

Osijek, 2023.

Vladimir Rodeš

ELEKTRIČNE INSTALACIJE

Priručnik za polaznike

ELEKTRIČNE INSTALACIJE

Priručnik za polaznike

Algebra d.o.o.

Osijek, 2023.

Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost RCK ELPROS.



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.

IMPRESUM

Autor: **Vladimir Rodeš**

Urednica i stručnjakinja za metodologiju izrade nastavnih materijala: **Sara Sharifi**

Recenzent: **Tihomir Biškupić**

Grafičko oblikovanje: **BARREK d.o.o.**

Lektorica: **Sara Sharifi**

Naslov: **Elektroinstalacije** (priručnik za polaznike u programu obrazovanja za stjecanje djelomične kvalifikacije „Pomoćnik u izvedbi električnih instalacija“ – obrazovanje odraslih, razina 2 i 3 HKO)

Nakladnik i nositelj prava: **Elektrotehnička i prometna škola Osijek**

Odgovorna osoba: **ravnatelj Antun Kovačić, dipl. ing. el.**

Mjesto i godina izdanja: **Osijek, 2023.**

Za više informacija:

Elektrotehnička i prometna škola Osijek

Istarska 3

31000 Osijek

E-mail: ured@ss-elektrotehnicka-prometna-os.skole.hr

Regionalni centar kompetentnosti ELPROS

Osijek, 2023.

Elektrotehnička i prometna škola Osijek nositelj je isključivog prava iskorištavanja ovog autorskog djela za područje zemalja EU, vremenski i sadržajno neograničeno, a koje pravo osobito, ali ne isključivo, obuhvaća imovinska prava autora i to pravo reproduciranja (pravo umnožavanja), pravo distribucije (pravo stavljanja u promet), pravo priopćavanja autorskog djela javnosti uključujući i pravo objavljivanja na bilo kojem mediju i u bilo kojem formatu, kako onima koji su danas poznati, tako i onima koji će postati poznati pravo prerade. Pojedina imovinska autorska prava treća osoba može steći isključivo na temelju pisane suglasnosti Elektrotehničke i prometne škole Osijek.

Sadržaj:

Uvod	6
1. Alati, elementi i vodovi za izvođenje električnih instalacija.....	7
1.1. Elektroinstalacijski alat i oprema	8
1.2. Pojam i podjela električnih instalacija	9
1.3. Opće karakteristike električnih instalacija (Ibid., str. 16).....	12
1.4. Karakteristike opskrbe (Ibid., str. 16)	12
1.4.1. Naponska područja.....	13
1.5. Vrste sustava za napajanje (Ibid., str. 17)	14
1.6. Vrste instalacijskih strujnih krugova	14
1.7. Vrste razdjelnih sustava.....	15
1.7.1. Izmjenični razdjelni sustavi niskog napona	16
1.8. Stručni termini – primjeri	18
1.9. Tehnička regulativa, grafički simboli i sheme	21
1.10. Izvedbe električnih instalacija (električnih razvoda)	25
1.11. Elementi električnih instalacija.....	27
2. Električni vodovi i kabeli.....	29
2.1. Električni vodovi.....	30
2.2. Označavanje energetske vodova	32
2.3. Označavanje žila izoliranih vodova i kabela	32
2.4. Označavanje izoliranih i kabela vodova.....	34
2.4.1. HRN norme.....	34
2.4.2. Označavanje izoliranih i kabela vodova prema CENELEC-u	38
2.4.3. DIN - VDE standard označavanja	40
2.5. Primjeri električnih vodova i kabela – upute za izbor voda i polaganje (Ibid., str. 50)	42
2.6. Elektroinstalacijske cijevi i pribor	46
2.7. Instalacijske kutije.....	51
3. Polaganje vodova i kabela.....	53
3.1. Polaganje cijevi i vodova	54
3.2. Nadžbukno polaganje cijevi.....	55
3.3. Polaganje cijevi ili razvoda u beton.....	56
3.4. Uvlačenje vodova u cijevi i priprema za spajanje	58
3.5. Opće preporuke za polaganje električnih razvoda (cijevi i vodova)	58

3.6. Tipovi električnih razvoda.....	62
4. Spajanje vodova i kabela	68
4.1. Spajanje vodiča - općenito	69
4.2. Primjeri spajanja vodiča u električnim instalacijama (Ibid., str. 89, 90).....	70
5. Montaža elemenata električnih instalacija.....	77
5.1. Priključne naprave (Ibid., str. 97).....	78
5.2. Instalacijske sklopke - jednopolne i dvopolne sklopke	79
5.3. Spojevi ostalih instalacijskih sklopki (Ibid., str. 104).....	81
5.4. Stubišni automati	82
5.5. Impulsni (ili bistabilni) relej	83
5.6. Regulatori svjetla (rasvjete).....	83
5.7. Senzori pokreta (IC senzori)	84
5.8. Zaštita električnih instalacija i naprava	85
5.8.1. Niskonaponski rastalni (topljivi) osigurači (Ibid., str. 133).....	85
5.8.2. Osigurački sustavi D i D0.....	87
5.8.3. Instalacijski automatski prekidači (Ibid., str. 141)	89
5.8.4. Prenaponi u električnim instalacijama - zaštita od prenapona	91
5.9. Zaštitne mjere kod primjene električne energije	93
5.9.1. Djelovanje električne struje na ljudsko tijelo	93
5.9.2. Impedancija ljudskog tijela i naponi dodira	94
5.9.3. Izvori opasnosti	95
5.9.4. Uzemljenja	95
5.9.5. Zaštita od udara električne struje.....	96
5.9.6. Zaštita od izravnog dodira ili osnovna zaštita	97
5.9.7. Zaštita od neizravnog dodira automatskim isključenjem napajanja	98
5.9.8. Zaštita automatskim isključenjem opskrbe u TN sustavu	100
5.9.9. Zaštita od neizravnog dodira automatskim isključenjem opskrbe u TT sustavu ..	101
5.9.10. Ostale zaštitne mjere	102
5.9.11. Usklađivanje električne opreme i zaštitnih mjera.....	102
5.9.12. Strujna zaštitna sklopka (ZUDS, FID, RCD).....	103
5.9.13. Izvedbe uzemljenja te zaštitni vodiči i zemljovodi.....	106
5.10. Razvodni uređaji.....	109
5.10.1. Razdjelnici stambene zgrade.....	110
5.11. Električna instalacija u stanu - razdjelnik stana (ili kuće).....	110
5.12. Električne instalacije u kupaonici	112
5.13. TK instalacije (ili ICT instalacije)	114
5.13.1. TK vodovi	114
5.13.2. Instalacije kućne signalizacije, zvonice i portafoni	119

5.14. Inteligentni sustavi upravljanja – KNX/EIB instalacijski sustav	121
5.14.1. Instalacija KNX sustava.....	122
5.14.2. DALI inteligentni sustav rasvjete	125

Uvod

Izgradnja sve većih i kompleksnijih stambenih i poslovnih prostora te razvoj industrije, obrtništva, poljoprivrede, turizma i dr., zahtijeva i sve veće potrebe za električnom energijom, a time i potrebe za elektroinstalaterskom strukom. Svrha je ovog priručnika osposobljavanje kandidata za stjecanje djelomične kvalifikacije pomoćnik/pomoćnica u izvedbi električnih instalacija.

Priručnik je podijeljen na nekoliko tematskih cjelina. U prvome dijelu priručnika opisani su osnovni pojmovi iz električnih instalacija, stručni termini i tehnički propisi, u drugom električni vodovi s elementima za postavljanje i spajanje, u trećem postavljanje vodova, u četvrtom spajanje vodova te u petom konkretne izvedbe električnih instalacija.

Zahvaljujem recenzentima, lektoru, urednicima i posebno kolegama iz „Elektrotehničke i prometne škole Osijek“ na stručnim sugestijama koji su mi pomogli u razrješavanju dilema oko materijala u priručniku.

Zagreb, 2023.

Vladimir Rodeš, dipl. ing. elektrotehnike

1. Alati, elementi i vodovi za izvođenje električnih instalacija

NAKON OVOG POGLAVLJA MOĆI ĆETE:

- koristiti atestirani alat za izvođenje električnih instalacija u skladu s pravilima struke
- objasniti pojam električne instalacije
- nabrojiti opće karakteristike električnih instalacija
- objasniti karakteristike opskrbe (napajanja) električnih instalacija te navesti naponska područja za instalacije u zgradama
- objasniti značajke niskonaponskih izmjeničnih sustava električne razdiobe
- prepoznati najčešće korištene stručne termine u električnim instalacijama
- objasniti važnost tehničke regulative
- prepoznati osnovne grafičke simbole za električne naprave koje se češće upotrebljavaju u električnim instalacijama
- prepoznati važnost električnih shema i nacрта za elektrotehničku praksu
- nabrojiti najvažnije elemente ili naprave koje upotrebljavamo kod izvođenja električnih instalacija
- odabrati i označiti vodove, kabele i ostali instalacijski materijal
- navesti tipove električnih razvoda prema načinu postavljanja vodova te preporučena mjesta primjene.

1.1. Elektroinstalacijski alat i oprema

Prije praktičnog dijela osposobljavanja, potrebno je:

- odabrati alate i objasniti uporabu za rad na siguran način
- objasniti uporabu jednostavnijih instrumenata i drugih pomagala u praktičnom radu
- objasniti jednostavnije sheme spajanja te ispitivanja neprekidnosti vodiča.

Svaki praktični zadatak prolazi sljedeće faze:

- upoznavanje sa zadatkom te instalacijskim materijalom potrebnim za njegovo izvođenje
- proučavanje nacrtu ili shema spajanja i/ili priključivanja
- provjera opreme i alata koji će se koristiti
- montaža elemenata te polaganje i spajanje vodova i ožičenje svih naprava
- kontrola svih spojeva
- priključivanje električne instalacije i provjera funkcionalnosti
- završetak rada, pospremanje opreme i alata te čišćenje radnog prostora.

Tijekom praktične nastave pridržavajte se svih propisanih mjera za rad na siguran način i obvezno koristite odgovarajuća osobna zaštitna sredstva (npr. prikladnu radnu odjeću, zaštitne rukavice, zaštitne naočale, zaštitnu kacigu itd.).

Posebno je važno da tijekom radova:

- ne dirate neizolirane dijelove uređaja ili opreme pod naponom
- nikada ne rastavljate ili mijenjate spojeve dok je sklop pod naponom.

Prije početka rada u beznaponskom stanju u električnim postrojenjima potrebno je osigurati mjesto rada primjenom pet pravila sigurnosti prema sljedećem redoslijedu:

- isključiti i vidljivo odvojiti postrojenje od napona
- spriječiti ponovo uključivanje
- utvrditi beznaponsko stanje
- izvesti uzemljenje i kratko spajanje te

- ograditi mjesta rada od dijelova pod naponom.

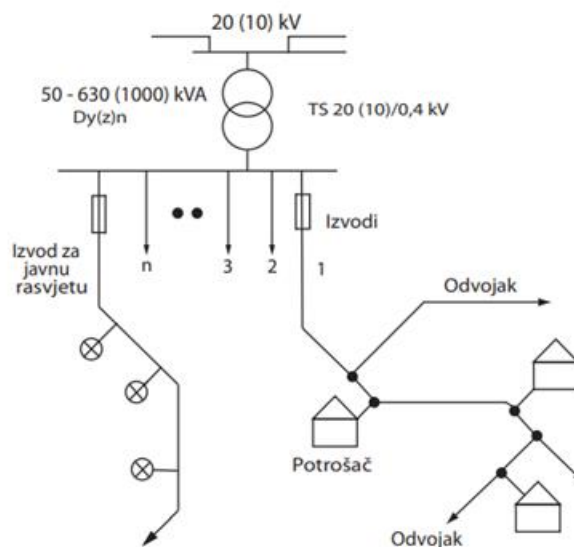
VAŽNO!

Niskonaponske instalacije koje nemaju dvostrano napajanje (najčešće) ne treba uzemljiti niti vodiče kratko spojiti na mjestu rada. Prije radova dovoljno je sljedeće:

- odvojiti ih od napona prekidačem, sklopkom ili vađenjem uložka osigurača,
- blokirati uključivanje i
- provjeriti beznaponsko stanje.

1.2. Pojam i podjela električnih instalacija

Za objašnjenje pojma električne instalacije treba prvo objasniti pojam niskonaponske električne mreže. Niskonaponskom mrežom smatramo strujne krugove nazivnog napona do 1000 V izmjenične struje od izvora (TS 20/0,4 kV) do potrošača, odnosno od niskonaponske strane transformatorske stanice do kućnog priključnog ormara (vidi sliku 1.1)



Slika 1.1. Struktura niskonaponske mreže (rad autora)

VAŽNO!

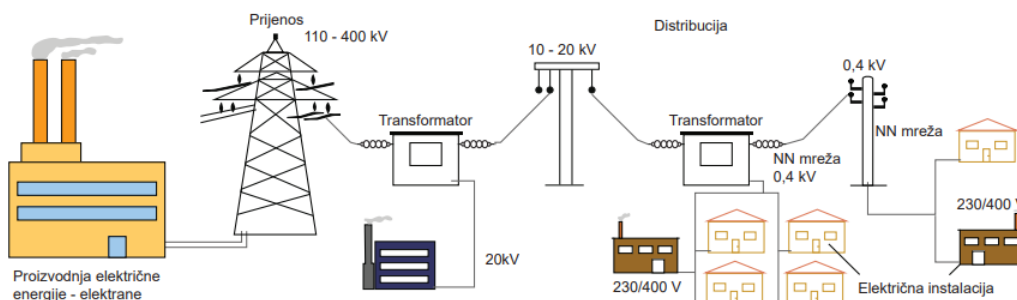
Niskonaponska strana transformatora 20 (10)/0,4 kV uvijek je spojena u zvijezdu (oznaka „y“) ili eventualno u slomljenu zvijezdu (tzv. cik-cak; oznaka je „z“).

Što je zapravo električna instalacija?

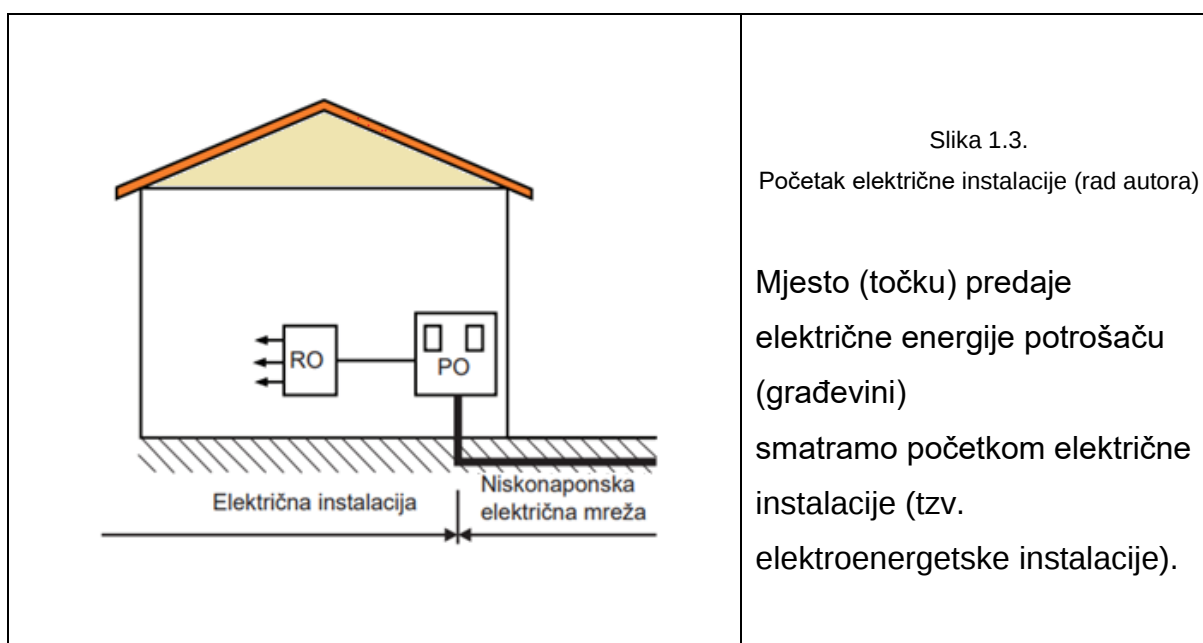
Prema IEC-u (engl. *International Electrotechnical Commission*) **električne instalacije** definirane su kao skup međusobno povezane električne opreme niskog napona u određenom prostoru s usklađenim karakteristikama i određenom namjenom.

Električna instalacija kao dio građevine obuhvaća:

- strujne krugove opskrbljivane naponima do 1000 V izmjenične struje ili do 1500 V istosmjerne struje
- strujne krugove koji rade pri naponima iznad 1000 V dobivenim iz električne instalacije napona do 1000 V izmjenične struje (npr. rasvjeta s izbojnim izvorima svjetla)
- sustave električnih razvoda koji nisu obuhvaćeni posebnim normama za aparate
- električne instalacije izvan građevine, a koje s građevinom čine tehničko-tehnološku cjelinu
- trajne sustave razvoda za komunikacijsku i informacijsku tehniku, signalizaciju, upravljanje, vatrodojavu i slično (izuzimajući aktivne komponente tih sustava te njihovo unutarnje ožičenje).



Slika 1.2. Električne instalacije kao dio elektroenergetskog sustava (rad autora)



S obzirom na područje primjene i primijenjene napone, električne instalacije obično dijelimo u tri veće grupe (Rodeš, 2019: str. 15):

- 1. Elektroenergetske instalacije niskih napona u zgradama**, za izmjenične napone do **250 V** (prema zemlji), npr. stambene zgrade, industrijske zgrade, javne zgrade, trgovačke zgrade, tvornički zgotovljene zgrade, gradilišta i ostale privremene instalacije, poljoprivredne i vrtlarske zgrade, kamp prikolice, kampovi i slična mjesta te marine
- 2. Elektroenergetske instalacije niskih napona u industriji**, i to za izmjenične napone do **600 V** (prema zemlji) ili istosmjerne napone do **900 V** (za

elektromotorne pogone, elektrotermička i elektrokemijska postrojenja, npr. elektroliza).

- 3. Telekomunikacijske instalacije u zgradama** čiji napon među vodičima ili prema zemlji ne prelazi **50 V** izmjenične, odnosno **120 V** istosmjerne struje.

1.3. Opće karakteristike električnih instalacija (Ibid., str. 16)

U opće karakteristike električnih instalacija ubrajamo:

- karakteristike opskrbe ili napajanja (uobičajena je opskrba iz javne niskonaponske mreže),
- vrstu sustava za napajanje (opći, sigurnosni i pomoćni),
- vrstu instalacijskoga strujnog kruga (opći i posebni strujni krugovi),
- tip razdjelnog sustava,
- usklađenost opreme i
- održavanje električnih instalacija.

1.4. Karakteristike opskrbe (Ibid., str. 16)

Električne (elektroenergetske) instalacije se uglavnom električnom energijom opskrbljuju iz **javne niskonaponske električne mreže**. Pod karakteristikama opskrbe (ili napajanja) podrazumijevamo osnovne električne podatke koje moramo poznavati kako bismo dimenzionirali elemente električnih instalacija, odnosno:

- vrstu struje i frekvenciju
- nazivni napon
- vršno opterećenje
- predviđenu jakost struje kratkog spoja priključka (I_u i I_k)
- impedanciju petlje zemljospoja dijela sustava izvan instalacije
- tip i karakteristike nadstrujne zaštitne naprave na početku instalacije.

Navedene se karakteristike određuju proračunom, mjerenjem, upitom ili istraživanjem, i to za glavnu opskrbu, kao i za opskrbu tzv. sigurnosnog i/ili pomoćnog napajanja.

1.4.1. Naponska područja

Prema tehničkoj regulativi, za instalacije u zgradama razlikujemo dva naponska područja:

- **Naponsko područje I** obuhvaća:
 - instalacije u kojima se zaštita od strujnog udara postiže primjenom dovoljno niskog (malog) napona
 - instalacije u kojima je visina napona ograničena iz funkcionalnih razloga (npr. telekomunikacije, signalizacija, alarmni sustavi itd.).
- **Naponsko područje II** obuhvaća:
 - instalacije za kućanstva, trgovine, javne ustanove, industriju i slično.

Tablica 1.1. Naponski opsezi izmjeničnih (AC) sustava

Naponsko područje	Uzemljeni sustavi		Izolirani ili posredno uzemljeni sustavi
	Napon između faze i zemlje (V)	Napon između faza (V)	Napon između faza (V)
I	$U \leq 50$	$U \leq 50$	$U \leq 50$
II	$50 < U \leq 600$	$50 < U \leq 1000$	$50 < U \leq 1000$

U - nazivni napon instalacije (efektivna vrijednost)

Napomena: ako u izoliranim sustavima vodimo i neutralni vodič, izolacija opreme svejedno mora biti dimenzionirana za linijski napon.

Tablica 1.2. Naponski opsezi istosmjernih (DC - bez valovitosti) sustava

Naponsko područje	Uzemljeni sustavi		Izolirani ili posredno uzemljeni sustavi
	Napon između pola i zemlje (V)	Napon između polova (V)	Napon između polova (V)
I	$U \leq 120$	$U \leq 120$	$U \leq 120$
II	$120 < U \leq 900$	$120 < U \leq 1500$	$50 < U \leq 1500$

U - nazivni napon instalacije

Napomena: Ovo razvrstavanje naponskih područja ne isključuje mogućnost uvođenja međuvrijednosti za neka posebna instalacijska pravila.

Za elektroenergetske instalacije u zgradama najčešće se primjenjuje izmjenični sustav opskrbe u kojem razlikujemo naponsko područje I (do 50 V AC) i naponsko područje II (do 1000 V AC između faza).

1.5. Vrste sustava za napajanje (Ibid., str. 17)

S obzirom na sigurnost i namjenu opskrbe, razlikujemo tri sustava napajanja električnih instalacija:

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

1.6. Vrste instalacijskih strujnih krugova

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

- opće strujne krugove
- posebne strujne krugove.

Posebni strujni krugovi napajaju npr. dizala, kotlovnice, hidrofore itd. (dakle veće i/ili važnije naprave).

1.7. Vrste razdjelnih sustava

Razdjelni sustavi niskog napona (npr. javna niskonaponska električna mreža) određeni su vrstom i brojem vodiča pod naponom te odnosom sustava prema zemlji (Ibid., str. 17). S obzirom na vrstu i broj vodiča pod naponom (najčešće) razlikujemo:

1. izmjenične (AC) sustave:

- jednofazni sustav s dva i/ili tri vodiča
- dvofazni sustav s tri vodiča
- trofazni sustav s tri ili četiri vodiča

2. istosmjerne (DC) sustave:

- s dva vodiča
- s tri vodiča.

Pri izmjeničnim sustavima među vodiče pod naponom (aktivni dijelovi) ubrajamo linijske (fazne) vodiče (L1, L2, L3) i neutralni vodič (N). Prema definiciji tzv. PEN nije aktivni vodič, ali je vodič koji vodi pogonsku struju.

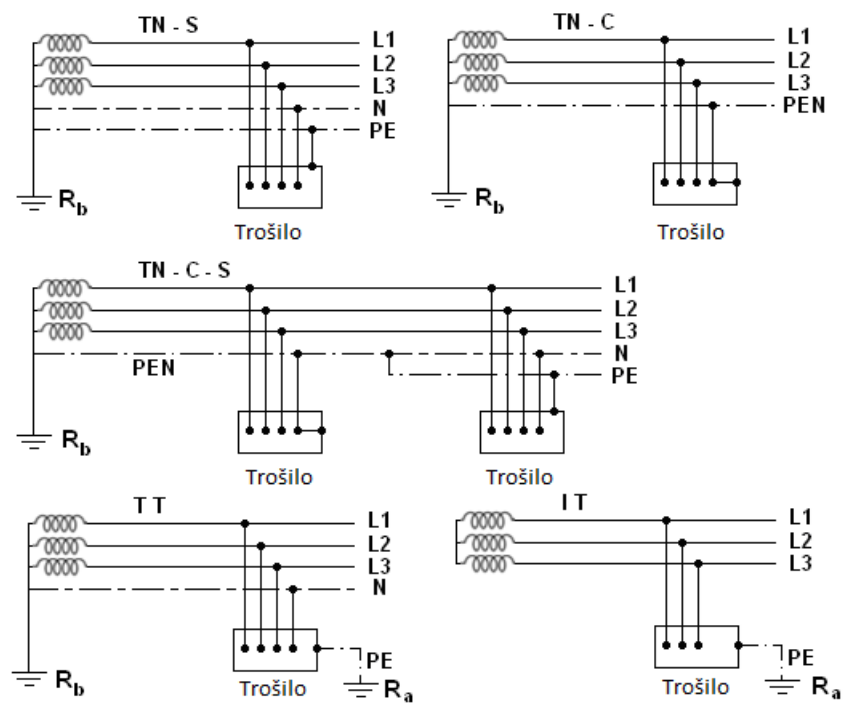
Tablica 1.3. Označavanje pojmih vodova električnih razdjelnih sustava

Vrsta vodiča		Oznaka		
		Slovom	Simbolom	Bojom izolacije
Izmjenični sustav (AC)	Linijski 1	L1 (R)*		Smeđa ili crna ili siva
	Linijski 2	L2 (S)		
	Linijski 3	L3 (T)		
	Neutralni	N		Plava
Istosmjerni sustav (DC)	Pozitivni	L + (P)		Crvena i crna (crna i plava), a za trožilni i smeđa
	Negativni	L - (N)		
	Srednji	M		
Zaštitni vodič		PE (Z)		Obavezno zeleno-žuta
Neutralni sa zaštitnom funkcijom		PEN (P/Z)		Obavezno zeleno-žuta / plava 
Zemlja, uzemljenje		E		

* U zagradama su stare oznake koje ponekad srećemo u praksi

1.7.1. Izmjenični razdjelni sustavi niskog napona

Niskonaponska mreža distribucijska je mreža koja se upotrebljava za razdiobu električne energije od transformatorskih stanica (10/0,4 kV ili 20/0,4 kV) do potrošača, odnosno do trošila. S obzirom na sustav uzemljenja, niskonaponske mreže razlikuju se **prema načinu uzemljenja sekundara transformatora** (10/0,4 kV ili 20/0,4 kV) te **prema načinu uzemljenja potrošača i niskonaponskih instalacija** (Ibid., str. 18). Na slici su pojednostavljene skice izmjeničnih razdjelnih sustava niskog napona, počevši od sekundarne strane transformatora do trošila u instalaciji potrošača.



Slika 1.4. Sustavi niskonaponskih mreža prema uzemljenju sustava (rad autora)

Prvo slovo u oznaci označava odnos električnog razdjelnog sustava prema zemlji:

- **T** - izravni spoj jedne točke sustava sa zemljom (u pravilo je to zvjezdište sekundara transformatora);
- **I** - svi aktivni dijelovi sustava izolirani prema zemlji ili spoj jedne točke sa zemljom preko velike impedancije.

Drugo slovo označava odnos dostupnih vodljivih dijelova električne instalacije prema zemlji:

- **T** - izravni električni spoj dostupnih vodljivih dijelova sa zemljom neovisno od uzemljenja bilo koje točke sustava
- **N** - izravni električni spoj dostupnih vodljivih dijelova s uzemljenom točkom sustava (u sustavima izmjenične struje uzemljena točka energetskog sustava uobičajeno je neutralna točka ili linijski vodič, ako neutralna točka nije raspoloživa).

Sljedeća slova (ako postoje) označuju razmještaj neutralnih i zaštitnih vodiča:

- **S** - zaštitna funkcija osigurana vodičem odijeljenim od neutralnog ili od uzemljenog aktivnog (u sustavima izmjenične struje od uzemljenog linijskog) vodiča;
- **C** - neutralna i zaštitna funkcija objedinjene u jednom vodiču (tzv. PEN vodič).

Prema preporukama IEC-a prednost se daje TN–S sustavu. Treba napomenuti da IT sustav može biti s ili bez neutralnog vodiča. Ako je bez neutralnog vodiča, jednofazna trošila mogu se priključiti samo preko transformatora 400/230 V.

1.8. Stručni termini – primjeri

Uvjet za pravilnu izvedbu električnih instalacija te sigurnost u primjeni električne energije dobro je poznavanje stručnih izraza ili termina. Slijede primjeri (Ibid., str. 21).

Pojna točka električne instalacije - početak električne instalacije, mjesto predaje električne energije u instalaciju.

Potrošač - kupac električne energije koji je nabavlja od nekog isporučitelja električne energije.

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

Razvodni uređaj (ormar) - skup naprava koje služe za razvođenje ili grananje električnih vodiča.

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

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

Niski napon (NN) - razdjelni napon čija je nazivna (efektivna) vrijednost najviše 1000 V (AC) ili 1500 V istosmjerno (DC).

Visoki napon (VN) - napon koji normalno prelazi 1000 V izmjenične struje ili 1500 V istosmjerne struje.

Linijski vodič - vodič u normalnom radu pod naponom, sposoban pridonijeti prijenosu i raspodjeli električne energije, ali koji nije neutralan ili srednji vodič.

Linijski napon, napon između linijskih vodiča - napon između dvaju linijskih vodiča u danoj točki strujnog kruga izmjenične struje.

Napon između linijskog i neutralnog vodiča (uobičajeno **fazni napon**) - napon između linijskog i neutralnog vodiča u danoj točki strujnog kruga izmjenične struje.

Neutralni vodič (N - uobičajeno nula) - vodič (ili stezaljka) električno spojen na neutralnu točku i sposoban pridonijeti raspodjeli električne energije.

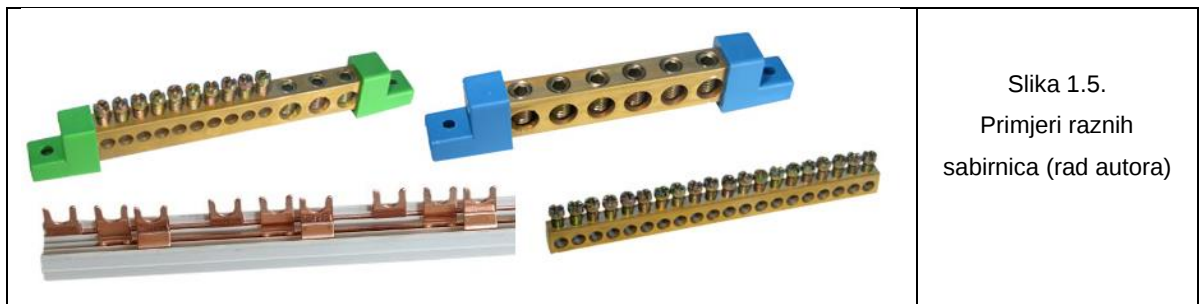
Sabirnica (engl. *Busbar*) - vodič s malom impedancijom na koji se može pojedinačno vezivati više električnih strujnih krugova, odnosno vodiča.

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

PEN vodič - vodič s istodobnim objedinjavanjem funkcija zaštitnog i neutralnog vodiča.

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

Zaštitni kontakt - kontakt u krugu zaštitnog (npr. PE) vodiča, npr. na priključnici.



Električni udar (engl. *Electric shock*) - patofiziološki efekt koji nastaje prilikom prolaza električne struje kroz ljudsko ili životinjsko tijelo.

Kratki spoj (engl. *Short circuit*) - spoj dviju točaka strujnog kruga različitih potencijala sa zanemarivom impedancijom.

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

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

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

Strujni krug – zatvoreni put struje između izvora i trošila.

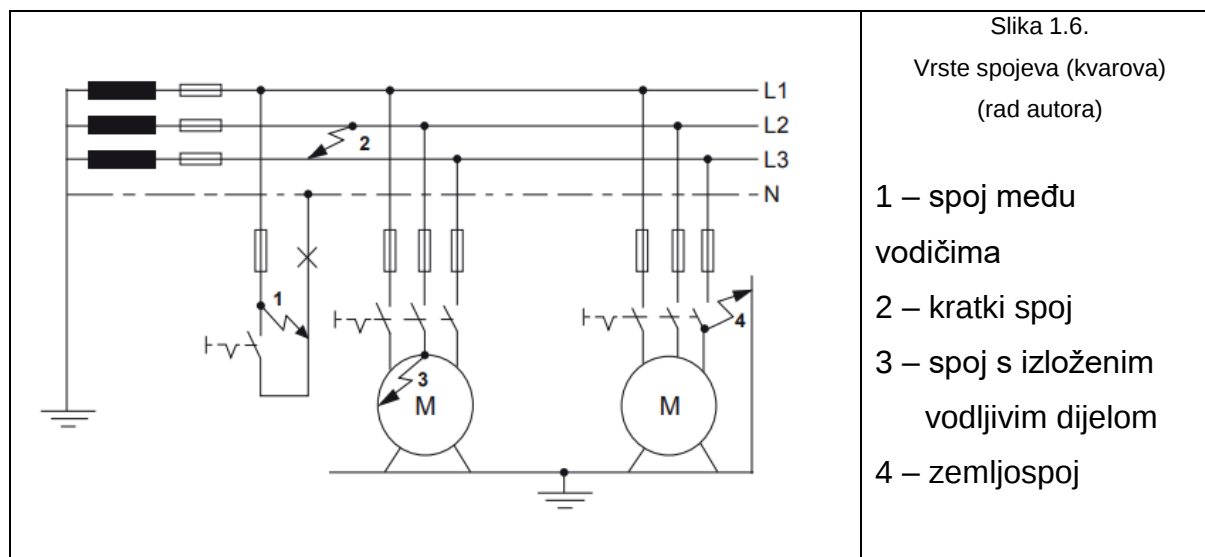
Glavni strujni krug – služi za napajanje opreme koja služi za proizvodnju, prijenos i potrošnju električne energije.

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

Zemlja (engl. *Earth*) - vodljive mase u zemlji kod kojih je električni potencijal u bilo kojoj točki jednak nuli.

Uzemljenje - svi električni spojevi i naprave uključeni u uzemljenje sustava (mreže), instalacije i opreme.

Uzemljivač (engl. *Earth electrode*) - neizolirani vodiči, skupina vodiča ili metalni dijelovi koji leže u zemlji te su s njom u čvrstoj vodljivoj vezi. Dijelovi dovoda do uzemljivača koji leže neizolirani u zemlji smatraju se dijelovima uzemljivača.



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

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

Izravni dodir – dodir ljudi ili životinja s dijelovima koji su u normalnom pogonu pod naponom.

Neizravni dodir – dodir ljudi ili životinja s izloženim vodljivim dijelovima koji su pod napon došli zbog kvara izolacije.

Aktivni dio - svaki vodič ili vodljivi dio predviđen da bude u normalnom pogonu pod naponom, uključujući i N vodič (po dogovoru ne i PEN).

Vodljivi dio - dio koji može voditi električnu struju.

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

Strani vodljivi dijelovi - vodljivi dijelovi koji nisu dio električne instalacije ili pribora. Strani vodljivi dijelovi mogu biti metalni dijelovi u strukturi zgrade, metalni cjevovodi za plin, vodu, grijanje, itd. te vodljivi podovi i zidovi. Uglavnom su na potencijalu zemlje.

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

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

Dodirni napon ili napon dodira (U_d) - napon između istodobno dohvatljivih vodljivih dijelova, odnosno napon koji čovjek (ili životinja) premosti svojim tijelom.

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

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

Dodirna struja – električna struja koja prolazi kroz ljudsko ili životinjsko tijelo kad dodiruju jedan ili više dijelova električne instalacije ili električne opreme.

1.9. Tehnička regulativa, grafički simboli i sheme

Tehnička regulativa skup je pisanih pravila koja se smatraju priznatim pravilima tehnike, a izdaju se u obliku normi, propisa ili drugih sličnih dokumenata.

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

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

Organizacija koja se bavi normizacijom u Hrvatskoj je **Hrvatski zavod za norme (HZN)**. Najvažniji zadatci HZN-a su:

- priprema, prihvata i izdaje hrvatske norme

- održava i vodi registar hrvatskih normi
- predstavlja hrvatsku normizaciju u međunarodnim i europskim normizacijskim organizacijama.

Najpoznatije međunarodne organizacije za normizaciju su:

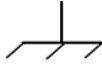
- International organization for standardization - **ISO**
(Međunarodna organizacija za normizaciju)
- International electrotechnical commission - **IEC**
(Međunarodno elektrotehničko povjerenstvo)

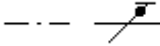
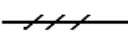
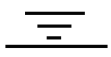
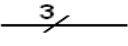
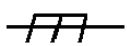
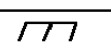
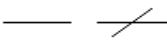
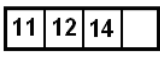
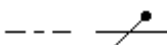
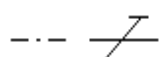
Europske organizacije za normizaciju su (Ibid., str. 21):

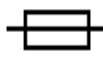
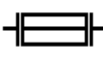
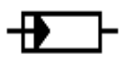
- European Committee for Standardization - **CEN**
(Europski odbor za normizaciju formiran 1961. godine)
- European Committee for Electrotechnical Standardization - **CENELEC**
(Europski odbor za elektrotehničke norme)
- European Telecommunications Standards Institute - **ETSI**
(Europski institut za telekomunikacijske norme)

Jedan od zajedničkog načina izražavanja u električnim instalacijama (i općenito u elektrotehničkoj praksi) su grafički simboli određeni tehničkom regulativom. **Grafički simbol prikazuje napravu ili njezin dio**, i to najčešće na nekoj shemi.

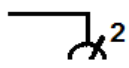
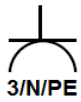
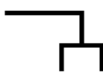
Tablica 1.3. Grafički simboli u električnim shemama – primjeri (Ibid., str. 25)

Uzemljenje, kvarovi			
	Uzemljenje, zemlja		Spoj na masu
	Uzemljenje s podatkom o vrsti uzemljenja, npr. pogonsko		Kvar
	Priključno mjesto zaštitnog vodiča		Izjednačivanje potencijala

Vodovi, priključna mjesta, spojevi, kabelski pribor			
	Vod, općenito		Zaštitno-neutralni vodič (PEN), 1. i 2. oblik
	Gibljivi vod		Vod s tri vodiča, 1. oblik
	Vod u zemlji		Vod s tri vodiča, 2. oblik
	Vod u instalacijskoj cijevi ili kanalu		Kabel, trožilni
	Vod u žbuci		Napajanje vodi dolje
	Vod na žbuci		Razdjelnik, npr. s 5 izvoda
	Vod ispod žbuke		Spoj 2 ili više vodiča
	Aktivni vodiči, 1. i 2. oblik (L1, L2, L3)		Priključna mjesta, stezaljke
	Neutralni vodič (N), 1. i 2. oblik		Odvojna instalacijska kutija
	Zaštitni vodič (PE), 1. i 2. oblik		Kućni priključni ormarić

Osigurači, zaštitne naprave			
	Osigurač, općenito		Zaštitni automat, automatski prekidač
	Osigurač velike prekidne moći, NH osigurač		Automatski instalacijski prekidač s elektromagnetskim i bimetalnim okidačem
	Odvodnik prenapona, naponski osigurač		Motorska zaštitna sklopka, trolejna

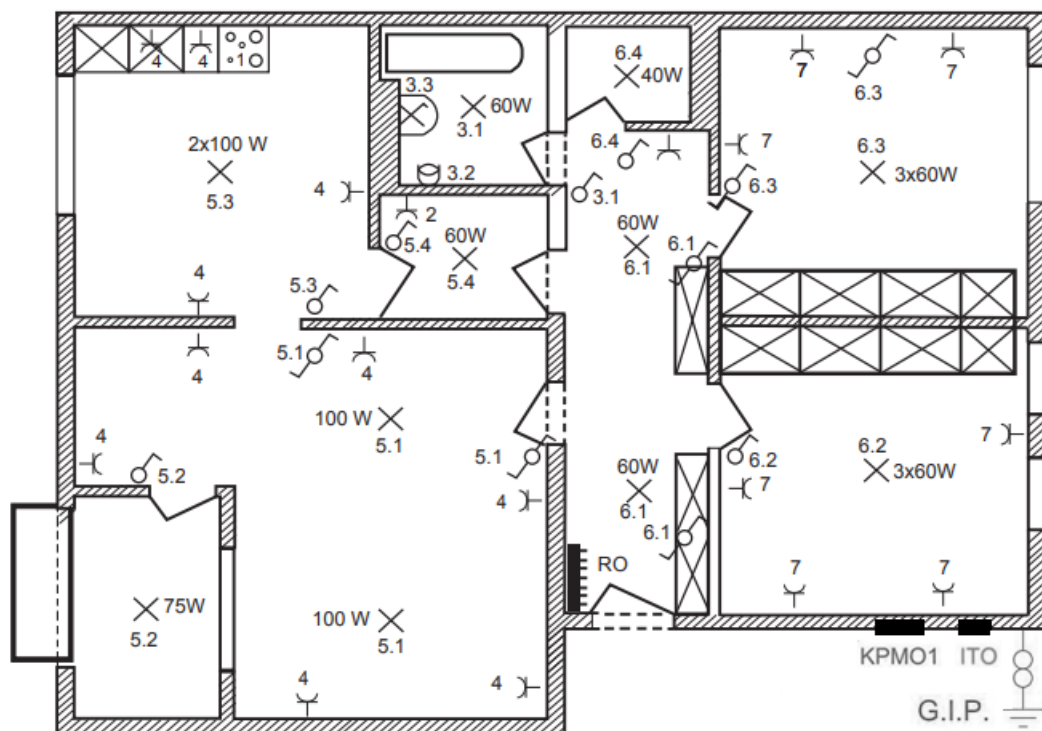
	Zaštitna strujna sklopka, četveropolna		Zaštita sa samostalnim okidačem
---	--	---	---------------------------------

Utičnice, priključnice			
	Utičnica, opći simbol		Isklopiva utičnica
	Višestruka utičnica, npr. dvojna		Blokirajuća utičnica
	Utičnica sa zaštitnim kontaktom		Utičnica s rastavnim transformatorom
	Trofazna utičnica, peteropolna		Telekomunikacijska utičnica, opći simbol; TP – telefon, TV - televizija
	Utičnica s poklopcem		Antenska utičnica
Sklopke, tipkala			
	Jednopolna sklopka		Križna sklopka
	Jednopolna s ograničenim uklopnim vremenom		Zamračivač (dimmer)
	Dvopolna sklopka		Jednopolna potezna sklopka
	Jednopolna serijska sklopka		Sklopka sa signalizacijom
	Jednopolna grupna sklopka		Tipkalo
	Jednopolna izmjenična sklopka		Svjetleće tipkalo

Električne sheme su razni crteži na kojima, uz pomoć simbola, prikazujemo neki aparat, sklop ili dio sklopa. Tehnička regulativa predviđa razne vrste shema, npr. strujnu shemu, principijelnu shemu, shemu spajanja aparata, priključni plan, plan mreža, plan instalacija itd. (Ibid., str. 34).

VAŽNO! Za električne instalacije posebno su važni planovi instalacija koje, vrlo često, nazivamo nacrtom instalacije.

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



Slika 1.7. Nacrt električne instalacije stana – (KPMO 1- kućni priključni energetska ormarica; ITO – izvodni telekomunikacijski ormarica; GIP – glavno izjednačivanje potencijala) (rad autora)

1.10. Izvedbe električnih instalacija (električnih razvoda)

Na izvedbu električne instalacije, odnosno na tip električnog razvoda, utječu vanjski utjecaji, vrste, snaga, broj i raspored trošila, važnost opskrbe, način gradnje objekta

(materijali) i drugo. Prema HRN normama za odabir tipa ožičenja (razvoda) i metoda instaliranja mora se u obzir uzeti sljedeće:

- vrsta prostora
- vrsta zidova ili drugih dijelova građevine
- dostupnost ožičenja osobama i domaćim životinjama
- napon
- elektromagnetske smetnje
- elektromehanička naprezanja koja se mogu pojaviti zbog struja zemljospoja i kratkog spoja
- druga naprezanja kojima može biti podvrgnuto ožičenje tijekom ugradnje električne instalacije ili kasnije u pogonu.

U sljedećoj tablici navedeni su osnovni tipovi električnih razvoda prema načinu postavljanja vodova te preporučena mjesta primjene.

Tablica 1.4. Tipovi električnih razvoda prema načinu postavljanja vodova

Tip električnog razvoda	Primjena (objekt, prostor)	Naročito preporučena primjena
Vodovi u instalacijskim cijevima (u ili na zidu)	Stambeni, industrijski, poslovni, električne pogonske prostorije	Stambeni i slični prostori (npr. uredi)
Podne instalacije	Stambeni, industrijski, poslovni i električne pogonske prostorije	Industrijski i poslovni prostori
Vodovi u žbuci (bez cijevi)	Stambeni i poslovni prostori	Stambeni prostori
Instalacije u stropovima	Stambeni, industrijski i poslovni prostori	Poslovni prostori

Međukatne instalacije	Industrijski, poslovni, električne pogonske prostorije	Poslovni prostori i električne pogonske prostorije
Nadžbukne instalacije (na odstoynim obujmicama)	Industrijski, poslovni, poljoprivredni, električne pogonske prostorije	Industrijski prostori
Instalacije na nosivim konstrukcijama	Industrijski, poljoprivredni, električne pogonske prostorije	Industrijski prostori i električne pogonske prostorije
Kanalni razvod	Industrijski, poslovni i poljoprivredni prostori	Industrijski prostori
Vodovi na nosivom užetu (ili samonosivi vodovi)	Industrijski i poljoprivredni prostori	Poljoprivredni prostori

Koja će se vrsta voda ili kabela koristiti, ovisi o tipu razvoda, npr.:

- goli vodiči - samo pričvršćeni na izolatorima (npr. kanalni razvod)
- izolirani vodiči - u cijevima, kanalima ili na izolatorima
- kabeli - primjereni za sve tipove razvoda.

1.11. Elementi električnih instalacija

Kod izvođenja električnih instalacija koristimo raznu električnu opremu, uređaje i materijale. Tip i vrsta opreme, prije svega, ovisi o tipu instalacije (npr. elektroenergetska ili telekomunikacijska), utjecajima okoline, zahtjevima korisnika itd. (Ibid., str. 36).

Osnovne elemente električnih instalacija možemo podijeliti u sljedeće grupe:

- električni vodovi (s priborom za postavljanje i spajanje)
- priključne naprave (priključnice, utikači...)
- sklopke i prekidači
- zaštitni uređaji (automatski prekidači, osigurači, zaštitne sklopke...)
- razvodni uređaji (razdjelnici, priključni ormari...)
- svjetiljke (s opremom)
- mjerna oprema (npr. brojila, MTU prijamnici...).

Ovakva je podjela samo uvjetna jer se kod izvođenja instalacija koristi i razna druga oprema i materijali, ali nam ipak daje cjelokupan pregled osnovnih elemenata električnih instalacija.

2. Električni vodovi i kabele

NAKON OVOG POGLAVLJA MOĆI ĆETE:

- objasniti pojam električnog voda te nabrojiti opće dijelove voda
- opisati sastavne elemente električnog voda, navesti materijale i presjeke vodiča, izvedbe vodiča te materijale izolacije i plašta
- imenovati i usporediti prema električnim svojstvima međusobno sve materijale od kojih je vod izrađen
- prepoznati način označavanja vodova prema standardima HRN, CENELEC te DIN i VDE
- objasniti oznaku bilo kojeg električnog voda označenog prema odgovarajućem standardu
- navesti najčešće upotrebljavane izolirane i kabele vodove u električnim instalacijama
- odrediti potrebni presjek vodiča s obzirom na način polaganja voda
- navesti ulogu instalacijskih cijevi, instalacijskih kutija i ostalog pribora za postavljanje cijevi i vodova
- koristiti načine postavljanja cijevi i vodova u zid, na zid i beton
- koristiti opće upute, pravila ili preporuke za postavljanje razvoda
- objasniti značenje sigurnog i pouzdanog spajanja vodiča
- navesti načine spajanja vodiča međusobno i na razne aparate te objasniti postupke provjere spoja.

2.1. Električni vodovi

Električni vod skup je elemenata sastavljenih od vodiča, izolatora i drugog pribora koji su izolirani jedan od drugog, kao i od zemlje i od drugih konstrukcijskih dijelova, a služe za prijenos električne energije s jedne točke mreže ili instalacije na drugu. Vod se sastoji od sljedećih dijelova (Ibid., str.40):

- vodič(i)
- izolacija
- slojevi za zaštitu vodiča i izolacije
- pribor i materijal za postavljanje, spajanje, završavanje te mehaničku i električnu zaštitu.

Vodič je osnovni element električnog voda čiji je zadatak voditi električnu struju. Za potrebe instalacija vodiči su najčešće od bakra, a rjeđe od aluminija. Električna provodnost bakra je $5,96 \times 10^7$ (S/m) na 20°C. Aluminij ($3,5 \times 10^7$ S/m na 20°C) kao vodič u instalacijama koristimo u posebnim slučajevima, npr. niskonaponski kabeli ili gromobranska instalacija. Čelik se najčešće koristi za uzemljivače te također vodiče vanjskog sustava za zaštitu od munje (engl. *Lightning Protection System*, LPS).

JESTE LI ZNALI?

Bakar je crvenkasto-smeđi metal, poslije srebra najbolji vodič topline i elektriciteta. Najčešće se koristi za izradu električnih vodiča, tj. za izradu vodova i kabela, za namota električnih strojeva, dijelova električnih aparata, transformatora itd.

Aluminij je srebrnasto-sivi metal koji je puno lakši od bakra. U elektrotehnici aluminij najčešće služi za izradu kablskih vodiča te vodiča dalekovoda.

Željezo je sivi metal na svježem presjeku koji se može lako kovati i variti. Primjena željeza je prvenstveno u obliku raznih vrsta čelika, a posebno su interesantni nehrđajući čelici.

Presjeci energetskih vodiča normirani su i iznose: **0,5 – 0,75 – 1 – 1,5 – 2,5 – 4 – 6 – 10 – 16 – 25 – 35 – 50 – 70 – 95 – 120 – 150 – 185 – 240 – 300 – 400 – 500 mm²** (ponekad i više).

Vodič se uglavnom sastoji od jedne ili više žica. Ako je jedna žica, govorimo o **punom (masivnom)** vodiču, a ako ih je više o **višežičnom** vodiču. Vodič od više žica često se naziva se uže ili uzica.

Presjek vodiča može biti različitih oblika, a najčešći su **kružni, sektorski i šuplji**. Presjeci od 0,5 i 0,75 mm² izrađuju se samo kao sukani. Presjeci od 1 do 16 mm² (uključujući i 16 mm²) izrađuju se kao puni i kao sukani. Vodiči presjeka iznad 16 mm² izrađuju se samo kao sukani zbog *skin*-efekta i lakšeg polaganja.

Izolacija razdvaja vodiče međusobno i/ili od zemlje (uzemljenih dijelova). Za izolaciju se upotrebljava zrak (kod vodova s golim vodičima), a kod ostalih vodova **termoplasti, gume**, tekstil i drugo. Prevladavaju termoplasti (npr. PVC), termoplastični polietilen (PE) ili termostabilni (umreženi) polietilen (XLPE). Guma je prikladna za posebno savitljive ili fleksibilne vodove.

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

U pribor za spajanje, završavanje, nošenje, mehaničku i električnu zaštitu voda ubrajamo instalacijski materijal, kao što su instalacijske cijevi, instalacijske kutije, kanali, uvodnice, obujmice, spojnice itd.

Vodove **dijelimo prema namjeni i prema konstrukcijskoj izvedbi**.

Prema namjeni razlikujemo:

- **energetske vodove** (vodovi jake struje, služe za prijenos snage, ali mogu se prenositi i informacije) i
- **telekomunikacijske vodove** (vodovi slabe struje, služe za prijenos informacija, često se upotrebljava i naziv **signalni vodovi**).

Prema izvedbi ili konstrukciji vodove najčešće dijelimo na:

- **nadzemne vodove** (goli vodiči)
- **izolirane vodove** (za napone do 1000 V, najviše se koriste u instalacijama)
- **kabelske vodove** (za napone do 1 kV - niskonaponski, ali i do 500 kV).

2.2. Označavanje energetskih vodova

Vodove/kabele označavamo u skladu s nacionalnim i međunarodnim normama. Oznake obuhvaćaju opis konstrukcije voda, materijale, namjenu voda ili namjenu vodiča (žila) u vodu, zaštitu, presjeke vodiča i nazivni napon (Ibid., str. 42).

2.3. Označavanje žila izoliranih vodova i kabela

Obilježavanje žila sukladno je odgovarajućim normama. **Prisutnost zaštitnog vodiča** unutar **višežilnog voda (kabela)** označava se na sljedeći način:

- HRN: vod sa zaštitnim vodičem ima oznaku „**Y**“ (nema oznake ako je bez zaštitnog vodiča)
- CENELEC: vod sa zaštitnim vodičem ima oznaku „**G**“ (oznaka „**X**“ je bez zaštitnog vodiča)
- DIN VDE: vodovi sa zaštitnim vodičem nose oznaku „**J**“ (oznaka „**O**“ je bez zaštitnog vodiča).

Tablica 2.1. Prepoznavanja žila u kabelima i fleksibilnim priključnim vodovima

Broj žila	DIN VDE 0293 (staro) Priključni vodovi i kabele		DIN VDE 0293 (staro) Čvrsto položeni vodovi i kabele		DIN VDE 0293-308 (novo) Za priključne i čvrsto položene vodove i kabele	
	Sa zaštitnim vodičem	Bez zaštitnog vodiča	Sa zaštitnim vodičem	Bez zaštitnog vodiča	Sa zaštitnim vodičem	Bez zaštitnog vodiča
2						
3						
4						
5						

Za kabele i priključne vodove s dvije do pet žila koji se upotrebljavaju za pomoćne i upravljačke strujne krugove svaki se vodič mora označiti bojom ili natpisom. Također i za **jednožilne kabele** s plaštem te **jednožilne izolirane** vodiče za izolaciju moraju se upotrebljavati sljedeće boje:

- linijski (fazni) vodiči - preporučuje se smeđa, crna ili siva boja (dopušta se upotreba jedne od tih boja za sve linijske vodiče u strujnom krugu)
- neutralni vodič - plava
- zaštitni vodič - zeleno/žuta.

Istosmjerni sustav: crvena (L+) i crna (L-).

Kod vodova sa šest i više žila sve su žile crne boje s tiskanim brojevima, slijedom iznutra počevši s brojem 1. Šest i više žila možemo označavati na dva načina - bijelom, odnosno smeđom žilom.

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

ZAPAMTITE! Vodiči za upravljačke i signalne svrhe, koji su u sastavu višežilnog voda, imaju u pravilu crvenu boju izolacije (u DC sustavu plava). Ostale boje izolacije mogu se koristiti za neke druge svrhe.

PEN vodiči, kad su izolirani, moraju se označiti na jedan od sljedećih načina:

- zeleno-žuto cijelom njihovom duljinom uz dodatne plave oznake na završetcima (priključcima) vodiča
- plavo cijelom njihovom duljinom uz dodatne oznake zeleno-žute na završetcima (priključcima) vodiča.

Vodič označen brojkama koji se upotrebljava kao zaštitni ili neutralni vodič mora se označiti zeleno-žuto ili plavo, ovisno o svrsi, na svakom završetku (priključku).

2.4. Označavanje izoliranih i kablskih vodova

Oznake vodova općenito obuhvaćaju konstrukciju voda, materijale, namjenu voda ili vodiča (žila) u vodu, zaštitu, presjeke vodiča i nazivni napon.

2.4.1. HRN norme

Kabeli i izolirani vodovi označavaju se nizom brojčanih i slovnih simbola prema odgovarajućim standardima. **HRN standard predviđa najviše 7 grupa simbola**, odnosno oznake za (Ibid., str. 44):

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

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

Vod opće namjene nema oznake.

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

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

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

III. Označavanje konstrukcijskih karakteristika slovima (važno za primjenu):

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

Napomena:

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

IV. Označavanje zaštitne karakteristike konstrukcije dvoznamenkastim brojem

Značenje prve dekade:

01 – 09 zaštita od korozije preko metalnog plašta

10 – 19 mehanička zaštita od čeličnih traka preko metalnog plašta

(...)

90 – 99 konstrukcijski elementi iznad vanjskog plašta od termoplasta ili elastomera

Simbol "00" upotrebljavamo za kabele bez konstrukcijskih elemenata navedenih prema gornjim oznakama (to su tzv. "laki" kabele, npr. PP 00). Za kabele sa samonosivom elementom, npr. samonosivi kabelski snop, dodaje se oznaka: /0.

V. Označavanje materijala vodiča, oblika i sastava vodiča te prisutnost zaštitnog vodiča:

A - vodič od aluminija SJ - jednožični sektorski vodič

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

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

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

Primjeri:

- 3 x 120/25 mm² - 3 fazne žile od 120 mm² i 1 koncentrično raspoređeni vodič od 25 mm²
- 3 x 120+50 mm² - 3 fazne žile od 120 mm² i nul-vodič manjeg presjeka (50 mm²)

VII. Označavanje nazivnog (radnog) napona voda:

- za instalacijske kabele u V (izolirani vodovi)

- za energetske kabele u kV
- U_0/U ; napon prema zemlji/napon između faza.

Primjer 1: D EpN/F 48 -Y 4 x 120/10 mm² 6/10 kV (Ibid., str. 46)

(I II III IV V VI VII)

I - D - dizalični kabel;

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

III - /F- finožični Cu-vodič;

IV - 48 - koncentrični zaštitni vodič oko svake žile;

V - Y - sa žuto-zelenom žilom;

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

VII - 6/10 kV - napon prema zemlji /napon između faza

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

P - _____

P - _____

Y - _____

3 x 2,5 mm² _____

500 V _____

Materijal vodiča je _____

P – izolacija vodiča iz PVC-a

P – plašt voda iz PVC-a

Y - prisutan vodič zeleno/žute boje izolacije

3 x 2,5 mm² 3 žile svaka po 2,5 mm²

500 V radni napon voda 500 V

Materijal vodiča je bakar

2.4.2. Označavanje izoliranih i kablskih vodova prema CENELEC-u

CENELEC - Europski odbor za elektrotehničku standardizaciju za zemlje Europske unije (EU) i Europsko udruženje za slobodnu trgovinu (EFTA) izdao je standarde za označavanje vodova. Radi se o tzv. "harmoniziranim" vodovima koji, pored ostalih oznaka, imaju na plaštu oznaku "HAR" (Ibid., str. 46) .

Tablica 2.2. Oznake vodova prema CENELEC-u (djelomična tablica)

Opis tablice sukladno normi	Oznaka
Harmonizirani tip - usklađen s EU standardom	H
Neharmonizirani tip	A
Nazivni (radni) napon U_0/U	
300 / 300 V	03
300 / 500 V	05
450 / 750 V	07
Izolacija vodiča	
PVC	V
PVC umreženi	V4
Prirodna (NR) i (ili) butil guma (SBR)	R
Etilenpropilenska guma za trajnu temperaturu do 90°C	B
Polikloropenska guma	N
Silikonska guma (EPDM - etilen-propilen)	S
Plašt	
PVC	V
Prirodna (NR) i (ili) butil guma (SBR)	R
Polikloropren (neopren - CR)	N
Etilenpropilenska guma za trajnu temperaturu do 90°C	B
Poliuretan, PUR	Q
Oplet sa staklenim vlaknima	J
Oplet s tekstilnim vlaknima	T
Vodootporni oplet	T2
Klorsulfonirani polietilen (CSM - otpornim na plamen)	N4
Specijalna konstrukcija	

Plosnati, djeljivi vodiči	H
Plosnati, nedjeljivi vodiči	H2
Profilni vodiči, tzv. centralno srce	D5
Zaslon	C
Materijal vodiča	
Bakar	-
Aluminij	A
Izvedba (konstrukcija) vodiča	
Puni, okrugli	-U
Višežični, okrugli	-R
Mnogožični (fleksibilni) za stalno polaganje	-K
Mnogožični (fleksibilni-finosukani) za savitljive vodove	-F
Finožični (extra fleksibilni) za vrlo savitljive vodove	-H
Posebno savitljivi, plosnati	-Y
Finožični za vodove za zavarivanje	-D
Finožični za vrlo savitljive vodove za zavarivanje	-E
Broj žila	-
Zaštitni vodič	
Sa zaštitnim vodičem /zeleno-žuta žila	G
Bez zaštitnog vodiča	X
Presjek vodiča	-

Primjer 1: Objasnite značenja simbola u oznaci izoliranog voda/(kabela): **H 05 VV-F 5 G 1,5 mm²**.

- H - kabel izrađen prema harmoniziranom standardu
- 05 - nazivni napon 300/500 V
- VV- izolacija vodiča i plašt iz PVC
- F - savitljivi (mnogožični) vodiči, npr. za priključni vod (kabel)
- 5 - u vodu/kabelu je 5 žila
- G - prisutan PE vodič sa žuto-zelenom bojom izolacije
- 1,5 - presjek žila 1,5 mm².

Primjer 2: Opišite značenje svih simbola u oznaci voda: **H05RR-F 3G1,5 mm²**.

- H - vod izrađen prema harmoniziranom standardu
- 05 - nazivni napon 300/500 V
- RR- izolacija vodiča i plašt iz gume
- F - savitljivi (mnogožični) vodiči
- 3 - u vodu su 3 žile
- G - prisutan PE vodič sa žuto-zelenom bojom izolacije
- 1,5 - presjek žila 1,5 mm².

2.4.3. DIN - VDE standard označavanja

U praksi proizvođači vodove (naročito energetske kabele) uglavnom označuju prema DIN (Deutsches Institut für Normung) i VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker) normama. Osim toga, ove oznake srećemo i u električarskoj praksi. Općenito se taj sustav označavanja sastoji od slovno-brojevnih oznaka za:

- oznaku standarda
- materijal vodiča
- vrstu izolacije, ispune i plašta
- prisutnost zaštitnog vodiča
- broj žila, presjek i oblik presjeka
- nazivni napon.

Tablica 2.3. Skraćeni pregled značenja DIN oznaka električnih vodova

Oznaka	Značenje
N	Oznaka standarda
A	Aluminij (bakar nema oznake)
Y	PVC
2Y	Polietilen (PE)
2X	Umreženi polietilen (XLPE)
G	Guma
C	Koncentrični bakreni vodič (zaslon)

CW	Koncentrični vodič (zaslon) iz bakrene žice i trake
B	Mehanička zaštita čeličnom trakom
R	Mehanička zaštita okruglim pocinčanim čeličnim žicama
M	Oplašteni vod, kabel
Y	PVC plašt
J	Prisutan PE vodič žuto-zelene boje izolacije
O	Bez prisutnosti PE vodiča
RE	Puni (masivni) okrugli vodič
RM	Mnogožični okrugli vodič
RF	Finožični vodič
SE	Puni sektorski
SM	Mnogožični sektorski

- Za P vod se često sreće oznaka YE (puni) ili YM (mnogožični).

Primjer 1: Objasnite značenja simbola u oznaci izoliranog voda (instalacijskog kabela):

NYM-J 3x1,5 300/500 V (dodatna oznaka; npr. **RE – puni** ili **RM - mnogožični**).

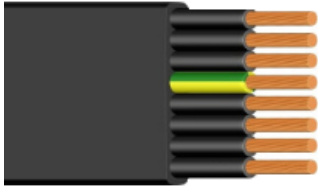
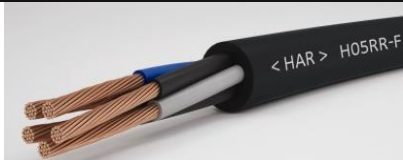
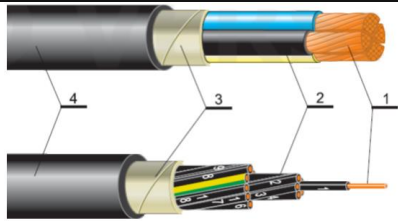
- N - kabel izrađen prema DIN standardu
- Vodiči iz bakra (nema oznake za materijal)
- YM - izolacija i plašt od PVC-a, plašt za srednja mehanička opterećenja
- J - prisutan PE vodič žuto-zelene boje izolacije
- 3x1,5 - u vodu (kabelu) su 3 žile presjeka 1,5 mm²
- 300/500 - nazivni napon (za energetske kabele je napon u kV)

Primjer 2: Objasnite značenja simbola u oznaci instalacijskog kabela **NYM-O 3x1,5 300/500 V (RE)**.

- N - kabel izrađen prema DIN standardu
- Vodiči iz bakra
- YM - izolacija i plašt od PVC-a, plašt za srednja mehanička opterećenja
- O – nije prisutan PE vodič žuto-zelene boje izolacije
- 3x1,5 - u vodu/kabelu su 3 žile presjeka 1,5 mm²
- 300/500 - nazivni napon
- RE – puni vodiči

2.5. Primjeri električnih vodova i kabela – upute za izbor voda i polaganje (Ibid., str. 50)

Oznaka	Izgled voda	Nazivni napon, presjek, broj žila, opis konstrukcije i primjena voda
P - vod H07V-U (NYA) (YE)	 Boje izolacije prema zahtjevu.	450/750 V; 1,5 – 10 mm ² ; 1 žila Vodovi H07V-U se sastoje od masivnoga bakrenog vodiča izoliranog PVC-om. Upotrebljavaju se za unutarnje ožičenje električnih uređaja, razvodnih ormara, trajno se polažu u cijevi ispod, u žbuku i iznad nje te u zatvorene instalacijske kanale.
P/F H07V-K	 Boje izolacije prema zahtjevu.	450/750 V; 0,5–240 mm ² ; 1 žila Vodovi tipa P/F sastoje se od finožične bakrene uzice izolirane slojem PVC smjese. Vodič može biti pokositren. Upotrebljavaju se u suhim prostorijama na mjestima gdje je potrebna naročita savitljivost (npr. vodovi u razvodnim ormarima). Za instalacije u zgradama polažu se u cijevi u i na žbuku te instalacijske kanale.
PP H05VV-U, H05VV-R, A05VV-U NYM Instalacijski PP kabel	 Vod s ili bez zaštitnog vodiča. Boja plašta je siva.	300/500 V; 1,5-25 mm ² ; 1 - 5 (i više) žila PP (NYM) kabel sastoji se od bakrenog vodiča izoliranog PVC. Dvije ili više žila međusobno su použene i obuhvaćene gumenom ili plastičnom ispuno, a preko ispune je plašt od PVC-a. Upotreba u suhim i vlažnim prostorijama za polaganje

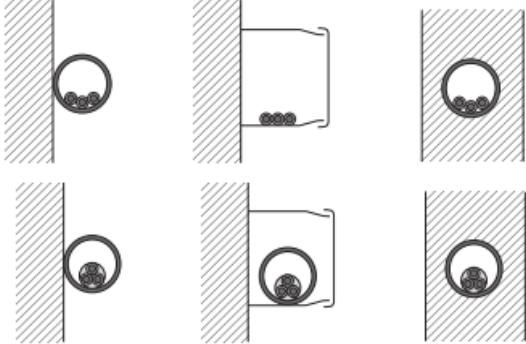
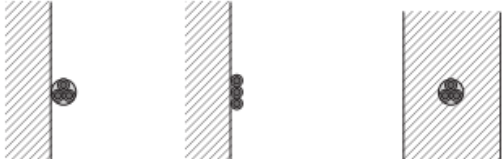
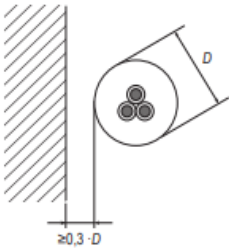
		ispod, unutar i iznad žbuke, bez naročite mehaničke zaštite, ali ne u suhi ili prenapregnuti beton. Može i na otvorenom uz UV zaštitu.
H07VVH6-F Fleksibilni plosnati kabel za dizalice	 Vod sa zaštitnim vodičem. Vanjski plašt od PVC-a, crni.	450/750 V; 8x2,5 mm² Kabel se sastoji od bakrenih nepokositrenih vodiča s izolacijom i plaštem od PVC-a. Upotrebljava se u suhim i vlažnim prostorijama, za niska i srednja mehanička naprezanja. Namijenjeni su za povezivanje pokretnih dijelova alatnih strojeva, transportnih sustava itd.
GG/L H05RR-F, A05RR-F Laki gumeni kabel	 Vodič: bakreno finožično uže. Izolacija: gumena mješavina etilen-propilena (EPM). Plašt: gumena mješavina na bazi prirodnog i stiren-butadienskog elastomera (NR + SBR).	300/500 V 0,75-2,5 mm² 2-5 žila Primjeren za upotrebu u suhim prostorijama za kućanske aparate i radionice kod manjih mehaničkih naprezanja, npr. u kućanstvima, kuhinjama, uredima i radionicama za manje električne uređaje (perilice, usisavače, glačala, lemila itd.) i prijenosne uređaje kao što su laki industrijski i poljoprivredni strojevi. Nije pogodan za trajnu upotrebu u vanjskom prostoru.
PP 00, PP 00-A NYN Energetski i signalni kabeli	 1. Puni vodič ili uže od Cu ili uže Al	Nazivni napon: 0,6/1kV Presjek: 4 do 630 mm² ; Broj žila: 1 - 5 Kabel je namijenjen za polaganje na otvorenom (zaštićen od izravnog UV zračenja), u zemlju, kanale, na

	2. Izolacija: PVC masa 3. Ispuna: brizgana elastomerna ili plastomerna mješavina ili omotane termoplastične vrpce 4. Plašt: PVC masa, crne boje.	konzole, u suhim i vlažnim prostorijama gdje se ne očekuju teža mehanička opterećenja, naročito vlačna istezanja. Primjer su gradske mreže, industrijski pogoni, elektrane i slično. Za potrebe MTK sustava upravljanja u distribucijskim mrežama, kod četverožilnih kabela većih presjeka, u sredinu između žila kabela ugrađuje se dodatni izolirani vodič presjeka 2,5 mm ² .
--	--	---

Normom je predviđeno čak 15 različitih načina polaganja vodova koji se označuju slovima: A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M, N, P i Q. **Najčešći u električnim instalacijama su A, B, C, D i E.**

Tablica 2.4 Primjeri karakterističnih načina polaganja vodova i kabela (Ibid., str. 60)

Skica električnog razvoda	Primjeri referentnih razvoda
 A1 A2	- izolirani vodiči i višežilni kabele u termički izoliranom zidu - izolirani vodiči u cijevi ili zatvorenom kanalu i u termički izoliranom zidu (podtip: A1) - višežilni kabel u cijevi i u termički izoliranom zidu (podtip: A2).
	- izolirani vodiči ili jednožilni kabele u instalacijskoj cijevi položenoj nadžbukno, podžbukno ili u kanalu (B1) - višežilni vodovi/kabele u instalacijskoj cijevi položenoj

 B1 B2	nadžbukno, podžbukno ili u kanalu (B2).
 C	▪ jednožilni kabeli na zidu, na stropu ili podu ▪ višezilni kabeli u zidu ▪ višezilni kabeli u podu ▪ jednožilni ili višezilni kabeli u otvorenim ili ventilacijskim kanalima.
 D	▪ jednožilni ili višezilni kabeli u cijevi te u zemlji ▪ jednožilni ili višezilni kabeli neposredno u zemlji.
 E	▪ višezilni kabeli položeni u zraku (min. od zida $0,3 \times \text{promjer}$).

Važno je napomenuti da, s obzirom na način polaganja vodova, možemo odrediti potrebne presjeke vodiča prema očekivanim strujama (2 opterećena vodiča važe za jednofazni strujni krug, a 3 za trofazni).

Tablica 2.5. Dozvoljeno trajno strujno opterećenje bakrenih vodiča s PVC izolacijom, položenih na A, B, C, D i E način na temperaturi okoline 30 °C

Način polaganja	A1		A2		B1		B2		C		D1		E	
Broj opterećenih vodiča	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Presjek vodiča (mm ²)	Trajno dopuštena struja (A)													
1,5	14,5	13,5	14,5	13,0	17,5	15,5	16,5	15,0	19,5	17,5	22	18	22	18,5
2,5	19,5	18,0	18,5	17,5	24	21	23	20	26	24	29	24	30	25
4			25		32				35		38		40	
6	26	24	32	23	41	28	30	27	46	32	47	31	51	34
10	34	31	43	29	57	36	38	34	63	41	63	39	70	43
	46	42		39		50	52	46		57		52		60
16			57		76				85		81		94	
25	61	56	75	52	10	68	69	62	11	76	10	67	11	80
35	80	73	92	68	1	89	90	80	2	96	4	86	9	10
	99	89		83	12	11	11	99	13	11	12	10	14	1
					5	1	1		8	9	5	3	8	6

Maksimalna podnosiva struja voda (vodiča) je u pravilu $1,45 \cdot I_z$.

2.6. Elektroinstalacijske cijevi i pribor

Elektroinstalacijske cijevi i kanali primarno imaju ulogu zaštite vodova od mehaničkih oštećenja, vlage te štetnih učinaka dima i para, a dodatno omogućuju provlačenje te eventualnu zamjenu vodova.

Elektroinstalacijske se cijevi (često nazivane **bužiri**) najčešće dijele prema materijalu, i to na:

- **termoplastične**
- **metalne**
- **kombinirane** (npr. metalne presvučene plastikom).

Za označavanje karakteristika cijevi upotrebljava se brojčana oznaka do 13 znamenki (min. četiri). Najčešće se koristi pet (ili četiri) znamenaka koje redom označavaju sljedeća svojstva cijevi:

- tlačnu čvrstoću
- udarnu čvrstoću
- minimalnu trajnu temperaturu kod transporta, polaganja i upotrebe
- maksimalnu trajnu temperaturu kod polaganja i upotrebe
- savitljivost (znamenke od 1 do 4; npr. 1 - krute; 2 - savitljive; 3 – savitljive / elastične; 4 – gipke, odnosno vrlo savitljive).

Ostale znamenke označavaju električne karakteristike, zaštitu od prodora stranih tijela, otpornost prema koroziji, vlačnu čvrstoću, otpornost na širenje plamena, dopušteno ovjesno opterećenje i učinke požara.

Tablica 2.6. Označavanje karakteristika instalacijskih cijevi (za prve četiri znamenke)

Prva znamenka		Druga znamenka		Treća znamenka		Četvrta znamenka	
Tlačna čvrstoća		Udar na čvrstoću		Minimalna temperatura		Maksimalna temperatura	
1	vrlo lagana (125 N)	1	vrlo lagana (0,5 kg/100 mm)	1	+5°C	1	+60°C
2	lagana (320 N)	2	lagana (1,0 kg/100 mm)	2	-5°C	2	+90°C
3	srednja (750 N)	3	srednja (2 kg/100 mm)	3	-15°C	3	+105°C

4	teška (1250 N)	4	teška (2,0 kg/300 mm)	4	-25°C	4	+120°C
5	vrlo teška (4000 N)	5	vrlo teška (6,8 kg/300 mm)	5	-45°C	5	+150°C
						6	+250°C
						7	+400°C

Termoplastične instalacijske cijevi izrađuju se iz raznih termoplastičnih masa, samogasivih, odnosno otpornih na gorenje. **Mogu biti glatke i rebraste, odnosno krute i savitljive.** Nazivni vanjski promjeri cijevi su: **16, 20, 25, 32, 40, 50 i 63 mm** (neke vrste i do 200 mm). Kod nadžbuknih instalacija često umjesto cijevi upotrebljavamo i plastične kanale (kanalice) (Ibid., str. 70).

1. ELEKTROINSTALACIJSKA REBRASTA CIJEV ZA BETONSKU GRADNJU (TC) - TIČINO

	TIP A: TC	16	20	25	32	40	50
	Vanjski promjer (mm)	16	20	25	32	40	50
	Unutarnji promjer (mm)	10.7	14.1	18.3	24.3	31.2	39.6
	Kolut (m)	50	50	50	25	25	25
	Pakiranje (m)	500	500	250	250	100	100

Fizikalna svojstva

Fleksibilna plastična cijev za **teška mehanička opterećenja** od termoplasta HDP narančaste boje. Otporna na udarce, pritisak i vanjske utjecaje kao što su voda, ulje, građevinski materijali i korozivne tvari. **Nije otporna na plamen.** Temperaturne primjene od -25° do 90° C.

Namjena: za sve instalacije u zgradama, polaganjem u zidove od nezapaljivog materijala ili betona. Prvenstveno se koristi u betonskoj gradnji.

2. ELEKTROINSTALACIJSKA REBRASTA CIJEV ZA PODŽBUKNO POLAGANJE (ERC)

	TIP A: ERC	16	20	25	32	40	50
	Vanjski promjer (mm)	16	20	25	32	40	50
	Unutarnji promjer (mm)	10.7	14.1	18.3	24.3	31.2	39.6
	Kolut (m)	50	50	50	25	25	25
	Pakiranje (m)	500	500	250	250	100	100

Fizikalna svojstva

Fleksibilna plastična cijev za **lagana mehanička opterećenja** od PVC-a sive boje. Otporna na udarce, plamen i vanjske utjecaje kao što su voda, ulje, građevinski materijali i korozivne tvari. Temperaturne primjene od -5⁰ do 60⁰ C. Samogasiva, **otporna na plamen.**

Namjena: za sve instalacije u zgradama polaganjem u žbuku ili pod žbuku svih vrsta zidova kao što su drvo, cigla, beton, siporeks i gips ploče.

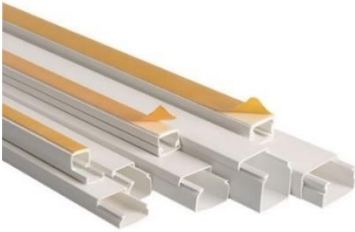
3. ELEKTROINSTALACIJSKA KRUTA CIJEV ZA NADŽBUKNO POLAGANJE (PNT)

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

Fizikalna svojstva

Kruta elektroinstalacijska cijev iz PVC-a sive boje. Otporna na pritisak i vanjske utjecaje kao što su voda, ulje, građevinski materijali i korozivne tvari. Temperaturne primjene od -5⁰ do 60⁰ C.

Samogasiva, **otporna na plamen.**

Namjena: za podžbukne i nadžbukne instalacije te polaganje u beton. Primjena kod adaptacije starih objekata.		
4. PLASTIČNI KANALI Samogasivi, otporni na kiseline i ulja, temperaturne primjene od -20°C do 60°C, standardna duljina 2m, otvori raznih dimenzija.		
		
NIK kanali Nadžbukni instalacijski kanali dimenzija; 10x10x2000 mm; 20x30x2000 mm	Samoljepljivi instalacijski kanali	Parapetni kanali Jednostavna ugradnja priključnica i sklopki

Metalne cijevi prije svega imaju ulogu mehaničke zaštite električnih vodova. U pravilu su čelične (pocinčane ili crne), a rjeđe od aluminija (slitine Al) ili inoksa. Metalne (čelične) oklopljene cijevi (**STAPA**) koriste se za nadžbuknu instalaciju u industriji gdje su prisutne visoke temperature, a zahtijeva se maksimalna mehanička zaštita. Za mehaničku zaštitu vodova i kabela često se upotrebljavaju i savitljive metalne cijevi poznatije kao **SAPA** cijevi.

Za zaštitu energetskih i telekomunikacijskih kabela najčešće se koriste termoplastične cijevi s **dvostrukim stijenkama (npr. DWP)** ili **alkaten cijevi**. Osim metalnih cijevi, za zaštitu vodova upotrebljavamo i metalne kanale, najčešće od čelika ili aluminija.

				
Termoplastičn a dvoslojna cijev, fleksibilna	Čelična cijev (STAPA), s navojem	Termoplastična dvoslojna cijev, kruta ($l = 6 \text{ m}$)	Savitljiva metalna plastificiran a cijev (SAPA)	Termoplastičn a cijev (za beton), s kabelom
Slika 2.1. Elektroinstalacijske cijevi posebne izvedbe i/ili karakteristika (rad autora)				

U **pribor za instalacijske cijevi** ubrajamo sav materijal koji služi za polaganje i spajanje cijevi, kao što su **uvodnice, lule, krajnice ili završetci, spojnice i lukovi, objumice te instalacijske kutije**.

2.7. Instalacijske kutije

Instalacijske kutije upotrebljavamo za križanje cijevi ili vodova, prolaza vodova, montažu priključnica, sklopki ili tipkala, itd. Prema namjeni dijele se na **montažne, razvodne i univerzalne**. U praksi je česta podjela kutija prema mjestu ugradnje na podžbukne klasične, podžbukne za šuplje zidove, nadžbukne te kutije za beton.

Slika 2.2. Instalacijske kutije za podžbuknu ugradnju (Ibid., str. 77) (rad autora)

				
Montažno- razvodna kutija □ 60	Montažno- razvodna kutija □ 60 N (nižuća)	Montažno- razvodna kutija □ 60 D (dublja-nižuća)	Razvodna kutija, □ 70	Razvodna kutija s poklopcem, od 95x95mm na više

Tablica 2.7. Izbor instalacijskih kutija za termoplastične cijevi

Oblik	Dimenzije (mm)	Primjena
	60	za postavljanje sklopki, priključnica, tipkala i za tzv. prolazne kutije
	70	za priključak do 4 cijevi do Φ 16 mm
	80	za priključak do 4 cijevi do Φ 25 mm
	95 x 95 (100x100)	za priključke 4 i više cijevi bilo kojih dimenzija
	100 x 150	

Razvodne kutije novije izvedbe imaju na unutarnjoj strani podatak o dozvoljenom presjeku vodiča, broju stezaljki i broju vodiča.

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

Instalacijske kutije za šuplje zidove obvezno su opremljene odgovarajućim vijcima za pričvršćivanje naprava (npr. sklopki). Naime, kod njih nije dopušteno pričvršćivanje pomoću nožica (pandži).

				
Montažna (ugradna) kutija □ 60	Dvostruka montažna (ugradna) kutija 2x □ 60	Razvodna kutija s poklopcem □ 80	Razvodna kutija s prstenom za poravnanje sa zidom	Razvodna kutija s poklopcem
Slika 2.3. Instalacijske kutije za ugradnju u šuplje zidove (npr. ispod ploče od gipsa) (rad autora)				

3. Polaganje vodova i kabela

NAKON OVOG POGLAVLJA MOĆI ĆETE:

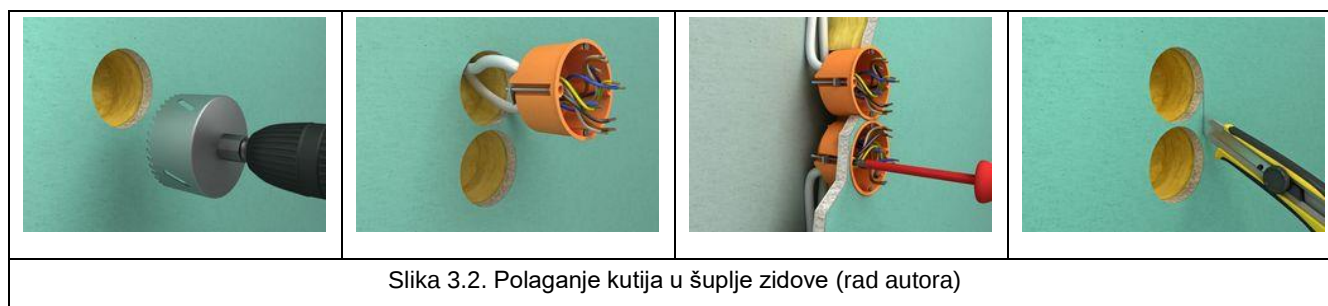
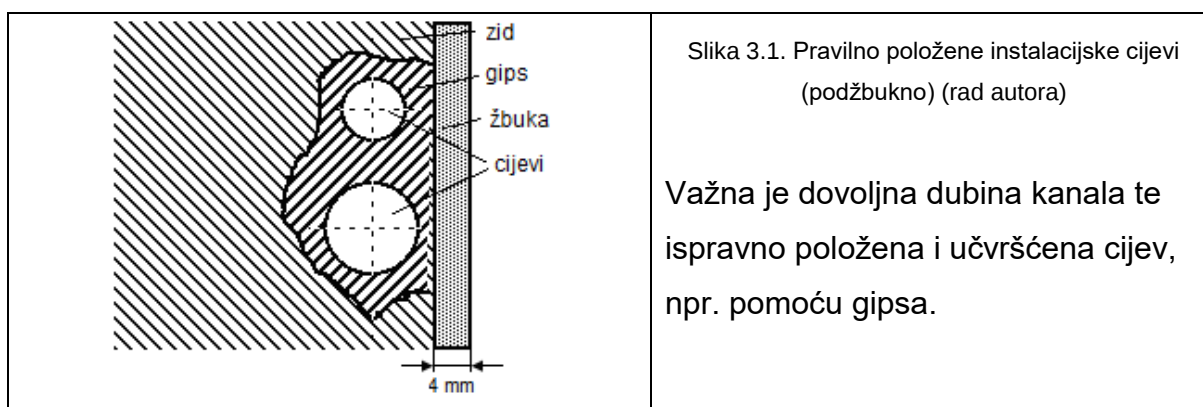
- postaviti instalacijske cijevi i vodove u zid, na zid i beton
- razmjeriti potrebnu metražu cijevi i vodova za određenu instalaciju
- objasniti opće upute, pravila ili preporuke za postavljanje razvoda
- položiti električne vodove, kabele i ostali instalacijski materijal na propisani način
- zatvoriti podžbuknu ili nadžbuknu instalaciju
- pripremiti i odgovarajuće označiti vodove i kabele za spajanje vodiča
- izvesti različite vrste razvoda u stambenim i sličnim prostorima s obzirom na način i mjesto polaganja vodova
- opisati moguće izvedbe električnih instalacija u stambenim i sličnim prostorima s obzirom na način i mjesto polaganja razvoda (vodova).

3.1. Polaganje cijevi i vodova

Cijevi (i vodove, razvode) postavljamo vodoravno ili okomito. Koso polaganje eventualno je dozvoljeno po stropu ili podu. Načelno cijevi polažemo podžbukno, nadžbukno i u beton. Proizvođači elektroinstalacijskog materijala danas proizvode razni dodatni pribor i alate koji omogućuju brži i jednostavniji način polaganja električnih razvoda. Posebno se to odnosi na tzv. betonsku gradnju te ugradnju u šuplje zidove.

Osim u žbuku ili pod, cijevi možemo polagati i u šuplje zidove. Cijevi se u zid polažu nakon što se zid dovoljno osuši. Sam redoslijed radova ide sljedećim tijekom (Ibid., str. 80):

- označavanje trase cijevi (razvoda)
- dubljenje kanala u zidu
- postavljanje cijevi, kutija i (ili) PP vodova.



Označimo mjesta za postavljanje kutije, kružnom pilom (krunom) izbušimo rupe, uvučemo kabel te kutiju pričvrstimo vijcima.

Proizvođači elektroinstalacijskog materijala proizvode razni dodatni pribor i alate koji omogućuju brži i jednostavniji način polaganja električnih razvoda. Primjer su razni specijalni rezači ili pile za bušenje ili rezanje zidova, šablone za obilježavanje mjesta bušenja ili rezanja (s libelom), posebni držači instalacijskih kutija (tako da gipsanje nije potrebno), signalni poklopci za zaštitu od žbukanja, jednostavne spojnice za cijevi i kutije kod nizanja kutija itd.

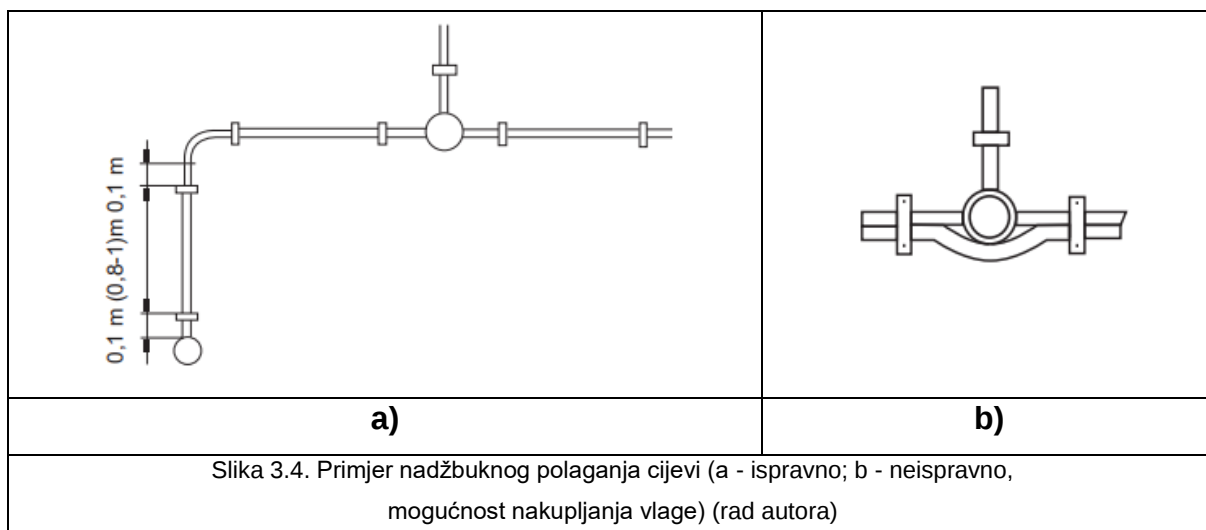


Prvo u zidu precizno izdubimo rupe, međusobno povežemo montažne kutije (prve dvije na 71mm, a treću na 91mm), stavimo plastične držače te kutije namjestimo u rupu. Nakon toga još stavimo vanjske prstene za izravnanje sa žbukom te signalne zaštitne poklopce. Nakon žbukanja skinemo signalne zaštitne poklopce.

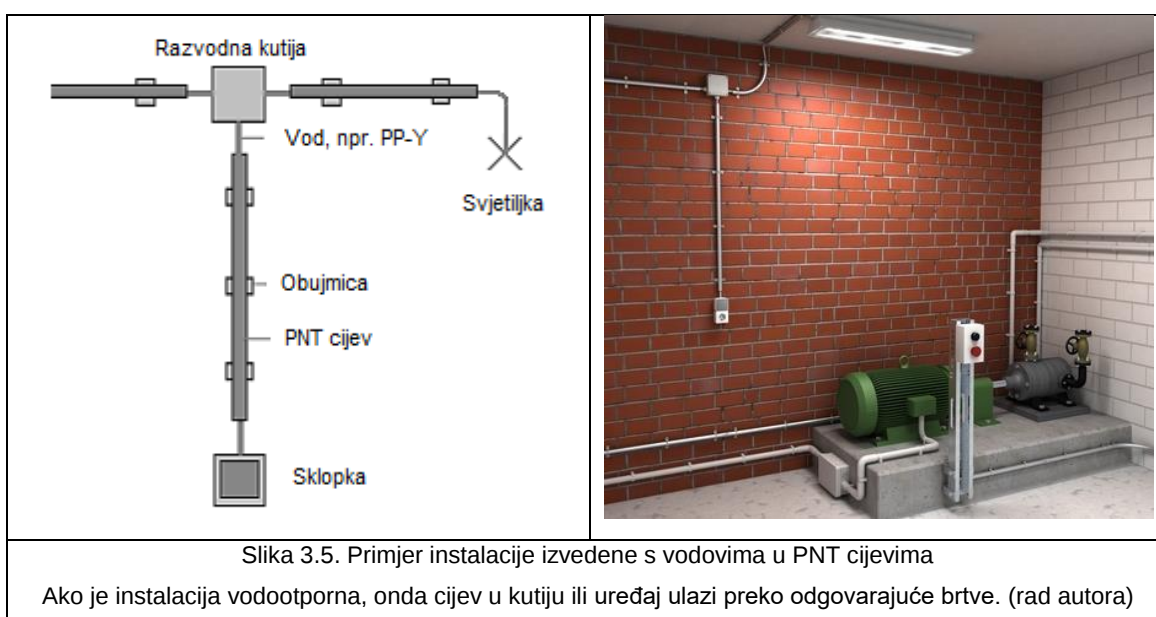
Slika 3.3. Postavljanje montažnih nizajućih kutija u zid bez gipsanja (rad autora)

3.2. Nadžbukno polaganje cijevi

Nadžbukno izvođenje električnog razvoda (instalacije) uobičajeno primjenjujemo u vlažnim i prašnjavim prostorima, a posebno u raznim radionama i industrijskim objektima. U pravilu za nadžbuknu instalaciju upotrebljavamo glatke plastične cijevi (rjeđe metalne) koje se mogu polagati na žbuku, beton, drvo ili čelične konstrukcije. Pričvršćujemo ih pomoću raznih vrsta obujmica na međusobnim razmacima od 0,8 do 1 m, odnosno kao što je prikazano na slici . (Ibid., str. 81)



U uredima, poslovnim i sličnim prostorima umjesto instalacijskih cijevi (npr. PNT cijevi) za nadžbukne razvode najčešće se upotrebljavaju razne vrste plastičnih kanala, a u industrijskim pogonima često i metalni kanali.



3.3. Polaganje cijevi ili razvoda u beton

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

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

U takvim je primjerima preporučljivo da se elektroinstalacijski radovi izvode istodobno s građevinskim radovima. Ovo je jedna od najekonomičnijih izvedbi elektroinstalacija, kako vremenski, tako i estetski, a u zadnje je vrijeme prisutna i kod manjih stambenih objekata. Dubljenje ("štemanje") i bušenje zidova svedeno je na minimum. Elektroinstalater prije betoniranja mora postaviti odgovarajuće instalacijske cijevi i kutije. Posebno je važno odabrati prikladne cijevi i dodatni pribor (za betonsku gradnju - tzv. **tičino**).

			
Spojnica za cijevi i razvodna kutija U kutiju se cijevi spajaju izravno (bez kolčaka).	Stropna kutija Sa stražnjim (crvenim) poklopcem i navojem za kuku za ovješanje svjetiljke.	Spojnica s prirubnicom Za prijelaz iz jednog u drugi zid.	Razne vrste kutija S prednjim (zelenim) montažnim i stražnjim poklopcima za zatvaranje.
Slika 3.6. Primjeri raznog pribora za betonsku ugradnju (rad autora)			

Slika 3.7. Montaža instalacijske kutije na drvenu oplatu (oplatu služi za betoniranje) (rad autora)			
			
Prednji montažni poklopac pričvrstimo na oplatu. Probušimo rupe na tijelu kutije te provučemo cijev. Kutiju (ugradnu ili razvodnu) jednostavno utisnemo na podložni poklopac. Nakon skidanja oplata čekićem, lagano izbijemo montažni poklopac i kutija je pripravljena za ugradnju priključnice, sklopke itd.			

3.4. Uvlačenje vodova u cijevi i priprema za spajanje

Nakon postavljanja cijevi i kutija, slijedi uvlačenje vodova (Ibid., str. 85). Vodiče, odnosno vodove, u cijevi uvlačimo pomoću posebno savitljive sajle (tzv. foršpana) dužine od 5 do 10 m. Sajla na jednom kraju ima ušicu za koju pričvrstimo vodiče, a na drugom kraju je metalna kuglica. Istodobno uvlačimo sve vodove koji su predviđeni da budu u toj cijevi. Prilikom uvlačenja moramo paziti da ne oštetimo izolaciju vodiča, posebno ako se radi o metalnim cijevima. U tu svrhu potrebno je na krajeve cijevi montirati odgovarajuće završetke. Za obavljanje ovih radova potrebna su dva elektroinstalatera. Neke vrste cijevi već imaju provučenu plastičnu uzicu za provlačenje vodova. Osim toga, postoje primjeri instalacijskih cijevi u koje su već unaprijed provučeni odgovarajući vodovi, što znatno ubrzava radove na postavljanju električnih razvoda.

Kod razvodnih i montažnih kutija ostavimo da vodiči strše iz njih oko 10-15 cm radi lakšeg spajanja ili priključivanja. Jednako treba uraditi kod svih razvodnih ili priključnih ormara. Vodiče svih položenih vodova i kabela označimo odgovarajućim oznakama ili ih jednostavno povežemo u snop ako se njihovo priključno mjesto prepoznaje po boji izolacije (npr. vodiči žuto-zelene boje izolacije).

3.5. Opće preporuke za polaganje električnih razvoda (cijevi i vodova)

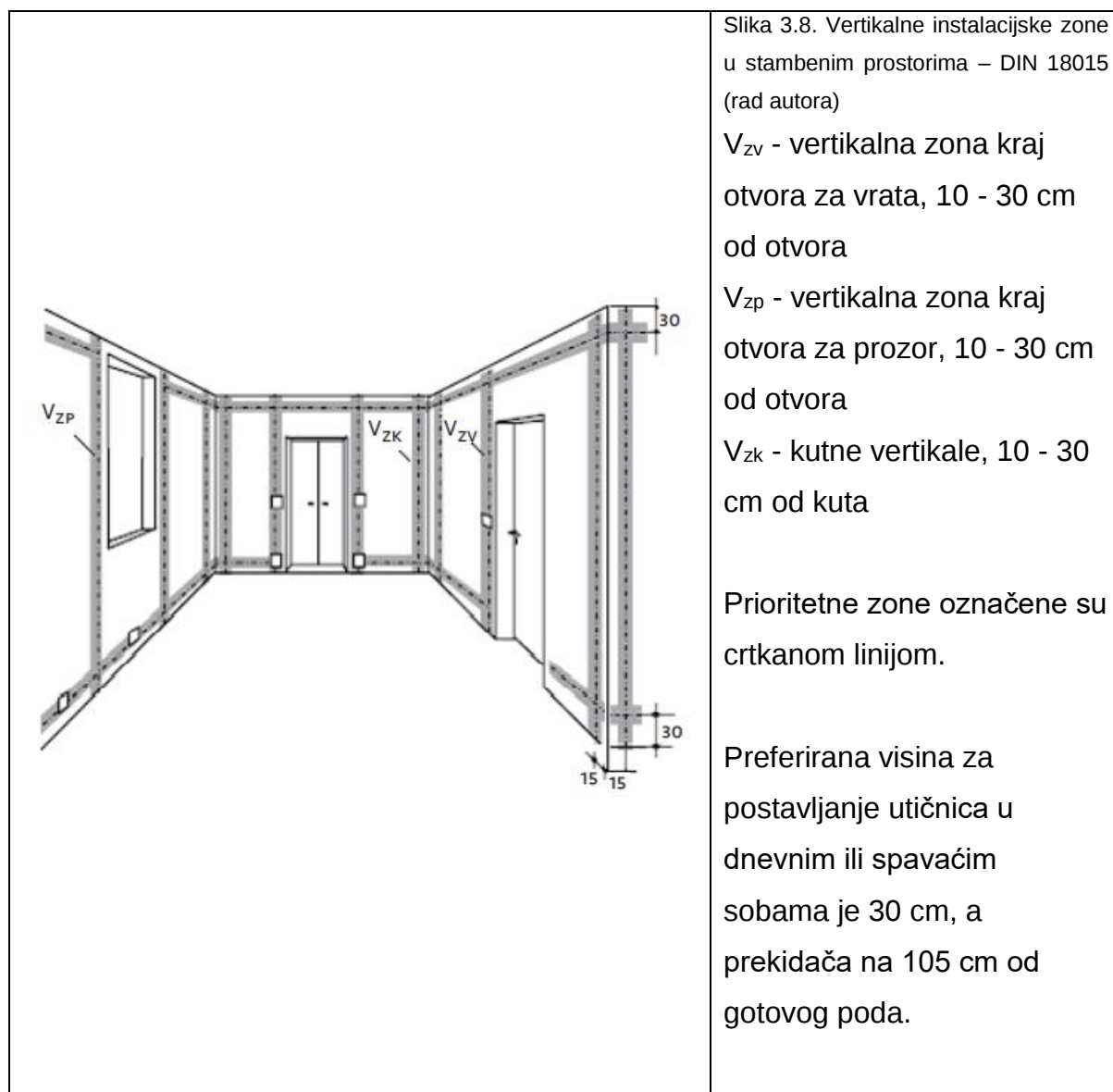
Za električne instalacije niskog napona kod polaganje električnih razvoda vrijede određena pravila ili preporuke od kojih bismo izdvojili sljedeće (Ibid., str. 87):

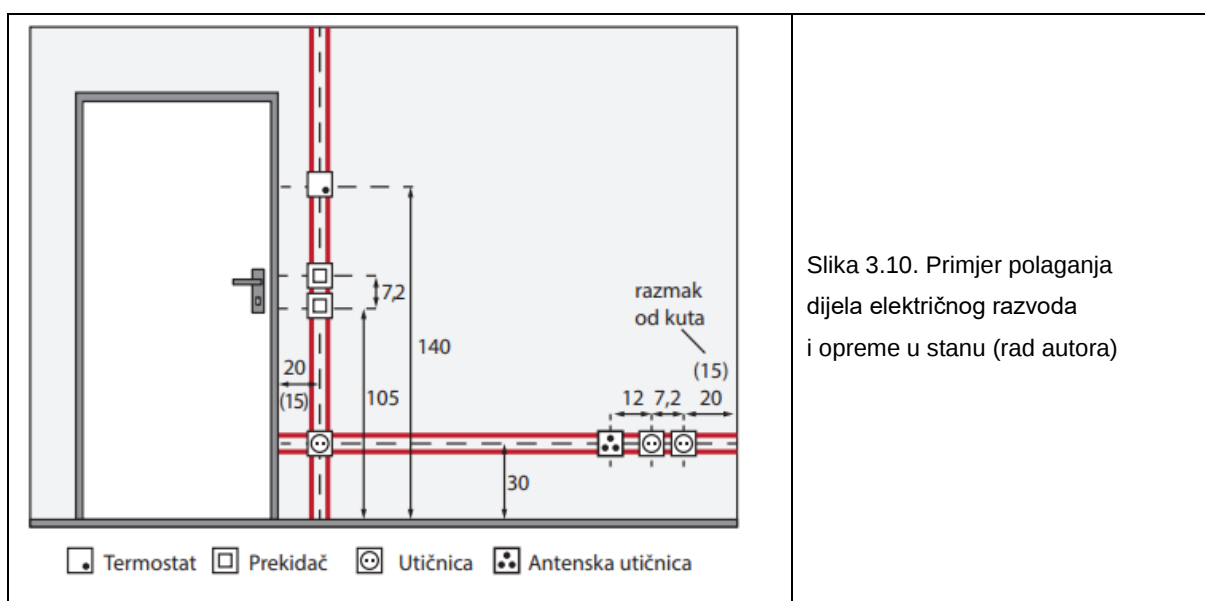
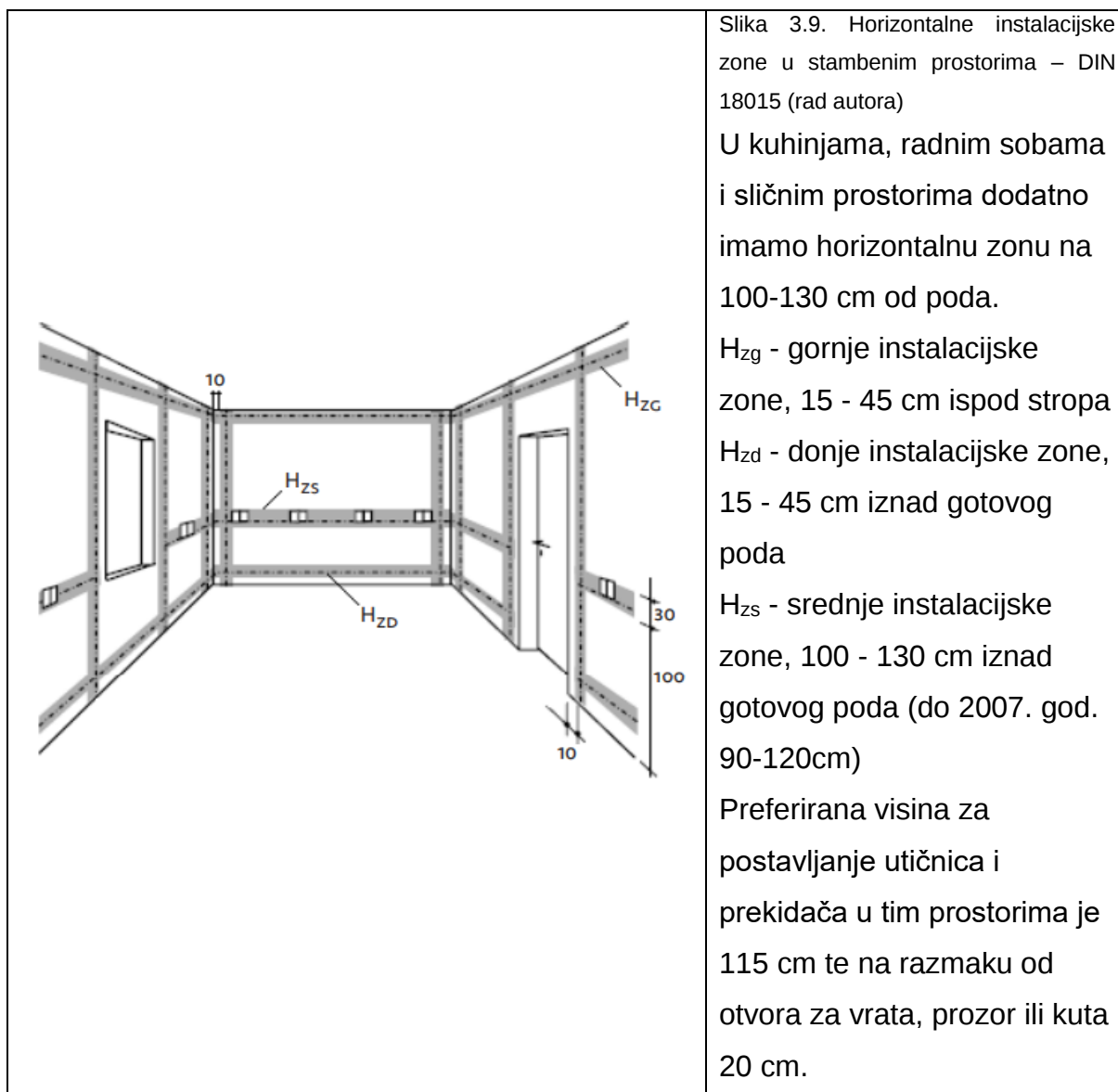
- **Najmanji dopušteni razmak** između električne instalacije i drugih instalacija jest **30 mm**.
- Ako se u blizini električne instalacije nalaze instalacije grijanja, cijevi s toplim zrakom ili dimnjak, električna se instalacija mora izolirati toplinskom izolacijom ili ekranima, ili se mora postaviti izvan toplinskih utjecaja.

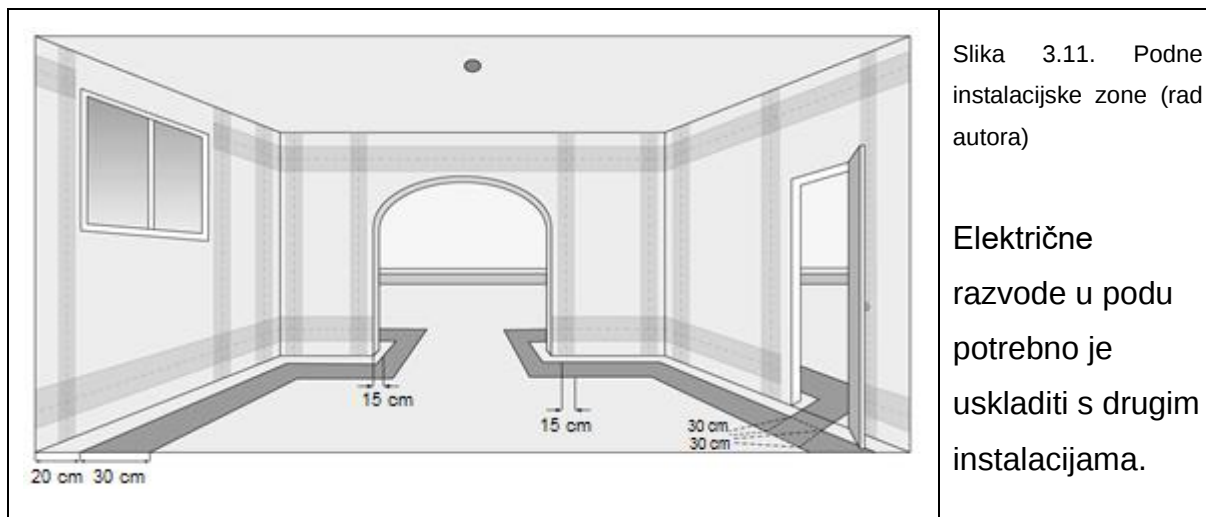
- Kod paralelnih polaganja električnih i neelektričnih instalacija (npr. elektroinstalacijske i vodovodne cijevi u podu) preporučuje se **minimalni razmak od 20 cm**.
- Dopušta se više strujnih krugova u istoj cijevi ili kanalu uz uvjet da su svi **vodiči izolirani za najviši prisutni nazivni napon**.
- **Kroz isti višezilni kabel ne smije se voditi više strujnih krugova**, osim vodiča upravljačkih i pomoćnih strujnih krugova.
- Električna instalacija nižeg napona ne smije se postavljati u isti omotač ili cijev, niti blizu električne razdiobe čiji je napon viši, **osim ako između tih dviju instalacija postoji izolacijska pregrada koja izdržava ispitni napon električne instalacije višeg napona**.
- Kabeli položeni neposredno u žbuku ili zid moraju po cijeloj duljini biti pokriveni **žbukom debljine najmanje 4 mm**.
- Pri horizontalnom polaganju kabeli i izolirani vodiči vode se na udaljenosti od 30 cm do 110 cm od poda i minimalno 200 cm od poda do stropa.
- Pri vertikalnom polaganju kabela i izoliranih vodiča udaljenost od rubova prozora i vrata mora biti najmanje 15 cm.
- Kabeli bez ispune, kao što su kabeli tipa PP/R (NYIF), smiju se polagati samo u suhim prostorijama, i to ispod žbuke, a u šupljine stropova i zidova od betona i sličnog negorivog materijala i bez pokrivanja žbukom.
- Plosnati vodovi s razmaknutim žilama smiju se učvrstiti samo upotrebom sredstava i metoda koje će osigurati da se izolacija ne ošteti ili izobliči.
- Sredstva za učvršćenje bez oštećenja su npr.:
 - gipsana smjesa,
 - obujmice prilagođene obliku voda od izolacijskog materijala ili od metala s izolacijskim međuslojem,
 - lijepljenje ili
 - upotreba čavlića s prikladnim izolacijskim podloškama.
- Vodiči tipa P (H07V-U) ne smiju se polagati bez dodatne zaštite, npr. obično se polažu u cijevi ili kanale.
- Instalacijski kanali (tzv. NIK kanali) ne smiju se postavljati ispod žbuke niti u lijevani beton.

- Vodovi tipa PP (H05VV-U ili NYM) mogu se polagati na žbuci i pod žbukom u suhim, vlažnim i mokrim prostorima te u slobodnom prostoru bez posebne mehaničke zaštite.

Zidne zone za polaganje električnih razvoda u zidu (stanu ili kući) prikazane su na slikama.





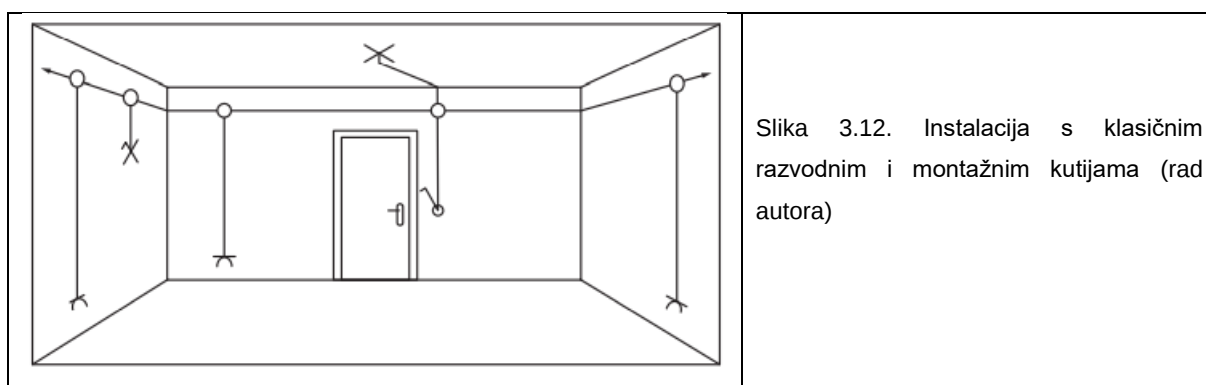


3.6. Tipovi električnih razvoda

S obzirom na način polaganja i razvođenje vodova u stambenim, poslovnim i sličnim prostorima, najčešće razlikujemo sljedeće izvedbe električnih instalacija (Ibid., str. 91):

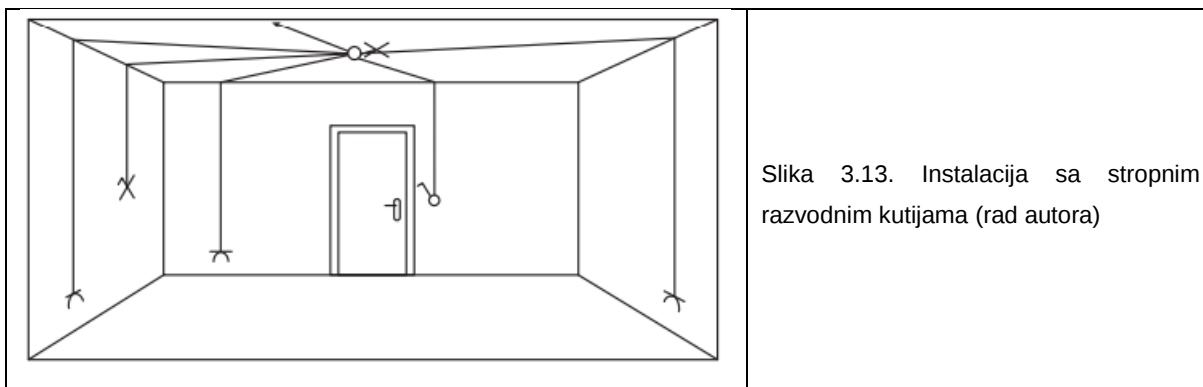
a) Instalacija s klasičnim razvodnim i montažnim kutijama

Za takvu izvedbu karakterističan je velik broj razvodnih kutija jer pri svakom razvođenju vodiča trebamo upotrijebiti razvodnu kutiju. Pri traženju eventualnih kvarova moramo otvarati kutije pri čemu postoji mogućnost da ostanu tragovi na zidovima.



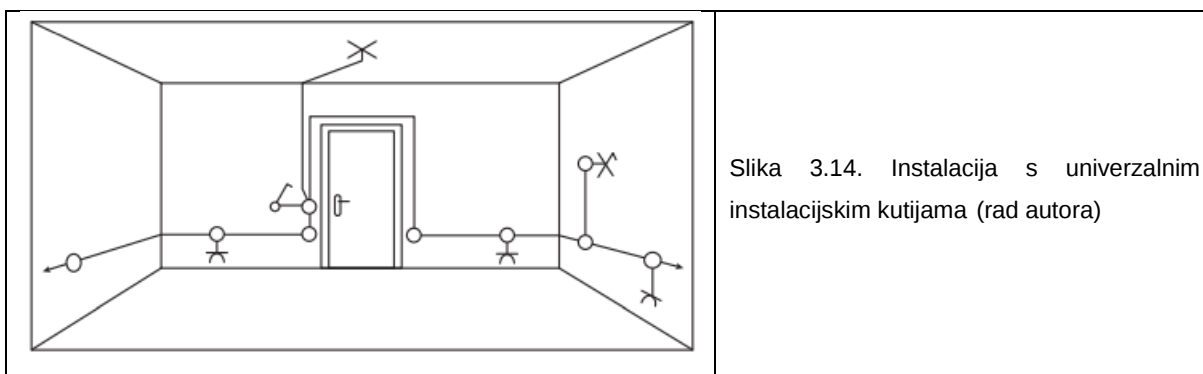
b) Instalacija sa stropnim razvodnim kutijama

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



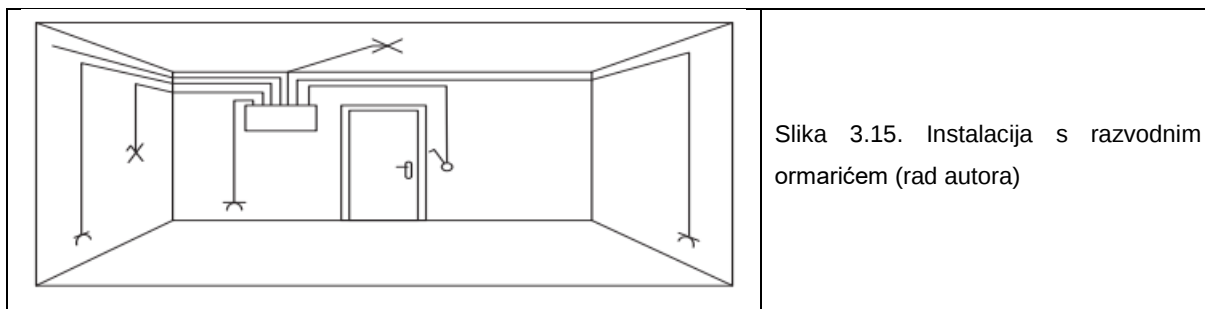
c) Instalacija s univerzalnim instalacijskim kutijama

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



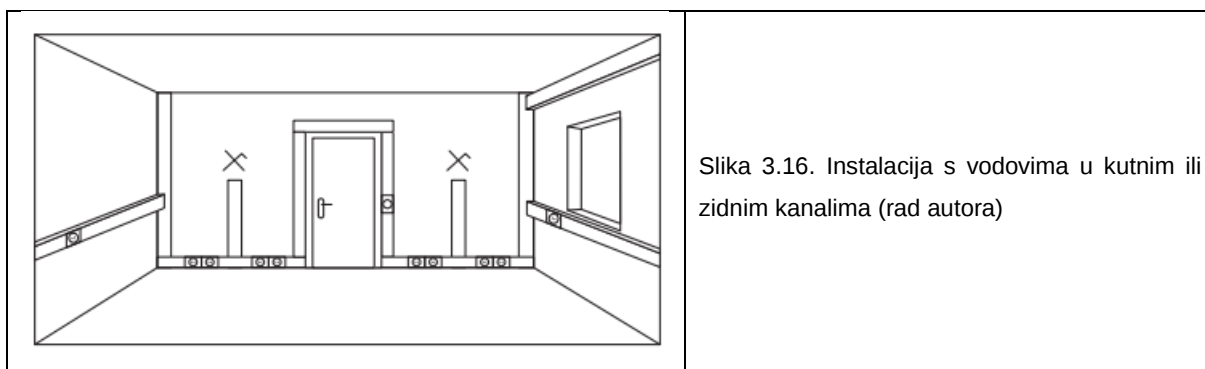
d) Instalacija s razvodnim ormarićem

Ovakva instalacija primjerena je za prostore koji zahtijevaju odvojenost (autonomnost) pojedinih dijelova instalacije ili naknadne promjene u građevinskom smislu. Radi se većinom u upravnim zgradama, hotelima, bolnicama, itd. Svaki prostor ima svoj razvodni ormar iz kojeg se napajaju pojedini strujni krugovi. Moguće je i da se svi strujni krugovi udruže na jednu zajedničku nadstrujnu zaštitu (automatski prekidač ili osigurač).



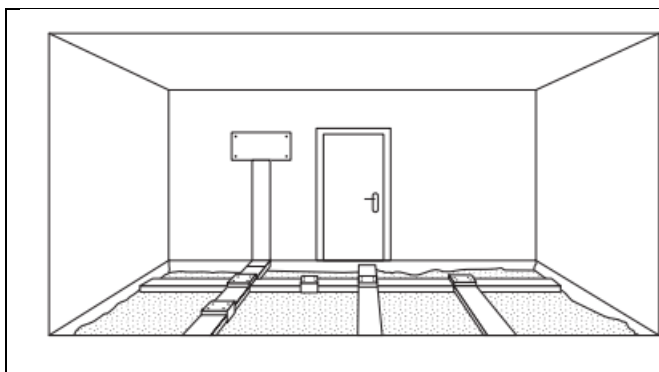
e) Instalacija s vodovima u kutnim ili zidnim kanalima

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



f) Podne instalacije

Podne instalacije izvode se s vodovima postavljenima u posebne podne kanale (najčešće višedijelne). Na kanale se priključuju posebne podne kutije u koje montiramo utičnice. Ovakav način izvođenja instalacije omogućava bolju iskorištenost prostora. Pogodne su za robne kuće, prostore s većim brojem računala i slično.



Slika 3.17. Podne instalacije (rad autora)

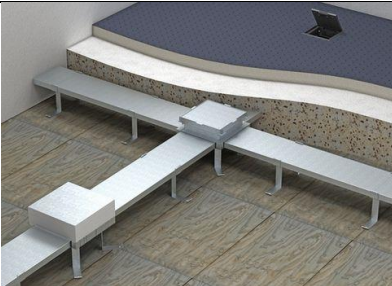
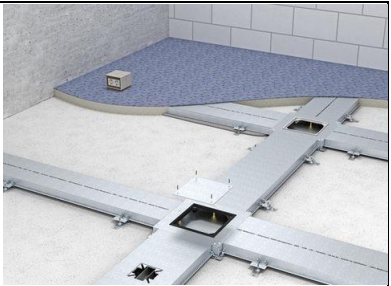
Podni razvod ili instalacija definira se kao izvedba električnih i telekomunikacijskih instalacija postavljanjem metalnih ili plastičnih kanala u pod prije završnog sloja. Kao priključna mjesta koriste se nadgradne ili ugradbene podne kutije s odgovarajućim priključnicama.

U DIN standardu definirane su i **instalacijske zone u podu** (ili stropu) koje su također širine 30 cm te minimalno moraju biti na udaljenosti 20 cm od zida, a od otvora za vrata 15 cm. Razvode u podu potrebno je polagati paralelno sa zidovima te uskladiti s drugim instalacijama (prednost imaju instalacije za grijanje, vodu...).

Osnovni elementi podnih instalacijskih razvoda su:

- podni instalacijski kanali (obično duljine 2 m i najčešće dvodijelni),
- podne priključne i razvodne kutije te
- ostali elementi.

Proizvođači opreme razvili su niz sustava podnih (i zidnih) razvoda te će projektant odabrati najprikladniji s obzirom na broj energetske i telekomunikacijske vodove, vrstu i debljinu podne obloge, način održavanja obloge (suho i/ili mokro), opterećenje obloge, temperaturu okruženja (npr. podno grijanje), estetske zahtjeve itd.

		
Podni kanali za sve vrste estriha (min. debljina estriha 35 mm)	Podni sustav kanala za ugradnju u beton	Podni kanalni sustav za debljinu estriha najmanje 55 mm
Slika 3.18. Primjeri metalnih podnih kanala (pocinčani čelik) (rad autora)		

Instalacijski podni kanali uglavnom su višedijelni (za elektroenergetske i TK instalacije) i polažu se prije polaganja završnog sloja poda. Razmak električnih i neelektričnih instalacija u podu, kada idu paralelno, mora biti minimalno 20 cm. Pravim izborom načina priključaka za uređaje, koji odgovaraju načinu održavanja poda, osigurava se zaštita električnih instalacija od prodiranja vlage i prašine (posebne priključne kutije ili priključni ormarići s više priključnica). Svi proizvođači ovakve opreme daju detaljne upute za postavljanje razvoda pri čemu se treba pridržavati i pravila elektrotehničke struke.

		Podna kutija objedinjuje priključke jake i slabe struje. Konstrukcija ne dozvoljava prodor prašine do priključnog mjesta i omogućuje primjenu različitih završnih obloga kao što su tepih, parket, pločice itd.
Slika 3.19. Primjer podne instalacijske kutije (rad autora)		

Primjer:

Nabrojite najčešće vrste instalacija prema načinu izvođenja (prema načinu postavljanja vodova). Koje tipove najčešće srećete u praksi?

Odgovor:

- Podžbukne instalacije u instalacijskim cijevima (primjerene za stambene i poslovne prostore)
- Nadžbukne instalacije (vodovi u PNT cijevima ili kanalima)
- Podne instalacije (poslovni i industrijski objekti)
- Vodovi u žbuci - bez cijevi (stambeni i slični prostori)
- Instalacije u lijevanom betonu (stambeni, poslovni, industrijski prostori) itd.

4. Spajanje vodova i kabela

NAKON OVOG POGLAVLJA MOĆI ĆETE:

- objasniti značenje sigurnog i pouzdanog spajanja vodiča
- navesti i izvesti načine propisnog spajanja vodiča međusobno
- ispravno spojiti vodiče na razne aparate
- ispravno ožičiti elemente u razdjelnicima
- propisno priključiti vodiče na razne sabirnice
- spajati elemente kratko-spojnicima
- opisati jednostavne postupke provjere spojeva vodiča
- objasniti važnost ispitivanje neprekinutosti svih vodiča u električnim instalacijama, a posebno zaštitnih vodiča.

4.1. Spajanje vodiča - općenito

Važno je razlikovati međusobno spajanje vodiča te spajanja (ili priključivanja) na električnu opremu. Vodiče međusobno spajamo radi nastavljanja ili grananja. Dozvoljeno ih je spajati (priključivati) u razvodnim kutijama, kabelskim spojnicama te u razvodnim ormarima ili blokovima. U zidovima se spajanje može obavljati i u kutijama zidnih priključnica ili prekidača, i to ispod priključnica ili prekidača, uz uvjet da dubina tih kutija dopušta smještaj spojeva istoga strujnog kruga. Vodiči se spajaju vijcima, uticanjem, stezaljkama, konektorima, prešanjem, uplitanjem, omatanjem i lemljenjem (Ibid., str. 88, 89).

Spajanje vodiča izvodimo na pokretnoj i nepokretnoj opremi, npr. priključnicama, utikačima, instalacijskim sklopkama, sklopnicima, svjetiljkama, raznim prijenosnim aparatima, itd. Ta je oprema obvezno opremljena odgovarajućim stezaljkama za priključak.



ZAPAMTITE!

Spojna mjesta najosjetljiviji su dijelovi električnih instalacija i uređaja.

Svi spojevi trebaju biti izvedeni tako da predstavljaju što manju prepreku za struju, odnosno da imaju što manji **prijelazni otpor**. Naime, što je prijelazni otpor na mjestu spoja veći, veće će biti i zagrijavanje na samom spoju. Što je veće zagrijavanje, intenzivniji su oksidacijski procesi na materijalima od kojih je načinjen spoj pa se prijelazni otpor još više povećava, a s njim i zagrijavanje. U slučaju lošeg spoja spojno

se mjesto može žariti, a to može imati nesagledive posljedice (npr. nastanak požara). Osim toga, na lošim spojnim mjestima, uz zagrijavanje, može doći i do pada napona, a time i smanjivanja napona na trošilu.

4.2. Primjeri spajanja vodiča u električnim instalacijama (Ibid., str. 89, 90)

VAŽNO!

Spajanje i priključivanje vodiča izvodi se odgovarajućim stezaljkama ili spojnica s vijcima ili bez vijaka, prešanjem te utično-spojnim napravama (tzv. konektorsko spajanje). Ponekad vodiče spajamo i zavarivanjem, npr. uzemljivači u betonu.

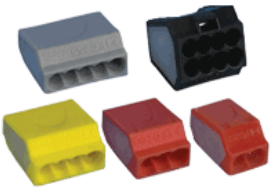
Spojevi između vodiča, ili između vodiča i druge opreme, moraju, osim trajne električne neprekinutosti, pružati odgovarajuću mehaničku čvrstoću i zaštitu.

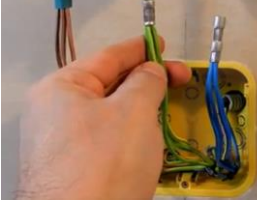
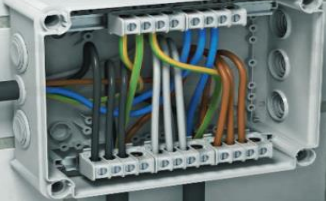
Posebno je važno predvidjeti mjere (npr. uporaba certificiranih stezaljki) da vodiči u stezaljkama nisu labavi. Svi spojevi moraju biti dostupni za pregledavanje, ispitivanje i održavanje. Izuzetak su spojnice kabela u zemlji, spojnice ispunjene izolacijskom smjesom ili oklopljene spojnice te spojevi grijača u podu ili stropu (tzv. "hladni" spoj).

U elektroenergetskim instalacijama treba izbjegavati spajanje vodiča lemljenjem (osim u instalacijama slabe struje ili posebnim slučajevima). Ako se ipak upotrijebi, spojeve bi trebalo izraditi vodeći računa o puzanju, mehaničkim naprezanjima te porastu temperature u uvjetima kvara. Također se i **spajanje vodiča preplitanjem** (ili sukanjem) ne preporučuje. Spomenimo još da se nekada primjenjivalo i spajanje vodiča omatanjem na posebne igličaste izvode.

U razvodnim kutijama možemo pojedinačnim spojnica ili stezaljkama spajati vodiče presjeka do 2,5 mm². Za veće presjeke vodiča treba u razvodne kutije ugraditi fiksne stezaljke. Razlikujemo razne vrste spojnica ili stezaljki od kojih su neke, s kraćim uputama, prikazane na slikama.

Mnogožične ili finožične vodiče preporučuje se prije spajanja na krajevima zalemiti ili spojiti pomoću odgovarajućih kablskih stopica ili tuljaka.

			
Utične (WAGO) stezaljke za presjeke vodiča 0,75-2,5 mm ² ; 600V, 24A; do +55 °C (potrebna duljina skinute izolacije s vodiča je uobičajeno 8-10 mm)			Wago kompaktna stezaljka s polugama
Slika 4.2. Stezaljke bez vijaka (tzv. utične stezaljke) (rad autora)			

			
Provjera napona Sa stražnje utične stezaljke.	Stezaljke s vijcima Stezaljke se prepoznaju po boji.	Spajanje vodiča spojnom čahurom s topljivom navlakom.	Razvodna kutija s fiksno ugrađenim stezaljkama Standardno je 5 stezaljki, s time da svaka ima 4 priključka.
Slika 4.3. Spajanje vodiča u razvodnim kutijama (rad autora)			

Prilikom spajanja vodiča u **utičnu** (ili neku sličnu) stezaljku treba paziti na ispravnu duljinu skinute izolacije jer o tome ovisi stabilnost vodiča u stezaljci te električna neprekinutost. U tu svrhu mnoge vrste stezaljki imaju na sebi odgovarajuću oznaku za potrebnu duljinu skinute izolacije. Utične su stezaljke vrlo praktične i sigurne. Žile (vodiči) fiksiraju se specijalnom opružnom tehnikom, kontrola spoja je u uglavnom moguća kroz mali prozor (ili su stezaljke prozirne), a sa stražnje strane imaju mali otvor za ispitivanje (npr. za ispitivač faze). Vodiči se iz stezaljki otpuštaju istovremenim okretanjem i povlačenjem iz sjedišta stezaljke (upute za primjenu su obično na kutiji za pakiranje).

Za spajanje vodiča u razdjelnicima najčešće upotrebljavamo **redne stezaljke** za presjeke vodiča od 2,5 do 400 mm², a najčešće ih pričvršćujemo pomoću posebnih metalnih nosača (tzv. DIN nosači)

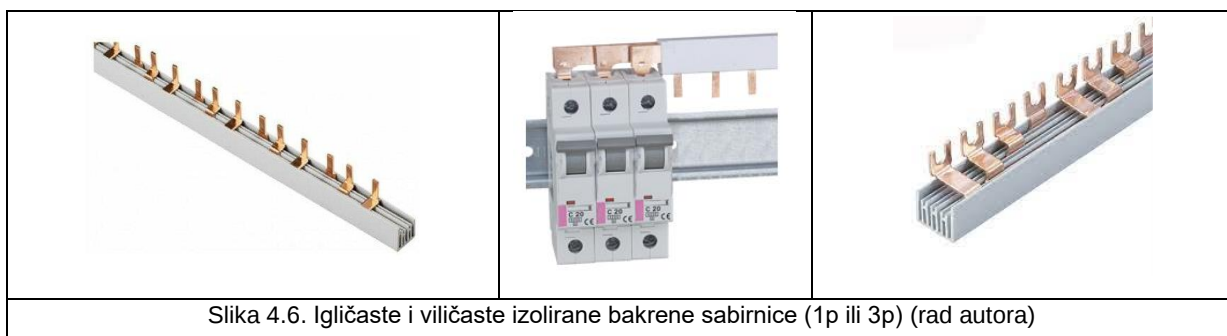
Danas proizvođači nude stezaljke sa standardnim vijčanim ili bezvijčanim spajanjem, a za TK vodove i spajanje bez skidanja izolacije.

	Slika 4.4. Kableska stopica za mnogožični ili finožični vodič (rad autora) Mnogožični ili finožični vodiči često se prije spajanja moraju na krajevima zalemiti ili se spajaju pomoću odgovarajućih kableskih stopica (npr. okaste, viličaste ili igličaste). U takvu se stopicu (čahuru) vodič spaja stiskanjem pomoću posebnih kliješta te utisne u odgovarajuću natičnicu (konektorsko spajanje) ili spoji vijčanom stezaljkom na napravi.
---	---

Vodiči većih presjeka (iznad 6 mm²) u pravilu završavaju odgovarajućom spojnicom (stopicom) koja služi za spajanje. Pričvršćivanje vodiča u stopicu treba izvesti pomoću **pneumatskih kliješta** za stiskanje. Moderne stezaljke (tzv. wago stezaljke s polugom) omogućuju spajanje finožičnih vodiča i bez posebnih stopica.

			
Redne stezaljke na metalnim nosačima; do 35 mm², 750 V, samogasiva plastična masa, do 1100 °C.	Fleksibilne redne stezaljke; do 6 mm²; 450 V, max 40 A; poliamid, za temperature do +75 °C, boja plava, smeđa, zelena...	Stezaljka za univerzalnu kutiju; za razvod bez prekida i izvođenja odcjepa na razne uređaje, 400 V ~, 3-polna s 3 x 2,5 mm² spojnih mjesta po polu.	Primjeri spojnih čahura i stopica; za završavanje i spajanje vodiča.
Slika 4.5. Primjeri raznih stezaljki (rad autora)			

Ožičenja (spojevi) unutar razdjelnika moraju posebno biti sigurna i pouzdana. Osim rednih stezaljki na DIN nosačima, na koje spajamo izvode pojedinih strujnih krugova te vijčane stezaljke na pojedinim napravama (npr. automatski prekidači, osigurači itd.), za spajanja koristimo razne sabirnice. Te sabirnice mogu biti, primjerice, N ili PE sabirnice s vijčanim stezaljkama te bakrene viličaste ili igličaste sabirnice koje koristimo kao kratko-spojnik.



Slika 4.6. Iglčaste i viličaste izolirane bakrene sabirnice (1p ili 3p) (rad autora)

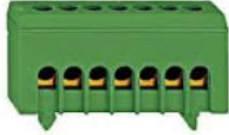
Igličaste sabirnice montiraju se u donje otvore automatskih prekidača i strujne zaštitne sklopke (FID), a viličaste u gornje (odnosno pod glavu vijka).



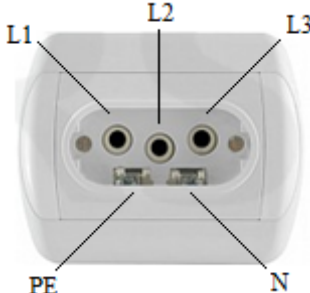
Gole bakrene sabirnice za kratko-spojnik automatskih osigurača (preporučuje se zamijeniti ih izoliranim sabirnicama).

Izolirane viličaste bakrene sabirnice za kratko-spojnik automatskih prekidača (montiraju se pod glavu vijka).

Slika 4.7. Montaža kratko-spojnika (rad autora)

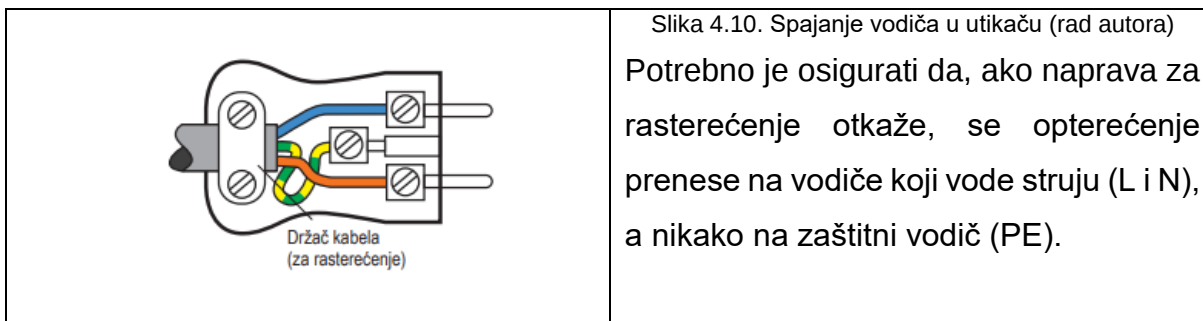
			
Primjeri izvedbi sabirnice za neutralne i zaštitne vodiče			Sabirnica za izjednačavanje potencijala - šina od mjedi
Slika 4.8. Primjeri sabirnica (rad autora)			

Međusobno spajanje bakrenih i aluminijskih vodiča izvodimo pomoću posebnih (bimetalnih) stezaljki ili spojnice koje sprječavaju koroziju aluminijskog zbog postojanja galvanske sprege (**Al-Cu spojnice**). Naime, kontaktna ili elektrokemijska korozija općenito se pojavljuje kod spajanja različitih materijala ako kontaktni napon između njih prelazi 100 mV.

Slika 4.9. Primjeri priključaka za priključni pribora za stambene i slične prostore (rad autora)		
		
Utičnica dvopolna s kontaktom za uzemljenje • nazivne vrijednosti: 10 A (DC)/16 A (AC), 250 V • broj polova: 2P + 1 (PE) • priključci: bezvijačani (max. 2,5 mm²)	Utikač petpolni, "ravni" • nazivni napon i struja: 400 V; 16 A AC • broj polova: 3P+N+1(PE) • vijčani spoj, max. 2.5 mm²; materijal: duroplast	Utičnica petpolna • nazivne vrijednosti: 16 A, 400/230 V ~ (AC) • broj polova: 3P + N +1(PE) • priključci: vijčani • ugradnja u instalacijsku kutiju ϕ 70 mm s nožicama, odnosno vijcima

Kod spajanja (priključivanja) vodiča u raznim aparatima i priključnim napravama posebnu pozornost treba obratiti na to da vodič nije mehanički opterećen. To najčešće sprječavamo tako da pri uvodu voda u aparat upotrijebimo napravu za rasterećenje

(obujmicu za pričvršćenje). **Pri tome je potrebno osigurati da se, u slučaju da naprava za rasterećenje otkáže, opterećenje prenese na vodiče koji vode struju (L, N), a nipošto na zaštitni vodič (PE).** U tu svrhu zaštitni vodič mora biti oko 8 mm dulji od aktivnih vodiča (vidi sliku 4.10).

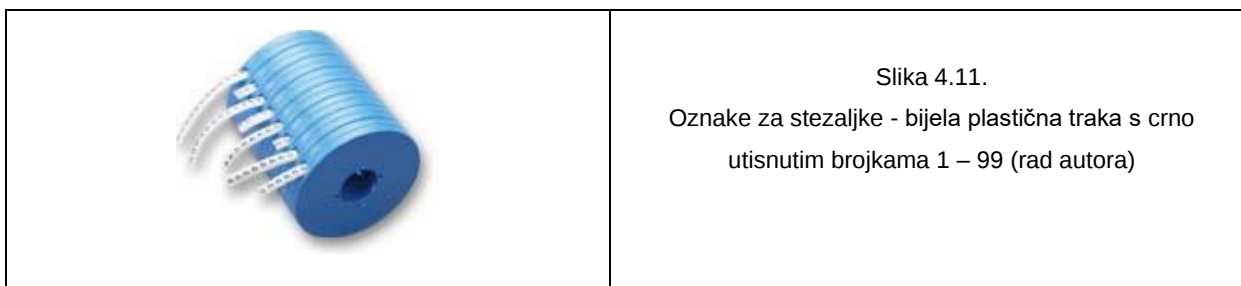


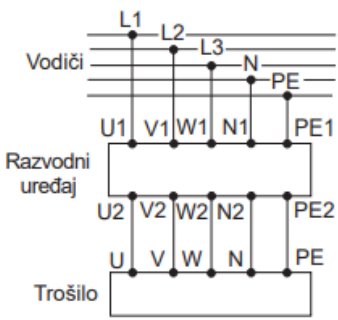
Priključivanje nepomičnih aparata i trošila na instalaciju često izvodimo pomoću posebnih **priključnih kutija** koje su već opremljene odgovarajućim stezaljkama.

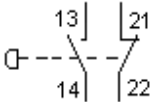
Radi lakšeg održavanja, provjere i ispitivanja, stezaljke moraju biti odgovarajuće označene (upotrebljavaju se slovne i brojčane oznake). Izrada stezaljki u boji također pomaže označavanju spojnih mjesta.

ZAPAMTITE!

Prema Pravilniku o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona, u razvodnim ormarima i sklopnim blokovima koji sadrže zaštitne uređaje i sklopne aparate s odgovarajućim strujnim krugovima, sve radne stezaljke moraju imati odgovarajuće slovne ili brojčano-slovne oznake.



		
Primjer oznaka priključnih mjesta	Primjeri razvodnih ormara	
Slika 4.12. Primjeri označavanja vodiča i stezaljki u razvodnim uređajima (rad autora)		

	 Izvedba kontakata	Slika 4.13. Oznake priključnih stezaljki na tipkalu (rad autora) Gljivasto tipkalo s ključem 1 N/O i 1 N/C kontakt, 400 V/3 A
--	---	--

Spojeve vodiča najjednostavnije je ispitati tzv. ohmskom metodom odnosno provjerom kontinuiteta ili diskontinuiteta vodiča.

U slučaju sumnje u neki spoj vodiča, preporučuje se precizno izmjeriti otpor spoja. Otpor spoja ne treba prelaziti otpor vodiča duljine 1m i presjeka jednakog najmanjem presjeku spojenih vodiča.

5. Montaža elemenata električnih instalacija

NAKON OVOG POGLAVLJA MOĆI ĆETE:

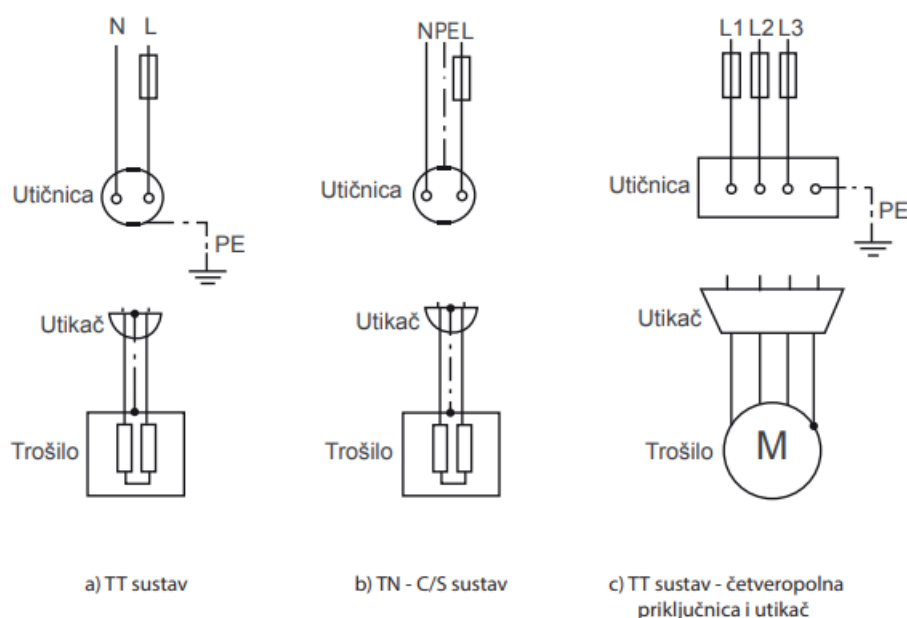
- objasniti pojam priključnog pribora i spojiti ga po pravilima struke
- izvesti propisno spajanja svih sklopki ili prekidača koji se standardno koriste u električnim instalacijama
- ožičiti razne elemente upravljanja rasvjetom, npr. stubišni automati, bistabilni releji, IC senzori itd.
- montirati i pravilno spojiti razne osigurače, automatske prekidače i strujne zaštitne sklopke
- postaviti razne sastavne elemente razvodnih ormara i iste ožičiti
- montirati elemente podnih električnih instalacija
- izvesti finu montažu raznih uređaja kao što su utičnice, rasvjetna tijela, prekidači i pravilno priključiti kućanske uređaje na električnu instalaciju
- postaviti sustav uzemljenja prema projektu instalacije
- izvesti instalacije u kupaonicama po pravilima struke
- montirati razvode jednostavnijih TK instalacija, npr. električnog zvonca i portafona
- montirati konektore na parične i koaksijalne kabele te ih priključiti na odgovarajuće uređaje
- ožičiti električni dio sustava pametnih kuća i sustava pametne rasvjete.

5.1. Priključne naprave (Ibid., str. 97)

Priključne naprave služe za priključivanje prenosivih trošila na električnu instalaciju, npr. **priključnice** ili **utičnice**, **utikače**, **prijenosne priključnice**, **natičnice**, **natikače** i slično. Također mogu poslužiti i za produljenje električnih razvoda (npr. produžni kabeli).

Priključne (ili utične) naprave možemo svrstati u dvije grupe:

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



Slika 5.1. Spajanje trolnih i četveropolnih priključnih naprava u TT i TN sustavu (rad autora)

U električnim instalacijama zgrada i sličnih prostora najčešće ugrađujemo priključne naprave nazivnih **struja do 16 A** i za **napone do 500 V**. Uglavnom se radi o trolnom priključnom priboru (L,N,PE).

JESTE LI ZNALI?

U priključne naprave posebne namjene spadaju priključne naprave za male napone i telekomunikacijske priključne naprave.

Priključne naprave za industriju upotrebljavaju se u težim radnim uvjetima, kao što su industrijski pogoni, gradilišta, poljoprivredni objekti, radionice, a ponekad i u kućanstvu. Konstrukcijski dijelovi ovih priključnih naprava najčešće su od silumina, čelika ili iz jačih plastičnih materijala. Uglavnom se izrađuju za **nazivne struje od 16 do 200 A te napone do 750 V**.

				
Industrijski utikač, 5P, 400V~	Industrijski utikač s okretanjem faza, 5P, 400V~	Natikač, 5P, 400V~	Utikač 3P, 250V~	Natikač 3P, 250V~
Slika 5.2. Industrijski priključni pribor (rad autora)				

5.2. Instalacijske sklopke - jednopolne i dvopolne sklopke

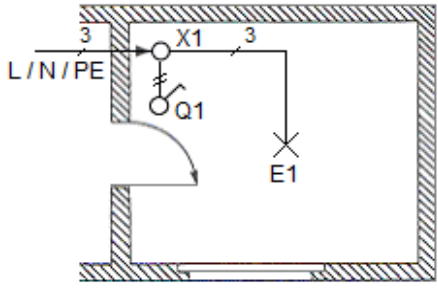
Sklopke su sklopni aparati koji služe za uklapanje, trajno vođenje i prekidanje struja normalnog pogona i mogućih preopterećenja, a vrlo kratko mogu voditi i struje kratkog spoja. **Instalacijske sklopke** su sklopke s pregibnom, okretnom, pritisnom ili poteznom tipkom koje u instalaciji služe za uključenje i isključenje trošila, najčešće rasvjete (Ibid., str. 102).

JESTE LI ZNALI?

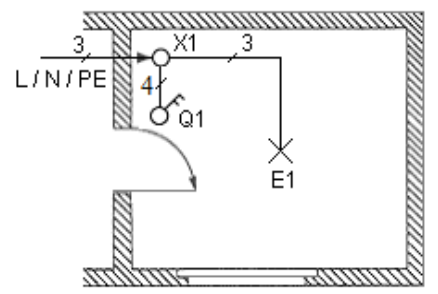
Instalacijske sklopke najčešće dijelimo prema načinu spajanja, i to na jednopolne, dvopolne, grupne, serijske, izmjenične i križne.

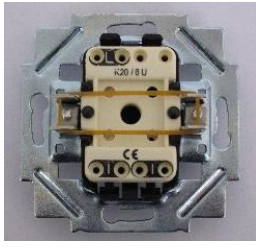
Najviše je u upotrebi obična jednopolna sklopka koja služi za jednopolno uklapanje i isklapanje jednog trošila ili grupe njih (obično svjetiljki). Sklopka se uvijek spaja u linijski (fazni) vodič strujnog kruga. **Svaka sklopka može biti s ili bez signalizacije** (tzv. **tinjalice**).

Jednopolna sklopka - služi za jednopolno uklapanje i isklapanje jednog ili jedne grupe trošila.

	
Strujna (izvedbena) shema	Instalacijski nacrt (jednopolna shema)

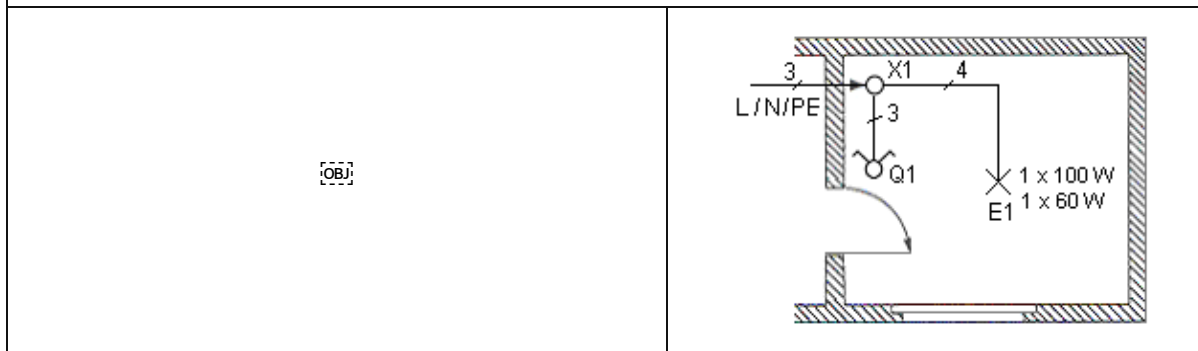
Dvopolna sklopka - služi za dvopolno uklapanje i isklapanje jednog trošila ili jedne grupe njih. Takve se sklopke postavljaju u težim uvjetima rada (npr. kupaonice, podrumi i slično).

	
Strujna (izvedbena) shema	Instalacijski nacrt (jednopolna shema)

			
Jednopolna sklopka	Serijske sklopke	Serijska sklopka	Nadžbukna sklopka
Slika 5.3. Nazivne vrijednosti: 10 A, 250 V ~ (AC), priključci: vijčani ili utično opružni (maksimalno. do 2,5 mm ²), za ugradnju u instalacijsku kutiju Φ 60 mm, nadžbukna bez kutije (rad autora)			

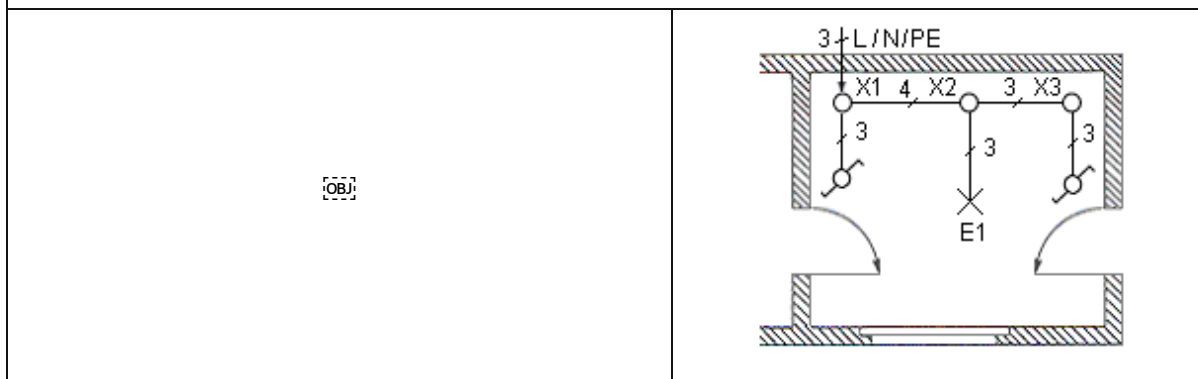
5.3. Spojevi ostalih instalacijskih sklopki (Ibid., str. 104)

Serijska sklopka - za uklapanje i isklapanje dviju svjetiljki ili dviju grupa svjetiljki.

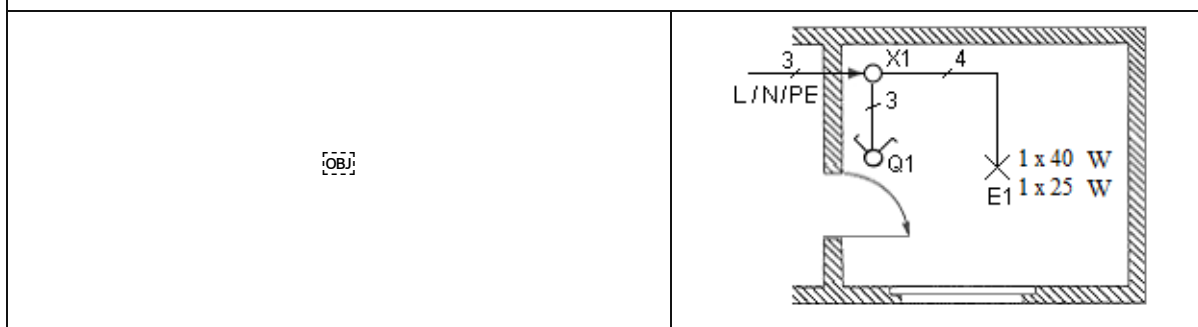


Izmjenična sklopka - za upravljanje rasvjetom s dva mjesta (jedna ili više svjetiljki).

Ugrađuje se u hodnicima, stubištima, prostorijama s dva ulaza i slično.

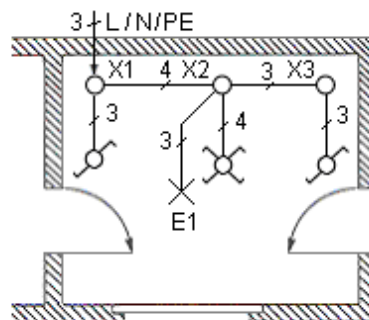


Grupna sklopka - vrlo je slična serijskoj sklopki. Služi za upravljanje dvama trošilima (ili dvjema grupama trošila), ali s njome ne možemo istodobno uključiti oba trošila.



Križna sklopka - u kombinaciji s dvjema izmjeničnim sklopkama služi za upravljanje rasvjetom triju mjesta.

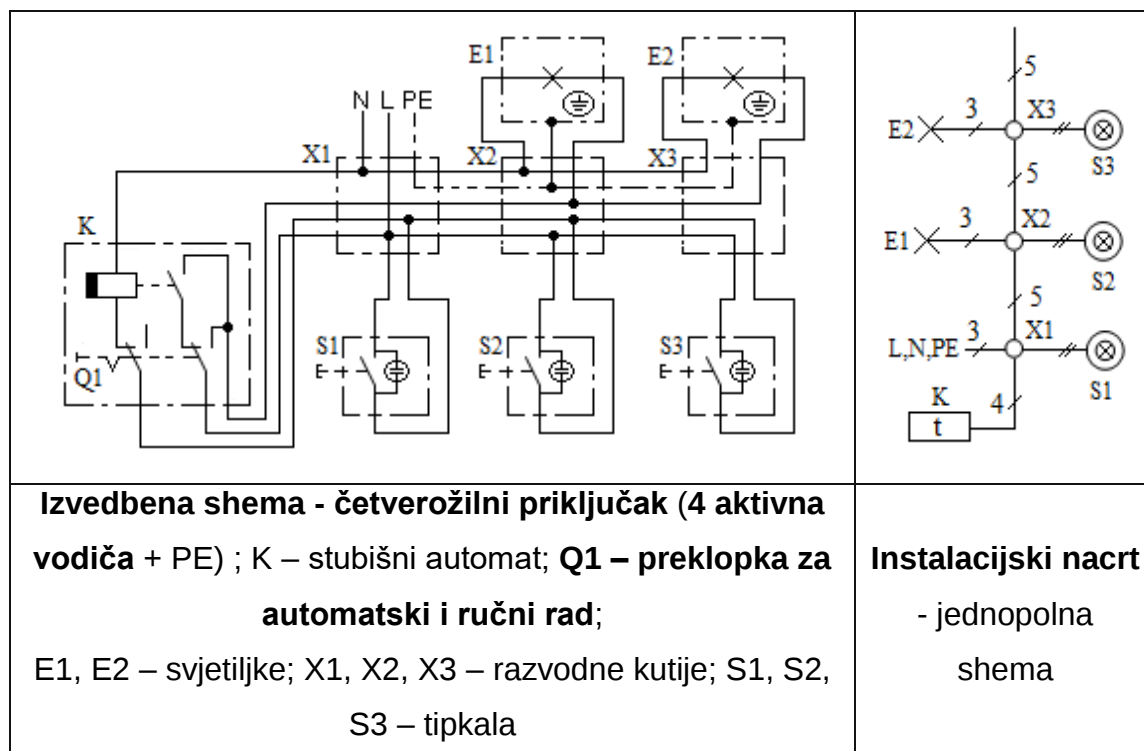
OBJ



5.4. Stubišni automati

Za rasvjetu stubišta u zgradama vrlo se često postavljaju **stubišni automati (STA)**. Oni uklapaju jednu ili više svjetiljki, a nakon određenog vremena (npr. 1-7 min.) automatski je iskllope (Ibid., str. 105). Pobuđivanje automata izvodimo preko tipkala (kratkotrajni impuls). Načelna shema priključivanja automata prikazana je na slici.

Slika 5.4. Spajanje stubišnog automata (obavezno je proučiti upute proizvođača) (rad autora)

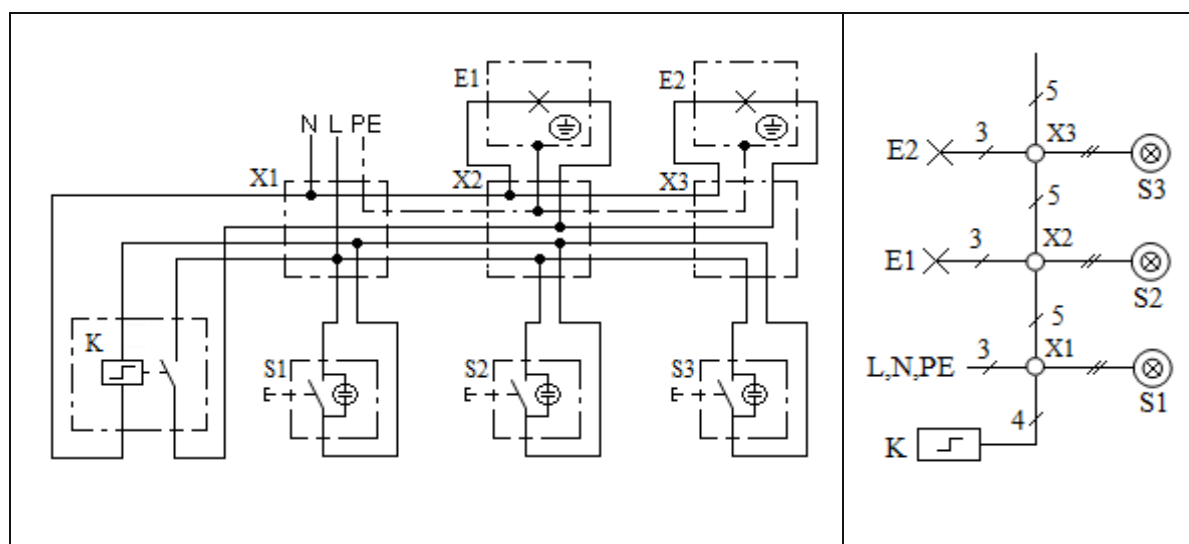


Kod nekih se proizvođača, umjesto linijskog vodiča, preko tipkala vodi neutralni vodič.

5.5. Impulsni (ili bistabilni) relej

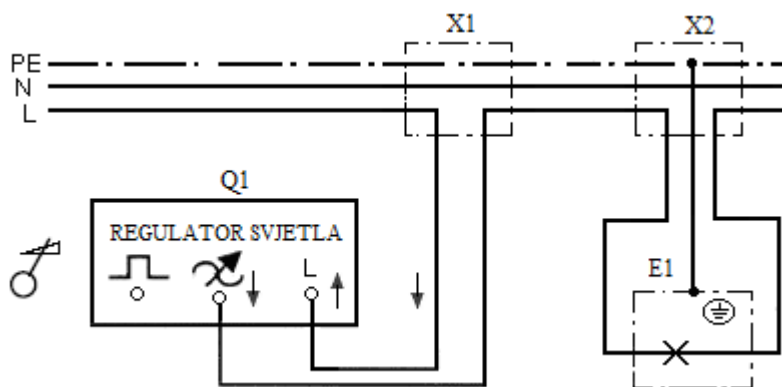
Za rasvjetu stubišta, hodnika, većih skladišta i sličnih prostora učestalo se koristi **impulsni (bistabilni) relej**. Predviđen je tamo gdje je potrebno uključivanje (i isključivanje) trošila s više mjesta. Impulsni (bistabilni) relej posebna je vrsta sklopke koju uklapamo s kratkim električnim impulsom uz pomoć tipkala. Radni kontakti releja ostanu tako dugo zatvoreni (preklopljeni) dok opet s kratkim električnim impulsom ne pobudimo relej (Ibid., str. 107).

Slika 5.5. Spajanje bistabilnog releja (rad autora)



5.6. Regulatori svjetla (rasvjetle)

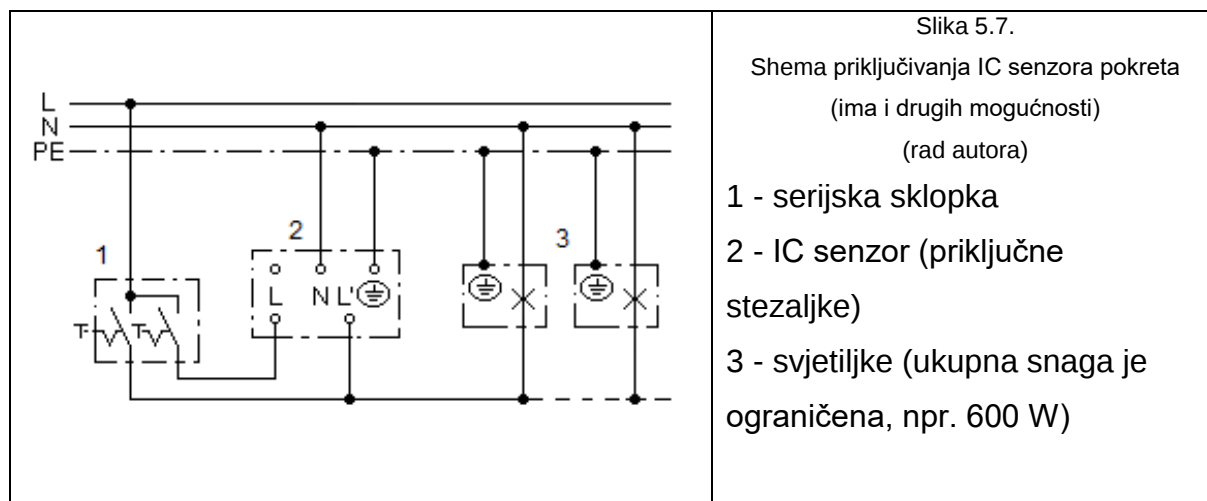
Sklopke za upravljanje rasvjetom često se izvede s elektronskom regulacijom svjetla (obično ih nazivamo **dimmeri**). To može doprinijeti ugodnijoj atmosferi, ali i uštedi električne energije. Ožičenje je vrlo slično ožičenju obične sklopke.



Slika 5.6. Spajanje regulatora rasvjete (rad autora)

5.7. Senzori pokreta (IC senzori)

Za upravljanje rasvjetom često koristimo tzv. **senzore pokreta (IC senzori)**. IC senzor pokreta ima ugrađen **pireoelektrični infracrveni detektor** koji detektira toplinska zračenja tijela prilikom gibanja (ljudi, životinja ili automobila) te tako uključuje rasvjetu, ali se istodobno uključuje vremenski mehanizam te se, nakon nekog vremena, rasvjeta samostalno isključuje.



5.8. Zaštita električnih instalacija i naprava

Električne instalacije i naprave treba štiti od izravnih utjecaja okoline u kojoj se nalaze, npr. od mehaničkih oštećenja, prašine ili vode, a posebnu važnost ima **zaštita od učinaka kao što su nadstruje i prenaponi**.

Posljedice preopterećenja i kratkih spojeva su struje veće od nominalnih. Njih uobičajeno nazivamo **nadstruje** pa se i zaštita od štetnih posljedica takvih struja naziva **nadstrujna zaštita**. Za zaštitu od preopterećenja i kratkih spojeva u električnim instalacijama najčešće upotrebljavamo (Ibid., str. 132):

- niskonaponske instalacijske osigurače tipa D i D0
- niskonaponske osigurače velike prekidne moći (NH - NVO)
- automatske instalacijske prekidače (automatski osigurači)
- zaštitne sklopke i prekidači
- sklopnike s bimetalnim relejima (za preopterećenje).

5.8.1. Niskonaponski rastalni (topljivi) osigurači (Ibid., str. 133)

Rastalni ili **topljivi osigurač** sklopni je aparat koji taljenjem jednog ili više topljivih vodiča prekida strujni krug. Uvjet prekidanja struje je da ona dovoljno dugo prelazi određenu vrijednost.

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

Najčešći osigurački sustavi u električnim instalacijama su:

- D osigurački sustav,
- D0 osigurački sustav
- NH osigurački sustav (osigurači velike prekidne moći).

Zahtijevana svojstva topljivih umetaka određuju se pomoću tzv. **funkcijskog razreda** i prema oznaci za vrstu štíćene naprave. Prema takvoj se klasifikaciji osigurači (umetci)

svrstavaju u odgovarajuće **pogonske razrede (klase)** kao što je navedeno u tablici 5.1.

Tablica 5.1. Područja primjene rastalnih osigurača

Funkcijski razred	Vrsta štice naprava	Pogonski razred
g: osigurači za potpuni opseg zaštite, mogu: • trajno provoditi nazivnu struju • isklapati struje od najmanje rastalne do nazivne vrijednosti isklopne (prekidne) moći a: osigurači za djelomični opseg zaštite, mogu: • trajno provoditi nazivnu struju • isklapati struje iznad određenog višekratnika svoje nazivne struje ($k \times I_n$) do nazivne vrijednosti prekidne moći	G: za opću upotrebu M: zaštita elektromotornih pogona (i sklopnih naprava) R: zaštita poluvodičkih sklopova (ispravljači i pretvarači) S: zaštita poluvodičkih elemenata (superbrzi) B: zaštita opreme u rudnicima Tr: transformatori L*: zaštita vodova i kabela	gG □ gL: za opću upotrebu s potpunim opsegom zaštite aM: djelomični opseg zaštite elektromotornih pogona gM: potpuni opseg zaštite elektromotornih pogona aR: djelomični opseg zaštite poluvodiča gR: potpuni opseg zaštite poluvodičkih sklopova gS: potpuni opseg zaštite poluvodičkih elemenata

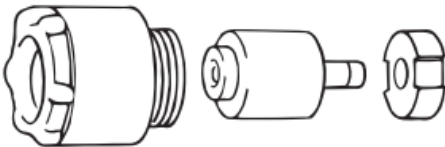
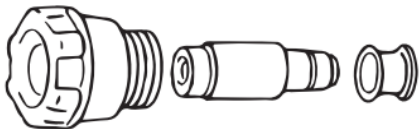
Osnovni podatci topljivih umetaka:

- nazivna struja (I_n)
- nazivni napon (U_n)
- nazivna isklopna (prekidna) moć (I_i)
- vremensko-strujna karakteristika ($t-I$)
- karakteristika propuštenih struja i prepuštene energije (Joulov integral = $I^2 \times t$).

5.8.2. Osigurački sustavi D i D0

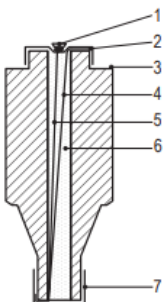
Rastalne (topljive) osigurače tipa D (diazed) i D0 (neozed - čitaj „D nula“) najčešće **nazivamo instalacijskim osiguračima**. Radi se zapravo o istom tipu osigurača, osim što je D0 uveden kasnije.

Tablica 5.2. Osnovni podatci D i D0 osigurača (Ibid., str. 136)

Naziv	Nazivne struje i naponi	Prekidna moć	Kapa, patrona i kalibarski prsten
D - sustav (diazed)	2-100 A (200), 500 V ~, a u posebnim izvedbama i 660, 690, 750 i 900V	Do 50 kA ~ i do 8 kA —	
D0 - sustav (neozed)	2 - 100 A, 400 V ~ i 250 V —	Do 50 kA ~ i do 8 kA —	

Dijelovi instalacijskog osigurača:

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

Slika 5.8. Dijelovi umetka (patrone) (rad autora)		Slika 5.9. Umetci D i D0 (rad autora)					
	1 – indikator pregaranja (ispod je opruga)	DI	DII	DIII	D01	D02	D03
	2 - gornji kontakt (metalna kapica)						
	3 - keramičko tijelo	Nazivni napon: D - 500 V i D0 - 400 V ~; kategorija upotrebe: gG – gL; klasa izolacije C; prekidna moć: 50 kA ~, 8 kA --					
	4 - rastalna nit						
	5 - žica indikatora						
	6 - kremeni pijesak						
	7 - donji kontakt						

Osnova EZ • za priključivanje s prednje strane	Osnova EZN • za priključivanje s prednje strane	Osnova TZ • za priključivanje sa stražnje strane	Osnova UZ • za priključivanje s prednje strane - oklopljen
			
Slika 5.10. Osnove instalacijskih osigurača (rad autora)			

Prednosti rastalnih osigurača: velika prekidna moć, ograničenje energije u malom prostoru, velika brzina djelovanja, niska cijena i jednostavna izvedba.

Nedostatci rastalnih osigurača: samo za jednokratnu upotrebu, prekidaju samo jednopolno, nisu primjereni za uklapanje pod teretom, prekid signaliziraju samo optički, ne omogućuju blokade i rad s njima nije dovoljno siguran.

5.8.3. Instalacijski automatski prekidači (Ibid., str. 141)

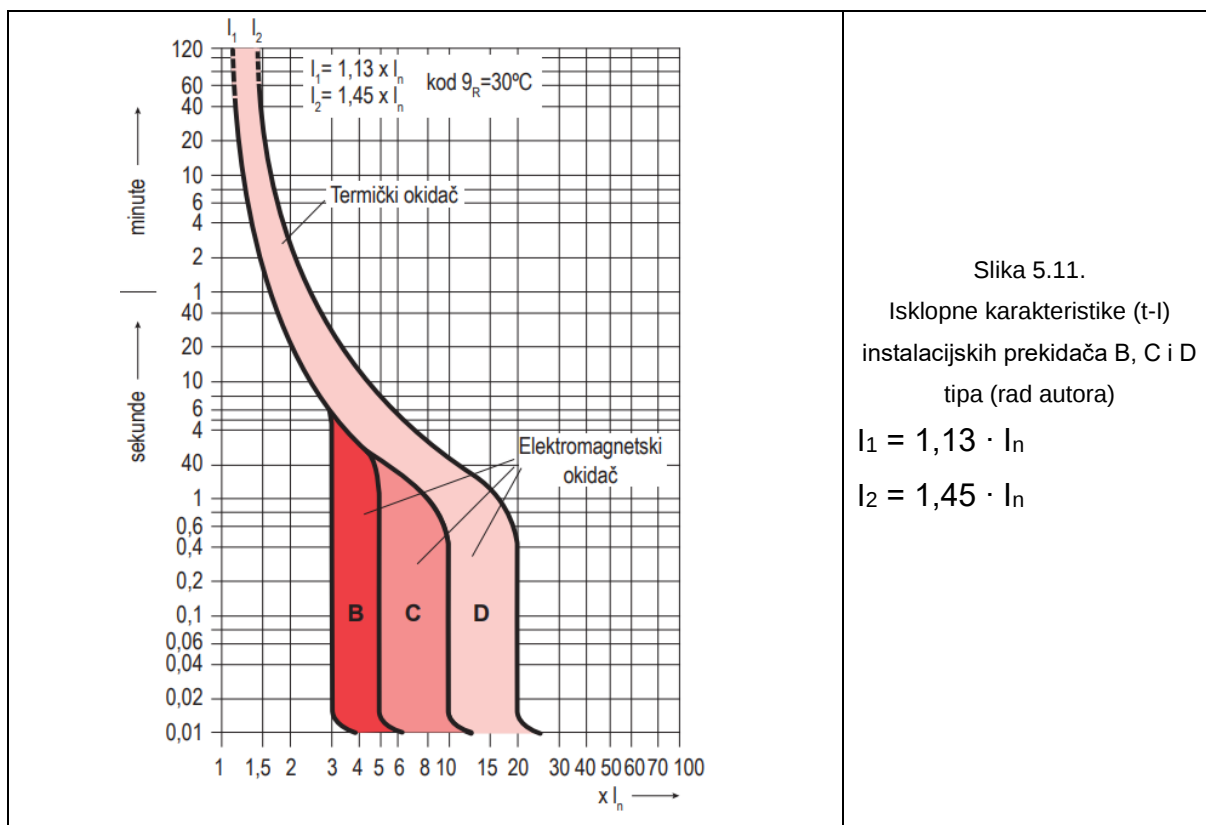
Instalacijski prekidači sklopni su aparati za zaštitu vodova te na njih priključenih naprava od preopterećenja i kratkih spojeva. U praksi ih nazivamo automatskim instalacijskim prekidačima - AIP, a najčešće samo **automatski osigurači**. Izrađuju se u jednopolnoj, dvopolnoj, tropolnoj ili četveropolnoj (3P+N) izvedbi. **Imaju ugrađen elektromagnetski i (ili) bimetalni okidač.**

Okidač je naprava koja je mehanički povezana sa sklopnim mehanizmom te oslobađa energiju potrebnu za otvaranje kontakata. Djelovanje elektromagnetskog okidača prouzroči magnetsko polje svitka, dok bimetalni okidač djeluje na osnovu bimetalne trake koja se savija zbog povišene temperature.

Instalacijske prekidače proizvođači najčešće izrađuju u tri izvedbe:

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

Bimetalni okidač je u tvornici podešen tako da prema propisima reagira unutar $(1,13 - 1,45) \times I_n$.



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

Prednosti automatskih prekidača:

- mogu služiti za zaštitu od preopterećenja i kratkog spoja
- isključenje je moguće elektromagnetski, toplinski (termički) i ručno
- nakon isključenja nije potrebno mijenjati umetak, već samo izvršiti uključenje pomoću ručice čim je uzrok isključenja uklonjen
- ekonomičniji su u pogonu od rastalnih osigurača
- pružaju veću pogonsku sigurnost jer reagiraju brzo i precizno te time sprječavaju svako opasno zagrijavanje vodova
- malih su dimenzija te se lako montiraju
- povremeno mogu zamijeniti ulogu sklopke.

Nedostatci su im manja prekidna moć te nešto viša cijena.

5.8.4. Prenaponi u električnim instalacijama - zaštita od prenapona

Prenapon je svaki napon između dvaju vodiča ili vodiča i zemlje koji prelazi najviši dopušteni iznos pogonskog napona (Ibid., str. 158). Negativni utjecaji prenapona očituju se u naprezanju izolacije cijele električne instalacije i izolacije uređaja priključenih na instalaciju. **Naročito osjetljivi na prenapone su razni elektronički uređaji.**

Za električne instalacije možemo uglavnom, prema načinu kako su nastali, govoriti o tri vrste prenapona:

- **atmosferski prenaponi** (prenaponi prouzročeni munjom)
- **sklopni prenaponi** (prenaponi prouzročeni sklopnim radnjama)
- **prenaponi zbog međudjelovanja različitih instalacija.**

Atmosferski prenaponi (ili udarni) zbog izravnih ili bliskih udara munje u niskonaponsku mrežu ili građevinu, ako nisu ničim ograničeni, najveća su opasnost za električnu instalaciju.

Osnovna **zaštita od prenapona** je pravilno dimenzioniranje električne opreme s obzirom na podnosive udarne napone. Dodatna se razina zaštite odabire na osnovi

procjene prihvatljivog rizika i mogućih šteta, a ovisi o vrsti i namjeni građevine. Svejedno, zaštita se preporučuje u svim građevinama.

Dodatna zaštita od prenapona podrazumijeva tri jednakovrijedna dijela sustava:

- vanjsku zaštitu (vanjski LPS – nekad poznat kao gromobran)
- unutarnju zaštitu (odvodnici prenapona)
- izjednačivanje potencijala.

Najvažniji uređaji za zaštitu od prenapona u električnim instalacijama su **odvodnici prenapona** (engl. *Surge Protection Device*, SPD).

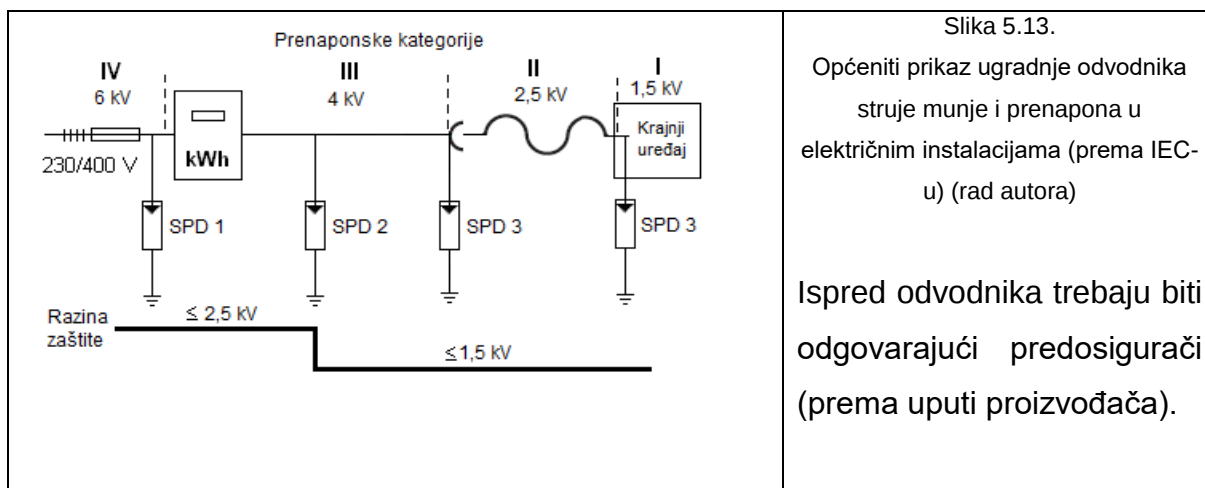
U praksi odvodnike često dijelimo prema **kapacitetu odvođenja** energije na:

- odvodnik struje munje Tip 1 / klase I SPD
- odvodnik prenapona Tip 2 / Klasa II SPD
- odvodnik prenapona Tip 3 / Klasa III SPD.

Načelno se **SPD (odvodnik) priključuje paralelno štíćenoj napravi i to između aktivnih vodiča i PE (PEN) vodiča**. Na štíćenoj napravi mora osigurati niži naponski nivo od onog koji je proizvođač naveo kao udarni podnosivi napon te opreme.

Varistor (naponski otpornik), kao glavni element odvodnika, kod nazivne vrijednosti napona ima velik otpor, a pojavom prenapona otpor se smanji i tako se višak energije odvede u zemlju.

Za cjelovitu zaštitu električnih instalacija i opreme od prenapona najbolje je ugraditi sva tri tipa SPD uređaja, uz uvjet da su za isti projektirani napon, ali za različite (usklađene) zaštitne razine.



Zaštitna razina odvodnika prenapona (U_p) mora se odabrati prema podnosivom udarnom naponu štice opreme, s time da u električnim instalacijama **230/400 V (AC)** zaštitna razina ne smije prijeći **2,5 kV** (za 400/690 V je U_p do 4 kV, a za 1000 V do 6 kV).

5.9. Zaštitne mjere kod primjene električne energije

5.9.1. Djelovanje električne struje na ljudsko tijelo

Električni udar je patofiziološki efekt koji nastaje prilikom prolaza električne struje kroz ljudsko ili životinjsko tijelo. Učinke struje na ljudsko (i životinjsko) tijelo možemo podijeliti na **toplinske, mehaničke, kemijske i biološke**. Ova djelovanja mogu dovesti do ozljeda, pa čak izazvati i smrt.

Na temelju raznih ispitivanja te analize ozljeda i smrtnih slučajeva, dobiveni su podatci o fiziološkom djelovanju električnih struja (50 Hz) raznih jakosti na ljudski organizam:

1. **otpuštajuća struja** - najveća struja pri kojoj se čovjek može snagom svojih mišića odvojiti od dijelova pod naponom (obično je **5-10 mA**),
2. **fibrilacijska struja** - ona jakost struje koja izaziva smrt (njezina je vrijednost relativna za svakog čovjeka)
3. **nefibrilacijska struja** - jakost struje koja ne izaziva smrt (može se smatrati bezopasnom za čovjeka i obično se uzima **do 30 mA**).

Vrijednost izmjenične struje od 30 mA obično se navodi kao struja koja najvjerojatnije neće ugroziti čovjeka. Ipak, opasnim trebamo smatrati sve struje (AC) koje prelaze jačinu od 10 mA.

Ukupna težina ozljede prouzročene električnim udarom općenito ovisi o jakosti struje, vremenu protjecanja, putu kojim struja teče kroz tijelo čovjeka, frekvenciji i osobnim svojstvima čovjeka.

Postupak pružanja prve pomoći (Ibid., str. 176):

- Ako je unesrećeni još uvijek u strujnom krugu, treba ga što prije osloboditi, ali spasitelj mora paziti i na vlastitu sigurnost. Ovisno o situaciji strujni krug se prekida izvlačenjem utikača ili osigurača ili odvajanjem električnog vodiča od tijela pomoću nekakvog izolacijskog predmeta.
- Ako je unesrećeni bez svijesti, provjerite disanje i krvotok te, po potrebi, započnite mjere oživljavanja. Onesviještenog koji diše okrenite u bočni položaj.
- Ne prekidajte s umjetnim disanjem dok se ne vrati prirodno disanje (ili do dolaska liječnika).

5.9.2. Impedancija ljudskog tijela i naponi dodira

Impedancija ljudskog tijela ovisi o čistoći i vlažnosti kože, debljini kože, dodirnom naponu, trajanju prolaza struje kroz tijelo, jakosti struje te kontaktnom pritisku i površini dodira, kao i vanjskim utjecajima, prije svega vlazi i otporu tla (podloge). Vanjski uvjeti dijele se na normalne, loše i naročito loše, npr. kao uvjeti u bazenu. **Pri normalnim uvjetima okoline impedancija ljudskog tijela obično se kreće u granicama od 1000 do 3000 Ω .** Na osnovi podataka o dopuštenim strujama i impedanciji tijela određeni su trajno dopušteni dodirni naponi:

1. u normalnim uvjetima granica opasnoga dodirnog napona je 50 V AC (120 V DC)
2. u lošim uvjetima granica opasnoga dodirnog napona je 25 V AC (60 V DC).

Općenito važi da opasnim možemo smatrati svaki dodirni napon koji dovodi do prolaska struje (izmjenične) kroz ljudsko tijelo od 10 mA ili više.

5.9.3. Izvori opasnosti

U praksi se u električnim instalacijama najčešće srećemo s ozljedama nastalih zbog izravnih ili neizravnih dodira dijelova pod naponom. Pri dodiru osobe s dijelom opreme pod naponom, kroz tijelo će poteći određena struja čija putanja zatvaranja bitno ovisi o tipu razdjelnog sustava niskog napona.

Pri izravnom dodiru u **TN** ili **TT sustavu** u najnepovoljnijoj varijanti očekuje se struja kroz tijelo čovjeka od:

$$I_t = \frac{230}{1000} = 0,230 \text{ A} = 230 \text{ mA}$$

Ova jakost struje može za čovjeka biti smrtonosna.

Pri izravnom dodiru linijskog vodiča u IT sustavu za očekivati je vrlo malu (bezopasnu) struju kroz tijelo čovjeka, ali ako u takvoj mreži postoji spoj jedne faze sa zemljom, a čovjek dođe u dodir s nekom od drugih dviju faza, onda praktički imamo jednaku opasnost kao i u uzemljenoj mreži.

Pri dodiru neuzemljene naprave u kvaru na izolaciji (neizravni dodir) kod TN ili TT sustava u najnepovoljnijoj varijanti opasnost je jednaka kao i kod izravnog dodira. **Pri tome je važno napomenuti da kod električnih naprava na kojima nije izvedena zaštita od neizravnog dodira, a kućišta su im došla pod napon, nema nikakve indikacije o toj pojavi.**

5.9.4. Uzemljenja

Uzemljiti znači ostvariti električni spoj između neke točke sustava (npr. opreme) i zemlje.

Općenito se na taj način potencijal uzemljenog dijela postrojenja drži na potencijalu zemlje.

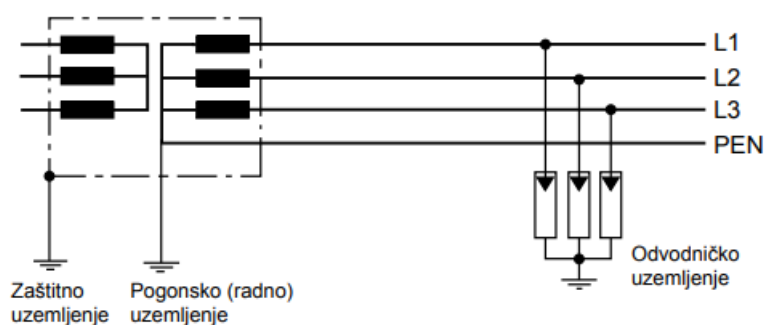
Prema namjeni razlikujemo **zaštitno, pogonsko i uzemljenja LPS-a.**

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

Pogonsko (radno) uzemljenje je uzemljenje vodljivih dijelova električnih uređaja koji su dio strujnog kruga (npr. uzemljenje neutralnog vodiča). **Prvenstveno služi za sprječavanje pojave opasnih unutarnjih (pogonskih) prenapona.**

Uzemljenje LPS-a služi za zaštitu objekata od atmosferskih pražnjenja.

U pravilu u jednoj instalaciji (ili postrojenju) postoji samo jedno, odnosno tzv. združeno uzemljenje.



Slika 5.14. Vrste uzemljenja (rad autora)

5.9.5. Zaštita od udara električne struje

Zaštitu od udara električne struje možemo podijeliti u tri stupnja:

- **osnovna zaštita** - odgovara **zaštiti od izravnog dodira**
- **zaštita u slučaju kvara** - odgovara **zaštiti od neizravnog dodira**
- **dodatna zaštita** - u posebnim slučajevima može se primijeniti i zaštita u slučaju da otkáže jedna od prethodnih mjera, npr. primjena zaštitnih uređaja diferencijalne struje (engl. *Residual current device*, RCD) $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$.

Zaštitna se mjera općenito mora sastojati od:

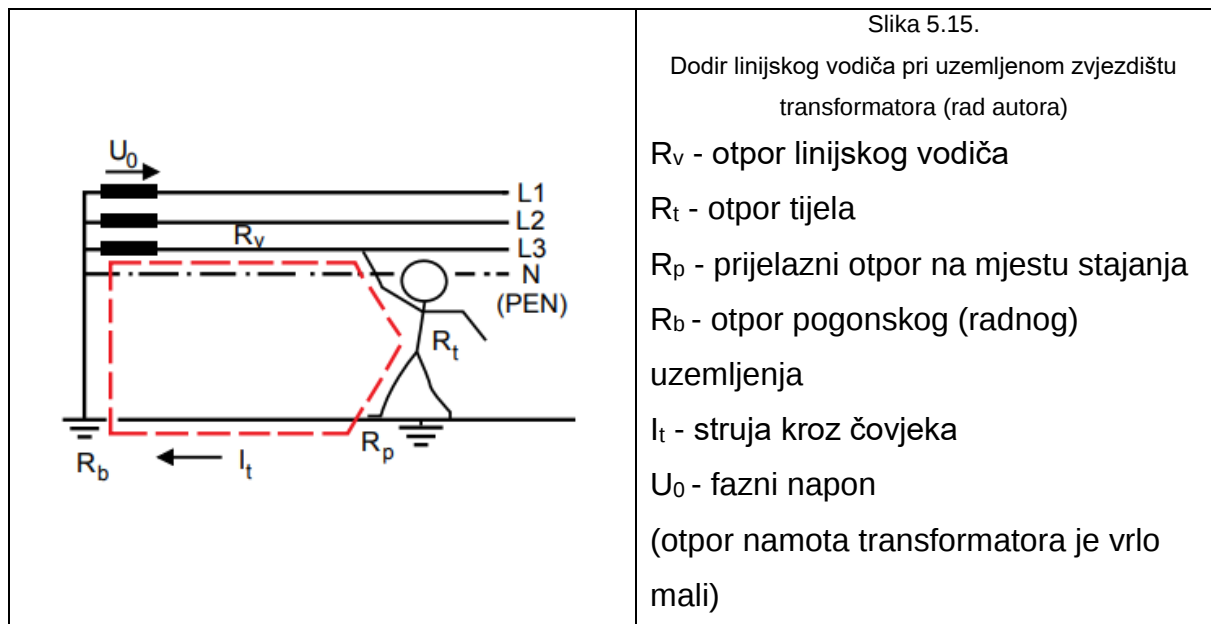
- mjere za osnovnu zaštitu i neovisne mjere za zaštitu u slučaju kvara
- pojačane zaštitne mjere kojom se postiže istodobno osnovna i zaštita u slučaju kvara.

S obzirom na praktičnu izvedbu zaštitne mjere od udara, električne struje još se dijele na:

1. zaštitu od izravnog dodira
2. zaštitu od neizravnog dodira
3. istodobnu zaštitu od izravnog i neizravnog dodira.

5.9.6. Zaštita od izravnog dodira ili osnovna zaštita

Osnovna zaštita ili zaštita od izravnog dodira mora se sastojati od jedne ili više mjera koje kod pravilnih uvjeta rada sprječavaju dodir s opasnim aktivnim dijelovima.

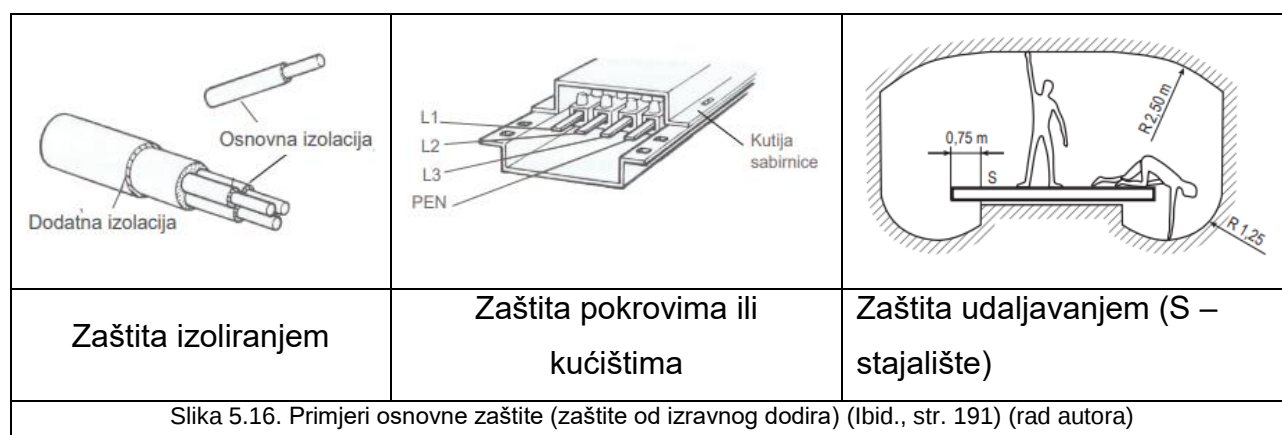


Osnovnu zaštitu postižemo:

- izoliranjem (osnovno izoliranje)
- pokrovima (barijerama) ili omotačima (kućištima)
- dodatnom zaštitom pomoću ZUDS (RCD ili FID sklopka)

- zaprekama i (namijenjeno zaštititi samo stručnih ili upućenih osoba)
- postavljanjem izvan dohvata rukom (ili udaljavanjem).

Zaštita izoliranjem i kućištima (pokrovima) je obavezna, dok je dodatna zaštita obavezna u lošim uvjetima okoline. Zaštita zaprekama i udaljavanjem namijenjena je zaštititi stručnih ili upućenih osoba.



Smještanje izvan dohvata ruke mjera je kojoj se pribjegava kad nisu primjenjive sve ostale mjere za **osnovnu zaštitu**.

5.9.7. Zaštita od neizravnog dodira automatskim isključenjem napajanja

Za zaštitu u slučaju kvara (zaštitu od neizravnog dodira) najčešće se primjenjuju sljedeće zaštitne mjere:

- automatsko isključenje opskrbe (napajanja)
- zaštitno izoliranje (npr. dvostruka izolacija)
- električno odjeljivanje za jedno trošilo
- mali naponi (tzv. SELV ili PELV).

U električnim instalacijama najčešće se primjenjuje (zapravo je prisutna u svakoj instalaciji) zaštita automatskim isključenjem opskrbe. Mjera zaštite zamišljena je tako da se osnovna zaštita postiže osnovnom izolacijom ili pokrovima, a zaštita u slučaju kvara automatskim isklupom opskrbe.

Zaštita automatskim isklapanjem istodobno se zasniva na dva bitna elementa (Ibid., str. 193):

- postojanju zatvorenoga strujnog kruga koji omogućuje protjecanje struje kvara i
- prekidanju strujnog kruga u kvaru u dovoljno kratkom vremenu.

Kako način zatvaranja petlje kvara (kojom teče struja) ovisi o tipu razdjelnog sustava, razlikujemo automatsko isključenje opskrbe u TN, TT i IT sustavima.

Za ispravnost takve zaštite:

- dostupni vodljivi dijelovi moraju se spojiti sa zaštitnim vodičem
- mora se izvesti zaštitno izjednačivanje potencijala, a po potrebi i tzv. dodatno izjednačivanje potencijala.

U slučaju kvara zaštitna naprava mora automatski prekinuti opskrbu u strujnom krugu unutar dopuštenih isklonih vremena (najčešće je to 0,4 s za TN i 0,2 s za TT).

Tablica 5.3. Dopuštena vremena isključivanja u TN i TT sustavima (za krajnje strujne krugove do 32 A)

Sustav	$50V < U_0 \leq 120V$ (s)		$120V < U_0 \leq 230V$ (s)		$230V < U_0 \leq 400V$ (s)		$U_0 > 400V$ (s)	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
TN	0,8	Napomena	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	Napomena	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1
U_0 - nazivni napon linijskog vodiča prema zemlji izmjenične struje (AC) ili istosmjerne struje (DC).								

NAPOMENA: Isklup se može zahtijevati iz drugih razloga osim zaštite od električnog udara.

Za **IT sustave** automatski isklup opskrbe obično se ne zahtijeva kod prvog kvara.

5.9.8. Zaštita automatskim isključenjem opskrbe u TN sustavu

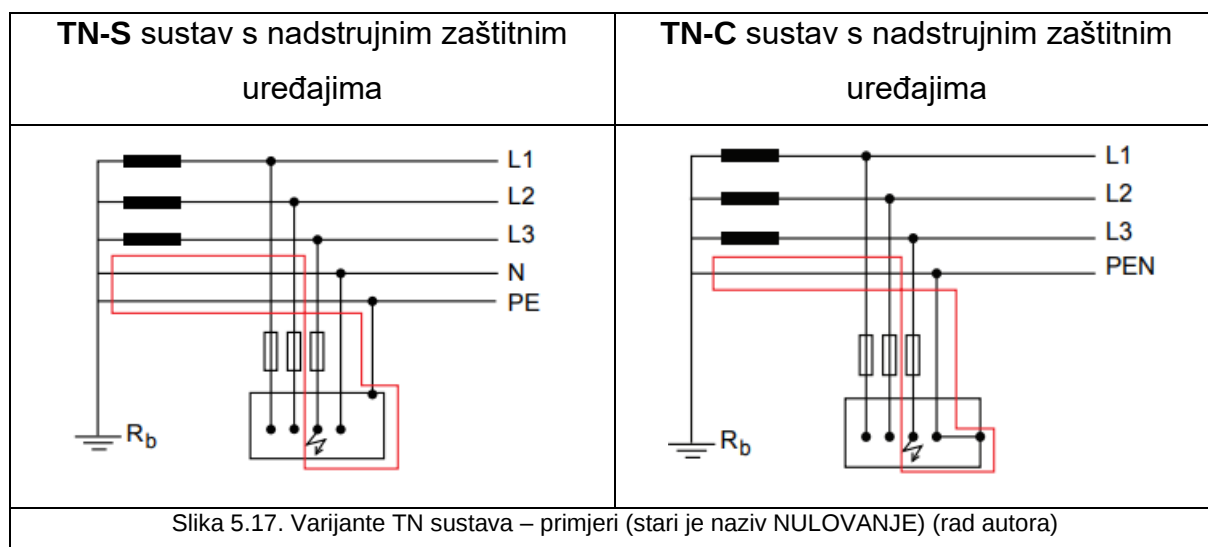
Uvjet ispravnosti zaštite je ((Ibid., str. 197):

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0 .$$

U_0 - napon linijskog vodiča prema zemlji

Z_s - impedancija petlje kvara

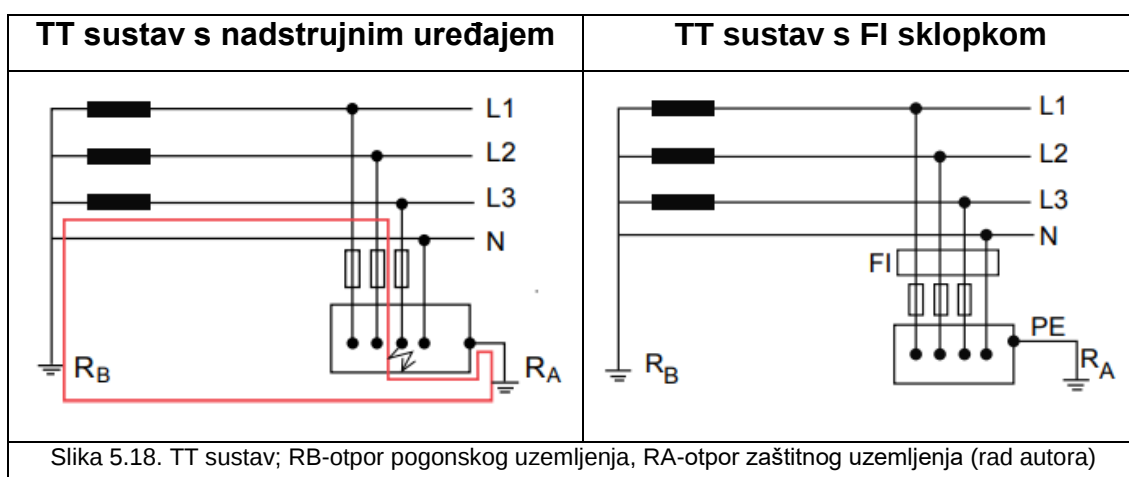
I_a - struja djelovanja uređaja koja osigurava isključivanje opskrbe u zahtijevanom vremenu (kod ZUDS - RCD skopke je $I_a = I_{\Delta n}$).



U slučaju kvara na izolaciji trošila (TN-S sustav), poteći će struja kvara (crvena linija na slici) kroz sljedeće otpore: otpor linijskog vodiča (R_L), otpor zaštitnog vodiča (R_{PE}), otpor zaštitno-neutralnog vodiča (R_{PEN}) i unutarnjeg otpora transformatora (R_T). Zbroj svih tih otpora nazivamo **otpor petlje kvara R_s** , a ako uzmemo u obzir induktivne i kapacitivne otpore, onda govorimo o **impedanciji petlje kvara Z_s** ($R_s \square Z_s$). Ta struja kvara mora biti tolike jakosti da u kratkom vremenu "pregori" osigurač, isključi prekidač ili FID sklopka koja je najbliža šticeu trošilu.

5.9.9. Zaštita od neizravnog dodira automatskim isključenjem opskrbe u TT sustavu

Dostupni vodljivi dijelovi električnog uređaja, koji u normalnom pogonu nisu pod naponom, međusobno se vodljivo povežu sa zaštitnim vodičem i **spoje na zaštitno uzemljenje** (slika 5.18 - R_A).



U slučaju kvara na izolaciji trošila, poteći će struja kvara (crvena linija na slici) kroz sljedeći strujni krug: **linijski vodič - kućište - uzemljivač – zemlja (TLO) - uzemljenje neutralne točke transformatora - linijski vodič**. Ta struja kvara mora biti toliko velika da u kratkom vremenu "pregori" osigurač, isključi prekidač ili FID sklopka koja je najbliža štice trošilu. Kako bi struja kvara bila što veća, otpor uzemljenja R_A mora biti što manji (Ibid., str. 200).

Općenito se u TT sustavima za zaštitu od kvara moraju upotrebljavati FID (RCD) sklopke.

Kad se za zaštitu u slučaju kvara upotrijebi strujna zaštitna sklopka, mora biti ispunjen sljedeći uvjet:

[OBJ]

R_A - otpor zaštitnog uzemljenja

$I_{\Delta n}$ - naznačena preostala proradna struja FID (RCD-a) (osigurava isklapanje zaštitnog uređaja u vremenu prema propisu npr. do 0,2s)

(u TT sustavima se isklopno vrijeme koje ne prelazi 1s dopušta za razdiobne strujne krugove)

U_L - dopušteni dodirni napon (npr. 50 V kod AC sustava).

Iz navedenog uvjeta slijedi da R_A mora biti:

$$R_A \leq \frac{U_L}{I_a} \quad * \text{ Ako } R_A \text{ nije poznat, smije se zamijeniti sa } Z_s.$$

Alternativno, prekostrujni zaštitni uređaji mogu se koristiti za zaštitu od kvara pod uvjetom da je prikladno niska vrijednost Z_s trajno i pouzdano osigurana.

5.9.10. Ostale zaštitne mjere

Zaštitno izoliranje mjera je u kojoj se osnovna zaštita postiže osnovnom izolacijom, a zaštita u slučaju kvara dodatnom izolacijom ili se osnovna zaštita i zaštita u slučaju kvara postižu pojačanom izolacijom. Mjera je česta u praksi.

Električno odjeljivanje je zaštitna mjera u kojoj se osnovna zaštita postiže osnovnom izolacijom ili pokrovima, a zaštita u slučaju kvara jednostavnim električnim odjeljivanjem strujnoga kruga od drugih strujnih krugova i zemlje. Električno odjeljivanje za opskrbu više od jednog trošila smije se primijeniti samo kad je instalacija pod nadzorom stručnih osoba (rjeđe u praksi).

Zaštita malim naponom zaštitna je mjera koja se sastoji od jednog od dvaju različitih sustava maloga napona: **sigurnosni mali napon - SELV** ili **uzemljeni mali napon – PELV**.

Zaštitna mjera SELV i PELV općenito zahtijeva ograničenje napona u strujnom krugu (ispod 50 V~ ili 120 V-). SELV još zahtijeva i odjeljivanje SELV strujnih krugova od svih drugih strujnih krugova i od zemlje.

5.9.11. Usklađivanje električne opreme i zaštitnih mjera

Električna se oprema, u skladu sa zaštitnim mjerama, klasificira u razrede (klase): **0**, **I**, **II** i **III**. Za neku opremu zadovoljenje razreda može se postići samo nakon ugradnje.

Tablica 5.4. Razredi električne opreme u skladu s mjerama zaštite

Razred opreme	Oznaka ili uputa	Uvjet za priključak u električnoj instalaciji	Primjer, naziv
0	Ne preporučuje se	Nevodljiva okolina	-
		Električno odjeljivanje za pojedinačnu opremu	
I	 ili PE ili zeleno-žuta boja	Stezaljku s ovakvom oznakom treba spojiti na sabirnicu zaštitnog vodiča	Elektromotor, zaštitna mjera sa zaštitnim vodičem
II	 (dupli kvadrat)	Nije u vezi sa zaštitnim mjerama u električnoj instalaciji	Oprema s plastičnim kućištem, zaštitno izoliranje
III	 (rimski III u rombu)	Priključak na SELV ili PELV	Električne ručne svjetiljke, zaštitni mali napon

5.9.12. Strujna zaštitna sklopka (ZUDS, FID, RCD)

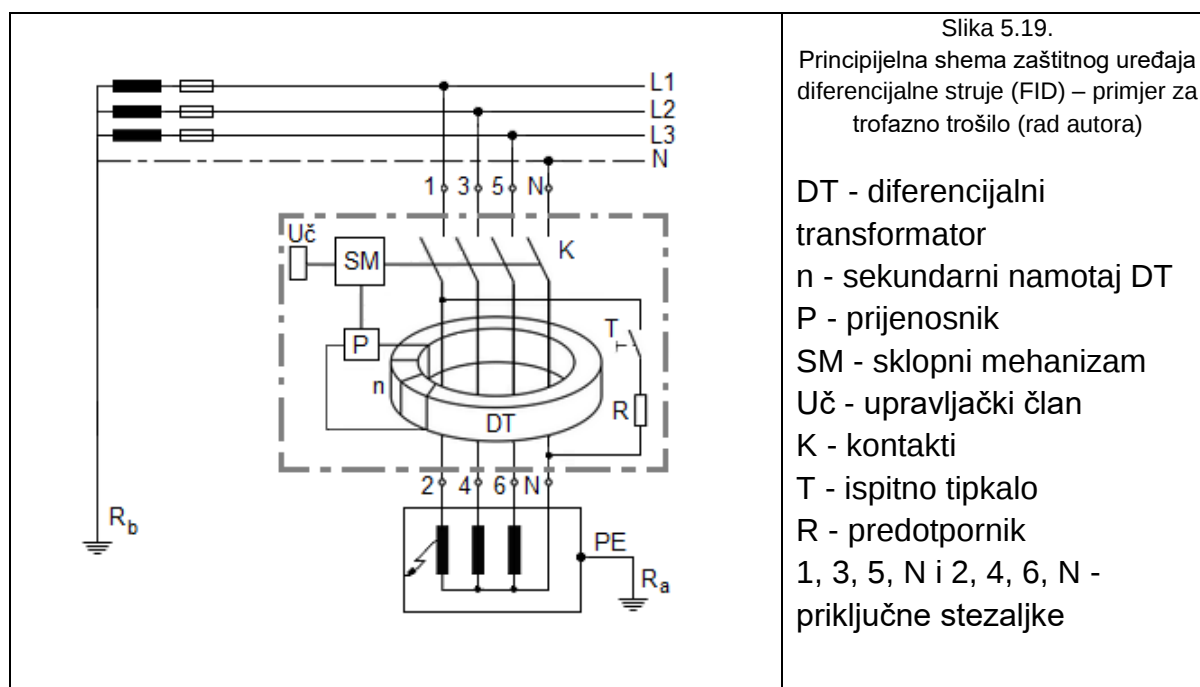
Zaštitni uređaj diferencijalne struje (ZUDS, odnosno engl. *Residual Current Circuit Breaker, RCCB*) ili **RCD** uređaj (engl. *Residual current protective device*) ili strujna zaštitna sklopka (**FID** sklopka – „**FIDOVKA**“) obvezna je u instalacijama stambenih, poslovnih i drugih prostora. Prema propisima ona je prvenstveno uređaj za isklapanje u slučaju kvara na izolaciji u **TN, TT i IT sustavima**.

Namjena zaštitnog uređaja diferencijalne struje:

- 1) osnovna namjena:
 - zaštita u slučaju kvara (ili zaštita od neizravnog dodira).
- 2) dodatne namjene:

- sklopke čija je $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ služe kao dodatak osnovnoj zaštiti (zaštiti od izravnog dodira), zaštiti pri neopreznoj upotrebi opreme ili zaštiti u slučaju prekida PE vodiča
- zaštita od požara ako je $I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$
- glavna sklopka u manjim instalacijama.

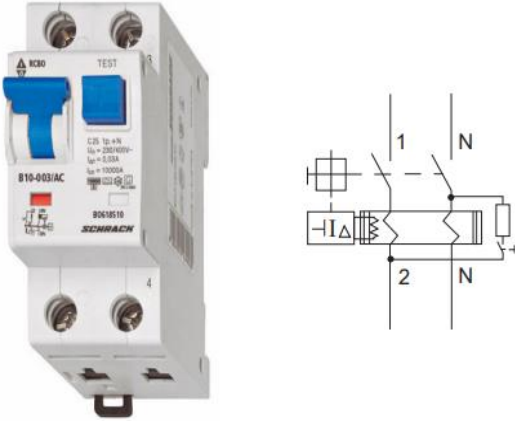
Konstruktivski dijelovi i princip rada



Djelovanje FID sklopke zasniva se na načelu mjerenja tzv. **diferencijalne struje** posredstvom transformatora.

Ako pretpostavimo jednofazno trošilo, u normalnom pogonu struja koja dolazi do trošila jednaka je struji koja odlazi iz trošila. Magnetski tokovi nastali djelovanjem ovih struja međusobno se poništavaju i jezgra transformatora ostaje nemagnetizirana. Ako na trošilu nastane proboj izolacije (npr. na metalno kućište), poteći će struja kvara kroz zaštitni PE vodič (i dalje preko uzemljenja R_a i R_b u izvor), tj. ta se struja ne vraća kroz jezgru diferencijalnog transformatora. Zbog nastale razlike između ulazne i izlazne struje, jezgra transformatora se magnetizira i daje (skoro trenutno) poticaj za isključenje sklopke.

Kod **trofaznih trošila** načelo rada ovog uređaja je isto (vidi sliku 5.19). U normalnome pogonskom stanju zbroj svih struja jednak je nuli, tj. nema diferencijalne struje ni prorade zaštite. U slučaju proboja izolacije na trošilu prema masi, pojavljuje se **struja greške** koja se vraća u mrežu izvan strujnog transformatora. Sada više zbroj svih struja koje prolaze kroz transformator nije jednak nuli, već kroz jezgru protječe diferencijalna struja koja inducira u sekundarnoj strani transformatora struju i njome se osigurava isklapanje uređaja.

	
Četveropolna FID sklopka (3P+N) nazivni napon: 230/400 V ~ • nazivni struja: 16 do 100 A • diferencijalna struja $I_{\Delta n}$: 0,03 do 0,5 A • predosigurač 63 A, 80 A, 100 A (gG - gL) • stupanj zaštite IP 40 (ugrađenu u razdjelnik) • tip: A ili AC • prekidna moć: 10 kA • ugrađuje se na nosač DIN širine 35 mm • priključne stezaljke: 1-25 mm²	Dvopolna KZS sklopka (1P+N) • nazivni napon: 230/400 V ~ • nazivna struja: 6 do 20 A • diferencijalna struja $I_{\Delta n}$: 0,01 do 0,3 A • karakteristika prekidanja: B ili C • stupanj zaštite IP 40 (za sklopku ugrađenu u razdjelnik) • tip: A ili AC • broj polova: 2 ili 4 • prekidna moć: 6 ili 10 kA • priključne stezaljke: 1-25 mm²

Slika 5.20. Primjeri FI sklopki (rad autora)

Osim standardnih sklopki, postoje i FI sklopke s ugrađenom nadstrujnom zaštitom (tzv. KZS). **KZS je kombinirana zaštitna sklopka** na diferencijalnu struju s nadstrujnom zaštitom te tako **objedinjuje funkcije instalacijskog prekidača i strujne zaštitne sklopke**.

Sve veća upotreba električnih naprava s elektronskim sklopovima zahtijeva upotrebu FID sklopki tipa A ili B (npr. frekvencijski pretvarači, fotonaponski sustavi, upravljanje dizalom...).

FI sklopke standardne izvedbe (**tip K ili G**) obično isključuju unutar 10-40 ms. Izvedba sa zakašnjelim djelovanjem (**tip S**), za tzv. selektivnu zaštitu kod serijskog spajanja FID sklopki, isključuje obično unutar 40-150 ms. **Struje isključenja** su obično **(0,5-1) $\times I_{\Delta n}$** .

5.9.13. Izvedbe uzemljenja te zaštitni vodiči i zemljovodi

Uzemljenje ima zadaću osigurati siguran put za uklanjanje neželjenih struja i naboja koji su posljedica kvarova, atmosferskih pražnjenja, statičkog elektriciteta ili su signali smetnji.

Uzemljenja se izvode pomoću raznih vrsta uzemljivača. **Uzemljivač** je ili vodič postavljen u zemlju te je s njom u vodljivoj vezi ili vodič koji se stavlja u beton koji je u dobro vodljivoj vezi sa zemljom. Prema obliku vodiča razlikujemo **pločaste, štapne ili cijevne i trakaste** (ili žičane) uzemljivače (Ibid., str. 221).



Trakaste (može biti ili traka ili uže) uzemljivače prema rasporedu dijelimo na zrakaste (tip A), prstenaste (tip B) i zamkaste (zrakasto-prstenasti).

Tablica 5.5. Karakteristike trakastih uzemljivača

Oblik/traka	Dimenzije uzemljivača				
	Promjer (mm)	Presjek (mm ²)	Debljina (mm)	Debljina prevlake	
				Pojedinačna vrijednost (□m)	Srednja vrijednost (□m)
Fe/Zn	-	90	3	63	70

Najčešće se u električnim instalacijama upotrebljavaju **temeljni uzemljivači**. Ugrađujemo ih u betonske temelje objekta tako da je uzemljivač okružen s najmanje 5 cm betona. Uglavnom se upotrebljava čelična pocinčana traka koja se na što više mjesta povezuje s betonskom armaturom.

		
Čelična pocinčana traka u armiranom betonu	Spojnica za čeličnu pocinčanu traku s čeličnom armaturom	Izvod s uzemljivača od nehrđajućeg čelika
Slika 5.22. Postavljanje uzemljivača (rad autora)		

Zemljovod ili dozemni vod je vodič, postavljen izvan ili u zemlji, koji povezuje glavnu stezaljku za uzemljenje s uzemljivačem. Spoj zemljovoda na uzemljivač mora se izvesti temeljito i električno zadovoljavajuće, npr. zavarivanjem, tlačnim spojnicaма ili drugim mehaničkim spojnicaма.

U svakoj je instalaciji potrebno predvidjeti najmanje jedan glavni priključak za uzemljenje (sabitnicu). Ako je zemljovod ukopan u zemlju, njegov presjek mora biti u skladu s vrijednostima iz tablice.

Tablica 5.6. Najmanji presjeci ukopanih dozemnih vodiča (zemljovoda)

Dozemni vod (zemljovod)	Najmanji presjek (mm ²) Zaštićen od mehaničkog oštećenja		Najmanji presjek (mm ²) Nezaštićen od mehaničkog oštećenja	
	bakar	čelik	bakar	čelik
Zaštićen od korozije	2,5	10	16	16
Nezaštićen od korozije	25	50	25	50

Zaštitni vodič (PE) je vodič koji u instalaciji povezuje izložene vodljive dijelove uređaja sa sabirnicom za izjednačavanje potencijala ili zaštitnom sabirnicom razvodnog ormara (Ibid., str. 227).

Tablica 5.7. Presjeci zaštitnih vodiča za TT i TN sustave u ovisnosti o presjeku linijskih vodiča

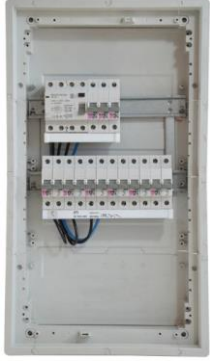
Presjek linijskog vodiča (mm ²)	Presjek zaštitnog vodiča (mm ²)				
	Izolirani vodovi	Kabelski vodovi 0,6/1 kV s 4 vodiča	Zaštitni vodič polagan odvojeno		
			Zaštićeni		Nezaštićeni
			Cu (mm ²)	Al/ (mm ²)	Cu (mm ²)
0,5	0,5	-	2,5	4	4
0,75	0,75	-	2,5	4	4
1	1	-	2,5	4	4
1,5	1,5	1,5	2,5	4	4
2,5	2,5	2,5	2,5	4	4
4	4	4	4	4	4
6	6	6	6	6	6
10	10	10	10	10	10
16	16	16	16	16	16

5.10. Razvodni uređaji

Razvodni uređaji su naprave u kojima se električna energija raspodjeljuje ili razvodi, transformira, prenosi, mjeri, itd. Primjeri razvodnih uređaja su kućni priključni ormarić, razvodni ormari, upravljački ormari itd. Kućište razvodnog uređaja najčešće je od lima ili poliestera ojačanog staklenim vlaknima.

Razvodni ormari ili sklopni blokovi moraju biti opremljeni (Ibid., str. 232):

- znakom opasnosti od električne struje
- oznakom primijenjenog sustava mreže u pogledu uzemljenja (TN, TT ili IT)
- električnom shemom razvoda (tzv. jednopolna shema razdjelnika).

			
Samostojeći razvodni ormar (od čeličnog lima)	Glavni razdjelni ormar	Podžbukni razdjelnik	Siluminski ormarić opće namjene
Slika 5.23. Razvodni uređaji - primjeri (rad autora)			

Vodiči za spajanja unutar razvodnih uređaja moraju biti posebno savitljivi (npr. vod H07V-K ili P/FJ) pa se kod spajanja preporučuje (ili je obavezno) montirati tuljke. Razvodni uređaj mora se izvesti tako da zadovoljava sve propise i norme, a posebno je važna izvedba:

- 1) osnovne zaštite (zaštite od izravnog dodira)
- 2) zaštite u slučaju kvara (zaštite od neizravnog dodira)
- 3) zaštite od prenapona i
- 4) povezanosti sa sabirnicom za izjednačivanje potencijala (odnosno uzemljivanje).

Najbrojniji elementi razvodnih uređaja su **razni sklopni aparati**. Pored njih tu su još brojila, uklopni satovi, limitatori, MTK (MTU) prijamnici, sabirnice, montažne šine, stezaljke, uvodnice, itd.

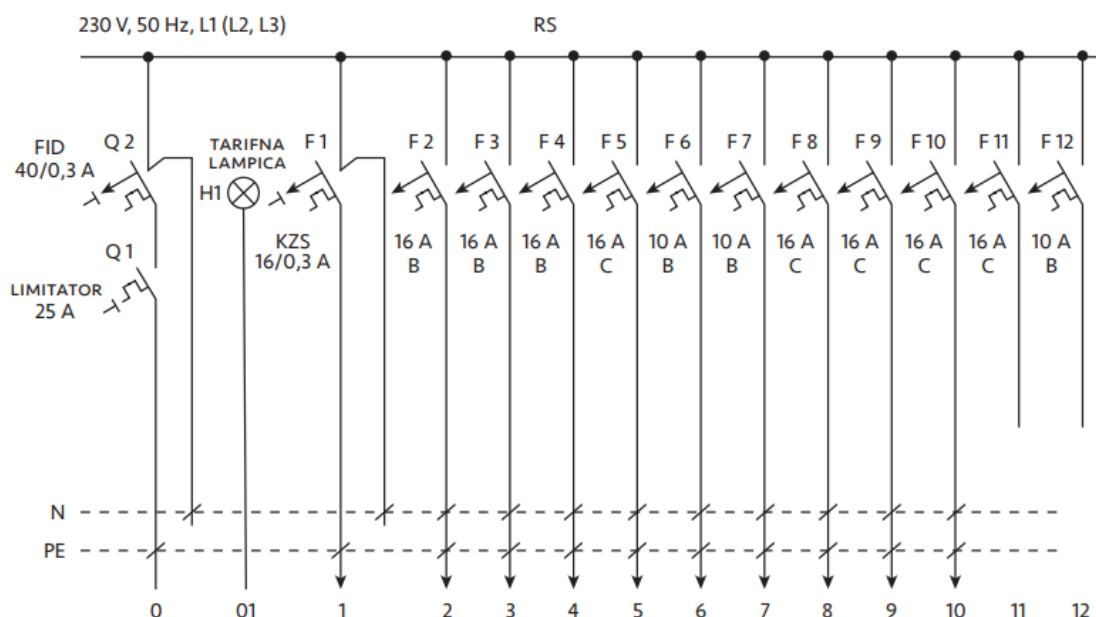
5.10.1. Razdjelnici stambene zgrade

Prvi element na uvodu električne energije u zgradu je **priključni ormar** (npr. PO, KPO, KPMO). **Priključni ormar** služi za spajanje vanjskog i unutarnjeg dijela električnog priključka građevine.

Priključna snaga najveća je dopuštena vrijednost snage trajnog preuzimanja električne energije odobrena potrošaču te je kod manjih potrošača obično 4,6-36 kW po fazi. **Vršno opterećenje** je **najveća snaga u obračunskom mjernom intervalu** koja se u određenom razdoblju predaje potrošaču iz mreže. **Instalirana snaga** je zbroj nazivnih snaga svih trošila koja se u nekoj instalaciji, mreži ili sustavu mogu istodobno priključiti, a preko tog podatka računamo vršno opterećenje.

5.11. Električna instalacija u stanu - razdjelnik stana (ili kuće)

U većoj stambenoj zgradi, osim glavnog razdjelnika (GRO), nalaze se i razdjelnik zajedničke potrošnje, razdjelnik garaže, etažni razdjelnici (po potrebi i druge) i **razdjelnici u stanovima**.



0 – DOLAZNI VOD (KABEL, za jednofaznu opskrbu je uobičajeno 3x10 mm² Cu, a ovdje je korišten kabel 5x10 mm² Cu zbog mogućeg prelaza na trofazni priključak)

Strujni krug	0	01	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11, 12
Trošilo, naprava	Dovod iz ER	UVT	Kupa-onica	EL. šted-njak	EL. bojler	Peri-lica suđa	Klima	Rasvjeta		Priključnice			Rez.
								ulaz	sprem.				
Snaga (kW)	5,5		2,2	2,2	2	2,2	2,2	0,3	0,3	2,2	2,2	2,2	
Kabel, vod	PP-Y	P	P	PP-Y	PP-Y	PP-Y	PP-Y	PP-Y	PP-Y	PP-Y	PP-Y	PP-Y	
Presjek (mm²)	5x10	5x1,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	3x1,5	3x1,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	

Slika 5.24. Jednopolna shema razdjelnika u stanu s osnovnim podacima (rad autora)

Razdjelnik stana je razdjelnik s priborom za automatske instalacijske prekidače. U našem primjeru je opremljen jednofaznim limitatorom 25 A, zaštitnim uređajem diferencijalne struje (FID) 40/0,3 A, automatskim instalacijskim prekidačima nazivne struje deset ampera (10 A) i karakteristike B, za strujne krugove rasvjete, šesnaest ampera (16 A) i karakteristike C za strujne krugove trošila opće namjene te nazivne struje šesnaest ampera (16 A) i karakteristike B za strujne krugove štednjaka, perilice posuđa i ostalih izravno priključenih trošila. U razdjelniku je i kombinirana strujna zaštitna sklopka 16/0,03 A predviđena za opskrbu u kupaonici.

5.12. Električne instalacije u kupaoonici

Prostori s kadom i tuš-kabinom za potrebe izvedbe električne instalacije razvrstavaju se u **tri zaštitne zone**:

- zona 0 - unutrašnjost kade ili tuš-kabine
- zona 1 - ograničena je uspravnom plohom koja slijedi rubove kade ili tuš-kabine do visine od najmanje 225 cm
- zona 2 - ograničena je s jedne strane vanjskom uspravnom plohom zone 1 i usporednom uspravnom plohom na razmaku od 60 cm od zone 1 te s druge strane podom i vodoravnom plohom od najmanje 225 cm iznad poda.

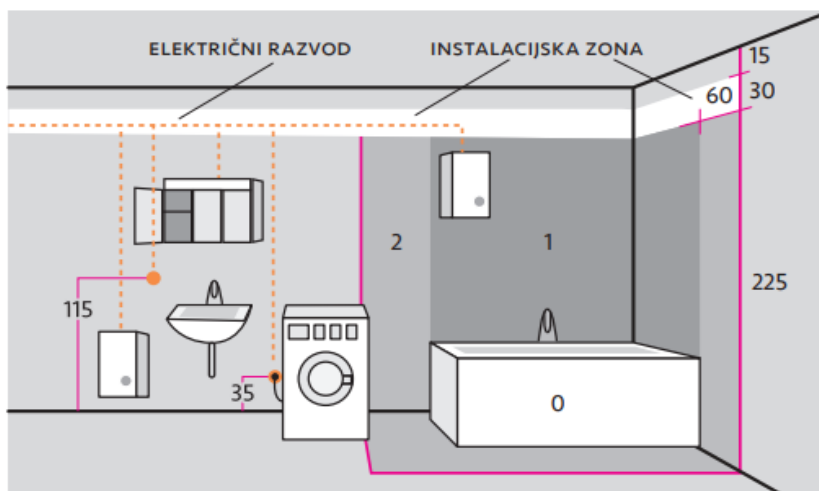
Npr. u zoni 0 mogu se ugraditi samo trošila koja su prikladna za uporabu u toj zoni, trajno su ugrađena, stalno priključena te zaštićena sa SELV napona do 12 V AC ili do 30 V DC.

Utičnice su u kupaoonicama uglavnom dopuštene izvan zaštitnih zona uz uvjet da:

- su priključene preko RCD-a s $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$
- da je primijenjena zaštitna mjera pojedinačno električno odjeljivanje
- opskrba sa SELV-om.

U sklopu dodatne zaštite obvzeno je izvesti dodatno izjednačavanje potencijala koje spaja zaštitni vodič s izloženim vodljivim dijelovima i dodirljivim stranim vodljivim dijelovima.

Slika 5.25. Primjer električnog razvoda u kupaonici (rad autora)



Električni se razvodi najčešće izvode s PP-Y (ili YM-J) kablom uvučenim u izolacijsku cijev izvan zaštitnih zona (npr. horizontalni razvod iznad 2,25 m, odnosno 30 cm ispod stropa). U zaštitnim su zonama jedino dopušteni vertikalni priključni vodovi do pojedinih naprava koje su dopuštene u tim zonama. Trošilima u kupaonici uglavnom se upravlja pomoću posebnog kompleta sklopki za kupaonicu.

U zaštitnim se zonama dopuštaju sljedeći sklopni i upravljački uređaji:

Zona 0:

- ništa.

Zona 1:

- razvodne kutije i pribor za opskrbu trošila dopuštenih u zoni 0 i 1
- pribori (uključujući i utičnice) strujnih krugova SELV ili PELV napona do 25 V izmjenične struje ili 60 V istosmjerne struje, a opskrbeni izvor mora se instalirati izvan zona 0 i 1.

Zona 2:

- sav pribor osim utičnica
- pribori strujnih krugova zaštićenih sa SELV-om ili PELV-om, uključujući i utičnice
- jedinice za opskrbu aparata za brijanje
- pribori za signalnu i komunikacijsku opremu uz uvjet da je takva oprema zaštićena sa SELV-om i PELV-om. uključujući i utičnice).

Upamtimo da su utičnice uglavnom dopuštene izvan zaštitnih zona uz uvjet da su priključene preko RCD-a s $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ ili je primijenjena zaštitna mjera pojedinačnog električnog odjeljivanja ili opskrba sa SELV-om (**min. IP X4**).

5.13. TK instalacije (ili ICT instalacije)

Pojam **TK instalacije** (ili instalacije „slabe“ struje) obuhvaća antenske, signalne, komunikacijske i informatičke instalacije u nekoj građevini (i njenim pripadajućim dijelovima).

U novije se vrijeme uvode razni moderni komunikacijski sustavi, sustavi video-nadzora, sustavi kabelaške televizije te razni upravljački sustavi (npr. bus-sustavi, računalne mreže, protupožarni sustavi itd.) koji se uglavnom zasnivaju na prijenosu i obradi digitalnih signala. Takvi se **digitalni sustavi** uobičajeno nazivaju **ICT sustavi** (engl. *Information and Communication Technology*) ili jednostavno **ICT instalacije**.

5.13.1. TK vodovi

Telekomunikacijski ili komunikacijski vodovi predstavljaju fizički (omeđeni) medij za prijenos signala (informacija).

JESTE LI ZNALI?

U praksi najčešće komunikacijske vodove dijelimo u sljedeća tri osnovna tipa:

- **vodovi s upletenim paricama (simetrični ili parični vodovi**, (engl. *Twisted-pair*)

- **koaksijalni vodovi (nesimetrični) i**
- **optički vodovi (svjetlovodi).**

Najjednostavniji je simetrični vod (TP vod ili kabel) čija je osnova telefonska parica koju čine dva izolirana i upredena vodiča (bakrena), najčešće promjera 0,6 ili 0,8 mm. Glavne su im prednosti niska cijena i mali presjek pa su **fleksibilni i jednostavni** za instalaciju.

U izvođenju **informatičkih mreža** koriste se **TP kabeli** koje u praksi obično nazivamo **LAN kabeli**, a poznati su pod oznakama **U/UTP**, **F/UTP** ili **SF/FTP kabeli**. Ovisno o gustoći upredanja i vrsti izolacije, proizvode se u više kategorija kvalitete, a obično rabimo kategorije do **7** (odnosno **7A**).

Standardni LAN kabeli imaju 4 parice, s time da nisu uvijek sve iskorištene, a za opis konstrukcije prema važećim normama (EN50173-1:2018) koristi se oznaka XX/XXX sa sljedećim značenjem:

XX – zajednički zaslon	XXX– zaslon parica	TP – twisted pair
SF = oplet i folija	F = folija	TP = upletena parica
S = oplet	U = neoklopljen	
F = folija		
U = bez zaslona		

Za završavanje TP kabela koriste se odgovarajući konektori (muški i ženski). Za kategorije 5, 6 i 6A to su **konektori RJ-45**, a za kategoriju 7 **konektori GG-45**, odnosno tzv. TERA konektori.

Koaksijalni vod ili kabel sastoji se od unutarnjeg i vanjskog vodiča koji su koaksijalno smješteni jedan u drugome.

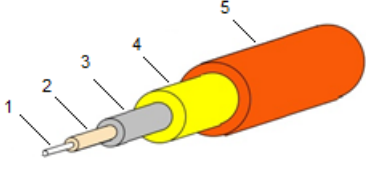
Za spajanje i priključivanje koaksijalnih kabela rabe se posebni konektori (npr. F konektor).

	Slika 5.26. Primjer koaksijalnog kabela (DIGI-SAT) (rad autora) Zaslon Al folija – mrežica – Al folija; Vanjska izolacija, odnosno plašt: PE; Karakteristična impedancija: 75 Ω; Promjer unutarnjeg bakrenog vodiča: 1,13 mm; Promjer vanjske izolacije: 6,8 mm
---	---

Najbolje rješenje za suvremeni način prijenosa informacija su tzv. **svjetlovodi** ili **optički vodovi**. Za prijenos signala optičkim vlaknom potrebna su tri osnovna dijela sustava: elektrooptički pretvarač, optoelektrički pretvarač i svjetlovod.

Svjetlovod se uglavnom sastoji od:

- jezgre (staklena ili plastična nit)
- odraznog plašta
- primarne zaštite i sekundarne zaštite.

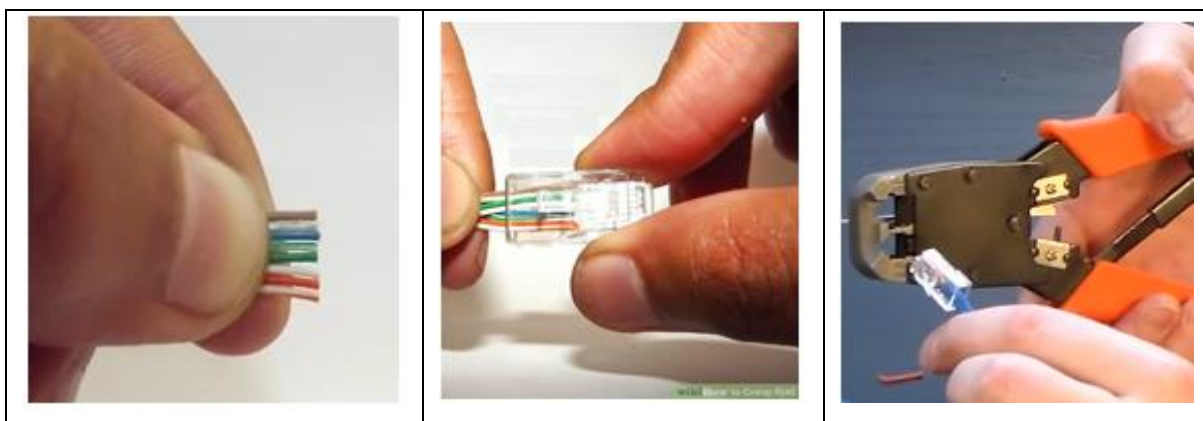
	Slika 5.27. Opći sastavni dijelovi optičkog voda (rad autora) 1 – optičko vlakno (jezgra, engl. <i>Core</i>) 2 – odrazni plašt (engl. <i>Clad</i>) 3 – akrilna zaštita (primarna zaštita) 4 – unutarnji plašt (sekundarna zaštita, sloj za pojačanje zaštite optičkog vlakna tijekom rukovanja i pužavanja) 5 – vanjski plašt (dodatna zaštita)
---	---

S obzirom na broj modova koji se mogu prenositi, svjetlovodi mogu biti s **jednomodnim i višemodnim vlaknima**.

Najčešće se trajni spojevi optičkih vlakana izvode na dva načina:

- **toplinski** (taljenjem, odnosno varenjem)
- **mehanički** (lijepljenjem).

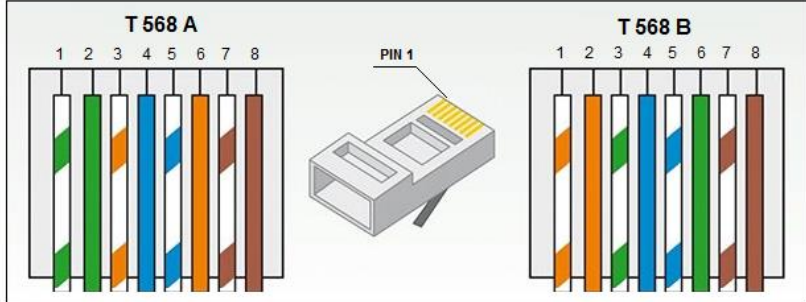
Spojevi ostvareni taljenjem (engl. *Fusion-splicing*) su kvalitetniji (prigušenje do 0,1 dB), ali znatno skuplji, pri čemu se koristi specijalni uređaj poznat kao **splicer** (engl. *Fusion Splicer*), uređaj za spajanje optičkih vlakana). Rastavljivi spojevi optičkih vlakana realiziraju se pomoću optičkih (ili svjetlovodnih) konektora.



Slika 5.29. Terminiranje (završavanje) U/UTP kabela (kategorije 5) s konektorom RJ 45 (rad autora)

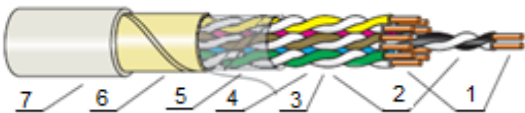
Na UTP kabel navučemo zaštitnu kapu, pažljivo odstranimo vanjski plašt, razvrstamo vodiče te ih skratimo na odgovarajuću duljinu, pažljivo uvučemo vodiče u konektor, postavimo konektor u utor na kliještima te snažno stisnemo. Na kraju zaštitnu kapu navučemo na konektor te testerom provjerimo ispravnost spoja.

	Slika 5.30. Kliješta za krimpanje (rad autora) Za završavanje TP kabela trebaju nam kliješta za krimpanje i odgovarajući konektori. Kliješta imaju ležište za odgovarajući konektor (npr. RJ 11, RJ 45).
---	--

	Slika 5.31. Raspored pinova na konektoru RJ 45 - noviji i više u uporabi je T 568 B (rad autora)
---	---

Za **označavanje telekomunikacijskih vodova** najčešće se primjenjuju DIN norme, ali mnogi proizvođači koriste i neke vlastite komercijalne oznake. Npr. **oznaka voda J-Y(St)Y...Lg** ima sljedeća značenja:

- **J** - izolirani (instalacijski) vodovi ili kabe
- **(St ili ST)** - zaslon (metalni oklop)
- **Y** - izolacija (ili plašt) od PVC
- **Lg** - snopovi upredenih vodiča.

 J-Y(St)Y...Lg	Slika 5.32. Primjer TK voda (rad autora) 1. vodič: meki bakar promjera 0,6 ili 0,8 mm 2. izolacija: PVC 3. elementi upredanja: parice 4. jezgra kabela: koncentrično upredene parice 5. pojasna izolacija 6. električna zaštita: metalizirana poliester vrpca 7. plašt: PVC
--	--

Preporučljivo je kao izvor informacija za pojedine vodove koristiti kataloge proizvođača u kojima je svaki vod ili kabel detaljno opisan te su navedene upute za njegovu primjenu.

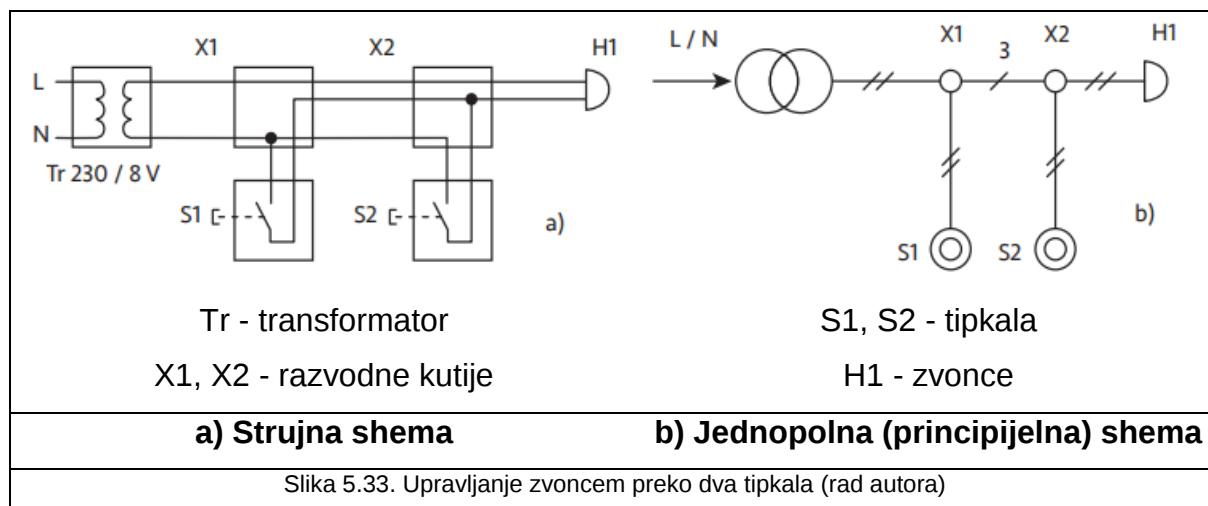
U javnim **telekomunikacijskim mrežama** često nailazimo na označavanje telekomunikacijskih vodova kod kojih je početna oznaka slovo „**T**“ što označava područje telekomunikacija. Tako npr. kabel oznake **TI 44** prema DIN standardu odgovara kabele **J-Y(St)Y**. Za svjetlovodne kabele osnovna je oznaka **TO**, dok koaksijalni kabeli najčešće dolaze pod tipskim oznakama **RG i/ili DG**, npr. RG-11, RG-58, DG 113 itd.

Primjeri oznaka i opisa LAN kabela:

- **U/UTP** (engl. *Unshielded Twisted Pair*) - parice i kabel su bez zaslona
- **F/UTP** (engl. *Foiled Twisted Pair*) - kabel ima zajednički zaslon od folije, a parice su bez zaslona
- **F/FTP** - kabel ima zajednički zaslon od folije te parice također zaslon od folije
- **SF/FTP** (engl. *Shielded Twisted Pair*) - kabel ima zajednički zaslon od folije i opleta, dok su parice sa zaslonom.

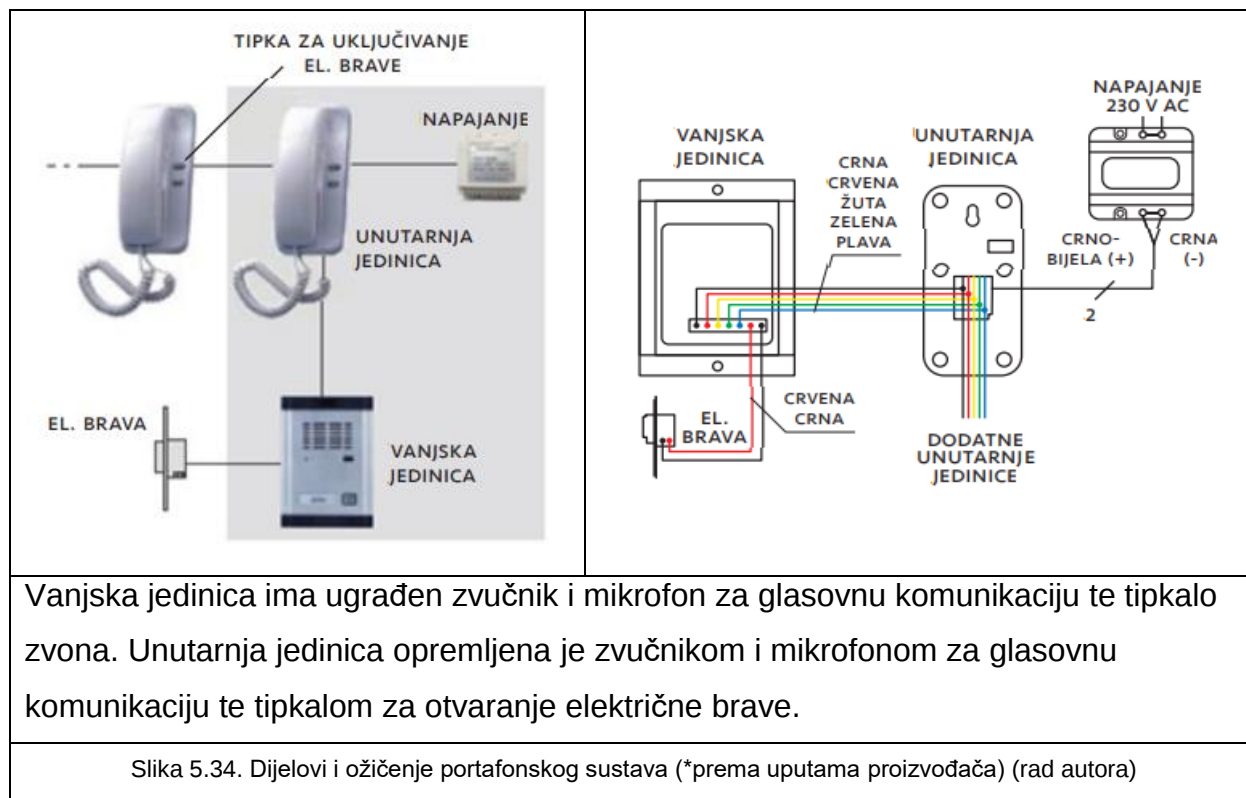
5.13.2. Instalacije kućne signalizacije, zvonice i portafoni

U kućnu signalizaciju ubrajamo instalacije **električnog zvonca te interfona ili portafona**. Za razvode tih **signalnih instalacija** najčešće se koriste kabeli tipa **J-Y(St)Y** (odgovara TI 44), i to uglavnom promjera vodiča **0,6 ili 0,8 mm**. Broj parica u kabele ovisi o broju potrebnih linija. Postoje zvonca koja se napajaju naponom 230 V AC i zvonca na mali (niski) napon (npr. 3-8 V AC).



Izlazni napon transformatora (npr. 8 V AC) može se (po potrebi) preko dodatnog tipkala uporabiti za otvaranje vrata, odnosno napajanje električne brave.

Pojam **interfon (ili portafon)** podrazumijeva uređaje koji služe za govornu komunikaciju unutar jedne zgrade ili manjeg kompleksa zgrada. Načelno se portafonska mreža sastoji od vanjskih i unutarnjih elemenata koji su međusobno povezani vodovima. Svako se govorno mjesto sastoji od **portafonskog pojačala sa zvučnikom, mikrofonom i onoliko tipki** koliko se govornih mjesta želi ostvariti.



Današnji portafonski sustavi toliko su se razvili da osim zvuka **prenose i sliku (videoportafon)**, a po potrebi su na raspolaganju i razne dodatne mogućnosti. Videoportafoni složenije su konstrukcije jer sadrže kameru koja proslijeđuje signal na zaslon (monitor) korisnika, s time da videoveza obično funkcionira samo u smjeru stanara.

5.14. Inteligentni sustavi upravljanja – KNX/EIB instalacijski sustav

Najveći inteligentni instalacijski sustav na svijetu je KNX sustav (KONNEX - međunarodna asocijacija). Karakterizira ga vlastiti standard, oprema različitih proizvođača koja je međusobno kompatibilna te zajednička programska logika.

Za jednake zahtjeve korisnika, u odnosu na konvencionalne instalacije KNX je:

- jednostavniji za montažu i ožičenje
- vrlo fleksibilan
- nudi brojne načine za uštedu i učinkovitije korištenje energije, i to kako u potrošnji električne energije, tako i energije za grijanje te hlađenje
- korisnicima pruža znatno veću udobnost
- značajno je povećana i sigurnost od požara, poplava i provala.

Tehnologiju KNX-a čine:

1. medij za prijenos informacija
2. programska logika
3. KNX komponente.

Komponente KNX-a možemo podijeliti na:

1. BUS uređaje
2. sustavne komponente i
3. pribor, npr. stezaljke za spajanje vodiča.

BUS uređaji imaju procesor i memoriju te su povezani preko odgovarajućeg KNX medija preko kojeg razmjenjuju informacije.

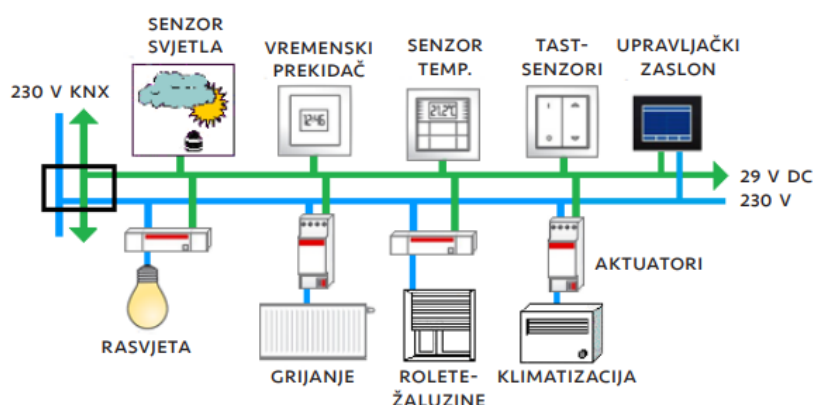
Standardni komunikacijski medij su:

- dvožilni vod (tzv. "parica", KNX TP)
- energetski vod (KNX PL)
- radijski valovi (KNX RF) te
- LAN mreža i internet (KNX IP).

Glavne komponente KNX sustava su BUS uređaji koje možemo podijeliti u tri grupe:

- **senzori**
- **aktuatori**
- **kontrolne jedinice (kontroleri).**

Senzori prikupljaju i šalju informacije u sustav, dok aktuatori na osnovi dobivenih informacija odrade određene funkcije, npr. uključe rasvjetu, grijanje, klimu, rolete, prikažu neku informaciju itd. Na slici je prikazana pojednostavljena blok shema KNX sustava.



Slika 5.35. Blok shema KNX sustava (rad autora)

5.14.1. Instalacija KNX sustava

Najmanja konfiguracijska jedinica inteligentne instalacije naziva se **linija** te sadrži minimalno sljedeće naprave:

1. napojnu jedinicu (29 V DC)
2. prigušnicu
3. senzor

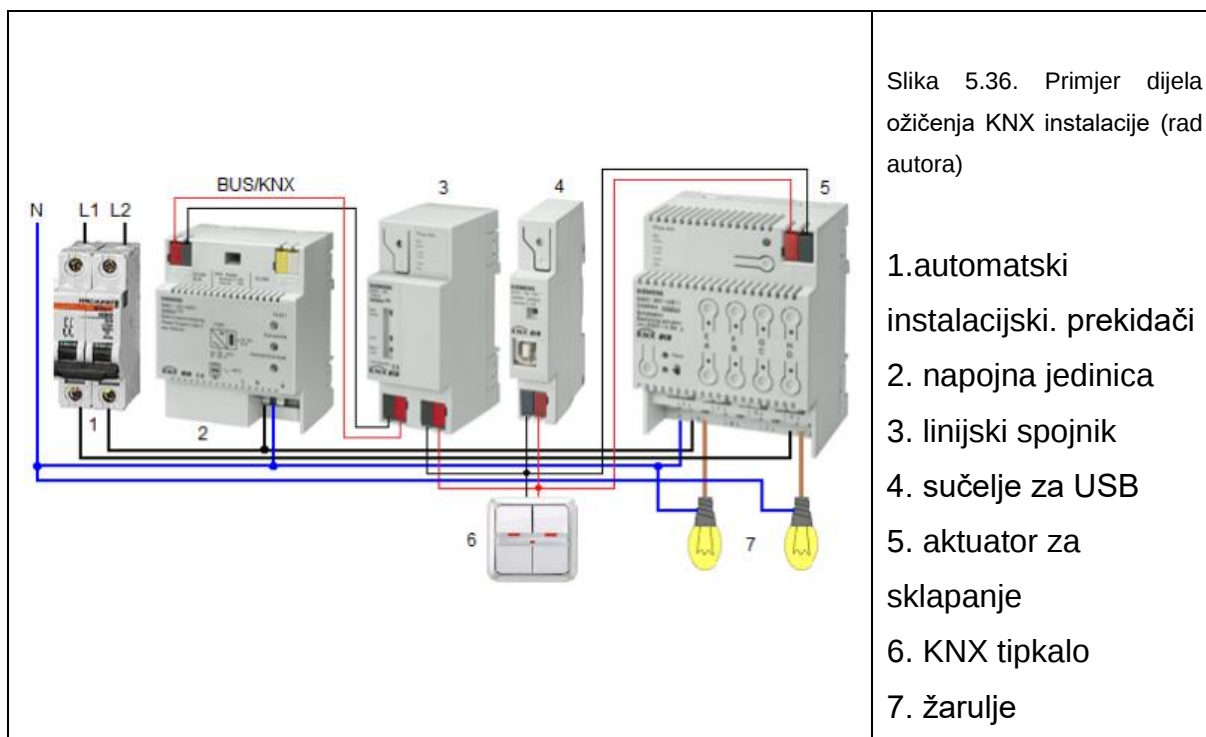
4. aktuator
5. bus vod.

U KNX instalaciji, pored energetskih vodova koji povezuju razne električne uređaje, standardno polažemo i BUS vod (crvena + i crna –). Možemo ga, uz određene uvjete, polagati s energetskim vodovima.

Način spajanja pojedinih komponenti u liniji je proizvoljan (serijski, zvijezda ili oblik stabla), ali se ne smije upetljati.

Svaka linija mora imati svoj uređaj za napajanje i može sadržavati do 64 komponente, a s uporabom linijskog pojačala i do 256 komponenti. Radi ilustracije navedimo da je za obiteljsku kuću dovoljna jedna linija (npr. do 40 komponenti).

Fizičko povezivanje pojedinih komponenti je, pored energetskih vodova koji napajaju električnu opremu i trošila, izvedeno standardno preko dvožilnog BUS voda (TP) koji se sastoji od upletene parice (crvena + i crna –) s vanjskim zaslonom (zaslon nije potrebno uzemljiti). Osim pomoću BUS voda, busna linija može biti izvedena u obliku BUS sabirnice (šine) na koju se izravno montiraju KNX komponente. Sve su komponente na BUS liniju priključene paralelno.



Tablica 5.8. Osnovne karakteristike KNX/EIB sustava

Maksimalna dužina linije	1000 m
Maksimalna udaljenost između dva busna uređaja	700 m
Maksimalna udaljenost između napajanja* i zadnjeg sudionika u liniji	350 m
Najmanja dopuštena udaljenost između dva napajanja	200 m
Napon napajanja	29 V (DC)
Najmanji napon za KNX komponente	21 V
Potrošnja KNX komponenti	150 - 200 mW
Brzina prijenosa podataka	9600 bit/s

Za polaganje komunikacijskog kabela (ima zeleni plašt te oznaku KNX ili BUS) u osnovi vrijede isti zahtjevi kao oni za polaganje energetskih vodova.

Komunikacijski kabel može završiti samo na nekom uređaju ili bilo gdje na **busnoj stezaljci** (npr. u razvodnoj kutiji ili bus konektoru). Grananja vodiča, proširenja ili priključivanja realiziraju se posredstvom bezvijčane busne stezaljke.

5.14.2. DALI inteligentni sustav rasvjete

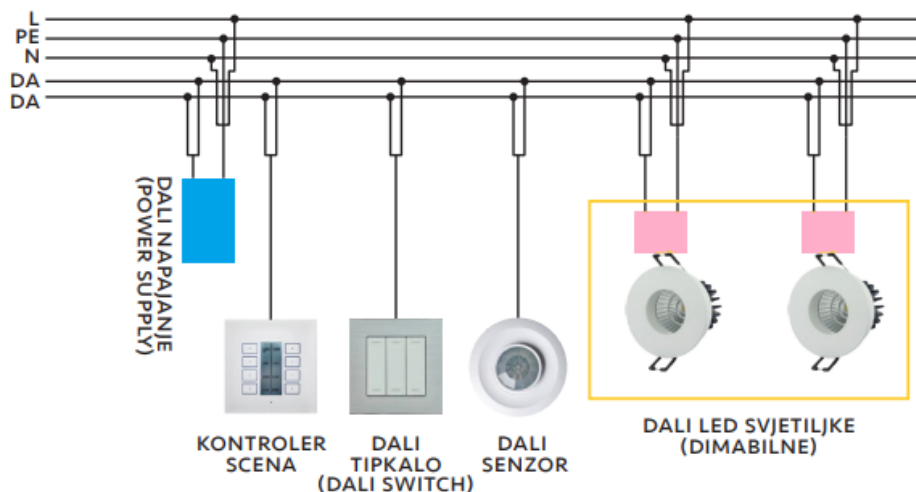
Inteligentna rasvjeta podrazumijeva da upravljački i kontrolni uređaji sustava imaju mogućnost međusobne komunikacije te mogu biti kontrolirani lokalno i/ili na daljinu. Bazira se na velikom broju senzora i aktuatora međusobno povezanih na upravljačku jedinicu (kontroler) te odgovarajućeg komunikacijskog protokola (protokol možemo shvatiti kao jezik koji uređaji koriste za komunikaciju i razmjenu podataka). U rasvjeti se koriste **analogni i digitalni komunikacijski protokoli**.

DALI rasvjetni sustav (engl. *Digital Addressable Lighting Interface*, DALI) standardizirani je digitalni komunikacijski protokol za kontrolu i upravljanje svjetiljkama. Sustav, osim energetske mreže, sadrži i DALI komunikacijsku liniju u kojoj se općenito nalaze:

- kontroler
- napajanje (može biti i u kontroleru)
- više podređenih uređaja, npr. elektronskih balasta, LED drivera, senzora itd.

Područje primjene DALI-ja su projekti u kojima bi tehnika upravljanja zgradom, npr. KNX ili LON sustav, bila presložena i preskupa, a konvencionalna bi kontrola bila nedovoljna.

Svaki uređaj ima svoju jedinstvenu fizičku adresu. Pripadnost nekoj logičkoj grupi definira se softverski te se kasnije može mijenjati. Osim toga pojedini uređaji mogu pripadati u više različitih grupa.



Sve uređaje priključene na DALI komunikacijsku liniju . Preko mrežnog pristupnika (Gateway) DALI se može proširiti ili integrirati s drugim sustavima upravljanja u zgradi.

Slika 5.37. Opća struktura sustava rasvjete DALI (rad autora)

Elektroinstalater ili korisnik putem tableta ili mobitela te pomoću odgovarajuće aplikacije po svojoj želji izrađuje program koji se potom učitava u kontroler. Programom se postavljaju parametri kontrolera, odnosno rasvjeta se konfigurira, nadzire i upravlja.

LITERATURA

1. Gudelj, G., Buha, K. : Elektrotehnički materijali i komponente, TŠRB Zagreb, 2005.
2. HRN norme iz područja električnih instalacija, Hrvatski zavod za norme (HZN)
3. Katalozi i prospekti proizvođača električne opreme
4. Novinc, Ž. : Ispitivanje sigurnosti električnih instalacija, KIGEN Zagreb, 2005.
5. Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom (NN 88/2012.)
6. Rodeš, V.: Električne instalacije 1, Elektrostrojarska škola, Varaždin, 2019.
7. Rodeš, V.: Električne instalacije 2, Elektrostrojarska škola, Varaždin, 2020.
8. Tehnički propis za niskonaponske instalacije (NN 5/2010)

Svi logotipi i nazivi prikazani u ovom priručniku su vlasništvo respektivnih kompanija.

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.
Za više informacija o EU fondovima molimo pogledajte web-stranicu
Ministarstva regionalnoga razvoja i fondova Europske unije.
www.strukturnifondovi.hr

Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost RCK ELPROS.



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.w