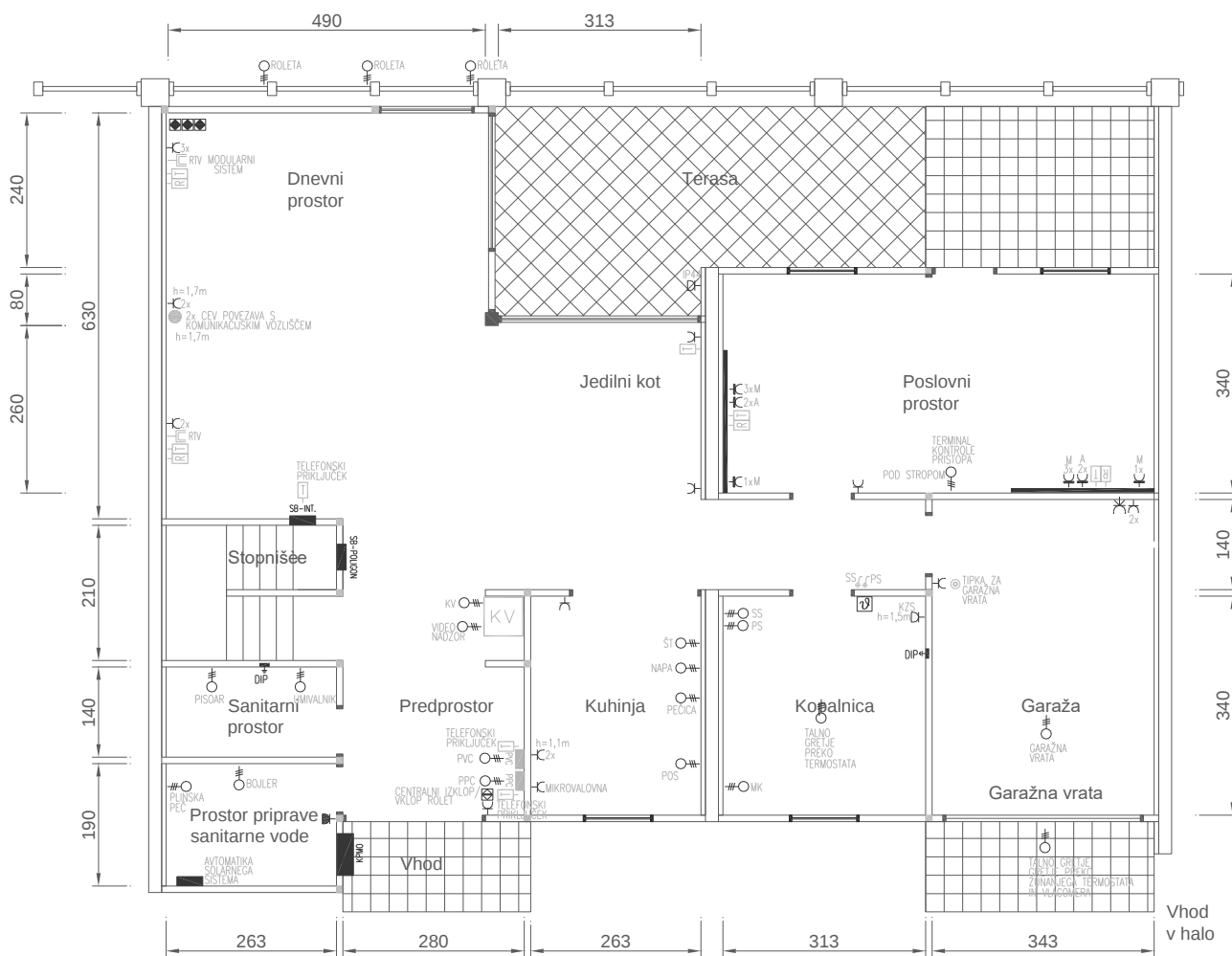


Izdelava električnih in komunikacijskih inštalacij



Ljubljana, september 2019

1 Predstavitev

Gradivo je namenjeno dijakom v pomoč pri izvedbi vaj s področja modula IEKI. Tu so zbrana vsa nujno potrebna teoretična znanja, ki sem jih obogatil s številnimi prikazi, z delovnimi postopki, opozorili in s pravili ter z varstvom pri delu. V gradivu lahko dijaki najdete vse potrebne slike, načrte, postopke dela in druge informacije, ki jih potrebujete pri delu in izdelavi delovnega poročila. Vsakemu poglavju so dodane vaje in naloge za preverjanje in ocenjevanje znanja.

V gradivu so predstavljene naslednje teme: vodniki in kabli, vtično-spojne naprave za stanovanjske in poslovne objekte, pritrditev in priklop svetilk, osnovna vezja razsvetljave, varovala (varovalke in inštalacijski odklopniki), svetlobni viri (žarnice, halogenske žarnice, fluorescentne sijalke, kompaktni – varčni viri), osnove priklopov električnih motorjev, merjenje porabe električne energije in varovanje pred električnim udarom.

2 Navodila za opravljanje vaj

2.1 Splošni napotki

- **Delajte zbrano in odgovorno. Na vseh delovnih mestih boste uporabljali smrtno nevarne nivoje napetosti 230 in 400 V.**
- Vsak dijak pusti delovno mesto v brezhibnem stanju.
- V učilnici je 16 delovnih mest, vsako ima zaporedno številko.
- Na vsakem delovnem mestu je pripravljena ena ali več vaj ali nalog. Vsaka vaja oziroma naloga ima številčno oznako.
- Dijak opravi vse vaje oziroma naloge v krožnem zaporedju.
- Ker je pripravljenih več vaj, kot je dijakov v skupini in so vaje časovno različno dolge, lahko dijak vrstni red vaj zamenja.
- **Materiala, orodja, gradiva in drugih elementov ne predstavljajte z enega na druga delovna mesta.**
- Na nekaterih mestih so pripravljeni tudi vzorci izdelanih vaj. Te pustite takšne kot so, saj služijo vsem dijakom za zgled.
- **Na izvedbo vaje ali naloge se pripravite že pred praktičnim poukom. Poglavje oz. poglavja, ki jih je potrebno poznati** so navedeni na začetku vsake vaje oziroma naloge.
- Če so po proučitvi gradiva ostale določene stvari nerazumljive, o njih povprašajte učitelja.
- Pazljivo poslušajte razlago.
- Pozorno opazujte učiteljevo demonstracijo.
- Upoštevajte dodatna učiteljeva navodila za izvedbo vaje oziroma naloge.
- Med delom naj bo delovno mesto urejeno:
 - **na delovnem mestu imejte le stvari, ki jih potrebujete. Torbo, obleko in druge nepotrebne stvari pustite v garderobi,**
 - **sestavne dele elementov oziroma naprav odlagajte le v pripravljen zaboj,**
 - **vse vijake odlagajte v najmanjši zabojček,**
 - **primerno odlagajte orodje.**
- Sproti dopolnjujte delovni zvezek – izpolnite zahtevane rubrike in naloge (**vedno rišite in pišite le s svinčnikom – tehničnim svinčnikom**). Določene segmente, ki so vezane predvsem na uporabo interneta ali so med vajo neizvedljive, dokončajte doma.
- S seboj vedno prinesite pribor za izdelavo poročila (tehnični svinčnik, trikotnik oziroma ravnilo, radirko ...) in merilni instrument.

2.2 Potek vaje oziroma naloge

1. **Najprej preglejte delovno mesto, in količinsko in kakovostno preverite ves material in orodje.** Odstopanja takoj sporočite učitelju.
2. **Pred izvedbo vaje ali naloge si pazljivo preberite in proučite poglavje oz. poglavja, ki jih je potrebno poznati za izvedbo vaje oziroma naloge.** Ti podatki so navedeni na začetku vsake vaje oziroma naloge.
3. Upoštevajte dodatna učiteljeva navodila za izvedbo vaje oziroma naloge.
4. Med vajo ali takoj po njej dopolnjujte delovni zvezek – izpolnite zahtevane rubrike in naloge. Segmente, ki so vezane na uporabo interneta ali so med vajo neizvedljive, dokončajte doma.
5. **Ko ste vezje dokončali, še enkrat preverite pravilnost vezave, kvaliteto izdelave in estetski videz.**
6. Obvestite učitelja, da imate vse pripravljeno na preizkus in ocenitev. **Vezje lahko preizkusite po učiteljevem pregledu in samo ob njegovi prisotnosti.**
7. Dokončajte poročilo.
8. Razstavite vezje
9. **Preglejte delovno mesto, orodje in količinsko ter kakovostno preverite vse postavke materiala.**

Kazalo

Vodniki in kabli	1
Označevanje vodnikov in kablov	1
Črkovno-številčno označevanje (po CENELEC-u)	1
Črkovno-številčno označevanje (po JUS-u)	1
Barvne oznake vodnikov in kablov	2
Vrste in uporaba izoliranih vodnikov in kablov:	2
Osnovna dela z vodniki in kabli	3
Razvijanje in zvijanje vodnikov in kablov	3
Snemanje izolacije z vodnikov in kablov	4
Izdelava in pritrdjevanje ušesc	5
Pritrdjevanje kabelskih čevljev na vodnike	5
Spajanje vodnikov s sponkami	6
Vtično-spojne naprave za stanovanjske in poslovne objekte	7
Vtičnice	7
Priklučitev podometne in nadometne vtičnice	7
Vtiči	7
Izdelava kabelskega podaljška	8
Prenosne vtičnice	8
Natiči in natičnice	9
Enofazna in trifazna vtičnica (nadometna izvedba)	9
Tokokrogi razsvetljave	16
Inštalacijska stikala za razsvetljavo	16
Osnovna vezja za razsvetljavo	16
Grafični simboli elementov in njihovi pomeni	16
Osnovni napotki za branje in risanje shem (načrtov) inštalacijskih tokokrogov ter osnovni napotki za izvedbo vezij razsvetljave	17
Pritrditev in priklop svetilk	15
Varovala	10
Svetlobni viri	27
Žarnice z žarilno nitko	24
Halogenske žarnice	24
Kompaktni (varčni) viri	24
Primerjava obratovalnih stroškov razsvetljave glede na uporabljeni vir svetlobe	24
Fluorescenčne cevi	25
Vezave FC v svetilkah	25
Kompenzirana vezava	26
Priklopi asinhronskih motorjev	28
Ročna stikala	28
Asinhronski motorji	28
Vklopi trifaznih AM s kratkostično kletko	28
Varovanje motorskih tokokrogov	28
Osnovni podatki motorjev in napotki za priključitev	28
Označevanje sponk v priključni omarici motorja	29
Merjenje porabe električne energije	30

3 Vodniki in kablji

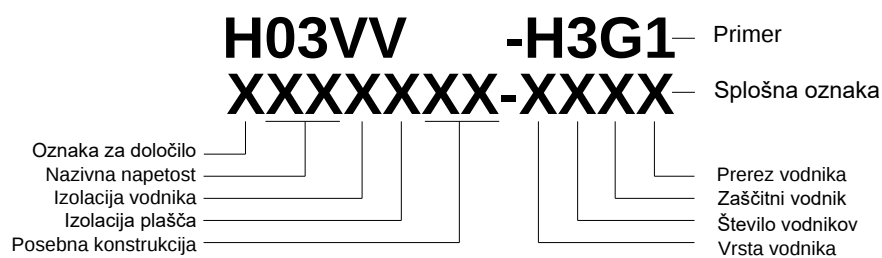
Vodnike¹ in kable² uporabljamo za prenos in razdelitev električne energije. Poznamo gole in izolirane vodnike. Zaradi dobrih mehanskih, električnih in drugih lastnosti uporabljamo v električnih inštalacijah predvsem izolirane **bakrene** vodnike. Najpogosteje so prereza 1,5 in 2,5 mm², redkeje uporabljamo tudi vodnike prerezov 4, 6, 10, 16 mm² in večje oziroma jih uporabljamo le za zbirne in dovodne vodnike objektov. Vodnike manjših prerezov (1; 0,75 in 0,5 mm² in še manjših) uporabljamo le za priklop manjših aparatov, za vezavo v svetilkah in napravah. Prerez bakrene žile je lahko enožičen (masiven), mnogožičen ali finožičen.

3.1 Označevanje vodnikov in kablov

Za označevanje vodnikov in kablov uporabljamo črkovno-številčno in barvno označevanje.

3.1.1 Črkovno-številčno označevanje (po CENELEC-u)

Takšno označevanje uporablja večina držav EU

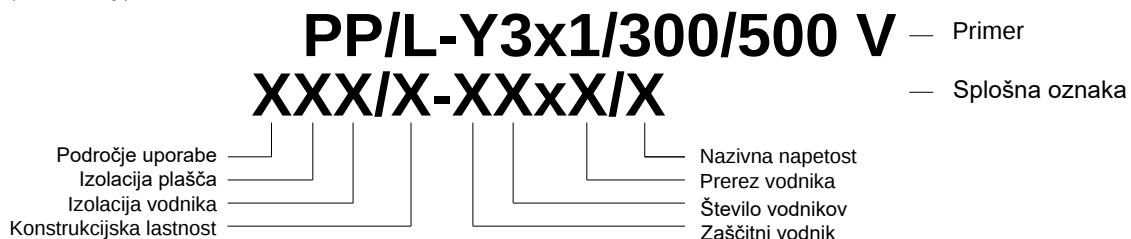


Ključ označevanja:

<u>Oznaka za določilo</u>		<u>Plašč</u>	
– harmonizirano določilo	H	– PVC	V
– priznan v posamezni državi	A	– guma	R
		– tekstilna vlakna	T
<u>Nazivna napetost U0/U</u>		<u>Posebna konstrukcija</u>	
– 300 ³ /300 ⁴ V	03	– ploščata, deljivi vodniki	-H
– 300/500 V	05	– ploščata, nedeljivi vodniki	-H2
– 450/750 V	07	– koncentrična	-D5
<u>Izolacija vodnika</u>		<u>Vrsta vodnika</u>	
– PVC	V	– enožičen	-U
– guma	R	– mnogožičen za stalno polaganje	-K
– silikonska guma	S	– finožičen	-H

3.1.2 Črkovno-številčno označevanje (po JUS-u)

Marsikje (v Sloveniji) dobimo označene vodnike in kable še po starem JUS-u standardu.



<u>Področje uporabe:</u>	<u>Izolacija plašča in vodnika:</u>	<u>Konstruktivne lastnosti:</u>	<u>Zaščitni vodnik:</u>	<u>Nazivna napetost:</u>
- A – avtomobili - S – svetilke	- P – PVC - G – guma	- F – finožičen - L – lažja izvedba plašča - J – ojačeni plašč	Y je prisoten samo, če ima	napetost za katero je vodnik ali kabel izdelan

¹ Vodnik ima le eno izolirano prevodno žilo.

² Kabel ima več vodnikov v skupnem izolacijskem plašču.

³ Fazna napetost 230 V

⁴ Medfazna napetost 400 V

	kabel zaščitni vodnik	
--	--------------------------	--

Navedene so le najpogostejše črkovne oznake

3.1.3 Barvne oznake vodnikov in kablov

Barvno označevanje uporabljamo zaradi medsebojnega razpoznavanja in zaradi ugotavljanja namembnosti vodov.

3.1.3.1 Barvno označevanje vodnikov:

L1, L2, L3	(fazni vodniki)	- črna (čr.) ali rjava (rj.)
N	(nevtralni vodnik)	- svetlomodra (smo.)
PE	(zaščitni vodnik)	- rumeno-zelena (ru.-ze.)
PEN	(zaščitno-nevtralni)	- rumeno-zelena (ru.-ze.)

Če nevtralnega vodnika v tokokrogu ne potrebujemo, lahko vodnik s svetlomodro izolacijo uporabimo za fazni vod.
Uporaba drugih barv po predpisih ni dovoljena.

Za ožičenje v napravah lahko za fazne vodnike uporabimo tudi vodnike z drugačno barvo izolacije.

3.1.3.2 Barvno označevanje žil kablov

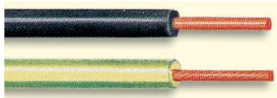
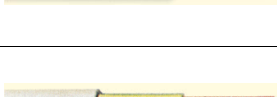
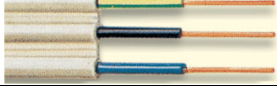
Izolacijo žil v kablu zapovrstno barvno označimo z naslednjim nizom barv: (ze.-ru., smo., čr., rj., čr., čr ...).

Število žil	Kabli z zaščitnim vodnikom	Kabli brez zaščitnega vodnika
2	-	smo., čr. (smo., rj.)*
3	ze.-ru., smo., čr. (ze.-ru., smo., rj.)*	smo., čr., rj.
4	ze.-ru., smo., čr., rj.	smo., čr., rj., čr.
5	ze.-ru., smo., čr., rj., čr.	smo., čr., rj., čr., čr.

* Pri kablji za prenosne porabnike je označevanje podobno, le v označenih dveh primerih veljata izraza v oklepaju, kjer je namesto črne rjava izolacija žile. S krepko pisavo so izpisane barve najpogostejše uporabljenih kablov.

3.2 Vrste in uporaba izoliranih vodnikov in kablov:

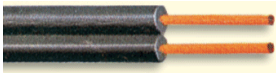
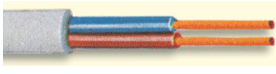
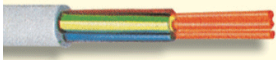
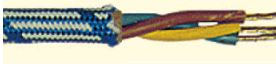
3.2.1.1 Vodniki in kabli za stalno polaganje (inštalacije)

Oznaka JUS	Oznaka CENELEC	Uo/U [V]	Število vodnikov	Prerez mm ²	Uporaba	Risba
P	H07V-U	450/750	1	1,5 - 16	za inštalacije v inštalacijskih ceveh; za suhe prostore	
P/F	H07V-K	450/750	1	1,5 - 16	Enako kot zgoraj vendar na mestih kjer je potrebna večja gibkost vodnika	
PP/R	NYIFY ¹	300/300	2 - 3	1,5 - 6	za podometno (vometno) instalacijo v suhih prostorih Danes ga skoraj ne uporabljamo več.	
PP	NYM ²	300/500	2 - 5	1,5 - 35	za nadometno (in podometno) inštalacijo v suhih in vlažnih prostorih	

3.2.1.2 Kabli za prenosne porabnike

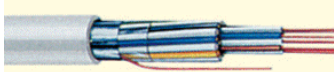
Oznaka JUS	Oznaka CENELEC	Uo/U [V]	Število vodnikov	Prerez mm ²	Uporaba	Risba
---------------	-------------------	-------------	---------------------	---------------------------	---------	-------

^{1,2} Oznaka po VDE – ni CENELEC oznake

P/L	H03VH-H	300/300	2	0,5 - 1	za priključevanje manjših porabnikov (namizne svetilke, TV, radio, ventilatorji ...)	
PP/L	H03VV-F	300/300	2 - 4	0,5 - 1	za priključevanje manjših, predvsem gospodinskih porabnikov vseh vrst	
PP/J	H05VV-F	300/500	2 - 5	0,75 - 2,5	za priključevanje predvsem gospodinskih porabnikov vseh vrst (pralni stroj, sesalnik, hladilnik ...)	
GT/J	H03RT-F	300/300	2 - 3	0,75 - 1,5	za priključevanje manjših premičnih termičnih porabnikov (likalnik, kuhalnik)	

Vodniki s konstrukcijsko lastnostjo F so gibkejši, zato je njihova uporaba temu primerna (npr. vodnik P/F uporabljamo za ožičenje razdelilnikov za instalacije v kanalih ...). Gibkejši so tudi tisti kabli, ki imajo izolacijo iz gume. Vodnike s konstrukcijsko lastnostjo J pa lahko zaradi ojačene izolacije uporabljamo tudi v vlažnih prostorih.

3.2.1.3 Kabli za telekomunikacije in računalništvo

Oznaka	Uo/U [V]	Število vodnikov	Premer mm	Uporaba	Risba
J-Y(St)Y	250/250	2 - 100	0,6 in 0,8	za nadometno in podometno polaganje v suhih in vlažnih prostorih; za telefonijo in signalne vode (telefon, domofon ...)	
KEL 75/5/173	mala napetost	1		za antenske inštalacije v zgradbah; polaganje v cevi	
Twisted Pair	mala napetost	8		za računalniške povezave - mreže	

3.3 Osnovna dela z vodniki in kabli

3.3.1 Razvijanje in zvijanje vodnikov in kablov

Pravilno razvijanje je najpomembnejše pri vodnikih in kablilih z masivnim prerezom žile in pri lakiranih žicah¹.

Delovni postopki

Opozorila in pravila

Prikaz; varstvo pri delu

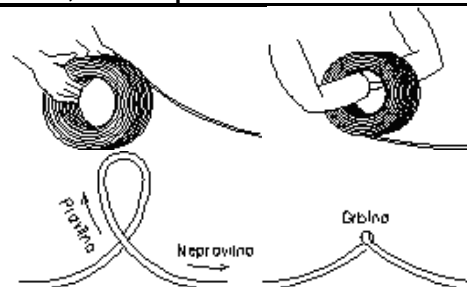
1. Svitek vodnika oprimemo z rokama; pri kablilih damo obe roki skozi svitek.

2. Vrtimo svitek in odvijamo vodnik ali kabel.

- Morebitne zanke, ki se naredijo, moramo pravilno zravnati, tako da ne pride do grbin na vodniku.

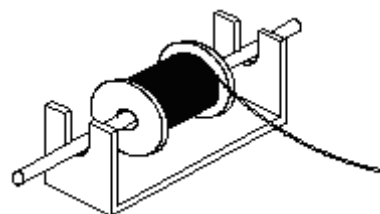
3. Zvijanje vodnika. Postopamo enako kot pri odvijanju.

4. Vezanje svitka. Svitek povežemo s trakovi, vrvico ali s koncem vodnika.



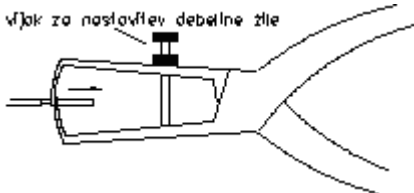
¹ Lakirano žico uporabljamo predvsem za navitja motorjev in transformatorjev.

5. Odvijanje lakirane žice.
- Zelo tanko žico pazljivo odvijamo, da se zaradi nateznih sil ne pretrga.
 - Paziti moramo, da ne poškodujemo izolacijskega laka.

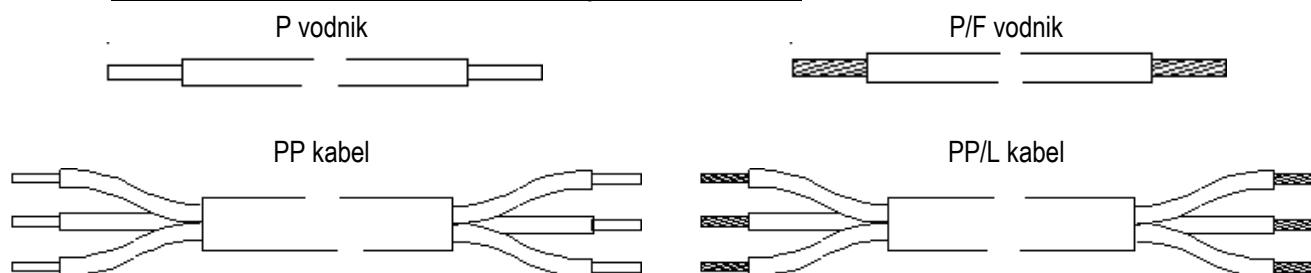


3.3.2 Snemanje izolacije z vodnikov in kablov

Izolacijo lahko snemamo z navadnimi ali avtomatskimi snemalnimi kleščami ali pa si pomagamo z monterskim nožem; pri kablilih je to celo nujno.

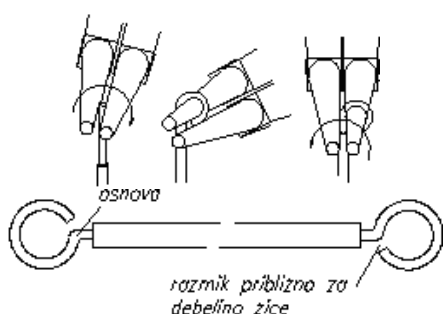
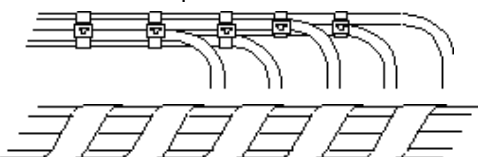
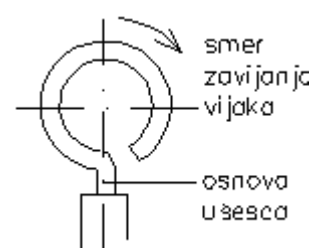
Delovni postopki	Opozorila in pravila	Prikaz; varstvo pri delu
1. Zmerimo dolžino in snamemo plašč.	• Pri zarezovanju z nožem v plašč kabla moramo paziti, da ne zarežemo v izolacijo vodnika, ker lahko kasneje na teh mestih pride do kratkih stikov. • Za učinkovito delo, mora biti nož dobro in pravilno nabrušen.	Pri delu z nožem pazimo, da ne pride do vrezov in vbodov.
2. Zmerimo dolžino in snamemo izolacijo vodnikov.	• Pri zarezovanju z nožem v izolacijo moramo paziti, da ne zarežemo v baker, ker se le-ta kasneje hitro zlomi, ali da ne odrežemo žičke pri finožičnih vodnikih in s tem zmanjšamo prerez. • Pri snemanju z navadnimi ali avtomatskimi snemalnimi kleščami moramo z vijakom nastaviti oziroma le izbrati primerno veliko odprtino glede na prerez vodnika, da je ne poškodujemo.	
3. Ogolimo konec lakirane žice.	Uporabimo nož, ročne snemalne klešče.	

3.3.2.1 Primeri vodnikov in kablov s sneto izolacijo na obeh koncih:



Izdelava in pritrdjevanje ušesc

Ušesca izdelamo na koncu vodnika ali vodnikov v kablu, ki imajo masivni prerez.

Delovni postopki	Opozorila in pravila	Prikaz; varstvo pri delu
1. Ravnanje vodnika.	Pri ravnanju krajših koncev si lahko pomagamo tudi z rahlim nategom vodnika; večji nateg zmanjša prerez vodnika, odstopi izolacija ...	
2. Snemanje izolacije na enem koncu vodnika.		
3. Izdelava ušesca.	Osnova mora biti dovolj dolga, da glava vijaka ali podložka pri privitju ne pritisne na izolacijo - slab spoj.	
4. Meritev in rezanje vodnika ter izdelava ušesca na drugem koncu.	Pri daljših povezavah zaradi morebitnih sprememb in popravkov pustimo nekaj vodnika za rezervo.	
5. Kontrola kvalitete in oblike ušesca - morebitne korekcije.		
6. Vezanje vodnikov v snopiče.	Pri finožičnih vodnikih običajno uporabimo vezne trakove ali spirale.	
7. Privitje ušesca z vijakom.	- Ušesce mora biti zavito/obrnjeno v smer zavijanja vijaka. - Pri privitju več ušesc z enim vijakom moramo med ušesca dati podložko. - Uporabimo primeren izvijač (ploščat/križni, primerne velikosti, z nepoškodovano konico), da ne poškodujemo glave vijakov. - Privijemo s primernim momentom.	
8. Kontrola kvalitete spoja.	Paziti moramo, da glava vijaka ali podložka ne pritiska na izolacijo - slab spoj.	

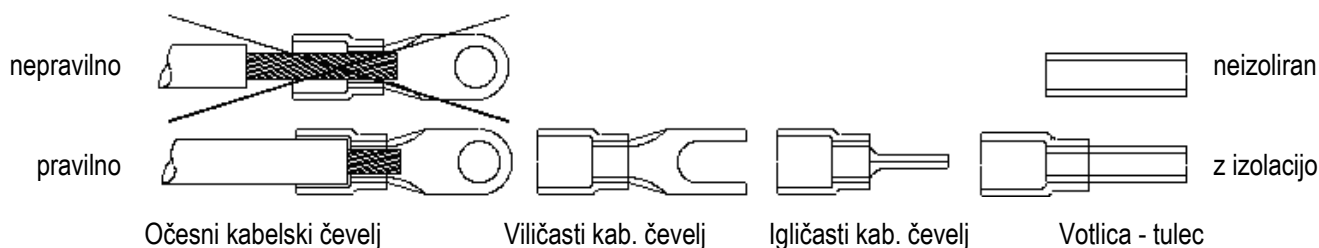
3.3.3 Pritrdjevanje kabljskih čevljev na vodnike

Uporabljamo jih za pripravo konca finožičnih vodnikov za pritrditev na električne elemente in ohišja.

Poznamo očesne, viličaste, igličaste, cevne in druge vrste kabljskih čevljev (votlice - tulci, natične, vtične ...). Kabljski čevlji so lahko izolirani ali goli, dimenzije pa so odvisne od prereza vodnika, pritrditvenega vijaka in načina pritrditve. Za stiskanje kabljskih čevljev uporabimo primerne (posebne) klešče¹.

Paziti moramo:

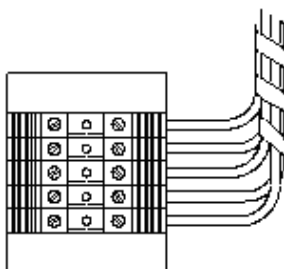
- da je kabljski čevlj dovolj stisnjen (dober mehanski in električni spoj),
- da sega izolacija vodnika v izoliran del kabljskega čevlja.



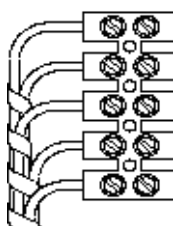
¹ Povsem neprimeren spoj dobimo, če stisnemo votlico ali čevlj s ploščatimi kleščami ali kombinirkami.

3.3.4 Spajanje vodnikov s sponkami

Vrstne sponke

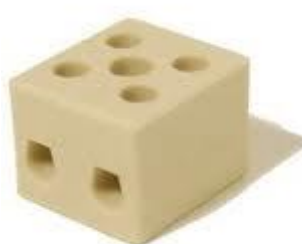


za spajanje v razdelilnikih,
omaricah

Dvoredne ali enoredne
priključne sponke

za univerzalno uporabo

Lestenčne sponke



So podobne kot dvoredne
priključne sponke, le da
morajo prenesti višje
temperature (bakelit,
keramika ...)

za spajanje v lestencih

Polzaprte sponke



nadomeščajo Wecco
sponke

Vse so izolirane. Velikost je odvisna od prereza in števila vodnikov, ki jih spajamo.

Pri pritrdjevanju vodnikov moramo predvsem:

- uporabiti primeren izvijač (ploščat/križni, primerne velikosti, z nepoškodovano konico), da ne poškodujemo glav vijakov,
- priviti vijake s primernim momentom,
- preveriti kvaliteto spoja.

Vprašanja in naloge:

- 1) Na primerku kabla PP/R - Y 3 x 1,5 mm² /300 V (PP - Y 5 x 1,5 mm² /300 V) razloži pojme: prevodna žila, vodnik in kabel.
- 2) Na primerku kabla iz prvega vprašanja razloži pomen črkovno-številčnih oznak.
- 3) Ob istem primerku kabla povej, kakšna je namembnost (funkcija) posameznega vodnika glede na barvo izolacije.
- 4) Med danimi primerki vodnikov in kablov izberi tiste s prerezom 1,5 mm² in tiste s prerezom 2,5 mm².
- 5) Demonstriraj odvijanje in zvijanje svitka P ali P/F vodnika.
- 6) Na koncu P in P/F vodnika snemi izolacijo in pri tem navedi vsa pravila, ki jih moraš upoštevati - tudi varnost pri delu.
- 7) Izdelaj ušesce na P vodniku in razloži postopek in pravila dela.
- 8) Razloži postopek in pritrdi kabelski čevljev na P/F vodnik. Katere oblike kabelskih čevljev bi lahko še izbral?
- 9) Dva P vodnika spoji prvič z wecco in drugič z dvoredno priključno sponko; razloži pravilne postopke dela s sponkami.

4 Vtično-spojne naprave za stanovanjske in poslovne objekte

Uporabljamo jih za priključevanje premičnih električnih porabnikov na inštalacije. V stanovanjih, pisarnah in podobnih prostorih uporabljamo predvsem enofazne vtično-spojne naprave z zaščitnim kontaktom¹ (L, N, PE), ki so praviloma izdelane le za tokove do 16 A. Redkeje, za priklop večjih porabnikov, uporabljamo trifazne VS naprave (L1, L2, L3, N, PE). Poleg naštetih uporabljamo še VS naprave za telekomunikacijske (telefonske, antenske ...) in računalniške inštalacije. Med VS naprave štejemo vtičnice, vtiče, prenosne vtičnice, natičnice in natiče.

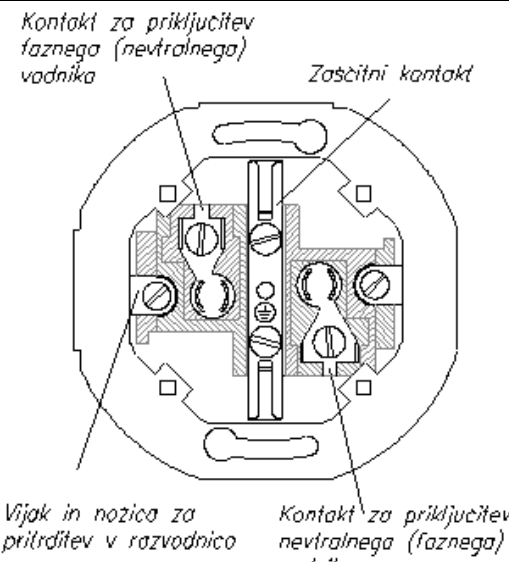
4.1 Vtičnice

Imamo podometne in nadometne izvedbe vtičnic. Podometne vgrajujemo v stene (v razvodnice ϕ 60 mm), na stene inštalacijskih kanalov ipd. Enofazne vtičnice z zaščitnim kontaktom so izdelane za napetost 250 V in tok 16 A. Enofazne vtičnice brez zaščitnega kontakta uporabljamo za priklop akustičnih aparatov, malih gospodinskih aparatov ... Glede na funkcionalnost prostora jih nameščamo na različne višine: v sobah, pisarnah in podobnih prostorih 0,3 do 0,4 m od tal, v kuhinjah na 0,3; 1,15 (nad delovnimi pulti) in 1,65 m od tal (za nape), v kopalnicah 1,5 do 1,7 m od tal. V otroških sobah moramo v vtičnice vstaviti zaščitne vložke.

Vtičnice za nadometno montažo uporabljamo tam, kjer izvajamo inštalacije nadometno (vlažni in prašni prostori, kot so kleti, garaže, podstrešja ipd.). Vse imajo pokrov. Če obstaja večja nevarnost mehanskih poškodb, uporabljamo kovinske vtičnice. Na kovinska ohišja moramo priključiti zaščitni vodnik.

Vtičnice za malo napetost in za telekomunikacijske inštalacije so izdelane tako, da jih ne moremo združevati z VS napravami drugih napetosti.

4.1.1 Priključitev podometne in nadometne vtičnice

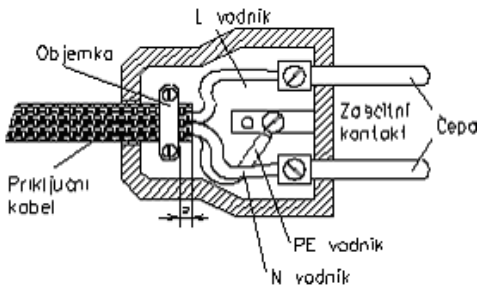
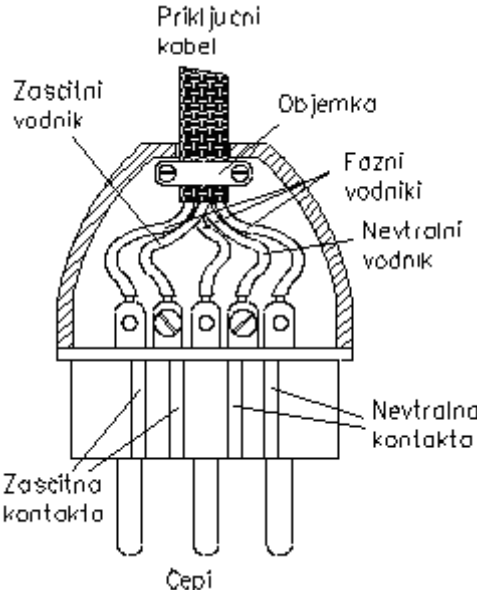
Delovni postopki	Opozorila in pravila	Prikaz; varstvo pri delu
1. Pripravimo konce vodnikov - pri masivnih vodnikih naredimo, če je potrebno, ušesca), pri finožičnih pritrdimo kablске čevlje	Vodniki morajo biti dovolj dolgi (vsaj 12 cm), da vtičnico lahko izvlečemo iz razvodnice oziroma predstavljajo rezervo, če moramo karkoli popraviti ali spremeniti.	
2. Vodnike privijemo na ustrezna mesta.	- Zaščitni vodnik pazljivo pritrdimo na zaščitni kontakt vtičnice, ki ima oznako ozemljila $\llcorner$. - Pri kovinski vtičnici moramo zaščitni vodnik priključiti tudi na ohišje.	
3. Vtičnico pritrdimo v razvodnico.	Zaščitni kontakt vtičnice je običajno orientiran vertikalno. Dovodne vodnike zvijemo za vtičnico.	
4. Pritrdimo pokrov vtičnice.	Pri nadometni vtičnici, kjer kabel uvedemo skozi uvodnico, mora le-ta zadostno tesniti pred vdorom prahu in tekočin.	

4.2 Vtiči

Vtiči morajo biti v vsem združljivi z vtičnicami, zato imajo enake priklopne karakteristike; dvopolni vtiči se izdelujejo le za tokove do 10 A.

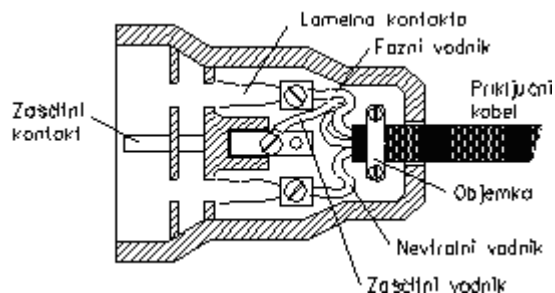
¹ VS naprave z zaščitnim kontaktom (PE) včasih imenujejo tudi varnostne ali "šuko".

4.2.1 Izdelava kablskega podaljška

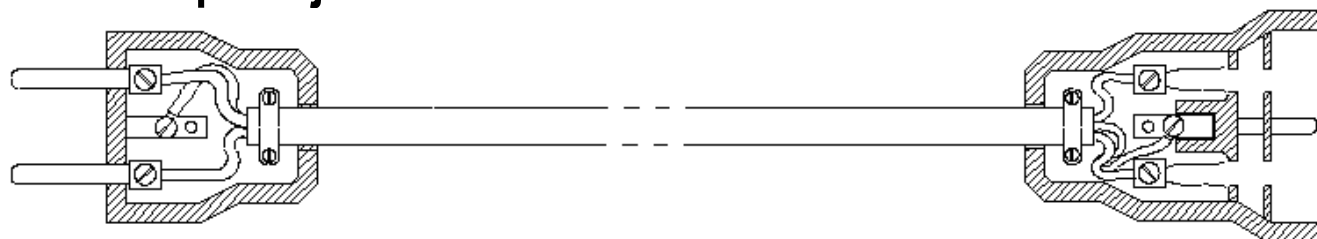
Delovni postopki	Opozorila in pravila	Prikaz; varstvo pri delu
1. Razstavljanje vtiča.		
2. Meritev in snemanje plašča ter izolacije vodnikov.		
Pritrditev vodnikov.	<u>Zaščitni vodnik mora biti tako dolg, da ga tudi ob nasilnem izvleku kabla odtrgamo zadnjega.</u> Enofazni vtič, vtičnica: - Fazni in nevtralni vodnik lahko priključimo na poljuben čep. - Pazljivo moramo pritrditi zaščitni vodnik na zaščitni kontakt vtiča. Trifazni vtič, vtičnica: - Paziti moramo, da ne zamenjamo nevtralnega in zaščitnega vodnika ☹. - Zaporedje faz je poljubno¹.	 
3. Kontrola kvalitete.		
4. Razporeditev vodnikov in pritrditev plašča kabla.	- Vodnike speljemo do čepov po utorih, vodniki ne smejo ovirati montaže, ne smejo biti nategnjeni ali postavljeni tako, da obstaja nevarnost kratkega stika. - Plašč kabla stisnemo z objemko, da mehansko razbremenimo vodnike, če pri raztikanju vtiča in vtičnice uporabnik potegne kabel namesto vtiča. Plašč naj bo vsaj 1 ali 2 mm čez objemko.	
5. Sestavljanje vtiča.		
6. Priključitev prenosne vtičnice na drugi konec kabla.	Postopki in pravila so enaki kot pri vtičih.	

4.3 Prenosne vtičnice

Uporabljamo jih pri električnih podaljških. Lahko so enojne in večsistemske. Slednje lahko imajo tudi stikalo. Izdelujejo jih za tokove do 16 A in za prerez vodnikov napajalnih kablov od 0,75 do 2,5 mm².



Enofazni podaljšek

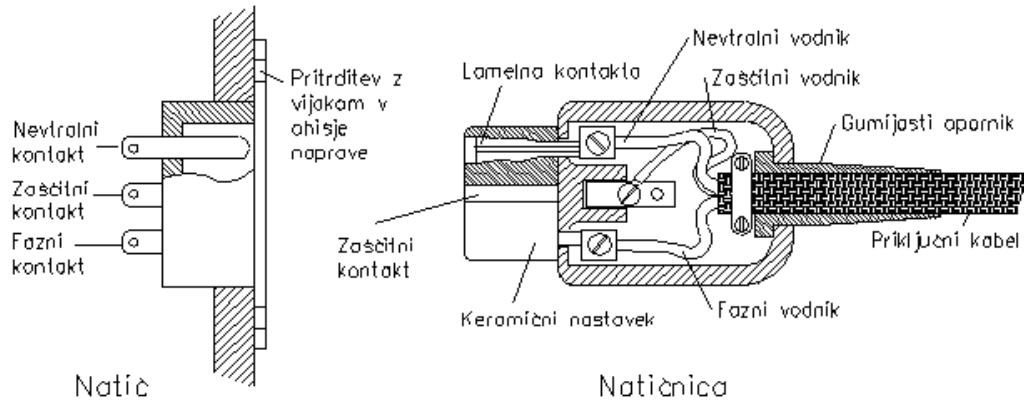


¹ Če priključimo porabnik, ki se vrti ali premika, pa smer ni prava, na priključkih zamenjamo poljubni dve fazi med seboj.

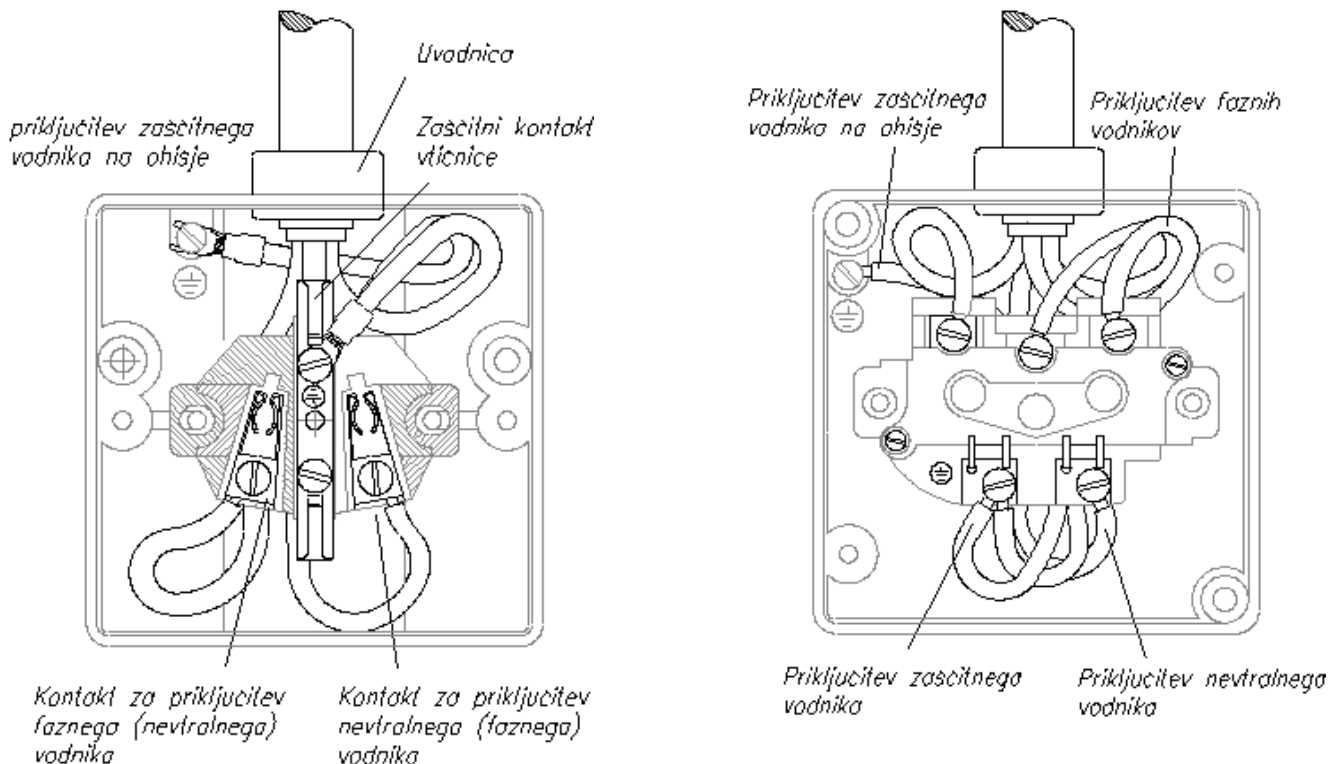
4.4 Natiči in natičnice

Natič in natičnico uporabimo, če želimo dovodni kabel ločiti od same naprave. Del, vgrajen v aparat, imenujemo natič, del, priključen na dovodni kabel, pa natičnica. Te uporabljamo predvsem pri električnih napravah kot so usmerniki, napajalniki, osciloskopi, računalniki in računalniške naprave ...

Gumijasti opornik daje kablu dodatno mehansko oporo na mestu vstopa v natičnico, zato jo moramo pazljivo in pravilno namestiti.



4.5 Enofazna in trifazna vtičnica (nadometna izvedba)



Pomembno je predvsem, da naprave funkcionalno pravilno priključimo, da pustimo dovolj dolge vodnike in da povežemo zaščitni vodnik na ohišje, če je le-to kovinsko.

Vprašanja in naloge:

1. Katere naprave štejemo med VS naprave in čemu služijo?
2. V katerih primerih uporabljamo podometne in v katerih nadometne vtičnice?
3. Kdaj se odločimo za montažo kovinskih vtičnic?
4. Zakaj ne moremo in ne smemo priključiti telefonskega vtiča v običajno tripolno vtičnico?
5. Kako ločimo VS naprave glede na število polov? (Za vsako število polov navedi primer uporabe.)
6. Na kaj vse moramo paziti pri montaži enofaznega vtiča na primeren kabel? Navedi postopke montaže.
7. Na kaj vse moramo paziti pri montaži trifaznega vtiča na primeren kabel? Navedi postopke montaže.
8. Navedi bistvene zahteve in postopke pri montaži podometne in nadometne vtičnice.

5 Varovala

Posamezni elementi inštalacij so izdelani za določeno nazivno moč, torej tudi za določen nazivni oziroma obremenilni tok. Le pri tolikšnem ali manjšem toku lahko pričakujemo navedeno življenjsko dobo posameznih naprav. Pri večjem toku doseže naprava višjo temperaturo, zaradi česar se izolacija hitreje stara¹. Na izolaciji nastanejo poškodbe, zaradi česar pride do električnega obloka in končno do kratkih stikov. Kratki stiki so najtežja okvara električnih naprav ali napeljav, ki povzročajo neposredno² in posredno³ gospodarsko škodo. Še več, **kratki stiki ogrožajo tudi življenja uporabnikov**.

Električne tokokroge moramo varovati:

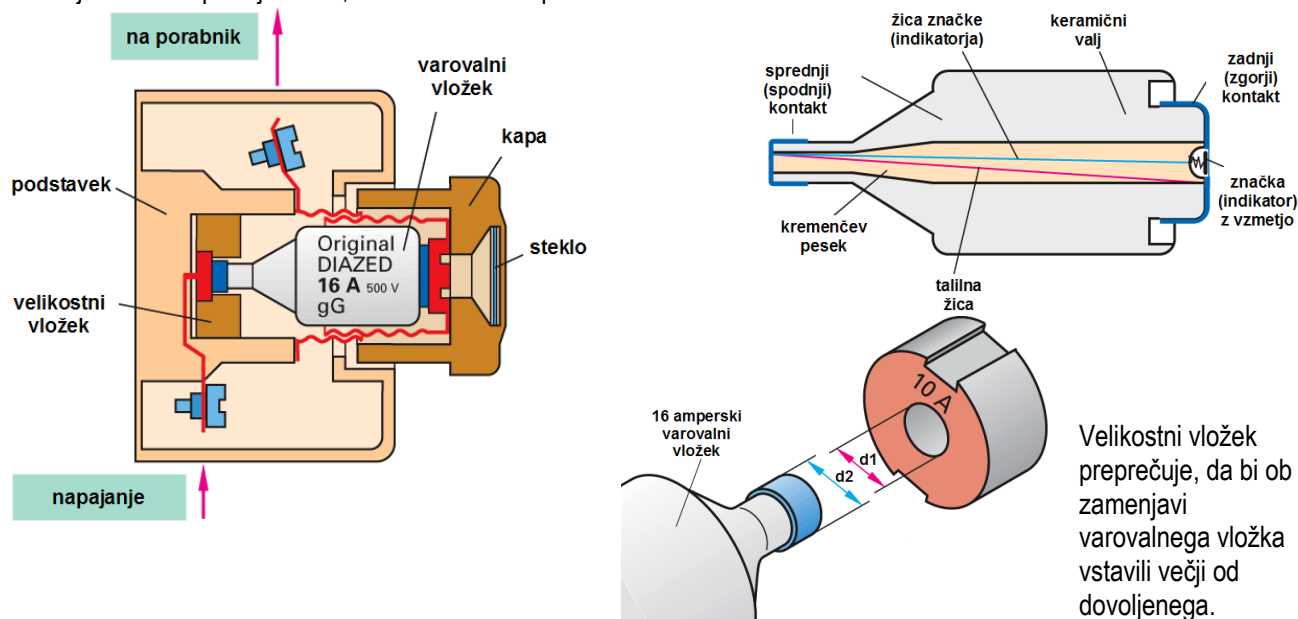
- pri preobremenitvah⁴, zato da ne pride do uničenja naprav in kratkih stikov^{5,6},
- pri kratkih stikih
 - naprave in vode tokokroga, da ne pride do dodatnih poškodb ali uničenja zaradi velikih kratkostičnih tokov, če bi le-ti tekli daljši čas,
 - uporabnike, da ne pride do poškodb ali smrti.

Strogo moramo ločiti med varovanjem porabnikov in med varovanjem uporabnikov, čeprav lahko v obeh primerih uporabimo **iste** varovalne elemente. Če pogoje za varovanje uporabnikov z varovalnimi elementi za varovanje porabnikov ne moremo zagotoviti, vežemo v tokokrog varovalne elemente, ki varujejo izključno uporabnike - FI stikala⁷.

Poznamo mnogo vrst varoval. V bivalnih in poslovnih prostorih uporabljamo predvsem varovalke in inštalacijske odklopnike. Vsa običajna varovala imajo enako tokovno lestvico, velikostni in varovalni vložek pa tudi enako barvno oznako.

5.1.1.1 Varovalke

Varujejo tako pri preobremenitvah kot pri kratkih stikih, le čas odklopa je različen - odvisen od velikosti toka (glej odklopno karakteristiko). V vsakdanji rabi najpogosteje uporabljamo varovalke tipa **D** in **D0**. Prednost varovalk v primerjavi z inštalacijskimi odklopniki je v tem, da v eno velikost podstavka lahko vstavimo različne velikostne in varovalne vložke.



¹ Za vsakih 5 % povišana temperatura naprave nad predpisano se življenjska doba približno razpolovi.

² Uničenje naprav, mehanske in toplotne poškodbe drugih naprav v tokokrogu...

³ Zastoji v proizvodnji zaradi popravila naprav in inštalacij...

⁴ Preobremenitev je stanje, ko teče po tokokrogu ali skozi napravo nekoliko večji tok od nazivnega.

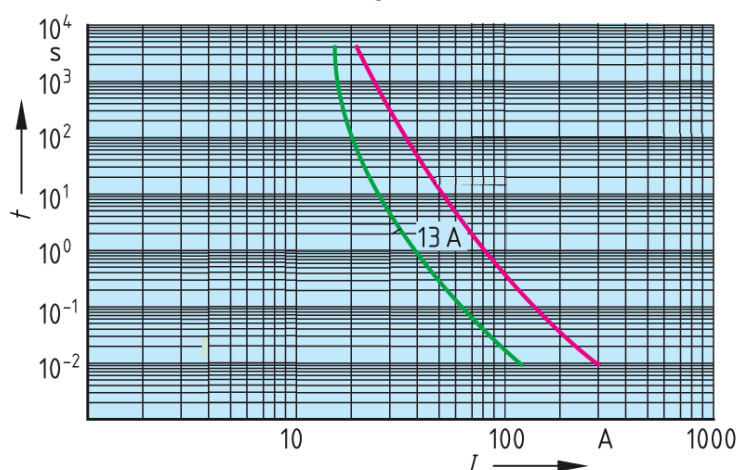
⁵ Kratak stik je stanje, ko teče po tokokrogu ali skozi napravo nekajkrat večji tok od nazivnega.

⁶ Do kratkih stikov lahko pride tudi zaradi drugih razlogov.

⁷ Včasih se uporabljajo tudi drugi nazivi: ZTS stikalo = zaščitno tokovno stikalo = naprava na diferenčni tok = FID stikalo...

Tok [A]	Barvna oznaka velikostnega in varovalnega vložka	Barva
2	rožnata	
4	rjava	
6 ¹	zelená	
10	rdeča	
16	siva	
20	modra	
25	rumena	
35	črna	
50	bela	
63	bakrena	

Časovno-tokovni diagram ali odklopna karakteristika varovalnega vložka



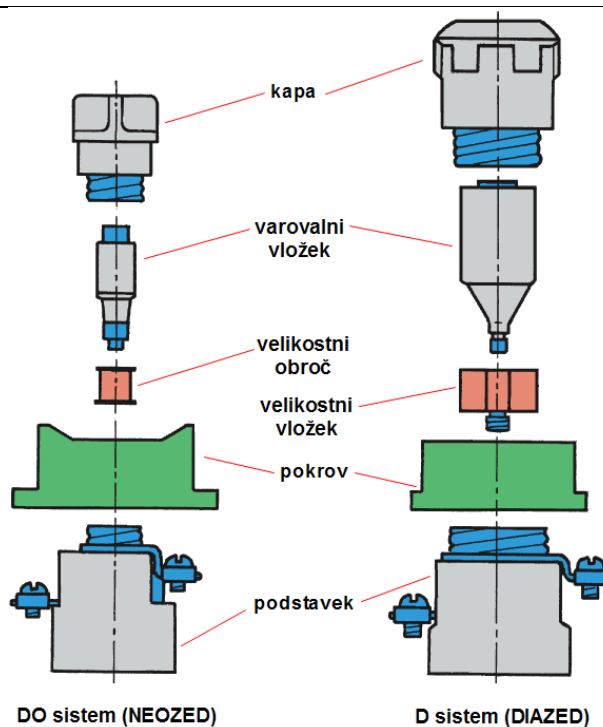
Iz odklopne karakteristike vidimo, da se talilna žica stali hitreje pri večjem toku.

5.1.1.2 Varovalke D0

So sodobnejše in v primerjavi z D varovalkami skoraj polovico manjše.

Uporabljamo jih predvsem v stanovanjskih in poslovnih prostorih.

Običajna velikost podstavka je D0 1 (za varovalne vložke od 2 do 16 A) ali D0 2 (za varovalne vložke od 20 do 63 A).



5.1.1.3 Varovalke D

So klasične varovalke z različnimi podstavki predvsem glede na pritrditev.

Uporabljamo jih v stanovanjskih in poslovnih prostorih in tudi industriji.

Običajna velikost podstavka je D II. V tak podstavek lahko vstavimo varovalne vložke od 2 do vključno 25 A.

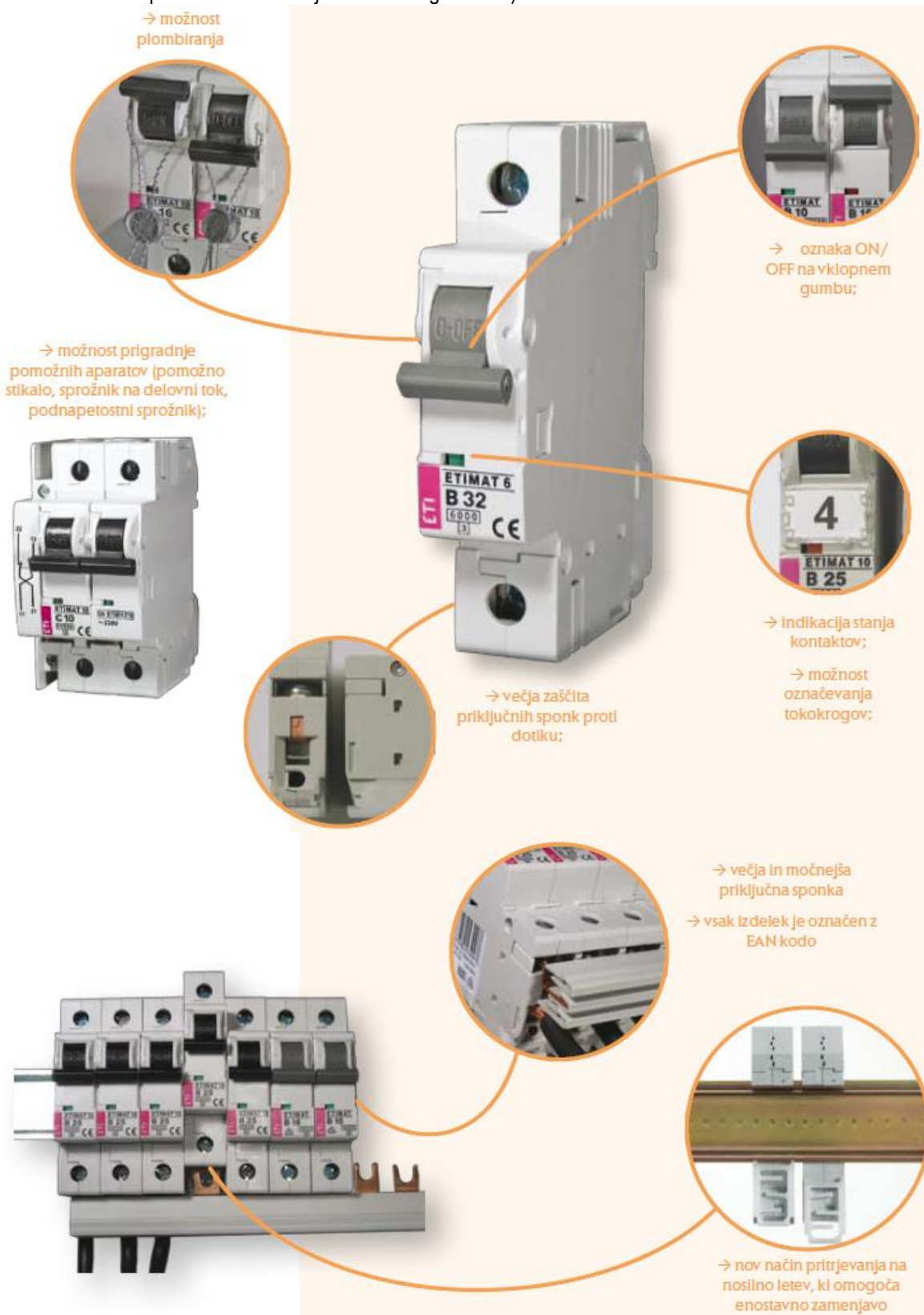
Pri priključitvi varovalke moramo paziti, da je dovod vedno na notranjem kontaktu (pod velikostnim vložkom in ne na zunanem kontaktu).

¹ Krepko so označene najbolj pogosto uporabljene vrednosti varovalk v stanovanjskih in poslovnih prostorih.

5.1.1.4 Inštalacijski odklopniki

Inštalacijski odklopniki so namenjeni za zaščiti električnih inštalacij v stanovanjskih in poslovnih zgradbah kot tudi za zaščito industrijskih električnih inštalacij.

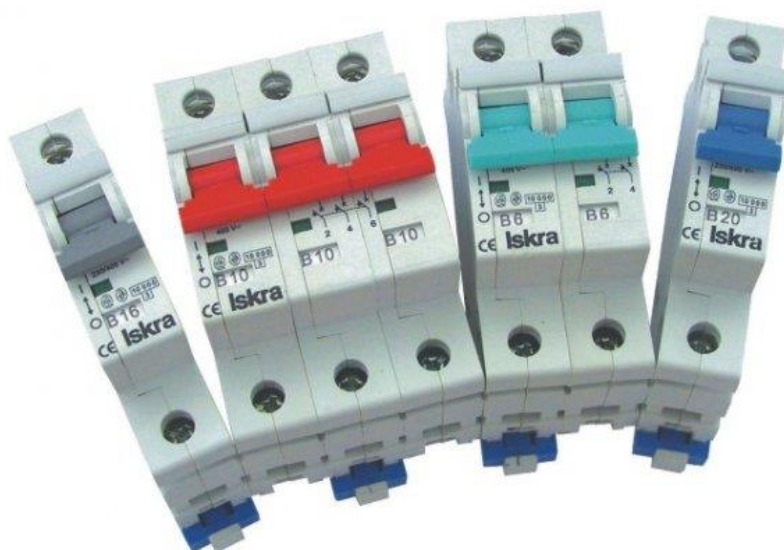
Inštalacijski odklopnik ima glede na varovalke več prednosti. Ena teh je, da je možen ponovni vklop po odpravi napake (ni potrebno tako kot pri varovalki zamenjati varovalnega vložka).



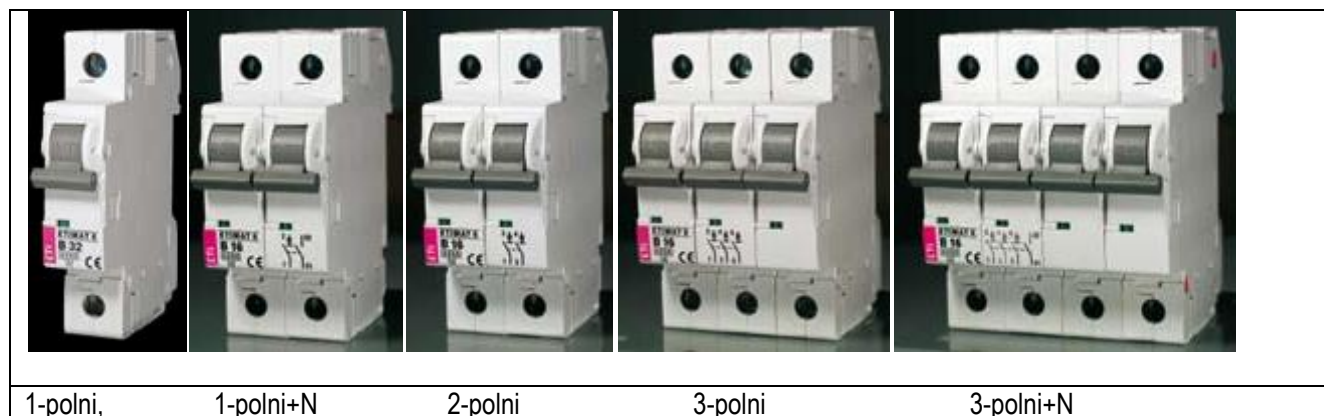
Inštalacijski odklopnik ima bimetalni del za zaščito pri preobremenitvah in elektromagnetni del za zaščito pri kratkih stikih. Za varovanje tokokrogov v stanovanjskih in poslovnih prostorih običajno uporabljamo B tip ($3 - 5 \times I_n$), tam, kjer nastopajo večji vklopni tokovi pa C tip ($5 - 10 \times I_n$).

Nazivni tokovi so običajno od 6 do 63 A. (6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50 in 63 A)

Na voljo v 1-polni, 2-polni in 3-polni izvedbi ter 1-polni in 3-polni izvedbi z ničelnim vodnikom. K inštalacijskim odklopnikom je prigraditi tudi pomožno stikalo, sprožnik na delovni tok, podnapetostni sprožnik in drugo.



Dva glavna domača proizvajalca sta Iskra in ETI Izlake. Na trg pošiljata inštalacijske odklopnike pod različnimi komercialnimi imeni. Seveda je tudi mnogo tujih proizvajalcev: Siemens, ABB, Schneider, Moeller, Gewiss ...



Dobimo tudi inštalacijske odklopnike za zaščito vodnikov v **enosmernih tokokrogih**. Za napetosti do 220 V d.c. uporabimo enopolne odklopnike, za višje napetosti (do 440 V d.c.) pa dvopolne odklopnike z zaporedno povezanimi poli. Pri priključevanju teh inštalacijskih odklopnikov moramo paziti na polariteto. Z napačno priključitvijo inštalacijski odklopnik uničimo. Namesto enega dvopolnega inštalacijskega odklopnika ne smemo uporabiti dveh enopolnih odklopnikov.

5.1.1.5 FI stikala

Uporaba

Zaščitna stikala na diferenčni tok se uporabljajo za zaščito pred posrednim dotikom delov pod napetostjo in za preprečitev trajne napetosti na ozemljenih kovinskih delih, ki bi nastala zaradi napake na električni instalaciji in za zaščito pred neposrednim stikom delov pod napetostjo v primeru $I_n \leq 30$ mA. Zaščitna stikala na diferenčni tok se lahko uporabljajo v TN-S, TN-C-S, TT in IT sistemih omrežja ali z drugimi besedami: povsod tam, kjer sta zaščitni in ničelni vodnik ločena.

Običajni izvedbi sta: 2-polna izvedba in 4-polna izvedba. Zaščitna stikala na diferenčni tok se izdelujejo za nazivne tokove od 16 do 100 A in za diferenčne tokove 0,03; 0,1; 0,3 in 0,5 A.

Obstajajo še druge izvedbe stikal (kombinacija FI stikala in inštalacijskega odklopnika, kombinacija FI stikala in nadtokovne zaščite ...)

Tipi

zaščitna stikala na diferenčni tok, občutljiva na izmenični tok napake (AC-tip)
in stikala na diferenčni tok, občutljiva na izmenični in pulzirajoči enosmerni tok napake (A-tip).

Tudi za ta stikala, torej za stikala na diferenčni tok obstajajo številna komercialna imena. Proizvalci pa podobni kot pri inštalacijskih odklopnikih.



6 Pritrditev in priklop svetilk

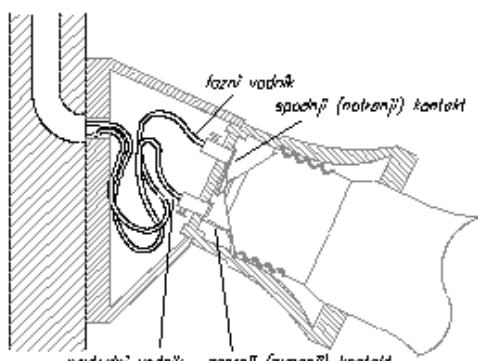
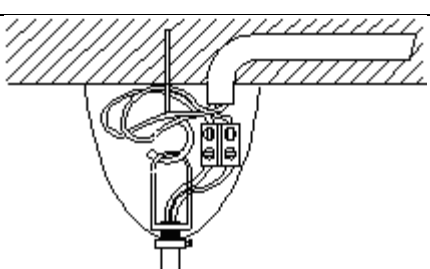
Najpogosteje uporabljeni svetlobni vir v bivalnih prostorih je žarnica na žarilno nitko, čeprav vse več uporabljamo tudi kompaktne (varčne) vire in halogenske žarnice. V prostorih, v katerih je zahtevan višji nivo osvetljenosti (delovni prostori), pa običajno uporabljamo fluorescenčne cevi. Svetlobne vire nameščamo v primerne svetilke.

Svetilke z vgrajeno žarnico na žarilno nitko pritrdimo na strop s pomočjo lestenčne kljuke (svetilke ne obešajte na vodnike). Tiste, ki jih pritrdimo na zid, fluorescenčne svetilke in nekatere druge izvedbe svetilk pritrdimo s pomočjo zidnih vložkov in vijakov.

Priklop svetilke na električno inštalacijo izvedemo s pomočjo lestenčne sponke. Fazni in nevtralni vodnik priključimo tako, da je nevtralni vodnik vedno povezan z navojem okova, fazni pa z notranjim (zadnjim) kontaktom. Pri svetilkah s kovinskim ohišjem moramo na ohišje pritrditi zaščitni vodnik.

Okovi za žarnice malih moči (15, 25 in 40 W) imajo Edisonov navoj E 14, za večje moči (40, 60, 75 in 100 W) pa E 27, pri največjih močeh (od 150 do 1000 W) pa E 40.

Namizne, stoječe in druge svetilke, ki jih imamo v bivalnih in podobnih prostorih za dodatno razsvetljavo, okras in druge namene, priključimo ločljivo preko vtičnice s pomočjo P/L ali PP/L kabla. Takšne svetilke imajo običajno v dovod vgrajeno prehodno ali vmesno enopolno stikalo, žal mnogokrat brez mehanske razbremenitve, zato moramo vodnik na kontaktih pazljivo in dobro priviti.

Delovni postopki	Opozorila in pravila	Prikaz; varstvo pri delu
1. Kontrola napetostnega stanja.	Montažo in popravilo svetilke lahko opravljamo le v breznapetostnem stanju dovodnih vodnikov.	Če vrtamo visoko na steni ali stropu, pravilno ravnajmo z lestvijo. 
2. Montaža lestenčne kljuke (če svetilko obesimo) Pritrditev svetilke.	- Kljuko pritrdimo jo s pomočjo zidnega vložka. - Svetilko pritrdimo z vijaki in zidnimi vložki.	
3. Priključitev vodnikov.	- Vodnike inštalacije in vodnike v svetilki spojimo z lestenčnimi sponkami, pri tem moramo paziti, da bo nevtralni vodnik povezan z navojem okova. - Na kovinsko ohišje pritrdimo zaščitni vodnik.	
4. Dokončna montaža.		Zgoraj stenska spodaj stropna pritrditev 
5. Vstavek svetlobnega vira in preizkus delovanja.		

7 Tokokrogi razsvetljave

Napajalna napetost za tokokroge razsvetljave je običajno 230 V, bolj poredko imamo tokokroge razsvetljave z malo ali z enosmerno napetostjo. Prerez vodnikov ali kablov za tokokroge razsvetljave je 1,5 mm². Zaščitni vodnik priključimo na kovinska ohišja svetilk, lestencev, stikal. Predpisi ne dovoljujejo na tokokroge razsvetljave priključiti druge vrste porabnikov. Razsvetljava ima svoje tokokroge, ki jih varujemo z varovalkami ali inštalacijskimi odklopniki z nazivnim tokom do vključno 10 A¹. Na en tokokrog lahko priključimo razsvetljavo mnogih prostorov, torej je na enem tokokrogu lahko več različnih vezav razsvetljave.

V vsaki funkcionalno zaključeni prostorski enoti (npr. stanovanju) je priporočljivo imeti najmanj dva tokokroga razsvetljave (zato da ob pregoretu varovalnega vložka, izklopu inštalacijskega odklopnika ali ob okvari tokokroga ne ostanemo v vsem stanovanju ali hiši brez razsvetljave) oziroma najmanj toliko (pri velikih objektih), da tok v posameznem tokokrogu ne preseže 10 A. Število svetilk v posameznih prostorih prilagodimo željam uporabnika oziroma se ravnamo po priporočilih.

7.1 Inštalacijska stikala za razsvetljavo

To so elementi, s katerimi sklepamo in razklepamo električni tokokrog. Stikalo mora, ne glede na vezavo, vedno prekiniti fazni vodnik, nevtralni vodnik pa lahko brez prekinitve vodimo na svetilko².

- Glede na način vgradnje ločimo: nadometna, podometna in vgradna stikala.
- Glede na konstrukcijo (način rokovanja) jih delimo na: mikro, vrtilna, klecna in potezna stikala.
- Glede na vezavo jih delimo na:

Vrsta stikal	Številčna oznaka stikal	Uporaba vezave: Za vklop in izklop
enopolna	1/1	ene skupine svetilk z enega mesta
serijska ³	5/1	ene in/ali druge skupine svetilk z enega mesta
menjalna ⁴	6/1	ene skupine svetilk z dveh mest
križna ⁵	7/1	ene skupine svetilk z več kot dveh mest

Stikala nameščamo v montažne ali univerzalne doze (φ 60 mm) od 1 do 1,5 m od tal, pri vratih na strani kljuke, vsaj 10 cm od vrat in od kota. Potezna stikala nameščamo 2,25 m od tal.

7.2 Osnovna vezja za razsvetljavo

V tokokrogih razsvetljave najpogosteje uporabljamo mikro stikala, zato so le-ta uporabljena v vseh narisanih načrtih.

7.2.1 Grafični simboli elementov in njihovi pomeni

	funkcijska enota, oprema, naprava		križno stikalo (enopolni prikaz)
	vodnik, skupina vodnikov, kabel		priključno mesto stenske svetilke
	odcep vodnikov		priključno mesto svetilke
	označeno število vodnikov		mehanska zveza
	enopolno stikalo (enopolni prikaz)		ročno delovanje (splošni simbol)
	serijsko stikalo (enopolni prikaz)		ročno delovanje z zvrnitvijo
	menjalno stikalo (enopolni prikaz)		nesamodejno vračanje

¹Čeprav imamo v tokokrogih razsvetljave običajno 10 A varovalo, je glede na tokovno vzdržnost, varovanje in izračun konične moči primernejše 6 A varovalo.

²Svetilka vsebuje poleg svetlobnega vira še druge svetlobnotehnične, električne in mehanske elemente.

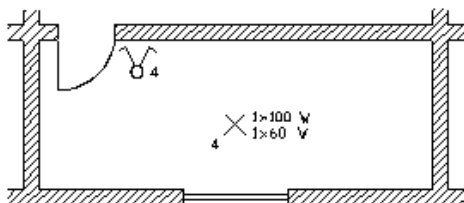
³Serijsko mikro stikalo je dejansko dvojno enopolno stikalo.

⁴Imamo tudi dvojno menjalno stikalo, ki ga uporabljamo v primerih, ko na enem mestu upravljamo z dvema menjalnima vezavama.

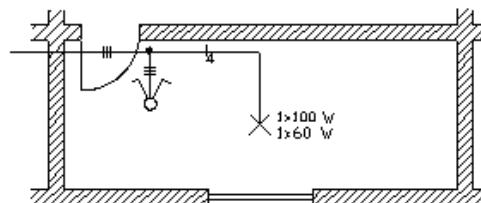
⁵Križno mikro stikalo je dejansko dvojno menjalno stikalo.

7.2.2 Osnovni napotki za branje in risanje shem (načrtov) inštalacijskih tokokrogov ter osnovni napotki za izvedbo vezij razsvetljave

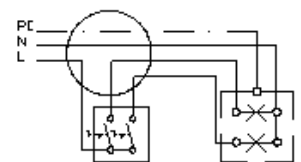
- Tokokrogi razsvetljave (in tudi drugi) so vrisani v tloris objekta (za vsako nadstropje posebej), ki je običajno narisano v merilu 1:100 (1 cm v načrtu predstavlja 100 cm = 1 m na objektu). Včasih je merilo tudi drugačno npr. 1:50.
- Za prikaz električnih tokokrogov v inštalacijskem načrtu se uporabljajo različne sheme in načrti (principne sheme, tokovne sheme, sheme delovanja, priključne sheme, položajni načrt ...).
- Največkrat so v načrtu prikazane samo pozicije elementov in številka tokokroga, ki mu element pripada. Redkeje so narisane enopolne sheme. Zaradi lažjega razumevanja vezave, lažje izvedbe, nabave in priprave materiala in orodja si moramo izrisati enopolne in vezalne sheme.



Načrt z vrisano lokacijo elementov in pripadajočo številko tokokroga

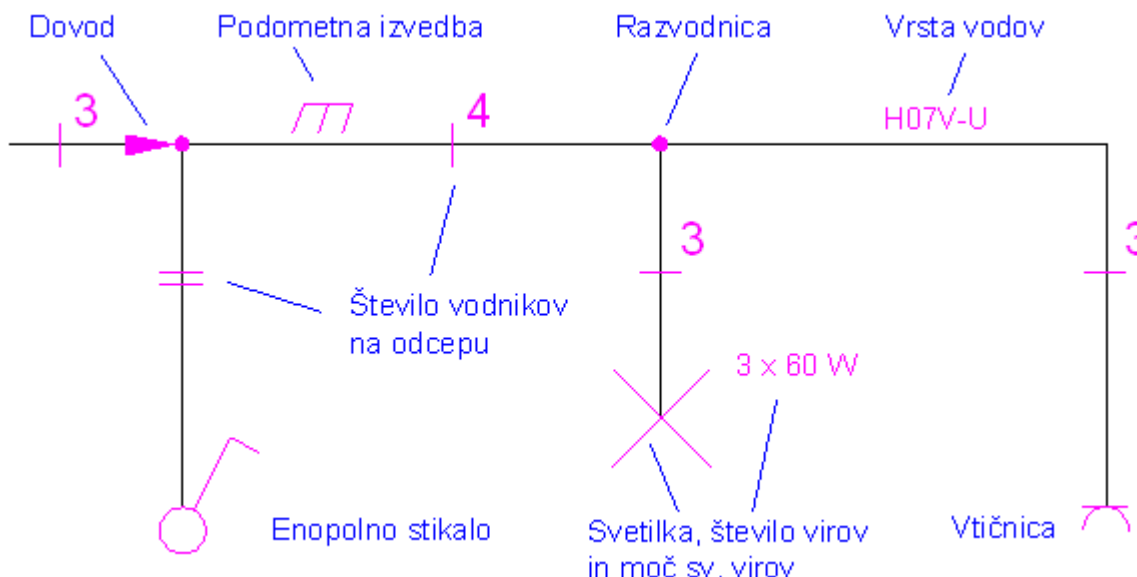


Enopolna shema, vrisana v tloris prostora



Vezalna shema

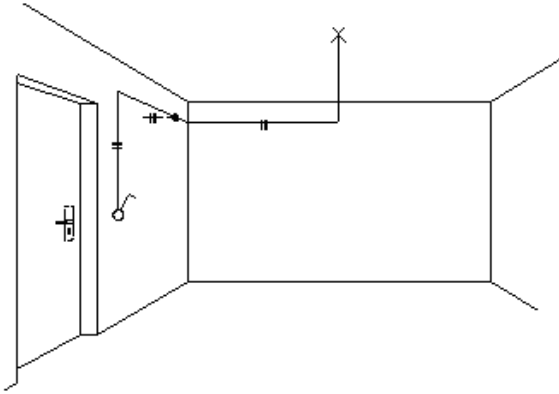
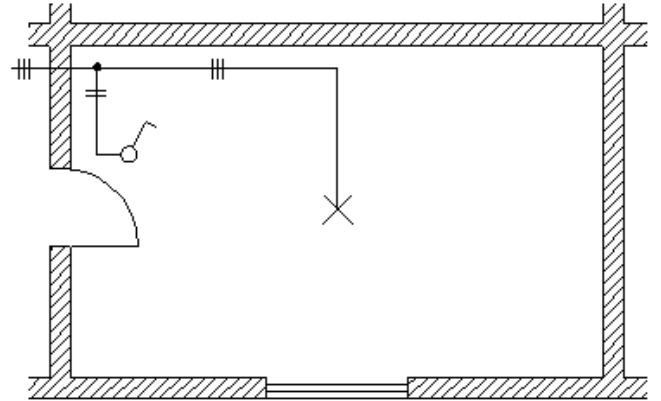
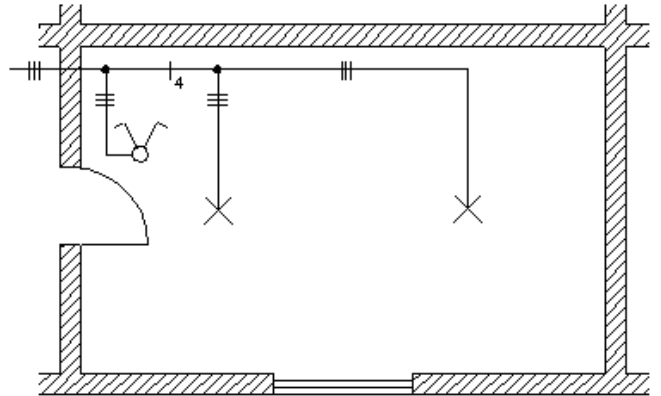
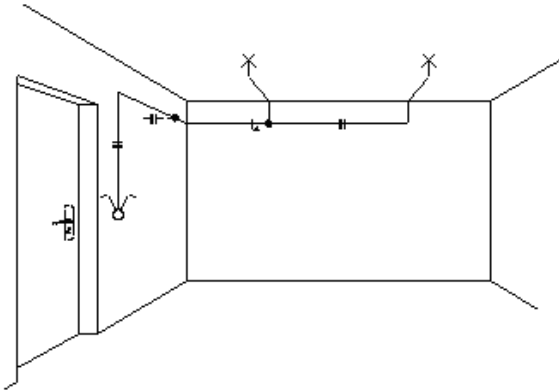
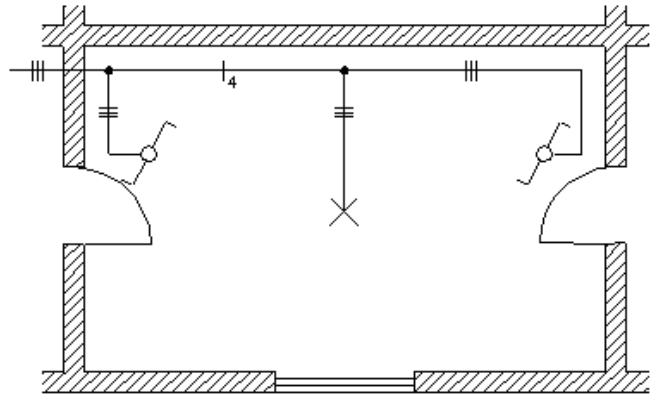
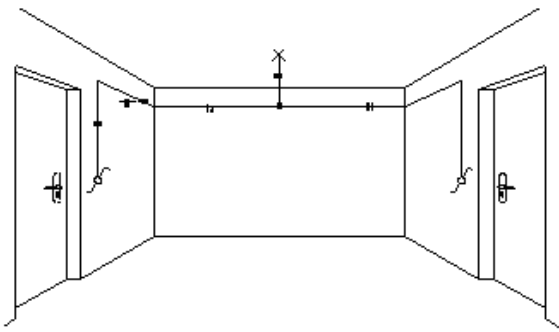
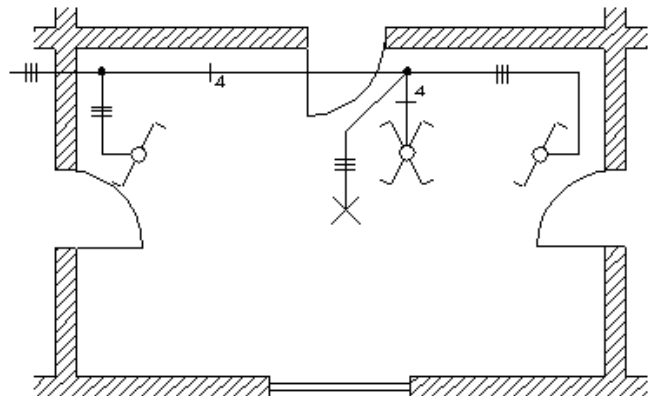
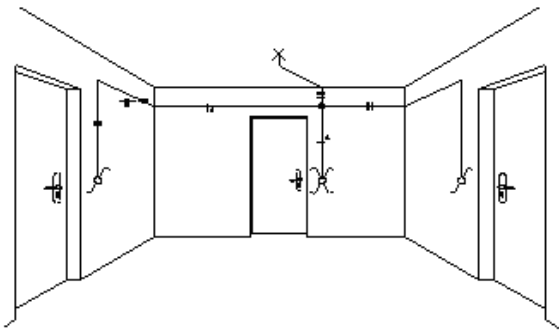
- Enopolna in vezalna shema se razlikujeta le v tem, da je enopolna shema narisana z enim vodnikom, ki predstavlja vse vzporedne vodnike na določenem odseku, medtem ko so pri vezalni shemi narisani vsi vodniki tokokroga; krajevna razmestitev elementov je v obeh shemah enaka.
- Krajevna razmestitev elementov električnih tokokrogov je podana z mestom vrisa v tloris objekta.
- Elementi električnega tokokroga (stikala, svetilke, razvodnice ...) so predstavljeni v enopolni in vezalni shemi s primernimi grafičnimi simboli.
- Število vzporednih vodnikov na odcepu je pri enopolni shemi je podano s številom narisanih črtic na vodniku ali z eno črtnico z dodano številko, ki predstavlja število vzporednih vodnikov. Če je vodnikov več kot tri, je primerneje uporabiti slednjo možnost, zaradi boljše preglednosti shem.
- Spoje je v shemah zelo priporočljivo označiti s piko¹, da ne pride do pomot pri vezanju in popisu materiala.



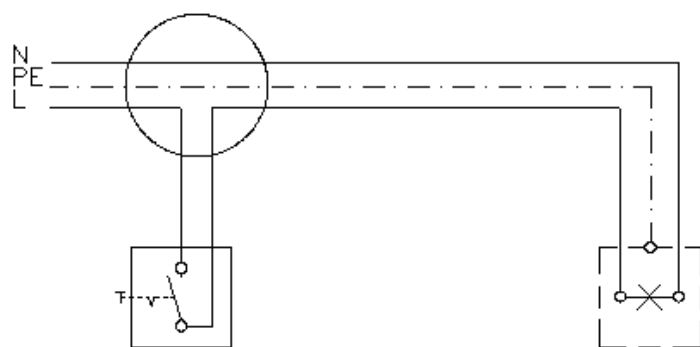
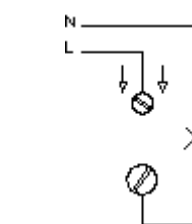
- Vodnike združujemo in ločujemo le v razvodnicah, zato moramo vse vodnike voditi skozi razvodnice. V enopolni shemi predstavlja vsak odcep razvodnico.
- Vse vodnike enega tokokroga vodimo skupaj. Nedopustno je, na primer, da vodimo zaščitni in nevtralni vodnik po eni poti, fazni pa po drugi poti.

¹ Čeprav po predpisih to ni nujno.

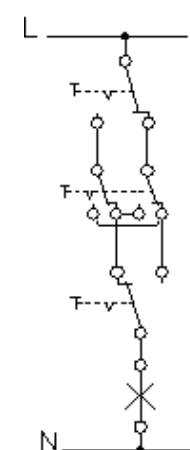
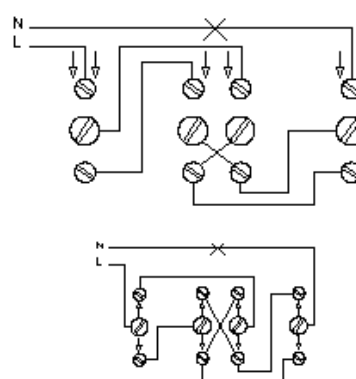
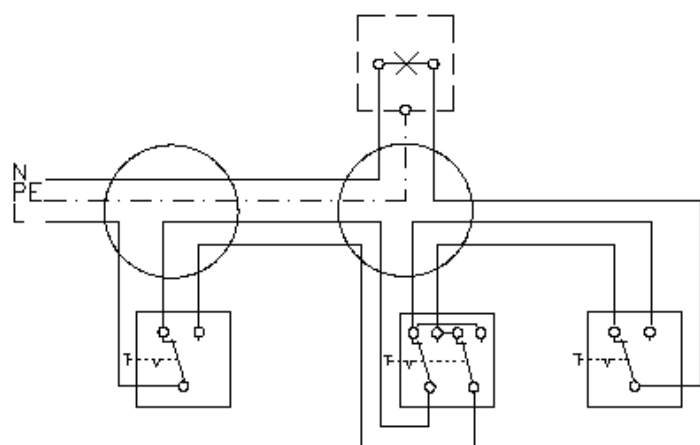
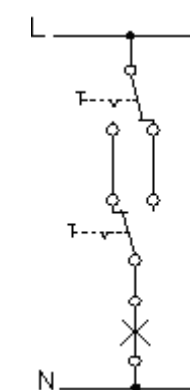
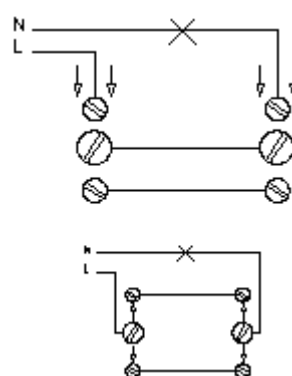
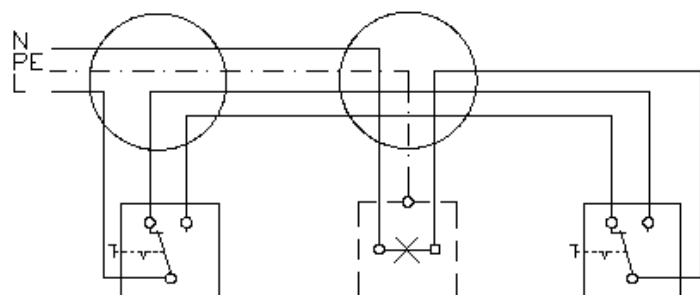
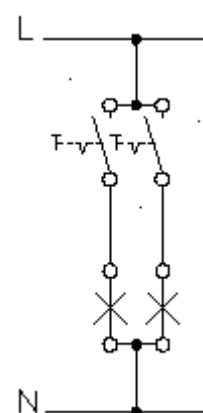
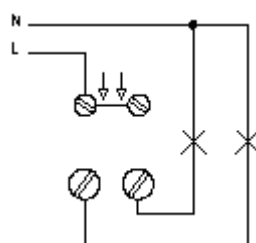
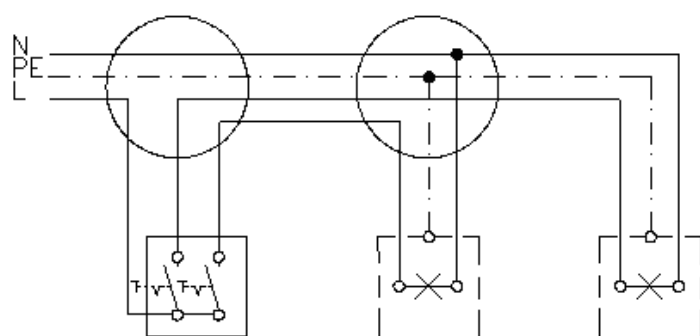
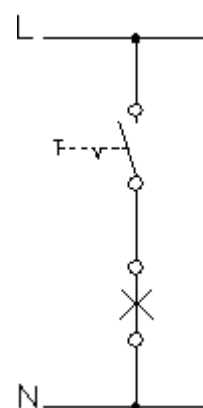
- Vodnikov, ki se v razvodnicah ne razcepljajo ali združujejo, ne prekinjamo.
- Vodnike v razvodnici razcepljamo in združujemo s pomočjo sponk (polzaprte sponke, wecco sponke, brezvijačne sponke, enoredne priključne sponke ...). V vezalni shemi predstavlja vsak odcep  sponko.
- Stikala, ohišja in nekatere razvodnice (npr. razvodnice za PP/R kabel) imajo že vgrajene priključne sponke.
- Vodnike rišemo le vodoravno in navpično, tako kot jih na stene tudi polagamo (le na stropu je dovoljeno polagati vodnike po najkrajši poti do svetilke). Ko je v spoj priključeno več vodnikov, lih lahko pri spoju narišemo tudi pod kotom 45° . 
- S stikalom vedno prekinjamo fazni vodnik.
- Dovodni kontakt je na stikalu označen z dvema puščicama .
- Če nevarnosti električnega udara za človeka ni (ni prevodnih kovinskih ohišij), lahko zaščitni vodnik opustimo.
- Pri izvedbi nadometne inštalacije razsvetljave s stikali s siluminskimi (kovinskimi) ohišji moramo na ohišja priključiti zaščitni vodnik.

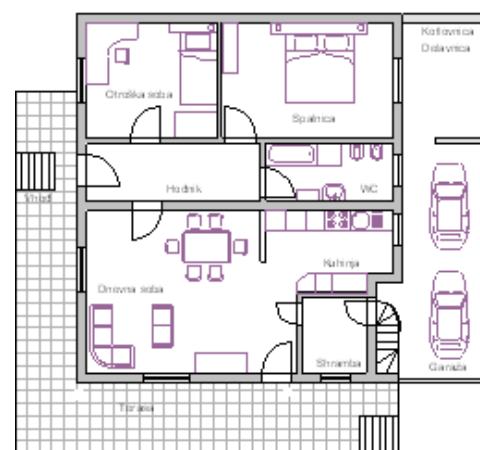
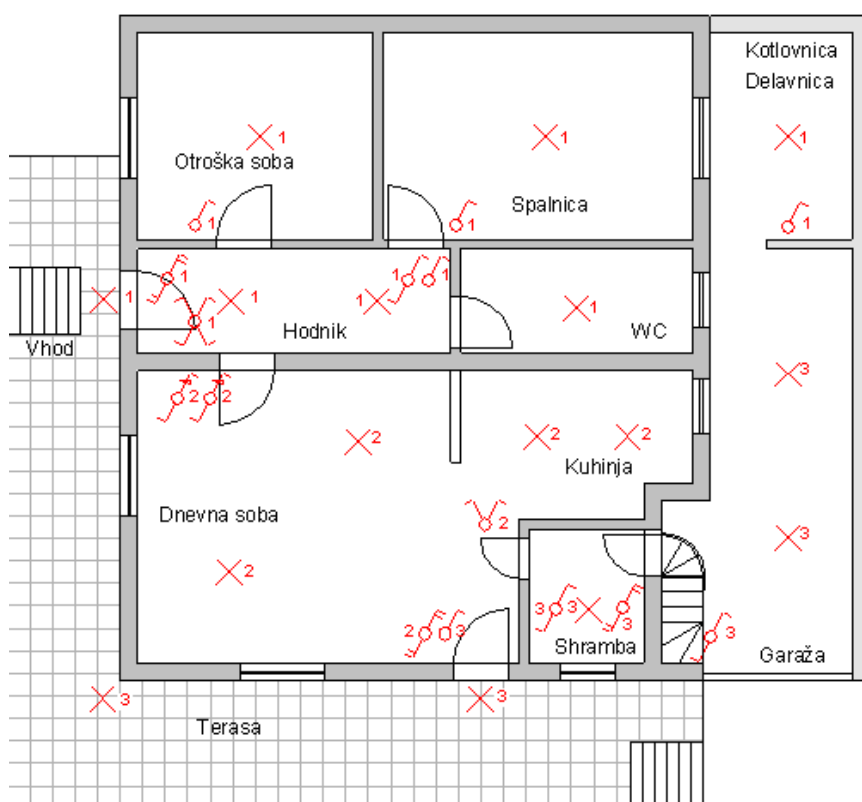
Enopolna vezava**Prostorski pogled****Enopolna shema****Serijska vezava****Menjalna vezava****Križna vezava**

Izvedbena shema

Priključna shema
(vezava na mikro stikalih)

Tokovna shema





Dodatna in okrasna razsvetljava se priključuje v tokokroge vtičnic. Običajna stikala za razsvetljavo lahko na določenih mestih nadomestimo z regulacijskimi stikali, s katerimi lahko spreminjamo osvetljenost prostora. Spet na drugih mestih (hodnik, pred vhodom ...) lahko vzporedno ali samostojno namestimo IR stikala, ki samodejno vključijo in izključijo razsvetlavo.

Primer instalacijskega načrta za razsvetljavo za stanovanjsko hišo

7.3 Stikala za razsvetljavo in posebne izvedbe stikal

Na trgu dobimo stikala mnogih proizvajalcev z najrazličnejšimi komercialnimi imeni. Stikala se znotraj kvalitetnih in cenovnih razredov med seboj ločijo **predvsem** po estetskem videzu¹.

Poleg običajnih dobimo tudi posebne izvedbe stikal za razsvetljavo.

7.3.1 Stikalo s kontrolno lučko

Stikalo z lučko je stikalo z vgrajeno tlivko, ki sveti, ko je tokokrog sklenjen. Tako stikalo uporabljamo v tokokrogu razsvetljave, kjer stikalo ni nameščeno v istem prostoru kot svetilka, ki jo vkaplja in izklaplja (npr. kopalnica). Pogosteje imajo vgrajeno kontrolno lučko tipkala (razsvetljava stopnišč, zvončna vezja ...).

7.3.2 Regulacijsko stikalo

Je stikalo za prilagajanje osvetljenosti prostora z zmanjševanjem svetilnosti žarnic. Pri tem varčujemo z električno energijo in podaljšujemo življenjsko dobo žarnic. Deluje skoraj brez izgub. Stikalo je primerno za žarnico na žarilno nitko². Stikalo ima lastno zaščito s hitro varovalko in filter proti radiofrekvenčnim motnjam. Izdeluje se za različne priključne moči³ (npr. 300, 400, 500 W). Obstajajo izvedbe za regulacijo z vrtljivim gumbom, s klecno tipko ali s senzorsko ploščo.

Enopolno regulacijsko stikalo lahko vgradimo na mesto navadnega enopolnega stikala - enopolna vezava. Menjalno regulacijsko stikalo uporabimo v menjalnih in križnih vezavah. Vgradimo ga na mesto, kjer želimo regulirati osvetljenost. S katerikoli stikalom pa lahko vključujemo in izključujemo tokokrog razsvetljave.

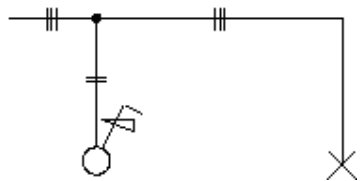
¹ Za natančnejše informacije glej kataloge proizvajalcev.

² Za regulacijo svetilnosti fluorescenčnih cevi potrebujemo poleg posebne izvedbe regulacijskega stikala tudi primerno elektronsko predstikalno napravo.

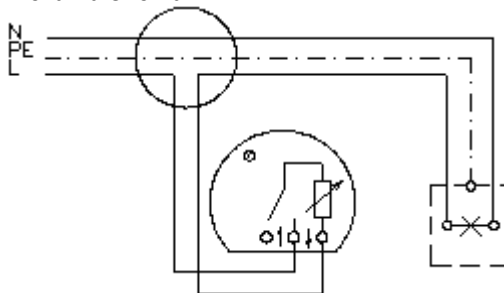
³ Za delovanje je pomembna tudi najmanjša moč žarnic, pri kateri stikalo še pravilno deluje (običajno 40 ali 60 W).

Enopolna shema

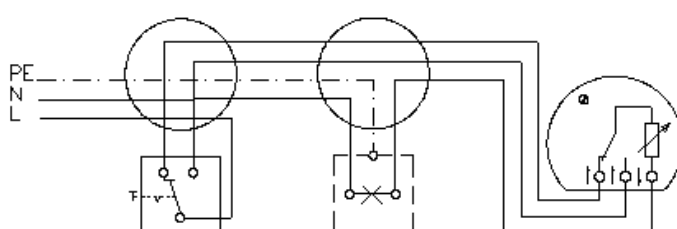
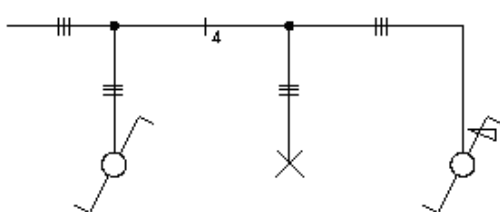
Enopolna vezava



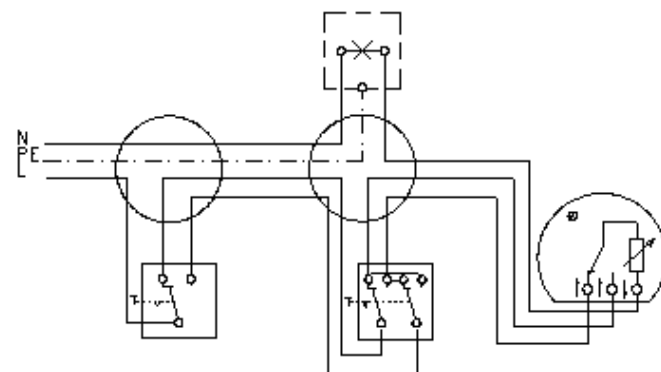
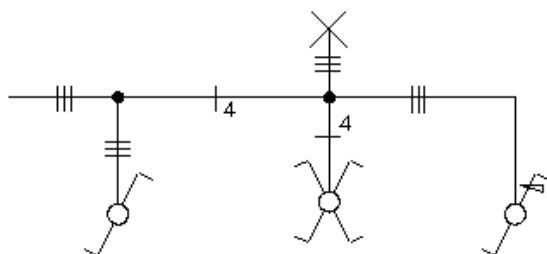
Vezalna shema



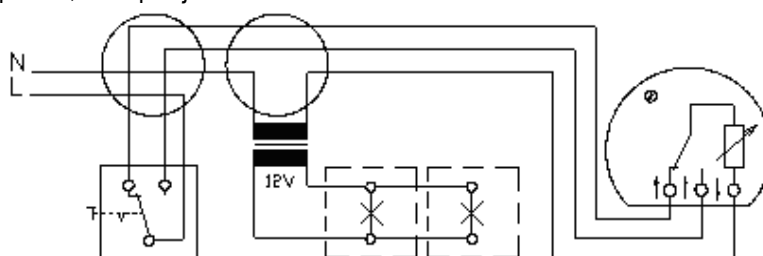
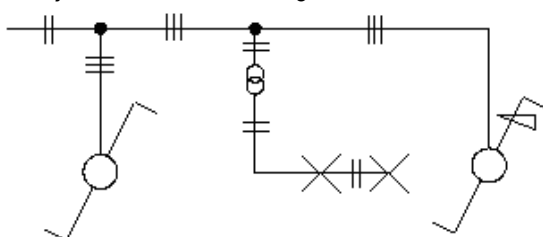
Menjalna vezava



Križna vezava



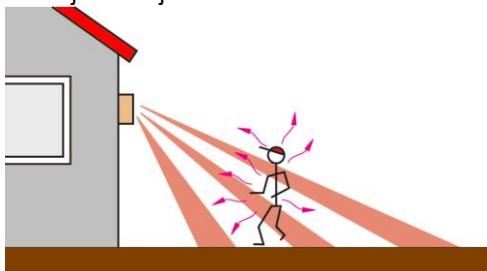
Obstaja tudi izvedba za halogenske žarnice malih napetosti, ki so priključene na klasični ali elektronski transformator.



7.3.3 Senzor gibanja – IR stikalo

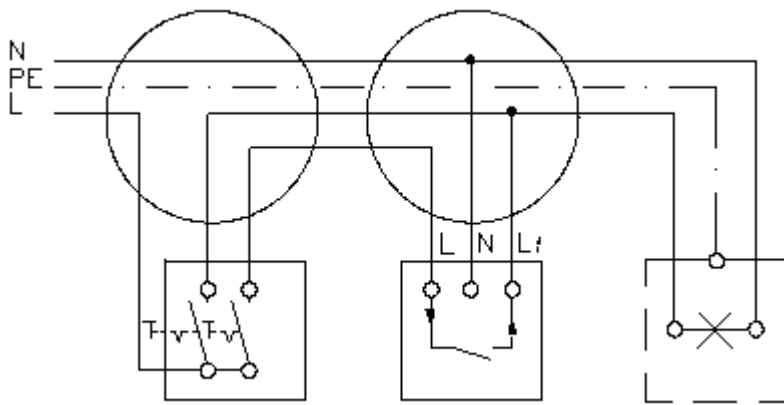
Senzor gibanja je elektronska naprava z infrardečim detektorjem. Vključi se, ko v svojem območju zaznavanja zazna telo, ki oddaja infrardeče valovanje (toploto). Stikalo lahko vključuje svetilke, krmili releje, kontaktorje in druge naprave.

Uporabljamo ga predvsem na mestih, ki jih osvetlimo samo ob prisotnosti človeka oziroma ljudi in v mnogih kombinacijah nadzora in varovanja stanovanjskih in drugih objektov ter njihove okolice (dohodi in dovozi, vhodi v stanovanja, stopnišča, kleti, garaže, skladišča, stanovanjski prostori ...). Senzor gibanja je lahko samostojna naprava ali sestavni del svetilke in zato najrazličnejših oblik.

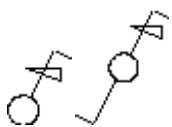


Pri vgradnji nas zanimajo predvsem naslednji podatki: dolžina dosega (5, 7, 10, 12 m - nekateri imajo nastavljivo dolžino zaznavanja), kot dosega (ozkosnopni, 90, 180, 360 stopinj), največja moč priključenih porabnikov (do nekaj sto vatov) in čas vklopa (običajno nastavljiv od nekaj sekund do nekaj sto sekund). Pri mnogih stikalih lahko nastavljamo tudi svetilnost svetil in samodejni vklop ob mraku¹.

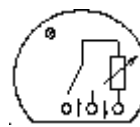
¹ Stikalo mora imeti vgrajeno fotocelico.



7.3.4 Grafični simboli elementov in njihovi pomeni



enopolno in menjalno regulacijsko stikalo



regulacijsko stikalo z vrtljivim gumbom



transformator (enopolni prikaz)



transformator

Vprašanja:

1. Opiši vgradnjo stikal (tipkal) s kontrolno lučko. Ali moramo zaradi kontrolne lučke na stikala dovesti tudi nevtralni vodnik?
2. Kje in kdaj bi namesto križne vezave izvedel vezavo razsvetljave z impulznim relejem?
3. Razloži delovanje in izvedbo vezave razsvetljave z impulznim relejem (na katerikoli narisani shemi).
4. Razloži pomen grafičnih simbolov v podanem enopolnem in vezalnem načrtu impulznega stikala.
5. Naštej vrste zatemnilnih stikal glede na konstrukcijo in način rokovanja, razloži vgradnjo v obstoječe ali nove tokokroge razsvetljave in opiši prednosti uporabe teh stikal.

8 Svetlobni viri

8.1 Žarnice z žarilno nitko

Žarnica na žarilno nitko je bila zaradi ugodne svetlobe in nizke nabavne cene dolgo najbolj razširjeni svetlobni vir. Imela pa poleg vseh dobrih lastnosti dve veliki slabosti, zelo slab svetlobni izkoristek (velika poraba električne energije) in kratko življenjsko dobo (1000 ur delovanja). Za splošno uporabo se žarnic nad 40 W ne da več kupiti, kmalu pa bodo umaknili iz prodaje tudi žarnice manjših moči (40 in 25 W). V bodoče bo moč kupiti samo posebne izvedbe žarnic na žarilno nitko (npr. za hladilnike). Te žarnice so nadomestili predvsem kompaktnimi viri in viri z LED diodami ter halogenske žarnice za dekorativno razsvetljavo.

8.2 Halogenske žarnice

Halogenske žarnice uporabljamo v bivalnih prostorih predvsem pri dodatni razsvetljavi (stoječe, namizne in dekorativne svetilke ...), v poslovnih prostorih kjer želimo dekorativno razsvetljavo in tudi za splošno razsvetljavo ter za reflektorsko razsvetljavo. Žarnice za splošno razsvetljavo imajo podobne dimenzije, moči in vznožke kot žarnice z žarilno nitko, za dekorativne svetilke so običajno nizkonapetostne (predvsem 12 V) in moči nekaj deset vatov, za reflektorsko razsvetljavo pa uporabljamo palične oblike večjih moči (150 do 2000 W).

Za napajanje nizkonapetostnih žarnic običajno uporabimo toroidni ali elektronski transformator.

Glede na žarnice na žarilno nitko imajo vsaj dvakrat boljši svetlobni izkoristek in dvakrat daljšo življenjsko dobo. Ne smemo jih prijemati z golimi prsti, ker na njih pustimo maščobo, zaradi katere steklo potemni ali celo poči.

8.3 Kompaktni (varčni) viri

V bistvu so to kompaktne FC z dobro barvo svetlobo, z zelo dobrim svetlobnim izkoristkom in z dolgo življenjsko dobo, zato je skupni prihranek pri osvetljevanju s kompaktnimi viri namesto z žarnicami na žarilno nitko tudi do 80 odstotni.

8.3.1 Primerjava obratovalnih stroškov razsvetljave glede na uporabljeni vir svetlobe

Primerjamo svetlobne vire s katerimi dosežemo enak učinek razsvetljave (enaka osvetljenost). Rezultati so preračunani na 15.000 ur življenjske dobe kompaktne vira, za kar je treba kupiti petnajst žarnic na žarilno nitko. Pri DULUX - EL z virom zavržemo tudi predstikalno napravo, zato je prihranek nekoliko manjši kot pri DULUX - D, kjer predstikalno napravo kupimo le enkrat.

Svetlobni vir	DULUX – EL Long Life	Žarnica	Opomba
Moč P [W]	20 ¹	100	
Življenjska doba t [h]	15.000	1.000	
V času delovanja t ₁ [h]	15.000	15.000	
Let delovanja	15	1	(delovanje povprečno po 3 ure na dan)
Porabljena električna energija v 15.000 urah E [kWh]	300	1.500	P [W]/1000 * t ₁ [h]
Stroški za električno energijo [SIT]	6.150,00	30.750,00	E [kWh] * cena energije SIT/kWh ²
Investicijski stroški vir-a (-ov)[SIT]	2.550,00	1.350,00	Kupiti moramo 15 žarnic po 90,00 SIT.
Skupni stroški [SIT]	8.700,00	32.100,00	
Prihranek [SIT]	23.400,00	0,00	
Prihranek [%]	73%	0%	



Kompaktni viri s predstikalno napravo

¹ Vir je po svetilnosti ekvivalenten 100 W žarnici na žarilno nitko

² Višja tarifa – 22,76, nižja tarifa – 14,27, enotna tarifa – 20,50 SIT. Za izračun vzamemo pretežno višjo tarifo – 20 SIT.



Kompaktni viri s predstikalno napravo



Kompaktni vir brez predstikalne naprave

8.4 Fluorescenčne cevi

Fluorescenčne cevi (FC) se odlikujejo po dobrem svetlobnem izkoristku, zato jih uporabljamo za osvetljevanje večjih prostorov in za višje nivoje osvetljenosti (industrijski objekti, poslovni prostori, hoteli, šole ...). Razlikujejo se po oblikah, dolžinah, močeh, barvi svetlobe¹, indeksu barvnega videza² in še čem.

Dimenzije in moči standardnih cevi palične oblike:

Moč [W]	Dolžina [cm]
18 (20)	60
36 (40)	120
58 (65)	150

Cevi 18, 36 in 58 W so manjšega premera (26 mm) in z 10 % boljšim svetlobnim izkoristkom, zato so zaradi manjše porabe električne energije bolj primerne za uporabo od starejših cevi večjega premera. FC je za zunanjo razsvetljavo manj primerna, ker je svetlobni tok močno odvisen od temperature okolice³.

8.4.1 Vezave FC v svetilkah

Osnovni sestavni deli svetilke so fluorescenčna cev, starter, dušilka, pripadajoče okovje in kondenzator. Starter (v bistvu bimetal) nam v določenem trenutku prekine električni tokokrog. Ker se znižanju toka dušilka upira, inducira višjo napetost⁴, ki je dovolj velika, da pride do prevajanja skozi cev. Po vžigu dušilka omejuje tok⁵. Če po vklopu FC ne zasveti, je najverjetnejši vzrok okvarjen starter⁶, to ugotovimo tako, da starter odvijemo. Če FC zasveti, zamenjamo starter, sicer zamenjamo FC ali v skrajnem primeru dušilko.

- Osnovna vezava je induktivna.
- Induktivna vezava ima, zaradi dušilke, slabo delavnost toka⁷, zato jo kompenziramo - dodamo vzporedni kondenzator.
- Kapacitivna vezava ima zaporedni kondenzator⁸.
- Pri tandem vezavi z eno dušilko⁹ vklopimo dve cevi.
- Pri večjem številu cevi v svetilki naredimo kombinacijo induktivnih in kapacitivnih vezav, ki jih vežemo vzporedno. Kombinacijo ene induktivne in ene kapacitivne vezave imenujemo DUO vezava. Takšna vezava je najpogostejša, zato ker je $\cos \varphi$ takšne vezave najboljši - 1.

¹ Podana je v stopinjah Kelvina. Čim nižja je vrednost, tem bolj je barva svetlobe topla (rdeča), čim višja je, tem bolj je hladna (modra).

² Najboljše so FC s stopnjo barvnega videza 1A (indeks barvnega videza $R_a = 90 - 100$) pogosto označene z nazivom »de luxe«, kar pomeni, da bodo predmeti osvetljeni s takšnim virom barvno enaki kot pri sončni svetlobi.

³ Pri 0 °C oddaja dve tretjini nazivnega svetlobnega toka, pri -10 °C pa le še tretjino.

⁴ Okoli 400 V.

⁵ FC je polnjena s plini in živim srebrom zato ima negativno uporovno karakteristiko.

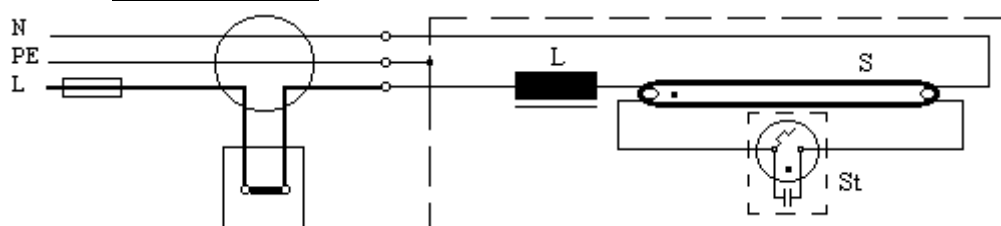
⁶ Zlepijo se bimetalne elektrode, zato ga zamenjamo.

⁷ $\cos \varphi = 0,5$ induktiven.

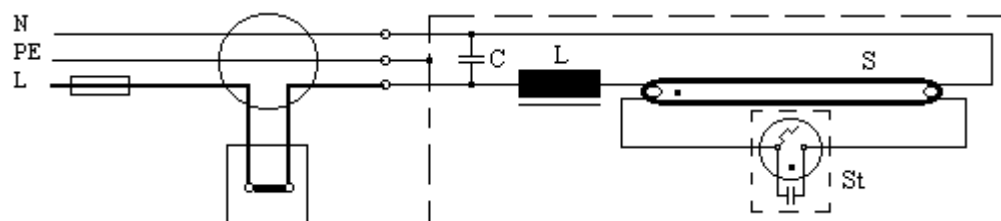
⁸ Zaradi vžigne napetosti mora biti nazivna napetost kondenzatorja vsaj 400 V; delavnost toka $\cos \varphi = 0,5$ kapacitiven.

⁹ Dušilka mora biti primerne moči - za dve cevi. Bolj ekonomično in prihranimo prostor.

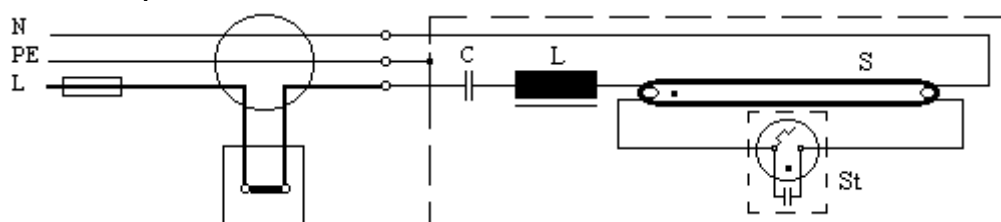
8.4.1.1 Induktivna vezava



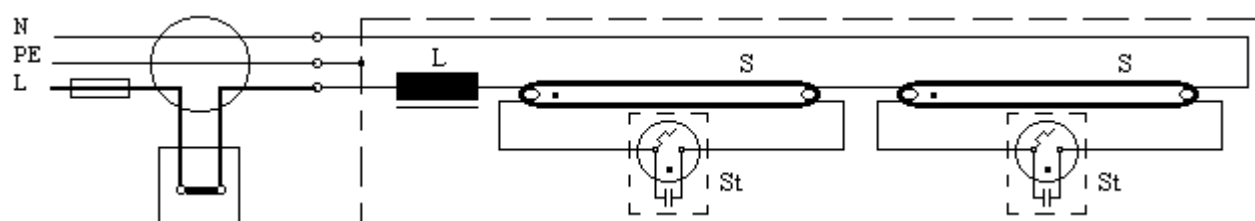
8.4.2 Kompenzirana vezava



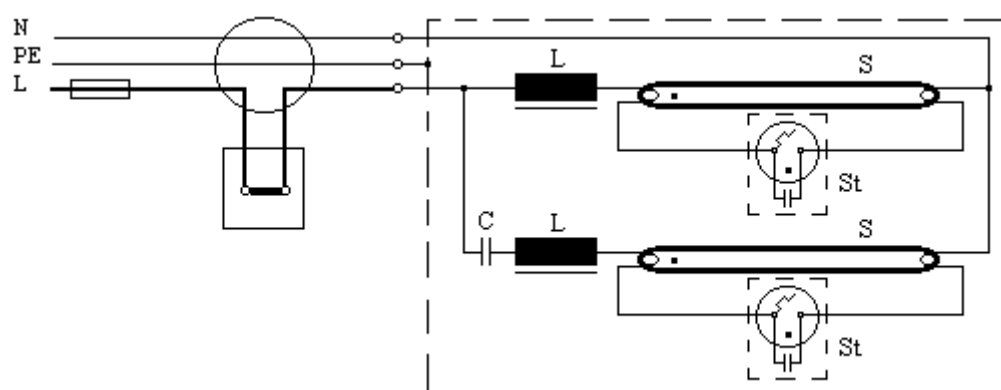
8.4.2.1 Kapacitivna vezava



8.4.2.2 Tandem vezava



8.4.2.3 DUO vezava



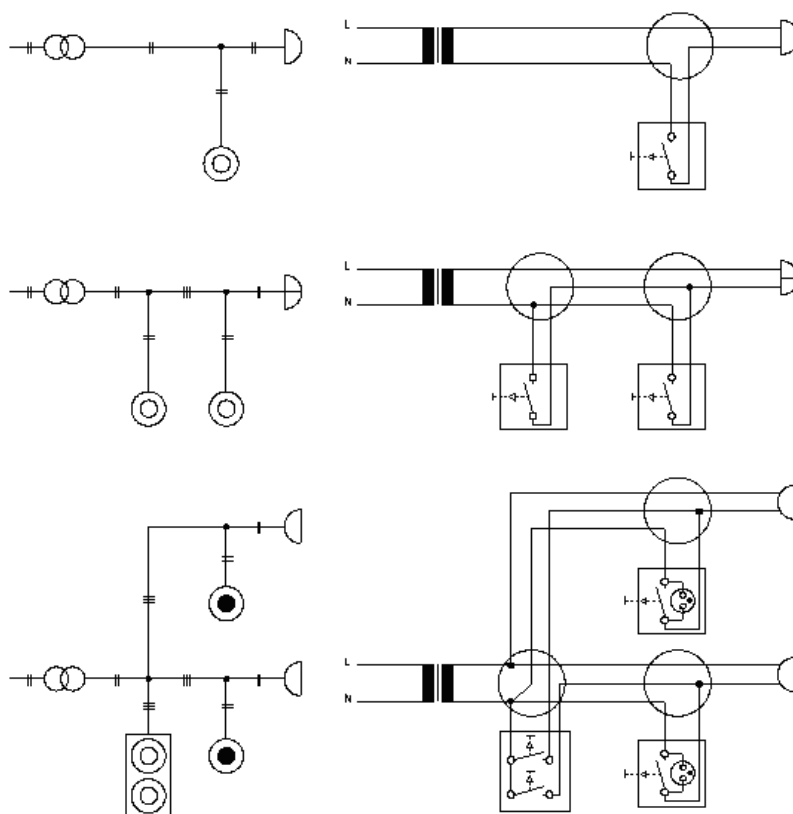
9 Vezave za hišne informacije in komunikacije

K tovrstnim vezavam sodijo zvončna vezja, vezja interfonov¹ (hišnih telefonov), video komunikacijskih naprav ...

9.1 Zvončna vezja

Zvončno vezje uporabljamo za klicanje v stanovanja. Pogosto kombiniramo zvončno vezje z električno ključavnico glavnih vhodnih vrat, oziroma z interfonsko napravo, s pomočjo katere se z osebo, ki kliče, pogovorimo in ji po potrebi tudi odpremo. Pri enostanovanjskih hišah je lahko klicno mesto pri ograji in vežnih vratih, pri večstanovanjskih hišah pa pri vežnih in stanovanjskih vratih (možne so še druge razporeditve).

Vezja napajamo z malo napetostjo iz skupnega transformatorja ali z omrežno napetostjo 230 V. Inštalacije polagamo v termoplastične cevi ločeno od ostalih inštalacij. Običajno uporabljamo TI 20 vodnik premera² 0,8 mm. Pri sistemih, ki vsebujejo tudi vode za govorno in slikovno povezavo, uporabljamo koaksialne kable.

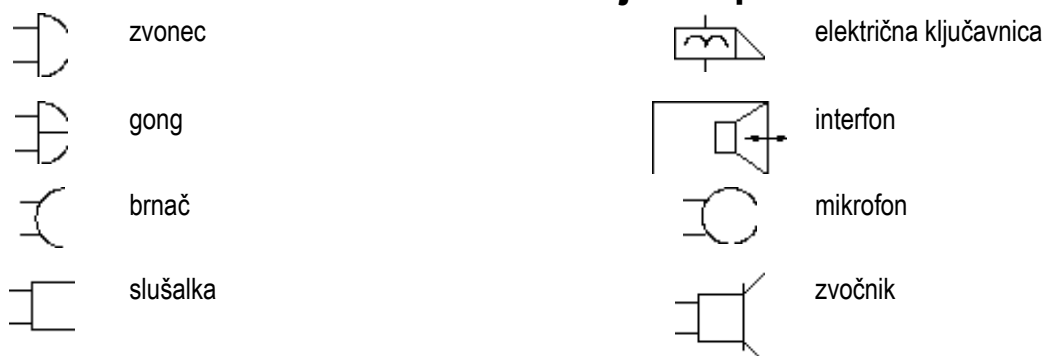


- Principna shema zvončnega vezja za klic v eno stanovanje z **enega** mesta.

- Principna shema vezja za klic v eno stanovanje z **dveh** mest.
- Namesto zvonca je priključen **gong**.

- Principna shema vezja za klic v dve stanovanji z **dveh** mest.
- Namesto zvonca je priključen **brnač**.
- Pred vhodnimi vrati je vgrajeno **tipkalo s kontrolno lučko**.

9.2 Grafični simboli elementov in njihovi pomeni



¹ Včasih zasledimo besedo domofon, ki pa je le komercialno ime za tovrstno napravo.

² Pri telekomunikacijskih vodih se podaja premer in ne prerez voda.

10 Priklopi asinhronskih motorjev

10.1 Ročna stikala

Ročna stikala preklapljam z roko. V praksi najpogosteje uporabljamo odmična stikala. Na pogonsko os, ki jo vrtimo z ročico, so nanizane stikalne celice z različnimi kombinacijami kontaktov.

Odmična stikala lahko uporabimo v močnostnem tokokrogu predvsem kot motorska stikala (za vklop - izklop, za zvezda-trikot zagon, za smermenjalno vezje ...) in v krmilnih, signalnih, merilnih in drugih tokokrogih. Pri izbiri moramo biti pozorni predvsem na tip stikala - stikalne kombinacije in na tokovno zmogljivost glede na področje uporabe.

10.2 Asinhronski motorji

Trifazni asinhronski motorji (AM) s kratkostično kletko¹ imajo številne dobre lastnosti, tako električne kot mehanske, zato so najpogosteje uporabljani električni stroji. Njihova slabost pa se pojavi le, če zahtevamo zvezno spreminjanje števila vrtljajev rotorja. V industriji uporabljamo tudi AM z drsnimi obroči². V poslovnih in stanovanjskih objektih ter v obrti in kmetijstvu, ter tam, kjer nimamo trifazne napetosti, uporabljamo enofazne AM.

Motor ima dva glavna dela.

- Stator – stoječi del je običajno na obodu motorja in nosi navitje za ustvarjanje vrtilnega magnetnega polja zaradi česar se začne rotor vrteti.
- Rotor – vrteči del s pogonsko osjo na katero mehansko priključimo gnano napravo.

10.2.1 Vklopi trifaznih AM s kratkostično kletko

Vklopni tok, ki ga povleče AM iz omrežja ob vklopu³, je do sedemkrat večji od nazivnega toka, zato direktni vklop uporabljamo le pri motorjih manjših moči. Pri motorjih večjih moči je primernejši zagon zvezda-trikot, pri čemer najprej priključimo motor v vezavo zvezda (vklopni tok znaša le 1/3 vrednosti, ki bi jo imel pri vklopu v vezavo trikot), ko motor doseže skoraj nazivne vrtljaje, ga preklapimo v vezavo trikot. Pri takšnem zagonu je vklopni tok le okoli dvakrat večji od nazivnega.

10.2.2 Varovanje motorskih tokokrogov

Vsak motor in tokokrog motorja mora biti primerno varovan pred preobremenitvami in pred kratkimi stiki, za kar uporabljamo motorska zaščitna stikala⁴ ali bimetalne sproznike in varovalke. Varovala izbiramo predvsem glede na velikost nazivnega toka⁵. V kolikor ta ni podana na napisni ploščici ga izračunamo iz moči po enačbi:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot \eta \cdot U \cdot \cos \varphi} \text{ [A]}$$

U medfazna napetost
 η izkoristek motorja⁶
 $\cos \varphi$ delavnost toka⁷

Pri vklopu z zaščitnimi motorskimi stikali je zaščita vgrajena v stikalu, pri daljinskem vklopu s pomočjo kontaktorjev pa moramo poleg varovalk prigraditi še nadtokovne (termične oz. bimetalne) sproznike za varovanje pred preobremenitvami.

10.2.3 Osnovni podatki motorjev in napotki za priključitev

- Podatke motorjev dobimo na napisni ploščici.
- Hitrost vrtenja magnetnega polja statorja motorjev je pri običajni frekvenci $f = 50$ Hz odvisna od števila polov:

$$n_s = f/p \text{ [vrt/s]} = n_s \cdot 60 \text{ [vrt/min]} = \frac{60 \cdot f}{p} \text{ [vrt/min].}$$

p število polovih parov
 f frekvenca 50 Hz

¹ Namesto navitja ima v rotorju aluminijaste palice, ki so na obeh straneh kratkosklenjene.

² Rečemo jim tudi AM z navitim rotorjem.

³ Vklon je začetek zagona, zato je vklopni tok največji in se v času trajanja zagona zmanjša na nazivno vrednost.

⁴ Ta imajo tudi funkcijo stikala, torej vklopa in izklopa motorja.

⁵ Pomemben je tudi vklopni tok, vrsta vklopa, način vklopa, čas trajanja zagona, pogostost vklopov in druge posebnosti.

⁶ Izkoristek je odvisen od konstrukcije in velikosti motorja. Za motorje manjših moči se giblje okoli 0,8 do 0,85. Iz podatka razberemo, da se 80 – 85 % el. moči pretvori v koristno mehansko moč 15 – 20 % pa predstavlja izgube zaradi segrevanja, trenja, magnetenja ...

⁷ Ker ima motor zaradi magnetenja tudi induktivno upornost je delavnost toka manjša od 1 (okoli 0,8 do 0,9).

Število polovih parov p	1	2	3	4	5	6
Število polov	2	4	6	8	10	12
Sinhronski vrtljaji ¹ n_s	3000	1500	1000	750	600	500
Okvirni asinhronski vrtljaji rotorja n_r	2850	1425	950	710	560	480

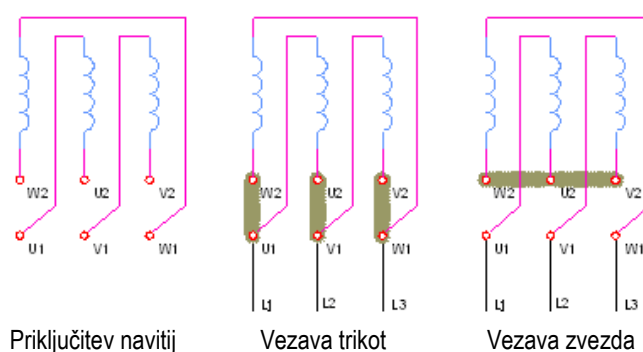
- **Vrtljaji rotorja** so manjši od sinhronskih vrtljajev za slip. $n_r = \frac{60 \cdot f}{p} \cdot (1 - s)$ [vrt/min]. $s \dots$ slip²
- Motorji s preklopljivim številom polov imajo naviti dve ali tri navitja (za dve ali tri hitrosti vrtenja).
- Desna smer vrtenja pomeni vrtenje v smeri urinega kazalca, če gledamo motor s čelne strani pogonske osi. **Smer vrtenja spremenimo, če na priključnih sponkah zamenjamo katerakoli dva fazna vodnika med seboj.**
- **Pred priključitvijo preglejmo napisno ploščico in ugotovimo ali smemo v vezavi trikot priključiti na medfazno napetost 400 V. Če ne, ga lahko priključimo le v vezavo zvezda³.**
- Nazivna moč motorja je dejansko oddana moč (mehanska moč na gredi), ki je manjša od prejete električne moči za izkoristek motorja.

10.2.4 Označevanje sponk v priključni omarici motorja po IEC priporočilih

Običajen trifazni motor ima tri fazna navitja. Navitje prve faze imenujemo s črko U, navitje druge faze s črko V, in navitje tretje faze s črko W. Ker ima vsako navitje začetek in konec, so začetki označeni s številko 1 konci pa s številko 2⁴.

Konci faznih navitij U2, V2 in W2 so v priključni omarici elektromotorja na priključne sponke priključeni zamaknjeno zato, da lahko z veznimi ploščicami povežemo navitja v trikot vezavo (Slika 1).

V praksi najdemo še veliko motorjev s starimi oznakami. Ekvivalentne oznake razberemo iz tabele.



Priključitev navitij

Vezava trikot

Vezava zvezda

Slika 1: Označevanje sponk in priključitev v priključni omarici AM motorja

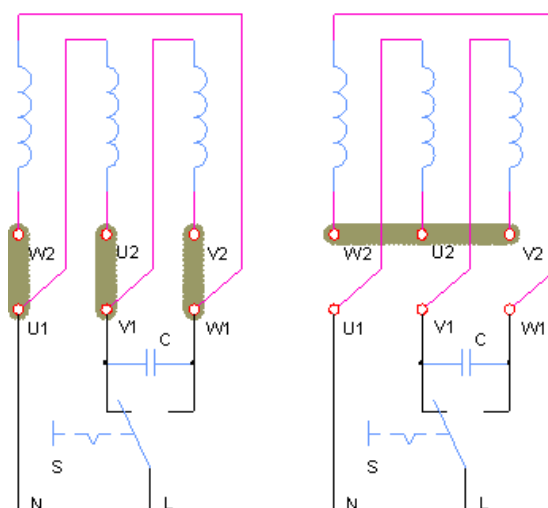
	Začetki faznih navitij			Konci faznih navitij		
Nove oznake	U1	V1	W1	U2	V2	W2
Stare oznake	U	V	W	X	Y	Z

10.2.5 Prikllop trifaznega elektromotorja na enofazno napetost

Če že imamo trifazni elektromotor in ga želimo priključiti na enofazno napetost, ga priključimo po shemi (Slika 2). Pri zagonu ima motor veliko slabši navor. Pri obratovanju pa okoli 80 % trifazne nazivne moči.

Če ga priključimo na enofazno napetost 230 V, mu moramo prigraditi kondenzator vrednosti, ki jo izračunamo po enačbi: $C = 75 [\mu F] \cdot P_n [kW]$.

S stikalom lahko tudi spreminjamo smer vrtenja



Slika 2: Priključitev trifaznega AM na enofazno napetost

¹ S takšno hitrostjo se vrti vrtilno magnetno polje v statorju motorja.

² Okoli 5 %.

³ Zagon zvezda-trikot ni dopusten.

⁴ Pri motorjih z več navitji so dodane številke 1, 2, 3 pred črke (npr. 1U, 2U).

11 Merjenje porabe električne energije

Porabo električne energije merimo z električnim števcem delovne energije¹. V enofaznem tokokrogu uporabljamo enofazni, v trifaznem tokokrogu pa trifazni števec. Oba sta lahko enotarifna ali dvotarifna. Enotarifni števec meri vso porabljeno električno energijo skupaj, dvotarifni pa višjo tarifo (dražjo energijo) posebej in nižjo tarifo (cenejšo energijo) posebej.

Pri običajnem dvotarifnem merjenju, moramo poleg števca imeti tudi ustrezno stikalno uro, ki krmili dvotarifni števec (vklop višje ali nižje tarife). Nabavni stroški za nakup dvotarifnega števca in ure se povrnejo in obrestujejo le, če ta način merjenja smotrno uporabljamo (večjo porabo električne energije načrtujemo ob nižji tarifi), v nasprotnem primeru se znesek za porabljeno električno energijo lahko celo poveča glede na enotarifno merjenje.

Poleg porabljene električne energije moramo plačevati tudi priključno (naročeno) moč. Ta se določi glede na velikost glavnih varovalk. Za povprečno gospodinjstvo je dovolj 25 A varovalka. V konkretnem primeru je potrebno narediti izračun². Če je varovalka predimenzionirana, jo mora elektrodistributer na željo lastnika stanovanja zamenjati.

Stikalna ura, glavna varovalka in števec so pri večstanovanjskih zgradbah nameščeni v etažnem razdelilniku. Pri enostanovanjski hiši pa sta lahko števec in stikalna ura nameščena v glavnem razdelilniku poleg varoval za posamezne tokokroge in drugih elementov ali v priključno-merilni omarici na fasadi zgradbe. Uporabnik ne more prosto dostopati do glavne varoval

¹ Jalovo energijo merimo in jo plačujemo le tam, kjer je $\cos \varphi$ slabši od 0,95, to je tam kjer imamo motorske pogone in druge induktivne porabnike, ki delavnost toka poslabšajo.

² Velikost varovalke izračuna projektant in jo odobri elektrodistributer na podlagi prošnje za elektroenergetsko soglasje.

