

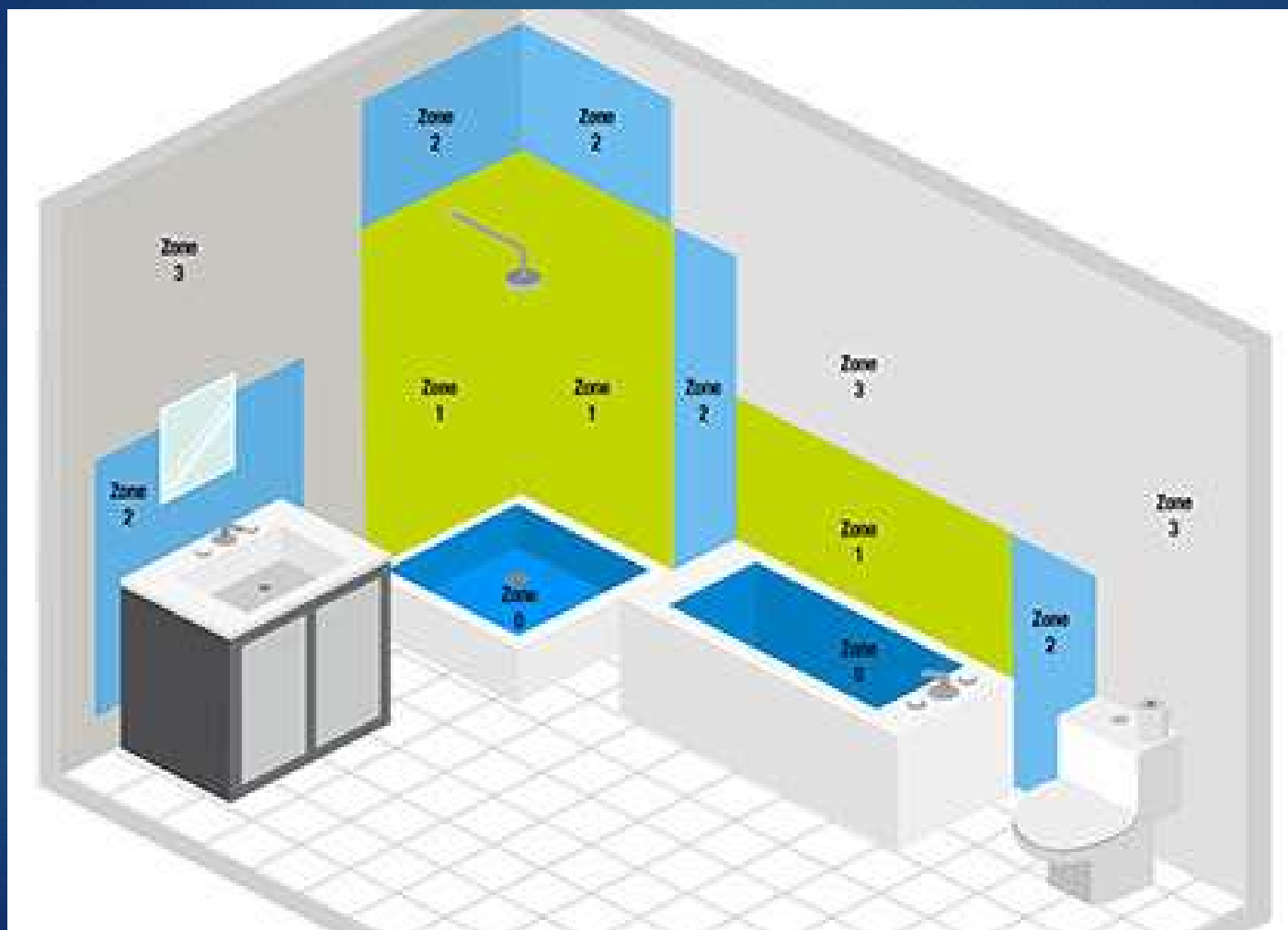


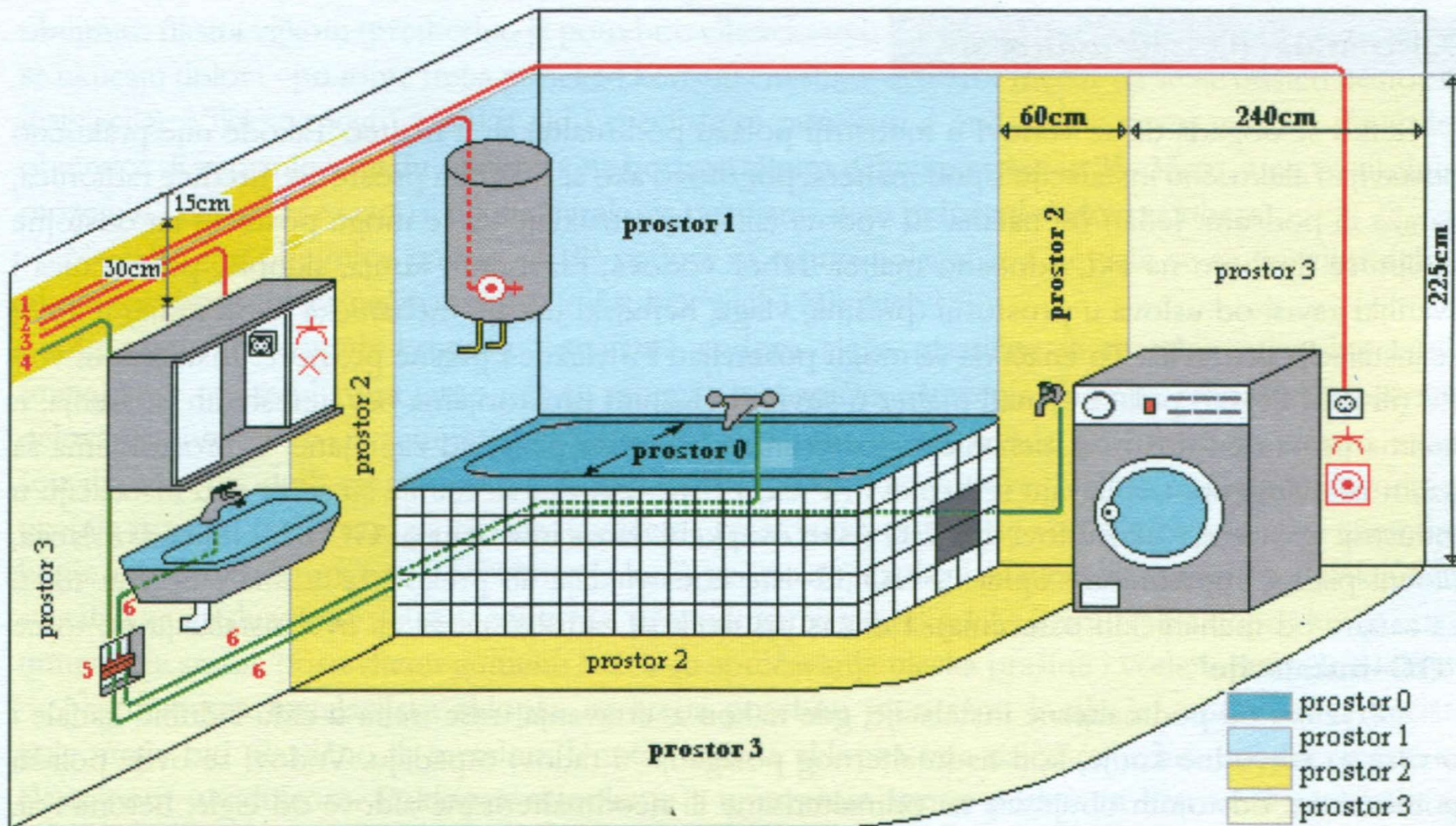
Električne instalacije i osvjetljenje

Projekat I

DODATNI MATERIJALI

Zaštitne zone u kupatilu





Sl.9.22 Instalacija u kupatilu

1. Strujni krug mašine za rublje; 2. Strujni krug bojlera; 3. Strujni krug toaletnog ormarića;
4. Zaštitni provodnik 6mm^2 Cu od SR do sabirnice za izjednačenje potencijala u kupatilu; 5. Kutija za izjednačenje potencijala; 6. Provodnici za izjednačenje potencijala (4mm^2 Cu i galvanski povezuju sve metalne delove u kupatilu: metalne vodovodne cevi, metalna kada, radiator...)

Prostor 0: U ovom prostoru polažu se samo provodnici za izjednačenje potencijala;

Prostor 1: U ovom prostoru polaže se samo vod neophodan za napajanje bojlera;

Prostor 2: U ovom prostoru dozvoljeno je polagati vodove za napajanje bojlera i svetiljki klase II;

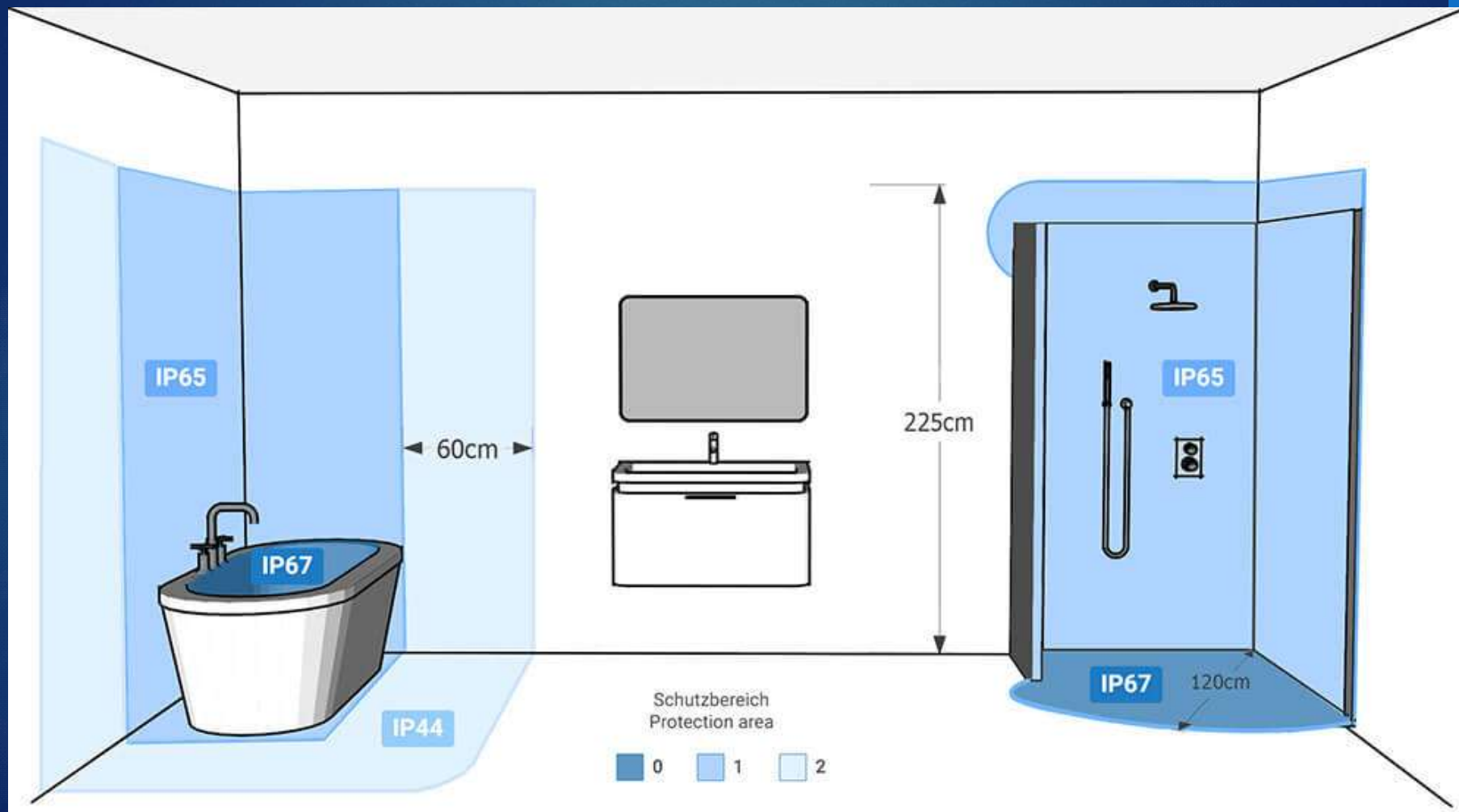
prostor 3: U prostoru 3 dozvoljeno je postavljanje priključnica uz uslov da su opremljene poklopcem i zaštićene strujnom zaštitnom sklopkom s diferencijalnom strujom od 30mA;

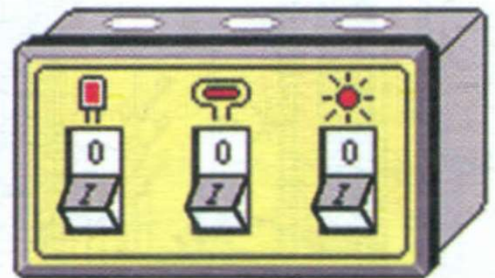
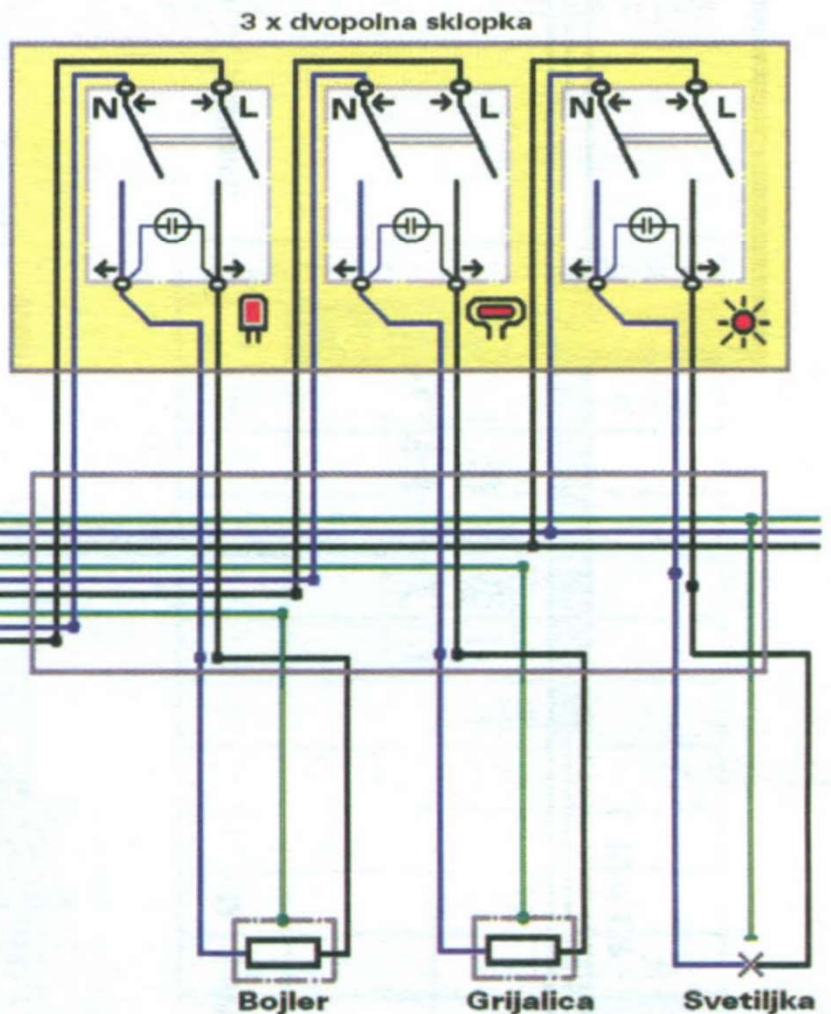
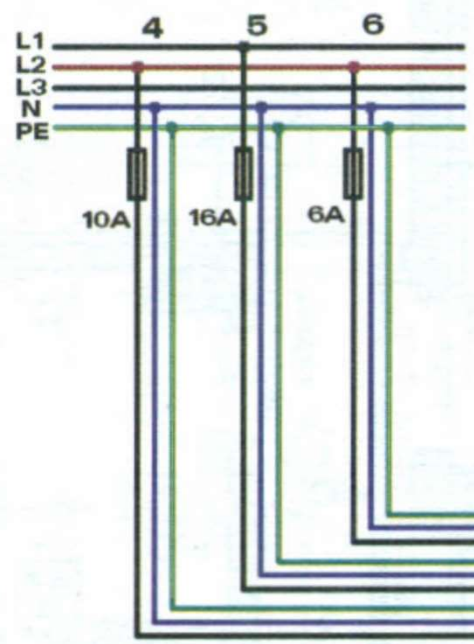
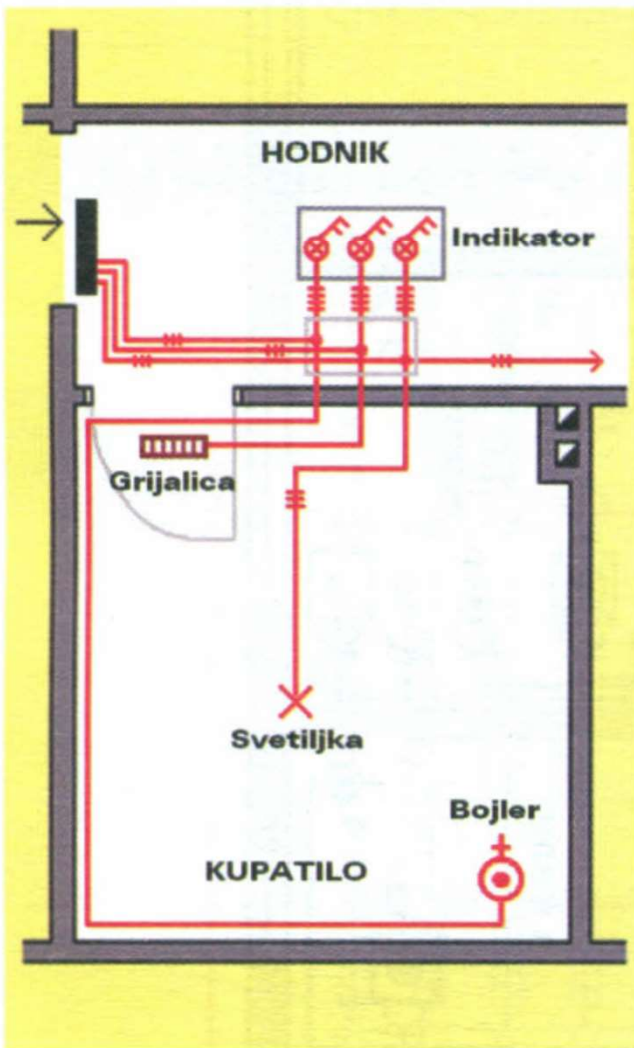
Napomena: U prostorima 0, 1 i 2 se polažu samo provodnici za izjednačenje potencijala i vodovi za direktno napajanje potrošača ali nije dozvoljeno postavljanje razvodnih kutija, priključnica i instalacionih sklopki (osim sklopki u prostoru 1 i 2 koje su van dohvata ruke a njima se upravlja preko izolovane uzice).




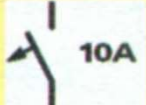


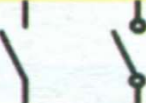
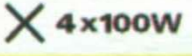

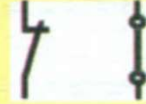

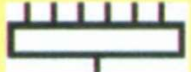
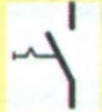




POTEZNE SKLOPKE SA KANAPOM


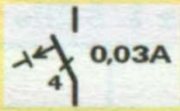
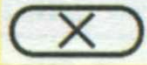


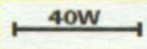

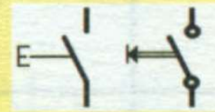
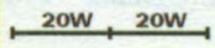


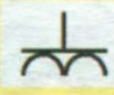





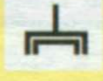


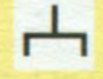



SVJETLOSNE ZONE U KUPATILU



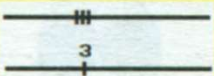





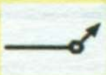





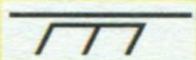


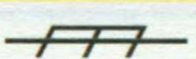
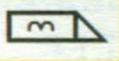
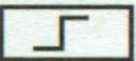
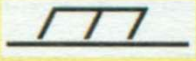

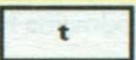
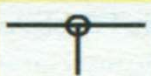


















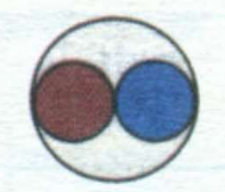



ŠEMA VEZIVANJA TROSTRUKE INSTALACIONE SKLOPKE (INDIKATORA) ZA KUPATILO

Spojni simbol	Značenje	Spojni simbol	Značenje	Spojni simbol	Značenje
	Brojilo		Automatski osigurač 10A		Svetiljka, uopšteno
	Uklopni sat		Uklopni kontakt sklopke		Svetiljka sa četiri sijalice po 100W
	Kablovski priključni ormarić		Isklopni kontakt sklopke		Svetiljka s ugrađ. sklopkom
	Razdelnik (Razvodni ormar)		Označavanje neautomatskog povratnog hoda		Fluorescentna svetiljka
	Transformator		Sklopka trolejna 10A		Reflektorska svetiljka









Spojni simbol	Značenje	Spojni simbol	Značenje	Spojni simbol	Značenje
	Osigurač, uopšteno		Zaštitna strujna sklopka 0,03A		Svetiljka za izbojnu sijalicu-cev
	Osigurač, trolejni, tip DII, topljivi uložak 10A		Motorsko-zaštitna sklopka		Svetiljka za fluo cev (npr. 40W crtano u merilu)
	Niskonaponski visokoučinski osigurač		Taster sklopka		Niz svetiljki (npr. dve po 20W crtano u merilu)
	Električni uređaj, uopšteno		Jednopolna sklopka		Dvostruka priključnica
	Električni štednjak		Dvopolna i trolejna sklopka		Trofazna priključnica
	Mikrotalasni štednjak		Serijska sklopka		Antenska priključnica
	Mašina za pranje rublja		Grupna sklopka		Telekomunikacijska priključnica
	Mašina za pranje suđa		Naizmenična sklopka		Vod, uopšteno

Spojni simbol	Značenje	Spojni simbol	Značenje	Spojni simbol	Značenje
	Hladnjak		Krstasta sklopka		Vod s označenim brojem provodnika (npr. 3 provodnika)
	Električni ventilator		Svetleća jednopolna sklopka		Spoj provodnika ili grananje voda
	Bojler		Sklopka s regulatorom rasvete		Napajanje vodi prema gore
	Grejač, zagrevanje prostorije		Taster sklopka		Napajanje vodi prema dole
	Klima uređaj		Svetleća taster sklopka		Vod na malteru
	Zvonce		Vremenska sklopke		Vod u malteru
	Električna brava		Impulsni relej		Vod ispod maltere
	Antena		Vremenski relej za rasvetu stepeništa		Odvojna (razvodna) kutija
	Pojačalo		Priključnica sa zaštitnim kontaktom		Priključno mesto za zaštitni provodnik PE
	Interfon		Višestruka priključnica: 2-struka; 3-struka		Uzemljenje (uzemljivač)

1) Instalacijski vodovi za priključak prenosnih potrošača sa 1- 5 žila

1 žila	2 žile	3 žile	4 žile	5 žila
    	<p>— Vod sa zeleno-žutom žilom (oznaka "Y")</p>			
	 <p>Vod bez zeleno-žute žile</p>			

2) Instalacijski vodovi za trajno polaganje (i kablovi) sa 1, 2, 3, 4, 5 ili više žila

1 žila	2 žile	3 žile	4 žile	5 žila
	<p>—</p> <p>Vodovi ili kablovi sa zeleno-žutom žilom (oznaka "Y")</p>			
				
<p>Vodovi ili kablovi bez zeleno-žute žile i kablovi sa koncentričnim zaštitnim provodnikom</p>				

3) Označavanje provodnika električnog razvoda bojama izolacije



zeleno-žuta: upotrebljava se isključivo za obeležavanje žile sa zaštitnom funkcijom tj. PE ili PEN provodnika



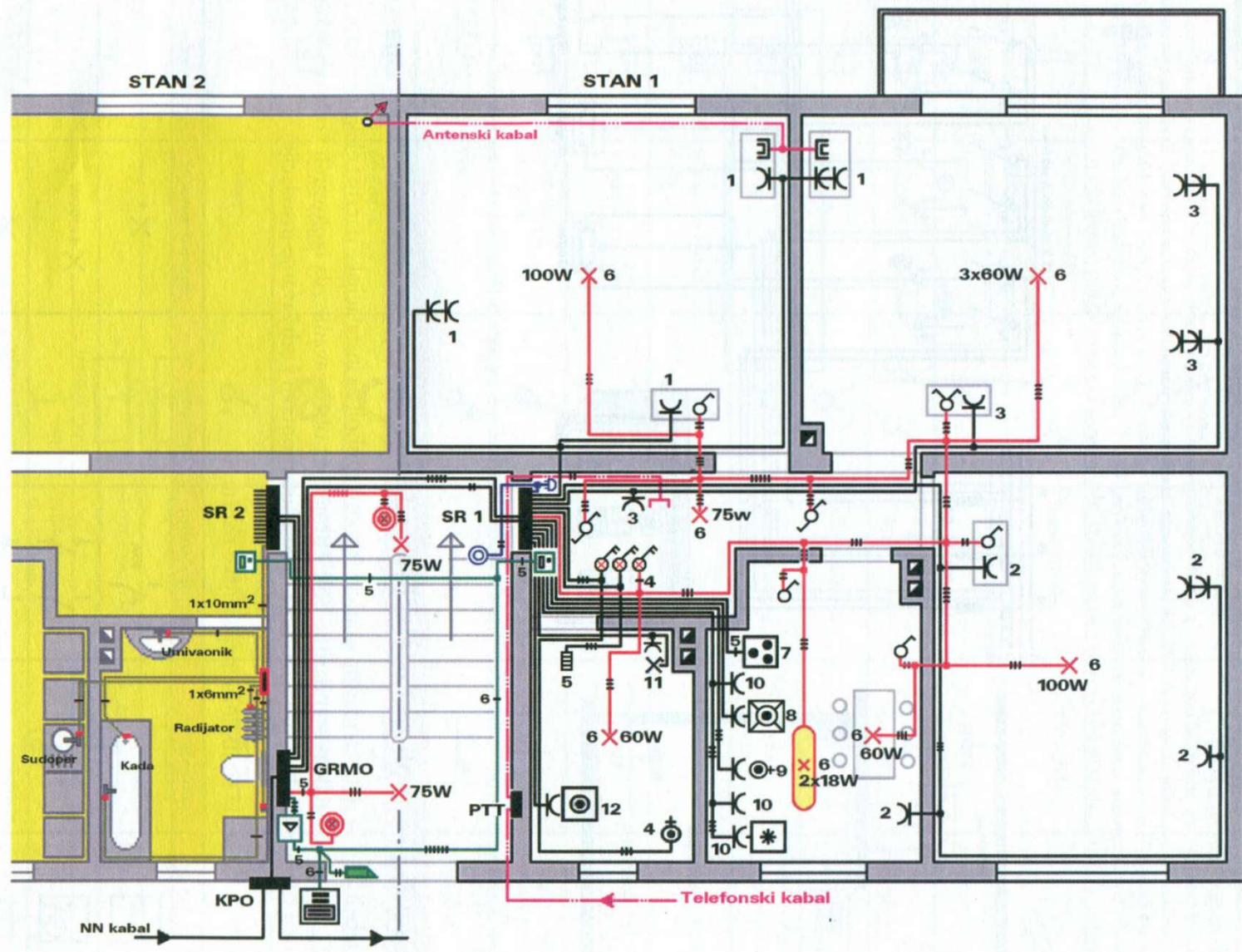
Svetlo-plava: upotrebljava se za obeležavanje neutralnog provodnika.

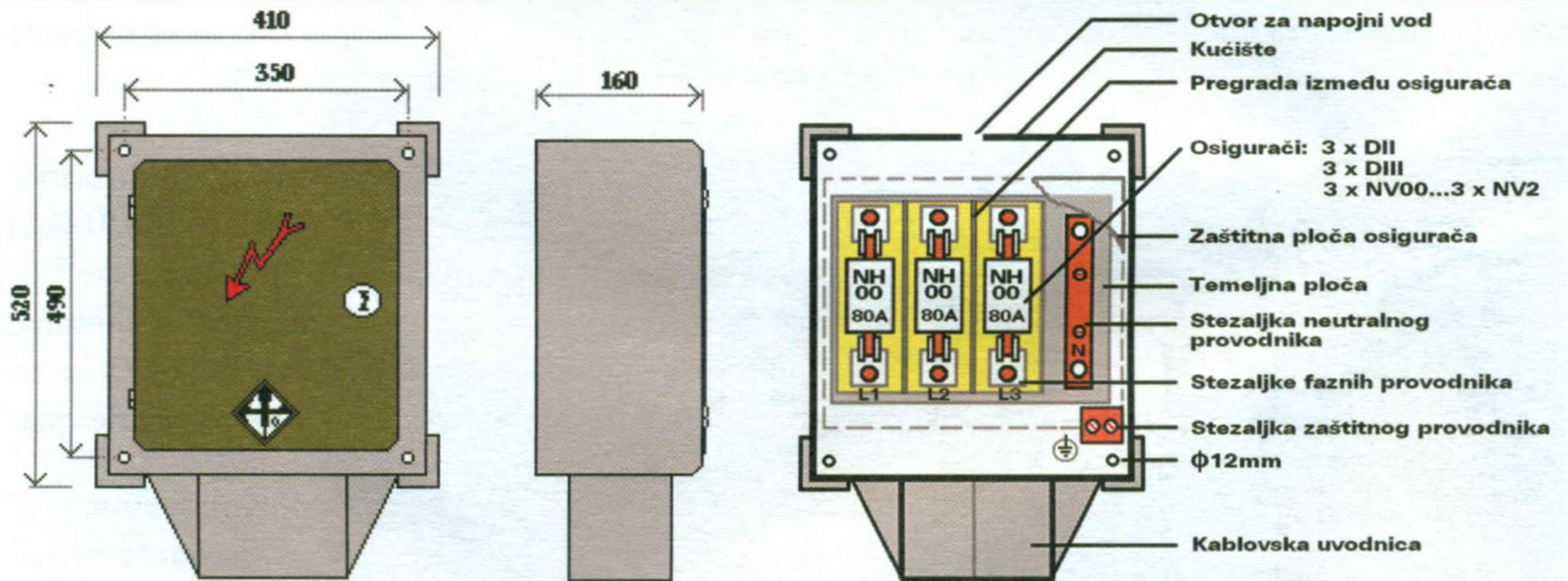
Može se upotrebiti i za obeležavanje faznih žila u višezilnim vodovima i kablovima koji nemaju neutralni provodnik



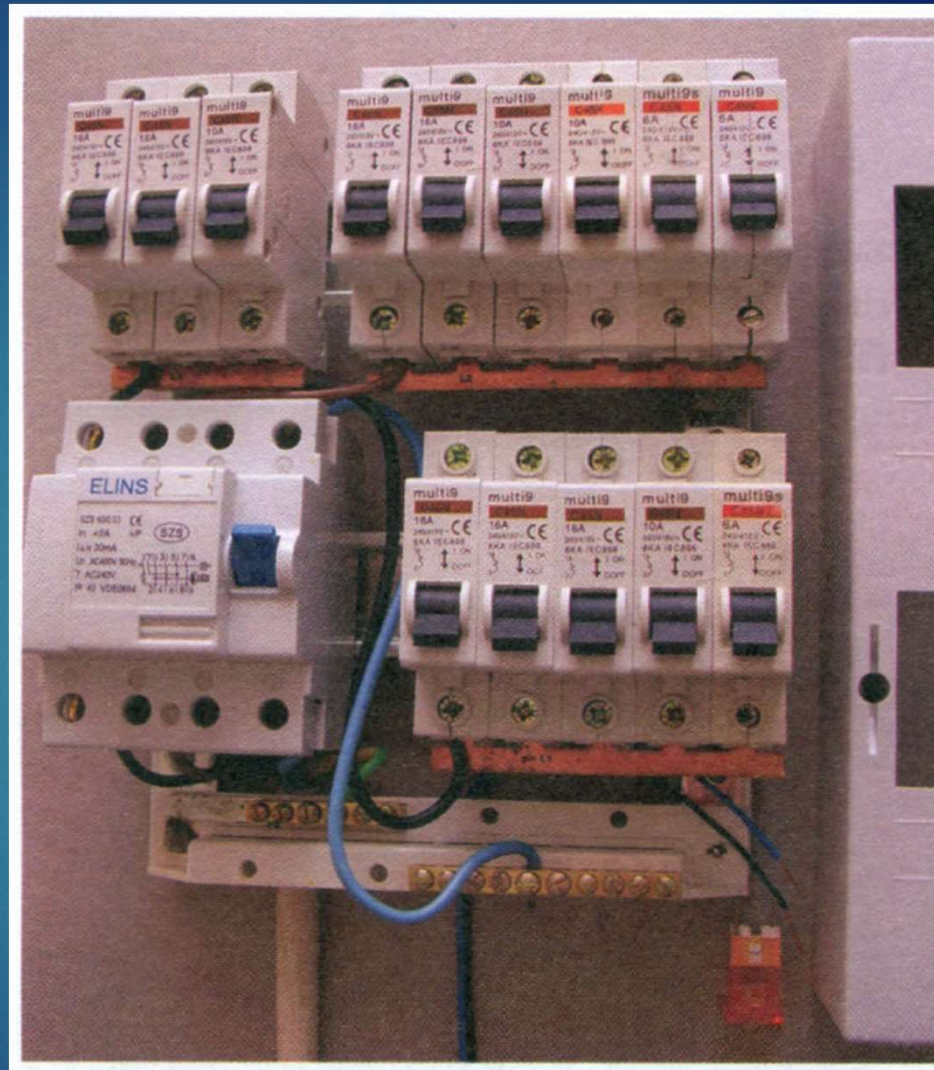
Smeđa i crna: upotrebljavaju se za obeležavanje faznih provodnika

Sl. 26.2 Plan instalacije strana 1

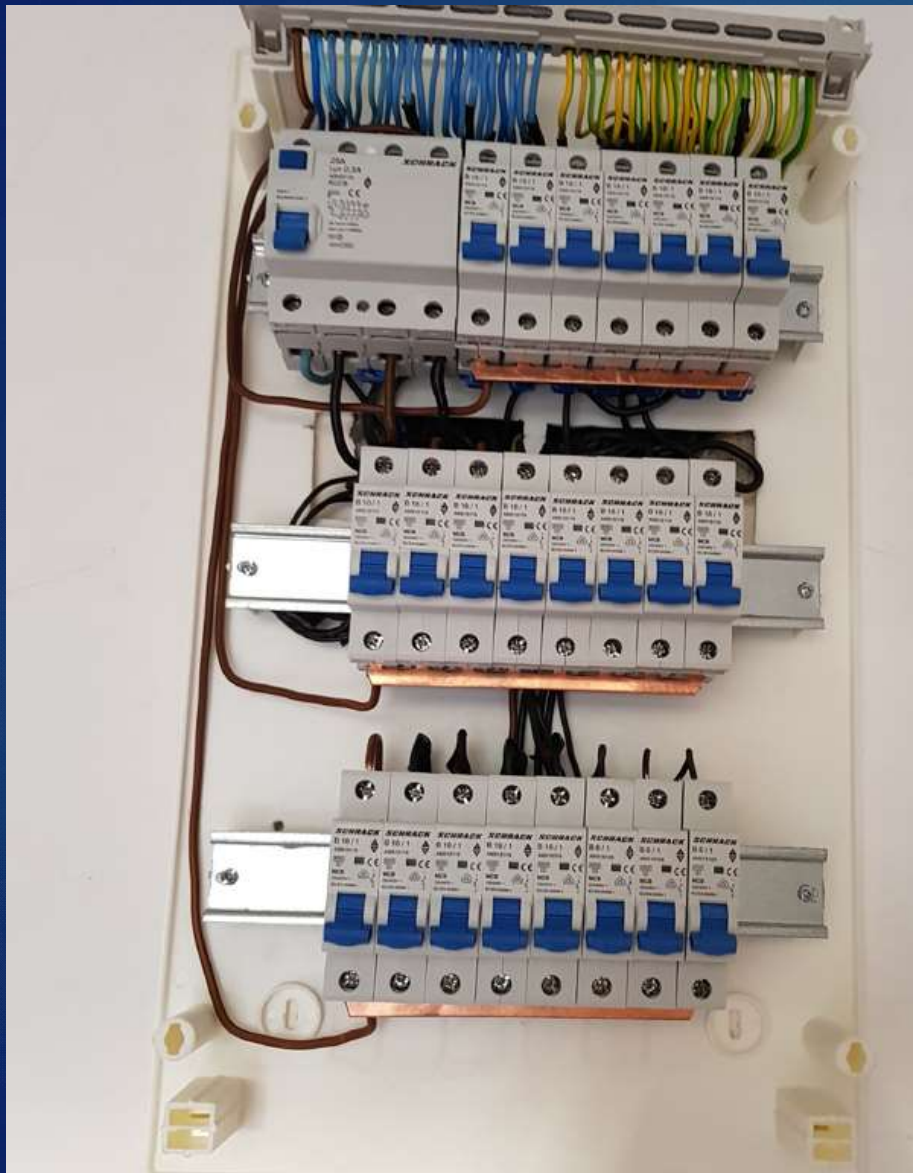




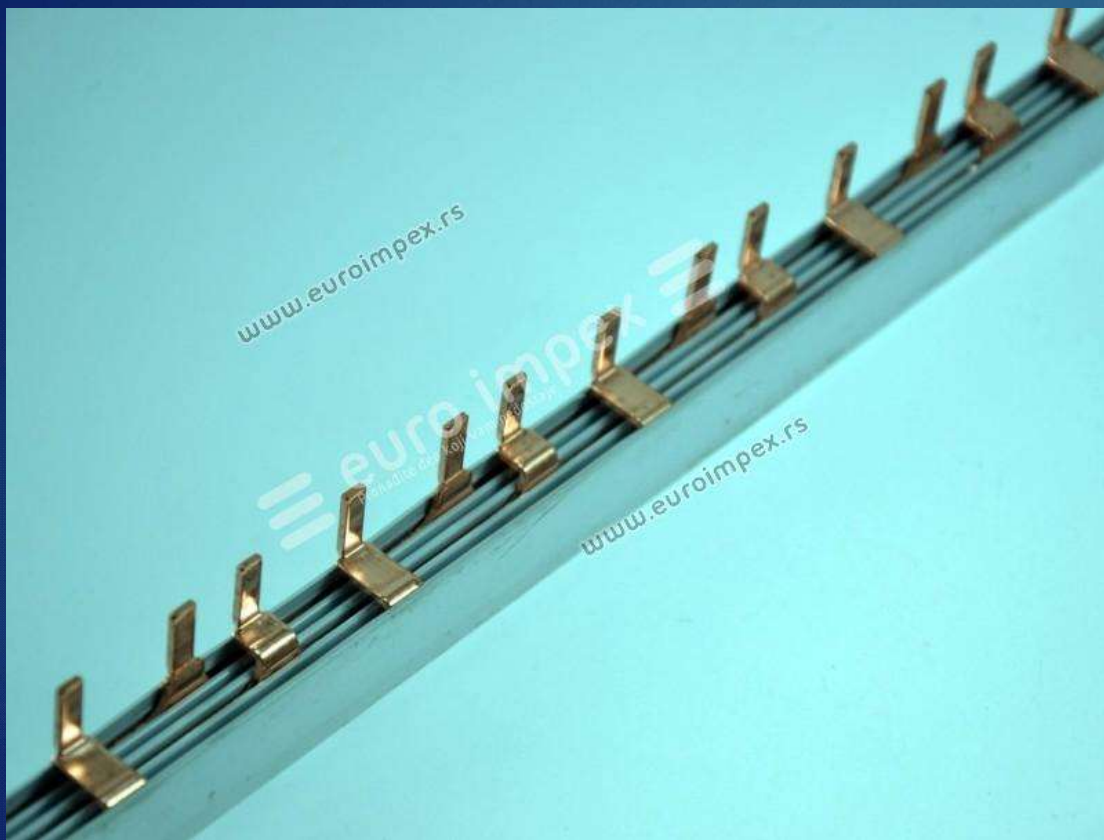
Sl. 6.10 Kućni priključni ormarić KPO

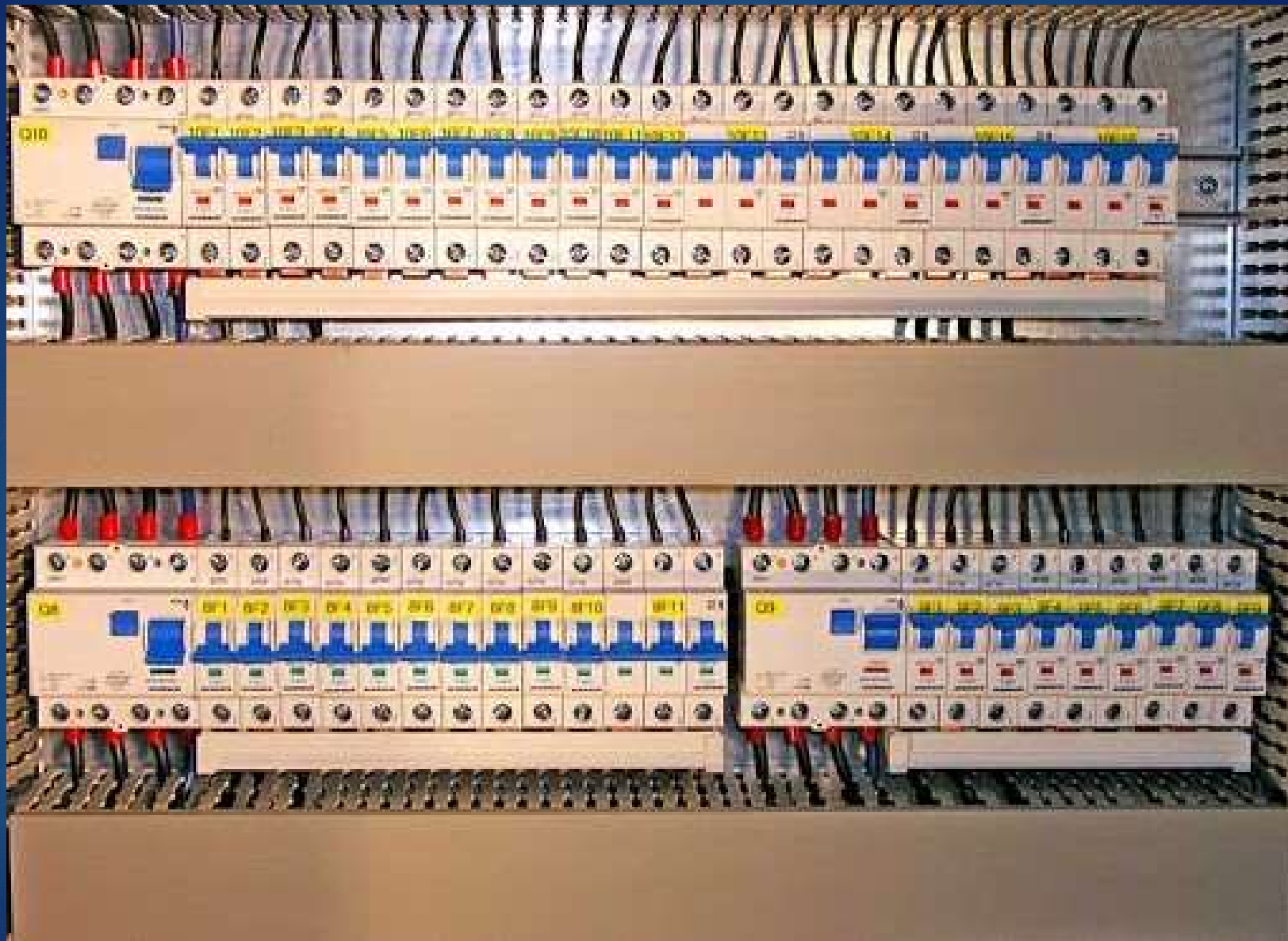


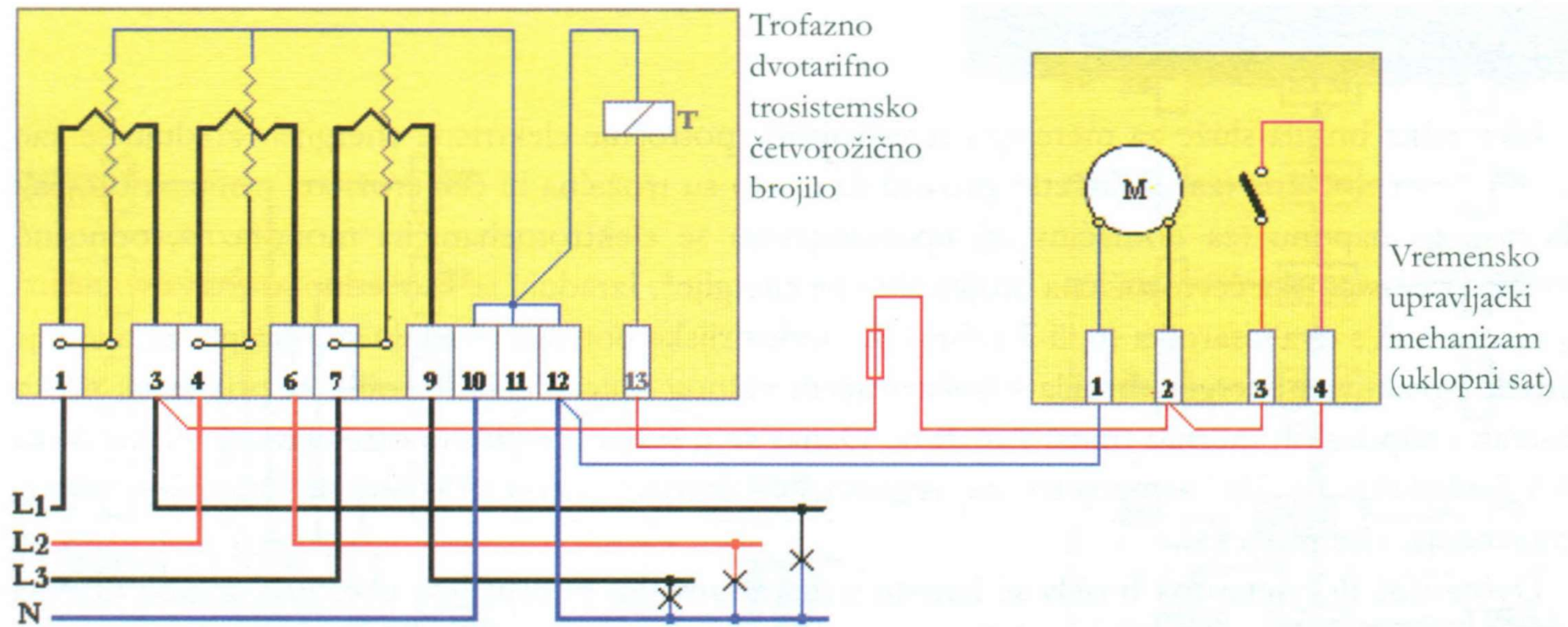
UNUTRAŠNOST DVOREDNE RAZVODNE TABLE



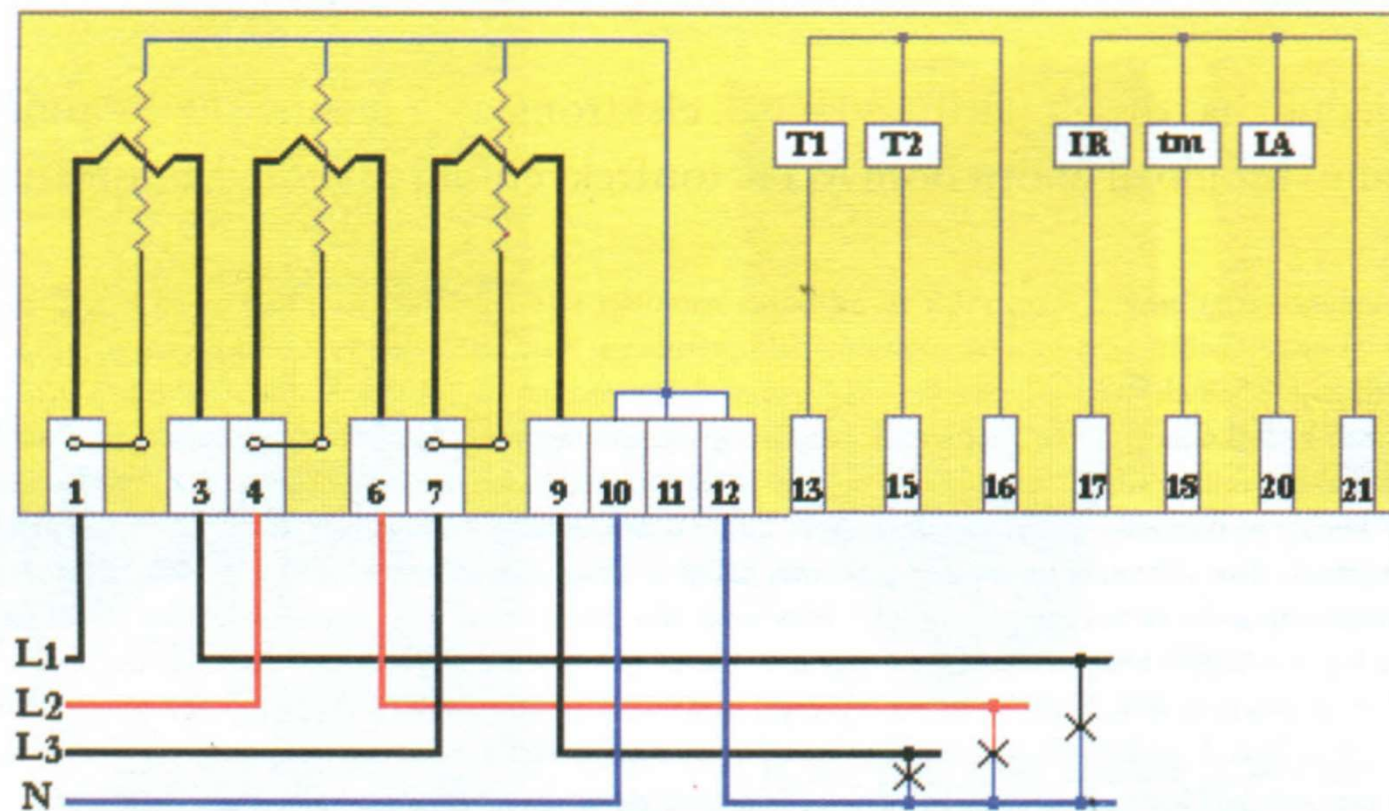
BAKARNI ČEŠALJ







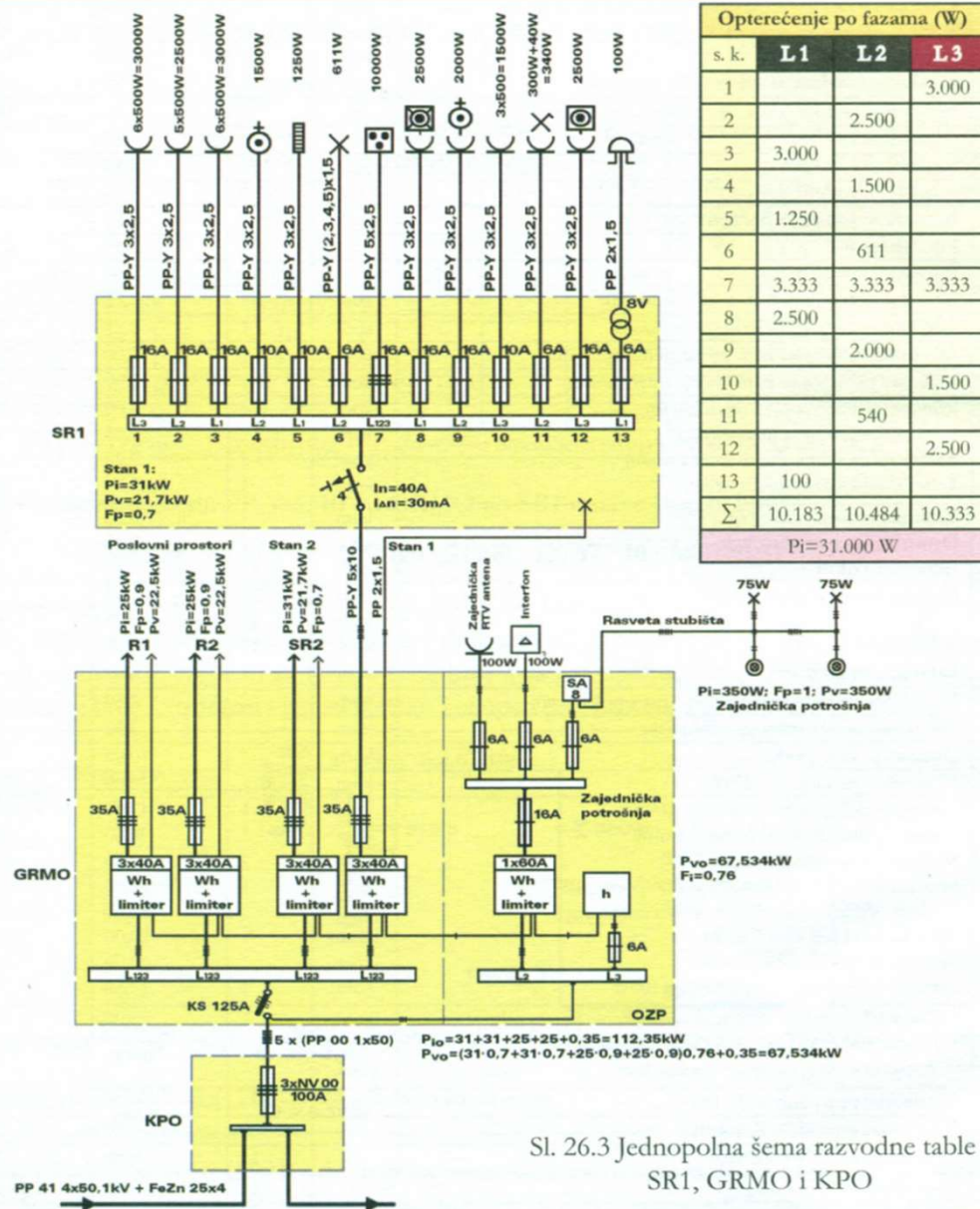
Sl. 7.2 Šema vezivanja trofaznog, trosistemskog, četvorožičnog, dvotarifnog brojila



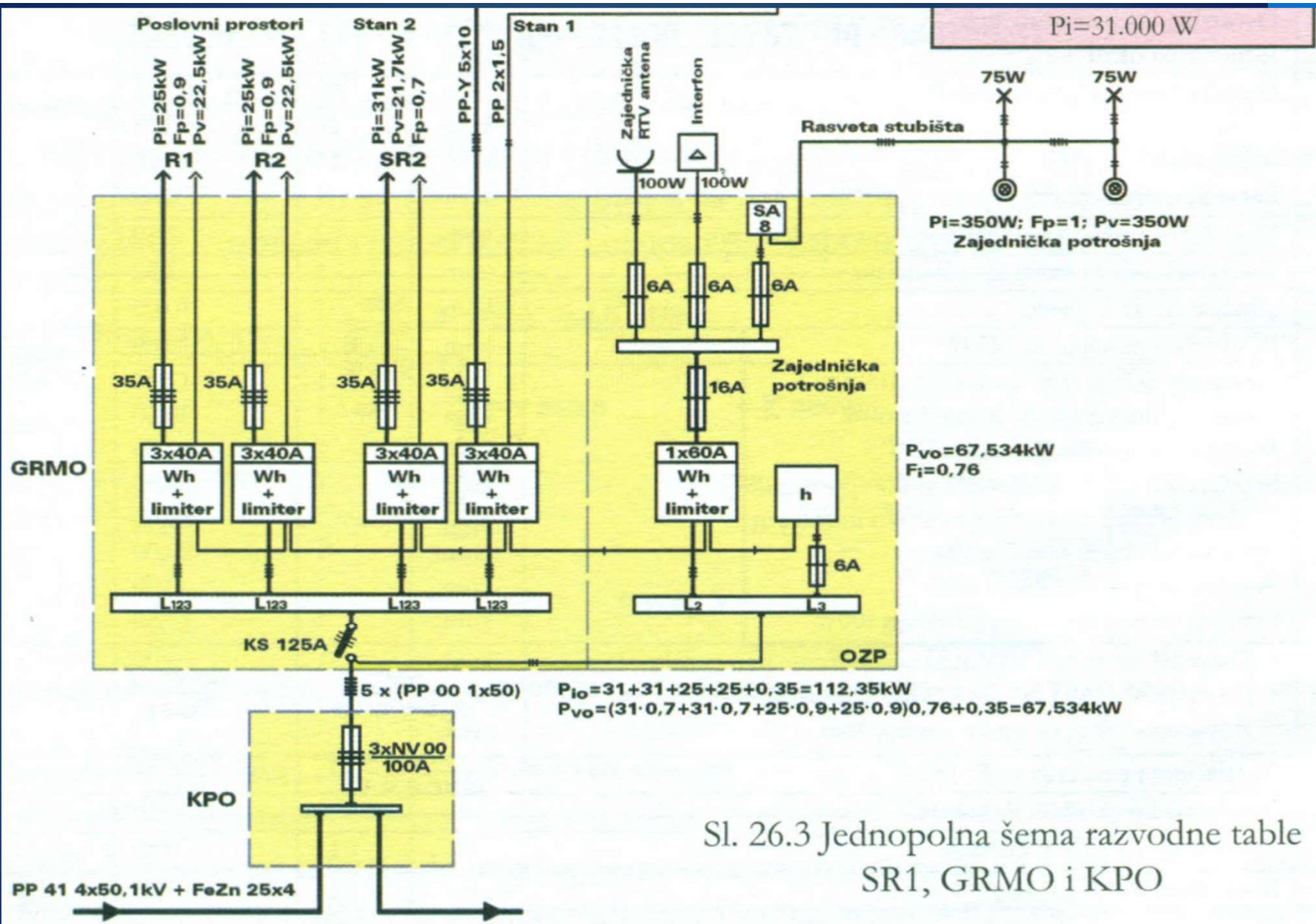
Sl. 7.3 Šema vezivanja trofaznog multifunkcijskog elektronskog brojila za 4 tarife i davačem impulsa (mogućnost lokalnog i daljinskog očitavanja aktivne energije, reaktivne energije i vršne snage)

Merni ormarić sa
trofaznim brojilom,
uklopnim satom i
osiguračima
(450x640x200)

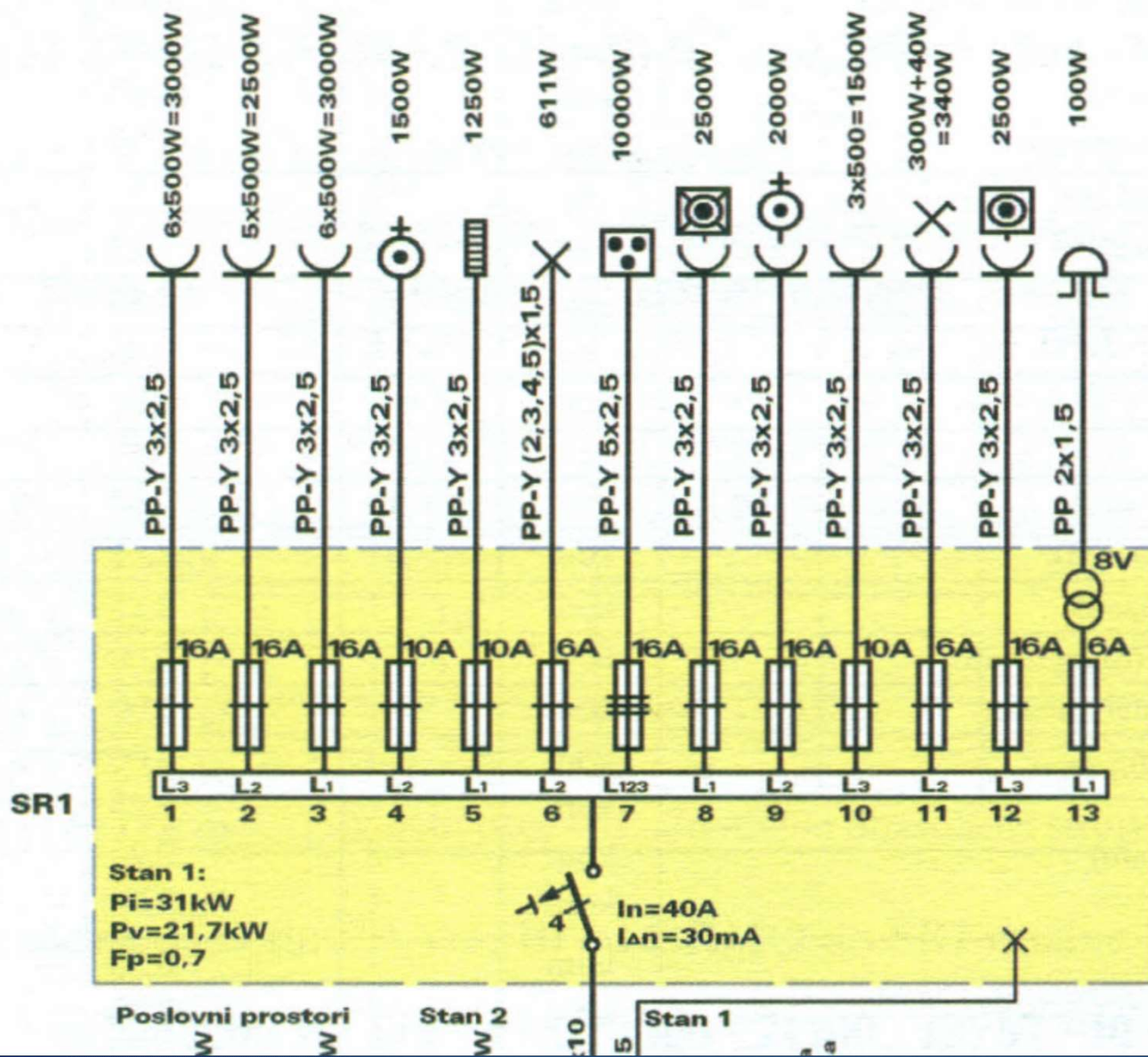




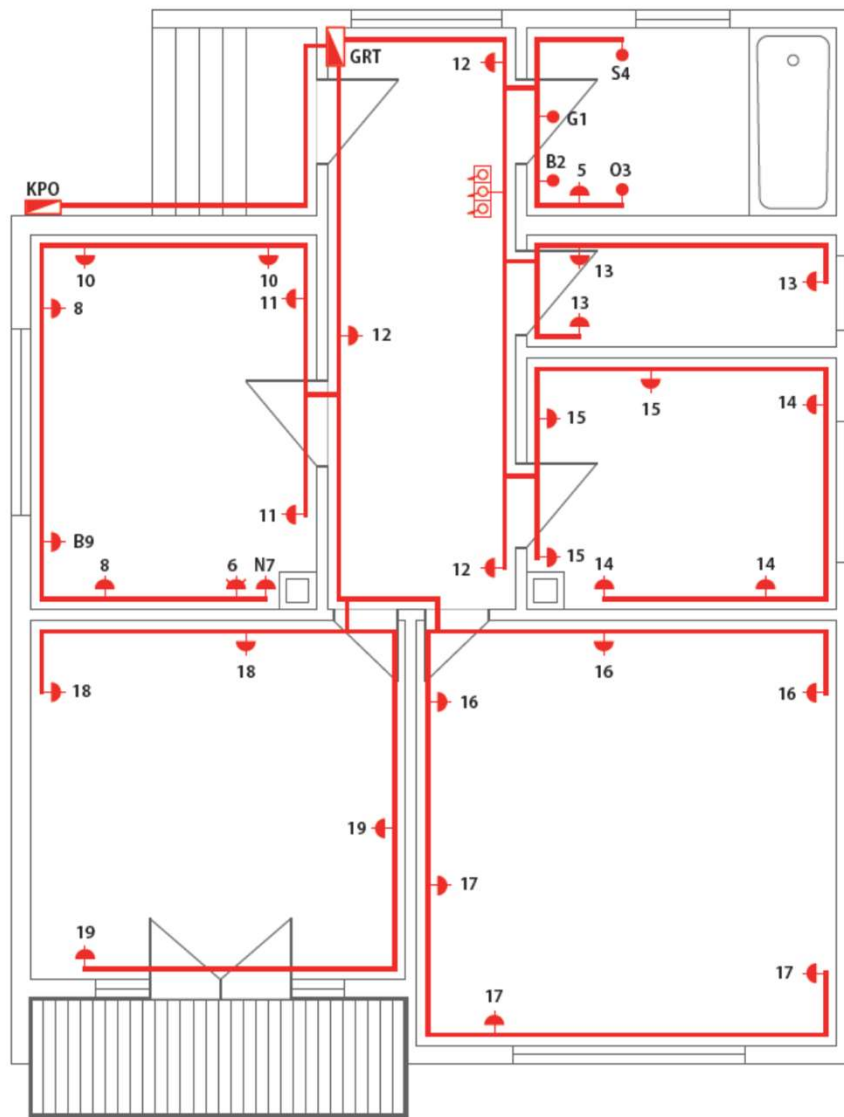
Sl. 26.3 Jednopolna šema razvodne table SR1, GRMO i KPO



Sl. 26.3 Jednopolna šema razvodne table SR1, GRMO i KPO

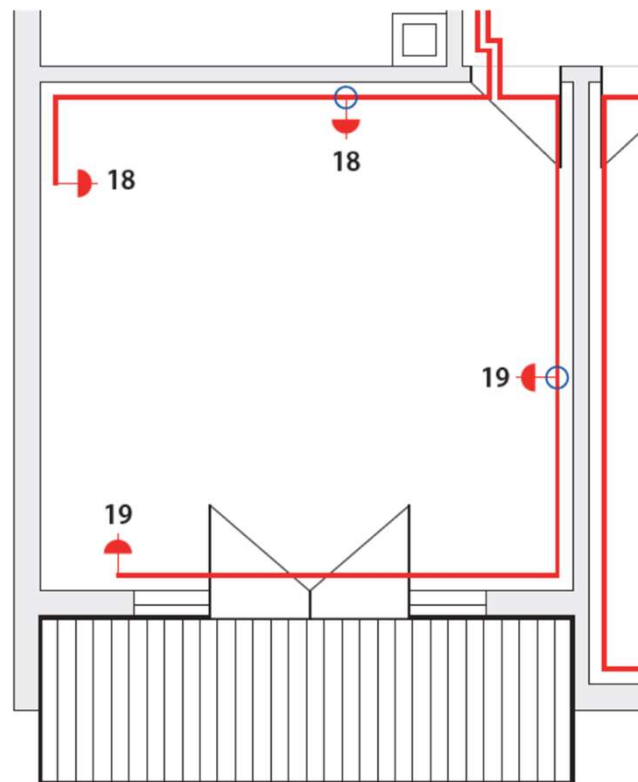


Opterećenje po fazama (W)			
s. k.	L1	L2	L3
1			3.000
2		2.500	
3	3.000		
4		1.500	
5	1.250		
6		611	
7	3.333	3.333	3.333
8	2.500		
9		2.000	
10			1.500
11		540	
12			2.500
13	100		
Σ	10.183	10.484	10.333
$P_i = 31.000\text{ W}$			



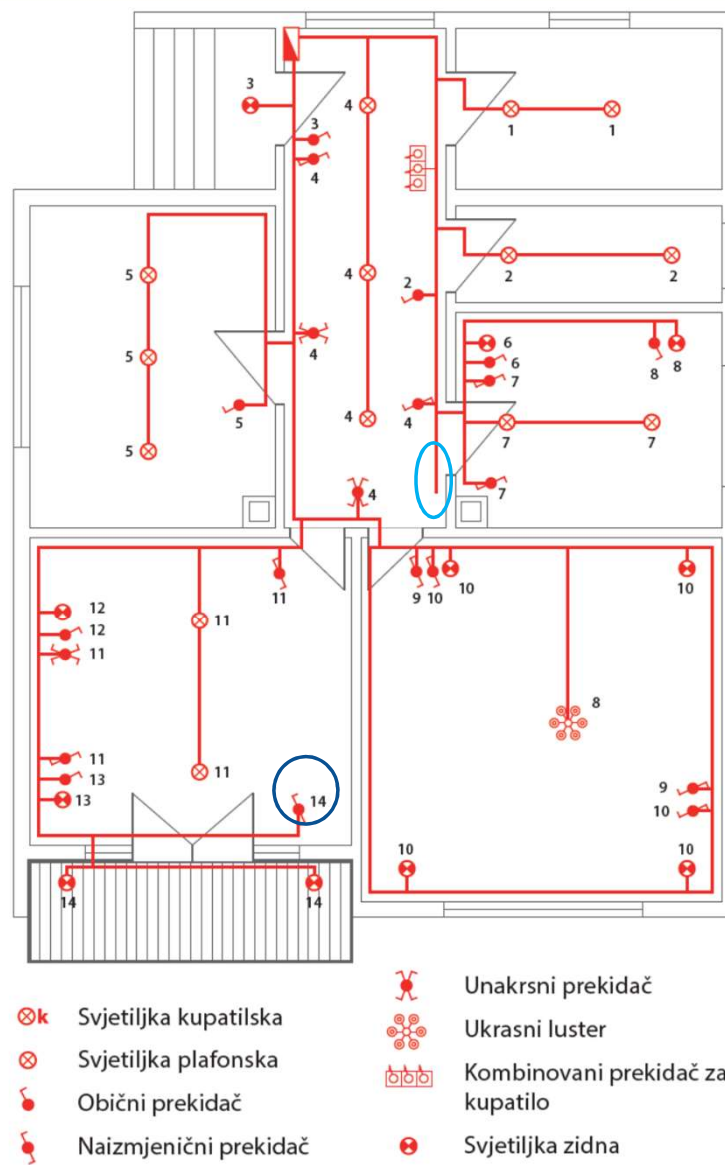
- „Šuko“ utičnica
- ⚡ Trofazna utičnica
- s Sušač peškira u kupatilu, priključak na šraf
- N Kuhinjska napa, priključak na šraf
- B Bojler u kupatilu, priključak na šraf
- ⚡ Kombinovani priključak za kupatilo
- GRT Glavna razvodna tabla
- KPO Kućni priključni orman

Slika 5.4: Šema elektroinstalacije opšte potrošnje

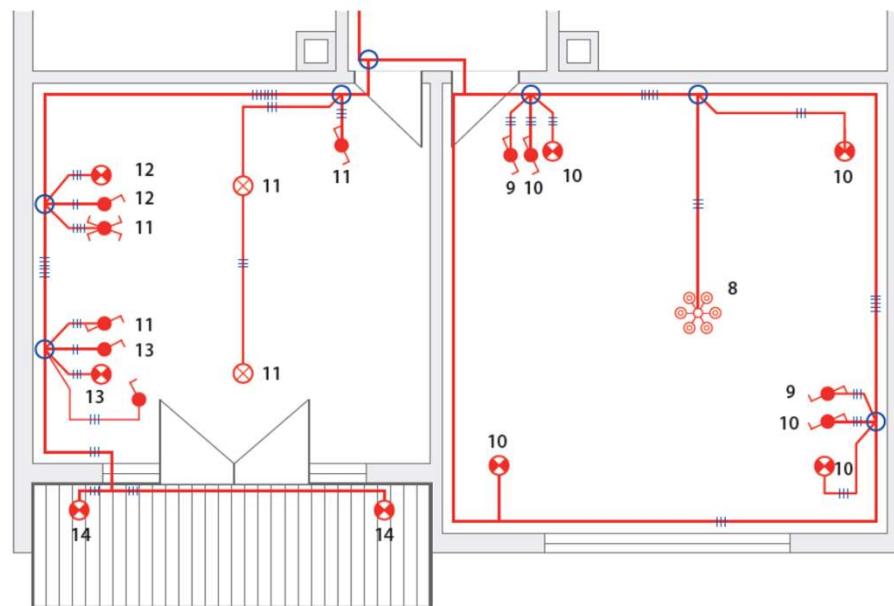


- ➔ „Šuko“ utičnica
- Instalaciona razvodna kutija za montažu pod malter
- Provodnik PP-Y 3 × 2,5 mm²

Slika 5.5: Pojašnjenje izvođenja crteža za strujne krugove u prostoriji spavaća soba 1



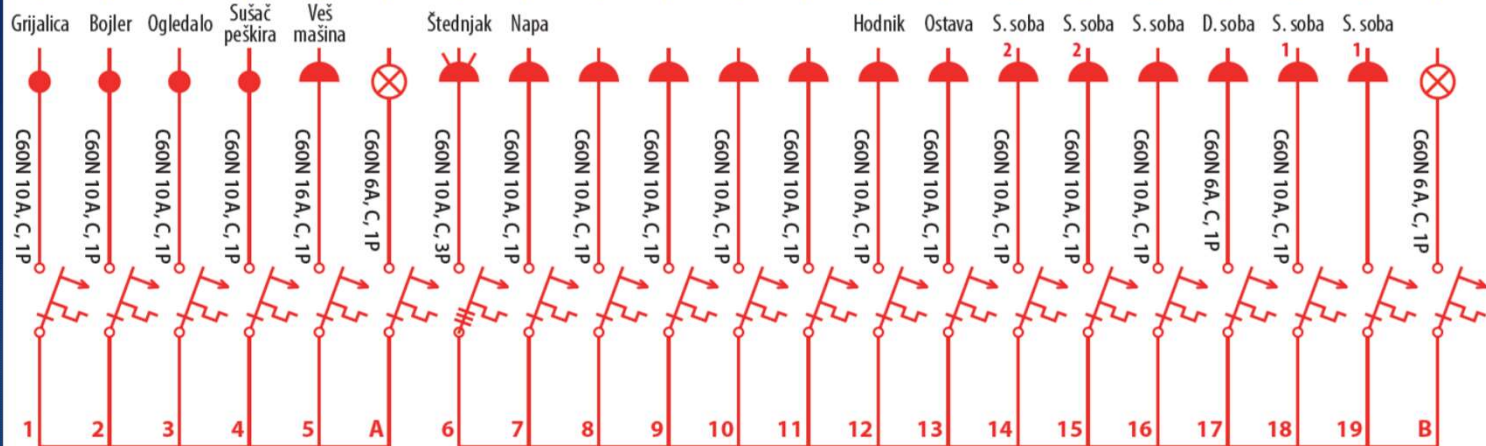
Slika 5.6: Plan električne instalacije osvjjetljenja



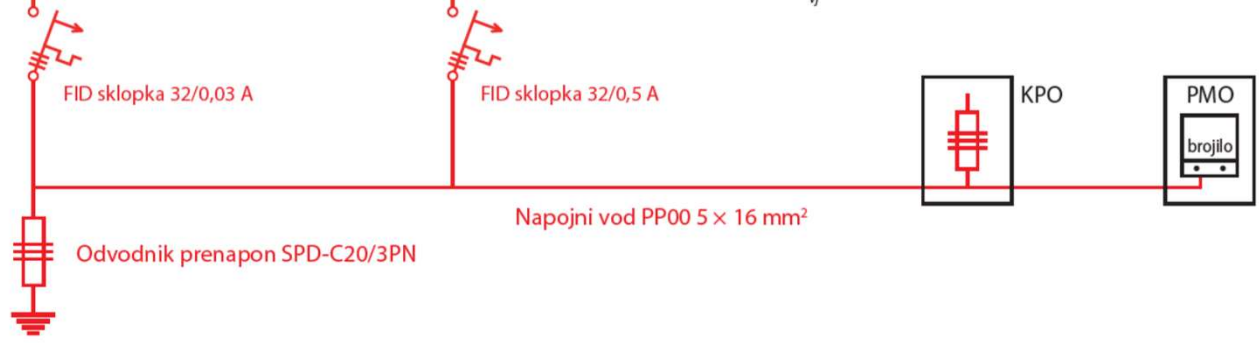
- Svjetiljka kupatilska
- Svjetiljka plafonska
- Obični prekidač
- Naizmjenični prekidač
- Unakrsni prekidač
- Ukrasni luster
- Kombinovani prekidač za kupatilo
- Instalaciona razvodna kutija za montažu pod žbuku
- Provodnik PP-Y $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$
- Provodnik PP-Y $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$
- Provodnik PP-Y $5 \times 1,5 \text{ mm}^2$
- Provodnici, broj crtica označava broj žica

Slika 5.7: Pojašnjenje za dio crteža sa slike 5.6

	300	2000	2000	1200	1200	1200	1200	1200	1200	900	Σ 10-100 W
	2000		100	2000	1200		1200	1200	1200	1200	Σ 10-100 W
	1500	1000	2000		1200		1200	1200	1200	1200	Σ 9300 W



Instalirana snaga $P_i = 29400$ W
 Koefficient jednovremenosti $K_j = 0,70$
 Vršna jednovremena snaga $P_{vj} = 29400 \times 0,70 = 20580$ W



ODREĐIVANJE PRESJEKA PROVODNIKA U ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA STAMBENIH I SLIČNIH OBJEKATA

Prilikom određivanja presjeka provodnika u električnim instalacijama stambenih objekata potrebno je znati:

- vrstu opterećenja,
- instalisanu snagu i jednovremeno vršno opterećenje,
- materijal od kojeg je izrađen provodnik i
- karakteristike distributivne mreže na koju se objekat priključuje

Vrsta opterećenja

Električni prijemnici su uređaji i aparati koji koriste električnu energiju za svoj rad. Električne prijemnike dijelimo na:

- prijemnike za jednosmjerni sistem napajanja (DC*)
- prijemnike za naizmjenični sistem napajanja (AC*)

Prilikom proračuna poprečnog presjeka provodnika za jednosmjerni sistem napajanja nije potrebno voditi računa o vrsti prijemnika jer se oni u pogledu opterećenja mreže ponašaju na isti način.

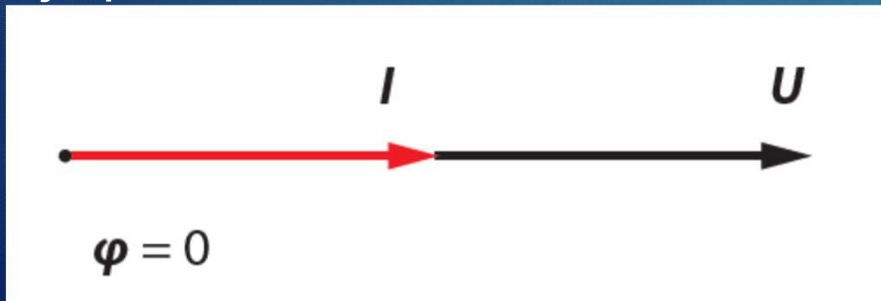
Kod proračuna poprečnog presjeka provodnika za naizmjenični sistem napajanja, vrsta prijemnika ima uticaj na proračun.

Razlikujemo dvije vrste prijemnika za naizmjenični sistem napajanja i to:

- omski (termički) i
- mješoviti (omsko-induktivni)

Strogo uzevši, postoji i slučaj mješovitog omsko kapacitivnog opterećenja, ali on se rijetko srijeće u električnim instalacijama pa ga nećemo posebno analizirati.

Omski (termički) prijemnici svu električnu energiju pretvaraju u toplotu. U ovu grupu prijemnika spadaju: sijalice sa užarenim vlaknom, grijači, termički aparati u domaćinstvu itd. Karakteristika omskih prijemnika je da su napon i struja jednovremeni, što u fazorskom dijagramu znači da su fazori napona i struje u fazi kao što je prikazano na slici

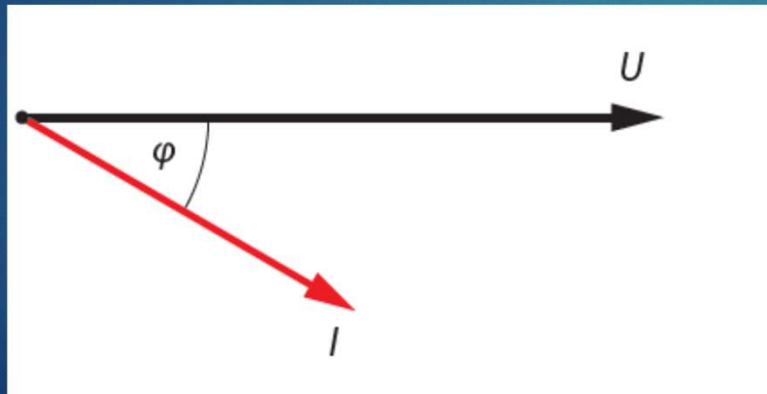


Fazorski dijagram napona i struje kod omskih prijemnika

Mješoviti (omsko-induktivni) prijemnici su prijemnici koji imaju namotaje na feromagnetnim jezgrima, takođe i običan prav provodnik posjeduje induktivnost koja pri većim poprečnim presjecima nije zanemarljiva.

U ovu grupu prijemnika spadaju: elektromotori, prigušnice, transformatori i sl. Ovi prijemnici pored induktivnog otpora sadrže i termogeni otpor.

Karakteristika mješovitih prjemnika jeste kašnjenje promjene struje I za promjenom napona U za vrijednost ugla φ . Fazorski dijagram prikazan je na slici



Fazorski dijagram napona i struje kod mješovitih (omsko-induktivnih) prijemnika.

Kašnjenje fazora struje za fazorom napona kreće se od $\varphi = 0^\circ$ (kod čisto omskih prijemnika) do $\varphi = 90^\circ$ (kod čisto induktivnih prijemnika). Vrijednosti sačinioca snage ($\cos \varphi$) za razne snage motora dati su u tabeli 2.1.

Smanjenjem opterećenja u odnosu na nominalno opterećenje opada i $\cos \varphi$, približno prema podacima datim u tabeli 2.2.

Tabela 2.1: Vrijednosti sačinioca snage ($\cos \varphi$) za razne snage motora

Snaga motora	$\cos \varphi$
do 1 kW	0,66 – 0,8
od 1 – 5 kW	0,7 – 0,87
od 5 – 15 kW	0,78 – 0,89

Tabela 2.2: Procentualno opadanje $\cos \varphi$ sa opadanjem opterećenja

Smanjenje opterećenja u odnosu na nominalno za	25%	50%	75%
Smanjenja $\cos \varphi$ za	4%	12%	26%

Instalisana snaga i jednovremeno vršno opterećenje

Instalisana snaga ili instalisano opterećenje (P_i) predstavlja zbir snaga svih prijemnika koji su instalirani ili projektom predviđeni u jednom strujnom kolu ili u jednoj električnoj instalaciji.

Snaga jednovremenog vršnog opterećenja u električnim instalacijama (P_{jvo}) je najveća snaga koja se jednovremeno koristi u jednom strujnom kolu ili jednoj električnoj instalaciji tokom određenog perioda. Kako svi potrošači skoro nikada nijesu istovremeno uključeni, očigledno je da je $P_{jvo} \leq P_i$.

Količnik ove dvije snage naziva se sačinilac jednovremenosti i označava se sa k .

$$k = P_{jvo} / P_i = \leq 1$$

Vrijednost sačinioca
jednovremenosti (k)
zasniva se na
iskustvenim podacima i
teoriji vjerovatnoće.
Vrijednost sačinioca
jednovremenosti
uzimamo iz tabele 2.3.

Tabela 2.3: Vrijednosti sačinioca jednovremenosti (k)

Vrsta objekata		Sačinioc jednovremenosti (k)
Za male radionice, škole, trgovine, ugostiteljske objekte		1
Za kancelarijske prostore		0,6
Za motorni pogon prema tehnološkom procesu		0,6 – 1
Za domaćinstva:	veliki stanovi	0,7
	mali stanovi	0,8 – 1
Za napojne vodove kućnih priključaka:	vazdušni priključak	$\left(0,15 + \frac{0,82}{\sqrt{n}}\right)$
	kablovski priključak	$0,7 \cdot \left(0,25 + \frac{0,75}{\sqrt{n}}\right)$


Podatak o snazi jednovremenog vršnog opterećenja upotrebljava se za proračun presjeka glavnih strujnih kola (napojni vod kućnog priključka, napojni vod glavnih i sporednih razvodnih tabli).

Za proračun napojnog voda kućnog priključka za vrijednost instalisane snage P_i u domaćinstvima, jednovremeno vršno opterećenje izračunava se na sljedeći način:

$$P_{jvo} = k \cdot P_i$$

Prilikom računskog određivanja presjeka provodnika treba voditi računa o opštim tehničkim odredbama:

- Za električno osvjetljenje presjeka provodnika se izračunava prema instalisanom opterećenju svjetlosnih izvora.
- Za motore presjek provodnika se izračunava prema nominalnoj snazi motora, ukoliko se ovi motori češće uključuju i isključuju tada se za proračun koristi struja puštanja u rad*.
- Za termičko opterećenje* presjek provodnika se izračunava prema instalisanoj snazi prijemnika.
- Presjek provodnika od kućnog priključnog ormara (KPO) do električnog brojila ili glavne razvodne table (GRO) se izračunava prema snazi jednovremenog vršnog opterećenja. (P_{jvo}), ali presjek provodnika ne može biti manji od 10 mm^2 za bakarne provodnike (tehnička preporuka TP2 Elektroprivrede Crne Gore*)



Raspored opterećenja po fazama naizmjeničnog sistema (AC) potrebno je izvesti tako da svaka faza bude ravnomjerno opterećena.

Presjek provodnika za prenos električne energije treba dimenzionisati tako:

- da pri maksimalnom opterećenju ne izazivaju pad napona iznad dozvoljene granice,
- da se provodnik ne zagrijava iznad dozvoljene temperature I
- da provodnik ima mehaničku čvrstoću.

Ovi zahtjevi ispunjavaju se uz tri osnovna uslova za izbor presjeka provodnika: električni, termički i mehanički.

Električni uslov se ispunjava proračunom presjeka provodnika tako da procentualni pad napona ne pređe dozvoljenu vrijednost.

Pad napona nastaje prilikom prolaska struje kroz provodnik i definiše se kao razlika napona na početku voda (U_1) i napona na kraju voda (U_2) i označava se „ ΔU “ ili „ u “. U daljem tekstu ćemo koristiti oznaku za pad napona „ u “.

$$u = U_1 - U_2$$

Izraz za procentualni pad napona je:

$$u\% = \frac{U_1 - U_2}{U_1} \cdot 100 = \frac{u}{U_1} \cdot 100$$

Dozvoljene vrijednosti procentualnog pada napona date su u tabeli 2.4.

Tabela 2.4: *Dozvoljene vrijednosti procentualnog pada napona.*

Instalacija ili njen dio u kome se posmatra dozvoljeni procentualni pad napona.		$u\% \leq$
Za instalacije priključene na distributivnu niskonaponsku mrežu:	<ul style="list-style-type: none"> od napojne tačke električne instalacije do najudaljenijeg prijemnika za osvjetljenje, 	3%
	<ul style="list-style-type: none"> od napojne tačke električne instalacije do najudaljenijeg prijemnika opšte potrošnje. 	5%
Za instalacije koje se napajaju neposredno iz trafo-stanice:	<ul style="list-style-type: none"> za električne instalacije osvjetljenja, 	5%
	<ul style="list-style-type: none"> za strujna kola ostalih potrošača. 	8%
Za električne instalacije čija je dužina veća od 100 m dozvoljeni pad napona povećava se za 0,005% po dužnom metru preko 100 m, ali ne više od 0,5%.		

Impedansa provodnika sastoji se iz aktivnog otpora R i induktivnog otpora X_L . Induktivni otpor malih poprečnih presjeka, koji se najčešće koriste u električnim instalacijama (do 25 mm^2), je zanemarljivo mali tako da se o njemu ne vodi računa prilikom proračuna pada napona.

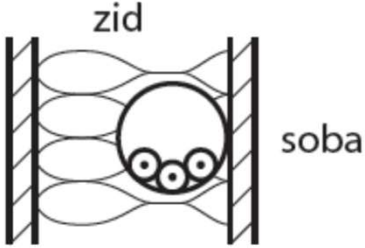
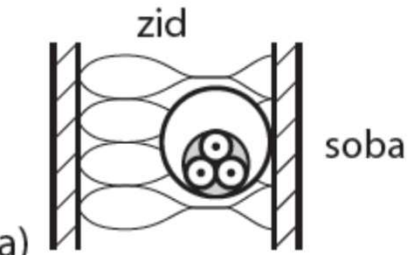
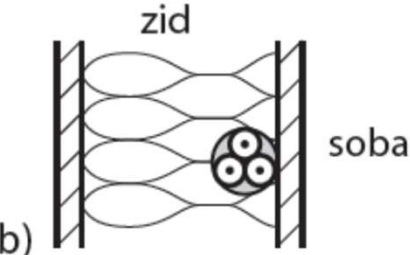
Povećanjem poprečnog presjeka povećava se i pad napona usled induktivnog otpora. (za presjeke: do 35 mm^2 do 12%, 50 mm^2 do 16%, 70 mm^2 do 21%, 95 mm^2 do 30%, 120 mm^2 do 37%, 150 mm^2 do 46%, 185 mm^2 do 56%, itd.)

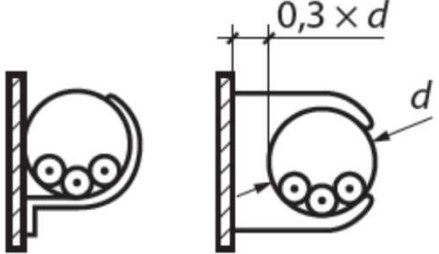
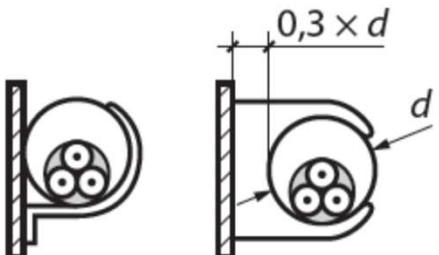
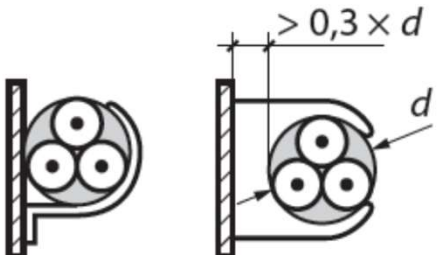
Termički uslov

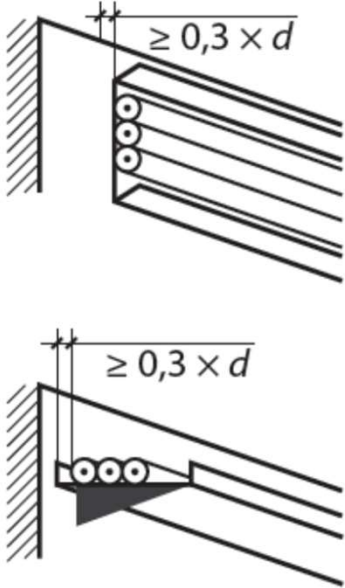
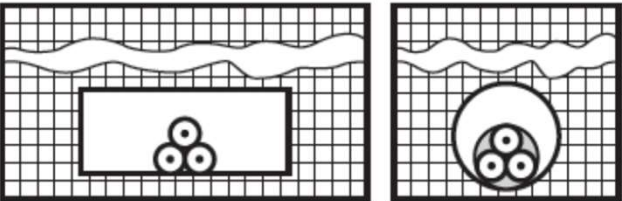

Da bi bio zadovoljen termički uslov, struja odabranog osigurača mora biti manja od maksimalne dozvoljene struje upotrijebljenog provodnika, a veća od nominalne struje potrošača.

Maksimalna dozvoljena struja provodnika zavisi od načina polaganja provodnika, vrste izolacije, temperature ambijenta i upotrijebljenog materijala provodnika. Načini polaganja provodnika dati su standardom IEC 60364-5-52.3, a neki od razvodnih sistema koji se češće primjenjuju prikazani su u tabeli 2.5.

Tabela 2.5: Tipovi razvođenja.

	Tipovi razvođenja	Opis razvoda	Oznaka
1.		<p>jednožilni izolovani provodnici postavljeni u cijevi u toplotno izolovanom zidu, podu ili plafonu</p>	A_1
2.	 	<p>a) višežilni izolovani provodnici postavljeni u cijevi u toplotno izolovanom zidu, podu ili plafonu</p> <p>b) višežilni izolovani provodnici postavljeni direktno u toplotno izolovanom zidu, podu ili plafonu</p>	A_2


	Tipovi razvođenja	Opis razvoda	Oznaka
3.		jednožilni izolovani provodnici postavljeni u cijevi na drvenom ili betonskom zidu ili na razmaku manjem od $0,3x$ prečnik cijevi od njega	B_1
4.		višežilni izolovani provodnici postavljeni u cijevi na drvenom ili betonskom zidu ili na razmaku manjem od $0,3x$ prečnik cijevi od njega	B_2
5.		jednožilni i višežilni kablovi fiksirani na drveni, betonski zid ili plafon sa razmakom manjim od $0,3x$ prečnik provodnika	C

6.		<p>polaganje jednožilnih kablova na zid u neperforiranim kanalicama vertikalno i horizontalno</p>	C
7.		<p>jednožilni i višežilni izolovani provodnici položeni u zemlji u cijevi ili u kablovskom kanalu</p>	D ₁
8.		<p>neizolovani i izolovani provodnici u vazduhu, položeni na izolatoru</p>	G

Pored tipa razvoda, na termičku opteretivost provodnika utiče i vrsta izolacije. U tabeli 2.6 date su granične vrijednosti dozvoljene temperature u zavisnosti od vrste izolacije provodnika prema već navedenom standardu

Tabela 2.6: Maksimalna dozvoljena temperatura u zavisnosti od vrste izolacije provodnika.

Vrsta izolacije provodnika	Granična temperatura (°C)
Polivinil hlorid (PVC)	70
Umreženi polietilen (XLPE) i etilen propilen guma (EPR)	90



U tabeli 2.7 prikazane su trajno dozvoljene struje opterećenja za različite vrijednosti poprečnog presjeka provodnika, za PVC i XLPE monofazne i trofazne provodnike kao i za vrste razvoda A1, A2, B1, B2 i C koji su najčešći razvodi u kućnim električnim instalacijama.

U tabeli 2.8 prikazane su trajno dozvoljene struje opterećenja za različite vrijednosti poprečnog presjeka provodnika i tip razvoda D (kablovi 1 kV položeni u zemlju temperature 20°C).

Tabela 2.8: Trajno dozvoljene struje opterećenja za različite vrijednosti poprečnog presjeka/preseka provodnika i tip razvoda D (kablovi 1kV položeni u zemlju temperature 20°C).

Tip razvoda	Broj opterećenih provodnika u strujnom kolu ili broj opterećenih žila u višezilnom vodu			
D	Tri PVC, G, PE	Dva PVC, G, PE	Tri XLPE, Ep	Dva XLPE, Ep
mm ²	Trajno dozvoljene struje za bakarne provodnike (A)			
1,5	18	22	22	26
2,5	24	29	29	34
4	31	38	37	44
6	39	47	46	56
10	52	63	61	73
16	67	81	79	95
25	86	104	101	121
35	103	125	122	146
50	122	148	144	173
70	151	183	178	213
95	179	216	211	252
120	203	278	271	324

Tip razvoda	Broj opterećenih provodnika u strujnom kolu ili broj opterećenih žila u višezilnom vodu			
D	Tri PVC, G, PE	Dva PVC, G, PE	Tri XLPE, Ep	Dva XLPE, Ep
mm ²	Trajno dozvoljene struje za aluminijumske provodnike (A)			
2,5	19	22	22	26
4	24	29	29	34
6	30	36	36	42
10	40	48	47	56
16	52	62	61	73
25	66	80	78	93
35	80	96	94	112
50	94	113	112	132
70	117	140	138	163
95	138	166	164	193
120	157	189	186	220

Ukoliko je temperatura vazduha odnosno okoline oko provodnika viša ili niža od 20°C ili ako je temperature zemlje različita od 30°C, trajno dozvoljene struje koje očitavamo iz tabela 2.7 i 2.8 treba pomnožiti sa korekcionim faktorom k_1 kojeg uzimamo iz tabela 2.9 i 2.10

Tabela 2.9: Korekcionni faktor k_1 za temperaturu vazduha višu ili nižu od 30°C, za izolovane provodnike ili kablove položene u vazduhu ili zgradama.

Temperatura vazduha (°C)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80
Izolacija PVC, PE	1,22	1,17	1,12	1,06	1	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61	0,50	-	-
Izolacija XLPE	1,15	1,12	1,08	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76	0,71	0,58	0,41


Tabela 2.10: Korekcionni faktor k_1 za temperaturu zemlje oko kabla, višu ili nižu od 20°C.

Temperatura zemlje (°C)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70
Izolacija PVC, PE	1,15	1,10	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55	0,45	-
Izolacija XLPE	1,10	1,07	1,04	1	0,96	0,93	0,89	0,86	0,80	0,76	0,71	0,65	0,53

Mehanički uslov se ispunjava izborom najmanjeg dozvoljenog poprečnog presjeka provodnika s obzirom na mehaničku čvrstoću provodnika i mjesta ugradnje provodnika. U tabeli 2.11 su dati najmanji dozvoljeni poprečni presjeci provodnika s obzirom na mehaničku čvrstoću.

Tabela 2.11: Najmanji dozvoljeni presjeci/preseci provodnika s obzirom na mehaničku čvrstoću.

Vrsta instalacionih provodnika	Presjek/presek provodnika (mm ²)	
	od	do
Izolovani instalacioni provodnici za pokretne prijemnike.	0,75	1
Instalacioni provodnici sa izolacijom od gume ili PVC materijala za polaganje u cijevi ili za direktno polaganje ispod maltera.	1,5	2,5
Provodnici za kućne priključke, samonoseći kabl PP 00 ili kablovi slični kابلu sa zategnutim čeličnim užetom za raspone do 40 m.	4	6
Priključni provodnici za kućni priključak, goli ili izolovani za raspon do 35 m.	6	16
Provodnici izolovani ili goli za ukrštanje voda niskog napona za raspone do 35 m.	10	16
Ukrštanje izolovanih provodnika kao kućnog priključka sa TT-linijama.	10	10
Neizolovani provodnici za vazdušne vodove sa rasponom oslonca od 35 do 80 m.	10	16
Provodnici na mjestima ukrštanja sa željezničkom prugom.	16	25
Samonoseći kablovski snop (SKS [*]).	-	16



Pošto provjera izabranog presjeka provodnika ide u tri koraka (provjera po termičkom opterećenju, provjera na pad napona i mehanička provjera) izabrani provodnik mora ispuniti sva tri uslova. Ukoliko uslovi ne daju iste rezultate poprečnog presjeka, uzima se najveći presjek dobijen jednim od tri proračuna.

Postupak za određivanje poprečnog presjeka provodnika razlikuje se prema sistemu napajanja, pa imamo:

- određivanje presjeka provodnika za napajanje potrošača jednosmjernim naponom,
- određivanje presjeka provodnika za napajanje potrošača naizmjeničnim naponom

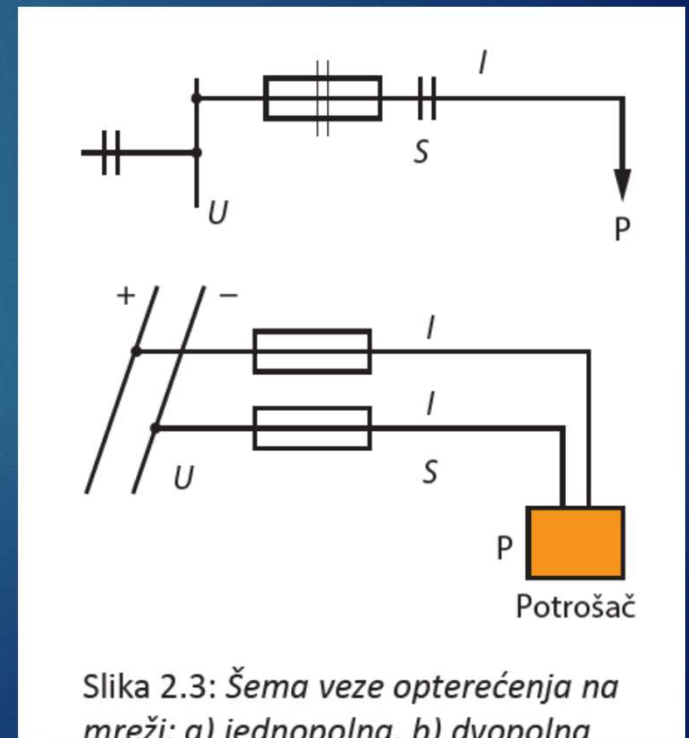
Određivanje presjeka provodnika za napajanje potrošača jednosmjernim naponom

Jednopolna i dvopolna šema dvožične mreže sa jednim opterećenjem data je na slici 2.3. Provodnik dužine l (m), opterećen je snagom P (W). Prijemnik podnosi procentualnu razliku napona u procentima. Napon mreže je U (V).

Dimenzionisanje presjeka provodnika vrši se na sledeći način:

Izračuna se otpor provodnika po obrascu:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$



Slika 2.3: Šema veze opterećenja na mreži: a) jednopolna, b) dvopolna

gdje je:

ρ ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$) – specifični otpor materijala od kojeg je izrađen provodnik,

l (m) – dužina provodnika,

S (mm^2) – poprečni presjek provodnika.

Za oba provodnika otpor izračunavamo po obrascu:

$$2R = \rho \frac{2l}{S}$$

Prolaskom struje I kroz oba provodnika izazvaće pad napona (u):

$$u = 2R \cdot I = \rho \frac{2l}{S} \cdot I \quad (1)$$

$$P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U} \quad (2)$$

$$u\% = \frac{U_1 - U_2}{U_1} \cdot 100 = \frac{u}{U_1} \cdot 100 \quad (3)$$

$$u\% = 100 \rho \frac{2lP}{U^2 \cdot S} \quad (4)$$

Ako imamo više priključenih prijemnika na istom provodniku, tada koristimo izraz:

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

Ukoliko se proračunava poprečni presjek provodnika za motore, mora se uzeti u obzir stepen iskorištenja motora η . Stepen iskorišćenja $\eta \leq 1$ jer motor uvijek „uzima“ iz mreže veću električnu snagu od mehaničke snage koju daje na svojoj osovini za vrijednost gubitaka. Izraz za izračunavanje poprečnog presjeka provodnika za motorno opterećenje:

$$u\% = 100\rho \frac{2 \cdot l \cdot P_n}{U^2 \cdot \eta \cdot S}$$

P_n – nominalna snaga motora koja je utisnuta na pločici motora
 η – stepen iskorištenja i kreće se u iznosima 0,6 – 0,95.

Primjer 1: Električni motor snage 1 kW i stepena iskorišćenja $\eta = 0,85$ priključen je na izvor jednosmjernog napona 110 V. Elektromotor treba priključiti na razvodnu tablu udaljenu 20 m sa provodnikom postavljenim u cijevi. Odrediti presjek bakarnog provodnika.

Izrada: Za ispitivanje termičkog uslova propisima se određuje granica do koje se može strujno opteretiti provodnik a da se pri tome ne pregrije (goli provodnici se mogu zagrijati **do 80°C**, a izolovani PVC masom **od 60 do 70°C**). Ako je struja potrošača manja od trajno dozvoljene struje provodnika sigurno je ispunjen termički uslov i neće biti prekomjernog pregrijavanja.

Nominalnu struju izračunavamo po obrascu:

$$I_n = \frac{P_n}{U \cdot \eta} = \frac{1000}{110 \cdot 0,85} = 10,7 \text{ A}$$

P_n – nominalna snaga motora koja je utisnuta na pločici motora

η – stepen iskorišćenja i kreće se u iznosima 0,6 – 0,95.

Radna karakteristika osigurača, koji štiti provodnik od preopterećenja, mora ispuniti uslov: $I_n \leq I_{osig} \leq I_{doz}$ gdje/đe je:

I_n – nominalna struja prijemnika,

I_{osig} – struja djelovanja osigurača i

I_{doz} – trajno dozvoljena struja za dati poprečni presjek provodnika.

Na osnovu nominalne struje ($I_n = 10,7$ A) usvajamo osigurač čija struja djelovanja iznosi 16 A. Da bi bio zadovoljen termički uslov potrebno je da trajno dozvoljena struja izabranog provodnika bude veća od 16 A. Iz tabele 2.7 za razvod A2 usvajamo poprečni presjek $2,5 \text{ mm}^2$ bakarnog provodnika za koji je trajno dozvoljena struja $I_{doz} = 18$ A.

Termički uslov je zadovoljen jer je:

$$I_n(10,7 \text{ A}) \leq I_{osig}(16 \text{ A}) \leq I_{doz}(18 \text{ A})$$

Usvajamo provodnik PP $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$.

Da bi bio zadovoljen električni uslov potrebno je izračunati procentualni pad napona. Proračun procentualnog pada napona provodnika vršimo koristeći formulu:

$$u\% = 100\rho \frac{2 \cdot l \cdot P_n}{U^2 \cdot \eta \cdot S}$$

uvrštavajući podatke dobijamo:

$$u\% = 100 \cdot 0,0175 \frac{2 \cdot 20 \cdot 1000}{110^2 \cdot 0,85 \cdot 2,5} = 2,7$$

Izračunati procentualni pad napona manji od dozvoljenog koji iznosi 5% (tabela 2.4) pa poprečni presjek $2,5 \text{ mm}^2$ zadovoljava električni uslov.

Na osnovu tabele 2.11 poprečni presjek od $2,5 \text{ mm}^2$ zadovoljava mehanički uslov.

Određivanje presjeka provodnika za napajanje potrošača naizmjeničnim monofaznim sistemom napajanja

Već smo razmatrali vrste opterećenja za naizmjeničnu struju i njihovu podjelu na: termogene prijemnike i mješovite prijemnike.

Određivanje presjeka provodnika za termogene prijemnike je isti kao za jednosmjerni sistem napajanja. Ukoliko je opterećenje mješovito mora se uzeti u obzir faktor snage $\cos\phi$ za svaki prijemnik. Pad napona za dvožični vod izračunavamo po obrascu:

$$u = 2 \cdot R \cdot I \cdot \cos\phi, \quad R = \rho \frac{l}{S} \quad \Rightarrow \quad u = 2 \cdot \rho \frac{l}{S} \cdot I \cdot \cos\phi$$

Sada izjednačimo izraz za padove napona:

$$u = \frac{U}{100} \cdot u\% \quad \text{i} \quad u = 2 \cdot \rho \frac{l}{S} \cdot I \cdot \cos\phi$$

$$\frac{U}{100} \cdot u\% = 2 \cdot \rho \frac{l}{S} \cdot I \cdot \cos \phi.$$

Iz gornje jednačine dobijamo izraze za određivanje poprečnog presjeka provodnika za monofaznu mrežu ako je poznata struja I , napon napajanja U , fazni ugao (ϕ) i dozvoljeni pad napona $u\%$.

$$S \cdot u\% = 100 \cdot \rho \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \phi}{U} \quad \text{ili} \quad S = 100 \cdot \rho \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \phi}{U \cdot u\%}$$

Kako je izraz za snagu: $P = U \cdot I \cdot \cos \phi$, to je $I = P / (U \cdot \cos \phi)$, pa uvrštavanjem ovog izraza u gornju jednačinu dobijamo izraz za određivanje poprečnog presjeka provodnika za monofaznu mrežu ako je poznata snaga P :

$$S = 100 \cdot \rho \frac{2 \cdot l \cdot P}{U^2 \cdot u\%}$$

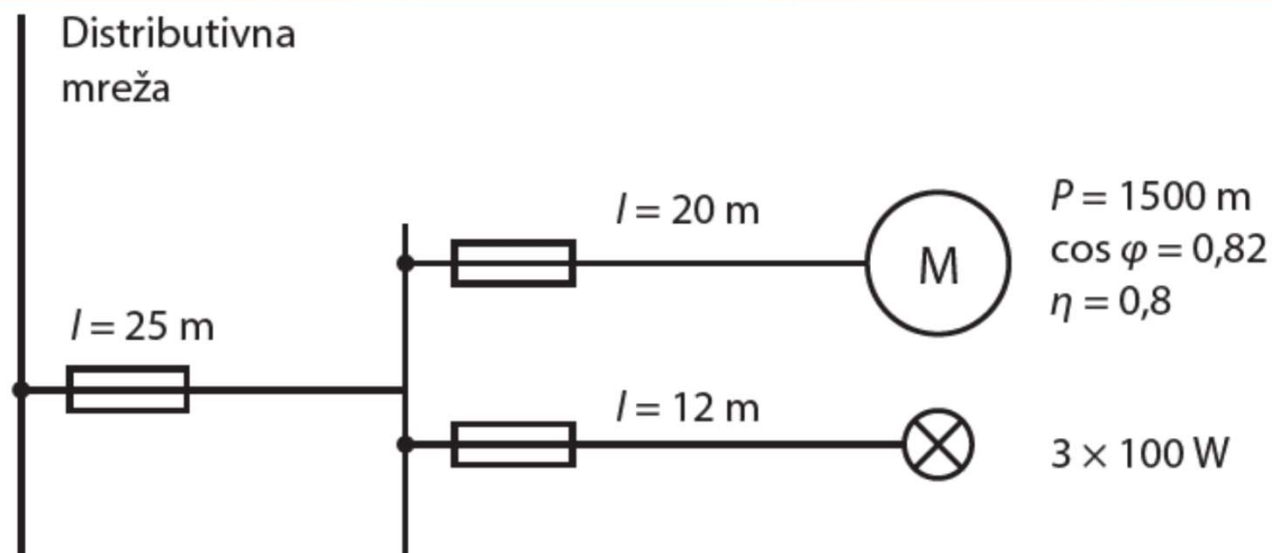
Prilikom proračunavanja poprečnog presjeka za motorno opterećenje mora se uzeti u obzir stepen iskorištenja η , pa izraz po kojima se vrši proračun poprečnog presjeka provodnika glasi:

$$S = 100 \cdot \rho \frac{2 \cdot l \cdot P}{U^2 \cdot \eta \cdot u\%}$$

Ukoliko je monofazni vod opterećen na više mjesta, koriste se izrazi:

$$S = 100 \cdot \rho \frac{2 \sum (l \cdot I \cdot \cos \phi)}{U \cdot u\%} \quad \text{ili} \quad S = 100 \cdot \rho \frac{2 \sum (l \cdot P)}{U^2 \cdot u\%}$$

Primjer 2: Šema električne instalacije data je na slici 2.4. Izračunati poprečne presjeka provodnika potrošača, kao i poprečni presjek glavnog napojnog voda ukoliko je distributivna mreža monofazna.



Slika 2.4: Električna šema za primjer 2

Izrada:

Strujno kolo motora: Za ispitivanje termičkog uslova propisima se određuje granica do koje se može strujno opteretiti provodnik a da se pri tome ne pregrije. Ako je struja potrošača manja od trajno dozvoljene struje provodnika, sigurno je ispunjen termički uslov i neće biti prekomjernog pregrijavanja.

Nominalna struja izračunava se po obrascu:

$$I_n = \frac{P_n}{U \cdot \eta \cdot \cos \phi} = \frac{1500}{230 \cdot 0,8 \cdot 0,82} = 9,94 \text{ A}$$

Radna karakteristika osigurača, koji štiti provodnik od preopterećenja, mora ispuniti uslov: $I_n \leq I_{osig} \leq I_{doz}$ gdje/đe je:

I_n – nominalna struja prijemnika,

I_{osig} – struja djelovanja osigurača i

I_{doz} – trajno dozvoljena struja za dati poprečni presjek/presek provodnika.

Biramo struju osigurača 16 A koja odgovara poprečnom presjeku bakarnog provodnika od 2,5 mm². Trajno dozvoljena struja za ovaj poprečni presjek/prešek iz tabele 2.7 za razvod A2 iznosi 18 A te je zadovoljen termički uslov.

$$I_n(9,94 \text{ A}) \leq I_{osig}(16 \text{ A}) \leq I_{doz}(18 \text{ A})$$

Provodnik PPY 3 × 2,5 mm² zadovoljava termički uslov.

Električni uslov će biti zadovoljen ukoliko za odabrani poprečni presjek/prešek od 2,5 mm² dozvoljeni pad napona ne pređe dozvoljenu vrijednost $u\% = 5\%$ (tabela 2.4).

$$u\% = 100\rho \frac{2 \cdot l \cdot P}{U^2 \cdot \eta \cdot S} = 100 \cdot 0,0175 \frac{2 \cdot 20 \cdot 1500}{230^2 \cdot 0,8 \cdot 2,5} = 0,66$$

Provodnik PPY 3 × 2,5 mm² zadovoljava električni uslov.

Mehanički uslov je zadovoljen na osnovu tabele 2.8.

Za napajanje motora usvajamo provodnik PPY 3 × 2,5 mm².

Strujno kolo sijalice:

Ispitivanje termičkog uslova:

Nominalnu struju izračunavamo po obrascu: $I_n = \frac{P}{U} = \frac{300}{230} = 1,3 \text{ A}$

Maksimalna struja koju može da izdrži bakarni dvožilni provodnik poprečnog presjeka/preseka $1,5 \text{ mm}^2$ sa PVC izolacijom, za polaganje ispod maltera tip A2 iznosi $13,5 \text{ A}$ (tabela 2.5).

Biramo osigurač od 6 A sa kojim su zadovoljeni uslovi:

$$I_n(1,3 \text{ A}) \leq I_{osig}(6 \text{ A}) \leq I_{doz}(13,5 \text{ A})$$

Termički uslov je zadovoljen pa za strujno kolo sijalica biramo provodnik PP $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$.

Električni uslov će biti zadovoljen ukoliko za odabrani poprečni presjek/presek od $1,5 \text{ mm}^2$ dozvoljeni pad napona ne pređe dozvoljenu vrijednost $u\% = 3\%$ (tabela 2.4)

$$u\% = 100\rho \frac{2lP}{U^2 \cdot S} = 100 \cdot 0,0175 \frac{2 \cdot 12 \cdot 300}{230^2 \cdot 1,5} = 0,16$$

Provodnik PP $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$ zadovoljava električni uslov.

Mehanički uslov je zadovoljen na osnovu tabele 2.11.

Za napajanje sijalica usvajamo PP $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$.

Glavni napojni vod:

Usvajamo poprečni presjek/prešek 10 mm^2 jer po tehničkim propisima to je najmanji dozvoljeni presjek/prešek za priključak objekata.

Usvajamo provodnik PP 00 $3 \times 10 \text{ mm}^2$.

Termički uslov

Ukupnu struju računamo sa faktorom snage ($\cos \varphi$) najvećeg opterećenja
 $\cos \varphi = 0,82$

$$I_{uk} = \frac{P_1 + P_2}{U \cdot \cos \phi} \text{ gdje/đe je } P_1 = \frac{P}{\eta} = \frac{1500}{0,8} = 1875 \text{ W i } P_2 = 300 \text{ W.}$$

$$I_{uk} = \frac{P_1 + P_2}{U \cdot \cos \phi} = \frac{1875 + 300}{230 \cdot 0,82} = 11,5 \text{ A}$$

Usvajamo osigurač od 35 A koji odgovara poprečnom presjeku/preseku od 10 mm^2 . Trajno dozvoljena struja za bakarni provodnik poprečnog presjeka/preseka 10 mm^2 iznosi 52 A (Tabela 2.8). Termički uslov je zadovoljen jer je:

$$I_n(11,5 \text{ A}) \leq I_{osig}(35 \text{ A}) \leq I_{doz}(52 \text{ A})$$

Provodnik PP 00 $3 \times 10 \text{ mm}^2$ zadovoljava termički uslov.

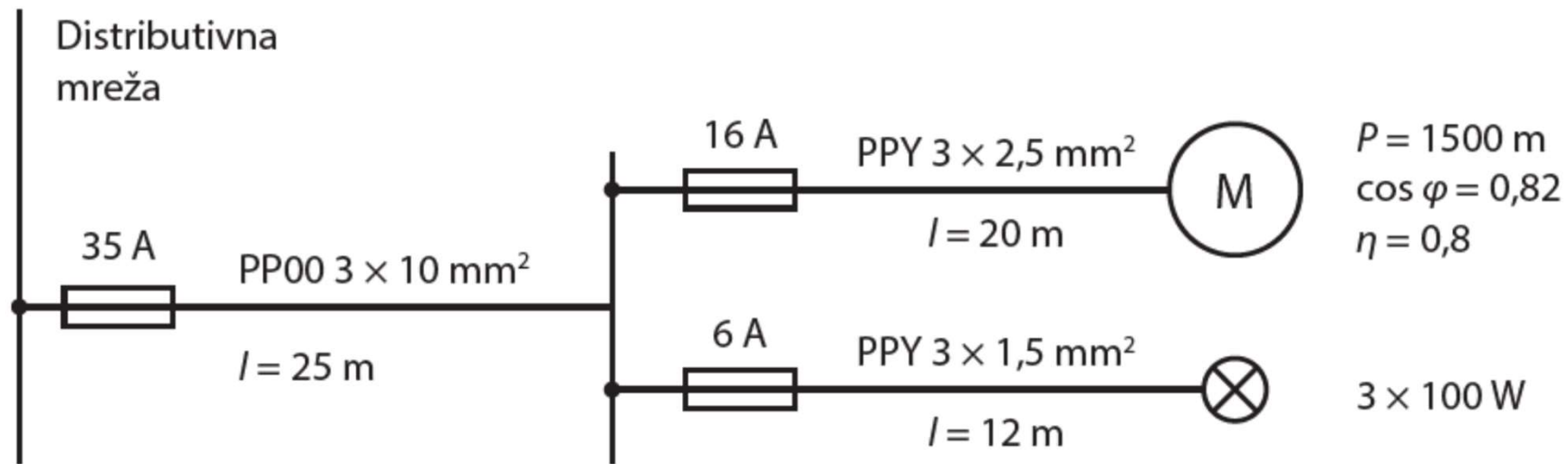
Električni uslov će biti zadovoljen ukoliko za odabrani poprečni presjek/prešek od 10 mm² dozvoljeni pad napona ne pređe dozvoljenu vrijednost $u\% = 1\%$.

$$\begin{aligned}u\% &= 100\rho \frac{2\sum(l \cdot P)}{U^2 \cdot S} = 100\rho \frac{2 \cdot l \cdot \left(\frac{P}{\eta} + P_2\right)}{U^2 \cdot 10} \\ &= 100 \cdot 0,0175 \frac{2 \cdot 25 \cdot \left(\frac{1500}{0,8} + 300\right)}{230^2 \cdot 10} = 0,36\end{aligned}$$

Provodnik PP 00 3 × 10 mm² zadovoljava električni uslov.

Mehanički uslov je zadovoljen na osnovu tabele 2.11.

Dakle, za glavni napojni vod usvajamo provodnik PP 00 3 × 10 mm² koji je položen u zemlju (tip razvoda D). Na slici 2.5 prikazani su svi proračunati podaci.



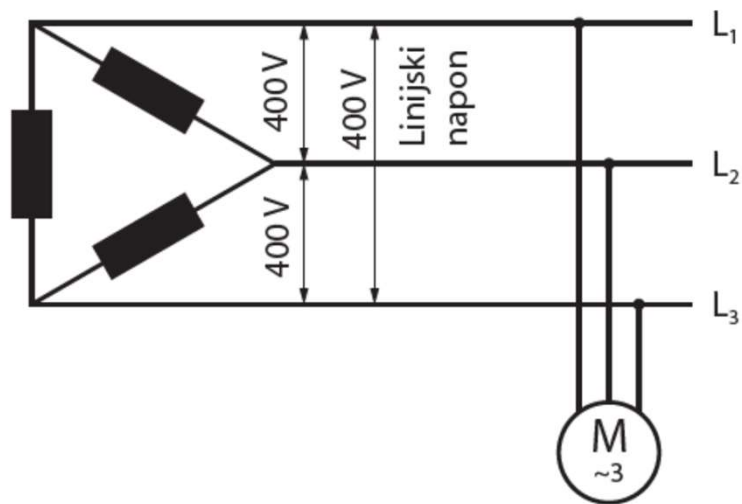
Slika 2.5: Prikaz proračunatih podataka za zadatak sa slike 2.4

Određivanje presjeka provodnika za napajanje potrošača naizmjeničnim trofaznim sistemom napajanja

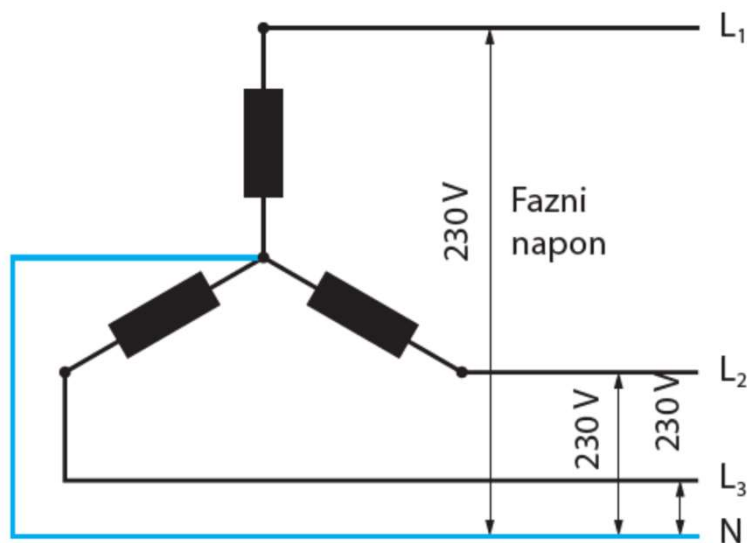
Trofazna mreža može biti izvedena trožično i četvorožično. Trofazna trožična mreža prikazana na slici 2.6 koristi se za napajanje velikih motora, većih električnih peći te za prenos električne energije.

Trofazna četvorožična mreža prikazana na slici 2.7 pored tri fazna provodnika ima i četvrti provodnik koji se naziva nulti provodnik.

Napon između faznog provodnika i nultog nazivamo fazni napon (U_f). Napon između dvije faze nazivamo linijski napon (U_l).



Slika 2.6: Trožična trofazna mreža



Slika 2.7: Četvorožična trofazna mreža

$$U_l = \sqrt{3} \cdot U_f$$

$$R = \rho \frac{l}{S}; P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi \Rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi} \text{ i } u = \frac{U}{100} \cdot u\%$$

$$u = \sqrt{3} R \cdot I \cdot \cos \phi = \sqrt{3} \rho \frac{l}{S} \cdot \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi} \cdot \cos \phi = \rho \frac{l \cdot P}{S \cdot U}$$

Izjednačavajući izraze za pad napona dobijamo:

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

Izračunavanje presjeka/preseka provodnika za trofaznu trožičnu i četvorožičnu mrežu vrši se pomoću izraza:

$$S = 100\rho \frac{l \cdot P}{U^2 \cdot u\%} \quad \text{ili} \quad S = 100\rho \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \phi}{U \cdot u\%}$$

U – predstavlja vrijednost linijskog napona.

Prilikom proračunavanja poprečnog presjeka/preseka za motor-no opterećenje mora se uzeti u obzir stepen iskorišćenja η , pa izraz po kojima se vrši proračun glasi:

$$S = 100\rho \frac{l \cdot P}{U^2 \cdot \eta \cdot u\%}$$

Za slučaj opterećenja na više mjesta koristimo obrazac:

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

Proučavajući tehničke mjere zaštite u električnim instalacijama i razmatrajući tipove napajanja razvodnih sistema upoznali smo se sa radnim uzemljenjem, zaštitnim uzemljenjem, kao i zaštitnim provodnicima. Obradene su i gromobranske instalacije kod kojih veoma važnu ulogu ima uzemljenje.

Uzemljenje predstavlja galvansko povezivanje nadzemnih metalnih masa sa ukopanim metalnim djelovima koji omogućavaju vezu sa zemljom. Pojam zemlje možemo da svedemo na provodnik izgrađen od „zemlje“ i u literature možemo naići na izraz „geološki provodnik“.

Postavlja se osnovno pitanje zašto služi uzemljenje? Metalni dijelovi električnih uređaja koji u normalnom pogonu nijesu pod naponom, usled kvara na izolaciji mogu doći pod napon. Kako je otpor uzemljenja znatno manji od otpora ljudskog tijela, struja kvara će se zatvoriti preko uzemljenja. Zadatak uzemljenja je da sprovede struju kvara u zemlju i na taj način zaštiti ljude od strujnog udara. Veza zaštićenog prijemnika sa zemljom, naziva se uzemljenje.

Svako uzemljenje ima tri osnovna dijela:

- zemljovodni provodnici
- uzemljivač
- zemlju

Zemljovodni ili odvodni provodnik

Zemljovodni ili odvodni provodnik vezuje štice prijemnik sa uzemljivačem ili sabirnim zemljovodom. Ovi provodnici mogu biti goli ili izolovani.

Sabirni zemljovod je provodnik na koji priključujemo više zemljovoda.

Zemljovodni provodnici moraju biti tako montirani da su pristupačni za nadzor. Zemljovode treba zaštititi od eventualnih mehaničkih oštećenja. Ako je zemljovod ukopan u zemlju, njegov presjek mora biti u skladu sa vrijednostima datim u tabeli 2.9.

Tabela 2.9: Najmanji presjeci/preseci zemljovoda postavljenog u zemlji.

Način izvođenja	Mehanički zaštićen	Mehanički nezaštićen
Izolovan	Kao i presjek/presek zaštitnog provodnika	16 mm ² Cu 16 mm ² Fe
Neizolovan	25 mm ² Cu 50 mm ² Fe vruće pocinkovan 100 mm ² Fe pocinkovana traka minimalno 3 mm debljine	

U svakoj instalaciji je potrebno predvidjeti jedan glavni priključak za uzemljenje, to jest sabirnicu na koju se spajaju: zemljovod, zaštitni provodnici PE, PEN provodnik kod TN sistema, provodnici glavnog izjednačavanja potencijala i gromobranska instalacija.

Među zemljovode ubrajamo i provodnike za povezivanje uzemljivača sa dodatnim uzemljivačima (vodovodne i cijevi za gas), uzemljenje telekomunikacionih uređaja i sl. Glavna stezaljka za uzemljenje najčešće predstavlja i sabirnicu za glavno izjednačavanje potencijala.

Uzemljivač

Uzemljivač je metalni predmet ukopan u zemlju i koji preko zemljovodnog provodnika uspostavlja čvrstu mehaničku vezu sa štíćenim prijemnicima.

Uzemljivači se razlikuju prema:

- materijalu
- položaju
- obliku
- namjeni i
- dimenzijama

Materijal za uzemljivač može biti bakar ili čelik. Prednost čelika je ta što je jeftiniji i ne javlja se galvanska korozija između uzemljivača i blisko ukopanih čeličnih predmeta. Između bakarnih provodnika i blisko ukopanih čeličnih predmeta dolazi do korozije koja razara čelične predmete. Uzemljivače je zabranjeno štítiti od korozije premazima jer ti premazi stvaraju velike prelazne otpore.

Položaj uzemljivača može biti vertikalan i horizontalan. Vertikalno postavljene uzemljivače nazivamo dubinski uzemljivači, a horizontalno postavljene uzemljivače nazivamo površinski uzemljivači.

Oblik uzemljivača može biti veoma različit. Vertikalni mogu imati oblik ploče, kruga, cijevi, šipke i sl. Horizontalni uzemljivači su traka, žica ili mreža položeni u zemlju. Trakasti uzemljivači se postavljaju zrakasto, prstenasto i zamkasto. Izgled postavljanja trakastog uzemljivača dat je na slici 2.8.



a)



b)




c)

Slika 2.8: Vrste trakastih uzemljivača: a) zrakasti, b) prstenasti, c) zamkasti

Namjena uzemljivača pokazuje u koju svrhu se koristi uzemljivač, to jest kakva mu je funkcija.

Uzemljenja prema funkciji dijelimo na:

- zaštitno uzemljenje,
- radno (pogonsko) uzemljenje,
- gromobransko uzemljenje,
- združeno.



Zaštitno uzemljenje je uzemljenje metalnih dijelova koji ne pripadaju strujnim kolima niti su posredno u električnom kontaktu sa njima, ali u slučaju kvara mogu da dođu pod napon.

Tako na primjer zaštitnim uzemljenjem aparata u domaćinstvu ostvaruje se veza provodnih kućišta električnih uređaja sa zemljom.


Ukoliko oslabi izolacija električnog provodnika prema kućištu, tada će zaštitnim provodnikom poteći struja koja aktivira osigurač ili zaštitnu sklopku, te na taj način sprečava da kućište ostane pod naponom prema zemlji. Zaštitno uzemljenje prenosnih jednofaznih i trofaznih električnih potrošača ostvaruje se pomoću priključnica i utikača sa zaštitnim kontaktom.

Radno (pogonsko) uzemljenje je uzemljenje dijela strujnog kola kojim se vrši uzemljivanje provodnih dijelova električnih uređaja koji su dio strujnog kola.

Takvo je, na primjer, uzemljenje zvezdišta transformatora.

Razlikujemo:

- direktno radno uzemljenje – neposrednim vezivanjem na sistem uzemljenja,
- indirektno radno uzemljenje – vezivanjem na sistem uzemljenja preko impedanse.



Gromobransko uzemljenje je uzemljenje gromobranske instalacije koja služi za odvođenje struje atmosferskog pražnjenja u tlo. Ako se radi o uzemljivanju dijelova postrojenja preko odvodnika prenapona (pri pojavi prenapona otpor odvodnika prenapona naglo padne, a nestankom prenapona otpor odvodnika ponovo postaje velik), tada takvi dijelovi nijesu u stalnoj galvanskoj vezi sa zemljom.

Združeno uzemljenje je međusobno povezano zaštitno, radno i gromobransko uzemljenje. Kod združenog uzemljenja posebno su strogi uslovi ($R \leq 0,2 \Omega$)

Dimenzije uzemljivača za instalacije niskog napona kao i za gromobranske uzemljivače pretežno su određene minimalne propisane dimenzije.

Za značajnija uzemljenja ove se dimenzije proračunavaju. Minimalne propisane dimenzije su:

- **ploča**: bakarna, površine 0,5 m², debljine 2 mm; za gromobran 1 mm; čelična površina 1 m², debljine 3 mm.
- **cijev**: čelična pocinkovana, prečnika 25...50 mm, dužine 2-3 m; za gromobran 4 m.
- **šipka, štap**: čelični štap prečnika 20 mm, dužine 4 m.
- **traka**: čelična pocinkovana, presjeka 25 × 3 mm, a dužine prema proračunu.
- **žica**: bakarna ili čelična, prečnika 10 mm, a dužine prema proračunu.

Zemlja

Zemlja je čisti aktivni otpor, dok cijelo uzemljenje sa zemljovodnim provodnikom i uzemljivačem ima vrlo malu induktivnost za frekvenciju od 50 Hz. Faktor snage se kreće $\cos \varphi = (0,95 - 0,99)$, ali za atmosferska pražnjenja induktivnost uzemljenja je uticajna.

Zemlja u električnom smislu je poluprovodnik jer sa povećanjem struje njen aktivni otpor smanjuje. Zemlja ima negativni temperaturni koeficijent (sa povećanjem temperature, pada vrijednost otpora).

Za utvrđivanje vrijednosti otpora zemlje potrebno je poznavati njen specifični otpor ρ . Specifični otpor zemlje ρ izražava se u Ωm (ommetrima) i predstavlja električni otpor koji ima zemlja između dvije elektrode površine 1 m^2 koje se nalaze na međusobnoj udaljenosti 1 m (data je u tabeli 2.10).

Morska voda ima specifični otpor $\rho = 0,2 \Omega\text{m}$, dok riječna voda ima specifični otpor $\rho = 50 \Omega\text{m}$.

Tabela 2.10:
Vrijednost specifičnog otpora

Vrsta tla	ρ (Ωm)
treset	20
humus	20
baštenska zemlja	40
ilovača	40
glinasta zemlja	100
pjeskovita zemlja	300
pijesak	500
krečnjak	700
šljunkovita zemlja	3000
kamenito tlo	10 000

Otpor uzemljivača

Za kvalitet uzemljenja od presudne važnosti je vrijednost otpora uzemljenja. Otpor uzemljenja predstavlja zbir otpora zemljovodnog provodnika, prelazni otpor između uzemljivača i zemlje i otpora rasprostiranja uzemljivača.

Kako je otpor zemljovodnog provodnika mali, a prelazni otpor kod dobro izvedenog uzemljenja neznatan, to se ova dva otpora zanemaruju prilikom proračuna uzemljenja.

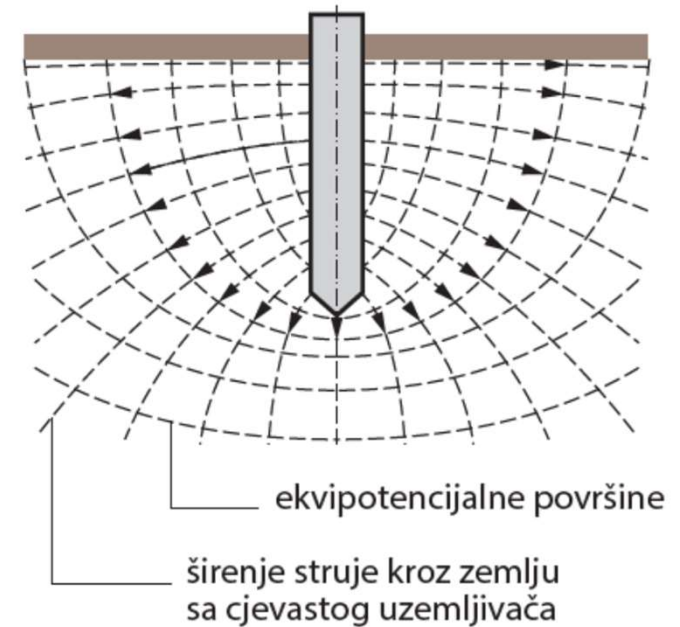
Prelazni otpor uzemljivača je onaj otpor na koji nailazi struja pri prelazu sa uzemljivača na zemlju. Prelazni otpor se smanjuje prije svega dobrim nabijanjem zemlje oko uzemljivača. Da bi zemlja bila dobro nabijena, prilikom zatrpavanja uzemljivača zaliva se vodom.

Otpor širenja struje u zemlji je omski otpor na koji nailazi struja prolaskom kroz zemlju. Ukoliko je zemlja homogenog sastava, tada će se struja kroz tlo širiti zrakasto, kao što je prikazano na slici 2.9.

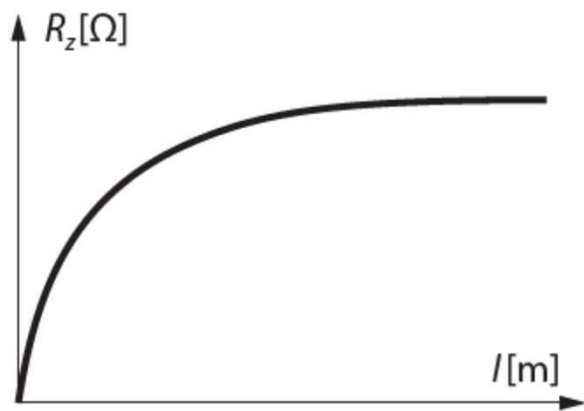
Vrijednost otpora uzemljivača zavisi od oblika i dimenzija uzemljivača, podataka o udarnom atmosferskom naponu i specifičnog otpora tla.

Kako je temperaturni koeficijent zemlje negativan, otpor širenja struje u zemlji obrnuto je proporcionalan od dubine ukopavanja.

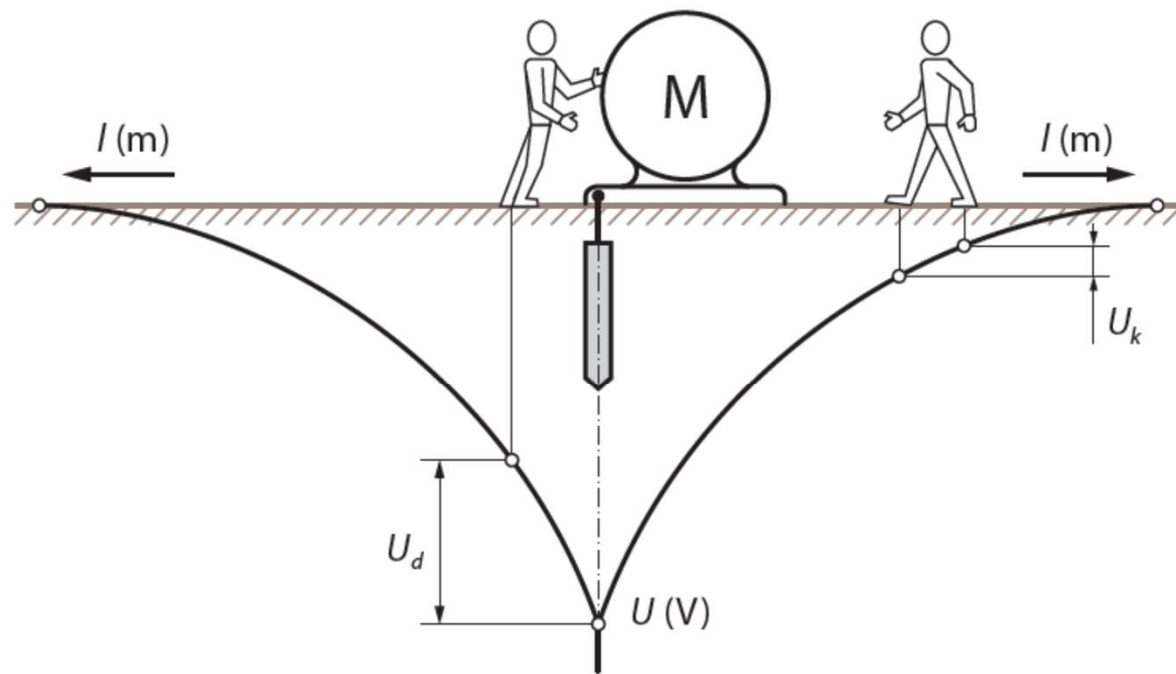
U zemlji se struja rasprostire zrakasto, pa otpor rasprostiranja ne zavisi linearno od dužine puta struje, već se mijenja po krivoj sa slike 2.10. Pad napona na putanji struje kroz zemlju predstavljen je krivom kao na slici 2.11.



Slika 2.9: Širenje struje kroz zemlju sa cjevastog uzemljivača



Slika 2.10: Promjena otpora zemlje u zavisnosti od rastojanja od uzemljivača



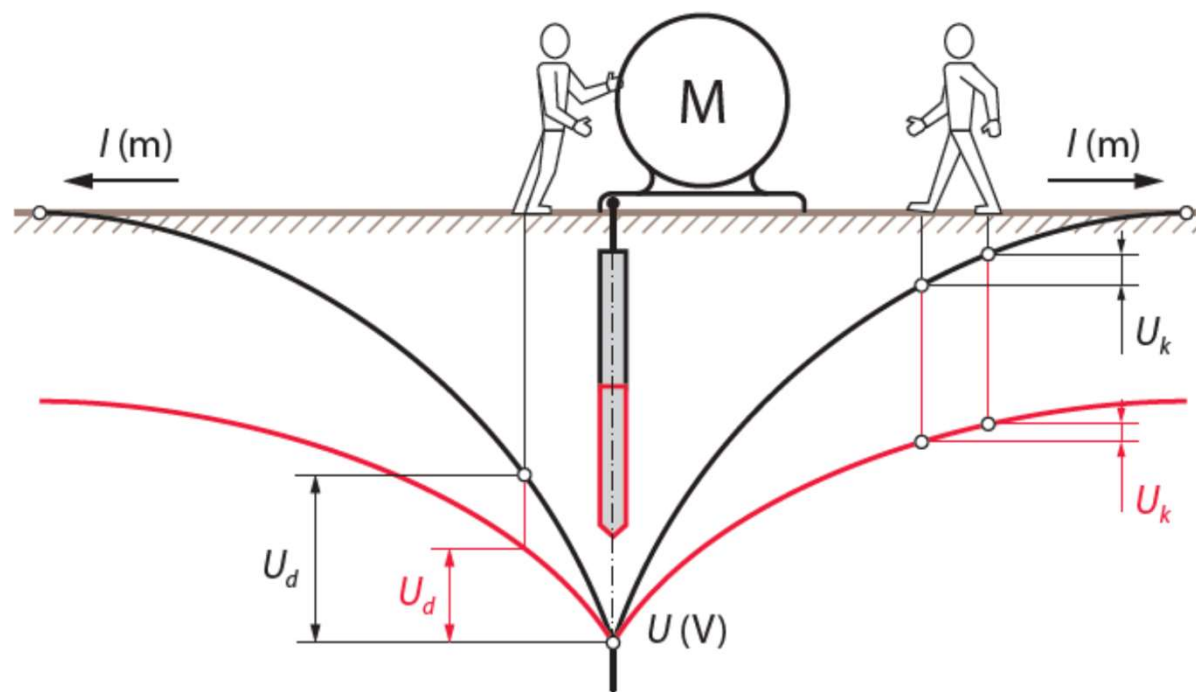
Slika 2.11: Naponski lijevak uzemljivača, zavisnost potencijala od udaljenosti od uzemljivača

Kriva predstavlja raspodjelu potencijala u zemlji oko uzemljivača a ima oblik lijevka pa se naziva naponski lijevak uzemljivača.

Napon koraka je onaj napon koji na naponskom lijevku na zemlji obuhvataju čovjekove noge, U_k .

Napon dodira je napon koji se uspostavi između čovjeka i zemlje kada ovaj dodirne provodni dio uređaja koji je pod naponom, U_d .

Dublje ukopan uzemljivač ima manje strm naponski lijevak i manji napon dodira i napon koraka, kao što je prikazano na slici 2.12 crvenom linijom.



Slika 2.12: Naponski lijevak za dvije dubine ukopavanja cjevastog uzemljivača

Ukupan otpor uzemljivača predstavlja zbir prelaznog otpora i otpora širenja i naziva se otpor zemlje ili otpor uzemljivača.

Vrijednost ovog otpora utvrđuje se mjerenjem ili proračunom koji je komplikovan.

Ovdje će biti navedeni krajnji obrasci za proračun prelaznog otpora uzemljenja nekih pojedinačnih uzemljivača i dati u tabeli 2.11.

Tabela 2.11: Izrazi za proračun prelaznog otpora uzemljenja pojedinačnih uzemljivača

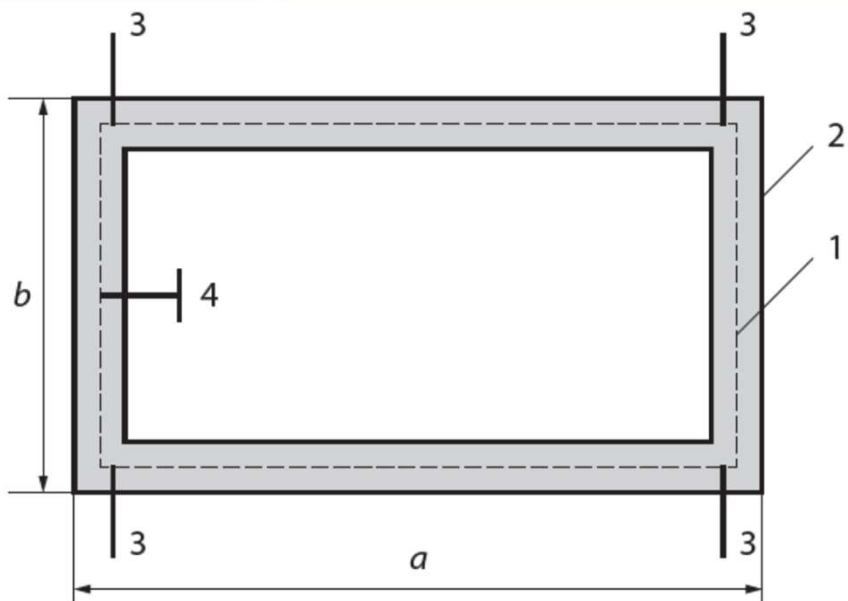
Naziv	Uzemljivač	Otpornost rasprostiranja uzemljivača
Štapni (cjevasti) uzemljivač		$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln\left(\frac{8l}{d} - 1\right) \approx \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln\frac{4l}{d}, \text{ za } H = 0$ $R = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left(\ln\frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln\frac{4l+7H}{l+7H} \right), \text{ za } H > 0$
Trakasti uzemljivač (traka $d \ll l$)		$R = \frac{\rho}{\pi \cdot l} \ln\frac{2l}{d}, \text{ za } H = 0$ $R = \frac{\rho}{\pi \cdot l} \ln\frac{l}{\sqrt{H \cdot d}}, \text{ za } H > 0$ $R = \frac{\rho}{\pi^2 D} \ln\frac{4D}{\sqrt{H \cdot d}}$
Prstenasti uzemljivač ($d \ll D$)		$R = \frac{\rho}{\pi^2 D} \ln\frac{8D}{d}, \text{ za } H = 0$ $R = \frac{\rho}{\pi^2 D} \ln\frac{4D}{\sqrt{H \cdot d}}, \text{ za } H > 0$

Temeljni uzemljivači

Danas se u električnim instalacijama najčešće upotrebljavaju temeljni uzemljivači.

Temeljni uzemljivači se ugrađuju u temelje objekta tako da između njih i zemlje bude najmanje 10 cm betona, što se obezbjeđuje korišćenjem posebnih nosača ili polaganjem uzemljivača pri vrhu temeljne čelične konstrukcije. Za temeljni uzemljivač upotrebljava se čelična pocinčana traka koja se povezuje sa željezom armature na svaka 2-3 metra. Ovi uzemljivači su vrlo efikasni jer se nalaze u vlažnom betonu (ispod hidroizolacije) i na taj način imaju dobar spoj sa zemljom. Temeljni uzemljivači su ekonomični i praktično neograničenog vijeka trajanja.

Na primjeru temelja koji je dat na slici 2.13, napisaćemo formula za otpor temeljnog uzemljivača.



Slika 2.13: Temeljni uzemljivač: 1 – pocinčana traka (25x4mm²); 2 – temelj ; 3 – priključci za gromobran; 4 – izvod za glavnu sabirnicu

Otpor uzemljenja temeljnog uzemljivača izračunava se po formuli:

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot D} (\Omega) \quad D = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi}} (\text{m})$$

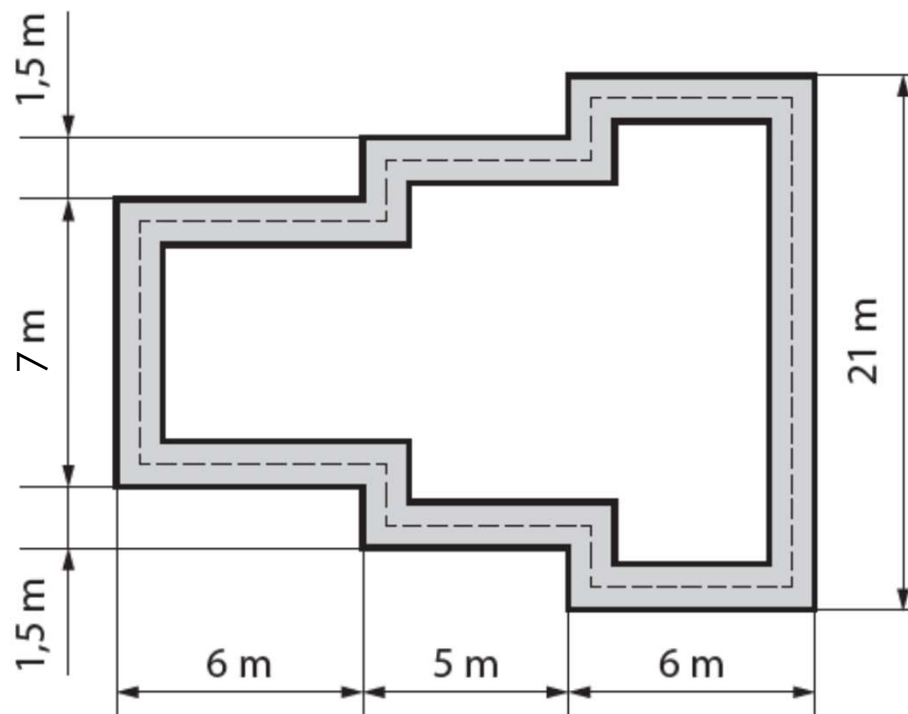
gdje je:

ρ – specifični otpor tla (Ωm)

D – prečnik kruga koji ima istu površinu kao površina temelja objekta P (m)

P – površina temelja objekta u slučaju prikazanom slikom 2.12 iznosi: $P = a \cdot b$ (m²)

Primjer: Izračunati otpor uzemljenja temeljnog uzemljivača za temelje prikazane na slici 2.14. Otpor rasprostiranja je $\rho = 100 \Omega\text{m}$.



$$P = 21 \cdot 6 + 5 \cdot 10 + 6 \cdot 7 = 218 \text{ m}^2$$

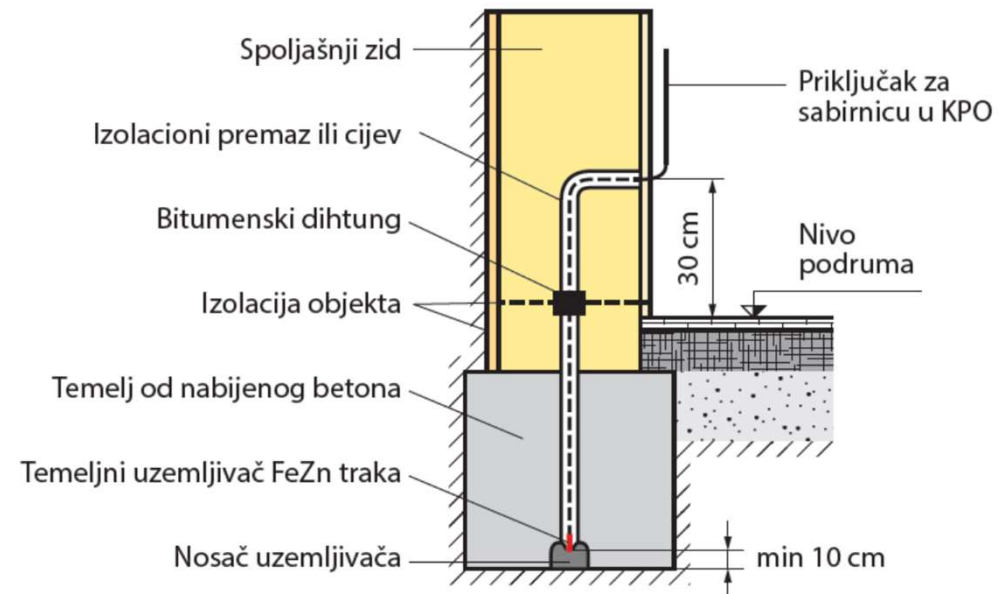
$$P = r^2 \pi = \left(\frac{D}{2} \right)^2 \pi = \frac{D^2 \pi}{4}$$

$$D^2 = \frac{4P}{\pi} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4P}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 218}{3,14}} = 16,6 \text{ m}$$

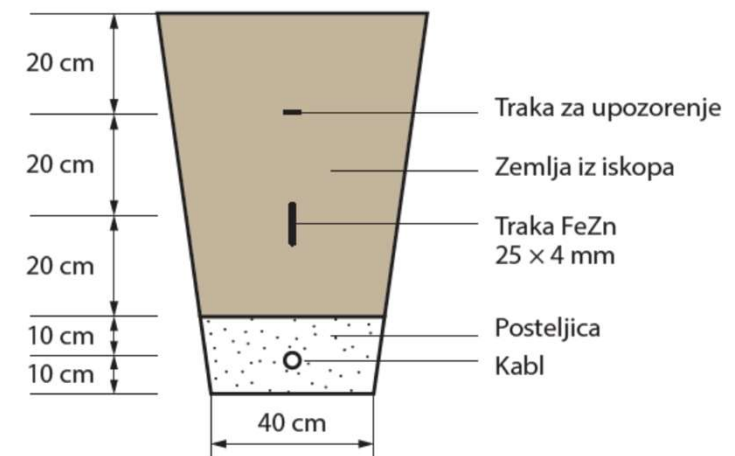
$$R = \frac{\rho}{2D} = \frac{100}{2 \cdot 16,6} = 3,01 \Omega$$

Slika 2.14: Temelj objekta

Pocinčana traka koja se postavlja u temelj mora se postaviti vertikalno (još se koriste izrazi: „nasatice“ i „na kant“), kao što je prikazano na slici 2.15, dok je postavljanje pocinčane trake iznad kabla, koja služi za zaštitu od atmosferskih pražnjenja, prikazano na slici 2.16.



Slika 2.15: Izvođenje temeljnog uzemljivača



Slika 2.16: Zaštita od atmosferskih pražnjenja kabla pomoću FeZn 25 x 4 mm trake

Gromobranski uzemljivači

U pogledu zaštite od atmosferskog pražnjenja integrisana sjedinjena struktura raznih sistema uzemljenja predstavlja najbolji izbor, i obezbjeđuje kompletnu zaštitu.

Mogu se upotrijebiti sljedeći tipovi uzemljivača:

- jedan ili više prstenastih uzemljivača,
- vertikalni ili iskošeni uzemljivači,
- horizontalni ili radijalni uzemljivači,
- temeljni uzemljivači.

Trakasti uzemljivači od FeZn trake polažu se što dalje od temelja zgrade. Po pravilu, trakasti uzemljivači postavljaju se na udaljenosti od 2 m, i to kao pojedinačni vodovi duž zgrade, kao zatvoreni prstenasti uzemljivači oko zgrade ili kao zvjezdasti uzemljivači kod kojih više pojedinačnih vodova izlazi iz jedne tačke u raznim pravcima pri čemu ugao između dva susjedna voda treba da je najmanje 60° .

Dubina polaganja mora iznositi najmanje 0,5 m, ali se preporučuje da iznosi 0,8 m.

Štapni uzemljivači izrađuju se od pocinkovanih čeličnih cijevi odgovarajuće debljine i dužine. Najmanji dozvoljeni unutrašnji prečnik cijevi je 38 mm. Umjesto cijevi mogu se upotrebljavati i čelični L profili (ugaonici) 65 × 65 mm ili drugi ekvivalentni profili.

Dužina uzemljivača iznosi najmanje 3 m. Pri upotrebi većeg broja štapnih uzemljivača, njihova međusobna udaljenost treba da je bar jednaka dužini uzemljivača.

Pločasti uzemljivači se ne preporučuju za gromobranske uzemljivače.

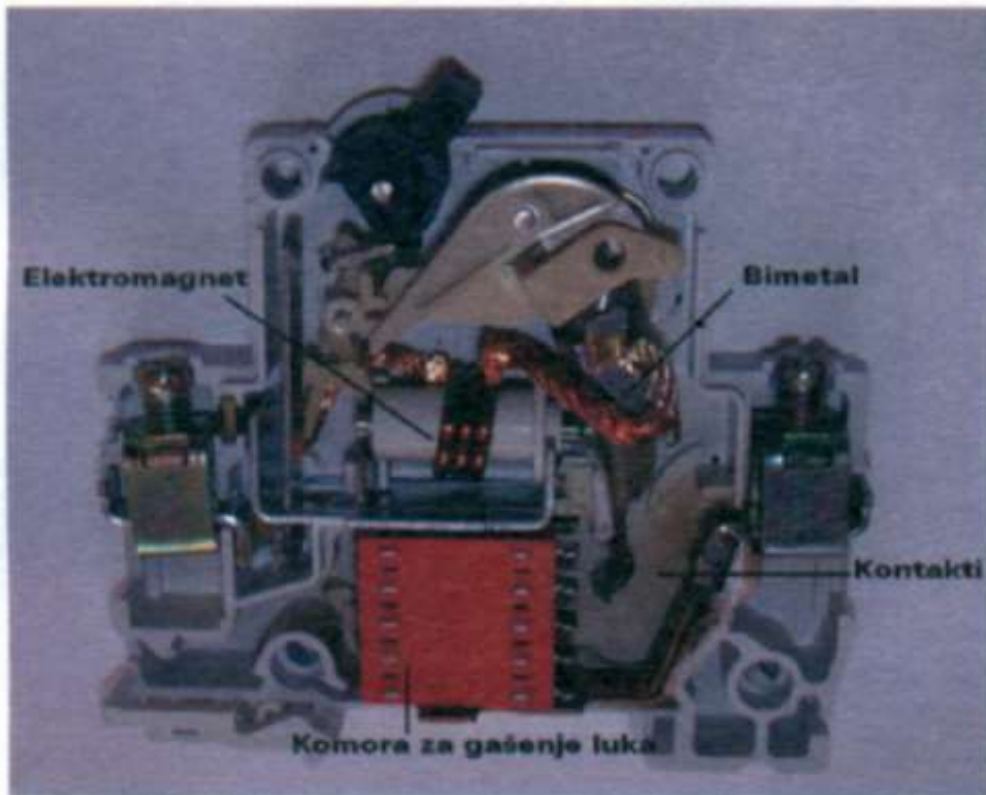
Uzemljenje gromobranske instalacije i pogonska i zaštitna uzemljenja niskonaponskih postrojenja i instalacija po pravili međusobno se povezuju.

SELEKTIVNOST ZAŠTITE

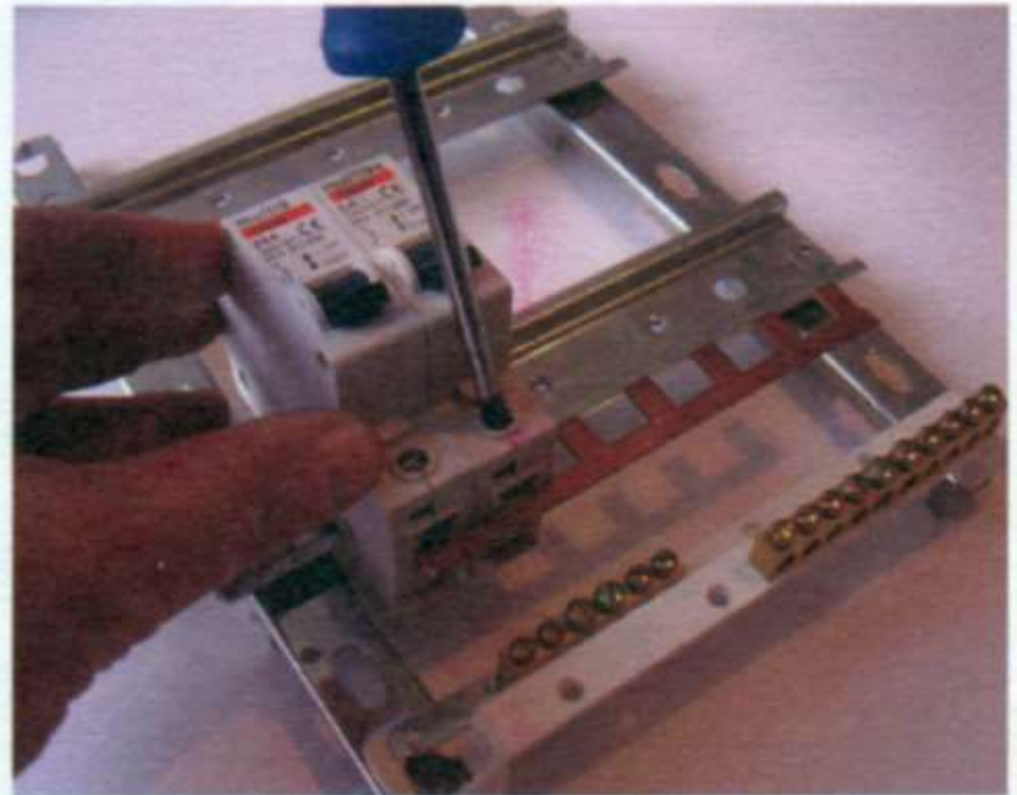
Automatski osigurači (instalacioni prekidači) namijenjeni su za zaštitu električnih vodova od nadstruja (struja kratkog spoja i preopterećenja) u stambenim i industrijskim objektima.

Prednost automatskih osigurača je što se ponovno uspostavljanje strujnog kola obavlja bez zamjene dijelova (uloška) već jednostavno pritiskom na polugu osigurača. Ovi osigurači imaju dva aktivna člana (okidača): elektromagnet i bimetal. Elektromagnetni član gotovo trenutno isklapa strujni krug ako se pojavi nadstruja nekoliko puta veća od nazivne struje osiguravača (npr. $5I_n$).

Elektromagnet se sastoji od namotaja i jezgra. Struja kratkog spoja u namotu stvara elektromagnetnu silu koja privuče jezgro, čime se oslobađa opruga koja svojom silom rastavi kontakte i izazove prekid strujnog kola. Bimetalni član deluje kod struja preopterećenja i znatno sporije. Bimetal je dobijen spajanjem dvaju metalnih traka sa različitim temperaturnim koeficijentom širenja, Struja preopterećenja zagrijeva bimetalnu traku, ona se savija na stranu metala sa manjim temperaturnim koeficijentom, oslobađa oprugu koja svojom silom rastavi kontakte i izaziva prekid strujnog kola.



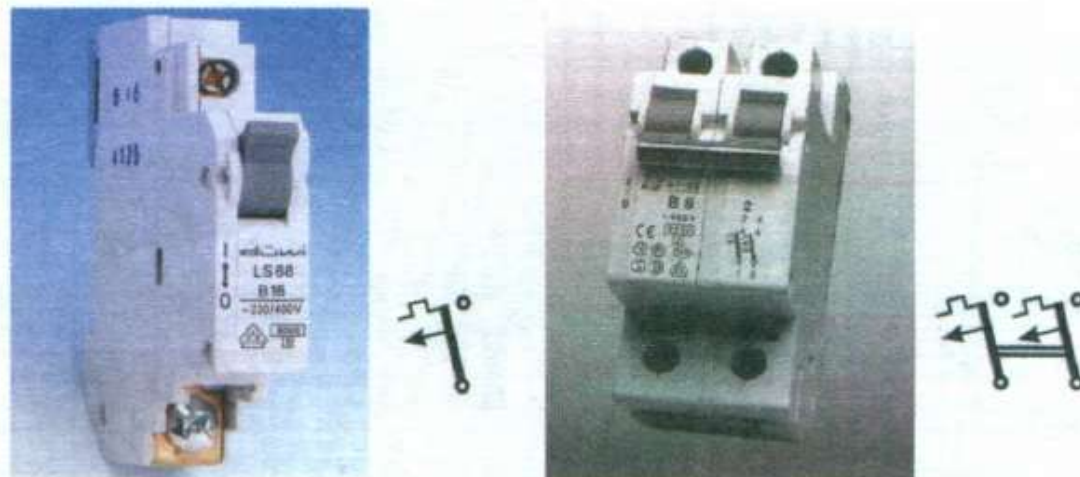
Sl. 3.6 Unutrašnjost automatskog osigurača



Sl. 3.7 Montaža automatskih osigurača

Tehnički podaci za instalacioni prekidač ST-68

- Nazivni napon: 230/400V
- Nazivna struja: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32A
- Nazivna kratkospojna moć: 6kA, 10kA
- Karakteristika okidanja: B, C
- Ugradna širina: 18 mm
- Presek priključnih provodnika: dovod 1 - 25mm² (bakarna sabirnica od 10 do 24mm²)
odvod 1 - 16 mm²

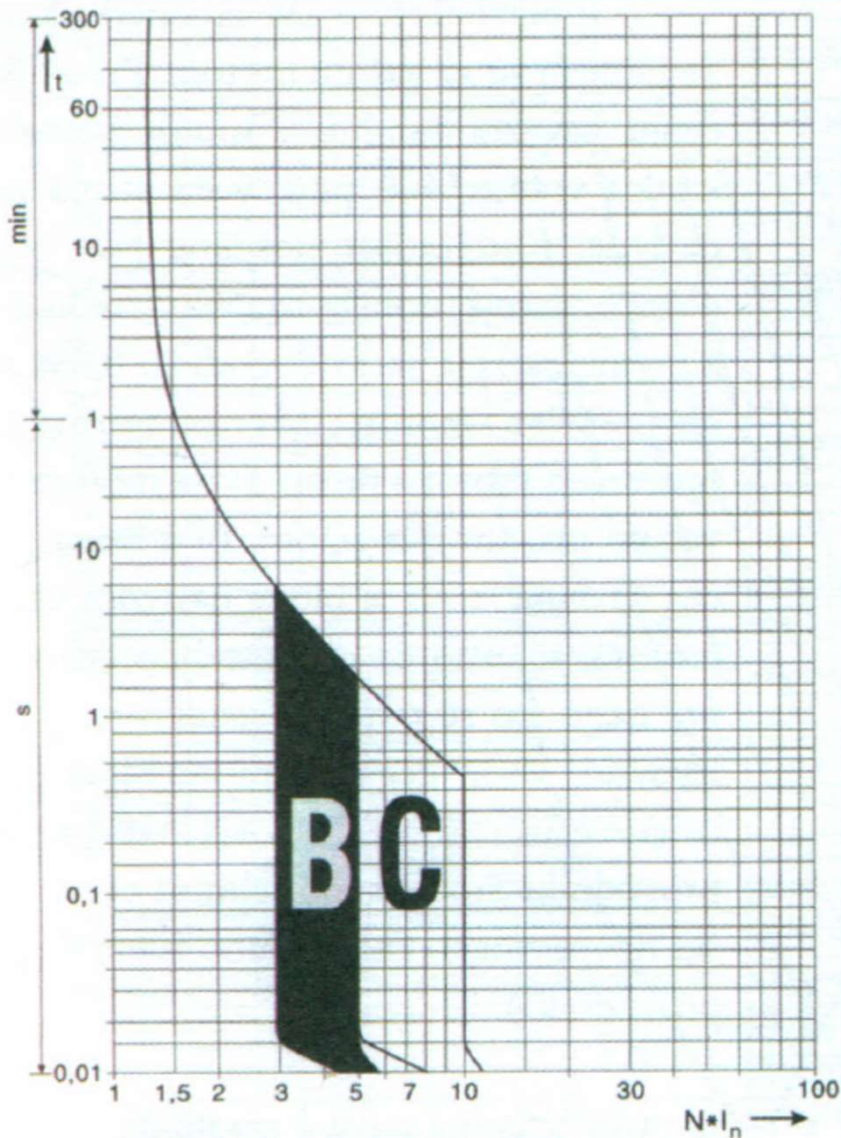


Sl. 3.8 Instalacioni prekidač LS-68 1-polni 16A;
i ST-68 2-polni 6A

Tabela 3.3 Karakteristike okidanja B i C instalacijskog prekidača ST-68

Karakteristika okidanja	Ispitna struja	Vreme okidanja	Rezultat
B, C	1,13 In	$t \geq 3600$ s	ne isklopi za 1 sat
B, C	1,45 In	$t < 3600$ s	isklopi ispod 1 sata
B, C	2,55 In	$1 \text{ s} < t < 60 \text{ s}$	isklopi
B	3,00 In	$t \geq 0,1$ s	ne isklopi
C	5,00 In	$t \geq 0,1$ s	ne isklopi
B	5,00 In	$t < 0,1$ s	isklopi
C	10,00 In	$t < 0,1$ s	isklopi

*Napomena: Kod manje ispitne struje (za termički okidač) $1,13 \times I_n$ termički okidač **ne sme** isklopiti unutar jednog sata, a kod veće ispitne struje $1,45 \times I_n$ termički okidač **mora** isklopiti unutar jednog sata. Kod manje ispitne struje za elektromagnetski okidač ($3 \times I_n$; B karakteristika) on **ne sme** isklopiti ispod 0,1s a kod veće ispitne struje ($5 \times I_n$) elektromagnetski okidač **mora** isklopiti ispod 0,1s.



Sl. 3.9 Karakteristika okidanja za ST-68

Nedostatak automatskih osigurača je manja prekidna moć i skuplji su. Da bi zaštita bila što efikasnija izrađuju se automatski osigurači s različitim karakteristikama pa kod odabiranja treba voditi računa koje potrošače štitimo i prema tome odabrati karakteristiku automatskog osiguraca (B,C,D,L,H,G,K,F,Z).

U električnim instalacijama najčešće se koriste automatski osigurači B, C, L, i H karakteristika a za zaštitu elektromotora koriste se K i D karakteristike.

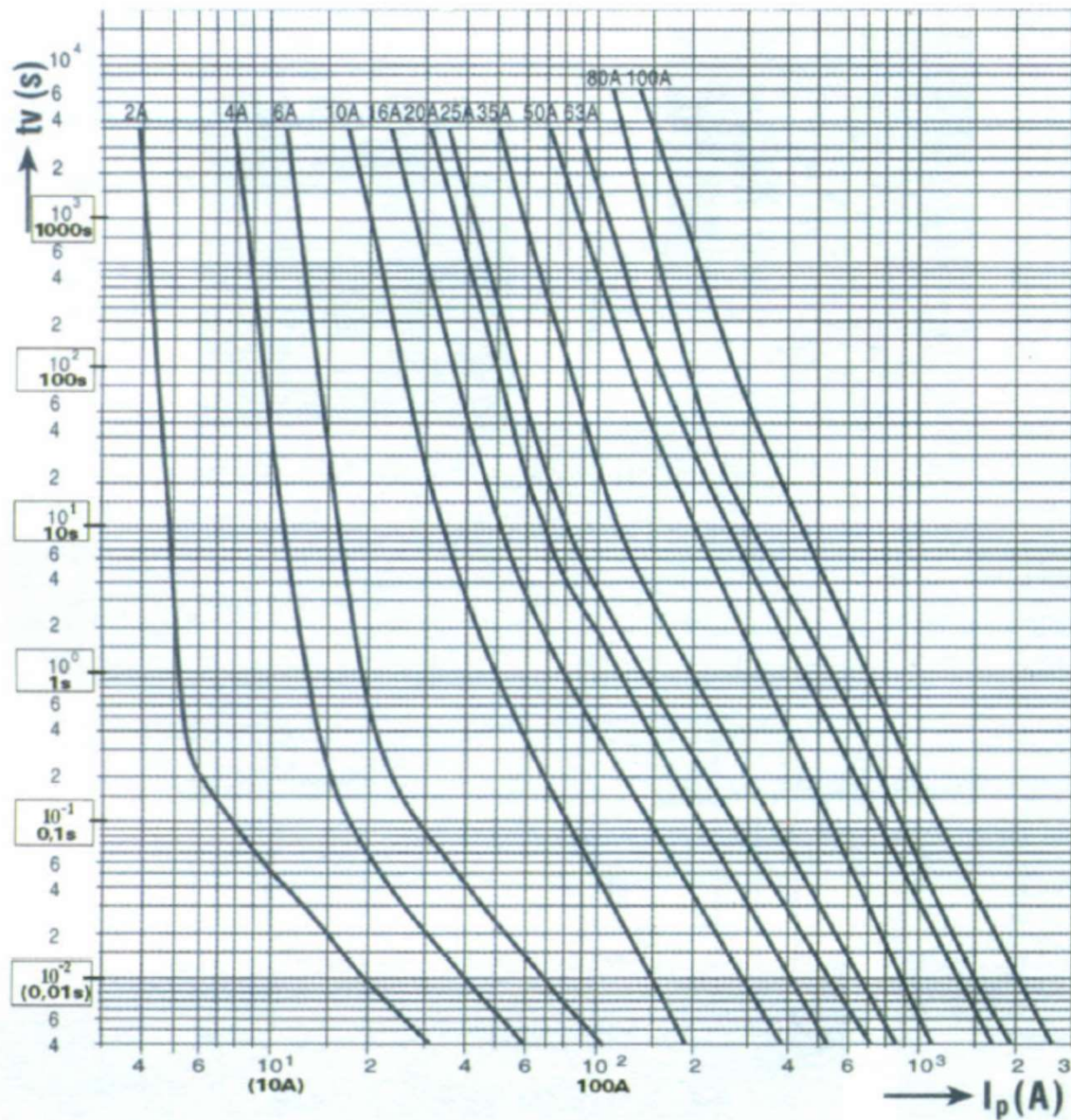
Termičke karakteristike osigurača

Osigurač, u zavisnosti od svoje konstrukcije, može djelovati normalno ili tromo. Pojam o tom delovanju daje nam termička karakteristika osigurača (karakteristika okidanja). Ona pokazuje u kojem vremenu osigurači isklapaju strujno kolo u zavisnosti od veličine struje kvara. Karakteristike okidanja automatskih osigurača mogu se prikazati tabelarno (tab.3.3), dok su stvarne karakteristike prikazane grafički (s1.3.9). Termičke karakteristike topljivih osiguraca prikazane su slikama 3.11, 3.12 i 3.13.

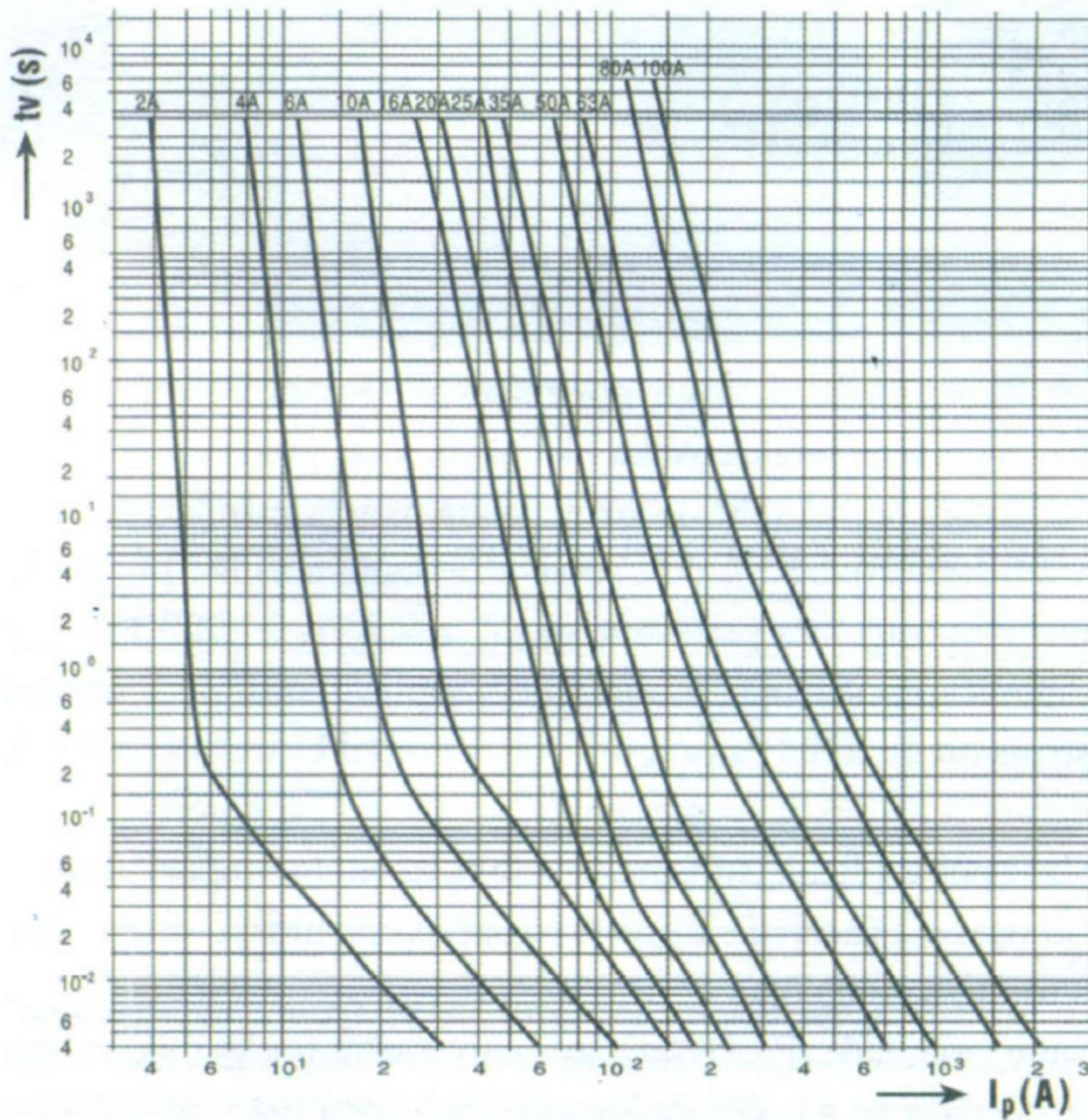
Termička karakteristika, topljivih osigurača, pokazuje "ponašanje" topljive niti pod raznim jačinama struje. Kod nazivnih ili manjih struja nit ne treba da pregori. Ako se usled kvara pojavi struja preopterećenja veća od nazivne struje osigurača za nekoliko procenata, ali ako to preopterećenje ne traje duže (npr. preko jednog sata), neće izazvati topljenje srebrne žice. Nit treba da pregori ukoliko kroz nju konstantno protiče struja veća od nazivne (nazivna struja je označena na ulošku osigurača). Struja pri kojoj nit izgara naziva se struja topljenja (taljenja).

Propisi razlikuju brze (normalne) i tromе osigurače, Proizvode se i univerzalni topljivi ulošci čije djelovanje je tromo u području manjih preopterećenja, a u slučaju kratkog spoja vrlo brzo (uložak gL gG), i danas se oni isključivo koriste za električne instalacije stambenih objekata tj. za opštu upotrebu.

Tromi topljivi ulošci s aM karakteristikom namijenjeni su za zaštitu motora. Pri uključenju kavezni asinhroni motor povuče, kratko vrijeme, 4-8 puta veću struju od nazivne. Kad motor postigne pun broj obrtaja, struja dobije nazivnu vrijednost, a vrijeme za koje se to dogodi je: 0,35s za neopterećen motor; 0,5s za normalno opterećen motor i preko 1s za motore sa većom masom tj. snagom. Brzi osigurači, čija nazivna struja je bliska nazivnoj struji motora, sigurno će bespotrebno djelovati prije nego što se polazna struja smanji na nazivnu, zbog čega se mora birati jači osigurač, Jači osigurač povlači i veći presjek provodnika što je nepotrebno i ekonomski neopravdano (nepotpuno iskorišćenje provodnika).



Sl. 3.11 Karakteristika topljenja
 D uložaka gL-gG, TDZ
 *gL-Gg univerzalni (tromo-brzi) uložak

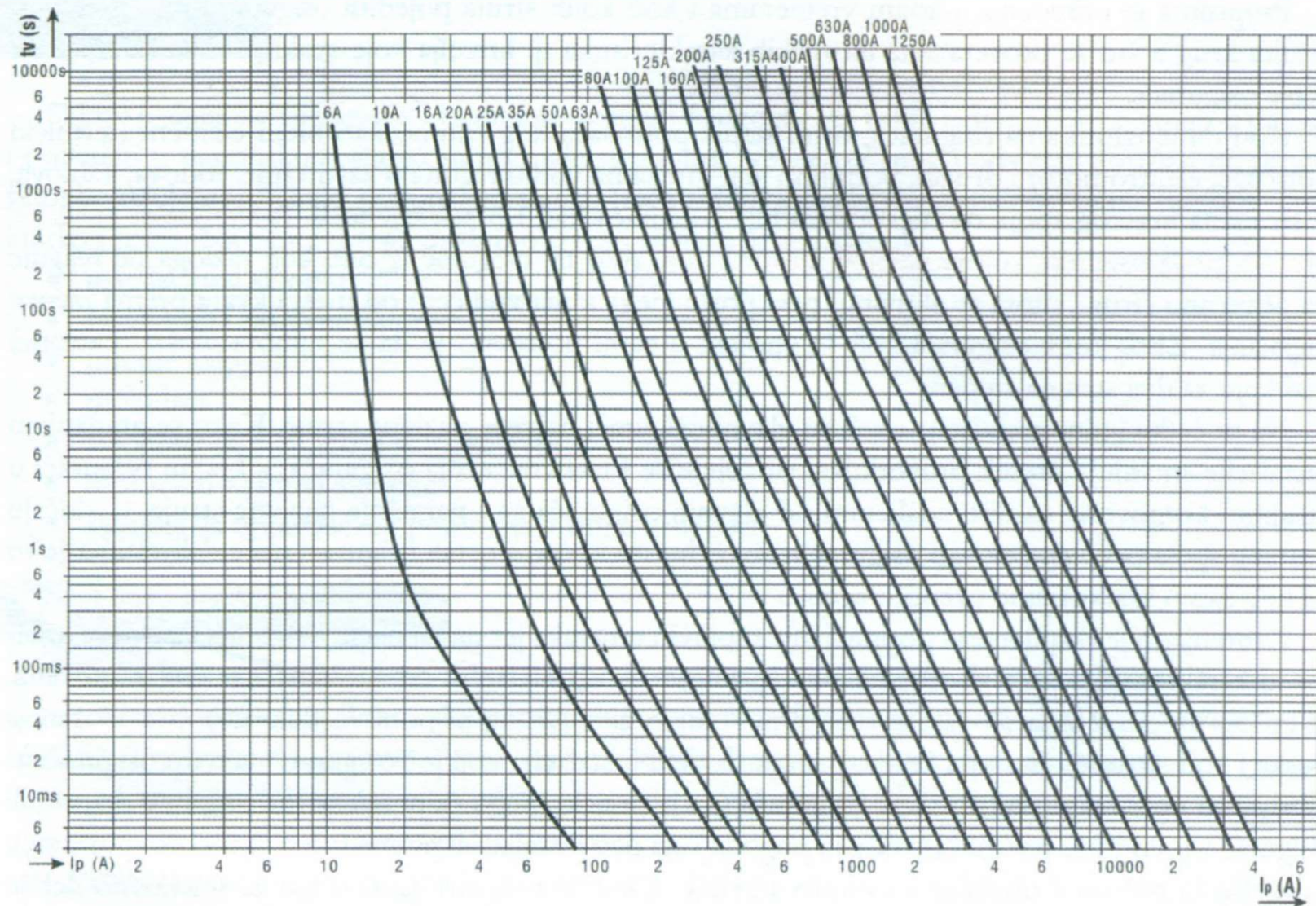


Sl. 3.12 Karakteristika taljenja D uložaka DZ (brzi)

Brzi osigurači imaju nedostatak što ne dozvoljavaju dobro iskorišćenje presjeka provodnika. Bolje iskorišćenje provodnika u takvim slučajevima se postize izborom tromih osigurača. Kada znamo vrijednost nazivne struje motora, polazne struje i vrijeme njenog trajanja, prema termičkoj karakteristici za trome osigurače dobijenoj od proizvođača, biraemo nazivnu struju osigurača.

Dalje prema izabranoj vrijednosti nazivne struje osigurača biraemo presjek provodnika za priključak motora.

Termičke karakteristike snimaju i daju u svojim katalozima proizvođači osigurača.



Sl. 3.13 Karakteristika topljenja NV/NH gL-gG uložaka

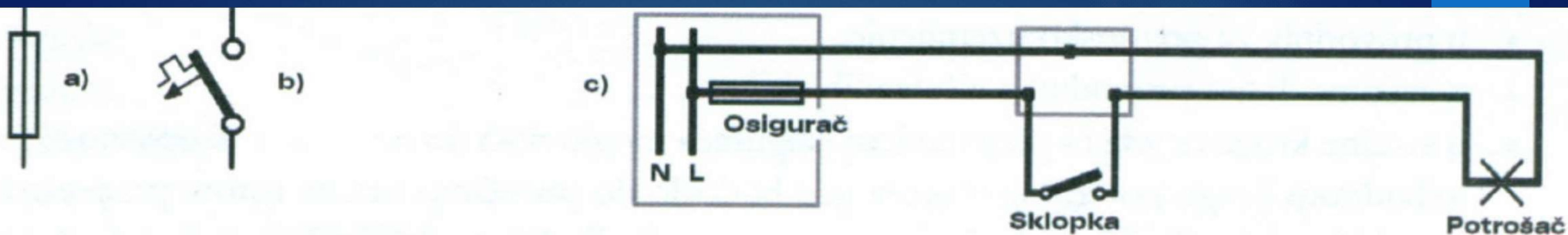
Primer 1: Uložak tip DII, 10A DZ (brzi) deluje za 0,1s ukoliko je struja pet puta veća od nazivne ($5 \times I_n = 5 \times 10 = 50A$), a kod struje $10 \times I_n = 10 \times 10 = 100A$ deluje ispod 0,015s (delovanje je brzo–gotovo trenutno) što vidimo sa slike 3.12.

Primer 2: Uložak tip DII, 10A gL-gG, TDZ (univerzalni-tromi) deluje nešto ispod jedne sekunde pri $5 \times I_n = 5 \times 10 = 50A$, što je mnogo tromije, a kod struje $10 \times I_n = 10 \times 10 = 100A$ deluje za 0,05s (sl. 3.11).

Kod većih struja kratkog spoja preko 200A oba uloška će delovati trenutno ispod 4ms (0,004s).

Kako i gdje osigurati ?

Osigurači su naprave koji štite vodove i kablove od preopterećenja i kratkih spojeva automatskim isključivanjem napajanja. Postavljaju se na početku strujnog kola. Kada se u tom strujnom kolu pojavi greška (proboj izolacije ili kratak spoj) djelovanjem osigurača kolo se prekida, kvar se lokalizuje i ostatak instalacije nesmetano nastavlja rad.



Sl. 3.14 a) Simbol osigurača b) Simbol automatskog osigurača
c) Osigurač se postavlja na početku strujnog kola

Kod dimenzionisanja osigurača, osim struje potrošača kog štitimo kao bitan element (termički potrošač, elektromotor i druga), potrebno je u mrežama voditi računa o zaštiti npr. vodova, kablova, o strujama kratkog spoja na mjestu ugradnje osigurača kao i o selektivnosti.

Selektivnost znači da proradi prvo osigurač koji je najbliži mjestu kvara. Ako taj osigurač iz bilo kog razloga ne reaguje na povećanu struju, mora se aktivirati prvi posle njega idući provodnikom od mjesta kvara prema izvoru napajanja.

Zbog toga je za osigurače, koji su spojeni u seriji, potrebno da se njihovi ulošci (patrone) razlikuju za dva strujna stepena.

Osigurač se mora postaviti:

- na početku svakog neuzemljenog provodnika (npr. na početku svakog faznog provodnika),
- na mjestima gdje se mijenja presjek provodnika ili gdje se prelazi na odvojak s manjim presjekom, (ako je dužina provodnika promijenjenog presjeka manja od 1 m nije potrebno osigurati je tj. postaviti osigurač),
- osigurači se obično postavljaju centralizovano za više strujnih krugova, na pristupačnom mjestu (npr. razvodna tabla se postavlja iznad ulaznih vrata stana).

Zabranjeno je postaviti osigurač:

- u provodnik za pogonsko uzemljenje,
- u zaštitne ili nul-provodnike višefaznih vodova,
- u strujne krugove gdje bi pregaranjem osigurača moglo doći do neke štete ili opasnosti (npr. u pobudnom krugu porednog motora gdje bi došlo do povećanja brzine rotora pri prekidu tog kruga; u strujni krug napajanja elektromagnetskih dizalica; u strujni krug sekundara strujnih transformatora) ,
- u blizini lako zapaljivih predmeta.

Električne instalacije na mjestima sa posebnim zahtjevima

Na mjestima ugroženim od eksplozivnih smješa moraju se pri projektovanju, izvođenju i korišćenju primjenjivati i dopunski propisi za električne uređaje i instalacije.

Ovi propisi odnose se na električne uređaje ili električne instalacije izložene uticaju eksplozivnih smješa, pri istraživanju i eksploataciji nafte i prirodnih gasova, u rafinerijama nafte i pogonima za preradu prirodnih gasova, kao i na ostalim nadzemnim mjestima izloženim uticajima od eksplozivnih smješa.

Kiseonik je hemijski vrlo aktivan element i lako se spaja s drugim materijalima. Reakcija spajanja s kiseonikom naziva se oksidacija. Proces oksidacije može se odvijati različitom brzinom pa razlikujemo:

- sporu oksidaciju (na primjer, oksidacija gvožđa, tj. rđanje gvožđa),
- brzu oksidaciju koju karakteriše pojava plamena i
- trenutnu oksidaciju koju karakteriše eksplozija.

Sve materije koje se u obliku gasova, pare, magle i prašine mogu naći u smješi sa vazduhom, a imaju sposobnost da se sa kiseonikom trenutno oksidišu, nazivaju se zapaljive materije, a njihove smješe sa vazduhom nazivaju se eksplozivne smješe.

Da bi došlo do eksplozivne oksidacije zapaljivih materija u vazduhu, dovoljna su sljedeća tri uslova:

- da postoji zapaljiva materija (gas, para, magla, prašina) u određenoj koncentraciji,
- vazduh sa minimalnom koncentracijom kiseonika za oksidaciju (21 % kiseonika) i
- minimalna količina toplote.

Smješa koja sadrži količinu zapaljivog gasa i količinu kiseonika potrebne da nastupi potpuna oksidacija (dolazi do izgaranja svih komponenti bez ostataka) naziva se stehiometrijska smješa (SS).

Međutim, do eksplozije ne dolazi samo kod stehiometrijskog odnosa gas-vazduh. Zapaljivi gasovi imaju tzv. područje zapaljivosti ili eksplozivnosti unutar kojeg oni mogu pri zapaljivanju sagorjeti, na više ili manje eksplozivnan način.

Najniža koncentracija zapaljivog gasa koja mora postojati u smješi sa vazduhom da bi došlo do eksplozije, naziva se donja granica eksplozivnosti (DGE).

Najveća koncentracija zapaljivog gasa u smješi sa vazduhom koja može eksplodirati, naziva se gornja granica eksplozivnosti (GGE). Ispod DGE i iznad GGE ne može doći do eksplozije. Na primjer, za metan granice eksplozivnosti su 5,3% i 14,9% gasa u smješi sa vazduhom.

U tabeli 3.1 date su granice eksplozivnosti zapaljivih gasova

Tabela 3.1: *Granice eksplozivnosti i stehiometrijske smješe zapaljivih gasova*

zapaljivi gas	granice eksplozivnosti (zapreminski %)		stehiometrijska smješa (zapreminski %)
	DGE	GGE	SS
metan	5,3	14,9	9,5
etan	3,1	12,5	5,64
propan	2,1	9,5	4,02
butan	1,86	8,41	3,12
acetilen	2,5	80,5	7,72
vodonik	4,0	74,2	29,50
amonijak	15,5	26,6	21,82
ugljen monoksid	12,5	74,2	29,5
sumporvodonik	4,3	45,5	12,24


Najopasniji su oni gasovi koji imaju malu donju, a visoku gornju granicu eksplozivnosti. Kao što se vidi iz tabele, najopasniji gas je acetilen.

Zapaljive pare nastaju isparavanjem zapaljive tečnosti. Pomiješane sa vazduhom, ponašaju se isto kao i gasovi, pa se za zapaljive pare mogu odrediti gornja i donja granica eksplozivnosti, kao i stehiometrijska smješa. U tabeli 2.2 date su granice eksplozivnosti za neke zapaljive tečnosti. Brzina isparavanja zavisi od visine temperature i pritisku pàra.

Tabela 3.2: *Granice eksplozivnosti i stehiometrijske smješe zapaljivih pàra*

zapaljivi gas	granice eksplozivnosti (zapreminski %)		stehiometrijska smješa (zapreminski %)
	DGE	GGE	SS
benzen	1,35	7,9	2,72
metilbenzen	1,17	7,1	2,27
etanol (etil-alkohol)	3,28	18,95	6,52
aceton	2,55	12,8	4,97
etilacetat	2,18	11,4	4,02
laki benzin	1,2	7,0	2,2
teški benzin	0,7	5,0	1,3

Kod neke određene temperature para iznad tečnosti će imati toliku koncentraciju da može doći do eksplozije.



Osim mirnim isparavanjem sa površine tečnosti, eksplozivne smješe se mogu stvarati i raspršivanjem tečnosti. Pri tom raspršivanju nastaju sitne čestice (kapljice) koje sa vazduhom čine maglu.

Stvaranjem eksplozivne magle lakše dolazi do eksplozija kod teško isparljivih tečnosti kao što je lož ulje ili nafta. Kod bojenja i lakiranja prskanjem, nastaju eksplozivne magle.

Sitna prašina čvrstih zapaljivih materija (na primjer: uglja, sumpora, drveta, šećera, brašna, aluminijuma, magnezijuma, pamuka...) koja se pomiješa sa vazduhom, može u određenim koncentracijama stvarati eksplozivne smješe koje nazivamo zapaljiva prašina.

UZROCI PALJENJA EKSPLOZIVNIH SMJEŠA

Potencijalni uzročnici paljenja eksplozivnih smješa su:

- Plamen
- Užarene materije
- Vrući predmeti
- Mehanička iskra
- Hemijska reakcija
- Svjetlosni zraci

Plamen

Plamen predstavlja gorenje smješe gasa ili pârâ i vazduha, pri čemu se emituje svjetlost. Temperature plamena su različite i za pojedine materije date su u tabeli 3.3. Temperature paljenja zapaljivih smješa gasova, para i prašina sa vazduhom su znatno niže od temperature plamena. Prema tome, ako se otvoreni plamen nalazi u eksplozivnoj smješi, zapaliće tu smješu i doći će do širenja velikom brzinom u radijalnom smjeru od mjesta zapaljenja. Plamen šibice, upaljač za cigarete, laboratorijski plamenik, gasni aparat za zavarivanje ili lemljenje i slični uređaji upaliće eksplozivnu smješu ako se nađu u dodiru sa njom.

Tabela 3.3: *Temperature plamena za neke materije*

materija	temperatura plamena °C
fosfor	800
magnezijum	2000-3000
drvo	1100-1300
koks	1400-1600
vodonik	2900
acetilen	3100

Užarene materije

Užarene materije nastaju kada se čvrste materije zagriju na visokoj temperaturi i pri tome isijavaju svjetlost. Boja žara zavisi od visine temperature užarene materije, kao što je dato u tabeli 3.4.

Tabela 3.4: Odnos boje užarene materije i temperature

materija	temperatura plamena °C
slabo obojeno, još neodređeno svjetlo, vidljivo u tami, takozvani suvi žar	400
crveni žar, vidljiv u tami	500
tamnocrveni	700
svjetlocrveni	900
tamnonarandžasti	1100
početak bijelog žara	1300
bliješteće bijelo	1500

Užarene materije mogu izazvati paljenje eksplozivne smješe jer je njihova temperatura znatno viša od potrebne temperature paljenja eksplozivne smješe. Na primjer, žar cigarete varira od 565°C do 1050°C.

Vrući predmeti

Temperatura paljenja većine gasova i prašina u industriji kreće se između 200°C i 600°C. Najopasniji izvori paljenja su otvoreni plamen i užareni predmeti, ali opasni su i vrući predmeti (na primjer, cijevi kroz koje prolazi para mogu se zagrijati i do 400°C).

Mehanička iskra

Pod mehaničkom iskrom podrazumijevamo pojave koje nastaju kod međusobnog sudara ili trenja čvrstih tijela pri uobičajenoj temperature okoline. Da li će mehanička iskra izazvati paljenje eksplozivne smješe, zavisi od više faktora. U svakom slučaju, iskra mora imati neku minimalnu energiju potrebnu za početak gorenja smješe.

Da bi se izbjegla opasnost paljenja eksplozivnih smješa mehaničkom iskrom, propisima je djelimično određeno kakvi materijali i alati se smiju upotrebljavati u zonama opasnosti. Na primjer, kućišta uređaja u rudnicima na smiju biti od aluminijumskih legura, a dozvoljeni procenat magnezijuma u aluminijumskim legurama ograničen je na manje od 0,5%. Isto tako, u zonama opasnosti propisana je upotreba ručnog alata koji pri udarcu ne stvara iskre.

Hemijska reakcija

Prilikom nekih hemijskih reakcija oslobađa se toplota. Pri tome se mogu postići temperature koje su dovoljne za paljenje eksplozivne smješe. Alkalni metali (slika 3.3) brzo se oksidišu u vazduhu i pri tome se oslobađa velika toplota.

Alkalni metali još burnije reaguju sa vodom. Zbog toga se alkalni metali čuvaju u parafinskom ulju ili atmosferi inertnih gasova. Hemikalije koje u dodiru sa vodom razvijaju veliku količinu toplote moraju se čuvati u posebnim posudama koje su zaštićene od prodora vlage.



Slika 3.2 Mehanička iskra nastala brušenjem



Slika 3.3: Alkalni metali a) litijum, b) natrijum, c) kalijum, d) rubidijum, e) cezijum

Svjetlosni zraci

Svjetlosni zraci mogu izazvati paljenje eksplozivne smješe. Paljenje eksplozivne smješe može doći na dva načina, i to fotohemijskim postupkom i fototermičkim postupkom.

Fotohemijski postupak je rjeđi, a sastoji se u djelovanju svjetlosti na molekule gasa tako da one međusobno reaguju, pri čemu se oslobađa velika toplotna energija. Na primjer, gasovi hlor i vodonik ne reaguju međusobno u tami, ali ako se osvijetle, dolazi do eksplozivne reakcije uz nastajanje hlorovodonika.

Fototermički postupak je pojava izazvana energijom isijavanja svjetla. Jaki izvori svjetla u kratkom vremenu mogu zagrijati male površine predmeta na nekoliko hiljada stepeni.

VRSTE ELEKTRIČNIH UREĐAJA U PROTIVEKSPLOZIVNOJ ZAŠTITI

U prethodnom dijelu date su fizičko-hemijske osnove, kao i uzroci paljenja eksplozivnih smješa, dok će u ovom biti obrađeni ugroženi prostor, kao i vrste električnih uređaja u protiveksplozivnoj zaštiti. Kolika će biti prostorna veličina ugroženog prostora zavisi od niza faktora, kao što su:

- fizičko-hemijske karakteristike eksplozivnih medija,
- vremenska učestalost pojave eksplozivnih smješa,
- vrste izvora opasnosti,
- kapacitet izvora opasnosti,
- oblik i veličina prostora u kojem je smješten izvor opasnosti,
- primijenjena ventilacija ugroženog prostora,
- meteorološki uslovi, kao i pravac vjetrova itd.

Vrste izvora opasnosti

Stepen opasnosti pojedinog dijela ugroženog prostora zavisi od vrste izvora opasnosti.

Izvore opasnosti prema njihovim karakteristikama dijelimo na:

- a) Trajni izvori opasnosti
- b) Primarni izvori opasnosti
- c) Sekundarni izvori opasnosti

a) Trajnim izvorima opasnosti smatraju se izvori koji trajno sadrže ili duže vrijeme ispuštaju u okolni prostor zapaljivi materijal ili eksplozivnu smjesu, kao na primjer:

- ◆ Priključni elementi na pretakalištima zapaljivih materija (benzin, nafta...)
- ◆ Otvoreni ili zatvoreni rezervoari zapaljivih materija,
- ◆ Ventili za odušivanje rezervoara zapaljivog gasa ili zapaljivih tečnosti,
- ◆ Izlazni otvori ventilacionih kanala kabina za lakiranje,
- ◆ Spremišta otpadnih zapaljivih materijala, kao i tehnološke kanalizacije.

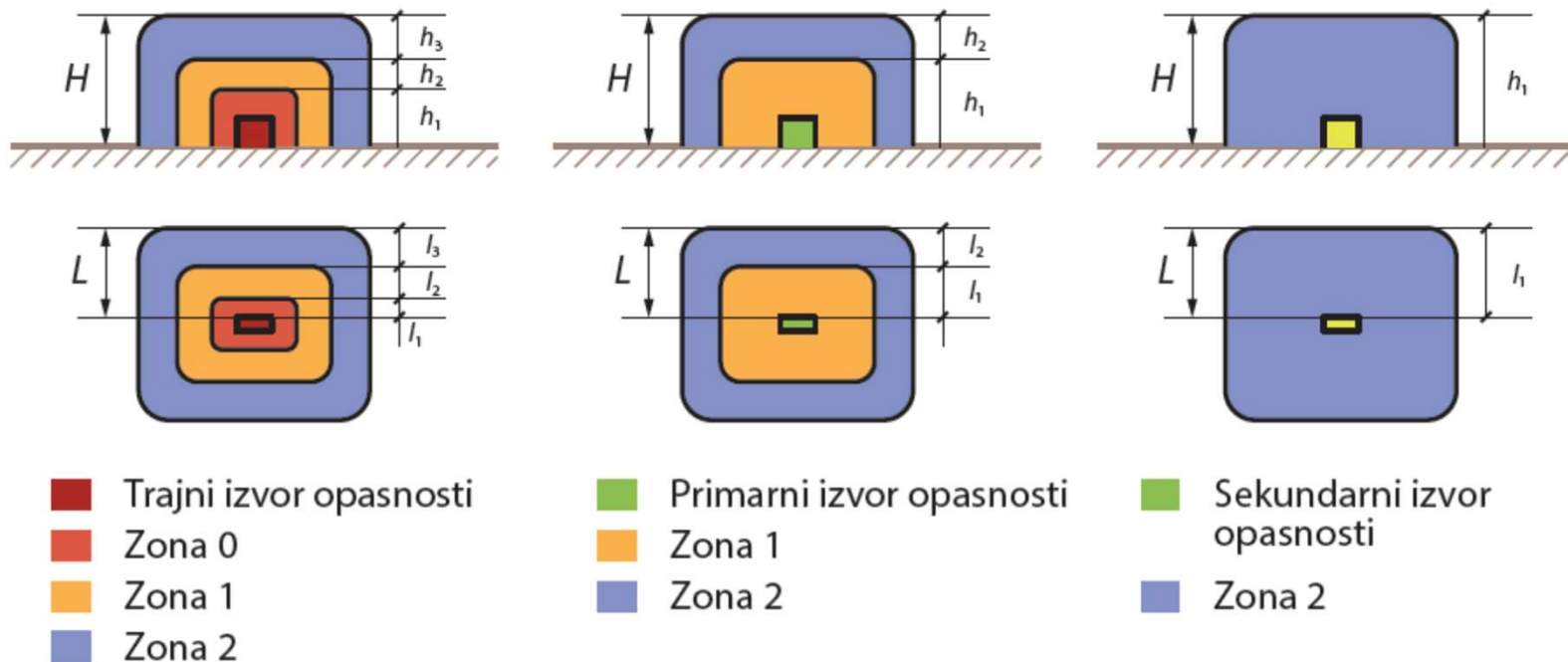
b) Primarni izvor opasnosti je onaj koji pri normalnim pogonskim uslovima povremeno ispušta u okolnu atmosferu zapaljivi materijal ili zapaljive gasove i pare, kao na primjer:

- ◆ Zaptivci pumpi i kompresora ili druga spojna mjesta gdje se može očekivati izlaženje zapaljivog ili eksplozivnog materijala,
- ◆ Mjesta za uzimanje uzoraka ili ispusni ventili koji su često u upotrebi,
- ◆ Sigurnosni ventili van zatvorenog sistema,
- ◆ Bušotine pri istražnom ili eksploatacionom bušenju nafte i gasa,
- ◆ Čišćenje zapaljivim tečnostima, itd.

c) Sekundarnim izvorima opasnosti smatraju se izvori koji u normalnim pogonskim uslovima na ispuštaju u okolni prostor zapaljivu materiju ili eksplozivnu smješu gasova ili para.

Opasan ili ugrožen prostor je onaj u kome postoji mogućnost pojave eksplozivne koncentracije iznad 10% od donje granice eksplozivnosti. Ugroženi prostor razvrstava se u zone opasnosti na osnovu učestalosti pojave i trajanja eksplozivne atmosfere:

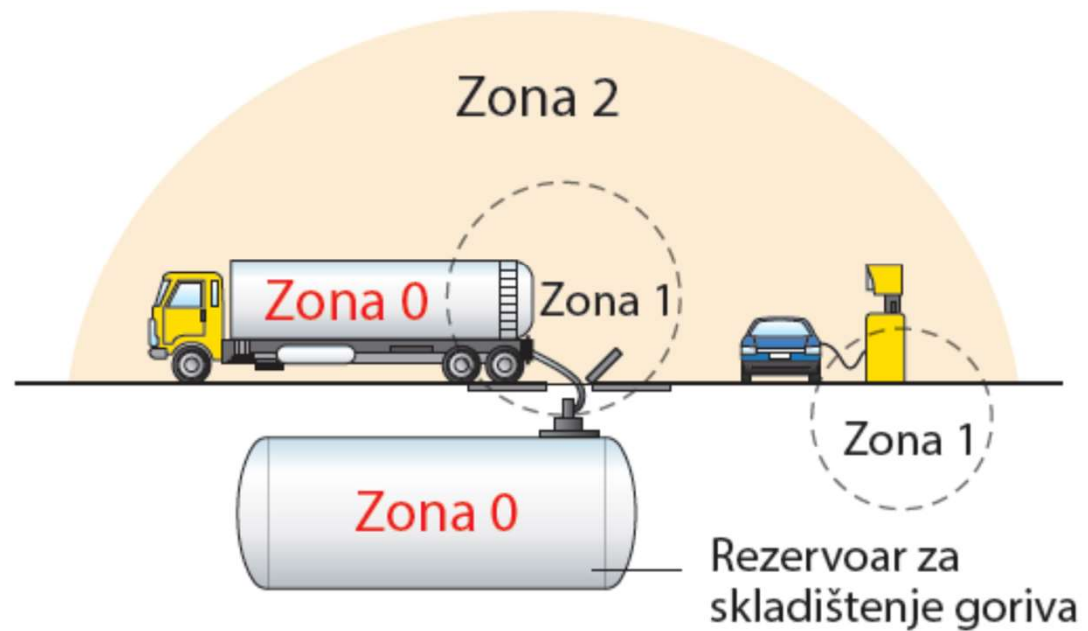
- **Zona opasnosti 0** – Prostor u kojem je eksplozivna smješa zapaljivog gasa ili pare i vazduha trajno prisutna ili prisutna duže vrijeme. Ukupno vrijeme prisutnosti smješe ≥ 100 sati godišnje.
- **Zona opasnosti 1** – Prostor u kojem je eksplozivna smješa zapaljivog gasa ili pare i vazduha moguća kod normalnog rada, odnosno predviđena je tehnološkim procesom. Ukupno vrijeme prisutnosti smješe od 1 do 100 sati godišnje.
- **Zona opasnosti 2** – Prostor gdje/đe tehnološkim procesom nije predviđeno pojavljivanje eksplozivne smješe, ali i ako se pojavi prisutno je kraće vrijeme. Ukupno vrijeme prisutnosti smješe ne smije preći preko 5 sati godišnje.



Slika 3.4: Podjela ugroženog prostora na zone opasnosti u zavisnosti od izvora opasnosti
a) trajni izvor opasnosti, b) primarni izvor opasnosti, c) sekundarni izvor opasnosti

Možemo zaključiti da uz normalne uslove ventilacije, zone opasnosti treba formirati u zavisnosti od izvora opasnosti:

- trajni izvor opasnosti formira zonu 0
- primarni izvor opasnosti formira zonu 1
- sekundarni izvor opasnosti formira zonu 2



Slika 3.5: *Primjer rasporeda zona opasnosti kod stanice za punjenje gorivom putničkih automobila*

Primjer rasporeda zona opasnosti na primjeru stanice za punjenje gorivom putničkih automobila prikazan je na slici 3.5.

Vrste protiveksplozivne zaštite

Protimeksplozivno zaštićeni uređaji mogu biti izvedeni za upotrebu na sljedećim mjestima primjene:

- I – Električni uređaji za rudnike (javlja se metan CH₄)
- II – Električni uređaji za sva ostala mjesta u kojima se javlja eksplozivna smješa

Da se ne bi izrađivali uređaji za svaku smješu posebno, svi eksplozivni gasovi i pare svrstani su u temperaturne razrede koji su dati u tabeli 3.6.

Tabela 3.6: Temperaturni razredi gasova i para

temperaturni razred	maksimalno dozvoljena nadtemperatura uređaja (°C)	temperatura paljenja (°C)
T1	410	>450
T2	260	300 – 450
T3	160	200 – 300
T4	95	135 – 200
T5	60	100 – 135
T6	45	85 – 100

Uređaji izrađeni za temperaturni razred T6 mogu se primijeniti za temperaturni razred na primjer T2 dok obratno nije moguće.

Da bi došlo do eksplozije, moraju biti ispunjeni sljedeći uslovi:

- prisutnost eksplozivne smješe,
- uzročnik paljenja (dozvoljena temperatura i energija za paljenje eksplozivne smješe).



Zaštita električnih uređaja i instalacija u protiveksplozivnoj zaštiti bazira se na četiri osnovna principa:

1. sprečavanje prenosa eksplozije iz zatvorenog (oklopljenog) kućišta u okolnu eksplozivnu atmosferu,
2. sprečavanje prekomjernog zagrijavanja električnog uređaja, električnog iskrenja i pojave električnog luka,
3. ograničavanje energije strujnog kola, kapaciteta i induktiviteta,
4. izolovanje (odvajanje) uređaja od dodira sa eksplozivnom smješom

Prema standardima postoje sljedeće vrste protiveksplozivne zaštite:

- neprodorni oklop Ex d
- povećana sigurnost Ex e
- samosigurnost Ex i (Ex ia i Ex ib)
- punjenje čvrstim materijalima Ex m
- uranjanje u tečnosti Ex o
- nadpritisak Ex p
- punjenje pijeskom Ex q
- posebna vrsta zaštite Ex s

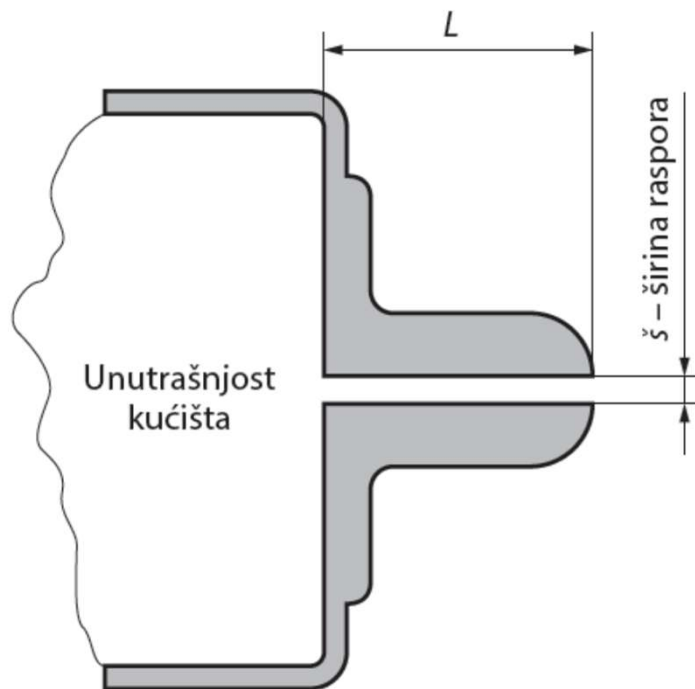


Neprodorni oklop Ex d

Ovo je vrsta protiveksplozivne zaštite kod koje su djelovi koji mogu izazvati paljenje eksplozivne atmosfere smješteni unutar zatvorenog kućišta. Neprodorni oklop mora biti izrađen tako da može da izdrži pritisak eksplozije unutar oklopa i sprečava širenje eksplozije na eksplozivnu atmosferu koja okružuje oklop.

Uslov da kućište izdrži pritisak eksplozije postiže se pravilnim dimenzionisanjem kućišta, koje se određuju na bazi pritiska eksplozije, odnosno gasne smješe.

Sprečavanje širenja eksplozije na okolnu eksplozivnu atmosferu postiže se pomoću takozvanog zaštitnog raspora. Ravni zaštitni raspore prikazan je na slici 3.6. U zavisnosti od zapremine kućišta i eksplozivne grupe, dužina raspora iznosi $L \geq 6, 9,5, 12,5$ i 25 mm.



Slika 3.6: Izgled ravnog raspora



a)



b)

Slika 3.7: Ex d zaštita: a) izgled kućišta pri eksploziji b) izgled uređaja za mjerenje izolacije koji ima kućište u Ex d zaštiti

Na slici 3.7 prikazani su uređaji u Ex d zaštiti

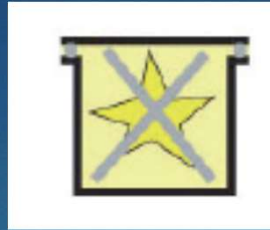
Zaštitni raspor je dimenzionisan tako da eksplozija koja se dogodi u unutrašnjosti kućišta ne može da prenese plamen ili izazove eksploziju u okolnom prostoru i na taj način da izazove eksploziju eksplozivne smješe.

Zapaljivi gasovi i pare razvrstavaju se prema probojnom paljenju u tri grupe, koje se označavaju A, B i C, što je prikazano u tabeli 3.7.

Tabela 3.7: Podjela gasova i pàra prema maksimalnom eksperimentalnom sigurnosnom rasporu

mjesto upotrebe	grupa gasova	granična širina raspora – š (mm)
I		samo metan i zemni gas
II	A	$\text{š} \geq 0,9$
	B	$0,5 < \text{š} < 0,9$
	C	$\text{š} \leq 0,5$

Povećana sigurnost Ex e

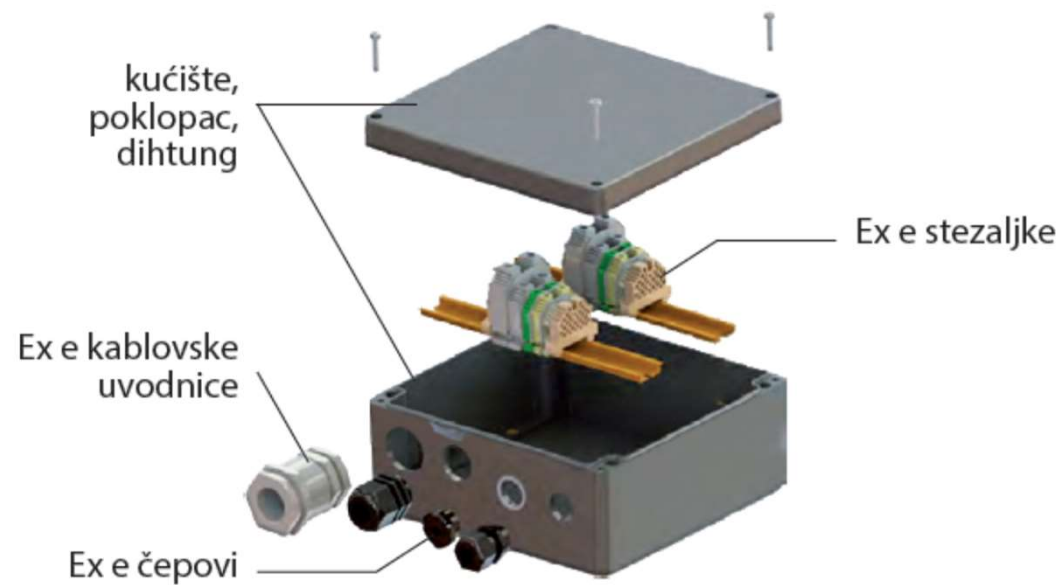


Ova vrsta protiveksplozivne zaštite moguća je za električne uređaje koji u normalnim uslovima rada ne iskre, ne stvaraju električni luk, niti se zagrijavaju iznad granične temperature. Ova vrsta protiveksplozivne zaštite podrazumijeva upotrebu kvalitetnijih izolacionih materijala, kvalitetno izvedenih spojeva, sadržana je u pridržavanju određenih povećanih rastojanja neizolovanih dijelova pod naponom i mehaničkoj zaštiti IP.

Za ovu namjenu koriste se izolacioni materijali koji nijesu higroskopni, a postojani su za pogonsku temperaturu. Zato se najviše koriste keramički izolacioni materijali. Uvođenje energije u kućišta povećane sigurnosti izvodi se preko priključnog ormarića koji je izveden u mehaničkoj zaštiti IP 54. U priključni ormarić kabl treba uvesti preko priključnih uvodnica koje su prikazane na slici 3.8, dok je na slici 3.9 prikazana razvodna kutija.

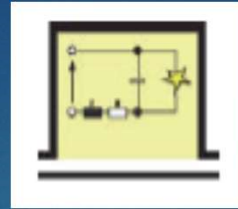


Slika 3.8: Priključni pribor izveden u Ex e zaštiti



Slika 3.9: Razvodna kutija izvedena u Ex e zaštiti

Samosigurnost Ex i (Ex ia i Ex ib)



Električni uređaj koji ne može zapaliti eksplozivnu smjesu gasa i vazduha ni pod kakvim uslovima, nazivamo samosigurni uređaj.

U tehnici samosigurnosti nemamo neprodorno oklopnih kućišta, niti sličnih izvodačenja, nego se zaštita sprovodi pravilnim izborom konstrukcije električnog uređaja. Ova tehnika se može realizovati samo kod uređaja čija je snaga 2 W ili manje. Samosigurni uređaji dijele se u dvije kategorije:

- **ia kategorija** – predstavlja uređaj koji ne može izazvati paljenja eksplozivne smješe u normalnom radu, sa pojavom jednog kvara ili bilo kojom kombinacijom dvaju kvarova (uz vjerovatnost 1 : 100 000 000).
- **ib kategorija** – predstavlja uređaj koji ne može izazvati paljenje eksplozivne smješe pri jednom proizvoljnom kvaru (uz vjerovatnost 1 : 1000)

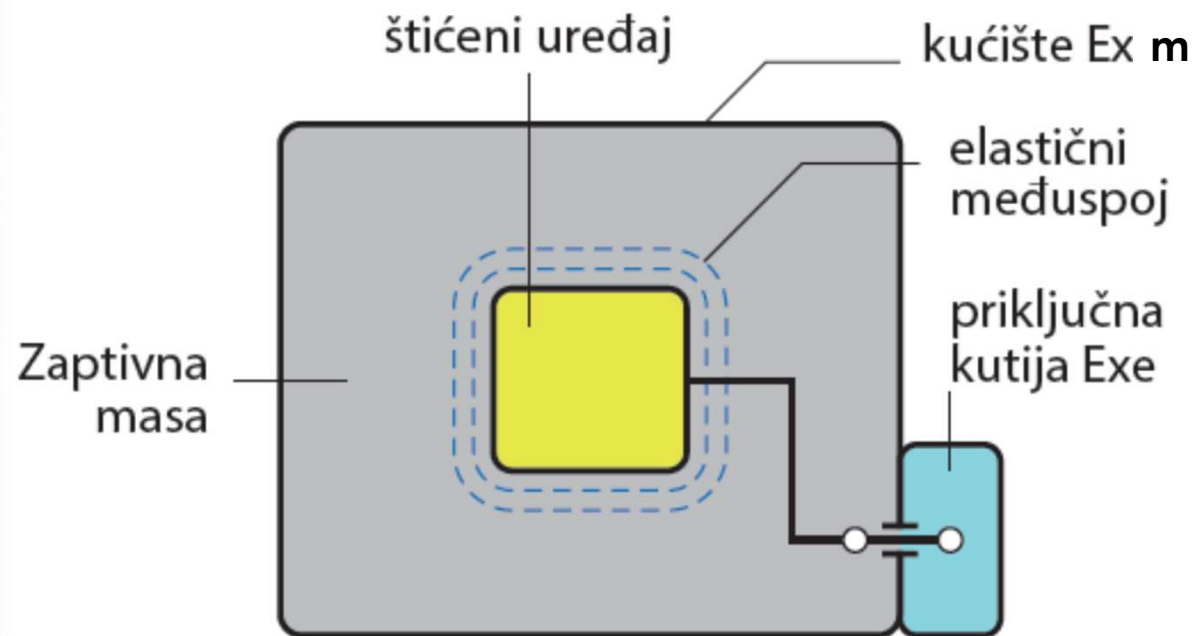
Punjenje čvrstim materijalima Ex m



Ova metoda zaštite sastoji se u oblaganju ili zalijevanju masama koje poslije završenog proizvodnog procesa postaju kompaktne i čvrste. To znači da se električni uređaj obloži slojem čvrste nepropusne zalivne mase koja ne dozvoljava kontakt potencijalnih uzročnika paljenja sa eksplozivnom atmosferom.

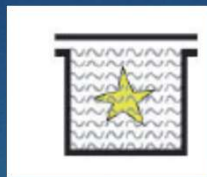
Materijali za zalivanje moraju imati dobra izolaciona svojstva. Ova vrsta zaštite može se primijeniti kod uređaja koji se u normalnim uslovima rada ne zagrijavaju i u kojima ne može doći do kratkog spoja. Ukoliko uređaj ima pokretnih dijelova, oni se prije zalivanja moraju staviti u posebno kućište da bi se obezbijedila funkcionalnost uređaja.

Prikaz Ex m zaštite dat je na slici 3.10



Slika 3.10: Izvođenje Ex m zaštite

Uranjanje u tečnosti Ex o



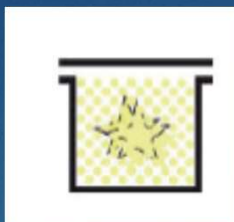
Ova vrsta zaštite izvodi se tako da se šticeći uređaj potapa u posebnu tečnost (izolaciono ulje) i na taj način se sprečava dodir eksplozivne smješe i uzročnika paljenja. Primjer su maloujni prekidači. Svaki uređaj u ovoj vrsti zaštite mora imati indikator nivoa tečnosti. Njime se određuje maksimalna i minimalna sigurnosna visina nivoa tečnosti.

Nadpritisak Ex p



Nadpritisak predstavlja zaštitu uređaja na način da je kućište pod većim pritiskom u odnosu na spoljašnju sredinu (ostvareno pomoću zaštitnog gasa unutar kućišta). Prisustvom zaštitnog gasa se sprečava prodor spoljašnje eksplozivne atmosfere u kućište uređaja. Kućište mora imati određenu mehaničku zaštitu, ali ne manju od IP 40. Uobičajeno je da se kao zaštitni gas koriste vazduh ili azot.

Punjenje pijeskom Ex q



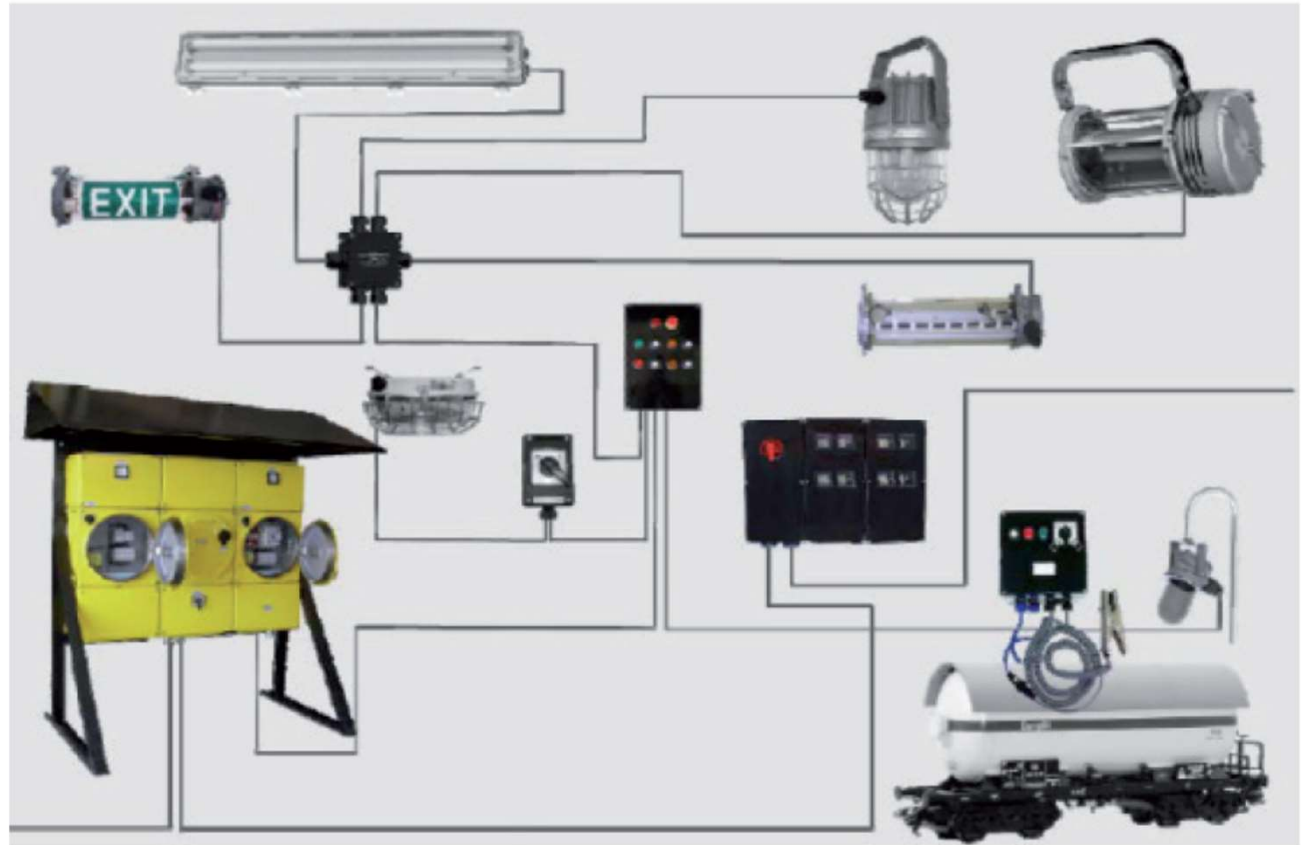
Punjenje pijeskom predstavlja zaštitu uređaja kod koga je kućište napunjeno pijeskom ili nekim drugim praškastim materijalom, čime se sprečava da bilo koji električni luk ili visoka temperatura nastala u kućištu izazove eksploziju zapaljive spoljnje eksplozivne atmosfere. Pijesak za punjenje je najčešće kvarcni pijesak čija se veličina zrna kreće od 0,25 mm do 1,6 mm. Zbog električne čvrstoće, u trenutku punjenja, pijesak ne smije da sadrži više od 0,1% vode u odnosu na ukupnu masu pijeska.

Primjer: Kao što nam je poznato, uložak topljivih osigurača punjen je kvarcnim pijeskom (kod osigurača tipa D, kao i kod NV osigurača)

Posebna vrsta zaštite Ex s

Ova zaštita se ostvaruje posebnim mjerama koje odobri Ex agencija. Odnosi se na uređaje kod kojih se ne mogu primijeniti druge zaštite (na primjer, ručne svjetiljke - rudarske svjetiljke).

Izgled jedne tipične Ex instalacije prikazan je na slici 3.11.



Slika 3.11: Primjer izgleda Ex instalacije

Sistemi napajanja za Ex prostore

Prilikom kvara električnog uređaja pri kome taj uređaj dolazi na takozvani napon dodira moguće je da pored opasnost po čovjeka izazove i paljenje eksplozivne smješe. Ova opasnost zavisi od zone opasnosti, ali i od sistema napajanja.

■ **Zona 0** – U ovoj zoni dozvoljen je isključivo IT sistem razvođenja električne energije.

Ovaj sistem pokazuje značajne prednosti u odnosu na sisteme sa direktno uzemljenom mrežom, a glavne su:

- ◆ mali napon dodira, a samim tim napon je manji od napona paljenja,
- ◆ mala strujna greška, pa je omogućen dugotrajan ispravan rad u slučaju jednostrukog kvara (pri čemu se prvi kvar signalizuje u cilju što bržeg detektovanja i otklanjanja, a samim tim se sprečava pojava drugog kvara; za tu namjenu obavezna je upotreba uređaja za kontrolu izolacije).

Nedostatak ovog sistema zaštite je neselektivnost.

■ **Zona 1** – U ovoj zoni dozvoljen je IT, TT i TN-S sistem, uz uslov da se kvar prekida u vremenu kraćem od 0,1 s.

Ovi sistemi se usvajaju kao moguća mjera zaštite od previsokog napona dodira u zoni opasnosti 1 jer je procjena da je vjerovatnoća pojave opasnog kvara istovremeno sa postojanjem eksplozivne smješe mala.

TN-C sistem zabranjen je u svim zonama opasnosti.

Zbog neravnomjernog opterećenja faza može se pojaviti struja kroz PEN provodnik, koja na otpornosti ovog provodnika stvara pad napona, koji je utoliko veći što je zvjezdište mreže udaljenije. Ovaj napon nije dovoljno veliki da izazove negativne posljedice po čovjeka u slučaju dodira kućišta, ali se stvara dugotrajna potencijalna razlika u opasnim prostorima, što je nedopustivo.

Zona 2 – U ovoj zoni pored gore navedenih sistema dozvoljava se i TN-C-S, ali samo ako je razdvajanje PEN provodnika izvedeno van zona opasnosti i ako je izvršena provjera maksimalnog napona koji se može pojaviti na uređaju u slučaju nesimetričnog opterećenja faza.

U zonama opasnosti sve metalne konstrukcije treba povezati na zajedničko glavno uzemljenje ili na dodatni sistem za izjednačavanje potencijala.

Izjednačavanje potencijala je obavezno za zonu 1 (preporučuje se i za zonu 2), osim za samosigurna strujna kola sa galvanskim odvajanjem gdje/đe nije obavezno.

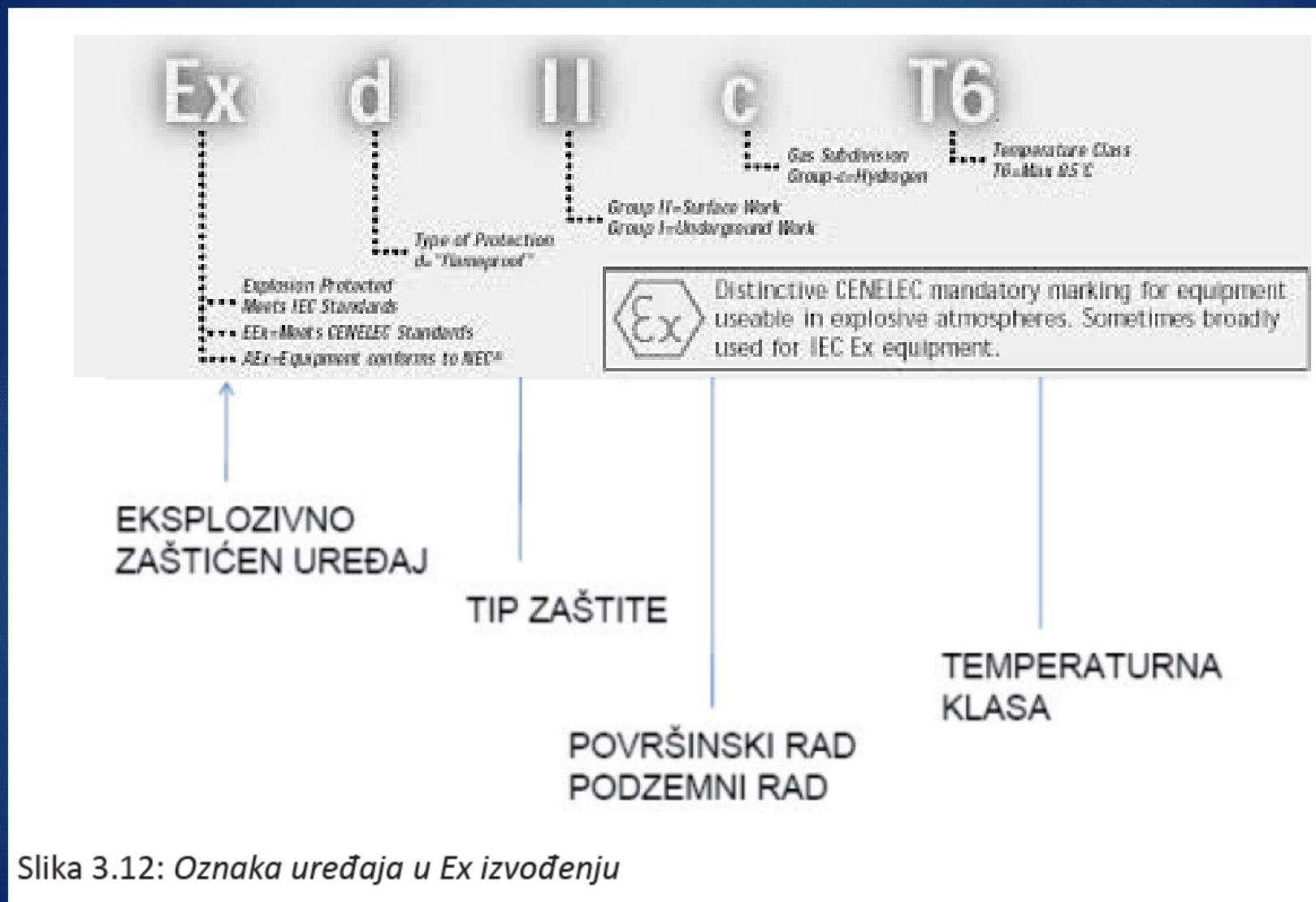
Osnove projektovanja Ex instalacija

Primarni uslov kod projektovanja električnih instalacija za Ex prostor je da one ne budu uzrok paljenja eksplozivne smješe, bez obzira da li je u pitanju normalan ili havarijski režim rada.

Polazna osnova za projekat električnih instalacija u Ex prostoru čini „elaborat o zonama opasnosti“. Ovaj elaborat izrađuje tim stručnjaka. Elaborat o Ex zonama mora sadržati:

- detaljan projektni zadatak sa svim potrebnim ulaznim podacima,
- određivanje vrste eksplozivne smješe, kao i vrijeme trajanja i koncentracije u određenom prostoru,
- detaljno određivanje zona opasnosti,
- predlozi i uputstva za ponašanje osoblja u ugroženim prostorima

Označavanje Ex uređaja po IEC standardima prikazan je na slici 3.12.



Slika 3.12: Oznaka uređaja u Ex izvođenju

Označavanje Ex zaštite prema ATEX-u na ne-električnoj opremi

Primer obeležavanja neelektrične opreme prema kategorijama

Tipski sertifikat napr. IBExU 04 ATEX 1184 X nosi sledeće oznake:

CE 0637 Ex (i) II 1 G c IIB T3

Oznaka Evropske zajednice

Identifikacioni broj sertifikacionog tela
(IBExU-0637)

Oznaka Eksplozivne zaštite

Radna sredina/
korišćenje (i) = unutrašnja
(o) = spoljna

Grupa opreme I = Rudarstvo – podzemna eksploatacija
II = ostala mesta: gasovi, pare, maglice
III = ostala mesta: prašine

Kategorija opreme M1 i 1 = vrlo visoki nivo bezbednosti
M2 i 2 = visok nivo bezbednosti
3 = normalni nivo bezbednosti

Eksplozivna atmosfera G = gasovi, isparenja, maglice
D = prašine

Vrsta protiv-
eksplozivne zaštite c = konstrukciona bezbednost
(fr, d, g, c, b, p, k)

Eksplozivna grupa I, IIA, IIB, IIC, IIIA, IIIB, IIIC

Temperaturna klasa T1, T2, T3, T4, T5, T6 ili Txx oC