaponskih naprava, a manje u niskonaponskim instalacijama.

Njihova posebnost je u tome što signalna svjetiljka signalizira usklađenost položaja te sklopke s položajem izvršnog organa (npr. prekidača).

U tu skupinu ubrajamo i tzv. komandne sklopke; to je kombinacija mikrosklopki povezana s upravljačkom ručicom te tako jednom rukom možemo izvesti više upravljačkih funkcija, npr. pomak lijevo, desno, naprijed, itd.

16. 4. Krajnje sklopke i mikrosklopke

To su posebna vrsta sklopki koje upotrebljavamo za prepoznavanje položaja pokretnih dijelova (strojeva, zatvarača, vrata itd., npr. tlačne sklopke, nivo sklopke, itd.). Sklopke se međusobno razlikuju po konstrukciji, okidanju, obliku osjetila i zaštiti. Izrađuju se za napone do 500V AC (600V DC) i struje do 16 A. Broj sklopnih operacija iznosi i do 10^7 .



Slika 16.2 Krajnja sklopka

Mikrosklopke su sklopke malih dimenzija i malim brojem kontakata, s brzim preklapanjem uz veliku mehaničku trajnost i učestalost rada.



Slika 16.3 Mikrosklopke, 2 – 16A

16. 5. Releji i pomoćni sklopnici

Relaj je električna naprava koja, ovisno o promjeni neke fizikalne veličine, prouzroči određene promjene u istom ili drugom strujnom krugu.

Razlikujemo sljedeće vrste releja:

- mjerni,
- pomoćni i
- vremenski.

(često upotrebljavamo i druge nazive)

Mjerni releji su aparati koji mjere neku pogonsku veličinu (struja, napon, tlak, temperatura itd.) te pri određenoj vrijednosti automatski zatvaraju ili otvaraju svoje kontakte i tako omogućuju upravljanje daljnjim uređajima. Većinom se upotrebljavaju za zaštitu električnih naprava i vodova. Pomoćni releji su slični mjernim relejima (manjih su dimenzija) te se upotrebljavaju u pomoćnim strujnim krugovima.



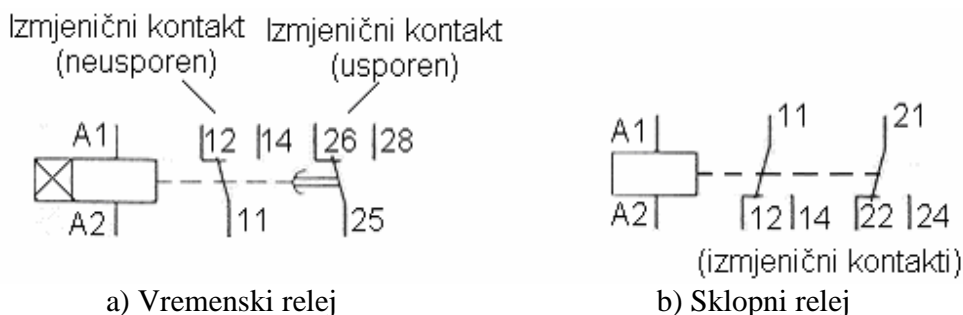
Slika 16.4 Pomoćni relej

Kod vremenskog releja možemo podešavati vrijeme okidanja.

Kontakti releja i sklopnika mogu biti:

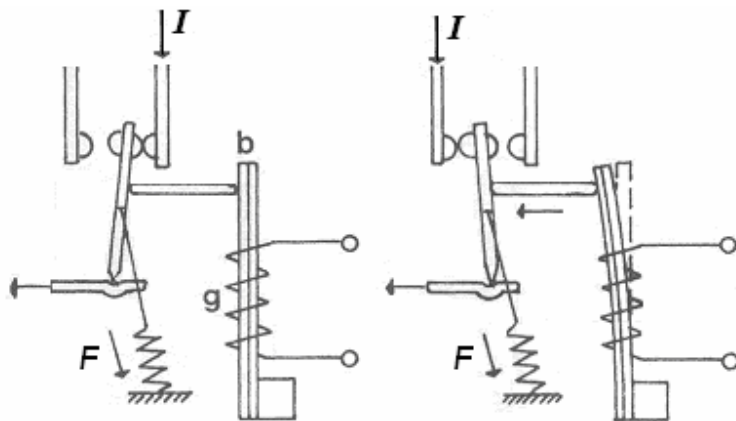
- **uklopni,**
- **isklopni,**
- **izmjenični i**
- **trenutni (uklopno - isklopni).**

Na slici 16.5 je spojna shema vremenskog i tzv. sklopnog releja (odgovara pomoćnom sklopniku).



Slika 16.5 Kontakti releja i sklopnika

Bimetalni relej je nadstrujni termički relej sa strujno zavisnom vremenskom karakteristikom ovisnom o zagrijavanju bimetalne trake od dva sljubljena metala različitih koeficijenata toplinskog rastezanja, pri čemu traka, savijajući se na jednu stranu, djeluje na kontaktni sklop.



Slika 16.6
Principijelna izvedba
bimetalnog releja

b - bimetalna traka
g - grijač bimetalne trake
(kroz njega teče struja)
F - opruga
I - struja u glavnome
strujnom krugu

Danas se izrađuju bimetalni releji s klasičnom mehaničkom izvedbom nadstrujne zaštite i elektronskom izvedbom nadstrujne zaštite (npr. za veće struje).



Slika 16.7 Bimetalni relej

16. 6. Elektronska osjetila (senzori)

Danas se najviše koriste beskontaktna induktivna osjetila koja djeluju bez dodira i mehaničkog kontakta. Ona okidaju kada se površini osjetila približi neki metalni dio (naročito su osjetljiva na feromagnetske materijale).



Slika 16.8 Sklopke na efekt približavanja
- istosmjerno i izmjenično napajanje
do 230 V (induktivne i kapacitivne)

16. 7. Mjerači neelektričnih veličina

U industrijskim procesima mjerimo razne veličine, npr. temperature, sile, pomake, broj okretaja, razine, kutove, vlažnost itd. Mjerenje se bazira na raznim fizikalnim principima npr.; NTC otpornici, kontakti termometri, presostati, itd.

Pitanja i zadaci!

1. Što su tipkala? Za koje struje i napone se izrađuju?
2. Navedite značenje crvene, žute i zelene boje signalnih žaruljica.
3. Za što se u pravilu upotrebljava crveno tipkalo gljivastog oblika?
4. Koji elementi služe za signalizaciju stanja upravljačkih i izvršnih elemenata?
5. Što označava pojam krajnja sklopka? Kakva je to tlačna sklopka? Navedite primjer.
6. Što su to releji i kako ih dijelimo?
7. Kakvi su to mjerni releji?
8. Objasnite pojmove: uklopni, isklopni, izmjenični i trenutni kontakt.
9. Prikažite kontakte i svitak vremenskog i sklopnog releja.
10. Na čemu se zasniva princip rada bimetalnog releja?
11. Opišite princip rada bimetalnog releja prema slici 16.6 .
12. Na koje materijale su naročito osjetljiva induktivna osjetila?
13. Kakav je to NTC otpornik?

17. ZAŠTITA ELEKTRIČNIH INSTALACIJA I NAPRAVA

17. 1. IP zaštita

IP zaštita (International protection) je oznaka za zaštitu od prodora stranih tijela (npr. prašine) i vode. Kako se **ostvaruje pokrovima**, ujedno predstavlja zaštitu od dodira dijelova pod naponom i zaštitu od gibljivih dijelova opreme. Osim slovne oznake **IP** još se dodaju **dvije znamenke** i eventualno dodatna slova.

Prva znamenka označava zaštitu od prodora stranih tijela i dodira, a druga zaštitu od vode.

Tablica 17. 1. Stupnjevi IP zaštite

1. broj oznake	Stupanj zaštite	2. broj oznake	Stupanj zaštite
0	Nema zaštite	0	Nema zaštite
1	Zaštita od prodora velikih tijela $d > 50$ mm. Nema zaštite od namjernog pristupa	1	Zaštita od vodenih kapi koje padaju vertikalno (kapi vode)
2	Zaštita od srednje velikih stranih tijela, $d > 12$ mm, zaštita od prstiju i sl.	2	Zaštita od koso padajuće vode (vodene kapi), 15° prema normalnom položaju pogonske naprave
3	Zaštita od malih stranih tijela, $d > 2,5$ mm, zaštita od alata, žica i sl.	3	Zaštita od prskajuće vode, do 60° prema okomici
4	Zaštita od zrnatih stranih tijela, $d > 1$ mm, zaštita od alata, žica i sl.	4	Zaštita od prskajuće vode iz svih smjerova
5	Zaštita od taloženja prašine, (zasićen od prašine), potpuna zaštita od dodira	5	Zaštita od mlaza vode iz svih smjerova
6*	Zaštita od prodora prašine, (nepropusnost za prašinu), potpuna zaštita od dodira	6	Zaštita od velikog mora ili jakog mlaza vode (zaštita od poplave)
		7	Zaštita od uronjavanja u vodu pri određenim uvjetima tlaka i trajanja
		8	Zaštita od trajnog potapanja u vodu

* zaštitni stupanj ne može se u potpunosti ostvariti kod el. strojeva

Dodatno slovo	Značenje	Dodatno slovo	Ispitivanje zaštite od vode kod mirovanja
C	Cijevni priključak za rashladni zrak	M	Mirovanje
V	Zaštita od vremenskih uvjeta	S	Stroj u pogonu

Instalacijski aparati i naprave obično se izrađuju u sljedećim stupnjevima zaštite: **IP 00, IP 20, IP 40, IP 41, IP 55 i IP 65**. Viši stupanj uključuje ujedno i niži stupanj zaštite.









Želimo li označiti samo jednu zaštitu, tada umjesto druge znamenke stavljamo slovo X (npr. IP 2X ili IP X5, itd.).

Tablica 17. 2. Primjeri izvedbi i opisa zaštite (motora)

Oznaka stupnja zaštite kućišta	Opseg zaštite		
	Zaštita osoba od dodira s dijelovima pod naponom i od pokretnih unutarnjih dijelova	Zaštita od ulaza stranih krutih tijela	Zaštita od štetnog djelovanja prodora vode
PI 54	Potpuna zaštita	Zaštita od štetnog taloženja prašine u unutrašnjosti, prodor prašine nije potpuno spriječen, ali prašina ne može ući u količini dovoljnoj da utječe na rad stroja	Zaštita od štrcanja vode iz svih smjerova
IP 55			Zaštita od štrcanja vode u mlazu iz svih smjerova
IP 56			Zaštita od zapljuskivanja morskom vodom i jakih mlazova

Stupanj zaštite od prodora stranih tijela i vode može se označiti i (ili) odgovarajućim grafičkim simbolima.

Tablica 17. 3. Grafičko označavanje zaštite od prodora stranih tijela i vode

Simbol	Opseg zaštite	Simbol	Opseg zaštite
	Zaštićeno od prašine (kao broj 5)		Zaštićeno od okapne vode, zaštita od visoke vlažnosti zraka, suparice i kapajuće vode
	Nepropusno za prašinu (kao broj 6)		Zaštićeno od koso padajuće vode (kao broj 2)
			Zaštićeno od prskajuće vode (kao broj 4)
			Zaštićeno od mlaza vode (kao broj 5)
			Vodonepropusno, zaštita od prodora vode bez tlaka
			Vodonepropusno pod tlakom, zaštita od prodora vode pod tlakom

Pitanja i zadaci!

1. Zaštitu od prodora stranih tijela (npr. prašine) i vode označavamo slovima i brojevima. Osim slovne oznake **IP**, još se dodaju dvije znamenke i eventualno dodatna slova. Objasnite značenje oznake **IP 2X**.

Rješenje:

IP _____
 2 _____
 X (0) _____

2. Objasnite značenja sljedećih oznaka: **IP 00, IP 20, IP 40, IP 41, IP 55 i IP 65**.

17. 2. Kratki spoj i preopterećenje - elementi zaštite

Pojedini elementi mreže i instalacije predviđeni su za određenu snagu, odnosno za određenu jakost struje (opterećenje). **Preopterećenje** je snaga (ili struja) koja se može pojaviti tijekom određenog kraćeg vremena, a veća je od nominalne.

Preopterećenje prvenstveno nastaje zbog:

- upotrebe uređaja, naročito motora, preko nazivnih snaga,
- opterećenja strujnih krugova s trošilima većih snaga od projektiranih i
- loše procijenjenog faktora istodobnosti pa se isto vrijeme koristi više trošila nego je projektom predviđeno.

Ako opterećenje prijeđe nazivnu vrijednost, raste temperatura te oslabljuje izolacija i vijek trajanja naprave bitno se smanjuje. Opće je pravilo da, ako temperatura izolacije naraste za 10 K, trajnost se izolacije, a time i naprave, smanjuje za polovicu.

Posljedice preopterećenja možemo klasificirati na sljedeći način:

- oštećenje ili smanjivanje vijeka trajnosti izolacije,
- smanjivanje sigurnosti, pouzdanosti i vijeka trajanja opreme,
- nastanak požara i
- opasnost od opeklina.

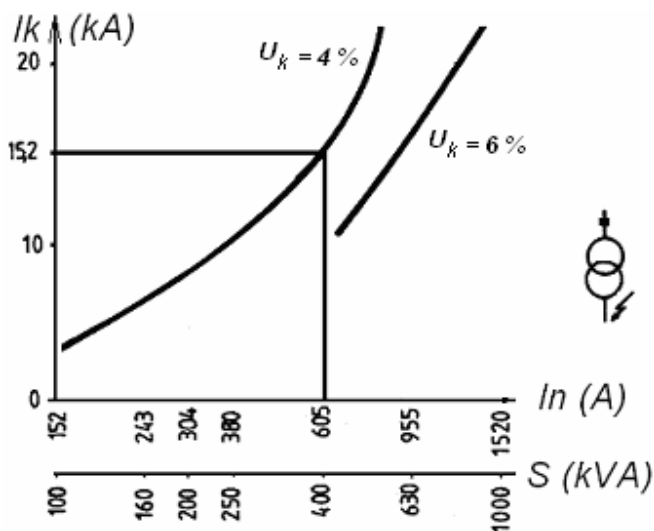
Kratki spoj smatramo jednim od najneugodnijih kvarova električnog postrojenja. Kratki spoj u električnim instalacijama nastane kada iz bilo kojeg razloga nestane izolacije između vodiča (npr. L i N) ili između vodiča i uzemljenih dijelova opreme koji su u normalnom pogonu na različitim električnim potencijalima.

Uzroci nestanka izolacije mogu biti:

- starenje izolacije,
- mehaničko oštećenje izolacije,
- djelovanje prenapona i
- nanošenje (stvaranje) vodljivih slojeva na izolaciju

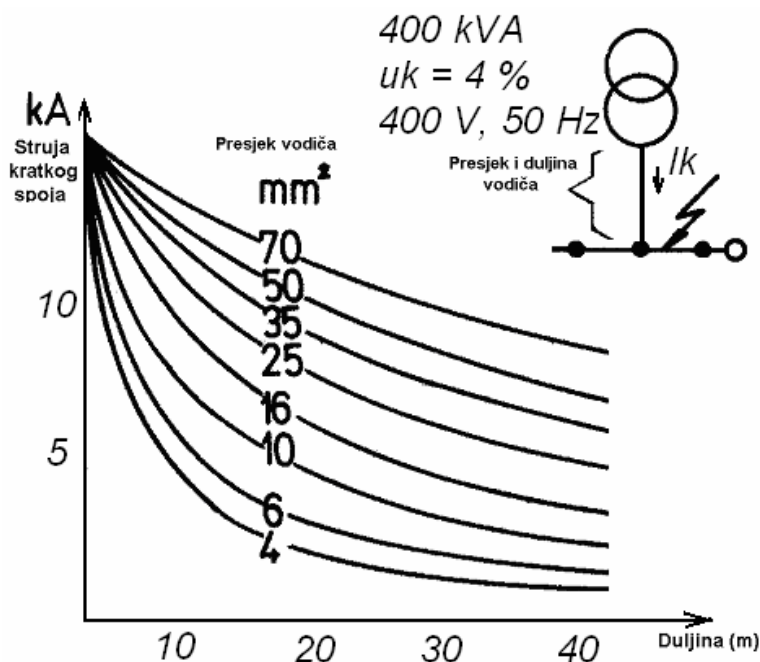
Kratki spoj može nastati i zbog nepažnje u radu, npr. premoštenje vodiča nekim metalnim predmetom. Za vrijeme trajanja kratkog spoja kroz dijelove električne instalacije teku znatno veće struje nego u normalnom pogonu (i preko 1000 A).

Na dijagramu (slika 17.1) je prikazana zavisnost struje kratkog spoja o snazi transformatora za transformatore od 100 do 1000 kVA koji najčešće imaju napon kratkog spoja 4 ili 6 %.



Slika 17.1
Ovisnost struje kratkog spoja o snazi transformatora i naponu kratkog spoja transformatora pri naponu 400 V, 50 Hz (bez uzimanja u obzir VN mreže)

Ako još uzmemo u obzir otpor vodova do mjesta kratkog spoja, koji ovisi o duljini i presjeku vodiča, možemo to prikazati sljedećim dijagramom (slika 17.2).



Slika 17.2
 Ovisnost struje kratkog spoja o presjeku i duljini vodiča za transformator od 400 kVA

Vidimo da vodovi svojom duljinom znatno smanjuju struje kratkih spojeva.

S obzirom na mjesto nastanka, za električne instalacije može se reći da je kratki spoj daleko od generatora (izvora) pa vrijedi da je:

$$I_k \approx I_k'' \approx I_a$$

gdje je:

- I_k - trajna struja kratkog spoja (ili kraće struja kratkog spoja)
- I_k'' - početna efektivna vrijednost izmjenične struje kratkog spoja
- I_a - istosmjerna komponenta struje kratkog spoja

To znači da nema velike razlike u početnoj i trajnoj struji kratkog spoja.

Za niski napon (električne instalacije) se struja jednopolnoga kratkog spoja (najčešći kratki spoj) može odrediti po izrazu:

$$I_k = \frac{U_0}{Z_s}$$

Gdje je:

- I_k - trajna struja kratkog spoja (A)
- U_0 - fazni napon (V)
- Z_s - impedancija petlje kvara koja obuhvaća fazni vodič, neutralni vodič i izvor (transformator)

$$Z_s = \sqrt{(\Sigma R)^2 + (\Sigma X)^2} \quad (\Omega)$$

Za dinamička naprežanja (npr. između sabirnica u RO) mjerodavna je tzv. udarna struja kratkog spoja koja se određuje po izrazu:

$$I_u = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_k'' \text{ (A)} \quad (I_k \approx I_k'')$$

Faktor "k" određuje se iz dijagrama na osnovu omjera R / X i kreće se od 1 do 2 (što je R manji to je k veći). I_u je najčešće do $2,5 I_k$.

Posljedice kratkog spoja su velika dinamička i termička naprežanja koja često oštećuju dijelove instalacija. Kratki spoj može prouzročiti požar i time ugroziti život potrošača te prouzročiti vrlo velike gospodarske štete.

Za zaštitu od preopterećenja i kratkih spojeva u električnim instalacijama upotrebljavamo **nadstrujnu zaštitu** i to najčešće* :

- **niskonaponske instalacijske osigurače tipa D i DO**
- **niskonaponske osigurače velike prekidne moći (NH)**
- **instalacijske prekidače (automatski osigurači)**
- **zaštitne sklopke i prekidače**
- **sklopnike s bimetalnim relejima (za preopterećenje)**

* (ponekad i VN osigurače te razne specijalne osigurače i sklopke)

Pitanja i zadaci!

1. Objasnite pojmove preopterećenje i kratki spoj.
2. Navedite neke uzroke nastanka preopterećenja.
3. Opišite posljedice preopterećenja i kratkog spoja.
4. Što označava pojam nestanak izolacije? Što je uzrok nestanka izolacije?
5. Kolike su struje kratkih spojeva? Kako vodovi utječu na struju kratkog spoja? Objasnite.
6. Što označava pojam udarna struja kratkog spoja I_u ?
7. Koje posljedice može prouzročiti I_u ? Kolika je približna I_u ?
8. Koje su posljedice trajne struje kratkog spoja I_k ?
9. Napišite izraz za određivanje struje jednopolnog kratkog spoja u električnim instalacijama.
10. Objasnite pojam nadstrujna zaštita.
11. Nabrojite naprave koje najčešće upotrebljavamo za zaštitu od kratkog spoja i preopterećenja u električnim instalacijama.
12. Na koje sve načine kratki spoj ugrožava potrošača (čovjeka)?

17. 3. Niskonaponski rastalni (topljivi) osigurači

Rastalni osigurač je sklopni aparat koji taljenjem jednog ili više topljivih vodiča prekida strujni krug u kojem se nalazi. Uvjet prekidanja struje je da ona dovoljno dugo prelazi određenu vrijednost. Rastalno vrijeme (približno je to vrijeme prekidanja ako se zanemari trajanje električnog luka) osigurača ovisno je o prekoračenju nazivne struje topljivog umetka (rastalnog uložka ili patrona) te se određuje iz njegove isklopne karakteristike ("t - I" karakteristika ili karakteristika djelovanja).

Karakteristiku djelovanja proizvođač je dužan zakonski priložiti uz osigurač. Osigurači čije je vrijeme djelovanja ispod 5 ms (slijedi iz $f = 50$ Hz) prekidaju struju kratkog spoja već u njezinom porastu. S time se smanjuju dinamička i termička naprežanja iza osigurača te povećava trajnost i sigurnost električne instalacije.

Aktivni dio rastalnog osigurača je **topljivi umetak (uložak ili patrona)** koji je izrađen tako da se može zamjenjivati unutar određenog osiguračkog sustava.

Najčešći osigurački sustavi su:

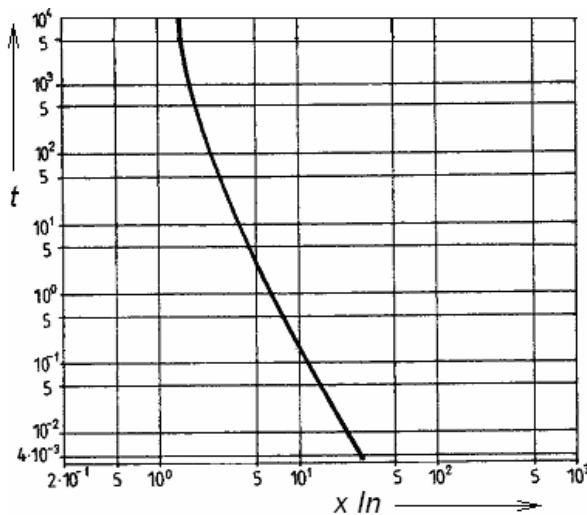
- **D osigurački sustav,**
- **DO osigurački sustav i**
- **NH osigurački sustav.**

Već smo prije spomenuli da se isklonno vrijeme osigurača (topljivog umetka) određuje iz "t - I" karakteristike. To vrijeme mora biti prilagođeno zahtjevima šticećenog vodiča ili naprave. Zbog toga se zahtijevana svojstva topljivih umetaka određuju pomoću tzv. **FUNKCIJSKOG i POGONSKOG RAZREDA (klase)**.

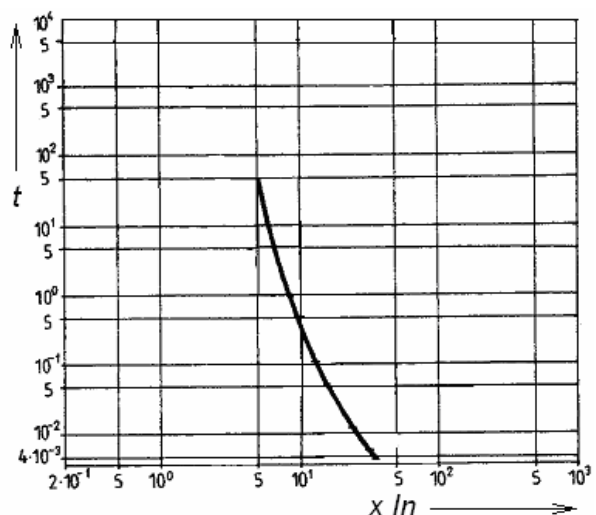
Tablica 17. 4. Područja primjene rastalnih osigurača

Funkcijska klasa	Vrsta šticećenih naprava	Pogonska klasa
<p>g: osigurači za cijeli opseg, mogu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • trajno provoditi nazivnu struju • isklapa struje od najmanje rastalne do nazivne vrijednosti isklonpne (prekidne) moći (I_i) <p>a: osigurači za djelomični opseg, mogu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • trajno provoditi nazivnu struju • isklapa struje iznad određenog višekratnika svoje nazivne struje ($k \times I_n$) do nazivne vrijednosti prekidne moći 	<p>L ili G*: za opću upotrebu, posebno za zaštitu vodova i kabela</p> <p>M: zaštita elektromotora, sklopnih aparata</p> <p>R: zaštita poluvodičkih elemenata</p> <p>B: zaštita u rudnicima</p>	<p>gL = gG*: za opću upotrebu s cijelim opsegom zaštite</p> <p>aM: djelomični opseg zaštite elektromotornih pogona</p> <p>aR: djelomični opseg zaštite poluvodiča</p> <p>gR: cijeli opseg zaštite poluvodiča</p> <p>gB: cijeli opseg zaštite rudarskih pogona</p>

*Umjesto L u nekim državama imamo G, npr. umjesto gL imamo oznaku gG



Topljivi umetak tipa "g"



Topljivi umetak tipa "a"

Slika 17.3 "t - I" karakteristike rastalnih osigurača

Na dijagramu (slika 17.3) je prikazan opći oblik "t - I" karakteristike topljivih umetaka funkcijske klase "g" i "a".

Kod upotrebe rastalnih uložaka tipa "a" moramo za zaštitu od preopterećenja upotrijebiti neki drugi zaštitni organ (oni štite samo od kratkog spoja).

U praksi se još često upotrebljavaju pojmovi brzi (normalni) i tromi osigurači sa sljedećim karakteristikama:

- **brzi, $t < 1$ s, $I_a \approx (3-5) I_n$**
- **tromi, označen simbolom tromosti - puž, $t \leq 5$ s, $I_a \approx 5 I_n$**

Osnovni podaci topljivih umetaka:

- **nazivna struja (I_n)**
- **nazivni napon (U_n)**
- **nazivna isklopna (prekidna) moć (I_i)**
- **vremensko - strujna karakteristika ($t-I$)**
- **Joulov integral ($I^2 \times t$)**

Nazivne struje su normirane i iznose:

2, 4, 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 32 (35), 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 i 1250 A.

Za izmjenične napone normirane su sljedeće vrijednosti:

220 (230), 380 (400), 500 i 660 (690)* V.

* U zagradama su navedene vrijednosti prema IEC-e normi koje preuzimamo (ili smo preuzeli) i u Hrvatskoj.

Nazivna prekidna moć je efektivna vrijednost struje koju (s obzirom na napon i faktor snage) sklopni aparat isklapa bez lučnog efekta među kontaktima. Standardom su određene minimalne prekidne moći pojedinih tipova topljivih umetaka.

Joulov integral je vrijednost kvadrata struje za određeni vremenski interval ($I^2 \times t$) te predstavlja mjeru za količinu energije koja prođe kroz osigurač i štice napravu. Na osnovu minimalne vrijednosti ($I^2 \times t$) potrebne za taljenje topljivih vodiča u umetku određujemo prikladnost patrone u odnosu na štice napravu.

Rastalni osigurači još se dijele i prema načinu izvedbe i primjene na:

- **tip D** - zaštićeni su od direktnog dodira te je dozvoljena zamjena patrone i priučenim osobama (BA4)
- **tip NV** - nisu zaštićeni od direktnog dodira, a moguća je i zamjena topljivih umetaka različitih nazivnih vrijednosti - zamjena patrona dozvoljena je samo osposobljenim osobama (BA5)

Prednosti rastalnih osigurača:

- velika prekidna moć
- velika brzina djelovanja
- niska cijena
- jednostavna izvedba

Nedostaci rastalnih osigurača:

- samo za jednokratnu upotrebu
- prekidaju samo jednopolno
- nisu primjereni za uklapanje pod teretom
- prekid signaliziraju samo optički
- ne omogućuju blokade
- rad s njima nije dovoljno siguran

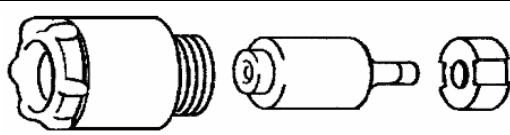
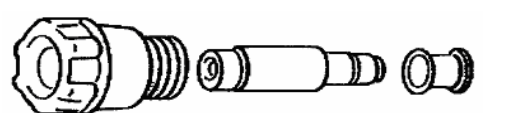
17. 3. 1. Osigurački sustav D i DO

Rastalne (topljive) osigurače tipa D (diazed) i DO (neozed) najčešće nazivamo instalacijskim osiguračima. Radi se zapravo o istom tipu osigurača, osim što DO sustav ima manje dimenzije i manje se grije, tj. ima manje gubitke.

Dijelovi (tablica 17. 5.):

- **osnova (podnožje)**
- **kapa (glava)**
- **topljivi umetak (patrona)**
- **kalibarski prsten**

Tablica 17. 5. Osnovni podaci D i DO osigurača

Naziv	Nazivne struje i naponi	Prekidna moć	Prikaz (osim osnove)
D - sustav (diazed)	2-100 A (200), 500 V ~, a u posebnim izvedbama i 660, 690, 750 i 900V	Do 50 kA ~ i do 8 kA —	
DO - sustav (neozed)	2 - 100 A, 400 V ~ i 250 V —	Do 50 kA ~ i do 8 kA —	

Tablica 17. 6. Znaci raspoznavanja topljivih osigurača

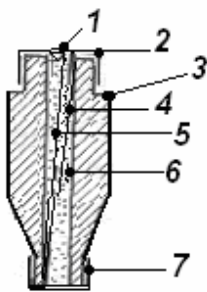

Patrona i kalibarski prsten		Nazivna struja osnove (A)	Veličina i oznaka navoja	
Nazivna struja (A)	Boja za raspoznavanje		Diazed	Neozed
2*	ružičasta	25	D II (E 27)	DO 1 (E 14)
4*	smeđa			
6	zelena			
10	crvena			
16	siva			
20	plava			
25	žuta			
35	crna	63	D III (E 33)	DO 2 (E 18)
50	bijela			
63	bakrena			
80	srebrna	100	D IV (R 1 1/4")	DO 3 (M 30x2)
100	crvena			

* 2 i 4 A samo za slabu struju

Tip D izrađuje se i za struje 125, 160 i 200 A, a osnova im je D V (navoj R 2"), ali se takve izvedbe ne preporučuju. Osim toga, mnogo je proizvođača prestalo s proizvodnjom instalacijskih topljivih osigurača iznad 63 A.

Rastalne niti (trake) obično su iz posebne bakrene slitine oblikovane tako da se dobije odgovarajuća isklonpa karakteristika ("t-I").

Tablica 17. 7. Opis i podaci topljivog umetka - patrone (aktivni dio instalacijskog osigurača)

Skica i dijelovi	Izgled - primjer	Podaci - primjer
<p>1 - indikator pregaranja 2 - gornji kontakt (metalna kapica) 3 - keramičko tijelo 4 - rastalna nit 5 - žica indikatora 6 - kremeni pijesak 7 - donji kontakt</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • za navoj E 33 (D III) • nazivni napon: 500 V • kategorija uporabe: gG - gL • klasa izolacije C • prekidna moć: 50 kA ~, 8 kA --

Osnove rastalnih osigurača izrađuju proizvođači u raznim izvedbama, npr:

- tip **TZ**, za priključak odostraga (starija izvedba)
- tip **EZ, EZN, EZR, UZ**, za priključak s prednje strane (UZ je starije izvedbe)
- tip **FZ**, za vanjsku montažu (npr. za montažu na stupove nadzemnih vodova)

Najčešći su tipovi EZN i EZR jer se najlakše montiraju (EZN na nosive profile, a EZR na posebne strujne sabirnice).

Tablica 17. 8. Osnove instalacijskih osigurača tipa D

OSNOVA EZ • za priključivanje s prednje strane	OSNOVA TZ • za priključivanje sa stražnje strane	OSNOVA UZ • za priključivanje s prednje strane - oklopljen
		

Osnove topljivih osigurača tipa D i DO moraju biti povezane tako da središnji kontakt bude spojen s napojnom (dolazni vod) stranom.

17. 3. 2. Osigurački sustav NH

Povećavanjem snaga električnih instalacija (posebno u industrijskim pogonima) povećava se i snaga električnih mreža, a time i struje kratkih spojeva. Također se pokazala potreba za osiguračima nazivnih struja preko 200 A. U tu svrhu su proizvođači, s posebnom konstrukcijom, razvili osigurače koji, zahvaljujući prije svega boljem hlađenju, imaju veće prekidne moći, ali i veće nazivne struje.

Ove osigurače nazivamo **osiguračima velike prekidne moći ili visokoučinskim osiguračima**.

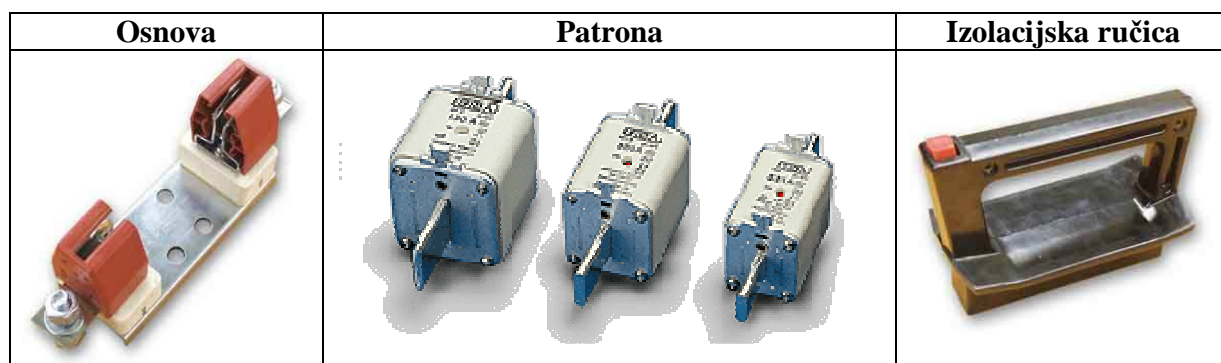
NH osigurači izrađuju se za nazivne struje do 1250 A i napone 500, 660, (690) V ~ i 440 V --. Prekidna moć im je preko 100 kA.

Dijelovi NH osigurača:

- **osnova (podnožje)**
- **topljivi umetak (patrona)**

U pribor NH osigurača spada **izolacijska ručica** koja služi za stavljanje i skidanje patrone.

Tablica 17. 9. Dijelovi NH osigurača



Tablica 17. 10. Osnovni podaci NH osigurača

Oznaka veličine	Nazivna struja osnove (A)	Nazivna struja patrone (A)	Dopušteni gubitak snage (W)		Nazivni presjek vodiča	
			500 V ~	660 V ~	mm ² (min)	mm ² (max)
00	100	35 - 100	7,5	9	16	50
0	160	35 - 160	16	19	35	95
1	250	80 - 250	23	28	70	150
2	400	125 - 400	34	41	150	300
3	630	315 - 630	48	58	2 x (40 x 5)	
4	1000	500 - 1000	90	90	2 x (60 x 5)	
4a	1250	500 - 1250	110	110	2 x (80 x 5)	

Neki proizvođači izrađuju patrone (za tip 00 i 0) već od 2A na više.

Rastalni uložak (patrona) im je kvadratičnog oblika, te može biti tipa "g" i tipa "a" (npr. gL, aR). Patrona ima na sebi indikator "pregaranja" koji je najčešće crvene boje.

Kako se na krajevima patrone nalaze bakreni kontakti u obliku noževa, to se ovi osigurači često nazivaju i **nožasti osigurači**.

Ovi se osigurači prvenstveno upotrebljavaju u NN distribucijskim mrežama i postrojenjima, industrijskim instalacijama, kao glavni osigurači u manjim instalacijama, itd.

17. 3. 3. Visokonaponski osigurači

Visokonaponski (srednjenaponski) osigurači koriste se kao zaštitni uređaji u razvodnim postrojenjima srednjeg napona (do 35 kV). Mogu se koristiti za zaštitu distributivnih transformatora, visokonaponskih motora, visokonaponskih kondenzatora, naponskih transformatora, kabela, kako u zatvorenim postrojenjima, otvorenim postrojenjima, tako i u raznim klimatskim uvjetima.



Slika 17.4
Serijski visokonaponskih osigurača tipa HH

Pitanja i zadaci!

1. Opišite princip rada rastalnih (topljivih) osigurača.
2. Nabrojite osiguračke sustave niskog napona.
3. Što nam prikazuje "t - I" karakteristika osigurača? Nacrtajte opći oblik te karakteristike za rastalni osigurač.
4. Opišite razliku između patrone tipa "a" i "g". Što označavaju pojmovi brzi i tromi osigurač?
5. Nabrojite osnovne podatke topljivih umetaka (patrona).
6. Smiju li priučene osobe zamjenjivati patrone osigurača tipa NV? Zašto?
7. Nabrojite prednosti i nedostatke rastalnih osigurača.
8. Opišite D i DO osigurački sustav. Čemu služi kalibarski prsten?
9. Prepoznajte nazivne struje patrona osigurača prema bojama: zelena, crvena siva, plava, žuta, crna, bijela, bakrena i srebrna.
10. Za koje nazivne struje se izrađuju osnove D osigurača i kako se označuju?
11. Opišite patronu D osigurača. Iz čega je u pravilu topljiva nit (ili traka).
12. Po čemu možemo prepoznati da je rastalna nit "pregorjela"? Smijemo li staviti drugu nit?
13. Kakve su to EZN i EZR osnove osigurača?
14. Kako se pravilno spajaju vodiči na osnovu osigurača?
15. Objasnite osnovne razlike između instalacijskih (D i DO) i NH osigurača.
16. Navedite gdje je potrebno upotrijebiti NH osigurače i zašto.
17. Opišite dijelove NH osigurača. Što označava pojam nožasti osigurač?
18. Gdje se upotrebljavaju visokonaponski osigurači?

17. 4. Instalacijski prekidači

Instalacijski prekidači su sklopni aparati za zaštitu vodova i na njih priključenih naprava od preopterećenja i kratkih spojeva. U praksi ih nazivamo **automatski instalacijski prekidači - AIP, a često i automatski osigurači**. Izrađuju se u jednopolnoj, dvopolnoj i trolpolnoj izvedbi. Imaju ugrađen elektromagnetski i (ili) bimetalni okidač.

Okidač je naprava koja je mehanički povezana sa sklopnim mehanizmom, te oslobađa energiju potrebnu za otvaranje kontakata.

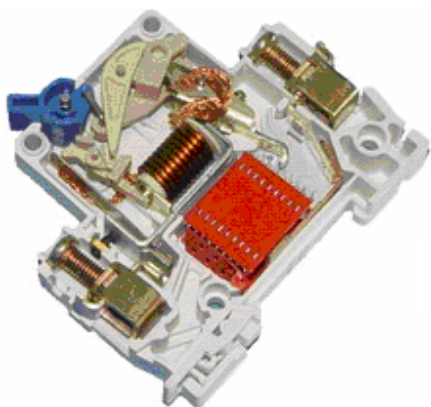
Djelovanje elektromagnetskog okidača prouzrokuje magnetsko polje svitka, dok bimetalni okidač djeluje na osnovu bimetalne trake koja se savija zbog povišene temperature.



Slika 17.5 Instalacijski prekidač - AIP

a) Montiran na šinu

- a)
- Karakteristike isklapanja: B i C
 - Temperatura okoline za zaštitne karakteristike: 40°C
 - Nazivni napon: 230/400 V ~ AC
 - Nazivna struja: 2,4,6,10,16,20,25,32,40, 50 i 63 A
 - Prekidna moć: 10 kA
 - Ugrađuje se na nosač DIN EN 50 022 širine 35 mm
 - Priključne stezaljke:
 - dovod: 1-25 mm²
 - odvod: 1-16 mm²
 - Klasa selektivnosti 3
 - Električni vijek trajanja: 6000 operacija
 - Mehanički vijek trajanja: 20000 operacija
- b)
- Kućište i dijelovi su od izolacijskog materijala koji je otporan na udarce i nije zapaljiv.



b) Konstrukcijska izvedba instalacijskog prekidača

Upotrebljavamo ih za zaštitu strujnih krugova rasvjete, utičnica, bojlera, štednjaka, itd. te u regulacijskim i mjernim napravama u industriji. Izrađuju se za nazivne struje od 6 do 125 A i prekidne moći 3, 6 i 10 kA. Ako se očekuju veće struje kratkih spojeva moramo ispred njih ugraditi odgovarajuće topljive (rastalne) osigurače.

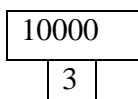
Instalacijske prekidače proizvođači izrađuju u tri izvedbe:

- **B izvedba** - elektromagnetski okidač mora reagirati unutar **(3-5)×In**, primjereni za zaštitu vodova i kabela
- **C izvedba** - elektromagnetski okidač mora reagirati unutar **(5-10)×In**, osim za zaštitu vodova i kabela pogodni su za aparate koji pri uključivanju povuku veću struju (motori, veće skupine žarulja, najčešće u primjeni)
- **D (K) izvedba** - reagira unutar **(10-20)×In**, pogodan za naprave koje izazivaju posebno velike strujne udarce npr. transformatori, magnetski ventili, veće kapacitivnosti i dr.

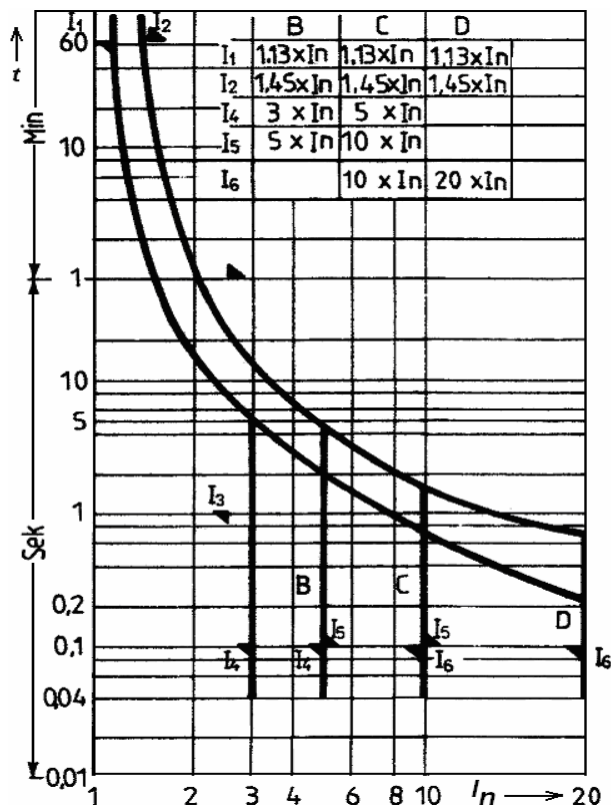
Bimetalni okidač je u tvornici tako podešen da prema određenim propisima reagira unutar (1,13 - 1,45) × In.

Selektivnost instalacijskih prekidača je vrlo velika pa se prema DIN VDE normama svrstavaju u tzv. treću klasu. Naime, selektivnost postižemo tako da zaštitni organ koji je bliže mjestu kvara ima manju toplinsku vrijednost (tzv. $I^2 \times t$). Prema njemačkim propisima zaštitni organi dijele se u tri klase, s time da treća klasa ima najnižu toplinsku vrijednost. Oznaka klase nalazi se na zaštitnom organu.

Primjer:



Kada su instalacijski prekidači opremljeni pomoćnim kontaktima, vrlo ih često upotrebljavamo u upravljačkim strujnim krugovima. Kod izvedbe za istosmjerni napon 220 ili 440 V moramo paziti na polaritet kod spajanja jer bi se inače mogli uništiti!



Slika 17.6
Isklopne karakteristike (t-I)
instalacijskih prekidača B, C i D
(K) tipa

U odnosu na instalacijske osigurače, instalacijski prekidači imaju određene prednosti, ali i nedostatke.

Prednosti su što ne treba mijenjati topljivi umetak, ima manje dimenzije, lako se montira, može služiti i za zaštitu od preopterećenja i kratkog spoja, vrijeme prekidanja veoma je kratko, a povremeno može zamijeniti i ulogu sklopke.

Nedostaci su manja prekidna moć i viša cijena.

Pitanja i zadaci!

- Opišite automatski instalacijski prekidač (AIP). Opišite princip rada te navedite osnovne podatke; nazivne struje, napone i prekidnu moć.
- Uz pomoć dijagrama opišite razlike između B, C i D (K) izvedbe instalacijskih prekidača.
- Kako je podešen bimetal instalacijskog prekidača?
- U koju je klasu svrstan AIP po selektivnosti? Što znači selektivnost?
- Uz pomoć slike nabrojite (i pokažite) osnovne dijelove instalacijskog prekidača.
- Ako instalacijski prekidač ima ugrađen samo elektromagnetski okidač, za koju zaštitu nije prikladan i zašto?
- Zašto AIP B tipa nije prikladan za zaštitu motora? Objasnite.
- Nabrojite prednosti i nedostatke AIP u odnosu na rastalne osigurače.
- Koje izvedbe AIP-a najčešće srećemo u praksi?
- Nacrtajte "t -I" karakteristike AIP B, C i D tipa.

17. 5. Kombinacija bimetalnog releja i sklopnika

Osnovni princip zaštite od preopterećenja je da zaštitni uređaj prekine struju preopterećenja prije nego temperature prijedu dopuštene granice. Sklopnik u kombinaciji s bimetalnim relejem također omogućuje takvu zaštitu. Naime sklopnici, osim normalnih pogonskih struja, mogu isklapati i struje preopterećenja. Manji sklopnici su tako konstruirani da se bimetalni relej (odgovarajuće izvedbe) može priključiti direktno na sklopnik.



Slika 17.7
Bimetalni relej za direktni priključak na sklopnik,
s mogućnošću podešavanja strujnog opterećenja, npr.
10 - 16 A.

Ovakva zaštita od preopterećenja posebno je prikladna za elektromotore.

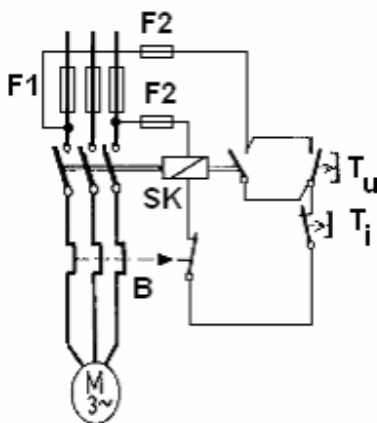
U praksi se strujna preopterećenja motora najčešće pojavljuju zbog:

- pre niskog ili previsokog napona
- preopterećenja radnog stroja ili blokade rotora
- smanjenja frekvencije
- prečestog uklapanja
- ispada jedne faze

Primjer!

Ako dođe do pregaranja jednog osigurača (ili nestanka napona jedne faze), motor dalje radi dvofazno, struje u druge dvije faze porastu za cca 25 % te ako to stanje potraje dulje, namot motora će pregorjeti ako nema drugog načina zaštite.

Kod pojave preopterećenja sklopnik, na impuls bimetalnog releja, na vrijeme isklapa motor. Shema spajanja bimetalnog releja i sklopnika za upravljanje i zaštitu motora prikazana je na slici 17.8.



Slika 17.8 Shema spajanja bimetalnog releja i sklopnika

SK - sklopnik

F1 - osigurači glavnoga strujnog kruga

F2 - osigurači pomoćnoga strujnog kruga

B - bimetalni relej

Tu - tipkalo za uključivanje

Ti - tipkalo za isključivanje

Sklopnici koji se uklapaju tipkalom omogućuju da motor, kojeg je zaštita iskopčala s mreže, ne može sam krenuti nakon nestanka uzroka koji je izazvao iskapčanje, nego se motor mora ponovo ručno ukopčati pritiskom na tipkalo. Ako je upravljanje sklopnikom izvedeno s grebenastom sklopkom (trajni kontakt), tada se bimetalni relej spaja tako da u slučaju isključenja motora ne

postoji mogućnost samostalnog uklapanja. U tu svrhu relej ima ugrađeno posebno tipkalo za deblokadu.

Bimetalni releji podešavaju se u pravilu na vrijednost nazivne struje motora. Ovisno o duljini trajanja zaleta, oni moraju omogućiti nesmetani zalet motora.

Za zaštitu od kratkog spoja potrebno je ispred sklopnika dodati tzv. "trome" osigurače.

Prema propisima bimetalni releji bi trebali iskllopiti u sljedećim vremenima:

- $I_n \times 1,05$; najranije za 2 sata računajući iz hladnog stanja
- $I_n \times 1,20$; u vremenu od 2 sata računajući iz toplog (pogonskog) stanja
- $I_n \times 1,50$; u vremenu do 2 minute računajući iz toplog (pogonskog) stanja ($t_i = 1 - 2$ min)
- $I_n \times 6,00$; u vremenu od 2 sekunde za brzi tip ili 5 sekundi za tromi tip, računajući iz hladnog stanja

Pitanja i zadaci!

1. Zbog čega najčešće dolazi do preopterećenja motora?
2. Kako to da i sklopnik možemo upotrijebiti za zaštitu od preopterećenja? Zašto je potreban i bimetalni relej?
3. Što se događa ako u radu trofaznog motora nestane napon jedne faze?
4. Opišite shemu na slici 17.7. Pokušajte je sami nacrtati, ali tako da dodate zaštitni vodič i upravljanje sklopnikom izvedete naponom 230 V (dodajte N vodič i PE vodič).
5. Kada mora bimetalni relej imati blokadu? Zašto?
6. Na koju struju u pravilu podešavamo bimetalni relej? Što često naprave priučene osobe u praksi kada bimetal "izbaci" motor iz pogona? Što bi se moglo dogoditi u takvom slučaju?
7. Objasnite kako bismo provjerili ispravnost bimetalnog releja ako je podešen na 4,5 A.

18. NADSTRUJNA ZAŠTITA VODOVA I KABELA - IZBOR ZAŠTITNIH UREĐAJA

Nadstrujna zaštita općenito obuhvaća zaštitu od preopterećenja i kratkih spojeva. U većini slučajeva istodobno su potrebne obje zaštite. U ovom ćemo poglavlju opisati kriterije za zaštitu vodova od preopterećenja i kratkih spojeva (treba reći da veći uređaji u pravilu imaju vlastitu zaštitu). Izbor se radi prema odvojenim kriterijima.

18. 1. Zaštita od preopterećenja

Za provjeru zaštite od preopterećenja potrebno je provjeriti koordinaciju između referentnih vrijednosti izoliranih vodiča i karakteristika zaštitnog uređaja u skladu s dva osnovna uvjeta:

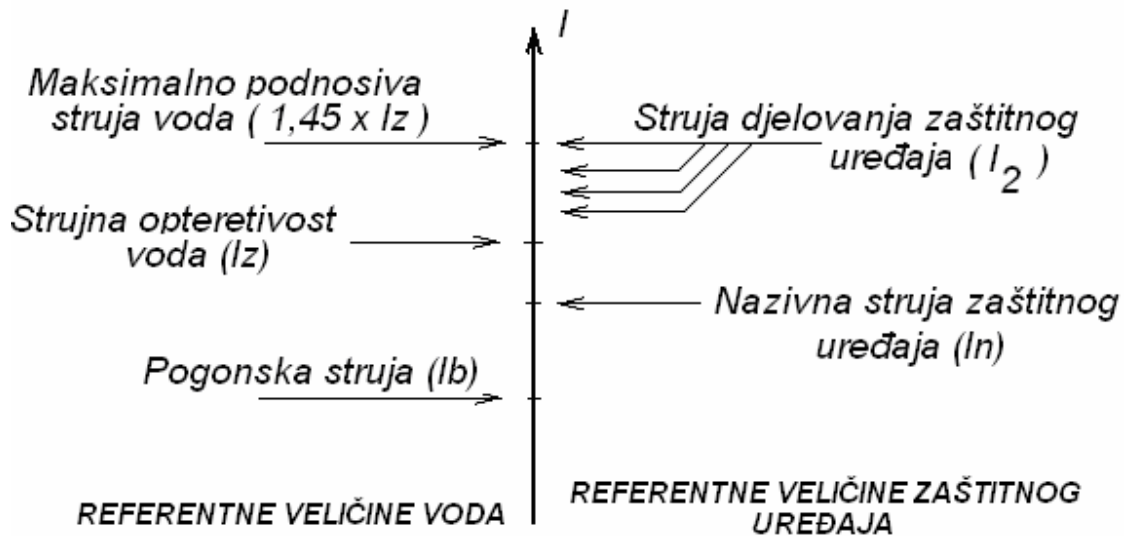
$$1. \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$2. \quad I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

gdje je:

- I_b - pogonska struja za koju je strujni krug projektiran
- I_n - nazivna struja zaštitnog uređaja
- I_z - trajno podnosiva struja vodiča ili kabela (HRN N.B2.752 ili iz odgovarajuće tablice)

- I_2 - struja djelovanja zaštitnog uređaja, odnosno struja kod koje će zaštitni sigurno isključiti strujni krug (za osigurače tipa gL-gG naziva se velika ispitna struja)



Slika 18.1 Prikaz koordinacije između referentnih vrijednosti voda i karakteristika zaštitnog uređaja

Zbog provjere navedenih uvjeta svaka instalacija mora biti opremljena rastalnim krivuljama ugrađenih osigurača, te isklonim strujama primijenjenih prekidača.

Ako su oba uvjeta ispunjena, a zaštita od preopterećenja dobro izabrana, tada se može konstatirati ispravno stanje.

Ovdje treba istaknuti da rastalni osigurači ne pružaju uvijek potpunu zaštitu od preopterećenja, a pogotovo kod dugotrajnih malih preopterećenja i kada je nazivna struja osigurača I_n veoma blizu veličini trajno dopuštene struje vodiča I_z (vidi poželjne odnose u tablici 18. 1.).

18. 2. Zaštita od kratkog spoja

Ispravno odabran i dobro podešeni zaštitni uređaj od kratkog spoja mora prekinuti strujni krug unutar vremena u kojem vodič ne dostigne dopuštenu granicu temperature.

Za kratke spojeve koji traju do 5 sekundi (5 s je maksimalno dozvoljeno vrijeme) se vrijeme t , u kojem stvarna struja kratkog spoja postiže temperaturu vodiča i to od najniže dopuštene temperature u normalnom radu do granične temperature, izračunava približno prema izrazu:

$$\sqrt{t} = k \cdot \frac{S}{I_k}^*$$

* (prema novijim normama se za vremena ispod 0,1 s primjenjuje izraz: $k^2 \cdot S^2 > I^2 \cdot t$; gdje je za gL-gG patrone nazivne struje 16 A; $I^2 \cdot t = 1000 \text{ A}^2\text{s}$; 20 A; 1800 A^2s ; itd.)

pri čemu je:

- I_k - efektivna vrijednost stvarne struje kratkog spoja (A)
- t - trajanje kratkog spoja u sekundama
- S - presjek vodiča u mm^2
- k - faktor ovisan o vrsti voda

Faktor k:

- 115 za bakrene vodiče s PVC izolacijom *

- 135 za bakrene vodiče s gumom, butilnom gumom, umreženim polietilenom i etilen-propilenom
- 74 za aluminijske vodove s PVC izolacijom
- 87 za aluminijske vodove s gumom, butilnom gumom, umreženim polietilenom i etil-propilenom
- 115 za spojeve bakrenih vodiča lemljenih kositrenim lemom za $T_d = 160^\circ\text{C}$.

* Najčešći u praksi

Za ispravan odabir zaštitnog uređaja od kratkog spoja, vrijeme isklapanja zaštitnog uređaja od kratkog spoja (t_{iz}), kojeg pobuđuje stvarna struja kratkog spoja, mora biti jednako ili manje od dopuštenog vremena (t) izračunanog prema prije navedenom izrazu.

Drugim riječima, mora biti ispunjen uvjet: $t_{iz} \leq t$

Vrijeme t_{iz} dobiva se iz karakteristika djelovanja zaštitnog uređaja (t/I) uz poznatu minimalnu struju kratkog spoja. Ako nisu dostupni podaci o minimalnoj struji kratkog spoja iz proračuna kratkog spoja, vrijednost stvarne struje kratkog spoja može se dobiti mjerenjem impedancije petlje kvara Z_s između faznog i neutralnog vodiča u određenom strujnom krugu. Nakon provedenog mjerenja stvarna struja kratkog spoja izračunava se prema izrazu:

$$I_k = U_0 / Z_s \quad (U_0 \text{ je fazni napon})$$

Minimalnu struju kratkog spoja određujemo prema izrazu:

$$I_{km} = 0,8 \cdot I_k$$

18. 3. Provjera izbora zaštitnih uređaja

18. 3. 1. Provjera zaštite vodova od preopterećenja

Postupak provjere zaštite od preopterećenja sastoji se od sljedećih radnji:

1. Utvrđivanje osnovnih podataka vodiča

Na početku provjere mora se ustanoviti:

- presjek vodiča i vrstu njegove izolacije S (mm^2)
- način polaganja vodiča
- temperatura okoline T ($^\circ\text{C}$)
- očekivana pogonska struja I_b (A)

2. Utvrđivanje podataka zaštitnog uređaja od preopterećenja

Mora se ustanoviti:

- vrsta zaštitnog nadstrujnog uređaja
- nazivna struja uređaja I_n (A)
- karakteristika djelovanja (t / I) zaštitnog uređaja

3. Određivanje trajno dopuštene struje vodiča I_z

Na osnovi podataka o tipu razvoda i načinu polaganja treba odrediti faktore redukcije opterećenja, te izračunati trajno podnosivu struju:

$$I_z = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot I_{z1} \quad (I_{z1} \text{ određujemo iz odgovarajućih tablica})$$

4. Provjera prvog uvjeta ispravnosti

Prema normi HRN N.B2.743 mora biti ispunjen uvjet:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

5. Određivanje struje djelovanja zaštitnog uređaja

Treba utvrditi minimalnu struju pri kojoj će zaštitni uređaj djelovati. Za osigurače su to standardne konvencionalne struje taljenja (prema Tablici 5 iz HRN-a N.E5 206 i HRN-a N.E5 210/1990), pa će se dobiti izraz:

$$I_2 = k_t \cdot I_n$$

Za prekidače s bimetalnom karakteristikom ovaj podatak daje proizvođač (npr kod automatskih osigurača je to 1,13-1,45 x I_n).

Tablica 18. 1. Faktor k_t za osigurače gL-gG (poželjni odnosi između struja)

I_n	I_z/I_n	$k_t = I_2/I_n$
$\leq 10 \text{ A}$	$\geq 1,31$	1,9
16 – 25 A	$\geq 1,21$	1,75
$> 25 \text{ A}$	$\geq 1,10$	1,6

To znači da je za osigurače tipa gL-gG: $I_2 = 1,9 \cdot I_n$ (ili $1,75 \cdot I_n$ odnosno $1,6 \cdot I_n$)

6. Provjera drugog uvjeta ispravnosti

Mora biti ispunjen uvjet:

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

7. Zaključak

Primjer provjere zaštite!

1. Električna pećnica štednjaka pri naponu 230V i snage 2,3 kW napaja se preko bakrenog vodiča 3x2,5mm² s PVC izolacijom i postavljenim u cijevi. Strujni krug štićen je normalnim (brzim) osiguračem tipa D.

Podaci o vodiču:

- presjek 3x2,5mm² / bakar
- izolacija PVC
- vodič u cijevi (u zidu)
- temperatura okoline do 30°C
- pogonska struja $I_b = 2300/230 = 10\text{A}$

Podaci o zaštitnom uređaju:

- brzi osigurač tipa D(gL), proizvođač Izlaka
- nazivna struja uložka: $I_n = 20\text{A}$
- prilog t/I karakteristika

Određivanje najveće dopuštene struje vodiča I_z :

- $I_z = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot I_{z1}$ (K_1 -način polaganja, K_2 -broj vodova, K_3 -temp. okoline, I_{z1} dopuštena struja kroz vodič pri normalnim uvjetima, npr. pri 30 °C ; vidi dimenzioniranje vodova)
- $I_z = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 24 = 24 \text{ A}$

Prvi uvjet provjere zaštite:

- $I_b \leq I_n \leq I_z$
- 10 A < 20 A < 24 A je ispunjen

Određivanje isklopne struje I_2 :

- $I_2 = 1,75 \cdot I_n$ (HRN N. E2. 206, tablica 18. 1.)

$$- I_2 = 1,75 \cdot 20 = 35 \text{ A}$$

Drugi uvjet zaštite:

$$- I_2 \leq 1,45 \cdot I_z = 1,45 \cdot 24 = 34,8 \text{ A}$$

- $35 \text{ A} > 34,8 \text{ A}$ nije ispunjen

Zaključak:

Zaštita od preopterećenja nije osigurana. Potrebno je povećati presjek vodiča ili postaviti osigurač od 16 A.

18. 3. 2. Provjera zaštite vodova od kratkog spoja

Cijeli postupak provjere sastoji se od sljedećih radnji:

1. Utvrđivanje osnovnih podataka vodiča

Na početku provjere mora se ustanoviti:

- presjek vodiča S (mm^2) i materijal vodiča
- vrsta izolacije vodiča
- konstanta " k " prema članku 5.3.2. norme HRN N.B2.743

2. Utvrđivanje podataka zaštitnog uređaja od kratkog spoja

Treba se ustanoviti:

- vrsta zaštitnog nadstrujnog uređaja
- nazivna struja zaštitnog uređaja I_n (A)
- karakteristika djelovanja " t/I " zaštitnog uređaja

3. Mjerenje impedancije petlje kratkog spoja

Prema jednoj od metoda u dotičnom strujnom krugu treba izmjeriti impedanciju petlje kratkog spoja Z_s između faznog i neutralnog vodiča.

Ako postoji podatak iz proračuna o stvarnoj struji kratkog spoja u dotičnom strujnom krugu, ovo mjerenje nije potrebno.

4. Izračunavanje stvarne struje kratkog spoja I_k

Struja kratkog spoja izračunava se prema izrazu:

$$I_k = U_0 / Z_s$$

5. Dopušteno vrijeme " t " trajanja kratkog spoja izračunava se prema izrazu:

$$t = (k \cdot S / I_k)^2$$

6. Izračunavanje minimalne struje kratkog spoja I_{km}

Ako nije poznat podatak o minimalnoj struji kratkog spoja iz proračuna, tada se struja može približno odrediti prema izrazu:

$$I_{km} = 0,8 \cdot I_k$$

7. Određivanje stvarnog vremena trajanja " t_{iz} " kratkog spoja

Iz karakteristike djelovanja (t/I) zaštitnog uređaja i minimalne struje kratkog spoja valja ustanoviti vrijeme trajanja " t_{iz} " u kojem će zaštitni uređaj isključiti strujni krug.

8. Usporediti vremena isklapanja

Mora biti ispunjen uvjet:

$$t_{iz} \leq t$$

9. Zaključak

Primjer provjere zaštite od kratkog spoja!

1. Prešu za lim pokreće motor 20 kW pri naponu 380/220 V; napaja se pomoću bakrenog vodiča 4 x 10 mm² s PVC izolacijom u cijevi, a strujni krug je štićen brzim osiguračem $I_n = 35$ A.

Utvrđivanje podataka o vodiču

- presjek vodiča 4 x 10 mm²/bakar
- izolacija PVC
- koeficijent "k" = 115

Utvrđivanje podataka o zaštitnom uređaju

- brzi osigurač tipa D (gL), proizvodnja Izlake
- nazivna struja osigurača $I_n = 35$ A
- priložen t/I dijagram

Mjerenje impedancije petlje kvara

Instrumentom Eurotest 61557 izmjerena je impedancija: $Z_s = 0,8 \Omega$

Izračunavanje struje I_k

$$I_k = U_0 / Z_s = 220 / 0,8 = 275 \text{ A}$$

Izračunavanje dopuštenog vremena t

$$t = (k \cdot S / I_k)^2 = (115 \cdot 10 / 275)^2$$

$$t = 17,5 \text{ s}$$

Izračunavanje minimalne struje kratkog spoja I_{km}

$$I_{km} = 0,8 \cdot I_k = 0,8 \cdot 275 = 220 \text{ A}$$

Određivanje vremena " t_{iz} "

Iz dijagrama t/I, za $I_n = 35$ A i vrijednost struje od 220 A, dobiva se: $t_{iz} = 0,6$ s.

Usporedba

$$t_{iz} \leq t$$

$$0,6 \text{ s} < 17,5 \text{ s}$$

Zaključak

Zaštita od kratkog spoja je ispravna.

Pitanja i zadaci!

1. Posljedice neadekvatno odabrane ili podešene zaštite od preopterećenja ili kratkog spoja mogu biti vrlo štetne, pa i izuzetno opasne! U instalaciji vaše kuće ili stana provjerite je li osigurana zaštita od preopterećenja i kratkog spoja u pojedinim strujnim krugovima.

18. 4. Postavljanje uređaja nadstrujne zaštite i selektivnost

Općenito se uređaji za nadstrujnu zaštitu postavljaju:

a) za zaštitu od preopterećenja u svaki strujni krug na njegovom početku ili kod promjene presjeka vodiča ili načina polaganja vodiča (uz neke iznimke, npr. elektromagnetske dizalice).

Zaštita od preopterećenja vodiča i kabela može se izostaviti samo u prostorijama u kojima ne postoji opasnost od požara i eksplozija, i to:

- 1) u strujnim krugovima u kojima nema preopterećenja, grananja ni priključnica;
- 2) u strujnim krugovima telekomunikacija, upravljanja, signalizacije i sl.;
- 3) u vodičima i kablama za spajanje električnih strojeva, pokretača, transformatora, ispravljača, akumulatora, rashladnih postrojenja i sl.

Uređaj za zaštitu od preopterećenja kabela i vodiča ne postavlja se u takve strujne krugove gdje prekid napajanja može značiti opasnost, kao što su pobudni strujni krugovi okretnih strojeva, strujni krugovi za napajanje elektromagnetskih dizalica, strujni krugovi sekundara strujnih transformatora i slično.

U takvim slučajevima mora se predvidjeti alarmni uređaj koji djeluje pri pojavi preopterećenja.

b) za zaštitu od kratkog spoja na početak strujnog kruga i na sva mjesta gdje se smanjuje struja kratkog spoja (također uz neke iznimke, npr. gdje postoji opasnost u slučaju prekida).

Uređaj za zaštitu od kratkog spoja može se izostaviti:

- 1) ako vodiči ili kabele spajaju generatore, transformatore, ispravljače, akumulatorske baterije do pripadajućih razdjelnih blokova i zaštitne uređaje u tim razdjelnim blokovima;
- 2) u strujnim krugovima čije isključenje može izazvati opasnost, kao što su pobudni strujni krugovi okretnih strojeva, strujni krugovi napajanja elektromagnetskih dizalica i strujni krugovi sekundara strujnih transformatora;
- 3) u mjernim strujnim krugovima.

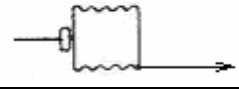
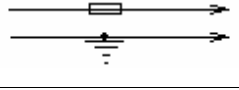

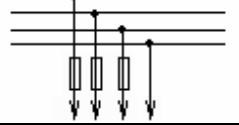
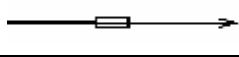
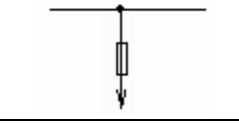
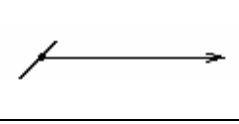
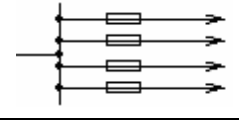
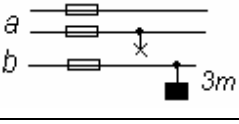
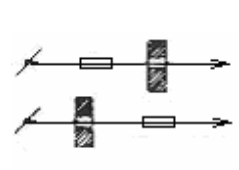
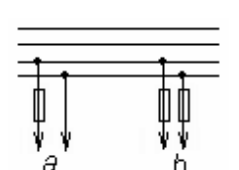
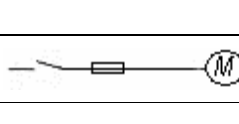
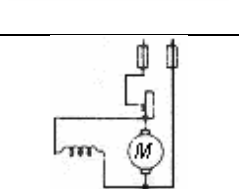
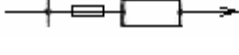
U stambenim i sličnim prostorima većinom se upotrebljavaju jednofazna trošila i strujne krugove uglavnom štitimo samo od kratkog spoja. Za to primjenjujemo instalacijske osigurače i prekidače primjerenih karakteristika. Za trofazna trošila (osim elektromotora) možemo upotrijebiti instalacijske osigurače ili trole polne automatske instalacijske prekidače. Elektromotorne pogone najčešće štitimo s odgovarajućim osiguračima, prekidačima, zaštitnim sklopkama, sklopnicima i bimetalnim relejima. U poslovnim prostorima je zaštita vrlo slična kao i u stambenim prostorima osim što se više upotrebljavaju automatski instalacijski prekidači. U industrijskim objektima strujni krugovi rasvjete većinom se štite rastalnim osiguračima (D i NH izvedbe). Ostali strujni krugovi većinom su trofazne izvedbe i često daljinski upravljani tako da se naročito mnogo upotrebljavaju sklopnici u kombinaciji s raznim drugim zaštitnim uređajima (releji, rastalni osigurači, razni senzori...).

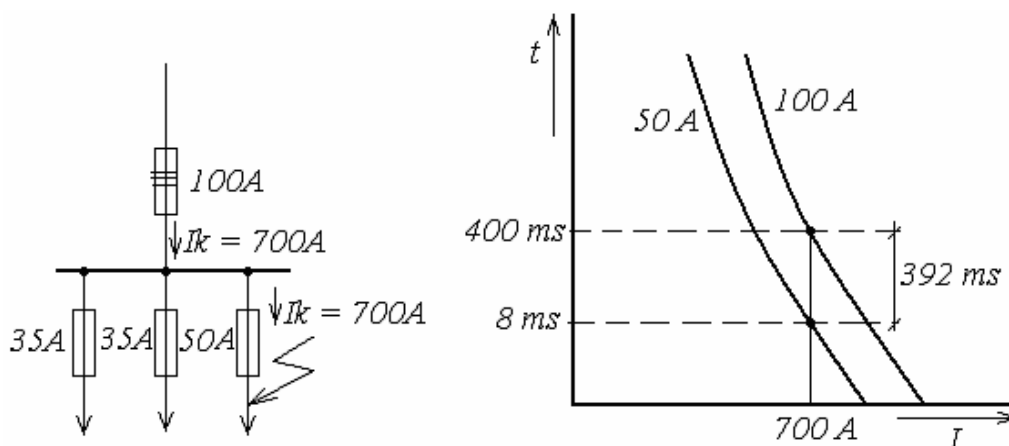
Bez obzira na tip zaštitnog uređaja, sve električne naprave moraju biti štice selektivno. To podrazumijeva da, u slučaju kvara, zaštitni uređaj isklopi samo onaj dio instalacije gdje je nastao kvar. Da bi se ostvarila selektivnost, kod serijski vezanih osigurača (ili drugih zaštitnih uređaja), njihove se isklopne karakteristike ne smiju sjeći niti doticati. Osigurač najbliži aparatu (trošilu) mora imati najniže ležeću karakteristiku (slika 18.2 i 18.3).

Kod izrazito velikih struja kratkih spojeva ni taj uvjet nije dovoljan, već treba provjeriti je li energija taljenja ($I^2 \cdot t$) osigurača bližeg trošilu manja od energije taljenja osigurača prije njega. Taj uvjet je ispunjen ako se zaštitni uređaji povezani jedan za drugim razlikuju za faktor 1,6. To znači da se serijski povezani osigurači moraju razlikovati najmanje za dva strujna područja.

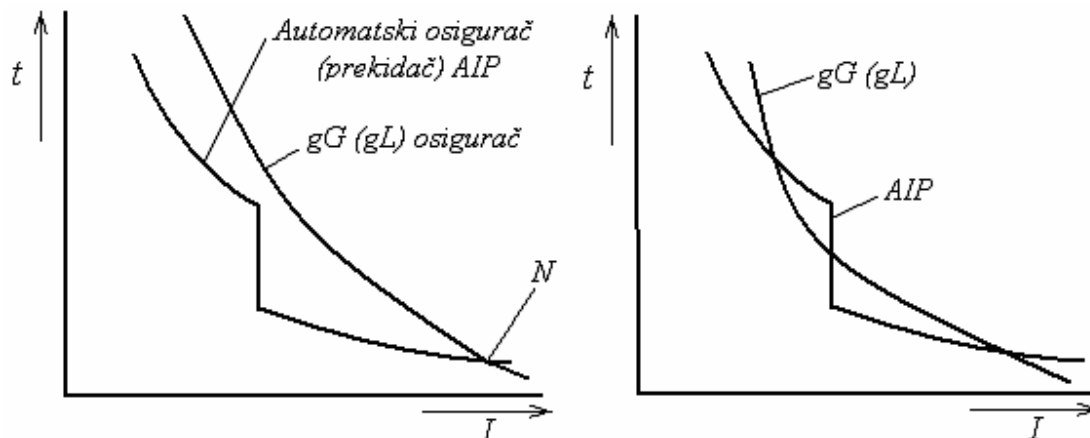
Problem selektivnosti naročito je prisutan ako imamo različite vrste zaštitnih uređaja vezane u seriji. Takav primjer imamo ako su u glavnom razdjelniku automatski instalacijski prekidači, a u podrazdjelnicima rastalni osigurači. Na slici 18.3 su takva dva primjera.

Tablica 18. 2. Primjeri ugradnje (ili ne ugradnje) osigurača

Obvezatno se štiti		Nije potrebno ili se ne smije štiti	
	Trošila se spajaju na navoj osigurača		Vodiči za radno uzemljenje se ne štite
	Na početku svakog neuzemljenog vodiča		Kod višefaznih odcjepa neutralni vodič se ne smije štiti
	Kod promjene presjeka vodiča		
	Kod odcjepa ako je presjek vodiča manji		Neposredno ne treba štiti: odcjpe nadzemnih vodova, odcjpe kabela u zemlji, vodiče u razvodnim ormarima
	Na dostupnim mjestima, po mogućnosti centralizirano		Kod promjene presjeka nije potrebno štiti ako osigurač ujedno štiti i manji presjek ili je odvojak manji od 3 m
	Kod nadzemnih priključaka na početku odcjepa (rijetko) ili kod ulaza u zgradu		Kod jednofaznih odcjepa neutralni vodič se: a) ne štiti ako je drugačije boje od faznog b) štiti ako je iste boje kao i fazni (uzemljenje N vodiča je tada zabranjeno)
	Kod trošila s promjenljivom strujom		Ako prekid predstavlja opasnost, npr.uzbudni krug istosmjernih strojeva se ne smije štiti (pobjeg)
	Kod paralelnih vodova u zajedničkom dovodu		



Slika 18.2 Selektivnost nadstrujne zaštite kod serijski spajanih osigurača - kod struje kratkog spoja od 700 A će 50 A osigurač isklopiti za 8 ms, a 100 A za 400 ms



Slika 18.3 Selektivnost osigurana samo do točke N (lijevo), nazivne vrijednosti osigurača i instalacijskog prekidača nisu dobro odabrane (desno)

Dakle, u principu se ne preporučuje serijsko povezivanje različitih tipova nadstrujnih zaštitnih uređaja, osim ako se ne razlikuju za više strujnih područja (najmanje 2).

Pitanja i zadaci!

1. Gdje općenito treba postaviti uređaje za zaštitu od preopterećenja? Gdje se takva zaštita može izostaviti?
2. Gdje općenito treba postaviti uređaje za zaštitu od kratkog spoja? Gdje se takva zaštita može izostaviti?
3. Koje strujne krugove ne smijemo štiti od preopterećenja i kratkog spoja i zašto? Objasnite.
4. Opišite nadstrujnu zaštitu u kućnoj i industrijskoj instalaciji. Koje elemente upotrebljavamo najčešće?
5. Objasnite pojam selektivnost zaštite. Što to podrazumijeva?
6. Kako se ostvaruje selektivnost nadstrujne zaštite?
7. Na koji je način ostvarena selektivnost prema slici 18.2?
8. Komentirajte primjer prema slici 18.3.
9. U kojem se slučaju odvojak manjeg presjeka ne treba posebno štiti?
10. Ako su osigurači spojeni u seriji na istom vodiču, za koliko strujnih područja se moraju minimalno razlikovati? Zašto?
11. Što je potrebno predvidjeti na mjestu gdje se smanjuje presjek vodiča?
12. Zašto se ne smije štiti uzbudni krug istosmjernih strojeva?
13. Gdje se sve u principu može štiti nadzemni električni priključak?
14. Zašto motorska trošila moraju imati obvezatnu nadstrujnu zaštitu?
15. Kada se kod jednofaznih odcjepa N vodič štiti, a kada se ne štiti? Što je zabranjeno kada je u N vodiču osigurač?
16. Kakav se problem može pojaviti ako su u glavnom razdjelniku AIP, a u podrazdjelniku rastalni osigurači? Objasnite zašto.

19. PRENAPONI U ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA

Prenapon se općenito definira kao kratkotrajno nastupajući napon između dva vodiča, ili vodiča i zemlje, koji prelazi najviši dozvoljeni iznos **pogonskog napona**.

Negativni utjecaji prenapona očituju se u naprezanju izolacije cijele električne instalacije i izolacije uređaja priključenih na instalaciju. To može dovesti do proboja izolacije, preskoka u zraku ili kliznog proboja preko površine izolacije.

19. 1. Vrste prenapona

Prema načinu kako su nastali možemo govoriti o tri vrste prenapona:

- **atmosferski prenaponi (prenaponi uzrokovani munjom)**
- **sklopni prenaponi (unutarnji prenaponi)**
- **prenaponi zbog međudjelovanja različitih instalacija**

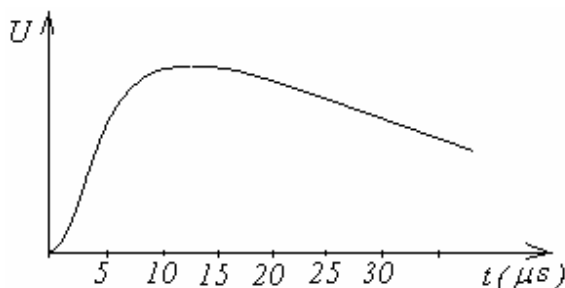
Atmosferske prenapone (prenaponi uzrokovani munjom) i prenapone zbog međudjelovanja različitih instalacija (i mreža) još nazivamo vanjskim prenaponima.

19. 2. Atmosferski prenaponi

Prema podrijetlu atmosferski prenaponi mogu se podijeliti na:

- prenapone zbog direktnog udara munje u nadzemne vodove srednjeg i niskog napona,
- prenapone inducirane u nadzemnim vodovima srednjeg i niskog napona zbog bliskog udara munje,
- prenapone uzrokovane udarom munje u zgradu ili neposredno uz nju.
(visokonaponska mreža nema utjecaja na NN instalaciju)

Prenaponi nastali direktnim (iznosa do 180 kV), odnosno bliskim udarom munje (iznosa do 30 kV) u nadzemnim vodovima srednjeg napona šire se kroz srednjonaponsko postrojenje i prenose u vodove niskog napona. Takav prenapon ima karakterističan oblik prenaponskog vala prikazan na slici 19.1.



Slika 19.1 Oblik prenaponskog vala

Za ovakav oblik prenapona značajna je strmina vala jer za nekoliko mikrosekundi (1-10) napon dostiže svoju maksimalnu vrijednost. Definiran je omjerom vremena porasta prenaponskog vala i vremena trajanja do smanjenja na 50 % - ni iznos (npr. 1,2/50 μ s). Sličnu karakteristiku ima i struja munje koja je proizvela taj prenapon. Kod širenja uzduž vodova dolazi do gušenja prenapona zbog gubitaka na vodovima, odnosno zbog proboja na izolatorima. Drugo ograničenje tog prenapona događa se pomoću uređaja za zaštitu od prenapona koji se ugrađuju na primarnoj strani transformatora srednji/niski napon ili na ulazu u mrežu niskog napona. Takvi prenaponi su zbog toga relativno bezopasni za električnu instalaciju.

Prenaponi nastali u niskonaponskoj nadzemnoj mreži zbog direktnih ili bliskih udara munje su, također, visokih tjemениh vrijednosti i često imaju za posljedicu preskok između vodiča ili preskok prema zemlji preko stupova nadzemne mreže.

U niskonaponskoj mreži kombiniranoj iz nadzemnih i kablskih vodova dolazi do smanjenja visine prenapona kod ulaska u kablsku mrežu, ali ono nije dovoljno.

Atmosferski prenaponi, ako nisu ničim ograničeni, najveća su opasnost za električnu instalaciju.

U slučaju direktnog udara munje u zemlju na mjestu udara povećava se potencijal te točke (do nekoliko stotina kV) zbog udarnog otpora zemlje koja u tom slučaju postaje uzemljivač. Sličan je slučaj kad munja udari u gromobransku instalaciju zgrade; svi dijelovi objekta koji su električki povezani s gromobranskom instalacijom dolaze na visoki potencijal prema zemlji. Između gromobranske instalacije i električne instalacije koja se nalazi u objektu dolazi do velike razlike potencijala koja može prouzročiti proboje i izazvati nesagledive posljedice.

Elektrotehničke norme razvrstavaju izloženost niskonaponskih električnih instalacija atmosferskim pražnjenjima u tri razine:

- zanemariva izloženost
- instalacija direktno ugrožena jer se napaja iz nadzemne mreže
- instalacija direktno izložena jer su dijelovi instalacija smješteni izvan zgrade.

Zanemariva izloženost odgovara **niskoj izokerauničkoj razini** (do 25 grmljavinskih dana na godinu).

19. 3. Sklopni prenaponi

Sklopni prenaponi nastaju uslijed sljedećih radnji:

- zbog namjernih radnji u elektroenergetskim postrojenjima (sklapanje tereta ili kapaciteta u prijenosnom ili razdjelnom dijelu),
- zbog namjernih radnji u električnim instalacijama (uklapanja i isklapanja električnih pogonskih sredstava),
- zbog nenamjernih radnji u elektroenergetskim postrojenjima (isklapanje prekidača zbog struje kvara i njezinog otklanjanja),
- zbog nenamjernih radnji u električnoj instalaciji (isklapanje automatskih prekidača, odnosno osigurača ili drugih zaštitnih uređaja zbog struje kvara).

Visina sklopnih prenapona ovisi o razmještanju kapaciteta i induktiviteta u mreži i instalaciji te o brzini i načinu rada uređaja za prekidanje (npr. prekidači, osigurači itd.). Na visinu unutarnjih prenapona utječe i način **uzemljenja zvjezdišta u električnoj mreži**. Sklopni prenaponi u TT i TN sustavima mreža dostižu u pravilu trostruku vrijednost faznog napona, a u IT sustavima i četverostruku vrijednost faznog napona.

Tablica 19. 1. Primjeri nastanka sklopnih prenapona u električnim instalacijama

Sklopni uređaj ili naprava	Vrsta pogona	Visina prenapona (V)
Automatski prekidač	Isklapanje kratkog spoja	normalno 400 (iznimno i do 2700 V)
Rastalni osigurač	Isklapanje kratkog spoja	do 2600
Univerzalni motor (prenosivi električni alat, npr. bušilica)	Isklapanje u strujnom maksimumu	do 1900

Svako uključenje snažnijeg trošila u lokalnoj mreži (instalaciji) izaziva trenutani pad napona, a odmah slijedi brz i silovit skok napona - **naponski udar**. Pokretanjem npr. dizala, napon u stanu padne na 170 V, a zatim u trenu skoči na 300 V. Naponski udari ovog tipa znaju biti i daleko veći!

19. 4. Prenaponi zbog međudjelovanja različitih instalacija ili mreža

Vanjski prenaponi mogu nastati zbog utjecaja druge mreže, a pogotovo mreža visokog napona. U prvome redu, zbog galvanske veze između vodiča dviju mreža, različitog napona i to pri dodiru tih vodiča, zbog električnog proboja izolacije ili zbog međusobnoga induktivnog, odnosno kapacitivnog utjecaja. Osim toga mnogi današnji uređaji su, osim na elektroenergetske instalacije, priključeni i na druge instalacije (računala, telefaksi, TV itd.). Preko tih instalacija također može prodrijeti prenapon u električnu instalaciju, npr. preko antene, nadzemnog telekomunikacijskog voda....).

19. 5. Učestalost i štete od prenapona

Mjerenja u električnim instalacijama pokazala su da najveći broj prenapona ne prelazi 1000 V (pokusnim mjerenjem na jednoj instalaciji u trajanju od 700 mjeseci je registrirano više od 5000 pojava prenapona). Također se pokazalo da vrlo rijetko prenapon prekoračuje tjemenu vrijednost od nekoliko kV (npr. 2,5 kV, a još rjeđe 6 kV).

Štete nastale zbog prenapona su uništenje uređaja i instalacija, ispadi iz pogona, smanjenje funkcije pogona, itd. Naročito osjetljivi na prenapone su razni elektronički uređaji, npr.; TV, računala, telefaksi, itd. Upotreba informatičke i druge opreme može doći u pitanje ne ugradi li se prenaponska zaštita u električnoj instalaciji.

Može se zaključiti da su za električnu instalaciju najopasniji prenaponi koji nastaju zbog bliskog udara munje uzštićeni objekat. Prenaponi zbog direktnog udara munje su uistinu veći, ali im je učestalost znatno manja. Prenaponi zbog sklapanja prvenstveno su značajni zbog velike učestalosti, a ne toliko zbog iznosa.

19. 6. Električna oprema i uređaji s obzirom na prenaponske kategorije

Električnu instalaciju potrebno je promatrati kao cjelovit sustav koji treba štititi od prenapona. Da bi se odredio stupanj raspoloživosti električne opreme i uređaja prema otpornosti na udarne napone, oni se projektiraju, izrađuju i ispituju prema prenaponskim kategorijama. **Postoje četiri prenaponske kategorije**; za svaki projektirani napon električne opreme i uređaja definira se, za određenu prenaponsku kategoriju, podnosivi udarni napon (**oblika 1,2/50 μs**) koji ta oprema, odnosno uređaj, mora izdržati. U tablici 19.1. je pregled prenaponskih kategorija za slučaj niskonaponskih postrojenja u koje spadaju i električne instalacije.

Tablica 19.1. Prenaponske kategorije

Projektirani pogonski napon prema zemlji (V)	Prenaponska kategorija			
	I	II	III	IV
	Podnosivi udarni napon (V)			
230/400 i 277/480	1500	2500	4000	6000
400/690	2500	4000	6000	8000
1000	Vrijednost određuje projektant			

Za električne instalacije 230/400 V vrijedi:

- Električna oprema prenaponske kategorije **IV** predviđena je za primjenu na ili u blizini točke priključka električne instalacije (prije glavnog razdjelnika). Primjeri takve opreme su

električno brojilo, glavni osigurač, rastavna sklopka, stezaljke, ... Mora biti projektirana na udarni napon od 6 kV. Taj dio razdiobe je u pravilu nadležnosti javnoga distribucijskog poduzeća.

- Električna oprema prenaponske kategorije **III** predviđena je za ugradnju tako da čini sastavni dio stalno položene električne instalacije i zapravo se nastavlja na prenaponsku kategoriju IV. Primjeri takve opreme su razdjelnik, automatski prekidač, kabel i instalacijski vod, instalacijska kutija, sklopka, utičnica, odnosno električni uređaji koji su fiksno priključeni na električnu instalaciju.
- Električni uređaji prenaponske kategorije **II** predviđeni su za priključak na električnu instalaciju preko utičnica (kućanski uređaji, prenosivi alati i slična pogonska sredstva). Nastavljaju se na kategoriju III:
- Električni uređaji prenaponske kategorije **I** imaju relativno malu otpornost na udarne napone. Da bi se zaštitili od prenapona u njih, ili neposredno ispred njih, ugrađuju se posebno izvedeni uređaji za zaštitu od prenapona.

Pravilnim izborom prenaponske kategorije, električnog uređaja ili opreme, postiže se koordinacija izolacije cjelokupnog postrojenja električne instalacije i to je osnova zaštite od prenapona.

19. 7. Zaštita od prenapona

Osnovna zaštita od prenapona je pravilno dimenzioniranje električne opreme s obzirom na podnosive udarne napona (1,5; 2,5; 4 i 6 kV). Nekad se smatralo da je dovoljno objekt opremiti odgovarajućom gromobranskim instalacijom. Današnje spoznaje o toj tematici mogu se izreći sljedećim:

Nije sporno da li treba u električnu instalaciju ugraditi uređaje za zaštitu od prenapona, već je pitanje koje i kakve uređaje ugraditi!

19. 7. 1. Uređaji za zaštitu od prenapona

Za zaštitu od prenapona upotrebljavamo danas razne uređaje. Najvažniji su odvodnici prenapona. Dije se na klase: **A** (za vanjsku montažu), **B, C i D**.

Prema DIN i VDE normama takvi se uređaji dijele na 3 ispitne klase i mogu se povezati s prenaponskim kategorijama na sljedeći način:

- ZUP* - tip 1, ispitne klase I - odgovara odvodniku klase B te je predviđen u području prenaponske kategorije IV. Ugrađuje se na mjestu uvoda električne energije u zgradu (prije brojila i GRO).
- ZUP - tip 2, ispitne klase II - odgovara odvodniku klase C te je predviđen za prenaponsku kategoriju III, tj. ugrađuje se u razdjelnike zgrade.
- ZUP - tip 3, ispitne klase III - odgovara odvodniku klase D te je predviđen za prenaponsku kategoriju II. Ugrađuje se u prenosive ili fiksno postavljene utičnice.

* ZUP - zaštitni uređaj od prenapona

Za cjelovitu zaštitu električnih instalacija od prenapona najbolje je ugraditi sva tri tipa uređaja (odvodnici **B, C i D**) uz uvjet da su za isti projektirani napon, ali za različite zaštitne nivoe. Tzv. udarna odvodna struja može biti različita.

Osnovni elementi odvodnika prenapona su varistori (najčešće na bazi ZnO). Također se upotrebljavaju iskrišta, plinski odvodnici (neon ili argon), a dodatno mogu sadržavati i razne druge elemente kao što su zavojnice, osigurači, kondenzatori, pomoćni sklopnici, itd. Takvi dodatni

19. 7. 2. Ugradnja odvodnika prenapona

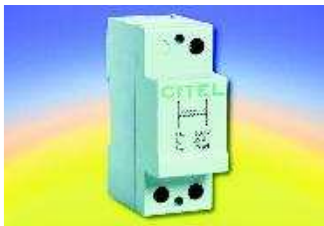
Ispravna ugradnja odvodnika prenapona zahtijeva dodatnu izvedbu izjednačenja potencijala zbog udara groma (ako je objekt opremljen gromobranom). U okviru tog izjednačenja potencijala potrebno je na gromobransku instalaciju povezati:

- fazne vodiče električne instalacije, ali preko odvodnika tip B
- metalne dijelove instalacija zgrade
- vodiče zašitnog uzemljenja
- neutralni vodič TN, TT i IT sustava razdiobe, ali preko odvodnika tip B

Ova se povezivanja izvode preko sabirnice (stezaljke) za izjednačenje potencijala.

Osnovne napomene:

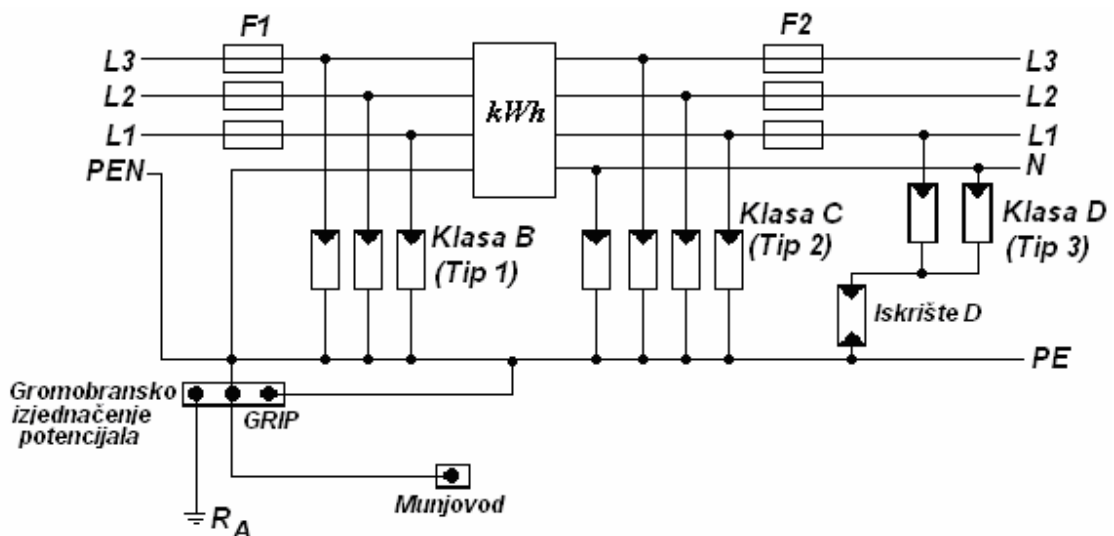
- Kod spajanja odvodnika moramo se držati uputa proizvođača.
- Ispred odvodnika trebaju biti odgovarajući predosigurači (prema uputi proizvođača).
- Zbog koordinacije djelovanja često se između pojedinih klasa odvodnika mora umetnuti komponenta za povezivanje (u obliku induktivnosti, da bi se povećala impedancija jer su vodovi u električnim instalacijama relativno kratki).
- Duljina voda za izjednačenje potencijala zbog udara munje ne smije biti veća od 0,5 m.
- Priključni vodovi odvodnika moraju biti što kraći.
- Otpor uzemljenja odvodnika prenapona smije biti do 5 Ω .



Slika 19.5 Prigušnica - za kordinaciju djelovanja između odvodnika B i C (ili C i D)
Nazivni napon: 230 V / 400 V
Nazivna struja: 35/63 A
Induktivitet: 7,5 μ H (50 / 60 Hz)

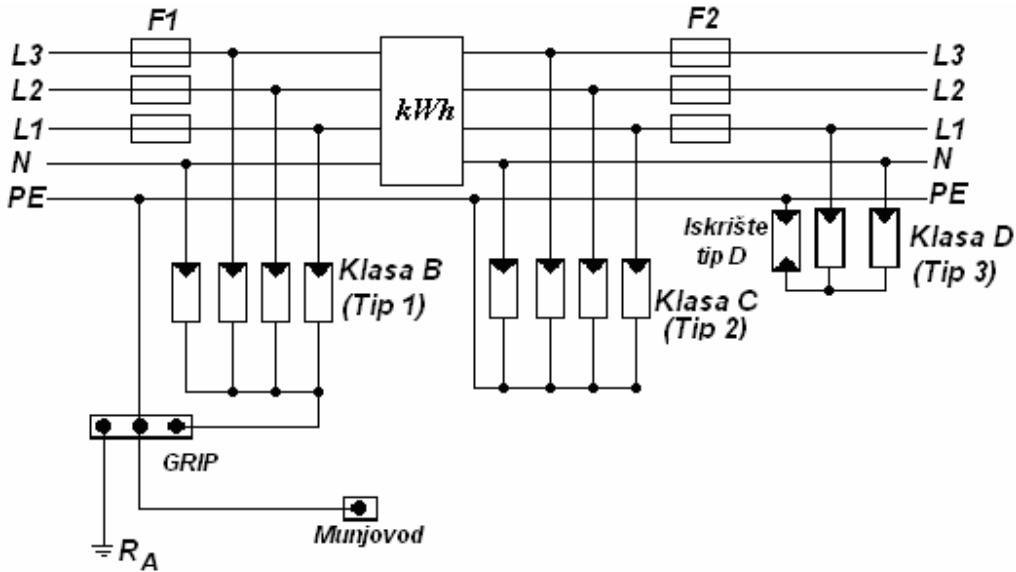
Sheme povezivanja ovise o tipu razdiobe i prikazane su na sljedećim slikama:

1. Spajanje odvodnika u TN - C - S sustavu razdiobe



Slika 19.6 Spajanje odvodnika u TN - C - S sustavu

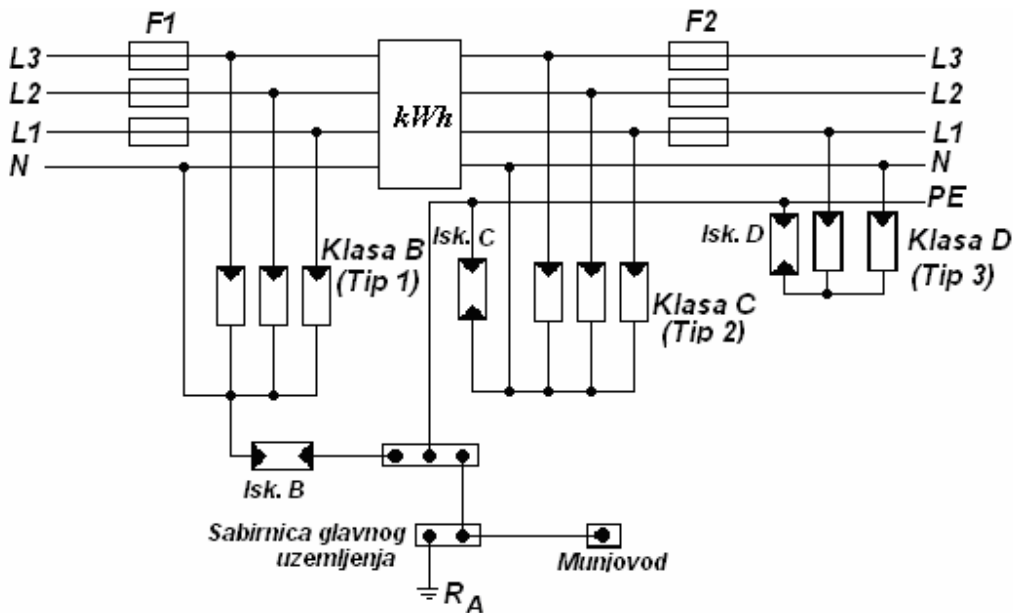
2. Spajanje odvodnika u TN - S sustavu razdiobe



Slika 19.7 Spajanje odvodnika u TN - S sustavu

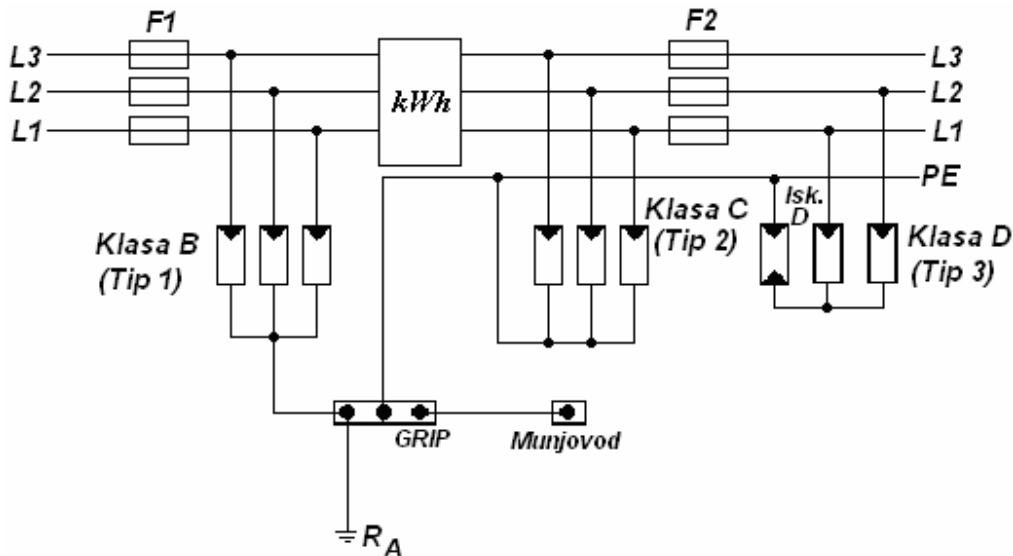
3. Spajanje odvodnika u TT sustavu razdiobe

U TT sustavu razdiobe se, u odnosu na prethodne spojeve, odvodnici spajaju između faznih vodiča i neutralnog vodiča (a ne zaštitnog vodiča). Razlog tome je primjer kad odvodnik ne bi bio u stanju prekinuti tzv. slijednu struju (struja nakon nestanka prenapona). Da je kojim slučajem spojen preko zaštitnog vodiča, mogla bi struja nastaviti teći zbog relativno velikog otpora petlje kvara. To se ne može dogoditi ako je petlja kvara zatvorena preko neutralnog vodiča (otpor je jako mali i osigurač bi sigurno prekinuo strujni krug).



Slika 19.8 Spajanje odvodnika u TT sustavu

4. Spajanje odvodnika u IT sustavu razdiobe



Slika 19.9 Spajanje odvodnika u IT sustavu

Pitanja i zadaci!

1. Što nazivamo prenaponom?
2. Nabrojite vrste prenapona prema nastanku. Što znače pojmovi unutarnji i vanjski prenapon?
3. Kojih su iznosa prenaponi nastali direktnim i bliskim udarom munje u postrojenje srednjeg napona?
4. Nacrtajte oblik prenaponskog vala i navedite čime je on definiran.
5. Kakva opasnost nastaje pri direktnom udaru munje u gromobransku instalaciju? Objasnite.
6. Kako razvrstavamo izloženost električnih instalacija atmosferskim pražnjenjima?
7. Kako nastaju sklopni prenaponi? Navedite primjere visina tih prenapona.
8. Na koje je sve načine računalo ugroženo od djelovanja prenapona?
9. Objasnite štete i učestalost prenapona. Koje prenapone treba najviše uzeti u obzir i zašto?
10. Nabrojite i definirajte prenaponske kategorije. Za svaku kategoriju navedite primjer.
11. Što predstavlja osnovu zaštite od prenapona?
12. Koji su uređaji najvažniji za zaštitu od prenapona? Kako ih dijelimo?
13. Na kojim se elementima zasnivaju odvodnici prenapona? Koji se dio u pravilu može zamijeniti?
14. Nabrojite osnovne električne karakteristike odvodnika prenapona.
15. Nabrojite najvažnije napomene za spajanje odvodnika prenapona u električnim instalacijama.
16. Nacrtajte skicu spajanja odvodnika u TN - C - S sustavu razdiobe.
17. Nacrtajte skicu spajanja odvodnika u TN - S sustavu razdiobe.
18. Nacrtajte skicu spajanja odvodnika u TT sustavu razdiobe.
19. Kako u TT sustavu spajamo odvodnik klase B (tip I)? Zašto?
20. Nacrtajte skicu spajanja odvodnika u IT sustavu razdiobe.
21. Što se nekad smatralo zadovoljavajućom zaštitom od prenapona? Kakva je danas spoznaja o toj tematici? Zašto?

20. ZAŠTITNE MJERE KOD PRIMJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE

20. 1. Uvod

Bez obzira na stručnost ili osposobljenost, možemo reći da danas svaki čovjek dolazi u doticaj s električnom energijom. Zbog toga je prilično velik postotak ozljeda uzrokovanih električnom strujom. Uzroci nesreća su često nepravilna upotreba ili upotreba neispravnih aparata i instalacija. Kao što je poznato, veća primjena električne energije započela je krajem 19. stoljeća. Prvi smrtni slučaj od udara električne struje zabilježen je 1880. godine kada se ložičar na ruskoj jahti uhvatio za grlo rasvjetnog tijela i poginuo. Prve zaštitne mjere od strujnog udara zasnivale su se na sprječavanju dodira dijelova pod naponom. Danas takvu zaštitu nazivamo osnovna zaštita (zaštita od izravnog ili direktnog dodira) i najčešće se ostvaruje izoliranjem i pokrovima.

Zbog utjecaja okoline i zbog starenja na izolaciji može nastupiti kvar što ima za posljedicu pojavu opasnih napona na metalnim kućištima naprava. Zato se ubrzo ukazala potreba za uvođenjem zaštite od neizravnog (indirektnog) dodira. To je tzv. drugi zaštitni nivo koji najčešće ostvarujemo automatskim isključenjem napajanja i dodatnom izolacijom (npr. kućište od izolacijskog materijala). Ako kojim slučajem zakaže drugi nivo zaštite (npr. prekid zaštitnog vodiča, pad sušila za kosu u kadu s vodom) napajanje može isključiti vrlo osjetljiva FI* sklopka ili se upotrijebi izvor s ograničenom strujom. Na taj je način ostvaren treći zaštitni nivo. Danas praktički upotrebljavamo sva tri nivoa zaštite.

Da bismo mogli pravilno odabrati zaštitne mjere, koje su predviđene propisima, moramo se najprije upoznati s djelovanjem struje na ljudsko tijelo. Treba reći da su najnovije spoznaje o djelovanju električne struje na ljudski organizam sadržane u dokumentima IEC-a, te da su one poslužile kao podloga za niz normi iz područja zaštite koje je izdao Europski odbor za elektrotehničke norme - CENELEC.

Te norme su većinom ugrađene i u hrvatske norme, ali se ipak u praksi još ne sprovode u potpunosti. U ovom dijelu ćemo se zato upoznati s normama i propisima koji se odnose na štetno djelovanje električne energije na čovjeka i zaštitu od tog djelovanja.

* FI sklopka \equiv ZUDES (zaštitni uređaj diferencijalne struje)
FI \equiv ZS (strujna zaštitna sklopka); FU \equiv ZN (naponska zaštitna sklopka)

20. 2. Djelovanje električne struje na ljudsko tijelo

Električni udar je patofiziološki efekt koji nastaje prilikom prolaza električne struje kroz ljudsko ili životinjsko tijelo.

Električna struja, prolazeći kroz ljudski organizam, djeluje na sljedeće načine:

- **toplinski** - pri čemu se tijelo zagrijava, naročito na mjestu ulaza i izlaza struje iz tijela, do te mjere da nastaju teške vanjske i unutrašnje opekline
- **mehanički** - jer za vrijeme prolaza struje kroz tijelo dolazi do grčenja mišića, što može izazvati kidanje krvnih žila, živaca, pa čak i lomove kostiju
- **kemijski** - jer električna struja, prolazeći kroz krv, elektrolitički rastvara krvnu plazmu
- **biološki** - što se očituje grčenjem mišićnog tkiva, paralizom disanja, grčevima krvotoka, treperenjem srčanih klijetki i nepovoljnim utjecajem na živčani sustav.

Sva ova djelovanja mogu dovesti do lakših i težih ozljeda čovjeka, pa čak izazvati i smrt.

Na temelju raznih ispitivanja te analize ozljeda i smrtnih slučajeva, dobiveni su podaci o fiziološkom djelovanju električnih struja raznih jakosti na ljudski organizam koji su prikazani u sljedećem pregledu:

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

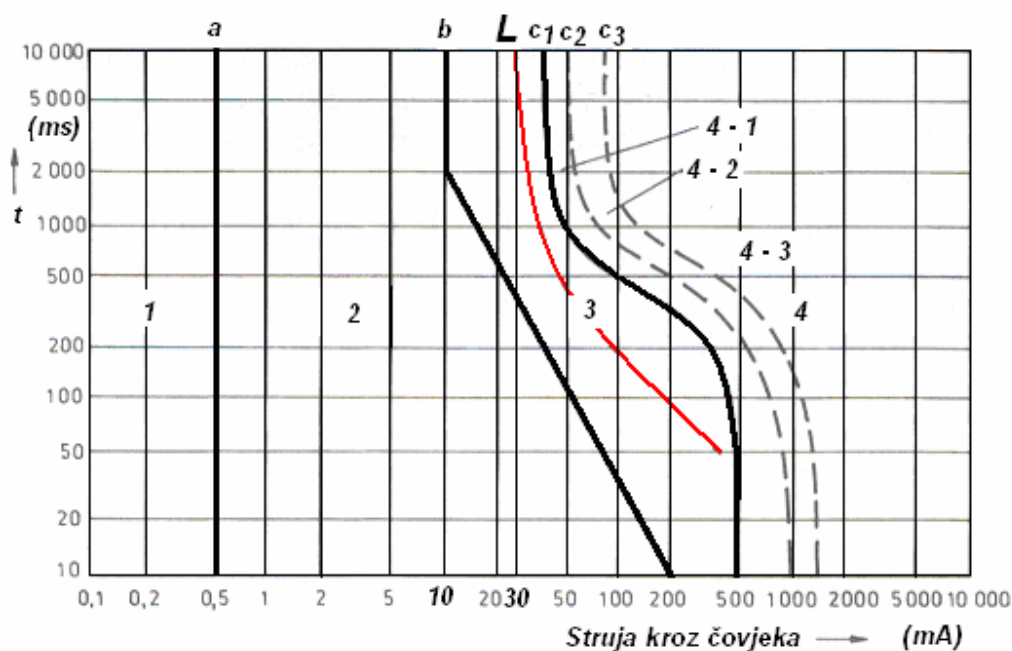
50 - 80 mA - paraliza disanja, početak treperenja srčanih klijetki

80 -100 mA - paraliza disanja, paraliza rada srca

iznad 3.000 mA - paraliza disanja i rada srca pri djelovanju duljem od 0,1 sekunde, razaranje tkiva toplinskim djelovanjem struje.

Ovi podaci odnose se na prolaz izmjenične struje **50 Hz od jedne ruke k drugoj ruci ili od ruke prema nozi.**

Na težinu ozljeđivanja električnom strujom **utječu istodobno i jakost struje i trajanje prolaza** struje kroz organizam. Istraživanja o djelovanju struje na ljudski organizam, koja su se u zadnjih nekoliko desetaka godina provodila pod ingerencijom IEC-a, možemo predočiti dijagramom (slika 20.1).



Slika 20.1 Utjecaj električne struje na ljudski organizam

Dijagram se odnosi na izmjeničnu struju frekvencije 15 - 100 Hz te za put struje od lijeve ruke prema objema nogama.

Označena područja:

- 1 - područje gdje nema reakcije (prag osjetljivosti je 0,5 mA)
- 2 - nema fiziološki opasno djelovanje
- 3 - povećanje krvnog tlaka, opasnost fibrilacije srca postoji, ali je vrlo mala
- 4 - opasnost fibrilacije srca je vrlo vjerojatna i to:
 - 4-1 - opasnost fibrilacije srca je ispod 5 % vjerojatnosti
 - 4-2 - opasnost fibrilacije srca je ispod 50 % vjerojatnosti
 - 4-3 - opasnost fibrilacije srca je iznad 50 % vjerojatnosti

Unutar područja 3 nalazi se konvencionalna krivulja (L) koja predstavlja preporučenu granicu opasnosti, uzimajući u obzir jakost struje i dozvoljeno vrijeme njezinog protjecanja kroz ljudsko tijelo.

Ta krivulja predstavlja osnovu za izbor zaštitnih mjera od strujnih udara.

Na osnovi toga možemo zaključiti da je 30 mA najveća struja koja neće ugroziti čovjeka bez obzira na vrijeme njezina protjecanja.

Struja od **10 mA** naziva se **otpuštajuća struja** jer se kod te jakosti čovjek još može snagom svojih mišića osloboditi iz strujnog kruga (za 50 Hz).

Ukupna težina ozljede ovisi o:

- jakosti struje kroz tijelo čovjeka
- vremenu protjecanja
- putu kojim struja teče kroz tijelo čovjeka
- frekvenciji i
- osobnim svojstvima čovjeka

Može se reći da su najopasnije struje frekvencije 50 - 60 Hz. Struje vrlo visokih frekvencija su praktički bezopasne. Istosmjerna struja je manje opasna (npr. prag osjetljivosti je 2 mA)

Izdvojimo najvažnije:

- Što je jača struja, to je veća opasnost za ljudski organizam (već od 10 mA na dalje).
- Što je viši napon, to je jača struja, to je veća opasnost (već od 50 V~, a nekad i 25 V~).
- Opasnost je veća ako stojimo na vodljivoj podlozi (kovini i sličnom).
- Opasnost je to veća što je veća dodirna površina, vlažna ruka, znojno tijelo ili alkohol u organizmu.
- Opasnija je struja niske frekvencije (50 - 60 Hz).
- Strujni udar očituje se grčem mišića (ne može se ispustiti vod pod naponom).
- Što je jača struja, to je brža smrt (od 1 sekunde do 10 minuta).
- Najprije nastupaju nesvjestica i prestanak disanja (grč dišnih organa), što ne znači da je unesrećeni mrtav, stoga u svakom slučaju treba pristupiti prvoj pomoći.

Postupak pružanja prve pomoći:

- Ako je unesrećeni još uvijek u strujnom krugu, treba ga što prije osloboditi. Spasilac mora paziti i na vlastitu sigurnost. Ovisno o situaciji strujni krug se prekida izvlačenjem utikača iz utičnice, vađenjem osigurača ili odvajanjem električnog vodiča od tijela pomoću predmeta od izolirajućeg materijala (plastika, guma, suho drvo, debeli sloj suhe tkanine ili papira). Dobro je koristiti gumene rukavice i čizme. Eventualni požar na mjestu nezgode ne smije se gasiti vodom.
- Ako je unesrećeni bez svijesti, provjerite disanje i krvotok i, po potrebi, započnite mjere oživljavanja. Onesviještenog koji diše okrenite u bočni položaj.
- Ne prekidajte s umjetnim disanjem dok se ne vrati prirodno disanje (što može trajati satima), odnosno do dolaska liječnika. Ako je unesrećeni došao k svijesti, poprskajte ga hladnom vodom i dajte mu žlicu tople crne kave ili čaja (ne činite to dok je u nesvijesti!), ne dopuštajući mu da sjedne ili da ustane.

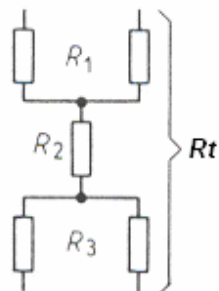
20. 3. Impedancija ljudskog tijela i naponi dodira

Predočavanje granice opasnosti od električne struje pomoću karakteristike vrijeme-struja (krivulja L) nije najprikladnije za praksu. Primjereniji kriterij za izvedbu zaštitnih mjera je postavljanje granice dozvoljenog napona dodira u ovisnosti o dopuštenom vremenu trajanja dodira. Poznavajući graničnu jakost struje (u zavisnosti o vremenu trajanja) i impedanciju ljudskog tijela možemo odrediti dozvoljene napone dodira kao funkciju vremena.

Napon dodira je napon između istodobno dostupnih vodljivih dijelova, odnosno napon koji čovjek može premostiti svojim tijelom.

Odnos između dozvoljene struje kroz ljudsko tijelo i dozvoljenog napona dodira nije linearan. Tome je uzrok, prije svega, promjenljiva impedancija ljudskog tijela. Impedancija ljudskog tijela sastoji se

od radnih i kapacitivnih otpora. Kapacitivni se dio može zanemariti pa se nadomjesni otpor ljudskog tijela može prikazati nadomjesnom shemom (slika 20.2).



Slika 20.2 Nadomjesni otpori tijela

R1 - za šake i ruke
 R2 - za trup tijela
 R3 - za noge i stopala
 Rt - unutrašnji otpor tijela

Impedancija ljudskog tijela ovisi:

- čistoći i vlažnosti kože
- debljini kože
- naponu koji djeluje na ljudsko tijelo
- duljini trajanja prolaza struje kroz tijelo
- jakosti struje
- kontaktnom pritisku i površini dodira

Vrlo velik utjecaj na impedanciju tijela imaju vanjski utjecaju, prije svega vlaga i otpor tla (podloge). Vanjski uvjeti mogu se svrstati u tri grupe:

1. Suhi i vlažni prostori (**normalni uvjeti**) - stambeni, poslovni, industrijski i slični prostori.
2. Mokri prostori (**loši uvjeti**) - instalacije na otvorenom, gradilišta, kampovi, poljoprivredni objekti i slično.
3. Uvjeti kod potapanja (**naročito loši uvjeti**) - npr. bazeni.

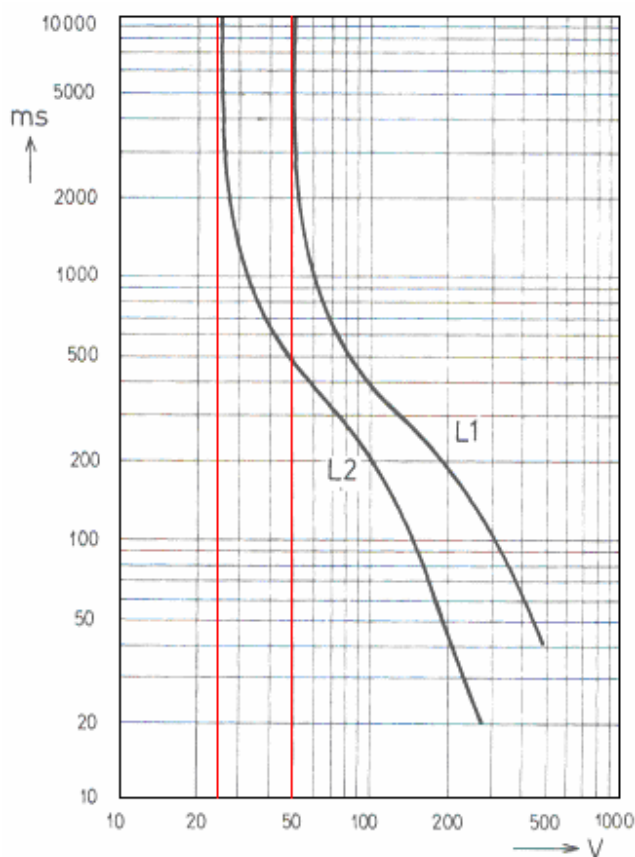
Za uvjete pod 1. i 2. moguće je izračunati impedancije ljudskog tijela (Z_1 i Z_2) i na osnovi očekivanog napona dodira odrediti jakost struje kroz ljudsko tijelo te uz pomoć krivulje L (u prethodnom dijagramu) odrediti dozvoljeno vrijeme trajanja te struje (i dopušteno vrijeme trajanja napona dodira), a rezultati su predloženi tablicom 20. 1.

Tablica 20. 1. Impedancije ljudskog tijela i očekivani naponi dodira

Očekivani napon dodira U_c (V)	Normalni uvjeti			Loši uvjeti		
	Z_1 (Ω)	I (mA)	t (s)	Z_2 (Ω)	I (mA)	t (s)
25	-	-	-	1075	23	≥ 5
50	1725	29	≥ 5	925	54	0,47
75	1625	46	0,60	825	91	0,30
90	1600	56	0,45	780	115	0,25
110	1535	72	0,36	730	151	0,18
150	1475	102	0,27	660	227	0,10
220	1375	160	0,17	575	383	0,035
280	1370	204	0,12	570	491	0,020
350	1365	256	0,08	565	620	-
500	1360	368	0,04	560	893	-

Vrijednosti u tablici odnose se na odrasle osobe, na put struje ruka - ruka ili ruka - noga i dodirnu površinu 50 - 100 cm² te izmjeničnu struju frekvencije 50 Hz.

Uzevši u obzir rezultate u tablici, možemo prikazati grafički odnos između napona dodira i njegovo dopušteno trajanje (L1 - za normalne uvjete i L2 za loše uvjete - slika 20.3).



Slika 20.3 Dopusšteno trajanje napona dodira
L1 - normalni uvjeti
L2 - loši uvjeti

Očekivani napon dodira (U_c) je najviši napon dodira koji se očekuje u slučaju kvara zanemarive impedancije.

Dozvoljeni napon dodira (U_L) je najveća vrijednost napona dodira koja se može izdržati neograničeno vrijeme bez štetnih posljedica.

U tom smislu možemo, na osnovi tablice i dijagrama, zaključiti i upamtiti:

- U normalnim uvjetima je granica opasnoga dodirnog napona 50 V ~ (120 V -).
- U lošim uvjetima je granica opasnoga dodirnog napona 25 V ~ (60 V -).

Pitanja i zadaci!

1. Opišite povijesni razvoj zaštite od udara električne struje?
2. Što podrazumijevamo pod električnim udarom?
3. Opišite djelovanja električne struje na ljudski organizam?
4. Objasnite dijagram na slici 20.1? Što označava crvena (3) krivulja? Koji je najvažniji podatak iz tog dijagrama?
5. Što je to otpuštajuća struja? Kolika je ta struja pri frekvenciji 50 Hz?
6. Nabrojite o čemu sve ovisi ukupna težina ozljede pri strujnom udaru?
7. Opišite postupak kod nesreće od električne struje?
8. O čemu ovisi impedancija ljudskog tijela?

9. Impedancija ljudskog tijela jako ovisi o vanjskim utjecajima! Kako možemo podijeliti te vanjske utjecaje?
10. Definirajte pojmove: napon dodira, očekivani napon dodira i dozvoljeni napon dodira?
11. Objasnite dijagram sa slike 20.3? Koji su najvažniji zaključci iz tog dijagrama?
12. Objasnite podatke iz tablice 20. 1.?
13. Navedite dozvoljene napone dodira za normalne i loše uvjete?
14. Prikažite nadomjesnu shemu otpora ljudskog tijela?
15. Koja struja je praktički bezopasna za čovjeka (sjetite se frekvencije)?

20. 4. Izvori opasnosti od električne energije

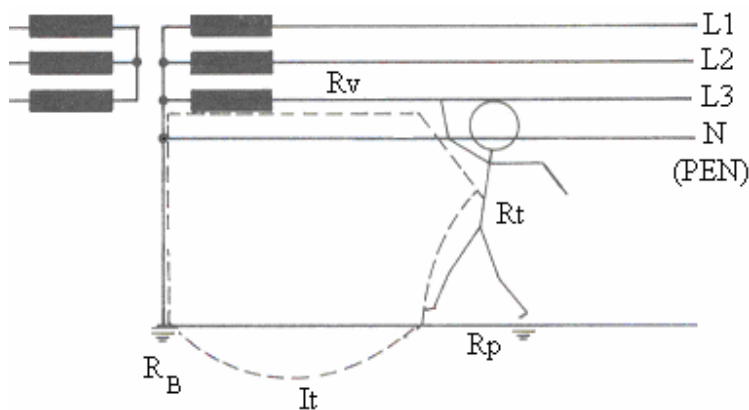
Najčešći izvori opasnosti od električne energije u električnim instalacijama nastaju kao posljedica previsokog napona dodira uslijed **izravnog (direktnog)** dodira vodljivih dijelova električnih instalacija, uređaja, opreme i sl., koji su pod naponom, **ili neizravnog (indirektnog)** dodira. Međutim, treba imati na umu i druge vrste opasnosti koje nam prijete kod primjene električne energije. Općenito postoje sljedeće vrste opasnosti na električnim instalacijama, te mrežama niskog i visokog napona:

- Izravni (direktni) dodir dijelova pod naponom
- Neizravni (indirektni) dodir
- Previsoki napon dodira ili koraka kao posljedice struje kroz uzemljivač
- Opasnost od električnog luka
- Inducirani naponi
- Zaostali naboj
- Opasnost zbog približavanja vodičima visokog napona
- Opasnost od kratkog spoja
- Prijenos potencijala iz mreže visokog napona u mrežu i instalaciju niskog napona
- Opasnost od atmosferskih i sklopnih prenapona
- Utjecaji električnih i magnetskih polja

20. 5. Izravni dodir faznog vodiča u TN i TT sustavima

Za TN i TT sustave razdiobe je karakteristično da je zvijezdište transformatora neposredno uzemljeno.

Primjer izravnog dodira faznog vodiča kod takve mreže (instalacije) je prikazan na slici 20.4.



Slika 20.4

Dodir faznog vodiča pri uzemljenom zvijezdištu transformatora

R_v - otpor faznog vodiča
 R_t - otpor tijela

R_p - prijelazni otpor na mjestu stajanja

R_B - otpor pogonskog (radnog) uzemljenja

I_t - struja kroz čovjeka

U_0 - fazni napon

U električnim mrežama i instalacijama niskog napona računamo s linijskim naponom od 400 V i faznim naponom od 230 V.

Zaključujemo da je očekivani napon dodira u ovom slučaju 230 V ($U_c = U_0$). Otpori R_v i R_B se, u odnosu na ostale otpore, mogu zanemariti pa je struja kroz čovjeka:

$$I_t = \frac{U_0}{R_t + R_p} = \frac{230}{R_t + R_p} \text{ (A)}$$

Pretpostavimo li za otpor tijela (preporuka IEC 479 - 1: 1994) vrijednost otpora od 1000 Ω i najnepovoljniju varijantu za otpor tla ($R_p = 0$, npr. vodljivo stajalište), slijedi da je:

$$I_t = \frac{230}{1000} = 0,230 \text{ A} = 230 \text{ mA}$$

Ova jakost struje može za čovjeka biti smrtonosna.

Prijelazni otpor na mjestu stajališta prvenstveno ovisi o izolacijskom otporu stajališta i vrsti obuće te se kreće u vrlo širokom rasponu: 0 - 1 000 000 Ω . Iz ovoga zaključujemo da struja kroz čovjeka, osim o naponu i otporu ljudskog tijela, znatno ovisi o prijelaznom otporu na mjestu stajališta.

Zadatak za vježbu!

Izračunajte struju kroz ljudsko tijelo pri dodiru faznog vodiča u TN sustavu uz pretpostavljene otpore stajališta:

a) $R_p = 1 \text{ M } \Omega = 1\,000\,000 \text{ } \Omega$

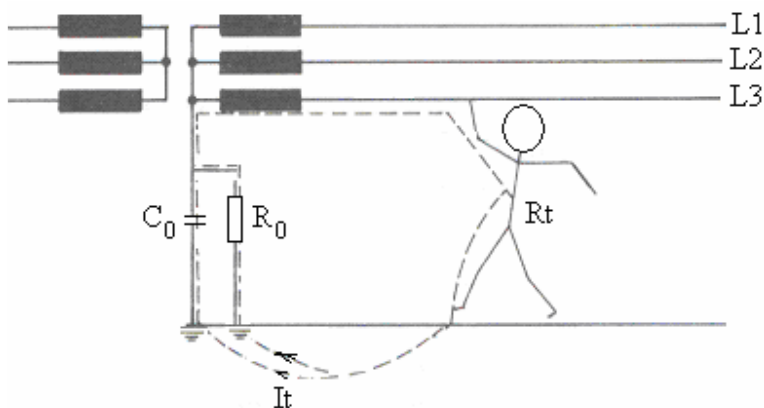
b) $R_p = 1000 \text{ } \Omega$

c) $R_p = 500 \text{ } \Omega$

Na osnovi rezultata izvedite zaključke!

20. 6. Dodir faznog vodiča u IT sustavu

Kod dodira faznog vodiča u IT sustavu se na prvi pogled čini da strujni krug nije zatvoren te da kroz čovjeka ne teče struja. Međutim treba uzeti u obzir da vodiči nemaju savršenu izolaciju prema zemlji (postoji stanoviti odvod prema zemlji), a osim toga postoji i određeni kapacitet vodiča prema zemlji. Ako pretpostavimo da su izolacijski otpor prema zemlji (R_0) i kapacitet prema zemlji (C_0) koncentrirani u neutralnoj točki sustava, onda to možemo prikazati sljedećom shemom (slika 20.5).



Slika 20.5 Dodir faznog vodiča kod izoliranog zvijezdišta transformatora
– pojednostavljena shema

Ako pretpostavimo da je izolacijski otpor $R_0 = \infty$, odnosno da uzmemo u obzir samo kapacitet vodiča, onda se struja kroz čovjeka može izračunati prema sljedećem izrazu:

$$I_t = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot \omega \cdot C}{\sqrt{1 + 9 \cdot \omega^2 \cdot C^2 \cdot R_t^2}} \text{ (A)} \quad \text{(literatura 1)}$$

Gdje je:

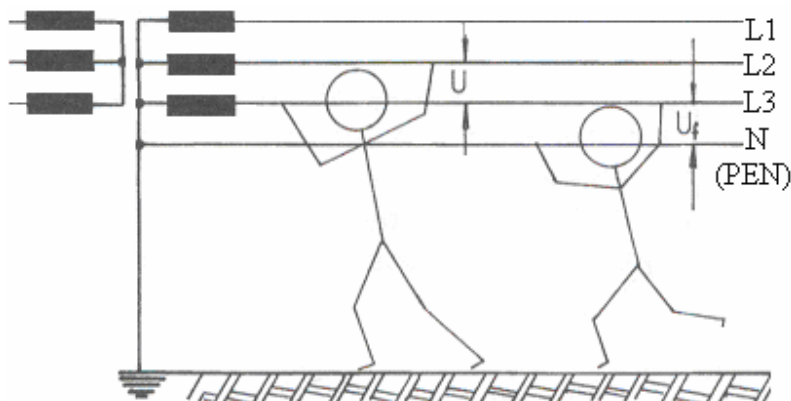
- U - linijski napon (V)
- C - kapacitet vodiča prema zemlji (F)
- R_t - otpor ljudskog tijela (Ω)
- ω - kružna frekvencija (s⁻¹)

Kod kabelskih mreža (230/400 V) duljine 1 km može, kod manjih presjeka vodiča, kapacitet prema zemlji biti 0,3 μF/km. Po preporuci IEC-a se za ovaj napon uzima R_t = 1600 Ω. U tome bi slučaju struja kroz čovjeka bila 58 mA što je iznad dozvoljene vrijednosti. Kod kraćih i manje razgranatih mreža su izolacijski i kapacitivni otpori po nekoliko desetaka tisuća Ω pa će i struje kroz čovjeka biti tek nekoliko mA.

Ako u takvoj mreži postoji spoj jedne faze sa zemljom, a čovjek dođe u dodir s nekom od drugih dviju faza, onda praktički imamo jednaku situaciju kao i u uzemljenoj mreži, ali je tu opasnost veća jer vodič koji smo dodirnuli ima napon prema zemlji jednak linijskome naponu.

20. 7. Izravni dodir dvaju aktivnih vodiča

Pri izravnom dodiru dvaju aktivnih vodiča (L1 - L2 ili L - N) opasnost za čovjeka je znatno veća i to bez obzira radi li se o uzemljenoj ili izoliranoj mreži (slika 20.6).



Slika 20.6
Dodir dvaju aktivna vodiča
 U - linijski napon
 U_f - fazni napon

U ovom slučaju struja kroz čovjeka je:

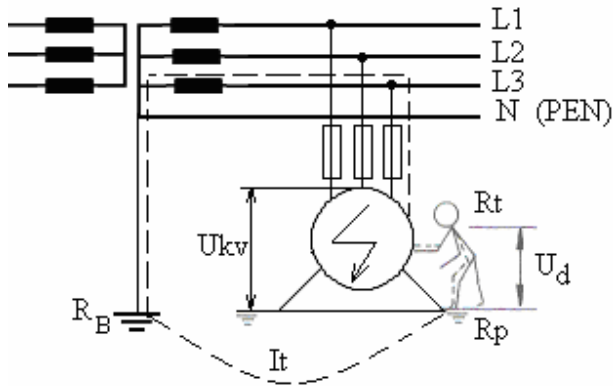
$$I_{t1} = \frac{400}{920} = 435 \text{ mA}$$

$$I_{t2} = \frac{230}{1000} = 230 \text{ mA}$$

Otpor čovjeka je uzet prema preporuci IEC 479 - 1: 1994 (R_{t1} = 920 Ω i R_{t2} = 1000 Ω). U oba se primjera radi o smrtno opasnoj struji.

20. 8. Ljudsko tijelo pri dodiru naprave u kvaru na izolaciji (kod uzemljene mreže)

Metalni dijelovi naprava mogu uslijed oštećenja ili starenja izolacije doći pod napon (u normalnom pogonu nisu pod naponom). Ako dodirujemo takve dijelove (to je tzv. **neizravni dodir**), a da oni nisu uzemljeni, svojim tijelom zatvaramo strujni krug kao što je prikazano na slici 20.7.



Slika 20.7 Dodir neuzemljenog trošila u kvaru na izolaciji
 U_d - napon dodira
 U_{kv} - napon kvara

Kućište trošila u tom slučaju poprima određeni napon prema referentnoj zemlji koji zovemo **napon kvara (U_{kv})**. Dio tog napona koji čovjek premosti svojim tijelom zovemo **dodirni napon (U_d)**. Napon dodira može najviše poprimiti vrijednost faznog napona (U_0), te taj napon nazivamo **očekivani napon dodira (U_c)**.

Ako pretpostavimo najnepovoljniju varijantu ($U_d = U_c = U_0$), te zanemarimo otpore faznog i neutralnog vodiča, možemo struju kroz čovjeka izračunati po izrazu:

$$I_t = \frac{U_0}{R_{i_z} + R_t + R_p + R_B} (A)$$

Gdje je:

- U_0 - fazni napon
- R_{i_z} - otpor izolacije na mjestu proboja (kvara)
- R_t - otpor ljudskog tijela
- R_p - prijelazni otpor na mjestu stajališta
- R_B - otpor pogonskog uzemljenja

Zanemarimo li otpor izolacije na mjestu proboja (R_{i_z}) i otpor pogonskog uzemljenja (R_B), onda je struja kroz čovjeka:

$$I_t = \frac{U_0}{R_t + R_p} (A)$$

Vidimo da je to isti izraz kao što smo imali i kod izravnog dodira faznog vodiča.

Pojava ovakvih opasnih napona dodira najčešće je uzrokovana starenjem ili oštećenjem izolacije, nestručnom montažom ili loše izvedenim popravkom. Vrlo je važno pri tome napomenuti da, kod trošila na kojima nije izvedena zaštita od neizravnog dodira, a kućišta su im došla pod napon, nema nikakve indikacije o toj pojavi.

20. 9. Napon dodira i koraka kao posljedica struje kroz uzemljivač

U normalnom pogonu kroz uzemljivač ne teče električna struja (osim struja odvoda kroz izolaciju koje su u pravilu zanemarive). Ako uslijed kvara (ili atmosferskog pražnjenja) kroz uzemljivač poteče električna struja na njemu će se pojaviti pad napona U_z :

$$U_z = I_z \cdot R_A \text{ (V)}$$

Gdje je:

U_z - napon uzemljivača (napon između uzemljivača i referentne zemlje)

I_z - struja kroz uzemljivač

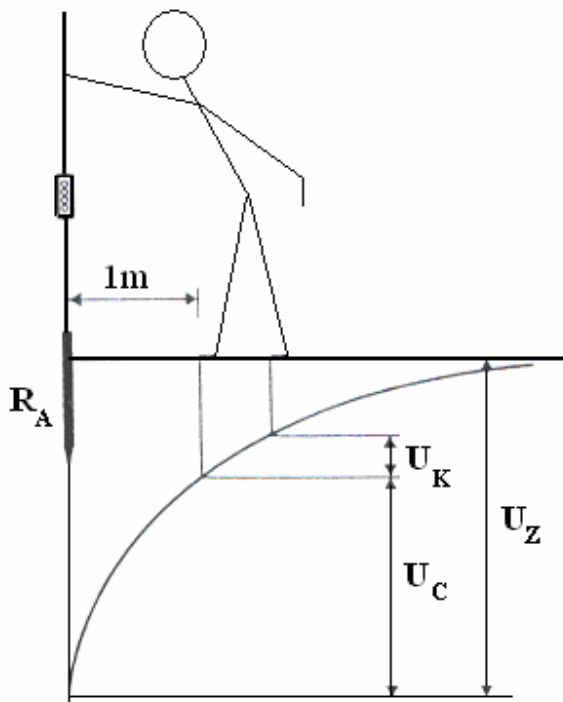
R_A - otpor uzemljenja (otpor uzemljivača)

Struja kroz uzemljivač teče radialno u svim smjerovima, ali je najveća gustoća struje neposredno uz sam uzemljivač dok se udaljavanjem smanjuje. Na taj se način oko uzemljivača stvara tzv. naponski lijevak (raspodjela potencijala u obliku lijevka) kao što je prikazano na slici. Kako takva situacija predstavlja određenu opasnost za čovjeka, definirani su tzv. naponi dodira i koraka (slika 20.8).

Napon dodira je razlika potencijala između dijelova koje čovjek može premostiti svojim tijelom.

Napon koraka je razlika potencijala koji čovjek može premostiti svojim korakom.

Najjednostavnija mjera za zaštitu od napona dodira i koraka je smanjenje otpora uzemljenja. Dodatne mjere su "peglanje" naponskog lijevka i brzo isključenje struje kvara. "Peglanje" ili "gladenje" naponskog lijevka se izvodi odgovarajućim rasporedom i vrstom uzemljivača.



Slika 20.8 Potencijal na površini zemlje kao posljedica prolaska struje kroz uzemljivač - tzv. potencijalni ili naponski lijevak

U_z - napon uzemljivača

U_c - napon dodira

U_k - napon koraka

20. 10. Ostali izvori opasnosti

a) Inducirani naponi

Kod rada u blizini visokonaponskog postrojenja ili u postrojenjima gdje, zbog tehnološkog procesa, teku struje izvanredno velike jakosti, postoji opasnost od induciranih napona.

Inducirani naponi mogu biti izazvani i elektrostatičkim ili elektromagnetskim utjecajima. Inducirani naponi mogu se pojaviti i na vozilima, cisternama i dizalicama koje se nalaze u visokonaponskim postrojenjima. Slična opasnost prijeti i kod razvlačenja metalnih užeta i žica u neposrednoj blizini visokonaponskog postrojenja ili nadzemnih vodova. Zaštita od induciranih napona izvodi se uzemljenjem vodiča na mjestu rada. Sva vozila u visokonaponskom postrojenju također se moraju uzemljiti.

b) Zaostali naboj

Zbog zaostalog naboja na kondenzatoru (i do 10 %) nakon pražnjenja, može preostali napon na njemu biti vrlo opasan za čovjeka. Slična opasnost prijeti nam kod kabela te transformatora velikih snaga. Preporučena energija koja, nakon izbijanja, ne bi bila opasna za čovjeka je 350 mJ. Eliminiranje ove opasnosti je relativno jednostavno, tj. uzemljenje aktivnih vodiča da se električni naboj odvede u zemlju.

c) Opasnost od približavanja vodičima visokog napona

Kod postrojenja visokog napona vrlo je opasno ne samo dodirivanje vodiča, već i približavanje vodičima pod naponom na određenu kritičnu udaljenost. Pri nekoj kritičnoj udaljenosti doći će do električnog proboja zraka, nastat će električna iskra, a može doći i do stvaranja električnog luka. Struja će tada poteći kroz vodljivi zrak te kroz čovjeka u zemlju. S obzirom na visoke napone i struje su relativno velike, pa mogu nastati teške i smrtne ozljede čovjeka. Zaštita se zasniva na dopuštenim razmacima između čovjeka i vodiča, tj. na sprječavanju ulaska čovjeka u zonu opasnosti.

20. 11. Naponski opsezi i granice opasnih napona dodira

Naponski opsezi za električne instalacije niskog napona su, na neki način, usklađeni s granicama dozvoljenih napona dodira.

Za instalacije u zgradama razlikujemo dva naponska područja:

Naponsko područje I obuhvaća:

- instalacije u kojima se zaštita od strujnog udara postiže primjenom dovoljno niskog (malog) napona,
- instalacije u kojima je visina napona ograničena iz funkcionalnih razloga (npr. telekomunikacije, signalizacija, alarmni sustavi)

Naponsko područje II obuhvaća:

- instalacije za kućanstva, trgovine, javne ustanove, industriju i slično.

Tablica 20. 1. Naponski opsezi izmjeničnih (AC) sustava

Naponsko područje	Uzemljeni sustavi		Izolirani ili posredno uzemljeni sustavi
	Napon između faze i zemlje (V)	Napon između faza (V)	Napon između faza (V)
I	$U \leq 50$	$U \leq 50$	$U \leq 50$
II	$50 < U \leq 600$	$50 < U \leq 1000$	$50 < U \leq 1000$

U - nazivni napon instalacije (efektivna vrijednost)

Napomena: Ako u izoliranim sustavima vodimo i neutralni vodič, izolacija opreme mora biti svedeno dimenzionirana za linijski napon.

Tablica 20. 2. Naponski opsezi istosmjernih (DC) sustava

Naponsko područje	Uzemljeni sustavi		Izolirani ili posredno uzemljeni sustavi
	Napon između pola i zemlje (V)	Napon između polova (V)	Napon između polova (V)
I	$U \leq 120$	$U \leq 120$	$U \leq 120$
II	$120 < U \leq 900$	$120 < U \leq 1500$	$50 < U \leq 1500$

U - nazivni napon instalacije

Napomena: Ako vodimo i neutralni (srednji) vodič, izolacija opreme mora biti dimenzionirana za napon između polova.

Opasni naponi dodira najčešće se pojavljuju kao posljedica kvarova.

Tablica 20. 3. Trajno dozvoljeni naponi dodira (ovise o uvjetima okoline)

Uvjeti okoline	Izmjenični sustavi (AC)	Istosmjerni sustavi (DC)
	Trajno dozvoljeni napon dodira (V)	Trajno dozvoljeni napon dodira bez izmjenične komponente (V)
Normalni (suho i vlažno)	< 50	< 120
Loši (mokro)	< 25	< 60
Iznimno loši (potapanje)	< 12	-

Kod kvarova se u pravilu pojavljuju veći naponi dodira pa je potrebno predvidjeti odgovarajuće mjere zaštite.

Pitanja i zadaci!

1. Nabrojite vrste opasnosti koje nam prijete od električnih instalacija te mreža niskog i visokog napona? Koje su opasnosti najčešće? Objasnite ih na nekom primjeru.
2. Prikažite skicu izravnog dodira faznog vodiča u TT ili TN sustavu te označite putanju struje kroz čovjeka? Što sve utječe na jakost struje?
3. Izračunajte jakost struje kroz čovjeka iz prethodnog zadatka ako je očekivani napon dodira 230 V i zanemareni otpori R_v i R_B ? Što zaključujete iz rezultata?
4. Prikažite izravni dodir faznog vodiča u IT sustavu i označite putanju struje kroz čovjeka? Komentirajte?
5. Prikažite izravni dodir dvaju aktivnih vodiča? Izračunajte struju kroz čovjeka?
6. Prikažite dodir izloženog dijela neuzemljenog trošila u kvaru na izolaciji u uzemljenim sustavima te označite putanju struje kroz čovjeka? O čemu ovisi jakost struje kroz čovjeka?
7. Kakve posljedice nastupaju za napravu čije je kućište pod naponom, a nije uzemljeno? Što bismo iz toga mogli zaključiti?
8. Prikažite potencijal uzemljivača kroz koji teče el. struja? Definirajte napon uzemljivača, dodira i koraka?
9. Nabrojite i opišite ostale najčešće izvore opasnosti od djelovanja električne energije?
10. Navedite što obuhvaćaju naponska područja **I** i **II** za instalacije u zgradama?

11. Definirajte naponske opsege izmjeničnih (AC) sustava?
12. Navedite trajno dopuštene napone dodira za normalne, loše i iznimno loše uvjete kod izmjeničnih i istosmjernih sustava (bez izmjenične komponente)?

20. 12. Sustavi niskonaponskih mreža i vrste uzemljenja

a) Sustavi niskonaponskih mreža

Sustav zaštite od udara električne struje bitno zavisi o tipu razdjelnog sustava. Razlikujemo tri tipa niskonaponskih mreža; TN, TT i IT koje smo već opisali u prethodnim poglavljima. Električne instalacije koje se napajaju iz niskonaponskih mreža također se označuju na isti način, s time da se, pod određenim uvjetima, u instalaciji može odabrati drukčiji sustav u pogledu načina uzemljenja.

S obzirom na uvjete i postavljene zahtjeve, pojedini tipovi sustava, najčešće se upotrebljavaju:

- **TN** - u industriji, stambenim, poslovnim i sličnim zgradama,
- **TT** - u poljoprivredi, gradilištima, te poslovnim stambenim i sličnim zgradama i
- **IT** - u rudnicima, željezarama, kemijskoj industriji, na brodovima, elektranama, vojnim objektima, bolnicama, rezervnim sustavima napajanja, upravljačkim krugovima, itd.

U distribucijskim mrežama danas se kod nas najčešće primjenjuje TN – C sustav, a na području instalacija u zgradama TN – C – S i TT sustav.

Prema preporukama IEC-a prednost se daje TN – S sustavu pa je velika vjerojatnost da ćemo u praksi sve više nailaziti na njega i u području NN mreža i instalacija (naročito u gradovima).

b) Vrste uzemljenja

Pod **zemljom** (Earth) podrazumijevamo vodljive mase u zemlji (ili zemlju), kod kojih je električni potencijal u bilo kojoj točki jednak nuli.

Pod pojmom **uzemljenja** podrazumijeva se povezivanje vodljivih dijelova iznad zemlje sa zemljom. Na taj način se potencijal uzemljenog dijela postrojenja drži na potencijalu zemlje (osim za vrijeme kvara). To se izvodi pomoću različitih vrsta uzemljivača ukopanih u zemlju.

Uzemljivač, odnosno uzemljivački sustav, je skup međusobno povezanih metalnih dijelova koji se nalaze u zemlji i ostvaruju električnu vodljivu (što bolju) vezu uzemljenih dijelova postrojenja sa zemljom.

Zemljovod je vod između dijelova postrojenja koje se uzemljuju i uzemljivača, postavljen izvan zemlje ili izolirano u zemlji.

Razlikujemo tri vrste uzemljenja; **pogonsko** (radno), **gromobransko** (odvodničko) i **zaštitno** uzemljenje (slika 20.9).

Zaštitno uzemljenje je uzemljenje izloženih vodljivih dijelova el. uređaja, koji nisu dio strujnog kruga, a na dohvatu su čovjeka.

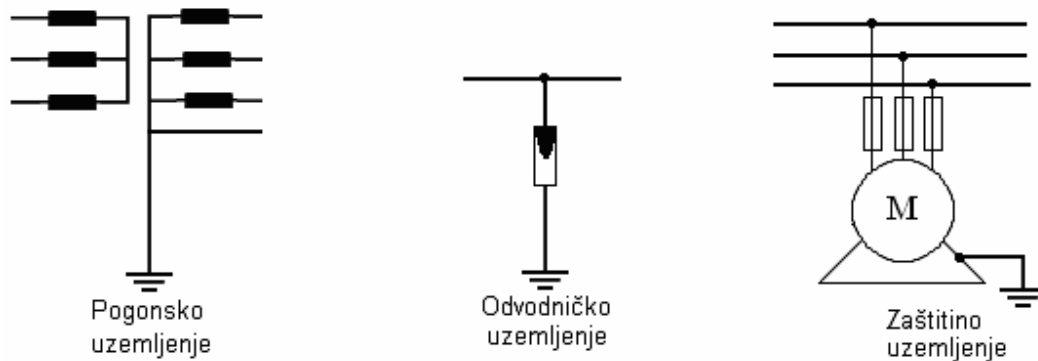
Radno (pogonsko) uzemljenje je uzemljenje vodljivih dijelova el. uređaja koji su dio strujnog kruga (npr. uzemljenje neutralnog vodiča, uzemljenje kondenzatora i slično). Ovo uzemljenje služi prvenstveno za sprječavanje pojave unutarnjih (pogonskih) prenapona.

Gromobransko uzemljenje služi za zaštitu objekata od atmosferskog pražnjenja. Ako se radi o uzemljivanju dijelova postrojenja preko odvodnika prenapona, onda takvi dijelovi nisu u stalnoj galvanskoj vezi sa zemljom.

U praksi se ova uzemljenja najčešće udružuju pa onda govorimo o tzv. **združenom uzemljenju**.

U pogledu združenog uzemljenja su posebno strogi zahtjevi ($R_z \leq 0,2 \Omega$!). Za kvalitetu uzemljenja je od presudne važnosti otpor uzemljenja. Otpor uzemljenja je zbroj otpora rasprostiranja uzemljivača i

otpora zemljovoda (otpor zemljovoda se većinom može zanemariti). O otporu uzemljenja će biti još govora u slijedećim poglavljima.



Slika 20. 9 Vrste uzemljenja

20. 13. Izvedbe uzemljenja

Uzemljenja se izvode pomoću raznih vrsta uzemljivača. Uzemljivač predstavlja vodič koji se postavlja u zemlju i s njom je u vodljivoj vezi ili vodič što se stavlja u beton koji je sa zemljom u dobro vodljivoj vezi. Za kvalitetu i trajnost uzemljivača vrlo je bitno da su oni izrađeni od materijala koji ne korodiraju, kao npr. pocinčani čelik ili bakar.

Prema obliku vodiča uzemljivača razlikujemo:

- Pločaste,
- Štapne ili cijevne (ukopani vertikalno) i
- Trakaste (ili žice) uzemljivače

Kao uzemljivači mogu, pod određenim uvjetima, poslužiti metalne vodovodne cijevi, betonske armature i druge metalne konstrukcije ukopane u zemlju.

Pločasti uzemljivači su tanke metalne ploče vertikalno ukopane u zemlju na dubinu od oko jednog metra. Umjesto punih metalnih ploča mogu se koristiti i metalne rešetke.

Štapni uzemljivači metalne su cijevi ili profilno pocinčano željezo dužine 2 -5 metara, vertikalno ukopano u zemlju.

Trakasti uzemljivači sastoje se od pocinčanih čeličnih traka, metalnih šipki ili metalnih užeta, vodoravno ukopanih u zemlju. Dubina ukapanja obično je između 0,5 do 1 m, i to u slojeve zemlje gdje nema smrzavanja tijekom zime. Spajanjem trakastih uzemljivača u obliku mreže dobivaju se tzv. plošni uzemljivači, koji najčešće služe za postizanje ravnomjernije raspodjele potencijala na površini zemlje. Prema rasporedu takve uzemljivače dijelimo na **zrakaste, prstenaste i zamkaste (zrakasto-prstenaste).**



Slika 20.10 Vrste uzemljivača

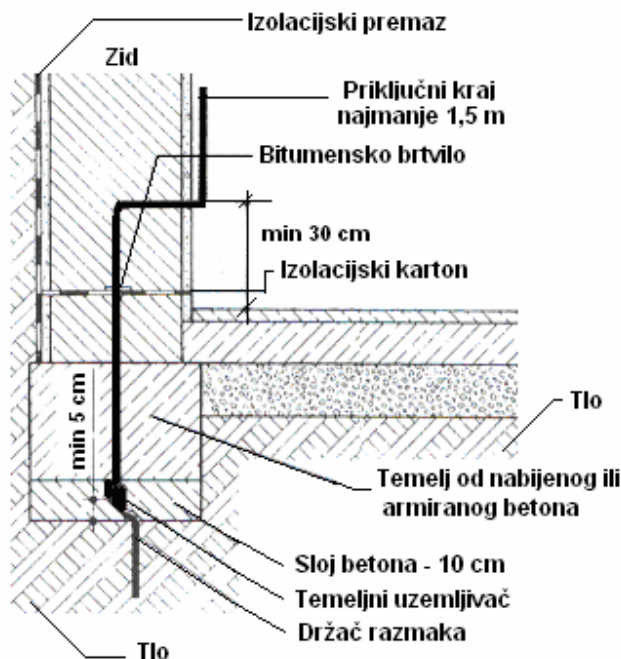
Tablica 20. 4. Minimalne mjere i ostali uvjeti za uzemljivače

Materijal	Oblik uzemljivača	Najmanji presjek (mm ²)	Minimalna debljina (mm)	Ostale najmanje mjere, odnosno propisani uvjeti
Čelik kod polaganja u tlo, vruće pocinčan s prevlakom od cinka najmanje od 70 μm	Traka	100	3	
	Okrugli čelik	78 (odgovara Φ 10 mm)		Kod sastavljenih dubinskih uzemljivača: najmanji promjer šipke: 20 mm
	Cijev			Najmanji promjer: 25 mm. Najmanja debljina stijenke: 2 mm.
	Profil. šip.	100	3	
Čelik s bakrenom prevlakom	Okrugli čelik	Za čeličnu jezgru: 50 za bakrenu prevlaku 20% presjeka čelika, ali najmanje 35		Kod sastavljenih dubinskih uzemljivača: najmanji promjer šipke: 15 mm. Spojna mjesta moraju se izvesti tako da je njihova izdržljivost prema koroziji jednaka izdržljivosti bakrene površine
Bakar	Traka	50	2	
	Uže	35		Najmanji promjer žice: 1,8 mm. Kod olovnog plašta najmanja debljina plašta: 1 mm
	Okr. bakar	35		
	Cijev			Najmanji promjer: 20 mm Najmanja debljina stijenke: 2 mm

Kod rastegnutih uzemljivača iz neizoliranog bakra (ili čelika s bakrenom prevlakom) treba paziti da su oni po mogućnosti kovinski odvojeni od podzemnih naprava iz čelika; npr. cijevni vodovi i spremnici. U protivnom slučaju čelični dijelovi mogu biti izloženi povećanoj opasnosti od korozije.

Danas se u električnim instalacijama najčešće upotrebljavaju **temeljni uzemljivači**. Ugrađujemo ih u betonske temelje objekta tako da je između njih i zemlje barem 10 cm betona. Uglavnom se upotrebljava čelična pocinčana traka koja se povezuje s betonskom armaturom, npr. na svaka 2-3 m. Takvi uzemljivači vrlo su učinkoviti jer su u vlažnom betonu (**ispod hidroizolacije**) i na taj način imaju dobar spoj sa zemljom. Također su ekonomični i praktički neograničenog vijeka trajanja.

Pravilan način ugradnje temeljnog uzemljivača prikazan je na slici 20.11.



Slika 20. 11
Temeljni uzemljivač

20. 14. Proračun uzemljenja

Za ispravnost i učinkovitost uzemljenja najvažniji je otpor uzemljenja. **Otpor uzemljenja je zbroj otpora rasprostiranja uzemljivača i otpora zemljovoda.** Otpor rasprostiranja uzemljivača je otpor zemlje između uzemljivača i referentne zemlje. Većinom se zanemaruje otpor zemljovoda pa se otpor uzemljenja poistovjećuje s otporom rasprostiranja uzemljivača. On ovisi o načinu izvedbe uzemljivača i o specifičnom otporu tla (vodljivosti tla). Materijal samog uzemljivača vrlo malo utječe na otpor uzemljenja. Iako je zemlja loš vodič, ipak ona protjecanju struje pruža vrlo mali otpor jer struja prolazi kroz veliki presjek. Na otpor rasprostiranja uzemljivača najviše utječe zemlja neposredno oko uzemljivača. Zemlja koja je od uzemljivača udaljena više pet puta njegove ukopane duljine praktički nema utjecaja na otpor uzemljenja.

Specifični otpor tla definira se kao otpor zemljane kocke s bridovima od 1 m.

Tablica 20. 5. Specifični otpori tla

Vrsta tla	ρ ($\Omega \cdot m$)
Mokra zemlja, močvara	8 - 60
Oranica, glina, ilovača	20 - 300
Vlažno pjeskovito tlo	200 - 600
Suho pjeskovito tlo	200 - 2 000
Kamenito i mješovito kamenito tlo	300 - 80 000
Čisti kamen	10 000 - 1 000 000

Iz tablice 20.5. možemo zaključiti da se u kamenitim predjelima vrlo teško mogu ostvariti mali otpori uzemljenja.

20. 14. 1. Površinski uzemljivači

Ovakvi se uzemljivači (pored temeljnih) upotrebljavaju najčešće. Izvodimo ih od pocinčanih čeličnih traka, metalnih šipki ili metalnih užeta, vodoravno ukopanih u zemlju. Dubina ukapanja obično je između 0,5 do 1 m.

Otpor uzemljenja možemo približno izračunati po izrazu:

$$R = \frac{\rho}{\pi \cdot l} \ln \frac{2 \cdot l}{d} (\Omega)$$

Gdje je:

ρ - specifični otpor tla ($\Omega \cdot m$)

l - duljina uzemljivača (m)

d - promjer uzemljivača (m) (kod trake je to 1/2 širine trake)

Isti izraz vrijedi i za uzemljivač u obliku zatvorenog prstena oko objekta.

Tablica 20. 6. Prosječne vrijednosti otpora uzemljenja trakastog uzemljivača duljine 20 m

Vrsta tla	Specifični otpor ($\Omega \cdot m$)	Rr - otpor rasprostiranja (Ω)
Močvarno tlo	30	3
Ilovača, glina, oranica	100	10
Pijesak (vlažni)	200	20
Šljunak (vlažni)	500	50
Suhi pijesak i šljunak	1000	100
Beton (cement/šljunak=1:5)	400	40

20. 14. 2. Vertikalni uzemljivači

Vertikalni uzemljivači su metalne cijevi ili profilno pocinčano željezo dužine 2 -5 metara, vertikalno ukopano u zemlju. Upotrebljavamo ih tamo gdje se zahtijevaju mali otpori rasprostiranja.

Otpor uzemljenja možemo približno izračunati po izrazu:

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \ln \frac{4 \cdot l}{d} (\Omega)$$

Gdje je:

ρ - specifični otpor tla ($\Omega \cdot m$)

l - duljina uzemljivača (m)

d - promjer cijevi (m)

20. 14. 3. Temeljni uzemljivači

U gradovima, gdje su objekti praktički jedan do drugog, nema ni mjesta za drukčiji način izvođenja uzemljenja.

Otpor uzemljenja možemo približno izračunati po izrazu:

$$R = \frac{2 \cdot \rho}{\pi \cdot D} (\Omega); \quad D = \sqrt{\frac{4 \cdot l \cdot b}{\pi}} (m)$$

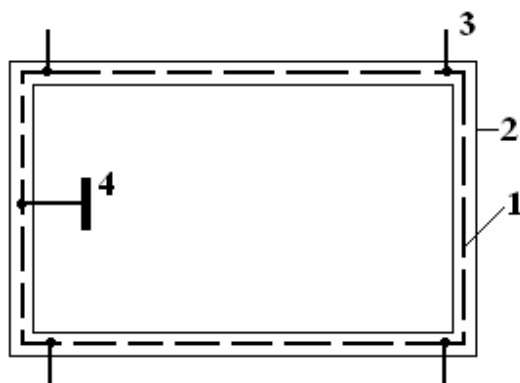
Gdje je:

ρ - specifični otpor tla ($\Omega \cdot m$)

D - promjer nadomjesnog uzemljivača u kružnom obliku (m)

l - duljina temeljnog uzemljivača (m)

b - širina temeljnog uzemljivača (m)



Slika 20.12 Temeljni uzemljivač

1 - vruće pocinčana traka - 25 x 4 mm

2 - temelj

3 - priključci za gromobran

4 - izvod za sabirnicu GIP

Točan podatak o otporu uzemljenja mora se utvrditi mjerenjem.

20. 15. Zaštitni vodiči i zemljovodi

20. 15. 1. Zemljovodi

Zemljovod (dozemni vod) je vodič koji povezuje glavnu stezaljku za uzemljenje s uzemljivačem, postavljen izvan ili u zemlji. Ako je zemljovod ukopan u zemlju, njegov presjek mora biti u skladu s vrijednostima iz tablice 20. 7.

Tablica 20. 7. Najmanje presjeci zemljovoda postavljenog u zemlji

Izvedba	Mehanički zaštićen	Mehanički nezaštićen
Izoliran	Kao i presjek zaštitnog vodiča	16 mm ² Cu 16 mm ² Fe
Neizoliran	25 mm ² Cu 50 mm ² Fe, vruće pocinčano 100 mm ² Fe, pocinčana traka, min. 3 mm debljine	

U svakoj je instalaciji potrebno predvidjeti jedan glavni priključak za uzemljenje (sabirnicu) na koji se spajaju:

- Dozemni vodiči (ili vodiči za uzemljenje)
- Zaštitni vodiči (PE)
- PEN vodič (kod TN sustava)
- Vodiči glavnog izjednačenja potencijala (GIP)
- Vodiči pogonskog uzemljenja (ako sustav instalacije zahtijeva takvo uzemljenje)
- Gromobranska instalacija

Treba reći da među dozemne vodiče ubrajamo i vodiče za povezivanje uzemljenja s dodatnim uzemljivačima (npr. vodovodne, plinske cijevi), uzemljenja telekomunikacijskih naprava i slično. Glavna stezaljka za uzemljenje najčešće ujedno predstavlja i sabirnicu glavnog izjednačenja potencijala.

20. 15. 2. Zaštitni vodiči

Zaštitni vodič (PE) je vodič koji u instalaciji povezuje izložene vodljive dijelove uređaja sa sabirnicom za izjednačavanje potencijala ili zaštitnom sabirnicom razvodnog ormara.

Glavni zaštitni vodič je vodič koji u instalaciji povezuje sabirnicu za izjednačavanje potencijala objekta i zaštitnu sabirnicu razvodnog ormara. Zbog izuzetne važnosti zaštitni vodiči moraju se polagati vrlo pažljivo tako da nisu izloženi vanjskim utjecajima. U krug zaštitnog vodiča **ne smije se ugraditi nikakva naprava** (npr. sklopka, osigurač, magnetski svitak i slično). Izloženi vodljivi dijelovi ne smiju se spajati na zaštitni vodič u seriji. **Svi spojevi moraju biti dostupni radi provjera i mjerenja.**

Kao zaštitne vodiče možemo upotrijebiti:

- Vodiče u višežilnim kabelima
- Gole ili izolirane vodiče u instalacijskim kanalima ili cijevima
- Zasebne gole ili izolirane vodiče
- Metalne obloge, zaslone ili armature nekih kabela
- Metalne instalacijske cijevi ili kanale
- Strane vodljive dijelove

Tablica 20. 8. Najmanji presjeci zaštitnih vodiča

Vrsta sustava razdiobe	Presjek faznog vodiča S (mm ²)	Presjek zaštitnog vodiča (mm ²)
IT sustav sa zaštitnim uređajem za isklapanje nakon prvog kvara	$S \leq 10$	S
	$S > 10$	10
TT i TN sustavi	$S \leq 16$	S
	$16 < S \leq 35$	16
	$S > 35$	$S / 2$

U slučaju da zaštitni vodič nije dio voda ili kabela, najmanji presjek mora biti:

- 2,5 mm² Cu ili 4 mm² Al, ako su mehanički zaštićeni
- 4 mm² Cu, ako nije mehanički zaštićen*
- 50 mm² Fe / Zn

* (Al nije dozvoljen mehanički nezaštićeni)

Ako se radi o tzv. PEN vodiču (objedinjen PE i N u TN – S sustavu), onda njegov minimalni presjek za trajno položene vodiče mora biti minimalno 10 mm² Cu (ili 16 mm² Al). Veći presjeci se određuju prema tablici 20.8.

U TN-C-S sustavu se u određenoj točki instalacije razdvajaju funkcije zaštitnog i neutralnog vodiča (PEN se razdvaja na PE i N) te ih poslije razdvajanja više ne smijemo povezivati. Na mjestu razdvajanja (razvodni ormar) moraju biti posebne stezaljke za PE i N vodič.

Tablica 20. 8. Presjeci zaštitnih vodiča za TT i TN sustave u ovisnosti o presjeku faznih vodiča

Presjek faznog vodiča (mm ²)	Presjek zaštitnog vodiča (mm ²)				
	Izolirani vodovi	Kabelski vodovi 0,6/1 kV sa 4 vodiča	Zaštitni vodič polagan odvojeno		
			Zaštićeni		Nezaštićeni
			Cu (mm ²)	Al (mm ²)	Cu (mm ²)
0,5	0,5	-	2,5	4	4
0,75	0,75	-	2,5	4	4
1	1	-	2,5	4	4
1,5	1,5	1,5	2,5	4	4
2,5	2,5	2,5	2,5	4	4
4	4	4	4	4	4
6	6	6	6	6	6
10	10	10	10	10	10
16	16	16	16	16	16
25	16	16	16	16	16
35	16	16	16	16	16
50	25	25	25	25	25
70	35	35	35	35	35
95	50	50	50	50	50
120	70	70	50	50	50
150	70	70	50	50	50
185	95	95	50	50	50
240	-	120	50	50	50
300	-	150	50	50	50
400	-	185	50	50	50

Pitanja i zadaci!

1. Navedite sustave razdiobe i prikladnost njihove primjene. Koji se sustav preferira prema preporuci IEC-a?
2. Definirajte pojmove: zemlja, uzemljenje, uzemljivač i zemljovod.
3. Prikažite crtežom različite vrste uzemljenja.
4. Kako dijelimo uzemljivače prema obliku materijala?
5. Opišite trakaste uzemljivače. Kakvi mogu biti prema rasporedu traka ili vodiča? Skicirajte.
6. Kolike su minimalne dimenzije uzemljivača od: a) čelične pocinčane trake, b) bakrene trake i c) bakrenog užeta?
7. Smijemo li direktno spajati bakreni vodič i čeličnu pocinčanu traku? Zašto?
8. Opišite temeljni uzemljivač i navedite njegove prednosti.
9. Što se podrazumijeva pod otporom uzemljenja? O čemu on najviše ovisi? Kako definiramo specifični otpor tla?
10. Koliki je orijentacijski otpor uzemljenja trakastog uzemljivača duljine 20 m: a) u ilovači, b) mokrom pijesku i c) suhom pijesku?
11. Prikažite skicu temeljnog uzemljivača (s izvodima) u tlocrtu objekta.
12. Što je to zemljovod ili dozemni vod? Kolike su minimalne dimenzije zemljovoda u zemlji iz pocinčane čelične trake?
13. Što su to zaštitni vodiči? Što sve možemo upotrijebiti kao zaštitne vodiče?
14. Navedite presjek zaštitnog vodiča u odnosu na fazne vodiče u TT i TN sustavima.

15. Ako se zaštitni vodič polaže odvojeno, te je od bakra, koliki mu mora biti minimalni presjek ako je: a) je mehanički zaštićen b) nije mehanički zaštićen?
16. Koliki mora biti minimalni presjek PEN vodiča u trajno položenoj instalaciji ili mreži?
17. Objasnite podatke iz tabele 20. 8.. Navedite nekoliko primjera.
18. Strujni krug električne instalacije u TN sustavu izveden je bakrenim izoliranim vodom presjeka vodiča 25 mm^2 . Koliki mora biti minimalno presjek zaštitnog vodiča iz Cu?

20. 16. Izjednačenje potencijala

U tehničkim normativima za izvedbu električnih instalacija izjednačenje potencijala navodi se kao obvezatna mjera zaštite koju je potrebno izvesti u svakoj instalaciji. U novoj normi, HRN IEC 61140:1999 en, izjednačenje potencijala navodi se kao zaštitna mjera za zaštitu od kvara. Ona pruža sve elemente dobre i učinkovite zaštite, ali tek u sklopu s uređajima za brzo isključenje struje kvara ili s dobrim uzemljivačem.

Izjednačenje potencijala postiže se međusobnim galvanskim spajanjem svih metalnih dijelova različitih instalacija sa zaštitnim vodičem električne instalacije u nekom prostoru. Učinak takvog zahvata je očit. U slučaju greške na izolaciji, na kućištima električnih trošila, pojavljuje se opasan napon. Taj isti napon (potencijal) pojavit će se i na svim međusobno povezanim metalnim dijelovima drugih instalacija, tj. neće postojati razlika potencijala između tih vodljivih dijelova (metalne dijelove zgrada bilo bi vrlo teško međusobno i od zemlje u potpunosti izolirati).

Tim postupkom osjetno je smanjena mogućnost da na čovjeka djeluje napon dodira u slučaju da istodobno dođe u dodir s neispravnim električnim trošilima i s bilo kojim metalnim dijelom drugih instalacija. Izjednačenje potencijala primjenjuje se i radi sprečavanja unosa vanjskih opasnih potencijala u objekt. Vanjski opasni potencijali mogu biti prenijeti u objekt preko zaštitnih ili nultih vodiča i preko metalnih plašteva kabela (u tim vodičima nema zaštitnih uređaja). U slučaju izjednačavanja potencijala, cijela zgrada čini ekvipotencijalni sustav u kojem je veoma mala vjerojatnost pojave opasnih napona dodira, čak i kad se radi o relativno visokim potencijalima u apsolutnom iznosu, koje bi cijeli sustav mogao imati prema dalekoj zemlji.

Razlikuju se dvije vrste izjednačavanja potencijala:

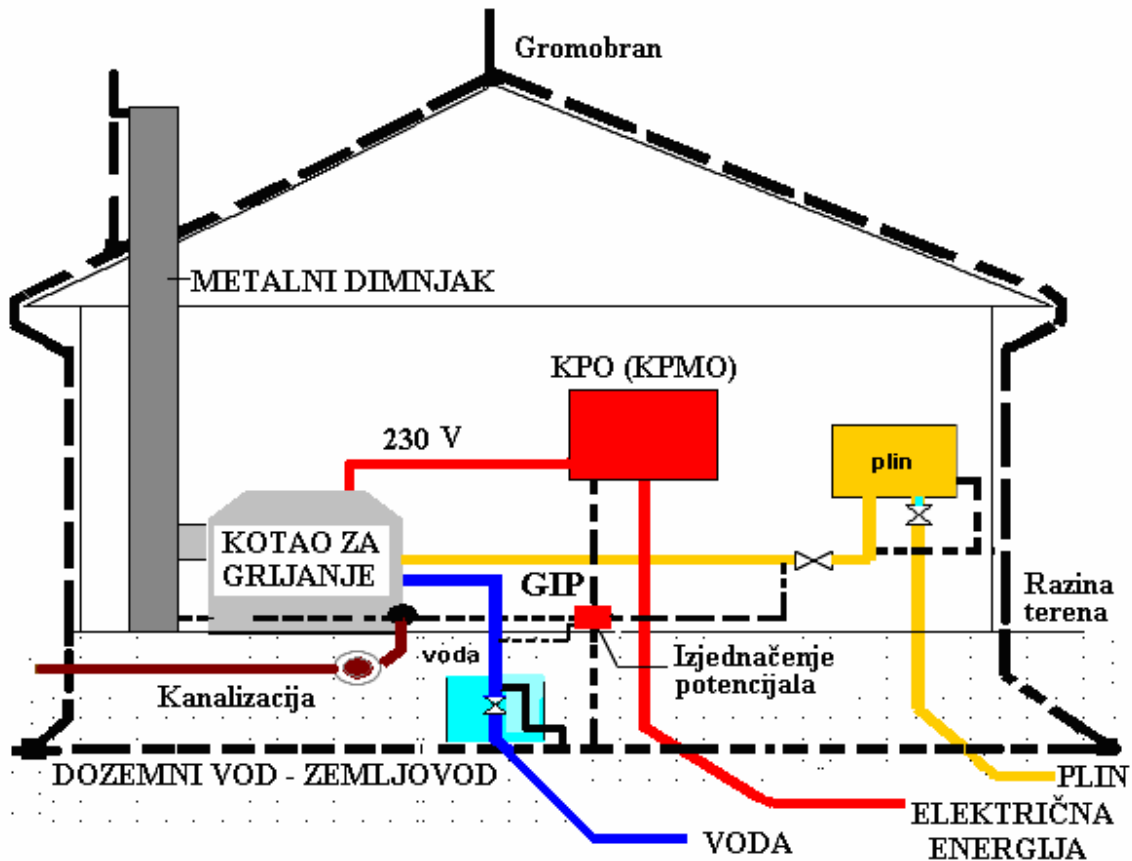
- **Glavno izjednačenje potencijala** koje obuhvaća cijeli objekt (GIP)
- **Dodatno izjednačenje potencijala** koje obuhvaća stanoviti uži prostor ili dio instalacije u objektu (DIP).
(Postoji još i lokalno izjednačenje potencijala bez spajanja sa zemljom)

20. 16. 1. Glavno izjednačenje potencijala

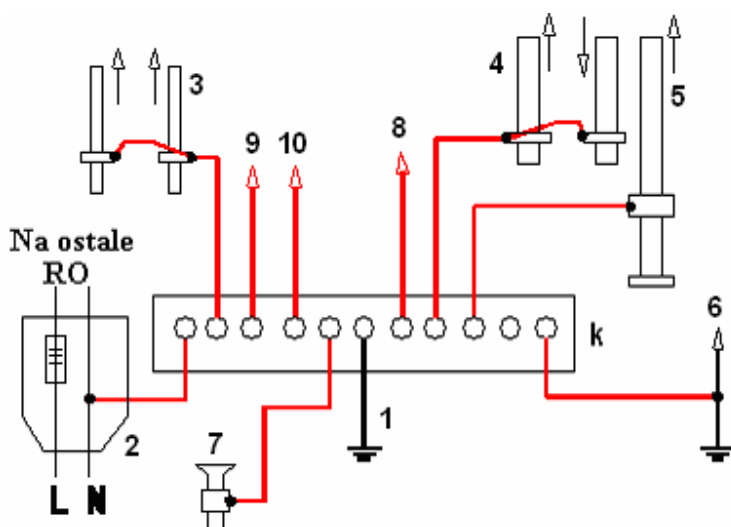
Glavno izjednačenje potencijala obuhvaća izjednačavanje potencijala metalnih masa cijelog objekta. U blizini glavnoga kućnog priključka postavljaju se sabirnice za izjednačavanje potencijala na koje se priključuju spojni vodovi koji povezuju:

- zaštitni vodič električne instalacije
- glavni priključak vodovodne instalacije
- glavni priključak plinske instalacije
- glavni priključak centralnog grijanja
- dozemni vodič uzemljenja
- metalne konstrukcijske elemente objekta (zgrade)
- sve metalne zaslone telekomunikacijskih kabela (ako to dozvoljava operater).

Posebno je važno da kod plinske instalacije galvanski premostimo mjerno-regulacijski uređaj. Premosnice su potrebne na metalnim vratima i na svim mjestima gdje je moguć prekid galvanske veze. Metalne cijevi (vodovod, plin) i drugi slični dijelovi mogu služiti kao vodiči za izjednačenje potencijala ako zadovoljavaju presjekom.



Slika 20.13 Shematski prikaz glavnog izjednačenja potencijala



Slika 20.14 Sabirnica za izjednačenje potencijala -

- k - stezaljke GIP sabirnice
- 1 - priključak temeljnog uzemljivača
- 2 - glavni kućni priključak električne energije
- 3 - vodovodna instalacija
- 4, 5 - plinska instalacija
- 6 - gromobranska instalacija
- 7 - kanalizacija
- 8 - antenski sustav
- 9 - metalne konstrukcije
- 10 - telefonske instalacije



Slika 20.15 Kutija stezaljke za glavno izjednačenje potencijala

- Služi kao glavna stezaljka za izjednačavanje potencijala prvenstveno u individualnim objektima
- Ugrađuje se u zid u blizini glavnog razdjelnika objekta
- Priključci:
 - jedna stezaljka za priključak temeljnog uzemljivača (traka do 4 x 35 mm)
 - jedna stezaljka za priključak voda od 10 do 50 mm²
 - sedam čahurastih stezaljki za priključak vodova od 2,5 do 6 mm² za povezivanje raznih metalnih dijelova instalacija (plinskih, vodovodnih...)

20. 16. 2. Dodatno izjednačenje potencijala

Ako se zahtjevi u pogledu automatskog isključivanja napajanja u bilo kojem sustavu ne mogu ispuniti, i prijeto opasnost da će se previsoki naponi dodira održati dulje od propisanih vremena, mora se primijeniti dodatno izjednačenje potencijala. Takve primjere imamo u TN instalaciji s motorima velikih snaga ili kod dugačkih strujnih krugova gdje je velika impedancija petlje kvara. Dodatno izjednačavanje potencijala primjenjuje se i u posebnim slučajevima povećane opasnosti kao što su npr. kupaonice, bazeni, poljoprivredni pogoni, prostori ugroženi eksplozivnim smjesama ili požarom i slično.

Dodatno izjednačenje potencijala mora obuhvatiti sve istodobno pristupačne mase trošila i strane vodljive dijelove, kao i glavne metalne betonske armature. Sustav za dodatno izjednačenje potencijala povezuje se zaštitnim vodičem instalacije, uključivši i priključnice.

Dodatno izjednačenje potencijala bit će ispravno ako je ispunjen uvjet:

$$R \leq \frac{U_L}{I_a}$$

Gdje je:

R - otpor izmjeren između istodobno dohvatljivih masa trošila i stranih vodljivih dijelova

I_a - struja koja osigurava isključivanje nadstrujnih zaštitnih uređaja u zahtijevanom vremenu (kod primjene zaštitnih uređaja diferencijalne struje je struja I_a nazivna struja isključivanja $I_{\Delta n}$)

U_L - dopušteni napon dodira.



Slika 20.16 Kutija za dodatno izjednačenje potencijala

- služi za izjednačavanje potencijala u mokrim prostorima zgrada (kupaonice, garderobe)
- ugrađuje se u zid
- jedna stezaljka 35 mm² za povezivanje sa zaštitnom sabirnicom razdjelnika
- šest stezaljki 6 mm² za priključak vodova za povezivanje metalnih dijelova instalacija

Tablica 20. 8. Presjeci vodiča za izjednačenje potencijala

Podjela	Glavno izjednačenje potencijala	Dodatno izjednačenje potencijala	
Normalni presjek	$\frac{1}{2}$ presjeka glavnog zaštitnog vodiča	Između dva izložena dijela	Presjek manjeg PE
		Između izloženog i stranog vodljivog dijela	$\frac{1}{2}$ presjeka zaštitnog vodiča
Minimalni presjek	$6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$	Uz mehaničku zaštitu Bez mehaničke zaštite	$2,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ $4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Najveći presjek	$25 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$	-	-

Najčešće se upotrebljava bakar (P/F) i pocinčani čelik (Fe/Zn traka) ekvivalentne vodljivosti. Aluminij nije dozvoljen bez mehaničke zaštite.

Pitanja i zadaci!

- Objasnite ulogu izjednačavanja potencijala u sklopu zaštitnih mjera od strujnog udara.
- Što označuju pojmovi glavno (GIP) i dodatno izjednačavanje potencijala (DIP)?
- Opišite sliku 20.13. Što se sve spaja na tzv. GIP?
- Prilikom izjednačavanja potencijala potrebne su tzv. premosnice! Objasnite zašto i navedite primjer.
- Opišite kutiju GIP-a sa slike 20.15.
- Razmislite što je potrebno predvidjeti kod metalne cijevi za odvodnju vode u vrt prilikom izjednačavanja potencijala! Objasnite što bi se moglo dogoditi u slučaju pojave opasnog potencijala na stranim ili izloženim vodljivim dijelovima!
- Kada i zašto je potrebno dodatno izjednačenje potencijala? Kako se izvodi DIP?
- Navedite primjere gdje je potrebno DIP.
- Koji uvjet treba ispuniti dodatno izjednačenje potencijala? Objasnite značenja pojedinih oznaka u izrazu za dodatno izjednačenje potencijala.
- Opišite kutiju za DIP sa slike 20.16.
- Koji materijali se najčešće upotrebljavaju kao vodiči za izjednačenje potencijala? Je li dozvoljen vodič iz aluminija i pod kojim uvjetima?
- Koji su minimalni presjeci vodiča iz bakra za glavno i dodatno izjednačenje potencijala sa i bez mehaničke zaštite? Koliki je najveći presjek vodiča za GIP ako je iz bakra?

20. 17. Zaštitne mjere od udara električne struje

Zaštitne mjere od udara električne struje zasnivaju se na rezultatima istraživanja utjecaja električne struje na ljudsko tijelo. Pri tome posebnu važnost ima:

- vrijeme trajanja prolaza struje kroz tijelo čovjeka,
- impedancija ljudskog tijela,
- utjecaj okoline (npr. voda) na prijelazne otpore na mjestu dodira dijelova pod naponom,
- otpor stajališta i
- očekivani napon dodira (U_c).

Na osnovi navedenih faktora određene su vrijednosti dozvoljenog napona dodira (U_L) za određene dogovorene uvjete.

Na stupanj opasnosti znatno utječe i put struje kroz ljudsko tijelo. U sljedećoj tablici navedeni su usporedbeni faktori jakosti električne struje za različite putove kroz ljudsko tijelo.

Tablica 20. 9. Usporedbeni faktori struja za različite putove kroz ljudsko tijelo

Put struje kroz ljudsko tijelo	Usporedbeni faktori struje u odnosu na njezin put
Lijeva ruka ili obje ruke - prema nogama	1,0
Ruka - ruka	0,4
Desna ruka - noga ili obje noge	0,8
Leđa - desna ruka	0,3
Leđa - lijeva ruka	0,7
Prsa - desna ruka	1,3
Prsa - lijeva ruka	1,5

Na osnovi podataka iz tablice 20.9. jednostavno je zaključiti kolika je važnost zaštitne odjeće (izolacijske rukavice, odijelo) i obuće za osobe koje rade u blizini dijelova pod naponom. Posebno je važno da se spriječi dodir prsiju s dijelom koji je pod naponom. Naravno da je potrebno poduzeti i druge zaštitne mjere.

Zaštitu od udara električne struje možemo podijeliti u tri stupnja:

- 1. OSNOVNA ZAŠTITA** (basic protection) - je zaštita od izravnog dodira dijelova koji su u normalnom pogonu pod naponom,
- 2. ZAŠTITA OD KVARA** (fault protection) - je zaštita od neizravnog dodira, tj. od dodira dijelova koji su pod napon došli radi kvara i
- 3. DODATNA ZAŠTITA** (additional protection) - u posebnim slučajevima može se primijeniti i dodatna zaštita u slučaju da otkáže jedna od prethodnih mjera, npr. primjena FI sklopke $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$.

Primjenom prva dva stupnja zaštite praktički se postiže cjelokupna zaštita, dok se treći stupanj primjenjuje u posebnim slučajevima (ali se preporučuje i kada nije obvezatan).

20. 17. 1. Vrste zaštitnih mjera

Zaštitne mjere od udara električne struje možemo podijeliti u tri grupe.

I Zaštita od izravnog (direktnog) dodira

Općenito je postižemo:

- izolacijom dijelova pod naponom
- pregradama (barijere) ili omotačima (kućišta)

Dodatno možemo upotrijebiti zaštitnu FI sklopku $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$. U posebnim primjerima mogu se primijeniti prepreke i postavljanje izvan dohvata rukom.

II Zaštita od neizravnog (indirektnog) dodira

Općenito je postižemo:

- automatskim isključenjem napajanja
- dodatnim izoliranjem
- električnim odvajanjem

Moguća je i zaštita od neizravnog dodira postavljanjem u nevodljivu okolinu i lokalnim izjednačenjem potencijala bez spajanja sa zemljom, ali se ove mjere rijetko primjenjuju.

III Istodobna zaštita od izravnog i neizravnog dodira




Općenito je postižemo:

- upotrebom sigurnosnih malih napona (SELV)
- upotrebom uzemljenih malih napona (PELV)
- ograničenjem energije (naboja) izbijanja (npr. energetskog kondenzatora) te ograničenjem struje

20. 17. 2. Klasifikacija električne opreme

Električna oprema se, u skladu sa zaštitnim mjerama, klasificira u razrede (klase) kao što je navedeno u tablici 20. 10.

Tablica 20. 10. Razredi električne opreme

Razred opreme	Oznaka ili uputa	Uvjet za priključak u električnoj instalaciji	Primjer, naziv
0	Ne preporuča se	Nevodljiva okolina	-
		Električno odvajanje za pojedinačnu opremu	
I	 ili PE	Stezaljku s ovakvom oznakom treba spojiti na sabirnicu zaštitnog vodiča	Elektromotor, zaštitna mjera sa zaštitnim vodičem
II	 (dupli kvadrat)	Nije u vezi sa zaštitnim mjerama u električnoj instalaciji	Oprema s plastičnim kućištem, zaštitno izoliranje
III	 (rimski III u rombu)	Priključak na SELV ili PELV	Električne ručne svjetiljke, zaštitni mali napon

Oprema razreda 0 ima samo osnovnu izolaciju (bez spajanja sa zaštitnim vodičem) te se preporuča izbaciti je iz primjene. Kod nas nije uobičajena.

20. 17. 3. Zaštita od izravnog dodira

Najveća opasnost od udara električne struje prijeti nam od izravnog dodira vodiča (L, N) ili drugih dijelova instalacije (aktivnih dijelova) koji su u normalnom pogonu pod naponom.

Zaštitu od izravnog dodira postižemo:

- izoliranjem
- pregradama (barijerama) ili omotačima (kućištima)

- dopunskom zaštitom pomoću ZUDS (FI - sklopka)
- preprekama
- postavljanjem izvan dohvata rukom (udaljavanjem)

Zaštita izoliranjem i kućištima je obvezatna s time da se preporuča i dodatna zaštita primjenom ZUDS-a $I_{\Delta n} \leq 30$ mA (negdje je i obvezatna). Zaštita preprekama i udaljavanjem uglavnom se primjenjuje kod električnih postrojenja (zatvorenih ili otvorenih) te je prvenstveno namijenjena zaštiti stručnih ili upućenih osoba.

a) Zaštita izoliranjem

Zaštitno izoliranje (osnovna izolacija) mora spriječiti svaki dodir aktivnih dijelova (dijelovi pod naponom). Ako se kao osnovna izolacija upotrebljava zrak, dodir s opasnim aktivnim dijelovima sprječava se pregradama ili omotačima, zaprekama ili smještanjem izvan dohvata ruke. Izolacija mora biti takve izvedbe da se može ukloniti samo razaranjem.

Izolacija mora biti takve kvalitete da trajno izdrži razne štetne utjecaje. Prevlake vodiča bojom, lakom i emajlom, iako odgovaraju pogonskom naponu, ne smatraju se dovoljnom zaštitom od izravnog dodira.

b) Zaštita pregradama (barijere) ili omotačima (kućišta)

Kućišta, pokrovi ili pregrade moraju spriječiti pristup opasnim aktivnim dijelovima i na taj način spriječiti svaki dodir takvih dijelova.

Dijelovi pod naponom ugrađuju se u zatvorena kućišta ili se dodir sprječava sa 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).

Otvaranje kućišta ili uklanjanje 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.

c) Dopunska zaštita uređajima diferencijalne struje

Zaštita od izravnog dodira s uređajima diferencijalne struje može poslužiti samo kao dodatna zaštita i ne može zamijeniti ni jednu od propisanih zaštitnih mjera. Upotrebljava se FI sklopka s $I_{\Delta n} \leq 30$ mA. Njezina je svrha zaštita u slučaju da otkáže jedna od prethodnih mjera. Obvezatno se primjenjuje u lošim uvjetima okoline, npr. kupaonice i slično.

d) Zaštita zaprekama

Zapreke (izolacijske ploče, žičane mreže i slično) služe zaštiti stručnih ili upućenih osoba. Predviđene su za sprječavanje nenamjernog dodira s opasnim aktivnim dijelovima na niskom naponu tijekom rada instalacije, sustava (mreže) ili opreme pod posebnim uvjetima rada (pogona) ili održavanja, te za sprječavanje nenamjernog ulaza u zonu opasnosti u slučaju visokog napona. Zapreke se smiju moći odvojiti bez uporabe alata, ali moraju biti tako učvršćene da nije moguće njihovo nenamjerno odvajanje. Ako je vodljiva zapreka odvojena samo osnovnom izolacijom od opasnih aktivnih dijelova, smatra se dostupnim (izloženim) vodljivim dijelom i na nju se moraju primijeniti mjere zaštite od kvara (mora se uzemljiti).

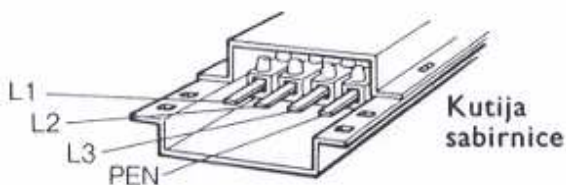
e) Zaštita postavljanjem izvan dohvata rukom (udaljavanjem)

Smještanje izvan dohvata ruke je predmjera kojoj se pribjegava kad nisu primjenjive sve ostale mjere za osnovnu zaštitu, a svrha joj je sprječavanje nenamjernog dodira vodljivih dijelova na

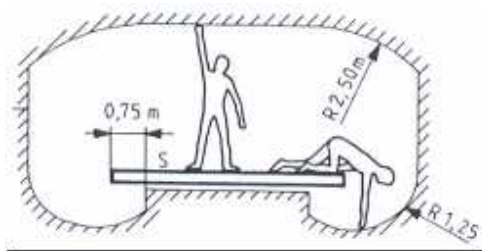
kojima mogu postojati opasni naponi. Smatra se, za niski napon, da dijelovi nisu istodobno dodirljivi ako su razmaknuti za više od 2,5 m ili imaju razmak koji odredi tehnički odbor, ako se taj razmak može smanjiti predmetima koje osoba upotrebljava ili drži u ruci (alat, ljestve). Taj razmak može biti i manji u prostorima s pristupom samo stručnim i upućenim osobama.



Zaštita izoliranjem



Zaštita pokrovima ili kućištima



Zaštita udaljavanjem

Slika 20.17 Primjeri zaštite od izravnog dodira

Pitanja i zadaci!

1. Nabrojite kojih 5 faktora ima posebnu važnost kod zaštitnih mjera od strujnog udara.
2. Prema tablici 20. 9. navedite koji su najopasniji putovi struje kroz ljudsko tijelo. Kakve to ima veze sa zaštitnom odjećom i obućom? Objasnite.
3. Objasnite stupnjeve zaštite od udara električne struje: osnovna zaštita, zaštita od kvara i dodatna zaštita.
4. Kako općenito dijelimo mjere zaštite od udara električne struje?
5. Kako klasificiramo električnu opremu prema mjerama zaštite? Objasnite.
6. Što je izravni dodir? Kako se općenito postiže zaštita od izravnog dodira?
7. Opišite zaštitu od izravnog dodira izoliranjem. Koje uvjete mora ispuniti izolacija?
8. Opišite zaštitu od izravnog dodira pregradama ili kućištima. Koje uvjete moraju ispuniti kućišta i pregrade?
9. Opišite zaštitu od izravnog dodira uređajem diferencijalne struje. Zašto je to samo dodatna mjera zaštite?
10. Opišite zaštitu od izravnog dodira zaprekama.
11. Opišite zaštitu od izravnog dodira udaljavanjem. Koliki su pri tome minimalni razmaci od dijelova pod naponom?
12. Opišite sliku 20.17. Navedite neki primjer iz vaše prakse.

20. 17. 4. Zaštita od neizravnog dodira

Ako na pogonskom sredstvu nastane kvar na izolaciji (proboj na metalno kućište - slika 20.7), onda će metalno kućište poprimiti izvjesni napon prema referentnoj zemlji (napon kvara U_{kv}). Stoji li čovjek na vodljivom tlu (s prijelaznim otporom R_p) i istodobno dodiruje kućište, na tijelo će djelovati neki napon dodira (U_d). Takvu opasnost od djelovanja električne energije nazivamo neizravni (indirektni) dodir.

Visinu napona dodira, koji je premostio čovjek svojim tijelom, možemo izračunati prema izrazu:

$$U_d = \frac{U_{kv}}{1 + R_p / R_t}$$

Gdje je:

U_d - napon dodira (V)

U_{kv} - napon kvara (V)

R_p - prijelazni otpor stajališta (Ω)

R_t - otpor tijela (Ω)

Ako se u takvim slučajevima pojavljuju naponi dodira veći od 50 V (25 V) izmjenične struje ili 120 V (60 V) istosmjernje struje, onda oni predstavljaju opasnost za ljude. Dopušteno vrijeme trajanja (ili vrijeme isklapanja) takvih napona ovisi o njihovoj visini (tablica 20. 11.).

Zaštitu od neizravnog dodira općenito postižemo:

- **automatskim isključenjem napajanja (strujopskrbe)**
- **zaštita opremom razreda II (dvostruko ili pojačano izoliranje)**
- **električnim odvajanjem**
- **postavljanjem u nevodljivu okolinu**
- **lokalnim izjednačenjem potencijala bez spajanja sa zemljom**

Zaštita od neizravnog dodira postavljanjem u nevodljivu okolinu i lokalnim izjednačenjem potencijala bez spajanja sa zemljom rijetko se primjenjuje. U praksi se najčešće primjenjuje zaštita automatskim isključenjem napajanja. Posebno je pri tome važno dopušteno vrijeme isključivanja u ovisnosti o visini napona dodira (tablica 20.11.).

Tablica 20.11. Vremena isklapanja u ovisnosti o visini napona dodira

Najdulje dopušteno vrijeme isklapanja t (s)	Najviši očekivani napon dodira (V)	
	Normalni uvjeti	Loši uvjeti
∞	< 50	< 25
5	50	25
2	56	27
0,8	68	35
0,4	105	54
0,2	210	100
0,1	350	160

U nekim posebnim slučajevima (npr. u TN sustavu) dopušta se trajanje napona dodira do 5 s neovisno o njegovoj visini.

20. 17. 5. Zaštita od neizravnog dodira automatskim isključenjem napajanja

U slučaju pojave opasnog napona dodira zaštita mora isključiti napajanje unutar dopuštenog vremena isklapanja. U tu svrhu svaki kvar na izolaciji mora prouzročiti dovoljnu jaku struju kvara koja će izazvati prekidanje napajanja u vremenu koje je nužno za sigurnost ljudi.

Zaštita se istodobno zasniva na dva bitna elementa:

- **postojanje zatvorenoga strujnog kruga (tzv. petlja kvara) koji omogućuje protjecanje struje kvara i**
- **prekidanje struje kvara u dovoljno kratkom vremenu.**

Petlja kvara zatvara se preko zaštitnog vodiča koji se spaja na izložene (dostupne) vodljive dijelove. Za ispravnost (efikasnost) zaštite važna je neprekinutost zaštitnog vodiča (PE ili PEN) i ispravni odabir uređaja za automatsko isklapanje u slučaju kvara.

U tom smislu za zaštitne vodiče općenito vrijedi:

- PE vodič (zaštitni vodič) ne smije se razdvajati ni prekidati ni u jednom sustavu.
- U TN-C sustavima PEN vodič (zaštitno-neutralni vodič) ne smije se razdvajati niti prekidati.

Kao uređaji za automatsko isključivanje upotrebljavaju se osigurači, prekidači, zaštitni uređaji diferencijalne struje (ZUDS ili FI sklopke), a u IT sustavu i tzv. kontrolnik izolacije.

Glavno izjednačenje potencijala pridonosi efikasnosti zaštite automatskim isključenjem napajanja.

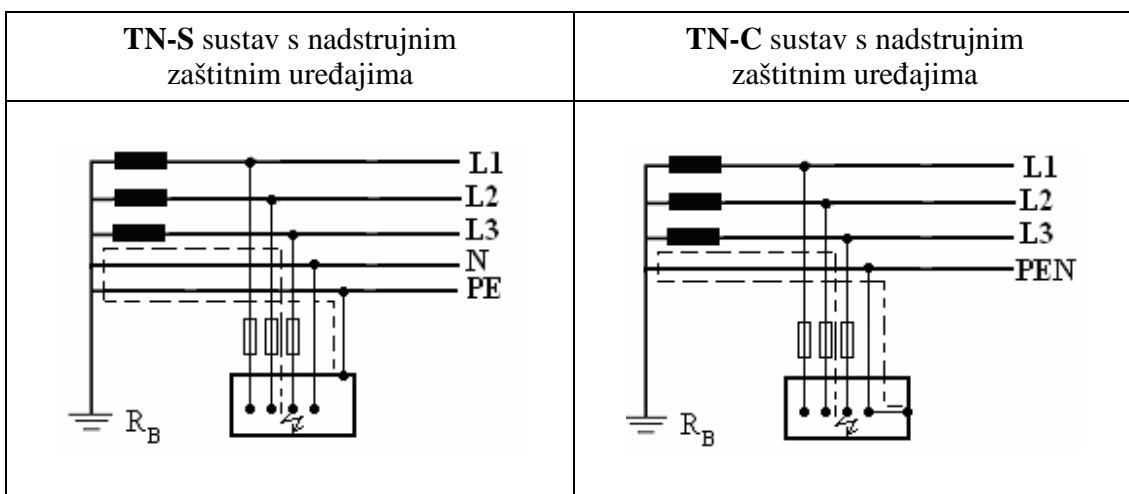
Kako način zatvaranja petlje kvara ovisi o tipu razdjelnog sustava (u mreži i instalaciji), to razlikujemo automatsko isključenje napajanja u TN, TT i IT sustavima.

20. 17. 6. Zaštita automatskim isključenjem napajanja u TN sustavima

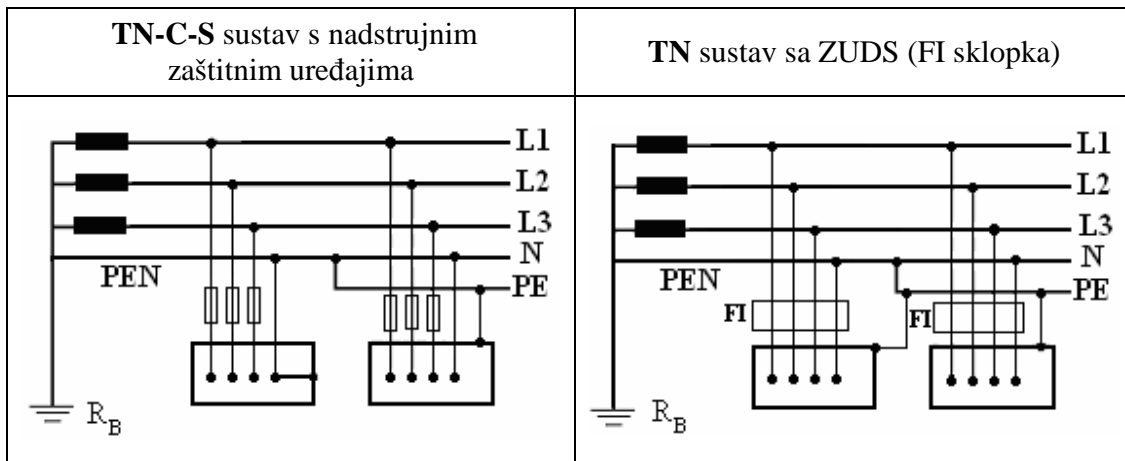
U TN sustavima uzemljuje se neutralna točka sustava. To je redovito zvjezdište transformatora, odnosno generatora.

Sve dostupne (i strane) vodljive dijelove (mase) opreme, uređaja i instalacija galvanski povezujemo sa zaštitnim vodičem. Zaštitni vodič mora biti spojen na neutralnu točku sustava i uzemljen.

Varijante ovog sustava su TN-S, TN-C i TN-C-S kao što prikazano na slici 20.18 a i b.



Slika 20.18 a) Varijante TN sustava



Slika 20.18 b) Varijante TN sustava

U slučaju kvara na izolaciji trošila, poteći će struja kvara (isprekidana crta na slici 20.18 a) kroz sljedeće otpore: otpor faznog vodiča (R_L), otpor zaštitnog vodiča (R_{PE}), otpor zaštitno – neutralnog vodiča (R_{PEN}) i unutarnjeg otpora transformatora (R_T). Zbroj tih svih otpora nazivamo otpor petlje kvara, a ako uzmemo u obzir induktivne i kapacitivne otpore, onda govorimo o impedanciji petlje kvara (Z_s).

Ta struja kvara mora biti tolike jakosti da u kratkom vremenu "pregori" osigurač, isključi prekidač ili FI sklopka koja je najbliža šticeu trošilu.

Ako se kao uređaj za isklapanje upotrebljava FI sklopka (ZUDS), onda funkcije neutralnog i zaštitnog vodiča moraju biti razdvojene (ali prije FI sklopke).

Da bi se, u slučaju kvara, potencijal zaštitnog vodiča održao što bliže potencijalu zemlje, zaštitni vodič se uzemljuje uzduž mreže na što više mjesta (npr. kod priključka).

U TN sustavima, kada vodiči imaju presjek manji od 10 mm^2 za bakar ili 16 mm^2 za aluminij, odnosno kada ti vodiči napajaju krajnja trošila, obvezno mora biti razdvojen zaštitni vodič PE od neutralnog vodiča N.

Karakteristike nadstrujnih zaštitnih uređaja i presjeci vodiča moraju se tako odabrati da u slučaju kvara zanemarivog otpora nastupi automatsko isključivanje napajanja u utvrđenim vremenima.

Dopuštena vremena isključivanja su:

- Prema vrijednostima iz tablice 20. 12. koje se primjenjuju za strujne krugove s priključnicama, prenosivim i pomičnim trošilima.

Tablica 20. 12. Dopuštena vremena isključivanja u TN sustavima

Nazivni napon mreže prema zemlji U_0 (V)	Vrijeme isključivanja t (s)
120	0,8
230*	0,4
277	0,4
400	0,2
preko 400	0,1

* najčešće u praksi

b) Vrijeme isključenja do 5 sekundi za:

- razdjelne strujne krugove i krajnje strujne krugove koji napajaju samo stabilnu, neprenosivu opremu, pod uvjetom da se iz njihovih razvodnih ploča ne napajaju strujni krugovi za koje vrijede vremena iz tablice 20.12. i
- za krajnje strujne krugove koji napajaju samo neprenosivu, stabilnu opremu, čak i u slučaju da se iz iste razvodne ploče napajaju i priključnice i prenosiva trošila, ali uz uvjet da je na toj razvodnoj ploči izvedeno izjednačivanje potencijala.

Ova zaštitna mjera bit će djelotvorna ako je ispunjen sljedeći uvjet:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

Gdje je:

U_0 - napon faznog vodiča prema zemlji

Z_s - impedancija petlje kvara koja obuhvaća izvor, fazni vodič do mjesta kvara i zaštitni vodič između mjesta kvara i izvora napajanja

I_a - struja djelovanja uređaja koja osigurava isključivanje napajanja u zahtijevanom vremenu (kod ZUDS - FI skopke je $I_a = I_{\Delta n}$).

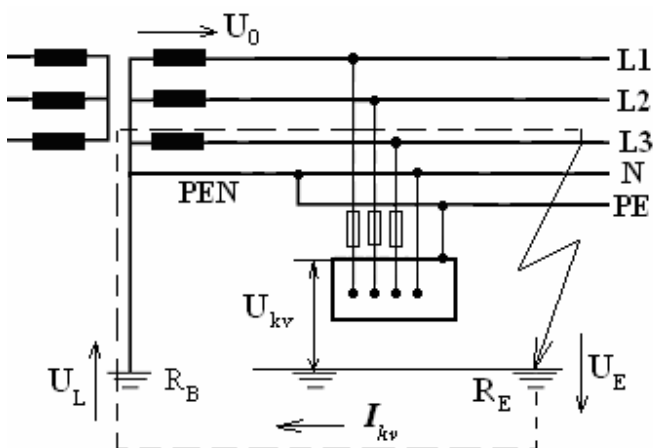
Ako se u instalaciji primjenjuje FI sklopka (osigurači i prekidači su također u instalaciji), onda je stvarna impedancija petlje kvara znatno ispod dopuštene. Zato je u svrhu ispitivanja takve zaštite dovoljno provjeriti da li je sve pravilno spojeno i neprekinutost petlje kvara.

U TN sustavima sve se više primjenjuje ZUDS iz sljedećih razloga:

- Kao dodatna zaštita od izravnog dodira ($I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$)
- Za zaštitu u prostorima s povećanom opasnošću (npr. kupaonice)
- Za instalacije na otvorenom
- Za instalacije ugrožene požarom.

20. 17. 7. Dodir faznog vodiča sa zemljom u uzemljenim sustavima

U niskonaponskim mrežama koje su dijelom, ili u cijelosti, sastavljene od nadzemnih vodova može doći do prekida faznog vodiča i njegovog pada na zemlju. Time nastaje direktni spoj između faznog vodiča i zemlje (slika 20.18).



Slika 20.18

Spoj faznog vodiča sa zemljom

R_E – otpor na mjestu zemljospoja

I_{kv} – struja kvara

R_B – otpor pogonskog uzemljenja

U_0 – fazni napon

U_E – pad napona na mjestu kvara

U_L – pad napona na otporu R_B
(dozvoljeni napon dodira)

U_{kv} – napon kvara (dodira)

Poteći će struja kvara I_{kv} preko mjesta kvara s otporom zemljospoja R_E u zemlju i zatvorit će se strujni krug preko otpora pogonskog uzemljenja R_B .

Struja kvara, prolazeći preko otpora uzemljenja R_B , podiže potencijal tog uzemljivača na iznos U_L . Taj potencijal rasprostire se preko zaštitnih vodiča (PE ili PEN) po mreži i mase trošila mogu doći pod napon koji predstavlja opasnost za ljude.

Ako pretpostavimo da je:

$$\begin{aligned} U_0 &= 230 \text{ V} \\ R_E &= 10 \ \Omega \\ R_B &= 2,9 \ \Omega \end{aligned}$$

Proizlazi da je struja kvara: $I_{kv} = \frac{230}{12,9} \approx 18(A)$

Ta struja će na otporu R_E prouzročiti pad napona 180 V, a na otporu R_B 50 V. Stoga je lako zaključiti da je 2,9 Ω gornja granična vrijednost otpora pogonskog (radnog) uzemljenja.

Da bi se spriječila pojava većih napona od dopuštenog napona dodira (50 V), ukupni otpor uzemljenja (pogonsko uzemljenje) R_B mora se dimenzionirati tako da je ispunjen uvjet:

$$\frac{R_B}{10} \leq \frac{50}{U_0 - 50}$$

Gdje je:

R_B - ukupni otpor uzemljenja svih paralelno vezanih uzemljivača

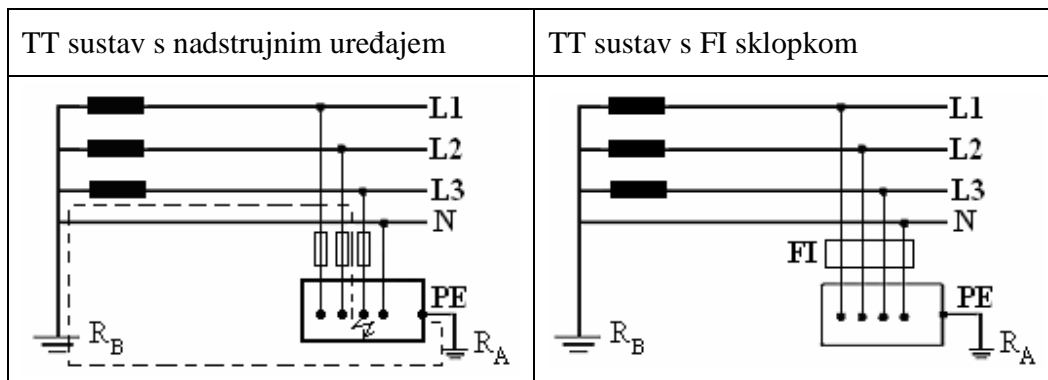
R_E - otpor zemljospoja kod direktnog spoja faze sa zemljom (ako vrijednost za R_E nije poznata, uzima se približno vrijednost od 10 Ω)

U_0 - nazivni napon prema zemlji.

Propisi dozvoljavaju da je $R_B \leq 2 \ \Omega$.

20. 17. 8. Zaštita automatskim isključenjem napajanja u TT sustavu

Ovaj sustav sastoji se u tome (slika 20.19) da se kućište i ostali dostupni metalni dijelovi električnog uređaja, koji u normalnom pogonu nisu pod naponom, međusobno vodljivo povežu sa zaštitnim vodičem i spoje na zaštitno uzemljenje. U slučaju kvara na izolaciji trošila, poteći će struja kvara (crtkana linija) kroz sljedeći strujni krug: **fazni vodič - kućište - uzemljivač - zemlja - uzemljenje neutralne točke transformatora - fazni vodič.**



Slika 20.19 TT sustav

Ta struja kvara mora biti toliko velika da u kratkom vremenu "pregori" osigurač, isključi prekidač ili FI sklopka koja je najbliža štice trošila. Kako bi struja kvara bila što veća mora otpor uzemljenja R_A biti što manji. Naprave koje su štice istim uređajem moraju biti spojene na isto (tzv. grupno) uzemljenje.

Da bi ova zaštitna mjera bila djelotvorna, mora biti ispunjen sljedeći uvjet:

$$R_A \cdot I_a \leq U_L$$

gdje je:

R_A - otpor zaštitnog uzemljenja

I_a - struja koja osigurava isklapanje zaštitnog uređaja u vremenu do 5 s

U_L - dopušteni napon dodira (50 ili 25 V ~)

Iz navedenog uvjeta slijedi da R_A mora biti:

$$R_A \leq \frac{U_L}{I_a}$$

Za primjenu nadstrujnih zaštitnih uređaja u TT sustavu otpor uzemljenja mora biti vrlo mali što je ponekad teško postići (velik specifični otpor tla).

Kod primjene zaštitnih uređaja diferencijalne struje je $I_a = I_{\Delta n}$, vrijeme isklapanja će biti znatno manje od dopuštenog, a i otpori uzemljenja mogu biti znatno veći.

Primjeri!

1. Izračunajte najveći dopušteni otpor uzemljenja R_a u TT instalaciji ako je uređaj za automatsko isključivanje instalacijski prekidač tipa B 16!

Rješenje:

$$U_L = 50 \text{ V}$$

$$I_n = 16 \text{ A}$$

$$R_A = ?$$

$$I_a = 5 \cdot I_n = 80 \text{ A}$$

$$R_A \leq \frac{U_L}{I_a} = \frac{50}{80} = 0,62(\Omega)$$

2. Izračunajte koliki smije biti otpor uzemljenja R_A u prethodnom zadatku ako je uređaj za automatsko isključivanje ZUDS sa $I_{\Delta n} = 0,5 \text{ A}$! Komentirajte rezultat!

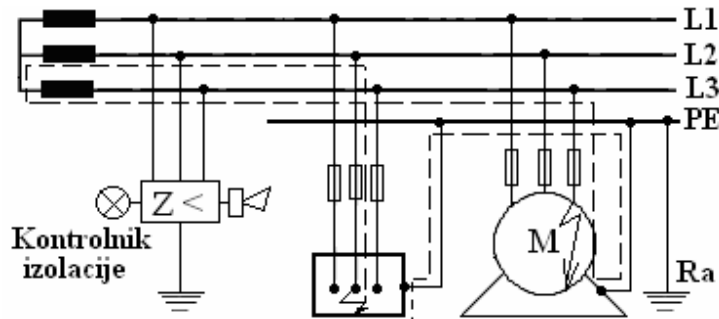
U TT instalacijama se nadstrujni zaštitni uređaji za automatsko isključenje napajanja u slučaju proboja na masu primjenjuju iznimno rijetko (starije instalacije).

20. 17. 9. Zaštita automatskim isključenjem napajanja u IT sustavima

U IT sustavu ni jedan dio mreže, koji se nalazi pod naponom, nije izravno uzemljen, odnosno cijela je mreža izolirana od zemlje. Svi izloženi vodljivi dijelovi moraju se povezati na pojedinačno, grupno ili zajedničko uzemljenje (vrijedi za sve izložene dijelove u mreži).

U slučaju proboja izolacije nekog od faznih vodiča prema masi trošila, poteći će struja zemljospoja.

Struja zemljospoja je male jakosti zato što se njezin strujni krug prema izvoru napajanja zatvara preko kapacitivnih otpora i otpora izolacije preostalih ispravnih faznih vodiča u mreži, a oni su relativno veliki.



Slika 20.20
IT sustav s nadstrujnim zaštitnim uređajima i uređajem za nadzor izolacije (Z <)

- isprekidanom linijom označena je putanja struje kod dvostrukog kvara (u različitim fazama);
 - kontrolnik izolacije može biti spojen i u zvjezdište sustava

Struju zemljospoja možemo pojednostavljeno izračunati prema izrazu:

$$I_d = \sqrt{3} \cdot U \cdot \omega \cdot C \cdot 10^{-6} \text{ (A/km)}$$

Gdje je:

- U - linijski napon (V)
- ω - kružna frekvencija ($2 \cdot \pi \cdot f$)
- C - dozemni kapacitet vodiča ($\mu\text{F/km}$)

Dozemni kapacitet kod niskonaponskih kabljskih mreža je 0,3 - 0,6 ($\mu\text{F/km}$).

Da se ne bi pojavio previsoki napon dodira na masama trošila kod prvog kvara, mora biti ispunjen uvjet:

$$R_a \cdot I_d \leq U_L$$

Gdje je:

- R_a - otpor uzemljivača mase trošila
- I_d - struja zemljospoja u slučaju prvog spoja zanemarivog otpora između faznog vodiča i mase trošila
- U_L - dopušteni napon dodira (50 V ili 25 V ~).

Budući da je struja kvara (struja zemljospoja), u slučaju prvog kvara, male jakosti te ako smo pravilno dimenzionirali uzemljenje, na izloženim vodljivim dijelovima neće se pojaviti opasni dodirni naponi. Instalacija (mreža) može ostati u pogonu. Međutim, ako se prvi kvar ne ukloni, a pojavi se zemljospoj druge faze (drugi kvar), poteći će velika struja kvara (isprekidana linija na slici 20.20) i na masama se pojavljuju opasni dodirni naponi. Zbog toga zaštita mora u takvom slučaju isključiti napajanje unutar dopuštenog vremena.

Ovisno o uzemljenju izloženih vodljivih dijelova vrijedi sljedeće:

- ako su izloženi vodljivi dijelovi uzemljeni pojedinačni ili grupno, onda u slučaju drugog kvara vladaju prilike kao u TT sustavu ($I_a \cdot R_a \leq U_L$ - dopušteno vrijeme isklapanja do 5 s)
- ako su izloženi vodljivi dijelovi povezani na zajedničko uzemljenje, onda u slučaju drugog kvara vladaju prilike kao u TN sustavu uz zadovoljenje sljedećeg uvjeta:

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

Gdje je:

Z_s - impedancija petlje kvara (Ω)

U_0 - napon mreže prema zemlji

I_a - struja kvara koja osigurava isključivanje napajanja u dopuštenom vremenu:

1. Za strujne krugove s priključnicama i prenosiva trošila u skladu s tablicom 20. 13. (kao i kod TN sustava)
2. Za strujne razdjelne strujne krugove i krajnje strujne krugove koji napajaju samo stabilnu i neprenosivu opremu do 5 s.

Tablica 20. 13. Dopušteno vrijeme isključivanja u IT sustavima pri pojavi drugog kvara (IT sustav u slučaju drugog kvara prelazi u TN sustav)

Nazivni napon U_0/U (V)	Najveće dopušteno vrijeme isklapanja (s)	
	Sustav bez neutralnog vodiča	Sustav s neutralnim vodičem
120/240	0,8	5
230/400*	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,2

* najčešće u praksi

U IT sustavima upotrebljavamo sljedeće zaštitne uređaje:

- **Uređaje za nadzor izolacije (tzv. kontrolnik izolacije)**
- **Nadstrujne zaštitne uređaje**
- **Zaštitne uređaje diferencijalne struje (FI sklopke).**

Najčešće upotrebljavamo kombinaciju nadstrujnih zaštitnih uređaja i kontrolnika izolacije.

U slučaju pojave prvog kvara kontrolnik izolacije daje zvučni ili(i) vizualni signal, a mogu biti građeni i tako da daju impuls za isklapanje mreže ili instalacije. U slučaju drugog kvara će nadstrujni uređaj isključiti napajanje.

U takvim mrežama nastoji se prvi kvar što brže popraviti.



Slika 20.21

Uređaji za nadzor izolacije elektronske izvedbe

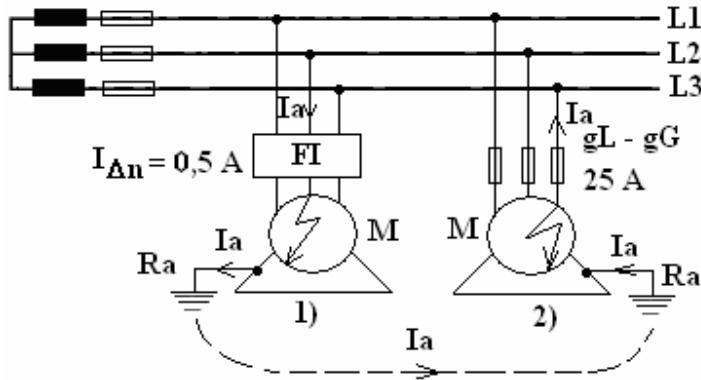
NIMR – 230; namijenjen za nadzor izolacije u IT sustavima za napajanje rasvjete, 230 V AC.

ZZS – 500/1000; namijenjen za kontrolu izolacije kabela prije uklapanja napajanja u IT sustavima napona 500 i 1000 V AC.

Prednost IT sustava je što u slučaju prvog kvara nije potrebno isključiti napajanje. U IT sustavu najčešće nema neutralnog (N) vodiča (ne preporučuje se), ali ako postoji, moramo ga štititi od preopterećenja prekidačem koji istodobno isključa N vodič i sve fazne vodiče (4 - polni prekidač). IT sustave primjenjujemo u rudnicima, medicini, metalurgiji, itd.

Primjeri!

1. Izračunajte najveću dopuštenu vrijednost otpora uzemljenja R_a u IT instalaciji s pojedinačnim uzemljivačima. Vrijeme isklapanja kod drugog kvara ne smije prijeći 5 s. Dozvoljeni napon dodira je 50 V. Uređaji za isključivanje su FI sklopka $I_{\Delta n} = 0,5$ A i rastalni osigurači 25 A ($g_L - g_G$; vidi sliku).



Slika 20.22
IT sustav s pojedinačnim uzemljivačima - pojava drugog kvara i put struje I_a

Kako su izloženi vodljivi dijelovi uzemljeni pojedinačno, u slučaju drugog kvara vladaju prilike kao u TT sustavu.

$$I_a \cdot R_a \leq U_L$$

$$I_a \cdot R_a \leq 50; \quad R_a \leq \frac{50}{I_a}$$

1) U prvom primjeru je isklonni uređaj FI sklopka pa je $I_a = I_{\Delta n} = 0,5$ A;

$$R_a \leq \frac{50}{I_a} = \frac{50}{0,5} = 100(\Omega)$$

2) U drugom primjeru je isklonni uređaj instalacijski osigurač kod kojeg je $I_a = 110$ A (iz t-I karakteristike uz vrijeme od 5 s).

To znači da je potreban otpor uzemljenja:

$$R_a \leq \frac{50}{I_a} = \frac{50}{110} = 0,45(\Omega)$$

Iz rezultata je lako zaključiti da osigurači zahtijevaju znatno manje otpore uzemljenja nego FI sklopke.

2. Analizirajte prilike iz prethodnog zadatka za slučaj da su trošila povezana zaštitnim vodičem i uzemljena preko istog uzemljivača! Komentirajte rezultat!

Pitanja i zadaci!

1. Objasnite pojam neizravni dodir. Napišite izraz za približno određivanje napona dodira koji premosti čovjek svojim tijelom.
2. Nabrojite načine zaštite od neizravnog dodira.
3. O čemu prvenstveno ovisi dopušteno vrijeme isklapanja trošila čije je kućište pod naponom?
4. Na koja dva bitna elementa se zasniva zaštita od neizravnog dodira automatskim isključenjem napajanja? Što je posebno važno za ispravnost ove zaštitne mjere?
5. Kako općenito dijelimo zaštitu automatskim isključenjem napajanja i zašto?

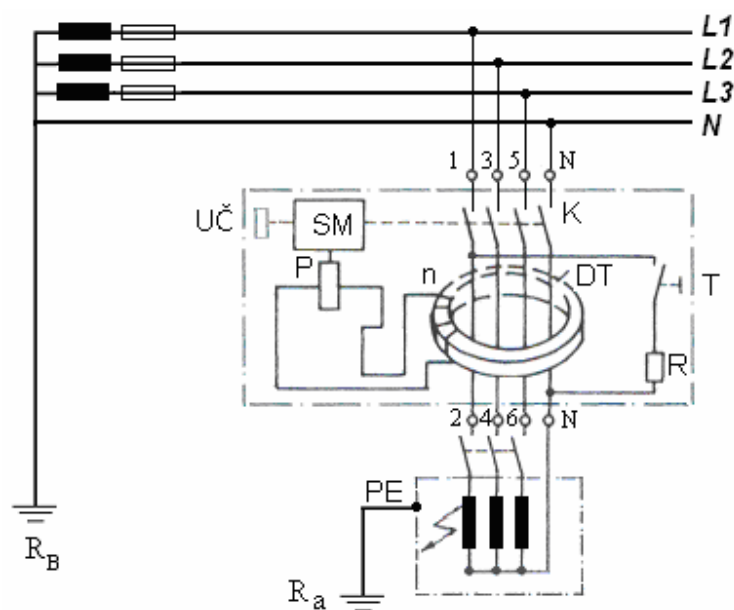
6. Prikažite varijante zaštite automatskim isključenjem napajanja u TN sustavu. Označite tok struje kvara.
7. Napišite izraz koji predstavlja uvjet za ispravnost zaštite u TN sustavima. Objasnite.
8. Koja su dopuštena vremena isključivanja u TN sustavima?
9. Zbog čega se i u TN sustavima sve više primjenjuje FI sklopka?
10. Nacrtajte skicu i objasnite posljedice zemljospoja faznog vodiča u TT ili TN sustavima.
11. Prikažite skicu zaštite automatskim isključenjem napajanja u TT sustavu, te označite tok struje kvara. Koja je bitna razlika u odnosu na TN sustav?
12. Navedite i objasnite uvjet zaštite automatskim isključenjem napajanja u TT sustavima. Zašto je u TT sustavima praktično obvezatna primjena FI sklopke?
13. Opišite zaštitu automatskim isključenjem napajanja u IT sustavima. Koji uvjet treba biti ispunjen kod prvog kvara? Kolika je najčešće struja I_d ?
14. Koje zaštitne uređaje upotrebljavamo u IT sustavima? Što je to kontrolnik izolacije?
15. Koju prednost ima IT sustav i gdje se zbog toga primjenjuje?

20. 17. 10. Zaštitni uređaji diferencijalne struje

Zaštitni uređaj diferencijalne struje (**ZUDS**) ili strujna zaštitna sklopka (**FI sklopka**) je zbog velike učinkovitosti obvezatna u instalacijama stambenih, poslovnih i drugih prostora. Prema starim propisima ona je tretirana kao zasebna mjera zaštite od neizravnog dodira. Prema sadašnjim propisima ona je, prvenstveno, uređaj za isklapanje u slučaju kvara na izolaciji u TN, TT i IT sustavima. **Dakle, njezina je osnovna namjena zaštita od neizravnog dodira.** Dodatno ona predstavlja i zaštitu od izravnog dodira ako je $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$. Osim toga sve FI sklopke čija je $I_{\Delta n} \leq 0,5 \text{ A}$ ograničavaju energiju zemljospoja u tolikoj mjeri da štite i od požara. U manjim instalacijama ona služi i kao glavna sklopka.

FI sklopke ne trebaju pomoćno napajanje, te rade i u slučaju prekida bilo kojeg faznog ili neutralnog vodiča.

a) Konstrukcijski dijelovi i princip rada



Slika 20.23

Principijelna shema ZUDS - FI sklopke

DT - diferencijalni transformator
 n - sekundarni namotaj DT
 P - prijenosnik
 SM - sklopni mehanizam
 UČ - upravljajući član
 K - kontakti
 T - ispitno tipkalo
 R - predotpornik
 1, 3, 5, N i 2, 4, 6, N - priključne stezaljke

Djelovanje FI sklopke zasniva se na načelu mjerenja diferencijalne struje posredstvom transformatora. U normalnom pogonu struja koja dolazi do trošila jednaka je struji koja odlazi iz trošila. Magnetski tokovi nastali djelovanjem ovih struja međusobno se poništavaju i jezgra transformatora ostaje nemagnetizirana. Ako na trošilu nastane proboj izolacije (vidi sliku 20. 23), poteći će struja kvara kroz zaštitni vodič PE (i dalje preko uzemljenja R_A i R_B u izvor), tj. ta se struja ne vraća kroz jezgru diferencijalnog transformatora. Zbog nastale razlike između ulazne i izlazne struje, jezgra transformatora se magnetizira i daje (vrlo brzo, skoro trenutno) poticaj za isključenje sklopke.

Kod trofaznih trošila načelo rada ovog uređaja je isto, samo što kroz jezgru diferencijalnoga transformatora prolaze sva tri fazna vodiča i eventualno prema potrebi neutralni vodič N. U normalnome pogonskom stanju suma svih struja jednaka je nuli, i nema diferencijalne struje ni prorade zaštite. U slučaju proboja izolacije na trošilu prema masi, pojavljuje se struja greške koja se vraća u mrežu izvan strujnog transformatora. Sada više zbroj sviju struja koje prolaze kroz transformator nije jednak nuli, već kroz jezgru protječe diferencijalna struja koja inducira u sekundarnoj strani transformatora struju i njome se osigurava isklapanje uređaja. ZUDS se mogu upotrebljavati u TT, TN i IT sustavima. U TN sustavima mogu se upotrebljavati samo u TN-S sustavu ili u dijelu TN-C/S sustavu, gdje su neutralni (N) i zaštitni vodič (PE) zasebni vodiči. U TN-C sustavu, gdje se primjenjuje PEN vodič, isključena je mogućnost uporabe zaštitnih uređaja diferencijalne struje na ovaj način.

U svim TN sustavima postoji druga mogućnost uporabe zaštitnih uređaja diferencijalne struje, i to tako da se mase pojedinačnih trošila (izloženi vodljivi dijelovi) ne spajaju na zaštitni vodič sustava (PE), već se uzemljuju preko zasebnih uzemljivača. Takav strujni krug razmatra se kao TT sustav.

b) Osnovni nazivni podaci i izvedbe FI sklopki

Najvažniji podaci su:

- Nazivni napon U_n : npr. **230 / 400 V**
- Nazivna struja I_n : 6, 8, 10, 13, 16, 20, **25**, 32, **40**, 50, **63**, 80, 100 i 125 A (tip S - selektivna i do 250 A i $I_{\Delta n}$ do 1 A)
- Nazivna diferencijalna struja $I_{\Delta n}$: 0,006; 0,01; **0,03**; 0,1; **0,3** i **0,5 A**

* (masnim slovima označene su izvedbe koje su najčešće u praksi)

Postoje i izvedbe s odvojenim diferencijalnim transformatorom kroz čiju se jezgru mogu provući vodiči i do $4 \times 500 \text{ mm}^2$, a izrađuju se za struje kvara $I_{\Delta n}$ i do 40 A.

Razlikujemo dva tipa FI sklopki:

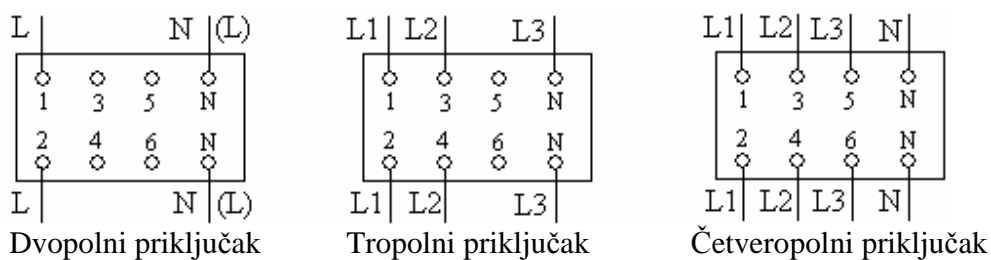
- tip AC: sklopka osjetljiva na izmjenične diferencijalne struje sinusnog oblika
- tip A: sklopka osjetljiva na izmjenične i pulzirajuće istosmjerne diferencijalne struje.

S obzirom na broj polova razlikujemo dvopolne i četveropolne FI sklopke. FI sklopke standardne izvedbe (tip G) obično isključuju unutar 30 ms. Izvedba sa zakašnjelim djelovanjem (tip S, za tzv. selektivnu zaštitu kod serijskog spajanja FI sklopki) isključuje obično unutar 130 ms. Struje isključenja su normalno $(0,5-1) \times I_{\Delta n}$.

c) Električno priključivanje

U skladu s propisima FI sklopka se spaja iza električnog brojila. Ako se primjenjuje za zaštitu ogranka ili pojedinačnu zaštitu nekog trošila, spaja se iza pripadnog osigurača.

Strana napajanja je u pravilu proizvoljna (odozdo ili odozgo). Djelovanje dvopolne sklopke ne ovisi od mjesta priključenja faznog ili neutralnog vodiča. Četveropolnu sklopku možemo priključiti dvopolno, trolno ili četveropolno prema shemi na slici 20.24.



Slika 20.24 Sheme priključivanja četveropolne FI sklopke

d) Preopterećenje i kratki spoj

Starije izvedbe FI sklopki bile su osjetljive na inducirane napone uslijed atmosferskih pražnjenja pa su često nepotrebno isključivale. Konstrukcijskom izvedbom takva su isklapanja kod današnjih sklopki izbjegnuta. Kratki spoj (npr. između L i N) ne izaziva nesimetriju struja pa nema poticaja za isključivanje. Kako sklopka nema ugrađenu zaštitu od preopterećenja niti od kratkog spoja, treba to uzeti u obzir pri projektiranju.

Tablica 20.14. Najveći dozvoljeni predosigurač za zaštitu FI sklopke od struje kratkog spoja

Nazivna struja sklopke I_n (A)	16	25	40	63	80
Predosigurač (gL, aM) (A)	63	63	63	80	80

U posljednje vrijeme na tržištu su se pojavile FI sklopke s ugrađenom nadstrujnom zaštitom.

e) Uzemljenje

Ispostavljeni vodljivi dijelovi šticekih naprava i zaštitni kontakti utičnica moraju biti uzemljeni.

Dozvoljeni otpori uzemljivača R_A , s obzirom na dozvoljeni napon dodira U_L i nazivnu diferencijalnu struju sklopke $I_{\Delta n}$, navedeni su u tablici 20.15.

Tablica 20.15.

U_L (V)	Nazivna diferencijalna struja $I_{\Delta n}$ (A)				
	0,01	0,03	0,1	0,3	0,5
	R_A (Ω)				
50	5000	1666	500	166	100
25	2500	833	250	83	50

f) Funkcijska provjera sklopke

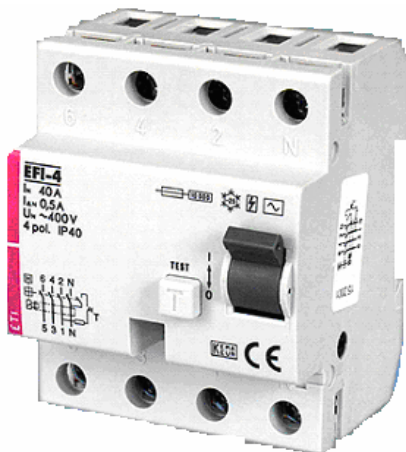
Djelovanje sklopke provjeravamo tako da pritisnemo ispitnu tipku T, pri čemu mora sklopka, koja je pod naponom i u uklopljenom položaju, isključiti trenutačno. Preporučuje se da se ispitivanje sklopke obavlja u redovitim vremenskim intervalima (npr., jednom mjesečno).

g) Uvjeti za pravilno djelovanje sklopke

Za ispravno djelovanje FI sklopke moraju biti ispunjeni sljedeći uvjeti:

- Instalacija mora biti izvedena prema važećim propisima za izvođenje električnih instalacija.
- Sve vodiče (neutralnog također, ako postoji) koji su potrebni za djelovanje šticeke naprave treba voditi kroz sklopku.

- Neutralni vodič iza strujne zaštitne sklopke ne smije biti nigdje u dodiru sa zemljom ili zaštitnim vodičem.
- Kod primjene većeg broja strujnih zaštitnih sklopki neutralni vodiči iza njih ne smiju biti međusobno spojeni.
- Jednom sklopkom ne smijemo štititi preveliki broj trošila iz sljedećih razloga:
 1. zbog selektivnosti, jer želimo da se u slučaju kvara isklope samo oštećene naprave;
 2. svaka naprava, pa i ispravna, ima izvjesne izolacijske struje, koje su za strujne zaštitne sklopke diferencijalne struje; ako je više naprava, zbroj tih struja može biti već toliki da dođe do neželjenih isklapanja.



Slika 20.25

Četveropolna FI sklopka

- nazivni napon: 230/400 V ~ AC
- struja greške: $I_{\Delta n}$ 0,03 A; 0,3 A; 0,5 A
- predosigurač 63 A, 80 A (gG - gL)
- stupanj zaštite IP 40 (za sklopku ugrađenu u razdjelnik)
- širina: 18 mm/pol
- ugrađuje se na nosač DIN EN 50 022 širine 35 mm
- priključne stezaljke: 1-25 mm²

h) Prenaponska zaštita i ZUDS

Zaštitna strujna sklopka normalne izvedbe projektira se i ispituje tako da mora podnijeti ispitivanje udarnom strujom tjemene vrijednosti 250 A (oblika 8/20 μ s). Udarne struje veće od te vrijednosti mogu dovesti do zavarivanja kontakata sklopke čime ona prestaje obavljati svoju funkciju zaštite. Zato se te sklopke ugrađuju u razdjelnik iza UZP- tip 2 (odvodnik klase B ili C) koji energetski jaku udarnu struju odvede u zemlju. Dio energetski jakog prenapona može, ipak, prijeći iza UZP- tip 2 te je dobro da se ugradi zaštitna strujna sklopka posebno otporna na udarne struje; npr. da zaštitna strujna sklopka koja izdrži tjemenu vrijednost udarne struje 3 kA (oblika 8/20 μ s). Želi li se iza zaštitne strujne sklopke ugraditi UZP- tip 3 (odvodnik tipa D) može se očekivati nepotrebna (lažna) prorada zaštitne strujne sklopke, jer kratkotrajna udarna struja prenapona odvedena preko UZP-a prema zemlji može biti prepoznata kod sklopke kao struja kvara. U tom slučaju potrebno je ponovno uklopiti sklopku što je, ipak, bolje od mogućeg uništenja električnog uređaja zbog prenapona. Neki proizvođači zaštitnih strujnih sklopki imaju u svojem prodajnom programu posebne izvedbe sklopki s vremenskom odgodom prorade. Dok je kod normalne izvedbe sklopke prosječno vrijeme prorade **25 ms** (kod nazivne struje greške), kod posebne izvedbe je to vrijeme oko **130 ms**. Time se dobiva mogućnost da prenaponski udar koji je prijelaznog karaktera ne stigne biti prepoznat u zaštitnoj sklopki kao struja kvara.

Pitanja i zadaci!

1. Navedite osnovnu i dodatne namjene FI sklopke.
2. Objasnite na kojem principu djeluje FI sklopka. Nacrtajte skicu i pokažite sve bitne dijelove.
3. Navedite osnovne podatke FI sklopke. Koje je uobičajeno vrijeme isključivanja FI sklopke?
4. Nacrtajte moguće sheme priključivanja četveropolne FI sklopke.

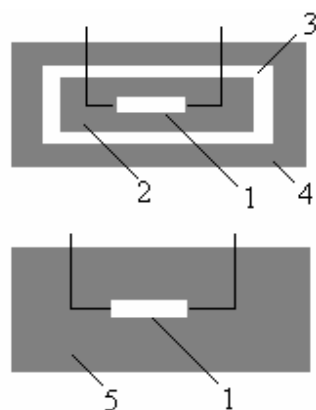
5. Zbog čega se u TN - C sustavu FI sklopka ne može upotrebljavati za zaštitu od neizravnog dodira? Objasnite na primjeru.
6. Pokušajte objasniti što bi se dogodilo ako iza FI sklopke dođe do spoja neutralnog vodiča na uzemljeno vodljivo kućište neke naprave.
7. Kada može doći do lažnog isključivanja FI sklopke? Kakav je to S tip FI sklopke te gdje ćemo je primijeniti?
8. Prikažite skicu TN - S sustava instalacije s jednofaznim trošilom i upotrebom FI sklopke?
9. Opišite što se događa ako čovjek u ispravno izvedenoj instalaciji koja je štíčena FI sklopkom dodirne fazni vodič pod naponom. Objasnite koja je razlika ako se isti slučaj dogodi u instalaciji koja je štíčena samo osiguračima i (ili) instalacijskim prekidačima.
10. Objasnite što bi se dogodilo u instalaciji s ugrađenom FI sklopkom ako istodobno iza sklopke nastanu dva kvara u različitim fazama. Prikažite takav slučaj shemom!
11. U kojem primjeru FI sklopka služi i za zaštitu od požara?
12. Kakva je razlika između FI sklopke tipa AC i tipa A?
13. Objasnite što se događa ako na FI sklopki pritisnemo tipkalo za ispitivanje?
14. Zašto FI sklopke trebaju predosigurače?

20. 17. 11. Zaštita upotrebom opreme razreda II (zaštitno izoliranje)

Kada se električni uređaji opremaju, osim normalnom (osnovnom) pogonskom izolacijom, još i dodatnom zaštitnom izolacijom koja onemogućava dodir ili spoj s vodljivim dijelovima uređaja koji bi mogli doći pod napon, onda govorimo o zaštiti od neizravnog dodira upotrebom opreme razreda (klase) II.

Ova se zaštita postiže:


- izradom kućišta trošila od izolacijskih materijala
- ugradnjom dodatne izolacije na opremu koja ima samo osnovnu izolaciju
- postavljanjem pojačane izolacije na neizolirane dijelove pod naponom.



Slika 20.26

Oprema razreda II

- 1 - aktivni dio (pod naponom)
- 2 - osnovna izolacija
- 3 - izloženi vodljivi dio
- 4 - dodatna izolacija
- 5 - pojačana izolacija

Električna oprema izrađena s dvostrukom i (ili) pojačanom izolacijom označava se simbolom .

Ako se zaštita postiže dopunskom ili pojačanom izolacijom, radi raspoznavanja vrste zaštite, na vanjskoj strani kućišta postavlja se znak:



Ugrađuju li se oprema i uređaji koji imaju samo osnovnu izolaciju u izolacijska kućišta, onda ta izolacijska kućišta moraju imati stupanj zaštite najmanje IP 2X (otvori: $d \leq 12$ mm).

Kod opreme i uređaja razreda II izloženi vodljivi dijelovi ili umetnuti vodljivi dijelovi ne smiju se spajati sa zaštitnim vodičem. Zbog toga prenosiva trošila u priključnom kabelu imaju samo fazni i neutralni vodič, a utikač nema zaštitni kontakt.

Za ispravnost ove zaštitne mjere presudna je kvaliteta i stanje izolacije trošila. Primjeri upotrebe opreme razreda II su mali kućanski aparati, ručne prenosive svjetiljke, transformatori za igračke, transformatori za električno odvajanje, itd.

20. 17. 12. Zaštita postavljanjem u nevodljivu okolinu (prostor)

U primjerima kada je važna neprekidnost napajanja ili zaštita automatskim isključenjem napajanja nije učinkovita, može se primijeniti zaštita od neizravnog dodira postavljanjem opreme u nevodljivu okolinu.

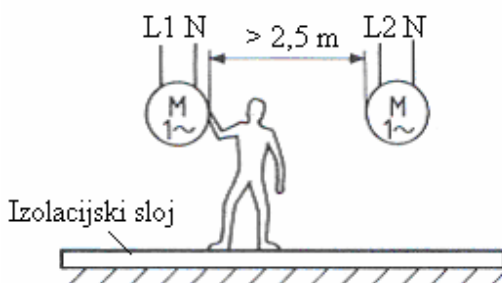
Zaštita od neizravnog dodira izvodi se na taj način da se električni uređaji smještaju u prostor u kojem su podovi i zidovi nevodljivi, i da su pri tome tako razmješteni da nije moguć istodobni dodir s:

- dvije mase (izloženi vodljivi dijelovi)
- masom trošila i bilo kojim stranim vodljivim dijelom.

Pod nevodljivom okolinom smatra se onaj prostor koji ima električni izolacijski otpor zidova i podova najmanje:

- 50 k Ω za nazivni napon instalacije $U_n \leq 500$ V
- 100 k Ω za nazivni napon instalacije $U_n > 500$ V.

Da bi se spriječio istodobni dodir kućišta više trošila ili stranih metalnih konstrukcija, međusobni razmak između pojedinih elemenata mora iznositi najmanje 2,5 m, odnosno do 1,25 m ako je preprekama onemogućen dohvat rukom.



Slika 20.27 Minimalni razmaci - između istodobno dohvatljivih vodljivih dijelova kod zaštite nevodljivom okolinom

Ako se ne mogu osigurati sigurnosni razmaci prema stranim vodljivim masama, te mase se mogu ili izolirati ili postaviti izolirano s izolacijom dovoljne mehaničke čvrstoće koja može izdržati ispitni napon od najmanje 2.000 V. U normalnim uvjetima upotrebe struja odvoda ne smije prijeći 1 mA.

U slučaju kvara na osnovnoj izolaciji trošila, moguć je dalji rad trošila i instalacije. Ova se zaštitna mjera nije proširila u praksi.

20. 17. 13. Zaštita lokalnim izjednačavanjem potencijala bez spajanja sa zemljom

U primjerima kada je važna neprekidnost napajanja, ili zaštita automatskim isključenjem napajanja nije učinkovita, može se primijeniti i zaštita od neizravnog dodira lokalnim izjednačavanjem potencijala bez spajanja sa zemljom. Mase trošila i svi strani vodljivi dijelovi međusobno se povežu vodičem za izjednačavanje potencijala. Pri tome se mora osigurati da trošila, strane vodljive mase i

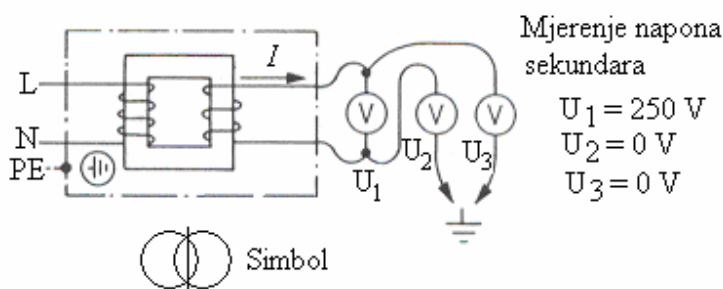
vodič za izjednačavanje potencijala nemaju nikakvoga galvanskog spoja sa zemljom ili uzemljenim dijelovima.

U takvim uvjetima u slučaju proboja izolacije prema masi nekog trošila i svi strani vodljivi dijelovi poprimaju isti napon, pa u tom prostoru nema razlike potencijala i napona dodira. Budući da je struja greške reda veličine struje odvoda, nema ni značajnog pada napona duž vodiča za izjednačavanje potencijala, pa ni opasnosti iz takvog uzroka. Trošila i instalacija mogu raditi i u slučaju greške na izolaciji.

Ako u takvom prostoru postoji vodljiv pod vezan na izjednačavanje potencijala i izoliran od zemlje, tada postoji opasnost razlike potencijala pri ulasku u takav prostor. To se može spriječiti postavljanjem izolacijskih prostirki na ulazu ili slično. Ova zaštitna mjera također se rijetko primjenjuje u praksi, npr. kod transformatora za električno odvajanje kada se iz njega napaja više naprava.

20. 17. 14. Zaštita električnim odvajanjem

Zaštita od neizravnog dodira električnim odvajanjem sastoji se u tome da se strujni krug trošila, pomoću transformatora za odvajanje (ili motor-generatora), galvanski odvoji od ostale električne mreže (slika 20.28). Zaštitno djelovanje zasniva se na činjenici da će struja kvara, i kod potpunog spoja jedne faze sa zemljom, biti veoma malena jer strujni krug se zatvara samo preko otpora izolacije i kapacitivnog otpora relativno kratkoga drugog vodiča (slično kao kod IT sustava).



Slika 20.28
Transformator za električno odvajanje

Budući da struja kvara raste s dužinom priključenih vodova, preporuča se da umnožak nazivnog napona u voltima i dužine strujnog kruga u metrima ne prijeđe vrijednost od 100.000 Vm, pod uvjetom da dužina vodova strujnog kruga nije veća od 500 m.

Ako su transformatori za odvajanje pokretni ili prenosivi, moraju ispunjavati uvjete za uređaje razreda II.

Nazivni napon električni odvojenih strujnih krugova ne smije biti veći od 500 V.

Dijelovi pod naponom odvojenih strujnih krugova ne smiju se spajati s drugim strujnim krugovima, a niti uzemljivati.

Ako odvojeni strujni krug napaja samo jedno trošilo, masa tog trošila ne smije biti spojena ni sa zaštitnim vodičima, niti s masama trošila drugih strujnih krugova.

U slučaju da se iz odvojenog strujnog kruga napaja više trošila, mase tih trošila moraju se međusobno spojiti izoliranim vodičem za izjednačavanje potencijala koji ne smije biti uzemljen niti spojen s drugim zaštitnim vodičima.

Ako u odvojenom strujnom krugu postoje priključnice, one moraju imati zaštitni kontakt koji se povezuje s vodičem za izjednačavanje potencijala. Pokretna ili prenosiva trošila, osim uređaja klase II, moraju u savitljivom priključnom vodu imati poseban izolirani vodič za izjednačavanje potencijala.

Radi sprečavanja pojave opasnih napona dodira, u slučaju da nastupe dva kvara istodobno u vodičima s različitim polaritetom, mora se izvesti i zaštita automatskim isključivanjem napajanja (isključivanje u vremenu do 0,2 s).

Transformatore za odvajanje upotrebljavamo za napajanje mjernih instrumenata, brijaćih aparata, lemilica, električnoga ručnog alata i slično.

Pitanja i zadaci!

1. Opišite zaštitu od neizravnog dodira napravama razreda II. Navedite njezinu primjenu u praksi! Što je presudno za ispravnost ove zaštite?
2. Objasnite pojmove: osnovna izolacija, dodatna izolacija i pojačana izolacija.
3. Koji se grafički simboli primjenjuju kod opreme razreda II i što oni znače?
4. Koji stupanj zaštite moraju imati najmanje izolacijska kućišta opreme razreda II ?
5. Kod opreme i uređaja razreda II izloženi vodljivi dijelovi ili umetnuti vodljivi dijelovi ne smiju se spajati sa zaštitnim vodičem! Kakav priključni kabel i utikač imaju zbog toga prenosiva trošila razreda II ?
6. Objasnite zaštitu od neizravnog dodira postavljanjem u nevodljivu okolinu. Koje uvjete mora ispuniti takva zaštita?
7. Što se smatra nevodljivom okolinom?
8. Objasnite zaštitu od neizravnog dodira lokalnim izjednačavanjem potencijala bez spajanja sa zemljom. Navedi primjer upotrebe takve zaštite.
9. Objasnite zaštitu od neizravnog dodira električnim odvajanjem. Koje uvjete mora ispuniti transformator za električno odvajanje ako je prenosivi?
10. Koliki smije biti najviše napon električki odvojenih strujnih krugova?
11. Objasnite sliku 20.28.
12. Koje uvjete treba ispuniti transformator za električno odvajanje ako napaja više trošila ili u odvojenom strujnom krugu postoji više priključnica? Objasnite zašto.

20. 17. 15. Istodobna zaštita od izravnog i neizravnog dodira

Istodobnu zaštitu od izravnog i neizravnog dodira (uz određene uvjete) postižemo:

- **Sigurnosnim malim naponom (SELV),**
- **Uzemljenim malim naponom (PELV) i**
- **Ograničenjem ustaljene struje i energije (naboja)**

U lošim uvjetima upotrebe i okoline, gdje je stupanj opasnosti velik (npr. radovi s prenosivim električnim alatom na metalnim konstrukcijama, radovi u kotlovnica, garažama, mokrim prostorijama), najdjelotvornija mjera zaštite od udara električne struje je snižavanje nazivnih napona na vrijednosti ispod granice opasnih napona (ispod 50 V~ ili 120 V-).

Kao nazivni naponi najčešće se primjenjuju 6 V, 12 V, 24 V i 42 V (kod istosmjerne struje i veće vrijednosti). Primjenjuju se za ručne svjetiljke, električni alat, u upravljačkim i signalnim strujnim krugovima, u poljodjelstvu, te za dječje igračke. Primjena ovih, inače veoma učinkovitih, mjera zaštite dosta je ograničena jer se mogu priključiti samo uređaji malih snaga te na male udaljenosti.

1. Sigurnosni mali napon (SELV - "Safety extra low voltage")

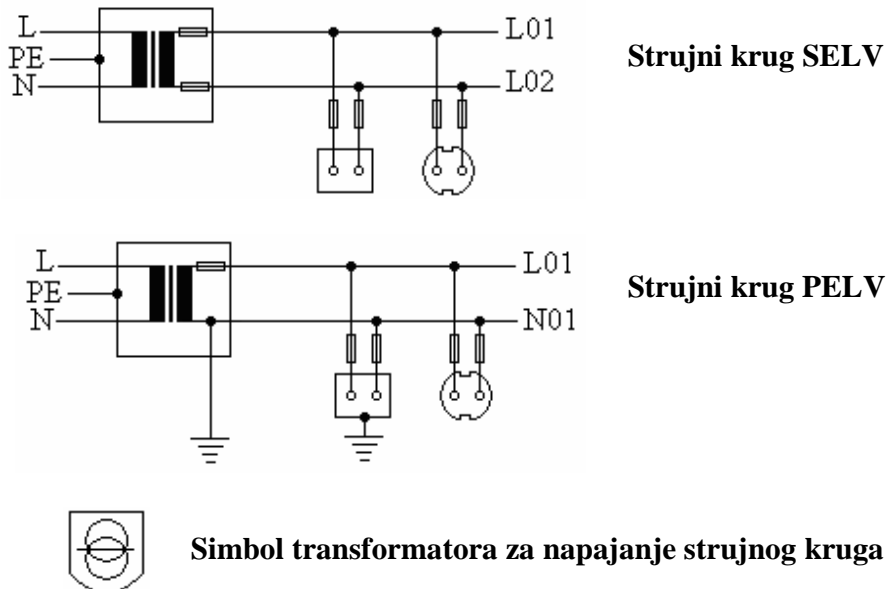
Zaštita sa SELV postiže se:

1. Ograničenjem napona u strujnom krugu (ispod 50 V~ ili 120 V-)
2. Odvajanjem SELV strujnih krugova od svih drugih strujnih krugova i od zemlje.

2. Uzemljeni mali napon (PELV - "Protective extra low voltage")

Zaštita sa PELV postiže se:

1. Ograničenjem napona u strujnom krugu (ispod 50 V~ ili 120 V-)
2. Odvajanjem PELV strujnih krugova od svih drugih strujnih krugova, ali se dopušta spajanje sa zemljom (i strujnog kruga i izloženih vodljivih dijelova).



Slika 20.29 Strujni krugovi SELV i PELV

Da bi se postigla istodobna zaštita od izravnog i neizravnog dodira pomoću SELV ili PELV, moraju biti ispunjeni određeni uvjeti u pogledu:

- visine nazivnih napona
- izvora napajanja
- izvedbe strujnih krugova i
- načina zaštite od izravnog dodira.

a) Nazivni naponi

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

U posebnim, veoma lošim uvjetima upotrebe i okoline, kao što su npr. vodljivi prostori kotlova, ograničava se nazivni napon na vrijednost do 25 V izmjenične, odnosno do 60 V istosmjerne struje.

b) Sigurnosni izvori napajanja

Kao izvori električne energije upotrebljavaju se:

- sigurnosni transformatori s odvojenim namotima
- motor-generatori s odvojenim namotima, koji imaju ekvivalentnu izolaciju kao i sigurnosni transformatori
- elektrokemijski izvori (baterije, akumulatori)
- elektroagregati
- elektronički uređaji kod kojih su postignuti isti sigurnosni uvjeti.

Za dobivanje sigurnosnoga malog napona zabranjena je upotreba izvora napajanja kao što su: transformatori u štednom spoju, jednoarmaturni pretvarači i potenciometri.

Kada se kao izvori napajanja sigurnosnog malog napona koriste prenosivi sigurnosni transformatori ili motor-generatori, ovi uređaji moraju odgovarati zahtjevima opreme razreda II.

c) Izvedba strujnih krugova

Dijelovi pod naponom strujnog kruga SELV ili PELV moraju biti električki odvojeni od strujnih krugova viših napona. Vodiči SELV ili PELV strujnog kruga moraju biti i fizički rastavljeni od vodiča bilo kojeg drugog strujnog kruga. Ako to nije moguće izvesti, onda se vodiči SELV ili PELV malog napona:

- oblažu nemetalnom oblogom (plaštem)
- izoliraju izolacijom odabranom za najviši napon koji je primijenjen
- razdvajaju s uzemljenim metalnim ekranom (zaslonom) od vodiča viših napona.

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

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

d) Zaštita od izravnog dodira

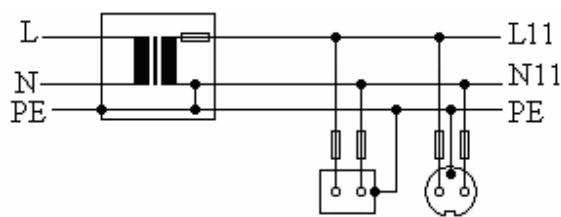
Kada nazivni napon SELV ili PELV strujnog kruga nije veći od 25 V efektivne vrijednosti izmjenične struje, odnosno 60 V istosmjerne struje (bez izmjeničnih komponenti, odnosno valovitosti), nije potrebna nikakva zaštita od izravnog dodira.

Ako nazivni naponi prelaze navedene vrijednosti, mora se osigurati zaštita od izravnog dodira sa:

- pregradama ili kućištima stupnja zaštite IP 2X ili
- odgovarajućom izolacijom

Mali radni napon

Ako je zbog ekonomskih ili tehnoloških razloga pogodan mali napon (naponi iz opsega I), a nisu nužni ni sigurnosni mali napon (SELV), ni uzemljeni zaštitni mali napon (PELV), tada se primjenjuje mali radni napon (**FELV** - "Functional extra low voltage").



Slika 20. 29 Strujni krug FELV

Takvi mogu biti signalni i upravljački krugovi kod kojih uređaji, npr. releji, daljinski upravljane sklopke i sklopnici, nemaju dovoljnu izolaciju prema strujnim krugovima višeg napona.

U takvom sustavu mora se osigurati zaštita od izravnog i neizravnog dodira kao i na niskom naponu. Zbog toga se FELV ne smatra posebnom zaštitnom mjerom. Nije za očekivati veću primjenu ove vrste malog napona. Priključni pribor mora također biti posebne izvedbe.

3. Ograničenje ustaljene struje i energije (naboja)

Zaštita ograničavanjem ustaljene struje i energije (naboja) je zaštitna mjera u kojoj se zaštita postiže opskrbom (napajanjem) strujnog kruga iz izvora s ograničenom strujom ili preko naprave sa zaštitnom impedancijom i zaštitnim (sigurnim) odvajanjem strujnog kruga od opasnih aktivnih dijelova. Zaštita se postiže ako struja kratkog spoja ne prelazi 3 mA efektivne vrijednosti izmjenične struje, odnosno 12 mA istosmjerne struje ili ako energija ne prelazi 350 mJ. Izbijanje može biti opasno kod kabela, kondenzatora za kompenzaciju i slično. Na takve naprave potrebno je montirati otpore za pražnjenje.

Pitanja i zadaci!

1. Nabrojite načine istodobne zaštite od izravnog i neizravnog dodira.
2. Nacrtajte skicu strujnog kruga SELV.
3. Nacrtajte skicu strujnog kruga PELV.
4. Navedite primjere upotrebe malih napona. Što ograničava veću primjenu ovakve zaštite?
5. Navedite najčešće vrijednosti nazivnih napona SELV i PELV. Koje su granične vrijednosti SELV i PELV napona?
6. Nabrojite naprave koje se primjenjuju kao izvori sigurnosnih malih napona.
7. U kojem slučaju moramo kod primjene SELV ili PELV primijeniti dodatnu zaštitu od izravnog dodira? Kako se ta zaštita ostvaruje?
8. Skicirajte strujni krug FELV.
9. Kako se ostvaruje zaštita od izravnog i neizravnog dodira ograničavanjem ustaljene struje i energije? Na koje vrijednosti je ograničena jakost struje i energije kod takve zaštite?
10. Nabrojite neke praktične primjere opasnosti od energije izbijanja. Što je potrebno montirati na naprave gdje postoji takva opasnost?

21. RAZVODNI UREĐAJI

21. 1. Općenito o razvodnim uređajima

Električna energija od mjesta proizvodnje pa do mjesta potrošnje prolazi niz faza u kojima se transformira, prenosi, mjeri, raspodjeljuje, itd. Pri tome su potrebni razni uređaji i aparati koji se zbog tehničke, sigurnosne i praktične prirode koncentriraju na pojedina mjesta. Naprave u kojima su koncentrirani (smješteni) ti aparati zovu se **razvodni uređaji (RU)**. Na visokom naponu (ponekad i na niskom) za takve se uređaje uglavnom upotrebljava naziv električno postrojenje.

Naziv razvodni uređaji dolazi od toga jer se u razvodnim uređajima električna energija raspodjeljuje ili razvodi. Zbog uštede prostora i zaštite od vlage, prašine i ostalih stranih tijela, ti uređaji su **zbijene konstrukcije**. Razvodni uređaji izrađuju se iz čeličnog lima, lijevanog željeza, silumina i raznih plastičnih materijala. Iznimno i čitava prostorija može služiti kao razvodni uređaj.

Izbor tipa razvodnog uređaja ovisi o:

- namjeni, odnosno mjestu postavljanja
- opterećenju (U_n , I_n i struja kratkog spoja)
- uvjetima smještaja (npr. IP zaštita)
- zaštiti od udara električne struje (npr. razreda II)
- specifičnim uvjetima (npr. prenosivi, za vanjsku montažu, itd.).

Razvodne uređaje možemo podijeliti na razne načine, npr.:

Prema namjeni za - stambene i slične prostore,

- industriju,
- prostore ugrožene eksplozijom,
- gradilišta, itd.

Prema izvedbi - opća izvedba (npr. IP 30, IP 40)

- otvorena izvedba (IP 00)
- oklopljena izvedba (IP 55)
- Ex izvedba

Osim toga mogu se podijeliti prema materijalu, opterećenju, dozvoljenom kratkostrujnom opterećenju, načinu postavljanja (nadžbukno, podžbukno), itd.

21. 2. Opća pravila za izvedbu razvodnih uređaja

Za izvedbu razvodnih uređaja vrijede sljedeća opća pravila:

- Na vanjskoj strani razvodnog uređaja (ormara) mora biti pločica sa sljedećim podacima:
 1. naziv proizvođača
 2. oznaka primijenjenog sustava zaštite (TT, TN-S, itd.)
 3. ostali podaci; nazivni napon, IP zaštita, itd.
- Zaštitni uređaji moraju biti raspoređeni i označeni tako da se lako prepozna njihova namjena i strujni krug kojemu pripadaju.
- Prekidači moraju na vidljivom mjestu imati oznaku za podešenost nadstrujnog okidača.
- Oprema u razdjelnicima mora biti grupirana prema vrsti i visini napona te međusobno odvojena izolacijskom pregradom.
- Spojni vodovi moraju biti dimenzionirani i raspoređeni tako da uslijed naprezanja zbog kratkog spoja ne mogu oštetiti ugrađene naprave.
- Zaštitni vodiči se ne smiju rastavljati ni prekidati te mora biti jasno vidljivo kojem strujnom krugu pripadaju.
- Materijal razdjelnika mora biti otporan na mehaničke, kemijske, toplinske i druge utjecaje koji se pojavljuju u tijeku rada.
- U razdjelnicima moramo poštivati sljedeće minimalne razmake:
 1. Između neizoliranih dijelova različitih polova: 10 mm
 2. Između aktivnih neizoliranih dijelova i izloženih vodljivih dijelova (masa): 20 mm
 3. Između neizoliranih dijelova pomoćnih strujnih krugova i izloženih vodljivih dijelova (masa): 20 mm.
- Vodiči za spajanja unutar razvodnih uređaja moraju biti posebno savitljivi (npr. P/FJ).
- Ako se razdjelnik napaja iz više izvora, na njemu mora biti odgovarajuće upozorenje.
- Razvodni uređaj mora se konstruirati i izvesti tako da zadovoljava sve propise i norme, a posebno je važna izvedba:
 1. zaštite od izravnog dodira
 2. zaštite od neizravnog dodira
 3. zaštita od prenapona i
 4. povezanost sa zaštitnim vodičem (sabirnicom za izjednačenje potencijala)

21. 3. Vrste razvodnih uređaja

U praksi se najčešće srećemo sa sljedećim razvodnim uređajima:

- **Kućni priključni (mjerni) ormaric** - predstavlja mjesto gdje završava el. mreža, a počinje el. instalacija. Prvenstveno je namijenjen smještaju glavnih osigurača (ili prekidača) koji služe za zaštitu vodova do brojila.

- **Razvodni uređaj za stambene i slične objekte** - predstavlja mjesto razvoda u kući, stanu, većoj zgradi ili nekom sličnom objektu. Često se upotrebljava naziv razdjelnik, razvodna ploča, katni razdjelnik i slično. Nazivne struje uređaja ugrađenih u njih rijetko prelaze 63 A.
- **Upravljački ormari** - se upotrebljavaju u industriji i el. mrežama. U njih se ugrađuju sklopni aparati koji služe prvenstveno za zaštitu i upravljanje trošilima i drugim napravama.
- **Prenosivi razvodni uređaji** - su osobito namijenjeni za gradilišta.
- **Kabelski ormari i zdenci** - su namijenjeni za smještaj sklopnih aparata u čvorištima kabelskih mreža.
- **Razvodne baterije** - su razvodni uređaji većih postrojenja (npr. u elektranama).



Slika 21.1 Kućni priključni mjerni ormarić (KPMO)





21. 4. Oznake priključaka električnih naprava

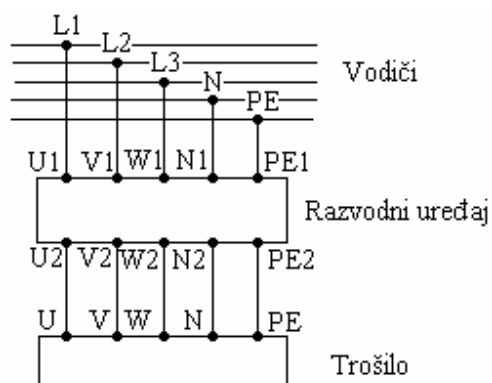
Za označavanje priključaka električnih naprava (i **razvodnih uređaja**) upotrebljavaju se velika latinična slova (osim "I" i "O") i arapski brojevi (mala slova samo iznimno). Također su dopuštene oznake plus (+) i minus (-). Ako se grupa oznaka sastoji samo od slova (ili brojeva), tada se odvajaju točkom (npr. 1.1). Označavanje se provodi prema oznakama u tablicama 21.1. i 21.2.

Tablica 21.1. Oznake i simboli priključaka električnih naprava

Priključak		Slovo	Grafički simbol
Mreža izmjenične struje	Fazni vodič	U	
	Fazni vodič	V	
	Fazni vodič	W	
	Neutralni vodič	N	
Zaštitni vodič		PE	
Zemlja		E	
Zemlja bez stranog napona		TE	
Masa		MM	

Tablica 21.2. Oznake i simboli vodiča

Vrsta vodiča	Oznaka	Grafički simbol
Mreža izmjenične struje	Fazni vodič	L1
	Fazni vodič	L2
	Fazni vodič	L3
	Neutralni vodič	N
Mreža istosmjerne struje	Pozitivni	L+
	Negativni	L-
	Srednji vodič	M
Zaštitni vodič	PE	
Neutralni vodič	N	
Neutralno-zaštitni vodič	PEN	
Zaštitni vodič bez uzemljenja	PU	
Zemlja	E	
Zemlja bez stranog napona	TE	
Masa	MM	



Slika 21.2 Primjer označavanja vodiča i priključnih mjesta

21. 5. Oprema razvodnih uređaja

Najbrojniji elementi razvodnih uređaja su sklopni aparati. Pored njih su tu još brojila, uklopni satovi, mjerni transformatori, limitatori, MTK (MTU) prijammnici, sabirnice, transformatori za male napone, razne ploče, montažne šine, potporni izolatori, stezaljke, uvodnice, itd. Mnoge od ovih elemenata smo već opisali u prethodnim poglavljima, a u sljedećem ćemo dijelu nešto reći o mjernim uređajima.

21. 5. 1. Uređaji za mjerenje isporučene električne energije

Obračunske veličine električne energije utvrđuju se mjernim slogovima koji se sastoje od sljedećih mjernih uređaja:

1. Naponskih i strujnih mjernih transformatora,
2. Brojila za radnu i jalovu energiju,
3. Uklopnih satova,

4. Ograničavala opterećenja (limitatora),

5. Spojnih vodova (mjernih i pomoćnih),

6. Pomoćnih uređaja:

a) MTU prijamnika,

b) sumarnih brojila,

c) registratora i pokazivača snage,

d) ostalih pomoćnih naprava (osigurača i drugo).

21. 5. 2. Mjerni transformatori

Mjerni transformatori su posebno konstruirani transformatori malih snaga koji služe za priključivanje mjernih i zaštitnih uređaja (kad se ti uređaji zbog velikog opterećenja ne mogu priključiti izravno - direktno). Dijelimo ih na strujne i naponske mjerne transformatore. U razvodnim uređajima niskih napona upotrebljavamo strujne mjerne transformatore. Niskonaponski strujni mjerni transformator može biti:

- bez vlastitog primarnog namota (kao primarni namot služi vodič glavnoga strujnog kruga)
- s primarnim namotom

Primarne struje se kreću od 10 - 3000 A, a sekundarne su najčešće 1 ili 5 A.

21. 5. 3. Električna brojila

Osnovna namjena električnih brojila je mjerenje utroška električne energije, radne i jalove, mjerenje snage i bilježenje profila opterećenja.

Dijelimo ih na više načina.

Prema izvedbi:

- indukcijska brojila
- elektronska brojila (s ugrađenim davačem impulsa ili bez njega - sve više u primjeni)

Prema vrsti električne energije koju brojilo mjeri:

- brojilo radne ili djelatne energije (kWh)
- brojilo jalove ili reaktivne energije (kVArh)
- brojilo prividne energije (kVAh) - praktički se ne upotrebljavaju

Prema broju faza:

- jednofazna brojila
- trofazna brojila

Prema broju tarifa:

- jednotarifna brojila
- dvotarifna brojila
- višetarifna brojila

Prema načinu priključivanja na instalaciju ili mrežu:

- za izravni priključak
- poluizravni (strujni svici priključeni preko strujnih mjernih transformatora, a naponski direktno na mjereni napon)
- neizravni (strujni i naponski svici priključeni preko odgovarajućih mjernih transformatora).

21. 5. 4. Uklopni satovi

Pod uklopnim satovima podrazumijevaju se mehanički, elektromehanički i elektronički satni uređaji koji se mogu namjestiti za uklapanje ili isklapanje krugova po unaprijed zadanom programu preklapanja. Najčešće služe za prebacivanje brojčanika brojila s jedne tarife na drugu.

21. 5. 5. Ograničavala strujnog opterećenja (limitatori)

Na obračunskim mjernim mjestima u izravnom (direktnom) spoju, umjesto mjerila snage smiju se upotrebljavati i ograničavala (limitatori) strujnog opterećenja.

Prema nazivnoj struji, izvedbe ograničavala strujnog opterećenja mogu biti u granicama od 5 A do 60 A (5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 i 60 A).

Prema vrsti priključaka, ograničavala strujnog opterećenja mogu biti:

- ograničavalo strujnog opterećenja za jednofazni priključak i
- ograničavalo strujnog opterećenja za trofazni priključak.

Za jednofazni priključak ograničavala strujnog opterećenja mogu biti:

- jednopolna,
- dvopolna (samo u slučaju izvedbe sa zaštitnim uređajem diferencijalne struje).

Za trofazni priključak ograničavala strujnog opterećenja mogu biti:

- trolejna,
- kombinacija triju jednopolnih,
- četveropolna (samo u slučaju izvedbe sa zaštitnim uređajem diferencijalne struje).

Drugi pol (kod dvopolnog) odnosno četvrti pol (kod četveropolnog) su neaktivni polovi i služe za priključenje N (neutralnog) vodiča, radi ispravnog djelovanja zaštite od neizravnog dodira.

Prema izvedbi zaštite od neizravnog dodira, ograničavala strujnog opterećenja mogu biti :

- sa zaštitnim uređajem diferencijalne struje i
- bez zaštitnog uređaja diferencijalne struje.

Za slučaj prekoračenja nazivnog opterećenja, ograničavalo strujnog opterećenja treba prorađivati u skladu sa strujno-vremenskom karakteristikom, odnosno isključiti sve tri ili samo preopterećenu fazu.

Strujno-vremenska karakteristika prorade ograničavala strujnog opterećenja u području preopterećenja treba biti u skladu s tablicom 21. 3.

Tablica 21.3.Strujno - vremenska karakteristika limitatora

Nazivna struja $I_n = 5 - 60$ (A)	Proradno vrijeme t (s)		
	$1,1 \cdot I_n$	$1,4 \cdot I_n$	$2,5 \cdot I_n$
	$t > 3600$ - ne prorađuje	$2 < t < 900$	$0,5 < t < 60$

21. 5. 6. MTU prijamnici

MTU (MTK) uređaji su posebna vrsta releja kojima se upravlja impulsom tonske frekvencije (300 - 420 Hz). Signal se obično šalje iz dispečerskog centra i najčešće služi za:

- uklapanje i isklapanje trošila u instalaciji (trošila većih snaga)
- upravljanje javnom rasvjetom i
- upravljanje višetarifnim brojilima.



Slika 21.3 Primjeri mjernih uređaja

- a) Jednotarifno brojilo
- b) Dvotarifno brojilo
- c) MTU prijamnik
- d) Uklopni sat
- e) Tropolni limitator

21. 5. 7. **Maksigrafi (registratori i pokazivači snage)**

Maksigrafi se upotrebljavaju :

1. Kao uređaji za obračun i naplatu angažirane snage na svim mjestima razmjene električne energije
2. Kao dio sustava za upravljanje angažiranom snagom u elektroenergetskom sustavu.

Maksigraf je moguće istodobno koristiti za obje namjene.

21. 6. **Sheme priključivanja električnih brojila**

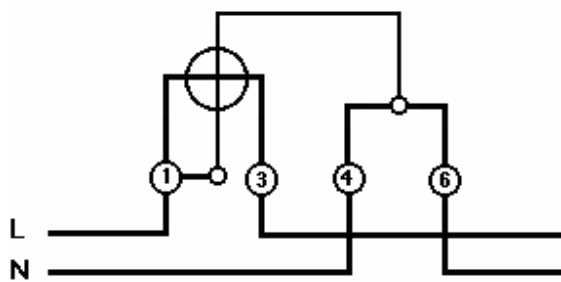
Brojilo el. energije u izravnom priključku koristimo tamo gdje NN potrošač ne premašuje struje 100 A (120 A), koje danas lakoćom mjerimo s direktno priključenim brojilom, bez uporabe strujnih transformatora (tipično brojilo; 100 A, 3 x 230/400 V)*.

Brojilo električne energije u poluizravnom spoju koristimo tamo gdje NN priključeni potrošač premašuje struje 100 A (120 A), cca 70 kVA (tipično brojilo; 5 A, 3 x 230/400 V)*.

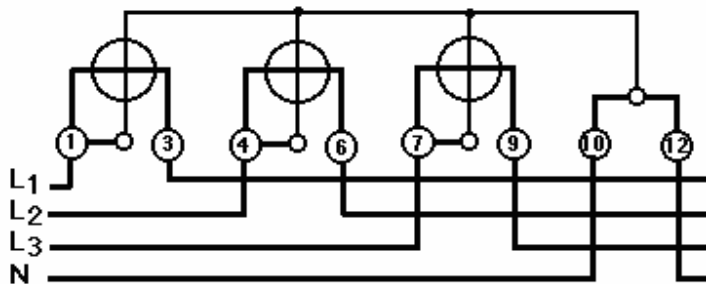
Brojilo električne energije u neizravnom spoju koristimo tamo gdje imamo SN ili VN priključak potrošača (tipično brojilo; 5 A, 3 x 59/100 V)*.

* Podaci uzeti iz pravilnika HEP-a

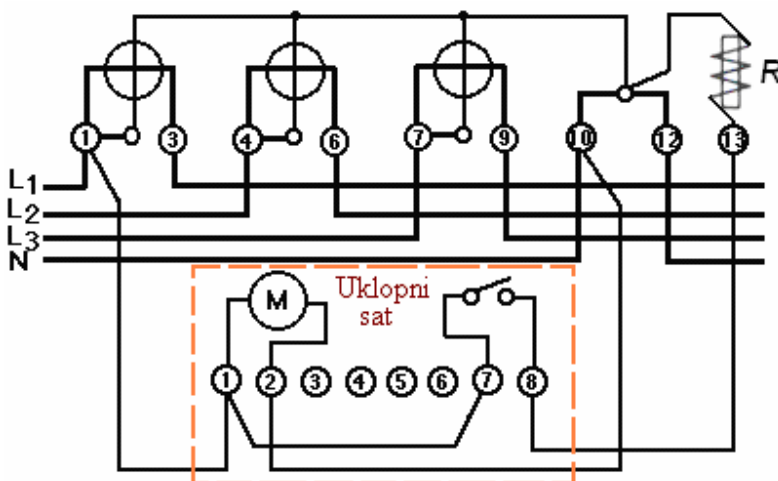
Na slikama 21.4 do 21.6 prikazani su izravni priključci električnih brojila. Poluizravni priključak električnog brojila prikazan je na slici 21.8.



Slika 21.4
Shema izravnog priključka
jednofaznog brojila

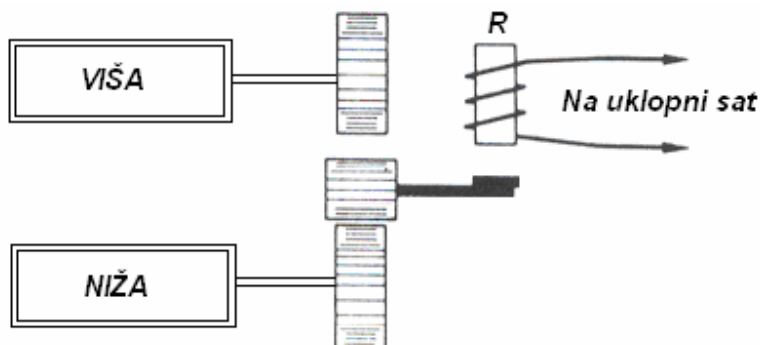


Slika 21.5
Izravni priključak trofaznoga
trosustavnog brojila na trofaznu
mrežu s neutralnim vodičem

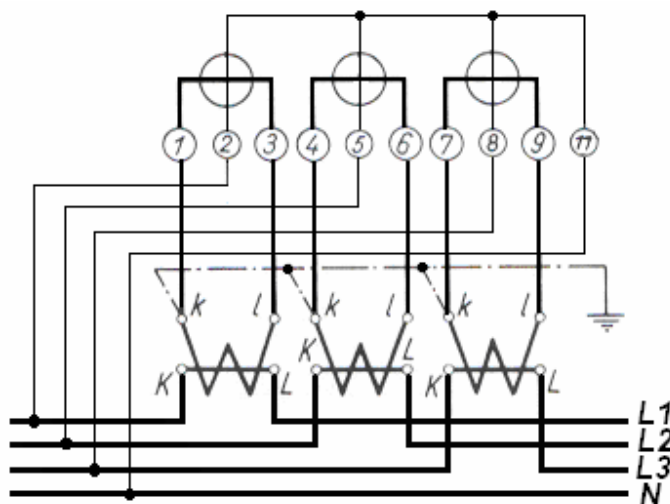


Slika 21.6
Izravni priključak trofaznoga
trosustavnoga dvotarifnog brojila

Princip rada uklopnog sata možemo objasniti pomoću slike 21.7.



Slika 21.7
Prikaz principa rada
uklopnog sata

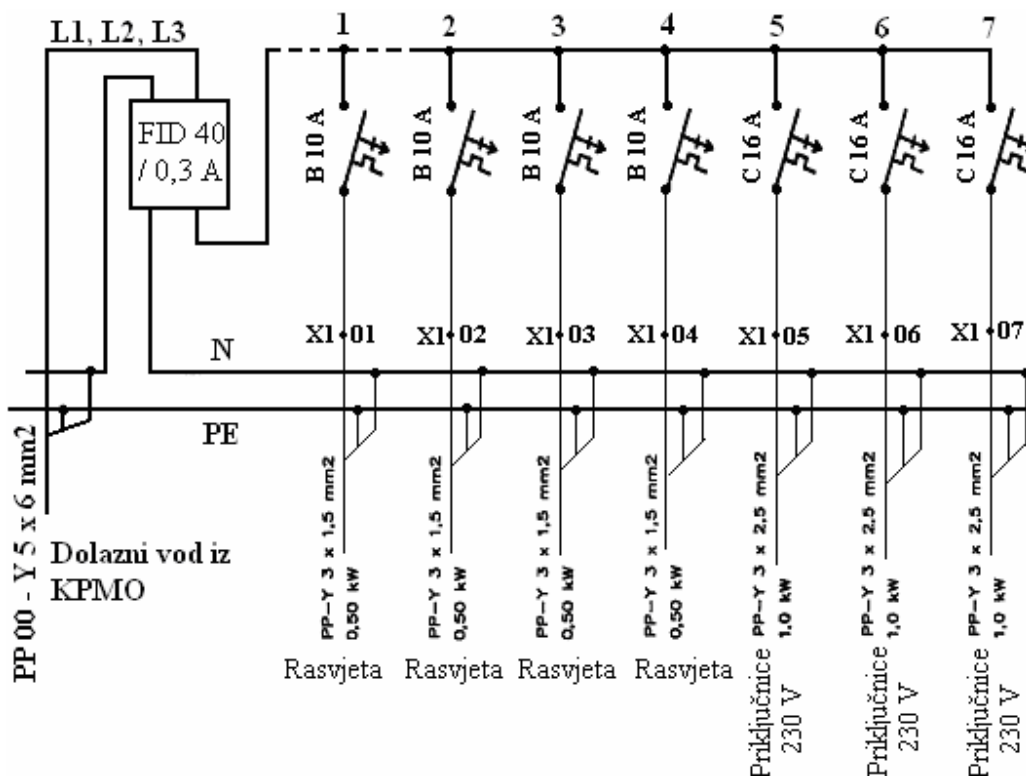


Slika 21.8
Priključak trofaznoga trosustavnog brojila preko strujnih mjernih transformatora

21. 7. Tehnička dokumentacija za razvodne uređaje

Prema pravilniku o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona, u razvodnim ormarima i sklopnim blokovima koji sadrže zaštitne uređaje i sklopne aparate s odgovarajućim strujnim krugovima, svi elementi moraju biti jasno obilježeni, tako da se lako može uočiti namjena opreme i strujni krug kojemu ta oprema pripada.

U električnim instalacijama su posebno važne jednopolne sheme razdjelnika (primjer na slici 22.1).



Slika 22.1 Primjer jednopolne sheme razdjelnika električne instalacije

Razvodni ormari ili sklopni blokovi moraju biti opremljeni sa:

- znakom opasnosti od električne struje
- oznakom primijenjenog sustava mreže u pogledu uzemljenja (TN, TT ili IT)
- električnom shemom razvoda koja sadrži:
 - radni napon i frekvenciju,
 - presjeke svih dovodnih i odvodnih vodova i njihove oznake,
 - nazivne struje prekidača, sklopki i osigurača,
 - način zaštite od neizravnog dodira i
 - ostale specifične upute.

Razvodni uređaji (instalacija) obvezatno moraju biti opremljeni rastalnim krivuljama ugrađenih osigurača te isklopnim strujama primijenjenih prekidača.

Pitanja i zadaci!

1. Što su to razvodni uređaji? Kako se mogu podijeliti?
2. Nabrojite najčešće vrste razvodnih uređaja.
3. Koji tip vodiča se u pravilu upotrebljava za spajanja unutar razvodnog uređaja?
4. Prikažite skicu označavanja vodiča i priključnih mjesta na RU i na trošilu.
5. Nabrojite najvažniju opremu RU.
6. Čemu služe limitatori?
7. Što je to MTU (MTK) prijamnik? Za što se upotrebljava?
8. Objasnite pojmove izravni, poluizravni i neizravni priključak električnog brojila.
9. Prikažite skicom izravni priključak jednofaznog brojila.
10. Prikažite skicom izravni priključak trofaznoga trosustavnog brojila na četverožičnu mrežu.
11. Pomoću slike 21.7 opišite princip rada uklopnog sata.
12. Nabrojite kojom dokumentacijom i oznakama moraju biti opremljeni razvodni ormari?
13. Zašto se u električnim instalacijama praktički ne primjenjuje neizravni priključak električnih brojila?
14. Objasnite shemu na slici 22.1.

22. IZVEDBE ELEKTRIČNIH INSTALACIJA I PRIKLJUČAK NA ELEKTRIČNU MREŽU

22. 1. Prostori s elektrotehničkog stajališta

U zatvorenim ili otvorenim prostorima mogu vladati različite prilike u pogledu temperature, vlage, zapaljivosti, onečišćenja prašinom ili tekućinama ili mogućnošću mehaničkog oštećenja. Isto tako u pojedinim prostorima postoje i specifični pogonski uvjeti. Naravno da sve to utječe na izvedbu električne instalacije, a posebno na mjere zaštite. Zbog toga su nacionalne i međunarodne norme predvidjele klasifikaciju prostora te propisuju načine izvođenja instalacija u pojedinim prostorima. Tako npr. njemački standard određuje čak 25 različitih vrsta prostora s elektrotehničkog stajališta.

Primjeri nekih specifičnih prostora s elektrotehničkog stajališta su:

- vlažne i mokre prostorije
- prostorije s kadom i tušem
- bazeni za plivanje
- saune

- električne instalacije na gradilištima
- električne instalacije u poljoprivredi i hortikulturi
- prostori ugroženi opasnošću od požara
- jahte, čamci i prostori za kampiranje
- kamp prikolice i letjelice
- prostori za poduku i eksperimente
- električne instalacije u uskim prolazima
- električne instalacije niskog napona u električnim postrojenjima iznad 1 kV.

Svaki od ovih prostora ima svoje specifične karakteristike koje utječu na tip instalacije, izbor opreme, zaštitu, itd. (u mnogim prostorima je npr. $U_L \leq 25 \text{ V}$).

22. 2. Razredi vanjskih utjecaja

Električne instalacije izvode se u prostorima s različitim vanjskim utjecajima. Kod projektiranja i izvođenja električnih instalacija, te kod izbora opreme, moramo te utjecaje uzeti u obzir. Razredi vanjskih utjecaja definirani su normom HRN N. B2. 730. Prema toj normi razredi vanjskih utjecaja označavaju se slovno-brojčanim oznakama po sljedećem ključu (i redosljedju):

1. Prvo slovo (**A, B ili C**) - je oznaka za opću kategoriju utjecaja
2. Drugo slovo (**A, B, ...**) - je oznaka za vrstu utjecaja
3. Znamenka (**1,2,3,...**) - je oznaka za razred vanjskog utjecaja

Tablica 22.1. Razredi vanjskih utjecaja i zahtijevane karakteristike opreme

Oznaka	Vanjski utjecaj	Karakteristike izbora i postavljanja opreme
A	Utjecaji okoline	
AA	Temperatura okoline	
AA1	- 60 ° C do + 5 ° C	Posebna izvedba ili prikladni raspored opreme
AA2	- 40 ° C do + 5 ° C	
AA3	- 25 ° C do + 5 ° C	
AA4	- 5 ° C do + 40 ° C	
AA5	+ 5 ° C do + 40 ° C	
AA6	+ 5 ° C do + 60 ° C	
AC	Nadmorska visina	
AC1	≤ 2000 m	Normalna, ponekad je i za opremu iznad 1000 m N. V. potreban prikladni raspored. Ponekad je potrebno predvidjeti manje opterećenje.
AC2	> 2000 m	
AD	Prisutnost vode	
AD1	Zanemariva	Pokrov IP X0
AD2	Slobodno padanje vodenih kapljica	IP X1
AD3	Škropljenje	IP X3
AD4	Prskanje	IP X4
AD5	Mlazovi	IP X5
AD6	Valovi	IP X6
AD7	Namakanje	IP X7
AD8	Potapanje	IP X8

AE AE1 AE2 AE3 AE4	Prisutnost stranih čvrstih tijela Zanemariva Mali predmeti Sitni dijelovi Prah	Pokrov IP 0X IP 3X IP 4X IP 5X, ako prah ne smeta djelovanju opreme ili IP 6X, ako prah ne smije preko pokrova
AF AF1 AF2 AF3 AF4	Prisutnost korozivnih i zagađujuće materije Zanemariva Atmosferskog podrijetla Povremeno Trajno djelovanje	Normalna S obzirom na karakter materijala, zaštita od korozije, posebna izvedba
AG AG1 AG2 AG3	Mehanička naprezanja, udari Mala naprezanja Srednja Velika	Normalna (npr. kućanski aparati) Pojačana mehanička zaštita Pojačana mehanička zaštita
AH AH1 AH2 AH3	Mehanička naprezanja, vibracije Male Srednje Velike	Normalna Posebna izvedba ili prikladni raspored
AK AK1 AK2	Prisutnost flore i (ili) gljivica Zanemariva Opasna	Normalna Posebne zaštite, npr. povišeni stupanj IP zaštite, posebni materijali, raspored opreme kojim se izbjegava flora
AL AL1 AL2	Prisutnost faune Zanemariva Opasna	Normalna Posebne zaštite, npr. povišeni stupanj IP zaštite, pojačana mehanička zaštita, čišćenje, primjena pesticida, posebni materijali ili prevlake
AM AM1 AM2 AM3 AM4 AM5	Elektromagnetski, elektrostatički ili utjecaji ionizacije Zanemarivi Lutajuće struje Elektromagnetski utjecaji Elektromagnetski utjecaji Elektrostatički utjecaji	Normalna Posebne zaštite kao što su: - primjerena izolacija - zaštitne prevlake - katodna zaštita - dodatno izjednačenje potencijala Zaštite kao što su: - udaljavanje od izvora zračenja - postavljanje zaslona - pokrovi iz posebnih materijala Zaštite kao što su: - odgovarajuća izolacija - dodatno izjednačenje potencijala

AM6	Induciranje	Zaštite kao što su udaljavanje od izvora induciranja ili (i) postavljanje zaslona
AN AN1 AN2	Sunčevo zračenje Zanemarivo Pojačano	Normalna Materijali otporni na ultraljubičaste zrake, posebne obojene prevlake, postavljanje zaslona.
AP	Seizmički utjecaji	Posebni zahtjevi kod projektiranja
AQ AQ1 AQ2	Atmosferska pražnjenja Do 25 grmljavinskih dana/god. Preko 25 grmljavinskih dana/god.	Normalna Preporučena dodatna zaštita
B BA BA1 BA2 BA3 BA4 BA5	Upotreba Osposobljenost osoba Neobaviješteni Djeca Invalidne osobe Obaviješteni Stručni,iskusni	Normalna Stupanj zaštite viši od IP 2X . Zabranjena oprema s temperaturom iznad 80 ° C (na površini opreme), u vrtićima do 60 ° C. Prema vrsti i stupnju invalidnosti. Električna oprema nezaštićena od izravnog dodira je dozvoljena ako je prostor dostupan samo ovlaštenim osobama.
BC BC1 BC2 BC3 BC4	Dodir osoba s potencijalom zemlje Nema dodira Slabi dodir Česti dodir Trajni dodir	Dozvoljena oprema razreda 0, I, II i III. Razred I može se upotrijebiti kao i razred 0. Dozvoljena oprema svih razreda. Zabranjena oprema razreda 0 i I. Prema posebnim standardima.
BD BD1 BD2 BD3 BD4	Mogućnost evakuacije u slučaju opasnosti Mala gustoća ljudi, dobri evakuacijski uvjeti Mala gustoća ljudi, loši evakuacijski uvjeti Velika prisutnost ljudi, dobri evakuacijski uvjeti Velika prisutnost ljudi, loši evakuacijski uvjeti	Normalna Primjena opreme iz materijala koji ne podržava širenje plamena, razvijanje dima i štetnih plinova.
BE BE1 BE2 BE3 BE4	Priroda materijala koji se obrađuje ili uskladištava Bez opasnosti Opasnost od požara Opasnost od eksplozije Opasnost od zagađivanja	Normalna Opreme iz materijala koji ne podržava širenje plamena. Raspored opreme mora biti takav da povišenje temperature ili iskra ne prouzrokuje vanjski požar. Tzv. Ex oprema. Odgovarajući raspored, npr. kao zaštita od razbijenih dijelova svjetiljke, postavljanje zaslona radi zaštite od infracrvenog ili ultraljubičastog zračenja.

C	Konstrukcija zgrade	
CA	Sastav materijala	
CA1	Nezapaljivi	Normalna
CA2	Zapaljivi	Upotreba materijala koji ne gori niti podržava gorenje
CB	Struktura zgrade	
CB1	Zanemariva	Normalna
CB2	Mogućnost širenja požara	Oprema mora biti iz materijala koji sprječava širenje požara. Mogu se postaviti javljači požara i protupožarne pregrade.
CB3	Mogućnost pomicanja	Pri polaganju vodova treba postaviti dilatacijske spojnice.
CB4	Fleksibilna ili nestabilna	Primjena savitljivih priključnih kabela.

Pitanja i zadaci!

1. Objasnite značenje prostora s elektrotehničkog stajališta za električne instalacije.
2. Nabrojite primjere nekih specifičnih prostora s elektrotehničkog stajališta.
3. Navedite koliki najmanje mora biti stupanj IP zaštite u prostorijama gdje borave djeca?
4. Koja je maksimalna temperatura opreme postavljene u dječjim jaslicama?
5. Na osnovi tablice 22.1. napišite oznake razreda vanjskih utjecaja koji se smatraju normalnim.

22. 3. Izvedbe električnih instalacija

Vrlo je mnogo faktora koji utječu na izvedbu elektroenergetske instalacije. Prije svega izvedba je ovisna o:

- vrsti, namjeni i veličini objekta
- izboru tipa izvedbe instalacije
- snazi električnih trošila te prostornoj i vremenskoj raspodjeli opterećenja
- vanjskim utjecajima
- zahtjevima distribucijskih poduzeća
- tehničkim propisima i normama

S obzirom na navedene uvjete možemo govoriti o električnim instalacijama u:

- stambenim, poslovnim i sličnim objektima
- industrijskim objektima
- objektima sa specifičnim uvjetima (kazališta, kina...)
- posebnim objektima (gradilišta, poljoprivredni objekti...)
- objektima ugroženim eksplozijom (rafinerije, plinske stanice...)

Prema načinu izvođenja razlikujemo sljedeće tipove električnih instalacija:

- podžbukne instalacije u instalacijskim cijevima (primjerene za stambene i poslovne prostore)
- podne instalacije (poslovni i industrijski objekti)
- vodovi u žbuci - bez cijevi (stambeni i slični prostori)
- instalacije u lijevanom betonu (stambeni, poslovni, industrijski prostori)
- instalacije u betonskim ili zidanim kanalima (industrija)
- stropne instalacije (poslovni objekti)
- međukatne instalacije - ispod poda (neboderi)

- nadžbukne instalacije u cijevima (industrija, poslovni prostori)
- nadžbukne instalacije u kanalima (stambeni, poslovni prostori, prenamjena objekta)
- instalacije na odstoynim obujmicama - OG instalacije (industrija)
- instalacije na nosivim konstrukcijama ili posebnim nosačima (industrija)
- kanalni razvod - "bus bar" (industrija)
- instalacije na nosivom užetu ili samonosivim vodom (industrija, poljoprivreda)

Općenito instalaciju treba izvesti tako da zadovoljava sljedeća načela:

- nije opasna za korisnika
- da se nestručnom upotrebom ne može oštetiti
- svim trošilima osigurava kvalitetna električna energija
- da se estetski uklapa u objekat
- ne ugrožava stabilnost objekta, a niti druge instalacije

Uz sve to zahtijeva se da troškovi izgradnje i održavanja budu što manji.

Kod izvođenja, popravaka i svih ostalih radova u električnim instalacijama i postrojenjima moramo se pridržavati pravila za rad na siguran način. Najvažnije je tzv. pet "zlatnih" pravila:

- **isključivanje**
- **osiguranje protiv ponovnog uključivanja**
- **provjera beznaponskog stanja**
- **uzemljivanje i kratko spajanje**
- **ograđivanje mjesta rada od dijelova pod naponom**

U instalacijama i postrojenjima do 1000 V (osim nadzemnih vodova) nije potrebno izvršiti uzemljivanje ako je potpuno zajamčeno beznaponsko stanje. U instalacijama najčešće nema ni potrebe za ograđivanjem mjesta rada.

Pitanja i zadaci!

1. Nabrojite najvažnije faktore koji utječu na izvedbu električne instalacije.
2. Navedite podjelu instalacija prema vrsti objekta.
3. Nabrojite najčešće vrste instalacija prema načinu izvođenja (prema načinu postavljanja vodova). Koje tipove najčešće srećete u praksi?
4. Koja opća načela mora zadovoljavati svaka električna instalacija? Objasnite.
5. Nabrojite i objasnite tzv. "zlatna" pravila koja osiguravaju rad na siguran način u električnim instalacijama i postrojenjima.

22. 4. Električni priključak

22. 4. 1. Općenito

Električnim priključkom se smatra sklop električnih vodova i uređaja niskog ili visokog napona kojima se elektroenergetski objekt potrošača povezuje s elektroenergetskim objektom isporučitelja (u pravilu je to HEP).

Potrošači u elektroenergetskom sustavu mogu biti:

- a) **velepotrošači**, priključeni direktno na prijenosnu mrežu (110 kV)
- b) **industrijski potrošači, uslužne ustanove i ostali veći potrošači** priključeni na srednjenaponsku mrežu (10, 20, 35 kV)
- c) **niskonaponski potrošači** (kućanstva, obrti, usluge, javna rasvjeta, itd.)

Potrošači se razlikuju i prema:

- načinu priključka na mrežu te
- tarifama (ugovorima) po kojima plaćaju energiju (radnu i jalovu) i snagu.

Ako se potrošač (objekt) priključuje na VN ili SN mrežu, onda u tome slučaju ima vlastitu TS. Najviše je objekata priključeno na niskonaponsku mrežu te u pravilu takve priključke nazivamo kućni priključci. Prvenstveno ćemo i opisati kućne niskonaponske priključke.

Kućni priključak je veza između obračunskoga mjernog mjesta u kućnoj instalaciji i vanjske niskonaponske razdjelne mreže.

Prema namjeni priključak može biti:

- stalni
- privremeni (npr. za gradilišta, izvodi se uz posebne uvjete)

Prema broju faznih vodiča kućni priključak može biti:

- jednofazni
- trofazni

Prema izvedbi priključak u načelu može biti:

- podzemni (kabelski)
- nadzemni (goli vodiči ili SKS-samonosivi kabelski snop)

Nadzemni priključci s golim vodičima praktički se više ne primjenjuju. Danas se kućni priključci u pravilu izvode kabelima ili SKS vodovima.

22. 4. 2. Podzemni priključak

Podzemni kućni priključci se najčešće izvode tipiziranim kabelom PP 00 - A 4 x 25 mm², 0,6/1 kV. Na mjestu priključenja na NN mrežu kabel završava s kabelskom završnicom. Spajanje se izvodi odgovarajućim izoliranim stezaljkama. Po stupu kabel, odnosno zaštitna cijev (min. dužine 2,5 m), pričvršćuje se odgovarajućim obujmicama. Zaštitna cijev ugrađuje se i na fasadu objekta preko koje se kabel uvlači u kućni priključni ili kućni priključni mjerni ormar. Kućni priključni ormar postavlja se na visinu od 0,6 do 1,1 m od gazišta do donjeg ruba ormarića.

22. 4. 3. Nadzemni priključak

Jednofazni priključci najčešće se izvode sa samonosivim kabelskim snopom X 00 - A 2 x 16 mm², odnosno trofazni sa X 00 - A 4 x 16 mm². U većini slučajeva potrebno je izvesti **vanjski priključak** (do zatezne pričvrsnice na objektu - npr. krovna uvodna garnitura) i **primarni unutrašnji priključak** (od krovne garniture do glavnih kućnih osigurača, uključujući i njih). Kod izvedbe unutrašnjeg priključka kabel se uvlači u samougasive rebraste cijevi (sapa). Priključci se izvode do 30 m direktno sa stupa na objekt, a kod većih dužina preko stupova. Ovjesna, zatezna i spojna oprema koja se koristi kod izrade priključka je tipska. Svaki objekt mora imati vlastiti vanjski priključak i nije dopušteno obavljati priključak drugih objekata. Nije ni dopušteno koristiti vodič X 00 - A 4 x 16 mm² za izradu dva jednofazna priključka.

22. 4. 4. Vodovi za električne priključke

Najčešće se za kućne priključke upotrebljavaju vodovi tipa:

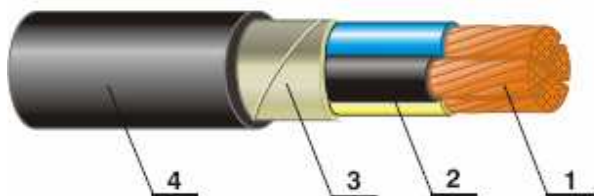
- X 00/O - A 4 x 16 mm² (minimalni presjek za Al je 16, a za Cu 10 mm²)* ili
- PP 00/O - A 4 x 16 mm² (za jednofazne priključke 2x16 mm²)

Navedeni presjeci su za struje potrošača do 35 A.

Za podzemni priključak se u pravilu upotrebljava kabel tipa:

- **PP 00 - A ili XP 00 - A 4 x 25 mm² 0,6/1kV**

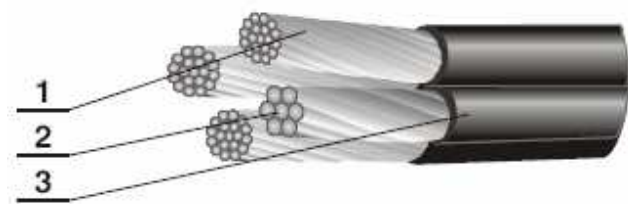
* Navedeni presjeci bi mogli biti i manji, npr. 10 mm² Al i 6 mm² Cu, ali njih uvjetuje isporučitelj električne energije.



Slika 22.1 a) Energetski kabel s izolacijom i plaštem od PVC

Oznaka: PP 00, PP 00-A.

1. Vodiči
2. Izolacija
3. Ispuna
4. Plašt



Slika 22.1 b) Samonosivi kabelski snop s izolacijom od XLPE

Oznaka: X 00-A, X 00/O-A

1. Fazni vodič
2. Nulti vodič (ujedno i nosivi vodič)
3. Izolacija

22. 4. 5. Vanjski i unutrašnji priključak

Kućni priključak obično se dijeli na vanjski i unutrašnji.

Niskonaponski nadzemni vanjski priključak obuhvaća vod od elektroenergetskog objekta, odnosno postrojenja isporučitelja, do izolatora na krovnom nosaču, na konzoli ili na objektu (zgradi, stupu) potrošača, uključujući i same izolatore i mjesta zavješanja.

Ako je niskonaponski nadzemni vanjski priključak izveden direktno do glavnih osigurača objekta potrošača samonosivim kabelom, tada se tretira kao vanjski priključak do prve zatezne pričvrsnice izvan objekta.

Niskonaponski kabelski vanjski priključak obuhvaća kabelski vod od elektroenergetskog objekta isporučioaca do kableske glave (završnice, ormarića) na objektu potrošača, uključujući i kabelsku glavu.

U vanjski priključak spadaju i eventualni osigurači odvojaka, odvodnici prenapona i priključci uzemljenja.

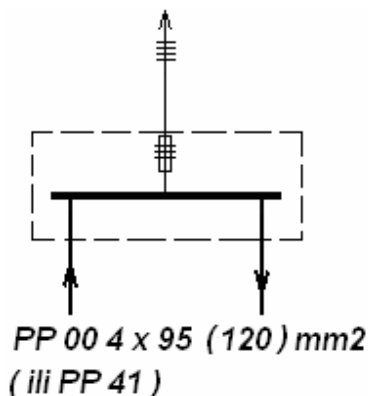
Ako se objekt potrošača priključuje zamkasto na mrežu isporučitelja, tada u vanjski priključak spadaju uređaji i oprema u objektu potrošača koji funkcionalno čine sastavni dio zamkaste mreže.

Ako krovni nosači, zidni nosači ili konzola na objektu potrošača služe za potrebe mreže isporučitelja, oni su također sastavni dio mreže.

Sastavni dio mreže čine i kabelski ormarići tipa "**ulaz-izlaz**", smješteni na objektu potrošača i vodovi do tog ormarića.

Naime, niskonaponske mreže u gradovima često se izvode podzemnim kabelima i sustavom "**ulaz-izlaz**". U takvim se slučajevima na vanjskoj strani fasade objekta potrošača ugrađuje **mrežni kućni priključni ormarić** (KPO). Jednopolna shema takvog ormarića, s navedenim tipom kabela i presjekom, prikazana je na slici 7.2. Kod polaganja energetskih kabela (mrežni kabel) na zid objekata potrebno je iste zaštititi montažom u alkatu cijevi. Od KPO do mjernog ormara (MO)

polaže se **glavni vod** (kabel PP 00 -Y 5x10 mm² - za struju potrošača do 35 A). Glavni vod treba položiti u savitljive, samougasive rebraste cijevi.



Slika 22.2 Mrežni kućni priključni ormarić tipa (KPO) "ulaz - izlaz"

Po cijeloj dužini trase, u isti rov s kabelom, najčešće se polaže i bakreno uže za uzemljenje 50 mm² na koje se P/F vodičem 16 mm² izvodi spajanje stezaljke "UZEMLJENJE" kabelskog ormarića. U svakom kabelskom ormariću se u takvim primjerima izvodi kratko spajanje "N" stezaljke i stezaljke "UZEMLJENJE".

Niskonaponski unutrašnji priključak čine električni vodovi i drugi uređaji od vanjskog priključka do mjernih uređaja potrošača, uključujući i mjerne uređaje.

22. 4. 6. Elektroenergetska suglasnost

Za priključenje novih potrošača, ili za povećanje angažirane snage postojećih potrošača, potrebna je **elektroenergetska suglasnost** (dokument koji izdaje distributer).

Zahtjev za davanje elektroenergetske suglasnosti mora sadržavati:

- lokaciju objekta,
- vrijeme priključenja,
- namjenu potrošnje električne energije,
- vršno opterećenje,
- nazivnu snagu svakog električnog trošila (samo po potrebi),
- režim korištenja snage i energije,
- broj stanova, odnosno broj prostorija.

Vršno opterećenje u elektroenergetskoj suglasnosti odobrava se prema zahtjevu potrošača, a isporuka se uvjetuje mjerenjem snage ili sredstvima za ograničenje snage, kao što su osigurači, limitatori i slično.

22. 4. 7. Puštanje u pogon i ostali uvjeti

Prije puštanja u pogon na svakom električnom priključku treba izvesti određene provjere i ispitivanja, a posebno treba:

- a) obaviti vizualni pregled dostupne opreme
- b) ispitati neprekinutost vodiča i opreme
- c) ispitati izolacijski otpor električnog priključka
- d) provjeriti sustav zaštite od neizravnog dodira
- e) provjeriti cjelovitost izjednačenja potencijala
- f) obaviti nadzor zaštite od prekomjernih struja i

g) izmjeriti impedanciju petlje kvara

Važno je napomenuti da:

- zamjenu glavnih osigurača, mijenjanje i podešavanje releja koji se nalaze ispred mjernih uređaja, mijenjanje mjernih uređaja ili otklanjanje kvara na njima može izvoditi samo isporučitelj električne energije.
- glavni osigurač priključka, razvodna ploča na kojoj se nalazi mjerni uređaj i poklopac priključnice na brojilu moraju biti plombirani plombom isporučitelja, a na zahtjev potrošača također i njegovom plombom.
- isporučitelj električne energije i potrošač sporazumno usklađuju vrste prenaponske zaštite na njihovim elektroenergetskim objektima, a osobito u pogledu koordinacije izolacije.

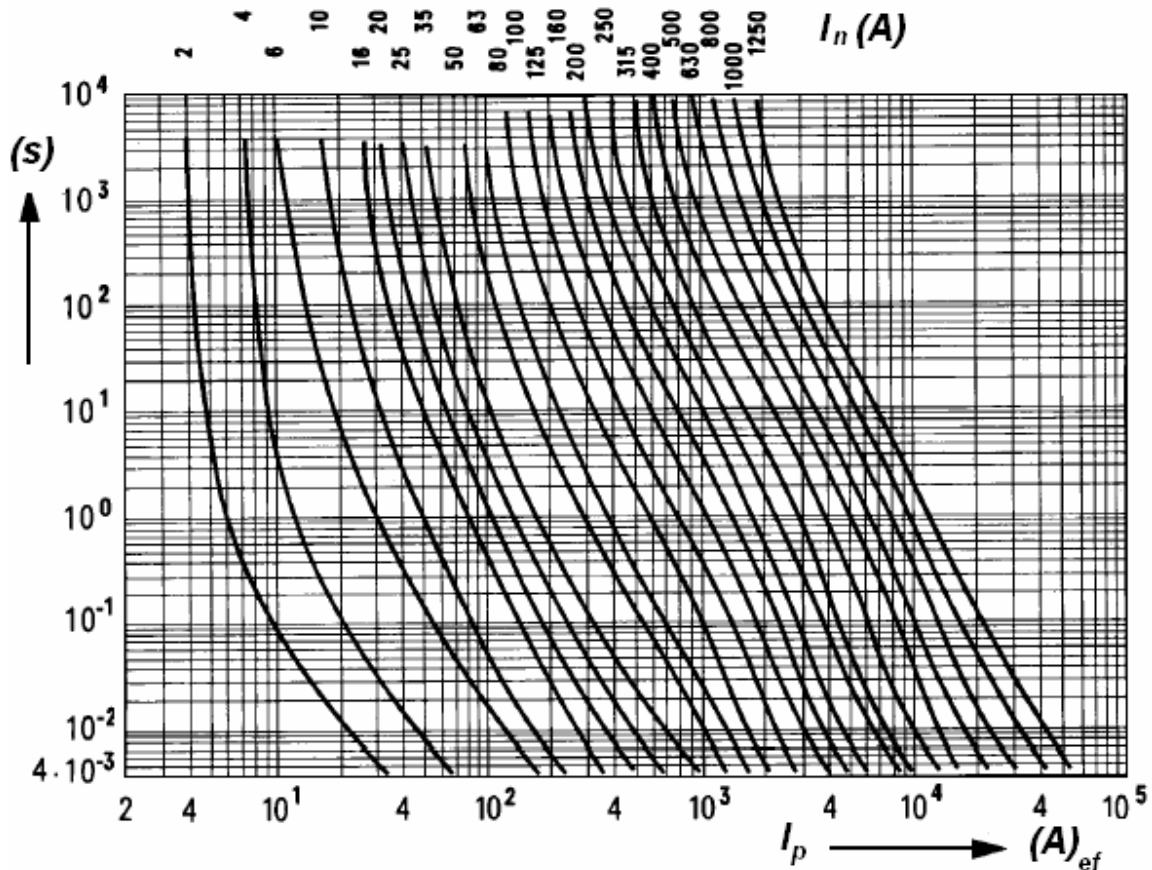
Prvi element na uvodu električne energije u zgradu je kućni priključni ormarić (KPO ili KPMO, odnosno SPO ili SPMO) koji ćemo detaljno opisati u drugom dijelu.

Pitanja i zadaci!

1. Što općenito smatramo električnim priključkom?
2. Kako se mogu podijeliti potrošači u elektroenergetskom sustavu?
3. Što smatramo kućnim priključkom?
4. Kako se mogu podijeliti kućni priključci?
5. Opišite podzemni kućni priključak.
6. Opišite nadzemni kućni priključak.
7. Koji se tip voda i kojeg presjeka vodiča najčešće upotrebljava za kućne priključke?
8. Opišite vodove tipa PP 00, PP 00-A, X 00-A i X 00/O-A.
9. Što smatramo vanjskim, a što unutarnjim priključkom?
10. Opišite mrežni KPO tipa "ulaz - izlaz".
11. Nacrtajte jednopolnu shemu kućnog ormarića ulaz-izlaz!
12. Što je to glavni vod kućnog priključka, kojeg je obično tipa i kolikog minimalnog presjeka?
13. Kako se polaže glavni vod kućnog priključka?
14. Kako se polaže energetska kabel (mrežni kabel) po fasadi potrošača?
15. Ako se uz kabelsku mrežu polaže i dodatni vodič (uže 50 mm² - Cu) za uzemljenje, što moramo spojiti u priključnom ormaru?
16. Što je to elektroenergetska suglasnost?
17. Što je potrebno priložiti uz zahtjev za dobivanje elektroenergetske suglasnosti?
18. Koje naprave služe za ograničenje vršnog opterećenja potrošača?
19. Koje preglede i mjerenja treba napraviti prije puštanja električnog priključka u pogon?
20. Tko jedino smije obavljati radove na održavanju vanjskog i unutrašnjeg priključka?
21. U pogledu zaštite od prenapona, što posebno trebaju uskladiti isporučitelj električne energije i potrošač na svojim elektroenergetskim objektima?

23. PRILOZI

23. 1. Karakteristike topljivih umetaka (patrona) NH osigurača (tip gL-gG, ~ 400 V, ~ 500 V, ~ 690 V)



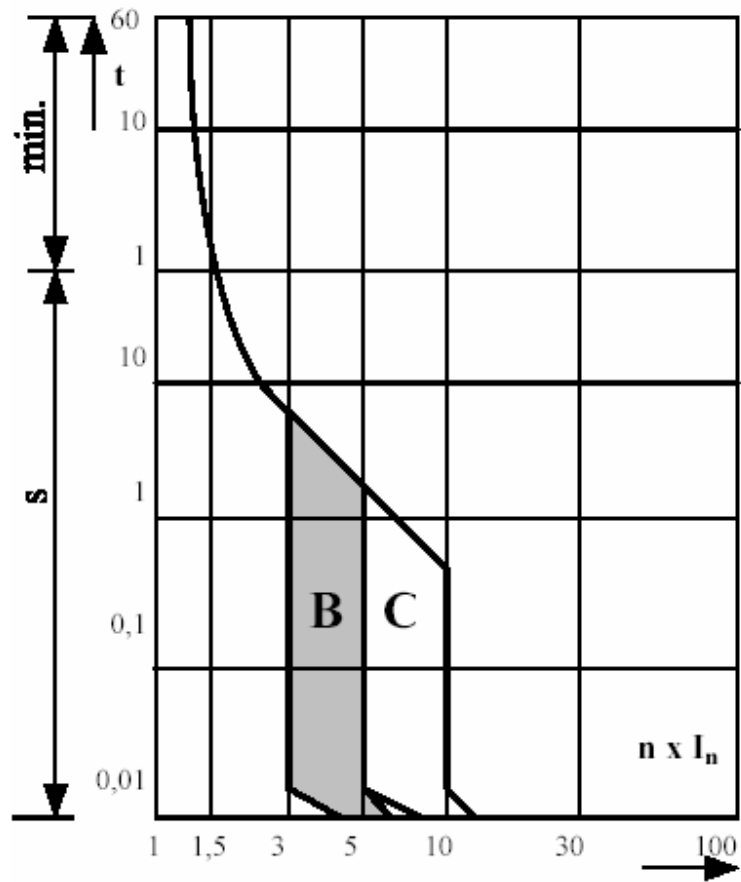
23. 2. Karakteristike instalacijskih (automatskih) prekidača B i C tipa

*(Elektrokontakt d.d., Zagreb)

Tablica 23.1. Karakteristika prekidanja

Karakteristika	Ispitna struja	Vrijeme prekidanja	Rezultat (Stanje)
B, C	$1,13 \times I_N$	$t > 3600 \text{ s}$	ne prekida
B, C	$1,45 \times I_N$	$t < 3600 \text{ s}$	prekida
B, C	$2,55 \times I_N$	$1\text{s} < t < 60\text{s}$	prekida
B	$3,00 \times I_N$	$t > 0,1\text{s}$	ne prekida
C	$5,00 \times I_N$	$t > 0,1\text{s}$	ne prekida
B	$5,00 \times I_N$	$t < 0,1\text{s}$	prekida
C	$10,00 \times I_N$	$t < 0,1\text{s}$	prekida

Karakteristika djelovanja (t - I karakteristika):



LITERATURA

1. Električne instalacije i niskonaponske mreže – Vjekoslav Srb (Tehnička knjiga, Zagreb)
2. Elektromonterski priručnik – Keler, Maričević, Srb (Tehnička knjiga, Zagreb)
3. Električne inštalacije – Ivan Ravnikar (Tehniška založba Slovenije)
4. Westermannov elektrotehnički priručnik – Tehnička knjiga, Zagreb
5. Ispitivanja električnih instalacija niskog napona – Egon Mileusnić ("ZIRS" – Zagreb)
6. Električne instalacije – Boris Tomić (Školska knjiga, Zagreb)
7. Mjere sigurnosti i zaštite na radu kod primjene električne energije – Egon Mileusnić ("ZIRS" – Zagreb)
8. Elektrotehnički praktičar – Ivica Singer (Školska knjiga, Zagreb)
9. Sheme spajanja u elektrotehnici – Uremović, Vistrička (Tehnička knjiga, Zagreb)
10. Measurements on electric installations in theory and practice – Metrel
11. Materijali sa seminara Elektrotehničkog društva Zagreb
12. Zbirka propisa iz područja elektrotehnike – Stjepan Megla, Zagreb 1998.
13. Stručni časopis "Energija" – Hrvatska elektroprivreda
14. Pravilnici Hrvatske elektroprivrede u skladu sa "Zakonom o elektroprivredi"
15. Katalozi i prospekti proizvođača električne opreme u tiskanom i elektronskom obliku
16. Zbirka propisa za električne instalacije niskog napona – Zlatko Kosek, Zagreb 1989.
17. Pravilnik o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona – NN br. 53 i 53A/1991, SL br. 53/1988 i N.N. br. 5/2002.
18. Pravilnik o tehničkim propisima o gromobranima – SL br. 12/65 i NN br. 55/96.

POPIS PODUZEĆA I OBRTNIKA KOJI SU SPONZORIRALI IZDAVANJE
OVOG PRIRUČNIKA:

1. HEP DISTRIBUCIJA d. o. o. DP ELEKTRA VARAŽDIN

**2. ZT - ing d.o.o. VARAŽDIN, PODUZEĆE ZA ELEKTROINŽENJERING,
PROIZVODNJU I MONTAŽU ELEKTRO OPREME**

3. ELTROJ, ELEKTROINSTALATERSKI I TRGOVAČKI OBRT JOSIP OBAD, NOVI MAROF

4. ELEKTROINSTALACIJE MARIJAN PAVLIČEVIĆ, LEŠTAKOVEC

5. ELEKTROINSTALATERSKI OBRT JOSIP ŠTABI, KARLOVEC LUDBREŠKI