

*Letna priprava*

Program: ELEKTROTEHNIK ENERGETIK

Predmet: EEI 3

# KAZALO

	<i>stran</i>
<b>1. SPLOŠNO O ELEKTRIČNIH INŠTALACIJAH .....</b>	<b>5</b>
1.1 ANALIZA, NAMEN IN DELITEV ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ .....	5
1.2 STANDARDI .....	14
<b>2 VRSTE IN UPORABA ELEKTROINŠTALACIJSKEGA MATERIALA .....</b>	<b>16</b>
2.1 VRSTE, UPORABA IN OZNAČBE VODNIKOV .....	16
2.2 VRSTE, UPORABA IN OZNAČBE KABLOV .....	21
2.3 VRSTE, UPORABA, SPAJANJE IN PRIKLJUČEVANJE VODNIKOV IN KABLOV .....	21
2.4 VRSTE RAZVODNIC IN NJIHOVA UPORABA .....	21
2.5 PRIBOR ZA CEVI, PRITRDILNI MATERIAL IN POLAGANJE INŠTACIJSKIH CEVI .....	23
2.6 VRSTE VTIČNO-SPOJNIH NAPRAV IN NJIHOVA UPORABA .....	27
2.7 IZVAJANJE INŠTALACIJ .....	28
2.8 VRSTE IN IZVEDBA VEZIJ ZA RAZSVETLJAVO .....	32
<b>3. VAROVANJE ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ IN PORABNIKOV .....</b>	<b>37</b>
3.1 SPLOŠNO O NAMENU IN POMENU VAROVANJA .....	37
3.2 SPLOŠNO O NIZKONAPETOSTNIH VAROVALKAH .....	38
3.3 D0 – VAROVALKA .....	40
3.4 D – VAROVALKA .....	41
3.5 VISOKOUČINKOVNE TULJAVE VODNIKA .....	42
3.6 INŠTALACIJSKI ODKLOPNIKI .....	42
3.7 STIKALA IN ODKLOPNIKI .....	43
3.8 KONTAKTORJI .....	45
3.9 FI- ZAŠČITNA STIKALA .....	48
3.10 VAROVANJE ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ .....	50
3.11 KONTROLA DELOVANJA BIMETALNEGA RELEJA .....	51
<b>4. PRIKLOPI ELEKTRIČNIH PORABNIKOV .....</b>	<b>51</b>
4.1 SPLOŠNO O PRIKLOPIH IN GRAFIČNIH SIMBOLIH .....	51
4.2 RISANJE SIMBOLOV .....	51
4.3 RISANJE VEZIJ ZA RAZSVETLJAVO .....	51
4.4 RISANJE ENOPOLNIH IN IZVEDBENIH SHEM .....	51
4.5 UPORABNIŠKE KATEGORIJE ELEKTRIČNE OPREME .....	51
4.6 STOPNJE ZAŠČITE ELEKTRIČNE OPREME .....	51

4.7	PRIKLOP 1-f AM .....
4.8	PRIKLOP 3-f AM .....
4.9	PRIKLOP TERMIČNIH NAPRAV .....
4.10	PRIKLOP KRMILNIH IN MERILNIH NAPRAV .....
<b>5.</b>	<b>OSNOVNI POJMI VARNE UPORABE ELEKTRIČNE ENERGIJE .....</b>
5.1	DELOVANJE ELEKTRIČNEGA TOKA NA TELO .....
5.2	IMPEDANCA ČLOVEŠKEGA TELESA .....
5.3	SISTEMI NIZKONAPETOSTNIH OMREŽIJ GLEDE NA NAČIN OZEMLJITVE .....
5.4	RISANJE SISTEMOV .....
5.5	NAJPOGOSTEJŠI VIRI NEVARNOSTI ELEKTRIČNEGA TOKA .....
5.6	NAPETOSTNA OBMOČJA ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ .....
5.7	MEJE NEVARNE NAPETOSTI DOTIKA .....
5.8	SPLOŠNO O OZEMLJITVAH .....
5.9	OZEMLJILA .....
5.10	IZRAČUN OZEMLJIL .....
5.11	OZEMLJITVENI VODI .....
5.12	ZAŠČITNI VODNIKI .....
5.13	IZENAČITEV POTENCIALOV .....
5.14	KONTROLA NEPREKINJENOSTI ZAŠČITNEGA VODNIKA .....
5.15	PREIZKUS IZENAČITVE POTENCIALA .....
5.16	MERJENJE OZEMLJITVENE UPORNOSTI .....
5.17	MERJENJE SPECIFIČNE UPORNOSTI TAL .....
<b>6.</b>	<b>ZAŠČITA PRED ELEKTRIČNIM UDAROM .....</b>
6.1	SPLOŠNO O ZAŠČITI PRED ELEKTRIČNIM UDAROM .....
6.2	ZAŠČITNA TOKOVNA STIKALA .....
6.3	KONTROLA DELOVANJE RCD STIKALA .....
6.4	ZAŠČITA PRED NEPOSREDNIM DOTIKOM .....
6.5	ZAŠČITA PRED POSREDNIM DOTIKOM .....
6.6	ZAŠČITA S SAMODEJNIM ODKLOPOM NAPAJANJA TN, TT, IT .....
6.7	MERITEV IMPEDANCE KRATKOSTIČNE ZANKE .....
6.8	ZAŠČITA Z UPORABO RAZREDA II .....
6.9	ZAŠČITA Z ELEKTRIČNO LOČITVIJO .....
6.10	KONTROLA ZAŠČITE PRED ELEKTRIČNIM UDAROM .....
6.11	MERJENJE NA NN ELEKTRIČNIH INŠTALACIJAH .....
6.12	MERJENJE IZOLACIJSKIH UPORNOSTI .....
<b>7.</b>	<b>SISTEM ZAŠČITE PRED DELOVANJEM .....</b>
7.1	OSNOVNI POJMI IN DEFINICIJE .....

7.2	ZUNANJI SISTEM ZAŠČITE .....
7.3	NOTRANJI SISTEM ZAŠČITE .....
7.4	DELOVANJE PRENAPETOSTNEGA ODVODNIKA .....
7.5	RISANJE STRELOVODNE ZAŠČITE .....
7.6	RISANJE OZEMLJITVENE ZAŠČITE .....
7.7	IZDELAVA MERILNIH PROTOKOLOV .....

# 1. SPLOŠNO O ELEKTRIČNIH INŠTALACIJAH

## 1.1 ANALIZA, NAMEN IN DELITEV ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ

### Definicije

Električne inštalacije so smotrno povezane naprave, ki posredujejo pretok električne energije od proizvodnih naprav do porabnika.

Električne inštalacije (v ožjem pomenu besede) so napeljave nizke napetosti v odprtih in zaprtih prostorih in so skupek medsebojno povezane električne opreme v opazovanem prostoru, ki je namenjen za izpolnjevanje določenega namena in ima usklajene karakteristike.

Inštalacijski sistem je sestavljen iz enega ali več vodnikov, kablov ali zbiralk in delov, ki zagotavljajo njihovo pritrditev, po potrebi pa tudi mehansko zaščito vodnikov.

### Vrste in namen električnih inštalacij

Glede na področja uporabe ločimo:

1. ELEKTROENERGETSKE INŠTALACIJE NIZKE NAPETOSTI V ZGRADBAH; ZA IZMENIČNE NAPETOSTI DO 250 V
2. ELEKTROENERGETSKE INŠTALACIJE NIZKE NAPETOSTI V INDUSTRIJI; ZA IZMENIČNE NAPETOSTI DO 600 V ALI ENOSMERNE NAPETOSTI DO 900 V:
  - inštalacije razsvetljave
  - inštalacije elektromotorskih pogonov
  - inštalacije elektrotoplotnih postrojev
  - inštalacije elektrokemijskih postrojev
3. INŠTALACIJE TELEKOMUNIKACIJSKIH NAPRAV V ZGRADBAH, PRI KATERIH NAPETOST MED VODNIKI ALI PROTI ZEMLJI NE PRESEGA 50 V IZMENIČNE ALI 120 V ENOSMERNE NAPETOSTI:
  - telefonske inštalacije
  - inštalacije hišnih govornih naprav
  - antenske inštalacije
  - inštalacije ozvočenja
  - inštalacije urnih naprav
  - inštalacije varnostnih naprav

Glede na okolico ločimo:

- inštalacije v suhih prostorih (stanovanjski, poslovni prostori, ...)
- inštalacije v prostorih s specifičnimi pogoji (športne, koncertne dvorane, gledališča, veleblagovnice ...)
- inštalacije v posebnih prostorih (električna obračališča, vroči, vlažni mokri

- prostori, požarno ogroženi prostori ...)
- inštalacije v prostorih, ki jih ogrožajo eksplozivne snovi (proizvodnja in razdeljevanje plinov, ...)

### Splošne značilnosti električnih inštalacij so:

1. KARAKTERISTIKE NAPAJANJA
2. VRSTE NAPAVALNIH SISTEMOV
3. VRSTE INŠTALACIJSKIH TOKOKROGOV
4. VRSTE INŠTALACIJSKIH SISTEMOV
5. USKLAJENOST OPREME
6. VZDRŽEVANJE INŠTALACIJ
7. VARNOSTNI NAPAVALNI SISTEMI

#### 1. KARAKTERISTIKE NAPAJANJA

Pri dimenzioniranju električne inštalacije potrebujemo električne podatke:

- a) vrsta toka
- b) frekvenca
- c) nazivna napetost
- d) velikost predvidenega kratkostičnega toka priključka ( $I_{max} = I_u, I_{ef} = I_k$ )
- e) zahtevana največja moč napajanja (faktor izrabe, faktor sočasnosti)

Primer:

električne inštalacije, ki se napajajo iz javnega omrežja: trifazni izmenični sistem nazivna napetost 220/380 V (IEC - prehod na 230/400 V), frekvenca 50 Hz

#### 2. VRSTE NAPAVALNIH SISTEMOV

Glede na stopnjo obratovalne zanesljivosti in varnosti uporabnikov ločimo:

- a) splošni sistem napajanja (iz zunanjega javnega omrežja, izpostavljen je motnjam, zunanjim vplivom, ...)
- b) sistem varnostnega napajanja (omogoča ob izpadu omrežne napetosti neprekinjeno napajanje ali avtomatski preklop na pomožni elektroenergetski vir)
- c) sistem nadomestnega napajanja (za vzdrževanje stalnega napajanja inštalacije ali njenega dela)

#### 3. VRSTE INŠTALACIJSKIH TOKOKROGOV

Za zagotavljanje največje obratovalne zanesljivosti mora biti sistem razdeljen na več tokokrogov.

Glede na pomembnost napajanja delimo inštalacije v splošne tokokroge (napake, izpadi) in posebne tokokroge (s katerimi napajamo tiste dele inštalacij, ki se posebej krmilijo, ločeno od splošnih tokokrogov).

#### 4. VRSTE INŠTALACIJSKIH SISTEMOV

Inštalacijski sistemi so opredeljeni z:

a) vrstami sistemov vodnikov pod napetostjo:

a1) AC - izmenični sistemi:

enofazni z dvema vodnikoma  
 dvofazni s tremi ali petimi vodniki  
 trifazni s tremi ali štirimi vodniki

a2) DC - enosmerni sistemi:

z dvema vodnikoma  
 s tremi vodniki

Slika 1

Meja med omrežjem in inštalacijami

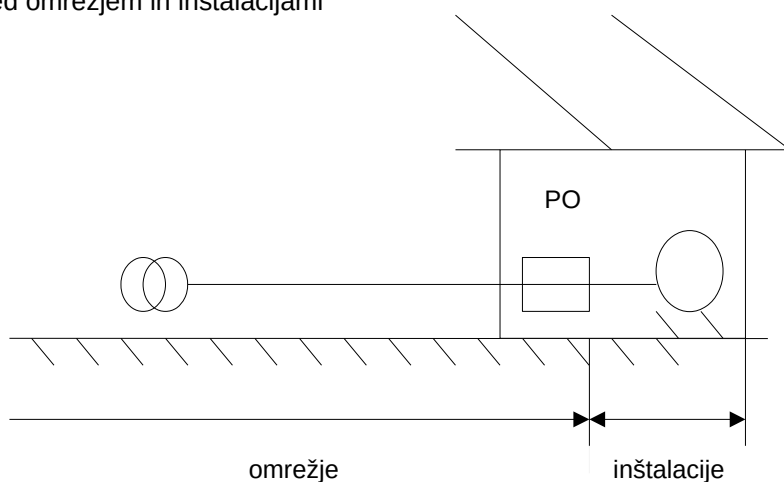
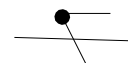


Tabela 1

Označevanje priključnih sponk in vodnikov

Vrsta vodnika	OZNAKE			
	priključnih sponk	črkovno številčna	barvna	grafični simbol
Sistem napetosti z izmeničnim tokom				
- 1. faza	U	L1	črna	_____
- 2. faza	V	L2	črna	_____
- 3. faza	W	L3	črna	_____
nevtralni vodnik	N	N	svetlomodra	_____●
Sistem napetosti z enosmernim tokom				
- pozitivni	+	L+	modra	_____
- negativni	-	L-	rdeča	_____
- srednji	M		svetlomodra	_____
Zaščitni vodnik	PE	PE	zeleno-	_____



b) vrstami razdelilnih sistemov glede ozemljitve

Ozemljitev dela-točke električnega napajalnega sistema in izpostavljenih prevodnih delov je pomemben element zaščite pred vplivi električnega toka. Glede na povezavo ozemljitev ločimo:

- b1) **TN** sistem napajanja
- b2) **TT** sistem napajanja
- b3) **IT** sistem napajanja

kjer pomeni:

- T** ... terre: neposredna povezava z zemljo v eni točki (nevtralna točka transformatorja)
- I** ... isolated: vsi vodniki pod napetostjo (vključno N vodnik) so izolirani glede na zemljo ali pa je ena točka transformatorja povezana z zemljo preko impedance (I)
- N** ...neutral: neposredna električna povezava izpostavljenih prevodnih delov z ozemljeno točko napajalnega sistema (nevtralna točka transformatorja)

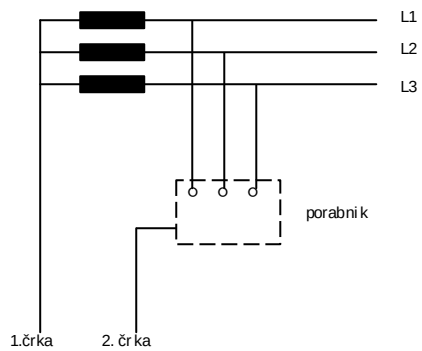
Glede na ločevanje oz. združevanje funkcije nevtralnega in zaščitnega vodnika ločimo:

- S** separated: nevtralna (N) in zaščitna funkcija (PE) je izvedena z ločenima vodnikoma
- C** combined: nevtralna in zaščitna funkcija je združena v enem vodniku (PEN)

Na slikah 2, 3, 4, 5 in 6 so prikazani primeri sistemov izmeničnih omrežij.

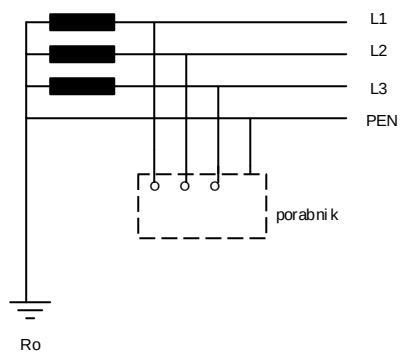


Slika 2  
Način označevanja razdelilnih sistemov



- 1. črka:  
povezava nevtralne točke  
napajalnega transformatorja
- 2. črka:  
povezava izpostavljenih  
prevodnih delov

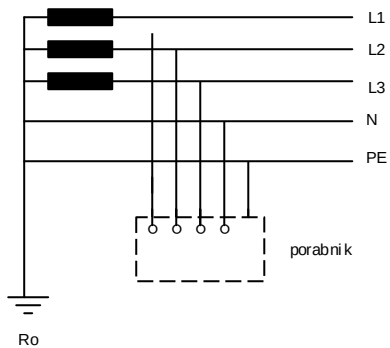
Slika 3  
TN-C - sistem



**C ... combined:**  
nevtralna in zaščitna  
funkcija je združena v  
enem vodniku (PEN)

**T ... terre:**  
neposredna povezava  
z zemljo v eni točki  
(nevtralna točka  
transformatorja)

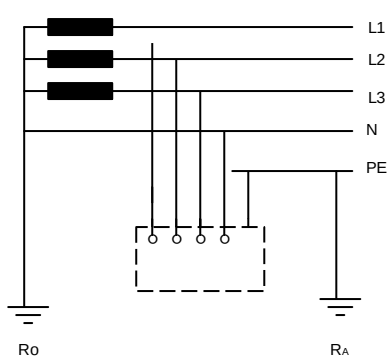
Slika 4  
TN-S - sistem



**S** separated:  
nevtralna in zaščitna  
funkcija je izvedena z ločenima  
vodnikoma

**T** terre:  
neposredna povezava  
z zemljo v eni točki  
(nevtralna točka  
transformatorja)

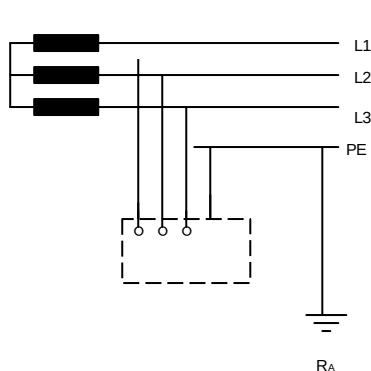
Slika 5  
TT - sistem



**T**... neposredna električna  
povezava izpostavljenih  
prevodnih delov z zemljo,  
neodvisno od ozemljitve katerekoli  
točke napajalnega sistema

**T**... terre:  
neposredna povezava  
z zemljo v eni točki  
(nevtralna točka  
transformatorja)

Slika 6  
IT - sistem



T... neposredna električna povezava izpostavljenih prevodnih delov z zemljo, neodvisno od ozemljitve katerekoli točke napajalnega sistema

I... isolated: vsi vodniki pod napetostjo (vključno N vodnik) so izolirani glede na zemljo ali pa je ena točka transformatorja povezana z zemljo preko impedance (I)

## 5. USKLAJENOST OPREME

Električna oprema mora biti čim bolj usklajena, s čimer preprečimo kvarne vplive posameznih delov opreme (prehodne prenapetosti, hitre spremembe obremenitve, zagonski tokovi motorjev, višji harmonski tokovi, enosmerne komponente, visokofrekvenčna nihanja, ...) na drugo električno opremo ali inštalacijo.

## 6. VZDRŽEVANJE INŠTALACIJ

Zanesljivost električnih inštalacij je zelo odvisna od pogostosti in obsega potrebnega vzdrževanja. S projektom se mora določiti:

- vse potrebne periodične preglede, preskušanja, vzdrževalna dela in popravila v času predvidene trajnosti
- zanesljivost opreme, s katero dosegamo pravilno delovanje inštalacije v določeni trajnosti

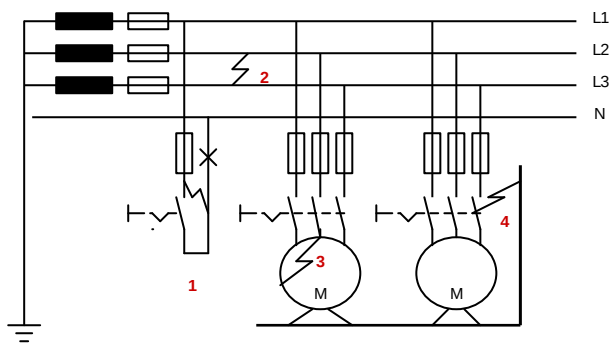
## 7. VARNOSTNI NAPAVALNI SISTEMI

Pogoj za varno uporabo električne energije je pomembno dobro poznavanje elektrotehniškega izrazoslovja (standard IEC -International Organisation for Standardization in CENELEC – European Committee for Electrotechnical Standardization)

### Osnovni pojmi in definicije

- IZPOSTAVLJENI PREVODNI DEL je prevodni del električne opreme, ki se ga je mogoče dotakniti in ni pod napetostjo, razen, če pride do okvare. Ta del pogosto imenujemo okrov, ohišje, masa.
- TUJI PREVODNI DEL je prevodni del, ki ni del električne inštalacije, a lahko prenaša potencial, navadno zemeljski (kovinske cevi centralnega ogrevanja, prezračevalnega sistema, vodovodne cevi, jekleni deli zgradb).
- NEPOSREDNI DOTIK je dotik ljudi ali živali z deli pod napetostjo.
- POSREDNI DOTIK je dotik ljudi ali živali z izpostavljenimi prevodnimi deli, ki so prišli pod napetost zaradi okvare.
- ELEKTRIČNI UDAR je patofiziološki učinek električnega toka, ki prehaja skozi človeško ali živalsko telo.
- OZEMLJILO je prevodni del ali skupina prevodnih delov, ki so v zemlji in tako zagotavljajo trajen električni stik z njo.
- STIK Z IZPOSTAVLJENIM PREVODNIM DELOM (OHIŠJEM) nastane, če napaka povzroči vodljivo zvezo med izpostavljenim prevodnim delom in delom pod napetostjo (npr. poškodba izolacije vodnika, če dovodni kabel pri uvodu v napravo ni zaščiten z izolirno uvodnico) - 1
- KRATKI STIK nastane, če obstaja vodljiva zveza med vodnikoma pod napetostjo - 2
- STIK MED VODNIKI nastane, če nastane zaradi napake vodljiva zveza med dvema vodnikoma, ki sta med obratovanjem pod napetostjo - 3
- ZEMELJSKI STIK nastane, če nastane zaradi napake vodljiva zveza med foznim vodnikom in ozemljenim delom – 4

## Vrste stikov



- 1 - stik med vodniki
- 2 - kratki stik
- 3 - stik z izpostavljenim prevodnim delom
- 4 - zemeljski stik

- NAPETOST DOTIKA ( $U_c$ ) je napetost, ki se pojavi pri okvari izolacije med hkrati dostopnimi deli.
- PRIČAKOVANA NAPETOST DOTIKA ( $U_t$ ) je tista najvišja napetost dotika, ki se pojavi pri okvari, zanemarljive impedance v električni inštalaciji. Pojavi se lahko med izpostavljenim prevodnim delom in stojiščem (zemljo) in se sestoji iz napetosti dotika ( $U_c$ ) in padca napetosti v tleh in obutvi ( $U_s$ ):

$$U_t = U_c + U_s$$

Za minimiziranje napetosti dotika in zmanjšanje nevarnega vpliva na človeka je potrebno povečati padec napetosti v tleh in obutvi (uporaba električarskih čevljev) Napetost dotika zmanjšamo tudi s povečanjem prehodne upornosti rok (suhe roke, uporaba izolirnih rokavic)

- DOVOLJENA NAPETOST DOTIKA ( $U_L$ ) je tista najvišja vrednost napetosti dotika, ki se sme vzdrževati neomejen čas pri določenih pogojih zunanjih vplivov.
- NAZIVNI TOK ( $I_n$ ) je tok, ki teče skozi napravo pri normalnem obratovanju oz. obremenitvi.
- OKVARNI TOK ( $I_d$ ) je tok, ki ga povzroči poškodba izolacije ali njena premostitev. Če izolacija, ki ločuje dva dela pod napetostjo, počni in se v reži nabere vodljiva plast (npr. kovinski prah), teče na tem mestu okvarni tok.
- UHAJAVI (ODVODNI) TOK ( $I_l$ ) je tok, ki v normalnem obratovanju teče skozi izolacijo v zemljo ali v tuje prevodne dele in ima lahko kapacitivno komponento (npr. pri uporabi kondenzatorjev za odpravo motenj)

- **KRATKOSTIČNI TOK ( $I_k$ )** je tok kratkega stika (to je povezave dveh točk tokokroga prek zanemarljive impedance), ki je večji od nazivnega in nastane zaradi okvare ali nepravilnega povezovanja v električnem tokokrogu.
- **GLAVNI TOKOKROG** tvori električna oprema, vključena v tokokrog, ki je namenjen za prenos električne energije (npr. pri elektromotorskem pogonu tvorijo glavni tokokrog vodniki oz. naprave, ki povezujejo vir energije s priključnimi sponkami elektromotorja.
- **POMOŽNI TOKOKROG** tvori električna oprema, vključena v tokokrog, ki je namenjen za krmiljenje, meritve, signalizacijo, reguliranje, obdelavo podatkov, ...

### 1.3 STANDARDI

**Standardizacija** je dejavnost za uveljavljanje ukrepov za splošno in ponovno rabo z doseganjem optimalne stopnje urejenosti. Izraža se v oblikovanju, izdajanju in uporabi **standardov**, ki so osnovni elementi standardizacije.

**Standard** je dokument, katerega upoštevanje ni obvezno, razen če se nanj sklicuje posamezen predpis, in navaja splošna in večkrat uporabna pravila, navodila ali značilnosti proizvodov, storitev ali z njimi povezanih procesov in proizvodnih postopkov, ki so priporočljiva. Standardi morajo temeljiti na preverjenih rezultatih znanosti, tehnike in izkušenj, da bi tako omogočili splošne optimalne koristi.

**Certificiranje** proizvodov, storitev in z njimi povezanih procesov in proizvodnih postopkov izberemo, če je to določeno s tehničnim ali drugim predpisom. Certificiranje je postopek, s katerim certifikacijski organ potrdi, da proizvod ali storitev ustreza tehničnim ali drugim predpisom, določenim standardom, tehničnim specifikacijam ali drugim predpisom. Certificirani proizvodi morajo biti označeni z znaki za skladnost (SVN, CE):

Pri certificiranju poznamo pri nas **regulirano območje**, ki je definirano z ustreznimi tehničnimi predpisi o obveznem atestiranju. Proizvod, ki je preskušen po določenih merilih in ima vse zahtevane lastnosti, se označi z atestnim (certifikacijskim) znakom SVN, v EU pa z znakom CE.



**Evropski certifikacijski znak za neregulirano področje**  
(potrjuje skladnost izdelka, ki ni zajet v reguliranem območju, z zahtevami ustreznega evropskega standarda, opravi se lahko na zahtevo dobavitelja)



**Evropski certifikacijski znak za regulirano področje**  
(potrjuje skladnost izdelka z zahtevami ustreznega evropskega standarda)



**Stari slovenski atestni znak**



**Novi slovenski klasifikacijski znak**  
(v zgornje polje se vpiše leto (xx), v spodnje polje se vpiše akreditacijska številka certifikacijskega organa)

**Deklariranje**

navedejo

- identifikacija
- usklajenost s standardi ali predpisi,
- karakteristike
- podatki o proizvajalcu oz dobavitelju.

**Označevanje proizvodov** pomeni, da se na proizvod ali njegovo embalažo nanesejo

- znaki skladnosti, znamenja in simboli za nevarnost,
- oznake in simboli za način ravnanja s pošiljkami pri prenosu ali prevozu skladiščenju, hrambi ter
- o postopku ob morebitni nezgodi.

Predmet standardizacije je lahko:

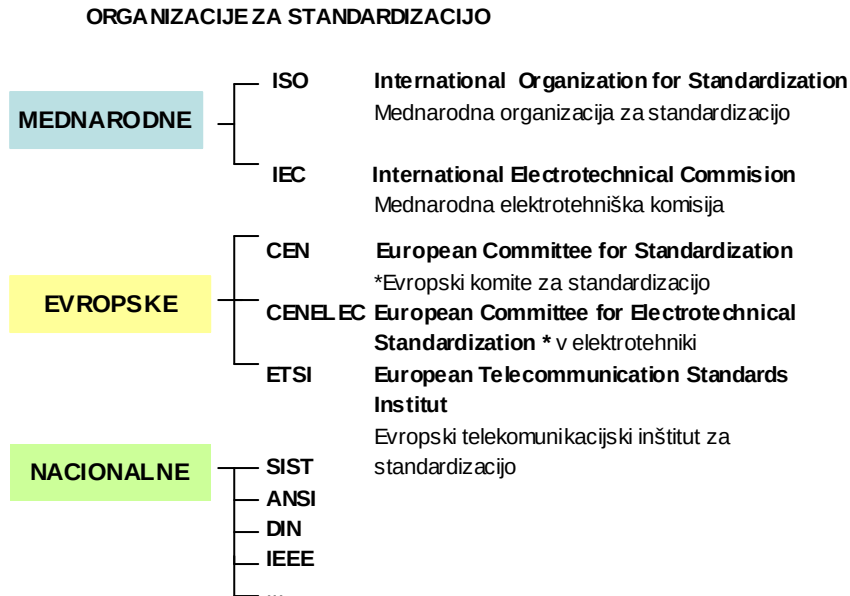
- a) materialnega značaja (surovina, elementi, inštalacije, energetska oprema, maziva in goriva, ...)
- b) nematerialnega značaja (terminologija, simboli, merske enote, tehnično risanje, ...)
- c) postopek za delo (navodila za izračunavanje, postopki in načini vzorčenja, tehnološki postopki, ...)
- d) varnost življenja in zdravja, zaščita premoženja in okolja (različni varnostni ukrepi)

Osnovni cilji standardizacije so:

- 1) poenostavljanje rastočega števila variant izdelkov in postopkov v življenjskem in delovnem okolju
- 2) poenotenje sporazumevanja
- 3) splošna ekonomičnost

- 4) varnost
- 5) zaščita interesov potrošnikov
- 6) odstranjevanje tehničnih ovir

ki se realizirajo s postopki tipizacije in unifikacije (vpeljavo univerzalnih elementov).



## 1. VRSTE IN UPORABA ELEKTROINŠTALACIJSKEGA MATERIALA

Pri izvajanju elektroenergetskih in telekomunikacijskih inštalacij se uporabljajo različni elektroinštalacijski materiali:

- A) vodniki
- B) inštalacijske cevi
- C) pribor za spajanje in pritrditev vodnikov in cevi
- D) kabli in pribor za spajanje ter priključevanje
- E) stikala in odklopniki
- F) vtično spojne naprave
- G) svetilke
- H) razdelilniki
- I) merilne naprave za merjenje električne energije

### 2.1 VRSTE, UPORABA IN OZNAČBE VODNIKOV

Vodnike uporabljamo za prenos električne energije. Energijske prenosne izgube pri določeni prenosni napetosti so odvisne od specifične upornosti uporabljene kovine se iz ekonomskih razlogov uporabljata predvsem baker (spec. vodljivost: 56 Sm/mm<sup>2</sup>) in aluminij (spec. vodljivost: 35 Sm/mm<sup>2</sup>) pri temperaturi 20° C.



Ločimo dve vrsti vodnikov:

- goli vodniki, ki jih uporabljamo predvsem pri gradnji nadzemnih vodov
- izolirani vodniki, ki jih uporabljamo za električne inštalacije in energetske napeljave:
  - energetske izolirani vodniki\* in energetske kabli
  - telekomunikacijski izolirani vodniki in telekomunikacijski kabli

\*Glede na uporabo ločimo izolirane vodnike na:

- vodnike za stalno polaganje:
  - inštalacijski vodniki za splošno uporabo
  - vodniki za svetilke
  - vodniki za avtomobile
  - vodniki za ladje
  - vodniki za povišano temperaturo
- vodnike za premično porabnike:
  - inštalacijski vodniki za splošno uporabo
  - vodniki za dvigala in žerjave
  - z gumo izolirani vodniki težke izvedbe
  - vodniki za rudarstvo
  - vodniki za varilne naprave

V večini primerov je za izolacijo in plašč uporabljena guma ali PVC masa.

Standardni prerezi so v območju od 0,5 do 400 mm<sup>2</sup>.

Vodnike prerezov od 0,5 do 1 mm<sup>2</sup> izdelujejo samo kot pramenaste vodnike za priključke prenosnih uporabnikov.

Vodnike prerezov od 1 do 16 mm<sup>2</sup> izdelujejo kot masivne ali pramenaste vodnike v obliki vrvi (so gibkejši in so primerni za priključke prenosnih uporabnikov).

Vodnike prerezov nad 16 mm<sup>2</sup> izdelujejo samo kot pramenaste vodnike, zaradi zmanjšanja skin efekta in lažjega polaganja.

Prerez stalno položenih izoliranih bakrenih vodnikov v električnih inštalacijah ne sme biti manjši od 1,5 mm<sup>2</sup> (izjeme: vodniki v stikalnih blokih, svetilkah, električnih aparatih, ...)

Izolacijo energetskih kablov in izoliranih vodnikov označujemo z barvami zaradi medsebojnega razpoznavanja žil. Barve izolacije žil se izbirajo glede na namembnost žil, in sicer:

- I. fazni vodniki: čr., (rj.)
- II. nevtralni vodnik: smo
- III. zaščitno-nevtralni vodnik: ze/ru
- IV. zaščitni vodnik: ze/ru

Energetske izolirane vodnike označujemo z nizom črkovnih znakov in števil po naslednjem zaporedju (skupin):

1. skupina: črkovna oznaka posebnega področja uporabe
2. skupina: črkovna oznaka vrste materiala, uporabljenega za izolacije in plašče

Sledi oznaka /.

3. skupina: črkovna oznaka konstrukcijske lastnosti, pomembne za uporabo izoliranih vodnikov

Sledi oznaka –

5. skupina: črkovna oznaka za zaščitni vodnik Y
6. skupina: črkovna oznaka vrste materiala in oblike žile izoliranega vodnika (aluminijev vodnik-A, večžilni vodniki sektorskega prereza- S, enožilni vodniki sektorskega prereza SJ)
7. skupina: številčna oznaka števila žil in nazivnega prereza vodnika (število žil x nazivni prerez vodnikov v mm<sup>2</sup>)
8. skupina: številčna oznaka nazivne napetosti izoliranega vodnika v V.

Primeri:

AP1 ...	avtomobilski inštalacijski vodnik, izoliran s PVC maso, prereza 1 mm <sup>2</sup>
PP/R 3 X 1,5 ...	instalacijski vodnik z razmaknjenimi žilami, izoliran s PVC maso v skupnem PVC plašču, trižilni, prereza 1,5 mm <sup>2</sup>

Vrste sponk, ki jih uporabljamo za spajanje v razvodnicah

Wecco sponke  
(posebne z bakelitom izolirane sponke),  
za prereze 2,5, 4, 6, 10 in 16 mm<sup>2</sup>

Priključne sponke  
(sponke, izolirane s PVC),  
za prereze 2, 5, 4, 6 in 10 mm<sup>2</sup>

Sponke za brezvijačno spajanje treh oz.  
več vodnikov prereza od 0,75 do 16 mm<sup>2</sup>

Lestenčne sponke  
za priključevanje svetilk in lestencev,  
prereza 2,5 in 4 mm<sup>2</sup>

Aparatne sponke  
za priključevanje aparatov,  
prereza 4 do 16 mm<sup>2</sup>

Vrstna sponka  
(za priključevanje razdelilnikov vseh  
vrst), prereza od 2,5 do 240 mm<sup>2</sup>

Pri priključevanju aparatov in naprav uporabljamo napravo za razbremenitev vodnika. Uvodi vodnikov in kablov v naprave morajo biti zaščiteni (uporaba tulcev, uvodnic, priključnic, ...).

Pri polaganju električnih inštalacijskih vodnikov v in na zidove, strop, tla oz. na naprave uporabljamo za zaščito inštalacijske cevi:

- 7) termoplastične cevi (iz PVC za polaganje na zid, beton ali jeklene konstrukcije),
- 8) zaščitne kovinske cevi (iz jekla in aluminija kot nadomestne inštalacije v industriji)

Na sliki 11 so prikazani posamezni vodniki (kabli)

P – vodnik

P/F – vodnik

PP – vodnik (kabel)

PP/R – vodnik (kabel)

SP – vodnik

P/L vodnik

PP/L vodnik

GT/J – vodnik

GG/J vodnik

## 2.2 VRSTE, UPORABA IN OZNAČBE KABLOV

Kable označujemo podobno kot vodnike, le da uporabljamo oznake skupin 2., 4., 5., 6., 7., in 8., pri čemer je:

4. skupina: številčna oznaka konstrukcijske lastnosti, pomembne za uporabo kabla, označena s številčnimi simboli od 01 do 99, razdeljenimi v dekade; posameznim dekadam pripadajo ustrezne tabele, ki natančneje označujejo konstrukcijske elemente;

Inštalacijske kable uporabljamo za povezavo telekomunikacijskih naprav. Najbolj razširjena sta TR40 in TR41 (kabel z bakrenimi vodniki, z izolacijo in plaščem iz PVC za notranjo in zunanjo montažo).

## 2.3 VRSTE, UPORABA, SPAJANJE IN PRIKLJUČEVANJE VODNIKOV IN KABLOV

Vodnike spajamo zaradi podaljševanja ali cepljenja. V električnih inštalacijah lahko izvajamo to le v razvodnicah (dozah), kabelskih sponkah ali stikalnih blokih.

Priključevanje vodnikov izvajamo na nepremični in premični električni opremi (npr.: vtičnicah, inštalacijskih stikalih, prenosnih aparatih, ...).

Vodnike spajamo in priključujemo z vijačnimi, brezvijačnimi in natičnimi/vtičnimi sponkami.

Spoj mora biti zaščiten pred mehanskimi, toplotnimi in kemičnimi vplivi in dimenzioniran tako, da lahko trajno zdrži dovoljeni tok vodnika.

Spajamo v izoliranih razvodnicah s posameznimi sponkami prereza 1,5 in 2 mm<sup>2</sup>, za večje prereze pa morajo imeti razvodnice vgrajene nepremične sponke (razvodnice za inštalacijo s PP/R vodniki imajo že vgrajene sponke).

## 2.4 VRSTE RAZVODNIC IN NJIHOVA UPORABA

Razvodnice (doze) uporabljamo za križanje inštalacijskih cevi, nameščanje vtičnic, stikal in priključnic ter spajanje vodnikov.

Glede na uporabo jih delimo na:

- MONTAŽNE,
- RAZDELILNE in
- UNIVERZALNE

Po obliki se delijo na:

- okrogle in
- štirioglate

Za podometne inštalacije izdelujejo razvodnice pretežno iz PVC materiala in imajo notranje premere:

- če so okrogle: 60,70 in 80 mm,
- če so štirioglate: 95 x 95, 150 x 150, 200 x 200 in 250 x 250 mm;

in notranjo višino:

- če so okrogle: 38 mm,
- če so štirioglate: 50 (pri 95 x 95) oz. 60 mm;

Na sliki 11 so prikazane oblike posameznih razvodnic

Slika 11

Oblike montažnih razvodnic

Montažna razvodnica

Štirioglata podometna  
razdelilna razvodnica

Montažna razvodnica  
za opažne stene

Za nadomestne inštalacije izdelujejo razvodnice iz termoplastičnih snovi, pločevine ali silumina in so za vodo neprepustne. Dimenzije nadomestnih razvodnic:

- če so okrogle: 80 mm,
- če so štirioglate: 70 x 70, 80 x 80, 100 x 100 in 180 x 140 mm;

Razvodnica 70 x 70 mm je namenjena vgradnji stikal in vtičnic. Razvodnice imajo eno ali več odprtih z ustreznim navojem Re.

Razvodnica za stalni priključek je opremljena s sponkami in je namenjena prehodu stalne inštalacije v kabel.

Na sliki 12 so prikazane oblike posameznih razvodnic.

Slika 12  
Oblike nadomestnih razvodnic

Razvodnica za obešanje svetilk

Pokrov razvodnice za obešanje svetilk

Nadomestna razvodnica s PVC tesnilnimi  
Uvodnicami

Priključnica (razvodnica) za stalni  
priključek

## 2.5 PRIBOR ZA CEVI, PRITRDILNI MATERIAL IN POLAGANJE INŠTACIJSKIH CEVI

### Pribor za cevi in pritrdilni material

Pri spajanju in polaganju inštalacijskih cevi uporabljamo naslednji pribor:

- UVODNICE ALI KONČNIKE (za zaščito izolacije vodnikov, kjer le ti prehajajo v/izhajajo iz kovinske cevi).

Poznamo ravne uvodnice ali končnike (z obročastim porcelanskim vložkom ali plastičnim tulcem) in pipe (ki so lahko ravne ali ukrivljene enojne, dvojne, trojne ali

četverne). Uporabljamo jih na mestih, kjer prehajajo vodniki iz nadzemne v cevno napeljavo.

Kabelske uvodnice in uvodnice za kovinske gibljive cevi uporabljamo pri nadomestnih razvodnicah.

Vse uvodnice so normirane po premerih ustreznih cevi.

Na sliki 13 je prikazana uvojnica za nadometne inštalacije.

Slika 13  
Uvodnica za nadometne inštalacije

- SPOJKE IN LOKI, ki jih uporabljamo za podaljševanje cevi; z loki podaljšujemo cevi v kotu. Za povezavo cevi različnih premerov uporabljamo reducirane spojke.

Spojke in loki za *termoplastične* cevi so iz enakega materiala kot cevi. Notranji premer spojk in lokov je za nekaj desetink mm večji od zunanega premera cevi.

Spojke in loki za *jeklene* cevi so kratki konci cevi, ki imajo na notranji strani vrezan ustrezeni navoj.

Na sliki 14 sta prikazana spojka in lok.

Slika 14  
Spojka in lok

Spojka

Lok

- SKOBE uporabljamo za pritrdjevanje vodnikov, kablov in cevi na zid, lesene in betonske stene ter jeklene konstrukcije. Z njimi lahko pritrdimo cevi:
  - neposredno na podlago - prijemki



- na določeni razdalji (uporaba v vlažnih in prašnih prostorih oz. pri pritrjevanju na gorljivo podlago)

Na sliki 15 je prikazana skoba in vrste vložkov pri različnih podlagah.

Slika 15

Skoba

Poseben vložek za plinasti beton

Poseben vzmetni vložek za manjše obremenitve na tankih podlagah

Posebno oblikovan vložek za votle zidake

## Polaganje inštalacijskih cevi

Ločimo tri načine polaganja inštalacijskih cevi:

1. pod omet (p/o)
2. v beton
3. nad omet (n/o)

1. Inštalacijske cevi polagamo pod omet vodoravno (z rahlim nagibom v smeri razvodnic, da se v njih ne zadržuje voda) in navpično. Izvajanje podometne inštalacije poteka po korakih: načrtovanje → dolbenje in vstavljanje razvodnic, cevi in /ali PP/R vodnikov → izdelava finega ometa in montaža opreme.

Na sliki 16 je shematično prikazana namestitev PP/R in PP vodnikov in inštalacijskih cevi z uvlečenimi P vodniki (z najmanjšo debelino ometa 4 mm)

Slika 16

2. Polaganje inštalacijskih cevi v beton zahteva poseben elektroinstalacijski material in pripomočke. Uporabljamo module, ki predstavljajo v funkcionalno celoto povezane razvodnice in cevi enega panoja, ki jih v tovarni zalijemo z betonom (obvezna je zagotovitev ustreznega fiksiranja razvodnic in cevi ter neprepustnost inštalacije za vodo). Elektroinstalacijska dela se izvajajo skupno z izdelavo gradbenih elementov.
3. Lahko izvajamo polaganje inštalacijskih cevi (gladkih) nad omet, beton, les ali jeklene konstrukcije. Cevi pritrjujemo na podlago s skobami, katerih medsebojna razdalja na ravnih delih je med 0,8 - 1 m od lokov in razvodnic pa so skobe oddaljene le 0,1 m (slika 17).

Skobe pritrjujemo na različne materiale z ustreznimi vijaki: na zid ali beton z vijaki s pomočjo zidnih PVC vložkov, na les z lesnimi vijaki, na jekleno konstrukcijo z maticnimi vijaki (s pomočjo posebnih konzol in objemkov).

Nadometno inštalacijo izvajamo predvsem v vlažnih in prašnih prostorih, zelo pogosto pa tudi v industrijskih prostorih.

Na sliki 17 je prikazano pravilno izogibanje oviram pri nadometnem polaganju cevi.

Slika 17

Vlečenje vodnikov v inštalacijsko cev se izvaja z jeklenim trakom (žico) ki ima na sprednjem delu pritrjeno kroglico, da se trak (žica), ki ga (jo) tiščimo v cev, ne zatika na cevni spojih. Na zadnjem delu pa ima trak (žica) izdelano zanko, na katero pritrdimo vodnike.

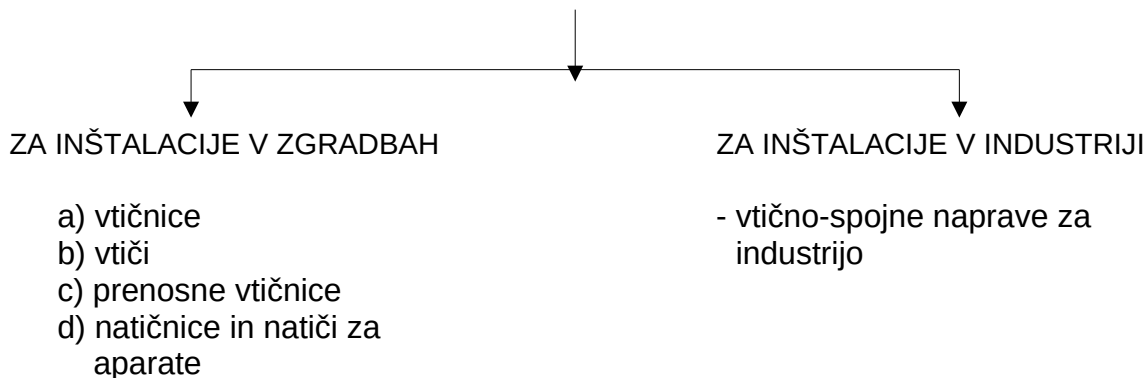
## 2.6 VRSTE VTIČNO-SPOJNIH NAPRAV IN NJIHOVA UPORABA

Za priključevanje prenosnih porabnikov na omrežje (inštalacijo) uporabljamo vtično-spojne naprave. Vtično-spojne naprave morajo biti izdelane tako, da je onemogočen slučajni dotik delov pod napetostjo.

Po številu polov ločimo naslednje vrste vtično-spojnih naprav (glede na izmenične sisteme električnih omrežij, ki jih sedaj uporabljamo):

- a) DVOPOLNE VTIČNO-SPOJNE NAPRAVE (L, PEN),
- b) TRIPOLNE VTIČNO-SPOJNE NAPRAVE (L, N, PEN),
- c) ŠTIRIPOLNE VTIČNO-SPOJNE NAPRAVE (L1, L2, L3, PE) in
- d) PETPOLNE VTIČNO-SPOJNE NAPRAVE (L1, L2, L3, N, PE)

Glede na predpise poznamo dve večji skupini vtično-spojnih naprav:



Uporabljamo dvo-, tripolne vtično-spojne naprave (za enofazne priključke oz. porabnike manjših moči) in petpolne vtično-spojne naprave (za priključitev na trifazno omrežje oz. za porabnike večjih moči) ter vtično-spojne naprave za posebne namene.

Tokovi ne presegajo 16 A.

Definicije:

- a)\* Vtičnice so naprave, ki omogočajo priključevanje prenosnih porabnikov na inštalacijsko omrežje.
- b)\* Vtič je naprava, s katero povežemo porabnik preko ustreznega vodnika s fiksno inštalacijo preko vtičnice.
- c)\* Prenosne vtičnice so naprave, ki se uporabljajo pri podaljševalnih vrvicah kot

V industrijskih obratih, na gradbiščih, na prostem, v kmetijstvu, obrti, ... uporabljamo (zaradi težjih obratovalnih pogojev, potreb po višjih tokovih različnih obratovalnih napetosti, višje stopnje mehanske zaščite) vtično-spojne naprave za industrijo za napetosti do 690 V, frekvence do 500 Hz in tokove do 125 A.

Poznamo naslednje izvedbe:

- na napetostnem viru (npr. razdelilniku): vtičnico,
  - na priključnem vodniku naprave: vtič,
  - na vodniku za podaljševanje: vtič in natič,
  - na napravi: natičnico.
- (uporabljamo nazivne napetost od 20 do 690 V in tokove 16, 32, 63 in 125 A).  
Vtično-spojne naprave morajo imeti

enojne in večsistemske (izdelujejo jih kot tripolne za tokove do 16 A, za priključitev vodnikov od 0,75 do 2,5 mm<sup>2</sup> ;  
 d)\* Natičnice in natiči so naprave, ki se uporabljajo za priključitev dovodnega vodnika na aparat - natičnica je del, ki je vgrajen na aparatu, natič je del, ki je priključen na dovodni vodnik (izdelujejo jih kot tripolne za napetosi 250 V in tok 10 A)

za napetosti >50 V zaščitni kontakt.

Ohišja vtično-spojnih naprav so izdelana iz mehansko odporne umetne mase in so glede na velikost napetosti, toka in število polov različnih velikosti in barv.

Zaradi varnosti uporabnika so naprave za večje tokove in napetosti izdelane z mehansko ali električno blokado.

## 2.7 IZVAJANJE INŠTALACIJ

Izvedbe električnih inštalacij so različne glede na konstrukcijske lastnosti zgradb, zunanje vplive, namembnost, ... Vodi morajo biti nameščeni tako, da so zaščiteni pred mehanskimi poškodbami in toplotnimi vplivi:

### MEHANSKA ZAŠČITA

- polaganje oplaščenih vodnikov, kablov in vodnikov v inštalacijskih ceveh, oplaščenih vodnikov v zidnih utorih, vodnikov v inštalacijskih kanalih

### ZAŠČITA PRED VLAGO

- polaganje vodnikov za vlažne prostore, uporaba skob iz izolacijskega materiala pri nadometnem polaganju vodnikov, oprema mora biti v neprepustni izvedbi za vodo, zaščita kovinskih delov pred korozijo, ustrezna izvedba zvijavih delov, najmanjši razmik med električno in vodovodno inštalacijo mora biti 30 mm;

V opečnih stavbah jih polagamo podometno, v omet in nadometno, v betonskih stavbah pa v liti beton in nadometno.

V tabeli 2 je prikazano izvajanje različnih načinov polaganja inštalacijskih cevi .

Tabela 2

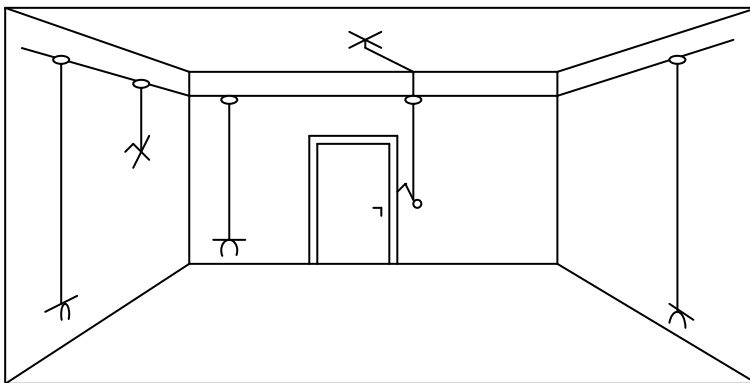
Načini polaganja inštalacijskih cevi		
polaganje pod omet	polaganje v omet	V beton
<ul style="list-style-type: none"> <li>vode nameščamo v inštalacijske cevi ali utore v zidu,</li> <li>vode polagamo vodoravno na razdalji 30 do 110 cm od tal in 200 cm od tal do stropa,</li> <li>vode polagamo navpično najmanj 15 cm od robov oken in vrat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>plast ometa nad vodniki ali inštalacijskimi cevmi mora biti debela najmanj 4 mm</li> <li>uporabljamo v stavbah z opečnimi zidovi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>z litjem betona v opaž na objektu,</li> <li>s sestavljanjem in montažo elementov, izdelanih v tovarni</li> </ul>

PP vodnike lahko uporabljamo za stalno polaganje nad, v in pod omet v suhih, vlažnih in mokrih prostorih, P vodnike pa moramo polagati samo z dodatno mehansko zaščito, ker imajo samo osnovno izolacijo. PP/R vodnike polagamo samo v in pod omet v suhih prostorih.

V stanovanjskih, poslovnih in podobnih prostorih prevladujejo predvsem naslednje izvedbe električnih inštalacij:

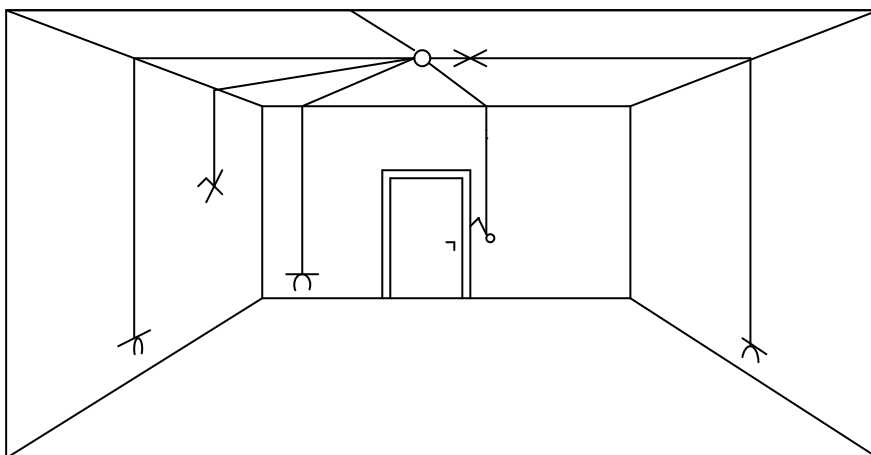
- inštalacije z uporabo običajnih razdelilnih in montažnih razvodnic (klasična izvedba);  
značilna je uporaba velikega števila razvodnic, saj pri vsakem cepljenju vodnikov uporabimo razdelilno razvodnico (slika 18);

Slika 18  
Inštalacija z običajnimi razdelilnimi in montažnimi razvodnicami



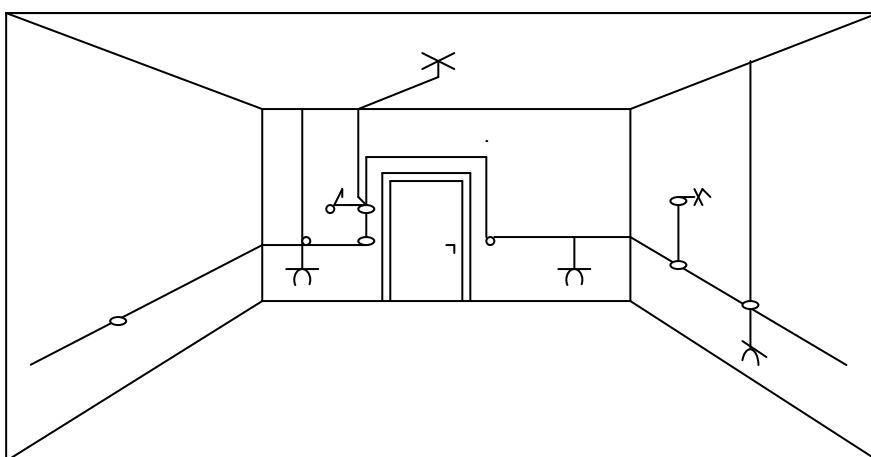
- inštalacije z uporabo stropne (lestenčne) razdelilne razvodnice, ki jo uporabljamo pogosto v stavbah, kjer so stropovi in stene iz litega betona; značilna je uporaba velikega števila spojev v stropni razvodnici in enostavno iskanje napak, saj so v steni samo navpični vodi (slika 19);

Slika 19  
Inštalacija s stropnimi razdelilnimi dozami



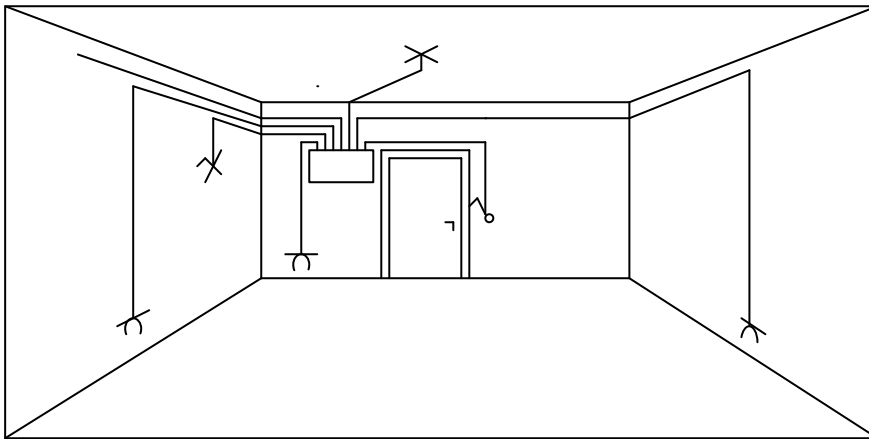
- inštalacije z uporabo univerzalnih razvodnic; značilno za to izvedbo je, da niso potrebne razdelilne razvodnice, napake lahko popravljamo šele potem, ko demontiramo naprave (stikala); prednost te izvedbe inštalacije je v tem, da lahko montiramo večje število univerzalnih razvodnic in s tem omogočimo premeščanje naprav. Neizkoriščene razvodnice pokrijemo s pokrovi za razdelilne razvodnice (slika 20)

Slika 20  
Inštalacija z univerzalnimi razdelilnimi dozami



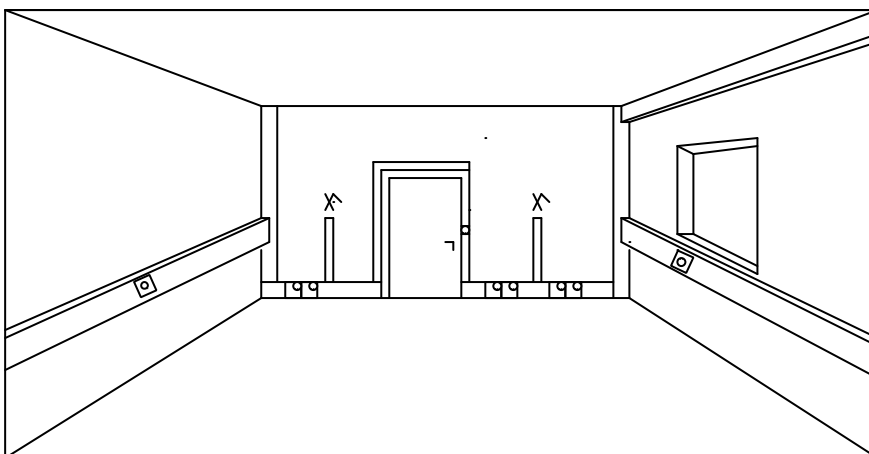
- inštalacije z uporabo razdelilne omarice so izvedene tako, da ima vsak prostor razdelilno omarico, iz katere se napajajo posamezni tokokrogi, ki so lahko združeni z eno nadtokovno zaščitno napravo (varovalko). Uporablja se za stavbe, kjer se zahteva avtonomnost električne inštalacije ali pa kjer se pričakuje v prostorih naknadna postavitvev ali dodatna postavitvev vmesnih sten.

Slika 21  
Inštalacija z razdelilno omarico



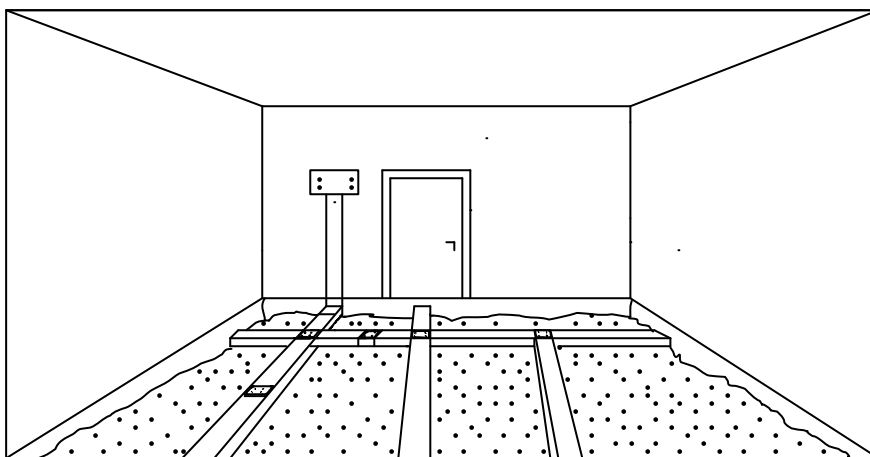
- Nadometno inštalacijo v kotih in stenskih letvah uporabljamo kot osnovno ali tudi kot naknadno inštalacijo v gradbeno zaključenih prostorih. Posebno primerna je za prostore, kjer potrebujemo večje število vtičnic, tudi telekomunikacijskih (npr. v laboratorijih, učilnicah, prodajalnah, ...) Sprememba števila vtičnic in namembnosti je enostavna (slika 22).

Slika 22  
Nadometna inštalacija v kotih in stenskih letvah



- Talne instalacije so izvedene v tleh s posebnimi kanali. Na kanale so priključene talne doze, v katere namestimo vtičnice. Inštalacija omogoča boljšo izkoriščenost večjih prostorov, ker lahko delovna mesta razporedimo tudi po sredini prostora (slika 23).

Slika 23  
Talna inštalacija

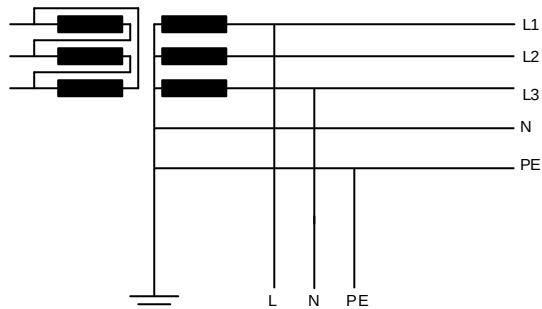


## 2.8 VRSTE IN IZVEDBA VEZIJ ZA RAZSVETLJAVO

Inštalacije razsvetljave izvajamo pretežno z nizko napetostjo 230 V, frekvenca 50 Hz, izjemoma izvajamo inštalacije tudi z izmeničnim tokom napetosti 24 V, ali pa tudi enosmernim tokom napetosti 24, 110 ali 220 V.

Pri inštalacijah z nizko napetostjo 230 V uporabljamo najpogosteje enofazni trivodni sistem, ki izhaja iz trifaznega petvodnega sistema 230/400 V (slika 24).

Slika 24  
Enofazni trivodni sistem, ki izhaja iz trifaznega petvodnega sistema





Tokokroge razsvetljave vodimo in varujemo ločeno od ostalih tokokrogov z varovalkami in inštalacijskimi odklopniki do vključno 10 A.

Stikalo mora biti ne glede na vezavo vedno v faznem vodu. Tokokrog porabnika, svetilke ali lestenca tvorita fazni in nevtralni vodnik. Zaščitni vodnik priključimo na kovinske dele tokokroga.

V tokokrogu razsvetljave uporabljamo/delimo inštalacijska stikala

- glede na način vgrajevanja za:

- nadometno montažo,
- podometno montažo in
- vgradnjo v različne aparate.

- glede na izvedbo na:

- vrtilna,
- klecna
- mikro in
- potezna

- glede na uporabljeno zaščito na:

- izvedbo za splošno uporabo z zaščito IP 20, IP 40
- za vodo neprepustne izvedbe z zaščito IP 44 do IP65, najpogosteje IP 55

glede na vezavo na:

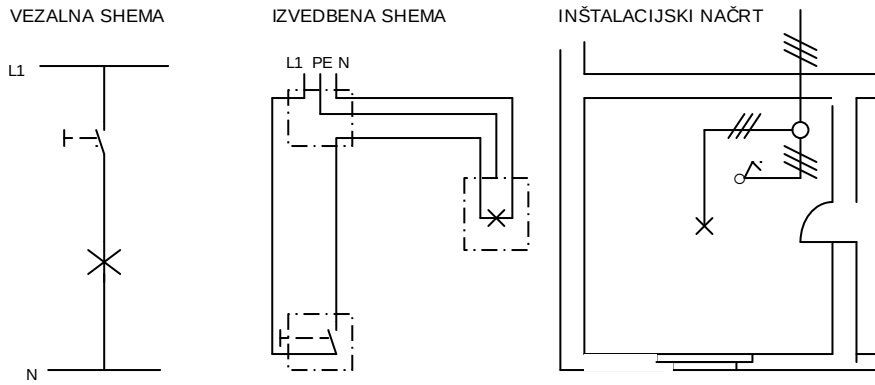
- enopolna
- dvopolna
- skupinska
- serijska
- menjalna
- križna

Stikala praviloma nameščamo od 1 do 1,5 m od tal, razen poteznih, ki jih nameščamo najmanj 2,25 m od tal.

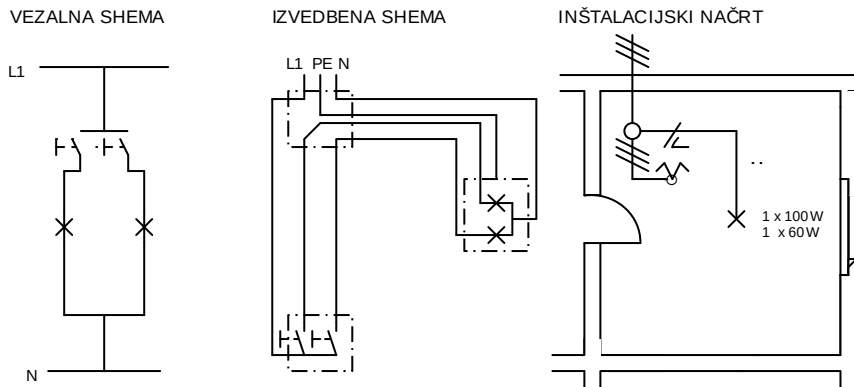
Inštalacije izvajamo po inštalacijskih načrtih. V načrte rišemo enopolne sheme, za izvedbo pa potrebujemo vezalne in izvedbene sheme, pri katerih uporabljamo za iste aparate različne simbole.

Na slikah 25, 26, 27 in 28 so prikazana najosnovnejša inštalacijska vezja (vezalna shema, izvedbena shema, inštalacijski načrt) za razsvetljavo z enopolnimi, serijskimi menjalnimi in križnimi stikali.

Slika 25  
 Inštalacijsko vezje z enopolnimi stikali



Slika 26  
 Inštalacijsko vezje z enopolnimi stikali





Za **razsvetljavo stopnišč** v večjih zgradbah uporabljamo elektronske stopniščne avtomate, ki omogočajo sočasni vklop vseh ali le skupine žarnic stopnišča, po poteku določenega časa pa avtomatsko izklopijo razsvetljavo. Vkljapljam jih s tipkali s kratkim impulzom. Če tokovna obremenitev stopniščenega avtomata oz. njegovih kontaktov ne zadostuje, lahko le ti krmilijo ustrezen kontaktor.

V manjših stavbah lahko za vklop stopniščne razsvetljave ali vklop iz oddaljenih mest uporabljamo impulzni rele, ki pa se ne izklaplja avtomatsko (vklapljam ga s pomočjo elektromagneta, na daljavo s kratkim električnim impulzom).

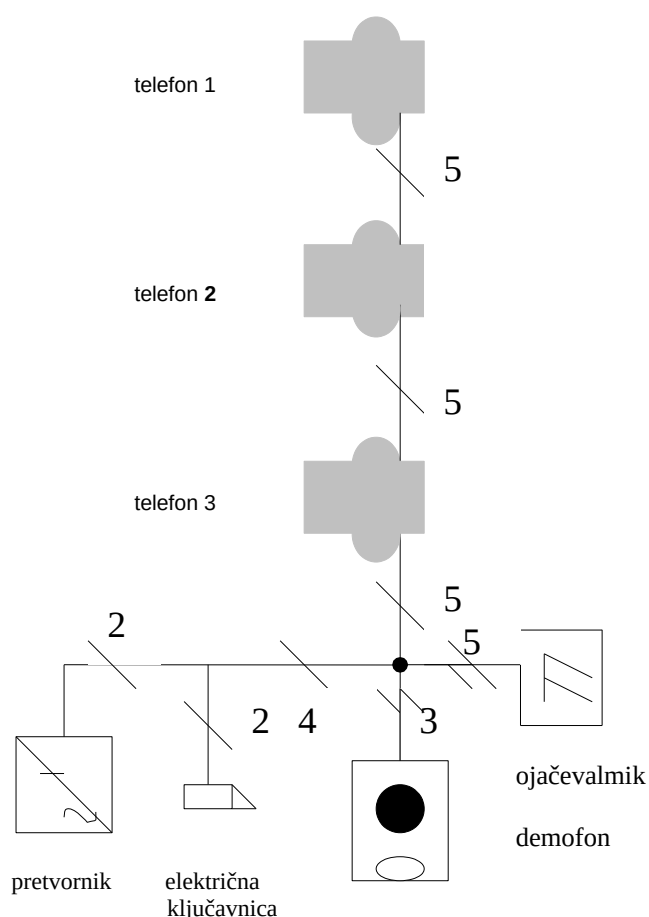
Impulzne releje lahko uporabljamo tudi pri napravah, pri katerih je zahtevano, da je pri ponovni vzpostavitvi izpadle napetosti naprava v stanju, v kakršnem je bila ob izpadu (spominski rele).

**Klicne naprave** uporabljamo za klicanje pri stanovanjskih in vežnih vratih. Ločimo naslednje centralne sisteme:

- zvočno inštalacijo,
- zvočno inštalacijo, kombinirano z električno ključavnico,
- hišni telefon oz. demofon, kombiniran z električno ključavnico

Sisteme običajno napajamo preko posebnega skupnega transformatorja male napetosti. Inštalacijo polagamo ločeno od ostalih inštalacij. Praviloma jo polagamo v termoplastične cevi s T1 20 vodnikom premera 0,8 mm. Pri hišnem telefonu in domofonu polagamo za govorne povezave posebne koaksialne vodnike.

Na sliki 29 je prikazana blok shema hišne govorne naprave, z navedbo potrebnega števila žil za povezavo med elementi.



### 3. VAROVANJE ELEKTRIČNIH NAPRAV IN PORABNIKOV

#### 3.1 SPLOŠNO O NAMENU IN POMENU VAROVANJA

Električne naprave so grajene iz naslednjih elementov:

- transformatorjev,
- kablov in vodnikov
- stikalnih in inštalacijskih aparatov in naprav,
- porabnikov

Posamezni elementi omrežja so izdelani za določeno nazivno napetost in določen nazivni tok. Prekoračitev nazivnih vrednosti poslabša karakteristične in mehanske lastnosti elementa, povzroča povišanje temperature naprave, posledično zmanjšanje življenske dobe električne izolacije (pri  $T \uparrow$  za 10 K, pade življenska doba izolacije na  $\frac{1}{2}$ ), kratke stike, ...

Veliki kratkostični tokovi povzročajo na napravah mehanske poškodbe, zaradi sil, katerih velikost je odvisna od  $I_u^2$  ... kvadrata maksimalne vrednosti toka kratkega stika in termične preobremenitve, odvisne od kvadrata efektivne vrednosti toka kratkega stika  $I_k^2$  in trajanja toka kratkega stika  $t$ .

Velikost kratkostičnega toka je odvisna od upornosti v tokokrogu med generatorjem in mestom kratkega stika. Upornost vodnika do mesta kratkega stika je odvisna od prereza in dolžine vodnika.

Odvisnost kratkostičnega toka od moči transformatorja in njegove kratkostične napetosti ponazarja eksponentna funkcija. Transformatorji moči med 100 in 1600 kVA imajo najpogosteje 4% oz. 6% napetost kratkega stika.

Za omejevanje preobremenitev in tokov kratkih stikov, uporabljamo nadtokovno zaščito (varovalke in odklopnike), ki pravočasno odklopijo naprave iz omrežja.

Primer:

Na osnovi diagrama določite efektivno vrednost toka kratkega stika na sekundarni strani transformatorja moči 400 kVA s kratkostično napetostjo  $U_k$ .

Za varovanje niskonapetostnih inštalacij uporabljamo:

- NIZKONAPETOSTNE VAROVALKE
  - inštalacijske varovalke tipa D - diazed,
  - inštalacijske varovalke tipa D0 - neozed
- NIZKONAPETOSTNE VAROVALKE VELIKE ZMOGLJIVOSTI (nožaste varovalke tipa NV)
- INŠTALACIJSKE ODKLOPNIKE
- STIKALA IN ODKLOPNIKE

- KONTAKTORJE Z BIMETALNIMI RELEJI
- NIZKONAPETOSTNE CEVNE VAROVALKE
- VISOKONAPETOSTNE VAROVALKE
- CEVNE VAROVALKE

### 3.2 SPLOŠNO O NIZKONAPETOSTNIH VAROVALKAH

**Taljavana varovalka** je stikalni aparat, ki s taljenjem enega ali več njegovih posebno dimenzioniranih elementov prekine električni tokokrog, v katerem je nameščen. Pri talilnih časih, ki so krajši od 5 ms (pri izmeničnih tokovih frekvence 50 Hz), varovalke omejujejo tokove kratkih stikov, ker jih prekinjajo že med naraščanjem, kar zmanjšuje termične in dinamične obremenitve naprav.

Talilni čas je odvisen od velikosti prekoračitve nazivnega toka. Izklopne lastnosti taljivih varovalk so določene z izklopnimi karakteristikami varovalk, ki se podajajo kot I/t karakteristike delovanja in morajo biti prilagojene zahtevam varovanega vodnika ali naprave.

Zahtevane lastnosti taljivih varovalk se določajo z izklopnim področjem (funkcionalnim razredom) in uporabnostno kategorijo.

#### Izklopna področja - funkcionalna razreda

- **g** ... taljivi vložki ščitijo po celotnem tokovnem področju (od najmanjšega talilnega toka do nazivne izklopne zmogljivosti) in
- **a** ... taljivi vložki ščitijo po omejenem tokovnem področju svojega nazivnega toka (od določenega mnogokratnika nazivnega toka do nazivne izklopne zmogljivosti) za manjše preobremenitve je pomemben pokazatelj energija, ki steče skozi varovalko ( $I^2 \times t$ )

#### Uporabnostne kategorije

- **G** ... za varovanje vodnikov in kablov
- **M** ... za varovanje elektromotorjev
- **R** ... za varovanje silicijevih polprevodniških elementov

Glede na izklopna področja in uporabnostne kategorije se izdelujejo naslednji tipi taljivih vložkov:

gG ... za splošno uporabo s celotnim izklopnim področjem  
aM ... za elektromotorne pogone z delnim izklopnim področjem  
gR ... za silicijeve polprevodniške elemente s celotnim izklopnim področjem  
aR ... za silicijeve polprevodniške elemente z delnim izklopnim področjem

Pri taljivih vložkih so pomembni naslednji podatki:

- $I_n$  ... nazivni tok
- $U_n$  ... nazivna napetost
- $I_1$  nazivna izklopna zmogljivost
- $I_{(t)}$  ... tokovno časovna karakteristika
- Jouulov integral ( $I_2 \times t$ )

Za izmenične tokokroge so standardizirane naslednje napetosti:  
220 (230\*) V, 380 (400\*) V, 500 V, 660 (690\*) V;

\* oznaka za vrednost napetosti po IEC standardu

Pomembna lastnost taljivih vložkov je omejevanje kratkostičnega toka. Čim večji je tok kratkega stika in čim manjši je nazivni tok taljivega vložka, tem večji je omejevalni učinek.

Primer: I. Ravnikar: Električne inštalacije, str. 54

Talilna (izklopna) karakteristika taljivih vložkov podaja talilni oz. izklopni čas v odvisnosti od pričakovanega toka. Izklopni čas je vsota talilnega časa in časa trajanja obloka.

V talilnih karakteristikah sta s predpisi opredeljeni dve karakteristični veličini:

$I_{nf}$  ... dogovorni nestalilni tok – je vrednost toka, ki ga mora taljivi vložek prepuščati določen čas, ne da bi se stalil.

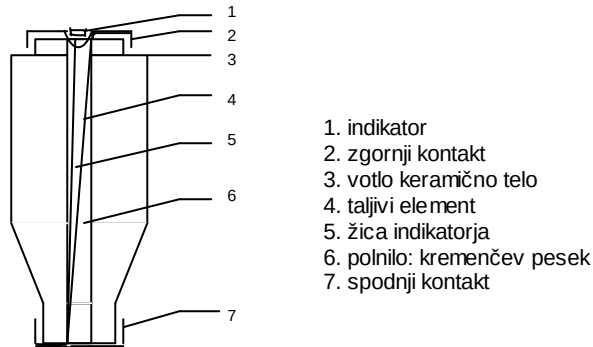
$I_f$  ... dogovorni stalilni čas – je vrednost toka, ki izzove delovanje taljivega vložka v določenem času.

Glede na zgradbo in način uporabe pa ločimo varovalke v dve osnovni vrsti:

- D – VAROVALKE, ki so zaščitene pred neposrednim (direktnim) dotikom in je onemogočena zamenjava različnih taljivih vložkov po velikosti ( $I_n$ ); DO – je sodobnejša izvedba varovalke za tokove od 2 do 100 A in ima manjše izgube ter je manjših dimenzij kot D – varovalka za tokove od 2 do 100 A;
- NV – VAROVALKE, ki niso zaščitene pred neposrednim dotikom in je omogočena zamenjava taljivih vložkov.

Na sliki 30 je prikazan prerez varovalnega vložka.

Slika 30  
Prerez varovalnega vložka



### 3.3 D0 – VAROVALKA

D0 (taljive) varovalke so namenjene varovanju inštalacijskih tokokrogov izmeničnih napetosti do 400 V in enosmernih do 250 V. Kratkostična zmogljivost znaša pri izmeničnem toku 50 kA, pri enosmernem pa 8 kA.

D0 varovalke so štiridelne, sestavljene iz:

- kape,
- taljivega vložka,
- velikostnega obroča in
- podstavek z zaščitnim pokrovom.

Kape so namenjene pritviti taljivega vložka v podstavek.

Taljivi vložek je ključni del varovalke, saj se v njem prekine električni tok. Njegov osnovni del je taljivi element, poleg katerega je nameščena žica, ki se končuje v kontaktu taljivega vložka z indikatorjem. Ob prekinitvi taljivega elementa se prekine tudi žica indikatorja in indikator odpade. Kot polnilo uporabljajo kremenčev pesek, ki ob stalitvi dobro ohlaja električni oblok.

Velikostni obroči imajo zaščitni pomen in so različnih dimenzij (notranjih premerov), s čimer preprečujejo rabo taljivih vložkov z večjim nazivnim tokom. Indikatorji taljivih vložkov in velikostni obroči so označeni z barvno kodo(npr. siva ... 16 A).

Podstavek je izdelan iz keramike, nanj pa lahko namestimo zaščitni pokrov iz plastične mase. Podstavki so izdelani tako, da jih lahko namestimo na normirani nosilec. Na njih sta vedno dva priključka:

- spodnji (srednji) za dovod,
- stranski, ki je vezan z navojnim obročem za odvod toka;

Na sliki 31 so prikazani deli D0 varovalke.



Slika 31

Kapa                      Taljivi vložek                      Velikostni obroč                      Podstavek

### 3.4 D – VAROVALKA

D (taljive) varovalke (izvedbe: D II, D III, D IV, D V) so namenjene varovanju inštalacijskih tokokrogov v zgradbah in industriji. Gradijo jih za napetosti do 500 V (v posebnih izvedbah tudi za 660 oz. 690, 750 in 900 V) in tokove do 200 A. Za razliko od D0 varovalke ima izvedba D namesto velikostnega obroča velikostni vložek, skozi katerega teče tok varovalke.

Kratkostična zmogljivost D-varovalk znaša pri izmeničnem toku 50 kA, pri enosmernem pa 8 kA.

D varovalke so štiridelne, sestavljene iz:

- kape,
- taljivega vložka,
- velikostnega vložka in
- podstavka

Kape in taljivi vložki imajo enak pomen in so izdelani podobno kot pri D0 varovalkah, velikostni vložek ima zaščitni pomen, barve vložkov so usklajene z barvami indikatorjev. Podstavke varovalk izdelujejo s priključki zadaj (tip TZ), s priključki spredaj (tip EZ, EZN, EZR, UZ) in za zunanjo montažo (tip FZ).

Na sliki 32 so prikazani deli D varovalke.

Slika 32

Kapa                      Taljivi vložek                      Velikostni vložek                      Podstavek

### 3.5 VISOKOUČINKOVNE TALJIVE VAROVALKE

Visokoučinkovne taljive varovalke se uporabljajo pri visokih obremenitvah z nazivnimi tokovi nad 200 A.

Visokoučinkovne taljive varovalke NV izdelujejo za izmenične napetosti 500 V in 660 V, tokove od 2 do 1250 A in kratkostične zmogljivosti nad 100 kA.

NV vložki so so valjaste ali kvadratne oblike, na koncih pa sta bakrena noža (nožaste varovalke).

Podstavek, podolgovate oblike, ni zaščiten pred dotikom, razen pri nekaterih posebnih izvedbah.

NV taljivi vložki imajo kontrolno značko rdeče barve in valjaste oblike. Z vstavljanje taljivega vložka v podstavek uporabljamo posebno izolirano ročko.

### 3.6 INŠTALACIJSKI ODKLOPNIKI

**Inštalacijski odklopnik** je avtomatski aparat za varovanje nizkonapetostnih električnih vodov in nanje priključenih porabnikov pred kratkimi stiki in preobremenitvami. Je enopolni aparat z vgrajenim elektromagnetnim sprožnikom za zaščito pri kratkem stiku in bimetalnim sprožnikom za zaščito pred preobremenitvami. Inštalacijske odklopnike uporabljamo v hišnih inštalacijah za varovanje tokokrogov razsvetljave, vtičnic in neposredno priključenih naprav v regulacijskih in merilnih napravah v obrti in industriji.

**Sprožnik** je naprava, mehansko povezana s stikalnim aparatom, ki sprošča mehanizem za vzdrževanje zaprtega položaja in dopušča odpiranje mehanskega stikalnega aparata.

Bimetalni (termični) sprožnik izkorišča lastnosti bimetalnega traku, da se pri segrevanju s tokom upogne in povzroči izklop.

Pri elektromagnetnem sprožniku pa izklop povzroči elektromagnetno delovanje tuljave ob zelo velikih tokovih.

Inštalacijske odklopnike izdelujejo v treh izvedbah z:

- B-karakteristiko (namenjeni so predvsem zaščiti inštalacijskih vodov in kablov),
- C-karakteristiko (poleg enake namembnosti kot izvedbe z B-karakteristiko še predvsem za varovanje porabnikov z velikimi vklopnimi tokovi, kot so skupine žarnic in elektromotorji)  
in
- D- karakteristiko (za varovanje naprav s posebno velikimi vklopnimi tokovi, kot so transformatorji, magnetni ventili ali večje kapacitivnosti).

Bimetalni sprožniki po nastavitvi v tovarni niso več nastavljivi in morajo sprožiti znotraj mej pri izvedbah B, C in D:  $(1,13-1,45) \times I_n$ .

Elektromagnetni sprožniki so izdelani tako, da morajo sprožiti znotraj določenih mej:

izvedba B:  $(3-5) \times I_n$

izvedba C:  $(5-10) \times I_n$

izvedba D:  $(10-20) \times I_n$

Posamezni izklopni karakteristiki termičnega (bimetalnega) in elektromagnetnega sprožnika tvorita skupaj izklopno karakteristiko inštalacijskega odklopnika. Izklopne vrednosti inštalacijskega odklopnika ležijo znotraj tolerančnega območja katerega spodnja karakteristika je zdržni tok, zgornja pa izklopna karakteristika.

Odklopna zmogljivost inštalacijskih odklopnikov je 3000, 6000 ali 10000 A. Če so pričakovani kratkostični tokovi večji od nazivne odklopne zmogljivosti inštalacijskega odklopnika, vgradimo predenj ustrezne taljive varovalke (npr. 80 A taljivi vložek za odklopnike do 10 A in 100 A za ostale – podatki proizvajalca).

Selektivnost varovanja (odklopitev najmanjšega možnega dela inštalacije) je zelo velika.

Inštalacijske odklopnike s pomožnimi stikali uporabljamo v krmilnih vezjih v industrijskih inštalacijah.

Izdelujejo še posebne izvedbe inštalacijskih odklopnikov:

- dvopolno (1P + N ali 2P)
- tripolno (3P) in štiripolno (3P + N) za trifazne tokokroge
- za enosmerne napetosti 220 V in 440 V
- inštalacijski odklopnik, kombiniran z DI-zaščitnim stikalom, za diferenčni tok 10 ali 30 mA.

### 3.7 STIKALA IN ODKLOPNIKI

Za ročno (izjemoma tudi električno) vklapljanje in izklapljanje električnih naprav pod obremenitvijo ter za zaščito le teh uporabljamo stikala in odklopnike (tripolni aparati z enim ali dvem nadtokovnim sprožnikom v vsakem polu, ki ob prekoračitvi povzročita sočasno odpiranje mehanskega stikalnega aparata oz. izklop zaradi akumulirane energije v samem mehanizmu).

Potrebno energijo za proženje dovedemo lahko z ročnim vklopom (pri manjših aparatih) ali pa je že vgrajen elektromotor za napajanje vzmeti, ki proži aparat (pri večjih aparatih).

Ločimo naslednje vrste sprožnikov, ki so najpogosteje vgrajeni v stikalnih aparatih:

1. nadtokovni sprožnik, ki je lahko:

a) termični preobremenitveni sprožnik

b) magnetni kratkostični sprožnik

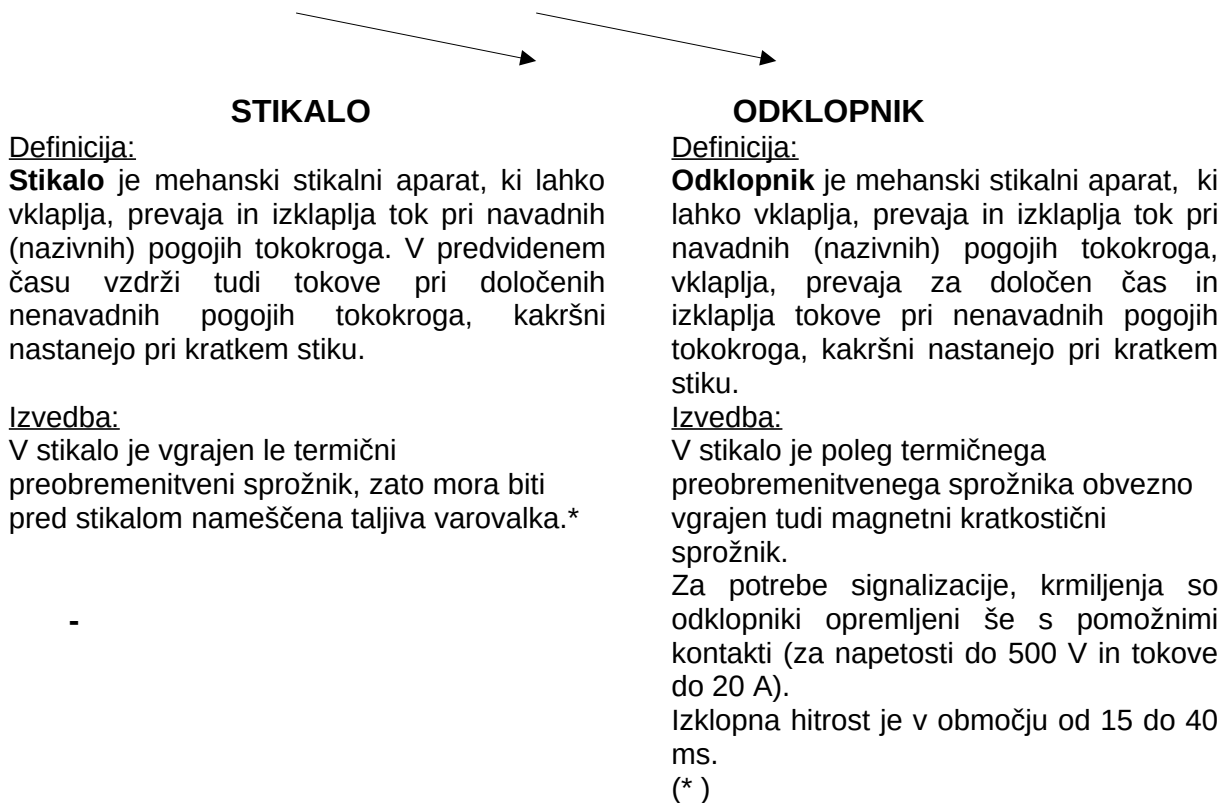
2. podnapetostni sprožnik
3. napetostni sprožnik

- 1.a) Termični preobremenitveni sprožnik je nadtokovni sprožnik z inverzno karakteristiko, katerega delovanje (z zakasnitvijo) je odvisno od termičnega delovanja toka, ki teče skozi sprožnik. Najpogosteje uporabljamo v ta namen bimetalne sprožnike, ki ščitijo naprave pred učinki preobremenitvenih tokov.
- 1.b) Magnetni kratkostični sprožnik je nadtokovni sprožnik, katerega delovanje je odvisno od sile, ki jo izvaja tok glavnega tokokroga, ko napaja tuljavo elektromagneta. Ti sprožniki ščitijo naprave pred učinki kratkostičnih tokov.

Primarne nadtokovne sprožnike, ki jih napaja tok glavnega tokokroga mehanskega stikalnega aparata neposredno, uporabljamo pri stikalnih aparatih za manjše nazivne tokove, sekundarne sprožnike, ki jih napaja tok glavnega tokokroga mehanskega stikalnega aparata posredno prek tokovnikov, pa uporabljamo pri stikalnih aparatih za večje za večje nazivne tokove.

2. Podnapetostni sprožnik je vzporedni sprožnik, ki dopušča odpiranje mehanskega stikalnega aparata z zakasnitvijo ali brez nje, ko se napetost na priključkih sprožnika zniža pod vnaprej določeno vrednost. Ščiti trifazne naprave pred izpadom ene faze.
3. Napetostni sprožnik vzbuja napetostni vir. Uporabljamo ga za daljinsko odpiranje mehanskega stikalnega aparata.

Glede na izklopne zmogljivosti stikalnih aparatov ločimo:



#### Uporaba:

- za vklopjanje in izklopjanje elektromotorjev in njihovo zaščito
- z vgrajenimi podnapetostnimi sprožniki ščitijo elektromotorje pred škodljivim dvofaznim obratovanjem
- za tokove do 25 A

#### Uporaba:

- za izmenične tokove do 6000 A in napetosti do 660 V (1000 V),
- odklopnike gradijo za ročni pogon in elektromotorni pogon (tako je omogočeno krmiljenje na daljavo)
- za potrebe signalizacije,
- 

Glavni parametri odklopnika so:

- nazivni termični tok (A)
- nazivna napetost (V)
- izklopna zmogljivost (kA)
- izklopni čas (ms)

Pri stikalih in odklopnikih za manjše nazivne tokove lahko nastavimo še bimetalni sprožnik (njegova karakteristika je odvisna tudi od temperature), magnetni pa je že tovarniško nastavljen na določeno vrednost glede na namen zaščite različnih naprav:  
(3 -4) x  $I_n$  ... za zaščito generatorjev  
(3 -8) x  $I_n$  ... za zaščito vodov in transformatorjev  
(6-14)x  $I_n$  ... za zaščito elektromotorjev

Pri stikalih za večje nazivne tokove so poleg bimetalnih nastavljeni tudi magnetni sprožniki. Bimetalne sprožnike nastavimo na bremenski ali nazivni tok naprave, ki jo ščitimo.

Zaradi nastavljivosti bimetalnih in (elektro) magnetnih sprožnikov, je dejanska izklopna karakteristika določenega stikala zahtevnejša.

### 3.8 KONTAKTORJI

**Kontaktor** je mehanski stikalni aparat, ki ima samo en mirovni položaj, ki ga ne upravljamo ročno (vklapljam ga daljinsko), in je sposoben vklopjati, prevajati in izklopjati tok v normalnih pogojih obratovanja, upoševajoč tudi preobremenitve (s pomočjo elektromagneta).

(+) lastnosti: Je preprost, zelo zanesljiv aparat z visoko mehansko vzdržljivostjo (tudi  $15 \times 10^6$  stikalnih operacij) in razmeroma nizko ceno;

Nazivne vrednosti kontaktorjev so opredeljene s parametri (I. Ravnikar, Električne inštalacije str., 66):

---

$U_e$  - nazivna delovna napetost kontaktorja je višina napetosti, ki v kombinaciji z  $I_e$  določa uporabo kontaktorja, vklopna/izklopna zmogljivost, vrsta obratovanja in kategorija uporabe.

---

$I_{th}$  - nazivni konvencionalni termični tok je največji tok, ki ga označi proizvajalec

---

---

in ga kontaktor lahko prevaja v osemurnem obratovanju.

---

$I_e$  - nazivni delovni tok je tok, ki ga označi proizvajalec, v odvisnosti od  $U_e$ , nazivno frekvenco, nazivno obratovanje in kategorijo uporabe

---

Kontaktorji imajo prigradjene krmilne kontakte, ki so namenjeni krmilnim, signalnim in pomožnim tokokrogom (za napetosti do 500 V in tokove do 16 A).

Krmilne napajalne napetosti ( $U_s$ ) za krmilne tuljave kontaktorjev so predpisane:

- za enofazno izmenično napetost : 24-48-110-127-220 V
- Za enosmerno napetost: 24-48-110-**125**-220-**250** V

Električna moč za vklop kontaktorjev je v primerjavi z močjo, kijo kontaktor vklaplja, izredno majhna.

Vrste kontaktorjev:

Krmilni – pomožni kontaktorji (do 25 A  $I_n$ )

Kontaktorji moči za vklapljanje bremen (za napetosti do 1000 V izm./1500 en. In tokove do 2500 A)

Uporaba:

- v pomožnih, signalnih in merilnih tokokrogih

\*\*\*

Uporaba:

- za daljinsko vklapljanje omskih, induktivnih in kapacitivnih bremen (grel, elektromagnetov, kondenzatorjev, elektromotorjev, ...)

\*\*

\*\* Pri elektromotorjih uporabljamo kontaktorje za:

- direktno vklapljanje in izklapljanje kratkostičnih 3-faznih asinhronskih motorjev (AM) in 3-faznih AM z navitim rotorjem
- regulacijo vrtljajev 3-faznih AM z navitim rotorjem
- menjavo smeri vrtenja elektromotorjev
- avtomatski vklop zvezda-trikot
- druge naloge na področju krmiljenja in regulacij)

Kontaktorje lahko uporabljamo za trajni in intermitirani pogon (do 3000 vklopov na uro, v kombinaciji z bimetalnimi releji pa za zaščito elektromotorjev za intermitiran pogon do 50 vklopov na uro).

\*\*\* Pri manjših kontaktorjih se bimetalni releji prključujejo direktno na kontaktorje.

**Bimetalni releji** so zaščitni elementi, ki skupaj s kontaktorjem varujejo elektromotorje pred tokovnimi preobremenitvami pri zagonu in med obratovanjem.

Pojav tokovnih preobremenitev nastane:

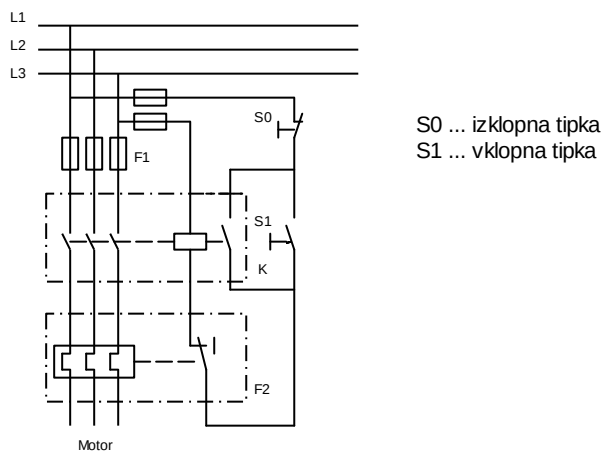
- zaradi prenizke napetosti,
- pri blokiranju rotorja,
- pri znižanju frekvence napajalne napetosti,
- pri prepogostem vklapljanju in
- pri izpadu ene faze.

Bimetalni releji so grajeni tako, da lahko izberemo proženje krmilnih kontaktov s samozaporo ali avtomatičnim preklopom. Samozapora blokira rele, ki se deblokira s pritiskom na vgrajeno tipko.

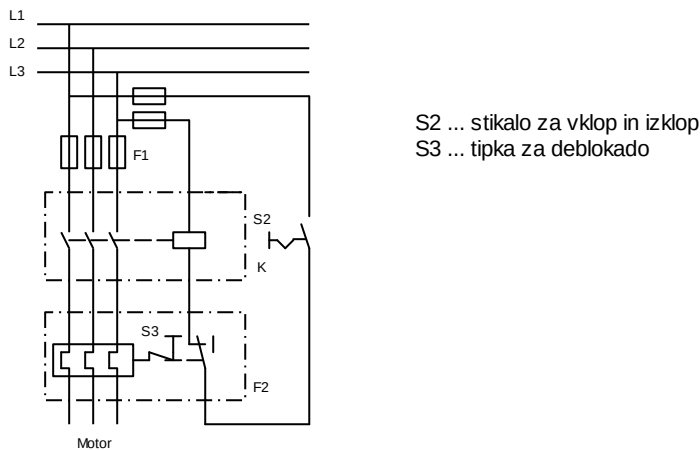
Za varovanje pred kratkimi stiki uporabljamo najpogosteje taljive varovalke, ki jih namestimo pred kontaktor.

Na sliki 33 je prikazano krmiljenje kontaktorja s tipkali (prigraden je bimetalni rele brez samozapore), na sliki 34 pa krmiljenje kontaktorja s stikalom (prigraden je bimetalni rele z samozaporo).

Slika 33  
Krmiljenje kontaktorja s tipkali



Slika 34  
Krmiljenje kontaktorja s stikalom



### 3.9 FI- ZAŠČITNA STIKALA

FI – je posebno tokovno zaščitno stikalo, ki ga, pri zaščiti pred električnim udarom, proži okvarni tok, ki steče od faznega na zaščitni vodnik ali po drugi poti v zemljo.

V stanovanjskih, poslovnih in podobnih inštalacijah je njegova uporaba obvezna, saj zagotavlja visoko stopnjo zaščite pred električnim udarom.

Glavni sestavni deli FI-zaščitnega stikala so diferenčni transformator s primarnim in sekundarnim navitjem, kontaktnim delom in vklopno-izklopnim mehanizmom z elektromagnetnim sprožnikom.

Stikalo nadzoruje tokove, ki tečejo k porabniku.

V novarnem obratovanju je vsota faznih faznih tokov in ničelnega vodnika enaka 0:

$$I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} + I_N = 0$$

(ob okvari: okvarni tok steče mimo stikala po zaščitnem vodniku mimo tokovnega zaščitnega stikala → magnetenje jedra diferenčnega transformatorja → v sekundarnem navitju se inducira napetost. Pri dovolj velikem diferenčnem toku pride do proženja elektromagnetnega sprožnika, ki izklopi stikalo.

Inštalacijo moramo ščititi z pred tokovi KS z varovalkami, inštalacijskimi odklopniki ali odklopniki.

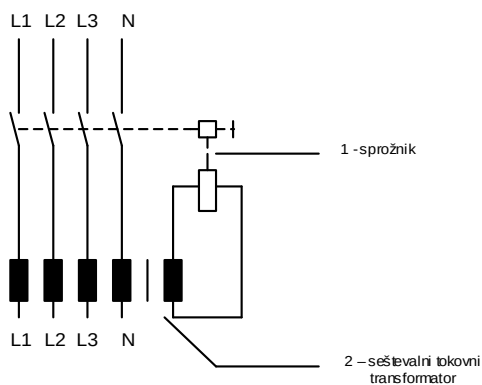
Pri zaporedni vezavi dveh FI mora biti stikalo, ki je bližje napajanju posebne izvedbe z zakasnitvijo- S – stikalo za selektivni izklop.



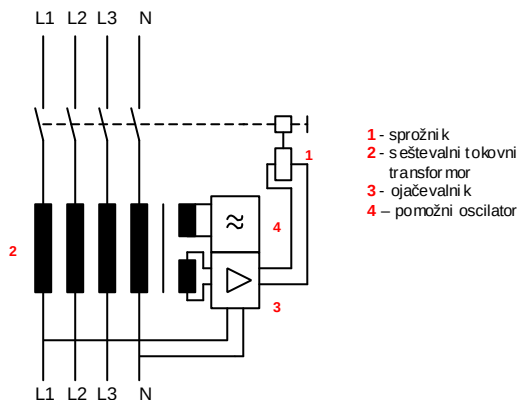
DI zaščitna stikala s posebnim elektronskim vezjem dosežejo visoko občutljivost (npr. 00000 mA), kratke izklopne čase (30 ms), veliko mehansko vzdržljivost (20 000 stikalnih operacij) in so odvisna od omrežne napetosti, zato jih uporabljamo izjemoma.

Na sliki 35 je prikazana principialna vezava FI zaščitnega stikala, na sliki 36 pa principialna vezava DI zaščitnega stikala, odvisnega od omrežne napetosti s pomožnim oscilatorjem.

Slika 35  
Principialna vezava FI zaščitnega stikala



Slika 36  
Principialna vezava DI zaščitnega stikala, odvisnega od omrežne napetosti s pomožnim oscilatorjem



### 3.10 VAROVANJE ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ

V tabeli 3 je prikazan pregled varovanja:

Tabela 3

Varuje se:	Se ne sme varovati oz. ni potrebno varovati:
- potrošniki se pri kličujejo na nivojni obroč podstavka	- ne varujemo vodnikov za obratno ozemljitev
- na začetku neozemljenega vodnika - pri spremembi preseza vodnika	- ne sme se varovati nevtraln vodnik pri večfaznih vodnikih
- na odcepih, če je prerez odcepa manjši  - glavne varovalke, praviloma za stikalom, nezaščitene varovalke za stikalom - na dostopnem mestu, po možnosti centralizirano - pri nadzemnih hišnih priključkih na začetku odcepa (redkeje) ali takoj po vhodu v zgradbo (bolj običajno)	- pri enofaznih vodnikih se letane varuje, če je drugačne barve kot fazni vodnik (če je enake pa se varuje, ozemljitev N vodniku je tedaj prepovedana) - pri spremembi preseza ali pri odcepu manjšega preseza ni treba varovati: a) varovalka varuje tudi manjši prerez b) če je odcep krajši od 3 m
- pred porabnikom s spremenljivo jakostjo toka	- neposredno ni treba varovati: odcepov nadzemnih vodov, odcepov kablov v zemlji, vodnikov v razdelilnih napravah
- pri vzporednih vodih v skupnem dovodu	- ne smemo varovati, če bi zaradi stalitve varovalke nastala škoda.

Glede na vrsto objektov in porabnikov varujemo naprave proti kratkostčnim tokovom z različnimi elementi:

#### Stanovanjski objekti:

Enofazne porabnike varujemo proti tokovom KS s taljivimi varovalkami in inštalacijskimi odklopniki ustreznih karakteristik.

Trifazne porabnike (razen elektromotorjev) varujemo z varovalkami in tripolnimi inštalacijskimi odklopniki.

Elektromotorske pogone varujemo z ustreznimi stikali, odklopniki ali kontaktorji z bimetalnimi releji in varovalkami.

#### Poslovne in podobne zgradbe:

Enofazne tokokroge varujemo pretežno z inštalacijskimi odklopniki, trifazne tokokroge pa enako kot v stanovanjskih objektih.

#### Industrijski objekti:

Tokove razsvetljave varujemo pretežno s taljivimi varovalkami, ostali pretežno trifazni porabniki pa so daljinsko krmiljeni in avtomatizirani. Zaradi velikih vrednosti KS tokov se uporabljajo kontaktorji s prigradenimi bimetalnimi releji v kombinaciji z NV-taljivimi varovalkami.

Vse električne naprave v električnih inštalacijah morajo biti varovane selektivno, da ob okvari varovalo odklopi samo tisti del inštalacije, v katerem je nastala okvara (izjema: selektivno varovanje v celotnem območju možne obremenitve, če se izklopni karakteristiki dveh zaporedno vezanih varoval nikjer ne sekata)

Nazivna tokova dveh zaporedno vezanih varovalk se morata razlikovati vsaj za dve stopnji.

### **3.11 KONTROLA DELOVANJA BIMETALNEGA RELEJA – vaja**

## **4. PRIKLOPI ELEKTRIČNIH PORABNIKOV**

### **4.1 SPLOŠNO O PRIKLOPIH IN GRAFIČNIH SIMBOLIH (dodatek I)**

Glede na električne karakteristike delimo porabnike nizke napetosti:

a) po napetosti na porabnike:

- male napetosti od 50 V za izmenične (najpogosteje 24 V) in 120 V za enosmerne napetosti
- nizke izmenične napetosti od 50 V do 1000 V (najpogosteje uporabljamo nazivne napetosti 220 V za enofazne porabnike in trifazne 230/400 V)
- nizke enosmerne napetosti od 120 V do 1500 V (najpogosteje uporabljamo enosmerne napetosti 110, 220 V in 440 V)

b) po vrsti toka na:

- izmenične
- enosmerne

c) po številu faz na:

- enofazne
- trifazne

d) po frekvenci na:

- industrijske frekvence (50 Hz)

e) po vklopnih in izklopnih tokovih, kar je pomembno pri izbiri aparatov

f) po priključni moči;

### **4.2 RISANJE SIMBOLOV –vaja**

### **4.3 RISANJE VEZIJ ZA RAZSVETLJAVO – vaja**

### **4.4 RISANJE ENOPOLNIH IN IZVEDBENIH SHEM – vaja**

### **4.5 UPORABNIŠKE KATEGORIJE ELEKTRIČNE OPREME**

Mehanska zdržljivost stikalnega aparata je s številom stikalnih operacij izražena doba, ki jo aparat zdrži brez okvare pri normalnih klimatskih pogojih in pri električno neobremenjenih kontaktih.

Električna življenska doba stikalnega aparata je s številom ciklov izražena doba, ki jih električni kontakti tega aparata zdržijo pri določeni električni obremenitvi pri normalnih klimatskih pogojih.

#### **4.6 STOPNJE ZAŠČITE ELEKTRIČNE OPREME**

##### **4.7 PRIKLOP 1-f AM**

##### **4.8 PRIKLOP 3-f AM**

##### **4.9 PRIKLOP TERMIČNIH NAPRAV**

##### **4.10 PRIKLOP KRMILNIH IN MERILNIH NAPRAV**

#### **5. OSNOVNI POJMI VARNE UPORABE ELEKTRIČNE ENERGIJE**

##### **5.1 DELOVANJE ELEKTRIČNEGA TOKA NA TELO**

##### **5.2 IMPEDANCA ČLOVEŠKEGA TELESA**

##### **5.3 SISTEMI NIZKONAPETOSTNIH OMREŽIJ GLEDE NA NAČIN OZEMLJITVE**

##### **5.4 RISANJE SISTEMOV**

##### **5.5 NAJPOGOSTEJŠI VIRI NEVARNOSTI ELEKTRIČNEGA TOKA**

##### **5.6 NAPETOSTNA OBMOČJA ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ**

##### **5.7 MEJE NEVARNE NAPETOSTI DOTIKA**

##### **5.8 SPLOŠNO O OZEMLJITVAH**

##### **5.9 OZEMLJILA**

##### **5.10 IZRAČUN OZEMLJIL**

##### **5.11 OZEMLJITVENI VODI**

##### **5.12 ZAŠČITNI VODNIKI**

##### **5.13 IZENAČITEV POTENCIALOV**

##### **5.14 KONTROLA NEPREKINJENOSTI ZAŠČITNEGA VODNIKA**

##### **5.15 PREIZKUS IZENAČITVE POTENCIALA**

##### **5.16 MERJENJE OZEMLJITVENE UPORNOSTI**

##### **5.17 MERJENJE SPECIFIČNE UPORNOSTI TAL**

#### **6. ZAŠČITA PRED ELEKTRIČNIM UDAROM**

##### **6.1 SPLOŠNO O ZAŠČITI PRED ELEKTRIČNIM UDAROM**

##### **6.2 ZAŠČITNA TOKOVNA STIKALA**

##### **6.3 KONTROLA DELOVANJE RCD STIKALA**

##### **6.4 ZAŠČITA PRED NEPOSREDNIM DOTIKOM**

##### **6.5 ZAŠČITA PRED POSREDNIM DOTIKOM**

##### **6.6 ZAŠČITA S SAMODEJNIM ODKLOPOM NAPAJANJA TN, TT, IT**

##### **6.7 MERITEV IMPEDANCE KRATKOSTIČNE ZANKE**

##### **6.8 ZAŠČITA Z UPORABO RAZREDA II**

##### **6.9 ZAŠČITA Z ELEKTRIČNO LOČITVIJO**

##### **6.10 KONTROLA ZAŠČITE PRED ELEKTRIČNIM UDAROM**

##### **6.11 MERJENJE NA NN ELEKTRIČNIH INŠTALACIJAH**

##### **6.12 MERJENJE IZOLACIJSKIH UPORNOSTI**

#### **7. SISTEM ZAŠČITE PRED DELOVANJEM**

##### **7.1 OSNOVNI POJMI IN DEFINICIJE**

##### **7.2 ZUNANJI SISTEM ZAŠČITE**

##### **7.3 NOTRANJI SISTEM ZAŠČITE**

##### **7.4 DELOVANJE PRENAPETOSTNEGA ODVODNIKA**

##### **7.5 RISANJE STRELOVODNE ZAŠČITE**

- 7.6 RISSANJE OZEMLJITVENE ZAŠČITE**
- 7.7 IZDELAVA MERILNIH PROTOKOLOV**