

ELEKTRIČNE INSTALACIJE, skup svih stalno ugrađenih električnih vodova i pripadnih instalacijskih naprava koje se prema odgovarajućem projektu postavljaju u građevinske objekte, na neka vozila i dr., a služe bilo za priključenje stalno montiranih i prenosnih trošila električne energije na električnu mrežu, bilo za spajanje telekomunikacijskih i drugih električnih aparata među sobom i na izvor struje, bilo za zaštitno uzemljenje nekih dijelova električnih naprava i njihovih kućišta, ili za priključak gromobranskih naprava na pripadne uzemljivače. Način izvođenja električnih instalacija zavisi od namjene kojoj one treba da služe i od sredine u kojoj se one postavljaju.

Podjela električnih instalacija. Električne instalacije mogu se podijeliti prema vrsti priključenih trošila i naprava, prema njihovoj namjeni i mjestu primjene, prema načinu njihova izvođenja i prema stupnju mehaničke zaštite koji se u pojedinom slučaju primjenjuje radi sprečavanja štetnog ili opasnog djelovanja okoline na instalaciju i/ili instalacije na okolinu.

Prema vrsti priključenih trošila i naprava instalacije se dijele na instalacije jake struje, instalacije slabe struje, zaštitne instalacije i gromobranske instalacije.

Instalacije jake struje služe u kućama, tvorničkim objektima i drugdje za priključak električnih trošila na električnu mrežu ili lokalni izvor električne energije. U niskonaponskim mrežama na koje su priključene, električne instalacije upotrebljavaju se za napajanje trošila određenim standardiziranim nazivnim naponom. Najčešće se primjenjuju naponi 110, 220 i 500 V za istosmjernu struju i 110, 220 i 380 V za izmjeničnu struju. Mada u tim instalacijama vlada niski napon prema zemlji (do najviše 250 V između vodiča i zemlje), može ipak pod izvjesnim okolnostima dodir nekog dijela instalacije koji je pod naponom biti opasan za život i zdravlje, a kvar takve instalacije može prouzrokovati štetu na imovini, npr. izazvati požar. Stoga za gradnju takvih instalacija postoje vrlo detaljni propisi. Za dimenzioniranje instalacija jake struje mjerodavni su napon mreže i snaga trošilâ koja treba instalacijom napajati. Pri projektiranju takvih instalacija mora se stoga voditi računa o tome da bude presjek vodiča dovoljno velik, kako pri prolasku struje ne bi došlo do prekomjernog zagrijavanja ni do nedozvoljeno velikog pada napona između mreže i trošila.

Instalacije slabe struje služe u prvom redu za napajanje i pozivanje telekomunikacijskih uređaja (telefona, signalnih naprava, zajedničkih radio- i TV-antena i sl.), uređaja za daljinsko upravljanje, mjerjenje i obradu podataka, a ponekad i za napajanje trošilâ vrlo niskih napona. U ovim instalacijama primjenjuju se najčešće samo tzv. mali naponi (do 50 V između bilo koja dva vodiča), pa stoga dodir dijelova koji su redovito ili slučajno pod naponom nije opasan za život čovjeka. U instalacijama slabe struje obično se radi o prijenosu malih snaga, pa stoga problem dovoljnog dimenzioniranja vodiča radi sprečavanja zagrijavanja i prevelikog pada napona nije toliko značajan. Pri projektiranju slabostrujnih instalacija treba voditi više računa o mehaničkoj čvrstoći vodiča, o kvalitetnom prijenosu signala i o postizanju što niže razine električnih smetnji, prigušivanja i sl. Za razlike namjene propisani su i ovdje različiti nazivni naponi trošila, npr. za trošila priključena na transformatore za zvonca: 2, 4 i 6 V.

Zaštitne instalacije imaju zadatak da u slučaju kvara zaštite čovjeka i električne naprave od štetnog djelovanja električne struje.

To se postiže priključkom kućišta i pojedinih dijelova naprava, aparata i strojeva na nul-vodič ili zaštitno uzemljenje i nekim drugim mjerama.

Gromobranske instalacije služe za zaštitu ljudi, pojedinih predmeta, cijelih objekata i dalekovoda od štetnog djelovanja groma. To se postiže spajanjem gromobrana ili prihvativih gromobrankskih vodova s uzemljivačem (v. *Elektricitet, statički*, TE 3, str. 588, i *Dalekovodi*, TE 3, str. 144). U ovim je instalacijama važno da se vodovi, priključci i uzemljenja dimenzioniraju tako da i u najnepovoljnijem slučaju ne dođe do nedozvoljeno velikih pada napona (napona dodira, napona koraka) koji bi mogli ugroziti zdravlje i život čovjeka.

Prema namjeni i mjestu primjene razlikuju se električne instalacije u stambenim objektima, instalacije u industrijskim objektima, instalacije u poslovnim i sličnim prostorijama (kanclerijama, školama, trgovinama i dvoranama za javne priredbe gdje se skuplja mnogo ljudi, itd.), instalacije u poljoprivrednim objektima i instalacije u saobraćajnim sredstvima (na brodovima, motornim vozilima, itd.). U svim tim objektima instalacije mogu biti predviđene za napajanje osvjetljenja, elektromotornih pogona ili termičkih trošila, za mješovito opterećenje ili za priključak svijetlećih cijevi.

Prema načinu izvedbe razlikuju se danas električne instalacije s golim vidljivo položenim ili u posebne kutije zatvoreni vodičima, s vidljivo položenim izoliranim vodovima, s vidljivo položenim cijevima u koje su uvučeni izolirani vodiči, s izoliranim vodičima uvučenim u cijevi koje su položene ispod žbuke ili u žbuku, s izoliranim vodovima koji su položeni izravno u žbuku ili ispod žbuke, s izoliranim vodovima položenim u kanalima, rovovima i na posebne konstrukcije.

Konačno, električne se instalacije mogu podijeliti *prema stupnju mehaničke zaštitenosti* kako instalacijskih uređaja od štetnih utjecaja okoline (npr. vode, prašine, agresivnih kemijskih) tako i od djelovanja instalacijskih uređaja na sredinu u kojoj vladaju specifični uvjeti (npr. od iskre u kontaktu s eksplozivnoj atmosferi) i na ljude koji s njima mogu doći u doticaj.

Posebne mjere zaštite treba primijeniti npr. na instalacijama u kupalištima, u vlažnim i mokrim prostorijama i kad su instalacije izvedene u tekućinama; u prostorijama gdje može doći do mehaničkih oštećenja instalacije ili do prodora prašine, manjih i većih stranih tijela u razne dijelove instalacije; u radionicama i skladištima gdje postoji opasnost od požara, u prostorijama koje su ugrožene prisustvom eksplozivnih smjesa plinova ili prašine, u rudnicima s podzemnom eksploatacijom, u skladištima zapaljivih tekućina i barutnama, u trgovinama i izložima s lakozapaljivim materijalom; u postrojenjima gdje vlada visoka temperatura; u prostorijama s kemijski agresivnom atmosferom; na brodovima i vozilima; u operacijskim i drugim bolničkim prostorijama i u zgradama i prostorijama u kojima se skuplja velik broj ljudi, npr. u kazalištima, kinematografima i velikim trgovinama.

Pri izboru instalacijskog materijala treba voditi računa i o klimatskim područjima u kojima se izvode instalacije.

Instalacije različitih stupnjeva mehaničke zaštitenosti razlikuju se među sobom po čvrstoći izvedbe i otpornosti prema različitim utjecajima, prema stepenu zatvorenosti ili hermetičnosti, a neki su instalacijski uređaji za specijalne namjene posebno konstruirani.

ELEKTRIČNE INSTALACIJE

Elektrotehnički standardi i propisi. Stupanj mehaničke zaštite i način izvedbe instalacije koji osigurava u svakom pojedinom slučaju potrebnu zaštitu instalacije te zdravlja, života i imovine ljudi određeni su elektrotehničkim propisima. Osim toga, budući da troškovi za instalacije predstavljaju znatan dio ($\sim 25\%$) od ukupnih investicija za elektrifikaciju, treba, da bi se ti izdaci snizili, ići za masovnjom i ekonomičnjom proizvodnjom elektroinstalacijskog materijala, a to iziskuje utvrđenje i standardizaciju bitnih dimenzija pojedinih elemenata (radi njihove zamjenljivosti) te propisivanje karakteristika i mjera za osiguranje kvaliteta. Elektrotehnički propisi i standardi obavezuju proizvođače da izrađuju kvalitetan instalacijski materijal traženih karakteristika i, mada imaju u vidu pri tome postizanje maksimalne ekonomičnosti, najveću pažnju ipak poklanjamaju sigurnosti. Odredbe standarda i propisa koje se odnose na to mogu se sažeti u ove osnovne principe: dio instalacije kojemu se može slobodno pristupiti ne smije biti opasan za život i zdravlj; instalacija mora biti izvedena tako da ne može biti uništena neispravnom ili nestručnom upotreboom jer su upravo nestručnjaci najčešće korisnici električne energije koja se razvodi i privodi trošilima pomoću električne instalacije; elektroinstalacijski materijali i električni aparati široke potrošnje moraju biti izrađeni tako da se uopće ne mogu ili samo teško mogu upotrijebiti u neispravnom stanju.

Tablica 1

BROJČANE OZNAKE PRI OZNAČAVANJU STUPNJA MEHANIČKE ZAŠTITE ELEKTRIČNIH UREĐAJA PREMA PREPORUKAMA IEC

Oznaka	Stupanj mehaničke zaštite
Prva brojčana oznaka: zaštita od dodira dijelova pod naponom i od prodora stranih tijela	
0	Bez zaštite od dodira Bez zaštite od prodora stranih tijela
1	Zaštita od dodira većim površinama, npr. dlanom Zaštita od ulaza velikih čvrstih stranih tijela
2	Zaštita od dodira prstima Zaštita od ulaza čvrstih stranih tijela srednje veličine
3	Zaštita od dodira alatom ili žicom debljine preko 2,5 mm Zaštita od ulaza malih stranih tijela
4	Zaštita od dodira alatom ili žicom debljine preko 1 mm Zaštita od ulaza malih stranih tijela
5	Potpuna zaštita dijelova pod naponom Zaštita od ulaza prašine do količine koja nije štetna za rad uređaja
6	Potpuna zaštita dijelova pod naponom Potpuna zaštita od ulaza prašine
Druga brojčana oznaka: zaštita od prodora tekućina	
0	Nema zaštite
1	Zaštita od kapajuće vode
2	Zaštita od kapajuće tekućine i uz nagib kućišta do 15° prema normalnom položaju
3	Zaštita od kiše koja nema štetnog utjecaja ni kad pada pod kutom do 60° prema vertikali
4	Zaštita od vode koja prska iz svih smjerova
5	Zaštita od ulaza vode iz svih smjerova
6	Zaštita od prodora vode u kućištu na palubi broda
7	Zaštita od prodora vode kad je kućište potopljeno
8	Zaštita od prodora vode kad je kućište stavljeno pod vodenim pritisak

U Jugoslaviji izraduje elektrotehničke propise Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara, a prihvata i propisuje ih Savezni sekretarijat za privredu. Dosad je izašao niz takvih propisa, kao npr. Tehnički propis za izvođenje elektroenergetskih instalacija u zgradama (Dodatak Sl. listu br. 43/66). Elektrotehničke i druge standarde kojima se utvrđuje kvalitet i izvedba instalacijskog materijala propisuje Jugoslavenski zavod za standardizaciju. Jugoslavenskim standardima (JUS) već je obuhvaćena većina elektroinstalacijskog materijala. Za materijale koji tim standardima još nisu obuhvaćeni upotrebljavaju se u nas takoder elektrotehnički propisi i standardi drugih zemalja, najčešće propisi Društva njemačkih elektrotehničara (Verband Deutscher Elektrotechniker, VDE), njemački standardi (DIN-norme) i preporuke Međunarodne elektrotehničke komisije (International Electrotechnical Commission, IEC).

Određeni kontrolni organi (Elektroenergetska inspekcijska), a također i neka poduzeća za raspodjelu električne energije, obavljaju pregled svake električne instalacije prije njezina priključenja na električnu mrežu i tom prilikom kontroliraju da li je ona stručno i prema propisima izvedena i da li je upotrijebljen instalacijski materijal koji u svim pojedinostima odgovara važećim standardima.

Na osnovi uvjeta koji vladaju u nekoj prostoriji određuje se vrsta električne instalacije i stupanj mehaničke zaštite. Stupanj mehaničke zaštite izražava se prema preporukama IEC (publikacija 144/1963) slovima IP i dvjema brojkama, pri čemu se prva brojčana oznaka odnosi na zaštitu od dodira i prodora stranih tijela, a druga na zaštitu od prodora tekućina (tabl. 1). Npr. IP 21 znači uredaj zaštićen od dodira prstima, od ulaza čvrstih stranih tijela srednje veličine i od kapajuće vode. Instalacijski materijal i električna trošila u tom slučaju moraju biti konstruirani tako da udovoljavaju najmanje stepenu zaštite potrebnom za takve prostorije.

Jugoslavenskim standardima JUS određene su prema stupnju mehaničke zaštite od prodora vode ove izvedbe elektroinstalacijskog materijala: zaštićen od kapajuće vode (simbol sl. 1 a), zaštićen od prskajuće vode (simbol sl. 1 b) i zaštićen od prodiranja vode (simbol sl. 1 c). Njemačkim elektrotehničkim propisima VDE prostorije su radi standardizacije elektroinstalacijskog materijala klasificirane s elektrotehničkog stanovišta prema uvjetima koji vladaju u njima. Ta klasifikacija prikazana je u tabl. 2.

Klimatski uvjeti u pojedinim dijelovima svijeta (sl. 2) također u izvjesnoj mjeri utječu na konstrukciju instalacijskog materijala. To se odnosi naročito na gradiva koja se upotrebljavaju za izradu elektroinstalacijskog materijala namijenjenog za određeno područje, te kvalitet i vrstu površinske

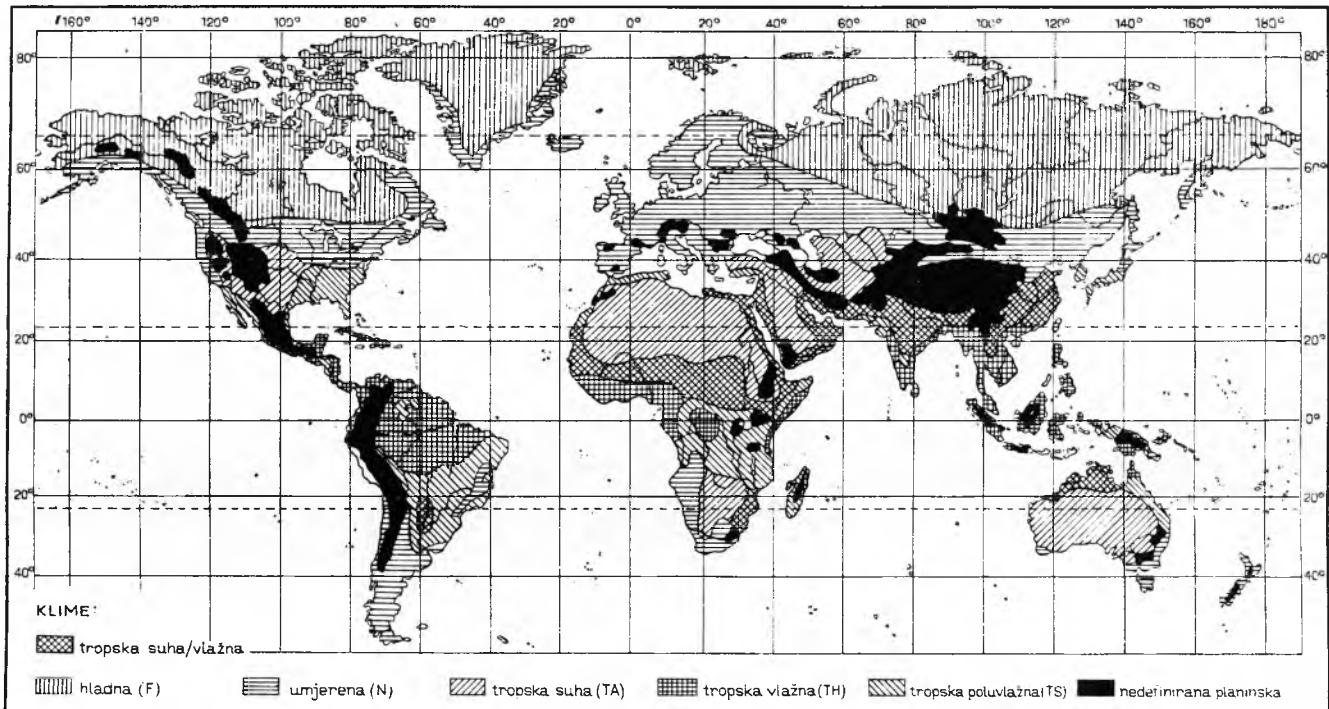


Sl. 1. Simboli za zaštićenost od vode:
a) kapajuće, b) prskajuće, c) od prodiranja vode

Tablica 2

PODJELA PROSTORIJA S ELEKTROTEHNIČKOG STANOVIŠTA prema VDE 0100/65

Vrsta prostorije	Uvjeti u prostoriji	Primjer
Električne pogonske prostorije	Namijenjene za smještaj električnih postrojenja. Dovoljen pristup samo stručnim osobama	Prostorija s razvodnim i komandnim pločama, ispitne stанице i laboratorijske
Zatvorene električne pogonske prostorije	Namijenjene za smještaj električnih postrojenja. Dovoljen pristup samo ovlaštenim stručnim osobama	Transformatorske prostorije (komore), unutrašnjost razvodnih uređaja, stupne trafo-stанице, mjerne polja itd.
Suhe prostorije	Nema kondenzirane vode i zrak nije zasićen vlagom	Uredi, sobe za stanovanje, trgovine, stubišta. Kuhinje i kupaonice smatraju se suhim prostorijama u kojima se povremeno pojavljuje vlagu
Vlažne i slične prostorije	Vлага, kemijski i slični utjecaji koji mogu štetno djelovati na sigurnost podgona	Hladnjače, silosi, velike kuhinje, vlažni podrumi, mjesta na otvorenom
Mokre i natopljene prostorije	Vлага, kemijski i slični utjecaji koji mogu štetno djelovati na sigurnost podgona. Zidovi se prskaju vodom	Praonice vozila, pivare, mljekare, galvanizacije, velike kupaonice, kemijske tvornice, itd.
Vruće prostorije	Temperatura se trajno može popeti iznad $35^\circ C$	Čeličane, tvornice stakla, plinare, itd.
Prostorije u kojima postoji opasnost od požara	Smještaj predmeta koji se mogu upaliti utjecajem električnih uređaja. Zapaljivi su predmeti koji se zapale ako su bili 10 s pod utjecajem plamena	Tvornice i skladišta papira, tekstila, jute, slame, janare, itd. Garaže
Prostorije u kojima postoji opasnost od požara	Smjesa plina ili prašine koja sa zrakom u određenom omjeru može eksplodirati pod utjecajem električnih uređaja	Kemijska industrija. Eksploatacija i prerada nafta i plina. Lakirnice i butanske stanice



Sl. 2. Klimatska područja u svijetu

obrade (zaštite) metalnih dijelova. Na primjer, bakelit (fenol-formaldehidna plastmasa), koji se upotrebljava za izradu kućišta u umjerenoj klimatskoj području, ne može se upotrijebiti u vlažnom tropskom klimatskom području jer ga uništavaju tropski mikroorganizmi.

Ukoliko više vrstā instalacija podjednako odgovara uvjetima koji vladaju u određenom objektu, presudni utjecaj na izbor vrste instalacije ima ekonomski kriterij. Ako više vrsta električnih instalacija udovoljavaju tehničkim zahtjevima, treba odabratih onu koja je najjeftinija.

ELEKTROINSTALACIJSKI MATERIJALI

Električne instalacije izgrađuju se od različnog na propisani način postavljenog i montiranog elektroinstalacijskog materijala. Taj materijal mora u svim svojim pojedinostima odgovarati važećim standardima i biti označen propisanom oznakom odgovarajućeg standarda. Prema ulozi u električnoj instalaciji elektroinstalacijski materijal može se podijeliti na vodove, materijale za polaganje vodova i kabela, osigurače, naprave za uklapanje i prekidanje strujnih krugova, priključne naprave, mjerne instrumente, te materijal za razvodne uređaje i kućne priključke.

Trošila koja se priključuju na električnu instalaciju smatraju se također dijelom instalacije, ali se ne ubrajaju u elektroinstalacijski materijal.

Premda gore iznesenoj podjeli bit će u nastavku ukratko opisan najvažniji elektroinstalacijski materijal i to uglavnom materijal koji se upotrebljava u suhim i vlažnim prostorijama; taj se najčešće i susreće u praksi. Instalacijski materijal za ostale vrste prostorija može se smatrati materijalom posebne izvedbe koji se u praksi rijede primjenjuje.

Električni vodovi. Električni instalacijski vodovi sastoje se od jednog ili više vodiča izrađenih redovito od bakra ili aluminijuma. Za zaštitne, zemljovodne i gromobranske vodove primjenjuju se često i vodiči od pocičanog čelika (trake i užad), ali za vodove položene u zemlju i za uzemljivače ne upotrebljava se aluminijum, već jedino bakar i pocičani čelik (uze, trake, cijevi i ploče). Vodovi mogu imati gole ili izolirane vodiče. Za električnu izolaciju vodiča primjenjuje se prirodna i umjetna guma (npr. polikloropren, trgovачki naziv Neopren), termoplastične tvari (npr. polietilen, polivinilklorid), impregnirani papir (prvenstveno u kabelima) i drugi izolacioni materijali. Radi zaštite od vlage i manjih mehaničkih oštećenja postavlja se oko

jednog ili više izoliranih vodiča plašt od gume, termoplastičnih materijala ili/i od metalnih (npr. olovnih) cijevi. Radi pojačanja mehaničke zaštite dodaje se ponekad izvana još i zaštitna armatura izrađena npr. od čeličnih žica ili traka.

Kabeli su električni vodovi s većim presjecima vodiča ili većim brojem žila (izoliranih vodiča, npr. telefonski kabeli). Već prema konstrukciji mogu biti otporni prema vlazi, mehaničkim oštećenjima, sposobljeni za polaganje u zemlju, itd. Za detalje v. *Električni vodovi*.

Goli vodovi upotrebljavaju se za nadzemne vodove, za dozemne vodove i za gromobranske instalacije. U unutrašnjim instalacijama oni se postavljaju samo u nekim specijalnim slučajevima (v. str. 10). Za instalacije u zgradama primjenjuju se skoro isključivo izolirani vodovi. Energetski ili telekomunikacijski kabeli zamjenjuju izolirane vodiče kad vodove treba polagati u zemlju i kabelske kanale, a ponekad i u kućnim priključcima.

Grada vodova mora biti takva da odgovara uvjetima koji vladaju u prostoriji u koju je vod položen, odnosno vrsti električne instalacije koja je odabrana. U svakom slučaju mora biti potpuno onemogućen dodir dijelova voda pod naponom.

Ako postoji opasnost od mehaničkih ili drugih oštećenja, vod ili kabel treba posebno zaštiti. Za zaštitu vodova upotrebljavaju se: cijevi od metala, plastike i sl.; metalni profili i limovi; cigle, betonske ploče i poklopci.

Nazivi i oznake električnih vodova i vodiča. Ako se električni vodovi primjenjuju za napajanje rasvjete, elektromotora i termičkih trošila električnom energijom, ili za razvod električne energije unutar objekta gdje se nalaze navedena trošila, nazivamo ih *energetskim vodovima* ili *vodovima jake struje*.

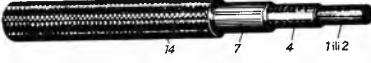
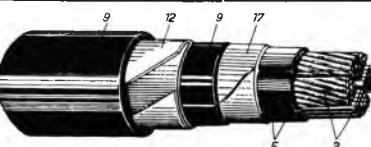
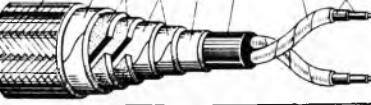
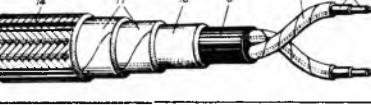
Za razvod električne energije kojom se prenose različni signalni, kao i za spoj telekomunikacijskih uređaja unutar objekta, upotrebljavaju se *telekomunikacijski vodovi* ili *vodovi slabe struje*. U telekomunikacijske vodove ubrajaju se vodovi za telefonsku instalaciju, instalacije signalizacije i daljinske komande, instalacije antena i sl.

Jugoslavenskim standardima JUS N. C0.005/1955 i JUS N. C0.006/1961 određen je *sistem označavanja izoliranih vodova i kabela za telekomunikacije i elektroenergetiku*.

Oznake izoliranih vodova jake struje po JUS čine grupe slovnih simbola (do 3 grupe) i brojeva (do 2 grupe). Prvo slovo odnosi se na područje primjene (npr. S znači vod za svjetiljke). Vodovi za opću primjenu nemaju tih slova. Druga grupa odnosi

ELEKTRIČNE INSTALACIJE

T a b l i c a 3
VAŽNIJI TIPOVI IZOLIRANIH VODOVA I KABELA ZA ELEKTRIČNE INSTALACIJE

	Oznaka po JUS	Opis i naziv	Primjena
	G	Instalacijski jednožilni bakreni vod s izolacijom od gume, npr. G 1,5 (presjek vodiča 1,5 mm²)	Za polaganje u suhim prostorijama u instalacijskim cijevima
Isto kao G samo je vodič mnogožičan	G/M	Instalacijski jednožilni mnogožični bakreni vod s izolacijom od gume, npr. G/M 2,5 (presjek vodiča 2,5 mm²)	Za polaganje u suhim prostorijama u instalacijskim cijevima gdje je potrebna veća savitljivost
	P	Instalacijski jednožilni bakreni vod s izolacijom od PVC-mase, npr. P 4 (presjek vodiča 4 mm²)	Za polaganje u instalacijske cijevi i za spojeve u razvodnim uredajima
Isto kao P samo je vodič mnogožičan	P/M	Instalacijski jednožilni mnogožični bakreni vod s izolacijom od PVC-mase, npr. P/M 25 (presjek vodiča 25 mm²)	Za polaganje u instalacijske cijevi i za spojeve u razvodnim uredajima gdje je potrebna veća savitljivost
	G/A	Instalacijski bakreni vod otporan prema atmosferskim uvjetima s izolacijom od gume, a izvana zaštićen omotom impregniranog papira, gumirane trake i impregniranog pamučnog opleta, npr. G/A 10 (presjek vodiča 10 mm²)	Za priključak zgrade (kućni uvod) na nadzemnu gradsku mrežu i za polaganje u vlažnim prostorijama
	PP/R	Instalacijski dvo- ili trožilni vod s razmaknutim žilama, izolacija i plašt od PVC-mase, npr. PP/R 3 x 2,5 (tri vodiča presjeka 2,5 mm²)	Polaže se izravno u ili pod žbuku, a upotrebljava se s posebnim instalacijskim materijalom
(00) Konstrukcija bez posebnog obilježja	PP 00	Dvo- do četvorozilni kabel s izolacijom i plaštom od PVC-mase i s bakrenim vodičima, npr. PP00 4 x 4 (četiri vodiča presjeka 4 mm²)	Polaže se u kabelske kanale i na čelične konstrukcije
	PP 41	Dvo- do četvorozilni kabel s bakrenim vodičima, s izolacijom i plaštom od PVC-mase, armaturom od dvije čelične trake i vanjskim plaštom od PVC-mase, npr. PP 41 3 x 25 + 16 mm² 1 kV (tri vodiča presjeka 25 mm² i jedan presjeka 16 mm², nazivni napon 1 kV)	Za polaganje u kabelske kanale i na čelične konstrukcije
	GO 12	Instalacijski kabel (2-4 žile) s bakrenim vodičem, izolacijom od gume, olovnim bešavnim plaštom, armaturom i tekstilnim impregniranim opletom, npr. GO 12 4 x 35 (četiri vodiča presjeka 35 mm²)	Vlažne prostorije s mogućnošću mehaničkih opterećenja. Polaže se u kabelske kanale i na čelične konstrukcije pomoću odstojnih obujmica. Ne polaže se u zemlju
	GO 02	Instalacijski kabel (2-4 žile) s bakrenim vodičem, izolacijom od gume, bešavnim olovnim plaštom i s impregniranim opletom preko okova, npr. GO 02 4 x 10 (četiri vodiča presjeka 10 mm²)	Polaže se u vlažnim prostorijama na odstojne obujmice ili na čelične konstrukcije. Ne polaže se u zemlju
	TI 20	Telefonska instalacijska žica s izolacijom od PVC-mase, npr. TI 20 - 2 x 0,6 (jedna parica = dvije použene izolirane žice — promjer vodiča 0,6 mm)	Polaže se u instalacijske cijevi za napajanje telekomunikacijskih uređaja u zgradama
Pojedinačna žica iz TI 20	TM 20	Telefonska montažna žica s izolacijom od PVC-mase, npr. TM 20 0,5 žuta (promjer vodiča 0,5 mm)	Za unutarnje veze i medusobno vezivanje telekomunikacijskih uređaja
	GI/P	Použeni (uvijen od više žila) bakreni vodič s izolacijom od gume, prevučen tekstilnim upredenim plaštom, npr. GT/P 2 x 0,75 (dvije žile presjeka 0,75 mm²)	Za priključak manjih prenosnih netermičkih trošila bez mehaničkog opterećenja u suhim prostorijama
	GT	Okrugli vod (2-3 žile) s bakrenim finožičnim vodičem, s izolacijom od gume i tekstilnim plaštom, npr. GT 2 x 1 (dvije žile presjeka 1 mm²)	Za priključak manjih prenosnih netermičkih trošila bez mehaničkih opterećenja u suhim prostorijama
	GG/L	Laki vod (2-4 žile) s finožičnim bakrenim vodičima s izolacijom i plaštom od gume, npr. GG/L 4 x 0,75 (četiri žile presjeka 0,75 mm²)	Za priključak manjih pokretnih trošila bez većih mehaničkih opterećenja
Isto kao GG/L samo s debljom izolacijom	GG/J	Pojačani vod (2-5 žila) s finožičnim bakrenim vodičima s izolacijom i plaštom od gume npr. GG/J 3 x 2,5 (tri žile presjeka 2,5 mm²)	Za priključak većih pokretnih trošila s mogućim većim naprezanjima
	GG	Teški gumeni vod (2-5 žila) s bakrenim vodičima izoliranim gumom i gumiranim trakom s dva gumenih plašta	U vlažnim prostorijama i na slobodnom, za pogone većih naprava ili s velikim mehaničkim opterećenjem

Brojčane oznake na slikama vodova i kabela: 1 žica od bakra, 2 uže od bakra, 3 finožično uže od bakra, 4 izolacija od gume, 5 izolacija od PVC-mase, 6 unutarnji gumeni plašt, 7 gumirana tekstilna traka, 8 gumeni plašt, 9 plašt od olova, 11 impregnirani papirni omotači; 12 armatura, čelične trake premazane asfaltnom masom; 13 pamučni oplet, 14 impregnirani pamučni oplet 15 pamučni uložak, 16 impregnirani tekstilni omot, 17 ispluna

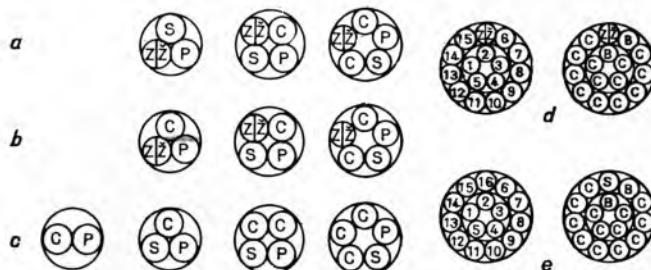
ELEKTRIČNE INSTALACIJE

5

se na materijal izolacije (prvo slovo) i materijal plašta (drugo slovo). Tako znači npr. G guma, P polivinilklorid, O olovni plašta, T tekstil, itd. Iduća grupa dolazi iza kose crte i odnosi se na konstrukciju ili primjenu (J jača konstrukcija, L laka konstrukcija, M mnogožičan, O ojačan, R s razmaknutim žilama, itd.). Zatim slijedi oznaka materijala i oblika (bakar bez oznake, A za aluminijum, S za sektorski oblik) te broj vodiča i njihova presjeka. Označavanje kabela JUS posebno propisuje; ono se razlikuje od označavanja izoliranih vodova. Oznake, nazivi i primjene vodova i kabela za električne instalacije navedeni su u tabl. 3. Za detalje v. članak *Električni vodovi*.

Pojedini vodiči vodova jake struje upotrebljavaju se (s elektrotehničkog stanovišta) u različite svrhe i zbog toga se razlikuju nazivaju. *Glavni (ili fazni) vodič* povezuje izvor električne energije i trošilo. Taj vodič nije spojen na nultu tačku ili zvjezdiste. *Neutralni vodič* priključen je u trofaznom sistemu na nultu tačku ili zvjezdiste, a u istosmjernom sistemu na srednju tačku. *Nul-vodič* je direktno uzemljen neutralni vodič upotrijebljeni u slučajevima kad se kao zaštita od previsokog napona dodira primjenjuje nulovanje. Zaštitni se vodič ne ubraja u strujni krug trošila jer spaja vodljive dijelove uređaja koji normalno nisu pod naponom i povezuje ih sa zaštitnim sistemom (uzemljenje, nulovanje, itd.).

Radi lakše montaže i izbjegavanja nesporazuma koji mogu nastati eventualnom zamjenom vodiča pri njihovom spajaju, vodiči se obilježavaju bojom ili brojevima (sl. 3). Vodič obilje-



Sl. 3. Obilježavanje vodiča bojama i brojkama prema standardu JUS N. 0010. a Izolirani savitljivi vodovi sa 2-5 žila, sa zaštitnim vodičem, b izolirani instalacioni vodovi sa 2-5 žila, sa zaštitnim vodičem, c izolirani vodovi sa 2-5 žila, bez zaštitnog vodiča, d dva načina obilježavanja vodiča u izoliranim vodovima i kabelima sa 6 i više žila, sa zaštitnim vodičem, e isto bez zaštitnog vodiča. Z/Z (zeleno-žuto), S smeđe, P plavo, C crno, B bijelo

žen kombinacijom zelene i žute boje upotrebljava se isključivo u zaštitnoj funkciji, svjetloplavo obilježen je neutralni vodič ili fazni vodič u vodu bez neutralnog vodiča. Vodovi sa više od 5 žila mogu se obilježavati i brojkama počevši od središta; vodiči tada imaju svi crnu izolaciju, osim zaštitnog (ako ga ima), koji se nalazi u vanjskom sloju.

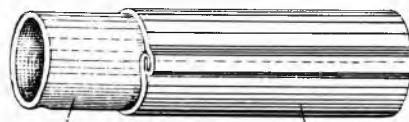
Mjere kojih se treba pridržavati pri polaganju vodova električnih instalacija u zgradama jesu ove: spojna i odvodna mesta moraju biti izolirana izolacijom bar istog stepena sigurnosti kao i vodiči; vodiči se smiju spajati i odvajati samo u razvodnim kutijama; vodiči se smiju među sobom spajati isključivo stezalkama, vijčanim spojnicama ili zakovicama; priključivanje vodiča na trošila, aparate, sabirnice i sl. treba izvoditi vijcima. Višežilni vodiči presjeka preko 6 mm² i jednožilni presjeka preko 16 mm² priključuju se na trošila samo kabelskim stopicama; u višežilnom izoliranom vodu, kabelu ili instalacijskoj cijevi mogu biti vodiči jednog strujnog kruga; metalne cijevi, metalni plaštevi, armature kabela i sl. ne smiju se upotrebljavati kao povratni, zaštitni, nulti ili zemljovodni vodiči; ako vod prolazi kroz zid između prostorija u kojima vladaju različiti uvjeti, vod koji udovoljava težim uvjetima mora doprijeti sve do u prostoriju s blažim uvjetima.

Materijal za polaganje vodova. Za nošenje, pričvršćenje i grananje vodova kao i za njihovu zaštitu od mehaničkih i koroziskih oštećenja služi određeni instalacijski materijal, u koji se ubrajuju instalacijske cijevi, instalacijske kutije, pribor za instalacijske cijevi, obujmice, kabelske uvodnice i čepovi.

Instalacijske cijevi služe u električnim instalacijama za držanje i zaštitu izoliranih električnih vodova koji se u njih uvlače. Danas se upotrebljavaju nemetalne, metalne s nemetalnom podstavom i čisto metalne instalacijske cijevi.

Nemetalne i metalne instalacijske cijevi s izoliranim podstavom koje treba da pružaju vodovima električnu zaštitu i zaštitu od umjerene vlage i slabijih mehaničkih utjecaja nazivaju se *izolacijskim cijevima*. U njih se ubrajuju instalacijske obložene cijevi, instalacijske čelične oklopne cijevi i instalacijske cijevi bez metalnog plašta.

Instalacijske obložene cijevi (Bergmannove cijevi) sastoje se od impregnirane papirne cijevi prevučene izvana čeličnim zaštitnim limom s preklopom (sl. 4). One služe za električne instalacije u suhim prostorijama, a polažu se ispod žbuke ili na



Sl. 4. Instalacijska obložena cijev: 1 impregnirani papir, 2 limeni oblog sa šavom

zid. *Instalacijske čelične oklopne cijevi* (Stapa-cijevi) imaju impregniranu papirnu podstavu u glatkoj lakiranoj čeličnoj cijevi. One pružaju vodičima povećanu mehaničku zaštitu a polažu se izvana na zid ili strop, na željezne konstrukcije i na strojeve, također se ukopavaju u pod ili zalijevaju u beton. *Instalacijske cijevi bez metalnog plašta* izrađuju se od impregniranog papira ili od plastičnih masa, a polažu se pod žbuku, u žbuku, a neke plastične cijevi (tzv. tip A) i na žbuku. One služe samo za električnu zaštitu, ali štite i od umjerene vlage i prašine.

Na mjestima gdje je potrebna posebno jaka mehanička zaštita upotrebljavaju se tzv. *zaštitne cijevi*, među koje idu *čelične cijevi s preklopom* (tzv. Pešelove cijevi), izradene od lakiranog čeličnog lima bez unutarnje izolacije; *plinske cijevi* crne, pocinčane ili s premazom protiv korozije i *čelične savitljive cijevi* za instalacije koje su pomicne.

Broj vodiča koji se smiju uvući u instalacijsku cijev određenog unutrašnjeg promjera zavisi od presjeka vodiča, tipa cijevi i o tome da li je cijev položena ispod ili iznad žbuke. Za instalacijske obložene cijevi prikazano je to, primjera radi, u tablici 4.

T a b l i c a 4

IZBOR UNUTARNJEG PROMJERA INSTALACIJSKIH CIJEVI
(prema JUS N. El.008/1966 i JUS N. B2.900/1952)

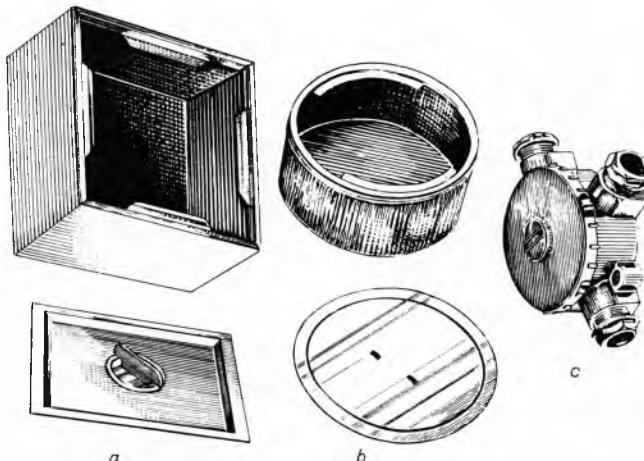
Presjek vodiča mm ²	Najveći broj vodiča koji se može smjestiti u cijevi unutarnjeg promjera (u mm)					
	11	13,5	16	23	29	36
1,5	3	5	6	—	—	—
2,5	2	3	5	6	—	—
4	—	2	4	6	—	—
6	—	—	3	6	—	—
10	—	—	—	4	6	—
16	—	—	—	3	5	6
25	—	—	—	—	3	5
35	—	—	—	—	2	4
50	—	—	—	—	—	3

Vodiči za elektrokomunikacije						
d — promjer vodiča. Tablica vrijedi za vodiče promjera do 1 mm.						
1 × d	2	5	8	16	20	30
2 × d	1	2	4	7	10	19

NAPOMENE: Ova tablica odnosi se na instalacijske obložene cijevi. Vodiči koji se uvlače u cijev mogu biti izolirani gumom ili plastičnim masama, višežilni ili jednožilni.

Instalacijske kutije su okruglog ili četvrtastog oblika (sl. 5), a izrađuju se od čeličnog lima ili neke plastične mase. Na tržištu postoji širok assortiman takvih kutija. Prema namjeni one se dijele na: razvodne, montažne i univerzalne. Razvodne kutije

ELEKTRIČNE INSTALACIJE



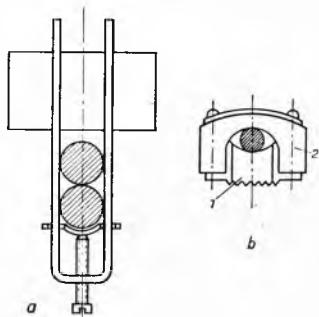
Sl. 5. Instalacijske kutije: a četvrtasta limena, b okrugla limena, c plastična razvodna kutija za vlažne prostorije

imaju poklopac i služe za nastavljanje i grananje instalacijskih cijevi i izoliranih vodiča. One se postavljaju otprilike na svakih 6 m trase i olakšavaju uvlačenje vodova u cijevi. Montažne kutije nemaju poklopac a služe za ugradnju priključnika, sklopki i sličnih naprava. Razvodne kutije izvode se također za različite stupnjeve mehaničke zaštite. Za grananje i nastavljanje vodova u električnim instalacijama u vlažnim i mokrim prostorijama upotrebljavaju se razvodne kutije sa stupnjem mehaničke zaštite IP 55 (tzw. razvodna kutija OG, v. sl. 25).

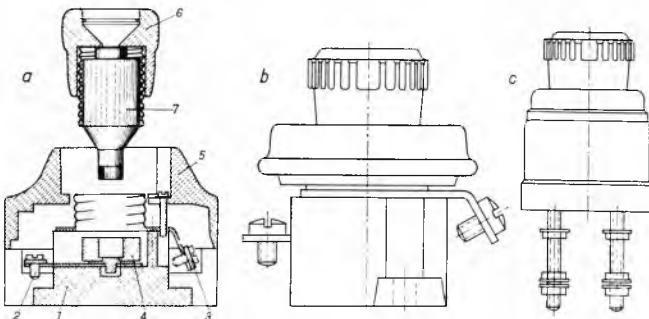
Pribor za instalacijske cijevi sastoje se od: obujmica za učvršćenje cijevi, lulā i uvdnicā ili krajnicā za završetak cijevi, spojnicā ili kolčakā za spajanje cijevi i lukova, koljenā ili T-komadā za oštra koljena vidljivo položenih cijevi.

Obujmice za vodove služe za pričvršćivanje izoliranog voda ili kabela na zid ili metalnu konstrukciju (sl. 6, a v. i sl. 25); kabelskim uvodnicama uvode se kabeli ili izolirani vodovi u razvodne uređaje i instalacijske kutije, a čepovima se zatvaraju nepotrebni uvodi, da bi se održao odgovarajući stepen zaštite od prođora stranih tijela.

Osigurači su električni zaštitni uređaji koji automatski prekidastrujni krug koji zaštićuju, čim jakost struje u njemu kroz određeno vrijeme prekorači dozvoljenu vrijednost (koja je veća od nazivne jakosti struje osigurača). Do nedozvoljenog povećanja jakosti struje može doći zbog kvara na električnoj instalaciji ili trošila (npr. zbog probroja izolacije, kratkog spoja)



Sl. 6. Obujmice za držanje izoliranih vodova i kabela: a bakebitna; b nepomični dio učvršćen na podlogu jednim vijkom, 2 pomični dio koji steže kabel s dva vijka



Sl. 7. Osigurači tipa D. a Podnožje (univerzalno) za priključak s prednje strane, b podnožje za ugradnju, c podnožje za priključivanje sa stražnje strane; 1 keramička podloga, 2 dovodna spona, 3 odvodna spona, 4 kalibarski prsten, 5 porculanski poklopac, 6 glava osigurača, 7 umetak osigurača

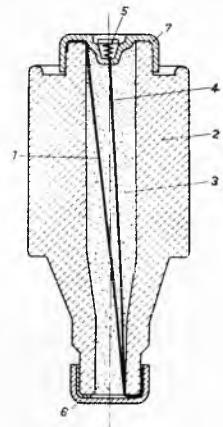
ili zbog priključenja trošila prevelike snage. Pri tome je važno da osigurač dovoljno brzo prekine strujni krug. Ako naiće struja prevelike jakosti teče nedozvoljeno dugo, dolazi do zagrijavanja vodiča u vodovima instalacije, a eventualno i žicu u namotima aparata i strojeva, što sve dovodi do kvara izolacije, požara i drugih šteta.

U kućnim, tvorničkim i sličnim instalacijama upotrebljavaju se osigurači u kojima se strujni krug prekida time što se pri prolazu prejake struje rastali žica kroz koju teče pogonska struja (*rastalni osigurači*). Rastalni se osigurači dijele na instalacijske osigurače s taljivim umetkom i osigurače velike prekidne moći.

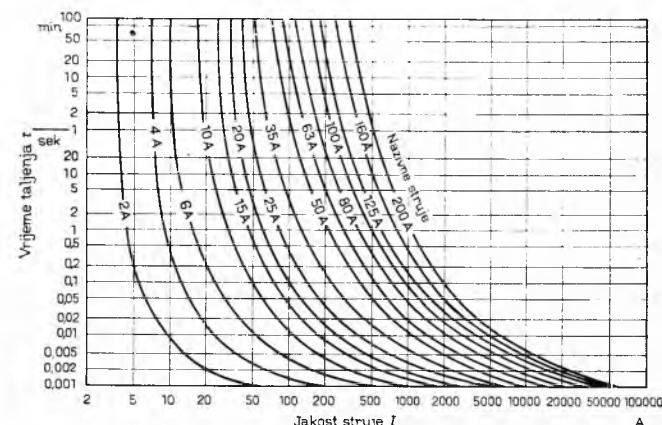
Instalacijski osigurači s taljivim umetkom u praksi se najčešće primjenjuju. Tip B tih osigurača sastoje se od osnove, kape i taljivog umetka, tip D ima osim toga i kalibarski prsten. Osnove se izrađuju u tri izvedbe (UZ, EZ i TZ) koje su predviđene za različne načine montaže (sl. 7). Konstrukcija umetka (uloška, patrona) prikazana je na sl. 8. Kao taljivi dio umetka služi najčešće srebrna žica određenog presjeka. Ona se pri prejaku struci rastali i time prekine strujni krug. Pri tome otpadne obojena pločica (okce) 5 i time pokazuje da je umetak pregorio. Kalibarski prsten koji se uvija u osnovu instalacijskih osigurača tipa D onemogućava umetanje taljivog umetka veće nazine jakosti struje nego što je predviđena, jer su za umetke veće nazine jakosti struje propisani i veći promjeri podnožnog kontakta umetka.

Za pojedine primjene potrebni su osigurači s različitim vremenom isključenja; stoga se izrađuju tzv. tromi taljivi umeci (symbol v. sl. 10) i brzi taljivi umeci. Zavisnost vremena koje je potrebno za aktiviranje instalacijskog osigurača od jakosti struje prikazuju karakteristike osigurača na sl. 9 i 10.

Prema JUS N. E5.005/1962, standardni nazivni naponi tih tipova osigurača jesu: 250 V za tip B i 500 V za tip D. Osnove, kalibarski prstenovi i kape osigurača tipa D izrađuju se prema JUS za ove nazivne struje: D II do 25 A, D III do 63 A, D IV do 100 A i D V do 200 A.



Sl. 8. Presjek umetka (patrone) osigurača. 1 Topljiva žica, 2 valjak od stakla, 3 kvarcni pjesak, 4 zatezna žica za signalno okce, 5 okce s oprugom, 6 podnožni kontakt na vratu umetka, 7 gornji kontakt



Sl. 9. Karakteristike osigurača s brzo taljivim umetkom

Taljivi umeci osigurača moraju biti građeni tako da je uvijek (bez odvijanja) vidljiva karakteristična boja i da imaju uređaj koji pokazuje kada je taljivi umetak prekinut. Standardne nazivne struje rastalnih umetaka instalacijskih osigurača i karakteristične boje za pojedine nazivne struje prikazuju tablica 5. Taljivi se umetak prema propisima ne smije popravljati pošto se prekine, nego se cijeli mora zamijeniti novim.

Osigurač se priključuje na mrežu tako da se izvor napona priključi na stezaljku direktno spojenu s kalibarskim prstenom.

ELEKTRIČNE INSTALACIJE

7

Niskonaponski rastalni osigurači velike prekidne moći sastoje se od osnove u koju se ulošci stavlaju uticanjem pomoću nožastih kontakata. To su većinom tromi osigurači za zaštitu kabela, vodova i mreža od prejake struje. Ispravno upotrijebljeni, oni se ponašaju selektivno u zvjezdastim i motornim mrežama.

Smještaj osigurača. Osigurači se postavljaju u električnim instalacijama prema načelima iznijetim u nastavku. Osigurač se mora postaviti na početku svakog neuzemljenog vodiča (npr. na početku svakog faznog vodiča), na mjestima gdje se mijenja presjek vodiča ili gdje se prelazi na odvojak s manjim presjekom. Iznimno se na priključima zgrade odvojak može osigurati na ulazu u zgradu. Ako je duljina vodiča promijenjenog presjeka manja od jednog metra, nije potrebno osigurati je. Osigurači trošila s promjenljivom strujom (npr. motora) postavljaju se neposredno ispred samog trošila. Inače se osigurači obično postavljaju centralizirano za više krugova, na pristupačnom mjestu.

Zabranjeno je postavljati osigurače u vodove za pogonsko uzemljenje, u nul-vodiče višefaznih vodova, u krugove gdje bi pregaranjem osigurača moglo doći do neke štete ili opasnosti (npr. u uzbudnom krugu porednog motora, zbog povećanja brzine okretanja pri prekidu). Osigurači se ne smiju montirati u blizini lako zapaljivih predmeta.

U strujnom krugu od izvora električne energije do trošila osigurači postavljeni su na svim onim mjestima na kojima se vodovi mreže i instalacije granaju. Nazivna struja svih tih osigurača mora opadati od izvora prema trošilu. Pojavi li se u instalaciji ili trošilu struja veća od nazivne, mora se najprije akti-

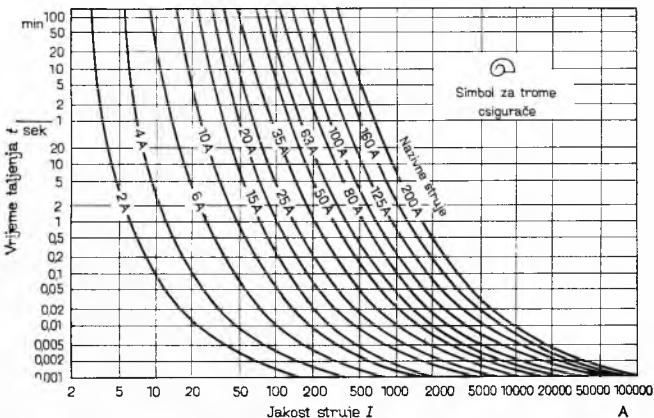
Tablica 5

STANDARDNE NAZIVNE STRUJE RASTALNIH UMETAKA INSTALACIJSKIH OSIGURAČA I PRIPADAJUĆE KARAKTERISTIČNE BOJE prema JUS N. E5.005/1962

Rastalni umeci tipa B		Rastalni umeci tipa D	
Nazivna struja	Boja	Nazivna struja	Boja
—		2	ružičasta
5	bijela	4	smeđa
10	zeleni	6	zeleni
16	plava	10	crvena
—		16	siva
31,5	crvena	20	plava
63	purpurna	25	žuta
—		35	crna
—		50	bijela
—		63	bakrena
—		80	srebrena
—		100	crvena
—		125	žuta
—		160	bakrena
—		200	plava

virati osigurač koji je najbliži mjestu kvara, tj. uzroku povećanja struje. Ako taj osigurač iz bilo kojih razloga ne reagira na povećanu struju, mora se aktivirati prvi poslije njega idući vodičem od mesta uzroka povećanja struje prema izvoru napajanja. To se naziva *selektivnošću* zaštite osiguračima.

Naprave za uklapanje strujnih krugova. Sklopke, prekidači, sklopniči, tipkala i rastavljači u različitim izvedbama na-



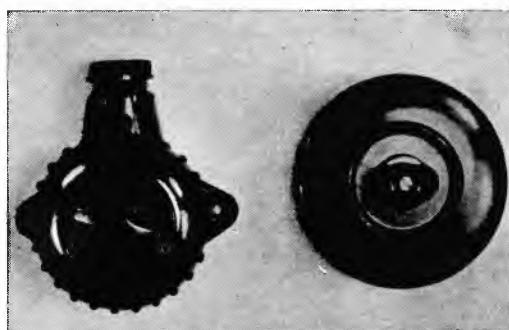
Sl. 10. Karakteristike osigurača s trmom talijivim umetkom

Tablica 6
OSNOVNI SPOJEVI INSTALACIJSKIH SKLOPKI

Naziv sklopke	Grafički simbol	Pregibne sklopke	Okretnye sklopke
Jednopolna			
Dvopolna			
Serijska			
Izmjenična			
Križna			

zivaju se elektroinstalacijskim materijalom za uklapanje strujnih krugova. U električnim instalacijama, uključujući razvodne uređaje, upotrebljava se široki assortiman tih materijala. Ovi materijali izvode se za polaganje u sve vrste prostorija. Izvode se najčešće za nazivni napon 500 V, a jakost struje koje se mogu uklapati pojedinim tipovima prelazi 1000 A.

Sklopke služe za uklapanje i isklapanje strujnih krugova pod opterećenjem do nazivne struje. Pod tim imenom najčešće se razumijevaju instalacijske sklopke koje se primjenjuju u električnim instalacijama u stambenim i sličnim objektima. Nazivne



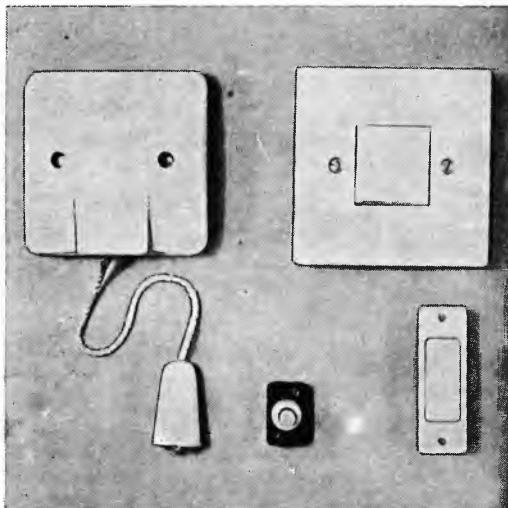
Sl. 11. Instalacijske okretnye sklopke. Desno: za ugradnju; lijevo: okretna sklopka za vlažne prostorije

struje instalacijskih sklopki ne prelaze 25 A. U instalacijske sklopke ne ubrajaju se sklopke koje se ugrađuju u aparate za domaćinstvo, u radio i TV-uredaje, automatske sklopke, ni sklopke specijalne izvedbe za vozila, brodove ili eksplozivne atmosfere.

Sklopniči ili kontaktori su elektromagnetske sklopke za dajinsko uključivanje trošila. O njima v. članak *Električni sklopni aparati*.

ELEKTRIČNE INSTALACIJE

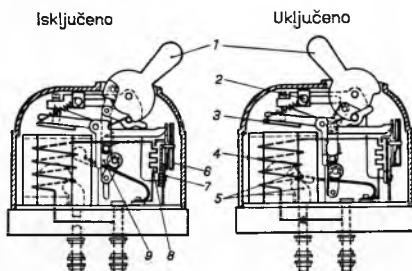
Tablica 6 prikazuje osnovne spojeve različnih vrsta instalacijskih sklopki. Prema načinu rukovanja sklopke mogu biti okretne (sl. 11), pregibne s tipkom, pritisne (s dugmetom), potezne (sl. 12) i sklopke-tipkala. U porodicu sklopki ubrajaju se i konstrukcije sklopki za nazivne struje do približno 1000 A koje služe za upotrebu u razvodnim uređajima. Ove sklopke nazivaju se *teretni sklopkama*, a susreću se u izvedbama kao polužne sklopke, paket-sklopke i grebenaste sklopke (v. *Električni sklopni aparati*).



Sl. 12. Instalacijske sklopke. U gornjem redu: potezna i s pregibnom tipkom; u donjem redu: pritisna i pregibna za ugradnju u razvodne uređaje

Prekidač je sklopni aparat koji osim struja pod normalnim uvjetima može uklapati i prekidati također struje kratkog spoja do svoje nazivne uklopne odn. prekidne moći. U električnim instalacijama upotrebljavaju se prekidači s nazivnim naponima do 500 V. Prekidači se najčešće izvode kao instalacijski prekidači, motorski zaštitni prekidači i prekidači s posebnom namjenom.

Instalacijski prekidači (tzv. automati) imaju obično osim bimetallnog okidača, koji se u slučaju prejake struje polaganog zagrijava i aktivira tek nakon određenog vremena, još i elektromagnetski okidač koji u slučaju kratkog spoja odmah isklopi osigurani



Sl. 13. Shematski prikaz instalacijskog prekidača.
1 Ručica, 2 regulacijski vijci za brzinu elektromagnetskog isključivanja, 3 kotva elektromagneta, 4 namot, 5 kontakti, 6 regulacijski kotur za termičko sporo isključivanje, 7 bimetalna traka, 8 otpornik za grijanje bimetalne trake koja ostvaruje termičko isključivanje, 9 koljenasta poluga

krug (sl. 13). Prema jakosti struje pri kojoj se aktiviraju, elektromagnetski okidači svrstavaju se u tri vrste (tip H aktivira se pri struci od $2 \cdots 3 I_n$, tip L pri $4 \cdots 6 I_n$, a tip G pri $8 \cdots 12 I_n$, gdje I_n znači nazivnu struju prekidača).

Prema načinu ugradnje instalacijski se prekidači dijele na takve koji se za stalno ugrađuju (sl. 14) i na zamjenljive prekidače koji se uvijaju u osnovu prekidača s navojem E 27 (sl. 15) ili su napravljeni za uticanje.

Na instalacijskim prekidačima mora biti lako uočljivo da li je prekidač uključen ili isključen.

O motornim zaštitnim prekidačima v. članak *Električni sklopni aparati*.



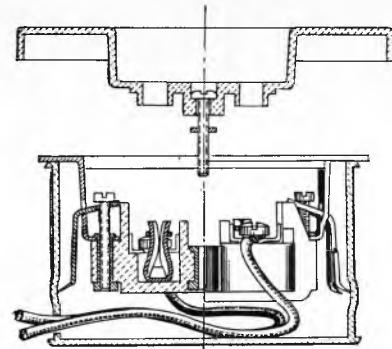
Sl. 14. Instalacijski prekidač za trajno ugradivanje



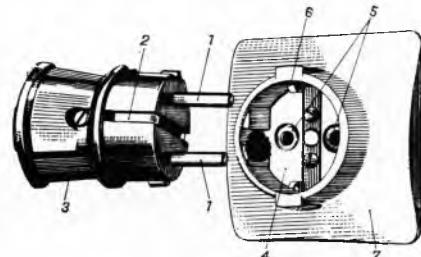
Sl. 15. Instalacijski prekidač za uvođenje u osnovu osigurača

Prekidači s posebnom namjenom upotrebljavaju se npr. pri provođenju zaštite od prevelikog napona dodira. U praksi se nalaze pod imenom zaštitne naponske i zaštitne strujne sklopke ili diferencijalni prekidači (v. str. 16).

Tipkalo je električni aparat koji služi za ručno kratkotrajno spajanje ili prekidanje kontakta. Struje koje se prekidačem tipkalom ne prelaze 10 A. U kućnim instalacijama tipkalo se najčešće upotrebljava pri rasvjeti stubišta, pri signalizacijama u stambenom objektu i sl. U industrijskim instalacijama tipkalom se upravlja tehničkim procesom i rasvjetom, obavlja se signalizacija, itd.

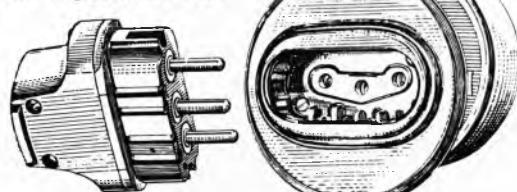


Sl. 16. Priključnica, dvopolna, za domaćinstvo (za postavljanje u zid)



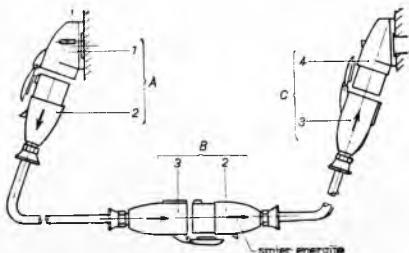
Dvopolna priključnica i utikač (za montažu u zid). 1 Kontaktni čep, 2 zaštitni kontakt, 3 poklopac (rukohvat) utikača, 4 porculansko ili stakleno podnožje, 5 kontaktna košuljica, 6 opružni kontakti zaštitnog priključka, 7 kapa priključnice

Tropolni utikač i priključnica za postavljanje u zid



Sl. 17. Priključnice i utikači sa zaštitnim kontaktom

Priklučne naprave jesu instalacijski materijal koji služi za to da se pomoću gajtana u postavi električna veza između čvrsto postavljene električne instalacije i prenosnih trošila. Među njih se ubrajaju *priklučnice* (priklučnice za ugradnju u zid, priključnice za prigradivanje na zid, prenosne priključnice), *natikači*, *utikači* i *utikač za naprave (aparate)*. Prema konstrukciji i namjeni dijele se na priključne naprave za domaćinstva i slične svrhe (JUS N. E.0.350, slika 16 i 17) i priključne naprave za industrijske svrhe (JUS N. E.3.605, sl. 18). U pogledu zaštite od prodora vlage priključne naprave mogu biti nezaštićene (obične), zaštićene od kapajuće vode (simbol v. sl. 1 a), zaštićene od prskajuće



Sl. 18. Priklučne naprave za industrijske svrhe.
A spojnica za mrežu, B spojnica na vodu, C
spojnica za napravu; 1 priključnica, 2 utikač,
3 natikač, 4 utikač za napravu

vode (simbol v. sl. 1 b), zaštićene od prodiranja vode (simbol v. sl. 1 c, samo za industrijske svrhe), a prema mogućnostima zaštite od prevelikog dodirnog napona na priključne naprave bez zaštitnog uzemljenja (samo za suhe prostorije) i priključne naprave s kontaktima za zaštitno uzemljenje (v. sl. 17).

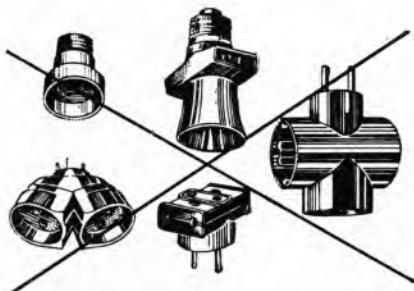
Tablica 7

NAZIVNI NAPONI I STRUJE ZA PRIKLJUČNE NAPRAVE

Vrsta priključnog pribora	Naponi	Struje
Za domaćinske i sl. svrhe	250, 380, V	10, 15, 25 A
Za industrijske svrhe	42, 250, 500, 750	16, 32, 63, 125 i 200 A

Nazivne vrijednosti priključnih naprava prema Jugoslavenskim standardima prikazane su u tabl. 7.

Priklučne naprave čija je upotreba opasna i zabranjena pokazuju sl. 19.



Sl. 19 Priklučne naprave čija je upotreba opasna i zabranjena

Razvodni uređaji su naprave koje služe za razvođenje ili grananje električnih vodiča. U njih se ugrađuju i odgovarajući električni aparati i instrumenti, tako da se u njima ujedno vrši osiguranje vodiča, kontrola rada uređaja i upravljanje uređajima koji su priključeni na vodove što izlaze iz razvodnog uređaja. Sastavnim dijelom električne instalacije smatraju se samo razvodni uređaji s pogonskim naponom do 250 V prema zemlji.

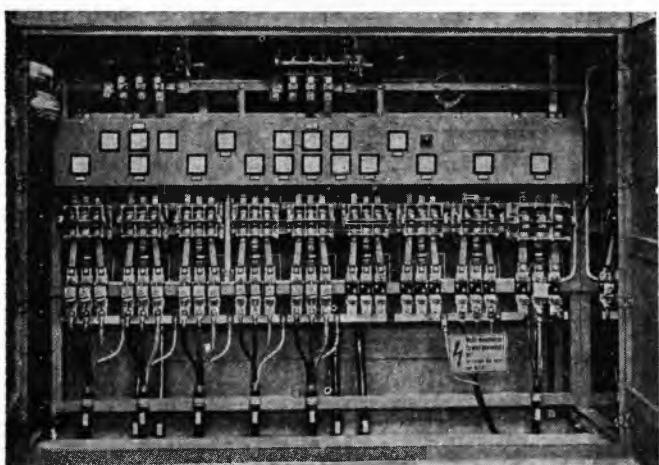
Konstrukcija razvodnog uređaja mora biti takva da u određenim uvjetima smještaja pruža dovoljnu zaštitu od prodora stranih tijela i vode do aparata i instrumenata koji su ugrađeni u razvodni uređaj. Sabirnice razvodnog uređaja moraju biti odabrane



Sl. 20. Razvodni uređaj u stambenom objektu

i učvršćene tako da odolijevaju mehaničkim silama koje mogu nastati od struje kratkog spoja.

Prema mjestu primjene razvodni se uređaji mogu podijeliti na *razvodne uređaje za stambene i slične objekte*, kamo idu: razvodni uređaji u stanu (sl. 20), katni razdjelnik, kućni priključni ormarić za kabelski priključak, kućni priključni ormarić za nadzemni priključak i razvodni uređaj za zajedničku kućnu potrošnju, i *razvodne uređaje za industrijske i slične objekte* (sl. 21) među

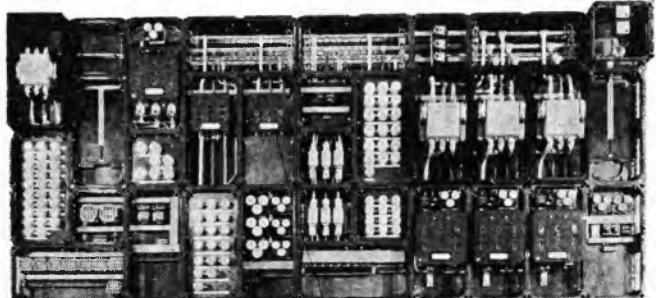


Sl. 21. Razvodni uređaj u industrijskom objektu

koje se ubrajaju zatvoreni razvodni uređaji (razvodne baterije, sl. 22), upravljačke ploče (komandne ploče) te upravljački pultovi i stolovi.

Kao materijal za izradu razvodnog uređaja za stambene i sl. objekte upotrebljavaju se najčešće lim, izokart ili plastične mase. Lim i odljevci od lakačih metala i željeza služe za izradu razvodnih uređaja za industrijske i sl. objekte.

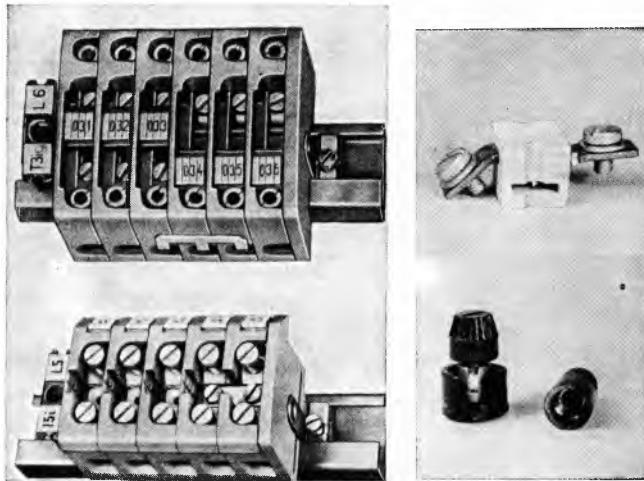
Metalni dijelovi razvodnih uređaja moraju biti zaštićeni od prevelikog napona dodira. Dijelovi aparata ili predmeta ugradeni



Sl. 22. Razvodni uređaj (razvodna baterija) sa zatvorenim elementima u industrijskom objektu

ELEKTRIČNE INSTALACIJE

u razvodnom uređaju koji su u normalnom pogonu pod naponom moraju se zaštititi od neposrednog dodira. Dijelovi pod naponom moraju biti bar 40 mm udaljeni od lima ili drugih vodljivih materijala koji služe za zaštitu od neposrednog dodira. Udaljenost dijelova pod naponom od ruba vodljivog dijela konstrukcije razvodnog uređaja mora biti bar 15 mm. Manji razvodni uređaji koji se postavljaju s donjim rubom niže od 1,70 m od poda moraju imati bravu. Otvorene razvodne ploče moraju se postaviti tako da im je donji rub najmanje 2 m iznad poda. Razvodni uređaji postavljaju se tako da pristup do njih ne bude ničim ometan.



Sl. 23. Stezaljke: lijevo redne; desno (gore) sigma i (dolje) veko stezaljke

Polaritet, odnosno faze sabirnica u razvodnim uređajima označuju se bojama prema sl. 3.

Za uvod vodova u razvodne uređaje upotrebljavaju se *kabelske uvodnice*. Razlikuju se ove vrste kabelskih uvodnica: Pg-kabelske uvodnice za obične vodove, trubaste kabelske uvodnice za savitljive vodove, kabelske uvodnice za armirane kabele, kabelske uvodnice za kabele izolirane impregniranim papirom i kabelske uvodnice za savitljive čelične cijevi.

Vodići se u razvodnom uređaju priključuju *stezaljkama*. U praksi se obično primjenjuju ove vrste stezaljki (sl. 23): redne stezaljke, sigma-stezaljke, luster-stezaljke i veko-stezaljke.

Brojila koja se ugrađuju u razvodne uređaje opisana su u članku *Brojila, električna*, TE 2, str. 526, a *mjerni instrumenti* obrađeni su u članku *Električna mjerjenja*, TE 3, str. 590.

VRSTE ELEKTRIČNIH INSTALACIJA

Svaka električna instalacija (niskog napona) sastoji se načelno od kućnog priključka, razvodnih uređaja, uređaja za osiguranje te brojila, vodova i priključnih naprava za trošila. Prema izboru i vrsti instalacijskog materijala i načinu njegova postavljanja mogu se električne instalacije niskog napona podijeliti na nekoliko vrsta koje su se u toku vremena pokazale kao dobre, praktične i ekonomične.

Goli vodovi učvršćeni na izolacijskim tijelima i postavljeni na propisanom razmaku jedni od drugih primjenjuju se u zatvorenim prostorijama samo iznimno, npr. u prostorijama s atmosferom koja nagriza izolaciju, u akumulatorskim prostorijama, kao kontaktni vodići i sl. Takvi vodovi moraju biti efikasno zaštićeni od dodira.

Instalacija pod žbukom. U izdubene kanale i usjeke na još neožbukanom zidu postavljaju i učvršćuju se instalacijske cijevi, razvodne i priključne kutije, i u njih se naknadno uvlače izolirani vodovi i postavljaju priključne naprave. Nakon prekrivanja žbukom instalacija postaje nevidljiva.

Instalacija u žbuci. Instalacijske cijevi ili izolirani vodovi (samo oni koji su predviđeni za direktno polaganje u žbuku) učvršćuju se na neožbukanu zid i zatim prekriju žbukom. Ovaj je način polaganja jeftiniji od naprijed spomenutog jer otpada dubljenje zida.

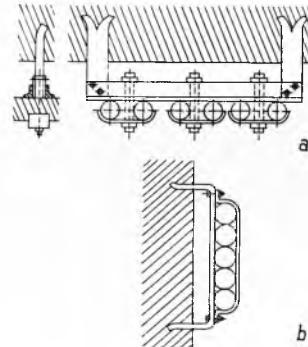
Instalacija nad žbukom. Vodovi, kabeli ili cijevi postavljaju se izravno na ožbukani ili neobrađeni (npr. betonski) zid pomoću odgovarajućih nosača ili učvršćivača (sl. 24 i 25).

Instalacije u podu izvode se na nekoliko načina. Vodovi ili instalacijske cijevi za vodove uvlače se ili u prethodno izgrađene kanale ili se polažu u žlebove koji se zatim prekrivaju zaštitnim slojevima; naknadna izmjena cijevi pri takvoj izvedbi instalacije nemoguća je. U poslovnim i javnim zgradama koje se u novije vrijeme grade iz montažnih dijelova predviđa se ponekad u podu cijela mreža kanala koja omogućuje provlačenje vodova i njihovu naknadnu izmjenu prema ukazanoj potrebi.

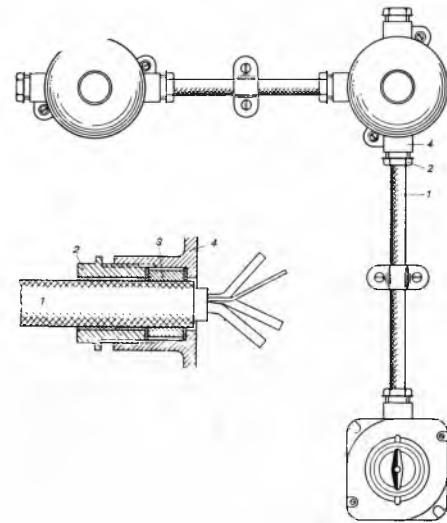
Instalacije položene u kanale i rovove. U poslovnim, javnim i tvorničkim objektima predviđaju se ponekad već samom konstrukcijom zgrade u zidovima i konstruktivnim dijelovima zgrade horizontalni kanali i vertikalni rovovi za postavljanje instalacije.

Vodovi položeni na posebne konstrukcije. To su obično tipizirani unaprijed pripremljeni nosači od kutnog željeza ili/i od perforiranog lima u koje se ulazi i učvršćuju vodovi i kabeli. Ponekad se te trase i prekrivaju radi mehaničke zaštite vodova.

Obješeni vodovi. Izolirani vodovi mogu se objesiti na čelične žičane nosače ili se upotrebljavaju obešeni vodovi koji se sami nose (tzv. samonosivi kabeli).



Sl. 24. Instalacija nad žbukom s nosačima a i obujmicama b



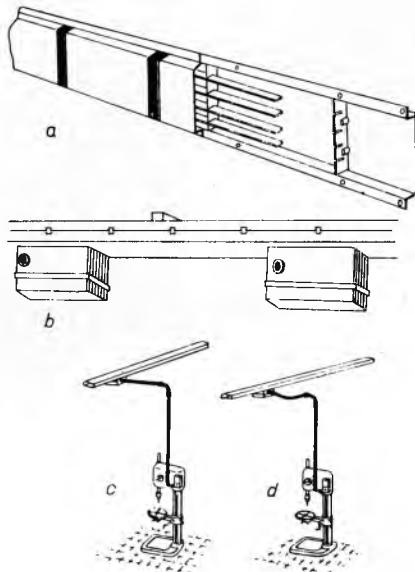
Sl. 25. Primjer dijela instalacije za vlažne prostorije (sklopka, kabel i 2 razvodne kutije). 1 Vod izoliran gumom sa zaštićenim olovnim plastirom tipa GO2; 2, 3 i 4 dijelovi kabelske brtvenice protiv vlage

Instalacije položene u tavanicu ili medupod. Često se iz arhitektonskih razloga ili radi vodenja cjevovodâ predviđi između stropa jednog i poda idućeg sprata nešto veći prostor, koji se može iskoristiti i za polaganje instalacije.

Vodovi položeni ispod ukrasnih šupljih letvi primjenjuju se također ponekad u stambenim i javnim zgradama.

Šinski razvod, tj. vođenje vodova ili šina po izolatorima uobičajen je u prostorijama predviđenim za električne uređaje,

akumulatorskim i sličnim prostorijama i nekim tvorničkim postrojenjima. Razvod pomoću šina u kanalskim kutijama primjenjuje se u tvorničkim halama za napajanje strojeva. Šine koje služe kao vodići smještene su u limenim kanalima gdje su učvršćene specijalnim izolatorima. Strojevi su spojeni na šinske sabirnice preko voda uvučenog u čeličnu cijev ili preko gajtana. Za priključak služe priključne kutije učvršćene na kanalima; u njima se nalaze i osigurači (sl. 26).



Sl. 26. Električna instalacija sa sabirnicama (neizoliranim tračnicama) u kanalskim kutijama. a) Djeležom otvorena kanalska kutija sa tračnicama i izolatorima, b) vod s kanalskim i priključnim kutijama, c) priključak stroja cijevima na vod s kanalskim kutijama, d) priključak gajtanom

U tabl. 8 prikazano je koja od naprijed pomenutih vrsta instalacija dolazi u obzir za pojedina mjesta upotrebe.

Kojo će se materijal upotrijebiti u pojedinom konkretnom slučaju zavisi od vrste i namjene prostorija, od potrebne zaštite, od standarda i propisa za odnosne instalacije i konačno od cijene materijala.

Tablica 8

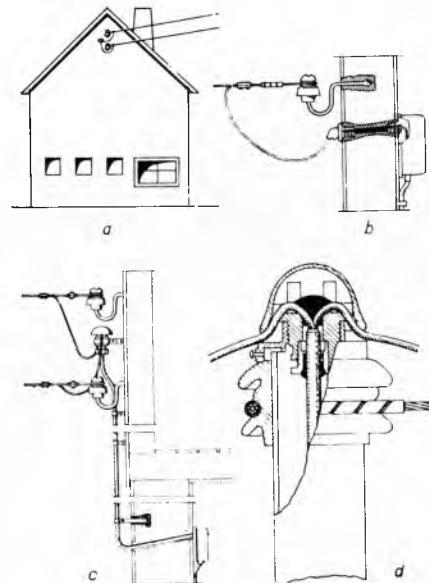
VRSTE ELEKTRIČNIH INSTALACIJA S OBZIROM NA MJESTO UPOTREBE

Vrsta električne instalacije	Mjesto upotrebe			
	stanovi	industrijski pogon	poslovne prostore	poljoprivredni objekti
Instalacije u instalacijskim cijevima pod žbukom	++	+	++	-
Instalacije u instalacijskim cijevima u žbuci	+	+	+	-
Instalacije u instalacijskim cijevima nad žbukom	+	+	+	+
Instalacije u podu	+	+	+	+
Instalacije na odstojnim obujmicama (instalacija OG)	-	++	+	+
Instalacije s vodovima u žbuci	++	-	++	-
Instalacije u zidanim kanalima ili betonskim cijevima (blokovima)	-	+	+	-
Instalacije na čeličnoj konstrukciji ili posebnim metalnim nosačima	-	+	-	+
Instalacije sa samonosivim vodovima	-	++	-	++
Šinski razvod (engl. busbar)	-	++	+	+
Instalacije u cijevima (oklopljena instalacija)	-	+	+	-

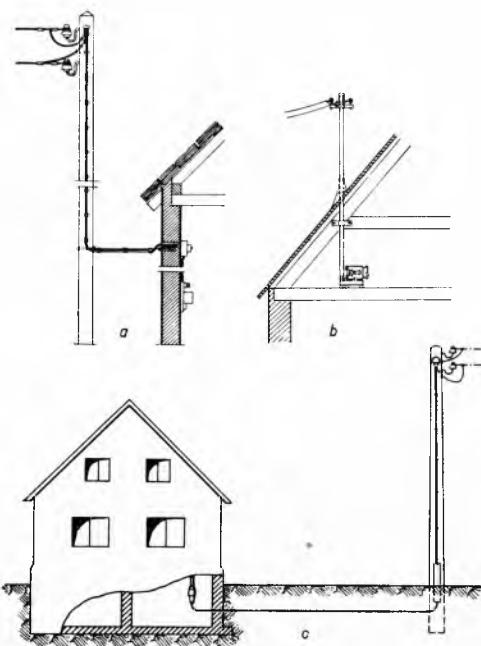
++ Preporuča se, + dozvoljena, - zabranjena

Kući priključak predstavlja vezu između električnog brojila u električnoj instalaciji i vanjske razvodne mreže. Kući se priključak izvodi bilo kao nadzemni bilo kao kabelski priključak. Za kućne priključke upotrebljavaju se goli vodovi, izolirani vodovi i kabeli.

Kući priključak na nadzemni vod može se izvesti preko potpornih izolatora koji mogu biti učvršćeni na zidu kuće, na horizontalne ili vertikalne prečke, na zidni ili krovni nosač ili na zasebni stup postavljen neposredno do zgrade. Uvod u zgradu može se izvesti preko lule ili pomoću uvodne glave. Detalji takvih kućnih priključaka vide se na sl. 27 i 28. **Kabelski kući priključak** primjenjuje se u mjestima s kabelskom razvodnom mrežom. On se sastoji od kabelske odvojne spojnice, kabelskog kućnog priključnog ormarića (koji je montiran u zgradi na nekom lako pristupačnom mjestu) i podzemnog kabla koji povezuje kabelsku odvojnu spojnicu s kabelskim kućnim priključnim ormarićem. Kabelski



Sl. 27. Kući nadzemni priključak s potpornim izolatorima u zidu. a) Smještaj na kući, b) detalj uvida s lulom, c) uvod pomoću uvodne glave, d) detalj jedne uvodne glave



Sl. 28. Kući priključak na nadzemni vod: a) pomoću posebnog stupa postavljenog neposredno uz kuću, b) pomoću potpornih izolatora na krovnom nosaču, c) pomoću kabelskog priključka na udaljeni stup zračne mreže

ELEKTRIČNE INSTALACIJE

kućni priključak primjenjuje se ponekad i za priključak na nadzemnu mrežu i to kad se ne želi u blizini kuće imati stup sa nadzemnim vodom ili potporne izolatore na fasadi kuće (sl. 28 c).

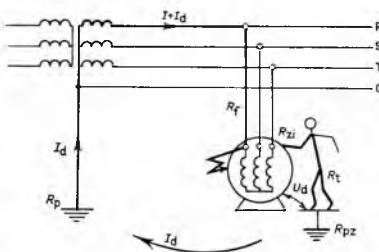
ZAŠTITA OD SLUČAJNOG DODIRA I DODIRNOG NAPONA

Do slučajnog dodira dolazi kad poslužilac slučajno dodirne neki dio električne instalacije ili trošila koji je normalno pod naponom. Dodirni napon, pak, pojavljuje se, u slučaju kvara, između pojedinih dijelova električnih naprava koje normalno nisu pod naponom i predmeti koji su u spoju sa zemljom (stajalište poslužioca ili predmeti koje on svojom drugom rukom dodiruje).

Zaštita od slučajnog dodira. Elektroinstalacijski materijal i naprave priključene na električnu instalaciju moraju biti građeni, zaštićeni i smješteni tako da ne može doći do slučajnog dodira dijelova pod naponom. Zaštita dijelova koji se nalaze pod naponom višim od 42 V postiže se njihovim izoliranjem, udaljavanjem izvan dohvata ili zatvaranjem. Izvedba svih tih vrsta zaštite propisana je odgovarajućim tehničkim propisima. Dijelovi pod naponom nižim od 42 V ne zaštićuju se od slučajnog dodira ako su provedene mjere propisane za izvedbu izvorâ malih napona.

Izoliranje dijelova pod naponom postiže se prevlačenjem vodljivih površina izolacijskim materijalom (gumom, plastičnim massama, keramikom i sl.). Ne smatraju se izolacijom oksidni slojevi, lak, emajl, kao ni opleti vlaknastim materijalima. **Zaštita udaljavanjem** postiže se time što se predmet postavlja izvan domaćaša ruku i drugih dijelova tijela. Smatra se da su dijelovi pod naponom (npr. goli zračni vod) izvan domaćaša ruku ako se nalaze iznad mogućeg stajališta čovjeka najmanje 2,50 m, ako su udaljeni 1,25 m u horizontalnom pravcu i ispod mogućeg čovjekovog stajališta. Dijelovi pod naponom ne smiju se postavljati ni na te udaljenosti ako nije sigurno da čovjek prilikom prenošenja nekih tereta neće preko njih doći u dodir s tim dijelovima. **Zatvaranje** dijelova pod naponom postiže se njihovim postavljanjem u zatvorene kućite, kanale i rovove ili njihovim odvajanjem pregradnim zidovima, mrežom ili perforiranim limom. Otvori takve šupljikave pregrade ne smiju imati promjer veći od 12 mm, a predmeti pod naponom moraju biti udaljeni od takve pregrade najmanje 80 mm.

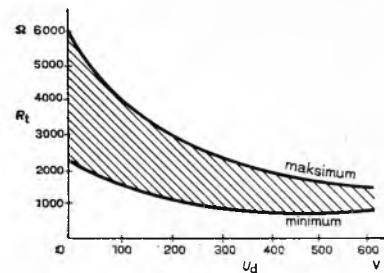
Zaštita od dodirnog napona. I dodirom vodljivih, izvana pristupačnih dijelova koji normalno nisu pod naponom (npr. kućišta motora, štednjaka, itd.) može zdravje i život čovjeka doći u opasnost u slučaju da dođe do probaja izolacije ili nekog drugog kvara (npr. do električnog spoja s dijelovima koji su normalno pod naponom). Dodirni napon je napon pod kojim se mogu u takvim slučajevima prilikom rukovanja ili slučajnog dodira naći dvije tačke čovječjeg tijela. Ako je taj napon veći od 65 V, on predstavlja ozbiljnu opasnost za zdravje i život čovjeka. Ako jakost struje (dodira) što teče prilikom dodira kroz tijelo iznosi $I_d = 20 \dots 50 \text{ mA}$, osoba koja je dodirnula dio pod naponom obično se ne može sama oslobiti; ako pak jakost struje dodira (pri izmjeničnoj struci njezina efektivna vrijednost) prekorači vrijednost $I_d = 50 \dots 100 \text{ mA}$ i ako se strujni krug zatvara preko predjela srca ili pluća, može zbog klijenuti srca ili gušenja nastupiti smrt. Struje veće jakosti uzrokuju i teške opekatine.



Sl. 29. Proboj izolacije prema kućištu trošila u mreži s uzemljenim zvezdištem

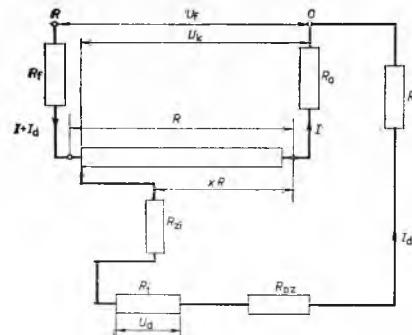
Jakost struje I_d koja pri dodirnom naponu U_d prilikom dodira prolazi kroz tijelo (sl. 29) zavisi od otpora na mjestu kvara ili otpora zaštitne izolacije R_{zi} , ukupnog otpora čovječjeg tijela R_t , prelaznog otpora između čovjeka i zemlje R_{pz} i otpora pogonskog uzemljenja R_p . Ukupni otpor čovječjeg tijela R_t sastoji se od ulaznog prelaznog otpora kože R_{ul} , od unutrašnjeg otpora

tijela R_{ut} i izlaznog prelaznog otpora kože R_{tz} . Ukupni otpor čovječjeg tijela može biti vrlo različan, a zavisi od debljine kože, vlage, znojenja i visine dodirnog napona U_d . Iz krivulja na sl. 30 vidi se da pri dodirnom naponu $U_d = 220 \text{ V}$ može minimalni otpor čovječjeg tijela iznositi i svega $R_t \approx 1300 \Omega$. Prelazni otpor



Sl. 30. Električni otpor ljudskog tijela u zavisnosti od napona

između čovjeka i zemlje R_{pz} zavisi od toga da li je spoj sa zemljom uspostavljen preko ruku kojima se čovjek oslanja npr. o vlažni zid, metalnu ogradi ili sl., ili preko nogu i stajališta. Taj se otpor smanjuje ako je predmet preko kojeg se ostvaruje spoj sa zemljom vlažan, natopljjen vodljivim kemikalijama ili izrađen od metala, ili ako su cipele što ih nosi poslužilac vodljive (npr. mokre). Umnoskom opasne jakosti i ukupnog otpora ljudskog tijela R_t dolazi se do spomenutog graničnog napona od 65 V koji je u elektrotehničkim propisima mnogih država predviđen kao gornja granica dodirnog napona. (U nekim zemljama kao gornja granica dodirnog napona predviđa se napon od 50 V.) Naš tehnički propis za izvođenje elektroenergetskih instalacija u zgradama određuje da sve instalacije moraju biti izvedene tako da se napon dodira zadrži ispod 65 V.



Sl. 31. Nadomjesna shema spoja iz sl. 29 za određivanje dodirnog napona

Kao zaštitne mjere od previsokog napona predviđeni su istim propisom: zaštitno izoliranje, mali naponi, nulovanje, zaštitno uzemljenje, sistem zaštitnog voda, zaštitne naponske sklopke (ZN), zaštitne strujne sklopke (ZS) i galvansko odvajanje trošila od mreže zaštitnim transformatorom.

Zaštitno izoliranje služi u slučaju kvara za zaštitu od štetnog djelovanja električne struje. Ono se postavlja na dijelove i na kućišta električnih naprava s kojima ljudi dolaze u dodir a koje bi mogle (npr. prilikom nekog proboga izolacije) doći pod napon. Ponekad se izolira i stajalište na kome ljudi prilikom rukovanja s električnim napravama stoje, jer ono predstavlja električnu vezu čovječjeg tijela sa zemljom.

Sl. 31 prikazuje nadomjesnu shemu za slučaj prikazan na sl. 29. Mjesto kvara (proboga) nalazi se u prikazanom slučaju na početku namota električnog stroja. Zbog toga između tog mjesto, kućišta i zemlje vlada skoro puni fazni napon U_t , što predstavlja ujedno i najnepovoljniji slučaj. Ako se upotrijebi na slikama prikazane i već ranije spomenute oznake za sve parcijalne otpore, vrijedi jednadžba

$$U_t - (I + I_d) R_t = I_d (R_{zi} + R_{ul} + R_{ut} + R_{tz} + R_{pz} + R_p)$$

a kako je ukupni otpor čovječjeg tijela $R_t = R_{ul} + R_{ut} + R_{tz}$,

može se pisati i

$$U_t = I R_t + I_d (R_t + R_{z1} + R_t + R_{pz} + R_p).$$

Otpori R_t i R_p relativno su mali i mogu se stoga zanemariti, tako da je

$$U_t = I_d (R_{z1} + R_t + T_{pz}),$$

a iz toga

$$I_d = \frac{U_t}{R_{z1} + R_t + R_{pz}}.$$

Dodirni napon iznosi, prema tome,

$$U_d = I_d R_t = \frac{U_t R_t}{R_{z1} + R_t + R_{pz}} = \frac{U_t}{1 + \frac{R_{z1}}{R_t} + \frac{R_{pz}}{R_t}}. \quad (1)$$

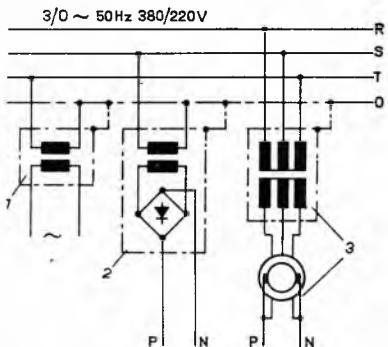
Iz jedn. (1) zaključuje se da će dodirni napon U_d ostati u dozvoljenim granicama ako je prelazni otpor čovjeka prema zemlji (R_{pz}) vrlo velik u odnosu prema otporu ljudskog tijela (R_t), a isto vrijedi i za otpor zaštitne izolacije (R_{z1}) kućišta aparata. U praksi se ova spoznaja upotrebljava u primjeni jedne od praktičnih mjera za zaštitu od prevelikog dodirnog napona, za tzv.



Sl. 32. Simbol za označavanje zaštitnog izoliranja

Tako zaštićene naprave označavaju se posebnim znakom prikazanim na sl. 32.

Mali napon kao zaštitna mjeru znači primjenu napona manjih od 65 V za napajanje trošila. Propisima su za ovu svrhu predviđeni naponi do 42 V. Kao izvori malih napona služe najčešće malonaponski sigurnosni (zaštitni) transformatori (sl. 33, 1) s galvanski odijeljenim i dobro izoliranim namotima. Kvalitetni malonaponski transformatori imaju veliko rasipanje i u vezi s time padajuću naponsko-strujnu karakteristiku (sekundarnog napona), čime se pri preopterećenju sprečava zagrijavanje njihova



Sl. 33. Različne vrste izvora malog napona.
1. Sigurnosni (zaštitni) transformator; 2. zaštitni transformator s usmjerivačem; 3. zaštitni transformator s motorgeneratorom

sekundara i pregaranje izolacije. Ako su potrebni istosmjerni mali naponi, primjenjuju se kao izvori napona ispravljači (sl. 33, 2) i, rijede, motorgeneratori (sl. 33, 3), također s odijeljenim namotima, a ponekad akumulatori i baterije galvanskih članaka.

Napon do 42 V služi za napajanje ručnih svjetiljaka i alata, a napon do 24 V predviđen je za istu svrhu na mjestima gdje su pod i okolina dobro vodljivi, a dodirna površina čovjeka s metalnim dijelovima velika, npr. pri radu u kotlovima. Napon do 24 V upotrebljava se i za prenosne svjetiljke u stajama (zbog veće osjetljivosti stoke prema strujii) kao i za dječje igračke s električnim pogonom.

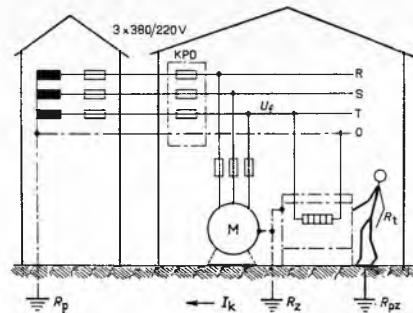
Izvori malog napona moraju se izvesti tako da svi dijelovi, pa i oni na strani malog napona, budu zaštićeni od slučajnog dodira. Svi vodljivi dijelovi koji u slučaju kvara mogu doći pod

napon moraju biti zaštićeni od previsokog napona dodira, u uskladost s mjerama za zaštitu koje se provode na cijeloj instalaciji primarne strane.

Trošila, električni aparati i instalacioni materijal koji se upotrebljavaju za instalaciju malog napona izvode se s ovim osobitostima: izolacioni nivo svih uređaja mora odgovarati naponu 250 V; strujni krug malog napona ne uzemljuje se ni u jednoj tački; na naprave malog napona ne stavlja se stezeljka za priključak, zaštitnog vodiča; instalacije malog napona izvode se priključnim priborom posebne izvedbe (priključni pribor za 220 V ne smije se upotrebljavati u instalaciji malog napona); ako se izvor malog napona može prenositi, on mora ispunjavati uvjete za zaštitno izoliranje.

Na električnim igračkama primjenjuje se kao zaštita od prevelikog napona dodira isključivo mali napon. Najviši primarni napon u tom slučaju je 250 V, a sekundarni 24 V, a snaga izvora malog napona ne smije prelaziti 220 VA.

Zaštitno uzemljenje zaštitna je mjeru koja se sastoji u električnom spajajući metalnih dijelova električnih naprava i instalacije koji normalno nisu pod naponom s uzemljivačem pomoću zaštitnog (dozemnog) vodiča. Zadatak je zaštitnog uzemljenja da se, kad zaštićeni dijelovi zbog kvara dodu pod napon, izazove struju dovoljne jakosti za aktiviranje zaštitnog organa (npr. osigurača) i time postiže prekid strujnog kruga; pri tome napon dodira na zaštićenom dijelu ne smije biti viši od 65 V.



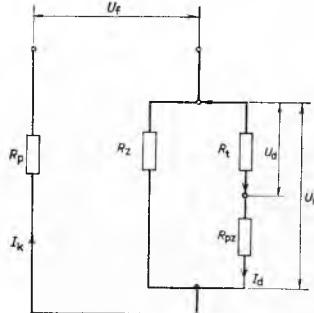
Sl. 34. Zaštitno uzemljenje pojedinačnim uzemljivačima

Medu dijelove koji se obično zaštićuju zaštitnim uzemljenjem idu npr. kućište i pristupačni dijelovi električnih motora, aparata i instalacije, ručice za upravljanje takvim aparatima i sl. Tehnički propisi razlikuju dva načina takve zaštite: zaštitno uzemljenje pomoću pojedinačnih uzemljivača i zaštitno uzemljenje pomoću zajedničkog uzemljivača.

Pri zaštitnom uzemljenju s **pojedinačnim uzemljivačima** (sl. 34) zaštitni uzemljivač (s prelaznim otporom R_z) i pogonski uzemljivač (s prelaznim otporom R_p) nisu jedan s drugim spojeni neposredno već samo preko zemlje. U slučaju proboda izolacije prema kućištu, ili nekog drugog kvara, teći će struja kvara I_k preko zaštitnog vodiča i uzemljivača. Važno je da u tom slučaju bude

$$I_k \geq I_i \geq k I_n, \quad (2)$$

gdje I_i znači struju isključenja zaštitnog organa (npr. osigurača), I_n nazivnu struju zaštitnog organa a k faktor koji zavisi od vrste zaštitnog organa. Time se postiže da u slučaju kvara organ zaštite isključi napajanje faze u kojoj se je pojavila greška.



Sl. 35. Nadomjesna shema zaštitnog uzemljenja pojedinačnim uzemljivačima

$$I_k (R_p + R_z) = U_t.$$

ELEKTRIČNE INSTALACIJE

Na vodljivom kućištu naprave vladat će u tom slučaju prema zemlji napon

$$U_k = I_k R_z.$$

Da bi se udovoljilo zahtjevima zaštite od previsokog napona, mora se ispuniti uvjet da je

$$U_k \leq 65 \text{ V}, \quad I_k R_z \leq 65 \text{ V}, \quad R_z \leq 65/I_k.$$

Prema ranije postavljenom uvjetu (2) da $I_k \geq I_n$, može se sada napisati uvjet za otpor zaštitnog uzemljenja:

$$R_z \leq 65/k I_n. \quad (3)$$

Iznos faktora k za pojedine vrste organa za osiguranje naveden je u tablici 9.

Otpor R_z određen izrazom (3) otpor je uzemljenja izmjeran u najnepovoljnije godišnje doba. Korozijom uzemljivača taj se otpor s vremenom povećava. Zato je pored stalne kontrole veličine otpora R_z potrebno predvidjeti i izvjesnu rezervu.

Pojedinačni uzemljivači primjenjuju se samo za trošila s nazivnom strujom $I_n \leq 25 \text{ A}$, jer se za veće I_n teško i samo uz veće troškove postiže dovoljno mali R_z koji je potreban.

T a b l i c a 9

FAKTOR k IZ JEDN. (3) ZA POJEDINE VRSTE ORGANA ZA OSIGURANJE
prema VDE 0100/1965

T a b l i c a 10
NAJMANJI DOZVOLJENI PRESJECI ZAŠTITNIH VODIČA OD BAKRA PRI ZAŠTITI OD PREVELIKOG NAPONA DODIRA ZAŠTITNIM UZEMLJENJEM
prema Tehničkim propisima za izvođenje elektroenergetskih instalacija u zgradama

Nazivni presjek glavnih (faznih) vodiča mm ²	Nazivni presjek zaštitnog vodiča			
	izoliranog		golog	
	u izoliranom vodu mm ²	u kablu mm ²	mehanički zaštićenog mm ²	mehanički nezaštićenog mm ²
1	1	—	—	—
1,5	1,5	1,5	1,5	4
2,5	2,5	2,5	1,5	4
4	4	4	2,5	4
6	6	6	4	4
10	10	10	6	6
16	16	16	10	10
25	16	16	16	16
35	16	16	16	16
50	25	25	25	25
70	35	35	35	35
95	50	50	50	50
120	70	70	50	50
150	70	70	50	50
185	95	95	50	50
240	120	120	50	50
300	150	150	50	50
400	185	185	50	50

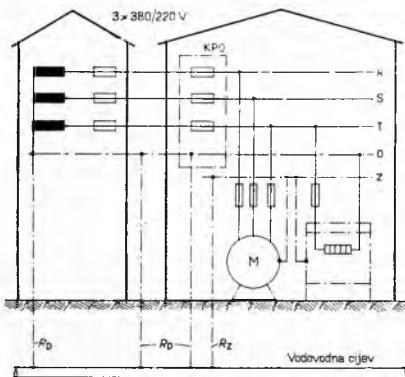
Organ za osiguranje		Faktor k
Rastalni osigurači	brzi taljivi umeci	3,5
	tromi taljivi umeci do 50 A	3,5
	tromi taljivi umeci preko 50 A	3,5
	za osiguranje nadzemnih vodova, kućnih priključaka i glavnih razdjelnih vodova	2,5
Automatski osigurači	jednopolni do 25 A koji struju jakosti 6 I isključuju za 0,2 sekunde	3,5
	jednopolni do 25 A koji struju jakosti 3 I isključuju za 0,2 sekunde	2,5
Sklopnići i motorski zaštitni prekidač		1,25
Zaštitni prekidači ZN (FU) i ZS (FI)		2,5

Pri zaštitnom uzemljenju pomoću zajedničkog uzemljivača (sl. 36) priključeni su dozemni vodiči zaštitnih uzemljenja i pogonskog uzemljenja (nulte tačke izvora ili neutralnog vodiča) na isti, zajednički uzemljivač (npr. na isti trakasti uzemljivač, istu vodovodnu mrežu ili olovni plašt kabela).

Kad se primjenjuje zajednički uzemljivač mora se također održati zahtjev da se isključi faza u kojoj je nastao kvar. Stoga mora vrijediti:

$$R_{zz} \leq U_f/k I_n, \quad (4)$$

gdje je R_{zz} otpor petlje zajedničkog uzemljivača, a U_f napon faze prema zemlji.



Sl. 36. Zaštitno uzemljenje zajedničkim uzemljivačem

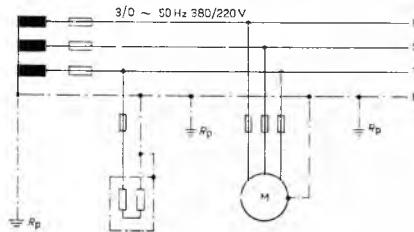
Kao zajednički uzemljivač u kabelskim mrežama može služiti i metalni plašt kabela. U tom slučaju treba obratiti naročitu pažnju na bespriječan električni spoj metalnih plašteva pri spajaju kabala.

Zaštitni vodič, ako je izoliran, treba da je obojen žuto i zeleno, da se po boji razlikuje od glavnih (faznih) vodiča. Sklopke i osigurači ne postavljaju se u zaštitne vodiče, jer se oni ne smiju prekidati.

Nazivni presjek zaštitnog vodiča zavisi od nazivnog presjeka glavnih (faznih) vodiča. Njegov je presjek utvrđen propisima (tabl. 10).

Kako se zaštitni vodič priključuje na prenosna trošila preko priključnih naprava v. sl. 40.

Nulovanjem naziva se spajanje vodljivih dijelova električnih naprava i instalacije s neutralnim vodičem, koji se u ovom slučaju zove nul-vodič. U tom sistemu zaštite preuzima dakle nul-vodič ulogu zaštitnog uzemljivača i uzemljenja. Nulovanje trošila i instalacije može se provesti neposredno s nul-vodičem u



Sl. 37. Nulovanje, spajanje vodljivih dijelova aparata s nul-vodičem

samoj napravi ili posredno pomoću dodatnog zaštitnog voda (sl. 37). Zadatak je nulovanja da dodir između faznog vodiča i vodljivih dijelova spojenih s nul-vodičem izazove struju čija će jakost biti dovoljna da aktivira zaštitne naprave (npr. pregaranje osigurača), a da pri tome dodirni napon između nulovanog dijela i zemlje ne prekorači 65 V. Ako se napon viši od 65 V kratko-trajno i pojavi, on se ne smije održati dulje od vremena potrebnog za okidanje zaštitnog organa (osigurača, prekidača i sl.). Dodirni napon neće prekoračiti 65 V samo ako je električni otpor cijele petlje pogonskog uzemljenja R_{pp} tako malen da se odmah pojavi dovoljno velika struja kvara I_k koja će aktivirati zaštitni organ. Mora se dakle postići da je

$$R_{pp} \leq \frac{U_0}{k I_n}, \quad (5)$$

gdje U_0 znači najviši napon koji se u slučaju kvara može pojavit na nul-vodiču, I_n nazivnu struju zaštitnog organa, a faktor

k mnogokratnik nizvne struje pri kome se zaštitni organ odmah aktivira. Vrijednosti faktora k dane su u tabl. 9.

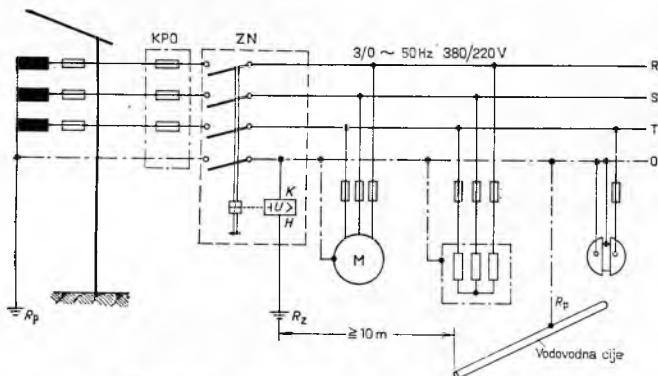
Da i u slučaju zemljospoja jedne od faza napon nul-vodiča prema zemlji ne bi prešao iznos od 65 V, postavljaju se na pogonsko uzemljenje vrlo strogi zahtjevi. Najmanji prelazni otpor koji se u slučaju zemljospoja pojavljuje u praksi između faze i zemlje iznosi $R_{pz\ min} \approx 5 \Omega$. Iz slike 38 vidi se da će u tom slučaju napon U_0 nul-vodiča prema zemlji iznositi

$$U_0 = I_k R_p = \frac{U_t R_p}{R_p + R_{pz\ min}}, \quad (6)$$

gdje I_k znači struju kvara, R_p otpor pogonskog uzemljenja i U_t fazni napon. Iz izraza (6) izlazi da otpor pogonskog uzemljenja iznosi

$$R_p = \frac{U_0 R_{pz\ min}}{U_t - U_0}. \quad (7)$$

Sl. 38. Zemljospoj u mreži s nulovanjem



Sl. 39. Spoj sa zaštitom naponskom sklopkom pri nulovanju

Ako se u izraz (7) uvrsti za granični napon U_0 vrijednost 65 V, za fazni napon U_t vrijednost 220 V a za minimalni prelazni napon $R_{pz\ min}$ vrijednost 5 Ω , dobiva se potrebnii granični otpor za pogonsko uzemljenje:

$$R_p = \frac{65 \cdot 5}{220 - 65} = 2,1 \Omega.$$

Odatle i zahtjev da otpor svih pogonskih uzemljenja niskonaponske mreže ne smije prelaziti 2 Ω . Ako instalacija potrošača ne može zadovoljiti taj zahtjev, može se ipak primijeniti nulovanje ako se napon nul-vodiča kontrolira pomoću zaštitne naponske sklopke. Ta će sklopka (ZN) pri pojavi napona koji može

Tabelica 11

NAJMANJI DOZVOLJENI PRESJEKI NUL-VODIČA PRI ZAŠTITI OD PREVELIKOG DODIRNOG NAPONA NULOVANJEM
prema Tehničkim propisima za izvođenje elektroenergetskih instalacija u zgradama

Nazivni presjek glavnih faznih vodiča mm ²	Nazivni presjek nul-vodiča	
	izoliranih vodova i kabela mm ²	nadzemnih vodova i otvoreno položenih vodova na slobodnom prostoru i u zgradama mm ²
25	16	25
35	16	35
50	25	50
70	35	50
95	50	50
120	70	70
150	70	70
185	95	95
240	120	120
300	150	150
400	185	185

NAPOMENA: Presjek nul-vodiča vodova s presjekom faznog vodiča manjim od 25 mm² mora biti bar jednak otporu faznog vodiča.

biti opasan odvojiti od izvora napajanja nul-vodič i fazne vodiče (sl. 39, v. i sl. 42).

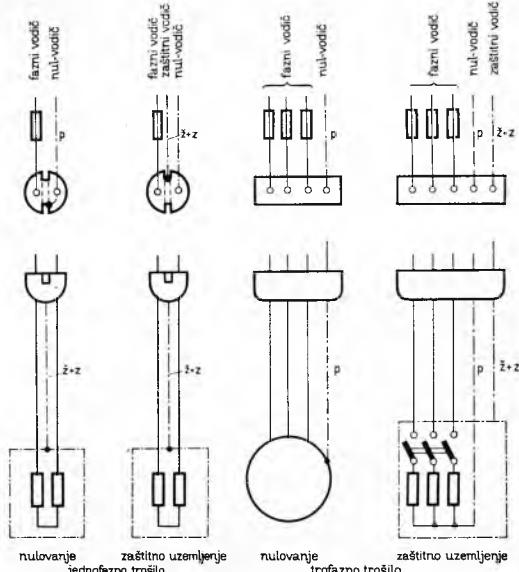
Na svakom ogranku električne instalacije (niskog napona) dužine do 200 m ne smije ukupni otpor svih uzemljivača preći 5 Ω . Da bi se to postiglo, poželjno je spajati nul-vodič na što više mesta s vodovodnom instalacijom, ako su joj cijevi metalne.

Važno je napomenuti da u električnim instalacijama u kojima je provedeno nulovanje nije dozvoljeno kao zaštitu od prevelikog dodirnog napona primjenjivati zaštitno uzemljenje ako se ono ne spoji s nul-vodičem. Ovo se ne odnosi na slučaj kad se upotrebljava zajednički uzemljivač, npr. vodovodna mreža.

Nul-vodič treba polagati s naročitom pažnjom. U tabl. 11 navedeni su najmanji dozvoljeni presjeci nul-vodiča. Nul-vodič mora imati izolaciju i zaštitu istog stepena kao i fazni vodiči. Plašt kabela ne smije se upotrebljavati kao jedini nul-vodič, nego samo kao dopunski. U tom slučaju treba pažljivo izvoditi spojeve između plašteva kabela.

U principu nije poželjno nul-vodič prekidati. Odavde slijedi da se nul-vodič ne osigurava osiguračima niti se isključuje i uključuje sklopkama. Ukoliko se to ipak čini, treba po mogućnosti nul-vodič iskljupiti poslije, a ukljupiti prije faznih vodiča.

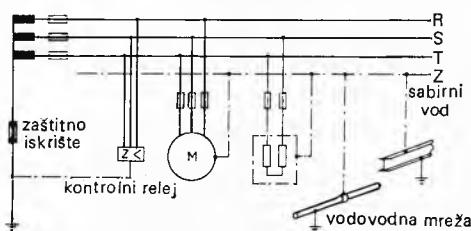
Prenosila trošila nuluju se pomoću posebnog vodiča koji se nalazi u priključnom vodu (gajtanu), a koji mora biti jednakog presjeka kao i fazni vodič i imati izolaciju sive boje. On se priključuje na zaštitni kontakt zaštitne utičnice. Na sl. 40 prikazana je primjena nulovanja i zaštitnog uzemljenja na pokretnim trošilima.



Sl. 40. Spojevi priključnih naprava pri nulovanju i pri zaštitnom uzemljenju prema jugoslavenskim standardima.
p plavo, ž+z žuto i zeleno

Nulovanje je vrlo jednostavna i pouzdana metoda zaštite. Primjenjuje se za nizvne napone trošila do 500 V.

Sistem zaštitnog voda vrsta je zaštite pri kojoj se svi vodljivi dijelovi električnih naprava i instalacija koji normalno nisu pod naponom spajaju sa zajedničkim zaštitnim vodom koji je na svom početku kvalitetno uzemljen ($R_z \approx 20 \Omega$). Na taj sabirni zaštitni vod spojeni su i vodljivi dijelovi zgrade (koji se mogu dohvatiti), npr. željezne konstrukcije, cijevi vodovodne



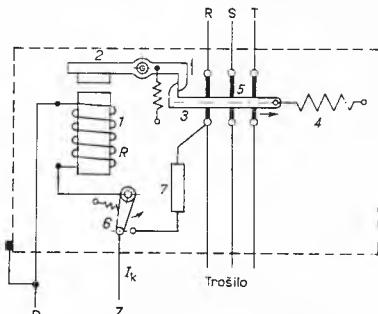
Sl. 41. Sistem-sabirnog zaštitnog voda

toplodovne mreže (sl. 41). Pri toj se vrsti zaštite zaštitni vod ne smije spojiti sa zvjezdistiem električne mreže. Ovaj se sistem upotrebljava kao zaštita od prevelikog dodirnog napona u električnim instalacijama u kojima ni nul-tačka ni bilo koja druga tačka vodova mreže nije uzemljena, ili je uzemljena samo preko vrlo velikog otpora, preko probognog osigurača ili probognog iskrišta (koji moraju biti zasebno uzemljeni). Izolacijski otpor ovom metodom zaštićenih mreža mora prema zemlji biti velik, a treba ga stalno kontrolirati pomoću posebnog uređaja (releja sa zvučnim ili svjetlosnim signalom) koji je spojen između faza i zaštitnog sabirnog voda, ili uzemljenja probognog osigurača ili iskrišta. Čim se izolacija zbog proboga ili nekog drugog kvara smanji do ispod dozvoljene granice, kontrolni uređaj daje signal. U slučaju jednog proboga izolacije prema kućištu pri ovom sistemu još ne dolazi do aktiviranja zaštitnog sistema. Do toga dolazi tek kad postoje dva proboga. Prednost je ovog sistema što trošilo može u slučaju jedne greške još raditi dalje, a da je pri tome o postojanju greške dan signal. To omogućuje da npr. elektromotor s probojem prema kućištu još dalje radi, a kvar se može ukloniti kad to nije nepovoljno za proizvodnju. Sistem zaštitnog voda naročito je prikladan za manje instalacije s vlastitim izvorom električne energije (vlastitim agregatom ili vlastitim transformatorom u kome su primarni i sekundarni namot jedan od drugog odvojeni) kako je to u rudnicima, kazalištima, na nekim radilištima i sl. On se ne preporučuje u razgranatim instalacijama i mrežama.

Vodič zaštitnog voda i vodič za spajanje sa zaštitnim vodom treba da su goli, a samo iznimno izolirani. Kad su izolirani, izolacija treba da je žute i zelene boje. Presjeci vodiča moraju biti kao i u zaštitnom uzemljenju (v. tabl. 10).

Zaštitna naponska sklopka (ZN ili FU) predviđena je za automatsko i brzo isključenje napajanja jednog ili više trošila u slučaju da se na nekom njihovom vodljivom dijelu koji normalno nije pod naponom pojavi previsoki (dodirni) napon.

tora. Ispravnost sklopke ZN može se ispitati pritiskom na tipku sklopke P; kad se ta sklopka uključi, struja iz faznog vodiča (R ili S) poteče preko nadomjesnog otpornika otpora $R_s = 800 \Omega$,



Sl. 43. Shematski prikaz zaštitne naponske sklopke. 1 Elektromagnet, 2 kotva, 3 kvačilo, 4 zatezna opruga, 5 prekidac, 6 ispitno dugme, 7 otpornik u ispitnom krugu sklopke

uzemljenja i zvjezdista, te time aktivira sklopku ZN i isključi napajanje. Mechanizam naponske zaštitne sklopke prikazuje shematski sl. 43.

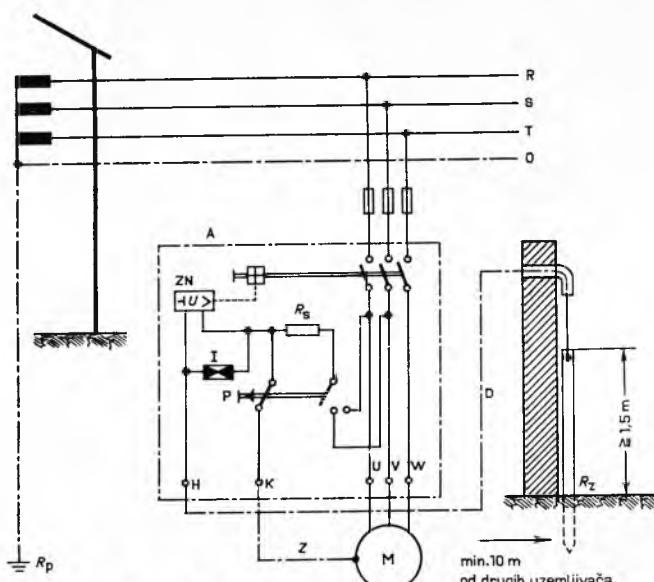
Sklopke ZN primjenjuju se obično samo u mrežama s uzemljenim zvjezdištem jer je njihovo aktiviranje preko otpora izolacije u neuzemljenim mrežama otežano. One služe ponekad kao jedina zaštita, a ponekad kao dopunska zaštita (npr. pri nulovanju). Zaštita pomoću sklopke ZN upotrebljava se obično kad se drugim metodama zaštite ne može ili teško može postići dovoljno mali dodirni napon ($< 65 \text{ V}$), što je slučaj kad je izrada efikasnog zaštitnog uzemljivača nemoguća ili neekonomična i kad je snaga trošila velika ($> 10 \text{ kW}$).

Za zaštitno uzemljenje mora se predvidjeti poseban pomoći uzemljivač koji je smješten izvan naponskog lijevka drugih uzemljivača u toj instalaciji. To se postiže postavljanjem pomoćnog uzemljivača dalje od 10 m od ostalih uzemljivača i svih vodljivih predmeta ukopanih u zemlju koji su galvanski povezani s vodljivim dijelovima naprave i koji se štite sklopkom ZN. Otpor uzemljenja pomoćnog uzemljivača ne smije biti veći od 800Ω .

Sklopka ZN mora biti građena tako da pri naponu od 65 V, ako je u seriji s njome uključen otpornik otpora $800\ \Omega$, isključi za najviše 0,1 sekundu. Zaštitni i zemljovodni vodič moraju biti presjeka najmanje $1,5\ mm^2$ za bakar, a $2,5\ mm^2$ za aluminijum, i zaštićeni od mehaničkih oštećenja. Zemljovodni vodič D treba da je izoliran prema zaštitnom vodiču Z i vodljivim dijelovima naprave koji se štite sklopkom ZN, kako ne bi došlo do premošćenja svitka sklopke ZN.

Zaštitne strujne sklopke (ZS ili FI) zovu se još i *diferen-cijalni prekidači*. Djelovanje sklopke ZS zasniva se na činjenici da pri normalnom pogonu, kad su struje u sve tri faze jednake, vektorski zbroj struja iznosi nula. Prema tome je u tom slučaju jednak nuli i zbroj magnetskih tokova što ih u jezgri strujnog transformatora ST stvaraju struje triju faznih namota, pa se zbog toga u sekundarnom namotu tog transformatora, koji je spojen na svitak sklopke ZS, neće inducirati nikakav napon (sl. 44).

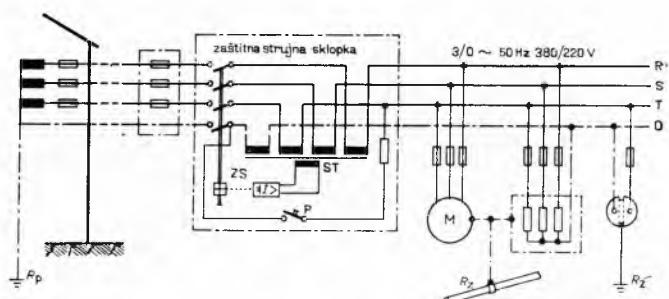
Kad uslijed kvara na trošilu poteče struja kvara iz faznog vodiča preko kućišta u zemlju, naraste zbog toga struja u tom vodiču. Vektorski zbroj struja stoga više nije jednak nuli, u jezgri



Sl. 42. Spoj sa zaštitnom naponskom sklopkom

Ova je mjera slična zaštitnom uzemljenju, s tom razlikom što je u zaštitnom ili dozemnom vodu dodatno ugrađen svitak sklopke ZN koja reagira već na malu struju i isklopi sve vodiče (R, S i T) a eventualno i nul-vodič. Primjenom sklopke ZN sprečava se da se previsoki dodirni napon održi na vodljivim dijelovima električne naprave u kojoj je nastupio kvar.

Primjer takve zaštite za trofazni motor prikazan je na sl. 42. Čim se zbog nekog kvara na kućištu motora M pojavi previsok dodirni napon U_d , poteče struja preko zaštitnog voda Z, ispitne sklopke P, svitka sklopke ZN, dozemnog voda D, zaštitnog uzemljenja (s prelaznim otporom R_z), zemlje, pogonskog uzemljenja (s prelaznim otporom R_p) i zvjezdista, te time aktivira (ukoliko je $U_d > 65$ V) sklopku ZN, koja odmah isključi napajanje mo-



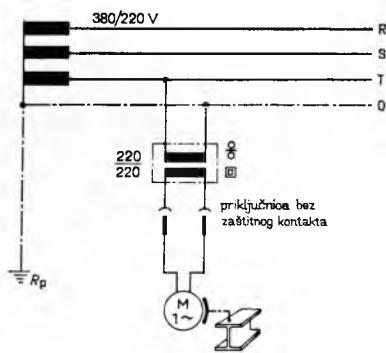
Sl. 44. Spoj zaštitne strujne sklopke. ST strujni transformator, ZS zaštitna sklopka

se pojavi magnetsko polje, a u sekundarnom se namotu transformatora inducira napon koji aktivira zaštitnu strujnu sklopku, te ona isklopi sva tri fazna vodiča i nul-vodič. U instalacijama gdje se primjenjuje sklopka ZS moraju svi vodljivi dijelovi koji normalno nisu pod naponom biti posebno uzemljeni, i to tako da se na njima ne može pojaviti dodirni napon viši od 65 V. U tom se slučaju neutralni vodič ne smije spajati s uzemljenim dijelovima, tj. ne smije se primijeniti nulovanje, a sam nul-vodič mora biti izoliran. Sklopka mora biti građena tako da isklopi trošilo najkasnije za 0,1 s. Time se sprečava da se previsoki dodirni napon održi na vodljivim dijelovima trošila i električne instalacije. Radi ispitivanja sklopke ZS pritisne se dugme P. Time se fazni vodič (T na sl. 44) spoji preko otpornika na zemlju, u njemu naraste struja, pa se zbog toga aktivira sklopka.

Zaštitna strujna sklopka primjenjuje se kad struja kvara nije dovoljno velika za aktiviranje sklopke ZN i svagdje gdje je otpor uzemljenja velik i izrada uzemljivača neekonomična.

Za zaštitne i zemljovodne vodiče primjenjuju se isti presjeci kao i kod sklopke ZN.

Galvansko odvajanje izvora električne energije od trošila postiže se zaštitnim transformatorom ili motor-generatorom. Da bi ova mjeru bila efikasna, sekundarna strana izvora mora biti potpuno izolirana od primarnog namota i od zemlje, tj. nijedan vodič sekundarne strane ne smije biti namjerno ili uslijed kvara spojen sa zemljom. Obično se ova mjeru označava znakom \ominus . Ako i dođe u trošilo do probroja izolacije prema kućištu, neće se između zemlje i kućišta pojaviti razlika potencijala, pa neće postojati ni opasnost od dodirnog napona. Za izvedbu izvora električne energije (transformatora, motorgeneratora) vrijedi isto što je rečeno za zaštitni transformator pri primjeni malog napona.



Sl. 45. Spoj zaštitnog transformatora

Nazivni napon na primarnoj strani smije iznositi najviše 500 V, a na sekundarnoj 380 V, s time što je najveća struja trošila ograničena na 16 A. Jednim zaštitnim transformatorom smije se napajati samo jedno trošilo. Ako se npr. trošilo nalazi u nekoj prostoriji s dobro vodljivim podom ili zidovima, treba kućište trošila spojiti s tim metalnim dijelovima (sl. 45). Ova se zaštitna mjeru upotrebljava npr. pri radovima u kotlovima ili brodovima, za priključak brijačeg aparata u kupaonicama itd.

PROJEKTIRANJE ELEKTRIČNIH INSTALACIJA

Električne instalacije izvode se prema prethodno izrađenom projektu. Svi proračuni, nacrti, pismeni sastavi itd. sačinjavaju tzv. *projektni elaborat*. Važan dio projekta čini izbor i proračun vodova pa su stoga problemi u vezi s time ovdje nešto detaljnije obradeni.

Izbor i proračun vodova za električne instalacije. Za napajanje trošila priključenih na električne instalacije primjenjuju se različni tipovi vodova s jednim ili više vodiča pogodnog presjeka.

Pri *odabiranju tipa voda* utvrđuju se najprije štetni utjecaji kojima će vod biti izložen na mjestu gdje se želi položiti. Među takve se utjecaje ubraja mogućnost mehaničkih oštećenja, mehanička naprezanja (npr. na vodovima koji se polažu okomito ili koso), korozija (npr. na vodovima koji se polažu u zemlju), mogućnost pojave plamena, povišena temperatura, specifični utjecaji u rudnicima, brodovima, vozilima ili dizalicama itd. Nakon

utvrđivanja utjecaja sredine u kojoj će vod biti položen, iz kataloga proizvođača izabere se tip voda koji može trajno odolijevati tim utjecajima. Ako su mogućnosti oštećenja voda toliko velike da ne postoji tip voda koji bi mogao trajno odolijevati utjecajima sredine u koju je položen, primjenjuju se dodatna zaštitna sredstva, npr. zaštitne cijevi, kabelska betonska kanalizacija, posebni opleti itd. Često je, i kad postoji pogodan tip voda, ekonomičnije upotrijebiti jednostavniji (i jeftiniji) tip voda i zaštiti ga odgovarajućim zaštitnim sredstvima, nego polagati vod koji je otporan prema svim štetnim utjecajima sredine u koju je položen.

Nakon izbora tipa voda pristupa se *odabiranju vodiča*. Pod odabiranjem vodiča razumijeva se određivanje broja vodiča za pojedine vodove, određivanje materijala vodiča, te proračun i određivanje presjeka vodiča. Broj vodiča u pojedinim vodovima određuje se na osnovi karakteristika izvora električne energije, primjenjenog sistema napajanja i predviđenih priključaka na trošilo (npr. za priključak na više faza izmjenične mreže). Tom prilikom treba voditi računa i o vodiču za osiguranje ispravne zaštite od previsokog dodirnog napona.

Kao materijal za izradu vodiča primjenjuju se danas bakar i aluminijum. U svijetu se osjeća stalna tendencija supstitucije bakra aluminijumom u elektrotehnici. Za nadzemne vodove aluminijum je već potpuno prevladao, a za kabele razvijene su metode spajanja koje aluminijum po pouzdanosti spoja i priključka skoro potpuno izjednačuju s bakrom. Za vodove električnih instalacija primjenjuju se za sada pretežno još vodiči od bakra jer se aluminijumski vodič mora priključiti na trošilo posebnim stezalkama koje neutraliziraju osobinu aluminijuma da se uslijed dugotrajnog pritiska plastično deformira. Izvjesne poteškoće javljaju se i pri spajanju aluminijumskih vodiča s bakrenim vodičima ranije položenih instalacija zbog elektrokemijskog djelovanja.

Određivanje presjeka vodiča provodi se prema termičkim, električnim, mehaničkim i ekonomskim zahtjevima. Pri dimenzioniranju vodiča mora se paziti na to da se pri prolasku najveće dozvoljene trajne struje vodič ne zagrije preko dozvoljene temperature (termički uvjet), da se pri maksimalnom opterećenju ne pojavi nedozvoljeno velik pad napona (električni zahtjev), da vodič na mjestu gdje je u instalaciji upotrijebljen ima i dovoljnu mehaničku čvrstoću (mehanički uvjet) i, konačno, da presjek vodiča

Tablica 12

NAJMANJI DOZVOLJENI PRESJECI IZOLIRANIH VODIČA OD BAKRA I ALUMINIJUMA U ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA JAKE STRUJE

prema VDE 0100/12.65

Način polaganja	Najmanji dozvoljeni presjek, mm ²	
	Cu	Al
Čvrsto u cijevima	1,5	2,5
Vodiči u razvodnim uređajima za struje do 2 A od 2 do 16 A preko 16 A	0,5 0,75 1,0	—
Polaganje na izolatorima (nezaštićeno) udaljenost mjesto učvršćenja do 2 m preko 20 do 45 m	4 6	16 više-žični
Vodič za pokretna trošila laki ručni aparati do 1 A s dužinom priključka do 2 m (ako u uputstvu o primjeni aparata nije drugačije rečeno) aparati do 2 A s dužinom priključka do 2 m (ako u uputstvima o primjeni aparata nije drugačije rečeno)	0,1	—
aparati do 10 A, za utikač za napravu i natikače do 10 A nazivne struje	0,5	—
aparati preko 10 A, višestruke priključnice, utikači za naprave i natikači za nazivne struje od 10 do 16 A	0,75	—
Vodiči za uvod u grla za sijalice	1,0	—
Rasvjetna tijela za unutrašnje prostorije od rasvjetnog tijela do utikača između pojedinih izvora svjetlosti	0,75 0,5	—

ELEKTRIČNE INSTALACIJE

koji se odabere na osnovu prednjih uslova bude i ekonomski opravdan. Najmanji dozvoljeni presjeci vodiča u instalacijama jake struje navedeni su u tabl. 12.

Dozvoljeno strujno opterećenje zavisi od tipa odabranog električnog voda, od temperature i toplinske vodljivosti okoline, od broja vodiča u vodu, od načina njegova polaganja i od još nekih drugih faktora. Na osnovi svih tih faktora vodovi se u propisima svrstavaju u grupe I do III. Najveća dozvoljena trajna struja za vodove iz svake od pomenutih grupa utvrđena je propisima, a ograničava je najviša temperatura (npr. 60 °C) do koje se takav vod smije bez štete trajno ugrijati. Nacionalni i internacionalni propisi sadrže odgovarajuće tablice u kojima je za pojedine slučajeve primjene (za pojedine grupe vodova) određena najveća dozvoljena trajna struja opterećenja. Tablice dozvoljenih strujnih opterećenja izrađene su za određene (referentne) uvjete pogona (za određenu temperaturu sredine, određeni medij, itd.). Kao primjer takve tablice neka posluži tabl. 13.

Tablica 13

NAJVEĆE DOZVOLJENE STRUJE TALJIVIH UMETAKA OSIGURAČA prema Tehničkim propisima za izvođenje elektroenergetskih instalacija u zgradama; važi za temperature okoline +25 °C.

Presjek vodiča, mm ²		Nazivne struje taljivih umetaka osigurača, A		
Cu	Al	Grupa I	Grupa II	Grupa III
0,75	—	—	10	16
1	—	10	16	20
1,5	2,5	16	20	25
2,5	4	20	25	35
4	6	25	35	50
6	10	35	50	63
10	16	50	63	80
16	25	63	80	100
25	35	80	100	125
35	50	100	125	160
50	70	125	160	200
70	95	—	200	225
95	120	—	225	260
120	150	—	260	300
150	185	—	300	350
185	240	—	350	430
240	—	—	430	500

NAPOMENE: U grupu I idu izolirani vodiči položeni u izolacijske cijevi koji pripadaju jednornom strujnom krugu, uključujući i eventualne zaštitne vodiče. U grupu II idu: cijevni (oklopjeni) vodiči, vodovi slični kabelu koji nisu položeni u cijevi, višežilni vodovi koji nisu položeni u cijevi i višežilni priključni gibiljni vodovi (gajtani).

U grupu III idu: jednožilni izolirani vodiči položeni slobodno u zraku (pri čemu razmak među vodičima mora biti najmanje jednak promjeru izoliranog vodiča), jednožilni spojni vodiči u razvodnim postrojenjima i goli vodiči presjeka do 50 mm² Cu, a 70 mm² Al.

Ako su prilike u stvarnosti nepovoljnije od predviđenih referentnih uvjeta, treba najveću dozvoljenu trajnu struju opterećenja I_0 koja je predviđena tablicama smanjiti primjenom ukupnog redukcionog faktora $r < 1$. U tom slučaju najveća još dozvoljena trajna (reducirana) struja opterećenja I_1 iznosi:

$$I_1 = r I_0 = (r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdot r_4) I_0, \quad (8)$$

gdje se redukciono faktor r_1 odnosi na temperaturno odstupanje od referentnih uvjeta (JUS 30 °C, VDE 25 °C), r_2 na utjecaj paralelnog položenih vodova, r_3 na toplinsku vodljivost sredine u kojoj je vod položen i r_4 na trajanje i veličinu opterećenja.

Temperaturni redukciono faktor r_1 može se dobiti iz pripremljenih tablica (v. tabl. 14) ili izračunati iz izraza:

$$r_1 = \left(\frac{I_1}{I_0} \right)^2 \approx \frac{\Delta\theta_1}{\Delta\theta_0} \quad (9)$$

pa reducirana trajna struja I_1 na povišenoj temperaturi sredine iznosi:

$$I_1 \approx I_0 \sqrt{\frac{\Delta\theta_1}{\Delta\theta_0}}. \quad (10)$$

Ovdje $\Delta\theta_0$ znači dozvoljeni prirast temperature vodiča prema referentnoj temperaturi sredine 30 °C (npr. $\Delta\theta_0 = 60 °C - 30 °C = 30 °C$), a $\Delta\theta_1$ dozvoljeni prirast temperature prema povišenoj temperaturi sredine.

Redukciono faktori r_2 i r_3 imaju svoj puni značaj pri dimenzioniranju kabela; oni se zanemaruju u proračunu izoliranih vodova, koji se najčešće primjenjuju u električnim instalacijama v. *Električni vodovi*.

Faktor utjecaja trajanja i veličine opterećenja (r_4) primjenjuje se kad se opterećenje voda mijenja s vremenom, kao npr. tokom dana po krivulji dnevнog opterećenja; u slučaju kratkotrajnih opterećenja s dužim prekidima tokom kojih se vodič može ohladiti do temperature okoline; u slučaju isprekidanog (intermitirajućeg) pogona s kratkim prekidima, tokom kojih se temperatura vodiča ne može izjednačiti s temperaturom okoline. Tehnički propisi i standardi rijetko određuju taj faktor.

Struja kratkog spoja (njezin iznos i trajanje), koja je pri određivanju presjeka vodiča u mrežama viših napona odlučan faktor, pri određivanju presjeka vodiča u električnim instalacijama od manjeg je značenja. Najveće temperature do kojih se smije kratkotrajno ugrijati vodič strujom kratkog spoja određene su tehničkim propisima ili uputama proizvođača. Te temperature znatno su više od temperature na osnovi kojih je određeno dozvoljeno strujno opterećenje i do kojih se u normalnom pogonu može trajno ugrijati vodič. Prema njemačkim propisima (VDE) najviša temperatura do koje se strujom kratkog spoja smije kratkotrajno ugrijati npr. vodič kabela građen za nizvne napone do 6 kV prema zemlji iznosi 160 °C.

Ako je vrijeme reagiranja zaštitnog organa koji prekida struju kratkog spoja duže nego što je potrebno da se vodič uslijed struje kratkog spoja zagrije do dozvoljene temperature, treba odabrati vodič većeg presjeka. To treba učiniti tek pošto se ispita da li postoje mogućnosti da se izabere zaštitni organ koji brže reagira na pojavu struje kratkog spoja.

Proračun pada napona. Pri izračunavanju presjeka vodiča u električnim instalacijama važan je faktor pad napona. Od izvora električne energije, odnosno od referentnog mjeseta u električnoj instalaciji ili mreži, pa do najudaljenijeg trošila pod napona mora ostati u određenim granicama. Smatra se da je trošilo napajano električnom energijom zadovoljavajućeg kvaliteta tek kad se promjene napona na njemu održavaju u propisanim granicama. Prema našim tehničkim propisima dozvoljeno je npr. da pad napona iznosi u zajedničkom dovodu od uvoda do električnog brojila najviše 3%. Ukupni pad napona od transformatorske stanice do posljednjeg trošila ne smije po pravilu prelaziti 6%.

Tablica 14
IZNOSI FAKTORA UTJECAJA TEMPERATURE OKOLINE
prema Tehničkim propisima za izvođenje elektroenergetskih instalacija u zgradama

VDE	Temperatura sredine, °C	Redukcijski faktor r_1	
		Izolacija vodiča	
JUS	guma	PVC	
25	30	1,00	1,00
30	35	0,92	0,94
35	40	0,85	0,88
40	45	0,75	0,82
45	50	0,65	0,75
50	55	0,53	0,67
55	60	0,38	0,58

Ako kroz vodiče omskog otpora R preko kojih se napaja određeno trošilo teče struja napajanja I , pad napona, tj. razlika između napona U_2 na kraju voda (tj. radnog napona trošila) i napona U_1 na početku voda, iznosi

$$u = U_2 - U_1 = IR. \quad (11)$$

Uvrste li se u izraz (11) duljinu l , presjek S i specifična vodljivost γ upotrijebljenog vodiča, dobiva se jednadžba

$$u = IR = \frac{2lI}{\gamma S}, \quad (12)$$

koja važi samo za dvožični vod pri napajanju istosmjernom strujom i kad se napajaju omska (termogena) trošila jednofaznom izmjeničnom strujom. Međutim, ako trošila osim omskog imaju i jalovi otpor (reaktanciju), treba pri napajanju izmjeničnom strujom voditi računa još i o pomaku faze φ između napona i struje. U tom slučaju pad napona za jednofaznu struju iznosi:

$$u = IR \cos \varphi = \frac{2lI \cos \varphi}{\gamma S}, \quad (13)$$

a za trofaznu izmjeničnu struju:

$$u = \sqrt{3} I R \cos \varphi = \frac{\sqrt{3} l I \cos \varphi}{\gamma S}. \quad (14)$$

Pad napona u daje se obično kao relativni pad napona u_r , u odnosu na napon U_s na kraju voda, pa je $u_r = u/U_s$. On se obično izražava u postocima (100 $u_r \%$).

Pad napona može se izraziti i pomoću nazivne snage trošila P , koja iznosi za istosmjernu struju $P = U I$, za jednofaznu izmjeničnu struju $P = U I \cos \varphi$ i za trofaznu izmjeničnu struju $P = \sqrt{3} U I \cos \varphi$, gdje U znači nazivni napon, tj. napon za koji je trošilo konstruirano. Uvrste li se ovi izrazi u jednadžbe (12), (13) i (14), dobiva se za napajanje istosmjernom ili jednofaznom izmjeničnom strujom:

$$u = \frac{2 l P}{\gamma S U}, \quad (15)$$

a za napajanje trofaznom izmjeničnom strujom:

$$u = \frac{l P}{\gamma S U}. \quad (16)$$

Ako ima nekoliko trošila ili odvojaka duž voda, treba u navedene formule umjesto $l I$ uvrstiti $\Sigma (l I)$, a umjesto $l P$ staviti $\Sigma (l P)$. Ako je opterećenje jednoliko raspoređeno na nekoj dužini duž voda, treba računati kao da je cijelokupno opterećenje koncentrirano u polovini te dužine.

Presjek vodiča izračunava se iz pada napona s dovoljnom tačnošću za uvjete u električnim instalacijama iz jednadžbi (17), (18) i (19), koje su dobivene iz izraza (12), (13), (14), (15) i (16). Za napajanje istosmjernom strujom vrijedi:

$$S = \frac{2 l I}{\gamma u} = \frac{2 l P}{\gamma u U}, \quad (17)$$

za jednofaznu izmjeničnu struju uzima se:

$$S = \frac{2 l I \cos \varphi}{\gamma u} = \frac{2 l P}{\gamma u U} = \frac{2 l P}{\gamma U^2 u_r}, \quad (18)$$

a za trofaznu:

$$S = \frac{\sqrt{3} l I \cos \varphi}{\gamma u} = \frac{l P}{\gamma u U} = \frac{l P}{\gamma U^2 u_r}. \quad (19)$$

Ako ima na vodu više trošila ili odvojaka, postupa se na isti način kao pri izračunavanju pada napona.

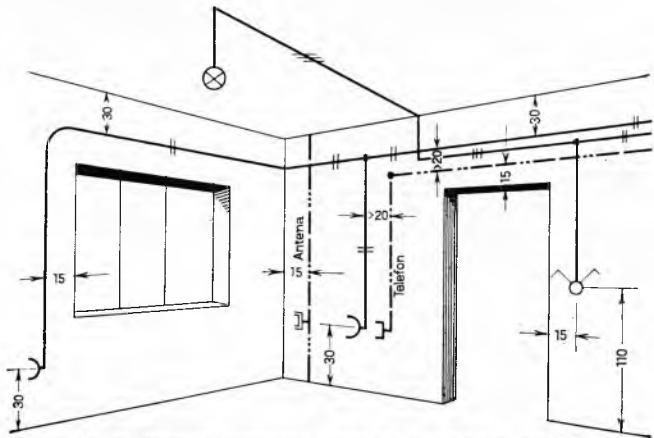
Kao snaga P uvrštava se kod manjih instalacija u (17) ... (19) tzv. instalirana snaga, tj. zbroj snaga svih instaliranih ili predviđenih trošila. Samo se u instalacijama većih snaga uzima u obzir tzv. maksimalna snaga trošilâ koja se koriste istovremeno. Ona se dobiva množenjem instalirane snage s faktorom *istovremenost*, koji iznosi npr. za veće stanove 0,8, za kancelarije 0,6 a za motorni pogon 0,6...1. Za motore koji se češće puštaju u pogon uzima se njihova polazna struja. Za dozvoljeni relativni pad napona uzimaju se vrijednosti iz odgovarajućih stavki propisa. Za izračunavanje presjeka vodiča uzima se oblik izrazâ (17), (18) i (19) koji je za određeni proračun najprikladniji. Da se izbjegne dugotrajno računanje upotrebljavaju se nomogrami i tablice izrađene na osnovi ovih izraza.

Projektни elaborat za električne instalacije sastoji se od projektnog zadatka, nacrtu električne instalacije, sheme razvodnih ploča, proračuna električnih vodova, potrebnih dodatnih električnih shema (sheme djelovanja, strujne sheme itd.), predmjera materijala, tehničkog opisa rada, tehničkih uvjeta, analize cijenâ radova i predračuna. U ovom će poglavljiju biti ukratko govora samo o onim dijelovima projektnog elaborata koji se odnose na električne i elektrotehničke podatke i probleme.

Projektni zadatak sadrži podatke o lokaciji, vrsti i namjeni objekta u kome treba postaviti električnu instalaciju; zahtjeve, potrebe i želje investitora u pogledu izvedbe instalacije; podatke o položaju i vrsti električne mreže (nadzemne, kabelske) na koju će biti objekt priključen i o vrsti struje (istosmjerna, izmjenična jednofazna, trofazna itd.), njezinom naponu i frekvenciji.

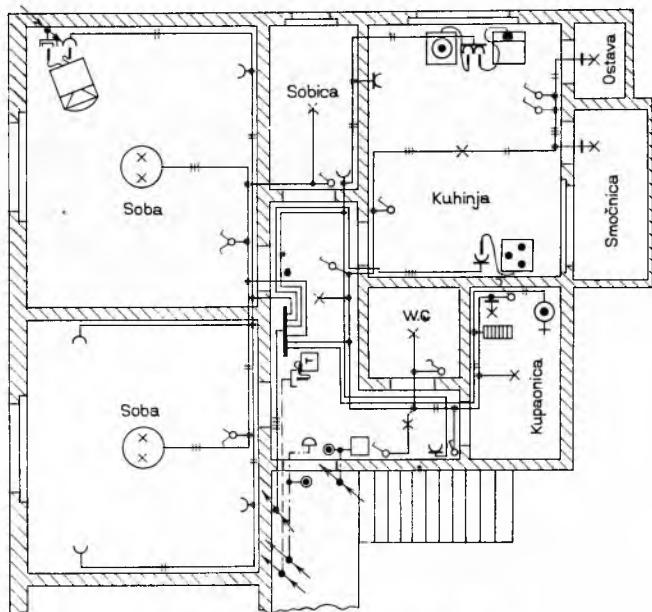
Prostorni razmještaj instalacije u objektu (shematski prikazan na sl. 46) prikazuje se u nacrtima električne instalacije tako da

se na gradevinskom planu osnove zgrade (na tlocrtima i vertikalnim projekcijama) s pomoću odgovarajućih simbola (v. *Elektrotehnički simboli*), oznakâ i brojki ucrtaju i upisu svi potrebni



Sl. 46. Prostorni razmještaj instalacije u stambenoj prostoriji

podaci o električnoj instalaciji (sl. 47). Među ove podatke idu: namjena pojedine prostorije; pojedina trošila, njihov položaj i snaga; položaj i vrste sklopki i priključnih naprava; pojedini jednopolno ucrtani vodovi, njihov broj, presjek vodiča i vrsta izolacije; izolacione cijevi, njihova vrsta i promjer; mjesto razvodnih ploča, vrsta i broj osigurača i drugih aparata (npr. brojila) na njima; vrsta zaštite od dodirnog napona kao i vrsta struje i visina napona. Pri izradi nacrta električne instalacije postupa se tako da se, pošto su određena rasvjетna mjesta i utvrđena mjesta i raspored drugih trošila, izvrši podjela trošila na pojedine kruge. Pri tome treba paziti da opterećenje pojedinih krugova ne bude veće nego što je pravilima i propisima predvideno za određene vrste potrošača. Nadalje treba nastojati da se u svaku veću prostoriju uvedu dva strujna kruga, da su priključnice na zasebnim krugovima, da su termička trošila dovoljno udaljena od vodovodne instalacije itd. Tek pošto su utvrđeni svi ti detalji prelazi se na utvrđivanje trase vodova i ucrtavanje vodova u planove.



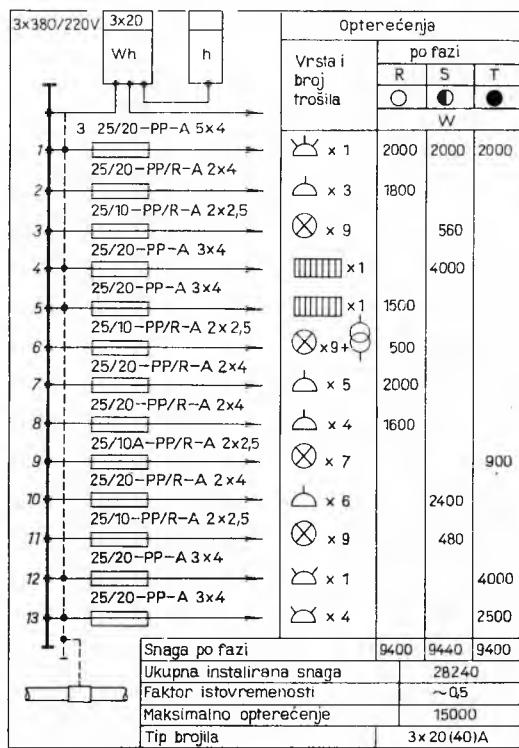
Sl. 47. Tlocrt električne instalacije stana

Ako postoji u nekoj zgradi veći broj motornih trošila, može se izraditi zaseban plan električne instalacije za osvjetljenje i zaseban za elektromotorne pogone.

Sheme razvodnih ploča izrađuju se obično jednopolno i zasebno za glavnu (kućnu) razvodnu ploču i zasebno za sve druge (kat-

ELEKTRIČNE INSTALACIJE — ELEKTRIČNE MREŽE

ne i stambene) razvodne ploče. Na shemi glavne razvodne ploče prikazani su shematski: dužine trasa linija od glavnog osigurača do osigurača na katnoj razvodnoj ploči, broj vodova, presjek vodiča, vrsta izolacije, promjer izabrane cijevi i instalirana snaga prema kojoj je izračunan presjek vodiča. Na shemama drugih (katnih) razvodnih ploča (sl. 48) shematski su prikazani osigurači

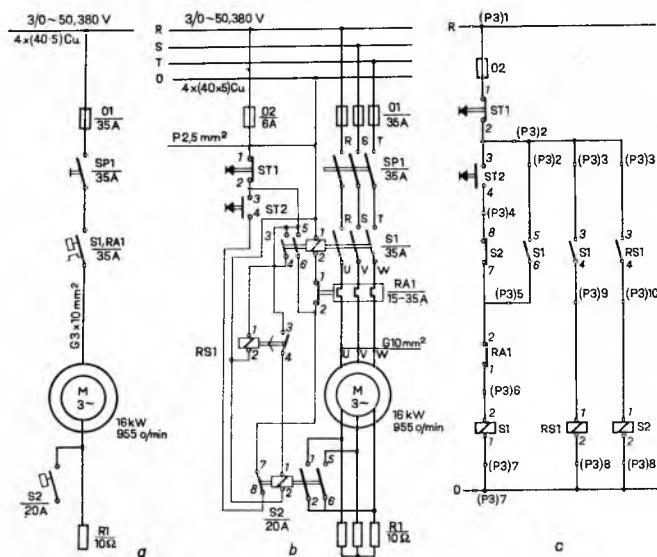


Sl. 48. Shema i podaci za katnu razvodnu ploču

i priključci pojedinih krugova, karakteristike pojedinih vodova i način zaštite. Obično se u sklopu ove sheme dodaje tablica u kojoj su s pomoću simbola naznačena trošila svakog pojedinog kruga, njihov broj i opterećenje po pojedinim fazama.

Proračun presjeka pojedinih vodiča i odabiranje najprikladnijih tipova vodova vrši se prema načelima koja su iznjeta u pretvodnom poglavljaju.

Dodatane sheme veza služe za bolje razumijevanje pojedinih detalja ili pojedinih dijelova instalacije, a izrađuju se i za one



Sl. 49. Dodatni instalacijski nacrti trofaznog kolutnog asinhronog motora:
a jednopolna shema, b shema djelovanja, c strujna shema

veze koje treba postaviti van uobičajenih standardiziranih instalacija. Ove se sheme crtaju bilo kao jednopolne sheme, sheme djelovanja, strujne sheme ili kao priključne sheme. *Jednopolna shema* (sl. 49 a) jednopolno pokazuje glavne i pomoćne vodove koji su prije potrebiti za razumijevanje instalacije. Na shemama upisani su i osnovni električni podaci o aparatima i trošilima, a prikazan je i njihov raspored na polja, čelije, ormariće itd. *Shema djelovanja* (sl. 49 b) sadrži sve vodove, aparate i trošila s njihovim električnim podacima, kao i sve podatke potrebne za praćenje djelovanja svih strujnih krugova. *Strujna shema* (sl. 49 c) služi za prikaz pomoćnih strujnih krugova kojima se vrši upravljanje ili signalizacija. Kontakti koji pripadaju istom aparatu crtaju se razdvojeni, uklopljeni u pripadajuće strujne krugove. Odgovarajućim brojčano-slovčanim oznakama naznačuje se koji kontakti pripadaju pojedinom aparatu. Svi strujni krugovi crtaju se između dvije horizontalne linije, koje predstavljaju vodove s pomoćnim naponom, prema redoslijedu uklapanja slijeva nadesno. Na strujnoj shemi izbjegavaju se sva križanja linija. *Priklučna shema* služi kao izvedbeni nacrt i prikazuje priključivanje vodiča na stezaljke razvodnog uređaja, trošila ili aparata. Iz te sheme nije neposredno vidljivo funkciranje instalacije.

Tehnički opis je pismeni sastav koji se daje uz projekt, a služi za upoznavanje izvođača instalacije sa zamislima projektanta. U njemu su neke eventualne nejasnoće nedvosmisleno i po potrebi detaljnije objašnjene.

Tehnički uvjeti koji se prilažu projektu pismeni su sastav u kome su citirani svi propisi kojih se treba pridržavati pri izvođenju instalacije i standardi kojima treba da odgovara instalacijski materijal. U njemu se daju i definicije sadržaja pojedinih tačaka predračuna.

LIT.: W. S. Ibbetson, Numerical exercises in electric wiring, London 1948. — J. H. Novak, Practical residential wiring, New York 1948. — A. Uhl, C. H. Dunlap, F. W. Flynn, Interior electric wiring and estimating, Chicago *1951. — H. P. Richter, Practical electric wiring, New York *1952. — B. Z. Segall, Electric code diagrams, New York 1954. — A. L. Abbot, National electric code handbook, New York *1954. — W. S. Ibbetson, Electric wiring: theory and practice, London *1954. — D. Matanović, Zaštite mreža u električnim uređajima, Zagreb 1960. — AEG (Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft), Hilfsbuch für Licht- und Kraftanlagen, Essen *1960. — R. Arnold, Taschenbuch für Elektriker, Berlin 1962. — Tvorница „Rade Končar“, Tehnički priručnik, Zagreb 1963. — A. Hoppner, Handbuch für Planung, Konstruktion und Montage von Schaltanlagen, Mannheim 1964. — D. Kaiser, Elektrotehnički priručnik, Zagreb *1964. — D. Lj. Petrović, Električne instalacije, Beograd *1968. — A. J. Coker, Electric wiring (domestic), London 1969. — M. Neidle, Electrical installation technology, London 1970. V. Srb

ELEKTRIČNE MREŽE, JAKOSTRUJNE, o kojima će isključivo biti govora u ovom članku, predstavljaju skupove svih međusobno spojenih električnih postrojenja i vodova (dalekovodâ i kabelâ) istog nazivnog napona. One služe za transport električne energije od njezina izvora do potrošača. Prema nazivnom naponu (kojim se one označuju i koji ih karakterizira) električne se mreže dijele obično na mreže niskog, srednjeg, visokog i najvišeg napona. Granice pri ovoj klasifikaciji leže otrprilike pri 1, 35 i 150 kV. Električne mreže mogu prema svojoj namjeni služiti ili prenosu (transportu) ili razdiobi (distribuciji) električne energije. Mreže za prenos povezuju velikâ elektrane s velikim potrošačkim centrima i elektrane među sobom. U ovim se mrežama primjenjuju samo visoki i najviši naponi (npr. 110, 220 kV) i njima se prenose velike snage često na velike udaljenosti. Mreže za distribuciju povezuju lokalne izvore električne energije (manje elektrane, transformatorske stanice potrošačkih centara napajane mrežom za prenos električne energije) s pojedinim potrošačima (zgradama, tvornicama itd.). U tim se mrežama primjenjuju srednji (npr. 10 i 35 kV) i niski naponi (manji od 1 kV, u gradskim i tvorničkim mrežama) i njima se prenose samo manje snage na manje udaljenosti. Često je teško povući granicu između mreže za prenos i mreže za razdiobu. (Opća teorija mreža obrađena je u članku *Električni krugovi*.)

Razvoj jakostrujnih električnih mreža. Nakon izuma električnog generatora (W. v. Siemens 1866) i nakon što je Th. A. Edison 1879 uspio proizvesti upotrebljive žarulje, počela je 1882 izgradnja električnih centrala. To su bila postrojenja s parnim strojem koji je s pomoću remenskog prenosa pogonio mali generator istosmjerne struje. Takve su se električne centrale u početku upotrebljavale isključivo za napajanje rasvjetcne mreže u većim stambenim i poslovnim zgradama. Žarulje bile su u tim instal-