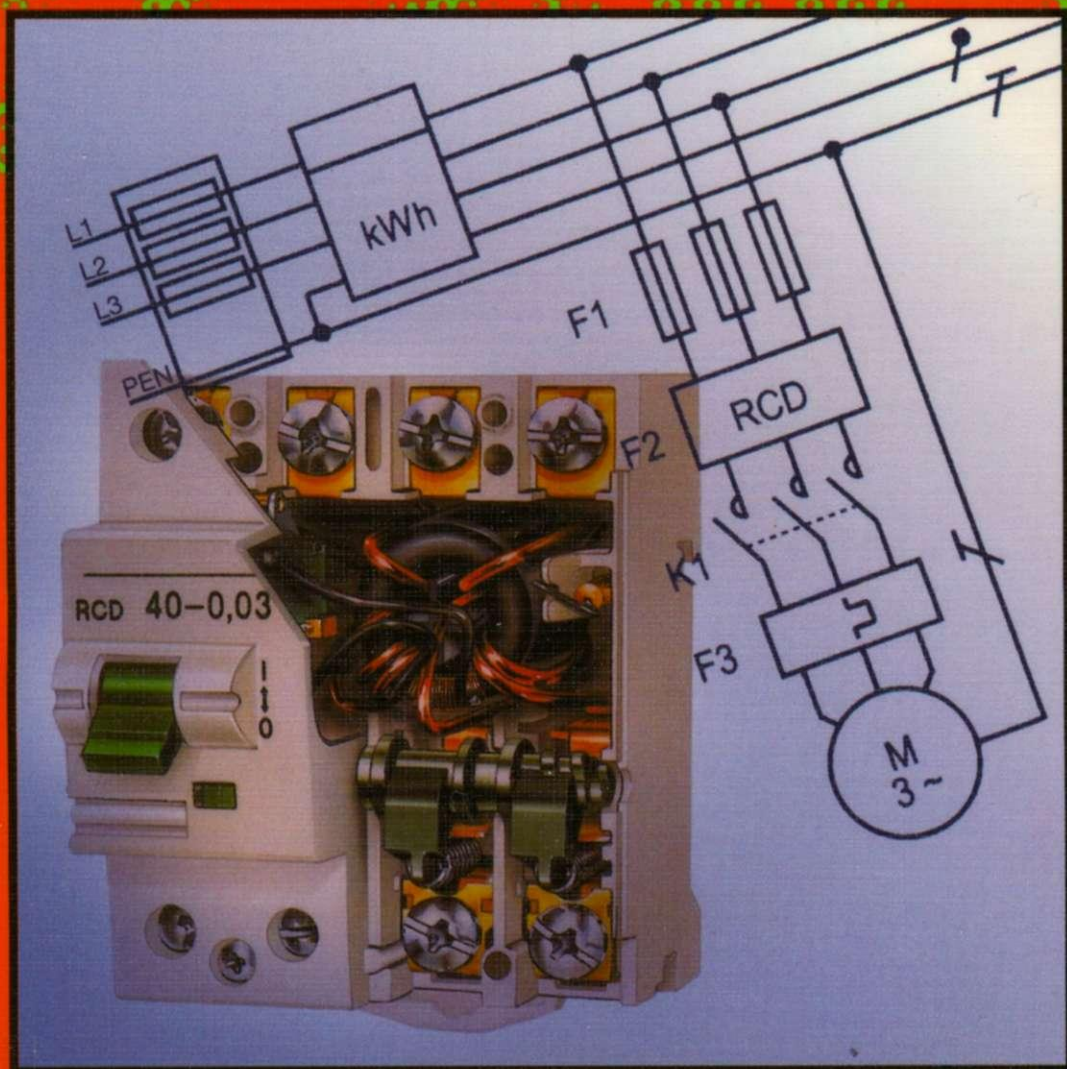


PRAKTICKÁ ELEKTROTECHNIKA

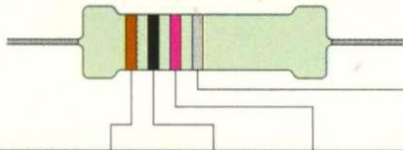
ST-ŽŽ-42

PETER BASTIAN A KOLEKTIV



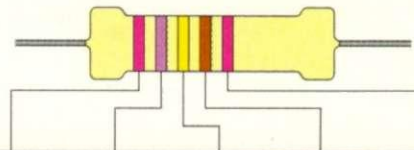
Označení rezistorů a kondenzátorů

Barevný kód uhlíkových rezistorů



Barva značky	Zkratka	1. číslice	2. číslice	náso- bek	tole- rance v %
		hodnota odporu v Ω			
žádná	—	—	—	—	± 20
stříbrná	SR	—	—	10^{-2}	± 10
zlatá	GD	—	—	10^{-1}	± 5
BK (sw)		—	0	1	—
BN (br)		1	1	10^1	± 1
RD (rt)		2	2	10^2	± 2
OG (or)		3	3	10^3	—
YE (ge)		4	4	10^4	—
GN (gn)		5	5	10^5	$\pm 0,5$
BU (bl)		6	6	10^6	$\pm 0,25$
VT (vi)		7	7	10^7	$\pm 0,1$
GY (gr)		8	8	10^8	—
WH (ws)		9	9	10^9	—

Barevný kód kovových rezistorů



Barva značky	1. číslice	2. číslice	3. číslice	náso- bek	tole- rance v %
	hodnota odporu v Ω				
žádná	—	—	—	—	—
stříbrná	—	—	—	10^{-2}	± 10
zlatá	—	—	—	10^{-1}	± 5
BK (sw)	—	0	0	1	—
BN (br)	1	1	1	10^1	± 1
RD (rt)	2	2	2	10^2	± 2
OG (or)	3	3	3	10^3	—
YE (ge)	4	4	4	10^4	—
GN (gn)	5	5	5	10^5	$\pm 0,5$
BU (bl)	6	6	6	10^6	$\pm 0,25$
VT (vi)	7	7	7	10^7	$\pm 0,1$
GY (gr)	8	8	8	10^8	—
WH (ws)	9	9	9	10^9	—

Řady E rezistorů a kondenzátorů

E6	1,0		1,5		2,2		3,3		4,7		6,8																																					
E12	1,0	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7	3,3	3,9	4,7	5,6	6,8	8,2																																				
E24	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1																								
E48	1,00	1,21	1,47	1,78	2,15	2,61	3,16	3,83	4,46	5,62	6,81	8,25	1,05	1,27	1,54	1,87	2,26	2,74	3,32	4,02	4,87	5,90	7,15	8,66	1,10	1,33	1,62	1,96	2,37	2,87	3,48	4,22	5,11	6,19	7,50	9,09	1,15	1,40	1,69	2,05	2,49	3,01	3,65	4,42	5,36	6,49	7,87	9,53

Alfanumerické značení rezistorů a kondenzátorů

Rezistory	R33	3R3	33R	K33	3K3	33K	M33	3M3	33M
	0,33 Ω	3,3 Ω	33 Ω	0,33 k Ω	3,3 k Ω	33 k Ω	0,33 M Ω	3,3 M Ω	33 M Ω
Kondenzátory	4p7	47p	n47	4n7	47n	μ 47	4 μ 7	47 μ	m47
	4,7 pF	47 pF	0,47 nF	4,7 nF	47 nF	0,47 μ F	4,7 μ F	47 μ F	0,47 mF

PRAKTICKÁ ELEKTROTECHNIKA

PETER BASTIAN A KOL.

**EUROPA - SOBOTÁLES cz.
Praha 2004**

Kniha pojednává o všech důležitých okruzích problémů elektrických zařízení a energetiky se zaměřením na odborné informace, se kterými se setkávají v praxi elektromechanici, elektronici, elektrikáři a další příbuzné profese při montážích, provozu a opravách elektrických strojů a zařízení. Dobrý přehled, orientaci v problematice a pochopení vysvětlovaných zákonitostí umožňuje téměř 800 barevných obrázků a diagramů zařazených v knize, jejíž překlad byl příslušně upraven pro potřeby českých čtenářů.

Je určena především studentům středních škol připravujícím se na zaměstnání v dané oblasti, ale jako potřebnou pomůcku ji lze doporučit i technikům, mistrům, inženýrům i dalším pracovníkům z praxe.

Autorský kolektiv:

Peter Bastian(vedoucí), Günter Schuberth, Otto Spielvogel, Hans-Jürgen Steil, Klaus Tkotz, Klaus Ziegler

Zpracování obrazových příloh: Grafické studio nakladatelství Europa-Lehrmittel

Z německého originálu Praxis Elektrotechnik (8. vyd. z r. 2002) přeložil: Ing. Karel Radil

Odborná revize a doplňky překladu: RNDr. Jiří Handlíř, CSc. (kap. 1-2, 8-11), Ing. Josef Říha

Předmluva

Nakladatelství Europa-Sobotáles uvádí na český trh překlad knihy „Praxis Elektrotechnik“, která je určena k základnímu i rozšiřujícímu (rekvalifikačnímu) vzdělávání v nejrůznějších učebních i studijních oborech z oblasti elektrotechniky. Přináší proto základní odborné informace a vědomosti potřebné pro dobrý výkon povolání v elektrotechnickém průmyslu i v řemeslné výrobě.

V Německu publikace vyšla již v osmi vydáních, přičemž poslední vydání z r. 2002 bylo zásadně přepracováno, rozšířeno a doplněno podle platného vzdělávacího programu spolkových zemí. Kniha je tím aktuální a zohledňuje technický pokrok v oblasti elektrotechniky, přičemž zvláštní důraz je kladen na zahrnutí platných evropských i DIN norem. Uváděná schémata zapojení jsou provedena podle DIN EN 61082.

V českém překladu bylo názvosloví většinou přizpůsobeno pojmům zavedeným v českých učebnicích a příslušných ČSN a výklad byl místy v nezbytné míře pozměněn a upraven tak, aby vyhovoval naší zavedené praxi a potřebám čtenářů. S ohledem na brzký vstup naší republiky do Evropské unie je však oblast norem vystavena četným úpravám a změnám, takže nelze vyloučit, že některé z uváděných ČSN budou v nejbližší době nahrazeny novými normami, které budou lépe sladěny s normami evropskými.

Autorský kolektiv příručky utvořili zkušení odborníci, kteří mají nejen potřebné elektrotechnické znalosti a praxi, ale i bohaté pedagogické zkušenosti. Ty jim umožnily rozdělit obsah knihy na přehledné úseky učební látky, pojednávající o všech důležitých oblastech oboru. Po základní informaci o bezpečnosti při práci na elektrických zařízeních a ochraně proti úrazům seznamují autoři čtenáře s izolovanými vodiči a kabely, druhy jejich instalace, technikami spojování a ochraně proti přetížení i zkratu. Dále předkládají potřebné informace o prvcích a obvodech v silnoproudé elektrotechnice, elektrických zařízeních v obytných budovách, zvláštních způsobech elektroinstalace, měření na elektrických zařízeních a spotřebičích a o obvodech a jejich součástkách v elektronice. V závěrečných kapitolách přináší autoři přehled o provozu, údržbě, opravách a revizích vybraných elektrických spotřebičů, o hledání závad v elektrických zařízeních a přístrojích a věnují se i problematice elektrických strojů a primárních i sekundárních článků zásobujících spotřebiče nezávisle na síti. Srozumitelnosti a přehlednosti výkladu napomáhá i téměř 800 zdařilých barevných obrázků, tabulek a diagramů.

Publikace „Praktická elektrotechnika“ je určena především pro vzdělávání na elektrotechnických středních odborných učilištích a průmyslových školách. Kromě toho by měla být cennou pomocí i všem technikům, mistrům a studentům na dalších typech škol, ale i odborníkům, elektrotechnikům a inženýrům z praxe při instalacích, údržbě a zkoušení elektrických zařízení. Jako stručný úvod do studia dané problematiky by mohla dobře posloužit i studujícím příslušných vysokých škol. Vhodně doplňuje dosud vydané tituly „Příručka pro elektrotechnika“ a „Průmyslová elektronika a informační technologie“ a spolu s dalšími připravovanými knihami z oblasti elektrotechniky by měla v budoucnu vytvořit jednotný celek publikací umožňující metodicky i odborně správnou výuku i samostudium. Protože podobná kniha na českém trhu prozatím chybí, jsme přesvědčeni, že se setká s příznivou odezvou a stane se vyhledávanou učební pomůckou.

Obsah

Předmluva	3	4	Techniky spojování	45
Obsah	4	4.1	Příprava izolovaných vedení	45
1	Bezpečnost a ochrana proti úrazům	4.2	Šroubová spojení	46
1.1	Elektrická energie a s ní spojená nebezpečí	4.2.1	Druhy šroubových spojení	46
1.1.1	Bezpečnostní předpisy pro zařízení nízkého napětí	4.2.2	Šrouby, matice a jištění šroubového spojení	46
1.1.2	Předpisy o bezpečnosti elektrických předmětů - ČSN 33 2000	4.2.3	Povolování pevných šroubových spojení	47
1.1.3	Předpisy sloužící k ochraně před úrazem	4.2.4	Ohýbání oček	48
1.1.4	Všeobecné předpisy o rozvodu elektrické energie	4.3	Nepájivé způsoby spojování	49
1.2	Pojmy a definice	4.3.1	Zalísování, promáčknutí a lisované zapouzdření	49
1.3	Bezpečnostní značení na pracovišti	4.3.2	Spojení ovinutím vodiče (Wire-Wrap), ovíjené spoje	50
1.3.1	Značení nebezpečných látek	4.3.3	Spojení pérovými sponami (Termi-Point)	50
1.3.2	Bezpečnostní značky	4.3.4	Ostatní druhy spojů	50
1.4	Pět pravidel bezpečnosti	4.3.5	Svorková spojení	51
1.5	Bezpečnost při práci na elektrických zařízeních	4.4	Pájení	53
1.5.1	Bezpečnost při práci v blízkosti částí zařízení pod napětím	4.4.1	Pájení na měkko	53
1.5.2	Bezpečnost při práci na částech zařízení pod napětím	4.4.2	Pájení na tvrdo	57
1.5.3	Bezpečné zacházení s nářadím a přístroji	5	Ochrana proti přetížení a zkratu	58
1.5.4	Ochranný oděv, ochranné pomůcky	5 [^]	Tavné pojistky	58
2	Izolované vodiče a kabely	5 - -	Šroubovací pojistky	58
2.1	Použití a požadavky kladené na izolované vodiče	5 1 2	Nízkonapěťový vysokovýkonový pojistkový systém(NH)	60
2.2	Vodiče a kabely	5 1 3	Funkční a provozní třídy nízkonapěťových pojistek	61
2.3	Kabely	5 1 4	Přístrojové pojistky	61
3	Druhy instalace vodičů a kabelů	5.2	Jističe (pro vedení)	62
3.1	Zásady instalace vodičů	5.3	Nadproudová ochrana asynchronních motorů	63
3.2	Klasické druhy instalace	5.3.1	Motorové jističe	63
3.2.1	Pokládání vodičů na omítku	5.3.2	Tepelná nadproudová relé	64
3.2.2	Instalace kabelů do omítky	5.3.3	Ochrana motorů termistory	65
3.2.3	Instalace pod omítku	5 ⁴	Ochrana proti nadproudům u pevně uložených kabelů a vodičů	66
3.2.4	Pokládání vedení do instalačních trubek	5 A 1	Proudová zatížitelnost pevně uložených kabelů a vodičů	66
3.3	Vyhledávání závad u instalovaných vedení a hledání kovových trubek pod omítkou	£. 4.2	Přiřazení nadproudových jističů	68
3.4	Elektrická instalace v panelové a montované stavbě	5 4, 3	Ochrana kabelů a izolovaných vodičů před přetížením	70
3.4.1	Instalace vedení v betonu	0.4.4	Ochrana kabelů a izolovaných vodičů před zkratem	70
3.4.2	Instalace vedení v dutých stěnách			
3.5	Ukládání vedení do instalačních žlabů			
3.5.1	Ukládání vedení v instalačních žlabech			
3.5.2	Instalace v přístrojových lištách a žlabech			
3.5.3	Instalace v lištách			
3.5.4	Instalace v nadpodlažních lištách			
3.6	Podpodlažní instalace (podlahové rozvody)			
3.6.1	Žlab krytý mazaninou			
3.6.2	Žlaby vsazené do mazaniny			
3.6.3	Žlaby v betonu			
3.6.4	Instalace ve dvojité podlaze			
3.7	Protipožární utěsnění v elektrických zařízeních			
3.8	Instalace na kabelových nosných opěrkách			
3.9	Instalace do země			
3.10	Instalace venkovních vedení			
			Prvky a obvody v silnoproudé elektrotechnice	72
		6.1	Technické podklady	72
		6.1.1	Značení elektrických předmětů	72
		6.1.2	Podklady pro instalace	72
		6.2	Zásuvkové systémy	74
		6.2.1	Dvoupólové vidlice s ochranným kontaktem nebo bez ochranného kontaktu	74
		6.2.2	Výroba prodlužovacího vedení s ochranným kontaktem	77
		6.2.3	Zásuvkový systém Perilex pro trojfázový proud	77
		6.2.4	Průmyslové zásuvky a vidlice	78
		6.3	Ovládací a indikační spínače	80
		6.3.1	Spínače a tlačítka	80
		6.3.2	Instalační spínače	81
		6.3.3	Tlačítka a světelné hlásiče	82
		6.3.4	Polohové spínače	82
		6.3.5	Přibližovací spínače	83
		6.3.6	Spínače pro stroje a zařízení	84

6.4	Elektromagnetické spínače	85	7.6.2	Satelitní antény	127
6.4.1	Relé	85	7.6.3	Širokopásmová komunikační zařízení	130
6.4.2	Stykače	87	7.7	Zabezpečovací zařízení	131
6.4.3	Zpožděné elektromagnetické spínače	88	7.7.1	Zabezpečovací zařízení proti vloupání	131
6.4.4	Značení svorek a kontaktů elektromagnetických spínačů	89	7.7.2	Zařízení ohlašující požár	133
6.5	Instalační zapojení	90	7.8	Systémová řídicí technika v budovách ...	134
6.5.1	Instalační zapojení s vypínači	90	7.8.1	Systém instalační sběrnice EIB	134
6.5.2	Spínače s osvětlením a spínače s indikací provozu	91	7.8.2	Powernet-EIB	136
6.5.3	Instalační obvody s elektromagnetickými spínači	92	8	Zvláštní elektroinstalace	139
6.6	Řídicí a signalizační obvody s elektromagnetickými spínači	93	8.1	Elektroinstalace v zemědělských a zahradnických zařízeních	139
6.6.1	Provozní podmínky a provedení řídicích a signalizačních obvodů	93	8.2	Elektroinstalace v místech ohrožených požárem	141
6.6.2	Základní obvody se stykači	95	8.3	Elektroinstalace ve zdravotnických zařízeních a v místnostech pro léčebné účely	142
6.6.3	Obvody pro postupné a blokové spínání	95	8.4	Elektroinstalace v prostorech ohrožených výbuchem	145
6.6.4	Zapojení hvězda-trojúhelník	96	8.5	Elektrická zařízení na staveništích a demolicích	150
6.6.5	Motor s dělenými vinutími statoru (Dahlanderovo zapojení)	97	8.6	Osvětlovací zařízení pro vnitřní prostory	151
6.7	Malé řídicí přístroje	98	8.6.1	Zapojování zářivek	151
6.7.1	Konstrukce, montáž a připojení	98	8.6.2	Nízkovoltové halogenové žárovky	153
6.7.2	Programování	99	8.7	Světelné trubice	155
6.8	Programovatelné automaty (PLC - systémy)	100	8.8	Fotovoltaické systémy	157
6.8.1	Struktura programovatelného automatu	100	9	Měření na elektrických zařízeních a spotřebičích	159
6.8.2	Připojení programovatelného automatu (PA)	100	9.1	Měření a zkoušení	159
6.8.3	Způsob řízení programovatelným automatem	101	9.2	Pojmy v měřicí technice	160
6.8.4	Programování programovatelného automatu	101	9.3	Analogové a digitální (číslicové) zobrazení	160
6.8.5	Technické a bezpečnostní požadavky na programovatelné automaty (PA)	102	9.4	Měřicí soustavy	161
6.8.6	Příklad použití	104	9.5	Chyby měření	161
7	Elektrická zařízení v obytných budovách	105	9.6	Měření proudu, napětí a odporu	163
7.1	Domovní přípojka	105	9.7	Měření univerzálními měřicími přístroji...	168
7.1.1	Prostor pro domovní přípojku	105	9.8	Měření elektrického výkonu	169
7.1.2	Zemní domovní přípojka	105	9.9	Měření elektrické práce	170
7.1.3	Připojení venkovního vedení	106	9.10	Měření paprskovým osciloskopem	172
7.2	Ochrana v obytných budovách uvedením na stejný potenciál	106	9.10.1	Příprava k měření	172
7.2.1	Základový zemnic	107	9.10.2	Měření napětí	172
7.2.2	Vyrovnaní celkového potenciálu	107	9.10.3	Měření kmitočtu a času	172
7.3	Vnitřní elektrické rozvody	108	9.10.4	Měření proudu	174
7.3.1	Hlavní vedení	108	9.10.5	Měření fázového posunu	174
7.3.2	Elektroměrové desky	109	9.10.6	Zobrazení charakteristik	174
7.3.3	Řídicí vedení	110	9.11	Registrační měřicí přístroje	176
7.4	Elektroinstalace v bytech	110	10	Bezpečnostní opatření	177
7.4.1	Elektrické rozváděče	110	10.1	Ochrana elektrických předmětů krytím	177
7.4.2	Elektroinstalace v obytných prostorech	111	10.2	Ochrana před úrazem elektrickým proudem	178
7.4.3	Elektroinstalace v kuchyni	112	10.3	Ochrana před přímým i nepřímým dotykem	179
7.4.4	Druhy instalací	113	10.3.1	Ochrana malým napětím	179
7.4.5	Elektrická instalace v koupelnách a sprchových koutech	114	10.3.2	Ochrana omezením náboje	179
7.4.6	Rozsah elektrické instalace v obytných budovách	116	10.4	Ochrana před úrazem elektrickým proudem v normálních podmínkách	180
7.5	Telekomunikační zařízení	117	10.4.1	Ochrana aktivních (živých) částí izolací	180
7.5.1	Domovní zvonky	117	10.4.2	Ochrana zakrytím a zapouzdrěním	180
7.5.2	Domácí telefony	117	10.4.3	Ochrana zábranou	180
7.5.3	Zřizování telekomunikačních zařízení	120	10.4.4	Ochrana polohou	180
7.5.4	Analogová telekomunikační zařízení	121	10.4.5	Doplňková ochrana proudovým chráničem	180
7.5.5	Digitální telekomunikační zařízení (zařízení ISDN)	122	10.5	Ochrana před úrazem elektrickým proudem při závadách na elektrickém zařízení	181
7.6	Antény	124			
7.6.1	Antény pro příjem pozemních vysílačů	124			

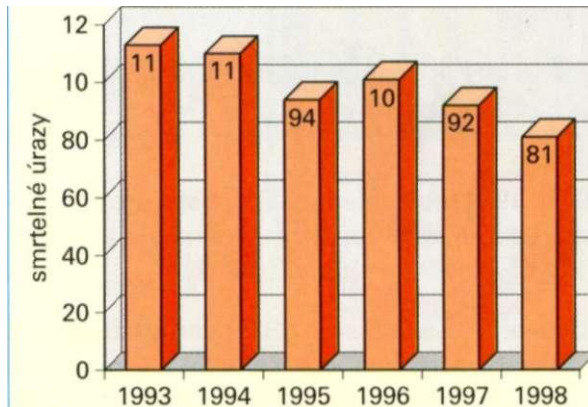
10.5.1	Systemy ochrany v trojfázové síti	181	13.2.1	Mechanické závady	243
10.5.2	Vyrovňování potenciálu (propojování)	181	13.2.2	Přerušení vodičů	243
10.5.3	Ochrana v sítích TN	182	13.2.3	Vyhledání zkratu	244
10.5.4	Proudový chránič RCD v síti TN	184	13.2.4	Vyhledání zkratů na kostru, na zem a zkratových spojů	245
10.5.5	Ochranná opatření v systému TT	185	13.3	Hledání závad v elektrických přístrojích	246
10.5.6	Ochranná opatření v systému IT	185	13.3.1	Systematické hledání závad	246
10.5.7	Ochranná izolace	187	13.3.2	Druhy závad v elektrických přístrojích a jejich příčiny	247
10.5.8	Ochrana pomocí nevodivých prostor	187	13.3.3	Hledání závady na příkladu varné plotýnky	247
10.5.9	Ochranné oddělení obvodů	188	13.4	Uvádění elektrických zařízení do provozu	248
10.6	Kontrola ochranných opatření	189	13.5	Kontrola instalovaných přístrojů podle ČSN	252
10.6.1	Vizuální kontrola	189	13.5.1	Vizuální kontrola	252
10.6.2	Kontrola zkoušením a měřeními (dle ČSN 33 2000-6-61)	189	13.5.2	Kontrola ochranného vodiče	252
10.6.3	Kontrola malého napětí a ochranného oddělení	190	13.5.3	Měření izolačního odporu	253
10.6.4	Měření izolačního odporu	190	13.5.4	Měření unikajících proudů	254
10.6.5	Zkoušky trojfázových zařízení	192	13.5.5	Funkční zkouška	254
10.6.6	Kontrola ochranných zařízení na bázi chybového (poruchového) proudu proudového chrániče(RCD)	193	14	Elektrické stroje	255
11	Obvody a jejich součástky v elektronice	195	14.1	Konstrukce pohonů	255
11.1	Plošné spoje	195	14.1.1	Vlastnosti motorů	255
11.1.1	Konstrukce desky s plošnými spoji	195	14.1.2	Stupně ochrany motorů	256
11.1.2	Výrobní technologie	195	14.1.3	Druhy provozu elektrických strojů	257
11.1.3	Výroba plošného spoje na příkladu průchozí zkoušečky	197	14.2	Trojfázové asynchronní motory	258
11.1.4	Příprava elektronických součástek	199	14.2.1	Motory s kotvou nakrátko	258
11.1.5	Technologie povrchové montáže(SMD)	200	14.2.2	Vlastnosti asynchronních motorů	260
11.2	Rezistory	202	14.2.3	Trojfázové asynchronní motory s kroužkovou kotvou	262
11.2.1	Pevné rezistory	202	14.2.4	Trojfázové motory s přepínáním	262
11.2.2	Proměnné rezistory	203	14.2.5	Trojfázové motory pn různem napájen, střídavým napětím	264
11.2.3	Nelineární rezistory	203	14.2.6	Regulace otacek trojfázových motorů	265
11.2.4	Měření rezistorů	204	14.3	Jednorázové motory	267
11.3	Kondenzátory	204	14.3.1	Jednofázové motory s kotvou nakrátko	267
11.3.1	Značení a rozměry kondenzátorů	205	14.3-2	Motory se stměnými poly	268
11.3.2	Zkoušení kondenzátorů	205	14.3.3	Univerzální motory	268
11.4	Polovodičové součástky	206	14.4	Stejnoseměrné motory	269
11.4.1	Diody	206	14.4.1	Konstrukce a princip činnosti	269
11.4.2	Usměrňovače	207	14.4-2	Motor s cizím buzením	270
11.4.3	Zenerovy(stabilizační)diody	209	14.4.3	Derivačn. motor (motor s paralelním buzením)	270
11.4.4	Tranzistory	210	14.4.4	Motor se sériovým buzením	270
11.4.5	Tyristory	216	14.4-5	Kompaundní motor	271
11.4.6	Triak	217	14.4-6	Nastaven, otacek a změna směru točení	271
11.4.7	Diak	218	14.6	Udržba elektrických motorů	272
11.4.8	Chlazení polovodičových součástek	219	14.6	Poruchy komutátorových motorů	274
11.4.9	Optoelektronické součástky	220	14.7	Transformátory	275
11.4.10	Integrované obvody (IC)	221	14.7.1	Konstrukce a princip činnosti	275
12	Elektrické spotřebiče	222	14.7.1	Konstrukce transformátorů	275
12.1	Malé spotřebiče	222	14.7.2	Uznání podmínky transformátorů	276
12.1.1	Tepelné elektrospotřebiče	222	14.7.3	Uznání podmínky transformátorů	276
12.1.2	Elektrické spotřebiče s motorovým pohonem	224	14.7.4	Trojfázové transformátory	279
12.1.3	Odrůšení malých spotřebičů	226	14.8	Vinutí transformátorů a elektromotorů	280
12.2	Velké elektrické spotřebiče	227	14.8.1	Uznání transformátorů	280
12.2.1	Elektrický sporák	227	14.8.2	Vinutí a izolace transformátorů	282
12.2.2	Mikrovlákná trouba	229	14.8.3	Zkoušení malých transformátorů	283
12.2.3	Pracky	231	14.8.4	Vinutí stejnosměrných strojů	283
12.2.4	Sušičky prádla	232	14.8.5	Vinutí trojfázových motorů	285
12.2.5	Zařízení pro zásobování teplou vodou	234	14.8.6	Výroba vinutí	286
12.3	Elektrické vytápění místností	238	14.8.7	Izolace vinutí	286
13	Hledání závad v elektrických zařízeních a přístrojích	242	14.8.8	Zkoušky vinutí	287
13.1	Druhy závad	242	15	Primární a sekundární články	289
13.2	Zjišťování závad v elektrických zařízeních	243	15.1	Primární články(suché články)	289
			15.2	Sekundární články	290
				Rejstřík	291

1 Bezpečnost a ochrana proti urazum

1.1 Elektrická energie a s ní spojená nebezpečí

Elektrická energie je využívána ve všech oblastech života a je při tom měněna např. na teplo, světlo nebo na mechanickou energii. Takto zpříjemňuje a zkvalitňuje život, aniž bychom si její přítomnost neustále uvědomovali.

Pokud dojde k zanedbání bezpečnostních opatření při využívání elektrické energie může vzniknout nebezpečí ohrožení života lidí a zvířat a materiální škody. V SRN dochází ročně téměř ke 100 smrtelným úrazům elektrickým proudem (obr.J. V ČR podle posledních publikovaných statistických údajů došlo v r. 2002 k 43 smrtelným úrazům elektrickým proudem, což je vzhledem k několikanásobně menšímu počtu obyvatel ve srovnání se SRN číslo rozhodně varující, které svědčí o tom, že dodržování bezpečnostních předpisů u příslušných pracovníků i širší veřejnosti není věnována potřebná pozornost.

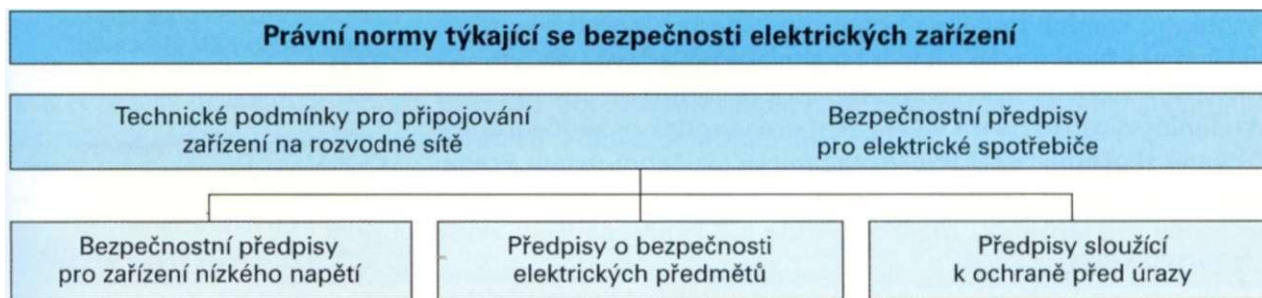


Obr.: Smrtelné úrazy v SRN způsobené elektrickým proudem

K zabránění úrazům elektrickým proudem a nehodám se škodami na majetku jsou vydávány státem a jeho institucemi zákony, vyhlášky a bezpečnostní předpisy.

Stát chrání své občany vydáváním zákonů zajišťujících prevenci úrazů elektrickým proudem.

V zájmu prevence úrazů elektrickým proudem je nutné zákony a předpisy dodržovat.



1.1.1 Bezpečnostní předpisy pro zařízení nízkého napětí

Bezpečnostní předpisy pro elektrické spotřebiče a instalaci elektrických zařízení (do 1000 V) jsou určeny k zabránění úrazům elektrickým proudem. Výrobci elektrických spotřebičů, elektrického nářadí, hraček a domácích spotřebičů i dodavatelé elektrických zařízení musí provádět základní zkoušky bezpečnosti elektrických předmětů podle ČSN 34 5610, ČSN 34 5611 a musí respektovat bezpečnostní předpisy pro elektrická zařízení užívaná osobami bez elektrotechnické kvalifikace ČSN 33 1310, bezpečnostní předpisy o zacházení s elektrickým zařízením pracovníky seznámenými ČSN 34 3108 a bezpečnostní předpisy pro obsluhu a práci na elektrických zařízeních ČSN 34 3100, jakož i všeobecné předpisy pro elektrická zařízení ČSN 33 2000-5-51, které s bezpečností úzce souvisí, i když nemají povahu zákona, ale jejich závaznost může být stanovena zákonem č. 22/1997 Sb.

1.1.2 Předpisy o bezpečnosti elektrických předmětů - ČSN 33 2000

Základním pravidlem bezpečnostních předpisů je požadavek, aby při provozu nedošlo k žádným škodám na zdraví a majetku.

V SRN označuje značka GS (geprüfte Sicherheit = přezkoušená bezpečnost) výrobky, které vyhovují všem odpovídajícím předpisům bezpečného provozu a bezpečnosti práce (**obr. 1**). Vedeníoznačená značkou „HAR“ (harmonizace) jsou schválená ve všech zemích sdružení CENELEC (Evropská komise pro elektrotechniku). ČR je členem této organizace od 1. 11. 1997.

Značka GS je značka pro přezkoušenou bezpečnost elektrických přístrojů a náradí.

Od 1.1.1995 musí výrobci v zemích Evropské unie (EU) všechny stroje a přístroje odpovídat evropským směrnicím a musí být opatřeny označením CE (značkou shody) (**obr. 2**).

Označení VDE a GS jsou v SRN vedle **označení CE** nadále přípustná. Jsou to označení vysoké jakosti a předpokládají přezkoušení konstrukce. Označení CE dává výrobce na své výrobky sám. Je povinen při tomto označení vyhotovit dokumentaci a návod k obsluze, splnit požadavky na bezpečnost podle evropských směrnic a písemně prohlásit, podle kterých směrnic byl stroj nebo přístroj vyroben a přezkoušen. Příklady různých označení VDE a GS jsou uvedeny v **obr. 3**.



Obr. 1: Značka „přezkoušená bezpečnost“ (GS)

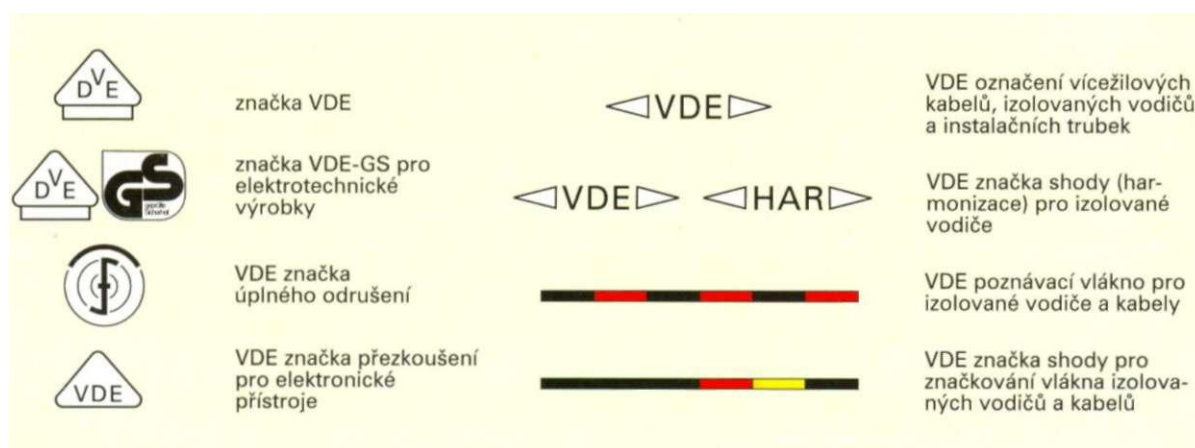


Obr. 2: Označení CE

1.1.3 Předpisy sloužící k ochraně před úrazem

V ČR zpracovává příslušné předpisy Český úřad bezpečnosti práce. Podle zákona č. 22/1997 Sb. vláda svými nařízeními stanoví výrobky, u kterých musí být posouzena shoda s požadavky technických předpisů a také základní technické požadavky na tyto výrobky. Výrobci elektrických spotřebičů a zařízení jsou povinni před uvedením výrobků na trh v ČR získat pro výrobek osvědčení autorizované zkušebny EZÚ (Elektrotechnický zkušební ústav) Praha. Značky zkušebny EZÚ jsou uvedeny v **tabulce**. Výrobky musí být označeny předepsanou značkou shody (CZ podle nařízení vlády č. 179/1997 Sb.).

Tabulka: Zkušební značky výrobků	
značka	platnost v ČR
	logo EZÚ platné do r. 1993 jako schvalovací značka
	obecná schvalovací značka platná do r. 1997
	obecná schvalovací značka platná od r. 1997



Obr. 3: Příklady různých označení VDE

1.1.4 Všeobecné předpisy o rozvodu elektrické energie

V ČR platí pro provádění instalací technické podmínky pro vnitřní elektrické rozvody stanovené ČSN 33 2130 a pro připojování zařízení na rozvodné sítě platí všeobecné předpisy pro elektrická zařízení určené ČSN 33 2000-5-51.

Zařízení zákazníků mohou instalovat, udržovat, rozšiřovat nebo předělávat jen elektroinstalatéri s příslušnou kvalifikací dle vyhlášky 50/1978 Sb.

Provozovatel rozvodné sítě je oprávněn prověřovat zařízení zákazníka a při zjištěných závažnějších nedostatcích uzavřít další dodávku elektrické energie.

Elektroinstalatér je povinen dodržovat veškerá právní-ustanovení a výše uvedené normy. Technické prostředky, které používá, musí odpovídat předpisům platným v ČR, případně v EU. Vyhláška 50/1978 Sb. Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice se zabývá kvalifikací pracovníků v elektrotechnických oborech a zakazuje provádění elektroinstalací osobami bez příslušné kvalifikace.

Samostatnou kapitolou v oblasti bezpečnosti jsou předpisy pro používání elektrických a elektronických měřicích přístrojů. K zabránění úrazům elektrickým proudem při měření je třeba respektovat bezpečnostní požadavky na elektrická měření, řídicí a laboratorní zařízení stanovené ČSN EN 61010. Dále je třeba respektovat i bezpečnostní předpisy pro obsluhu a práci na elektrických zařízeních podle ČSN 34 3100.

Další předpisy upravují podmínky provozu jednotlivých skupin spotřebičů, např. zářivek, elektronicky řízených přístrojů, tepelných spotřebičů a nutná ochranná opatření.

1.2 Pojmy a definice

- **Aktivní díly** jsou vodiče a vodivé části zařízení, které jsou za normálních podmínek pod napětím, např. svorkovnice, uhlíkové kartáče, sběrnice.
- **Elektrické předměty** (dle citací českých norem) jsou předměty k využití el. energie, např. spínače, vedení, stroje, měřicí přístroje nebo ochranné přístroje.
- **Odborný pracovník** v elektrotechnice je osoba, která na základě vzdělání, vědomostí a zkušeností a znalostí příslušných ustanovení může posoudit uložené úkoly a rozeznat možná nebezpečí (ve smyslu vyhlášky 50/1978).
- **Osoba v elektrotechnice poučená** je ta, která je informována odborným pracovníkem o svěřených úkolech, popř. zaučena a poučena o nutných ochranných opatřeních.
- **Stabilní zařízení** jsou během provozu na základě mechanického upevnění a své povahy vázána na jedno místo, např. elektrický sporák, elektroměry nebo obráběcí stroje.
- **Pohyblivá zařízení** se mohou při používání pod napětím měnit místo, např. elektrické ruční nářadí, elektrické kuchyňské přístroje nebo elektrické přístroje používané na lidském těle.
- **Silnoproudá zařízení** jsou elektrická zařízení určená k výrobě, přeměně, vedení, akumulaci, rozdělování a spotřebě elektrické energie.



Obr.: Upozorňující značka používaná v SRN (uprostřed nápis „stop nehodám“)

1.3 Bezpečnostní značení na pracovišti

1.3.1. Značení nebezpečných látek

Nebezpečné látky a přípravky musí být podle nařízení o nebezpečných látkách označeny. Musí být např. uvedeno:

- označení látky nebo přípravku,
- symboly s příslušným označením nebezpečí (**tab. 1**)

Je-li látka v několika baleních, musí být každé balení označeno zvlášť.

Při přebalení do menších jednotek, musí být rovněž každá jednotka označena i když jde jen o vnitropodnikové používání.

Aby se omezilo riziko při zacházení s nebezpečnými látkami, byla stanovena **maximální koncentrace na pracovišti** (hodnota MAK). Hodnota MAK, např. pro rtuť 0,1 mg/m³, udává nejvyšší přípustnou koncentraci pracovní látky jako plyn, pára nebo prach ve vzduchu na pracovišti. Toto množství nepůsobí ani při opakovaném působení všeobecně negativně na zdraví pracovníků. Přitom se vychází z osmihodinového působení denně a průměrné týdenní pracovní doby 40 hodin.

1.3.2 Bezpečnostní značky

Podniky jsou podle bezpečnostních předpisů povinny na všech pracovištích označit bezpečnostními značkami nebezpečí a zákazy.

Podobně jako u silničního provozu se tvarem a barvou rozlišují značky zákazové, příkazové, výstražné, informativní nebo značky požární ochrany (**tab. 2**).

- **Zákazové značky** zakazují určité chování, které může vést k ohrožení, např. kouření v prostoru nabíjecích stanic akumulátorových baterií.
- **Příkazové značky** nařizují určité chování, např. nošení ochranné výstroje.
- **Výstražné značky** jsou bezpečnostní značky, které varují před nebezpečím, např. před nebezpečným napětím.
- **Informativní značky** obsahují symboly, které poukazují na únikové cesty nebo záchranná zařízení v nebezpečných situacích, např. informace o prostředcích na výplach očí.
- **Značky požární ochrany** poukazují na zařízení, která slouží k ohlašování nebo hašení požáru, např. hasicí přístroj nebo hlásič požáru.

Na bezpečnostních značkách nesmějí být žádné dodatečné nápisy. V případě nutnosti je nutné uvést přídatnou značku (**obr.**).

Bezpečnostní značky smějí obsahovat jen symboly, tzn. grafické značky, aby každý zaměstnanec, nezávisle na své mateřštině rozuměl jejich významu.

Symbol	Značka	Vysvětlení
	E	nebezpečí výbuchu
	O	hořlavá
	F F+	lehce vznětlivá vysoce vznětlivá
	N	nebezpečná životnímu prostředí
	T T+	jedovatá prudce jedovatá
	C	žravina
	Xi Xn	dráždivá mírně jedovatá (zdraví škodlivá)

Tvar a barva	Význam
	zákaz
	příkaz
	výstraha
	informace o únikové cestě nebo první pomoci
	ochrana proti požáru



Obr.: Výstražná značka s přídatnou tabulkou

Bezpečnostní značky

Zákazové značky



nepovolaným vstup zakázán



zákaz pro pojízdné stroje



zákaz používání otevřeného ohně a kouření



zákaz hašení vodou



nedotýkat se, kryt je pod napětím



kouření zakázáno



zákaz vstupu chodců



užitková voda



nezapínat



zákaz stání vozidla nebo skládky

Příkazové značky



používat ochranné brýle



používat ochrannou přilbu



používat ochranu sluchu



používat ochranu dýchání



nosit ochrannou obuv



nosit ochranné rukavice



nosit ochranný oděv



používat ochranu obličeje



před otevřením odpojit
přívod elektrické energie



před prací na
zařízení vypnout

Výstražné značky



varování před
nebezpečným místem



varování před
laserovými paprsky



varování před zdraví
nebezpečnými látkami



varování před
plynovými lahvemi



varování před
poraněním rukou



varování před
hořlavými látkami



varování před
výbušninami



varování před
jedovatými látkami



varování před
žíravinami



varování před
radioaktivními látkami



varování před
zavěšeným břemenem



varování před
nebezpečným el. napětím



varování před elektro-
magnetickým polem



varování před
nebezpečím z akumulátorů



varování před auto-
matickým rozběhem

Informativní značky



úniková cesta



nouzový východ



první pomoc



výplach očí



lékařská pomoc

Protipožární značky



hasičská hadice



žebřík



hasičský přístroj



ohlašovač požáru



hasičské zařízení pro
boj s ohněm

1.4 Pět pravidel bezpečnosti

Podle ČSN 34 3108 může být práce na elektrickém zařízení prováděna zásadně ve stavu bez napětí. K zajištění se provádí postupně pět kroků (přehled).

1. Odpojení

Veškerá vedení, která přivádí napětí na pracoviště, musí být před zahájením práce bez napětí. Samotné vypnutí vypínačem však není postačující.

V osvětlovacích zařízeních, která jsou většinou zapojena jednopólově, může i při přerušení proudu vzniknout na pracovišti napětí proti zemi. Proto je třeba pro jistotu ve všech elektrických obvodech, které patří k zařízení, vyjmout tavné pojistky (**obr. 1**), popř. vypnout jističe.

V elektrických obvodech s kondenzátory musí být zajištěno jejich vybití vhodným způsobem, např. přes vestavěné odpory. Napětí na kondenzátorech musí během jedné minuty klesnout na hodnotu nižší než 50 V.

2. Zabezpečení zařízení proti opětovnému zapnutí

Přístroje, např. pojistky a spínače, které připojují zařízení k síti, musí být ihned po odpojení spolehlivě zajištěny proti opětovnému zapnutí.

Uzamykatelné hlavní spínače je nutno uzamknout visacími zámky. Jestliže pracují např. ve výtopně současně elektrikáři a stavaři, uzamkne každá skupina nezávisle jističe svým zámekem, aby bylo zařízení chráněno před nechtěným zapojením. Zařízení může být uvedeno do provozu až po odstranění všech zámků.

Místa, kde jsou umístěny spínače i v blízkosti pracoviště musí být opatřena zákazovým štítkem (nezapínat) s údajem jména a pracoviště vedoucího dozoru (**obr. 2**).

3. Ověření beznapětového stavu

Po odpojení je nutno na pracovišti měřením zjistit, zda je zařízení skutečně bez napětí. Jen tak se dá zjistit, zda nedošlo k záměně pojistek proudového obvodu, spínačů nebo spínací skříně či kobky.

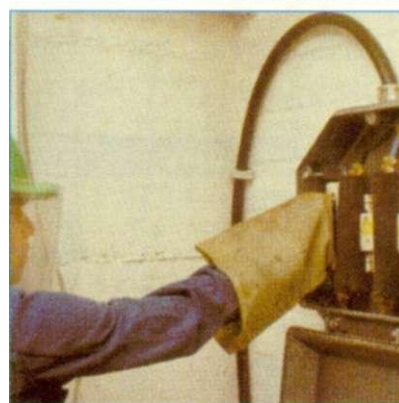
Přes neznámá nebo přehlédnutá měřicí vedení, neodpojené přístroje, mechanicky blokové spínače nebo ochranné kontakty a náhradní zdroje může proniknout do zařízení zpětné napětí a může tak dojít k úrazu.

Stav bez napětí musí být proto prověřen na všech fázích (i nulovém vodiči). Zkouška (**obr. 3**) se provádí měřicími přístroji nebo fázovou zkoušečkou napětí, nebo specializovanými přístroji pro revize elektrického zařízení.

Prověřením stavu bez napětí může být pověřena jen osoba znalá, nebo osoba poučená (dle vyhl. 50/1978 Sb).

Přehled: Pravidla bezpečnosti

- odpojení,
- zabezpečení zařízení proti opětovnému zapnutí,
- ověření beznapětového stavu
- uzemnění a zkratování,
- zařízení, která jsou v blízkosti a zůstávají pod napětím, musí být opatřena kryty nebo zábrany



Obr. 1: Elektrikář při vyjímání tavné vložky



Obr. 2: Zákazová značka „nezapínat“ s přídatným štítkem



Obr. 3: Přezkoušení beznapětového stavu dvoupólovou zkoušečkou

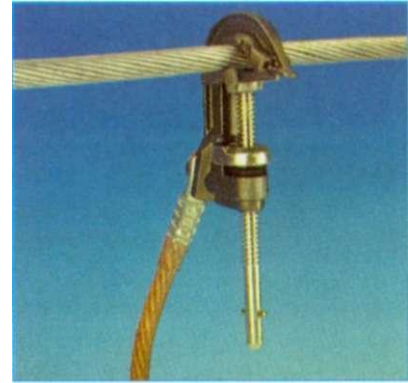
4. Uzemnění a zkratování

Zemnicí a zkratovací zařízení se vždy musí nejprve spojit se zemí a pak s uzemňovanou částí zařízení.

Zařízení k uzemnění a zkratování musí být z pracoviště viditelné. V případech, kdy to není z technických důvodů možné, může být provedeno uzemnění a zkratování také v blízkosti pracoviště.

Protože zemnicí a zkratovací zařízení mohou v některých případech odvádět velké zkratové proudy, musí mít bezpečný kontakt s uzemňovaným zařízením (**obr. 1**).

V zařízeních s jmenovitým napětím do 1000 V, kromě venkovního vedení, nemusí být provedeno uzemnění a spojení nakrátko, pokud jsou řádně dodržena bezpečnostní pravidla 1 až 3.



Obr. 1: Uzemňovací zařízení u venkovního vedení

5. Zařízení, která jsou v blízkosti a zůstávají pod napětím, musí být opatřena kryty nebo zábranami

Pokud jsou v blízkosti pracoviště části zařízení, které z důvodu bezpečnosti provozu nebo ekonomických ztrát nemohou být vypnuty, je nutno tyto části pod napětím zakrýt a zajistit, tak, aby nebyl možný neúmyslný dotyk tělem nebo nástrojem.

U nízkonapěťových zařízení je postačující zakrytí pryžovou tkáninou, plastovou fólií nebo krytem (**obr. 2**). Ty musí řádně izolovat a odolat všem druhům mechanického namáhání. Při upevňování krytů je nutné zajistit, aby nedošlo k jejich odpadnutí.

U vysokonapěťových zařízení je třeba veškerý nebezpečný prostor zřetelně ohraničit a zajistit zábranami a varovnými značkami.



Obr. 2: Zakrytí částí zařízení, které jsou pod napětím

Vedoucí dozoru smí povolit práce až po splnění všech pěti pravidel bezpečnosti.

Pravidla bezpečnosti 1 až 5 jsou v nezměněném pořadí závazná i pro samostatně pracující osoby. Bezpečnostní opatření se mohou zrušit tehdy, když všechna pracoviště ohlásí ukončení prací a uklizení, tedy až jsou odklizeny např. nářadí, přístroje a žebříky. Dále musí všechny osoby opustit nebezpečný prostor. Zařízení smí být připojeno k napětí až po schválení vedoucího dozoru.

Kroky doprovázející zrušení bezpečnostních opatření musí následovat v opačném pořadí (5 až 1)

Otázky pro opakování

- 1 Jmenujte zákony a předpisy, které se týkají bezpečnosti práce.
- 2 Kdo vydává v ČR osvědčení o bezpečnosti elektrických spotřebičů před jejich uvedením do prodeje?
- 3 Jaký účel mají předpisy BOZP?
- 4 Jmenujte příklady pevných a pohyblivých elektrických zařízení.
- 5 Jak se označují nebezpečné látky nebo přípravky z nich?
- 6 Co znamená pojem „hodnota MAK“?
- 7 Jaké druhy bezpečnostních značek znáte a v čem se odlišují?
- 8 Uveďte pět kroků pro zajištění bezpečnosti před zahájením prací ve správném pořadí.

1.5 Bezpečnost při práci na elektrických zařízeních

1.5.1 Bezpečnost při práci v blízkosti částí zařízení pod napětím

Jestliže není možné při práci na elektrickém zařízení vypnout aktivní části, které nejsou chráněny před přímým dotykem, musí se dbát se zvýšenou pozorností na výběr vhodného náradí a dodržení bezpečné vzdálenosti od těchto částí. ČSN 34 3108 v **tab. 1** udává bezpečné vzdálenosti v závislosti na jmenovitém napětí.

Tyto **bezpečné vzdálenosti** platí pro práce v blízkosti částí zařízení pod napětím.

Tyto práce mohou vykonávat pouze osoby s elektrotechnickou kvalifikací nebo pracovníci pod odborným dohledem těchto osob.

Tabulka 1: Bezpečné vzdálenosti podle ČSN 34 3108

Jmenovité napětí	Bezpečná vzdálenost od zařízení pod napětím bez ochrany před přímým dotykem
do 1000 V	0,5 m
d 1 do 30 kV	1,5 m
od 30 do 110 kV	2,0 m
od 110 do 220 kV	3,0 m
od 220 do 380 kV	4,0 m

Pracovníci, kteří nejsou odborníci a nejsou ani odborně zaškoleni, např. malíři, smějí pracovat v blízkosti částí pod napětím jen pod vedením osoby znalé.

1.5.2 Bezpečnost při práci na částech zařízení pod napětím

Práce na částech zařízení pod napětím vyžaduje nejen zvýšený nárok na čas, náradí a materiál, ale i vysokou míru znalostí, zručnosti a zodpovědnosti od pracovníků i od vedení dozoru.

Práci na zařízeních pod napětím nebo v blízkosti části pod napětím mohou samostatně vykonávat jen pracovníci s vyšší kvalifikací. Pod dohledem nebo dozorem mohou pracovníci znalí bez vyšší kvalifikace pracovat jen v blízkosti částí pod napětím.

Tabulka 2: Práce přípustné pod napětím (příklady)

Jmenovité napětí	Práce, které mohou být prováděny určitými pracovníky
do AC 50 V do DC 120 V	osoba poučená a osoba znalá: všechny práce
nad AC 50V nebo DC 120 V až do AC a DC 1000 V	osoba znalá a osoba s vyšší kvalifikací: <ul style="list-style-type: none">- používání vhodných zkušebních a měřicích přístrojů, např. fázových zkoušeček napětí, ovládacích tyčí a nástrojů- používání vhodných nástrojů a pomůcek k čištění, zakrytí a ohrazení- vyjmutí nebo vložení neizolovaných tavných vložek pojistek NH, pomocí vhodných nástrojů, pokud možno bezpečně- hašení dílů pod napětím při požáru- práce na akumulátorech, při dodržování bezpečnostních opatření- práce ve zkušebnách a laboratořích při dodržování bezpečnostních opatření, pokud to vyžadují pracovní podmínky- oklepávání námrazy, např. na venkovním vedení pomocí izolovaných tyčí
	Jen osoby znalé (dle ČSN 34 3100): <ul style="list-style-type: none">- vymezení chyb v pomocných obvodech, např. sledování signálu, přezkoušení funkcí přístrojů a obvodů- ostatní práce, když je pro ně naléhavý důvod a je k nim vydán pokyn odpovědnou osobou

U všech prací je nutné používat ochranné pomůcky, nástroje, přípravky a přístroje, které jsou vhodné pro druh činnosti a výši napětí.

Rozhodnutí, zda je třeba pracovat pod napětím, nemůže učinit osoba znalá, ale jen osoba znalá s vyšší kvalifikací.

Pokud jsou práce pod napětím nutné, musí se trvale používat vhodné nářadí (**obr. 1**).

Označení izolovaného bezpečnostního nářadí se provádí vytištěním grafické značky na izolaci. V rámci sladování předpisů v Evropské unii bylo změněno označení izolátoru s uvedením napětí 1000 V (**obr. 2a**) na dvojitý trojúhelník s uvedením napětí 1000 V (**obr. 2b**). Kromě grafické značky jsou nutné údaje o roku výroby (alespoň poslední dvojčíslí) a označení typu a původu.

Bezpečnostní nářadí má zvýšenou dotykovou izolaci.

1.5.3 Bezpečné zacházení s nářadím a přístroji

Rozšíření elektrické energie způsobilo vznik rozmanitých povolání v oblasti elektrotechniky. Každé povolání vyžaduje dodržování bezpečnostních opatření, která jsou specifická pro příslušné činnosti. Při tom se nejedná jen o nebezpečí, která mohou být vyvolána elektrickým proudem, ale i o ohrožení, která vznikají při používání nástrojů a nářadí.

Dobrá práce vyžaduje bezvadné a účelné nářadí

Při ukládání nářadí je třeba dbát především na přehlednost. Přehledně uložené nářadí (**obr. 3**) je rychleji nalezeno a lépe chráněno před poškozením.

U denně používaného nářadí je třeba provádět údržbu. Vrtáky musí být nabroušené, dláta bez otřepů na ostří. Kladivo musí řádně upevněno na topůrku. Klíče a šroubováky se musí vybírat podle odpovídajících matic a šroubů.

Špatná volba nářadí vede např. k poškození spojovacích částí a nářadí a tím se zvyšuje nebezpečí poranění, např. při sklouznutí nářadí.

Ruční elektrické nářadí je častou příčinou nehod a vyžaduje proto zvláštní péči.

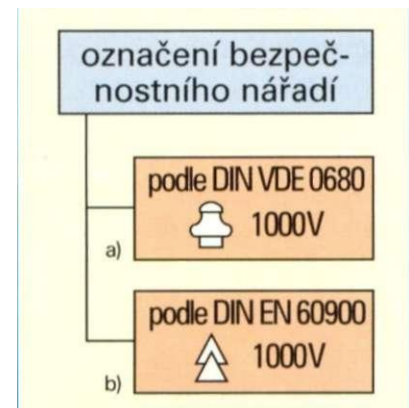
Elektrické nářadí musí uživatel před každým použitím prohlédnout, zda není poškozeno.

Nebezpečí hrozí např. při:

- poškozené vidlici,
- neodborném a neúplném uvedení do provozu,
- ulomených nebo chybějících částech krytů,
- volných vodičích na koncích kabelů, zejména po přeštípnutí
- prodřených, porézni nebo poškozené izolaci u přívodního vedení



Obr. 1: Bezpečnostní nářadí



Obr. 2: Grafická značka a údaj o napětí podle německých norem



Obr. 3: Brašna elektromontéra s nářadím

Kromě vizuální zkoušky musí provádět odborník i pravidelné zkoušky elektrického nářadí. Po přezkoušení je nářadí označeno známkou, na které je uvedeno datum zkoušky a termín příštího přezkoušení (**obr. 1**).

Časové rozpětí pravidelného přezkoušení přenosného elektrického nářadí závisí na místě použití na provozních podmínkách. Při normálních podmínkách by nemělo překročit 6 měsíců.

Žebříky musí být řádně postaveny a zajištěny proti převrnutí. Sklápěcí žebřík nesmí být použit jako opěrný, protože volná část žebříku může způsobit jeho sklouznutí. Protože kovové žebříky u elektrických zařízení zvyšují nebezpečí úrazu elektrickým proudem, dáváme přednost žebříkům dřevěným nebo plastovým.

Poškozené žebříky se nesmějí používat. Opravy žebříků, jako přibití latky na nalomenou nohu nebo příčku žebříku, nebo bandážování nalomené části, jsou zakázány.

Sklápěcí žebříky musí mít obě opěrné části zajištěny, např. dvěma řetězy, aby nemohlo dojít k jejich rozevření (**obr. 2**). Z důvodu nebezpečí zranění skřípnutím nesmějí horní konce žerdi tvořit vzpěru. Musí být proto zaobleny.

U opěrných žebříků má být dodržen úhel opření od 70° do 75°.

1.5.4 Ochranný oděv, ochranné pomůcky

Ochranné pomůcky, popř. ochranný oděv zabraňují poškození zdraví pracovníka. V podnicích jsou bezpečnostní technici, kteří dohlížejí na dodržování bezpečnostních předpisů a používání ochranného oděvu.

Osobní ochranné oblečení a ochranné pomůcky slouží k ochraně zdraví a jako prevence proti úrazům a nemocem z povolání.

Příklady ochranných pomůcek a jejich použití:

- **Ochrana hlavy** zabraňuje zranění hlavy padajícími, nebo pohybujícími se a kývajícím se předměty.
- **Ochrana nohou** (např. ochranná obuv) je nutná tam, kde může dojít k poranění nohou mechanickým, tepelným, chemickým nebo elektrickým účinkem.
- **Ochrana těla** zajišťuje ochranný plášť, zástěra nebo ochranný oblek (**obr. 3**).
- **Ochrana očí a obličeje** brání vniknutí střípin, chrání před příliš intenzivním světlem a potřísněním např. louhem nebo kyselinou.

Otázky pro opakování

- 1 Jaká je bezpečná vzdálenost od částí pod napětí při jmenovitém napětí 400 V?
- 2 Kdy jsou povoleny práce pod napětím?
- 3 Jak poznáte bezpečnostní nářadí pro práci na částech pod napětím?
- 4 Jak se provádí údržba pracovního nářadí?
- 5 Jak se označuje přezkoušení na elektrotechnickém nářadí?
- 6 Jmenujte dva příklady použití ochranných pomůcek.



Obr. 1: Známká pro elektrické nářadí



Obr. 2: Montážní žebřík



Obr. 3: Elektrikář v izolačním ochranném oděvu

2 Izolované vodiče a kabely

2.1 Použití a požadavky kladené na izolované vodiče a kabely

Úlohou vodičů a kabelů je přenos elektrické energie mezi dodavatelem a odběratelem nebo přenos elektrického signálu pro účely měření, regulace a signalizace.

Izolované vodiče a kabely (**přehled**) se skládají z jedné nebo více vzájemně izolovaných žil, které mohou být chráněny společným pláštěm (**obr. 1**). Izolovaný vodič představuje nejjednodušší způsob vedení. Skládá se z jednoho vodiče a izolace. Izolované vodiče mají jednoduchou skladbu a mají menší mechanickou pevnost než kabely.

Izolovaný vodič se nesmí ukládat přímo do země.

Kabely mají oproti izolovaným vodičům tlustší plášťovou izolaci a mohou mít dodatečné obaly a výztuže, které poskytují dokonalou ochranu proti mechanickému namáhání a chemickým vlivům. Kabely mohou být proto použity ve ztížených podmínkách, např. k ukládání do země, v průmyslových zařízeních nebo v hornictví.

Kabely jsou vhodné pro ukládání do země.

Konstrukce vodičů. Vodiče se vyrábějí z mědi nebo z hliníku. Podle konstrukce jádra rozlišujeme dle ČSN IEC 228 a ČSN IEC 228 A (34 7201) vodiče s plným jádrem, lanovaným hrubým nebo lanovaným jemným jádrem (**obr. 2**).

Nejčastěji se používají **vodiče s kruhovým průřezem**.

Sektorové vodiče poskytují při větších průřezech ve srovnání s kruhovými vodiči dobré využití kabelového průřezu.

Jádro kabelu může tvořit plný vodič, několik vodičů, či větší množství vodičů z jemného nebo nejjemnějšího drátu (**obr. 3**).

Vodiče s plným jádrem jsou málo ohebné. Používají se do průřezu 10mm^2 a jsou přípustné jen pro pevná uložení.

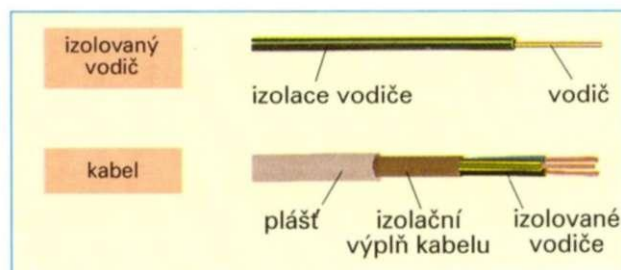
Vodiče s děleným jádrem se mechanicky lépe tvarují a používají se od průřezu 16mm^2 .

Vodiče s jemnými a nejjemnějšími dráty jsou dobře ohebné, takže se žíly nepoškodí ani po více ohybech. Používají se k připojení pohyblivých spotřebičů nebo k zapojování rozváděčů a přístrojů.

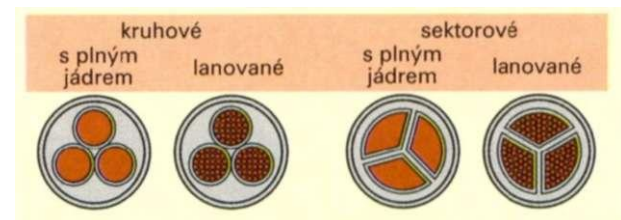
Při instalaci vodičů a kabelů je třeba dodržovat nejmenší průřezy (**tab.**).

Přehled: Funkce izolovaných vodičů a kabelů

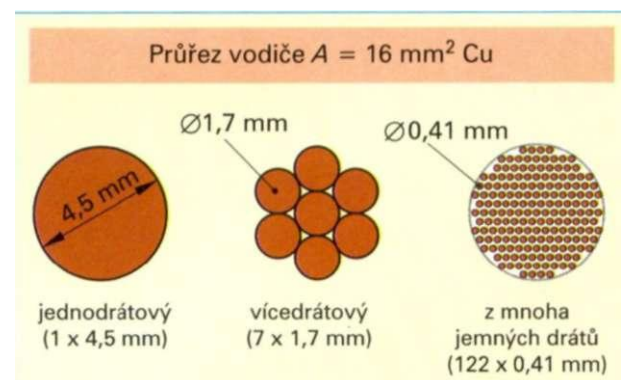
- Rozvod elektrické energie od výrobce k odběrateli
- Přenos signálů v měřicích, řídicích a regulačních zařízeních



Obr. 1: Konstrukce izolovaných vedení



Obr. 2: Tvary vodičů (v kabelech)



Obr. 3: Druhy vodičů

Tabulka: Nejmenší průřezy měděných vodičů

Druh	Průřez	Příklady použití
kabely, izolované a plášťové vodiče při pevném uložení	$1,5\text{mm}^2$	v obvodech pro osvětlení a zásuvky
	$0,5\text{mm}^2$	v signalizačních a řídicích obvodech
vodiče pro vyrovnání potenciálu	4mm^2	v místnostech s vanou nebo sprchou, u anténních zařízeních
	6mm^2	vyrovnání hlavního potenciálu

Izolační materiály. Izolace vodičů a kabelů musí odolat předpokládanému namáhání, např. napětí, teplotě, vlhkosti a chemickému působení (**tab. 1**). Dodatečné zavedení atomů halogenů, např. chloru, fluoru nebo bromu do struktur makromolekulárních plastů snižuje hořlavost těchto izolantů.

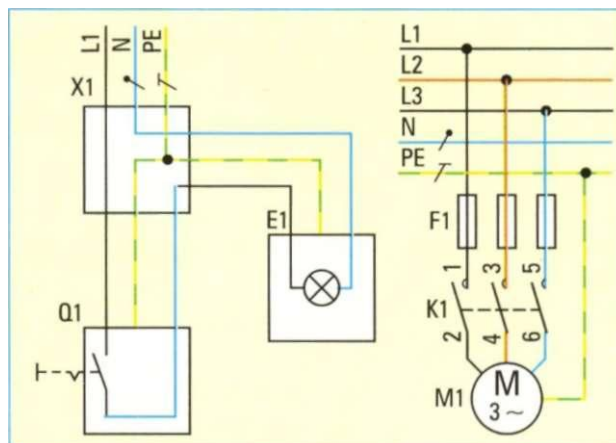
Barevné označení. Jednotlivé izolace žil se označují pěti barvami. Pokud obsahují vedení nebo kabely více než 5 žil, jsou žily černé s potiskem určitého čísla. Záměně, např. žily 6 a 9 se zamezí podtržením číslice. V popisech zařízení a v podkladech pro zapojení se používají mezinárodní písmenové kódy, které jsou odvozeny z anglického označení barev (**tab. 2**).

Zelenožluté žily se mohou používat výlučně jako ochranné vodiče (PE).

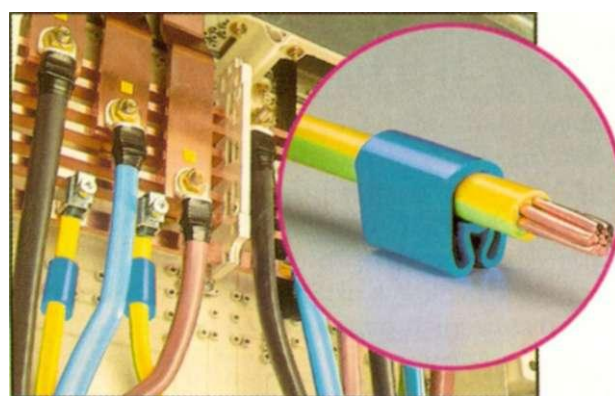
Nulový vodič (N) musí být všude značen světle modře.

Pokud není na úseku vedení nutný nulový vodič, např. v přívodu spínače, může se použít světle modrá žíla také jako propojovací nebo fázový vodič (**obr. 1**).

Vodiče PEN (nulový vodič s funkcí ochranného vodiče) mají zelenožlutou barvu. Pro odlišení mezi vodičem PE a PEN se vodiče PEN označují na koncích světle modře, např. barevným páskem nebo svorkou (**obr. 2**).



Obr. 1: Barevné označení žil



Obr. 2: Označení vodiče PEN

Izolační materiál	Trvalá provozní teplota	Vlastnosti izolační látky
Polyvinylchlorid (PVC), podle provedení	60 ° až 90 °C	vysoká průrazná pevnost, olejovzdorný, odolný proti zředěným kyselinám a louhům
přírodní kaučuk (NR)	60 °C	trvale elastický, odolný proti otěru a proti teplu
chloroprenový kaučuk (CR)	60 °C	chemicky odolný proti olejům a mastnotám, trvale elastický
silikonový kaučuk (SiR)	180 °C	trvale elastický, vysoká teplotní odolnost
etylen-propylenový <EPR>	90 °C	vysoká odolnost proti ozonu a UV záření, velmi dobré vlastnosti za mrazu
síťový polyetylén (PE-X)	90 °C	chemicky odolný proti zředěným kyselinám a louhům, odolný proti mrazu

Kabely pro pevné uložení					Kabely pro pohyblivé přívody																					
počet žil	s ochranným vodičem				bez ochranného vodiče				počet žil	s ochranným vodičem				bez ochranného vodiče												
2					●	●			2					●	●											
3	●	●	●		●	●	●		3	●	●	●		●	●	●										
4	●	●	●	●	●	●	●	●	4	●	●	●	●	●	●	●	●									
5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●						
> 5	●	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	> 5	●	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6

barevné kódy žilových barev: BK=černá (black); BN=hnědá (brown); BU= modrá (blue) GN= zelená (green) ; YE=žlutá (yellow)

Normalizace. Vedení a kabely musí být výrobcem označeny.

Podle DIN VDE 0298, část 3 se rozlišuje:

- Konstrukce podle národních norem
- Konstrukce podle harmonizovaných norem

Konstrukce podle národních norem schvaluje jen národní zkouška. Její označení se provádí např. v Německu potiskem „VDE“ nebo černo-červeným značícím vláknem (**obr.**).

Konstrukce podle harmonizovaných norem splňují ustanovení vypracovaná grémiem CENELEC*

Ta jsou uznávána v zemích EU a v dalších zemích včetně ČR. Označení je podle národního označení, např. „VDE“ pro SRN a harmonizační označení „HAR“. Místo tohoto označení může být na vedení také černo-červeno-žluté vlákno (**obr.**).

Výrobce se udává dodatečným identifikačním vláknem (označení původu) nebo potiskem na izolaci.

2.2 Vodiče a kabely

Rozlišujeme izolované a neizolované vodiče (**přehled**)

Neizolované vodiče nemají izolaci.

Izolované vodiče mají vodiče s izolací a případně obal, kterému se říká plášť. Každý vodič i kabel se označuje typovou zkratkou, která informuje o dovoleném napětí, konstrukci i počtu a průřezu žil.

Rozlišují se typová označení podle:

- Národní normy (**tab.**) a
- Harmonizované normy (**tab. 1, str. 20**)

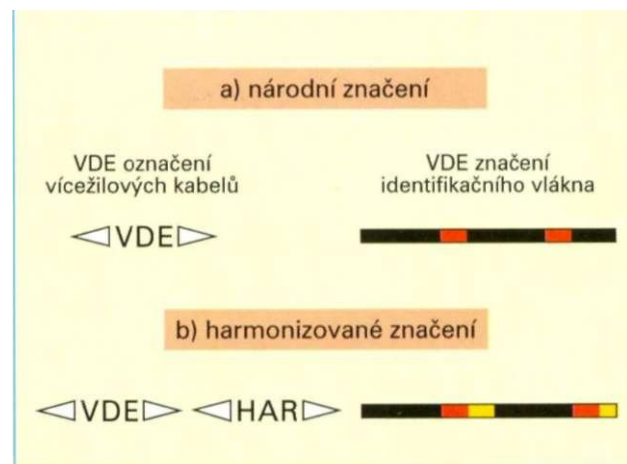
Vedení pro pevná uložení (**tab. 1, str. 21**) nemění po zapojení svou polohu. Ukládá se např. v trubkách, kanálech nebo pod omítku. Vodiče o průřezu do 10 mm² jsou provedeny z jednoho drátu, nad 10 mm² z více drátů.

Pohyblivé příводы (**tab. 2, str. 21**) se používají u zařízení, která mění polohu nebo u pohyblivých částí obráběcích nebo těžních strojů. Musí být ohebné a jsou proto provedeny z jemných nebo velmi jemných drátů.

Pro speciální oblasti použití se vyrábějí speciální kabely.

Značka je uváděna bez třetí části označující počet žil, ochranný vodič a průřez vodiče

* CENELEC je zkratka pro Evropský výbor pro elektrotechnickou normalizaci



Obr.: Značení vedení

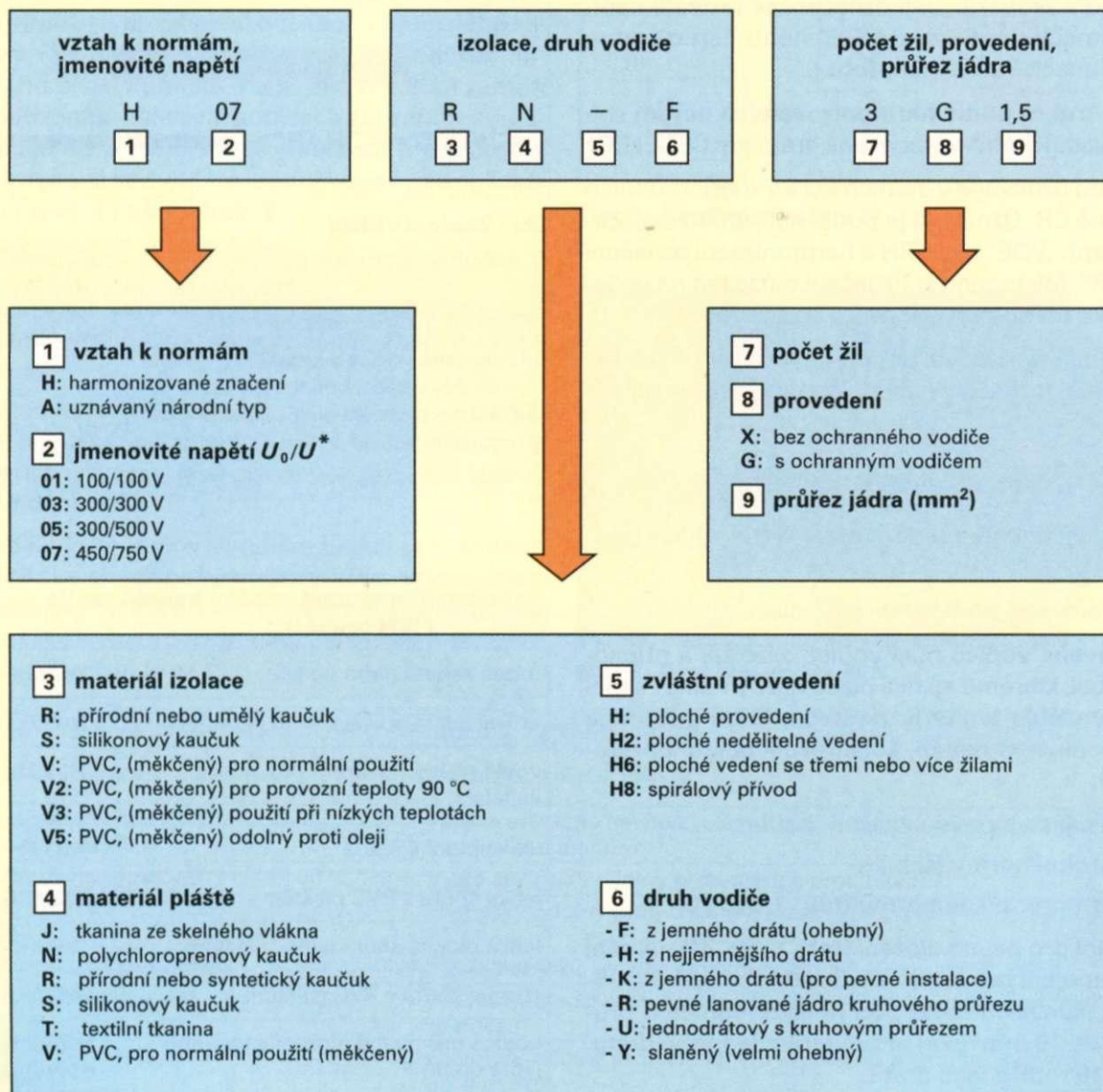
Přehled druhů vodičů a kabelů

- Izolované vodiče a kabely
 - vodiče a kabely pro pevné uložení
 - kabely pro pohyblivé příводы
 - zvláštní vedení
- Holá vedení: str. 43

Tabulka: Písmenové značky kabelů podle ČSN (výběr)	
název kabelu nebo vodiče	značka
univerzální vodič s plným jádrem	H07V-U
vodič s plným jádrem pro vnitřní instalaci	H05V-U
lehká plochá šňůra	H03V-H
lehká šňůra s PVC pláštěm	H03VV-F
lehká plochá šňůra s PVC pláštěm	H03VVH2-F
střední šňůra s PVC pláštěm	H05VV-F
vodiče pro pevné uložení s teplotou jádra do 90 °C	H05V2-U H07V2-U H05V2-K H07V2-K
vodiče izolované silikonovou pryží	H05SJ-K H055-U H055-K
svařovací kabel	H01N2-D
střední ohebný kabel s etylpropylenem	H05RR-F
střední ohebný kabel s polychlorprenem	H05RN-F
ohebný kabel v těžkém provedení	H07RN-F

Tabulka: Typové značení harmonizovaných silových vodičů a kabelů podle ČSN 34 7409 (HD 361)

Příklad: H07 RN-F 3 G 1,5



* U_0 je nejvyšší dovolené napětí mezi vodičem a zemí; U nejvyšší dovolené napětí mezi vodiči

Příklad:

Popište konstrukci vodiče H05RNH2-F 2 x 2,5.






Řešení:

Jedná se o dvoužilový vodič v plochém provedení, nedělitelný.





Každý měděný vodič má průřez 2,5 mm² a má izolaci z přírodního nebo syntetického kaučuku.

Dovolené napětí mezi vodičem a zemí je 300 V, popř. 500 V mezi vodiči.

Tabulka 1: Vedení pro pevné uložení (výběr)












Druh vedení	Označení	Název	Jmen. napětí U_0/U^*	Počet žil	Průřez (mm^2)	Použití
	H07V-U H07V-R H07V-K	jednotlivé vodiče s PVC izolací	450/750 V	1	1,5 až 4	uložení v trubkách v suchém prostředí, k vnitřnímu zadržování rozdělovačů, svítidel, motorů
	H05VVH2-F	plochá šňůra s PVC izolací	230/400 V	2...5	1,5 a 2,5	uložení pod omítku v suchém prostředí, nikoliv na dřevě
	H05RR-F	střední kabel s pryžovou izolací a pláštěm	300/500 V	2...5	1,5 až 35	uložení na i pod omítku, v suchém, vlhkém i mokřém či explozivním prostředí, nikoliv do země
	NHYRUZY	kabel se zinkovým pláštěm v těžkém provedení	300/500 V	2...5	1,5 až 25	pro střední mechanické namáhání, venku i na stavbách
	CYKY	úložný kabel s PVC izolací a CU-jádrem	450/750 V	2...5	1,5 až 4	pevný rozvod v budovách, ve ztížených podmínkách, do betonu i pod omítku

Tabulka 2: Kabely pro pohyblivé přívody (výběr)

Druh vedení	Označení	Název	Jmen. napětí U_0/U^*	Počet žil	Průřez (mm^2)	Použití
	H03VV-F	lehký kabel s PVC izolací	300/300 V	2 až 4	0,5 a 0,75	pro malé mechanické namáhání, např. stojanová svítidla, rozhlasové přijímače, ne pro topná tělesa a venku
	H05VV-F	střední šňůra s PVC izolací	300/500 V	2 až 7	0,75 až 2,5	pro střední mechanické zatížení, např. pro domácí spotřebiče, i v mokřém a explozivním prostředí
	H05RR-F	střední kabel s pryžovou izolací a pláštěm	300/500 V	2 až 7	0,75 až 2,5	pro malé mechanické namáhání v domácnosti a kanceláři, např. domácí spotřebiče a elektrické nářadí
	H07RN-F	kabel s polychloroprenovým pláštěm v těžkém provedení	450/750 V	1 až 36	1 až 500	pro střední mechanické namáhání, venku na stavbách v těžkém provedení a v zemědělství

* U_0 = největší přípustné napětí mezi vodičem a zemí; U = největší přípustné napětí mezi vodiči

Tabulka: Zvláštní vedení (výběr)

Druh vedení	Označení	Označení (náhrada)	U_0/U^* (V)	Počet žil	A^{**} (mm ²) d (mm)	Použití
	zvonkový drát	Y-drát	60	1 až 3	$d = 0,8$	Pro pevné uložení v trubkách na omítce nebo pod ní, v suchých místnostech
	ploché zvonkové vedení	J-FY	375	2 až 3	$d = 0,8$	Pro pevné uložení v omítce a pod ní, v suchých místnostech
	zvonkový kabel	YR	100	2 až 24	$d = 0,8$	Pro pevné uložení na omítce a pod ní, v suchých i vlhkých místnostech a venku
	vodič pro vnitřní silové rozvody s PVC	H05V-U H05V-K	300/500	1	$A = 0,5$ a $0,75$	Pro chráněné uložení v přístrojích a ve svítdlech, v signalizačních a řídicích zařízeních, také v trubkách na omítce a pod ní.
	žehličková šňůra s textilním pláštěm a pryžovou izolací	H03RT-F	300/300	2 a 3	$A = 0,75$ a 1	K připojování tepelných spotřebičů v domácnostech a kancelářích, např. žehličky nebo vyhřívací příkrývky.
	lehká šňůra (dříve CYH)	H03VH	300/300	2	$A = 0,75$	V domácnosti, kuchyni, kanceláři při velmi malém mechanickém namáhání, např. přívody k rozhlasovým přijímačům, hodinám.
	svařovací vedení	H01N2-D	100/100	2 až 100	$A = 16$ až 120	Přívody k elektrodám svářečky, ve strojírenském, automobilovém a loděařském průmyslu při velkém mechanickém namáhání.
	signální vedení	PYCYM (TCEKE)	250/250	2 až 100	$d = 0,5$ až 25	Stíněná párová vedení k měřicím přístrojům a počítačům, chránit před slunečním zářením.
	sdělovací vedení	YCYM	250/250	2 až 4	$d = 0,8$	Pro rozvod Evropské instalační sběrnice EIB, pro pevné uložení, chránit před slunečním zářením.
	ovládací vedení s PVC izolací	NYSLÖ (CMSM)	300/500	3 až 60	$A = 0,5$ do 2,5	Přívodní a spojovací vedení k ovládání na obráběcích strojích, dopravních a montážních pásech, v suchých i mokřých prostorech.
	vnitřní telekomunikační kabel	J-Y(St)Y (SYKY)	250/250	2 až 100	$d = 0,8$	Telekomunikační technika, pro pevné uložení v tel. ústřednách, chránit před slunečním zářením.

* U_0 = největší dovolené napětí mezi vodičem a zemí; U = největší dovolené napětí mezi vodiči

** A = průřez vodiče; d = průměr vodiče

2.3 Kabely

Kabely mohou mít oproti izolovaným vodičům dodatečný plášť a výztuž (**obr. 1**).

Proto je možná jejich instalace i ve ztížených podmínkách, jako např. v zemi, ve vodě nebo v betonu.

Materiál vodičů je především hliník, u menších průřezů také měď.

Koncentrické (souosé) vodiče se používají pro vedení PE nebo PEN a jako ochrana před mechanickým poškozením. Jelikož nejsou izolovány, nesmějí být použity jako nulové vodiče. U plastových kabelů jsou vodiče z mědi, u kabelů s napuštěnou papírovou izolací se může používat také hliník

Použitím **sektorových vodičů (obr. 2)** se docílí u kabelů s velkými průřezy jádra dobrého využití průřezu kabelů.

Izolace u nízkonapěťových kabelů je z PVC, u kabelů do 35 kV z polyetylénu (PE) nebo z impregnovaného papíru. Kabely, které jsou vystaveny většímu mechanickému zatížení, mají pod pláštěm ochranný obal z napuštěného papíru. Tento obal se nazývá pásová izolace. Slouží jako vrstva k vyrovnání tlaku při mechanickém namáhání, např. při ohybu. Podle barvy vnějšího pláště se rozlišuje druh prostředí pro použití kabelu (**tabulka**).

Plastové kabely se skládají z vodičů, plastových izolací vodičů a pláště. Mohou být také vyztuženy. Plastové kabely mají oproti kabelům s papírovou izolací menší hmotnost a větší ohebnost. Snadněji se ohýbají. Plastové kabely se používají v zařízeních nízkého i vysokého napětí.

Kabely s napuštěnou papírovou izolací mají jednu nebo více žil s papírovou izolací s jedním nebo více kovovými plášti. Vnější obal mají z juty nebo z plastu. Nejjednodušší kabely s napuštěnou papírovou izolací jsou kabely s obvodovou izolací, které se vyrábějí pro napětí do 10 kV.

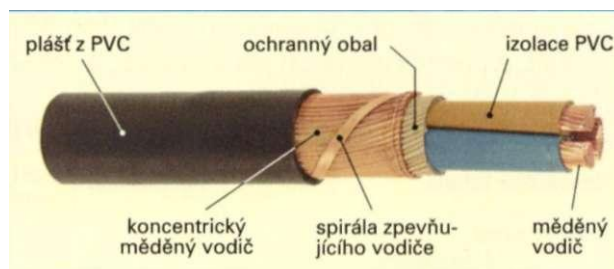
Jednovodičové kabely odvádějí lépe teplo a je možno je více zatěžovat než vícevodičové kabely. Třívodičové kabely obsahují tři jednovodičové kabely, které jsou spojeny společným obalem a výztuží.

Zvláštní kabely se používají pro speciální účely, např. olejové kabely ve vysokonapěťových zařízeních, říční a mořské kabely, důlní, lodní a sdělovací kabely.

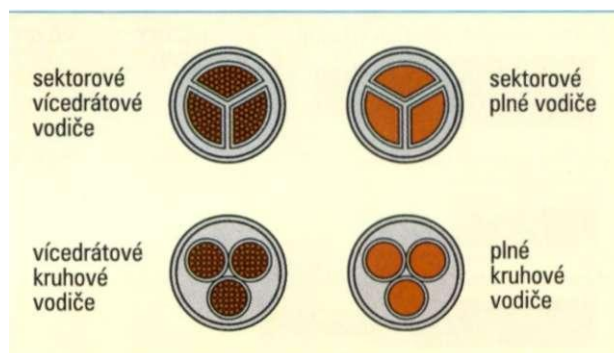
Přehled: Rozdělení kabelů

- **Podle použití**
 - silové kabely
 - ovládací kabely
- **Podle konstrukce**
 - plastové kabely
 - kabely s napuštěnou papírovou izolací
 - olejové kabely
- **Podle dovoleného napětí**
 - nízkonapěťové kabely U_0/U^* do 0,6/1 kV
 - kabely na střední napětí U_0/U do 18/30 kV
 - kabely na vysoké a velmi vysoké napětí

* U_0 dovolené napětí mezi vodičem a kovovým pláštěm popř. zemí
 U dovolené napětí mezi vnějšími vodiči



Obr. 1: Silový plastový kabel s koncentrickým (souosým) měděným vodičem



Obr. 2: Typy vodičů

Tabulka: Barvy kabelových plášťů	
Barva	Druh kabelu
černá	silový kabel do 1 kV
červená	silový kabel nad 1 kV
žlutá	kabely pro důlní zařízení a napájení světelných trubíc
světle modrá	kabely pro zabezpečovací obvody



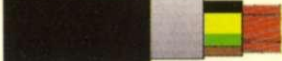

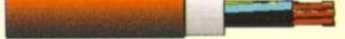



Tabulka 1 na straně 20 uvádí značení vodičů a kabelů pro nízká napětí do 1 000 V. Označení kabelů pro vysoká napětí je uvedeno v **tabulce 1**.

Tabulka 1: Označení kabelů pro jmenovitá napětí přes 0,6/1 kV podle ČSN 34 7615													
Jmenovité napětí U_0/U [V]		Materiál jádra		Materiál izolace		Charakteristické značení		Materiál pláště		Pancíř (obal) nad pláštěm		Zvláštní označení	
1	0,6/1	A	hliník	X	zastíněný PE (polyetylen)	K	silový kabel	Y	měkčený PVC	P	z ocelových pásků	m	mrazu-vzdorný
3	1,8/3	C	měď	E	lineární PE (polyetylen)			C	souosý vodič Cu	D	z ocelových drátů	S	samonosný
6	3,6/6			Y	měkčený PVC			O	olovo			spec	speciální kabel

POZNÁMKA: Písemné značení kabelů pro jmenovité napětí přes 0,6/1 kV v Evropských normách není jednotné a je odlišné od ČSN normy.

Označení kabelu podle **tabulky 1** je na konci doplněno údajem o počtu a průřezu vodičů. Např. označení 1-CYKY 3 x 240 + 120 označuje kabel se jmenovitým napětím 0,6/1 kV s Cu vodiči, silový, s PVC izolací i pláštěm, bez pancíře se třemi vodiči průřezu 240 mm² (pro fázové vodiče) a jedním vodičem průřezu 120 mm² (pro nulový vodič).

V označení podle německé normy DIN VDE 0271 určuje první písmeno typ normy (N označuje normu VDE a jmenovité napětí se uvádí až za označením počtu a průřezu vodičů).

Tabulka 2: Druhy kabelů (výběr) podle DIN VDE 0271 a podle ČSN 34 7615				
Konstrukce kabelů	Typ (norma)	Jmenovité napětí U_0/U^*	Zvláštnosti v konstrukci	Použití
třížilový kabel 	NYY (DIN)	0,6/1 kV	plastové kabely s měděnými vodiči, izolace vodičů a vnější plášť z plastu	rozvodné kabely pro místní síť, kdy se nepředpokládá mechanické namáhání a uvnitř, v instalačních kanálech nebo venku
třížilový kabel s Al vodičem 	NAVY (DIN)	0,6/1 kV	jako NYY, avšak s plnými Al vodiči	
čtyřžilový nebo pětižilový kabel 	1-CYKY (ČSN)	0,6/1 kV	PVC izolace, Cu jádro 4 x 25 mm ² – 3 x 240 + 120	rozvod el. energie v pevném uložení
čtyřžilový nebo pětižilový kabel 	1-AYKY (ČSN)	0,6/1 kV	PVC izolace, Al jádro 4 x 25 mm ² – 3 x 240 + 120	rozvod el. energie v pevném uložení
dvou až dvanáctižilový kabel 	1-CXKE-R (ČSN)	0,6/1 kV	speciální PE izolace (bezhalogenová), Cu jádro 2 x 4 mm ² – 3 x 240 + 120	rozvod el. energie s požadavkem bezhalogenové neboňlavé izolace
	NYCWEY (DIN)	0,6/1 kV	se soustředným vlnitým ochranným vodičem z měděného drátu	rozvodné kabely pro distribuční síť, kde je nutná ochrana před mechanickým poškozením
	NAKBA (DIN)	6/10 kV	vodotěsný třížilový kabel, izolace vodičů z papíru, olověný plášť, vyztužený ocelovým páskem	v zařízeních do 10 kV, uložení v zemi, vzduchu, vodě, betonu
	N2XH (DIN) nebo TCEKEZE (ČSN)	0,6/1 kV	ovládací kabel, až 40 žil	pevné instalace pro měření, signalizaci a ovládání

* U_0 nejvyšší přípustné napětí mezi vodičem a kovovým krytem nebo zemí
 U nejvyšší přípustné napětí mezi fázemi

Spojování kabelů

Kabelové spojky a koncovky (přehled) slouží ke spojování kabelů mezi sebou nebo s jinými díly.

Požadavky na kabelové soupravy:

- zajištění spolehlivého elektrického spojení
- spolehlivé spojení kovových součástí
- ochrana proti vniknutí vody
- tepelná stálost
- mechanická pevnost

Kabelové spojky spojují dva konce kabelů.

Odbočovací spojky (obr. 1) vytvářejí kabelové odbočky, např. pro domovní přípojky.

Přechodové spojky se používají např. ke spojení plastového kabelu s jiným druhem kabelu.

Uzavírací spojky omezují tlak v olejových kabelech, nebo v kabelech s napuštěnou papírovou izolací zvláště na úsecích s velkými výškovými rozdíly.

Kabelové koncovky (obr. 2). Plastové kabely do 1 kV nepotřebují ve vnitřních prostorách většího žádnu koncovku. Konce vodičů bývají opatřeny kabelovými oky.

Kabely pro napětí větší než 1 kV mají na každém konci koncovku z plastu nebo z lité pryskyřice.

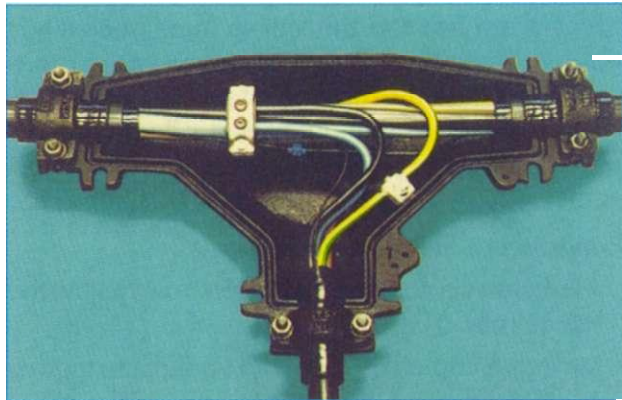
Kabely pro venkovní použití mají na každém konci a na napojení ještě navíc ochranu proti dešti.

Kabely s napuštěnou papírovou izolací mají většinou koncovku z lité hmoty. Vícežilové kabely se rozdělí stejně jako plastové na jednotlivé žíly. Na konce žil se navlékají návlačky z plastu. Koncovka se skládá z průhledné plastové formy, která se plní zalévací hmotou. Kovové pláště kabelů se ještě uzemňují měděným lankem nebo příchytka.

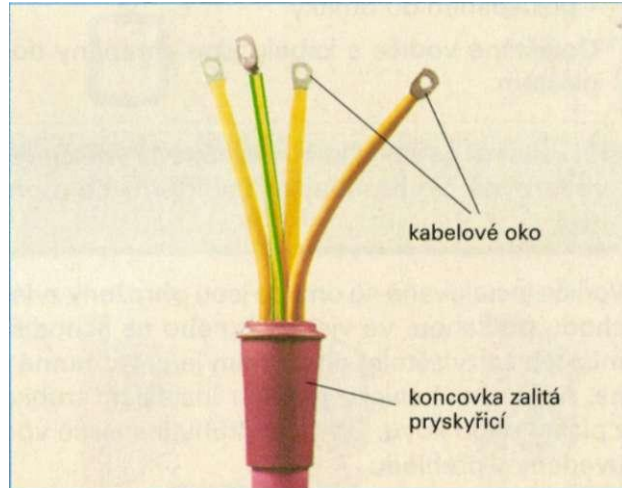
Jako **zalévací hmota** se většinou používá epoxidová pryskyřice, která se namíchá bezprostředně před zalitím spojky ze základní pryskyřice a tužidla. Používá se také hotová zalévací pryskyřice na bázi polyuretanu. Doba vytvrzení je 1 až 3 hodiny.

Přehled: Kabelové soupravy

- Kabelové spojky
 - prodlužovací spojky
 - odbočkové spojky
 - přechodové spojky
 - uzavírací spojky
- Kabelové koncovky
 - vnitřní koncovky
 - venkovní koncovky



Obr. 1: Odbočovací spojka



Obr. 2: Kabelová koncovka

Otázky pro opakování

- 1 Čím se odlišují různé vodiče a kabely?
- 2 Jaké typy vodičů známe?
- 3 Vyjmenujte druhy vodičů a jejich použití.
- 4 Vysvětlete skladbu a barvy žil vodičů CYSY-J 5 x 1,5 a H07RN-F 5 x 1,5.
- 5 Jaké barvy jsou předepsány pro: a) nulové vodiče, b) ochranné vodiče, c) vodiče PEN?
- 6 Jaké vedení se používá pro sběrnici EIB?
- 7 Čím se liší kabely s napuštěnou papírovou izolací?
- 8 Jakou úlohu plní koaxiální vodivé opletení kabelu?
- 9 Jakou funkci mají kabelové spojky a koncovky?

3 Druhy instalace vodičů a kabelů

3.1 Zásady instalace vodičů

Elektrické provozní předměty, jako např. vypínače, zásuvky a osvětlení se připojují k elektrickým obvodům pomocí vodičů a kabelů. Instalace musí být provedena odborně podle předpisů a norem ČSN a podle bezpečnostních předpisů.

Projektování trasy vodičů předpokládá přesnou znalost požadovaných míst připojení včetně požadovaných rozměrů. Již při projektování trasy nového zařízení se musí počítat s možností jejího budoucího rozšíření. Při volbě trasy vodičů je nutno se vyhnout úsekům, kde je možno počítat později s vodovodní nebo topenišskou instalací. Aby nedocházelo při upevňování předmětů na zdi pomocí skob a hřebíků k poškození vodičů, musí být vedení uloženo tak, aby bylo možné jeho průběh sledovat.

Pravidla pro instalaci vodičů:

- Při instalaci ve zdech se vodiče pokládají vždy svisle nebo vodorovně (**obr. 1**).
- Viditelné vodiče by měly být vedeny co nejméně nápadně, např. podél stávajících hran dveřních výplní.
- Elektrické vodiče musí být chráněny proti mechanickému poškození např.:
 - pokládáním do ochranných trubek nebo kanálů,
 - pokládáním do omítkyOpláštěné vodiče a kabely jsou chráněny dostatečně vlastním pláštěm.

Při instalaci na stěně nebo ve stěně se vodiče vedou svisle nebo vodorovně. Vodiče mají být položeny co možno nejnenápad-

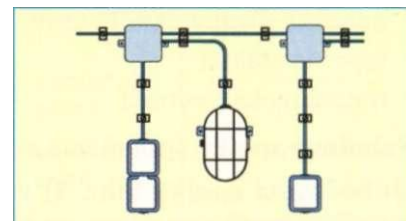
Vodiče instalované na omítkě jsou ohroženy zvláště v místech průchodu podlahou, ve vjezdech nebo na schodištích. Na takových místech se zvláštním ohrožením je proto nutná dodatečná ochrana, např. mechanicky pevnou instalační trubkou nebo kanálem z plastu nebo kovu. Obvyklé druhy instalace vodičů a kabelů jsou uvedeny v přehledu.

3.2 Klasické druhy instalace

Ke klasickým instalačním systémům patří pokládání vodičů na omítku, do omítky a pod omítku (**obr. 2**).

3.2.1 Pokládání vodičů na omítku

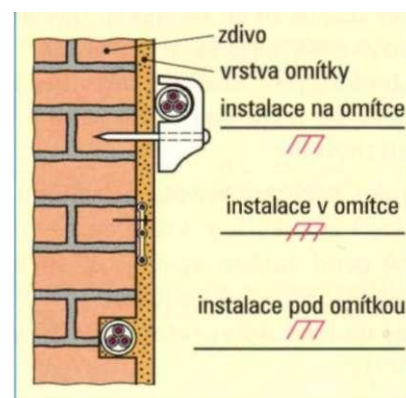
Při pokládání na omítku se upevňuje vedení přímo na podklad nebo pomocí přichytek. V suchých místnostech se používají šroubové nebo hřebíkové přichytky. Ve vlhkých nebo mokrých místnostech většinou distanční přichytky (**obr. 3**).



Obr. 1: Správná instalace vedení na stěně

Přehled: Druhy instalace vodičů a kabelů

- **Klasické druhy instalace**
 - pokládání na omítku
 - pokládání do omítky
 - pokládání pod omítku
- **Instalace v panelových stavbách**
 - v betonu
 - v dutých stěnách
- **Instalace v kanálových systémech**
 - v instalačních kanálech
 - instalace pod chodbami
- **Zvláštní instalace**
 - v zemi
 - venkovní vedení
 - na kabelových konzolách



Obr. 2: Klasické instalační systémy



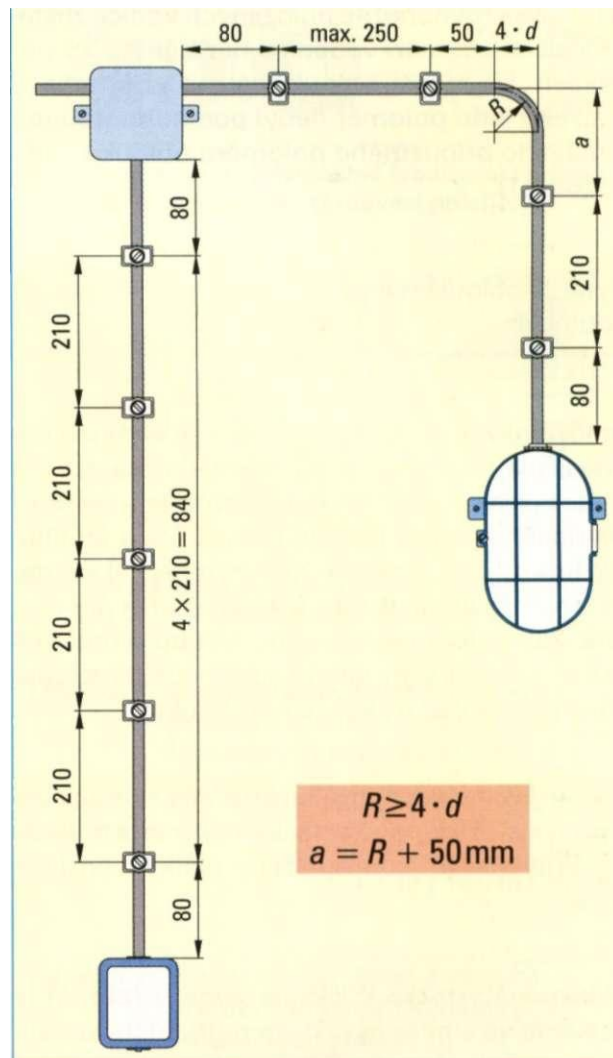
Obr. 3: Připevňovací přichytky pro uložení vedení na omítku

Vodiče instalované na stěně jsou viditelné. Musí být proto položeny rovně a esteticky.

Pravidla pro rozmístění příchytěk při instalaci na omítce.

- První příchytka se pokládá ve vzdálenosti 80 mm od vnější hrany přístroje nebo spotřebiče (**obr. 1**).
- Na přechodech mezi vodorovným a svislým směrem vedení musí být pravidelné oblouky.
- Poloměr ohybu vedení/? musí odpovídat minimálně čtyřnásobku průměru d kabelu (**viz tabulka**)
- První příchytka po oblouku se dává asi 50 mm od konce oblouku (**obr. 1**). Vzdálenost a první příchytky od oblouku, měřeno od průsečíku vodorovné a svislé linie vedení, se vypočítá podle vzorce $a = R + 50$ mm
- Meziúseky vedení, např. mezi první příchytkou od odbočné krabice a příchytkou před vypínačem, se rozdělují na stejné dlouhé části (**obr. 1**).

Vzdálenosti mezi příchýtkami povrchového vedení nemají překročit 250 mm .



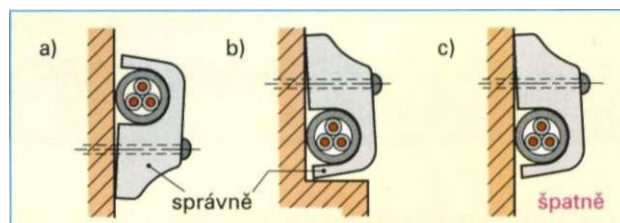
Obr. 1: Rozdělení příchytěk při instalaci kabelů na povrchu

Příklad:

- Jaký musí být minimální poloměr oblouku kabelu H07RN-F 3 x 1,5 mm² o průměru 10 mm (**obr. 1**)?
- V jaké vzdálenosti a od vodorovného úseku vedení musí být upevněna první příchytka od oblouku?

Řešení:

- $R = 5 \cdot 10 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$
- $a = R + 50 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$



Obr. 2: Umístění upevňovacích příchytěk

Umístění upevňovacích příchytěk

Vodiče instalované bez odstupů na zdi mohou být připevněny jednoduchou příchýtkou. Tyto příchýtky musí být montovány tak, aby upevňovací šroub byl pod vedením. Příchytka má nést vodiče (**obr. 2a**). Při instalaci vodičů v lištách nebo na výstupcích zdi může být příchytka zavěšena (**obr. 2b**).

Tabulka: Minimální poloměry oblouků vodičů při pevném uložení

Průměr vodiče	Minimální poloměr oblouku
do 8 mm	$4 \cdot d$
nad 8 mm do 12 mm	$5 \cdot d$
nad 12 mm	$6 \cdot d$

U několika rovnoběžně položených vodičů zůstává vzdálenost mezi vedeními nezměněna i v obloucích. Nejmenší oblouk má mít vždy takový tvar, aby jeho poloměr nebyl pod hodnotou minimálního přípustného poloměru oblouku vodiče (**obr. 1**).

Vnější oblouky se přizpůsobují nejmenšímu oblouku.

Hmoždinky. K upevnění příchytek se většinou používají plastové hmoždinky. Aby bylo usazení příchytek pevné, musí odpovídat průměr a hloubka vyvrtaného otvoru použité hmoždince a šroubu. Pro hmoždinku, např. 6 x 30 mm, musí mít vyvrtaný otvor průměr 6 mm a hloubku $l = 35$ mm (**obr. 2a**). Délka upevňovacího šroubu průměru 4 až 5 mm se volí vždy taková, aby šroub po zašroubování dosáhl až na konec hmoždinky.

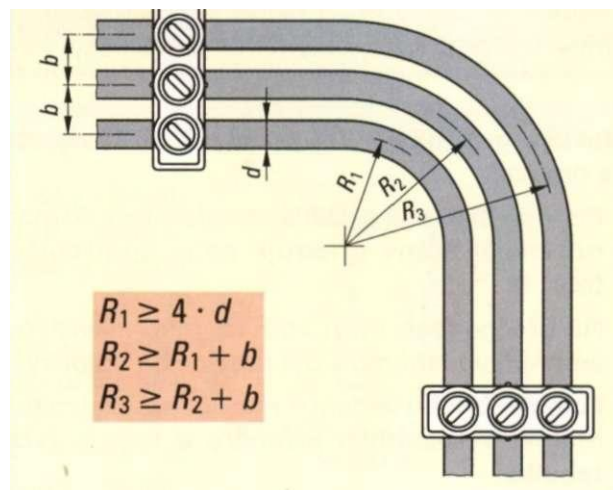
K vyvrtání otvorů pro hmoždinky se používají obvykle příklepové vrtačky nebo vrtací kladiva. Britý vrtáků jsou opatřeny plátky z tvrdých kovů.

Příklepová vrtačka. Sklíčidlo vrtačky (**obr. 3**) je posuvné ve směru osy. Tlakem při vrtání se sklíčidlo stlačuje dozadu. Čelní ozubené kolo, které je pevně spojeno se sklíčidlem, je tlačeno proti pevnému protějšku. Při rotačním pohybu hnacího hřídele vytlačují střídavě šikmé plochy ozubeného kola sklíčidlo ve směru osy dopředu.

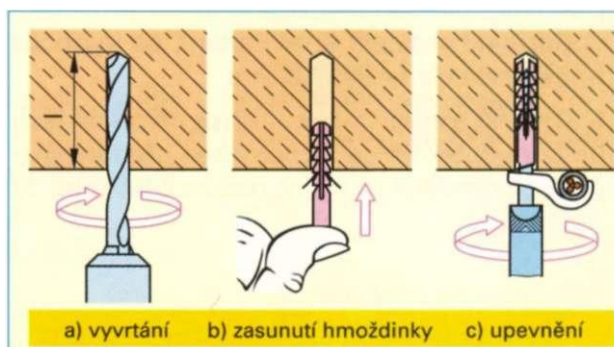
Ruční přítlak na vrtačku vrací sklíčidlo s vrtákem zpět do zadní polohy.

Elektropneumatické vrtací kladivo. Elektromotor pohání přes hnací klikový hřídel píst čerpadla, který stlačuje vzduch ve válci (**obr. 4**). Píst je tak tlačěn střídavě dopředu, že způsobí vibraci vrtáku. Vzduchový polštář mezi úderným pístem a pístem čerpadla zabraňuje nárazům kovových částí. Zároveň se válec s vrtákem uvede do rotačního pohybu.

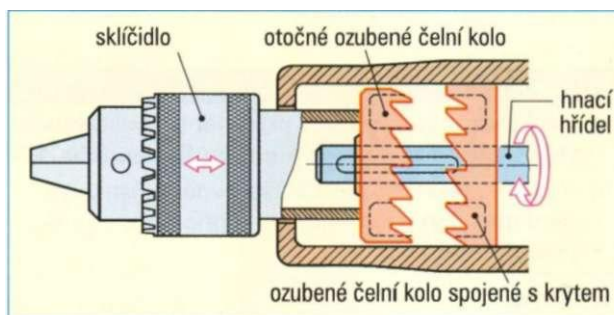
Elektropneumatické vrtací kladiva pracují bez tvrdého zpětného rázu.



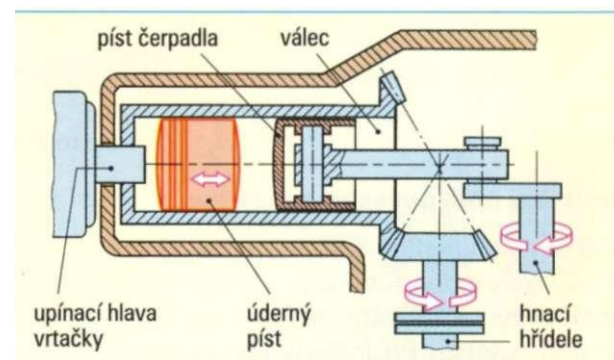
Obr. 1: Souběžně položená vedení v obloukové části



Obr. 2: Pracovní postup při zasazování hmoždinek



Obr. 3: Princip činnosti příklepové vrtačky



Obr. 4: Princip činnosti elektropneumatického vrtacího kladiva

Průchod vodičů přes kryty. Při instalaci v suchých místnostech jsou vnitřní části přístrojů chráněny kryty, které brání dotyku částí pod napětím. Otvory pro vodiče musí být přizpůsobeny jeho většímu průměru .

Vnější izolace vodiče musí zasahovat asi 2 mm do krytu elektrického předmětu a nesmí končit před krytem.

Všechny přístroje instalované ve vlhkých nebo mokřích místnostech musí být v místech vstupu vodiče utěsněny proti vlhkosti. Vedení může být utěsněno kabelovým šroubovým uzávěrem nebo těsnicí průchodkou (**obr. 1**). Mezi vnitřní částí a krytem přístroje je nutné ještě dodatečné těsnění. Šroubové průchodky jsou z plastů nebo z kovu.

Dosud používané závit kabelových šroubových uzávěrů, nemetrické pancéřové trubkové závit (Pg) (**tab. 1**) se od konce roku 1999 nahrazují metrickými závit ISO (**tab. 2**).

Kabelové šroubové koncovky musí být přizpůsobeny příslušným průměrům vedení.

Příklad:

Jaké kabelové šroubovací průchodky odpovídají vodičům o největším průměru 12 mm?

Řešení:

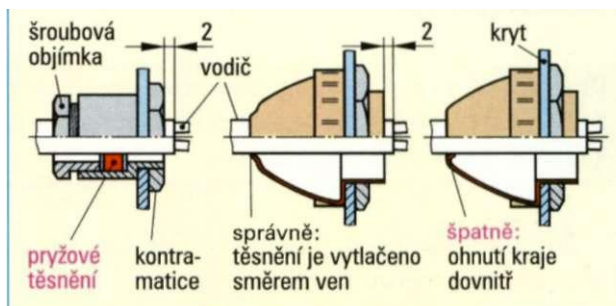
- a) Šroubovací průchodka velikosti Pg 13,5 nebo Pg 16 (**tab. 1**).
- b) Metrická šroubovací průchodka, velikost M 20 nebo M 25 (**tab. 2**).

U kabelových šroubovacích průchodek musí být pryžové těsnění mezi dvěma přitlačnými kroužky z pozinkovaného plechu těsně na vnějším plášti vedení. Aby se zamezilo poškození izolace žil na ostré hraně, má plášť kabelu přesahovat asi 2 mm přes vnitřní hranu šroubovací průchodky do krytu zásuvky nebo vypínače (**obr. 2**). Šroubová objímka kabelové průchodky se pevně utáhne plochým nebo rozvidleným klíčem.

Při instalaci vedení do pohyblivých spotřebičů nesmí kabelové šroubovací nebo těsnicí průchodky zachycovat tah kabelů, protože nejistí kabel proti podélnému posuvu.



Obr. 1: Konstrukce a) dvoudílné šroubovací průchodky b) jednodílné utěšňovací průchodky



Obr. 2: Protažení kabelu s a) šroubovací průchodkou a b) utěšňovací průchodkou

Tabulka 1: Jmenovitá velikost a rozpětí průměrů utěsnění kabelových šroubových průchodek Pg

Jmenovitá velikost Pg	9	11	13,5	16	21	29	36
Rozpětí utěsnění							
od	4,5	6	9	11	14	18	25
do	7	9	12	14	18	25	32

Tabulka 2: Jmenovitá velikost a rozpětí průměrů utěsnění kabelových šroubových koncovek

Jmenovitá velikost M	12	16	20	25	32	50	63
Rozpětí utěsnění							
od	3	5	8	11	15	27	34
do	6	10	13	17	21	35	46

Otázky pro opakování

- 1 Proč se pokládají vodiče na stěnách vždy vodorovně nebo svisle?
- 2 Jmenujte tři druhy klasické instalace vodičů.
- 3 Jaký poloměr oblouku může mít kabel s pláštěm o průměru 12 mm?
- 4 V jaké vzdálenosti se při instalaci kabelu s pláštěm na omítku umístí první příchytka: a) od zásuvky nebo vypínače, b) od oblouku?
- 5 Jaká vzdálenost mezi jednotlivými upevněními nemá být při instalaci na omítce překročena?
- 6 Jak musí být otočeny příchytka při vodorovné instalaci vodiče?

3.2.2 Instalace kabelů do omítky

Při instalaci do omítky se pokládají kabely, např. pláštové nebo páskové přímo na hrubé zdivo. Tento způsob instalace se používá v budovách z předpjatého nebo sypaného betonu a na stěnách, kde není ze statických důvodů dovoleno vysekávat drážky pro vedení. Aby se dodržela co nejmenší tloušťka omítky, používají se hlavně plochá vedení.

Plochá vedení jsou přípustná pouze v suchých místech v omítce nebo pod omítkou. Nesmí se pokládat na hořlavé stavební látky, např. na dřevo.

Po omítnutí musí být ploché kabely na všech místech pokryty 4 mm silnou vrstvou omítky.

Ploché kabely se smí pokládat bez krytí omítkou v dutých místech stropů a stěn, pokud jsou dutiny obklopeny nehořlavými stavebními materiály, jako např. beton nebo cihly. Ploché kabely se nesmějí pokládat do trubek nebo kanálů. Při uložení do trubek nebo kanálů není zajištěn nutný odvod tepla pro dovolenou proudovou zatížitelnost. Pokládání pod sádkartony je povoleno jen tehdy, pokud jsou desky připevněny lepicí maltou, ne však šrouby nebo hřebíky.

V zemědělských objektech a přilehlých částech budov, které nejsou odděleny ohnivzdornou zdí, se nesmí ploché kabely instalovat.

K upevnění plochých kabelů se smějí používat jen takové druhy malty, které nezmění tvar vodičů a které nepoškodí jejich izolační plášť. Kabely musí být připevněny na zdivu celou plochou. Vzdálenost mezi sádkovými můstky nebo ocelovými hřebíky nemá být větší než 200 mm.

Upevnění plochých kabelů

Sádkové můstky. Ploché kabely se nejprve připevní ocelovými hřebíky na zeď (**obr. 1**). Sádková kaše se nanese lžící příčně přes vedení. Sádkové můstky musí být ploché, aby se při omítnutí zakryly. Po ztuhnutí sádky se ocelové hřebíky pozorně vyjmou.

Přibití. Ploché kabely je možno přibít speciálními hřebíky přímo na zeď (**obr. 2**). Aby se zabránilo poškození vodičů, je nutné před jejich přibitím odstranit veškeré nerovnosti na zdi.

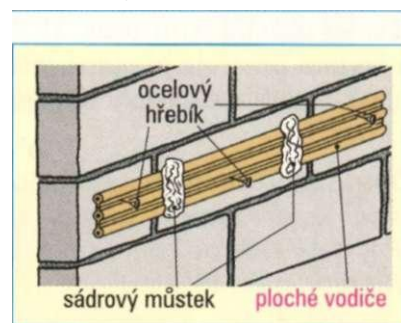
Ploché vodiče je možné připevňovat pouze ocelovými hřebíky s plastovými izolačními podložkami zatloukanými přesně mezi vodiče plochého kabelu. Průměr izolační podložky musí být větší než kulatá hlava hřebíku.

Přilepení. Na suchých stěnách nebo stropěch bez prachu je možné ploché kabely přilepit speciálním kontaktním lepidlem. Nejprve se vedení i zeď natře podélně lepidlem ve směru vedení. Po době schnutí od 5 do 10 minut se kabel silně přitlačí.

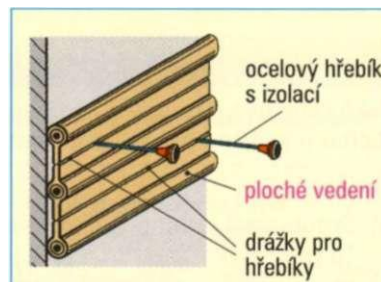
Přehled: Ploché kabely

(vedení) je zakázáno pokládat:

- na dřevo nebo hořlavé stavební látky
- do instalačních trubek
- v zemědělských a zahrádkářských objektech
- v místnostech s vanou nebo sprchou v zónách 0, 1 a 2
- pod přibité nebo přišroubované sádkartonové desky
- ve zdravotnických prostorech skupiny 2



Obr. 1: Upevnění plochého kabelu sádkovým můstkem



Obr. 2: Upevnění plochého kabelu ocelovými hřebíky

Pokud se pokládá více plochých kabelů rovnoběžně vedle sebe, je třeba dodržet mezi nimi vzdálenost 10 až 20 mm, aby na omítce dobře držely.

Aby se zamezilo nepřipustnému zahřívání plochých kabelů, nesmí při instalaci vytvářet svazky či shluky.

Vytváření oblouků u plochých kabelů. Při přechodu plochých vedení z vodorovného na svislý směr se musí vytvořit oblouky. Kabely se na délce 30 až 40 mm rozdělí kabelovým nožem na jednotlivé žíly. Dělicí místo se rukou rozšíří asi na 150 mm. Rozdělené žíly se táhnou tak, aby se vytvořil oblouk o tloušťce vodiče (**obr. 1a**). Ploché kabely je možno ohýbat také do pravého úhlu (**obr. 1b**). Protože se vodiče při tomto ohybu navrství, musí se zdivo v místě oblouku vyhloubit, aby i v tomto místě byly kabely dostatečně zakryty omítkou. Aby nedocházelo kvydrolování omítky a aby vedení bezpečně drželo, opatřují se vývody kabelů na stropě stropními vývodovými příchytkami (**obr. 2b**).

Přívody k osvětlení na stěně musí končit v nástěnných výstupních krabicích (**obr. 2a**).

Připojování odbočkových krabic. Zapojení žil v odbočkových krabicích se provádí většinou před omítnutím, aby se mohl ještě přezkontrolovat průběh vedení. Po dokončení instalací se uzavřou všechny krabice, zásuvky a vypínače na stěně pomocnými kryty, např. omítkovými zátkami. Tím se zabrání vnikání omítky a vlhkosti do vypínačů a zásuvek.

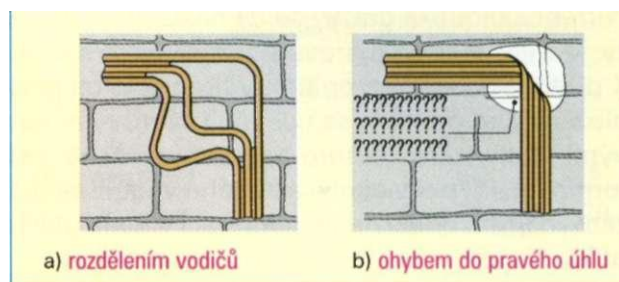
Přezkoušení vodičů, např. zkouška propojení a měření izolačního odporu, se má provést až po vysušení asi po 4 až 6 týdnech. Poškozené vodiče je možno v případě nutnosti vyměnit ještě před zahájením malířských prací.

3.2.3 Instalace pod omítku

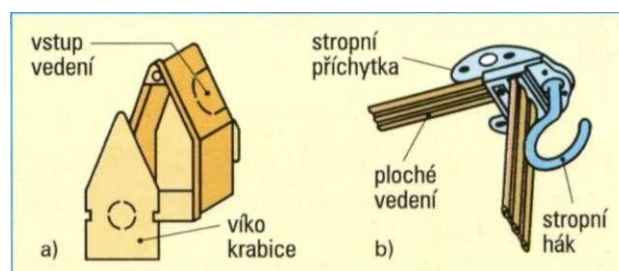
Instalace vedení pod omítku se provádí po dokončení hrubé stavby před zahájením omítání. Pod omítku se pokládají pláštové vodiče a instalační trubky.

Vyhlobení drážky pro vodiče musí být tak hluboké, aby položené vodiče byly v rovině s neomítnutou zdí.

Nejprve se provede vyhloubení otvorů pro vypínače nebo krabice kruhovou krabicovou frézou. Pak se vyfrézují drážky pro vedení drážkovací frézou (**obr. 3**).



Obr. 1: Vytvoření oblouku u plochých vodičů



Obr. 2: a) nástěnný vývodový kryt
b) stropní vývodový kryt



Obr. 3: Frézování drážkovací frézou

Potřebná hloubka drážky se dá nastavit na pohyblivé objímce frézy. Montáž krabic se provádí zasádrováním (**obr. 1**) nebo přibitím. K přibití jsou krabice opatřeny hřebíkovými pásky (**obr. 2**). Vedení uložená pod omítkou se upevňují sádrovými můstky nebo plastovými příchytkami. Přitom se nesmí uložené instalační trubky deformovat. Při pokládání pláštového vedení se musí zamezit poškození vnějšího obalu nebo deformaci vedení příliš zaraženými, nebo příliš malými nebo nevhodnými příchytkami.

Při pokládání instalačních trubek pod omítku musí být poloměr oblouků trubek dostatečně veliký, aby se vodiče izolované PVC, např. H07 V-U daly dobře protahovat. To je zvláště důležité u přechodu ze stěny na strop (**obr. 3**) a u vodorovného vedení v rozích místnosti.

Do vedení dlouhých 8 až 10 m nebo vedení s více než třemi oblouky na instalovaném úseku, musí být zabudována protahovací krabice.

Vedení izolované PVC se zatahují do trubek až po dostatečném vyschnutí omítnuté budovy. K uložení vedení u delších úseků se používá zatahovací péro z ocelového drátu nebo z plastu.

3.2.4 Pokládání vedení do instalačních trubek

Rozlišujeme instalační trubky pevné a pružné z plastu a ocelové pancéřové nebo pružné. Při instalaci vytvářejí trubky mechanickou ochranu vodičů a kabelů na zvláště ohrožených místech.

Výběr instalačních trubek se provádí podle namáhání v místě instalace (**přehled**).

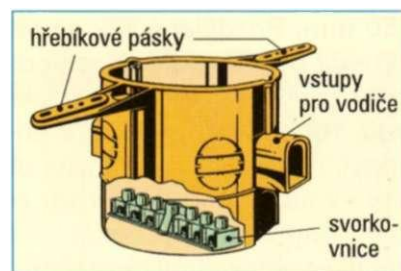
Označení instalačních trubek

Trubky musí být opatřeny obchodním jménem nebo značkou výrobce (prodejce) a číslem výrobku. Dodatečně mohou být označeny minimálně prvními čtyřmi čísly 13ti místného klasifikačního kódu (**tabulka**).

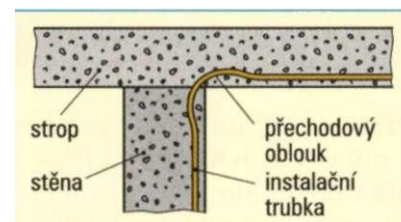
Tabulka: Značení elektroinstalačních trubek (výběr)							
Pevnost v tahu		Rázová pevnost		Minimální instalační teplota		Maximální instalační teplota	
1	velmi malá	1	velmi malá	1	+ 5 °C	1	+ 60 °C
2	malá	2	malá	2	- 5 °C	2	+ 90 °C
3	střední	3	střední	3	- 15 °C	3	+ 105 °C
4	velká	4	velká	4	- 25 °C	4	+ 120 °C
5	značně velká	5	značně velká	5	- 45 °C	5	+ 150 °C



Obr. 1: Instalace pod omítku



Obr. 2: Krabice s hřebíkovými pásky



Obr. 3: Oblouky na přechodech mezi stěnou a stropem

Přehled: Kriteria výběru instalačních trubek

- **Mechanické vlastnosti**
 - odolnost proti tlakovému zatížení
 - odolnost proti úderu
 - odolnost proti ohybu
- **Elektrické vlastnosti**
 - elektrická vodivost
 - elektrické izolační vlastnosti
- **Odolnost vůči vnějším vlivům**
 - ochrana před vniknutím cizích těles
 - ochrana před vniknutím vody
 - ochrana před korozí
- **Požární odolnost**
 - nehořlavé
 - hořlavé

Instalační trubky musí být na povrchu označeny v odstupu nejlépe od 1 do 3 m.

Trubky z hořlavých materiálů musí být nezávisle na třídě zbarveny oranžově.

Rozměry trubek z PVC při instalaci kabelů s izolací PVC H07V-U jsou uvedeny v **tabulce**.

Instalačnítrubky z PVC jsou povoleny jen pro teploty v rozmezí -15°C až $+50^{\circ}\text{C}$.

Ke spojování instalačních trubek se používají násuvné nebo šroubovací spojky (**obr. 1**). Při spojování kovových pancéřových trubek se na koncích trubek vyřezává závit o poloviční délce spojky. Jestliže máme spojit dvě pevně uložené pancéřové trubky, je nutný na jedné trubce dlouhý závit. Šroubový nátrubek (spojka) se nejprve našroubuje na trubku s dlouhým závitem. Zpětným otáčením spojky se pak oba konce trubek spojí. Otřep, který vznikne při řezání se odstraní kuželovým nebo polokruhovým pilníkem.

Instalace na omítce v neohebných trubkách může být provedena otevřeným (**obr. 2**) nebo uzavřeným způsobem (**obr. 3**). U otevřené instalace jsou trubky v místě oblouku přerušeny. U uzavřené instalace se nasadí na trubky předem zhotovené oblouky.

Ocelové pancéřové trubky do velikosti M 20 se ohýbají ohýbačkou za studena. Tím odpadají dodatečná spojovací místa na obloucích. Pro velikosti trubek nad M 20 se musí trubka v oblasti oblouku ohřát. Aby se trubky v místě oblouku nelámaly, plní se před ohřevem např. pískem a na obou koncích se uzavřou zátkami. Pak se místo oblouku ohřeje svářečským hořákem a přes šablonu se ohne v požadovaném poloměru.

Nepružné plastové trubky se při ohýbání ohřívají horkým vzduchem. Ohýbací pružina vsunutá do trubky zabrání při ohýbání zlomení trubky stejně jako písek u ocelové pancéřové trubky. Po ochlazení se pružina opět odstraní.

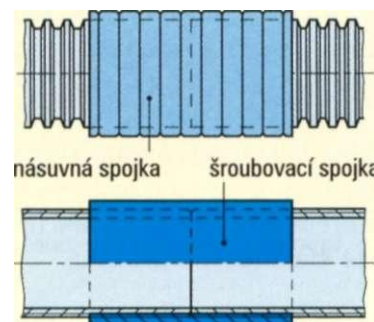
Pomocí úhelníků se mohou provádět oblouky s nejmenším poloměrem. Při protahování vedení se musí kryty na úhelnících odstranit.

Otázky pro opakování

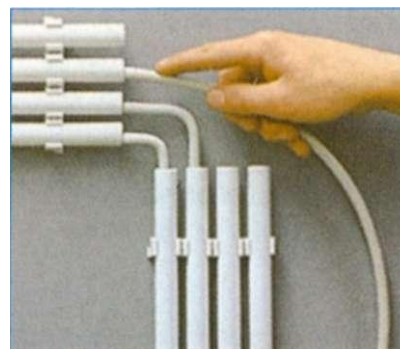
- 1 Pro které druhy instalací jsou přípustná plochá vedení (CYND, CYNY)?
- 2 Na jaké stavební materiály se nesmějí pokládat plochá vedení?
- 3 Popište obě možnosti provedení oblouku plochého vedení.
- 4 V jakých odstupu má být na zdi upevněno ploché vedení?
- 5 Jak hluboké musí být drážky pro vedení ukládané pod omítku?
- 6 Jakou barvu mají mít instalačnítrubky z hořlavých materiálů?

Tabulka: Rozměry pancéřových trubek z PVC pro kabel H07V-U

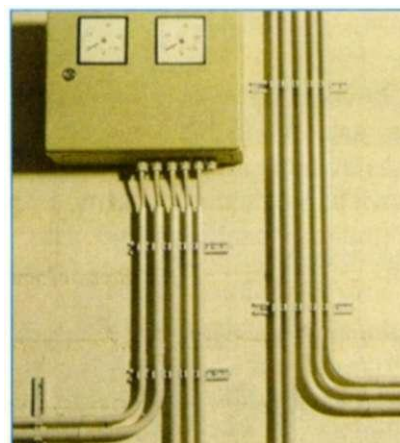
Průřez (mm ²)	Počet vodičů			
	2	3	4	5
1,5	16	16	20	20
2,5	16	20	20	20
4	16	20	20	25
6	20	20	25	25
10	25	25	32	32
16	25	32	40	40



Obr. 1: Spojky instalačních trubek



Obr. 2: Otevřená instalace v trubkách



Obr. 3: Uzavřená instalace v trubkách

3.3 Vyhledávání závad u instalovaných vedení a hledání kovových trubek pod omítkou

Vyhledávací přístroje mohou najít skryté kovové předměty nebo vedení. Při dodatečné instalaci se dá předejít poškození vedení nebo trubek pod omítkou prohledáním montážní plochy přístrojem pro vyhledávání vedení. Před zatlučením hřebíků nebo před vrtáním děr do stěny by se mělo takto zjistit kde je elektrické vedení nebo kde jsou vodovodní a topné trubky.

Podle funkce rozlišujeme přístroje na vyhledávání kovů a přístroje na vyhledávání vodičů.

Vyhledávače kovů (obr. 1) pracují většinou na indukčním principu a poznají proto všechny kovové předměty. Nemohou ale určit jednoznačně vodiče elektrického proudu.

Vyhledávače vodičů (obr. 2). Vysílač přenáší kódovaný signál na nosné frekvenci do hledaného nebo sledovaného vodiče. Přijímač identifikuje signál a pozná tak jednoznačně hledaný vodič. Vyhledávače vodičů zjistí vodiče instalované pod omítkou a jsou vhodné pro použití v elektrikářské praxi. Tyto přístroje mohou plnit různé úkoly (**Přehled**). Vyhledávače vodičů se většinou skládají z vysílače a přijímače.

Vyhledávače vodičů mohou oproti vyhledávačům kovů určit hledaný vodič i tehdy, když je veden s několika vodiči jiných elektrických obvodů společně.

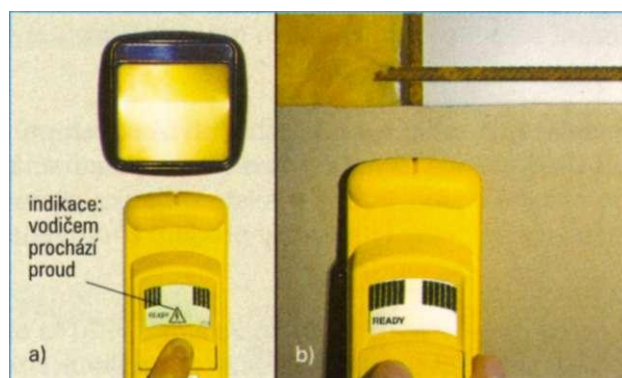
Citlivost. Citlivost přijímače je odstupňována a je nastavitelná tlačítkem. Vysílač má většinou dvě nastavitelné intenzity signálu. Hloubka hledání je závislá na vlastnosti stěny a nastavené intenzitě signálu a dosahuje až 40 cm.

Ukazatel na přijímači vyhledávacího přístroje. Přijímač má sedmi segmentový LED ukazatel. Podle kódování vysílače se nastaví na přijímači písmeno (A až F) nebo číslo (0 až 9). Pro rozlišení více signálů je možné použití přídatného vysílače s kódováním 0 až 9 a A až E.

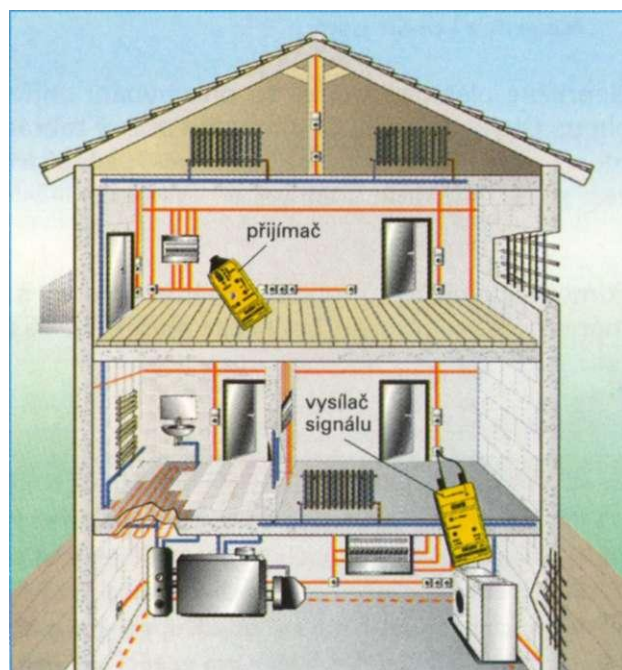
Přehled: Možnosti použití vyhledávače vedení

Vyhledání:

- vodičů uvnitř stěny
- přerušení vodiče
- zkratky v kabelech
- rozlišení okruhů jednotlivých jističů
- zúžená místa v instalačních trubkách
- chybně instalované vypínače a krabice pod omítkou
- vodovodní, plynové a topnářské potrubí



Obr. 1: Vyhledávání: a) vodičů, b) kovové konstrukce



Obr. 2: Hledání závady vyhledávačem vodičů

3.4 Elektrická instalace v panelové a montované stavbě

3.4.1 Instalace vedení v betonu

Dodatečná instalace v panelových a betonových stavbách je velmi obtížná a nákladná. Proto se elektrická instalace ukládá již před betonováním stěn a stropů do bednění (**obr. 1**). Je proto nutná pečlivá příprava a výběr vhodného instalačního materiálu.

Požadavky na instalační materiál. Při instalaci do betonu mohou být použity jen určité kabely, např. CYKY. Jednožilové izolované vodiče, např. H07 V-U nebo pláštové vodiče, např. NYM (DIN) se musí ukládat do tlakovzdorných ochranných trubek.

Kabely se nesmějí pokládat přímo do betonu, který se dále ještě zpracovává, např. pěchuje.

Kabely je možno instalovat do spár a betonových výplní jako při instalaci pod omítku.

Při pěchování a zhušťování betonu může v bednění vzniknout tlak až 600 N/cm^2 . Trubky a krabice nesmí být tímto tlakem deformovány tak, že by byla znemožněna montáž přístrojů nebo protažení vodičů trubkami.

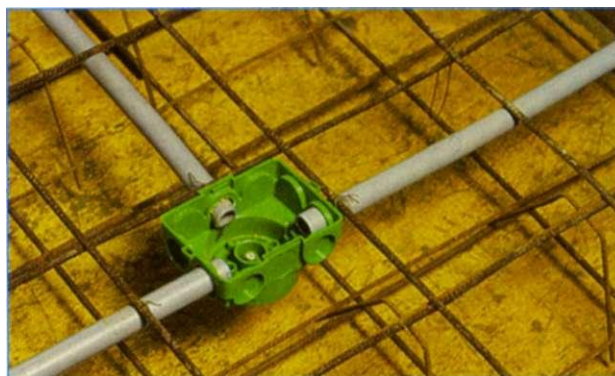
Všechna místa napojení na krabicích přístrojů a napojování trubek musí být těsná, aby nemohlo dojít k pronikání vody z betonu do krabic nebo trubek.

Přístrojové a spojovací krabice a krabice pro připojení osvětlení musí být proto přizpůsobeny instalaci do betonu.

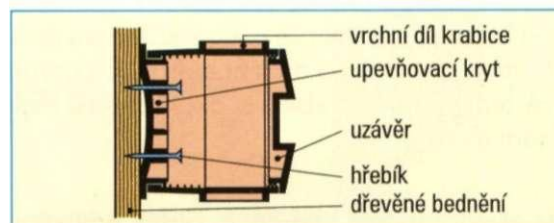
Upevnění přístrojových krabic na bednění. Na dřevěné bednění se přibije upevňovací kryt a k němu se přitiskne vrchní díl (**obr. 2**). Pokud se musí instalovat více přístrojů se společným krytem, mohou se krabice upevnit na konstrukci v normalizované vzdálenosti 71 mm od sebe. U ocelové formy (bednění) je upevnění krabic obtížnější. Do ocelového bednění se pro odpovídající kolík z PVC (**obr. 3**) musí vyvrtat díra o průměru 6 mm.

Přehled: Druhy instalací v panelových a montovaných stavbách

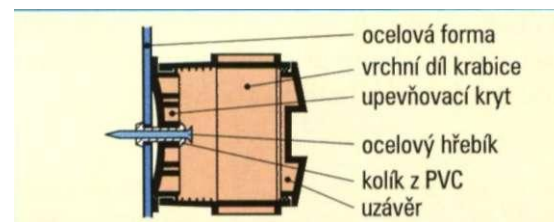
- instalace kabelů do betonu
- instalace vodičů a kabelů v dutých stěnách



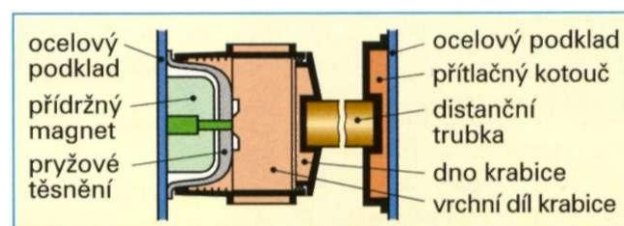
Obr. 1: Elektrická instalace na stropním bednění



Obr. 2: Upevnění přístrojové krabice přibitím



Obr. 3: Upevnění přístrojové krabice kolíkem



Obr. 4: Upevnění přístrojové krabice přídržným magnetem

Rozpěrný kolík se protlačí středním otvorem upevňovacího krytu a vsune do předvrtaného otvoru v podkladu. Zatlučený ocelový hřebík rozepře kolík a zajistí jeho polohu.

Přivaření závitových kolíků. Jestliže není dovoleno vrtání do ocelového bednění, mohou se navařit natupo kolíky s vnějšími závity M6. Kryt krabice se pak upevní křídlovou maticí. Tento způsob je účelný v prostorech s několikerou opakovanou instalací, např. na velkých stavbách.

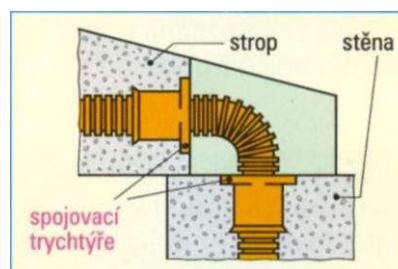
Přídržné magnety. Na ocelovém podkladu je možno docílit spolehlivého upevnění také pomocí přídržných magnetů. Ty mají tvar polokoule a jsou na oblé straně potaženy pryží (**obr. 4, str. 35**). Přístrojová krabice se pak natlačí na pryží potažené magnety přiložené k podkladu. Pryžová vrstva těsní krabici a brání pronikání vody z betonu. U svislých podkladů musí být všechny krabice opřeny o protilehlou stranu bednění, aby se nepřeklopile při lití betonu. Za tím účelem se vzepře o protější stěnu bednění na dno krabice distanční trubka, která má na konci přítlačný kotouč (**obr. 4, str. 35**). Distanční trubka se nastaví na přesah asi 3 až 4 mm. Pružné dno krabice vyrovná nerovnosti stěny.

Průchod pro instalační trubku se vrtá menší. Pro trubku s vnějším průměrem např. 20 mm se vrtá otvor o průměru 19,5 mm. Na zaváděnou instalačnítrubku se nasadí kuželová těsnící manžeta. Trubka s touto manžetou se dá lehce prostrčit otvorem (**obr. 1**). Membránová tenká stěna krabice v okolí otvoru zajistí dobré usazení a utěsnění trubky.

Metoda stavebnicové instalace. Stěny a stropy se při této metodě zhotoví tak, že se před betonováním do nich uloží instalační trubky. Na všech přechodech ze stěny na stěnu nebo ze stropu na stěnu (**obr. 2**), se zabudují spojovací trychtýře nebo spojovací krabice. Při montáži panelů se přechodová místa spojují krátkými ohebnými trubkami (**obr. 2**). Tuhnutí betonu se urychluje zahříváním panelů asi na 95 °C. V tom případě se musí použít trubky se zvýšenou tepelnou odolností (**viz tab., str. 32**).



Obr. 1: Instalační trubka s nasazenou těsnící manžetou



Obr. 2: Přechody stěna - strop se spojovacím trychtýřem

3.4.2 Instalace vedení v dutých stěnách

Montované domy se většinou montují z lehkých stěn. Lehké stavební stěny o výšce jednoho poschodí se používají převážně jako rámová konstrukce. Pokrytím deskami ze sádkokartonu, dřeva nebo trubkovými deskami vznikají duté prostory, ve kterých je možno provést elektroinstalaci (**obr. 1, str. 37**). Napojení svislých odboček na přívodní vedení do místností se provádí většinou ve stropě. Kabely, které se používají pro instalaci v dutých stěnách, např. **CYKY**, musí mít plášť odolný proti šíření plamene.

Instalační trubky pro instalaci v dutých stěnách musí být nehořlavé. Plochá vedení, např. **CYNY**, se nesmějí v dutých stěnách používat.

Vedení spoje v dutých stěnách, kde nemohou být kabely upevněny, musí být pevnou fixací v průchodech krabic odlehčeny proti tahu i posuvu ve spojích. Pro montáž přístrojů, např. zásuvek nebo vypínačů se používají jen krabice pro duté stěny (**obr. 1**). Vhodný otvor se zahloubením pro okraj krabice se vyfrézuje frézou s nástavcem pro zahloubení. To umožní snadnou instalaci krabice do duté stěny (**obr. 2**).

Při instalaci v dutých stěnách se mohou vypínače a zásuvky fixovat jen středícími kroužky.

Díly pro instalaci do dutých stěn musí splňovat zvláštní požadavky na mechanickou pevnost a na nehořlavost.

Výrobky pro instalaci do dutých stěn mají v SRN označení W (DIN VDE 0606).

Malé rozdělovače, skříně na měřidla nebo krabice mohou být bez tohoto označení instalovány do dutých stěn jen pokud jsou obaleny minimálně 12 mm vrstvou vláknitého silikátu nebo rovnocenného materiálu či 100 mm vrstvou ze skelné nebo minerální vlny.

3.5 Ukládání vedení do instalačních žlabů

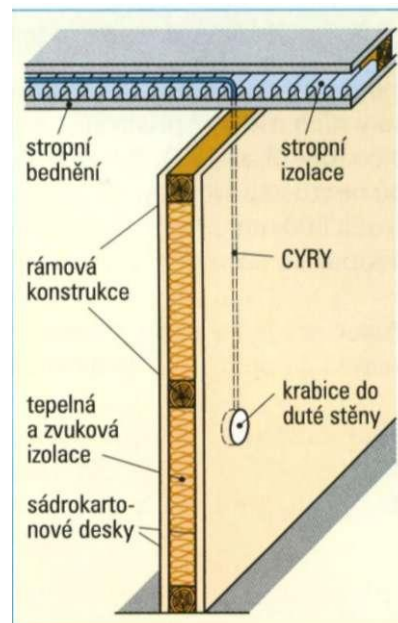
Použitím instalačních žlabů (**obr. 3**) docílíme rychlé, levné a estetické instalace na omítce na stěnách i na stropěch. Instalační lišty a žlaby se vyrábějí z plastů nebo z kovů.

Při instalaci v kovových žlebech musí být všechny kovové části žlabů vodivě spojeny a připojeny k celkovému vyrovnání potenciálu budovy.

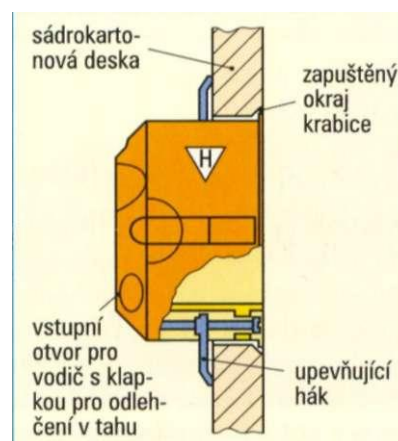
Pokud jsou přípojky silnoproudých rozvodů umístěny bezprostředně u rozvodného instalačního žlabu, např. při montáži zásuvek nebo vypínačů do parapetních lišt, musí kovové žlaby splňovat bezpečnostní požadavky. Kovový žlab však nesmí sloužit jako ochranný vodič.

Elektroinstalační kovové žlaby nesmějí plnit funkci ochranného vodiče.

Díly instalačních kanálů se montují s mezerami asi 1 mm, aby byla rezerva pro teplotní dilataci při zvýšení teploty. Při zvýšení teploty o 1 K se prodlouží žlab z PVC dlouhý 2 m asi o 1,4 mm, stejně dlouhý kovový žlab asi o 0,4 mm.



Obr. 1: Instalace vodičů v dutých stěnách



Obr. 2: Montáž krabice do dutých stěn



Obr. 3: Ukládání vedení v instalačních žlebech

3.5.1 Ukládání vedení v instalačních žlabech

Instalační žlaby, které jsou určeny jen pro vodiče a nepředpokládá se v nich montáž přístrojů, se označují jako žlab nebo lišty pro vodiče (**obr. 3, str. 37**). Tyto žlaby se připevňují pomocí kolíků a šroubů na zdi nebo stropy. Vzdálenost jednotlivých upevnění nemá překročit 600 mm. Pro změny vertikálního směru na horizontální nebo naopak se používá tvarovek (**obr. 1**).

Pokud je v jednom žlabu instalováno silnoproudé i telekomunikační vedení, je nutno je oddělit mezistěnou.

Instalační žlaby brání odvodu tepla z vedení. Stoupne-li teplota okolí např. na 40 °C, může být vedení izolované PVC zatíženo jen na 87 % své proudové zatížitelnosti.

Při instalaci ve žlabech a lištách je třeba při sdružení více vodičů dbát na sníženou proudovou zatížitelnost.

Tabulka smíšené proudové zatížitelnosti: viz str. 67

3.5.2 Instalace v přístrojových lištách a žlabech

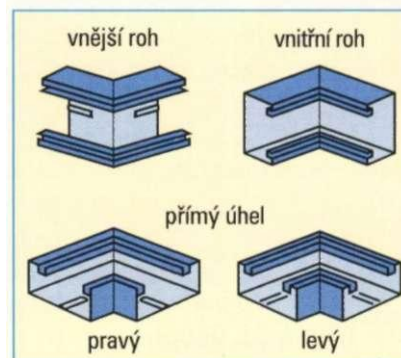
Přístrojové lišty a žlaby (Přehled) tvaru žlabů mají profilované dno. Do tohoto profilu se zasadí krabice přístroje. Předem zadrátované dvojité zásuvky jsou odlehčeny v tahu a v místě připojení opatřeny krytem (**obr. 2**). Při kombinaci silnoproudých a telekomunikačních přístrojů se zařízení umísťují do oddělených krytů. Vzdálenost mezi středy krabic musí být min. 80 mm. Vylamovací místa obrácená k sobě nesmí být vylomena .

Prostory silnoproudých a telekomunikačních propojek musí být odděleny (**obr. 3**).

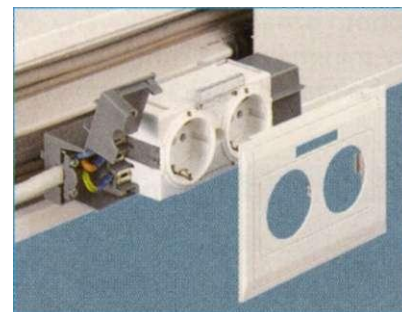
Parapetní žlaby se mohou instalovat nenápadně a esteticky ve výši parapetů oken a mohou být zabudovány například do krytů topení.

Přehled: Žlaby a lišty pro instalaci vedení

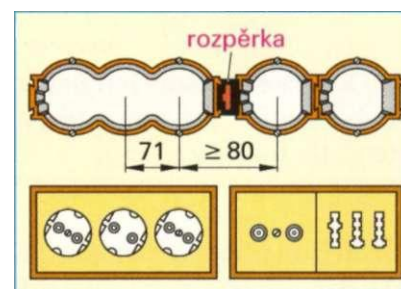
- žlaby pro vedení
- přístrojové žlaby
- parapetní žlaby
- přízemní lištové žlaby (lišty)
- nadpodlažní žlaby (lišty)



Obr. 1: Tvarovky pro instalační kanály



Obr. 2: Přístrojový žlab se zásuvkou s ochrannými kontakty



Obr. 3: Kombinace silnoproudých a telekomunikačních přístrojů

Otázky pro opakování

- 1 Za jakých podmínek mohou být instalována plášťová vedení přímo do betonu?
- 2 Jaké druhy vodičů jsou přípustné pro instalaci v dutých stěnách?
- 3 Jaký význam mají číslice 3233 třinácti místního kódu elektroinstalační trubky?
- 4 Proč je třeba při montáži instalačních žlabů nechat mezi díly žlabu malé mezery?
- 5 Jak jsou značeny přístrojové krabice: a) pro instalaci do dutých stěn, b) do betonu?
- 6 Popište zabudování krabice se zapuštěným okrajem do duté stěny.
- 7 Za jaké podmínky mohou být uloženy silnoproudé a telekomunikační vodiče do jednoho žlabu?
- 8 Na co je třeba dbát při společné montáži telekomunikačního a silnoproudého zařízení?

3.5.3 Instalace v lištách

Při modernizaci starých staveb a při rozšiřování stávajících zařízení v bytech a kancelářích se často používají přízemní lišty (**obr. 1**). Taková lišta se vede v místě podlažní lišty. Pro různé systémy, např. vodiče pro antény, reproduktory, telekomunikaci nebo silnoproud jsou v liště oddělené dráhy. Montáž běžných přístrojů se provádí pomocí nosičů přístrojů (**obr. 2**), které jsou přizpůsobeny liště. Lištový žlab se doplňuje lištou kolem dveří a vypínačem přizpůsobeným tvaru lišty (**obr. 1**).

3.5.4 Instalace v nadpodlažních lištách

Montáž lišt se provádí na hotové podlaze před položením podlahové krytiny. Instalace do lišt se používá většinou při renovaci místností (**obr. 3**). Má výhodu podpodlažní instalace. Je však nutné proražení otvorů mezi jednotlivými místnostmi. Na hotovém kanálu je možno normálně chodit a může být pokryt krytinou nebo kobercem. Přístroje mohou být instalovány jako u podpodlažního systému.

3.6 Podpodlažní instalace (podlahové rozvody)

Při správně provedené podpodlažní instalaci (viz přehled) jsou vodiče uloženy v ocelových pozinkovaných žlabech.

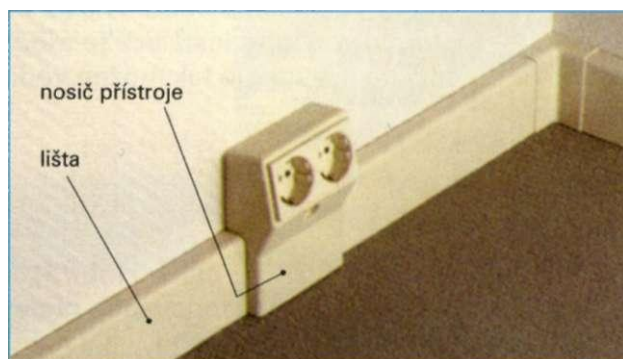
Zakryté žlaby jsou uloženy pod povrchem podlahy nebo souběžně s ním.

Podpodlažní instalace se provádí např. ve velkých kancelářích, v laboratořích a zkušebnách. Celá plocha místnosti se pokryje instalačními žlaby, takže zásobení elektrickou energií a připojení telekomunikačního zařízení je zajištěno na každém pracovišti. Průřezy žlabů se mají volit tak, aby byla zajištěna dostatečná rezerva na pozdější rozšíření. Pokud jsou v jednom žlabu silnoproudé i telekomunikační vodiče, je třeba je v tomto systému oddělit.

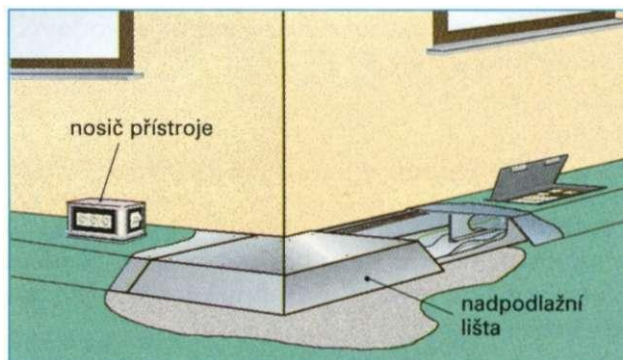
Při křížení a přiblížení komunikačních a silnoproudých vodičů musí být mezi nimi dodržena vzdálenost min. 10 mm.



Obr. 1: Instalace v lištách



Obr. 2: Lišta s přístrojovým nosičem



Obr. 3: Instalace vedení v nadpodlažní liště

Přehled: Podpodlažní instalační systémy

- žlaby pokryté mazaninou
- žlaby vsazené do mazaniny
- žlaby v betonu
- instalace ve dvojité podlaze

3.6.1 Žlab krytý mazaninou

Při tomto způsobu instalace se upevňují žlaby pro vodiče a krabice přímo na hrubou betonovou desku. Na výškově nastavitelné výstupní krabice se nasadí nad podlahu vystupující krabice pro montáž přístrojů pro silnoproudou, telekomunikační nebo systémovou řídicí techniku (**obr. 1**). Pokud zasahují svorky pro silnoproud v kovových žlabech, např. zásuvek, do oblasti rozvodů, musí být kovový systém žlabů zabezpečen v rámci ochranných opatření. Jsou-li svorky izolovány nebo jinak jištěny proti úrazu proudem, např. plastovými kryty zásuvek, nejsou další bezpečnostní opatření nutná. Pro případ pozdějšího zásahu do podlažní instalace se vždy doporučuje u kovového žlabového systému vždy provádět ochranu. Při rozšiřování stávajícího zařízení se tento systém nejprve opatrně shora navrtá tak, aby nebyly porušeny již instalované vodiče.

3.6.2 Žlaby vsazené do mazaniny

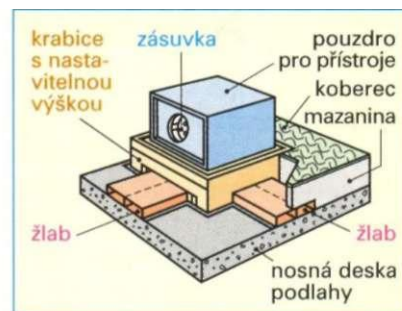
Žlaby a krabice se připevní na nosnou desku podlahy a pomocí regulačních šroubů se nastaví horními hranami na úroveň hotové podlahy (**obr. 2**). Před přidáním mazaniny se všechna dutá místa pod žlabem vyplní maltou. Mazanina se srovná s horní stranou žlabu. Při tomto způsobu instalace je možno odklápět kryty žlabů. Při dodatečné instalaci je tak možno vodiče snadno pokládat shora.

3.6.3 Žlaby v betonu

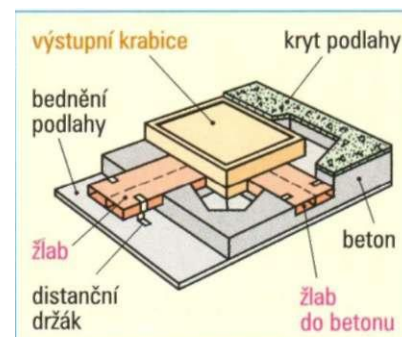
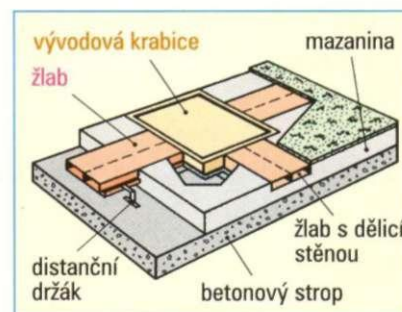
Při instalaci žlabů pro vedení do betonu (**obr. 3**) se žlaby a výstupní nebo odbočné krabice před betonováním připevní ke konstrukci. Pokládání do betonu se používá tehdy, je-li nutná instalace ve žlabech, ale nepoužívá se mazanina. Při ukládání žlabů do nového betonového stropu, je nutná předchozí konzultace se stavebním statikem. Aby se zabránilo vniknutí betonu do žlabů musí se všechny otevřené napojovací otvory a spoje na vývodových krabicích utěsnit lepicí páskou.

3.6.4 Instalace ve dvojitě podlaze

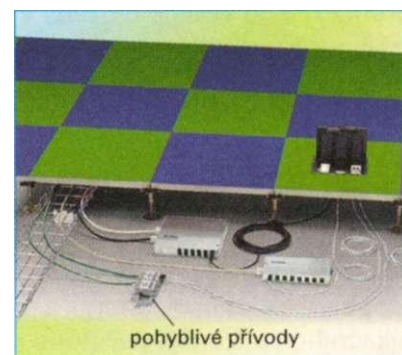
Podlažní desky leží neupevněny na nosné konstrukci. Pohyblivé připojovací vodiče mezi podpodlažními rozdělovači a vestavěnými jednotkami umožňují změny při přemísťování bez odpojování stávajících vodičů.



Obr. 1: Žlaby pokryté mazaninou



Obr. 3: Žlaby v betonu



Obr. 4: Instalace ve dvojitě podlaze

Otázky pro opakování

- 1 Popište rozdíl mezi žlaby pro vodiče a žlaby pro zabudování přístrojů.
- 2 Za jakých podmínek mohou být ve žlabu instalovány společně silnoproudé a telekomunikační vodiče?
- 3 Jakou min. vzdálenost mezi silnoproudými a telekomunikačními vodiči je nutno v instalačním žlabu dodržet?
- 4 Jaká min. vzdálenost je předepsaná při společné instalaci telekomunikačního zařízení a zásuvky s ochrannými kontakty?

3.7 Protipožární utěsnění v elektrických zařízeních

Velké stavby a výškové domy jsou rozděleny stěnami a stropy na jednotlivé požární úseky. Nechráněné elektrické kabely nebo vodiče mohou svou izolací, např. PVC nebo PE přenášet oheň nezavřenými otvory do jiných úseků. Proto je třeba proražené otvory v protipožárních stěnách nebo stropích po instalaci utěsnit, aby se nezměnila třída ohnivzdornosti stěny. Utěsnění proražených otvorů ve stěnách a stropích (**obr. 1**) se provádí např. vláknitými silikátovými hmotami, kabelovými bandážemi, speciální maltou, minerálními vlákny nebo látkami tlumícími oheň. Tyto látky důsledkem vysoké teploty vytvoří pěnu, která zabrání rozšiřování ohně, kouře a hořlavých plynů.

Instalační otvory v ohnivzdorných stěnách a stropích musí být po ukončení instalačních prací ohnivzdorně utěsněny.

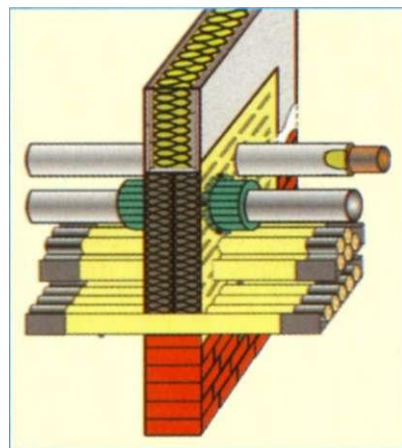
Zvláště důležité vodiče, např. příklady k počítačům nebo k operačním sálům a jednotkám intenzivní péče v nemocnicích, mohou mít ochranu proti vysokým teplotám. Takové vodiče mohou vzdorovat požáru o 30 minut déle než nechráněné vodiče.

3.8 Instalace na kabelových nosných opěrkách

V průmyslových zařízeních, např. válcovnách, chemických provozech nebo elektrárnách, se vodiče a kabely pro zásobování energií a řízení provozů montují na kabelové opěrky. Rozlišujeme otevřené opěrky, kabelové žlaby, drátové a vertikální opěrky. Při výběru vhodné kabelové opěrky je nutno přihlídnout k druhu vodiče nebo kabelu, předpokládanému mechanickému zatížení a způsobu jeho upevnění.

Instalace na otevřené opěrky. U vedení, které se značně zahřívá, musíme zajistit odvod tepla konvekci, tj. prouděním vzduchu. Proto se toto vedení pokládá na tzv. kabelové lávky s otevřeným spodkem nosiče (**obr. 2**). Kabelové lávky se skládají ze dvou nosníků, které jsou spojeny příčkami vzdálenými od sebe 300 mm. Opěrky se připevňují ke zdi pomocí nosných ramen. Při montáži pod stropem se ramena šroubují na profily ve tvaru T.

Instalace do kabelových žlabů. Kabelové žlaby (**obr. 3**) mají oproti otevřeným lávkám plnou úložnou plochu. Použití kabelových žlabů je výhodné při instalaci většího počtu vodičů s malým průřezem, např. pro osvětlení a elektrické ovládací obvody. Kabelové žlaby se vyrábějí obvykle z pozinkovaného ocelového plechu do délky 6 m.



Obr. 1: Průchod vodiče stěnou s protipožární ochranou



Obr. 2: Instalace vedení na kabelových opěrkách



Obr. 3: Instalace vedení v kabelových žlabech

V zařízeních s agresivní atmosférou, např. v chemických provozech, při zpracování soli nebo v potravinářském průmyslu se používají kabelové žlaby z polyesteru zesíleného skelným vláknem. Žlaby z pozinkovaného plechu by v takovém prostředí oxidovaly. Pro změnu směru se používají tvarovky, např. oblouky pro změnu do horizontálního nebo vertikálního směru, odbočky a kříže.

Při instalaci vodičů o malém průřezu v mezistropích se používají mřížové žlaby (**obr. 1**) nebo kabelové nosiče z pozinkované kulinaty.

Vertikální opěrky. U vodorovně vedených žlabů a opěrek se nemusí instalované vodiče a kabely zvlášť upevňovat. U svislého vedení vodičů v kabelových šachtách nebo mezi poschodími se montují vertikální opěrky. Ty se skládají ze dvou vertikálních nosníků, které se připevní ke zdi. Tyto nosníky se spojují příčkami, např. profily C nebo úhelníky. Vzdálenost mezi příčkami se řídí průřezem instalovaných vodičů a je většinou 600 až 800 mm. Vodiče instalované na vertikální opěrky musí být připevněny úchytkami.

3.9 Instalace do země

V obydlených oblastech se venkovní vedení stále častěji nahrazují zemními kabely. Šířka a hloubka příkopu pro kabely závisí na počtu a druhu pokládaných kabelů.

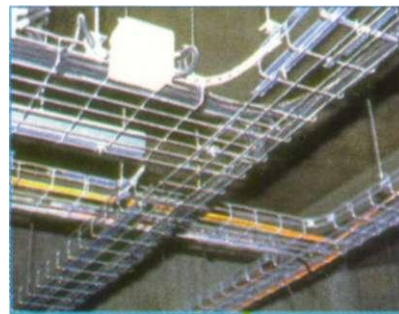
Kabely musí být pod chodníky v hloubce min. 0,6 m, pod vozovkou min. 0,8 m.

Pokud není možno předepsanou hloubku uložení kabelů dodržet, musí být kabely chráněny kryty, např. ochrannými poklopy, cihlami nebo betonovými deskami. Pokud kříží trasa kabelů vozovku, pokládají se v místě křížení ochranné trubky nebo tvárnice.

Pokládání kabelů. Před položením kabelů (**obr. 2**) je nutno dno příkopu zbavit všech nerovností, např. hranatých kamenů nebo vyčnívajících kořenů a posypat 10 cm vysokou vrstvou písku. V příkopech jsou rozmístěny při kladení kabelů ve vzdálenosti 3 až 4 m od sebe **kabelové kladky** (**obr. 3**). V ohybech trasy kabelů jsou umístěny rohové kladky (**obr. 4**) tak, aby byl při pokládání dodržen minimální poloměr ohybu kabelu.

Kabely s izolací PVC se mohou pokládat jen při teplotách nad - 5 °C. Pokud je třeba na již položených kabelech provádět práci při nižší teplotě než - 5 °C, je třeba kabely opatrně ohřát.

K pokládání kabelů se používá zatahovací punčocha nebo hlavice na zatahování kabelu (**obr. 1**). Zatahovací punčocha se nasouvá přes vnější obal kabelu, na zatahovací hlavici se připevní jednotlivé žíly kabelu. Přípustná tažná síla je 50 N/mm² pro měď a 30 N/mm² pro hliník (přehled).



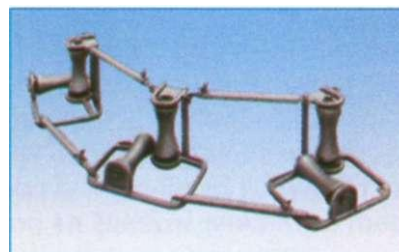
Obr. 1: Instalace vodičů v mřížových žlabech



Obr. 2: Pokládání kabelů do země



Obr. 3: Kladka na pokládání kabelů



Obr. 4: Rohové kladky

Přehled: Síly v tahu při zatahování kabelů

Přípustná tažná síla:

- měď: max. 50 N/mm²
- hliník: max. 30 N/mm²

Před ústím ochranné trubky nebo tvárnice je nutno prohloubit dno příkopu, aby se při zatahování kabelu zabránilo vniknutí kamenů nebo zeminy do trubky. Po uložení kabelů, se pod kabel na všech přechodech mezi ochrannou trubkou a příkopem nasype zemina bez kamenů. Tento polštář (**obr. 2**) chrání kabel před nepřijatelným tlakem na hraně trubky.

Kabely se nemají ukládat do příkopu rovně, nýbrž mírně vlnitě, aby se mohly vyrovnávat změny délky kabelu v důsledku tepelné roztažnosti.

Výkresy polohy kabelů. Do plánů kabelových rozvodů se zakresluje přesná poloha kabelů a spojovacích a odbočovacích kabelů. Při pozdějším rozšíření nebo údržbě jsou výkresy se zakreslenými referenčními body, např. rohy domů apod. velmi užitečné. Položený kabel se zakryje vrstvou písku tlustou 10 cm, která chrání kabel při zasypání příkopu před mechanickým poškozením. Zemina se nasypává ve vrstvách. V horní třetině kabelového příkopu se ukládá varovný pásek, který při pozdějších zemních pracích upozorní na uložení kabel.

V místech, kde se křížují silnoproudé kabely s telekomunikačními musí mít silnoproudý kabel ochranu z nehořlavé látky, např. kryt, desku nebo trubku. Tato ochrana musí přesahovat místo křížení na každé straně min. 0,5 m. Jestliže je silnoproudý kabel nad telekomunikačním kabelem v menší vzdálenosti než 30 cm, musí být telekomunikační kabel těsně zakryt na přilehlé straně nehořlavými látkami, např. betonovou deskou.

Telekomunikační a silnoproudé kabely je třeba instalovat v co největší vzdálenosti od sebe. Při vzdálenosti pod 30 cm musí být silnoproudé kabely zakryty.

3.10 Instalace venkovních vedení

Holé vodiče. V sítích nízkého napětí se přenáší elektrická energie od transformační stanice venkovními vedeními nebo kabelovou sítí ke spotřebiteli. Venkovní vedení jsou při instalaci levnější než kabelová síť. Venkovní vedení se vedou přes stožáry nebo střešní stojany (nosné opěrné body). Podle funkce opěrného bodu se rozlišují opěrné body nosné, rohové, napínací a větvící. Stožáry mohou být dřevěné, betonové nebo ocelové. **Střešníky (obr. 3)** se dělají z pozinkovaných ocelových trubek.

Střešníky nesmí být z důvodu nebezpečí požáru při zkratu na zem spojeny s uzemněnými částmi stavby.

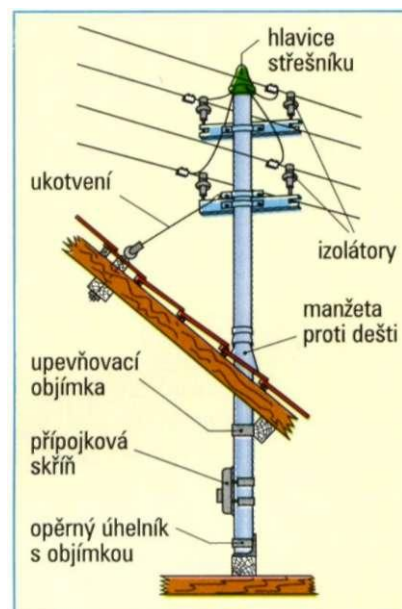
Jako nosiče pro holé vodiče se používají izolátory ze skla nebo porcelánu. Izolátory se upevňují na stožáry a střešní stojany s opěrkami na konzoly. Konzoly a izolátory musí odolávat předpokládanému namáhání, např. vlastní hmotnosti vedení, hmotnosti zvýšené o jinovatku a sníh a napětí v tahu, např. při větru. U holých vodičů musí být zajištěna ochrana před neúmyslným dotykem dodržováním bezpečné vzdálenosti (**viz tabulka na str. 44**).



Obr. 1: a) punčocha na zatahování kabelů
b) hlavice pro zatahování kabelů



Obr. 2: Ochrana kabelu na přechodu do ochranné trubky

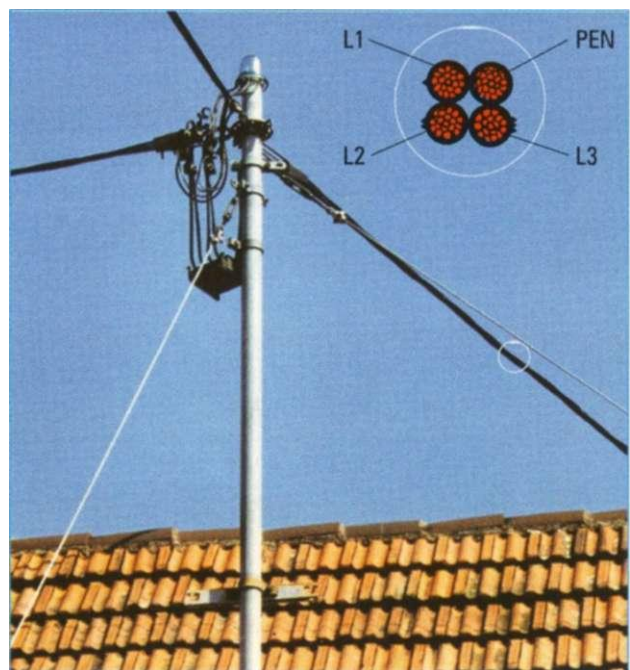


Obr. 3: Střešní stožár (střešník)

Tabulka: Minimální vzdálenosti neizolovaných (holých) silnoproudých venkovních vodičů do 1000 V při instalaci v terénu, ulicích a budovách podle DIN VDE 0211 (výťah)			
Instalace přes	Příklady	Směr	Min. vzdál, (m)
terén	obhospodařované plochy, např. pole, louky nesjízdné pozemky	svisle svisle	5 4
stromy	stromy, na které se leze kvůli ošetření a sklizni stromy, na které se neleze (okrasné)	všemi směry všemi směry	1 0,5
silnice	dálnice a silnice 1. třídy ostatní komunikace pro vozidla	svisle svisle	6 6
stavby	střechy, na které se vstupuje (sklon do 15°) střechy, na které se nevstupuje (sklon nad 15°) nad střešním hřebenem	nahoru nahoru nahoru	2,5 0,4 0,4
	před okny a dveřmi	nahoru do strany dolů dopředu nahoru	0,4 1,25 1,25 2,5 2,5
antény	části antén se při ulomení nesmějí dotknout venkovního vedení	do všech stran	1

Izolované venkovní vodiče. Venkovní vedení mohou být holá izolovaná. Izolace vodičů je většinou z polyetylénu odolného proti povětrnostním vlivům. Vodiče pro izolované venkovní vedení se vyrábějí z hliníku o průřezích od 25 mm² do 70 mm². Vedení je většinou svazek čtyř vodičů (**obr.**). Jednotlivé vodiče jsou označeny podélnými vlákny. Nulový vodič je bez označení. Izolované spletené vodiče se napínají na opěry (stožáry) závěsnými svorkami s izolačními vložkami. Při použití izolovaných venkovních vedení jsou povoleny menší vzdálenosti vedení od budov a stromů než je uvedeno v **tabulce**.

Na izolovaných venkovních vedeních nemohou nastat poruchy vzájemným dotykem vodičů nebo dotykem větví stromů.



Obr.: Střešní stožár s izolovaným venkovním vedením

Otázky pro opakování

- 1 Proč musí být průchozí otvory v ohnivzdorných stěnách po instalaci znovu ohnivzdorně utěsněny?
- 2 Proč musí být důležité vodiče, např. k počítačům nebo operačním sálům pokryty ohnivzdorným materiálem?
- 3 Jaký poloměr oblouku může mít kabel s pláštěm o průměru 12 mm?
- 4 V jakých provozech musí být kabelové žlaby z polyesteru?
- 5 Do jaké hloubky mají být pokládány kabely: a) v prostoru pro pěší, b) pod silnicí?
- 6 Jaká min. vzdálenost musí být dodržena při křížení telefonních a silnoproudých vedení?
- 7 Proč jsou kabely uložené do země lehce zvlněny a nejsou kladeny rovně?
- 8 Uveďte minimální vzdálenost holých venkovních vodičů od: a) silnice, b) stromů, c) oken nebo dveří.
- 9 Jak se označují fázové vodiče u izolovaných venkovních vedení?

4 Techniky spojování

Spoje dělíme na rozebíratelné a nerozebíratelné (**Přehled**). Oproti rozebíratelným spojení, např. šroubovým spojení, lze nerozebíratelná spojení zrušit jen nevratnou destrukcí spojovacího prostředku.

4.1 Příprava izolovaných vedení

Odizolování je oddělení a odstranění izolace vodiče. Odpláštění je stažení nebo oddělení pláště vodiče, např. u plášťového vodiče **CYKY**.

K odizolování se používají **kleště na izolaci**, tepelné **přístroje na odstranění izolace** a **kabelové nože**. Automatické kleště (**obr. 1**) mohou být, oproti běžným kleštím (**obr. 2**), použity u malých průřezů, např. od 0,08 mm² do 6 mm², bez zvláštního seřizování nožů. Seřizování odpadá také u odizolování žilových vodičů s normální tloušťkou izolace, např. H07V-U. Poškození izolace vodiče brání nastavovací šroub, který přizpůsobí nastavení čelisti při stisku průměru vodiče. Po odizolování se čelisti automaticky otevrou. Požadovaná délka odizolování se nastaví na posuvné záračce (**obr. 1**).

Tepelné přístroje na odizolování se zařiznou na krátký okamžik (1-2 sekundy) vyhřívanou čelistí do izolace tak, že může být stažena. Vyhřívání přístroje smí být zapnuto jen během odstraňování izolace.

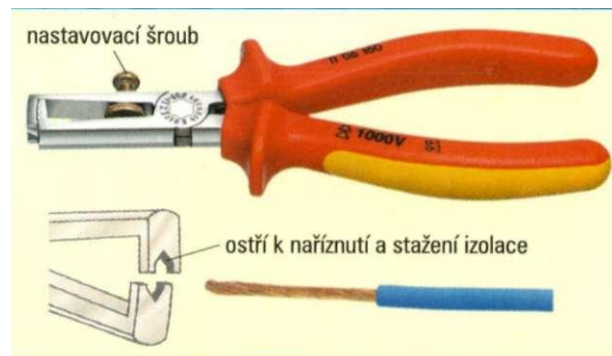
Odstranění pláště se musí provádět natolik opatrně, aby nebyla poškozena izolace žil pod pláštěm. K odstranění pláště z plastu nebo z pryže se používá zvláštní nástroj, tzv. **stahovač pláště** (**obr. 3**) nebo kleště. Pláště lze odstranit také kabelovým nožem. Stahovač pláště a plášťové kleště mají oproti kabelovému noži výhodu nastavitelné hloubky řezu a tím minimálního nebezpečí poškození izolace žil. Při výrobě elektrotechnických a elektronických přístrojů se odstraňují pláště a izolace často na automatech.

Přehled: Elektrická spojení (příklady)

- **Rozebíratelná spojení**
 - šroubová spojení
 - svorková spojení
 - kolíková spojení
 - spojení pérem
- **Nerozebíratelné spojení**
 - pájení
 - nýtování
 - svařování
 - lisování
 - deformace objímky
 - ovíjení (wire - wrap)
 - pérové svorky (termi-point)



Obr. 1: Automatické kleště na odizolování



Obr. 2: Běžné kleště na odizolování



Obr. 3: Stahovač pláště

4.2 Šroubová spojení

Šroubové spojení se používá v elektrotechnice nejčastěji k vytvoření rozebíratelných spojení a k upevnění a montáži přístrojů a prvků.

4.2.1 Druhy šroubových spojení

Rozlišujeme

- šroubová spojení šroubem a maticí
- šroubová spojení s vnitřním závitem

U šroubových spojení šroubem a maticí (obr.1a) jsou spojované díly spojeny průchozími šrouby. Díly se spojují šroubem a maticí. Podložky brání poškození spojovaného materiálu maticí nebo hlavou šroubu. Šroubová spojení s vnitřním závitem (obr. 1b) se používají u jističů, zásuvek a vypínačů. Jedna část má průchozí otvor, druhá má vnitřní závit. Díly jsou spojeny samotnými šrouby, např. při upevnění víka svorkovnice.

4.2.2 Šrouby, matice a jištění šroubového spojení

V elektrotechnice se nejčastěji používají:

- šrouby s drážkou (obr. 2)
- šrouby s křížovou drážkou (obr. 2)
- šrouby s šestihrannou hlavou (obr. 1)
- válcové šrouby s vnitřním šestihranem (obr. 3) na imbusový klíč
- šrouby na klíč torx

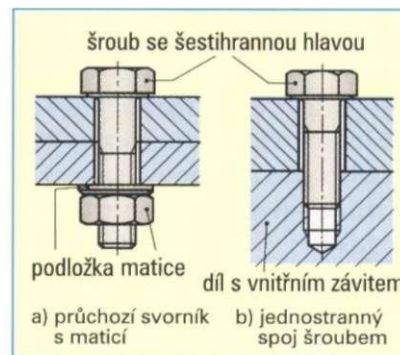
Šrouby s drážkou se utahují nebo povolují šroubovákem. Docílené utažení je menší než u šroubů se šestihrannou hlavou

Šrouby s křížovou drážkou se dají pevněji utáhnout než šrouby s jednoduchou drážkou. Křížový šroubovák lépe drží v křížové drážce hlavy šroubu.

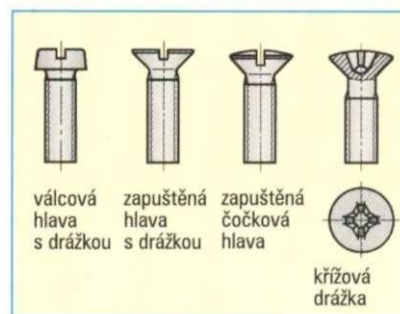
Ke spojení, např. přichytek na plechy nebo kovových nosičů se používají především samořezné šrouby (obr. 4a), šrouby do plechu (obr. 4b) tj. vruty.

Matice slouží k přenesení tahových sil ve šroubu na spojovaný díl. V elektrotechnice se většinou používají šestihranné matice. Pro předpisové šroubové spojení se musí použít podložky a jištění spoje (obr. 5).

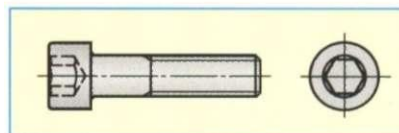
Šroubové připojení ochranného vodiče (obr. 5) musí být provedeno zvlášť pečlivě. Připojení ochranného vodiče nesmí mít funkci mechanického upevnění.



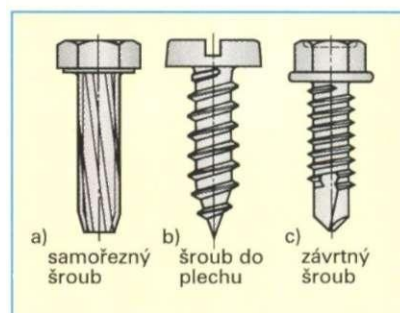
Obr. 1: Šroubová spojení



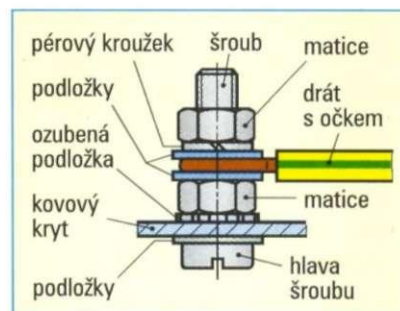
Obr. 2: Šrouby s drážkou



Obr. 3: Válcový šroub s vnitřním šestihranem



Obr. 4: Šrouby do plechu



Obr. 5: Předpisové připojení ochranného vodiče

Jištění šroubového spojení. Podložky nemohou zabránit uvolnění matic. Aby se šrouby, např. při otřesech, neuvolnily, používají se pojistky šroubů (**přehled**), např. pérové kroužky, pérové podložky nebo ozubené podložky (**obr. 1**). Šrouby se mohou zajistit také kontramaticí, jisticím plíškem nebo kapkou jisticího laku na okraji šroubu. Jisticí lak plní zároveň funkci plomby, např. u nastavovacích prvků elektrických přístrojů. Uvolnění takto jištěných šroubů může provádět v záruční lhůtě jen výrobce, jinak přestává platit záruka.

Při montáži, např. skříňových rozvaděčů, se používají elektrické šroubováky (**obr. 2**), které umožňují rychlou montáž a nastavitelný otáčivý moment vlevo i vpravo.

4.2.3 Povolování pevných šroubových spojení

Šroubová spojení, která se vlivem nevhodného zacházení, koroze nebo po přehřátí těžko povolují, působí problémy.

Těžko uvolnitelné šrouby zvyšují nebezpečí nehody.

K snazšímu povolování šroubů se používají mazadla (u zrezivělých šroubů prostředky na rozpuštění koroze). Po určité době působení lze spojení většinou povolit ručně. Jestliže je spojení i nadále pevné, používají se speciální klíče s prodlouženým ramenem nebo úderné klíče. U některých klíčů lze nastavit sílu úderu a otáčivý moment.

Klíče s prodlouženým ramenem přenášejí větší sílu. Běžné klíče s menší pevností se nesmějí prodlužovat.

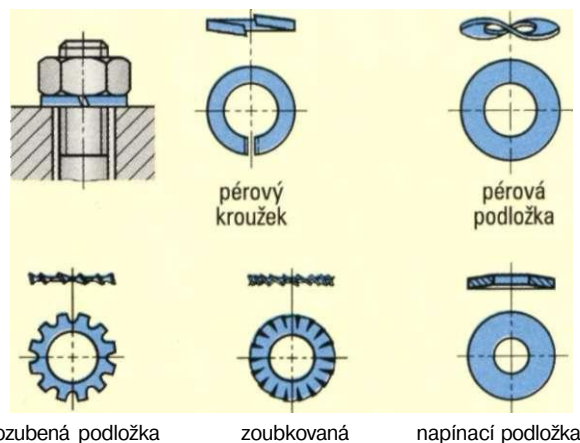
Úderné klíče přenášejí sílu pomocí úderů. Pevně utažené šrouby lze také uvolňovat údernými šroubováky s plynulým nastavením úderu a točivého momentu.

Otázky pro opakování

- 1 Vyjmenujte různé druhy šroubů.
- 2 Čím je možno zajistit šrouby proti nechtěnému povolání?
- 3 Jakou funkci mají šroubové pojistky?
- 4 Jmenujte šroubové pojistky.

Přehled: Jištění šroubů a matic

- **napružené pérové podložky**,
např. pérový kroužek, pérová podložka, ozubená podložka, vějířová ozubená podložka, napínací podložka
- **tvarované jisticí prvky**,
např. jisticí plíšek, korunová matice, drátová pojistka, vkládaný plíšek
- **silové pojistky**,
např. pojistný šroub, šrouby s plastovým povlakem
- **blokovací jištění**,
např. šrouby a matice s blokovacím ozubením
- **látkové jištění**,
např. lepidla, jisticí lak



Obr. 1: Jištění šroubů



Obr. 2: Elektrický šroubovák

4.2 4 Ohýbání oček

Pomocí oček se připojují jednodrátové vodiče, např. k vypínačům, zásuvkám nebo ke svorkám motorů. Před ohýbáním musí být vodič zbaven izolace. Délka odizolování se vypočítá z obvodu oka (π krát průměr šroubu) a přičtením 5 až 6 mm.

Příklad:

Vypočítejte délku odstranění izolace pro oko na šroub M4.

Řešení:

$$l = \pi \cdot d + 6 \text{ mm} = \pi \cdot 4 \text{ mm} + 6 \text{ mm} = 19 \text{ mm}$$

K ohýbání oček se používají kulaté kleště (**obr. 1**). Kuželové čelisti u těchto kleští umožňují přizpůsobit vnitřní průměr oka k průměru šroubu.

Postup při ohýbání oček (**obr. 2**):

1. Odstranění izolace na potřebné délce vodiče.
2. Ohyb vodiče zbaveného izolace podle **obr. 2**.
3. Očko musí být uzavřeno.
4. Přezkoušení oka na správný průměr.
5. Zpětné zahnutí oka do osy vodiče.

Při připojení vodičů s očkem je nutno dbát na následující:

- směr ohybu oka (**obr. 2**) musí být shodný se směrem otáčení šroubu, popř. matice, při utahování, aby se očko při utahování neotevřelo
- očka se musí klást mezi podložky a musí být zajištěna proti uvolnění
- jestliže je několik oček nad sebou, musí být oddělena podložkami

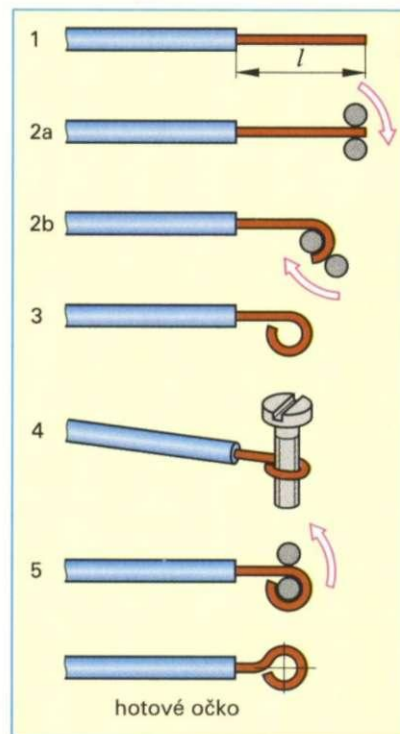
Při ohýbání oček se chybuje, např. nesprávným směrem ohýbání a příliš krátkou délkou odizolování (**obr. 3**).

Pomocí oček se mohou připojovat jen jednodrátové vodiče. Ohýbání pocínovaných vodičů z více jemných drátů je nepřípustné, protože by došlo k deformaci vodiče. Tím by mohlo dojít k uvolnění a narušení v kontaktu. Takové vodiče se mohou připojovat pouze pomocí pájecích nebo lisovacích oček.

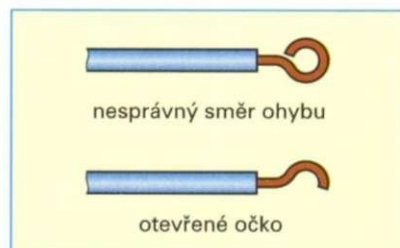
Oka pro lanované vodiče se vyrábějí pro různé průměry šroubů (**tabulka**) a pro různé průměry vodičů. K rovnoměrnému slisování oka se používají speciální kleště, které mají vyměnitelné vložky pro různé velikosti ok. Před slisováním oka se vedení zbaví izolace, rozdělí se na dvě poloviny, které se samostatně stočí. Pak se stočí obě poloviny společně jen tak (jedno otočení), aby se při lisování oka nedostala izolace do kleští. Obě poloviny lanka se pak ovinou okolo oka a konce společně stočí (**obr. 4**) a oko se kleštěmi stiskne.



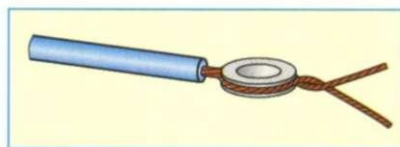
Obr. 1: Kulaté kleště



Obr. 2: Postup při ohýbání drátového oka



Obr. 3: Nesprávně ohnutá oka



Obr. 4: Vodič z jemných drátů s okem pro vedení (ještě nestisknuté)

Tabulka: Oka pro vedení				
velikost oka	3	4	5	6
vnitřní průměr oka (mm)	3,1	4,2	5,3	6,5
pro šroub	M3	M4	M5	M6

4.3 Nepájivé způsoby spojování

Spojovací technologie bez použití pájení jsou zalisování, deformace objímky, ovíjení drátu při silném tahu (Wire Wrap), zalisování do pérové objímky (Termi- Point) a průnik izolací

4.3.1 Zalisování, promáčknutí a lisované zapouzdření (krimpování)

Při těchto technologiích vzniká nerozpojitelné spojení mezi vodičem a objímkou, popř. kabelovým okem. Zatímco při **zalisování** dochází k celkové deformaci objímky na menší průměr (**obr. 1**), je deformace při **stlačení objímky** jen jednostranná (**obr. 2**).

Při zalisování, stlačení a krimpování deformací objímky jsou vodiče a spojovaný díl pružně deformováni. Tím vzniká mezi vodičem a spojovaným dílem pevné, nerozebíratelné spojení.

Pro tyto způsoby spojení jsou vhodné všechny druhy vodičů, zvláště vodiče tvořené více jemnými dráty. K vytvoření spoje se odizolovaný vodič zasune do objímky, popř. do kabelového oka a objímka je tlakem deformována. Ke stlačení se používají pneumatické nebo hydraulické lisovací nástroje a také ruční kleště (**obr. 4**).

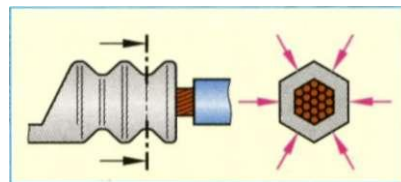
Objímky (obr. 5), popř. kabelová oka (**obr. 6**), jsou většinou z mědi nebo jejich slitin. Jsou leštěné nebo pozinkované z důvodu ochrany proti korozi a mají barevný izolační návlek (**tabulka**). Vnitřní plocha objímky je většinou rýhovaná. Při zalisování se rýhy vtlačí do vodiče, proříznou případnou oxidační vrstvu a zvýší se pevnost spoje. Pevnost u správně provedených spojů má mít 70 % až 100 % pevnosti v tahu materiálu vodiče. Další výhodou tohoto spojení je okolnost, že není nutné odizolovat lakované dráty.

Pravidla pro montáž lisovaných spojů:

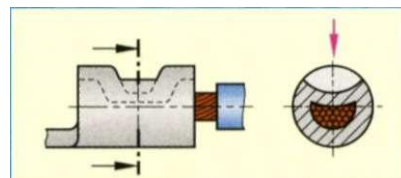
- Konce vodičů je nutno zbavit nečistot a oxidační vrstvy.
- Konce vodičů je nutno zavést u kabelových ok až k zarážce, u objímek do středu objímky.
- Před lisováním je nutno prověřit, zda číslo vložky nástroje souhlasí s číslem spojovaného materiálu.
- Kabelová oka se lisují postupně od kontaktu směrem ke konci dutinky. U zalisovaných spojů (**obr. 1**) se začíná ve středu dutinky.

Tabulka 1: Barevné značení koncových objímek vodičů

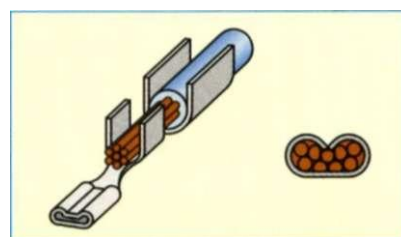
Průřez vodiče	Barva	Průřez vodiče	Barva
0,5 mm ²	bílá	2,5 mm ²	modrá
0,75 mm ²	šedá	4 mm ²	šedá
1,0 mm ²	červená	6 mm ²	žlutá
1,5 mm ²	černá	10 mm ²	červená



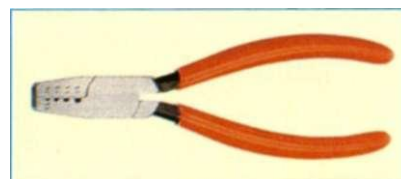
Obr. 1: Lisovaný spoj (celková deformace)



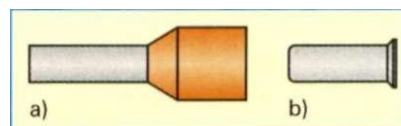
Obr. 2: Spoj stlačením (jednostranná deformace)



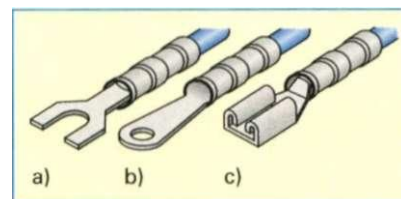
Obr. 3: Jednostranné zalisování klapky objímky



Obr. 4: Kleště na nalisování koncovek



Obr. 5: Objímky vodiče: a) s plastovým límcem, b) bez plastového límce



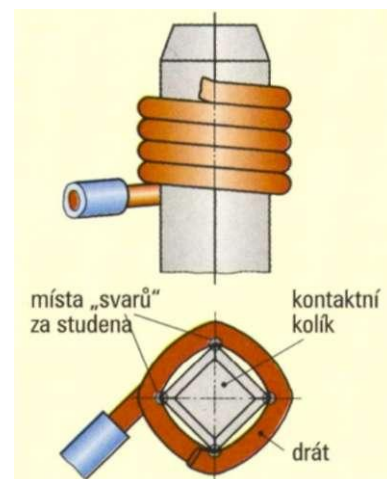
Obr. 6: Kabelové oko: a) otevřené, b) uzavřené, c) plochá nástrčka

4.3.2 Spojení ovinutím vodiče (Wire-Wrap), ovíjené spoje

Při spojení ovinutím vodiče se jednodrátový odizolovaný vodič navine při silném tahu na kolík o čtvercovém průřezu (**obr. 1**).

Při ohýbání drátu přes ostré hrany kolíku se drát napne, zformuje a dotýká se kolíku v místech zářezu na větší ploše. Dochází k zpevnění za studena. Pružnost drátu způsobí silný tlak v kontaktu a výsledkem je velmi těsné spojení.

V závislosti na průměru drátu je třeba 3 až 8 závitů (**obr. 1**). Tenčí dráty potřebují větší počet ovinů. Navíjet je možné dráty o průměru 0,26 až 1,0 mm. Tažná síla je mezi 1 N a 10 N. Nástrojem je ruční, vzduchová či elektrická ovíjecí pistole (**obr. 2**). Výhoda této technologie ve srovnání s pájením spočívá v rychlosti a v tom, že nedochází k poškození součástek citlivých na teplotu. Spoj je možno odvinutím uvolnit, drát však nelze znovu použít.

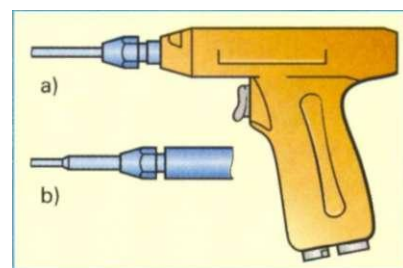


Obr. 1: Spojení ovinutím (Wire-Wrap)

4.3.3 Spojení pérovými sponami (Termi-Point)

U tohoto spojení se jeden nebo více drátů přitlačí pružnou sponou (pérovou objímkou) na kolík s obdélníkovým průřezem (**obr. 3**) (hranolek).

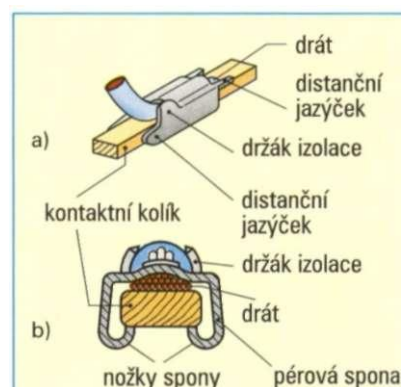
Drát není třeba odizolovat, protože se izolace odstraní nasouváním spony. Pružinové nožky spony vyvinou značný tlak. Ten je přibližně stejný jako u ovíjeného spoje (Wire-Wrap), asi 200 N/mm². Takto je možné kolíky (hranolky) se sponami spojovat jednodrátové vodiče do průměru 1 mm a vodiče z jemných drátů od průřezu 0,05 mm² do 0,65 mm². Nástroj na nasouvání spon má zásobník na tyto spony.



Obr. 2: Nástroje pro ovíjení drátu

4.3.4 Ostatní druhy spojů

Vedle popsaných technologií se používají ještě další techniky. Nazývají se **technologemi průniku izolací**, protože se při nich neodstraňuje izolace. Jednotlivé techniky používají kontaktní ostří, která proříznou izolaci a tím vytvoří kontakt s vodiči. Takové metody jsou např. Tenofix, Quickconnect a Picabond. U prvních dvou metod se vede vodič přes kontaktní nože, které proniknou izolací. U metody Picabond, která je kombinací zamáčknutí a průniku izolací, se používají přitlačné objímky. Také zde se izolace prořízne a pak se nalisuje na vodič objímka.



Obr. 3: a) Spojení pérovou sponou, b) řez spojem

Otázky pro opakování

- 1 Na jakém principu jsou založeny technologie zalisování, jednostranné zamáčknutí a krimpování?
- 2 Popište postup při: a) krimpování, b) ovíjení kolem kolíku (Wire-Wrap).
- 3 Jak se vytvoří kontakt při ovíjení drátem?
- 4 Popište metodu připojení vodiče pérovou sponou (Termi-Point).

4.3.5. Svorková spojení

Svorky jsou provozní materiál ke spojování vodičů,

Všeobecně. Svorky musí vyvíjet dostatečně velký tlak, aby byl odpor v místě sevření vodiče co nejmenší. Při velkém přechodovém odporu se místo spojení nepřipustně zahřívá. Dále vzniká na svorce úbytek napětí. Uvolněné svorky mohou působit při jiskření poruchy, např. při příjmu rozhlasu a televize. Vadné kontakty mohou způsobit i požár. Jsou často příčinou požárů vzniklých v elektrických rozvodech. Spoje vytvořené zkroutením drátů nemají pevný kontakt a jsou proto zakázány.

Vodivé části kontaktních svorek jsou vyrobeny většinou z mědi. Díly jsou poniklovány nebo mají povlak ze slitiny olova a cínu. Na svorky se používá také materiál z pozinkované oceli. Šrouby jsou většinou z mosazi.

Druhy svorek. Rozlišujeme:

- svorková spojení se šrouby, např. spojovací svorky (**obr. 1**) a
- svorky bez šroubů (**obr. 2 a obr. 3**)

U svorek bez šroubů je tlak vytvořen kuličkou nebo pérem. U těchto svorek se ke spojení s vodičem používá péro, popř. pérem přitlačovaná kulička a odizolovaný konec vodiče se zasouvá do svorky až po zarážku. Spojování bez šroubů je rychlejší než spojování pomocí šroubů. Svorky bez šroubů se uvolňují pomocí nástroje nebo otáčením vodiče.

Podle funkce rozlišujeme:

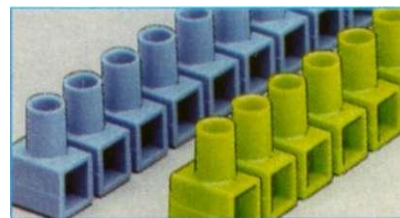
- spojovací svorky,
- řadové svorky,
- připojovací svorky,
- přístrojové svorky.

Spojovací svorky, např. krabičkové (zásuvné), spojují navzájem elektrické vodiče, např. odbočky (**obr. 1**). Tyto svorky mohou být také provedeny bez šroubů (**obr. 3**).

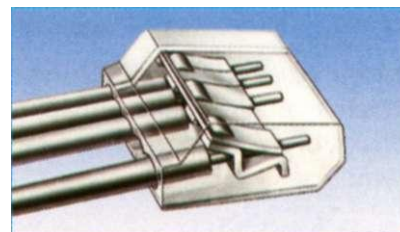
Radové svorky jsou také spojovací (**obr. 4**). Používají se např. ve spínacích skříňkách a v rozváděčích.

Připojovací svorky, např. lustrové svorky, jsou svorky pro vnější připojení (sítě) k jednotlivým přístrojům nebo jejich kombinacím (**obr. 5**). Lustrové svorky umožňují spojení mezi jednodrátovým vodičem (sítí) a vodičem z jemných drátů pro připojení osvětlení.

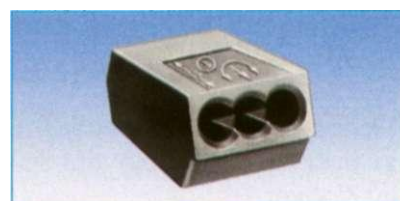
Přístrojové svorky jsou svorky uvnitř přístrojů a tvoří s nimi jeden celek, např. u vypínačů a zásuvek. Svorky uvnitř svítidel se nazývají lustrové svorky.



Obr. 1: Spojovací svorky



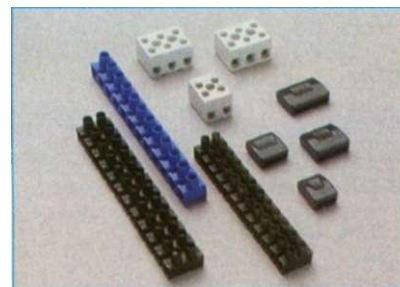
Obr. 2: Princip svorky bez šroubů



Obr. 3: Krabičkové (zásuvkové) svorky, bez šroubů



Obr. 4: Řadové svorky



Obr. 5: Lustrové a spojovací svorky

Rozdělení podle druhu konstrukce.

Podle konstrukce se dělí svorky na ploché, dutinové a dutinové s pérem.

Ploché svorky (tabulka). Vodič je podepřen třmínkem a držen šroubem nebo přitlačován pomocí třmínku ke svorce. Tyto svorky se používají např. jako připojovací.

Dutinové svorky mají tělo svorky s otvorem a šroub a většinou také přitlačné tělísko. Přitlačné tělísko brání poškození vodiče při přitlaku šroubem.

Dutinové svorky s pérem mají přitlačné tělísko pod šroubem tvořené pružným páskovým pérem.

Vícedrátové vodiče a vodiče z jemných drátů se nesmějí při připojování do šroubové svorky cínovat.

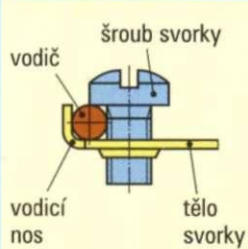
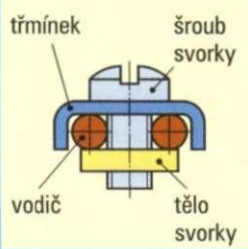
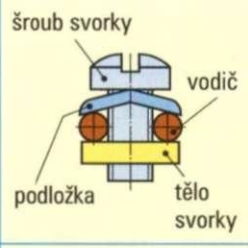
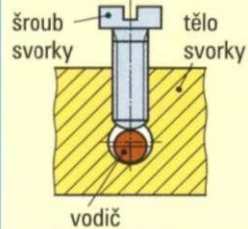
Aby se zabránilo uvolnění jednodrátového nebo vícedrátového vodiče, upevňuje se na konci vodiče tzv. koncovka nebo pouzdro. Pocínování, které se dříve používalo k zamezení uvolnění vodiče, je nyní zakázáno. Pokud se používá svorka s pérem, není pouzdro nutné. Při správném provedení svorky jsou jemné dráty řádně zasunuty a bezpečně sevřeny. Svorky se dále dělí podle způsobu provedení kontaktu (**tabulka**). Pokud mohou být na jednu plochou svorku přivedeny dva vodiče, jedná se o svorku spojovací.

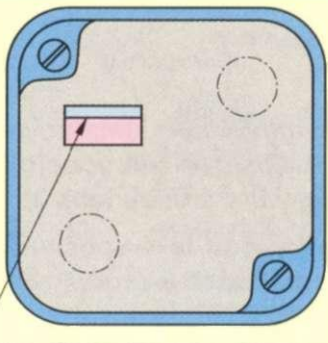
Počet svorek v rozvodné krabici je omezen, protože musí být zajištěn dostatečný prostor pro svorky i zapojované vodiče. Výrobci rozvodných krabic uvádějí maximální počet svorek a vodičů (**obr.**).

Při průřezech vodičů nad 4 mm² musí být svorky ve své poloze v krabici upevněny.

Počet svorek je různý a je normalizovaný. Normalizovaný počet nesmí být překročen.

Tabulka: Rozdělení svorek podle přenosu síly na kontakt

Druh svorky	Obrázek	Příklady použití
plochá svorka s vodícím nosem		zásuvky, tlačítka, vypínače, relé, objímky, jističe
plochá svorka s přitlačným třmínkem		
plochá svorka s přitlačnou podložkou		
dutinová svorka		objímky, svítidla, přístroje, odbočovací svorky



Příпустné počty spojů			
průřez vodičů	1,5	2,5	4
počet svorek	8	6	5
počet vodičů	24	20	15

Obr.: Rozvodná krabice

4.4 Pájení

Podle teploty při pájení rozlišujeme pájení na měkko (do 450 °C) a pájení na tvrdo (nad 450 °C).

Při všech způsobech pájení (**přehled**) se pájka roztaví teplem a vytvoří se spojovaným materiálem, např. mědí nebo mosazí smíšené krystaly (**obr. 1a**). Pájka pronikne do vrchní vrstvy základní látky (materiálu) a vytvoří s ním nerozdělitelné spojení. Tento jev se nazývá difúze. Protože různé materiály mají odlišnou smáčivost, rozlišujeme dobře pájitelné kovy, např. měď, stříbro a mosaz, těžko pájitelné kovy, např. hliník a hořčík a téměř nepájitelné kovy, např. chrom a titan. K pájení potřebujeme pájku, tavidlo a teplo.

4.4.1 Pájení na měkko

Měkké pájky. Všechny měkké pájky jsou slitiny cínu a olova s malými přísadami mědi, stříbra, kadmia nebo zinku. Tavit se začínají od 183 °C (**obr. 2**). Označují se podle ČSN 05 5600 značkou písmenem S^x a označením materiálu. V elektrotechnice se používají většinou trubičkové pájky, které mají uvnitř tavidlo (**obr. 1b**), např. S-Sn 63 Pb 37 nebo S-Pb50 Sn50 o průměru např. 1, 1,5, nebo 2 mm. Složení pájky se určuje podle oblasti pájení a podle teploty.

Příklad:

Jaké složení má pájka S-Sn 63 Pb 37?

Řešení:

63 % cínu, zbytek je olovo a další přísady, např. měď.

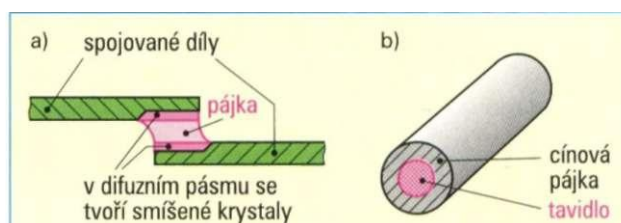
Tavicí teplota pájky S-Sn 63 Pb 37 je 183 °C. Pájka přechází přímo z pevného skupenství do tekutého (**obr. 2**). Měkká pájka S-Sn 63 Pb 37 má ze všech měkkých pájek ze slitiny cínu a olova nejnižší pracovní teplotu.

Při pracovní teplotě se pájka smáčí, teče a spojuje (**obr. 3**).

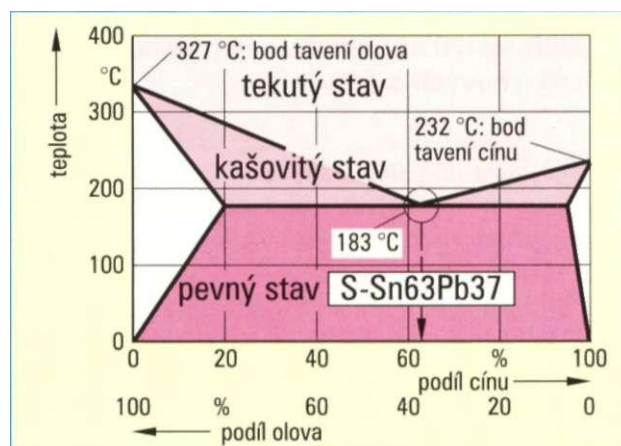
Tavidla (tab. 1, strana 54) jsou chemické prostředky zlepšující smáčivost pájek a chránící pájku i pájený prvek před oxidací a vypařováním některých složek pájky. Odstraňují před pájením i při něm

Přehled: Rozdělení technologií pájení (příklady)

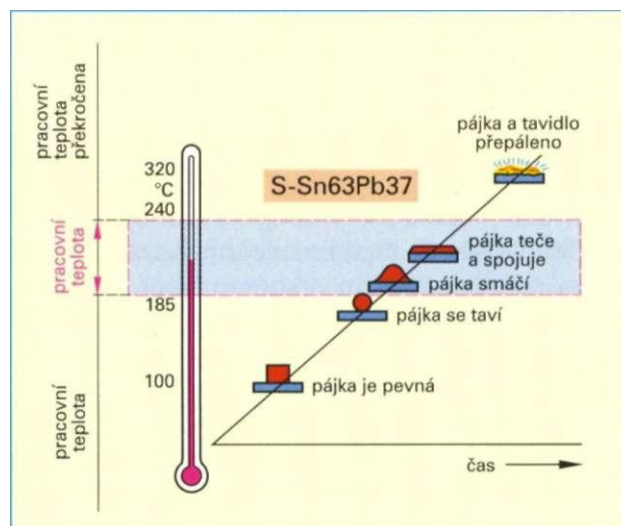
- podle teploty
měkké pájky do 450 °C, tvrdé pájky nad 450 °C
- podle místa pájení
pájení nanášecí, spojovací, vyplňující mezery a spáry
- podle způsobu odstraňování oxidů pájení
s tavidlem nebo v ochranné atmosféře
- podle způsobu přivedení pájky
ponorné, pájení vlnou
- podle způsobu provádění
ruční, strojní



Obr. 1: a) Pájený spoj, b) trubičková pájka



Obr. 2: Rovnovázný diagram slitiny olovo - cín (zjednodušeně)



Obr. 3: Diagram teplota - čas při pájení

* z anglického solder = pájka

Tabulka 1: Značení tavidel

Příklad:	1.1.1	
typ tavidla	základ tavidla	aktivátor
1: pryskyřice	1: kalafuna, 2: bez kalafuny	1: bez aktivátoru, 2: s halogeny, 3: bez halogenů
2: organické	1: rozpustné ve vodě, 2: nerozpustné ve vodě	
3: anorganické	1: soli	1: s chloridem amonným, 2: bez chloridu amonného
	2: kyseliny	1: s kyselinou fosforečnou, 2: jiné kyseliny
	3: zásady	1: aminy nebo čpavek

Tabulka 2: Tavidla pro pájení těžkých kovů na měkko (příklady)

Označení	Popis	Použití
1.1.2	Tavidlem je kalafuna aktivována halogeny. Nepůsobí korozi.	Při montáži elektrických přístrojů, zvláště pro indukční pájení.
1.1.1	Tavidlem je kalafuna, bez aktivátoru. Zbytky se musí odstraňovat.	Jako vnitřek u měkkých pájek u plošných spojů.
2.2.1	Směs z chloridu zinečného nebo amonného. Zbytky se musí odstranit.	Převážně pro pájení mědi.
3.2.2	Kyselé tavivo z chloridu zinečného nebo amonného, zbytky se musí opláchnout.	Pájení plechů při výrobě přístrojů.

oxidační vrstvu na povrchu pájeného kovu a brání vzniku nových oxidů.

Tavidla jsou jiná pro pájení na měkko (tab. 1 a tab. 2) a jiná pro pájení na tvrdo. Zbytky některých tavidel vyvolávají korozi, zbytky jiných působí korozivně jen za určitých podmínek a zbytky dalších korozi nevyvolávají. Zbytky tavidel, které vyvolávají korozi, se musí po pájení odstranit podle instrukcí výrobce, např. omýt vodou. Tavidla pro použití v elektrotechnice se skládají většinou z pryskyřic (kalafuna). Kalafuna nevyvolává korozi. U pájek používaných v elektrotechnice je tavidlo v prášku uvnitř trubičkové pájky. Proto se u těchto pájek tavidlo nemusí přidávat. Tavidla jsou na trhu ve stavu pevném nebo tekutém, nebo jako pasta.

Pájedla. K roztavení pájky potřebujeme teplo. Toto teplo se vyvíjí většinou v pájedlu. Elektricky vyhřívána pájedla se vyrábějí s výkonem od 5 W do 750 W (tab. 3). K pájení plošných spojů se používají pájedla s malým výkonem, např. 16 W. Pájení kabelových ok asi do 4 mm² se provádí pájedlem o výkonu 50 W. Pokud zvolíme pájedlo o příliš malém výkonu, trvá pájení příliš dlouho. Pak mohou být teplem zničeny citlivé součástky nebo mohou vzniknout tzv. studené spoje. Příliš velký výkon pájedla naopak škodí pájce, tavidlu i pájenému spoji. Existují též pájedla s regulací teploty hrotu (viz obr.) a pájedla s ochrannou izolací.

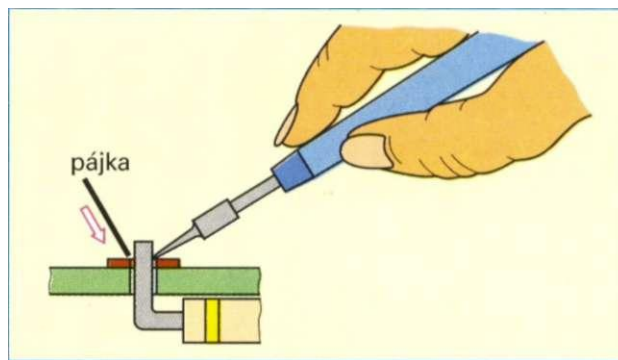
Tabulka 3: Druhy pájedel

Typ a výkon	Použití
5 W 	Pro nejjemnější pájení, např. v mikroelektronice.
25 W 	K pájení plošných spojů a konektorů. Pro vodiče do 1,5 mm ² .
50 až 100 W 	Pro vodiče a kabelová oka do 4 mm ² , plechy do tloušťky 1,5 mm.
200 až 750 W 	Pro vodiče nad 10 mm ² . Pájení pólů u akumulátorů, plechů o tloušťce nad 2 mm, pro klempířské práce.



Obr.: Pájecí stanice

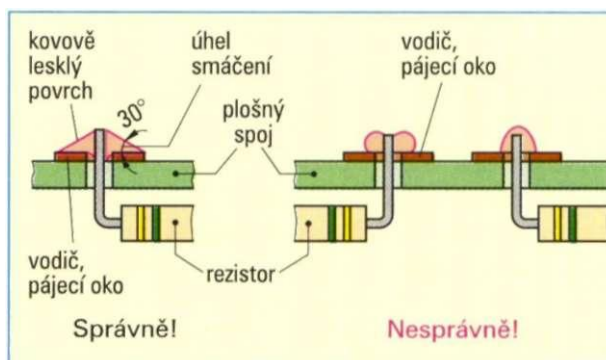
Pájedla s regulací teploty mají na pájecím hrotu tepelné čidlo. Regulační elektronika tak řídí předem nastavenou teplotu. Kromě elektronicky regulovaných pájedel se také používají pájedla s mechanickou regulací teploty. K tomu se používá spínače ovládaného bimetalovou měřicí tyčinkou, která se teplem prohýbá a ovládá spínač. Tepelně regulovaná pájedla pracují s nízkým napětím, např. 24 V. Teplotní rozsah může být nastaven od 150 °C do 450 °C. Používají se např. při pájení na plošných spojích.



Obr. 1: Správné držení pájedla při pájení

Pájedla s ochrannou izolací na nízké napětí se používají v telekomunikačních zařízeních. Tam se pájí často pod napětím. Nízké napětí k pájedlům se přivádí z transformátoru.

Pájecí hroty. Pájecí hrot je zahříván topným článkem pájedla. Podle výkonu topného článku může pájecí hrot dosáhnout teplotu mezi 250 °C a 600 °C. Vysoká teplota vytváří na špičce hrotu oxidační vrstvu. Rozšíření této vrstvy může způsobit zatuhnutí hrotu v pájce na pájené desce. Proto se má hrot asi po 30 hodinách pájení vyjmout a vyčistit. Pájecí povrch se na měděném pájecím hrotu značně opotřebovává. Působením tepla se měď rozpouští na pájku a místy dochází k erozi, která ztěžuje pájení a je třeba provést opravu. Proto se používají tzv. trvalé pájecí hroty, které nepotřebují údržbu.



Obr. 2: Správné a nesprávné pájení

Pravidla pro pájení na měkko. Při pájení musí být plocha naprosto čistá, spojované části musí být mechanicky očištěné od zbytků laku nebo koroze, např. smirkovým papírem, pilníkem, škrabkou nebo nožem. Mastnotu a olej je možno odstranit látkou namočenou v lihu. Pájedlo musí dosáhnout své pracovní teploty (300 °C až 350 °C). Teplota tavené pájky musí být nižší než pracovní teplota pájedla. Horký pájecí hrot se otře vlhkou houbou a pocínuje pájkou.

Postup pájení probíhá ve třech fázích: Ohřev - Zalití cínovou pájkou - Ochlazení

Ohřev. Při pájení na měkko dochází k přechodu tepla z pájecího hrotu přes tekutou pájku k pájené součásti. Na pájené místo přiložíme měkkou pájku (**obr. 1**). Přitom musíme dbát na to, aby se pájka roztavila od ohřátého místa pájení a ne přímo od pájecího hrotu.

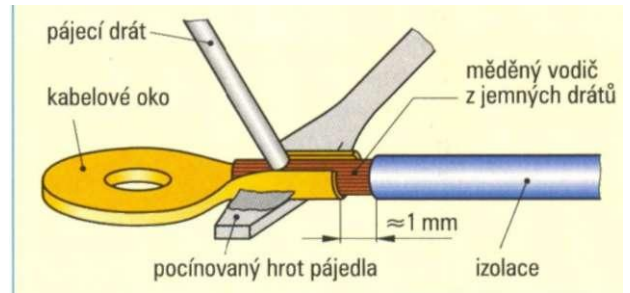
Zalití cínovou pájkou. Je-li roztavené pájky dostatečné množství, oddálíme pájecí drát a pájecí hrot od pájeného místa.

Ochlazení. Během následného ochlazování se nesmí pájené místo pohnout. V opačném případě vznikne špatně vodivý spoj, tzv. studený spoj. Ten lze rozeznat podle matného povrchu. Studený spoj má menší pevnost. Dobrý spoj (**obr. 2**) se pozná podle hladkého, kovově lesklého povrchu a plochým úhlem smáčení vývodů součástek, asi 30°.

Při pájení je třeba přizpůsobit výkon pájedla velikosti pájeného dílu.

Příklad: Pájení kabelového oka

Při pájení kabelového oka na měděný vodič je třeba vodič před pájením pocínovat. Kabelové oko se zahřeje zespolu pájecím hrotem (**obr. 1**). Když je dosažena tavná teplota pájky, přiložíme shora cínovou pájku, která se roztaví. Po ochlazení můžeme přiložit kabelové oko na pájené místo.



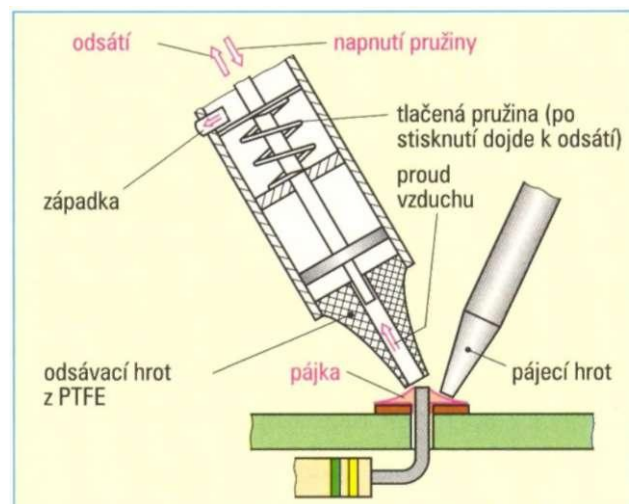
Obr. 1: Pájení kabelového oka

Polovodičové součástky nesmějí být při pájení příliš ohřáté. Je třeba proto dbát na mezní teploty a na mezní dobu pájení.

Odpájení součástek

Při odpájení součástek, např. rezistorů nebo tranzistorů se používá odsávačka pájky nebo odsávací lanko.

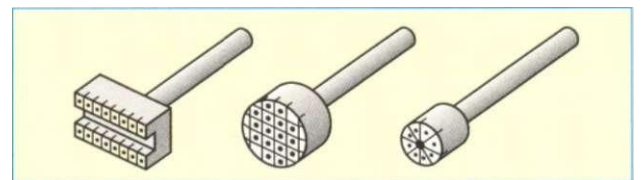
Odsávačka (obr. 2) se skládá z pístového mechanismu s odsávací teflonovou špičkou z teplotně stálého plastu (PTFE - polyetrafluoretylen). Píst je napnut pružinou. Po ohřátí pájeného spoje pájedlem ponoříme odsávací špičku do roztavené pájky a uvolníme pružinu. Pod tlakem se odsaje pájka od součástky nebo od plošného spoje.



Obr. 2: Odpájení rezistorů z plošného spoje s použitím odsávačky

Odpájení pomocí lanka. Měděné lanko, namočené do tavidla se vloží mezi pájecí hrot a pájené místo. Lanko z jemných drátů odebírá kapilárním působením pájku ze spoje. Použitý kousek lanka nemůže být znovu použita musí se proto odstříhnout.

Při odpájení vícepólových součástek se používají **speciální nástady (obr. 3)**. Jsou přizpůsobeny integrovanému obvodu, např. 14 nebo 16ti pólové přípoje. Místo pájecího hrotu se použije nástavec ve tvaru patice integrovaného obvodu. Ten ohřeje současně všechny vývody součástky. Po roztavení pájky je možno součástku z destičky vyjmout pomocí kleští nebo přípravku. V průmyslu se používají odsávačky s vyhřívanými hroty. K odsávání je používána vývěva.



Obr. 3: Prohřívací nástavce pájedla k vy pájení IC

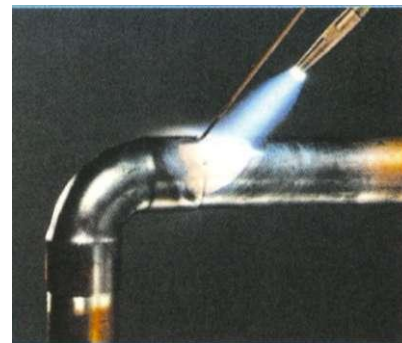
Chyby při pájení na měkko

- Při příliš nízkých teplotách vytváří pájka hrudky nebo kuličky. Vtom případě pomůže pájedlo o větším výkonu.
- Je-li výkon pájedla příliš velký, dojde k přepálení měkké pájky i tavidla. Pak je nutno zmenšit výkon pájedla.
- Pokud pájecí hrot nadržuje pájku, je znečištěn nebo povrchově poškozen. Nečistoty odstraníme látkou nebo houbou, při poškození povrchu pájecího hrotu musíme pájecí povrch znovu pocínovat.
- Jestliže plošný spoj, součástka nebo vodič nepřijímají pájku, je důvodem znečištění.

4.4.2 Pájení na tvrdo

Spoje pájené na tvrdo mohou být mechanicky více namáhány než spoje pájené na měkko.

Abychom docílili u pájení na tvrdo pracovní teplotu nad 450 °C, můžeme pájené místo ohřívat plamenem (**obr.**). K tomu se používá jako u svařování např. směs kyslíku a acetylenu. Při pájení menších míst, např. na měděných trubkách nebo plechových krytech, je možno použít butanový hořák. Tím lze dosáhnout teploty asi do 1000 °C. Pájky pro pájení na tvrdo (**viz tab.**) se liší složením, pracovní teplotou, pevností v tahu a použitím.



pojení na tvrdo měd trubky

Tabulka: Izolační materiály pro kabely a izolovaná vedení

PÁJKA	ZKRATKA	OZNAČENÍ	POUŽITÍ
STŘEBNÁ TVRDÁ PÁJKA	AG 201 AG203 AG 206	B-AG63CUZN-690/730 B-AG44CUZN-676/735 B-CU44ZNAG(SI)-690/810	ELEKTROTECHNIKA, VÝROBA ELEKTRICKÝCH STROJŮ, OCELI, OCELOVÝCH TRUBEK, SLITINY MĚDI
MĚDĚNÁ TVRDÁ PÁJKA	CU 105 CU 301	B-CU97NI(B)-1085/1100 B-CU60ZN(SI)-875/895	VÝROBA ELEKTRICKÝCH STROJŮ, MATERIÁLY Z MĚDI
MĚDĚNO-FOSFONDOVÁ	CP 102	B-CU80AGP-645/800	ELEKTRICKÉ PŘÍSTROJE, TVRDÁ PÁJKA VHODNÁ K PÁJENÍ SPÁR

Ke značení tvrdých pájek se používají **zkratky**, např. AG 201 a/nebo označení, např. B-Ag63CuZn-690/730. Z označení je možno vyčíst hlavní komponenty slitiny a rozsah pracovních teplot.

Příklad: Tvrdá pájka B-Ag63CuZn-690/730 obsahuje 63% stříbra, dále měď a zinek. Pájecí teplota je od 690 °C (pevné skupenství) do 730 °C (tekuté skupenství).

Pravidla při pájení na tvrdo

Při pájení na tvrdo se musí stejně jako při pájení na měkko odstranit mechanicky nebo chemicky oxidy a nečistoty. Vrstvy mastnoty a oleje se rozpouštějí např. lihem. Po očištění se nanáší štětcem na součásti tavidla. Tekutá tavidla pro pájení na tvrdo se většinou skládají z kyselin nebo z chloridů. Jsou to žiraviny a proto nesmějí přijít do styku s pokožkou. Je nutné chránit zrak ochrannými brýlemi. Tvrdé pájky se také obalují tavidlem.

Při pájení na tvrdo se součásti upevňují např. upínacím přípravkem a pak se rovnoměrně zahřívají plamenem. Pracovní teplotu pájky by mělo být dosaženo asi za tři minuty. Když dosáhneme teploty tavení pájky, přiložíme pájku k pájené spáře a ohřivanou částí ji roztavíme. Přímý ohřev pájky plamenem je nesprávný. Tekutá pájka zaplní spáru kapilárním působením a může proto stoupat i vertikálně vzhůru. Když přesáhne doba pájení pět minut, přestává tavidlo rozpouštět oxidy a spálí se tavidlo. Pokud se součást ohřívá příliš pomalu, další nanášení tavidla již nepomáhá. Pájené díly se musí znovu očistit a pájení se musí zopakovat.

Pájecí dobu zkrátíme použitím silnějšího zdroje tepla, např. svařovacího hořáku. Po pájení se musí součást chladit v upínacím přípravku dokud pájka nezuhne. Další ochlazení docílíme ponořením do vody. Zbytky tavidla je třeba pečlivě odstranit, aby nedošlo ke korozi.

Odborně provedený spoj pájením na tvrdo je lesklý a má hladký povrch. Nepotřebuje žádné další mechanické opracování.

Otázky pro opakování

- 1 K JAKÉMU DRUHU SPOJENÍ PATŘÍ PÁJENÍ?
- 2 VYSVĚTLETE OZNAČENÍ MĚKKÉ PÁJKY: A) S-SN60PB40 A B) TVRDÉ PÁJKY B- AG44CUZN-675/735
- 3 JAKÝ ÚKOL MÁ PŘI PÁJENÍ TAVIDLO?
- 4 JAK VZNIKÁ „STUDENÝ SPOJ“?
- 5 VYSVĚTLETE MANIPULACI S ODSÁVAČKOU PÁJKY.
- 6 VYSVĚTLETE POSTUP PŘI PÁJENÍ NA TVRDO.
- 7 JAKÉ TVRDÉ PÁJKY SE POUŽÍVAJÍ PŘI PÁJENÍ MĚDI?

5 Ochrana proti přetížení a zkratu

Každý vodič se průchodem elektrického proudu zahřívá. Při průchodu nepřipustně velkého proudu může dojít ke zničení izolace a ke vzniku požáru. Příčinou může být proudové přetížení nebo zkratové proudy.

Proudové přetížení vzniká ve správně zapojených obvodech při připojení příliš velkého počtu spotřebičů nebo při zapojení spotřebičů s příliš velkým odběrem proudu.

Zkratové proudy vznikají buďto chybným zapojením nebo spojením dvou míst s rozdílným napětím téměř bez odporu (vadná izolace), např. spojením fázového a neutrálního vodiče. Nepřípustnému zahřívání vodiče předcházíme instalací proudových jističů (**viz přehled**). Jističe přeruší proud dříve, než vznikne velkým ohřevem škoda na izolaci vodičů, na zapojených spotřebičích nebo v jejich okolí.

Proudové jističe chrání vedení a zapojené zařízení před přetížením a zkratem tak, že přeruší automaticky proud.

5.1 Tavné pojistky

Tavné pojistky dělíme na:

- Šroubovací pojistky
- NH pojistky (**str.60**)
- Přístrojové pojistky (**str.61**)

5.1.1 Šroubovací pojistky

Šroubovací pojistky (**obr. 1**) se skládají z bezpečnostní patice, lícovací vložky, tavné pojistkové vložky, a šroubovací hlavice.

Tavná pojistková vložka (obr. 2) se skládá z dutého, válcového keramického tělíska, které je naplněno křemenným pískem. **Tavný vodič** spojuje kontakt v patice s horním kontaktem pojistky. Kromě tavného vodiče je uvnitř pojistky ještě tzv. **přidržený drát**.

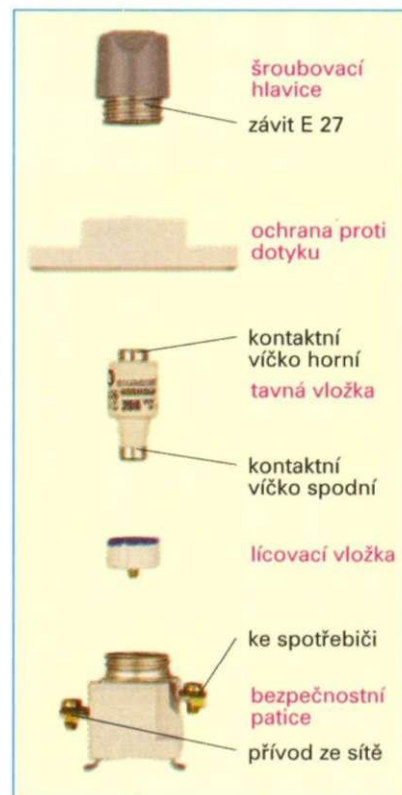
Pokud je dosažen proud I_A , při kterém má pojistka odpojit, roztaví se tavný i přidržený drát a přeruší se tak proud. **Ukazatel stavu tavné vložky** ukazuje její funkčnost, barva udává proud, na který je vložka dimenzována (**tab. 1, str. 59**).

Šroubovací pojistky do 400 V a jmenovitém proudu do 63 A může vyměňovat pod proudem i laik .

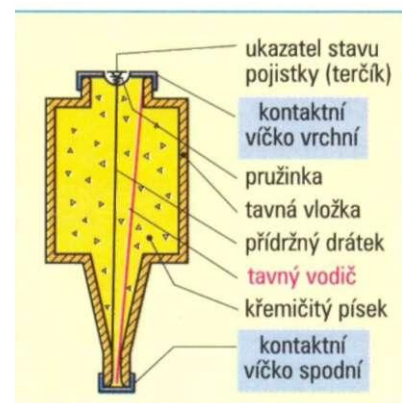
Aby nebylo možno omylem zaměnit tavné vložky za jiné s vyšším jmenovitým proudem, jsou průměry tavných vložek a spodních kontaktů různé. Do **patice pojistky** se vkládá lícovací vložka, např. lícovací kroužek, lícovací šroub nebo lícovací objímka, která je přizpůsobena vnějšímu průměru spodního kontaktu tavné vložky. Lícovací šroub je možné vyměnit jen speciálním klíčem, lícovací kroužky nebo objímky jen pomocí speciálních kleští.

Přehled: Nadproudová ochranná zařízení

- tavné pojistky
- jističe (pro vedení)
- výkonové vypínače



Obr. 1: Jednotlivé díly šroubovací pojistky



Obr. 2: Konstrukce tavné vložky

Tabulka 1: Barevná označení šroubovacích pojistek podle jmenovitého proudu

Jmenovitý proud	2 A	4 A	6 A	10 A	16 A	20 A	25 A	35 A	50 A	63 A	80 A	100 A
Barva	růžová	hnědá	zelená	červená	šedá	modrá	žlutá	černá	bílá	měděná	stříbrná	červená

Tabulka 2: Šroubovací pojistky

Systém	Velikost vložek	Jmenovitý proud	Šroubovací kryt
D-systém	DII	2 až 25 A	E 27
AC 500 V	DIII	35 až 63 A	E 33
DC 500 V	DIV	80 až 100 A	R 1¼
DO-systém	DO1	2 až 16 A	E 14
AC 400 V	DO2	20 až 63 A	E 18
DC 250 V	DO3	80 až 100 A	M 30×2

AC – střídavé napětí, DC – stejnosměrné napětí

Připojení šroubovacích pojistek. Přívod ze sítě se připojí na závitový kroužek patice pojistky (**obr. 1**). Tím se zabrání náhodnému dotyku dílů pod napětím při výměně tavné vložky.

Přívod ze sítě se vždy připojuje na patici pojistky.

U šroubovacích pojistek (**obr. 1**) rozlišujeme systém D (diazed) a systém DO (neozed).

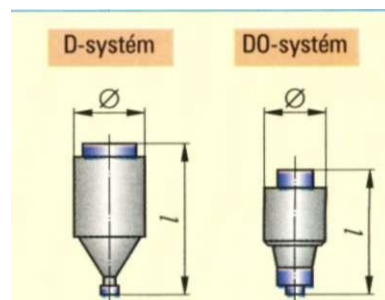
Systém D. U tohoto systému se používají většinou velikosti DII a DIII (**tab. 2**). **Tavné vložky** jsou provozní třídy gG*. Používají se k ochraně vedení přístrojů, které odebírají při zapnutí velký proud, např. motory.

Provozní třídy tavných vložek: str. 61

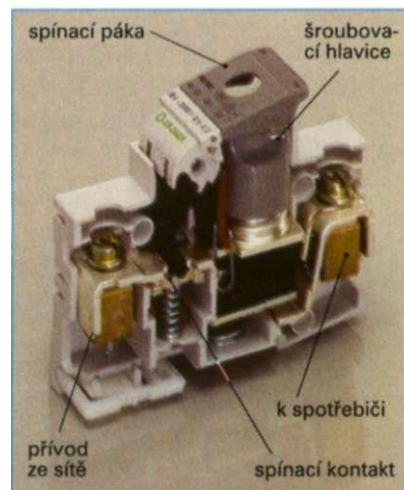
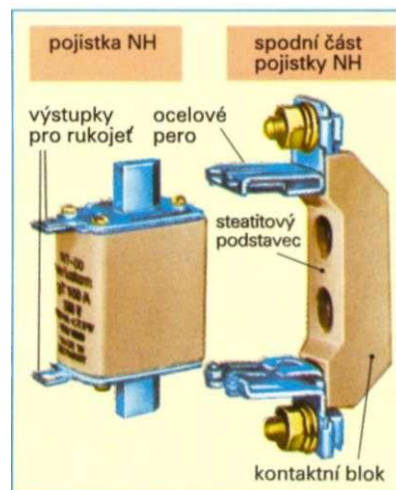
Systém DO. Tento systém (**tab. 2**) používá velikosti DO1, DO2 a DO3. Patice pojistky systému DO je užší než patice systému D při stejném jmenovitém proudu. Tavné vložky systému DO jsou třídy gG a jistí v plném rozsahu. Mají menší ztrátový výkon a zahřívají se tedy při stejném proudu méně než tavné vložky systému D.

Úplnou ochranu před dotykem při výměně tavné vložky docílíme použitím **bezpečnostního vypínače** (**obr. 2**). Při tomto zapojení je k pojistce zapojen sériově spínací kontakt. Pohybem spínací páky (rozpojení) se kontakt rozpojí a uvolní se přístup ke šroubovací hlavici pojistky. Tavná pojistka se může nyní ve stavu bez napětí bezpečně vyměnit. Bezpečnostní vypínač se používá např. jako před-sazená ochrana u rozvaděčů nebo k bezpečnostnímu odpojení velkých přístrojů.

* gG = dříve gl_ (ochrana kabelů a vedení v plném rozsahu)



rozměry (mm)					
systém	l	Ø	systém	l	Ø
D II	50	22	DO1	36	11
D III	50	27	DO2	36	15
D IV	63	37	DO3	43	22

Obr. 1: Šroubovací pojistky**Obr. 2: Bezpečnostní vypínač pro šroubovací pojistky****Obr. 3: Pojistkový systém NH**

5.1.2 Nízkonapěťový vysokovýkonový pojistkový systém (NH)

Nízkonapěťový výkonový pojistkový systém se skládá ze spodní části a sady tavných vložek. Spodní část slouží k připojení vodičů. Skládá se většinou ze steatitového podstavce, který drží vidlicové kontakty k připojení pojistky (steatit je porcelán pro technické účely na bázi hořčíku a křemíku) (**obr. 3, str. 59**). Tyto pojistky se vyrábějí ve velikostech NH 00, NH1 až NH4.

Nízkonapěťové výkonové pojistky smějí obsluhovat jen odborně způsobilí nebo zaškolení pracovníci. Zapojování nebo vyjímání se nemá provádět pod proudem.

Tavná vložka se skládá z dutého tělíska ze steatitu, na jehož konci jsou nožové kontakty. Tavný drát prochází dutým tělískem naplněným křemenným pískem a je přivařen k nožovým kontaktům pojistky. Ukazatel stavu pojistky ukazuje, zda je pojistka funkční.

Nízkonapěťové výkonové pojistky nejsou chráněny před přímým dotykem, protože držáky pojistky jsou pod napětím (**obr. 3, str. 59**). Na tyto držáky se při zapojování nebo vyjímání pojistky nasazuje rukojeť. Tato rukojeť (**obr. 1**) má izolační ochranu ruky a uvolňovací zařízení, takže pojistku je možné uvolnit jen při stisknutí uvolňovací tlačítka.

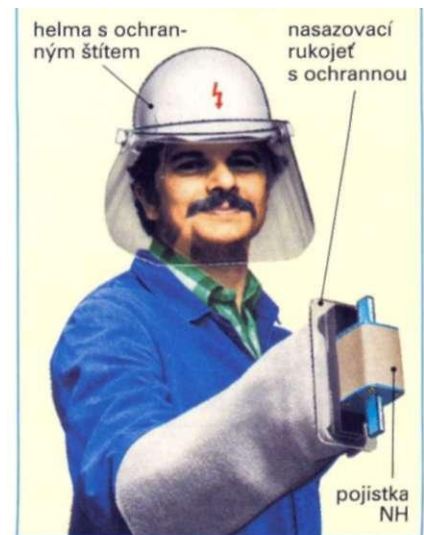
V elektrických obvodech, které jsou pod proudem nebo u kterých nastala porucha, je nutno při zapojování nebo vyjímání pojistek použít rukojeť s ochranou. Kromě toho je povinné nošení helmy s ochranným štítem.

Tato bezpečnostní opatření jsou nutná, jelikož při zapojování nebo vyjímání pojistky může následkem vzpříčení, smeknutí nebo přemostění vzniknout zkratový elektrický oblouk.

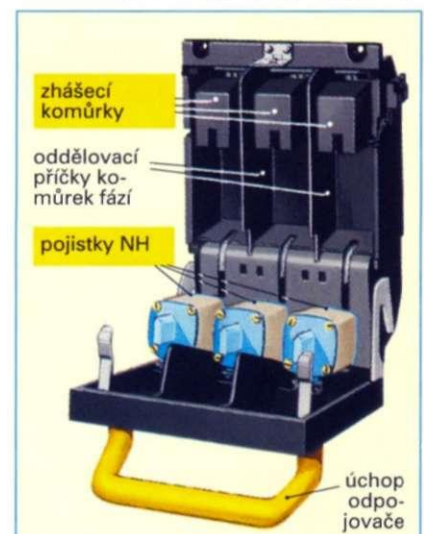
Bezpečnost při obsluze se zvýší použitím izolovaných rukojetí a izolací kontaktů. Úplnou ochranu zajistí jen odpojovače nebo zátěžové odpojovače pojistek NH (**obr. 2**).

Bezzátěžové odpojovače jsou určeny pro připojování a odpojování bez proudu. **Zátěžové odpojovače** mají na kontaktech zařízení na zhášení oblouku. Zátěžovými odpojovači je možno bezpečně zapínat i odpojovat obvod pod proudem i tam, kde vyskytla porucha.

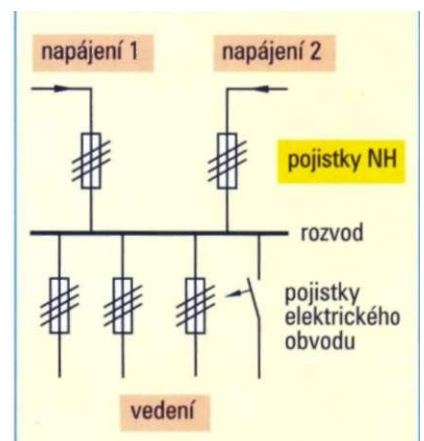
V obvodech s tavnými pojistkami při jmenovitých proudech nad 100 A je nutno používat nízkonapěťové výkonové pojistky (NH). V sítích s dvojitým napájením (**obr. 3**), např. v kruhových a smyčkových sítích jsou povoleny jen nízkonapěťové výkonové pojistky. Při použití šroubovacích pojistek by bylo i při odšroubované hlavici napětí na závitovém kroužku patice pojistky.



Obr. 1: Ochrana při výměně nízkonapěťových výkonových pojistek (NH)



Obr. 2: Zátěžový odpojovač nízkonapěťových výkonových pojistek



Obr. 3: Oboustranně napájené kruhové obvody nebo smyčky

5.1.3 Funkční a provozní třídy nízkonapětových pojistek

Nízkonapětové pojistky se dělí podle časového průběhu proudu do funkčních tříd:

- * **Funkční třída g**
(pojistky s plným rozsahem jištění)
- * **Funkční třída a**
(pojistky s částečným rozsahem jištění)

Pojistky s plným rozsahem jištění (funkční třída g) vedou trvale proud až do výše jmenovitého proudu a odpojují bezpečně od nejmenšího tavného proudu až ke jmenovitému vypínacímu proudu.

Pojistky s plným rozsahem (g) ochraňují elektrická zařízení před přetížením a zkratem,

Pojistky s částečným rozsahem (funkční třída a) vedou trvale proud až do výše jmenovitého proudu, ale odpojují až proudy od 2,7 násobku jmenovitého proudu. Používají se proto vždy společně s nadproudovými vypínači, které přebírají ochranu proti přetížení zařízení.

Pojistky s částečným rozsahem (a) chrání zařízení jen před zkratem.

Provozní třídy nízkonapětových pojistek jsou značeny dvěma písmeny. První písmeno (g nebo a) označuje funkční třídu, druhé písmeno oblast použití (**tab. 1**).

5.1.4 Přístrojové pojistky

Přístrojové pojistky chrání přístroje, např. napájecí zdroje, rozhlasové nebo měřicí přístroje před přetížením a zkratem. Skládají se z držáku pojistky, tavné vložky a hlavice (**obr.**). Trubková tavná vložka ze skla nebo z keramiky má na koncích kontaktní čepičky, které jsou spojeny tavným drátem. Přístrojové pojistky se většinou vyrábějí pro jmenovité napětí 250V. Kromě vyznačení jmenovitého napětí, proudu a charakteristiky odpojení mají barevný kroužek nebo písmeno (**tab. 2**).

Vypínací proud, který je přístrojová pojistka schopna vypnout, musí být větší než zkratový proud, který má přerušit tavná vložka domovních pojistek. Vypínací proud se označuje písmenem (**tab. 3**).

Funkční třída	Provozní třída	Oblast použití
g (jištění v plném rozsahu)	gG	ochrana kabelů a vedení v plném rozsahu
	gM	ochrana motorových obvodů v plném rozsahu
	gB	jištění důlních zařízení v plném rozsahu
	gTr	ochrana transformátorů v plném rozsahu
a (jištění v částečném rozsahu)	aM	jištění ochranných vypínačů v částečném rozsahu
	aR	ochrana polovodičových součástí v částečném rozsahu



Obr: Přístrojová pojistka

Vypínací charakteristika	Označení pomocí barevného		Příklady použití
	kroužku	písmena	
super-rychlé	černý	FF	polovodičové součástky, digitální přístroje, stmívače
rychlé	červený	F	
středně pomalé	žlutý	M	analogové měřicí nízkonapětové přístroje
pomalé	modrý	T	transformátory, malé motory
super-pomalé	šedý	TT	přístroje s velkým záběrným proudem

Používané rozměry:
 ∅ 5 mm x 20 mm, ∅ 5 mm x 25 mm, ∅ 6,35 mm x 31,8 mm

Jmenovité napětí	Písmeno označující proud				
	B	C	D	E	F
AC 250 V	50 A	80 A	300 A	1000 A	1500 A
DC 250V	12,5 A	20 A	75 A	250 A	750 A

5.2 Jističe pro vedení

Jističe (**obr. 1**) jsou samočinné vypínače, které vypínají při přetížení a zkratu a lze je po automatickém vypnutí znovu zapnout.

Oba rozpojovací systémy jističe jsou zapojeny v sérii se spínacím kontaktem. Uvedou do činnosti vypínací mechaniku (zámek) jističe při proudu větším než je proud jmenovitý i tehdy, když obsluha drží zvednutou ovládací páku (**nezávislé vypínání**).

Tepelný vypínač. Při proudovém přetížení se zahřeje bimetal tepelného vypínače a ohne se. Tím jistič s určitým zpožděním odpojí.

Elektromagnetický vypínač. Pokud vznikne v obvodu zkrat, vytvoří zkratový proud v cínce elektromagnetického vypínače magnetické pole a přitáhne kotvu vypínače. Vypínací kontakt jističe pak neprodleně odpojí přetížený obvod.

Tepelný vypínač chrání před přetížením, elektromagnetický vypínač chrání před zkratem.

Diagram odpojení jističe je charakterizován dvěma oblastmi - v oblasti přetížení a v oblasti zkratu (**obr. 2**). Jističe se používají většinou s charakteristikami B a C.

Charakteristiky spouštění jističů: **viz zadní vnitřní strana obálky**

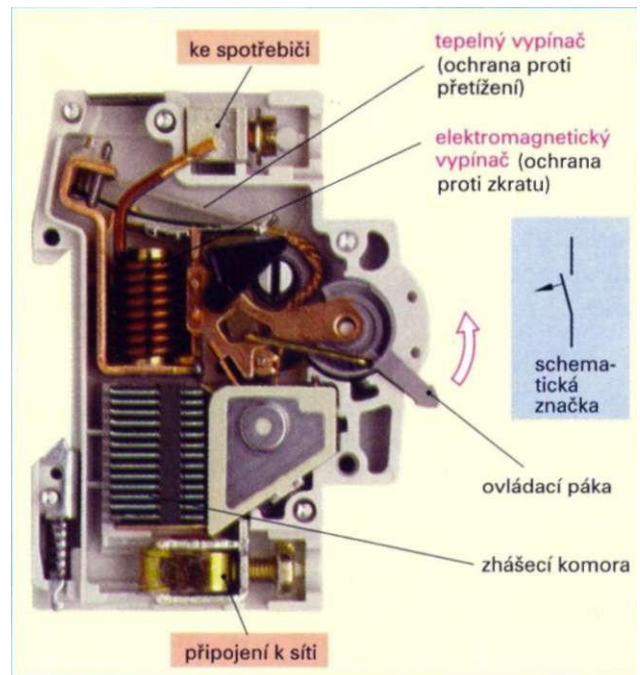
Typ B chrání vedení před přetížením a zkratem. **Typ C** se používá pro ochranu před přetížením a zkratem u přístrojů, s velkým proudem při spuštění, např. u motorů. V oblasti ochrany před přetížením se charakteristiky spouštění jističů typu B a C překrývají (**obr. 2**).

Okamžité spuštění jističe při zkratu nastává u jističů typu B při troj až pětinasobku jmenovitého proudu, u typu C při pěti až deseti násobku jmenovitého proudu.

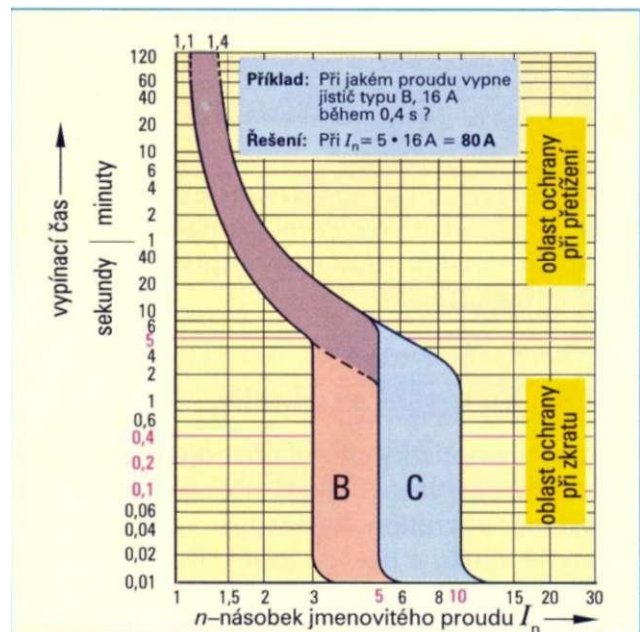
Jističe jsou podle **vypínací schopnosti** (zkratový proud 3000 A, 6000 A nebo 10000 A) a podle stupně omezení zkratového proudu rozděleny **do tříd** 1, 2 a 3. Jističe třídy 3 mají nejvyšší mez zkratového proudu (**obr. 3**).

Přehled: Vypínací systémy jističů

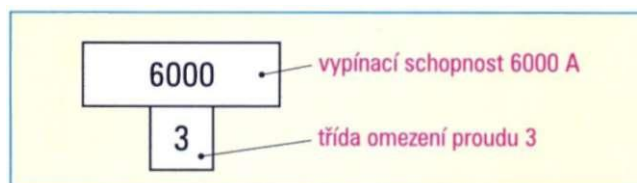
- tepelný vypínač (proudové přetížení)
- elektromagnetický vypínač (ochrana před zkratem)



Obr. 1: Konstrukce jističe



Obr. 2: Charakteristické diagramy jističů



Obr. 3: Značení vypínací schopnosti a třída omezení proudu jističe

Selektivita. V elektrických zařízeních je třeba, aby byl při poruše odpojen jen poruchový obvod. Proto je vyžadována selektivita nadproudových jističů, např. mezi jištěním domovní přípojky a hlavním jištěním rozvaděče proudu.

Selektivita nadproudového jištění znamená, že vždy odpojí jen jistič před místem poruchy.

Jistič pracuje tedy selektivně, pokud je jeho doba vypnutí menší než doba vypnutí předřazeného jističe. Jmenovitý proud předřazené tavné pojistky může být u jističů maximálně 100 A. V trojfázových obvodech se používají tři fázové jističe, které pak odpojí všechny fáze i když je přetížena jen jedna fáze.

Ve stejnosměrných obvodech nad 48 V je nutno použít **univerzální jističe**, které mají zařízení pro zhášení elektrického oblouku.



Obr. 1: Motorový jistič

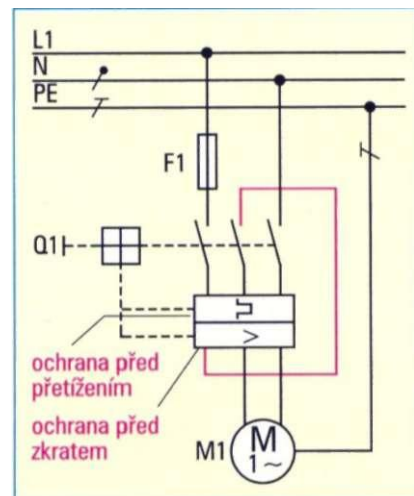
5.3 Nadproudová ochrana asynchronních motorů

Záběrný proud asynchronních motorů může dosáhnout při přímém připojení k síti až osminásobku jmenovitého proudu.

Asynchronní motor: strana 258

K jištění obvodů s motory se používají tavné vložky třídy gM, u menších motorů také ochranné jističe typu C. Tato nadproudová jištění ale nemohou chránit motor před přetížením. Toto jištění připouští časově omezené nadproudové zatížení, které by po delší době způsobilo nepřijatelné zahřátí motoru.

Tavné pojistky a jističe chrání motory jen před zkratem.



Obr. 2: Ochrana před přetížením u jednofázového motoru

5.3.1 Motorové jističe

Motorové jističe (obr. 1) jsou (na rozdíl od jističů pro vedení) trojfázové jističe pro ochranu motorů před přetížením. V každé fázi je nadproudový tepelný vypínač (bimetal), kterým prochází proud motoru. Když vzroste proud nad jmenovitou hodnotu proudu motoru, bimetal se zahřeje a tím prohne. Toto prohnutí způsobí odpojení jističe a tím i trojpólové odpojení.

Nadproudový spínač motorového jističe musí být nastaven na jmenovitý proud motoru I_n

Motorové jističe mají většinou vestavěn elektromagnetický spínač. Ten uvede při zkratu okamžitě motorový jistič v činnost.

Motorové jističe zajišťující ochranu motoru před přetížením a zkratem, musí být instalovány na začátku přípojky k motoru (ČSN 33 2190).

Pokud je opětovný rozběh asynchronního motoru po výpadku sítě nepřijatelný, např. u obráběcích strojů, je motorový jistič vybaven podnapětovým spouštěčem. Při výpadku sítě odpojí mechanika jističe spínací zámek a tím odpojí motor.

K ochraně jednofázových motorů se zapojí nadproudové jističe tak, aby proud motoru procházel všemi třemi bimetaly (**obr. 2**).

5.3.2 Tepelná nadproudová relé

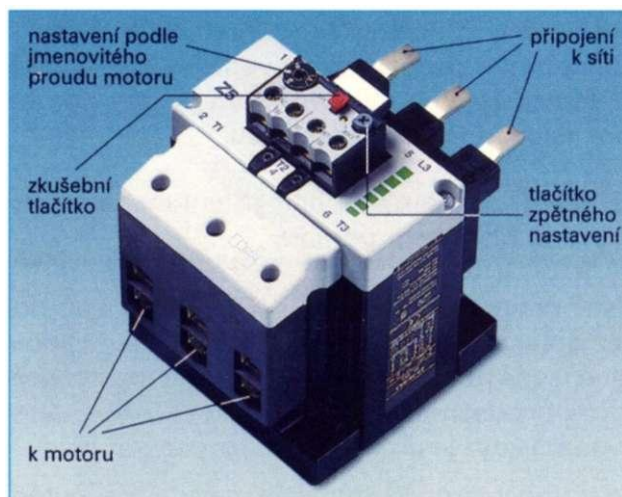
K zapínání motorů se většinou používají stykače (str. 87). Ke stykači se zapojuje jako ochrana před přetížením motoru tepelné nadproudové relé (obr. 1).

Motory s ochranou před přetížením musí mít navíc ochranu před zkratem, např. předražené pojistky.

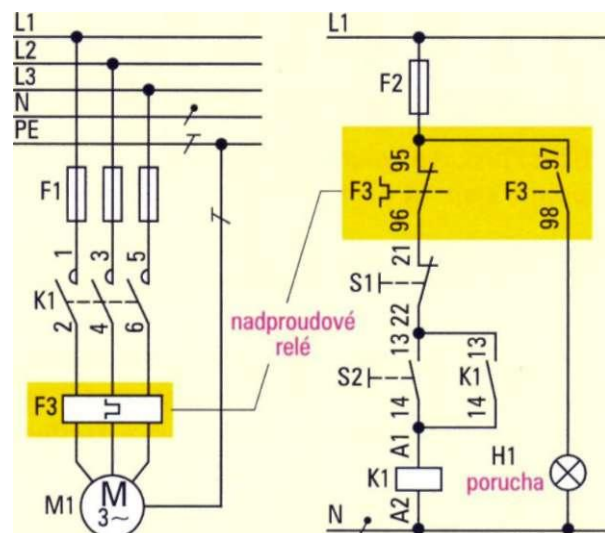
V každé fázi nadproudového relé je bimetal, který je opatřen zahřívacím vinutím. Tímto vinutím prochází proud motoru. Při přetížení se bimetal ohne a rozpojí kontakt relé. Nadproudové relé F3 (obr. 2) poté přeruší proudový obvod.

Nadproudová relé mají většinou volitelný ruční automatický provoz. Při ručním provozu se musí rozpojené nadproudové relé znovu sepnout vratným tlačítkem. Při **automatickém provozu** se vrátí ovládací kontakt nadproudového relé po ochlazení samočinně do klidové polohy.

U proudů nad 100 A se používá nadproudové relé většinou ve spojení s měřicím proudovým transformátorem (obr. 3). Vinutím bimetalů pak neprochází proud motoru, ale **sekundární proud** měřicího transformátoru. Jestliže má být sekundární relé přizpůsobeno menšímu proudu motoru, vedeme přívod k motoru několikrát transformátorem. Sekundární proud je úměrný počtu průchodů přívodu transformátorem.



Obr. 1: Tepelné nadproudové relé



Obr. 2: Ochranné zapojení s nadproudovým relé

Příklad:

Vedení motoru prochází dvakrát transformátorem proudu 100 / 5 A. Při jakém vstupním proudu I_1 , prochází na vstupní straně jmenovitý proud I_2 o velikosti 5 A?

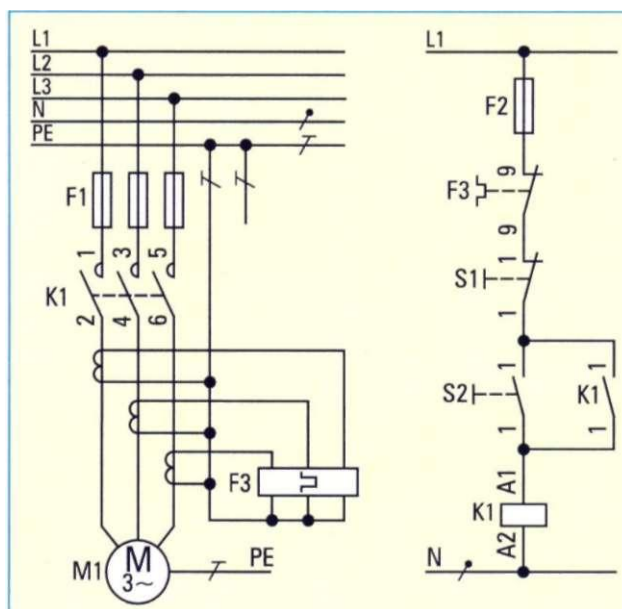
Řešení:

Při dvojnásobném průchodu je $N_1 = 2$.

$$P_A = \frac{I_1}{I_2} = \frac{100 \text{ A}}{5 \text{ A}} = 20; I_1 = \frac{I_2 \cdot P_A}{N_1} = \frac{5 \text{ A} \cdot 20}{2} = 50 \text{ A}.$$

Otázky pro opakování

- 1 Jakou funkci mají motorové jističe?
- 2 Z jakých částí se skládá systém šroubovacích pojistek?
- 3 Proč se používají v patičkách pojistek lícovací vložky?
- 4 Jmenujte oba vypínací systémy jističů a jejich funkce.
- 5 Proč nemohou tavné pojistky chránit elektromotory před přetížením?



Obr. 3: Nadproudové relé s proudovým měřicím transformátorem

5.3.3 Ochrana motorů termistory

Na elektrických strojích se mohou vyskytnout nepřijatelně vysoké teploty, např. zhoršeným chlazením nebo poškozením ložiska. V těchto případech nepřekračuje proud jmenovitou hodnotu. Proto nedojde k samočinnému vypnutí pomocí motorového jističe nebo nadproudového relé.

Tepelná čidla (**obr. 1**) instalovaná do vinutí motoru zachytí každý vzestup teploty ve vinutí nezávisle na jeho příčině. Jako teplotní čidla se užívají většinou termistory. V oblasti jmenovité pracovní teploty (NAT - Nennansprechtemperatur) prudce stoupá s teplotou hodnota odporu čidla (**obr. 2**).

Termistory se vyrábějí pro jmenovité teploty od 90 °C do 170 °C. Jmenovitá teplota je volena v souladu s izolační třídou a konstrukcí motoru.

Třídy izolačních materiálů: Strana 287

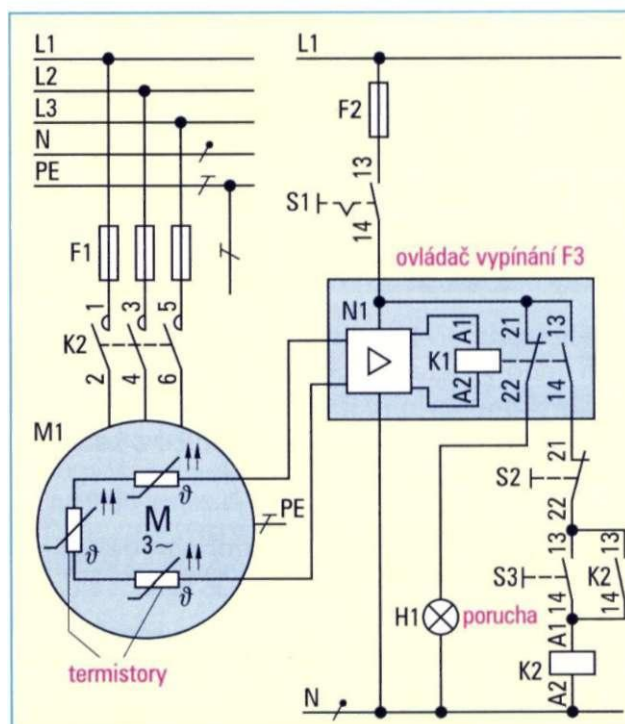
Podle počtu vinutí jsou v trojfázovém vinutí nutné tři nebo šest teplotních čidel. Při ochraně termistory se pracuje v režimu klidového proudu. Obvod je pak automaticky jištěn, např. proti přerušení vinutí. Ovládač vypínání se používá ve spojení se stykači nebo s relé (**obr. 1**). V provozním stavu je relé K1 přitaženo, protože odpor termistorů je malý. Pokud je překročena jmenovitá spouštěcí teplota, stoupne značně odpor čidel. Relé K1 (**obr. 1**) odpadne, rozpojí řídicí obvod ovládání ochrany a odpojí motor od sítě. Místo termistorů je možno do vinutí zabudovat bimetalové spínače.

Termistory nebo bimetalové spínače montují i výrobci motorů do čela vinutí elektrického stroje na straně větráku.

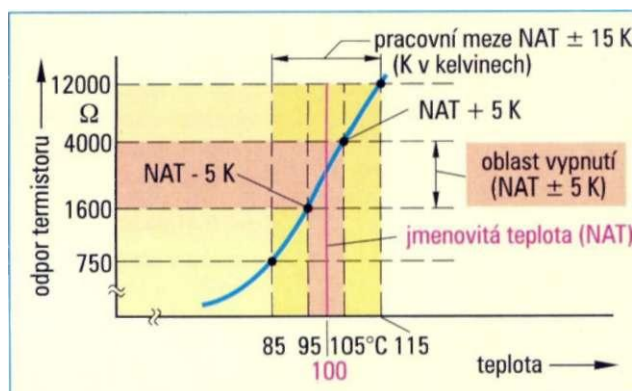
Pokud nemohou být elektrické stroje pomocí ochranných termistorů samostatně odpojeny, jsou nutné dvě sady termistorů s různou jmenovitou teplotou, např. 90 °C a 100 °C. Spínač uvede při teplotě vinutí 90 °C do provozu varovné zařízení. Pokud není možné odstranit příčinu přehřátí, např. vyčištěním větrací mřížky, je motor při teplotě vinutí 100 °C odpojen.

Termistorová ochranná zařízení jsou vhodná zvláště k ochraně trojfázových motorů s přepínáním fází, kde se výkon a proud motoru mění v závislosti na otáčkách. Pro ochranu motoru by musel být pro každé otáčky jiný ochranný spínač. U termistorové ochrany tento problém není, protože pro odpojení motoru není rozhodující proud motoru, ale teplota vinutí.

U termistorových ochranných zařízení s elektronickým ovládním je možné nastavit jmenovitou teplotu na požadovanou hodnotu.



Obr. 1: Ochrana motorů termistory



Obr. 2: Jmenovitá teplota termistoru (NAT) na jeho charakteristice

5.4 Ochrana proti nadproudům u pevně uložených kabelů a izolovaných vodičů

Proudová zatížitelnost kabelů a izolovaných vodičů je určena převážně jejich průřezem, ale je také ovlivněna veličinami uvedenými v **přehledu**. Norma připouští provozní teplotu u vodiče s izolací např. z přírodního nebo umělého kaučuku 60 °C.

Přípustné teploty u izolovaných vodičů: strana 17

Vodiče uložené v nepohyblivém vzduchu, např. v instalačních trubkách nebo v instalačních kanálech předávají teplo vzniklé procházejícím proudem jen částečně, protože vzduch je špatný vodič tepla. Dobrý odvod tepla mají např. vodiče a kabely uložené na stěně a v omítce nebo pod ní.

Kabely a izolované vodiče s dobrým odvodem tepla mají větší proudovou zatížitelnost.

Přehled vlivů na proudovou zatížitelnost vodičů a kabelů

- průřez vodiče
- izolace vodiče
- konstrukce kabelu
- způsob uložení
- teplota okolí
- sdružení vodičů nebo kabelů

5.4.1 Proudová zatížitelnost pevně uložených kabelů a vodičů

Podle schopnosti kabelů a vodičů předávat svému okolí teplo vzniklé elektrickým proudem rozlišuje německá norma DIN VDE 0298 část 4 osm způsobů uložení: A 1, A 2, B 1, B 2, C, E, F a G. Česká norma ČSN 33 2000-5-523 je velmi podobná a rozlišuje třídy A, B, C, D, E, F, G (**tabulka**).

Tabulka: Způsob uložení kabelů a izolovaných vedení	
Způsob instalace	Příklady uložení (důležité příklady)
A1	 <p>druh instalace: uložení v tepelně izolačních stěnách</p> <ul style="list-style-type: none"> • vodiče v elektroinstalačních trubkách, • vodiče v lištách nebo v tvarovaných dílech lištových rozvodů
A2	 <ul style="list-style-type: none"> • vícežilové kabely nebo vícežilové plášťové vodiče v elektroinstalačních trubkách, • vícežilové kabely nebo vícežilové vodiče v tepelně izolačních stěnách,
B1	 <p>druh instalace: uložení v elektroinstalačních trubkách</p> <ul style="list-style-type: none"> • vodiče v elektroinstalačních trubkách na stěně nebo uvnitř stěny • vodiče, jednožilové kabely nebo plášťové vodiče v elektroinstalačních kanálech
B2	 <ul style="list-style-type: none"> • vícežilové kabely nebo plášťové vodiče v elektroinstalačních trubkách na stěně, • vícežilové kabely nebo plášťové vodiče v elektroinstalačních kanálech, • vícežilové kabely nebo plášťové vodiče v lištových nebo v podpodlažních kanálech,
C	 <p>druh instalace: uložení přímo na podklad (stěna)</p> <ul style="list-style-type: none"> • jednožilové nebo vícežilové kabely nebo plášťové vodiče na stěně, uvnitř stěny nebo pod stropem, • plochá vedení v omítce nebo pod omítkou
E	 <p>druh instalace: instalace volně ve vzduchu</p> <ul style="list-style-type: none"> • vícežilové kabely nebo plášťové vodiče uložené volně ve vzduchu v minimální vzdálenosti od stěny, pro $a \geq 0,3 \cdot d$ (d = průměr vedení), • kabely nebo vodiče v kabelových žlebkách s otvory nebo na kabelových konzolách,
F	 <ul style="list-style-type: none"> • jednožilové kabely nebo plášťové vodiče se vzájemným dotykem a s minimální vzdáleností od stěny, pro $a \geq 1 \cdot d$
G	 <ul style="list-style-type: none"> • jednožilové kabely nebo plášťové vodiče se vzájemným odstupem, pro $a \geq 1 \cdot d$ a s minimální vzdáleností od stěny, pro $a \geq 1 \cdot d$ • holé vodiče nebo izolované vodiče na izolátorech

Tabulka 1 udává **jmenovité hodnoty** proudové zatížitelnosti I_r pro vodiče při trvalém provozu a teplotě okolí 30 °C. Pro každý způsob uložení je uvedena jmenovitá hodnota pro dva zatížené vodiče (obvody střídavého proudu) a pro tři zatížené vodiče (trojfázový proud).

Jmenovité hodnoty proudové zatížitelnosti I_r jsou základem pro výpočet proudové zatížitelnosti I_z při odlišné teplotě okolí nebo při instalaci více vodičů blízko sebe.

Přepočítací koeficienty f_1 , při odchylných teplotách okolí jsou uvedeny v tabulce 1, str. 68, (DIN VDE 0298, část 4), přepočítací koeficienty f_2 při sdružení více vodičů jsou uvedeny v tabulce 2 str. 68 (DIN VDE 0100 část 430).

Příklady k výpočtu vodičů pro sdružené vodiče a / nebo při odlišných teplotách: str.69

Pokud nepřekročí teplota okolí 25 °C a nepředpokládá se více vodičů v těsné blízkosti, např. instalace více zatížených plášťových vodičů CYKY v jednom společném elektroinstalačním kanálu, je možné přechist přípustný jmenovitý proud nadproudového jističe přímo z **tabulky 2**.

Příklad:

Jaký nadproudový ochranný přístroj je přípustný pro plášťové vedení NYM x 2,5 se třemi zatíženými žilami při instalaci typu B2?

Řešení:

Nadproudová ochrana s $I_n = 20$ A (tab. 2).

Tabulka 1: Jmenovité hodnoty proudové zatížitelnosti I_r kabelů a vodičů pro pevnou instalaci v budovách při typech instalace A1, A2, B1, B2, C a E a při teplotě okolí 30 °C

Způsob instalace	A1		A2		B1		B2		C		E	
Zatížené vodiče	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Jmenovitý průřez Cu (mm ²)	Jmenovité hodnoty proudové zatížitelnosti I_r (A) pro kabely s izolací PVC a vedení s provozní teplotou vodiče do 70 °C											
1,5	15,5	13,5	15,5	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18,5
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	30	25
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	40	34
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	51	43
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	70	60
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	94	80
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	119	101
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	148	126

Jmenovité hodnoty pro typy instalace F a G viz německé elektrotechnické tabulky

Tabulka 2: Přiřazení pojistek vedení gG a jističů typu B a C s vypínacím proudem $I_n \leq 1,45 \cdot I_r$ ke jmenovitému průřezu izolovaných vodičů při trvalém provozu (přepočteno na teplotu okolí 25 °C)

Způsob instalace	A1		A2		B1		B2		C		E	
Zatížené vodiče	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Jmenovitý průřez Cu (mm ²)	Jmenovité hodnoty proudové zatížitelnosti I_r (A) pro kabely s izolací PVC a vedení s provozní teplotou vodiče do 70 °C											
1,5	16	10 (13)	16	13	16	16	16	16	20	16	20	16
2,5	20	16	16	16	25	20	20	20	25	25	25	25
4	25	25	25	20	25 (32)	25	25	25	35 (32)	25 (32)	35 (40)	35 (32)
6	35 (32)	25 (32)	25 (32)	25	35 (40)	35 (32)	35 (40)	35 (32)	35 (40)	35 (40)	50	35 (40)
10	35 (40)	35 (40)	35 (40)	35 (40)	50	50	50	35 (40)	63	50	63	63
16	63	50	50	50	80	63	63	63	80	80	80	80
25	80	63	63	63	100	80	80	80	100	100	125	100
35	100	80	80	80	125	100	100	100	125	125	125	125

* Jmenovité hodnoty pro typy instalace F a G viz německé elektrotechnické tabulky

5.4.2 Přiřazení nadproudových jističů

Při přiřazení nadproudových jističů k ochraně před přetížením u pevně instalovaných vodičů musí být splněny dvě podmínky:

- Aby se zamezilo spuštění nadproudové ochrany při bezchybném stavu zařízení, musí být jmenovitý proud jističe I_n minimálně stejně velký jako provozní proud při bezporuchovém provozu zařízení I_b . Jmenovitý proud I_n musí být ale menší než proudové zatížení vodiče I_z .
- Přetížení vodiče se zabrání, když vypínací proud ochranného zařízení I_a je stejný nebo menší než mezní hodnota proudové zatížitelnosti vodiče $I_{zmax} = 1,45 \times I_z$.

Přiřazení nadproudových jističů

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

I_b provozní proud

I_n jmenovitý proud nadproudového ochranného přístroje

I_z proudová zatížitelnost vodiče při odchylných provozních podmínkách

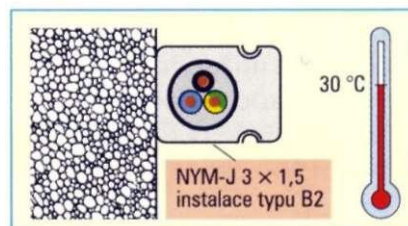
I_a vypínací proud nadproudového jističe

Příklad:

Plášťový vodič NYM-J 3 x 1,5 s dvěma zatíženými žilami má při typu zapojení B2 (obr.) a teplotě okolí 30 °C proudovou zatížitelnost $I_r = 16,5$ A (tab. 1). Přiřad'te jistič k tomuto vedení.

Řešení:

Podle tabulky 2, str 67 jistič vedení typ B nebo C, $I_n = 16$ A nebo tavná pojistka gG s proudem $I_n = 16$ A.



Obr.: Způsob uložení kabelu

Při odchylkách od stanovené teploty okolí 30 °C, při sdružení více vodičů nebo u nadproudových jističů s vypínacím proudem I_a větším než $1,45 \cdot I_n$ se musí jmenovitý proud ochranného zařízení, popř. průřez vodičů vypočítat.

Přepočítací koeficienty pro odchylnou teplotu f_1 jsou uvedeny v tab. 1, přepočítací koeficienty při sdružení vedení f_2 v tab. 2. K určení jmenovitého proudu ochranného zařízení nebo průřezu vodiče zásadně vycházíme ze jmenovité hodnoty proudové zatížitelnosti I_r .

Tabulka 1: Přepočítací koeficienty f_1 pro odchylné teploty

Teplota okolí (°C)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Pryžová izolace*	1,29	1,22	1,15	1,08	1,0	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41	–	–	–
Izolace PVC	1,22	1,17	1,12	1,06	1,0	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61	0,5	–	–
Izolace ERP**	1,18	1,14	1,1	1,05	1,0	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55	0,40

* přírodní kaučuk nebo syntetický kaučuk; ** etylen-propylenový kaučuk

Tabulka 2: Přepočítací koeficienty f_2 při sdružování kabelů nebo vedení na zdi, v trubkách nebo na podlaze

Uspořádání vodičů	Počet vícežilových vodičů nebo počet střídavých nebo trojfázových obvodů z jednožilových vodičů								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Svazky přímo na zdi nebo na podlaze, v instalační trubce nebo kanálu, na stěně nebo ve stěně		1,0	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52
V jedné vrstvě na stěně nebo na podlaze s dotykem		1,0	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71
V jedné vrstvě pod stropem s dotykem		0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62

Příklady výpočtu vodiče

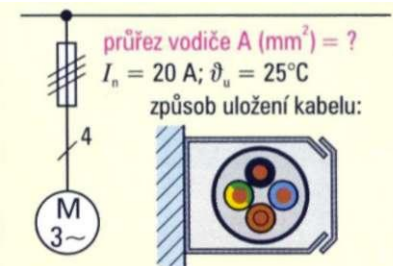
Jmenovitý průřez přívodního vedení k motoru

Příklad 1: Trojfázový motor s parametry 400/230 V, $P = 4$ kW je jištěn podle údajů výrobce (**tab., str.261**). Vypočtete jmenovitý průřez pláštěvého vodiče NYM, který se má instalovat (**obr.1**).

Řešení: Z **tabulky na str. 66** se přečte pro pláštěvé vedení na zdi typ instalace C.

Protože se nejedná o případ sdružení a nebude překročena teplota okolí 25 °C, je možno přečíst jmenovitý průřez pláštěvého vodiče přímo z **tab. 2, str. 67**.

Pro trojfázové vedení se třemi zatíženými žilami může být při uložení typu C a jmenovitém proudu jističe $I_n = 20$ A je použit jmenovitý průřez 2,5 mm² z mědi.



Obr.1: Přívodní vedení k motoru

Nadproudová ochrana vedení k zásuvce

Příklad 2: Přívod k zásuvce s ochrannými kontakty v kotelně je uložen podle **obr. 2**. Jaký jmenovitý proud může procházet jističem pro vedení k zásuvce?

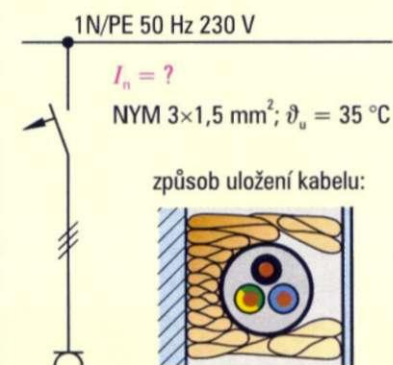
Řešení: Z **tab. str.66** vyčteme pro pláštěvé vodiče v tepelně izolační stěně typ instalace A2 tyto hodnoty:

Jmenovitá hodnota proudové zatížitelnosti I_r je podle **tabulky 1, str.67** při typu instalace A2 a dvou zatížených žilách $I_r = 15,5$ A.

Přepočítací koeficient f_1 při odlišné teplotě 35 °C je u vodiče s izolací PVC $f_1 = 0,94$ (**tab.1**).

Protože se nepředpokládá sdružení vodičů, vypočte se zatížitelnost vedení: $I_z = 15,5 \cdot 0,94 = 14,57$ A.

Vodič může být jištěn jističem pro vedení typu B1, $I_n = 13$ A nebo pojistkou gG, $I_n = 13$ A.



Obr.2: Přívod k zásuvce

Nadproudová ochrana elektrického zásobníku teplé vody

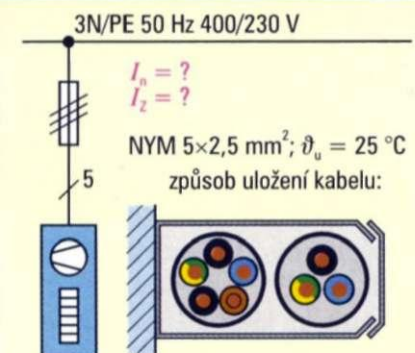
Příklad 3: Přívod k elektrickému zásobníku teplé vody je pláštěvý vodič s izolací PVC (**obr.3**). Určete proudovou zatížitelnost vodiče I_z a jmenovitý proud nadproudové ochrany I_n .

Řešení: Z **tab. str. 66** přečteme druh instalace B2. Pro instalaci B2 je při třech zatížených žilách a průřezu 2,5 mm² mědi udaná jmenovitá hodnota proudové zatížitelnosti $I_r = 20$ A (**tab.1**).

Přepočítací koeficient při teplotě okolí 25 °C je $f_1 = 1,06$ (**tab.1, str. 67**), přepočítací koeficient při sdružení vodičů pro dvě vedení je $f_2 = 0,8$ (**tab.2, str. 68**).

Proudová zatížitelnost vodiče se vypočte takto: $I_z = I_r \cdot f_1 \cdot f_2 = 20 \text{ A} \cdot 1,06 \cdot 0,8 = 17$ A.

Přívod může být jištěn jističem vedení typu B, $I_n = 16$ A nebo pojistkou vedení gG, $I_n = 16$ A.



Obr.3: Elektrický zásobník teplé vody

Jmenovitý proud nadproudových jističů s vypínacím proudem $I_a > 1,45 \cdot I_n$

Pokud je v zařízení zapojen jistič s vypínacím proudem $I_a > 1,45 \cdot I_n$, např. jistič pro vedení typu L ve starých zařízeních, musí se vypočítat jmenovitý proud jističe I_n podle vpravo uvedeného vzorce. U výkonových vypínačů se počítá místo vypínacího proudu nastavovací proud nadproudového vypínače.

Koeficienty χ : viz zadní strana obálky

Výpočet I_a dle ČSN 33 2000-4-43 je řešen podobným způsobem, ale vychází ze vztahu $I_a < K \cdot I_z$. Hodnota součinitele K leží v mezích 0 až 1. Metodika výpočtu součinitele K užívaná v ČR je uvedena v národní příloze NK ke zmíněné normě a stručně i v Elektrotechnických tabulkách.

Jmenovitý proud I_n

$$I_a = \chi \cdot I_n; \quad I_n \leq \frac{1,45}{\chi} \cdot I_z$$

I_a vypínací proud nadproudového jističe

I_n jmenovitý proud nadproudového jističe

I_z proudová zatížitelnost vodiče při odchylných provozních podmínkách

χ koeficient pro výpočet vypínacího proudu I_a (dříve k)

5.4.3 Ochrana kabelů a izolovaných vodičů před přetížením

Nadproudové ochrany k ochraně před přetížením musí být zapojeny na začátku proudového obvodu.

Je nutné je dodatečně instalovat na místech, kde se mění proudová zatížitelnost vodičů. Může to být z důvodu zmenšení průřezu vodiče, změny typu instalace, např. typu B2 na typ A1, nebo změny vodiče (**obr. 1**).

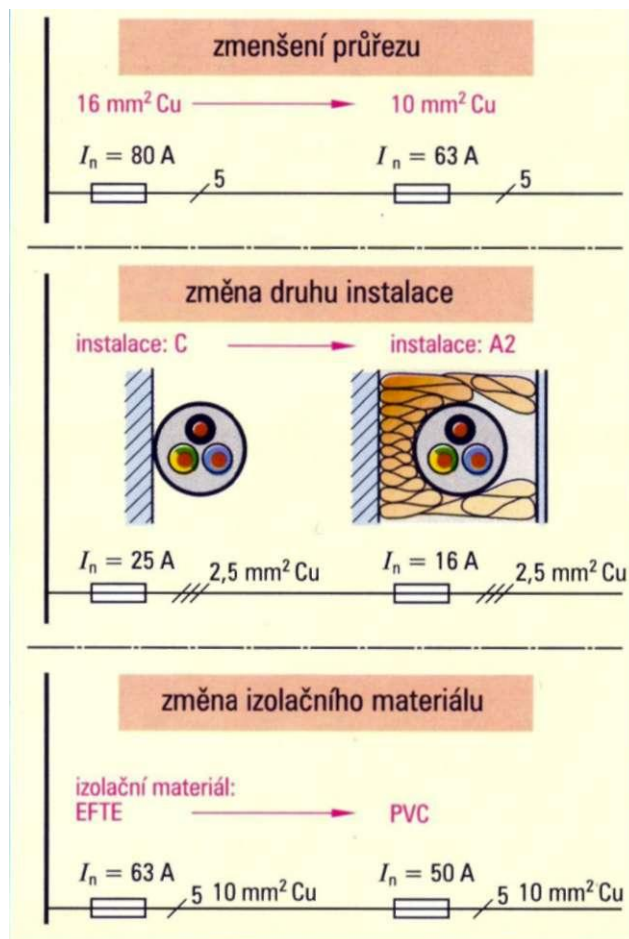
Dodatečné nadproudové ochrany jsou nutné na všech místech, na nichž se mění proudová zatížitelnost vodičů.

U oddělených ochranných zařízení k ochraně proti přetížení a k ochraně proti zkratu je možno ochranu proti přetížení zapojit libovolně do vedení, pokud vedení nemá žádné odbočky a zástrčky. Ochrana může být také až o 3 m posunuta, pokud vedení není instalováno v blízkosti hořlavých látek, např. sena, slámy nebo dřeva a nebezpečí zkratu je omezeno na minimum, např. instalací vodičů v instalačních kanálech s oddělenými drahami.

Ochrana proti přetížení se nezapojuje do proudových obvodů, ve kterých se nepočítá s přetížením, např. v ovládacích obvodech, nebo do obvodů, ve kterých by odpojení způsobilo nebezpečný stav, např. v obvodech pro zvedací elektromagnety (**viz přehled**).

5.4.4 Ochrana kabelů a izolovaných vodičů před zkratem

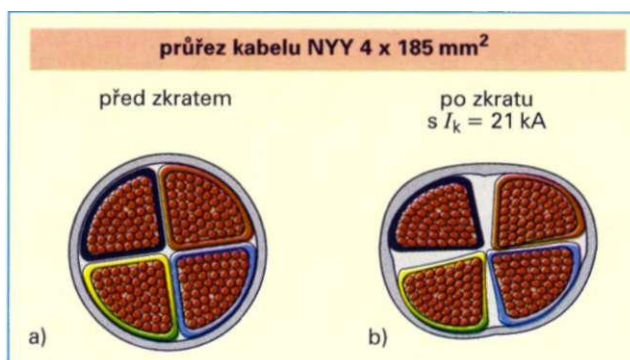
Zkrat může vyvolat proud, který několikrát překročí trvalou zatížitelnost vedení. Teplota se ve vodiči vyvine tak rychle, že odvod tepla do okolí je téměř nemožný. I krátkodobé překročení mezní teploty vedení může poškodit izolaci vodiče. Izolace na vodiči mění své mechanické vlastnosti, je pružnější, v extrémních případech viskózní. Mechanické namáhání, např. síly v tahu a v tlaku v ohybech vedení změni polohu vodičů a tím způsobí i oslabení jejich izolace (**obr. 2**).



Obr. 1: Zmenšení proudové zatížitelnosti

Přehled: Ochrana proti přetížení není nutná v :

- ovládacích obvodech,
- budicích obvodech elektrických točivých strojů,
- obvodech zvedacích elektromagnetů,
- sekundárních obvodech proudových transformátorů,
- bezpečnostních obvodech,
- poplašných zařízení,
- ve veřejných rozvodných sítích.



Obr. 2: Působení zkratu na kabel NYY

Ochrany proti zkratu, např. jištění omezeného rozsahu pro ochranu přístrojů aM (str. 60), musí přerušit obvod dříve než se izolace vodičů, nebo spoje nebo jejich okolí zahřejí na teplotu, která může způsobit poškození.

Ochrany proti zkratu musí samostatně přerušit proud, dříve než stoupne teplota izolace vodiče k mezní hodnotě.

Proud při úplném zkratu můžeme zjistit měřením, výpočtem nebo na modelu rozvodné sítě.

Měření zkratového proudu: str. 192

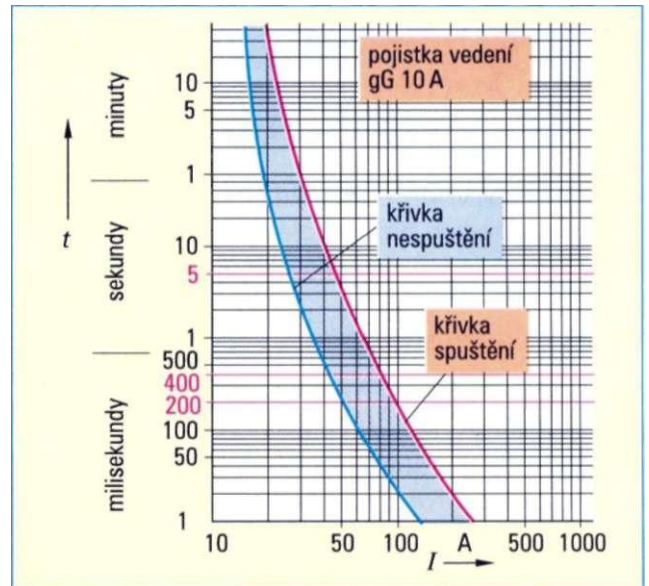
Vypínací schopnost ochranných zařízení proti zkratu musí být alespoň tak velká nebo větší než zkratový proud v místě zkratu. **Z křivky spouštění** ochranného zařízení proti zkratu je možné přechíst vypínací dobu ochrany (**obr. 1**). Vypínací doba t_w při úplném zkratu musí být kratší než hodnota stanovené normou.

Vypínací doby: - v systému TN: str. 183,
- v systému TT: str. 186

Vypínací doba nesmí také překročit dobu, v níž by se ve vedení zahřála izolace vodiče zkratovým proudem na mezní teplotu. Největší přípustnou vypínací dobu je možno vypočítat použitím koeficientů materiálů uvedených v tabulce. Ochranná zařízení proti zkratu mohou být na vedení posunuta nejvýše o 3 m, pokud je omezeno nebezpečím zkratu nebo požáru a úrazu elektrickým proudem, např. bezpečným uzemněním vedení v kabelových kanálech nebo instalací na ohnivzdorném podkladu.

Otázky pro opakování

- 1 Popište šest typů instalace A1, A2, B1, B2, C a E.
- 2 Jak se mění proudová zatížitelnost vodiče: a) při stoupající teplotě okolí, b) při klesající teplotě okolí?
- 3 Za jakých podmínek je možné upustit od ochrany před přetížením v proudových obvodech?
- 4 Vysvětlete pojem provozní třídy pojistek: a) gG a b) aM



Obr. 1: Vypínací charakteristika pojistky gG 10A.

Tabulka: Koeficienty materiálů K pro výpočet přípustné vypínací doby při zkratu

izolační materiál	PVC	materiál vodiče pryž	PE-X*	IJK**
měď	115	141	143	134
hliník	76	-	94	89

PE-X - izolace ze síťovaného polyetylénu
IJK - izolace z butylového kaučuku

Výpočet přípustné vypínací doby při zkratu

$$t_w = \left(k \cdot \frac{A}{I_k}\right)^2 \quad [t_w] = \left(\frac{\sqrt{s} \cdot A}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{mm}^2}{A}\right)^2 = \text{s}$$

t_w přípustná doba vypnutí při zkratu,
 k koeficient materiálu, např. u vodičů izol. PVC $k = 115$,
 A průřez vodiče,
 I_k zkratový proud při úplném zkratu.

Příklad:

Přívod podružného rozváděče NYM 5 x 6 mm² Cu je jištěn jističem s jmenovitým proudem $I_n = 35$ A. Na sběrnicích rozváděče byl výpočtem zjištěn ze změřené impedance smyčky a napětí sítě zkratový proud $I_k = 450$ A. Bude vedení při zkratu odpojeno před dosažením mezní teploty?

Řešení:

Koeficient pro měděné vodiče s izolací PVC je podle tabulky: $k = 115$

$$t_w = \left(k \cdot \frac{A}{I_k}\right)^2 = \left(115 \cdot \frac{\sqrt{s} \cdot A}{\text{mm}^2} \cdot \frac{6 \text{ mm}^2}{450 \text{ A}}\right)^2 = 2,35 \text{ s}$$

Z křivky spuštění nadproudové ochrany (viz zadní vnitřní strana obálky): při $I_k = 450$ A vypne jištění asi po 10 ms.

Vedení bude odpojeno před dosažením přípustné mezní teploty.

6 Prvky a obvody v silnoproudé elektrote

6.1 Technické podklady

Realizace rozvodů i místních instalací elektrické energie vyžaduje pečlivé plánování a podrobnou dokumentaci ve formě instalačních schémat.

6.1.1 Značení elektrických předmětů

Elektrické předměty např. stykače nebo motory, musí být samotné označeny štítky a v instalačních schématech písmenem a čísly. Označení pomáhá při realizaci rozsáhlých instalací a při hledání poruch.

Druh elektrického předmětu se označuje písmenem, např. relé nebo stykač písmenem K a motory písmenem M (**tabulka**). Po písmenu následuje jednomístné až trojmístné číslo. Představuje průběžné číslování součástí. V určitém zařízení je např. K4 čtvrtý stykač v pořadí.

Za pořadovým číslem mohou následovat další písmena a dodatečné informace o funkci elektrického předmětu nebo o místě zapojení. Taková **funkční označení** jsou např. „A“ pro pomocnou funkci nebo „T“ pro časovou funkci. Časové relé v ovládacím obvodu automatického zapojení hvězda - trojúhelník na **str. 96** má označení K4T.

Další označení funkcí je možno nalézt v ČSN IEC 617-1 až 13 nebo částečně v Elektrotechnických tabulkách.

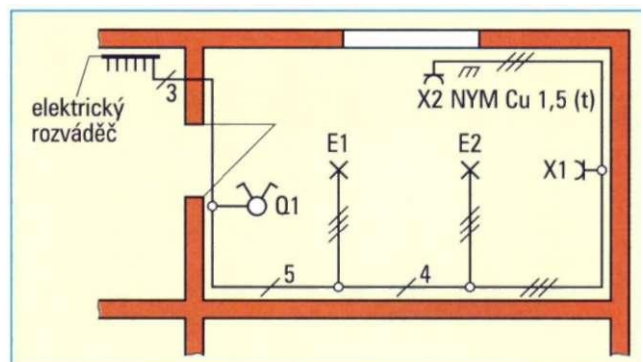
6.1.2 Podklady pro instalace

Zapojení a funkce elektrických zařízení znázorňuje různá **schémata zapojení**. Rozlišujeme schémata jednopólová a vícepólová.

U **jednopólových schémat**, např. instalačních, se znázorňuje každé vedení, nezávisle na počtu žil, jednou plnou čarou. Počet žil je určen počtem příčných čárek přes vedení. Ve **vícepólových schématech**, např. ve schématech zapojení, je každý vodič znázorněn plnou čarou.

Instalační schéma je jednopólové schéma elektrického zařízení (**obr.**). Zakresluje se v měřítku a podle skutečného rozmístění do půdorysu budovy a obsahuje všechny elektrické prvky a vedení. Instalační schéma slouží jako podklad pro instalaci. Je z něj možno vyčíst např. typ použitých vodičů pro vedení, počet a průřezy vodičů, druh instalace a způsob uložení.

Značka	Elektrický předmět	Příklady
C	kondenzátory	kompenzační, rozběhové nebo provozní kondenzátory
D	číslicové obvody, paměti	logické členy AND, OR, klopné obvody
E	různé	osvětlovací a topná zařízení
F	ochranné přístroje	nadproudové ochrany
G	generátory, zdroje proudu	generátory, baterie, síťové zdroje
H	signální zařízení	bzučáky, sirény, signální světla
K	relé, stykače	výkonové a pomocné stykače
L	indukčnosti	tlumivky a cívky
M	motory	stejnoseměrné, střídavé a trojfázové motory
N	zesilovače, regulátory	měřicí zesilovače
Q	silnoproudé spínače	spínače v hlavních proudových obvodech
R	rezistory	spouštěcí rezistory
S	ovládací spínače, voliče	tlačítka, voliče
T	transformátory	síťové, oddělovací a měřicí transformátory
V	polovodičové součástky	diody, tranzistory
W	přenosové cesty	vedení a kabely
X	svorky, vidlice	zásuvky, svorkovnice
Y	elektricky ovládaná mechanická zařízení	otvírače dveří, elektromagnetické spojky, vodní ventily



Obr.: Instalační schéma

Přehledová schémata jsou zjednodušená jednopólová instalační schémata. Znárodňují podstatné části elektrického zařízení. U přehledových schémat instalačního zapojení (**obr. 1**) se kreslí uspořádání elektrických prvků většinou podle skutečného umístění. Ve schématech rozsáhlých rozvodů (**str. 139**) se prostorové uspořádání většinou nezohledňuje.

Jednopólová schémata neinformují o funkci zapojení. Jsou po mückou při výběru elektrických prvků.

Rozložená schémata zapojení ukazují funkci elektrického zařízení nebo zapojení (**obr. 2**). Prostorové uspořádání se zde nezohledňuje. Elektrické obvody se znázorňují se všemi vodiči, a to ve dvou kolmých směrech vodorovně a svisle bez křížení.

Bloková funkční schémata znázorňují jednotlivé části podle prostorového uspořádání zařízení. Elektrické předměty jsou znázorněny podrobně, aby byla patrná jejich funkce. Tato schémata se používají většinou v instalačních plánech (**obr. 3**) a pro vnitřní zapojení provozních zařízení. Vedení se znázorňují se všemi vodiči.

Schémata zapojení ukazují funkci elektrických prvků nebo zapojení.

Propojovací schémata ukazují spojení mezi jednotlivými elektrickými prvky obvodu. Vodiče jsou zakresleny podle skutečné polohy (**obr. 4**).

Schémata zapojení elektrických přístrojů ukazují elektrické zapojení uvnitř přístroje se všemi potřebnými spojeními, např. na svorkovnici.

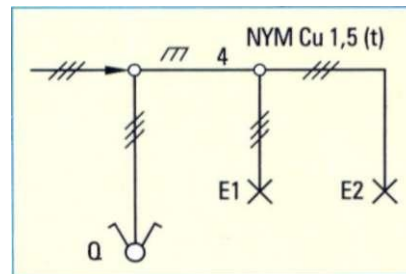
Spojovací schémata zobrazují elektrická spojení mezi přístroji nějakého zařízení, např. elektrické spojení mezi ovládacím panelem, spínací skříňkou a elektrickými pohony jeřábu.

Časové diagramy ukazují průběh činnosti nebo stavů v závislosti na čase, např. při ovládaní topení nebo pohony bubnu u sušičky prádla (**str. 233**).

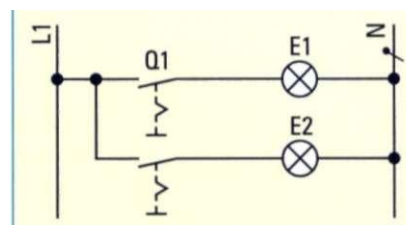
Funkční schémata zapojení se používají ke znázornění číslicového řízení (**obr. 5**) a řízení PLC.

Při návrhu a přípravě technické dokumentace je nutné dodržet následující zásady:

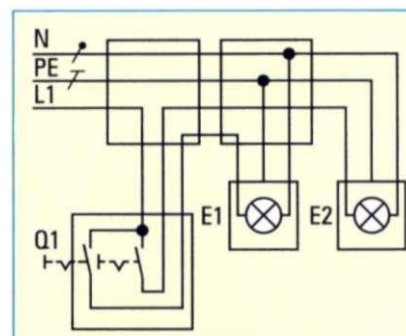
- Obvody se znázorňují v bezproudovém stavu. Spínače se kreslí vždy s rozpojenými kontakty. Ručně ovládané kontakty se označují dvojitou šipkou (**tabulka 2, str. 80**).
- Různá schémata zapojení musí na sebe navazovat. Proto se musí všechny prvky v různých schématech obvodu označovat jednotně.
- Musí být jednoznačně označeny vnější svorky, aby bylo možno sledovat průběh vodičů.



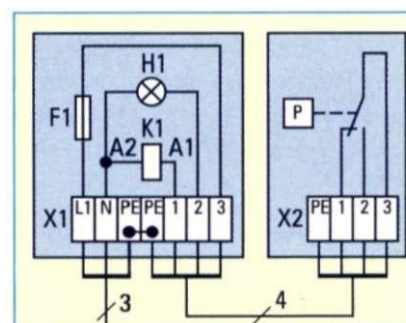
Obr. 1: Přehledové schéma zapojení



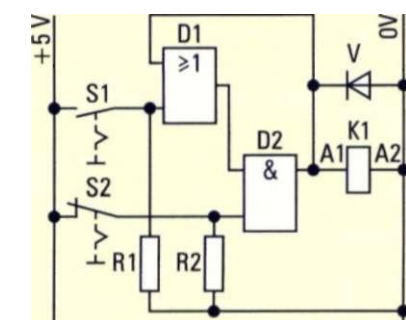
Obr. 2: Rozložené schéma zapojení



Obr. 3: Blokové funkční schéma zapojení



Obr. 4: Propojovací schéma



Obr. 5: Funkční schéma zapojení

6.2 Zásuvkové systémy

K připojení pohyblivých spotřebičů, např. ručních vrtaček se používají zásuvkové systémy. Používají se také k připojování řídicích systémů a výměnných zařízení. Spojení je vždy realizováno mezi dutou zásuvkou a kolíkovou zástrčkou (vidlicí) (**obr. 1**). Zdířky zásuvek jsou chráněny izolačními kryty proti neúmyslnému dotyku. Otvory v krytu umožňují jen zavedení kolíků zástrčkové vidlice nebo hrotu měřicího přístroje.

Zásuvky je nutno zapojit tak, aby napětí bylo vždy ve zdířce a ne na kolíku. Spotřebiče se připojují do síťových zásuvek vidlicemi.

Zásuvkové systémy jsou provedeny jako nástěnné, přístrojové nebo objímkové (ČSN 60320, 354508).

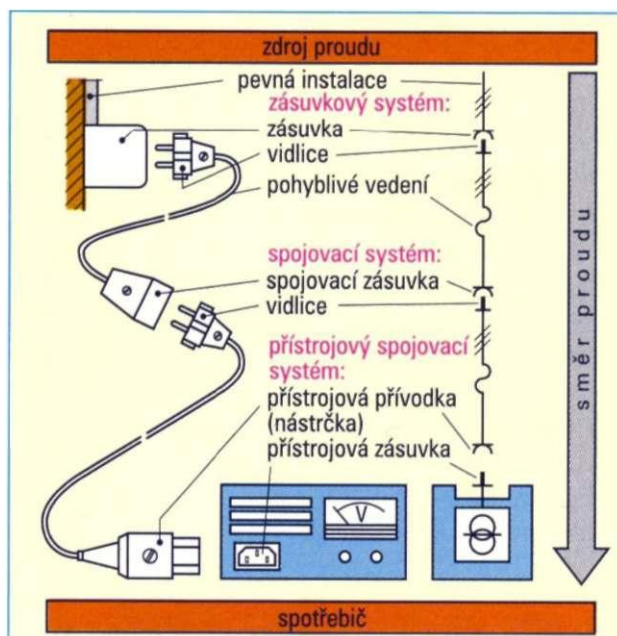
Připojovací svorky zásuvek se nazývají póly. Pětipólová zásuvka na trojfázový proud má např. zdířky pro tři fázové vodiče L1, L2 a L3 po jedné zdířce pro neutrální vodič (N) a ochranný vodič (PE).

Zásuvkové systémy bez ochranného vodiče se používají např. pro přístroje, které pracují malým napětím. Pro připojení přístrojů s vodivým krytem, např. žehliček nebo ponorných vařičů se používají zásuvkové systémy s ochranným kontaktem. Přístroje na trojfázový proud, např. trojfázové motory nebo svařovací transformátory jsou napájeny ze sítě přes trojfázové zásuvky.

Nejdůležitější kritéria pro správnou volbu vhodných zásuvkových systémů, např. počet pólů nebo druh proudu jsou uvedena v **přehledu**.

6.2.1 Dvoupólové vidlice s ochranným kontaktem nebo bez ochranného kontaktu

Dvoupólové vidlice bez ochranného kontaktu se používají např. u přístrojů ochranné třídy III (nízké napětí) a v nevodivém prostředí (**str. 187**). Při použití u přístrojů ochranné třídy III musí být vidlice nezaměnitelné s jinými druhy vidlic, např. uspořádáním, tvarem a roztečí kontaktů (**obr. 2**).



Obr. 1: Uspořádání zásuvek a vidlic (vlevo zobrazení, vpravo schematické značky)

Přehled: kritéria pro výběr zásuvkového systému

- počet pólů včetně ochranného kontaktu a případně i řídicího kontaktu
- druh proudu, např. stejnosměrný, střídavý nebo trojfázový proud
- jmenovité napětí vidlice i zásuvky
- způsob instalace, např. na omítce nebo pod omítkou
- požadovaná ochrana, např. ochrana před stříkající vodou (IP 54)
- vnější vlivy, např. teplota okolí zásuvkového spojení
- požadavky vyplývající z oblasti použití podle předpisů na stavbách



Obr. 2: Dvoupólové vidlice bez ochranného kontaktu

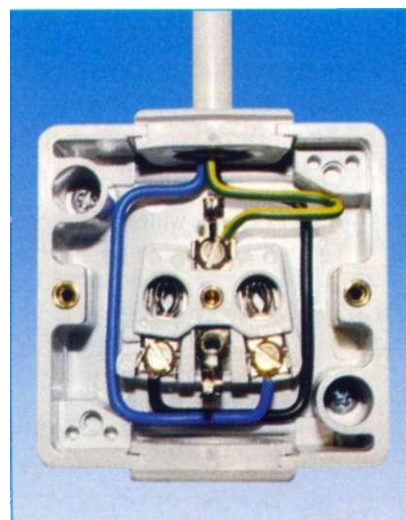
Zásuvky s ochrannými kontakty jsou nejvíce používanými dvoupólovými zásuvkovými systémy s ochrannými kontakty. Ochranný vodič je vyveden v zásuvce na kluzný kontakt (podle německé normy) nebo na ochranný kolík. Při zasouvání vidlice se spojí tento kontakt dříve než dojde k připojení fázového a neutrálního vodiče, které jsou pod napětím.

Zásuvky s ochrannými kontakty jsou dimenzovány na 250 V stejnosměrného nebo střídavého napětí. Maximální jmenovitý proud je u stejnosměrného napětí 10 A, u střídavého napětí 16 A. Podle prostředí, např. v suchých nebo vlhkých místnostech, se používají různé typy zásuvek (**tab. 1**).

Tabulka 1: Tvary zásuvek s ochrannými kontakty podle norem DIN		
Provedení zapuštěné do omítky	Provedení povrchové na omítku	Provedení do vlhkého prostředí
		
<ul style="list-style-type: none"> • pro suché místnosti • vertikálně nebo horizontálně, možná kombinace s jinými zásuvkami nebo vypínači pod společným krytem, • montáž do krabic pod omítkou, průměr 55 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • pro suché místnosti • zásuvky s ochrannými kontakty se vyrábějí jako jednoduché nebo vícenásobné nebo jako lištové při instalaci na hořlavý podklad je nutno použít nehořlavou podložku 	<ul style="list-style-type: none"> • pro vlhká místa • ochrana proti vniknutí vlhkosti těsněním kolem vstupu vodičů a mezi vrchní a spodní částí krytu zásuvky

Připojení zásuvek. K připojení zásuvek s ochrannými kontakty se používají vodiče s třemi žilami s ochranným vodičem, např. **CYKY**. Zelenožlutý vodič kabelu se připojí na svorku ochranného vodiče (**obr.**). Přitom nesmí být porušeno napružení ochranného kontaktu (v německých zásuvkách podle DIN). Fázový vodič (L1) a neutrální vodič (N) se připojí na zdířky. Uvnitř zařízení má být připojení zásuvek jednotné, např. fázový vodič vždy na levé zdířce při horizontálním a na horní zdířce při vertikálním uspořádání aktivních kontaktů. Jednotlivé vodiče se musí připojit s malou rezervou délky, tak aby se při vkládání zásuvky do krabice nepřiskříply a nedostaly se do vodivého kontaktu s kovovými částmi.

Zásuvkový systém bez ochranného kontaktu se nesmí kombinovat se zásuvkovým systémem s ochranným kontaktem, protože by se přerušil ochranný vodič.



Obr.: Zapojení vodičů přívodu v zásuvce s ochranným kontaktem

Vidlice s ochranným kontaktem (tabulka 2) se používají k připojení spotřebiče do zásuvky s ochranným kontaktem. Jmenovité hodnoty, např. napětí a proud, musí odpovídat jmenovitým hodnotám zásuvky.

Tabulka 2: Druhy vidlic s ochranným kontaktem podle německé normy DIN		
Vidlice s ochranným kontaktem a středovým vývodem kabelu	Vidlice s ochranným kontaktem a bočním vývodem kabelu	Vidlice s ochranným kontaktem v pryžovém pouzdře
		
<ul style="list-style-type: none"> • pro suché prostory • např. pro mobilní spotřebiče v domácnosti nebo v průmyslu 	<ul style="list-style-type: none"> • pro suché prostory • pro zapojení v omezeném prostoru, např. za nábytkem 	<ul style="list-style-type: none"> • pro vlhké prostory • použití při zvýšeném mechanickém namáhání, např. na stavbách nebo v dílnách

Pro mobilní spotřebiče se používají kabely s pryžovým nebo plastovým pláštěm. Průřez vodiče musí být dimenzován na odběr proudu přípojeného spotřebiče a proud nesmí překročit největší proudovou zatížitelnost použitého pohyblivého přívodu (**tab. 1**).

Vidlice s ochranným kontaktem jsou určeny pro pohyblivé přívody a mohou být připojeny jen k jednomu přívodu. Ochranný vodič musí být delší než aktivní vodiče. Při přetížení tahu se pak ochranný vodič přetrhne jako poslední. Roztřepení vodičů z jemných drátů se zabrání použitím dutinek nebo koncovek s očky (**str. 49**).

Vodiče z jemných drátů připojované v zásuvkách a vidlicích do šroubových svorek nesmějí být pocínovány.

Pájené místo povolí pod tlakem šroubu svorky a tím se může spoj uvolnit. Vzroste pak přechodový odpor a dojde k ohřevu spoje.

Vidlice pro připojení přístrojů s ochrannou izolací mají stejný průměr a rozteč kolíků jako vidlice s ochranným kontaktem. Mají dva póly nemají však ochranný kontakt. Pro jmenovitý proud do 2,5 A se užívají ploché vidlice (**obr. a**), pro jmenovitý proud od 10 A do 16 A kulaté nebo tvarované vidlice (**obr. b**). Vidlice tvoří s připojovacím vedením většinou celek a při závadě se musí vyměnit společně.

Dvoupólové přístrojové přívodky se vyrábějí s ochranným vodičem nebo bez ochranného vodiče (**tab. 2**). Přístrojová přívodka s přívodním kabelem bývá součástí přístroje. Zapojení do sítě se provádí vidlicí síťového přívodu. Přístrojové nástrčky a přívodky se vyrábějí pro různé jmenovité proudy a pro různé přípustné teploty na kolíčkách. Mají různé kolíčky s odlišným umístěním a roztečí, aby byly nezaměnitelné (**tab. 2**).

Otázky pro opakování

- 1 Vysvětlete význam označení elektrických předmětů K2T a S3.
- 2 Jaké elektrické prvky se ve schématu značí písmeny: a) G, b) F c) H? Jmenujte vždy dva příklady.

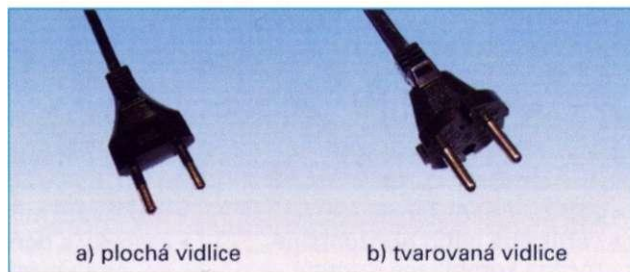
Jved'te rozdíl mezi přehledovým schématem zapojení a instalační schématem.

Jak musí být uspořádány za sebou zásuvky a vidlice v přívodech?

- 5 Na co je zvlášť třeba dbát při instalaci zásuvky s ochranným kontaktem zapařtěné do omítky?
- 6 Na kterou svorku zásuvky se připojuje zelenožlutý vodič?
- 7 Jmenujte tři hlediska, které je třeba zohlednit při výběru zásuvkového systému.

Tabulka 1: Proudová zatížitelnost pohyblivých přívodů I_z podle DIN VDE 0298, díl 4

Průřez	Izolace vodičů a druh vedení	
	pryž např. H05RR-F, H05RT-F	PVC např. H03VV-F, H05VV-F
0,5 mm ²	3 A	3 A
0,75 mm ²	6 A	6 A
1 mm ²	10 A	10 A
1,5 mm ²	16 A	16 A



Obr.: Vidlice pro připojení přístrojů s ochrannou izolací

Tabulka 2: Přístrojové nástrčky a přívodky

Provedení	*) (A)	Max. teplota kolíků	Použitelné pro
	0,2 A	70 °C	přístroje s ochrannou izolací se jmenovitým napětím do 250 V, např. holicí strojky, rozhlasové přijímače, magnetofony
	2,5 A	70 °C	
	6 A	70 °C	
	10 A	70 °C	použitelné pro přístroje ochranné třídy I se jmenovitým napětím do 250 V, např. osciloskopy, síťové přístroje, počítače, grily, topná tělesa
	10 A	120 °C	
	10 A	155 °C	
	16 A	70 °C	
	16 A	155 °C	

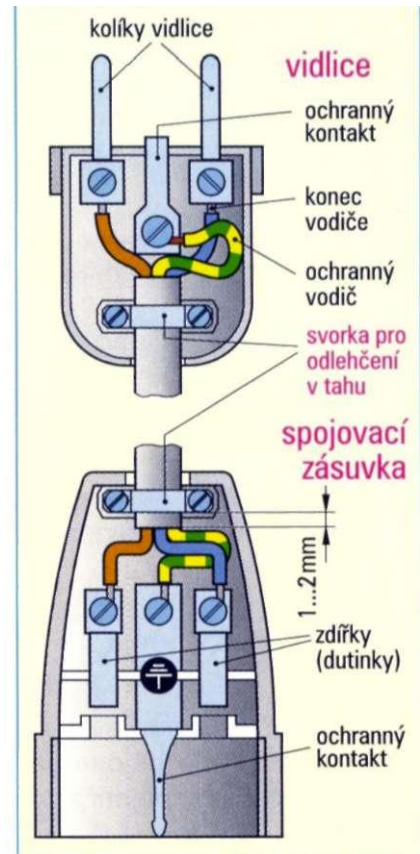
*) jmenovitý proud

6.2.2 Výroba prodlužovacího vedení s ochranným kontaktem

Pracovní postup při výrobě:

- Vidlici a vedení zvolit podle požadavků, např. podle mechanického a tepelného namáhání.
- Vedení odříznout na potřebnou délku. Na zavedení do vidlice a do spojovací zásuvky přidat asi 20 mm. Dbát aby nebyla poškozena izolace.
- Vytvarovat vodiče ve vnitřním prostoru zásuvky i vidlice. Při přetížení v tahu musí být zaručeno, že se kontakt ochranného vodiče přeruší jako poslední, např. větší délkou žlutozeleného vodiče
- Vodiče pozorně odizolovat v délce svorek. Nepoškodit vodiče z jemných drátů, aby se nezmenšil průřez.
- Odizolované lankové vodiče stočit a zalisovat do dutinek.
- Vodiče upevnit ve svorkách a zkontrolovat usazení šroubů v závitech.
- Nasadit příchytky a pevně přišroubovat. Plášť vedení má přesahovat asi 1 až 2 mm přes příchytku (**obr. 1**).
- Vodiče zamáčknout do spodních částí krytů zásuvky i vidlice a kryty uzavřít horními částmi

Prověřit správnost připojení pólů, průchozí odpor ochranného vodiče a izolační odpor mezi vodiči (**strana 253**).



Obr. 1: Prodlužovací vedení s ochranným kontaktem

6.2.3 Zásuvkový systém Perilex pro trojfázový proud

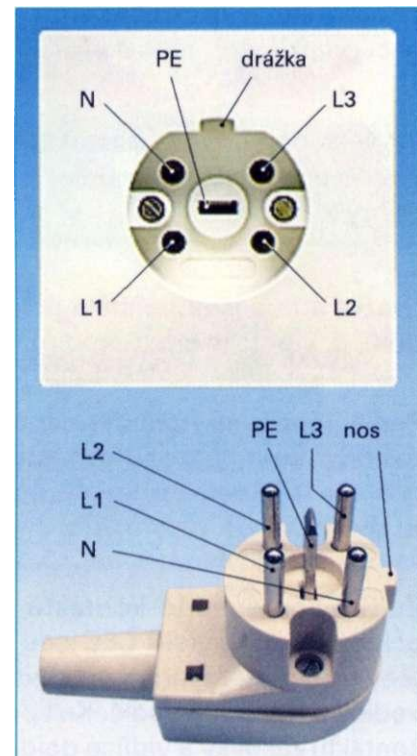
Tento systém se používá pro připojení trojfázového proudu. Vyrábí se do jmenovitého napětí 400 V. Používá se především v hotelech, šicích dílnách, laboratořích a velkých kuchyních, např. k připojení elektrických topných těles. Jsou pětipólové (3P + N + PE).

U trojfázových zásuvek se musí pořadí připojení volit tak, aby při správném pólovém zapojení trojfázových motorů byl smysl otáček pravotočivý.

Ochranný kontakt má u zásuvek na trojfázový proud obdélníkový průřez. Je umístěn ve středu zásuvky. Okolo ochranného kontaktu jsou uspořádány válcové kolíky tří fází a neutrálního vodiče (**obr. 2**).

Drážka v zásuvce a vodící nos na vidlici zajišťují nezaměnitelnost pólů.

Pokud je kolík zásuvky, popř. zdířka ochranného vodiče ve stejné horizontální výšce jako vodící drážka, je zásuvka dimenzována na proud $I_n = 16$ A. Při vertikální vzájemné poloze ochranného kontaktu nebo zdířky a vodící drážky má zásuvka jmenovitý proud $I_n = 25$ A.



Obr. 2: Uspořádání vývodů trojfázových zásuvek a trojfázových vidlic

6.2.4 Průmyslové zásuvky a vidlice

Průmyslové zásuvky a vidlice na jmenovité napětí od 20 V do 750 V se většinou označují jako zástrčky a vidlice **CEE** (CEE = Evropská komise pro shodu). Ve válcovém krytu jsou válcové kolíky, popř. zdířky uspořádány do kruhu (**obr. 1**).

Aby nedošlo k záměně, používá se různých charakteristických tvarových odlišností (**přehled**).

Zásuvky a vidlice pro jmenovité napětí nad 50 V musí mít ochranný kontakt.

Pro napětí do 50 V (malé napětí SELV) se používají převážně dvoupólové nástrčky a přívodky.

Soustava CEE se vyrábí pro jmenovité proudy 16 A, 32 A, 63 A a 125 A.

Soustava CEE musí být vybaveny přídržným víkem, nosem nebo bajonetovým závěrem, aby nemohlo dojít k rozpojení za provozu (**obr. 2**).

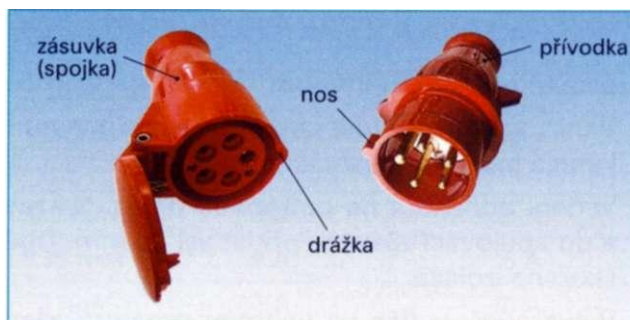
Pro vidlice a zásuvky na jmenovitý proud 63 A a 125 A jsou předepsány tzv. **pilotní kontakty**. Jsou umístěny ve středu zástrčky a mají za úkol při vytáhnutí vidlice včas odpojit přívod přes spínací prvek, např. přes stykač.

Poloha ochranného kontaktu a poloha drážky nebo nosu se určuje podle polohy čísel na ciferníku hodin.

Drážka a nos jsou ve stálé poloze. Ukazují stále dolů, tj. v poloze 6 h (6 hodin).

Podle jmenovité hodnoty napětí a frekvence se mění poloha ochranného kolíku, popř. zdířky ochranného kontaktu. Polohy ochranného kontaktu se liší úhlově vždy o 30°.

Zdířky ochranného kontaktu u zásuvek nebo ochranné kolíky vidlic CEE jsou prostorově umístěny ve směru zasunutí před zdířkami pro fázové vodiče a neutrální vodič. Ke spojení ochranného kontaktu zásuvky a vidlice dojde proto vždy před spojením fázových vodičů a neutrálního vodiče. Při vytažení vidlice se proto spojení ochranného kontaktu přeruší jako poslední.



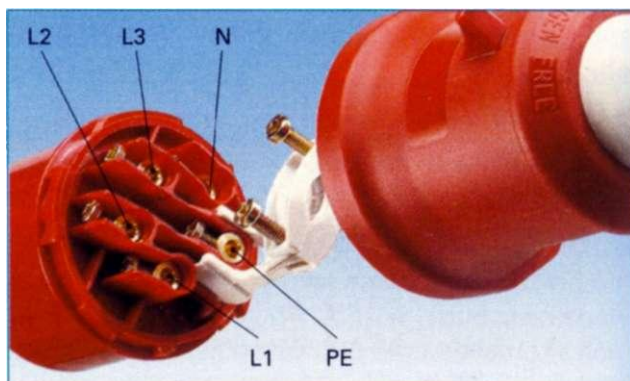
Obr. 1: Zásuvková soustava CEE

Přehled: Rozlišovací znaky zásuvkové soustavy CEE

- Vidlice pro napětí nad 50 V jsou opatřeny nosem a na zásuvce mají drážku.
- Vidlice (přívodky) pro napětí nad 25 V do 50 V mají základní a pomocný nos.
- Poloha ochranného kolíku, popř. zdířky.
- Ochranný kolík, popř. zdířka mají větší průměr než ostatní kolíky nebo zdířky.
- Kryty různých barev.
- Různé velikosti krytů pro různá napětí a proudy.



Obr. 2: Zásuvka CEE s příklopňým víkem, popř. s bajonetovým kroužkem



Obr. 3: Uspořádání vývodů vidlice CEE

Systémy CEE jsou uspořádány tak, aby nemohlo při zasunutí dojít k přepólování. Při zapojování průmyslových zásuvek a vidlic je nutno dbát na správné zapojení (**obr. 3, str. 78**). Při správném zapojení musí napěťové špičky fází následovat ve smyslu otáčení doprava, tzn. otáčením směru hodinových ručiček při čelném pohledu na zásuvku.

Tabulka 1 ukazuje značení barev krytů pro jednotlivé rozsahy napětí a kmitočty soustavy CEE.

Napětí	Kmitočet	Barva
20 – 25V	50/60 Hz	fialová
40 – 50V		bílá
100 – 130V		žlutá
200 – 250V		modrá
380 – 450V		červená
500 – 690V		černá
20 – 500V	>60 – 500 Hz	zelená

Poloha zdířky ochranného kontaktu závisí na jmenovitém napětí, kmitočtu a počtu pólů j (**tab. 2**).

U čtyřpólové vidlice a zásuvky, např. se jmenovitým napětím 400 V, je ochranný kontakt poloze 6 h. Průměr kolíků a zdířek závisí na jmenovitém proudu.










Pro trojfázový proud se smí používat podle DIN 0100 VDE díl 550 jen systém CEE. Výjimky platí pro domovní instalace, obchodní domy, kuchyně, šicí dílny nebo laboratoře. Zde je přípustný běžný trojfázový systém Perilex.

Na stavbách, v zemědělských a zahradnických zařízeních, u pevných instalací v kempingových zařízeních a u přípojek pro obytné vozy se musí použít výlučně průmyslové zásuvky a vidlice CEE.

Nástrčky a přívodky pro malé napětí mají v přívodce i v nástrčce nos. Dodatečný pomocný nos v nástrčce a pomocná drážka v přívodce slouží k rozlišení při různém jmenovitém napětí a kmitočtu (**obrázek**).

U přívodek pro jmenovité napětí od 20 V do 25 V pomocná drážka nebo pomocný nos chybí. Tím je vyloučeno zasunutí do zásuvky s vyšším jmenovitém napětím, např. od 40 V do 50 V.

Poloha pomocného nosu vzhledem k základnímu nosu (6 h) u nízkého napětí je uvedena v **tabulce 3**.

Počet	Poloha ochranného kontaktu vzhledem k polohové drážce pólů			
	napětí kmitočet	10 až 130 V 50 a 60 Hz	200 až 250 V 50 a 60 Hz	300 až 415 V 50 a 60 Hz
3	zdířky ochranných kontaktů	 4 h	 6 h	 9 h
4	zdířky ochranných kontaktů	 4 h	 9 h	 6 h
5	zdířky ochranných kontaktů	 4 h	 9 h	 6 h



Obr.: Umístění pomocného nosu u systému CEE na malé napětí

Otázky pro opakování

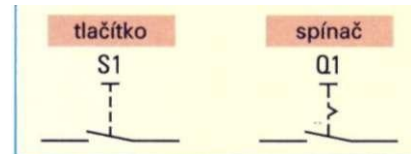
- 1 Jak je umístěn ochranný kolík u systému Perilex na 16 A vzhledem k zaváděcímu nosu?
- 2 Popište správné pořadí zapojení trojfázové přívodky (vidlice).
- 3 Jmenujte tři příklady použití systémů Perilex.
- 4 Jakou barvou je označena přívodka a nástrčka CEE na a) 200 až 250V, 50 Hz, b) 20 až 25V, 200 Hz?
- 5 Jmenujte dva příklady použití systémů CEE.
- 6 Jak musí být otočeny přichytky při vodorovné instalaci vodiče?

Tabulka 3: Umístění pomocného nosu vzhledem k základnímu nosu (6 h) u přívodek CEE pro nízké napětí

Jmenovité napětí	Kmitočet (Hz)	Umístění porn. nosu	
		2 pólové	3 pólové
20 až 25 V	50 a 60	žádný	žádný
40 až 50 V	50 a 60	12 h	12 h
do 50 V	100 a 200	4 h	4 h
	300	2 h	2 h
	400	3 h	3 h
	nad 400 do 500	11 h	11 h
	stejnoseměrný	10 h	-

6.3 Ovládací a indikační spínače

K zapínání spotřebičů, např. motorů, osvětlení nebo k řízení se používají v elektronice různé ovládací prvky.



Obr.: Schematické značky spínacích prvků

6.3.1 Spínače a tlačítka

K zapínání a vypínání spotřebičů, např. osvětlení se používají spínače nebo tlačítka (**obr.**).

Spínač je přepnut vždy v určité poloze, např. v poloze sepnuto. Osvětlení se zapne a zůstane v provozu dokud není opět vypnuto.

Tlačítko se vrátí po uvolnění tlaku do výchozí polohy. Zvonek zvoní tak dlouho dokud je stisknuto tlačítko zvonku.

Ke správné volbě vhodných spínačů a tlačítek je třeba brát zřetel na tyto okolnosti:

- způsob ovládání (**tab. 1**)
- chování kontaktů při změně z klidové polohy (**tab. 2**)
- konstrukční provedení kontaktů (**tab. 3**)

Tabulka 1: Způsoby ovládání spínačů a tlačítek (příklady)

Působení	Symbol
ručně obecně	└───
tlak	┌───
tah	┐───
otočení	└──┬───
naklopení	└──┬───
klíčový spínač	└──┬───

Tabulka 2: Druhy kontaktů u spínačů a tlačítek

Druh kontaktu	Funkce	Spínací kontakt		Použití
		ovládaný	neovládaný	
spínací	kontakt se při přepnutí z klidové polohy sepne			zapínání spotřebičů např. světel nebo motorů
rozpínací	kontakt se při přepnutí z klidové polohy rozpojí			přerušení obvodu proudu např. u poplašného zařízení
přepínací	kontakt při přepnutí z klidové polohy přepne do druhé klidové polohy			střídavé přepínání, např. střídavý přepínač

Tabulka 3: Konstrukční provedení kontaktů v závislosti na jejich použití

Druh kontaktu	Druh působení	Obrázek	Použití
mžikový	kontakt je rychle ovládn napnutým pérem		pro krátké doby spínání, např. v mikrospínačích nebo koncových spínačích
kontakt s kontaktním můstkem	mechanicky ovládaný můstek uzavře spojení mezi dvěma přívody		používán při potřebě velkého kontaktního tlaku při spínání velkých výkonů, např. u jističů
kluzný kontakt	kontaktní materiál klouže na pohybujícím se dílu		kontakty, např. sběrače nebo kartáče komutátoru
rtuťový kontakt	rtuťová kapka spojí při náklonu trubky spínače dva kontakty		k signalizaci pohybu, např. polohový spínač v poplašném zařízení
jazyčkový kontakt	kontakt je ovládn elektromagnetickým polem		indikátor pohybu magnetu ve výpletu kola

Materiály kontaktů. Kontakty se opotřebovávají např. elektrickým obloukem, opálem, přenosem materiálu nebo chemickými vlivy. Proto musí být materiály kontaktů co nejvíce odolné proti opotřebení a musí mít velmi malou rezistivitu (měrný odpor). Na kontakty se většinou používají ušlechtilé kovy a jejich slitiny (**tabulka**).

Zvláštní kontaktní materiál je rtuť. Je tekutá již při pokojové teplotě a má velmi malou rezistivitu. U kolébkových rtuťových spínačů musí být dodržena předepsaná poloha. Při rozbití trubky se uvolňují jedovaté páry rtuťi.

Pro spínače a tlačítka uvádí výrobce tzv. spínací schopnost, která udává maximální proud, např. AC 10A, popř. max. připojený výkon, např. 2 kW, který může být sepnut.

U stejnosměrného napětí musí být sepnuto napětí v plné výši, zatímco u střídavého napětí při průchodu nulovým napětím dochází k automatickému zhášení oblouku.

Kontakty proto mají při střídavém proudu vyšší vypínací schopnost než u proudu stejnosměrného.

Spínání indukčnosti. Při odpojování indukčností, např. cívek, vzniká vlastní indukce vysoké indukované napětí, které vytváří elektrický oblouk a může způsobit opal kontaktů. U stejnosměrných obvodů se proti nárůstu indukovaného napětí používá **paralelně zapojené diody (obr. 1a)** a nebo varistor (**obr. 1b**). U střídavých obvodů se používá varistor nebo sériové zapojení odporu a kondenzátoru (**obr. 1c**).

Diody jsou zapojeny paralelně k cívce. Jsou zapojeny ve zpětném směru vzhledem ke stejnosměrnému napětí.

6.3.2 Instalační spínače

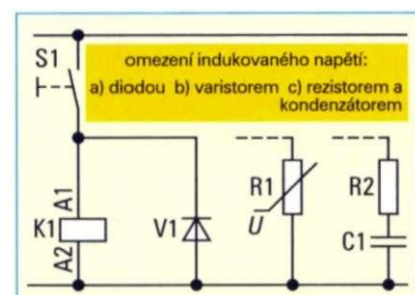
Spínače a tlačítka používané v budovách a domech musí být chráněny před povětrnostními vlivy. Rozlišujeme provedení např. pro suché nebo vlhké prostory, povrchové na omítku nebo zapuštěné do omítky (**obr. 2**). Musí být dimenzovány na jmenovitý proud předřazené nadproudové ochrany.

V závislosti na oblasti použití a způsobu spínání mají spínače kontakty různého provedení (**str. 90**).

Sériový spínač má např. dva na sobě nezávislé spínače se samostatným ovládním (**obr. 2a**).

Při zapínání např. skupin žárovek, motorů nebo transformátorů vznikají velké spínací proudy. Při výběru spínačů je třeba dbát na proudovou zatížitelnost kontaktů.

Tabulka: Materiály kontaktů (příklady)	
Materiál	Vlastnosti, použití
čisté stříbro	vytváří vodivou oxidovou vrstvu, měkké, pro nízká napětí a malé proudy
čisté zlato	chemicky stálé, malé přechodové odpory, pro velmi nízká napětí a malé proudy
měď	elektrický oblouk vytváří špatně vodivou oxidovou vrstvu
kadmium	kadmium má vysokou odolnost proti opálu, pro velké spínací výkony
wolfram	vysoký bod tavení, velmi dobrá odolnost proti opálu, odolný proti opotřebení, tvrdý, pro vysoká napětí a velké proudy



Obr. 1: Omezení indukovaného napětí



Obr. 2: Instalační spínač

6.3.3 Tlačítka a světelné hlásiče

V řídicích obvodech se stykači a relé se používají **tlačítka** k vypínání a zapínání. K indikaci provozního stavu se používají **světelné hlásiče (obr. 1)**. Kombinací těchto dvou prvků jsou prosvětlená tlačítka.

V regulační technice se v řídicích obvodech používají tlačítka nebo **ovládací spínače**.

Ovládací tlačítka se dvěma kontakty, např. se spínáním a rozpojováním se mohou používat univerzálně.

Ovládací tlačítka jsou většinou modulární konstrukce, t.zn. jednotlivé spínací prvky, např. spínací a rozpínací jsou umístěny na společném držáku.

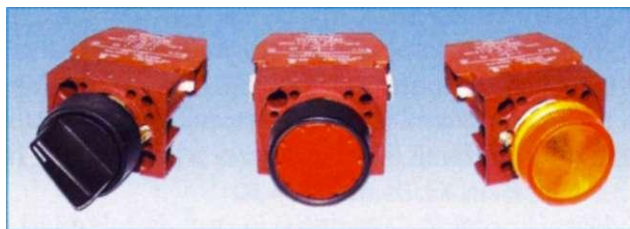
Z bezpečnostních důvodů je stanoveno barevné značení ovládacích a signalizačních prvků (ČSN). Barvy tlačítek označují situace ve kterých je nutné použít ruční ovládní (**tab. 1**). Dodatečně k barevnému rozlišení jsou tlačítka potištěna symboly, které funkci tlačítek ještě blíže označují (**tab. 2**). U světelných hlásičů informuje barva obsluhu o druhu požadovaného zásahu (**tab. 3**).

K lepšímu rozlišení nebo pro dodatečnou informaci mohou světelné hlásiče blikat.

6.3.4 Polohové spínače

Polohové spínače (**obr. 2**) se nazývají také koncové. Jsou ovládány mechanicky, např. zarážkou při dosažení určité polohy, např. koncové polohy pohyblivé části stroje.

Polohové spínače přeměňují mechanické příkazy na elektrické signály. Ovládním polohového spínače se např. rozpojí kontakt. Rozpojením kontaktu se přeruší např. proud procházející stykačem a tím se zařízení odpojí, např. motor výtahu.



Obr. 1: Přepínač a světelný hlásič

Tabulka 1: Barevné značení tlačítek

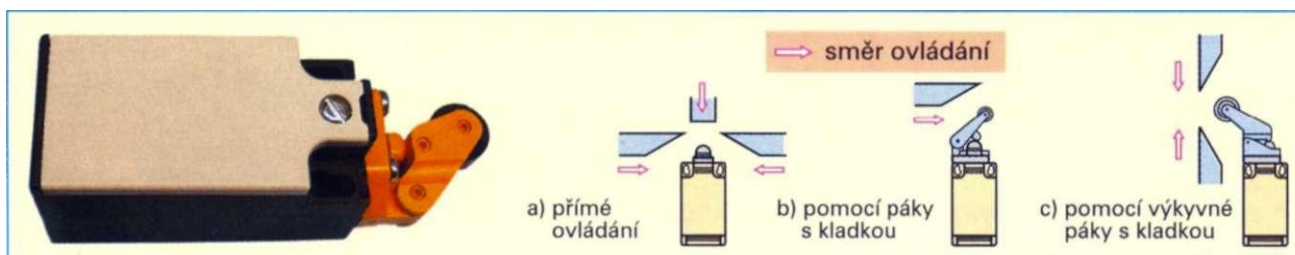
Barva	Ovládní při	Příklady
červená	nebezpečí	nouzové vypínání
žlutá	nenormálním stavu	nové zapnutí přerušeno automatického chodu
zelená	označení normálního stavu	rozběh stroje, zapnutí přístroje
modrá	požadavku nutného jednání	funkce výchozího nastavení
bílá	všeobecné ovládní při normálním provozu	start/zapnout (přednostně) stop/vypnout
šedá		start/zapnout stop/vypnout
černá		start/zapnout stop/vypnout (přednostně)

Tabulka 2: Dodatečné značení tlačítek pomocí symbolů

Symbol	Význam
	start nebo zapnout
○	stop nebo vypnout
⊕	řukací provoz: při stlačení start nebo zapnuto a při uvolnění stop nebo vypnuto

Tabulka 3: Barevná značení u světelných hlásičů

Barva	Význam	Nutný zásah
červená	nebezpečný stav	okamžitý zásah, např. vypnutí
žlutá	nenormální stav	kontrola nebo zásah, např. nové zapnutí
zelená	normální stav	není třeba žádný zásah
modrá	nutný zásah obsluhy	nutné jednání, např. vrácení do původní polohy
bílá	jiné možné stavy	kontrola stavu



Obr. 2: Polohové spínače s různými druhy ovládní

6.3.5 Přibližovací spínače

Pohyb částí strojů nebo výrobků mohou zachycovat mechanické polohové spínače. Mechanické spínače se ale spínají jen přímým dotykem. To způsobuje opotřebenění kontaktů. Přibližovací spínače nebo senzory (**obr. 1**) pracují bez dotyku. Obsahují většinou výkonnový stupeň a mohou přímo ovládat signalizační světla, stykače nebo elektromagnetické ventily.

Vývody sensorů jsou zapojeny při stejnosměrném napětí na zesilovače s tranzistory NPN nebo PNP, u střídavého napětí se používají zesilovače striaky. Senzory pracují s provozním napětím DC 6 V - 30 V nebo AC 230 V. Mohou se proto snadno zapojit do stávajícího řídicího obvodu.

Přibližovací spínače se dělí na indukční, kapacitní a optické.

Indukční spínače indikují přiblížení kovového předmětu k aktivní ploše. Zjistí změnu kmitočtu zabudovaného oscilátoru LC, který se rozladí změnou indukčnosti.

Kapacitní přibližovací spínače reagují na přiblížení kovového nebo nekovového předmětu k aktivní ploše. Kapacitní senzory zachycují vedle kovů také nekovy, např. sklo, plasty nebo dřevo. Rozpoznají změnu kmitočtu kmitavého obvodu RC, který se rozladí změnou kapacity.

Optické přibližovací spínače vysílají a přijímají modulovaný světelný paprsek o určité vlnové délce v infračerveném rozsahu.

U **reflexních světelných závor** je vysílaný paprsek odražen zrcadlem zpět k přijímači. Pokud nějaký předmět přeruší světelný paprsek vyvolá sepnutí spínače.

U **reflexních spínačů** se modulované infračervené záření z vysílače odrazí přímo od blízkého předmětu a vyvolá sepnutí.

Přibližovací spínače se vyrábějí pro dvoudrátové nebo trojdrátové zapojení.

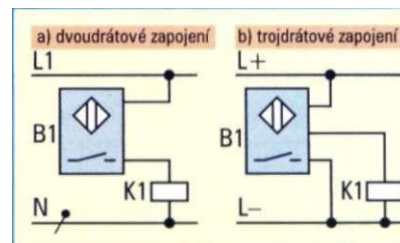
U **dvoudrátového zapojení** je přibližovací spínač zapojen přímo do řídicího obvodu (**obr. 2a**). Sensor je napájen energií přes ovládaný přístroj, např. přes stykač. Dvoudrátové zapojení se používá často pro připojení na střídavé napětí. Výstup je spínán většinou triakem.

U **trojdrátového zapojení** se dva vývody používají k přímému připojení napájecího napětí. Na třetí výstup je připojen ovládaný přístroj (**obr. 2b**). Přibližovací spínače v trojdrátovém zapojení se většinou používají se stejnosměrným napětím. Jsou v provedení PNP nebo NPN (**obr. 3**).

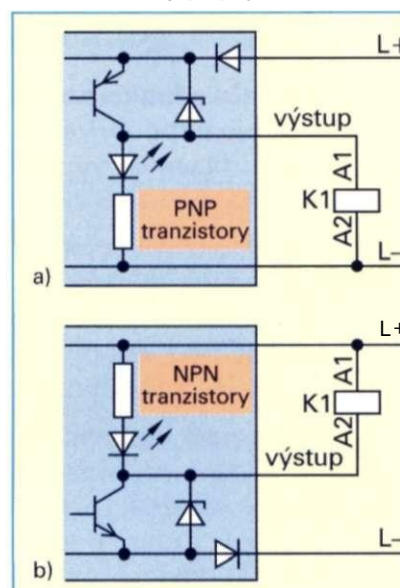
Přibližovací spínače mohou být zapojeny paralelně nebo v sérii. U paralelního zapojení (**obr. 4**) jsou výstupy zapojeny přes diody, aby se zabránilo zpětnému působení přibližovacích spínačů. Pokud jsou přibližovací spínače zapojeny do série (**obr. 5**), je na spojených výstupech přibližovacích spínačů měřitelný úbytek napětí. U stejnosměrného napětí je úbytek napětí asi 1 V, u střídavého napětí až 8 V.



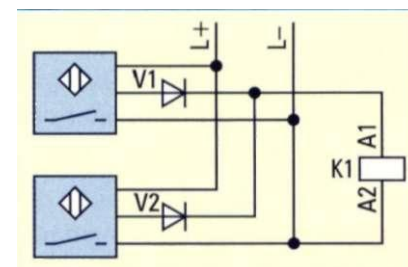
Obr. 1: Kapacitní a indukční optický přibližovací spínač



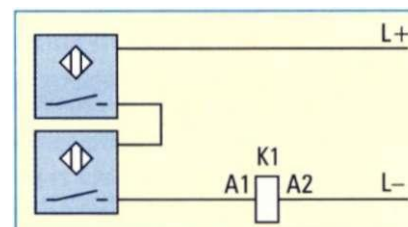
Obr. 2: Druhy připojení



Obr. 3: Provedení s PNP tranzistorem a provedení s NPN tranzistorem



Obr. 4: Paralelní zapojení



Obr. 5: Sériové zapojení

6.3.6 Spínače pro stroje a zařízení

U elektrického vybavení průmyslových strojů, např. obráběcích strojů, se používají spínače, aby bylo možné stroj úplně odpojit od sítě, např. při údržbě a čištění.

Hlavní vypínače bývají umístěny na centrálním místě zařízení, např. ve skříňovém rozváděči. Mají polohu zapnuto (I) vypnuto (0) s pevnými zářkami. Hlavní vypínače musí být dostupné, zvenku ovladatelné, tzn. bez otírání krytu.

Hlavní vypínače se zapínají většinou bez zátěže. Vypínač však musí být schopen zapnout jmenovitý proud stroje. Části vypínače, které jsou pod napětím, např. svorkovnice na straně sítě, musí být chráněny proti náhodnému dotyku, např. krytem svorkovnice s varovným označením „Varování před nebezpečným elektrickým napětím“. Ovládací páka hlavního vypínače je černá nebo šedá.

Hlavní vypínače jsou ručně ovládané vačkové vypínače s uzamykatelnou polohou vypnuto.

Hlavní vypínače s funkcí nouzového vypnutí slouží k okamžitému zastavení stroje nebo zařízení v případě nebezpečí (**obr. 1**). Navenek se liší od hlavních vypínačů červeným držadlem na žlutém podkladu.

Jako hlavní a nouzové vypínače se používají např. zátěžové odpojovače, výkonové vypínače, ale také odpojovače s předstihem odpojovanými pomocnými kontakty. Pomocný kontakt odpojí řídicí obvody stykačů od sítě dříve, než pak odpojí bez proudu hlavní kontakty. Ty se odpojí až poté když odpojovač není pod proudem.

Nouzový vypínač. V případě nebezpečí pro obsluhu nebo zařízení, musí být možné zařízení odpojit nouzovým vypínačem z každého místa obsluhy. Ovládací páka nouzového vypínače musí být označena červeně na žlutém podkladu.

Spotřebiče, jejichž výpadek může znamenat ohrožení osob nebo zařízení, nesmí být nouzovým vypínačem odpojeny.

Přístrojové spínače (vačkové spínače, **obr. 2**) se používají ke spínání obvodů spotřebičů, např. varné plotýnky se šesti výkonovými stupni (**strana 248**) nebo ke změně směru točení motorů. Pro nutnou záměnu fází se používá vícepolohový přepínač (**obr. 3**).

U vačkového spínače jsou spínací kontakty ovládané vačkami na otočném hřídeli. Hřídel se otočným přepínačem natočí do určité polohy. Úhel natočení, diagram sepnutí (5 spínačů) a schéma propojení (10 svorek) podávají informaci o možnosti použití a funkci vypínače (**obr. 3**).

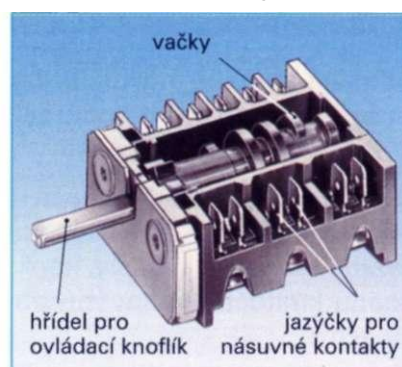
Ovládání kontaktů otočného vypínače (**obr. 3**) má polohy 315° (360° - 45°) a 45°. Z diagramu sepnutí je patrné, že při 45° jsou propojeny přes kontakty svorky 3 a 4 (L2 do VI), 5 a 6 (L1 do U1) a 9 a 10 (L3 do W1). Propojení kontaktů je označeno v diagramu sepnutí křížkem (x).

Otázky pro opakování

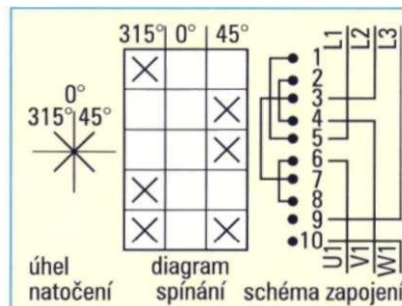
- 1 Uved'te rozdíl mezi spínačem a tlačítkem
- 2 Jak poznáte ve schématu zapojení ovládané spínací kontakty?
- 3 Při jakých činnostech se musí stroje odpojovat od sítě?
Jaké přibližovací spínače se používají pro sledování pohybu předmětů: a) kovů a b) plastů?



Obr. 1: Hlavní vypínač s funkcí nouzového vypnutí



Obr. 2: Vačkový spínač



Obr. 3: Spínací diagram otočného spínače

6.4 Elektromagnetické spínače

Relé a stykače se většinou skládají z cívky a spínacích kontaktů (**tabulka**), proto se nazývají také elektromagnetické spínače. V přehledu jsou obsaženy nejdůležitější pojmy a výběrová kritéria pro relé a stykače.

Relé a stykače pracují na stejném funkčním principu. Zabudované kontakty jsou ovládnuty mechanicky kotvou elektromagnetu při průchodu proudem cívky.

U relé nebo u stykače jsou kontakty a cívka od sebe galvanicky odděleny.

Při oddělení ovládacího a spínacího obvodu je možné sepnout malým ovládacím proudem větší proud. Proto rozlišujeme ovládací obvod a hlavní neboli pracovní obvod.

Relé se používají hlavně ke spínání menších výkonů. Mají jednoduše rozpínané spínací kontakty (**obr. a**) a jsou proto určeny pro malá spínaná napětí.

Stykače se používají ke spínání středních a velkých výkonů. Mají můstkové (zdvojené) spínací kontakty (**obr. b**).

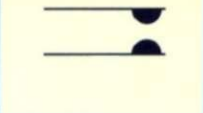
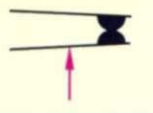
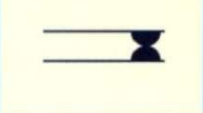
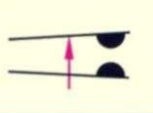
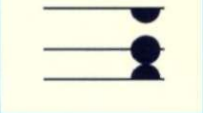
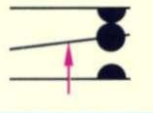
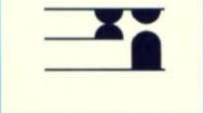
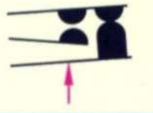
Relé mají jednoduše rozpínané kontakty, hlavní obvody stykačů se přerušují můstkovými kontakty.

6.4.1 Relé

Konstrukci relé ukazuje **obrázek 1, str. 86**. Pokud přivedeme napětí na vinutí budicí cívky, vzniká průchodem proudem magnetické pole. Tím se přitáhne kotva z měkkého železa, která ovládá kontakty. Rozpínací kontakt se rozezne a pracovní kontakt se sepe. Pružina vrátí po odpojení vinutí cívky kotvu s kontakty do původní klidové polohy.

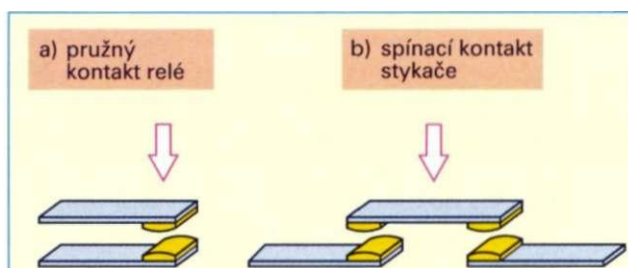
Kontakty mohou mít podobně jako spínače a tlačítka různé funkce jako např. spínací, rozpínací nebo přepínací (**tabulka**).

Pro rozsáhlé nebo složité spínání se používají tzv. pérové svazky. Ty se skládají ze základních kontaktů, např. následný střídavý kontakt se skládá ze spínacího a rozpínacího kontaktu. Při přitažení kotvy je sepnut spínací kontakt dříve než se rozezne rozpínací kontakt.

Druh kontaktu	Stav kontaktů	
	relé bez proudu	relé pod proudem
spínací kontakt (pracovní kontakt)		
rozpínací kontakt (klidový kontakt)		
střídavý kontakt (přepínací kontakt)		
následný střídavý kontakt (bez přerušení)		

Přehled: Kritéria pro výběr relé a stykačů

- **Spínaný výkon:** Výkon, na který jsou dimenzovány elektromagneticky ovládané kontakty. Je závislý na materiálu kontaktů a na druhu zatížení.
- **Napětí cívky:** Jmenovitá hodnota ovládacího napětí cívky.
- **Druh proudu:** Střídavý proud (AC) nebo stejnosměrný proud (DC). Z určitého druhu ovládacího proudu mohou být odvozovány určité funkce, jako např. správné polování stejnosměrného buzení polarizovaného relé.
- **Trvalý spínaný proud:** proud, který za normálních provozních podmínek může trvale procházet kontakty (trvalý termický proud).
- **Spínací napětí:** Nejvyšší přípustné napětí na rozpojeném kontaktu.
- **Budicí napětí:** Napětí, při kterém elektromagnetické spínače právě ještě pracují.
- **Přidržené napětí:** Při poklesu budicího napětí pod tuto hodnotu odpadne kotva elektromagnetického spínače do klidového stavu.



Obr.: Spínací kontakty u relé a stykače

Monostabilní relé odpadnou po odpojení budicího proudu zpět do klidové polohy.

Bistabilní relé zůstávají po vypnutí budicího napětí v poloze navozené budícím impulzem.

- **Polarizovaná bistabilní relé** změní při vybuzení stav zapnutí podle směru proudu v cívce.
- **Remanentní relé** zaujmou při budícím proudovém impulzu určitou polohu a jsou v této poloze držena zbytkovým magnetismem (remanencí) feromagnetického jádra. Proudovým impulzem opačného směru změní kontakty svoji polohu.

Bistabilní relé potřebují k ovládní stejnosměrné napětí střídavé polarity.

Konstrukce relé je určena požadovanou funkcí. Rozlišujeme např. relé pro velké spínací výkony (**obr. 1**), krabicová relé pro montáž na desku plošných spojů (**obr. 2**) nebo jazýčková relé (**obr. 3**).

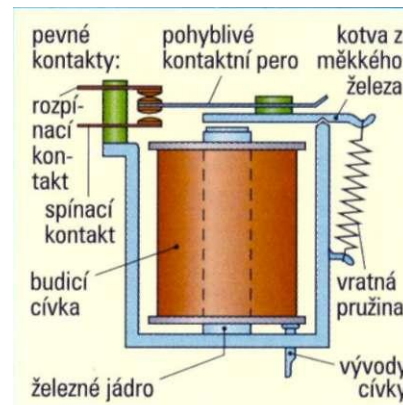
Jazýčková relé se skládají z cívky a pružných jazýčkových kontaktů, které jsou kvůli ochraně před znečištěním a korozi zataveny ve skleněné trubce plněné ochranným plynem. Tyto kontakty se nazývají jazýčkové. Vyrábějí se jako spínací nebo přepínací kontakty. U jazýčkových relé je jazýčkový kontakt ovládán magnetickým polem proudu, který prochází cívkou. V nouzových hlásičích jsou jazýčkové kontakty většinou ovládnány permanentními magnety.

Bimetalová relé jsou elektrotepelná relé. Bimetalový pásek je nepřímou zahříván izolovaným tepelným vinutím a při prohnutí spíná nebo mechanicky rozpíná spojené kontakty. Taková relé mají dlouhou reakční dobu při spínání i rozpínání (1 až 40 sekund) a používají se např. ve zpožďovacích obvodech.

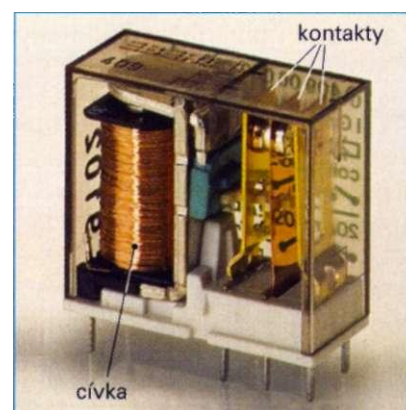
U relé pro provoz na stejnosměrné nebo střídavé napětí (**obr. 4**) se do vstupního obvodu zapojuje můstkový usměrňovač. Při ovládní střídavým napětím přemění usměrňovač střídavé napětí na stejnosměrné. Při řízení stejnosměrným napětím slouží usměrňovač jako ochrana proti přepólování. Jako indikace provozu se většinou užívá LED dioda s předřazeným rezistorem zapojená paralelně k cívce relé. Varistor na vstupních svorkách chrání můstkový usměrňovač a LED diodu před přepětím.

Stejnosemřná relé s vestavěným usměrňovačem nevykazují rušivý síťový brum. Používají se např. při řízení elektrických akumulacích kamen.

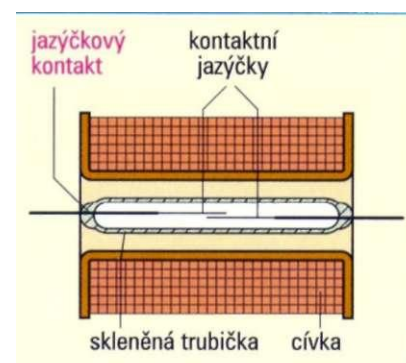
Polovodičová relé se označují také jako solid-state relé (pevné relé bez pohyblivých dílů). Nemají žádné pohyblivé části, skládají se jen z elektronických součástí. Polovodičová relé proto pracují bez opotřebení a bezhlučně. Místo kontaktů mají výkonové polovodičové součástky, např. výkonové tranzistory, tyristory nebo triaky (**str. 217**). Galvanického oddělení řídicího a spínaného obvodu se docílí použitím optoelektrických členů.



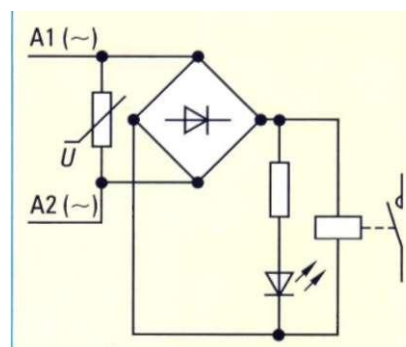
Obr. 1: Konstrukce relé



Obr. 2: Křabicevé relé



Obr. 3: Základní konstrukce jazýčkového relé



Obr. 4: Relé na stejnosměrné i střídavé napětí

6.4.2 Stykače

Stykače se používají v ovládacích obvodech, např. jako řídicí stykače pro střední výkony. Zařízení s větším výkonem, např. motory, jsou napájena přes výkonové stykače. Stykače a relé mají podobnou konstrukci, princip i charakteristické parametry. Když přivedeme napětí na svorky cívky, vzniká magnetické pole. Kotva s pohyblivými kontakty je přitažena (obr.). Pohyblivé kontakty spojí s pevnými kontakty (spínací) nebo přeruší stávající spojení (rozpínací).

U stykačů jsou hlavní proudové kontakty (výkonové kontakty) spínací. Pomocné kontakty (řídicí) jsou spínací nebo rozpínací.

Výměnou jednotlivých částí, např. sady kontaktů nebo cívky, je možno stykač upravit pro jiné napětí, nebo vybavit jiným typem kontaktů.

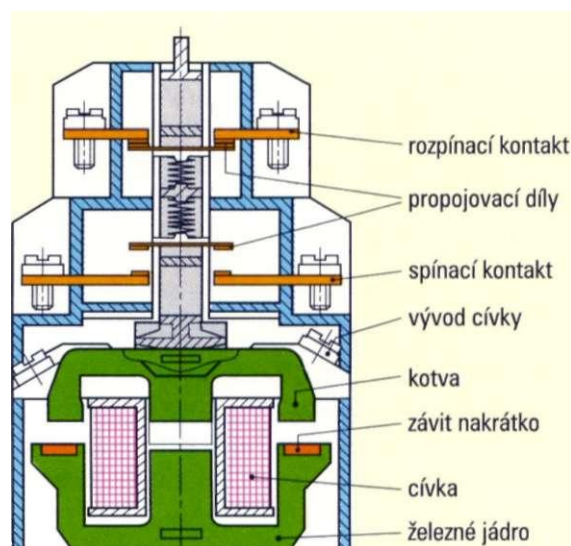
Stykače se rozdělují do kategorií podle druhu proudu a použití (tabulka). Příslušná kategorie použití musí být na stykači uvedena.

Podle použití rozlišujeme stykače na výkonové a pomocné, podle druhu spínaného proudu na stykače pro střídavý proud (AC) a stykače pro stejnosměrný (DC). Zařazení do kategorie použití usnadňuje volbu vhodného stykače.

Stykače nevyžadují téměř žádnou údržbu. Při 500 sepnutí za hodinu a provozu 8 hodin denně se doporučuje kontrola funkce stykačů jednou za rok. Doba údržby stykačů se však většinou stanoví podle namáhání a podle životnosti udávané výrobcem.

Otázky pro opakování

- 1 Jaký je rozdíl mezi kontakty u relé a u stykačů?
- 2 Co se rozumí pod pojmem budicí napětí u relé?
- 3 Popište funkci: a) monostabilního a b) bistabilního relé.
- 4 Jak je ovládán kontakt jazýčkového relé?
- 5 Jak docílíme galvanické oddělení řídicího obvodu od spínaného obvodu u polovodičového relé?
- 6 Co znamená údaj AC-1 na typovém štítku stykače?
- 7 Podle čeho a do jakých kategorií se rozdělují stykače?



Obr.: Konstrukce stykače

Tabulka: Kategorie použití stykačů (podle normy DIN)	
Výkonové stykače na střídavý proud	
AC-1	Pro neindukční nebo slabě indukční zatížení, např. odporové pece.
AC-2	Pro motory s kroužkovou kotvou: spouštění, vypínání
AC-3	Pro motory s klecovým rotorem: spouštění, vypínání
AC-4	Pro motory s klecovým rotorem: spouštění, brzdění protiproudem, reverzace, ťukací provoz
AC-5a	K zapínání zářivkových svídel
AC-5b	K zapínání žárovkového osvětlení
AC-6a	K zapínání transformátorů
AC-6b	K připojování bloků kondenzátorů
AC-7a	K zapínání přístrojů v domácnosti s charakterem částečně indukční zátěže a podobné použití
AC-7b	K zapínání motorů v domácnosti
Výkonové stykače na stejnosměrný proud	
DC-1	Pro neindukční nebo slabě indukční zátěže, např. odporové pece
DC-3	Pro derivační motory: spouštění, brzdění protiproudem, reverzaci a ťukací provoz
DC-5	Pro sériové motory: spouštění, brzdění protiproudem, reverzaci a ťukací provoz
DC-6	Zapínání žárovkového osvětlení
Pomocné stykače na střídavý proud	
AC-12	K řízení ohmické a polovodičové zátěže ve vstupních obvodech synchronizátorů
AC-13	K řízení polovodičové zátěže oddělené transformátorem
AC-14	K řízení malé elektromagnetické zátěže (≤ 72 VA)
AC-15	K řízení elektromagnetické zátěže (> 72 VA)
Pomocné stykače na stejnosměrný proud	
DC-12	K řízení odporové a polovodičové zátěže ve vstupních obvodech optoelektrických členů
DC-12	K řízení elektromagnetické zátěže
DC-12	K řízení elektromagnetické zátěže s omezozacími rezistory v proudovém obvodu

6.4.3 Zpožděné elektromagnetické spínače

Zpožděné elektromagnetické spínače (reagující v závislosti na čase) se v řídicí technice nazývají také časová relé. Mají přípoj k napájecímu napětí a kontakt bez elektrického potenciálu, který je většinou proveden jako střídavý kontakt. Nastavovacím šroubem se nastavuje časové zpoždění (**obr. 1**).

Časová relé se používají např. při řízení časově odstupňovaného spínání.

Časová relé jsou většinou vybavena elektronickými spínacími obvody. Mají proto velkou přesnost, krátkou dobu návratu do výchozího stavu a stálou přesnost při opakování. Elektronická časová relé umožňují většinou použití různých napájecích napětí, např. DC 24 V - 230 V a AC 24 V - 230 V.

Pro různá použití jsou k dispozici různé typy časových relé (**přehled**). Mnozí výrobci nabízejí kromě toho tzv. **multifunkční relé**. Spojují více funkcí v jednom přístroji. Požadovanou funkci je možno nastavit přepínačem.

Multifunkční relé je možno používat pro různé časově řízené postupy.

Působení časových relé se znázorňuje v časovém diagramu. Tento diagram ukazuje poměry v časovém relé v závislosti na řídicích signálech a času (**obr. 2**).

Přehled: Druhy provedení časových relé (výběr)

- zpožděné vybuzení
- zpožděný odpad
- pulzující
- spínací impulzní
- rozpínací impulzní



Obr. 1: Časové relé

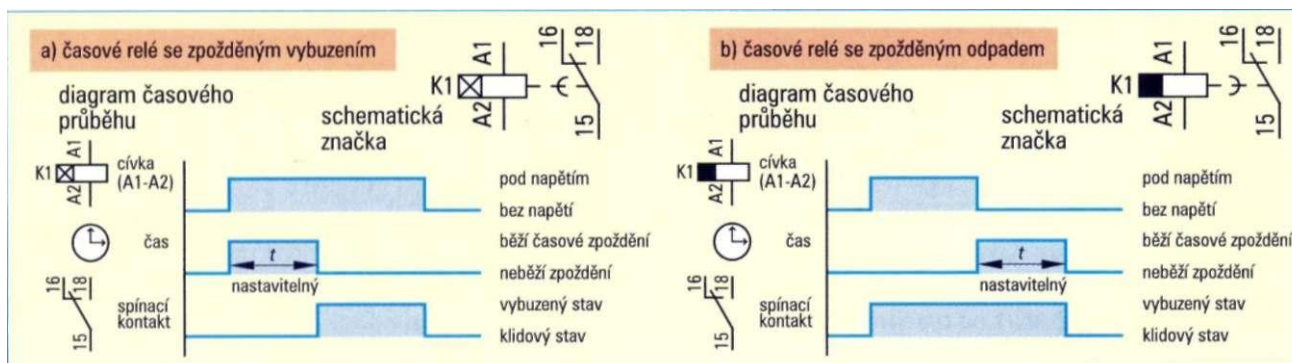
U **relé se zpožděným vybuzením** (**obr. 2a**) se po připojení napájecího napětí nastartuje doba zpoždění. Po jejím uplynutí dojde k přestavení kontaktů. Do původní polohy zpět se kontakt vrátí až po přerušení budicího napětí. U relé se zpožděným vybuzením má být po přepnutí řídicí napětí odpojeno.

Časová relé se zpožděným odpadem jsou většinou připojena na síť a na řízení. Krátký budicí impuls vybudí relé a odstartuje dobu zpoždění odpadu. Ze sítě je dodáván proud ještě určitou dobu po odpojení buzení. U těchto relé je kontakt přestaven okamžitě po zapnutí relé a vrátí se po odpojení řídicího napětí a po uplynutí nastavené doby (**obr. 2b**).

Impulzní časová relé se používají tehdy, když zapínací nebo vypínací signál potřebujeme jen krátkou dobu, např. u čítače impulzů.

Spínací impulzní relé dávají na výstupu impuls nastavené délky po přivedení budicího napětí.

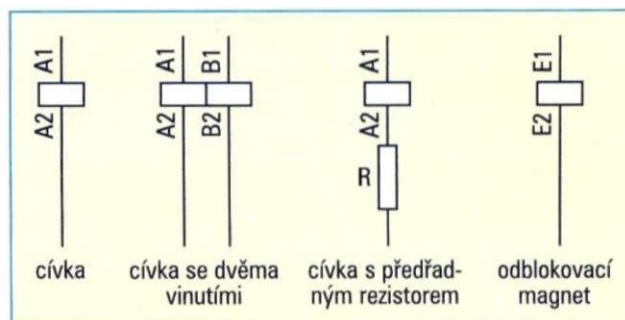
Rozpínací impulzní relé dávají na výstupu impuls nastavené délky po odpojení budicího napětí.



Obr. 2: Časové relé se zpožděným vybuzením a časové relé se zpožděným odpadem

6.4.4 Značení svorek a kontaktů elektromagnetických spínačů

Značení svorek stykačů je normalizováno ČSN. Vývody cívek jsou na rozdíl od vývodů kontaktů značeny alfanumericky (**obr. 1**). Cívka stykače má označení vývodů A1 a A2. Vývod s nižším, lichým číslem, např. A1 je na straně řízení, např. řídicího tlačítka S2 na **obr. 2**, str. 95. vývod s vyšším sudým číslem je spojen přímo s napájením, např. s neutrálním vodičem.



Obr. 1: Značení vývodů cívek stykače

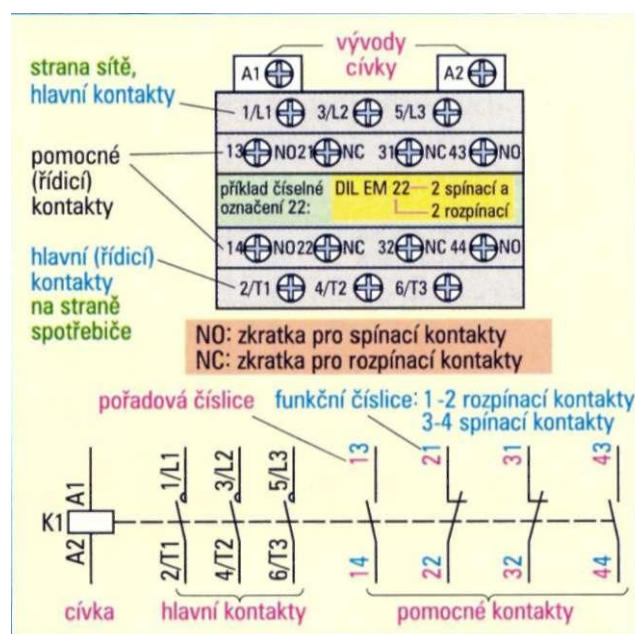
U cívek se dvěma vinutími jsou vývody prvního vinutí značeny A1, A2, vývody druhého vinutí B1 a B2.

Hlavní kontakty. Značení se provádí jednomístnými čísly a alfanumerickým systémem (**obr. 2**). Svorky s lichými čísly, tedy 1, 3, a 5 se připojují na síť na svorky se sudými čísly 2, 4 a 6 se připojují ke spotřebiči, např. motoru. Dodatečně se mohou tyto svorky značit L1, L2, L3 nebo T1, T2, T3 (**obr. 2**).

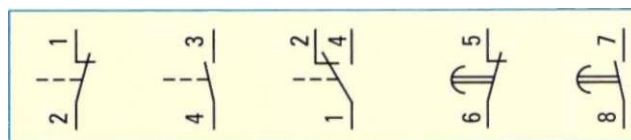
Řídící (pomocné) kontakty mají dvoumístná označení, která se skládají ze dvou číslic. První označuje pořadí a druhá funkci (**obr. 2**).

Na prvním místě je **pořadová číslice**, např. číslo 1 u spínacího kontaktu 13-14. Druhý kontakt má pro odlišení na prvním místě číslici 2, např. rozpínací kontakt 21-22. Směr počítání je přitom zleva doprava při pohledu na stykač shora. U stykačů s vícepatrovým uspořádáním kontaktů začíná číslování v patře, které leží blíže k rovině upevnění stykače.

Funkční číslice jsou na druhém místě značení kontaktů (**obr. 3**). U spínacího kontaktu 13-14 jsou to čísla 3 a 4. Rozpínací kontakty se značí funkčními čísly 1 a 2, střídací kontakty 1, 2 a 4. Pomocné kontakty se zvláštní funkcí, např. se zpožděným ovládním mají vyhrazeny funkční čísla 5 a 6 pro funkci spínání a čísla 7 a 8 pro funkci rozpínání. Pokud mají střídací kontakty zvláštní funkci musí se použít čísla 5, 6 a 8, např. u časového relé, jak je na **obr. 2**, str. 88.



Obr. 2: Svorky stykače



Obr. 3: Funkční číslice u pomocných kontaktů

Vývody s lichými funkčními číslicemi, např. 1 nebo 3, se mají v řídicím obvodu podle možnosti připojit blíže k přívodu, např. k L1.

Číselná označení udávají druh a počet ovládacích kontaktů u spínacích přístrojů, např. u stykačů. Číselná označení jsou dvoumístná. První číslice udává počet spínacích kontaktů, druhá číslice počet rozpínacích kontaktů. Stykač s číselným označením 53 má např. 5 spínacích a 3 rozpínací kontakty. Stykač s číselným označením 05 nemá žádný spínací kontakt a 5 kontaktů rozpínacích.

6.5 Instalační zapojení

6.5.1 Instalační zapojení s vypínači

Tabulka obsahuje nejdůležitější instalační zapojení s vypínači

Tabulka: Instalační obvody		
Instalační zapojení s jedním vypínacím místem		
Přehledový plán	Schéma zapojení	Použití a popis funkce
<p>jednopolový vypínač</p>		<p>Zapínání a vypínání světel nebo elektrických předmětů.</p> <p>Fázový vodič L1 je připojen přes vypínač Q1 ke svítidlu.</p> <p>Vypínač má jednu kolébku a dvě vývodové svorky.</p>
<p>dvupólový vypínač</p>		<p>Nezávislé zapínání např. dvou nebo více svítidel.</p> <p>Fázový vodič L1 je připojen přes vypínač Q1 ke svítidlu E1, přes vypínač Q1.2 ke svítidlu E2.</p> <p>Sériový vypínač má dvě kolébky a tři připojovací svorky. Fázový vodič L1 je na vyznačené vstupní svorce.</p>
<p>spínání v určeném pořadí dvupólovým vypínačem</p>		<p>Zapojení dvou spotřebičů za sebou. Topení je dvupólovým vypínačem možné zapnout, je-li v provozu motor ventilátoru.</p> <p>Fázový vodič L1 se vede přes vypínač Q1.2 k motoru ventilátoru a jen při zapnutém ventilátoru přes vypínač Q1.1 k topení. Fázový vodič L1 je připojen na výstupní svorku vypínače Q1.2</p>
Instalační zapojení s více vypínacími místy		
Přehledový plán	Schéma zapojení	Použití a popis funkce
<p>střídavé přepínání</p>		<p>Zapínání světel nebo spotřebičů ze dvou míst, dvěma přepínači např. na chodbě.</p> <p>Fázový vodič L1 je veden přes vypínač Q1, vodič a vypínač Q2 ke svítidlu E1.</p> <p>Střídavý vypínač má jednu kolébku a připojovací svorky.</p>
<p>úsporné střídavé přepínání</p>		<p>Střídavé zapojení s možností rozšíření na zásuvky, protože fázový vodič L1 je připojen trvale ke každému vypínači.</p> <p>Fázový vodič L1 a spínací vodič jsou připojeny k oběma vypínačům Q1 a Q2. Oproti běžnému střídavému zapojení je zde jen jeden vodič.</p>
<p>křížové spínání</p>		<p>Zapínání jednoho svítidla nebo jejich skupin ze tří či více míst.</p> <p>Křížové spínání se provádí ze dvou střídavých vypínačů a libovolného počtu křížových vypínačů. Křížový vypínač Q2 zamění při každém sepnutí vodiče mezi spínači Q1 a Q3.</p> <p>Křížový vypínač má jednu kolébku a čtyři přípojné svorky.</p>

Střídavé přepínání. Fázový vodič L1 je připojen ke vstupní svorce* střídavého přepínače Q1, spínací vodič a vypínač Q2 ke svítidlu. Oba korespondující vodiče spojují obě volné svorky střídavého přepínače Q1 a Q2.

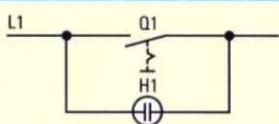
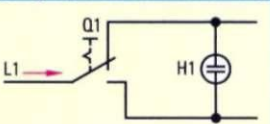
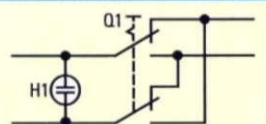
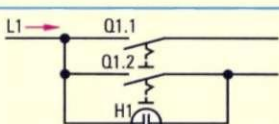
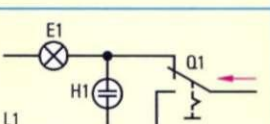
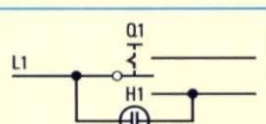
Úsporné střídavé přepínání. Vstupní svorky střídavých přepínačů Q1 a Q2 jsou spojeny jedním korespondujícím vodičem, který je připojen na první neobsazenou svorku přepínačů Q1 a Q2, fázový vodič L1 vždy na druhou volnou svorku přepínačů Q1 a Q2. Úsporné střídavé zapojení usnadňuje připojení zásuvek nebo svítidel v blízkosti vypínače. Nemůže být ale rozšířeno na křížové zapojení.

Křížové spínání. Křížové spínání se skládá ze dvou střídavých přepínačů na koncích trasy a z libovolného počtu křížových přepínačů mezi nimi. Obě alternativní vedení střídavého zapojení jsou vedena přes křížový přepínač tak, že v každé poloze křížového přepínače spojují střídavé přepínače Q1 a Q2. V nových zařízeních s reléovým spínáním se většinou nahrazuje křížové zapojení impulsními spínači.

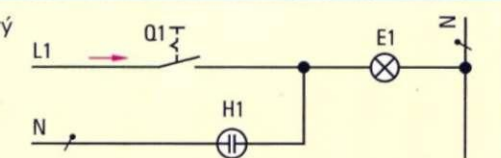
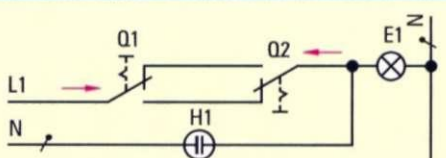
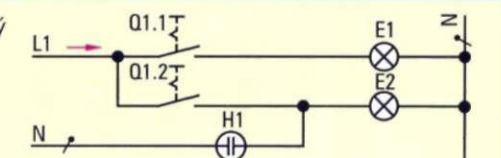
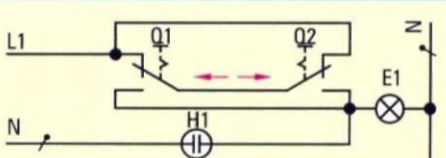
6.5.2 Spínače s osvětlením a spínače s indikací provozu

Osvětlení doutnavkami se zapojuje tak, aby byla doutnavka při rozpojeném spínacím kontaktu zapojena v sérii s osvětlením místnosti (**tab. 1**).

Předpisy o uspořádání pracovišť vyžadují z bezpečnostních důvodů snadnou přístupnost a orientační osvětlení vypínačů ve všech pracovních, odpočinkových, pohotovostních, lůžkových a zdravotnických prostorech. Vypínače s orientačním osvětlením musí být umístěny v blízkosti vchodů a východů na chodbách a schodištích.

Tabulka 1: Osvětlení nástěnných vypínačů (zapojení doutnavky)			
<p>jedno-pólový vypínač</p> 	<p>střídavé přepínání</p> 	<p>křížový přepínač</p> 	
<p>dvou-pólový vypínač</p> 	<p>úsporné střídavé přepínání</p> 	<p>skupinové spínání</p> 	

Indikaci provozu, např. svítidla, lze provést také odpovídajícím zapojením doutnavky (**tab. 2**). Pro připojení indikace provozu musí být neutrální vodič při nové instalaci nebo dodatečně přiveden k vypínačům.

Tabulka 2: Indikace provozu zapojených elektrických předmětů na vypínačích			
<p>jednopolový vypínač</p> 	<p>střídavé přepínání</p> 		
<p>dvoupólový vypínač</p> 	<p>úsporné střídavé přepínání</p> 		

* Vstupní svorka přepínačů je označena např. šipkou, vytištěným „P“ nebo barevně.

Otázky pro opakování

- 1 Jak se označují vodiče mezi dvěma střídavými přepínači?
- 2 Čím se odlišuje úsporné střídavé přepínání od střídavého přepínání?
- 3 Z jakých vypínačů se skládá křížové zapojení s pěti zapínacími místy?
- 4 Jak se zapojuje indikace provozu u střídavého spínání?

6.5.3 Instalační obvody s elektromagnetickými spínači

Obvody s elektromagnetickými spínači se skládají z ovládacího obvodu a pracovního proudového obvodu (hlavní proudový obvod).

Spínání impulzem. Impulzové spínače mění stav sepnutí spínacího kontaktu (zapnuto-vypnuto) přepínací mechanikou po každém impulzu přivedeném na cívku spínače (relé). K ovládní lze použít libovolný počet paralelně zapojených ovládacích tlačítek (**obr. 1**). Ovládací obvod je od hlavního obvodu elektricky oddělen. Oba obvody mohou být proto napájeny různým napětím, hlavní obvod např. AC 230 V, ovládací obvod AC 8 V (**obr. 2**). Žárovka E1 se každým ovládacím impulzem na cívku K1 přes kontakt 1-2 zapne nebo vypne.

V těchto obvodech s osvětlenými tlačítky musí být počet tlačítek omezen, protože každá doutnavka zvětšuje proud procházející cívkou spínače o 1,5 mA.

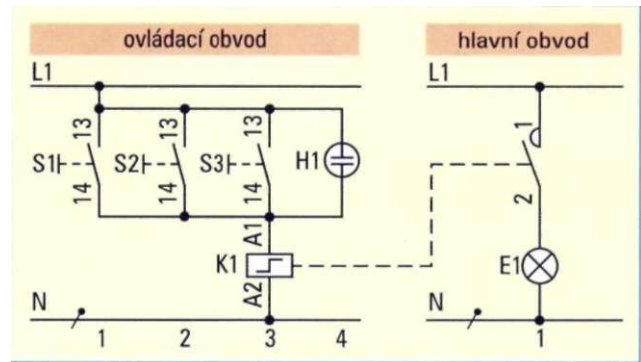
Elektronické impulzové spínače mají vedle vstupu pro impulzy ještě dodatečné ovládací vstupy, jako „centrální spínání“ nebo „centrální vypínání“. Centrální ovládní má tu přednost, že např. ve správních budovách nebo ve školách mohou být všechna světla zapnuta nebo vypnuta z jednoho místa.

Schodišťový automat. Schodišťové časové spínače jsou vypínací zpoždovací relé s nastavitelnou dobou zpoždění. Jsou jako u předchozího zapojení ovládná tlačítky. Hlavní kontakt uzavře po stisknutí jednoho ovládacího tlačítka elektrický obvod osvětlení. Po uplynutí nastavené doby sepnutí přeruší kontakt hlavního obvodu automaticky elektrický obvod osvětlení.

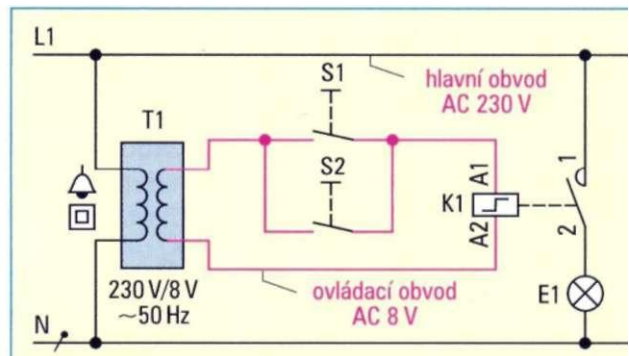
Podle funkce rozlišujeme schodišťové automaty **čtyřvodičové (obr. 3)** nebo **třívodičové (obr. 4)**. U čtyřvodičového zapojení se schodišťovým autematem se ovládá schodišťový časový spínač každým stisknutím ovládacího tlačítka. Nastavená doba začne znovu plynout. U třívodičového zapojení může být časový spínač znovu spuštěn až po uplynutí nastavené doby a vypnutí světél.

U třívodičového zapojení se zapne ovládací elektrický obvod ovládacími tlačítky, která jsou připojena k neutrálnímu vodiči.

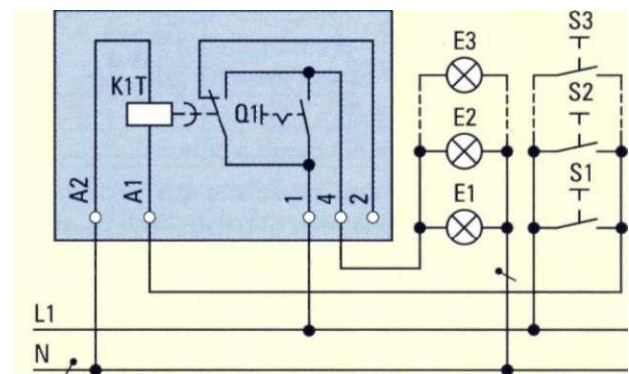
Zapojený spínač Q1 **obr. 3** a **obr. 4** spojí hlavní kontakt schodišťového časového spínače do trvalého provozu.



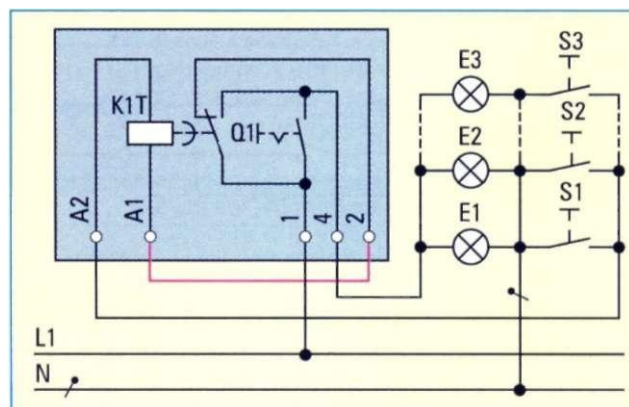
Obr. 1: Zapojení s impulzním relé



Obr. 2: Zapojení s impulzním relé řízeným malým napětím



Obr. 3: Schodišťový automat v zapojení se čtyřmi vodiči



Obr. 4: Schodišťový automat v zapojení se třemi vodiči

6.6 Řídicí a signalizační obvody s elektromagnetickými spínači

V řídicích a signalizačních obvodech pro stroje a zařízení se používají relé nebo stykače, které jsou ovládány např. tlačítky. Požadavky na elektrické vybavení strojů jsou stanoveny v ČSN.

6.6.1 Provozní podmínky a provedení řídicích a signalizačních obvodů

Řídicí elektrický obvod má být vypínatelný jedním hlavním vypínačem stroje. To platí také pro síťový zdroj elektronického řízení, např. pro řídicí jednotku s mikrokontrolérem. Je-li však pro jejich programovou paměť nutné stálé zásobování elektrickou energií, je možné napájení paměti připojit ještě před hlavním vypínačem.

Napájecí zdroje řídicích elektrických obvodů obráběcích strojů se připojují zásadně k řídicím transformátorům s oddělenými vinutími, aby byl minimalizováno působení hlavních elektrických obvodů na elektroniku řídicího obvodu.

Sekundární jmenovité napětí řídicích transformátorů nesmí překročit 277 V.

Jako řídicí transformátory se používají oddělovací transformátory s malým napětím na krátko, tzn. transformátory s tvrdou charakteristikou. Při zvyšujícím se zatížení, např. při připojení stykačů, se mění výstupní napětí jen nepatrně.

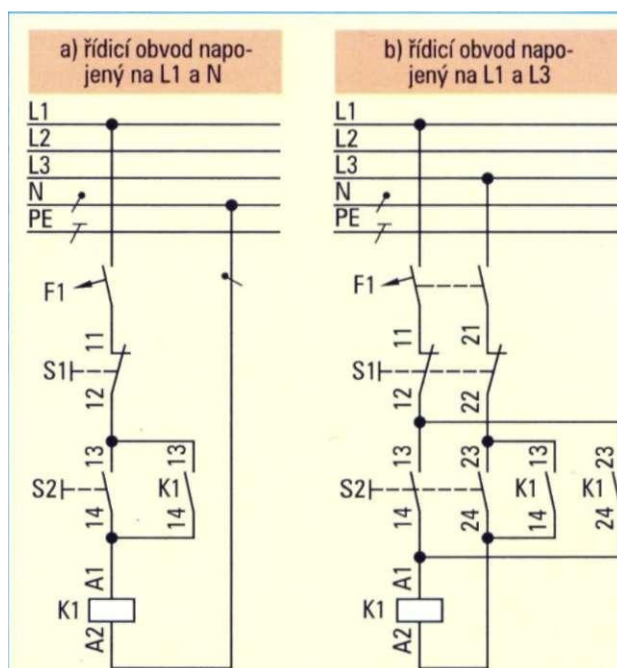
Řídicí transformátory není nutno použít jen u strojů s jedním motorovým spouštěčem a s nejvýše dvěma ovládacími prvky, např. tlačítkem a koncovým spínačem.

Spínací kontakty u relé nebo stykačů pracují spolehlivě jen tehdy, je-li jmenovitého napětí cívky v rozmezí 85 až 100 %. Pokud je pro stykač s konstantním přídržným výkonem zvoleno malé řídicí napětí, stoupá proud cívky. Při větším proudu stoupá také úbytek napětí na řídicím vedení, tzn. že přípustná délka vedení je menší.

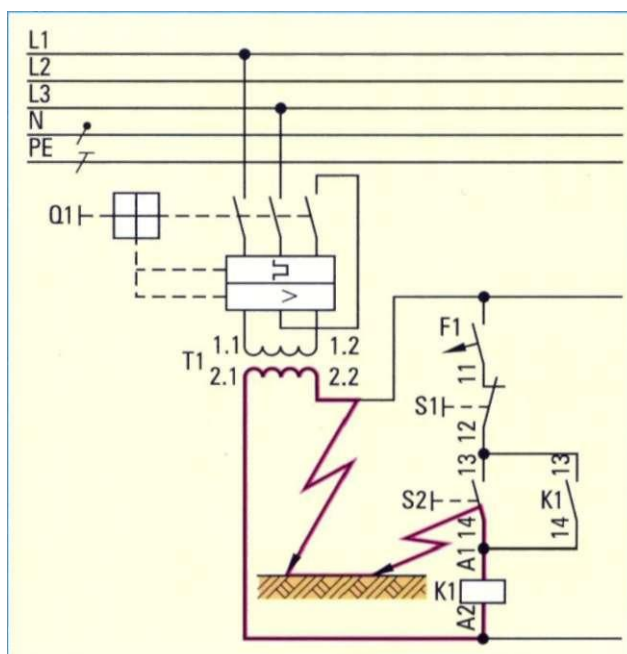
Úbytek napětí na řídicím vedení nesmí překročit 5 % jmenovitého napětí.

Řídicí obvody, které jsou napojeny bezprostředně na síť, mohou být zapojeny jednopólově, pokud se použije k napájení ze sítě jeden fázový vodič a uzemněný nulový vodič (**obr. 1a**). Pokud použijeme řídicí obvod se dvěma fázovými vodiči nebo s jedním fázovým vodičem a neuzemněným nulovým vodičem, musí být obvod zapojen dvoupólově (**obr. 1b**).

Pokud dojde v neuzemněném řídicím obvodu ke dvěma prostorově odděleným spojení se zemí, může např. samovolně sepnout stykač (**obr. 2**).



Obr. 1: Elektrický řídicí obvod napojený přímo na síť



Obr. 2: Zkraty na zem v neuzemněném řídicím obvodu

Toto samovolné sepnutí je z bezpečnostních důvodů nepřijatelné a musí se mu zabránit jednostranným uzemněním řídicího obvodu nebo hlídáním izolačního stavu proti zemi.

Při jednostranném uzemnění řídicího obvodu působí spojení se zemí jako zkrat (obr. 1) a spustí nadproudovou ochranu. U řídicích obvodů s kontrolou izolačního stavu následuje při prvním zkratu (první fáze) na zem signál, při zkratu druhé fáze na zem dojde k odpojení.

V jednostranně uzemněných řídicích obvodech musí být vývod cívky elektromagnetického spínače A2 spojen přímo s uzemněným vývodem transformátoru. Spínací prvky, které přivádějí napětí na cívky nebo jiná zařízení, např. ovládací tlačítka, jsou spojena s neuzemněným výstupem transformátoru.

Při zapojování řídicích obvodů musí být zajištěna mechanická ochrana vedení. K tomu se používají většinou kanály z PVC, které se upevňují na montážní desku pomocí nýtů z PVC. Do drážkovaných stěn kanálů lze ohebné kabely a flexibilní vodiče, např. H07-V, rychle a bezpečně uložit (obr. 2).

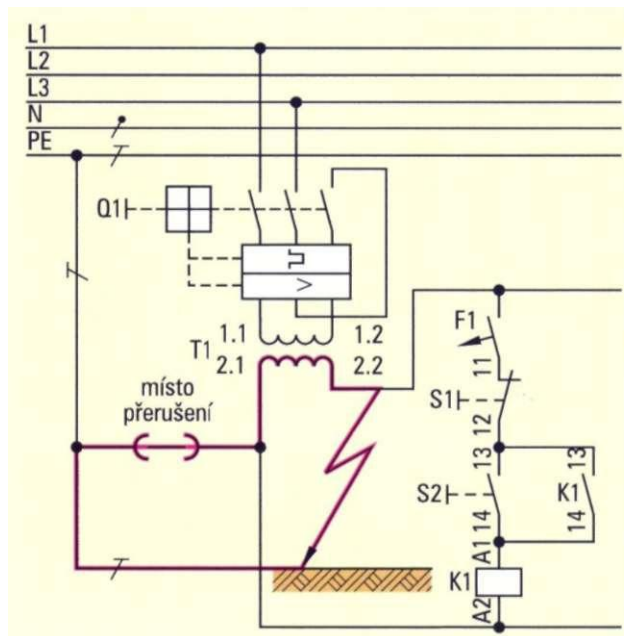
Poškození vodičů ostrými hranami nebo tlakem se musí zamezit např. zapouzdřením nebo uložením do lišt nebo žlabů.

Vodiče, která nejsou uložena v kanálech musí být dostatečně upevněna, např. sepnutím více vodičů do svazku. K sepnutí se používají kabelové svorky z plastu.

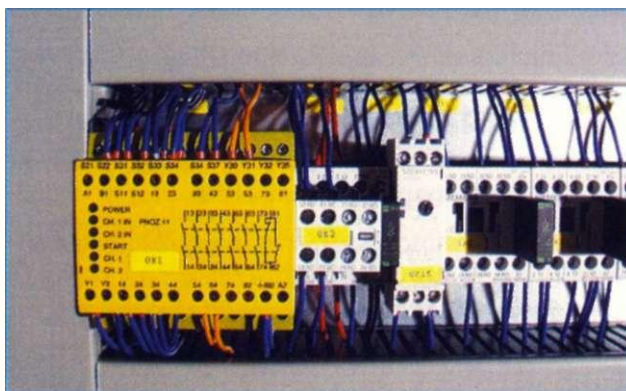
Vodiče různých elektrických obvodů mohou být uloženy vedle sebe, např. v jednom kanálu z PVC, pokud je zaručen je zaručen bezporuchový provoz příslušných obvodů. Pokud jsou v těchto obvodech různá napětí, musí být vodiče odděleny krytkami nebo musí izolace odpovídat nejvyššímu možnému napětí.

Vodiče různých elektrických obvodů mají různá barevná označení, jak je uvedeno v tabulce.

Barevná kombinace zelenožlutá se smí používat výlučně pro ochranné vodiče.



Obr. 1: Napájení jednostranně uzemněného ovládacího obvodu



Obr. 2: Ukládání vodičů v instalačním kanálu

Tabulka: Barevné označení vodičů

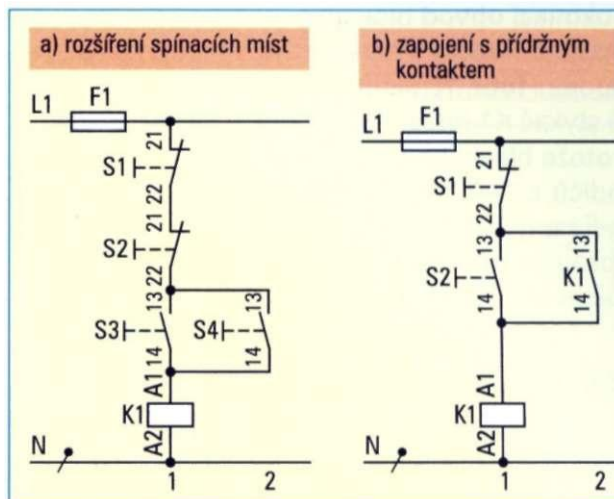
Barva	Použití
černá	hlavní obvody na střídavý a stejnosměrný proud
červená	řídící obvody na střídavý proud
modrá	řídící obvody na stejnosměrný proud
oranžová	blokovací obvody napájené z externích zdrojů
světle modrá	označení neutrálního vodiče
zelenožlutá	ochranné vodiče musí být značeny zelenožlutě na celé délce

6.6.2 Základní obvody se stykači

Při vytváření řízení se spojují do jednoho obvodu např. tlačítka, světelná signalizace a stykače. K tomu se používají základní obvody, např. přídržné nebo blokové obvody, které jsou odpovídajícím způsobem upraveny nebo rozšířeny.

Dodatečná spínací místa vyžadují použití dalších tlačítek. Vypínací tlačítka se doplňují rozpínacími kontakty zapojenými v sérii, např. S1 a S2 na **obr. 1a**.

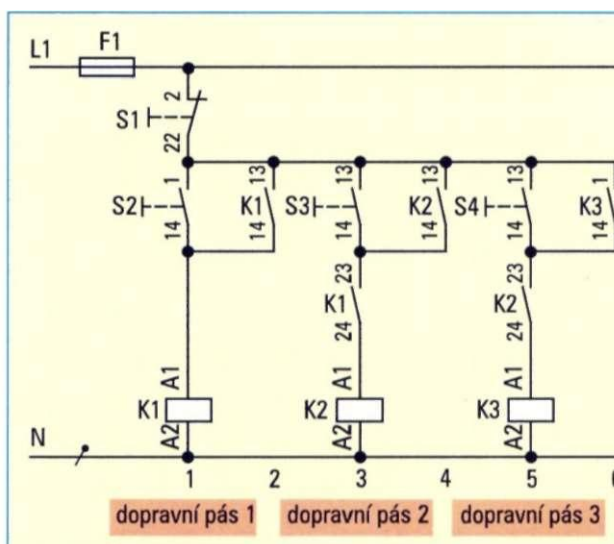
Vypínací tlačítka se zapojují v sérii.
Zapínací tlačítka se zapojují paralelně.



Obr. 1: Základní obvody s tlačítky a stykači

U **přídržného obvodu (obr. 1b)** se připojí cívka stykače krátkodobým stisknutím zapínacího tlačítka S2 k napětí. Vzniklé magnetické pole cívky stykače přitáhne kotvu, která ovládá hlavní a pomocné kontakty. Tím se sepnou kontakt 13-14 stykače K1 v proudové větvi 2 a přemostí tím zapínací tlačítko S2. Když se vrátí tlačítko S2 po uvolnění zpět do klidové polohy, dostává cívka stykače zásluhou sepnutého kontaktu 13-14 (přídržný kontakt) stále napětí. K vypnutí stykače se musí krátce stisknout vypínací tlačítko S1.

Přídržné kontakty jsou zámky stykačů a zapojují se paralelně k zapínacím tlačítkům.

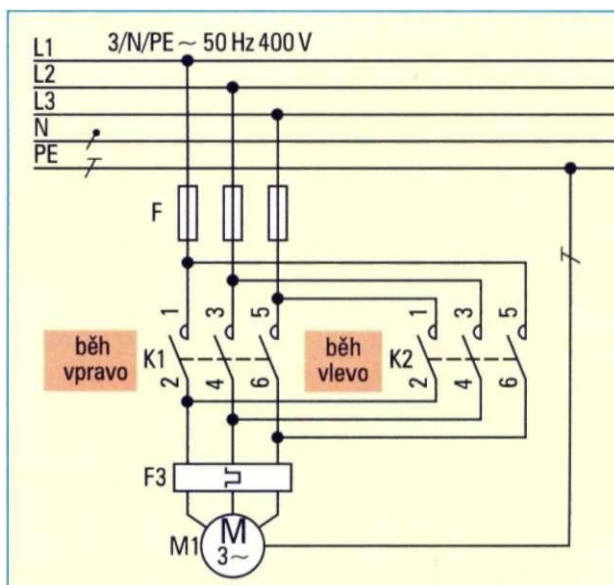


Obr. 2: Řídicí obvod s postupným spínáním

Při výpadku napájecího napětí stykač rozpojí obvod. Znovu je možno stykač zapnout opětovným stisknutím zapínacího tlačítka. Motory strojů se nesmí např. po výpadku sítě znovu samy rozběhnout.

6.6.3 Obvody pro postupné a blované spínání

Postupně přepínaný obvod. V tomto obvodu je spínání možné jen v určitém pořadí. V obvodu na **obr. 2** je možno stykač K2 zapnout jen když je sepnut zapínací kontakt 23-24 stykače K1 v proudové větvi 3. Při ovládání třech dopravníků (**obr. 2**) se zapne přímo dopravník 1. Dopravník 2 je možno zapnout jen je-li v provozu dopravník 1. Dopravník 3 je možno zapnout jsou-li zapnuty dopravníky 1 a 2.



Obr. 3: Obvod s reverzačním zapojením (hlavní proudový obvod) dopravníky 1, 2 a 3 + otáčky vpravo a vlevo

Blokovací obvod blokuje současnou funkci dvou zapojení (otáčky vpravo a vlevo). V reverzačním zapojení (**obr. 1**) nesmí být např. zapojen současně stykač K1 (otáčky vpravo) a K2 (otáčky vlevo), protože hlavní kontakty by přepojením fázových vodičů L1 a L3 způsobily zkrat (**obr. 3, str. 95**). Je-li zapnut stykač K1, brání blokovací kontakt K1 v proudové větvi 3 (rozpínací kontakt 21-22) zapojení stykače K2 (**obr. 2, str. 95**).

6.6.4 Zapojení hvězda–trojúhelník (Y, Δ)

Při spouštění trojfázových motorů je několikanásobně překročen jmenovitý proud. Provozovatelé sítě proto předepisují u motorů od 5,2 kVA vhodný způsob spouštění za účelem zmenšení spouštěcího proudu, např. postupné zapojení hvězda-trojúhelník.

Zapojení hvězda–trojúhelník str. 260

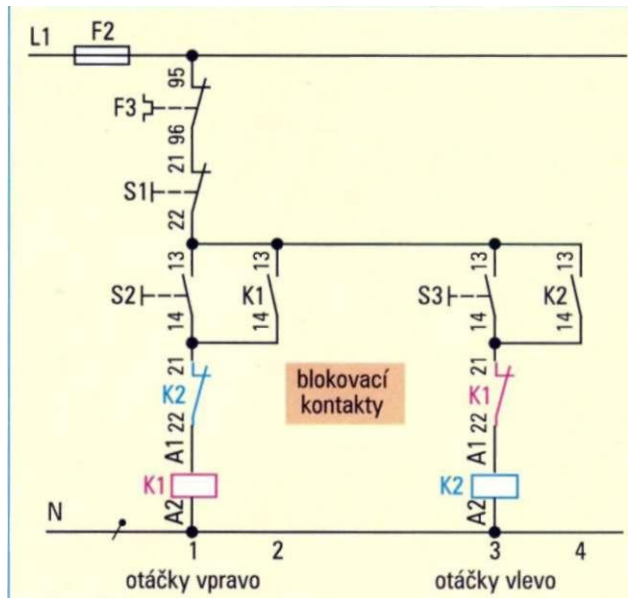
Spouštění hvězda–trojúhelník se může provádět ručními spínači, např. vačkovými, nebo pomocí stykačů.

Nadproudové jističe, které jsou u zapojení hvězda-trojúhelník zapojeny před motorem, jsou nastaveny na 58 % hodnoty jmenovitého proudu (**obr. 2**).

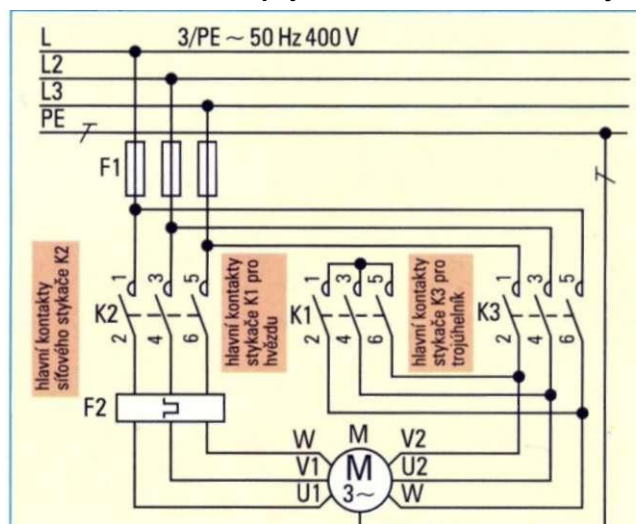
Automatické stykačové zapojení hvězda-trojúhelník (obr. 2 a 3). Stisknutím tlačítka S2 sepne stykač K1 v proudové větvi 1, zároveň se připojí k napětí časové relé K4Tv proudové větvi 2. Kontakty hlavního obvodu K1 (1-2, 3-4 a 5-6) zapojí motor do hvězdy. Spínací kontakt 13-14 stykače K1 v proudové větvi 3 připojí k napětí stykač K2 ve větvi 4. Sepnutí stykačů K1 a K2 je zajištěno v proudové větvi 4 přídržným kontaktem 13-14 stykače K2. Přes sepnuté hlavní kontakty stykačů K1 a K2 v hlavním obvodu běží motor v zapojení do hvězdy.

Po uplynutí nastavené doby zpoždění několika sekund sepne relé K4Ta přeruší rozpínacím kontaktem 15-16 proud ve větvi 1. Tím se sepne kontakt 21-22 stykače K1 v proudové větvi 3 a sepne stykač K3, který zapojí motor do trojúhelníka. Motor běží v zapojení do trojúhelníka.

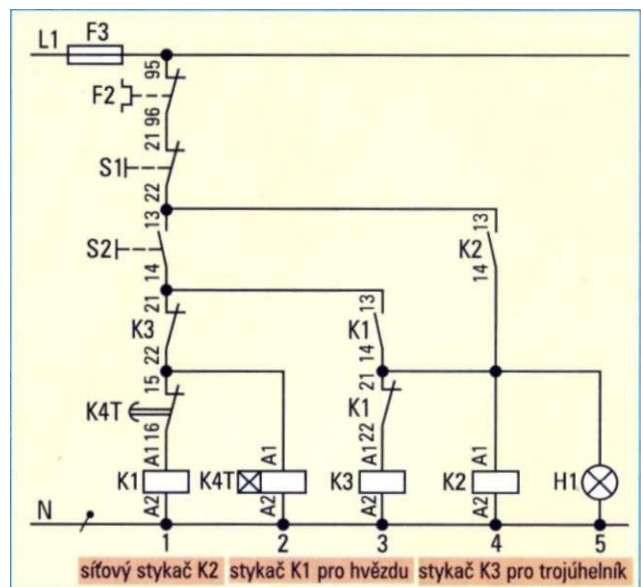
Blokování musí zajistit, aby nemohly být současně zapojeny stykače pro hvězdu i trojúhelník.



Obr. 1: Reverzační zapojení s blokovacími kontakty



Obr. 2: Hlavní obvod při zapojení hvězda-trojúhelník



Obr. 3: Ovládací obvody pro automatické stykačové spouštění motoru zapojením hvězda-trojúhelník

6.6.5 Motor s dělenými vinutími statoru (Dahlanderovo zapojení)

Trojfázové motory s otáčkami přepínatelnými v poměru 1:2, např. 1440/2880 1/min se vyrábějí v Dahlanderově zapojení. Pro malé otáčky je motor zapojen do trojúhelníka, pro velké otáčky do dvojité hvězdy.

Dahlanderovy motory: **str. 263**

Dahlanderovo zapojení se stykači. Stisknutím tlačítka S2 (**obr. 2**) se přitáhne stykač K3 a sám se drží přes kontakt 13-14 v proudové větvi 1. Hlavní kontakty K3 (**obr. 1**) připojí napětí na svorky motoru 1U, 1V a 1W. Tím je motor v provozu na malé otáčky.

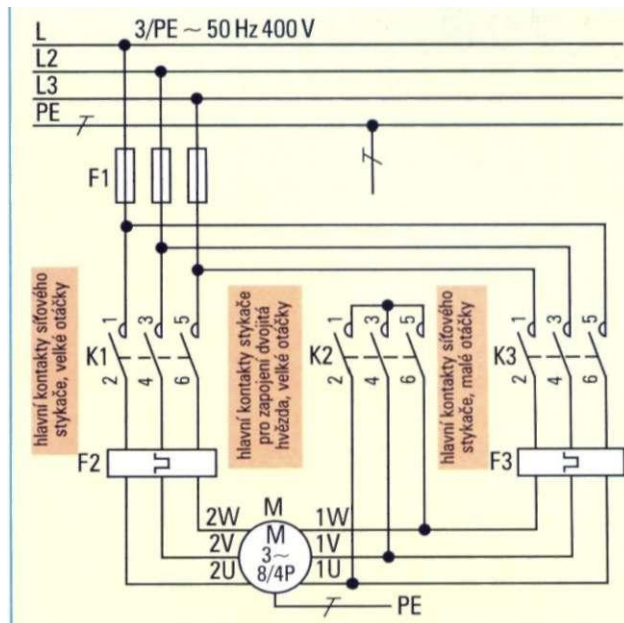
Přepnutí na velké otáčky se provádí tlačítkem S3. Tím přitáhne stykač K2 (stykač dvojité hvězdy) a přes kontakt 13-14 stykače K2 stykač K1 (síťový stykač, velké otáčky). Stykače K1 a K2 se drží samy přes kontakt 13-14 stykače K1 v proudové větvi 4. Aby se zabránilo zkratu v hlavním proudovém obvodu je nutné blokování stykače K2 (stykač dvojité hvězdy) a K3 (síťový stykač pro malé otáčky). K2 spojuje svorky motoru 1U, 1V a 1W do středu hvězdy. Svorky motoru 2U, 2V a 2W jsou připojeny k napětí přes hlavní kontakty stykače K1. Motor je pak v provozu na velké otáčky.

Označení svorek motoru:

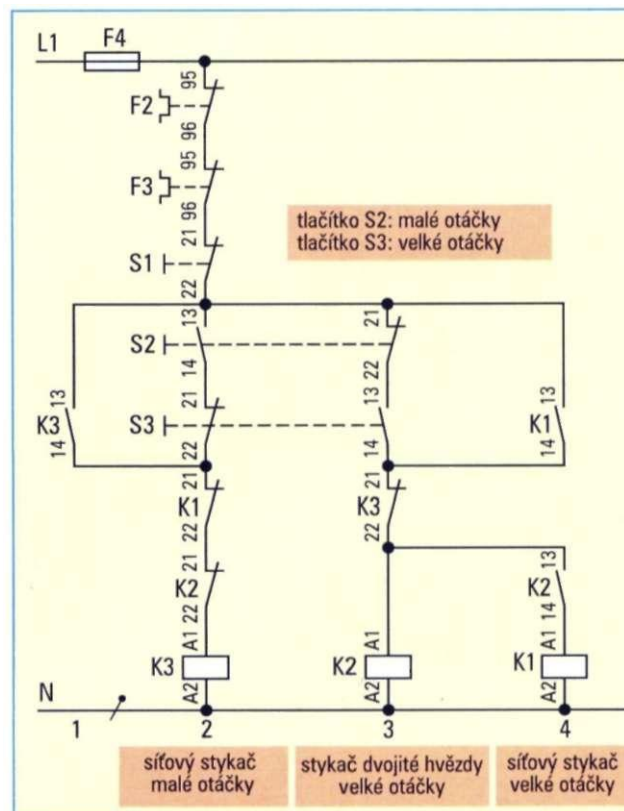
- malé otáčky 1U, 1V, 1W
- velké otáčky 2U, 2V, 2W

Přímé přepnutí z malých otáček na velké není možné, protože přídržný kontakt 13-14 stykače K3 přemostňuje rozpínací kontakt 21-22 tlačítka S3. Přepnutí otáček je možné jen po stisknutí vypínacího tlačítka S1.

Při přímém přepnutí otáček musí být přídržné kontakty 13-14 stykače K3, popř. 13-14 stykače K1 zapojeny tak, aby přemostňovaly jen spínací kontakty ovládacích tlačítek S2 popř. S3.



Obr. 1: Dahlanderovo zapojení (hlavní obvod)



Obr. 2: Dahlanderovo zapojení (ovládací obvod)

U Dahlanderova zapojení je odběr proudu při různých otáčkách různý. Proto je nutná pro každé otáčky vlastní nadproudová ochrana.

Otázky pro opakování

- 1 Jaký úkol mají blokovací kontakty?
- 2 Proč předepisují provozovatelé rozvodných sítí opatření ke zmenšení spouštěcího proudu velkých motorů, např. spouštěním hvězda-trojúhelník?
- 3 V jakém poměru jsou dvoje otáčky u motorů využívajících Dahlanderova zapojení?
- 4 Jak se označují u Dahlanderova zapojení svorky motoru pro: a) malé otáčky b) velké otáčky?

6.7 Malé řídicí přístroje

V české odborné literatuře se za elektrické přístroje považují tyto elektrické předměty: přístroje spojovací, odpojovači a uzemňovací, spínací, jističi a ochranné, spouštěcí, řídicí a regulační a přístroje měřicí.

Pro malé a jednoduché řídicí úkoly v domovní a instalační technice, ale také při konstrukci strojů a přístrojů se používají tzv. malé řídicí přístroje (**obr. 1**). Výrobci je označují jako řídicí relé, logické moduly nebo malé řídicí přístroje a používají se tam, kde nasazení programovatelných automatů (PLC) ještě není hospodárné. Používají se např. pro řízení osvětlovacích zařízení, pro řízení pohonů bran nebo průmyslových strojů.

U zadrátovaných řídicích systémů (bez programové paměti) je každá funkce realizována zapojením přístroje (tj. hardwarově), např. časové relé zajišťuje zpoždění pomocí zpožďovacího obvodu.

Malé řídicí systémy mohou být naprogramovány na provádění i různých funkcí, např. časového relé (**přehled**).

6.7.1 Konstrukce, montáž a připojení

Malé řídicí systémy mají podobně jako programovatelné automaty mikroprocesor, většinou mikrokontrolér, který řídí činnost systému. Používají operační systém, nabízející integrované funkce, které využívá řídicí program uložený v paměti.

Malé řídicí jednotky lze umístit v rozvedech. Mohou se montovat na rozvodnou lištu nebo do žlabu. Potřeba místa je zhruba jako u RCD (proudový chránič). Malé řídicí jednotky se vyrábějí pro různá napájecí napětí, např. pro stejnosměrné napětí 24 V nebo pro střídavé napětí 230 V.

Generátory řídicích signálů (senzory) a výstupní jednotky (aktory) se připojují na vstupní a výstupní svorky řídicího systému.

Napájecí napětí je u malých řídicích systémů většinou zároveň i napájecím napětím senzorů (**obr. 2**).

Ovládací jednotky řídicího systému, např. tlačítka nebo vypínače přivádějí na vstupní svorky logické signály 0 nebo 1.

Logický signál „1“ vzniká, když je na odpovídající vstup přivedeno napětí. Pokud na vstupu není napětí, znamená to stav logický signál „0“.

Na výstupech řídicích systémů jsou většinou relé, která oddělují galvanicky řídicí systém od provozního napětí a od vstupů ovládaných zařízení. To umožňuje přímé zapnutí spotřebičů, popř. ovládnutí stykačů. Pro rychlé spínání se používají řídicí systémy s tranzistorovými výstupy.

Pro účely programování a kontroly signálů na vstupech a výstupech mají malé řídicí jednotky ovládací panel s několika tlačítky a displej **LCD** (**obr. 2**).

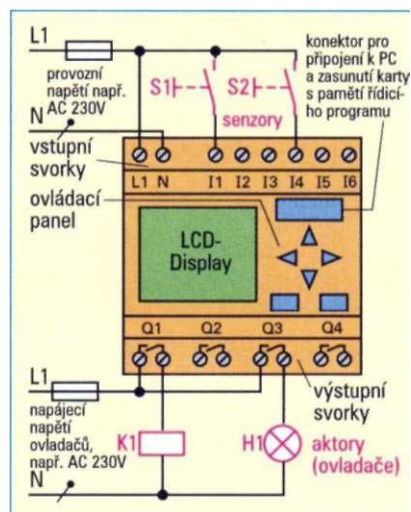
Jednotky bez displeje a ovládacího panelu se používají k řízení, při kterém za provozu nedochází ke změně programu nebo ke změně nastavených hodnot (např. hodnot času nebo počtu opakování). Provozní stav indikují většinou barevné LED.



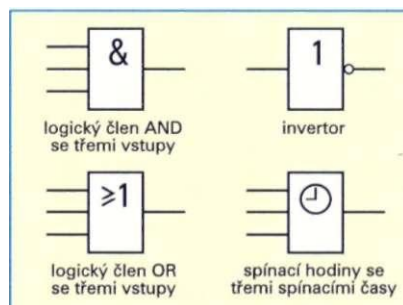
Obr. 1: Malý řídicí přístroj

Přehled: Funkce malého řídicího přístroje (výběr)

- různé spínací hodiny
- časová relé s různými funkcemi
- pomocné stykače
- impulzové spínače
- taktovací generátory
- čítače



Obr. 2: Připojení malé řídicí jednotky



Obr. 3: Příklady symbolů logických a časových funkcí

6.7.2 Programování

Při programování malé řídicí jednotky se většinou používají symboly číslicové techniky, např. AND, OR a NOT. Pro zvláštní funkce, např. spínací hodiny nebo časová relé se používají speciální schématické značky (**obr. 3, str. 98**).

Řídicí program vzniká kombinací logických funkcí se zvláštními funkcemi malé řídicí jednotky.

Volba jednotlivých funkcí se provádí prostřednictvím ovládacího panelu nebo připojeného PC vybaveného příslušným programovým softwarem.

Proměnné parametry, např. doba zpoždění relé nebo spínací doby spínacích hodin, se nastavují rovněž programově.

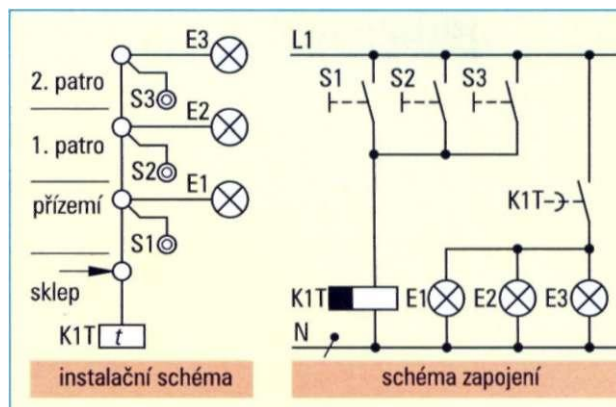
Příklad použití: Ve schodišťovém osvětlení obytného domu (**obr. 1**) je časový spínač K1T porouchán. Majitel domu by chtěl při opravě systém zmodernizovat.

Úkol: Přepnutí z časově řízeného osvětlení na trvalé osvětlení by mělo být uskutečnitelné pomocí tlačítka spínače osvětlení. Krátkodobé stisknutí tlačítka má sepnout časově řízené osvětlení, stisknutí minimálně dvě sekundy přepne na trvalé osvětlení. Opakované stisknutí na více než dvě sekundy má přepnout z trvalého osvětlení zpět na osvětlení časově řízené.

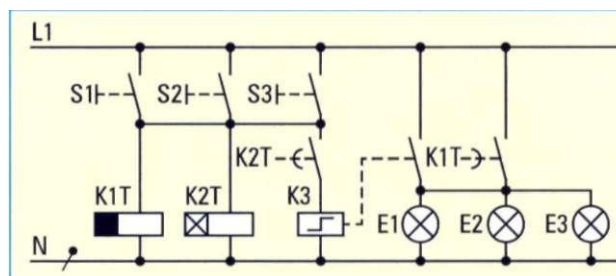
Řešení: Ke splnění těchto požadavků je při konvenčním zapojení nutno ke stávajícímu schodišťovému automatu připojit dodatečně ještě jedno zpozdňující časové relé (K2T) a impulzový vypínač (K3) (**obr. 2**).

Použijeme-li pro tento úkol řídicí systém s mikrokontrolérem, můžeme všechny funkce naprogramovat. Při použití PC s odpovídajícím softwarem je možno sestavit řídicí program pomocí symbolů grafického programovacího jazyka přímo na obrazovce (**obr. 3**).

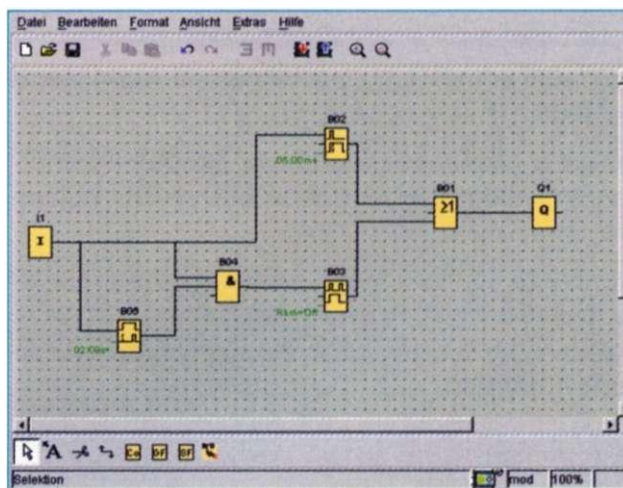
Připojení malé řídicí jednotky je také snadno proveditelné, protože není nutná žádná změna v elektrické instalaci osvětlení schodiště. Pouze v zapojení uvnitř rozváděče jsou nutné malé změny (**obr. 4**).



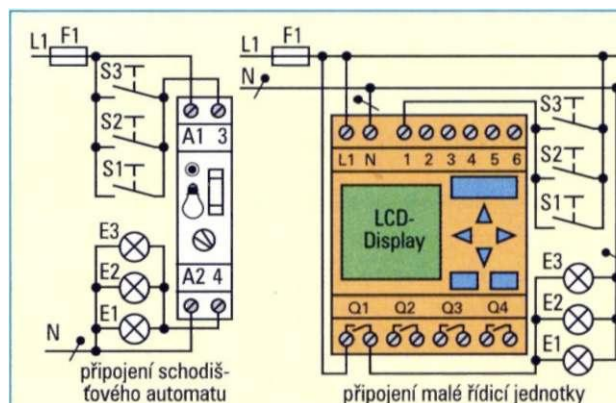
Obr. 1: Schéma zapojení schodišťového osvětlení poschodového obytného domu



Obr. 2: Nutná změna pro nové funkce



Obr. 3: Programovací software pro malou řídicí jednotku s ovládacím programem



Obr. 4: Porovnání zapojení schodišťového automatu a řídicí jednotky

6.8. Programovatelné automaty (PLC - systémy)

Funkci řídicí jednotky s pevně zadrátovaným programem lze změnit jen změnou zapojení (prodrátování). Jsou to jednotky programovatelné propojením.

Programovatelné automaty jsou volně programovatelné. Změna funkce se provádí změnou programu v programové paměti.

6.8.1 Struktura programovatelného automatu (PA)

Obrázek 1 ukazuje základní strukturu automatu. Jednotlivé operace uvnitř automatu jsou řízeny mikroprocesorem. Mikroprocesor je spojen se vstupními a výstupními jednotkami, s operační pamětí, časovači, čítači a s programovou pamětí. Řídicí program se ukládá do programové paměti programovacím přístrojem, nebo pomocí PC se speciálním rozhraním a SW.

Řídicí program se ukládá v programové paměti.

Operační paměti jsou interní paměti, které slouží k ukládání mezivýsledků.

Čítače a časovače jsou řízeny centrální jednotkou a podle potřeby mohou být využity řídicím programem.

Signály ze senzorů, např. z tlačítek jsou přiváděny na vstupy automatu. Ovladače, např. stykače jsou ovládány signály z výstupů programovatelného automatu.

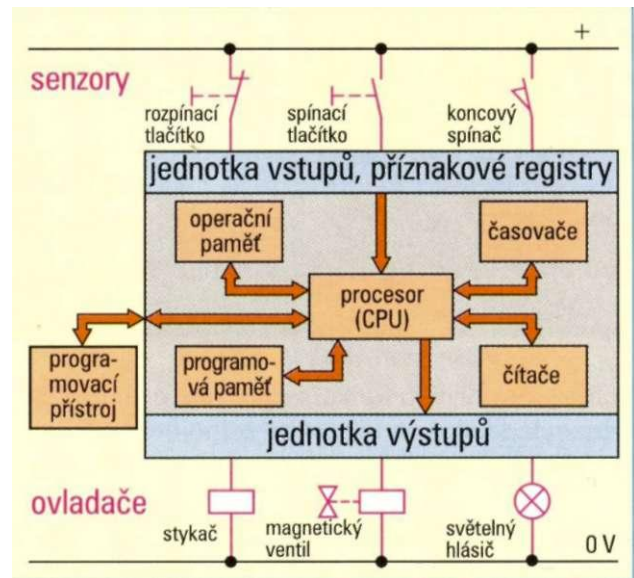
6.8.2 Připojení programovatelného automatu (PA)

PA má vlastní síťový napájecí zdroj (**obr. 2**). Výstupní napětí síťového zdroje (DC 24) může být využito např. k napájení senzorů a ovladačů.

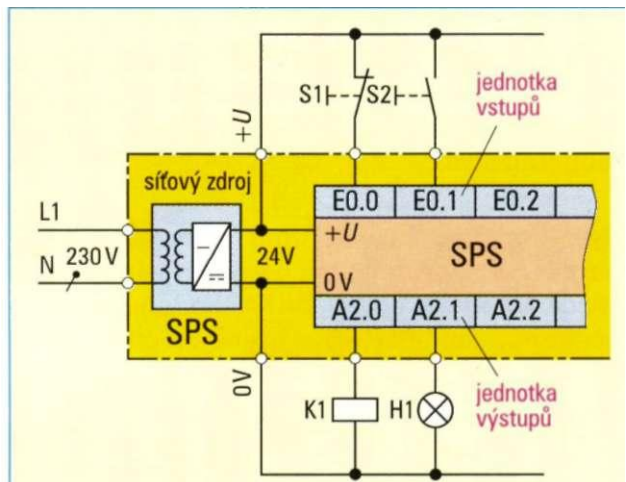
Každý zdroj signálů (senzor) je připojen jednotlivě na vstup automatu a na napájecí napětí.

Vstupní signály vysílané senzory jsou do centrální jednotky přenášeny přes oddělovací optoelektrické členy (**obr. 3**).

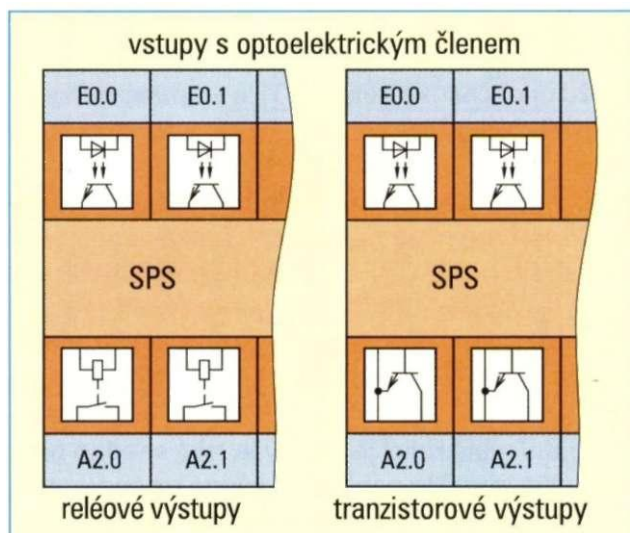
Výrobci automatů nabízejí podle přání výstupy s polovodiči (např. tranzistory) nebo s relé. Spínací výstupní reléové kontakty jsou galvanicky odděleny od PA (**obr. 3**).



Obr. 1: Struktura programovatelného automatu



Obr. 2: Připojení a zapojení programovatelného automatu



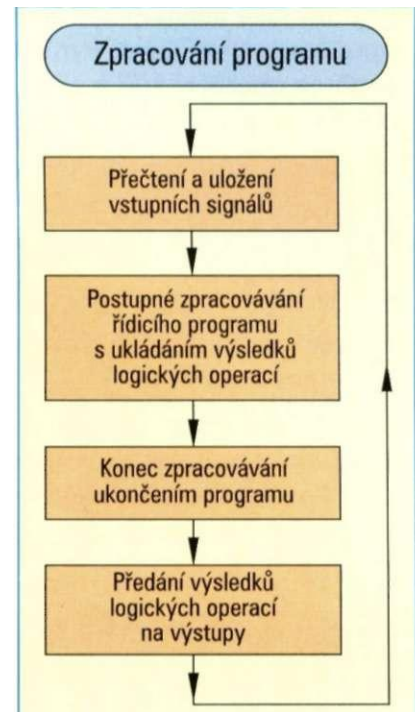
Obr. 3: Jednotky vstupů a výstupů programovatelného automatu

683 Způsob řízení programovatelným automatem

Blokové schéma na **obr. 1** znázorňuje činnost řídicího programu.

- Po odstartování programu jsou přečteny postupně stavy signálů na všech vstupech a uloženy v řídicí paměti jako vstupní signály.
- Následovně jsou postupně zpracovávány logické příkazy programu, který je uložen v programové paměti (sériové zpracování programu).
- Během zpracovávání se ukládají výsledky logických operací v programu jako výstupní signály.
- Při dosažení konce programu se ukončí zpracovávání programu a uložené výstupní signály jsou předány výstupním jednotkám.
- Pak se cyklicky opakuje celý program spojený se čtením a ukládáním vstupních signálů.

Při řízení procesu programovatelným automatem se program i zpracovává v mikroprocesoru stále opakovaně (cyklicky).



Obr. 1: Řídicí program programovatelného automatu

684 Programování programovatelného automatu

Oproti řízení pomocí zadrátovaného automatu nejsou u řízení pomocí programovatelného automatu senzory (vysílače signálů) ani ovladače (např. stykače) navzájem přímo galvanicky spojeny.

Automat vygeneruje ze signálů na vstupech pomocí logických příkazů řídicího programu výstupní signály.

U automatů je součinnost senzorů a ovladačů určena řídicím programem.

Programování může probíhat v různých formách, zdrojovým programem může být logické funkční schéma, sled symbolických příkazů (strojového jazyka) nebo kontaktní funkční schéma (**obr. 2**).

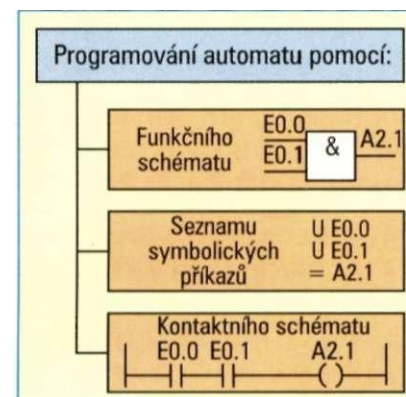
K programování automatu se používá speciální programovací přístroj nebo počítač (PC) s příslušným softwarem, např. STEP 7.

Funkční schéma. Funkční schéma se skládá z grafických symbolů. Přitom se používají značky z oblasti číslicové techniky (**obr. 3**).

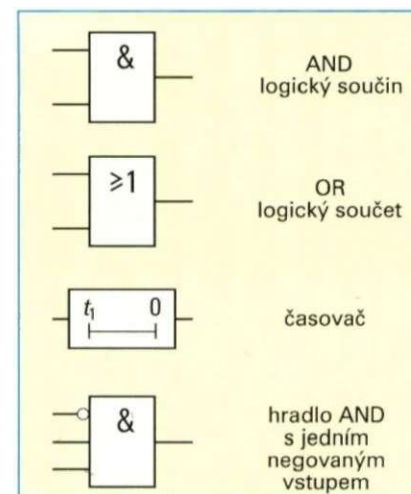
Vstupní signály a stavy, např. příznakových registrů, časovačů nebo výstupů výsledky logických operací programu.

Programování složitých logických funkcí pomocí funkčních schémat je přehledné a snadno kontrolovatelné.

Pro grafické programování pomocí funkčních schémat je třeba použít počítač (PC).



Obr. 2: Druhy programování programovatelného automatu



Obr. 3: Symboly funkčních schémat (příklady)

Program jako seznam symbolických příkazů. Příkazový program nepracuje s grafickými symboly, nýbrž s instrukcemi. Instrukce obsahuje operační kód a operand (**tab. 1**). Označení operandu se skládá z označení typu a pořadového čísla, např. E0.1.

Pro některé operace není operand nutný, např. BE pro konec bloku.

Operand určuje, co se má dělat. Operand udává s čím se má operace provést.

Zadávání symbolických příkazů nevyžaduje nutně PC, postačuje programovací přístroj.

Kontaktní schéma. Kontaktní schéma bylo vyvinuto v době reléových řídicích systémů pro grafické znázornění automatizačního úkolu. Používá symboly načtení stavu vstupů, časovačů, příznakových registrů a čítačů i pro přiřazení výsledků logických operací (**tab. 2**).

Kontaktní funkční schéma je velmi podobné proudovému schématu reléového řízení. Proudové větve se však kreslí vodorovně.

6.8.5 Technické a bezpečnostní požadavky na programovatelné automaty (PA)

Stavy výstupních pamětí mohou být u každé jednotky snímány (čteny) přímo nebo negované. Negace způsobí změnu logického stavu, tzn. ze signálu 1 na 0 a opačně.

Aby byla zajištěna **provozně bezpečná realizace** všech signálů, je třeba dodržovat následující pravidla.

Příkazy k zapnutí se uskutečňují logickým signálem 1. Vyslání signálu se uskuteční aktivací spínacího kontaktu na vstupu PA (princip pracovního proudu).

Příkazy k zapnutí zařízení na **obr. 1** se realizují tlačítky S1 a S2 na vstupech PA.

Pokud dojde k přerušení vodiče mezi tlačítkem S2 a vstupem PA, není už možné opětovné zapnutí zařízení. Vypnutí je však možné.

Příkazy k vypnutí se uskutečňují signálem 0. Vyslání signálu se provádí aktivací rozpínacího kontaktu na vstupu (princip klidového proudu).

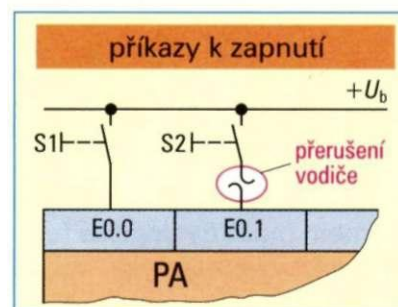
Vypnutí zařízení na **obr. 2** se realizuje buď tlačítkem S1 nebo tlačítkem S2.

Při přerušení vodiče, např. před vstupem E0.1 je generován stejný signál jako při stisknutí rozpínacího tlačítka S2. Ovládání pracuje **bezpečně i při přerušení vodiče**.

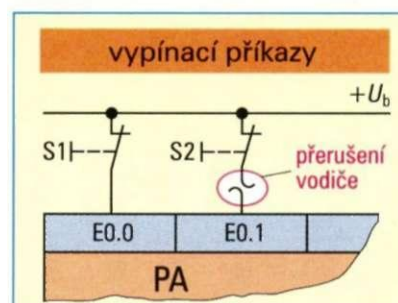
Protože při závadě nesmí být znemožněno vypnutí, mají příkazy k vypnutí přednost před příkazy k zapnutí.

Operace	
U	logický součin AND
O	logický součet OR
UN	negovaný vstup hradla AND
=	přiřazení výsledku logické operace operandu
S	zápis hodnoty do operandu
	nastavení výchozí hodnoty operandu
Označení typů operandů	
E	vstup
A	výstup
M	příznakový registr
T	časovač
Z	čítač

	přenos stavu signálu (kontaktem)
	přenos negovaného zjištěného stavu signálu (invertorem)
	přenos (přiřazení) výsledku logické operace



Obr. 1: Připojení spínacích přístrojů generujících povely k zapnutí zařízení pomocí PA



Obr. 2: Připojení vypínacích přístrojů generujících povely k vypnutí zařízení pomocí PA

Blokovací kontakty. V řídicích obvodech, které vyžadují blokování funkcí, např. u reverzačních obvodů, musí být v programu zajištěno blokování výstupních signálů. Protože program může reagovat jen na interní blokování, nelze poznat mechanické závady, jako např. spečené kontakty („lepení“ stykače). Z toho důvodu je nutné dodatečné blokování kontaktů mezi výstupem PA a řízeným relé nebo stykačem (**blokování stykačů obr. 1**).

Zpětné vedení signálu. Stav signálů na výstupní jednotce PA mohou být programem kontrolovány a zpracovávány.

Aktory (ovladače) připojené na tyto výstupy však při této kontrole výstupních signálů kontrolovány nejsou.

Většina závad, např. přerušení vodiče, zemní zkrat, zkrat mezi vodiči nebo zablokování aktoru stykače nebo relé, se vyskytuje v oblasti připojených výstupních jednotek (aktorů).

Závady ve výstupních ovládacích jednotkách a na připojených řízených zařízeních mohou být zjištěny a zpracovány po zpětném přivedení kontrolních signálů na vstup PA.

Rozlišujeme mezi přímým zpětným vedením signálu a vedením přes snímač kontrolovaného výstupu.

Při **přímém zpětném vedení** výstupního signálu, např. kontrolovaného relé, je stav signálu veden přímo na vstup PA (**obr. 2a**). Tím se zjistí chyba na výstupu, např. relé ovládajícího zařízení.

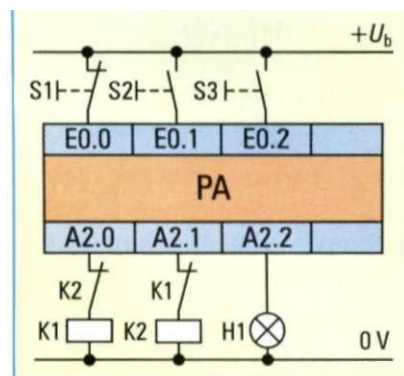
Při **zpětném vedení přes senzor** se používá pracovní kontakt připojeného senzoru jako vysílač signálu pro vstupní jednotku PA (**obr. 2b**). Protože tento vstupní signál závisí na stavu kontrolovaného přístroje, může být zjištěna chyba, např. chyba cívky stykače.

Postupně spínané kontakty. Řídicí postupy, které závisí průběžně na stavu sepnutí kontaktů relé nebo stykače jejich připojením, např. při postupném spínání, musí být realizovány přes kontakty relé nebo stykače jejich připojením na vstup PA.

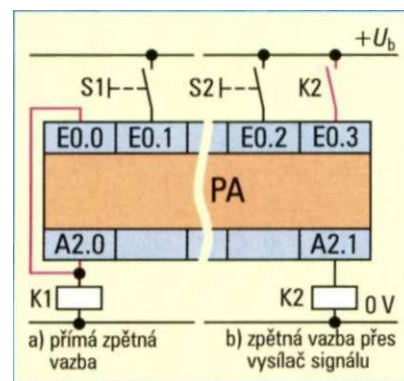
Postupně spínané kontakty, které jsou programovány jen interně, spínají sice během průběhu programu dál, ale PA nepozná, jestli připojené zařízení skutečně plní požadovanou funkci. Kontrola funkce se může provádět např. zpětnou vazbou přes vysílač kontrolního signálu (**obr. 2b**). Uvnitř řídicího programu je třeba tuto zpětnou vazbu zohlednit.

Zařízení pro nouzové vypnutí. Chyby v řízení nesmějí ohrožovat obsluhu, ani zařízení a výrobky. Proto musí nouzové vypnutí odpojit od napětí výstupy všech PA současně, nebo použitím pomocných stykačů po skupinách. Toho lze docílit např. přerušením napájení výstupů PA (**obr. 3**). Odpojení pomocí programu není přípustné.

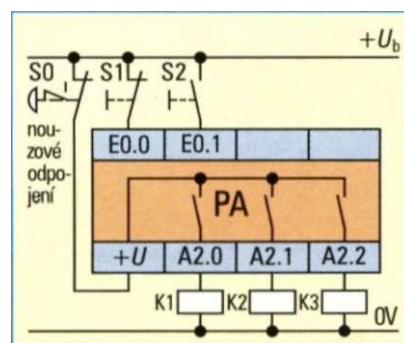
System nouzového vypnutí musí neprodleně přerušit přívod energie k ohroženým částem řízeného zařízení.



Obr. 1: Blokovací kontakty na výstupech programovatelného automatu



Obr. 2: Druhy zpětného vedení výstupního signálu



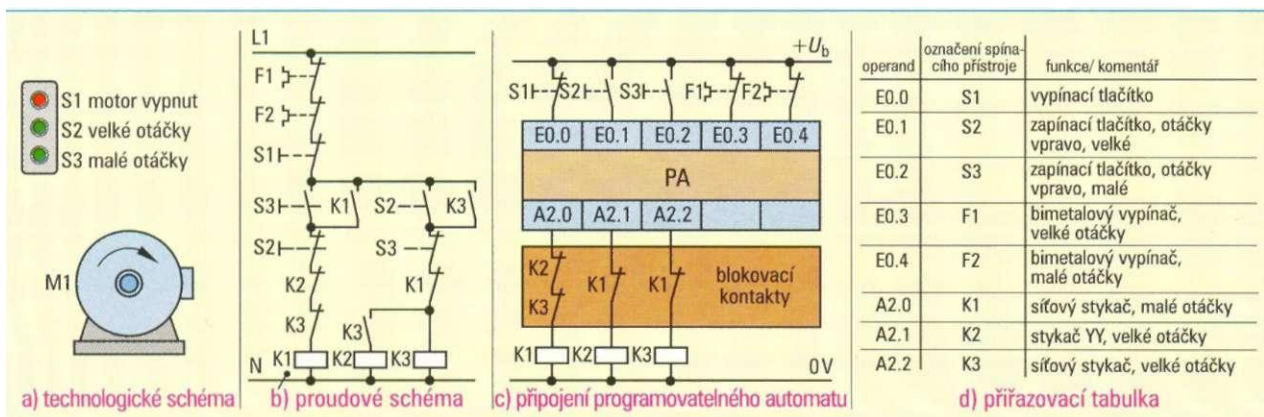
Obr. 3: Nouzové odpojení výstupů PA

6.8.6 Příklad použití

K vypracování programu programovatelného automatu (PA) je nutné úplné a jednoznačné zadání. Kromě toho je pro instalaci a následný provoz potřebná dokumentace použitých PA.

Úkol: Reléový ovladač Dahlanderova motoru (**obr. 1a**) je třeba nahradit PA. K dispozici je schéma zapojení reléového ovladače (**obr. 1b**). Na základě požadovaných funkcí se určí potřebné ovládací jednotky a jejich připojení k automatu (**obr. 1c**). Pro lepší přehled lze sestavit přiřazovací tabulku (**obr. 1d**). Souvislosti je možno zdůraznit komentářem.

Podle druhu programovatelného automatu, popř. použitého softwaru je možné vytvořit program pomocí logického funkčního schématu, seznamu symbolických příkazů nebo kontaktního schématu (**obr. 2**).



Obr. 1: Dokumentace k ovládání Dahlanderova motoru



Obr. 2: Porovnání popisů ovládání Dahlanderova motoru

Otázky pro opakování

- 1 Jmenujte funkce, které může vykonávat malý řídicí systém (přístroj).
- 2 Jak je možné malý řídicí systém programovat?
- 3 Jak se připojují snímače signálu na malý řídicí přístroj?
- 4 Jakým signálem (0 nebo 1) se přivádějí příkazy k zapnutí na vstup PA?
- 5 Proč se např. při programově řízené reverzaci motoru připojují na výstupy PA dodatečné blokovací kontakty?
- 6 Jaké funkce mají systémy nouzového vypnutí u zařízení řízených PA?

7 Elektrická zařízení v obytných budovách

7.1 Domovní přípojka

Domovní přípojka připojuje domovní rozvod k veřejné rozvodné síti. Začíná na odbočce nízkého napětí a končí v domovní přípojkové skřínce, ve které jsou umístěny domovní pojistky. Aby nemohla být odebrána neměřená energie, je domovní přípojková skříňka provozovatelem rozvodné sítě za-
plombována. Domovní přípojku zřizuje provozovatel sítě na žádost zákazníka.

Domovní přípojka se skládá z přípojného vedení a ze vstupního vedení.

Pro montáž přípojkových skříněk platí zákaz pro následující prostory:

- vlhké a mokré místnosti,
- místa ohrožená požárem,
- místa ohrožená explozí,
- prostory se zvýšenými teplotami.

7.1.1 Prostor pro domovní přípojku

V obytných budovách s více než dvěma bytovými jednotkami musí vstupní vedení do domu končit v prostoru pro domovní přípojku. Ten musí mít rozměr minimálně 2,0 x 1,8 m (**obr. 1**).

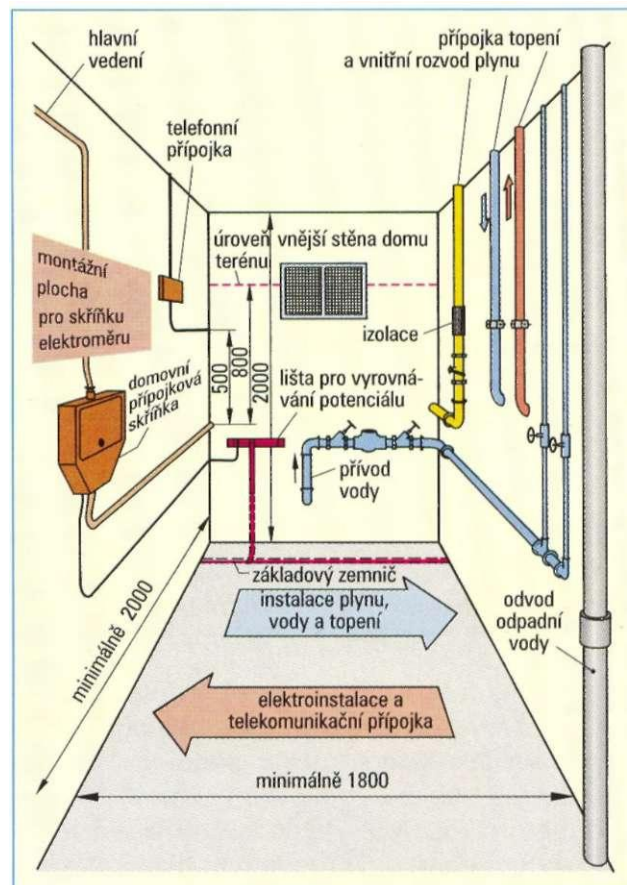
Prostor pro domovní přípojku musí přiléhat k vnější stěně budovy. Touto stěnou prochází přípojné vedení do domu.

Požadavky na prostory pro domovní přípojku:

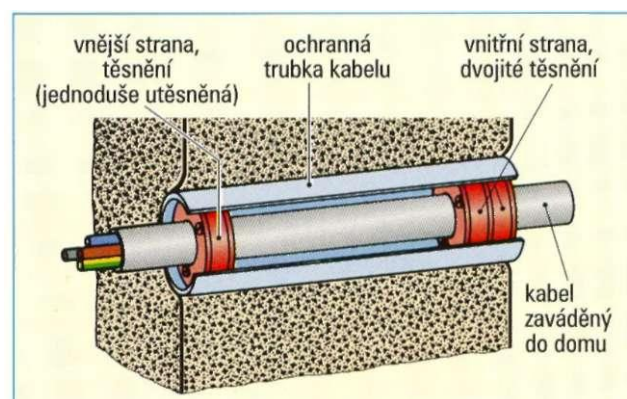
- elektrické přístroje, např. elektroměry, nemají být montovány na stejnou stěnu s vedením vody, plynu nebo tepla,
- prostor pro domovní přípojku musí být vždy přístupný; nesmí sloužit jako průchod do dalších místností,
- prostor nesmí být využíván pro další účely, např. jako sklad,
- přístup musí být označen tabulkou „prostor pro domovní přípojku“.

7.1.2 Zemní domovní přípojka

U zemní domovní přípojky končí zemní kabel v přípojkové skříni. Minimální hloubka uložení přípojkového kabelu je 0,8 m. K utěsnění vstupu kabelu se vkládá do vnější zdi prostoru pro přípojku ochranná trubka pro kabel (**obr. 2**). Velikost a druh trubky je nutno projednat s provozovatelem sítě. Za zabudování ochranné trubky zodpovídá zákazník. Provozovatel sítě zajišťuje vodotěsnost místa zavedení kabelu, např. omítkou nebo těsněním proti tlakové vodě (**obr. 2**).



Obr. 1: Doporučené uspořádání prostoru domovních přípojek v rodinném domě



Obr. 2: Příklad zavedení kabelu s utěsněním proti tlakové vodě

7.1.3 Připojení venkovního vedení

Při připojení venkovního vedení pomocí **střešních stožárů**, musí mít střešnítrám nesoucí stožár dostatečnou pevnost, aby udržel tíhu vedení.

Rozlišujeme střešní stožáry v provedení „N“ (normální provedení) a „S“ (zvláštní provedení). U stožárů v provedení „N“ prochází kabel, např. NFA2X nebo NFW holou neobalenou pozinkovanou dutinou trubky střešního stožáru k domovní přípojkové skříni (**obr. 1a**).

Střešní stožáry v normálním provedení mohou končit jen v suchých prostorech bez zvýšeného požárního nebezpečí.

Pokud končí střešní stožár v prostoru ohroženém vlhkem, nebo kondenzovanou vodou, je třeba použít střešní stožár zvláštního provedení „S“ (**obr. 1b**).

Toto je nutné např. u obilních mlýnů, dřevozpracujících podniků, v místech skladování sena a slámy a v budovách, jejichž střecha obsahuje hořlavé materiály.

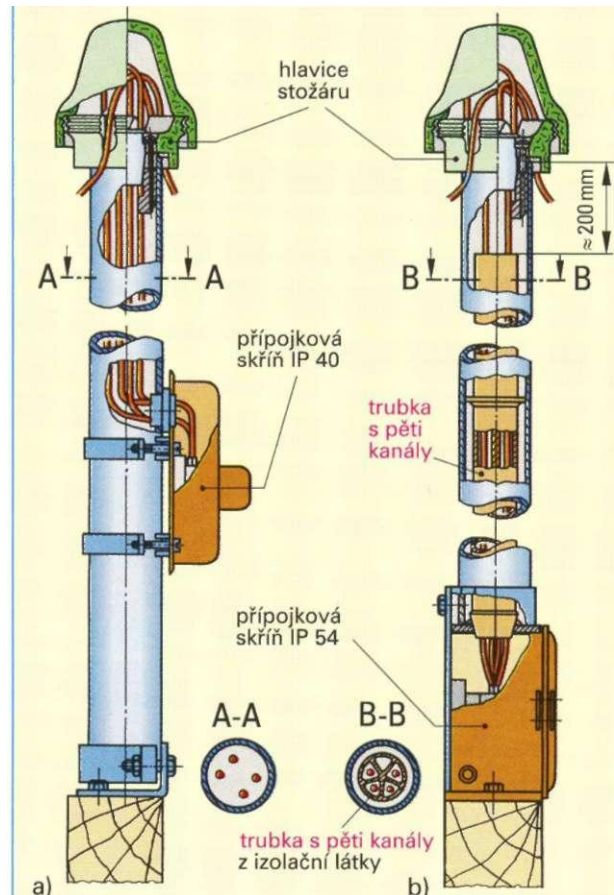
Střešní stožáry se z důvodu nebezpečí požáru nesmějí uzemňovat, ani zahrnovat do ochranného systému vyrovnání potenciálu.

Instalace vzdušnou přípojkou musí umožnit v budoucnu provést zemní (kabelovou) přípojku. Proto se pokládá od konce stávající přípojky až do sklepa prázdná trubka o světlosti minimálně 36 mm, tj. trubka velikosti M50. Až do změny na zemní (kabelovou) přípojku se může tato trubka použít pro vodiče PEN s lištou pro vyrovnávání potenciálu.

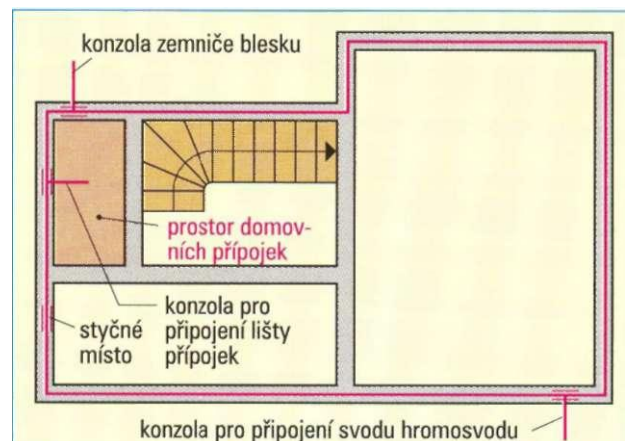
7.2 Ochrana v obytných budovách uvedením na stejný potenciál

Vyrovnáváním hlavního potenciálu v obytných budovách se zamezuje vzniku rozdílu potenciálů (napětí) mezi vodivým trubkovým systémem, např. vodovodním a topným potrubím a mezi potrubním systémem a ochranným vodičem domovního elektrického rozvodu.

Vodivé potrubní systémy jsou propojeny **vodičem pro vyrovnání potenciálu** a uzemněny. Domovní vodovodní přípojka je většinou z plastových trubek a nemůže být proto použita k zemnění. Aby bylo vyrovnání potenciálu účinné, musí být v každé nové stavbě zabudován **základový zemnic (obr. 2)**.



Obr. 1: Střešní stožár: a) v normálním provedení (N) a b) ve zvláštním provedení (S)



Obr. 2: Základový zemnic ve vnějším základu budovy

7.2.1 Základový zemnic

Základový zemnic se pokládá jako uzavřený vodivý okruh do základů budovy. Jako materiál pro zemnění se používá pozinkovaná pásková ocel, jen v řídkých případech měď (**přehled**).

Ocelový pásek se ukládá na výšku do **distančních držáků** umístěných vedle sebe tak, aby se v rozích mohl dobře ohýbat. Za účelem ochrany proti korozi se pásek ukládá do asi 10 cm vysoké vrstvy betonu, která zároveň slouží jako dno. **Konzola** základového zemnice je vyvedena v prostoru domovní přípojky asi 300 mm nad podlahou (**obr. 1**). Její délka se navrhuje tak, aby bylo možné přímé připojení na **lištu pro vyrovnávání potenciálu**. Spojení nebo odbočky se provádějí klínovými nebo pérovými spojkami nebo šroubovým spojením. Pokud je budova vybavena hromosvodem, může být použit základový zemnic také jako uzemnění hromosvodu. Konzoly pro připojení **svodu hromosvodu** jsou umístěny na vnější straně budovy (**obr. 2, str. 106**).

7.2.2 Vyrovnání celkového potenciálu

V prostoru domovní přípojky se instaluje přes základový zemnic lišta vyrovnání celkového potenciálu (**obr. 2**).

Do vyrovnání celkového (hlavního) potenciálu jsou zahrnuty:

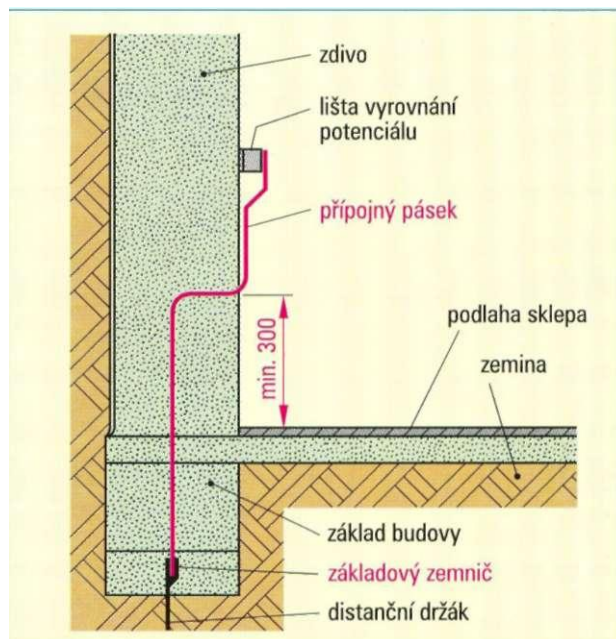
- základový zemnic,
- přívod vody (je-li kovový),
- odpadní potrubí (je-li kovové),
- přívod a odvod topného média,
- vnitřní rozvod plynu,
- telefonní přípojka,
- anténní stožár,
- vodiče PEN popř. PE,
- vodivé části budovy, např. ocelové nosníky.

Připojení vodičů systému vyrovnávání potenciálu na kovové potrubí se provádí na straně domovního rozvodu za oddělovacím místem, např. za vodoměrem, u plynového potrubí za izolační vložkou. Přitom může být spojeno několik vodičů a společné vedení pak přivedeno na lištu vyrovnání potenciálu.

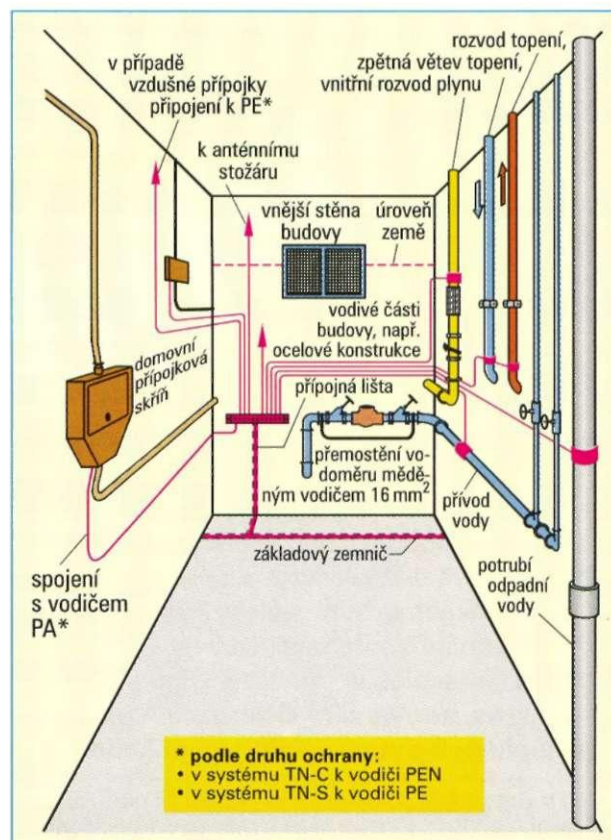
V systému TN musí být instalováno vodivé spojení mezi lištou vyrovnání celkového potenciálu a vodičem PEN popř. PE.

Přehled: Průřezy základových zemniců

- **pozinkovaná pásková ocel:**
průřez: $A \geq 100 \text{ mm}^2$, minimální tloušťka 3 mm
- **měď:**
průřez: $A \geq 50 \text{ mm}^2$, minimální tloušťka 2 mm



Obr. 1: Základový zemnic s přípojným páskem



Obr. 2: Provedení vyrovnání celkového potenciálu

Spojení lišty vyrovnání potenciálu s vodičem PEN se provádí u zemní přípojky u pojistek v domovní přípojkové skříni, u vzdušné přípojky na svorce hlavního vedení nejspodnějšího elektroměru nebo na skřínce nejspodnější odbočky hlavního vedení. Minimální průřezy vodičů pro vyrovnání potenciálu jsou předepsány (**tab. 1**).

Hlavní ochranný vodič je ochranný vodič, vedoucí od domovní přípojkové skříně, popř. od hlavního rozváděče, a u zařízení náhradního napájení od zdroje proudu, např. od generátoru.

Minimální průřez vodiče vedení pro vyrovnání celkového potenciálu je $6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (**tabulka**).

Přezkoušení vyrovnání celkového potenciálu.

Před uvedením elektrického zařízení do provozu se musí prokázat účinnost vyrovnání celkového potenciálu **prohlídkou a měřením**. Prohlídkou se prověřuje kvalita provedení spojů a správná volba průřezu vodičů. Měřením se zjišťuje odpor mezi lištou vyrovnání celkového potenciálu a koncem potrubí, popř. částí zařízení zahrnutých do vyrovnání potenciálu (**obr.**).

Účinnost vyrovnání celkového potenciálu je prokázána, pokud jsou naměřené hodnoty odporu menší než 3 ohmy.

7.3 Vnitřní elektrické rozvody

Hlavní elektrické domovní rozvody přenášejí ještě neměřenou elektrickou energii z domovní přípojkové skříně k elektroměrům jednotlivých odběratelů (např. nájemníků jednotlivých bytů). Vnitřní elektrické rozvody musí splňovat ČSN 33 2130.

7.3.1 Hlavní vedení

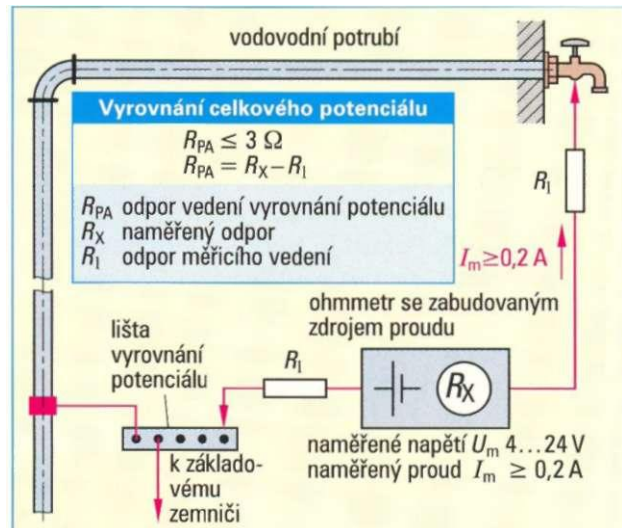
Hlavní domovní vedení, např. mezi domovní přípojkovou skříní a elektroměrem je povoleno instalovat jen na snadno přístupných místech, např. na sklepních chodbách nebo na schodištích. Minimální proudová zatížitelnost je uvedena v **tabulce 2**. Přitom rozlišujeme byty s elektrickým ohřevem vody ke koupání a sprchování a byty s centrálním zásobováním teplou vodou (DIN). Podle ČSN rozlišujeme byty se stupněm elektrizace A (max. soudobý příkon 7 kW při průřezu vodičů min $6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$), a se stupněm B s max. soudobým příkonem 11 kW a průřezy vodičů min. 10 mm^2 .

Hlavní domovní vedení je trojfázové vedení s minimální proudovou zatížitelností 63 A. Minimální průřez hlavního vedení je $10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (DIN 18015, 1. díl).

Tabulka 1: Průřezy vodičů pro vyrovnání potenciálu

fázový vodič	Průřez vodiče Cu (mm^2)						
	10	16	25	35	50	70	95
hlavní ochranný vodič	10	16	16	16	25	35	50
vodič pro vyrovnání celkového potenciálu	6	10	10	10	16	25	25*

* Průřez měděných vodičů pro vyrovnání potenciálu může být omezen na 25 mm^2



Obr.: Prověření vyrovnání celkového potenciálu

Tabulka 2: Minimální proudová zatížitelnost hlavního domovního vedení podle DIN 18015, 1. díl

Počet bytů	Minimální proudová zatížitelnost*:	
	bez elektrického ohřevu vody pro koupelny	s elektrickým ohřevem vody pro koupelny
1	63 A	63 A
2	63 A	80 A
3	63 A	100 A
4	63 A	125 A
5	63 A	125 A
6	63 A	125 A
7	80 A	160 A
8	80 A	160 A
9	80 A	160 A
10	80 A	160 A
11	100 A	160 A
12	100 A	200 A

* U více než 12 bytů viz DIN 18015

Úbytek napětí na hlavním domovním vedení. Při výpočtu průřezu vodičů hlavního domovního vedení mezi místem předání uživatelem sítě a elektroměrem je třeba kromě proudové zatížitelnosti vedení také zohlednit úbytek napětí (**tabulka**). Jednofázové odbočky k elektroměrům se zřizují do maximálního soudobého příkonu 5,5 kW

K výpočtu přípustného úbytku napětí je třeba použít jmenovitý proud předřazené nadproudové ochrany.

7.3.2 Elektroměrové desky

Elektroměrové desky dnes mají podobu skříněk pro umístění měřicích a řídicích přístrojů domovních instalací (**obr. 1**).

Elektroměry nesmějí být instalovány v:

- kuchyních a WC,
- koupelnách a sprchách,
- výtopnách nebo vlhkých místnostech,
- místnostech se zvýšenou teplotou,
- prostorách se zvýšeným požárním nebezpečím a nebezpečím výbuchu.

Elektroměry a je třeba chránit před vlhkostí, znečištěním a před mechanickým poškozením.

Elektroměry a sazbové spínače jsou montovány do skříní elektroměrových rozvodnic. Osoby pověřené provozovatelem sítě musí mít možnost bez nebezpečí tyto přístroje kontrolovat. Nesmějí se proto umísťovat nad schodiště.

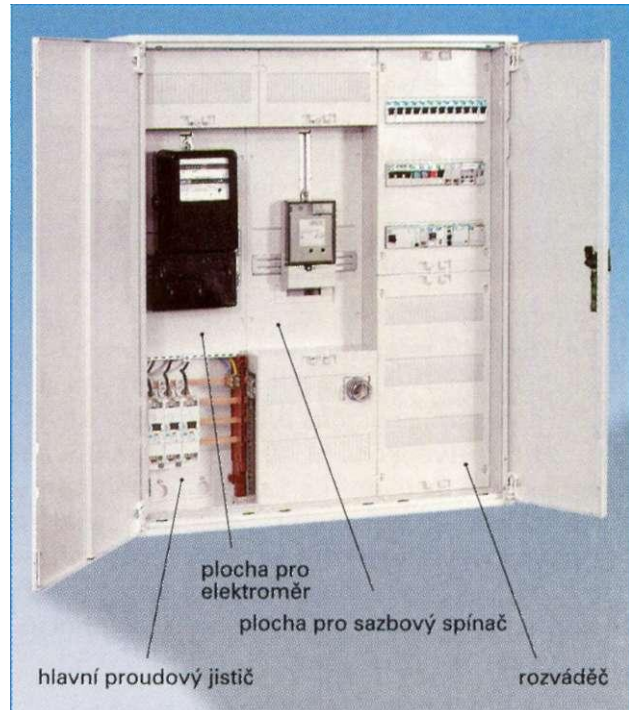
Vzdálenost od podlahy ke středu elektroměru nesmí být méně než 0,8 m a ne více než 1,8m (DIN) nebo 70 až 170 cm, je-li více elektroměrů nad sebou (ČSN), jinak 150 - 170 cm (ČSN)

Pro elektroměrové a přístrojové desky platí ČSN 35 7020, která stanoví požadavky na jejich provedení, jakost a rozměry. Plocha pro měření se dělí na tři funkční plochy: horní přípojná plocha, plocha pro elektroměr a spodní přípojná plocha (**obr. 2**). Spodní plombovatelná plocha má větší výšku 300 mm a jsou na ní umístěny svorky hlavního přívodu, **trojfázový selektivní jistič** hlavního vedení celkovým jmenovitým proudem ve třech fázích minimálně 63 A (DIN) nebo s proudem min 25 A na jednu fázi (ČSN) (**obr. 1**). V horní přípojně části mohou být umístěny předřazené pojistky a příp. trojpolový spínač k vypnutí rozváděče proudu.

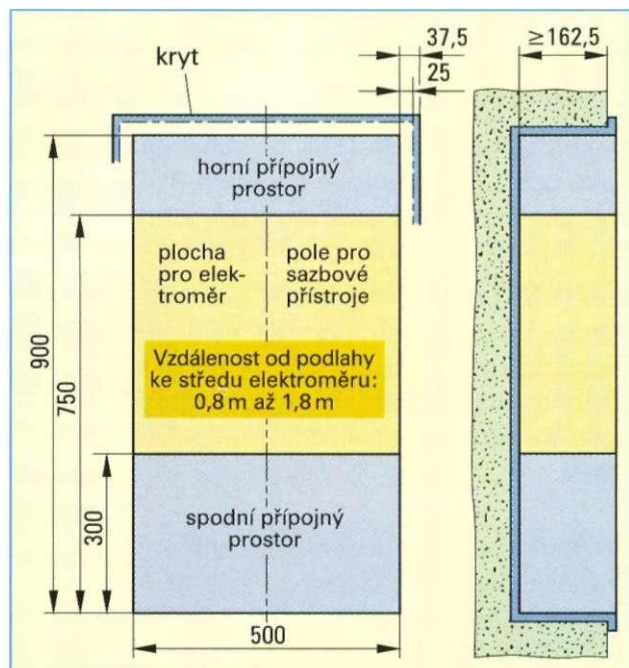
Horní přípojný prostor se nesmí využívat jako rozváděč proudu (DIN).

Tabulka: Přípustný úbytek napětí na hlavním domovním vedení

Příkon	Přípustný úbytek napětí	Příklady
do 100 kVA	0,5 %	obytné domy
100 kVA do 250 kVA	1 %	výškové domy, nemocnice, průmysl
250 kVA do 400 kVA	1,25 %	
nad 400 kVA	1,5 %	



Obr. 1: Skříň rozváděče s elektroměrem



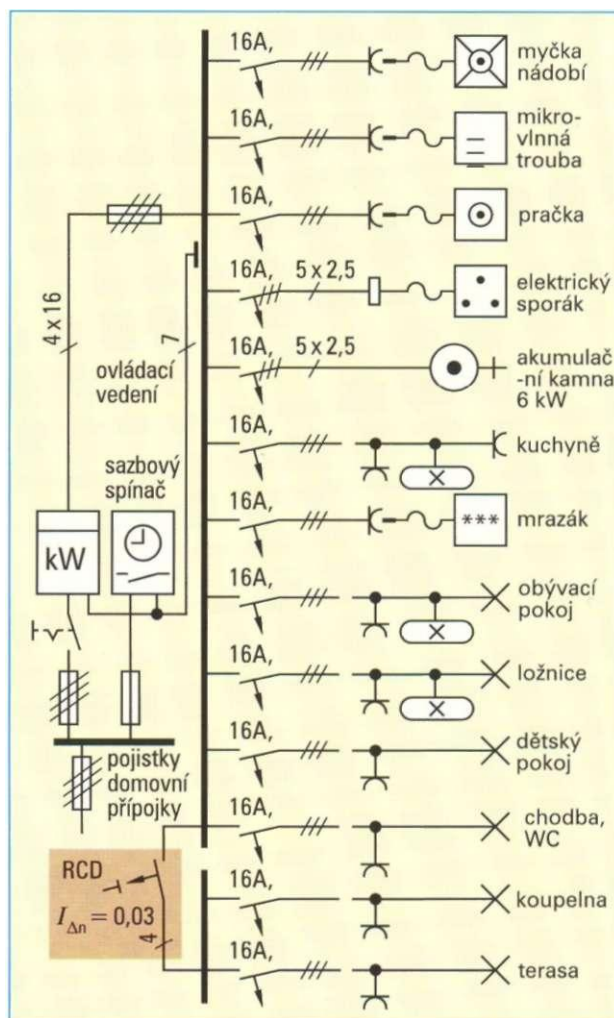
Obr. 2: Příklad plochy pro umístění elektroměru ve zdi

V horním přípojném prostoru mohou být instalovány jen jističe vedení pro vedlejší prostory, zvonkový transformátor a regulační přístroje, např. pro akumulační kamna.

Střední pole pro elektroměr má výšku 450 mm a je na něm jen elektroměr (**obr. 2, str. 109**). V **poli pro sazbové přístroje** jsou přístroje pro přepínání tarifů. Přístroj pro přepínání tarifu se používá pokud se nepočítá s vícetarifovým elektroměrem. V domech s více byty jsou elektroměry v centrální skříni. Tam postačuje jeden tarifní spínač a dodatečně jeden elektroměr pro společné prostory, např. pro vytápění společných prostor, venkovní osvětlení a osvětlení chodeb a schodiště. Tyto přístroje jsou umístěny v jedné skřínce.

7.3.3 Řídicí vedení

Vícetarifový elektroměr, např. pro vysoký a nízký tarif a řídicí relé se spínají pomocí tarifových přepínacích hodin. Proto má být před tarifovými spínacími hodinami umístěná prázdná trubka o světlosti 29 mm (velikost M 400) nebo **sdělovací kabel** se sedmi žilami ke každému měřenému místu a k rozváděči proudu. Sdělovací kabel se má instalovat i tehdy, když se při projektu zařízení neuvažuje s vícetarifovým elektroměrem nebo se nepředpokládá žádné řízení, např. akumulačních kamen na noční proud.



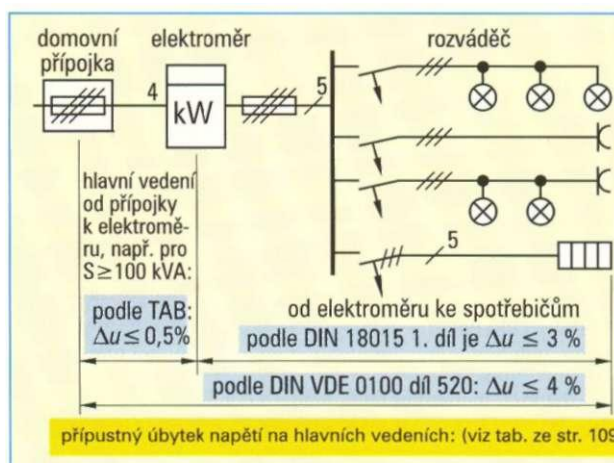
Obr. 1: Přehledový plán rozváděče

7.4 Elektroinstalace v bytech

7.4.1 Elektrické rozváděče

Elektrické rozváděče (**obr. 1**) obsahují nadproudové ochrany, proudové chrániče RCD a přepětové ochrany. Jako nadproudové ochrany se používají jističe pro vedení s minimální předepsanou schopností odpojení 6 kA.

V bytech s více místnostmi se instalují někdy dva elektrické rozváděče. Instalují se uvnitř bytu, např. v prostoru kuchyně, aby bylo vedení k velkým spotřebičům, např. k elektrickému sporáku co nejkratší.



Obr. 2: Přípustný úbytek napětí v obytných budovách

Úbytek napětí na vedení mezi elektroměrem a spotřebiči nesmí překročit 3 % napětí sítě. Celkový úbytek napětí od domovní přípojky až k spotřebičům však nesmí být vyšší než 4 % síťového napětí (**obr. 2**).

Vodiče od elektroměru k rozváděči musí být trojfázové pro celkové zatížení minimálně 63 A (DIN). Jištění přívodu k rozváděči má být dimenzováno tak, aby byla dodržena selektivita k předchozím a následným nadproudovým ochranám (**str. 63**).

7.4.2 Elektroinstalace v obytných prostorách

Skrytá instalovaná vedení se mohou poškodit při připevňování obrazů, zrcadel nebo závěsných skříněk. Proto musí být možno zjistit jejich průběh. Průběh vedení může ale dodatečně zjistit jen při dodržení elektroinstalačních zón stanovených např. v DIN 18015,3. díl (přehled a obrázek).

V bytových prostorách se instalují vodorovné vodiče přednostně 30 cm pod stropem popř. 30 cm nad hotovou podlahou. Svislé vodiče se instalují pokud možno ve vzdálenosti 15 cm od hran hrubé stavby nebo od rohů místnosti.

Přehled: Elektroinstalační zóny v obytných prostorech

Vodorovné instalační zóny

- 15 cm až 45 cm pod stropem
- 15 cm až 45 cm nad podlahou

Distanční míry:

- 30 cm pod stropem
- 30 cm nad podlahou

Svislé instalační zóny

- 10 cm až 30 cm od hran hrubé stavby
- 10 cm až 30 cm od rohů místnosti

Distanční míry:

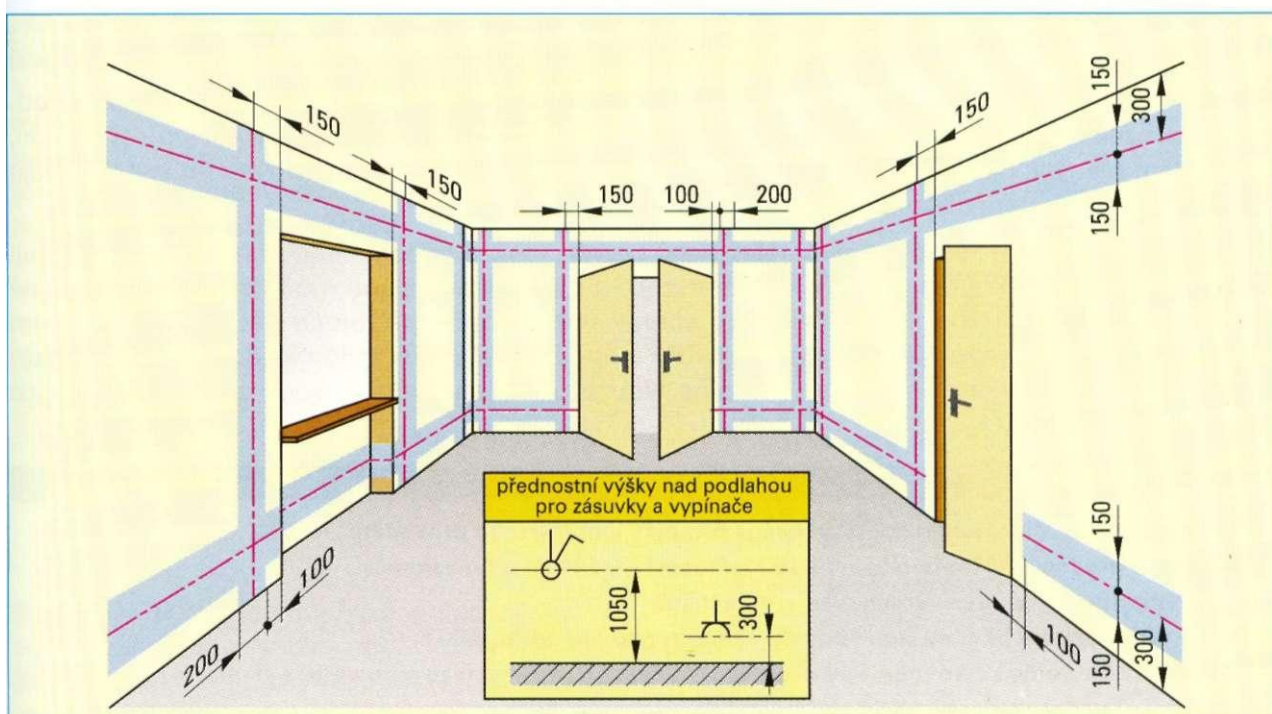
- 15 cm od hran hrubé stavby
- 15 cm od rohů místnosti

Svislé, 20 cm široké instalační zóny jdou od horní hrany podlahy ke stropu. Vedle oken a dvoukřídlových dveří jsou instalační zóny na obou stranách, vedle jednokřídlových dveří na straně zámku (obr.). U ploch stěn, které nejsou svislé, např. u šikmých stěn v podkrovních místnostech, jsou instalační zóny od podlahy nejprve svislé a pak rovnoběžné s šikmými stěnami. Vodiče k vývodům mimo instalační zónu, např. k nástěnným svtlům nebo k pokojovému termostatu, se vedou od přípojného místa svisle k nejbližší vodorovné instalační zóně.

Vodiče vedené v podlaze nebo ve stropě, mohou spojovat kontaktní místa nejkratší cestou (obr. 1, str. 113).

Vypínače musí být vždy na straně zámku dveří. V místnostech se více vchody se instaluje vypínač osvětlení u každých dveří. V ložnicích je nutný dodatečný vypínač vedle každé postele.

Vypínače se instalují většinou ve výšce 105 cm, zásuvky 30 cm nad hotovou podlahou (obr.).

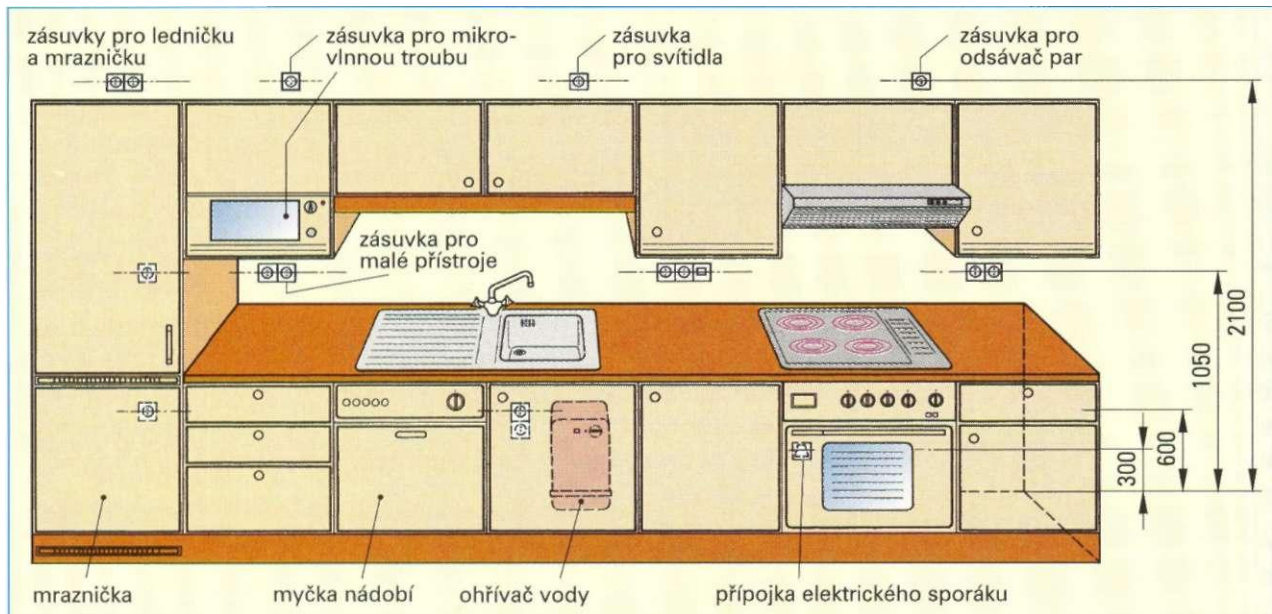


Obr.: Elektroinstalační zóny v obytných prostorách

7.4.3 Elektroinstalace v kuchyni

Pro projekt elektroinstalace v kuchyni je nutný plán zařízení kuchyně (**obr.**). Aby byly elektrické přípojky ve správné poloze a ve správné výšce, musí být známa při instalaci výška hotové podlahy.

Osvětlení kuchyně. Pro celkové osvětlení kuchyně je podle velikosti nutný minimálně jeden stropní vývod. Správného osvětlení pracoviště bez stínů docílíme dvěma na sobě nezávisle zapínatelnými pracovními světly pro sporák a dřez na umývání nádobí. Většinou mají tvar světelné lišty a jsou umístěny na spodní straně závěsné skříňky (**obr.**).



Obr.: Plán rozmístění spotřebičů a výšky zásuvek v kuchyni

Připojení malých kuchyňských přístrojů. Opékače topinek, kuchyňský robot, fritéza nebo kávovar se zapojují do zásuvek, které jsou umístěny v oblasti pracovního stolu. Počet zásuvek se řídí délkou pracoviště.

Na metr pracoviště jsou nutné dvě až tři zásuvky.

Zásuvky pro vestavěné spotřebiče, např. pro odsavač par, myčku, mikrovlnnou troubu, sporák, ledničku a mrazničku mohou být instalovány v oblasti spotřebičů nebo přímo nad závěsnými skříňkami. Uspořádání zásuvek nad skříňkami má výhodu, že přístroje je možno v zabudovaném stavu odpojit od sítě, např. při čištění nebo údržbě.

Spotřebiče s výkonem nad 2 kW, např. elektrický sporák, myčka nádobí nebo ohřívač vody vyžadují vlastní přívod i jistič. Přívod k elektrickému sporáku a k oddělené troubě může být napájen z jedné zásuvky. Na přípojnou krabici je elektrický sporák nebo trouba připojena pětižilovým kabelem s pryžovou nebo plastovou izolací, např. H05RR-F nebo H05VV-F. Aby bylo možno spotřebiče vysunout z vestavěných skříněk, musí mít přípojné elektrické vedení i přívod vody a odpadu k myčce rezervní délku asi 1m.

Otázky pro opakování

- 1 V jakých prostorách mohou končit vzdušné přípojky v normálním provedení „N“?
- 2 Jmenujte předepsané materiály a minimální rozměry základového zemnice.
- 3 Jaký význam má celkové vyrovnávání potenciálu?
- 4 Které části zařízení budovy jsou spojeny vodiči vyrovnání potenciálu?
- 5 Určete průřez vodičů vyrovnání celkového potenciálu při průřezu fázového vodiče 16 mm²?
- 6 Popište: a) vodorovné a b) svislé elektroinstalační zóny v obytném prostoru.
- 7 V jaké výšce nad podlahou se většinou umísťují: a) vypínače a b) zásuvky?

7.4.4 Druhy instalací

Instalace se spojovacími krabicemi. U elektrické instalace se spojovacími krabicemi se pokládají vodiče většinou v horní vodorovné instalační zóně (**obr. 1**). Na všech odbočkách do svislého směru jsou asi **30 cm** pod stropem umístěny krabice. Napojení vedení ve spojovacích krabicích se provádí krabicovými svorkami, většinou zásuvnými nešroubovými (**str. 51**). Tento druh elektrické instalace je nejrozšířenější a označuje se jako klasický. Nevýhoda je, že obložení stěn, např. tapety se při otevírání krabic poškodí, např. při hledání závady nebo při změnách nebo zkouškách instalace.

Instalace s přístrojovými krabicemi. U této instalace (**obr. 2**) dochází ke spojení žil kabelů v krabicích o větší hloubce. Spojovací svorky jsou upevněny většinou na dně krabice a jsou, po vyjmutí zásuvky nebo vypínače volně přístupné. Tento způsob se používá většinou při instalaci do betonu (**str. 35**) a při instalaci do dutých stěn (**str. 36**).

Elektrická instalace s centrální rozvodnou skříňkou. U této instalace je každý elektroinstalační přístroj a každé svítidlo spojeno s rozvodnou skříňkou vlastním vedením (**obr. 3**). Rozvodná skříňka je většinou umístěna na centrálním místě, např. na chodbě. Spojení se uskutečňuje řadovými svorkami. Při změnách členění místností, např. vytvořením nebo odstraněním příček, je možno stávající instalaci rychle přizpůsobit novým podmínkám. U tohoto druhu instalace se dají provést lehko změny, zkoušky nebo údržba, aniž by se musel přerušovat provoz.

Instalace s centrálními rozvodnými skříňkami se používá především v kancelářských prostorech, úřadech, správních budovách a nemocnicích (**str. 142**).

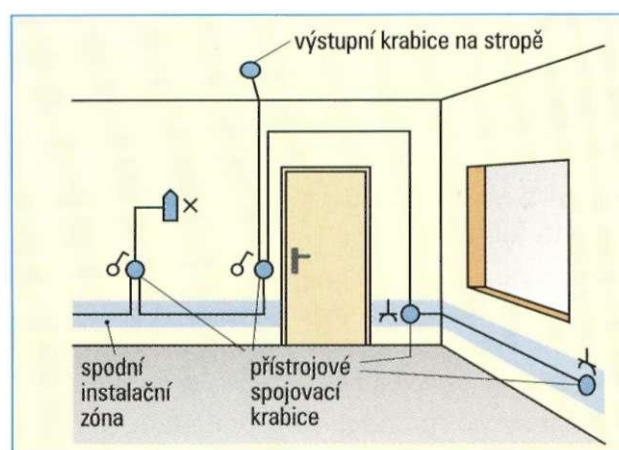
Rozvodné skříňky a spojovací krabice, které obsahují uvolnitelné spoje, např. krabicové nebo řadové svorky, musí být vždy volně přístupné. Ani po dokončení elektrické instalace nesmějí být zadrženy.

Přehled: Druhy instalace vodičů a kabelů

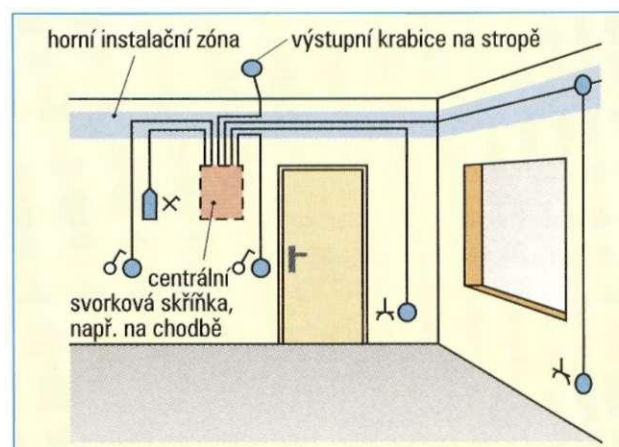
- instalace se spojovacími krabicemi
- instalace s přístrojovými krabicemi
- instalace s centrální rozvodnou skříňkou



Obr. 1: Elektrická instalace se spojovacími krabicemi



Obr. 2: Elektrická instalace s přístrojovými krabicemi



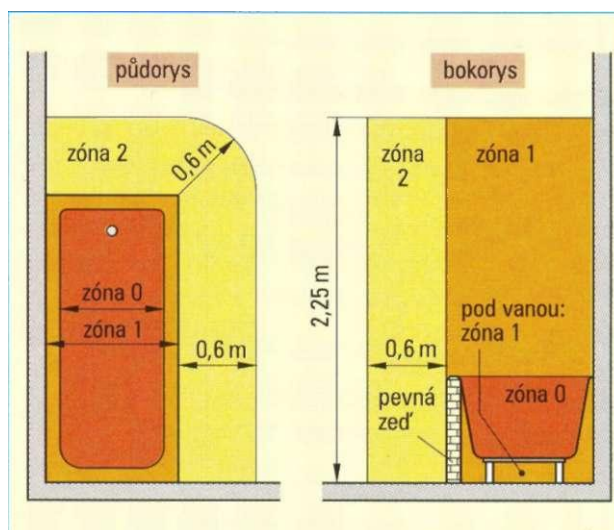
Obr. 3: Elektrická instalace s centrální rozvodnou skříňkou

7.4.5 Elektrická instalace v koupelnách a sprchových koutech

V obytných budovách patří koupelny a sprchové kouty k suchým místnostem, protože je tam vlhkost jen dočasná. Přesto existuje v těchto místnostech zvláštní nebezpečí, protože snížení elektrického odporu těla, způsobené vlhkostí, může způsobit při spojení s potenciálem země již při malém napětí nebezpečný proud procházející tělem.

Elektrická instalace v koupelnách a sprchových koutech musí být proto provedena tak, aby osoby nebyly vystaveny nebezpečnému elektrickému proudu.

Při instalaci v koupelnách a sprchových koutech rozlišujeme podle ČSN 33 2000-7-701 zóny 0, 1, 2 a 3.



Obr. 1: Rozdělení zón v místnostech s vanou nebo sprchou

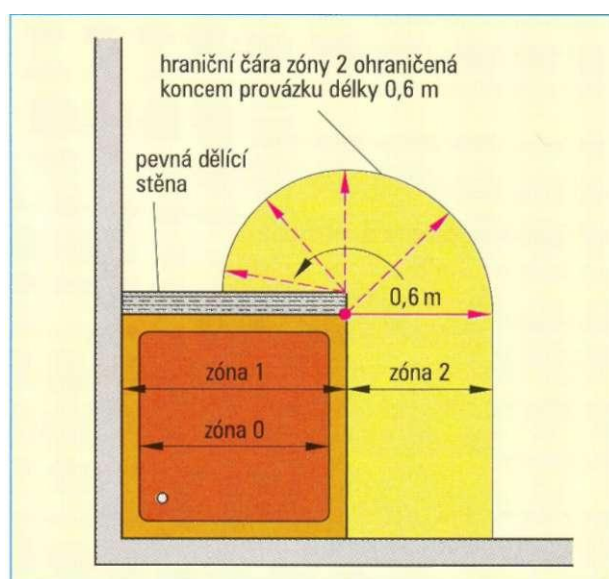
Rozdělení zón:

- **Zóna 0** zahrnuje vnitřek van nebo sprchových koutů. V oblasti 0 je nejvyšší stupeň ohrožení.
- **Zóna 1** je omezena svislými plochami okolo vany nebo sprchového koutu (**obr. 1 a 2**). K zóně 1 patří také prostor pod vanou nebo sprchovým koutem (**obr. 1**).
- **Zóna 2** navazuje na straně na zónu 1 v šířce od 0,6 m (**obr. 1 a 2**).
- U sprchových koutů omezuje zónu 1 svislá plášťová plocha okolo výtoku vody o poloměru 1,2 m. Pevné dělicí stěny o výšce 2,25 m také vymezuje zóna 1.
- U sprch bez sprchové vany odpadá zóna 0 a 2 (**obr. 3**).
- **Zóna 3** ohraničuje zónu 2 a obklopuje jí v šířce 2,4 m.

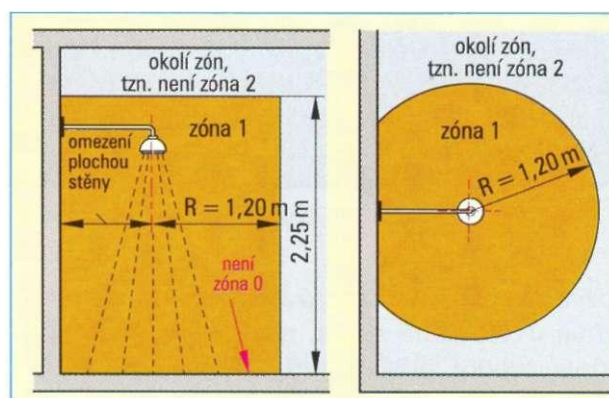
Výška zóny 1 a zóny 2 je 2,5 m nad čistou podlahou.

Poloměry zóny 2 popř. zóny 1 u sprchových koutů (**obr. 3**) se mohou stanovit např. provázkem o délce 0,6 m, popř. 1,2 m (**obr. 2 a 3**).

U sprchových koutů nebo vany s pevnou dělicí stěnou se používá délka provázku na vnitřní stěně (**obr. 2**). Proto se zmenšuje poloměr, popř. průběh zóny o tloušťku dělicí stěny. Délka provázku vytváří prostor, na jehož hranici může člověk z oblasti 1 dosáhnout (**obr. 2 a obr. 1, str. 115**).



Obr. 2: Rozdělení zón u koupelen nebo sprchových koutů s pevnou dělicí stěnou



Obr. 3: Hranice zóny 1 u sprchového koutu bez vany

Výběr elektrických předmětů. V zónách 0, 1 a 2 jsou přípustné jen elektrické přístroje a spotřebiče uvedené v přehledu. Elektrické předměty v zónách 1 a 2 musí odpovídat minimálně ochrannému stupni IP X4 (ochrana před vodou).

V zónách 0, 1 a 2 nejsou přípustné žádné elektroinstalační přístroje, např. vypínače, zásuvky, telefonní, anténní nebo odbočovací krabice.

Ochrana proti zasažení elektrickým proudem.

V koupelnách nebo sprchách musí mít všechny střídavé a trojfázové obvody ochranný vodič a ochranu RCD s $I_{\Delta n} \leq 30$ mA (proudový chránič nebo též FI – jistič).

Z ochrany RCD jsou vyjmuty obvody s malým napětím SELV nebo PELV, obvody s ochranným oddělením nebo obvody pro ohřev vody.

Vodiče v zónách 1 a 2, např. k ohříváči vody, se vedou svisle nebo ze zadu k místu připojení do spotřebiče. V koupelnách nebo sprchových koutech se smějí instalovat pouze příklady pro elektrické předměty v těchto prostorech.

V koupelnách nebo sprchových koutech se v zónách 0, 1 a 2 nesmí instalovat ploché vodiče.

Při instalaci vodičů nebo kabelů na zadní straně stěn hraničících se zónou 0, 1 a 2 musí zbývat ve stěně k zónám tloušťka 60 mm. Pokud je tato tloušťka menší, musí být obvody chráněny ochranou RCD se jmenovitým proudem $I_{\Delta n} \leq 30$ mA.

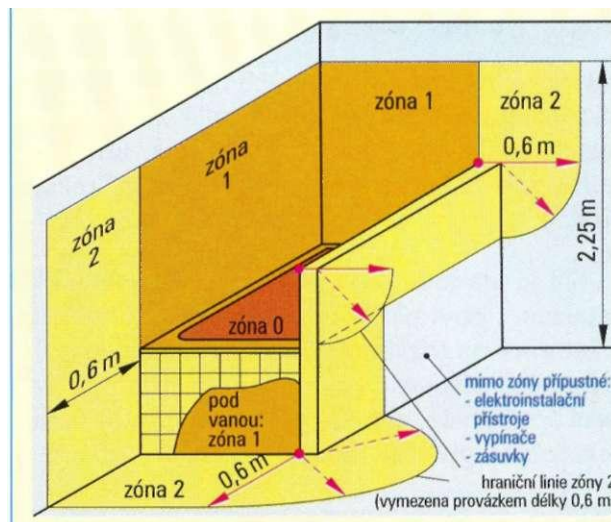
V zóně 3 lze instalovat zásuvky, jsou-li chráněny oddělovacím transformátorem, pomocí SELV nebo proudovým chráničem do 30 mA. Toto opatření platí i pro zásuvky instalované v koupelnách vně zóny 3.

Vyrovnání místního potenciálu. Cizí vodivé díly, které jsou přivedeny do místnosti s vanou nebo sprchou, se musí zahrnout do doplňujícího vyrovnání potenciálu (obr. 2). K tomu patří např. topné potrubí, kovové vodovodní a odpadové potrubí, plynové potrubí nebo kanály pro klimatizaci.

Vodiče pro vyrovnání potenciálu musí mít minimální průřez 4 mm² mědi. Jiné materiály vodičů, např. hliník nebo pozinkovaná pásková ocel, nejsou přípustné. Vodivé kryty van se nepovažují za cizí vodivé díly a nemusí se proto zahrnout do vyrovnání potenciálu (obr. 2).

Vodič pro vyrovnání potenciálu je nutné spojit:

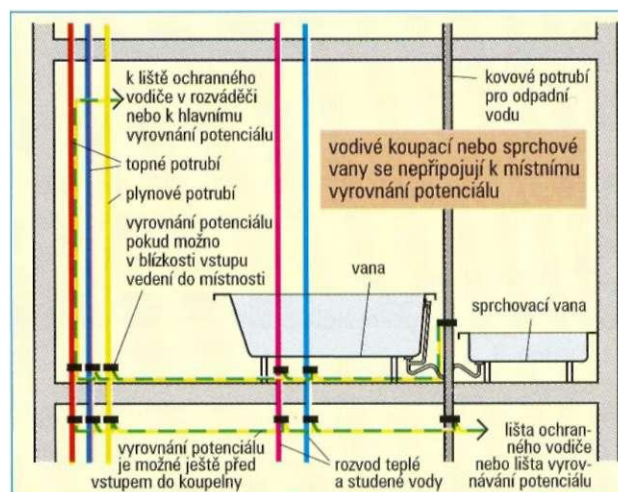
- s lištou ochranného vodiče rozváděče nebo
- s lištou vyrovnání celkového potenciálu.



Obr. 1: Hranice zón u dělicích stěn o výšce pod 2,25 m

Přehled: Přípustné elektrické předměty a spotřebiče v zónách 0, 1 a 2

- **Zóna 0**
 - Jen spotřebiče, které jsou výslovně přípustné pro zónu 0, např. pevně instalovaná nástěnná svítidla na malé napětí SELV do AC 12 V nebo DC 30 V. Zdroj proudu musí být mimo zóny 0 a 1.
- **Zóna 1**
 - Pevně instalované a pevně připojené přístroje a nutné zásuvky, např. pro:
 - ohříváč vody,
 - zařízení vířivé vany,
 - čerpadlo odpadní vody.
 - Přístroje a svítidla s malým napětím SELV nebo PELV do AC 25 V nebo DC 30 V; zdroje proudu nesmějí být v oblastech 0 a 1 umístěny.
- **Zóna 2**
 - Všechny elektrické předměty přípustné v zóně 1;
 - zásuvky pro holicí strojky, které jsou připojeny na dělicí transformátor.



Obr. 2: Vyrovnání místního potenciálu v koupelnách nebo sprchových koutech

7.4.6 Rozsah elektrické instalace v obytných budovách

Elektrická instalace v obytných budovách se nemá projektovat a provádět jen podle okamžité potřeby. Instalace má být navržena tak, aby byly možné změny nebo rozšíření bez nákladné rekonstrukce.

V ČSN je stanoven minimální rozsah elektrické instalace v obytných budovách. Pokud nastane požadavek na rozšíření elektrické instalace o určitý počet zásuvek, vývodů nebo přípojek pro velké spotřebiče, je třeba přiměřeně zvýšit počet elektrických obvodů (**tab. 1**).

Místnosti se zvláštním využitím, např. pro zájmové aktivity, sklepy nebo místnosti pro domácí práce, by měly mít vlastní elektrický obvod.

Velké spotřebiče s příkonem nad 2 kW, např. pračky nebo sušičky prádla potřebují vlastní elektrické obvody (s vlastním jističem).

Počet zásuvek. Počet zásuvek a vývodů pro svítidla zjistíme orientačně z **tabulky 2**.

Zásuvky a vývody pro světla mají být účelně rozděleny. Např. u anténních zásuvek je účelné umístit pokud možno alespoň tři síťové zásuvky, pro rádio, televizi a video. V ložnicích má být u každé postele dvojitá zásuvka. Vícenásobná zásuvka se počítá při projektu podle **tabulky 2** jako jedna zásuvka.

Zásuvky a svítidla mimo byt mají být zajištěny proti neoprávněnému užívání, např. vypínáním v bytě.

Zásuvky pro připojení elektrických spotřebičů venku, např. sekačky na trávu musí mít dodatečnou ochranu RCD s $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$.

Osvětlení. Na chodbách nebo v průchozích prostorech mají být vypínače (nebo sensorové spínače) u každého vchodu. V malých chodbách délky do 2,5 m stačí jeden vypínač. Rozsah elektroinstalace ve vedlejších prostorech je uveden v **tabulce 3**.

Připojení rozhlasového a televizního přijímače. V bytech do tří místností má být minimálně jedna anténní zásuvka, v bytech se čtyřmi místnostmi dvě a ve větších bytech nejméně tři anténní zásuvky. Telekomunikační zařízení viz **str. 120**.

Tabulka 1: Počet elektrických obvodů v obytném prostoru

Obytná plocha (m ²)	Počet elektrických obvodů pro zásuvky a osvětlení *
do 50	2
nad 50 do 75	3
nad 75 do 100	4
nad 100 do 125	5
nad 125	6

* pro zvláštní a sklepní místnosti se předpokládají oddělené obvody

Tabulka 2: Počet zásuvek a vývodů v obytných prostorech

Plocha obytné místnosti (m ²)	Počet zásuvek	Počet vývodů pro osvětlení
do 8	2	1
nad 8 do 12	3	1
nad 12 do 20	4	1
nad 20	5	2

Tabulka 3: Počet zásuvek, vývodů pro osvětlení a přípojek pro spotřebiče nad 2 kW ve vedlejších (neobytných) místnostech.

Druh místnosti a druhy spotřebičů	Počet		
	zásuvka	vývodů	přípojek nad 2 kW
kuchyně	5	2	
odsavač par	1		
chladnička, mraznička	1		
myčka nádobí			1
elektrický sporák			1
koupelna	2	2	
pračka			1*
sušička			1*
chodba	1	1	
pracovní prostor	3	1	
pračka			1*
mandl			1*
sušička			1*
ventilátor		1	
místnost pro volný čas	3	1	
terasa	1	1	
WC	1	1	
sklep	1	1	

* pro každý byt stačí jedna přípojka

7.5 Telekomunikační zařízení

7.5.1 Domovní zvonky

Domovní zvonky (**obr. 1**) jsou napájeny malým střídavým napětím ze zvonkového transformátoru s ochranou izolací.

Požadavky na zvonkové transformátory:

- odolnost proti zkratu
- jmenovité střídavé výstupní napětí $U_2 < 24 \text{ V}$
- výstupní střídavé napětí naprázdno $U_{20} < 33 \text{ V}$
- jmenovité střídavé vstupní napětí $t/1 < 250 \text{ V}$
- jmenovitý výkon max. 100VA

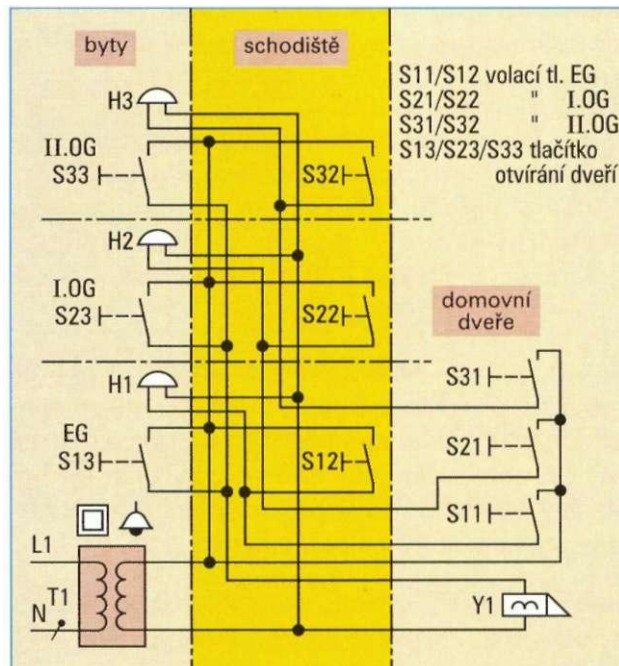
V domovních zařízeních se k akustické signalizaci používá zvonek nebo bzučák. V zařízeních s elektrickým vrátným nebo dvoutónovým gongem se doporučuje zvonkový transformátor se jmenovitým proudem 2 A. Protože se domovní zvonky napájejí malým napětím, nejsou nutná žádná další bezpečnostní opatření. Jako instalační materiál pro rozvody domovních zvonků používají např. zvonkové plášťové vodiče nebo zvonkové ploché vodiče. Ke spojování zvonkových drátů se používají svorky vhodné pro malý průřez vodičů. Spolehlivé spoje je však možné vytvořit pájením.

7.5.2 Domácí telefony

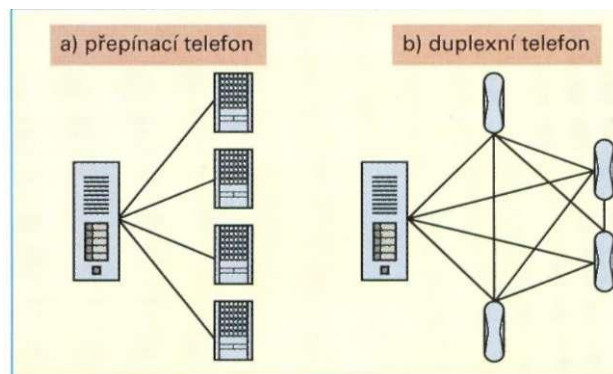
Domácí telefon je zařízení, které spojuje mezi dvě části domu např. dvě poschodí nebo byt s domovními vchodovými dveřmi. U domácích telefonů rozlišujeme přepínací (**obr. 2a**) a duplexní systém (**obr. 2b**).

Přepínací domácí telefon. U těchto zařízení se obvod skládá z vchodového a domácího reproduktoru (**obr. 3**). Oba reproduktory přebírají podle směru hovoru i funkci mikrofonu. Dopadají-li zvukové vlny na membránu reproduktoru, chová se reproduktor jako elektrodynamický mikrofon. Signál je zesílen a vybudí druhý reproduktor v zařízení. **Hovorové tlačítko** v domácím telefonu ovládá přepnutí směru zesílení hovoru. Po přepnutí přebírá reproduktor funkci mikrofonu a budí přes zesilovač reproduktor u domovních dveří.

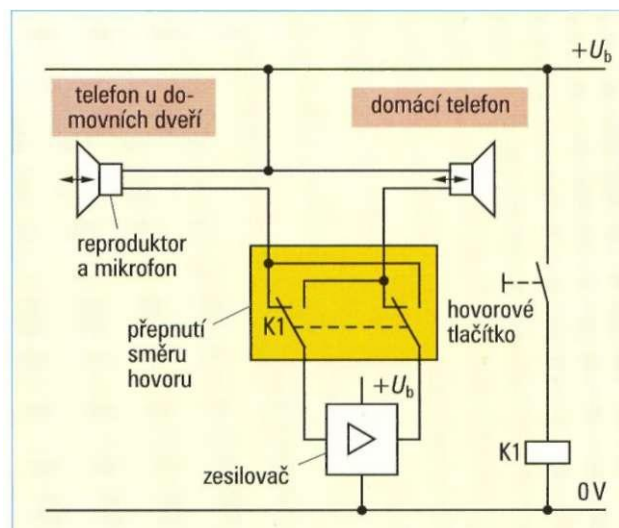
U přepínacího domácího telefonu se hovorovým tlačítkem ovládá směr hovoru.



Obr. 1: Domovní zvonky s elektrickým vrátným pro tři bytové jednotky



Obr. 2: Cesty hovoru u: a) přepínacího a b) duplexního domácího telefonu



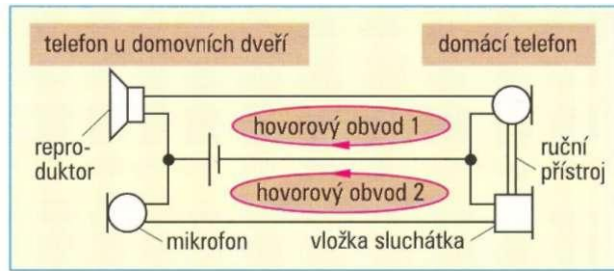
Obr. 3: Princip přepínacího domácího telefonu

Duplexní domácí telefony mají dva hovorové okruhy, které fungují současně a nezávisle na sobě. Každý obvod se skládá ze sériového zapojení zdroje proudu, mikrofону a reproduktoru (**obr. 1**).

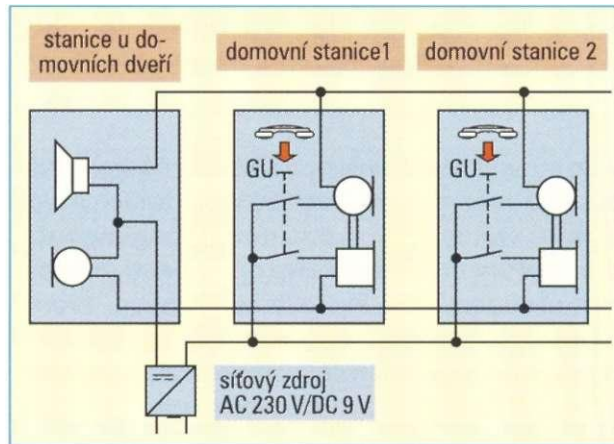
Každá **stanice** má mikrofón i sluchátko, popř. reproduktor. Pokud narazí zvukové vlny na membránu mikrofónu, mění se tím jeho odpor. Stejnosemřný proud v obvodu se tím moduluje, potom se zesiluje a vytváří v sluchátku, popř. v reproduktoru zvukové kmity.

Pokud je třeba více bytových stanic, zapojí se všechny paralelně. Dvojité kontakty vidlice (pro uložení sluchátka) **spínače (GU na obr. 2)** odděluje při položení sluchátka (ruční přístroj) hovorový obvod (klidová poloha). Tím jsou odpojeny stanice, které nejsou v provozu.

Je-li současně zvednuto více sluchátek, je možný odposlech hovorů. Zařízení pro blokování odposlechů obsahuje **diodové moduly** k odpojení jednotlivých okruhů. Tyto moduly je možné zabudovat i dodatečně. LED dioda (hovorové světlo) v okruhu (**obr. 3**) signalizuje návštěvníkovi, že účastník v bytě zvedl sluchátko a je připraven k hovoru (naslouchá).

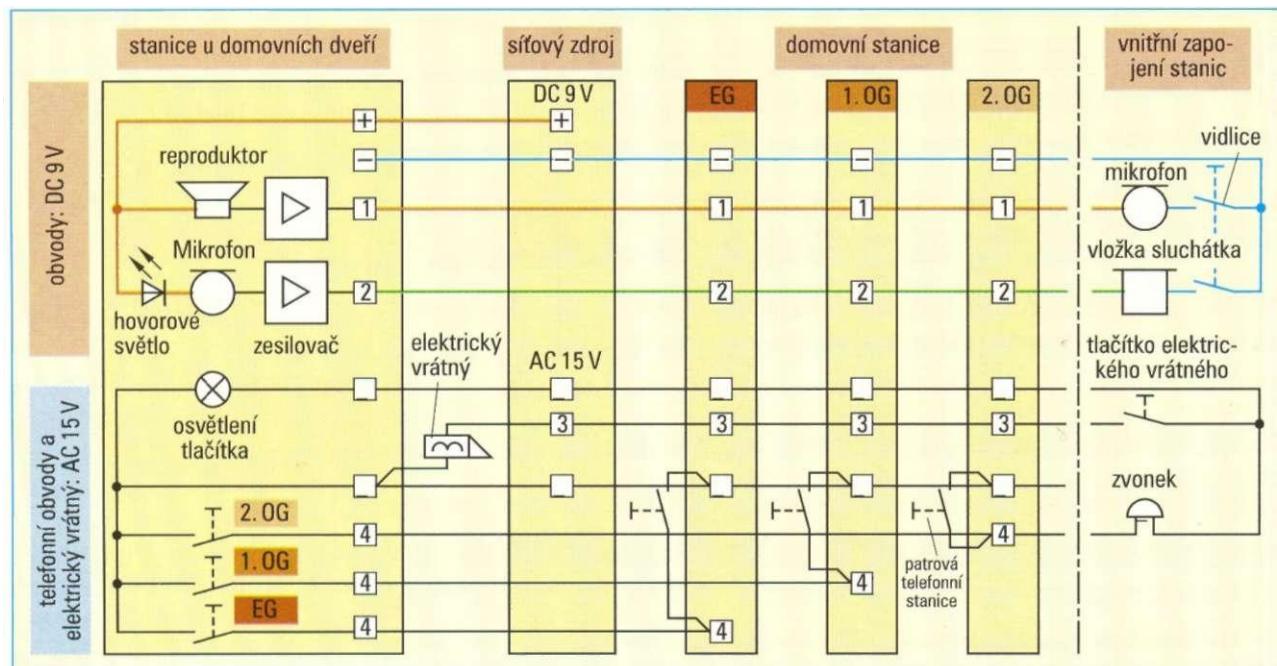


Obr. 1: Princip duplexního domácího telefonu



Obr. 2: Duplexní domácí telefon se dvěma paralelně zapojenými stanicemi

Systém domácích telefonů je napájen elektrickou energií ze síťového zdroje. Hovorové obvody jsou napájeny stejnosměrným proudem. Zvonky, elektrický vrátný a osvětlení zvonkových tlačítek jsou napájeny proudem střídavým (**obr. 3**). Síťové zdroje se instalují v horním přípojkovém prostoru pole elektroměru (**str. 109**). Napájení pro domácí telefony tvoří samostatný elektrický okruh.



Obr. 3: Duplexní domácí telefon se třemi připojenými telefony (schéma zapojení v rozloženém uspořádání)

Domácí telefony ve sběrnicovém zapojení. Zařízení domácích telefonů může být sběrnicového typu. Domácí telefony jsou pak připojeny dvoudrátovým sběrnicovým vedením. Zařízení se pak skládá z mikrofonního modulu u vchodových dveří se zvonkovými tlačítky, řídicí jednotky sběrnice a z bytových stanic. Všechny jednotky jsou spojeny dvoudrátovým sběrnicovým vedením (**obr.**). K napájení je nutný síťový zdroj AC 230 V/ DC 24 V jako zdroj proudu pro řídicí jednotku a hovorový obvod. Elektrický vrátný a osvětlení zvonkových tlačítek jsou napájeny ze zvonkového transformátoru s výstupním napětím AC 12 V (**obr.**).

Dvoudrátovým sběrnicovým vedením jsou zabezpečeny funkce volání, hovoru, otvírání dveří a zapínání osvětlení tlačítek.

Provedení dvoudrátového sběrnicového vedení:

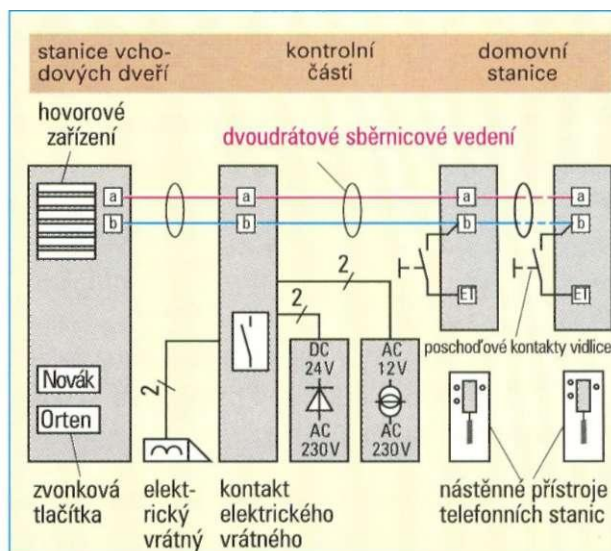
- je možné stíněnou, dvojitou kroucenou telefonní dvoulinkou J-Y (St)Y 2x2x0,6 nebo telekomunikačním zemním kabelem A2Y(St)2 Y 2x2x0,8,
- jako sběrnice se používá dvoupárový kabel, druhý pár slouží jako rezerva,
- přípustná délka mezi řídicí jednotkou sběrnice a účastníkem: max. 300 m,
- dvoudrátový sběrnicový systém je konstruován pro maximálně 64 účastníků,
- pro více než 64 účastníků, je možno sběrnicový systém rozšířit přidavným zařízením.

Pokud chceme rekonstruovat staré zařízení na dvoudrátový sběrnicový systém, můžeme použít stávající zvonkové plášťové vodiče. Jako sběrnicové vedení pak použijeme dva souběžné vodiče.

Programování těchto malých zařízení se provádí jen v několika krocích bez programového softwaru (**přehled**). Přitom se vytvoří jednoznačné přiřazení mezi zvonkovým tlačítkem u domovních dveří a bytovou stanicí, které brání odposlechu.

Vchodová stanice může být vybavena ještě videokamerou a přenášet snímané obrazové signály na monitor bytové stanice. Pro přenos videosignálu jsou nutné většinou koaxiální kabely.

V kancelářských budovách je možné připojení domácího telefonu na stávající telefonní síť, např. na ISDN (**str.** 122). Tím je možné přepojit hovory z domovního vchodu na jakoukoli telefonní pobočku. Pak je možné z každé linky ovládat např. elektrického vrátného nebo vnější osvětlení.



Obr.: Domácí telefon v dvoudrátovém sběrnicovém zapojení

Přehled: Programování systému domácích telefonů v dvoudrátovém sběrnicovém provedení

- otevřít kryt bytové stanice, které chceme přiřadit zvonkové tlačítko
- vložit programovací klíč do bytové stanice
- stisknutím tlačítka otvírače domovních dveří uvést vchodovou stanici do programovacího režimu; programový režim se ohlásí na vchodové stanici.
- stisknout žádané zvonkové tlačítko u vchodové stanice
- přiřazení mezi stisknutým tlačítkem a domovní stanicí se potvrdí rozsvícením LED diody bytové stanice
- programovací klíč vyjmout a zavřít kryt bytové stanice
- přiřazení tlačítka stanici, tj. naprogramování hovorového spojení je tímto provedeno

1 Z jakých částí se skládá hovorový obvod duplexního domácího telefonu?

2 Čím se odlišují duplexní a přepínací domácí telefony?

3 Proč nejsou u domácích telefonů nutná ochranná opatření?

4 S jakým proudem pracují: a) hovorové obvody a b) obvod otvírání domovních dveří?

7.5.3 Zřizování telekomunikačních zařízení

Telekomunikační zařízení, např. telefony nebo faxové přístroje jsou spolu spojeny přes veřejnou telekomunikační síť.

Aby bylo umožněno připojení k síti, mají být v každé obytné budově přípojky pro telekomunikační zařízení.

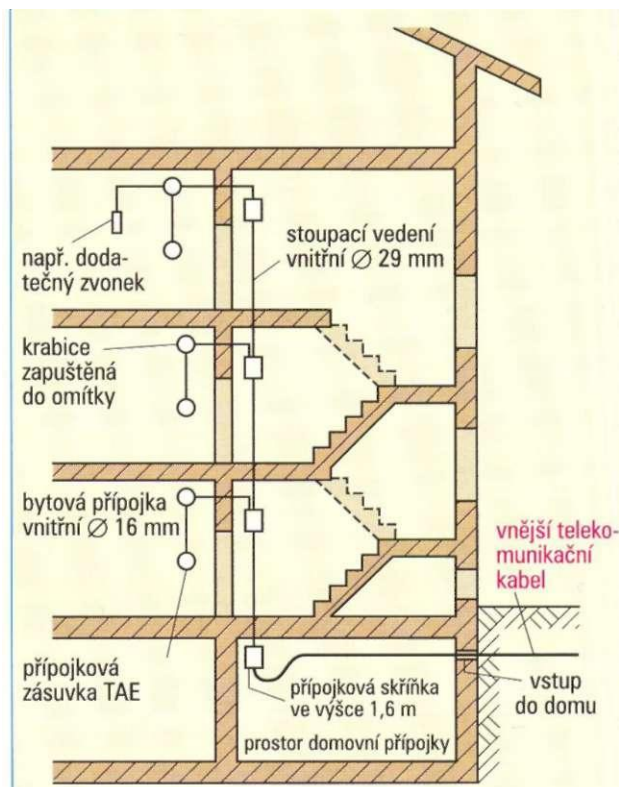
Dálkový vnější kabel se přivádí do domovního přípojkového prostoru a končí v přípojkové skříňce, která je instalována asi 1,6 m nad podlahou sklepa.

Vzdálenost mezi místem pro zavedení telekomunikačního kabelu a ostatním vedením, např. plynovým, vodovodním nebo elektrickým, musí být minimálně 500 mm.

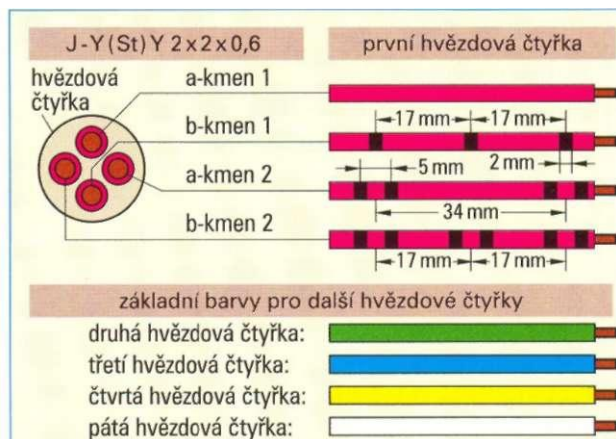
Instalace telekomunikačních vodičů má být prováděna tak, aby byla možnost výměny, např. v trubkách. Např. v domě svíce byty musí být vodiče vycházející z přípojkové skříňky instalovány v stoupacím vedení o vnitřním průměru min. 29 mm, např. M40 (**obr. 1**).

Na stoupacím vedení se v každém poschodí instaluje odbočná skříňka. Z této skříňky vede instalační trubka o vnitřním průměru min. 16 mm, tzn. velikost M25, do každého bytu k přípojkové krabici telekomunikačního zařízení.

Aby nebyli uživatelé bytu obtěžováni při hledání závad, rozšiřování nebo změnách telekomunikačního zařízení, má být instalace vedení prováděna ve veřejně přístupných prostorech, např. na schodišti. Pokud je telefonní rozvod připojen vzdušnou přípojkou, musí stoupací vedení vést až do sklepa, aby byla později možná snadná změna na zemní přípojku.



OBR. 1: TRUBKOVÝ ROZVOD PRO TELEKOMUNIKAČNÍ ZAŘÍZENÍ



OBR. 2: BAREVNÉ ZNAČENÍ HVĚZDOVÝCH ČTYŘEK

Ke zřízení instalačního systému, např. trubkové sítě, jsou oprávněny všechny elektroinstalační podniky, které mají povolení k montáži elektrických zařízení.

K připojení koncových zařízení se používá např. instalační kabel J-Y(St)Y. U tohoto typu kabelu se označují čtyři vzájemně spletené vodiče jako hvězďová čtyřka. Dvě protilehlé žíly vždy tvoří jeden okruh nebo kmen (**obr. 2**).

Aby bylo možno rozlišit více hvězďových čtyřek kabelu, označují se různými barvami izolace žil: červenou, zelenou, šedou, žlutou a bílou (**obr. 2**).

Aby byla vyloučena záměna jednotlivých žil a větví, jsou vždy tři žíly hvězďové čtyřky označeny černým potiskem s kombinací barevných kroužků (**obr. 2**).

K připojení spojovacího vedení mezi přípojkovou skříňkou a koncovým zařízením je podle telekomunikačního zákona nutné povolení provozovatele sítě.

7.5.4 Analogová telekomunikační zařízení

Telekomunikační zařízení jsou v celém světě založena na dvoudrátové spojovací síti.

Přenos mezi dvěma účastníky se uskutečňuje různými způsoby. Provozovatelé sítě zprostředkovávají hovory a přenos dat pomocí měděného kabelu nebo světlovodného kabelu přes digitální ústřednu.

Spojení mezi ústřednou a koncovým zařízením, např. telefonem, se uskutečňuje dvěma vodiči a to většinou analogově (**obr. 1**).

Oba vodiče, resp. žíly k připojení koncového zařízení se označují jako žíla a žíla b nebo také La a Lb.

Při instalaci se používá pro připojení analogových koncových přístrojů tzv. telefonní zásuvky TAE*. Ty jsou na trhu buď pro zapuštění do omítky nebo povrchové na omítku (**obr. 2**).

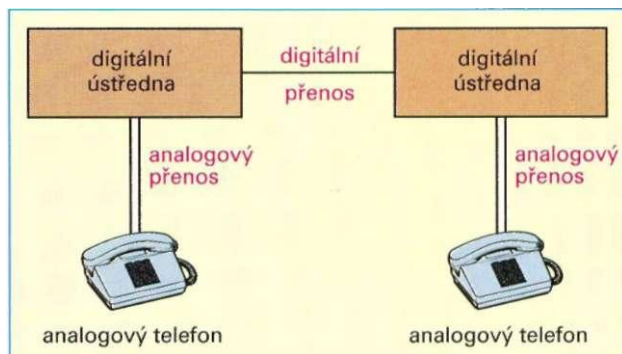
Pro připojení různých koncových přístrojů jsou k dispozici zásuvné konektory s dvojím různým značením. Je to dáno různou polohou drážky a nosu v zásuvce a vidlici (**tab. 2**).

Vidlice se značením F se používají pro telekomunikační zařízení.

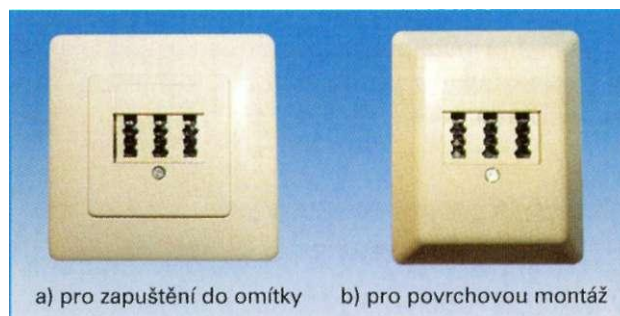
Značení N je pro připojení všech ostatních přístrojů, např. záznamníku nebo faxu.

U každé zásuvky TAE je k dispozici šest kontaktů; označují se číslicemi 1 až 6. Přesné obsazení kontaktů a jejich význam je uveden v **tabulce 1**.

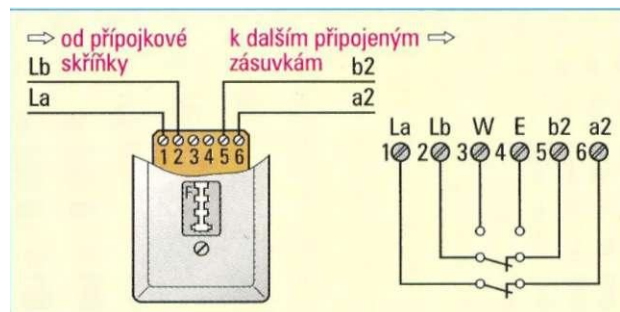
Přípojové zásuvky TAE-F a TAE-N mají stejné vnitřní zapojení (**obr. 3**). Rozdíl je ve tvaru vidlice a odpovídající zásuvky, tj. ve tvarovém kódu. Vodiče La a Lb, které jsou přiváděny z přípojkové skříňky se připojí na svorky 1 a 2. Uvnitř zásuvky jsou tyto svorky při nezasunuté vidlici spojeny se svorkami 6 a 5. Tím může být vedení napojeno na další zásuvky a tím i na další přístroje (**obr. 3**). Přístroje s vidlicí s označením F většinou kontakty 5 a 6 nevyužívají (**tab. 2**).



Obr. 1: Princip analogového telefonního spojení



Obr. 2: Telefonní zásuvky TAE



Obr. 3: Připojení a vnitřní zapojení zásuvky TAE

Tabulka 1: Přípojkové obsazení spojení TAE

Svorka	Označení	Význam
1	La	příchozí žíla a
2	Lb	příchozí žíla b
3	W	přídavný zvonek
4	E	zemnicí kontakt
5	b2	odchozí žíla b
6	a2	odchozí žíla a

TAE, zkratka Telekommunikations Anschluss Einheit = jednotka telekomunikačního připojení

Tabulka 2: Značení spojení TAE

Kód F (telefonní zařízení)			Kód N (netelefonní, datové zařízení)		
Zásuvka	Vidlice	Příklad	Zásuvka	Vidlice	Příklad
		použití např. pro telefony			použití např. pro záznamníky, faxy a modemy

Pokud jsou na jedno vedení napojeny dvě zařízení různého typu, např. záznamník a telefon, je třeba zřídit dvě zásuvky TAE.

Pro záznamník je zapotřebí zásuvka s otvorem typu (kódu) N. Telefon musí mít zásuvku F. Při odděleném provedení obou přístrojů se doporučují dvě oddělené zásuvky (**obr. 1**).

Oba příchozí vodiče La a Lb se připojí k zásuvce N. Oba odchozí vodiče a2 a b2 tvoří přípojku k zásuvce telefonu TAE-F (**obr. 1**).

Pokud jsou oba přístroje v bezprostřední blízkosti, je účelné instalovat kombinovanou zásuvku NF. U dvojzásuvky je propojení obou konektorů provedeno uvnitř.

7.5.5 Digitální telekomunikační zařízení (zařízení ISDN)

V síti ISDN^x dochází k přenosu mezi jednotlivými koncovými zařízeními digitálně kódovaným signálem (**obr. 2**). Tím je možné využívat současně přes společnou síť více služeb, např. telefon, fax nebo telefon, s obrazem.

Při instalaci připojení ISDN nabízí provozovatel dva druhy připojení:

- základní připojení se dvěma kanály nebo
- primární multiplexní připojení s 30 přenosovými kanály

Počet užívaných kanálů, nazývaných také kanály B udává, kolik různých služeb může být používáno současně.

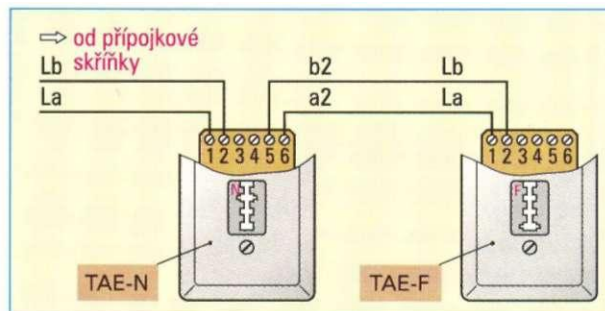
Připojení účastníka k digitální síti se provádí dvoudrátovou linkou z ústředny k přípojkové skříňce zákazníka. Pro toto spojení se mohou použít dosud užívané vedení a kabely instalované provozovatelem sítě.

V místě **rozhraní sítě ISDN a účastnické přípojky** je třeba instalovat koncovou přípojku, která se označuje **NT (Network Termination)** (**obr. 2**). Tato koncovka sítě se může u stávajících zařízení také zapojit do stávající zásuvky TAE (**obr. 3**).

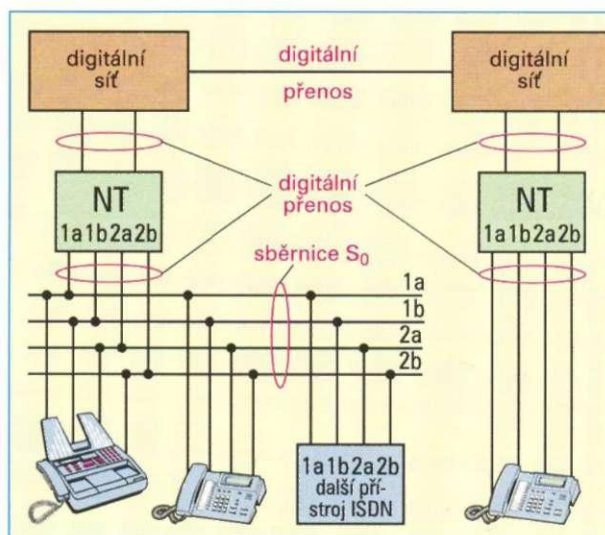
Koncová přípojka sítě se označuje u základního připojení NTBA (Network Termination Basic Access) a u primárního vícenásobného připojení NTPMA (Network Termination Primary Multiple Access).

Při připojení NTBA přes zásuvku TAE se na tuto zásuvku nesmějí připojit žádné další analogové přístroje. K napájení NTBA se používá zásuvka 230 V v jeho blízkosti. Připojení přístrojů ISDN k NTBA se provádí čtyřmi dráty a označuje se jako sběrnice S_0 (**obr. 3**).

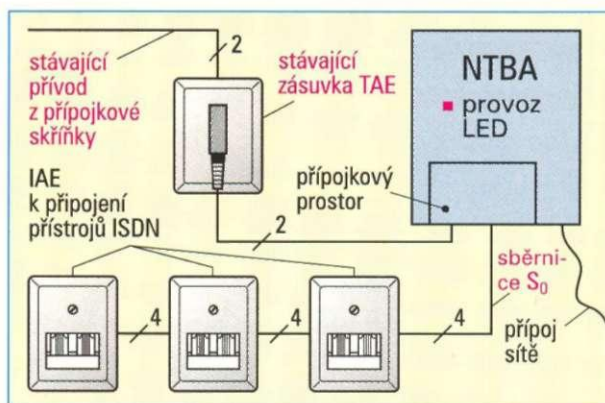
ISDN zkratka Integrated Services Digital Network = digitální síť s integrovanými službami



Obr. 1: Spojení zásuvek TAE-N a TAE-F od přípojkové skříňky



Obr. 2: Struktura sítě ISDN



Obr. 3: Připojení NTBA ke stávající zásuvce TAE

Sběrnice S₀. Připojení ke sběrnici realizuje zásuvkovým spojením konektor **RJ 45 (obr. 1)**. Má osm kontaktů a připojuje se do čtyřpólových zásuvek ISDN. Pro zapojení ISDN se využívají jen čtyři střední kontakty (3 až 6).

Analogové přístroje se mohou v síti ISDN dále používat přes terminálový adaptér.

Účastnická sběrnice S₀ vyvedená z NTBA může být vyvedena také přes svorkovnici (X1), ke které lze připojit další účastnické zásuvky (obr. 2). Do zásuvek ISDN (X3 a X4) je možno digitální přístroje zapojit také přímo.

Čtyři vodiče sběrnice S₀ (1a,1b,2a a 2b) jsou připojeny ke všem **jednotkám ISDN (IAE)**. Tím jsou všechny připojené přístroje zapojeny paralelně. Musí být naprogramovány podle svých funkcí.

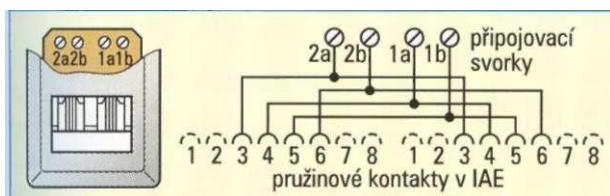
Při instalaci může být na jeden sběrný přípoj (S₀) připojeno max. 12 IAE. Počet současně připojených koncových přístrojů je omezen na osm. Celková délka zapojení závisí na použitém typu instalačního kabelu. U kabelu J-Y(St) Y 2x2x0,6 je např. do 120 m.

Sběrnice S₀ musí být ukončena u poslední zásuvky dvěma koncovými rezistory, po 100 ohmech (obr. 2).

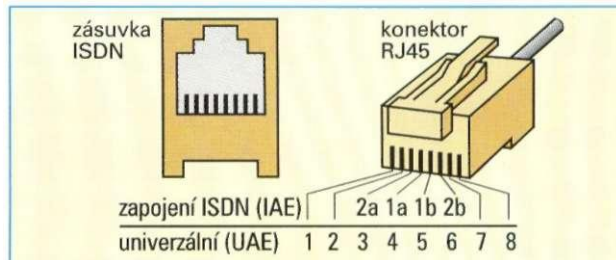
Účastnické zásuvky pro přístroje ISDN (IAE) umožňují připojení jednoho nebo dvou přístrojů. U provedení pro dva přístroje jsou všechny kontakty zapojeny paralelně (obr. 4).

Kromě zásuvek pro přístroje ISDN je možno použít také tzv. **univerzální připojovací jednotky (UAE) (obr. 5)**. Ty se používají kromě digitální sítě také při přenosu dat. Zásuvky jsou v provedení WEB8-8 nebo též Western. Z osmi kontaktů UAE se při použití ISDN obsazují kontakty 3, 4, 5 a 6.

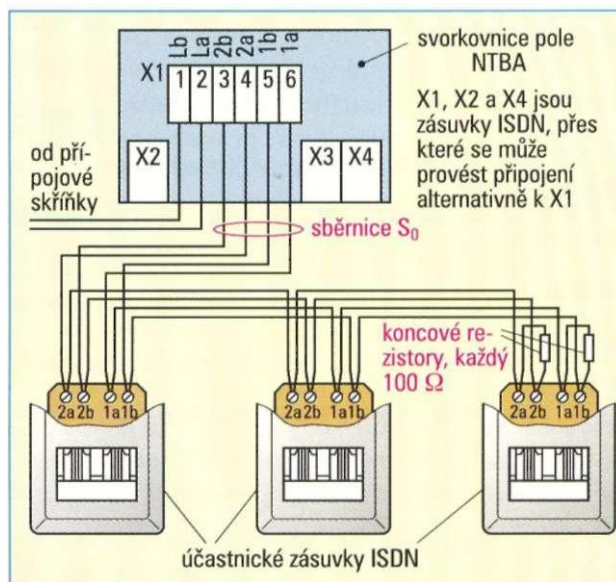
Pro střední a větší sestavy zařízení ISDN je výhodné použít telekomunikační zařízení (TK). Sběrnice S₀ připojí NTBA k zařízení TK a tam připojí všechny koncové přístroje (obr. 3). Zařízení TK umožňují většinou přímé připojení analogových přístrojů, např. telefonů.



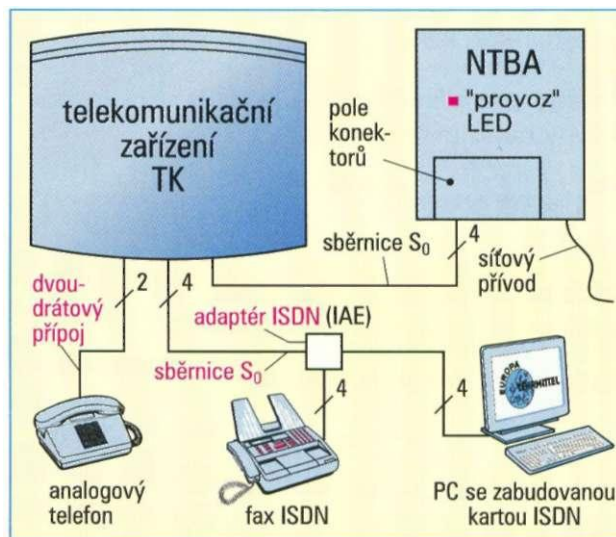
OBR. 4: VNITŘNÍ ZAPOJENÍ IAE



OBR. 1: KONEKTOR PRO ISDN



OBR. 2: INSTALACE NĚKOLIKA ÚČASTNICKÝCH ZÁSUVK NA SBĚRNICI S₀



OBR. 3: TELEKOMUNIKAČNÍ ZAŘÍZENÍ V SÍTI ISDN (TK)



OBR. 5: VNITŘNÍ ZAPOJENÍ UAE

7.6 Antény

7.6.1 Antény pro příjem pozemních vysílačů

U antén pro příjem pozemních vysílačů je vysílač i přijímač na zemi. Rozlišujeme přijímací antény pro **rozhlasový** a pro **televizní příjem**. Pro rozhlasový příjem v rozsahu dlouhých vln (DV), středních vln (SV) a krátkých vln (KV) jsou vhodné **tyčové antény (obr.)**. Pro rozsah velmi krátkých vln (VKV) se používají kruhové antény (křížové dipóly) nebo směrové antény. V závislosti na frekvenci (**viz tabulka**) se používají různé druhy antén.

Křížové dipólové antény přijímají vysílače ze všech směrů, příjem je však slabší než u směrových antén.

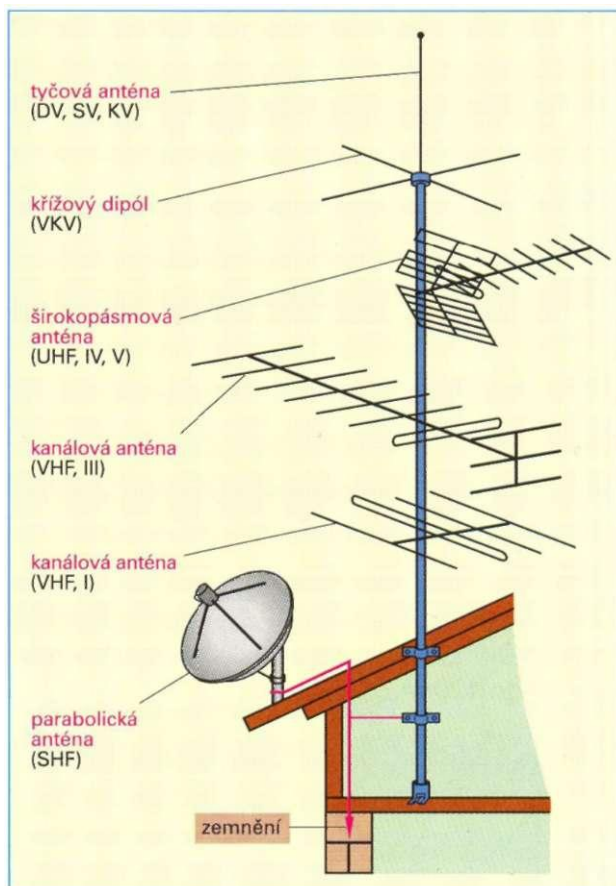
Směrové antény se nastavují ve směru k vysílači. Dosahují velkého výkonu, např. pro příjem stereo, a jsou necitlivé vůči rušivým odrazům.

Televizní antény jsou vždy směrové a jsou voleny v závislosti na místním příjmu a přijímaných kanálech. Rozlišujeme antény kanálové, skupinové a širokopásmové.

Kanálové antény jsou vhodné jen pro jeden kanál, mají však velký zisk.

Skupinové antény jsou vhodné pro příjem více kanálů, např. kanál 5 až 8.

Antény pro více rozsahů jsou širokopásmové antény např. pro kanály 21 až 69.



Obr.: Druhy antén

Tabulka: Frekvence a přijímací kanály pro televizi a rozhlas

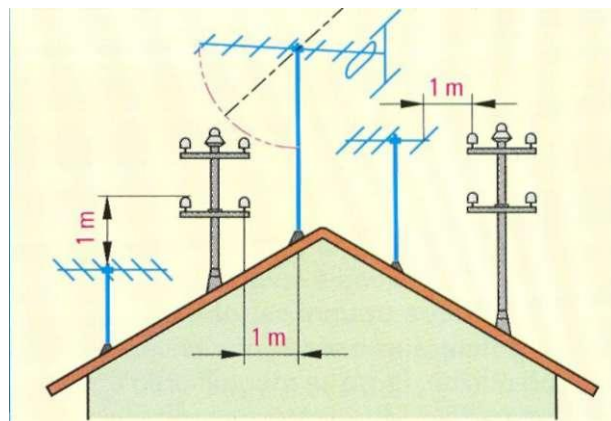
Televize	Televizní pásmo I (VHF)	Spodní zvláštní pásmo (USB)	Televizní pásmo III (VHF)	Horní kanálové pásmo (OSB)	Rozšířené zvláštní pásmo (ESB)	Televizní pásmo IV (UHF)	Televizní pásmo V (UHF)	Satelitní zařízení (SHF)
kanály	2...4	S2...S10	5...12	S11...S20	S21...S38	21...39	40...66	1...120
frekvence	47...68 MHz	111...174 MHz	174...230 MHz	230...300 MHz	302...446 MHz	470...606 MHz	608...862 MHz	10,7...12,75 GHz
rozhlas	dlouhé vlny DV		střední vlny SV		krátké vlny KV		velmi krátké vlny VKV	
frekvence	150...285 kHz		520...1605 kHz		3,95...26,1 MHz		87,5...108 MHz	

Montáž antén. Umístění antény se volí tak, aby měla co nejlepší příjem. Vhodné umístění je možno určit měřením signálu pomocí přenosné antény. Je třeba podle možnosti zohlednit i plánovanou výstavbu, např. výškové domy, které by mohly později ovlivnit příjem. Stanoviště musí být ale zvoleno tak, aby byly dodrženy minimální vzdálenosti od ostatních antén a venkovního vedení nízkého napětí (**obr. 1, str. 125**). Antény nesmí také omezovat práci kominíka.

Při volbě umístění antény je třeba dbát na:

- Vzdálenost od ostatních antén má být minimálně 5 m.
- Minimální vzdálenost mezi anténou a venkovním vedením nízkého napětí je 1 m. Přitom se nesmějí ulomené části antény dotknout venkovního vedení.
- Vzdálenost mezi anténami na společném stožáru má být 0,8 m až 1 m.

Antény se smějí umístit jen na střechu s tvrdým povrchem. Na rákosových nebo doškových střeších nejsou antény přípustné.



Obr. 1: Bezpečnostní vzdálenosti mezi anténami a venkovním vedením nízkého napětí

Mechanická pevnost. V oblasti upevnění musí být tloušťka stěny anténní trubky min. 2 mm. Vodovodní trubky nesmí být pro antény používány. Trubka pro anténní stožár se upevňuje na nosné části střechy dvěma stožárovými příchytkami (obr. 2).

Stožárové anténní trubky musí být chráněny před korozi, např. pozinkováním.

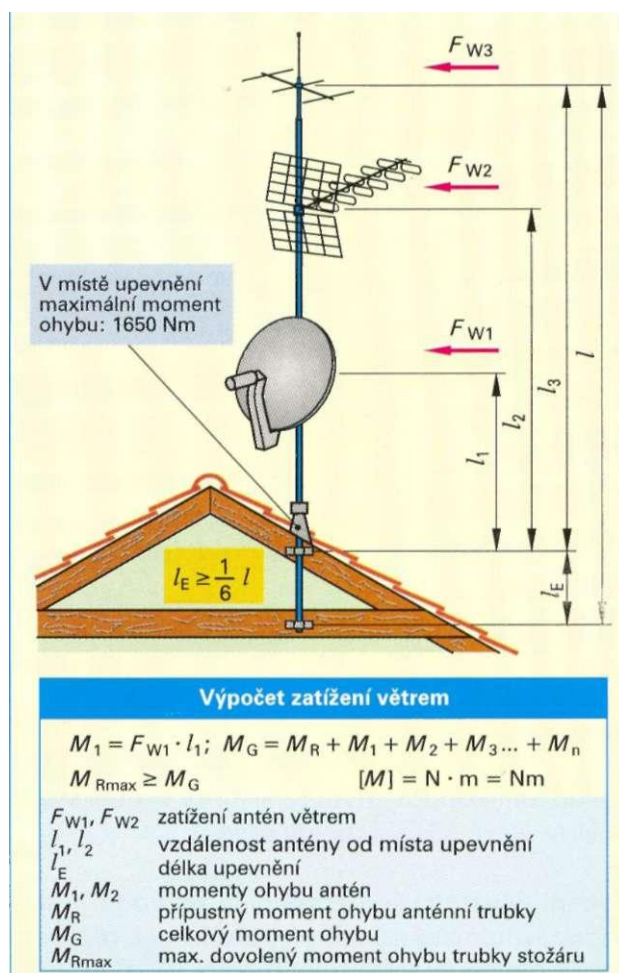
Délka upevnění l_E mezi body upevnění stožáru musí být min. $\frac{1}{6}$ délky stožárové trubky.

Každá anténa upevněná na anténním stožáru klade větru odpor F_w . Moment ohybu antény M je výsledek zatížení větrem F_w a délky l nad horním bodem upevnění stožárové trubky (obr. 2). Hodnoty namáhání antény větrem a přípustný moment ohybu M_R stožárové trubky je třeba zjistit ve výrobních podkladech. Pevnost anténního stožáru musí montážní firma ověřit výpočtem.

Dovolený moment ohybu stožáru M_{IRmgx} musí být větší než celkový moment ohybu M_G antény připevněné na stožáru.

U trubek anténních stožárů delších než 6 m nebo u trubek s větším momentem ohybu než 1650 Nm musí být prokázána pevnost nosné části budovy.

Při výpočtu zatížení větrem u antén umístěných více než 20 m nad zemí, např. na výškových domech, se hodnoty zatížení udávané výrobcem násobí koeficientem 1,37. Antény musí vyhovovat ČSN 34 2820, ČSN 36 7210 a ČSN 2830.



Obr. 2: Příklad montáže antény

Přehled: Minimální průřezy zemního vedení u antén

- měď, holá nebo izolovaná 16 mm²
- hliník izolovaný 25 mm²
- ocelový drát pozinkovaný 50 mm²
- pásková ocel pozinkovaná 20 x 2,5 mm
- vodič pro vyrovnávání potenciálu 4 mm² měď

Zemnění antén. Trubka anténního stožáru se musí spojit s bleskojistkou nebo vlastním zemnicím vedením s lištou vyrovnání potenciálu a základovým zemnicím. Minimální průřez zemnicího vedení je uveden v dříve uvedeném **přehledu, str. 125.**

Stínění (vnější vodiče) anténních svodů a základního vedení se vzájemně spojují vodičem vyrovnání potenciálu a uzemní se (**obr. 1**). **Vodič vyrovnání potenciálu** se nesmí přerušit při montáži, např. při údržbě. Proto se montují před a za zesilovačem zemnicí lišty, na které se připojuje stínění anténního vedení (**obr. 1**).

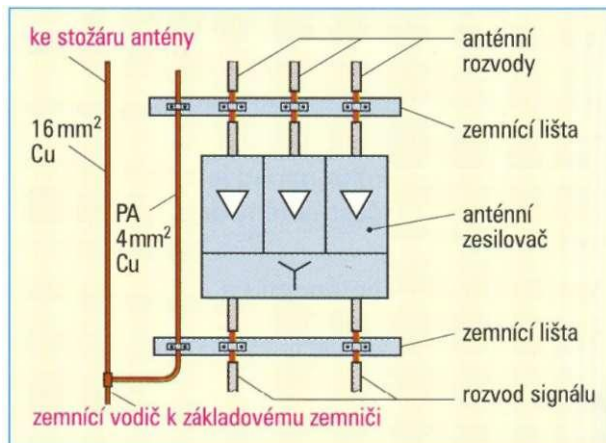
Vodiče. Na anténní svody se používají koaxiální vodiče s vlnovou impedancí 75 ohm. Pro jednotlivé antény v I. až V. pásmu stačí jednoduše stíněné koaxiální kabely (**obr. 2a**), Pro satelitní zařízení (str. 127) a pro širokopásmové komunikační zařízení (str. 130) jsou z důvodu vysokých frekvencí nutné dvojitě stíněné koaxiální vodiče (**obr. 2b**).

V případě **individuální antény** vedou svody jednotlivých antén I. až V. pásma do slučovače signálů, který může zahrnovat zesilovač. Výstup slučovače je připojen koaxiálním kabelem do účastnické anténní zásuvky. V případě **společné antény (obr. 3)** jsou **svody antén** vedeny do zesilovačů a z nich do slučovače. Sloučený signál je veden do rozbočovače a z rozbočovače pak do jednotlivých větví účastnických **anténních rozvodů (obr. 3)**.

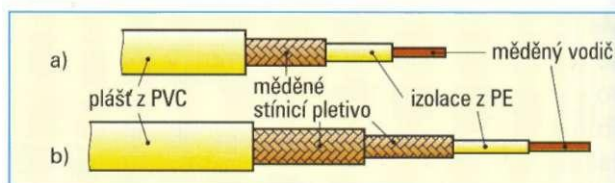
Koncová krabice větve účastnického rozvodu musí mít **zakončovací odpor** $R = 75 \text{ ohm}$.

Pokud tento odpor chybívá vznikají ve vedení stojaté vlny, které působí rušení příjmu.

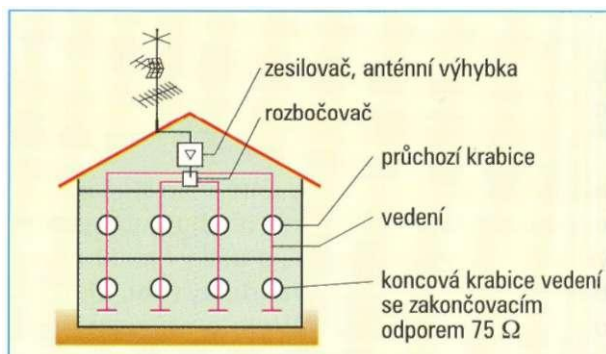
Vedení účastnických anténních rozvodů je třeba před připojením anténních zesilovačů přezkoušet. Přitom musí odpor mezi vodiči a stíněním odpovídat hodnotě odporu koncového odporu, např. 75 ohm. Menší hodnoty odporu mohou způsobit zkrat, značně větší hodnoty odporu ($R = \text{nekonečně ohm}$) mohou být způsobeny přetržením vodiče nebo chybějícím koncovým odporem v koncové krabici. Hotovou anténu musí dodavatel přezkontrolovat. Při tom se měří úroveň příjmu v první a poslední krabici každé větve. Příпустné minimální a maximální hodnoty příjmu pro různé oblasti příjmů lze vyčíst z tabulky.



Obr. 1: Vyrovnání potenciálu v systému antén a anténních rozvodů



Obr. 2: Koaxiální vodič: a) jednoduše stíněný b) dvojitě stíněný



Obr. 3: Společná anténa

Tabulka: Předepsané úrovně signálu v zásuvkách rozvodů společných antén a kabelové televize

Pásmo příjmu	Společné antény		Kabelová televize	
	úroveň (dB, μV)			
	min.	max.	min.	max.
DV, SV	–	94	40	80
VKV mono	40	70	56	80
stereo	50	70	56	80
pásmo I (VHF)	60	80	60	84
spodní zvláštní kanálový rozsah (USB)	–	–	60	84
pásmo III (VHF)	60	80	60	84
horní zvláštní kanálový rozsah (OSB)	–	–	60	84
pásmo IV/V (UHF)	60	80	60	84

7.6.2 Satelitní antény

Satelitní převaděče přijímají vysokofrekvenční signály ze země. Tyto signály se pak s jinou frekvencí vysílají jako rozhlasové a televizní programy zpět na zem.

Satelity se pohybují synchronně se zemí a z pohledu pozorovatele na Zemi nemění polohu. Jejich orbitální poloha může být proto pevně udána (**tab. 1**). Orbitální poloha se měří od nultého poledníku ve stupních buď na západ nebo na východ.

Výkon vysílání satelitů může být od několika wattů až do několika set wattů.

Vysílací pásmo rozhlasového a televizního vysílání je u satelitů mezi 10,7 GHz a 12,75 GHz.

Vysílaná vlna je polarizována v různých směrech nebo rovinách (horizontální nebo vertikální popř. pravotočivě nebo levotočivě). To umožňuje menší kmitočtový odstup sousedních kanálů. Kmitočty, které jsou k dispozici, je tak možno využít dvakrát.

Složení zařízení pro satelitní příjem

Zařízení pro satelitní příjem se skládá z vnější a vnitřní jednotky. Vnější jednotka se skládá z parabolického odražeče, konvertoru s trychtýřovou anténou (LNB*), vnějšího kabelového propojení a při digitálním systému ještě z rotátoru pro natáčení antény. Vnitřní jednotka se skládá např. z odpojovače, přepínací matice, slučovače (např. pro dva konvertory), satelitního tuneru pro ladění kanálů a přijímače.

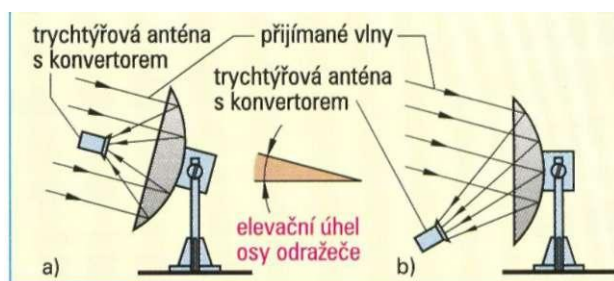
Vnější jednotka. Rozhlasové a televizní programy vysílané satelitem jsou přijímány anténami, které jsou zaměřeny na satelit. Většinou jsou k tomu nutné parabolické antény (**obr. 1**). V praxi se používají buďto centrálně uspořádané **parabolické antény (obr. 1a)** nebo offsetové parabolické antény (**obr. 1b**). Osa odražeče parabolické antény musí mít elevační** a azimutový*** úhel zaměřený na odpovídající satelit, např. Astra (**obr. 1 a tab. 2**).

Elevační úhel (obr. 2) udává výšku satelitu nad horizontem ve stupních. **Azimutový úhel (obr. 1, str. 129)** je směrový úhel od poledníku, pod kterým je přijímán satelitní signál.

Průměr parabolické antény, např. 90 cm nebo 120 cm, je určen hustotou výkonového toku satelitního vysílání v místě příjmu. Kromě parabolických antén se používají i ploché antény.

Tabulka 1: Televizní a rozhlasové satelity (příklady)

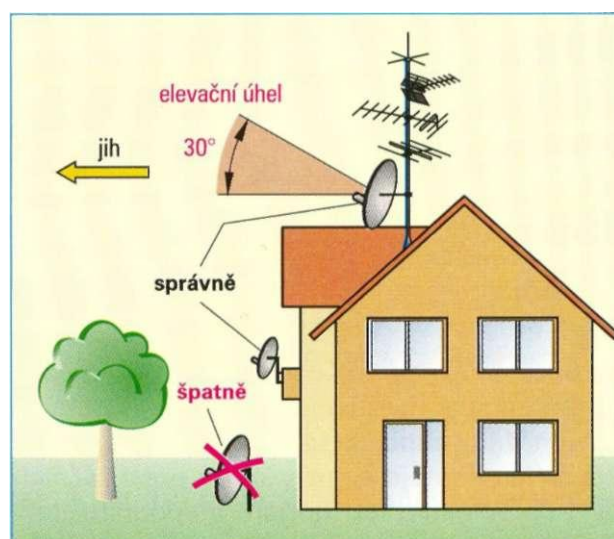
Satelit	Orbitální poloha	Kmitočtový rozsah (GHz)	Polarizační roviny
Astra 1A do 1H	19,2° východně	10,7 až 12,75	horizontální, vertikální
Eutelsat	13° východně	10,7 až 12,75	horizontální, vertikální



Obr. 1: Parabolické antény:
a) centrálně "napájené" s anténou v ose parabolického odražeče,
b) typu "offset" s anténou umístěnou mimo osu (offset) odražeče

Tabulka 2: Azimutové a elevační úhly u satelitu Astra 1A až 1H (výběr)

Místo	Azimutový úhel	Elevační úhel
Berlín	172,7°	29,9°
Berlín	172,7°	29,9°
Berlín	172,7°	29,9°
Berlín	172,7°	29,9°



Obr. 2: Umístění parabolické antény

* LNB zkr. Low noise block converter (angl.) = jednotka s nízkošumovým konvertorem

** Elevation = úhel osy odražeče nad horizontem

*** Azimut = velikost úhlu od poledníku

Hustota výkonového toku je logaritmická míra pro hustotu vyzařování elektromagnetických vln ze satelitu.

Hustota výkonového toku se udává v dBW/m^2 . V praxi jsou to hodnoty od asi od 100 dBW/m^2 do 125 dBW/m^2 . Přesné hodnoty hustoty výkonového toku je možno získat měřením nebo z diagramů, tzv. footprints (footprint = stopa).

V ohnisku parabolické antény je umístěna přijímací hlava nebo přijímací systém. Ten se skládá z trychtýřové antény, pásmového filtru, polarizačního rozbočovače, nebo krátce jen polarizátoru a z nejdůležitější části, konvertoru (LNB).

LNB jsou různých typů:

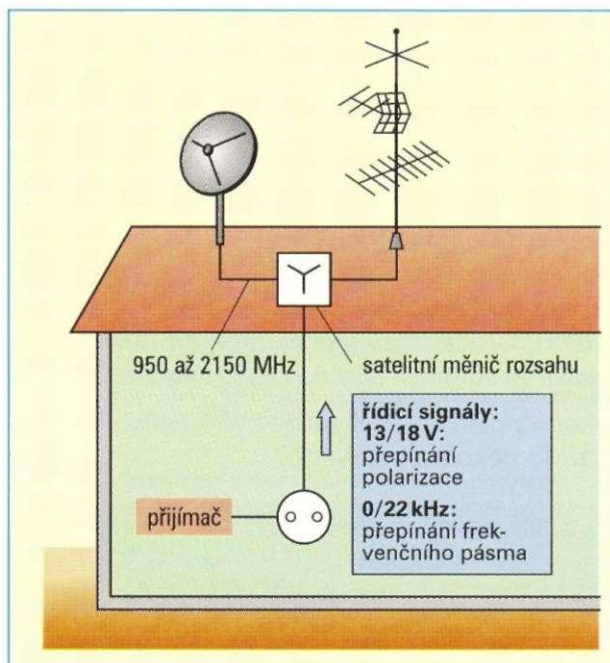
- jednoduché konvertory pro jednotlivý příjem (single-LNB)
- dvojité konvertory pro připojení dvou nezávislých přijímačů (twin - LNB)
- konvertory kvatro se čtyřmi výstupy pro více účastníků (quatro - LNB)

Vnitřní jednotka. Úkolem vnitřní jednotky je především rozdělení a předzpracování rozhlasových a televizních signálů. Z měniče velmi vysoké frekvence v konvertoru je přiváděna do koaxiálního kabelu a do přijímače tzv. 1. mezifrekvence v rozsahu od 950 MHz do 1750 MHz popř. 2150 MHz . V pásmu šířky 800 MHz popř. 1100 MHz je možno přenášet 24, popř. 32 satelitních programů. Předzpracování signálu se provádí satelitním přijímačem nebo satelitním tunerem. Ten musí oddělit obrazové a zvukové signály, přeměnit je na amplitudově modulovaný Videosignal a dále oddělit synchronizační signály pro řízení televizního přijímače. Přijímač musí také vysílat řídicí signály (**obr. 1**) pro řízení konvertoru, případně rotátoru při příjmu digitálního vysílání.

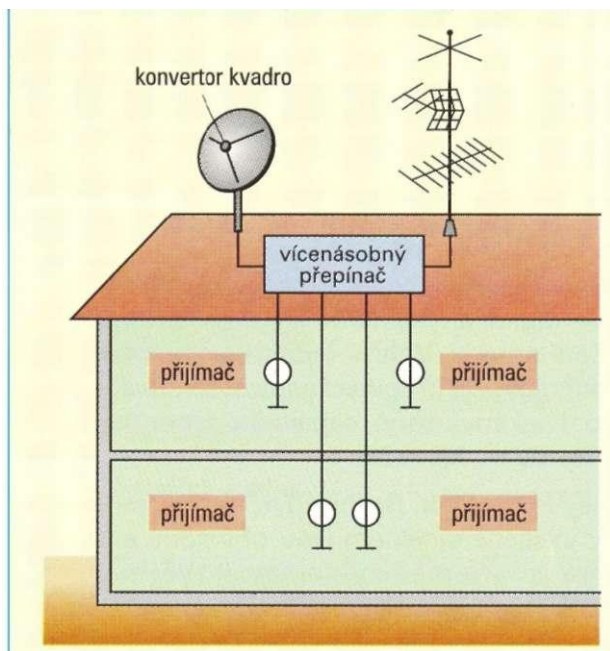
Při výstavbě satelitních přijímacích zařízení rozlišujeme především individuální příjem (**obr. 1**) a příjem pro více účastníků (**obr. 2**).

Multiúčastnické přijímače mají přepínací matici, která přepojuje hvězdicově účastníky. Tato zařízení umožňují připojení až 20 anténních zásuvek. Přepínání zahrnuje signály obou polarizačních rovin i přepínání mezi horním a spodním frekvenčním pásmem ke všem účastníkům (**obr. 1**).

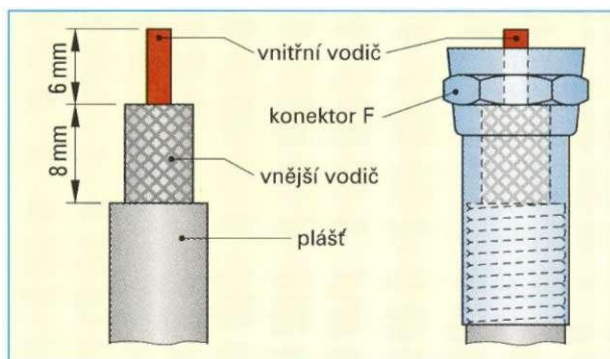
K připojení konvertoru a přijímače na koaxiální kabel se používají konektory F, jejichž montáž se musí provést velmi pečlivě (**obr. 3**).



Obr. 1: Individuální příjem



Obr. 2: Anténní systém pro čtyři účastníky



Obr. 3: Montáž konektoru F

Projektování a instalace zařízení pro satelitní příjem

Pro projektování a instalaci zařízení pro satelitní příjem jsou směrodatné místní podmínky příjmu.

Kvalita přijímaného programu závisí především na úrovni signálu a na odstupu nosné vlny signálu od šumu.

Úroveň signálu na vstupu satelitního tuneru musí být mezi 45 dBuV a 75dBuV.

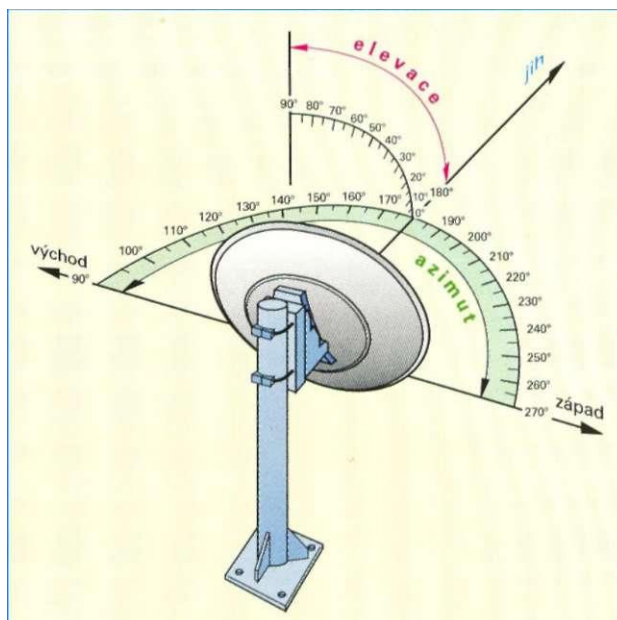
Na výstupu z konvertoru je potřeba signál od 70 dBuV do 80 dBuV, aby byl dostatečný i po útlumu v anténním svodu. Odstup signálu od šumu (hodnota C/N) musí být minimálně 15 dB. Hodnota C/N závisí především na jakosti vstupních obvodů a na průměru parabolické antény. Čím větší je plocha parabolického odražeče a čím lepší je zaměření, tím větší je hodnota C/N (Carrier/Noise = nosná vlna/ šum).

Pravidla při montáži parabolické antény

- Instalační materiál k montáži rozvodů satelitního signálu musí být vhodný pro vysoké kmitočty do 2050 MHz.
- Parabolická anténa musí být přesně zaměřena k přijímanému satelitu.
- Je třeba dbát na to, aby příjem nebyl zhoršen sousedními domy nebo stromy.
- Montáž parabolické antény není možná pod střechou vzhledem k velkému útlumu signálu
- Pokud se parabolická anténa upevňuje na stožár, je třeba vzhledem k její ploše provést montáž těsně nad střechou. Tím se minimalizuje ohybový moment způsobovaný tlakem větru (max. 1650 Nm).
- Aby bylo možné nastavit elevační úhel podle stožáru, musí být stožár přesně ve svislé poloze.
- Při připojení napájecího systému koaxiálním konektorovým spojením je třeba dávat pozor, aby do spoje nevnikla voda.
- Vyrovnání azimutového a elevačního úhlu se musí provádět podle polohy satelitu a místa příjmu (**obr. 1**). Azimutový a elevační úhel mohou být zjištěny v tabulkách nebo v diagramech (**tab. 1, str. 127 a obr. 2**). Azimutový úhel se seřizuje pomocí kompasu.

Po jemném doladění a kontrole kvality obrazu pomocí měřicího přijímače (**obr. 3**) dotáhneme všechny šrouby držáku parabolické antény.

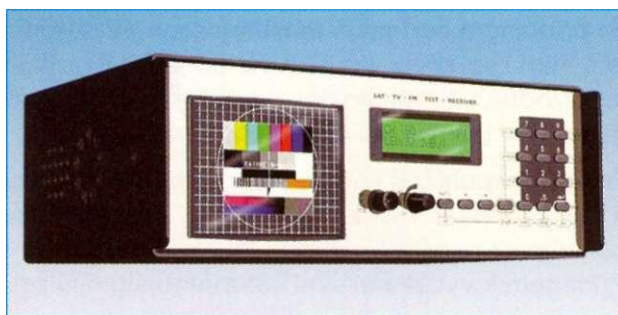
Pokud chceme rozšířit signál ze společné antény pro pozemní vysílače o satelitní příjem, je třeba vyměnit nevhodné odbočky, rozbočovače a anténní zásuvky, nebo určité satelitní programy převést např. do pásma pro kabelovou televizi.



Obr. 1 : Nastavení azimutového a elevačního úhlu



Obr. 2: Azimutově - elevační diagram pro SRN



Obr. 3: Měřicí přijímač

(**tab. 1, str. 127 a obr. 2**). Azimutový úhel se seřizuje pomocí kompasu.

Po jemném doladění a kontrole kvality obrazu pomocí měřicího přijímače (**obr. 3**) dotáhneme všechny šrouby držáku parabolické antény.

Pokud chceme rozšířit signál ze společné antény pro pozemní vysílače o satelitní příjem, je třeba vyměnit nevhodné odbočky, rozbočovače a anténní zásuvky, nebo určité satelitní programy převést např. do pásma pro kabelovou televizi.

7.6.3 Širokopásmová komunikační zařízení

Širokopásmová komunikační zařízení jsou rozvodná zařízení především k přenosu rozhlasových a televizních signálů pomocí kabelové sítě.

Přenos signálů se uskutečňuje až k bodu předání v kabelové síti Telekomu (**obr. 1**). Od bodu předání je za provedení domácího rozvodu zodpovědný zákazník popř. elektromontér. Při připojení domovního rozvodu je třeba dodržovat ČSN.

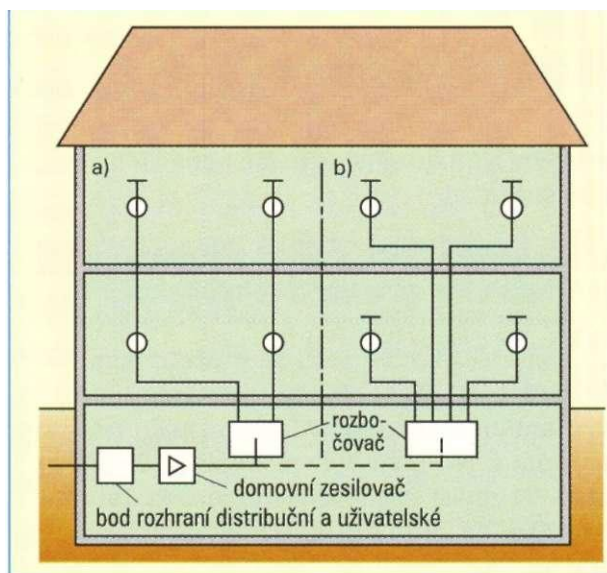
Rozhlasové a televizní programy se v širokopásmových komunikačních zařízeních přenášejí v kmitočtovém pásmu od 47 MHz do 450 MHz.

Aby se zvýšil počet použitelných kanálů, byla mezi standardními televizními pásmy dodatečně vytvořena další pásma (**tabulka na str. 124**). Rozlišujeme přitom spodní zvláštní pásmo (USB), horní zvláštní pásmo (OSB) a rozšířené zvláštní pásmo hyperband (ESB). Hyperband používaný kabelovou televizí se plánuje pro digitální televizi.

Instalace uvnitř domu se může provádět různými druhy sítí. Rozlišujeme síť stromovou, (**obr. 1a**), hvězdicovou (**obr. 1b**) a odbočkovou. Ve stromových sítích je na jednu větev připojeno více účastníků. Ve hvězdicové síti je každý účastník napájen z centrálního bodu, většinou z rozbočovače. V odbočkové síti je účastník vždy připojen přes odbočku na konci vedení. U nových zařízení se používají většinou hvězdicové sítě, protože se snáze zamezí poruchám při montáži a účastníci se snáze připojují a odpojují.

V bodě předání předává Telekom signály s předepsanou minimální úrovní signálu (v SRN viz **tabulka**). Za přípojným bodem je většinou zapojen domovní zesilovač se zesílením od 10 dB do 25 dB a s frekvenčním rozsahem od 47 MHz do 450 MHz. Domovní zesilovač je nutný vzhledem k útlumu signálů v rozvodné síti, minimální úroveň signálů v anténní zásuvce pro televizní příjem musí být 60 dBuV a pro VKV (stereo) 50 dBuV (**tabulka, str. 126**).

Pokud se společné antény připojí na širokopásmovou komunikační síť, je nutný nový zesilovač, který může přenášet veškeré signály, tj. zesilovat i zvláštní pásma sítě. Běžné anténní zesilovače tento požadavek nesplňují. U individuálních antén není většinou po přestavění na širokopásmový provoz vzhledem k vysoké úrovni vstupního signálu zesilovač nutný.



Obr.: a) stromová síť a b) hvězdicová síť širokopásmového telekomunikačního rozvodu

Tabulka: Minimální úroveň signálu

Frekvenční rozsah	Minimální úroveň
111 MHz až 174 MHz (USB)	60 dB μ V
230 MHz až 300 MHz (OSB)	60 dB μ V
302 MHz až 446 MHz (ESB)	60 dB μ V

Otázky pro opakování

- 1 Jaká délka upnutí musí být dodržena při montáži anténního stožáru?
- 2 Jak se vypočítá ohybový moment zatížení větrem u antény M_w ?
- 3 Uveďte minimální průřez měděného zemnicího vodiče antény.
- 4 Na vedení odděleném zesilovačem byla zjištěna mezi vodičem a stíněním nekonečná hodnota odporu. Jaká může být chyba?
- 5 Jmenujte dva druhy parabolických antén.
- 6 Jaké topologie sítě rozlišujeme u širokopásmových kabelových rozvodů?

7.7 Zabezpečovací zařízení

Zabezpečovací zařízení (**přehled**) varují před vniknutím osob a před požárem. Zabezpečovací zařízení proti vniknutí vyvolají poplach, když se k hlídanému objektu přiblíží nebo do něj násilně vnikne nepovolaná osoba. Protipožární poplašná zařízení upozorní na nebezpečí požáru, protože jeho čidla reagují na kouřové plyny nebo na rychle rostoucí teplotu.

7.7.1 Zabezpečovací zařízení proti vloupání

Zabezpečovací zařízení proti vloupání mohou fungovat jako ostraha okolí objektu, ostraha vnějšího pláště budov a ostraha vnitřních prostorů budov.

Ostraha okolí budov se používá hlavně pro zajištění vysokého stupně bezpečnosti průmyslových zařízení. Ostraha má vyvolat poplach již tehdy, když na přilehlý pozemek vstoupí nepovolaná osoba.

Ostraha vnějšího pláště budov. Ostraha zajišťuje okna a dveře proti násilnému otevření a proti vniknutí.

Ostraha vnitřních prostor. Ostraha spustí poplach, když se ve vnitřním prostoru pohybuje nepovolaná osoba.

Instalace zabezpečovacích **zařízení proti vloupání.** Střežený prostor se dělí na menší plochy, jejichž plocha nemá překročit 400 m².

Poplašné linky. Čidla jedné oblasti, např. čidlo rozbití skla, magnetické kontakty nebo čidla pohybu (**tabulka**) jsou sdruženy v poplašných linkách a jsou spojeny s centrálním hlásičím zařízením.

K jedné ústředně zabezpečovacího zařízení může být připojeno maximálně 20 čidel.

Zařízení ohlašující vloupání může být zapnuto klíčovým spínačem, nebo číselným kódem.

Aktivaci lze provést jen tehdy, když jsou všechna čidla v klidu a zařízení je v bezporuchovém stavu.

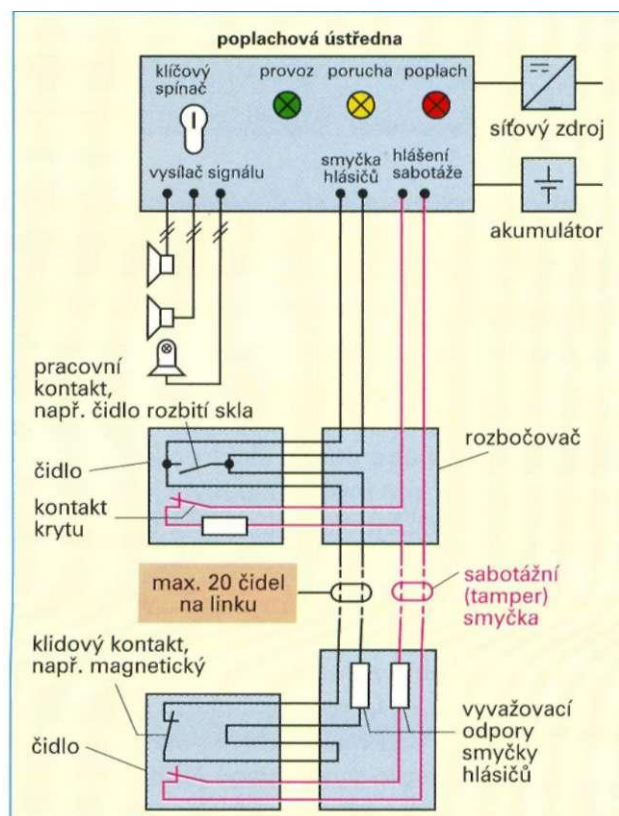
Ústředna při provozu sleduje jmenovitý odpor jednotlivých smyček (**obr.**). Manipulace na některé smyčce, např. pokus o přemostění nebo odpojení čidla nebo hlásiče změní odpor smyčky a vyvolá poplach. Kryty centrály, čidel a rozvodných krabic jsou dodatečně zajištěny krytovými kontakty.

Přehled: Rozdělení zabezpečovacích zařízení

- **ZAŘÍZENÍ PROTI VNIKUTÍ**
 - střežení okolí objektu
 - střežení vnějšího pláště budov
 - střežení vnitřních prostorů budov
- **ZAŘÍZENÍ OHLAŠUJÍCÍ POŽÁR**

Tabulka: Symboly zabezpečovacích zařízení proti vloupání

Symbol	Označení	Symbol	Označení
	magnetický kontakt		poplachová centrála
	sklo s poplašným drátem		spínač
	čidlo rozbití skla		rozbočovač vedení
	infračervené pohybové čidlo		blikač (světelný alarm)
	ultrazvukové pohybové čidlo		siréna (zvukový alarm)



OBŘ.: PRINCIP ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ PROTI VLOUPÁNÍ S LINKAMI SE SLEDOVANÝM ODPOREM

Kontakty krytu se zahrnují do tzv. **sabotážní (tamper) smyčky**. Pokus o zásah do obvodu, nebo pokus o přemostění kontaktů krytu vyvolá poplach i tehdy, není-li ve stavu hlídání.

Spojovací vedení k jednotlivým čidlům se instaluje pod omítkou nebo bývá chráněné, např. v ocelových pancéřových trubkách. Většinou se používá instalační vedení, např. J-Y(St) 2 x 2 x 0,6 mm.

Napájení. Zabezpečovací zařízení proti vloupání jsou napájena ze sítě pomocí odděleného proudového obvodu. Při výpadku sítě musí napájení převzít akumulátor nejméně na 60 hodin bez přerušení. Zabezpečovací zařízení proti vloupání musí mít minimálně jeden optický a dva akustické vysílače signálu. Akustické signály dávají např. houkačky, zvonky nebo sirény, optické signály dávají svítidla. Jednotky poplašné signalizace bezpečnostních zařízení se umísťují prostorově oddělené a na těžko přístupných místech.

Hlásiče (přehled). Magnetické spínače střeží u oken nebo dveří jen jejich uzavření. Sestávají se z magneticky spínaného jazýčkového kontaktu, který je v plastovém krytu, a z trvalého magnetu. Kontakt se instaluje na okenní rám, trvalý magnet na křídlo okna (**obr. 1**). Toto uspořádání má tu přednost, že k pohyblivému křídlu okna není třeba instalovat vedení. Při zavřeném nebo sklopeném oknu je kontakt uzavřen magnetickým polem trvalého magnetu. Pokud dojde k otevření okenního křídla, přeruší kontakt magnetického spínače hlídací smyčku a vyvolá poplach.

Magnetické spínače mohou střežit u oken nebo dveří jen jejich uzavření.

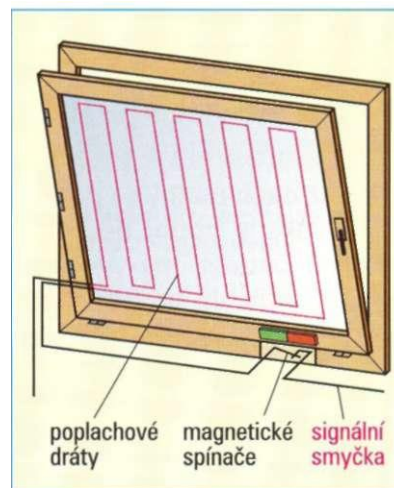
Kombinace z magnetického spínače a poplachového drátu vloženého do okenní tabulky (**obr. 1**) může střežit uzavření a rozbití skla. Při rozbití okenní tabulky se přetrhnou tenké poplachové dráty, což vyvolá poplach.

Čidla rozbití skla (obr. 2) mohou střežit tabulky skla nenápadně. Tato čidla reagují na vysoké kmitočty, které vzniknou při rozbití skla. Klepání na sklo nebo otřesy elektronika čidla rozbitého skla nesnímá. Čidla rozbití skla mohou sledovat jen plochy v okruhu asi 1,5 m (**obr. 2**). U větších tabulí je zapotřebí více čidel.

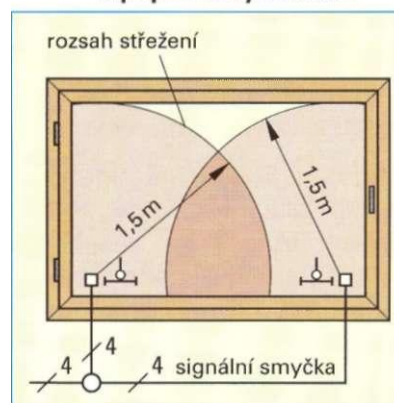
Infračervená prostorová pohybová čidla sledující pohyb se používají pro ostrahu místností. Tato čidla se skládají ze senzoru, který reaguje na tepelné záření a z vyhodnocovací elektroniky. Pomocí reflektorů v hlásiči je plocha čidla rozdělena na oblasti citlivé na teplo (**obr. 3**). Pokud se např. ve sledovaném sektoru pohybuje člověk, vyvolá teplo vyzařované jeho tělem změny proudu v oblastech čidla, což následně vyvolá po vyhodnocení elektronikou poplach. Pomalé změny teploty místnosti čidlo nevyhodnocuje jako poplach.

Přehled: Indikátory v zabezpečovacích zařízeních proti vloupání

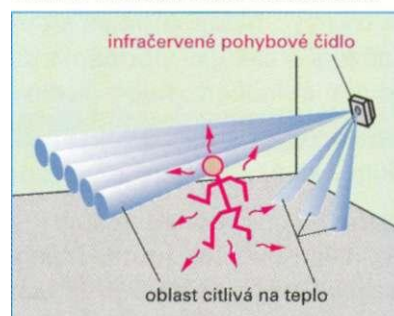
- **Střežení okolí domu**
 - infračervené indikátory reagující na pohyb
 - světelné závory
 - mikrovlnné směrové trasy
- **Střežení pláště budovy**
 - magnetické kontakty
 - indikátor rozbití skla
- **Střežení vnitřních prostor**
 - infračervený indikátor pohybu
 - infračervené světelné závory



Obr. 1: Střežení pomocí magnetů a poplachových drátů



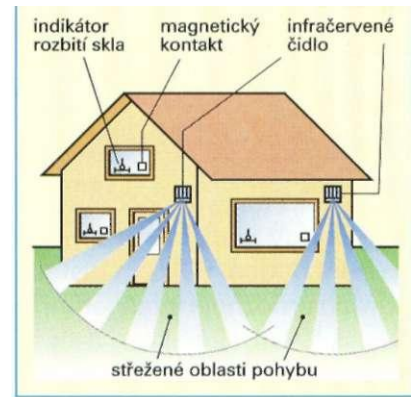
Obr. 2: Rozsah čidel rozbití skla



Obr. 3: Ostraha místností pomocí prostorových pohybových čidel

Střežení okolí objektu doplňují infračervená čidla pohybu ovládaná vnější osvětlením. Pokud např. někdo vstoupí do střeženého prostoru (**obr. 1**), zapne se na určitou dobu vnější osvětlení. Zabudovaný noční spínač zabrání zapnutí světla ve dne.

Infračervené světelné závory mohou být použity vně i uvnitř budovy jako poplašné zařízení. Závora se skládá z vysílače, přijímače a vyhodnocovací elektroniky. Pokud se přeruší modulovaný světelný paprsek mezi vysílačem a přijímačem nebo je rušen cizím infračerveným zdrojem, rozpojí se kontakt a spustí poplach.



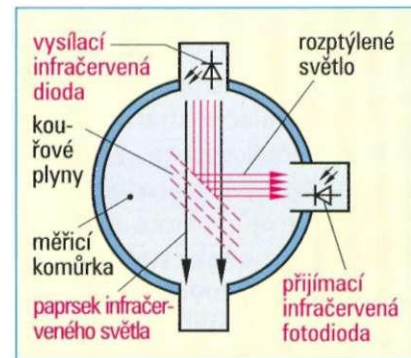
Obr. 1: Infračervené čidlo pohybu

7.7.2 Zařízení ohlašující požár

Zařízení ohlašující požár se skládají z poplachové ústředny, indikátorů kouře nebo teplotních změn, vedení a hlásičů poplachu. Zařízení je napájeno zvláštního zdroje. Při výpadku sítě přebírá napájení bez přerušeni akumulátor. Kapacita akumulátoru má zajistit po dobu 72 hodin provoz. Na konci této doby musí být ještě dalších 30 minut umožněn provoz hlásičů poplachu, např. houkačky nebo sirény.

Sledovaná pásma. V každém sledovaném pásmu má být nejvýše pět místností o celkové ploše do 400 m². Ve zvláštních případech, když jsou všechny vchody dobře přehledné, může pásmo zahrnovat 10 sousedících místností o ploše do 1600 m².

V jedné hlídací smyčce zařízení může být zapojeno nejvýše 32 hlásičů.



Obr. 2: Hlásič požáru na principu řízeného světla

Zařízení ohlašující požár se dělí na aktivní a pasivní. Hlásiče požáru s tlačítkem pro ruční obsluhu se chovají pasivně. K spuštění poplachu je třeba rozbít krycí sklo a stisknout knoflík. Aktivní hlásiče pracují samostatně. Podle principu, na jakém pracují rozlišujeme hlásiče optické, ionizační a diferenciální.

Optické hlásiče jsou citlivé na kouř. Pracují na principu rozptylu světla kouřem (**obr. 2**). V měřicí komůrce jsou umístěny vysílací a přijímací infračervené diody tak, že světelný paprsek vysílací diody nesměruje k přijímací diodě. Pokud do měřicí komory vnikne kouř, část infračerveného záření se rozptylem záření odchýlí ke snímací fotodiodě. Při překročení nastavitelné mezní hodnoty proudu procházející fotodiodou se spustí poplach.

Ionizační hlásiče se používají k včasnému zjištění požáru. Skládají se z referenční a měřicí části. Zatímco je referenční část směrem ven téměř uzavřena, měřicí část prochází kouřem. Senzor v měřicí části mění vlivem kouřových plynů svůj odpor a spustí poplach.

Diferenciální tepelné hlásiče spustí poplach, když ve sledované části prudce stoupne teplota. Pomalé stoupaní teploty, např. slunečním zářením nebo topením, diferenciální čidlo nevyhodnotí jako kritérium pro spuštění poplachu.

Plamenové hlásiče reagují jen na ultrafialovou složku záření plamene. Světlo žárovek, lamp nebo sluneční světlo poplach nevyvolá.

Otázky pro opakování

- 1 Z jakých částí se skládá zabezpečovací zařízení proti vloupání?
- 2 Kolik hlásičů může být zapojeno v jedné smyčce u poplašného zařízení: a) proti vniknutí, b) proti požáru?
- 3 Z jakých částí se skládá napájení zabezpečovacího zařízení?
- 4 Popište princip: a) optického požárního hlásiče, b) diferenciálního požárního hlásiče.

7,8 Systémová řídicí technika v budovách

7.8.1 Systém instalační sběrnice EIB

Požadavek na vyšší výkonnost a lepší využití zařízení budov vedl k zavedení systémového řízení zařízení budov. Systém instalační sběrnice v budovách umožňuje inteligentní instalaci měření, regulaci, řízení, signalizaci a sledování, např. klimatizace kancelářské budovy. Systém instalační sběrnice slouží k přenosu informací a je napájen ze sítě (obr. 1). Účastníci tohoto systému, např. spínače, senzory, ovládací zařízení a měřicí přístroje, si mohou vyměňovat informace v digitální formě. Tím se snižují instalační náklady, protože kromě instalační sběrnice není nutné žádné doplňující řídicí vedení. Za účelem sjednocení na evropském trhu vytvořili hlavní výrobci elektrických přístrojů systém EIB (European Instalation Bus), který se také nazývá Instabus. Tím je možno přístroje různých výrobců provozovat ve stejném systému instalační sběrnice.

Instabus

Instabus používá dvou vodičovou sběrnici. Na sběrnici se připojují účastníci sítě. Tento systém je napájen malým napětím (DC 24 V) ze zdroje jištěného proti zkratu.

Instalační přístroje se dělí na senzory, aktivní prvky (aktory) a systémové komponenty.

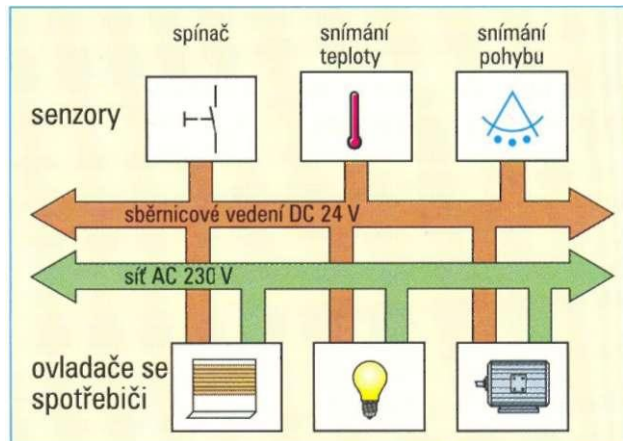
Senzory, např. tlačítka nebo teplotní čidla snímají fyzikální veličiny, odvozují z nich signál a ten vysílají na sběrnici.

Ovladače, např. cívky stykačů nebo stmívače, zachycují vysílané signály a realizují odpovídající akce, např. zapnutí motoru nebo ztlumení světel.

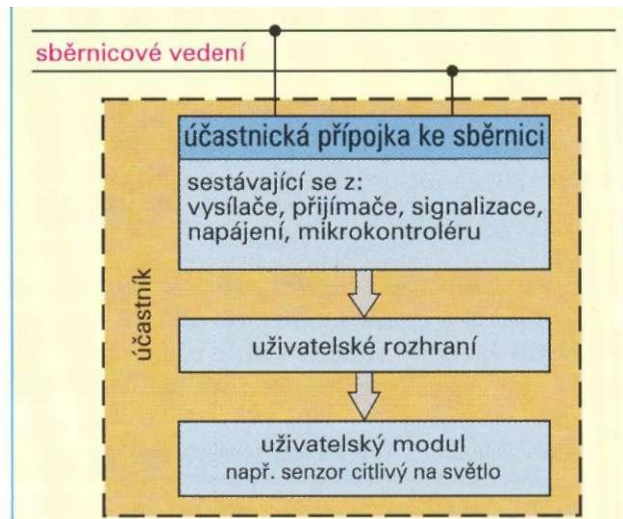
Systémové komponenty plní nezávislé obslužné funkce, např. napájení sběrnice nebo spojení větvi sběrnice.

Zařízení Instabus se skládá minimálně z jednoho ovladače, jednoho senzoru a systémových komponentů.

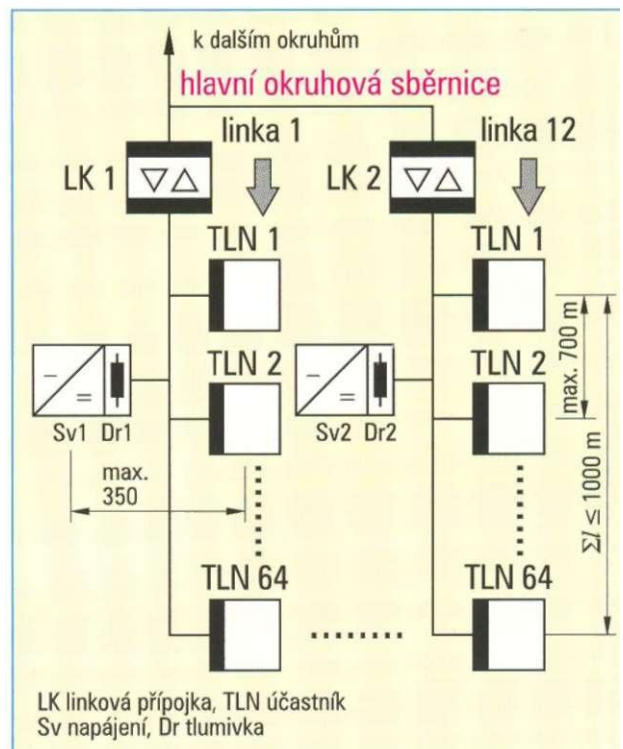
Každý přístroj popř. každý účastník je připojen přípojkou na sběrnice vedení a má vlastní mikroovladač (obr. 2). Tím je možná výměna informací bez nadřazeného centrálního řízení, např. centrálního počítače, systém EIB je tedy decentralizovaný řídicí systém.



Obr. 1: Systém instalační sběrnice v budovách



Obr. 2: Skladba účastnické jednotky



Obr. 3: Skladba systému instalační sběrnice

Počet účastníků v systému je omezen. Na jedné lince (účastnické stanici) může být připojeno až 64 účastníků (ovladačů a senzorů) (**obr. 3, str. 134**). Každá linka potřebuje vlastní napájení. 12 linek se připojuje na hlavní okruhovou sběrnici. V nejvyšším stupni se může připojit 15 linkových sběrnic. Z toho vyplývá maximální počet účastníků $12 \times 64 \times 15 = 11\,520$.

Informace, která má být zpracována se dostane při odesílání přes linkovou přípojku na sběrnici. Přípojka odesílá a přijímá data, ukládá je a zajišťuje napájení elektroniky. Pokud je např. aktivován senzor, vyšle na sběrnici zprávu s adresou. Všechny ovladače přečtou zprávu, přičemž je aktivován jen ten ovladač, jehož adresa je obsažena ve zprávě.

Zpráva (**obr. 1**) se skládá z řady znaků. Adresové pole obsahuje adresu zdroje i cíle a data. Naměřené hodnoty se přenášejí přes datové pole. Přes fyzickou adresu (**obr. 2**) může být osloven a identifikován každý účastník. Kromě fyzické adresy existuje ještě skupinová adresa. Ta umožňuje současné oslovení více účastníků pomocí jedné datové zprávy.

Sběrníkové vedení a instalace

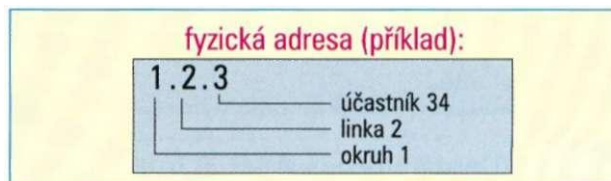
Struktura instalační sběrnice v budovách (**tabulka**) může být linková, hvězdicová nebo stromová. Jsou možné i kombinace těchto topologií. Kruhové vedení není dovoleno. Většinou je sběrnice propojena od přístroje k přístroji speciálními konektory. Přitom je třeba dbát na maximální délky vedení (**obr. 3, str. 134**). Pokud délka vedení překročí 700 m, popř. 1000 m, je třeba použít zesilovače. Při instalaci vedení (**tabulka**) nesmí být ani stínící fólie ani holý drát připojeny na zem. Po instalaci vedení sběrnice je třeba provést zkoušku vodivosti a správné polaritě a výsledky měření zaprotokolovat.

Silová vedení, např. plášťová vedení, nesmějí být z důvodu nebezpečí zaměnitelnosti použita jako sběrnice.

Účastnické jednotky sběrníkového vedení mohou být v rozvodech instalovány buď do omítky nebo na omítku, nebo v koncových přístrojích, např. svitidlech. Před montáží nebo při montáži se naprogramuje fyzická adresa přístroje pomocí počítače a softwaru. Fyzickou adresu převezme příslušný přístroj stisknutím programovacího tlačítka (**obr. 3**). Důležité je jednoznačné, trvalé a čitelné označení vedení a přístrojů (**obr. 3**). V elektroinstalačních a půdorysných plánech je třeba uvést trasy vedení, adresy a účastníky zapojení. Tím se zabrání možným chybám při pozdějším rozšiřování.

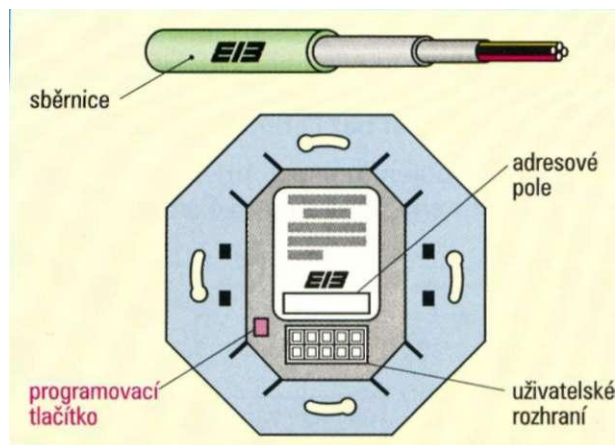


Obr. 1: Složení datové zprávy



Obr. 2: Složení adresy

Tabulka: Příklady sdělovacích kabelů použitelných pro rozvody sběrnice EIB	
Typ	Provedení a instalace
YCYM 2 x 2 x 0,8	vodiče: červený/černý pro sběrnici žlutý/bílý - rezerva poloměr ohybu: >30 mm při pevném uložení: > 7 mm na vstupu do krabice
J-Y(St)Y 2 x 2 x 0,8	



Obr. 3: Příklady značení EIB

7.8.2 Powernet-EIB

Systém Powernet-EIB umožňuje přenos dat po stávající rozvodné síti, a to např. signálů pro spínací a měřicí účely. Rozvodná elektrická síť se tak používá současně pro přenos energie i pro řízení (obr. 1).

U systému Powernet-EIB slouží síť 230/400 V k přenosu energie a současně i k přenosu dat. Obvyklý systém EIB potřebuje vlastní sběrnici i napájení (dva ovládací vodiče) a má tím dvě oddělené sítě.

U přístrojů systému Powernet-EIB rozlišujeme:

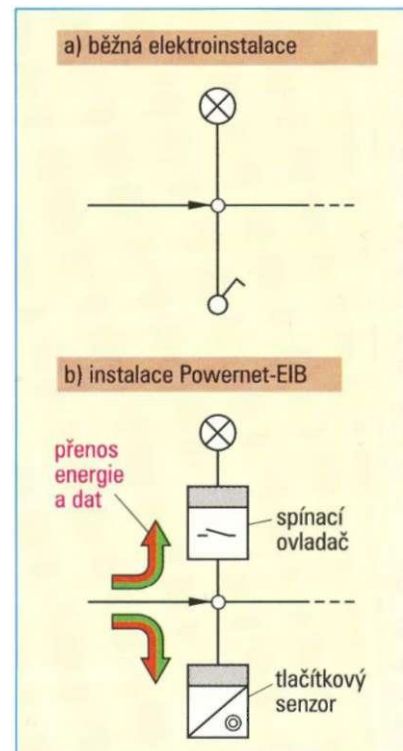
- **Systémové přístroje**, např. pásmové propojky fází, pásmové zádrže a rozhraní.
Propojky fází vytvářejí cesty pro řídicí signály mezi fázovými vodiči.
- **Pásmové zádrže** zamezují rušení vnějšími signály z jiných zařízení, popř. rušení sousedních zařízení uvnitř systému.
- **Rozhraní** umožňují spojení mezi programovacími přístroji a sítí.
- **Ovladače** přijímají vyslané zprávy a realizují příkazy, např. sepnutí nebo signalizaci.
- **Senzory** generují nebo zprostředkují příkazy, např. sepnutí tlačítka přes síť k ovladačům.

Ovladače a senzory se označují jako účastníci. Podle úkolu, který mají plnit, např. sepnutí nebo signalizace, je třeba je naprogramovat. Ovladače a senzory jsou vybaveny mikrokontroléry a mohou spolu komunikovat bez centrálního řízení.

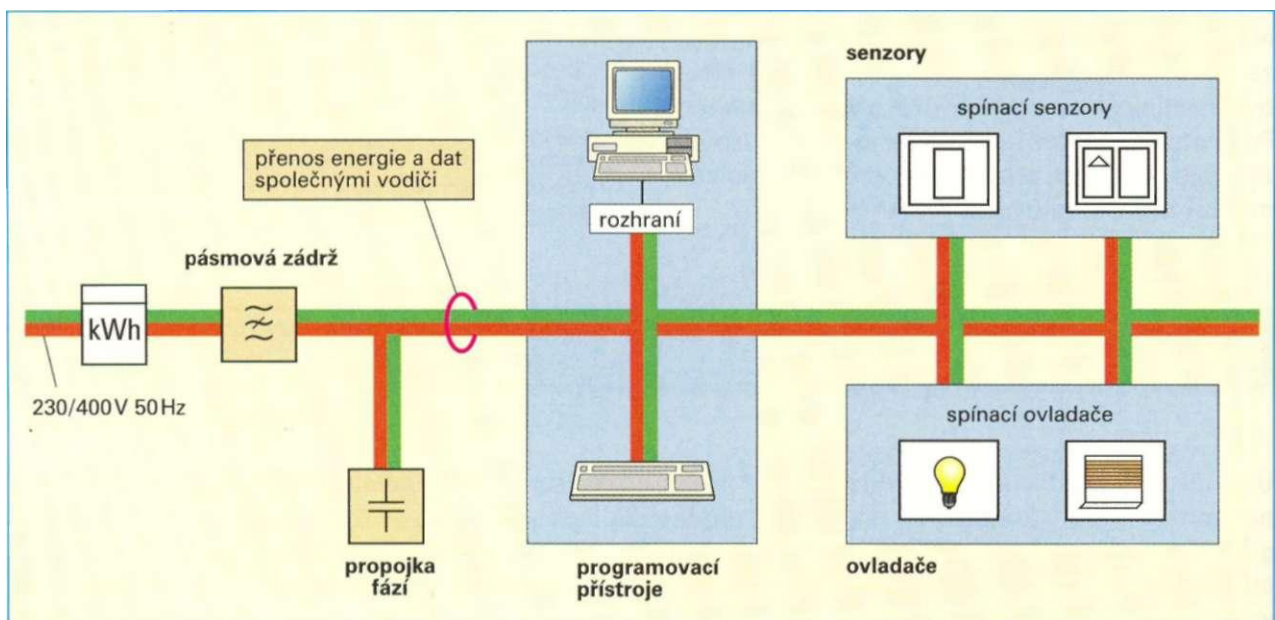
Vzájemným spojením všech přístrojů systému Powernet vznikne kombinace energetické a datové sítě podle obr. 2.

Přehled: Powernet-EIB

- Powernet (angl.): Rozvodná síť
- EIB (European Installation Bus): Evropská instalační sběrnice



Obr. 1: Druhy instalací



Obr. 2: Síť Powernet-EIB (přehled)

Technika přenosu dat. K přenosu dat v systému Powernet-EIB (přehled) se používá metoda modulace SFSK (zkr. z angl. Spread Frequency Shift Keying = klíčování frekvenční modulace). Přitom se přenášejí signály ve formě zprávy na dvou oddělených frekvencích. Tím se dosahuje lepší ochrany proti poruchám. Chybně přenesené zprávy se automaticky opravují. Až tehdy, když je zpráva bezchybně přijata, následuje potvrzení potvrzující zprávou od příjemce k odesílateli. Pokud odesílatel neobdrží žádné potvrzení nebo je zpráva chybná, je zpráva vyslána znovu. Za sekundu je možno odeslat asi šest zpráv.

Pokud chce účastník odeslat telegram nebo též zprávu, čili příkaz, např. zapnout světlo před domem, sleduje provoz na sběrnici. Čeká až bude dokončen stávající přenos. Teprve po uvolnění sběrnice může začít s odesláním vlastní zprávy.

U zpráv rozlišujeme datovou zprávu a potvrzující zprávu.

Struktura. Zařízení Powernet mohou být uspořádána v libovolném typu sítě, např. ve stromové, kruhové nebo hvězdicové síti. Logická strukturalizace se provádí rozdělením na linky a oblasti (obr. 1). V jedné lince může být umístěno až 256 přístrojů, popř. účastníků, tedy ovladačů a senzorů. Osm linek tvoří jednu oblast. V osmi oblastech může být tedy připojeno $8 \times 16 \times 256 = 32\,768$ účastníků. Účastnické přípojky ke sběrnici Powernet-EIB nutné.

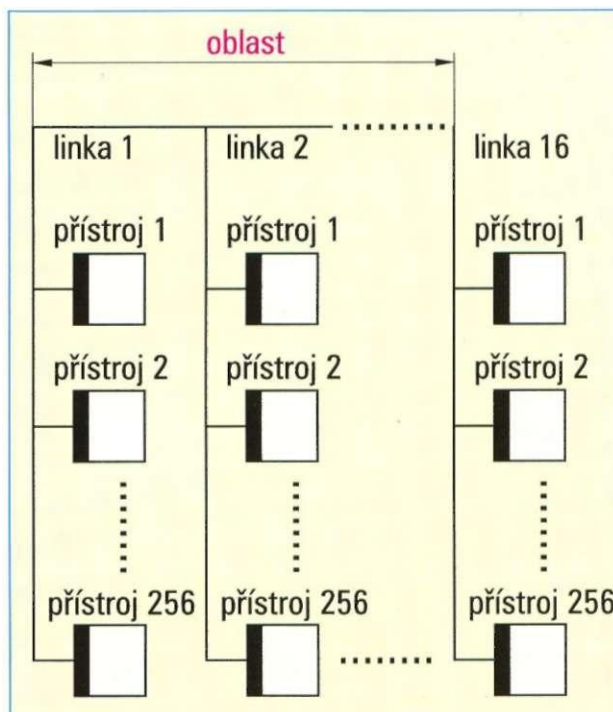
Pokud je připojeno méně než 256 zařízení, např. v rodinném domku, není rozdělení na linky a oblasti nutné.

Instalace. Při instalaci se nahrazují obvyklé elektrické přístroje. Např. běžné spínače na 230 V se nahradí signálními spínači. Ovladače mohou být umístěny v odbočkových krabicích. Ovladače a senzory se dodávají jako vestavné jednotky nebo jako jednotky pro umístění na omítku. Všechny přístroje musí být připojeny na fázový i neutrální vodič.

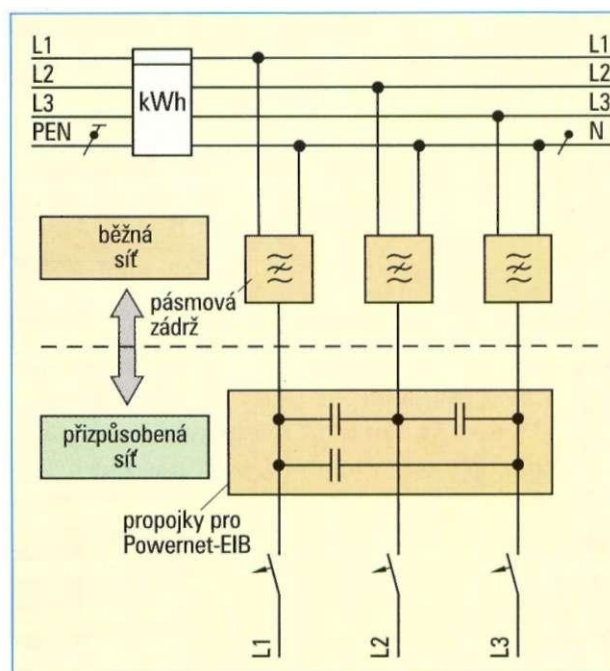
Maximální délka vodičů mezi přístroji je omezena. Závisí na vytížení zařízení. Čím je větší vytížení (časové), tím je menší možná délka vodičů a naopak. Největší přípustná délka vedení je asi 1000 m.

Přehled: Parametry přenosu systému Powernet-EIB

- délka přenosu: 130 ms
- rychlost přenosu: 1200 bit/s
- úroveň signálu: 116dB^μV
- rozsah vysílací frekvence: 105,6 kHz až 134,4 kHz



Obr. 1: Přehled systému instalační sběrnice



Obr. 2: Úprava sítě

Pravidla elektroinstalace

- Systém Powernet-EIB je vhodný pro uzavřené místní obvody, např. rodinné domky, průmyslové nebo správní budovy.
- elektrické předměty, např. stmívače nebo pračky musí být řádně odrušeny.
- Za elektroměrem se musí do všech tří fází zapojit pásmové zádrže (**obr. 2, str. 137**). Tím se zabrání průniku rušení směrem k sousedním a ze sousedních sítí.
- Mezi fáze je třeba zabudovat fázové propojky (**obr. 2, str. 137**).
- U velkých vzdáleností je nutný zesilovač. Protože zesilovač působit také jako fázová propojka, může být v jednom rozvodu mezi dvěma fázemi použita buď jen jedna fázová propojka nebo jen jeden zesilovač.
- Vodiče o průřezu nad 25 mm² a stíněné vodiče nejsou pro přenos dat přípustné.
- Pro instalaci systému Powernet-EIB mohou být použity běžné rozvaděče a instalační krabice. Proto je možné nahradit běžné spínače spínacími elementy nebo bloky Powernet-EIB.
- Pro řádný provoz je možné použít jen síť 400 V, 50Hz. V jiných sítích, např. 110 V, 60 Hz není provoz možný.

Programování

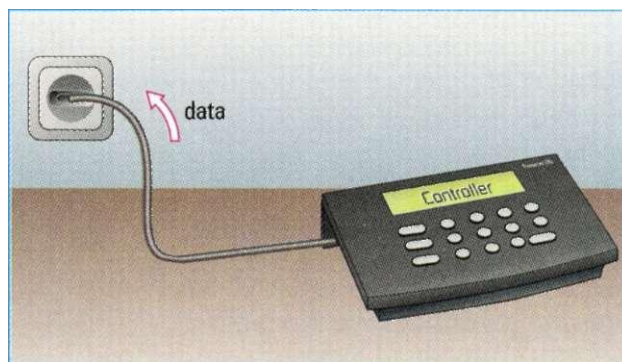
Pro programování se používají PC nebo zvláštní programovací přístroj **Powernet- EIB- Controller (obr.)**. Programování se provádí podle daného postupu (**přehled**).

Programování na PC. K vlastnímu programování s PC je nutný software EIB Tool Software. Tento software je nezávislý na výrobci přístrojů EIB. Při programování dostane každý účastník fyzickou adresu. Po vytvoření programu na PC musí být program načten do paměti účastníka. K tomu je třeba stisknout u účastníka programovací tlačítko. Kromě softwaru EIB je možno použít také speciální firemní programy.

Programování s ovladačem Powernet-EIB. Programátorem EIB se projektují a programují malé až střední sítě Powernet EIB. Programátor může být připojen v libovolném místě uvnitř sítě, např. v zásuvce. Pro usnadnění práce může být k programátoru připojena pětipólovým konektorem běžná klávesnice. Programátorem lze naprogramovat různé funkce, např. časové programy, ruční ovládání spotřebičů, signalizace, dotazy a přiřazení. Tyto programy se odesílají z programátoru energetickou sítí k jednotlivým přístrojům Powernet.

Přehled: Postup při programování

- ◀ Zadat úkol, např. vypnutí
- Deklarovat funkci, např. spínání světel
- Vybrat senzor, deklarovat a spojit s akcí
- Vybrat ovladač, deklarovat (uvést v programu) a spojit s akcí
- Naprogramovat účastníky, např. tlačítka nahráním programů stisknutím programovacího tlačítka
- Program uložit



Obr.: Programovací přístroj

Otázky pro opakování

- 1 Kolik vodičů potřebuje systém instalační sběrnice?
- 2 Jakým napětím je napájena instalační sběrnice?
- 3 Jaké typy kabelů se používají pro systém instalační sběrnice?
- 4 V čem zvláště spočívá rozdíl mezi systémem instalační sběrnice EIB a systémem Powernet EIB?

8 Zvláštní elektroinstalace

8.1 Elektroinstalace v zemědělských a zahradnických zařízeních

V hospodářských budovách zemědělských podniků a zahradnictví (**přehled 1**) existuje pro lidi a užitková zvířata zvýšené nebezpečí úrazu elektrickým proudem, protože vlhkost, prach, chemické páry, kyseliny a soli, působí škodlivě na elektrická zařízení. Lehce vznětlivé látky, např. seno nebo sláma vytvářejí navíc zvýšené nebezpečí požáru.

Problematiku elektrických zařízení v zemědělských objektech řeší ČSN 33 2000-7-705.

V zahradnických zařízeních, např. ve sklenících, je nutno počítat převážně se zvýšenými teplotami a s vysokou vlhkostí vzduchu. Proto je kromě mechanické ochrany elektrických zařízení zvláště důležitá ochrana před vlhkostí.

Pro elektroinstalaci v budovách a v zemědělských a zahradnických zařízeních platí také ČSN 33 2000-3 stanovující vzájemné vlivy okolí a elektrických zařízení.

Elektroinstalace v zemědělských nebo zahradnických zařízeních se provádí v systému TN, TT nebo IT (**přehled 2**).

Pro pevnou instalaci v hospodářských budovách jsou předepsány kabely a vedení, kterými se nešíří oheň, např. plášťová vedení s izolací PVC - NYM nebo kabely NŮ. V místech, kde je nebezpečí ohně, např. ve stodolách, nejsou přípustné vodiče PEN, tzn. ochranné a neutrální (střední) vodiče se musí instalovat odděleně. Vedení instalovaná na omítce musí mít na zvláště ohrožených místech, např. u vjezdové brány mechanickou ochranu, plastovou pancéřovou trubku. Ve stájích se musí všechna vedení instalovat tak, aby na ně zvířata nemohla dosáhnout a poškodit je. Vedení v prostoru dopravy, např. na přístupových cestách ke stájím nebo stodolám, se pokládá podle možnosti do země. Pokud je nutné venkovní vedení, musí se použít samonosné plášťové vedení, např. NYNZ nebo NYMT a instalovat je ve výšce min. 5 m.

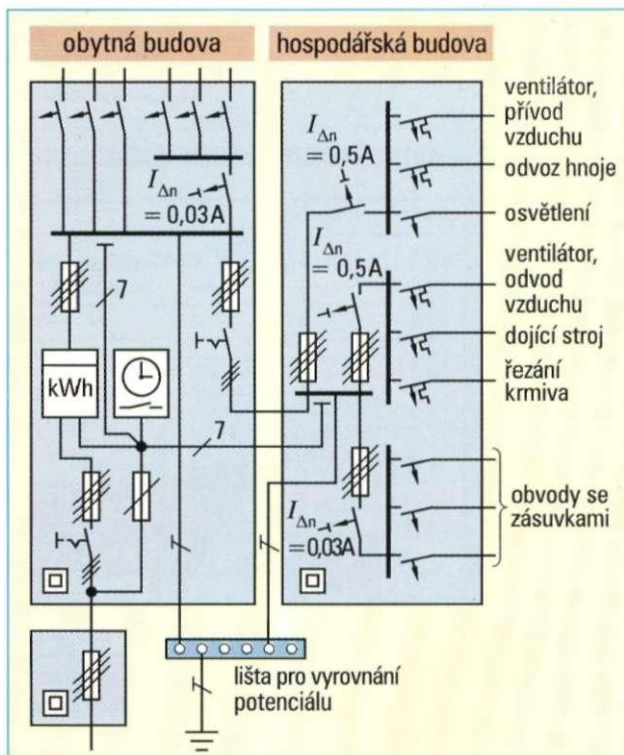
V elektrických obvodech se zásuvkami se používá ochrana RCD s vybavovacím proudem $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$. Ve všech ostatních obvodech jsou předepsány ochrany s $I_{\Delta n} \leq 0,5 \text{ A}$ (**obr.**).

Přehled 1: Zemědělská a zahradnická zařízení (příklady)

- Zemědělské podniky
 - hospodářské budovy,
 - stáje pro domácí zvířata,
 - sklady, např. krmiva.
- Zahradnictví
 - skleníky,
 - prostory pro další zpracování vypěstovaných produktů.

Přehled 2: Ochranná opatření v zemědělských a zahradnických zařízeních

- Pevná instalace v systému TN, TT nebo IT.
- Ochranné zařízení při hodnotě vybavovacího (rozdílového) proudu (RCD)
 - v obvodech se zásuvkami $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$
 - ve všech ostatních obvodech $I_{\Delta n} \leq 0,5 \text{ A}$
- Mezní hodnota přípustného dotykového napětí U_L v oblastech chovu zvířat je:
 - 25 V střídavého napětí nebo
 - 60 V stejnosměrného napětí.
- Pospojování a uzemnění neživých vodivých částí, která jsou v oblasti chovu zvířat nutná.



Obr.: Přehledný plán zapojení rozvodu v zemědělském zařízení

Protipožární opatření. V prostorách se zvýšeným nebezpečím požáru, např. ve stájích nebo skladech sena a slámy, se mají instalovat elektrická zařízení v nezbytně nutných případech. Vedení a kabely, které zásobují ohrožená místa, musí být náležitě chráněny před přetížením a zkratem. Ochranné přístroje, např. jističe, musí být umístěny před ohroženými místnostmi.

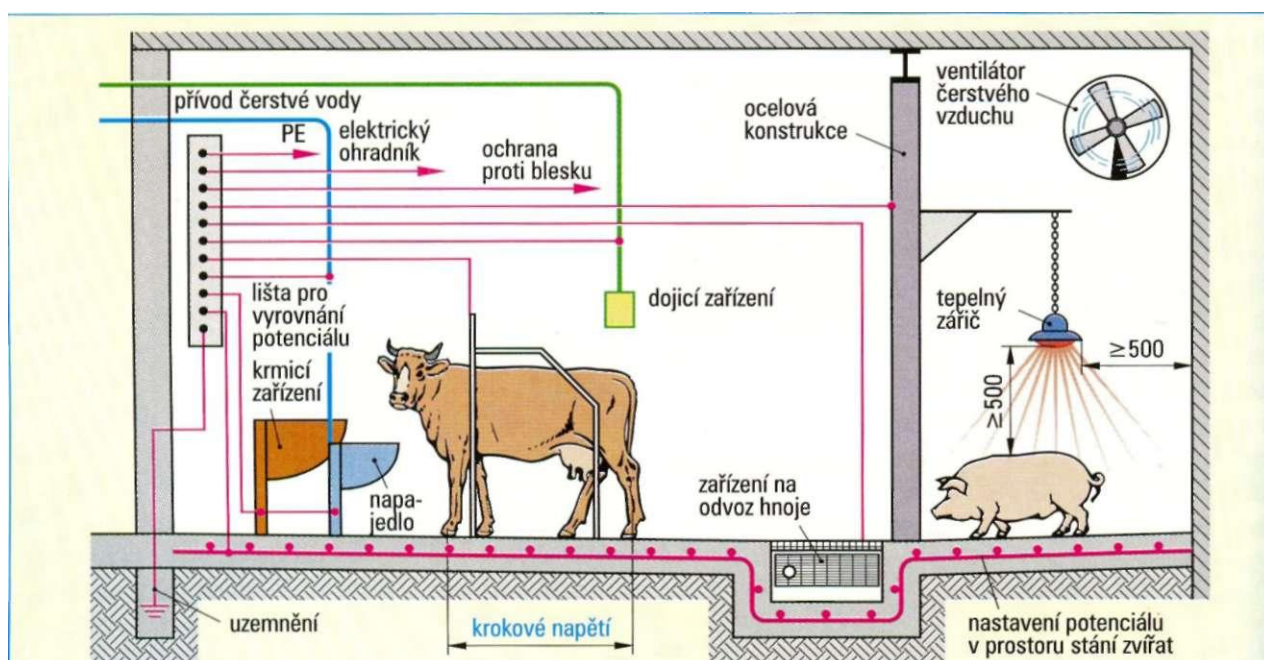
Tabulka: Krytí elektrických předmětů dle ČSN EN 60529 (příklady)	
Předměty	Druh ochrany
Předměty pro normální potřebu, např. vypínače, zásuvky	IP 44
Světla, rozváděče, ovládací přístroje: – v neprašných místnostech, – v prašných místnostech,	IP 4X IP 5X
Přístroje pro bezpečná malá napětí	IP 2X
(X vyjadřuje stupeň ochrany před vniknutím vody)	

Vedení a kabely, které procházejí místy ohroženými požárem a nezásobují přímo tato místa energií, nesmí mít v těchto místech spoje ani odbočky.

Volba a instalace elektrických zařízení. Prostředky musí být vhodné pro příslušné místnosti a přístroje musí mít dostatečné krytí, např. IP 44, proti prachu a vlhkosti (**tabulka**). Světla musí být chráněna proti mechanickému poškození, např. ochranným pletivem. Spínací přístroje pro nouzové vypnutí nebo nouzové zastavení nesmí být v dosahu zvířat nebo na místech, kde by k nim zvířata bránila v přístupu. Elektrické motory, např. pro čerpadla nebo ventilátory, které se zapínají automaticky nebo dálkově nebo nejsou trvale pod dohledem, se musí chránit proti přetížení. Tepelné zářiče pro chov zvířat musí mít ochrannou izolaci a mohou být napájeny jen malým napětím. Minimální vzdálenost od hořlavých látek nebo od zvířat musí být 0,5 m (**obr.**).

Vyrovnaní potenciálu. Všechny vodivé části ve stáji, např. samonapáječka nebo krmicí, dojící, uzavírací zařízení pro zvířata, zařízení na vyklízení hnoje nebo plechové stěny musí být navzájem spojeny vedením pro vyrovnaní potenciálu. **Vyrovnaní potenciálu** se může provést připojením všech vodivých částí k liště pro vyrovnaní potenciálu (**obr.**) nebo přímým spojením vodivých částí mezi sebou navzájem a uzemněním.

Rozložení potenciálu. Do betonových podlah stájí se klade pro snížení potenciálového rozdílu kovová mříž, např. svařovaná konstrukce ze stavební oceli (**obr.**), a spojí se s lištou pro vyrovnaní potenciálu. Při zemním zkratu pak vzniká v prostoru stání zvířat jen malé **krokové napětí**.



OBR.: VYROVNÁNÍ A NASTAVENÍ POTENCIÁLU V PROSTORU STÁNÍ UŽITKOVÝCH ZVÍŘAT

8.2 Elektroinstalace v místech ohrožených požárem

Místa ohrožená požárem jsou místnosti nebo venkovní prostory, ve kterých se nacházejí lehce vznětlivé látky a elektrický oblouk nebo vysoká teplota může způsobit vznik požáru. K takovým místům patří např. papírenské, textilní nebo dřevozpracující provozy nebo sklady sena a slámy.

Elektrické rozvodné sítě. Na místech ohrožených požárem jsou přípustné sítě TN, TT a IT (**přehled**).

V sítích TN a TT jsou předepsány jako protipožární opatření proudové ochrany se jmenovitým rozdílovým proudem $I_{\Delta n} \leq 300$ mA. V obvodech, u kterých izolační chyba může způsobit požár, např. u stropních topení s plošnými topnými články, se musí použít ochrany s $I_{\Delta n} \leq 30$ mA. Kabel nebo vedení musí proto mít ochranný vodič (**obr. 1**).

Rozdílový proud $I_{\Delta n}$ ochrany RCD (FI- jističe) smí být na místech ohrožených požárem maximálně 300 mA.

Střední a ochranný vodič se musí v prostorách ohrožených požárem instalovat zásadně odděleně. Izolační odpor středního vodiče musí být měřitelný bez předchozího odpojení, např. použitím dělicích svorek (**obr. 2**). Toto pravidlo neplatí pro vedení a kabely o průřezu $A > 10$ mm² mědi, které jen procházejí ohroženým prostorem, ale nezásobují tento prostor energií (**obr. 3**). Nadproudová ochrana se zapojuje vždy před prostor se zvláštním, např. požárním nebezpečím.

Vedení a kabely, které zásobují energií nebo procházejí prostory ohroženými požárem, musí být chráněny proti přetížení a zkratu.

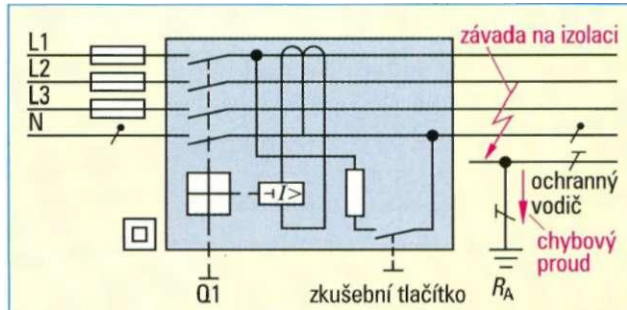
V systému IT je předepsáno zařízení pro kontrolu izolace s akustickým a optickým signálem.

Kontrola izolace, str. 144

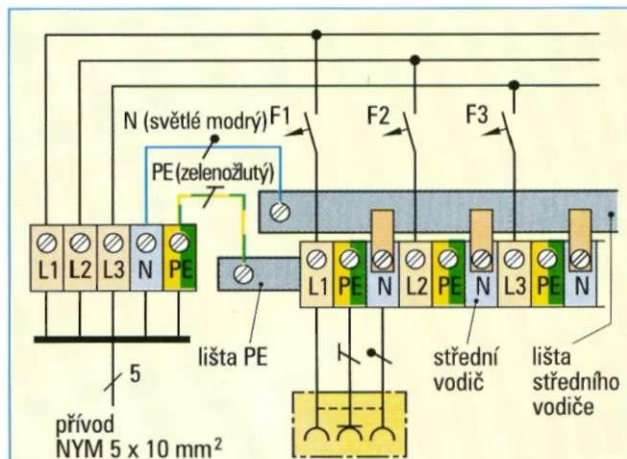
Při prvním zjištění chyby v izolaci následuje varování, při výskytu druhé chyby se musí zařízení během 5 s vypnout.

Přehled: Sítě v místech ohrožených požárem (podle ČSN 33 2000-4-482)

- Sít TN-S s proudovým chráničem (jmenovitý rozdílový proud $I_{\Delta n} \leq 300$ mA)
- síť TT s proudovým chráničem při $I_{\Delta n} \leq 300$ mA
- systém IT s kontrolou izolace (vypnutí při druhé chybě během 5 s)



Obr. 1: Kontrola izolace proudovým chráničem a ochranným vodičem



Obr. 2: Kontrola izolace pomocí proudového chrániče



Obr. 3: Nadproudová ochrana v místech ohrožených požárem

Použitá elektrická zařízení musí být způsobilá pro použití v místech ohrožených požárem (**přehled 1**). Teplota na svítlidlech může být v normálním provozu max. 90 °C, při poruše max. 115 °C. Automaticky nebo dálkově ovládané elektromotory musí být chráněny proti přetížení, např. nadproudovými relé.

Přehled 1: Druhy krytí IP pro místa ohrožená požárem

- | | |
|--|-------|
| • spínací přístroje, vidlice-zásuvky, rozváděče, | IP 5X |
| • motory s kotvou nakrátko: | IP 4X |
| – příslušná svorkovnice, | IP 5X |
| • svítidla. | IP 5X |

8.3 Elektroinstalace ve zdravotnických zařízeních a v místnostech pro léčebné účely

Místnosti pro léčebné účely jsou místnosti v nemocnicích a prostory pro ambulantní nebo zubní lékařství mimo nemocnice, ve kterých jsou pacienti vyšetřováni nebo léčeni.

Při elektroinstalaci v takových místnostech jsou kladeny zvláště vysoké požadavky na bezpečnost. Život člověka může být ohrožen už při průchodu proudu menším než 10 mA tělem pacienta nebo při výpadku životně důležitých přístrojů, např. dýchacích přístrojů nebo přístrojů provádějících dialýzu.

Zařazení místností zdravotnických zařízení. Lékařsky využívané místnosti se zařazují dle ČSN 33 2140 a podle požadovaného stupně ochrany proti nebezpečivým případům poruchy (např. závada v izolaci) do skupin 0, 1 a 2 (**přehled 2**).

Ke **skupině 0** patří místnosti, ve kterých se buď nepoužívají elektrické lékařské přístroje závislé na síti nebo se používají jen takové přístroje, jichž se pacient nedotýká.

Ke **skupině 1** patří místnosti, v nichž se pacient dotýká elektrických lékařských přístrojů závislých na síti. Provádějí se ale jen taková vyšetření nebo léčení, které je možno bez ohrožení zdraví pacienta přerušit a opakovat. Proto je v místnostech této skupiny odpojení přístrojů při výskytu první poruchy izolace nebo výpadek proudu možný.

Ke **skupině 2** patří místnosti, v nichž se používají elektrické lékařské přístroje při operacích nebo k udržení životně důležitých funkcí. Tyto přístroje musí zůstat v provozu i po výskytu první závady izolace, protože by výpadek ohrozil zdraví pacienta.

Přehled 2: Skupiny a ochranná opatření v lékařsky využívaných místnostech

Skupina 0

- ochranná izolace
- bezpečné malé napětí (SELV – Safety Extra Low Voltage)
- ochranné malé napětí (PELV – Protective Extra Low Voltage)
- ochranné oddělení
- ochrana proudovým chráničem s $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$

Příklady:

- lůžkové místnosti
- sterilizační místnosti
- prádelny

Skupina použití 1

- ochranná izolace
- bezpečné malé napětí ochranné (SELV)
- ochranné malé funkční napětí (PELV a FELV), U_b do AC 25 V; DC 60 V
 - malé funkční napětí bez odpojení FELV, ne pro svítidla
- ochranné oddělení, zvláště pro každý přístroj
- ochrana proudovým chráničem:
 - $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$
 - $I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$ pro přístroje mimo dosah rukou a nadproudová ochrana $I_n > 63 \text{ A}$
- systém IT s kontrolou izolace

Příklady:

- místnosti pro lékařskou praxi
- masážní místnosti
- místnosti pro rentgenování
- chirurgická ambulance

Skupina použití 2

- jako u skupiny 1, navíc:
- ochrana odpojením jen u:
 - obvodů pro rentgenové přístroje,
 - velké přístroje s příkonem nad 5 kW,
 - osvětlení místností,
 - zásuvky pro lékařské přístroje.

Příklady:

- místnosti pro přípravu operací
- operační sály
- oddělení intenzivní péče

Zásobování proudem. Zásobování proudem lékařsky využívaných místností se zajišťuje z **rozvodné sítě** (přednostní napájení ze sítě) a dodatečným **bezpečnostním (nouzovým) napájením**, např. agregátem náhradního proudu (druhé vedení, **obr.**). **Hlavní rozváděče** pro všeobecné a pro bezpečnostní zásobování proudem jsou umístěny v uzavřených provozních prostorech.

Elektrická instalace musí být provedena od hlavního rozváděče v systému TN-S.

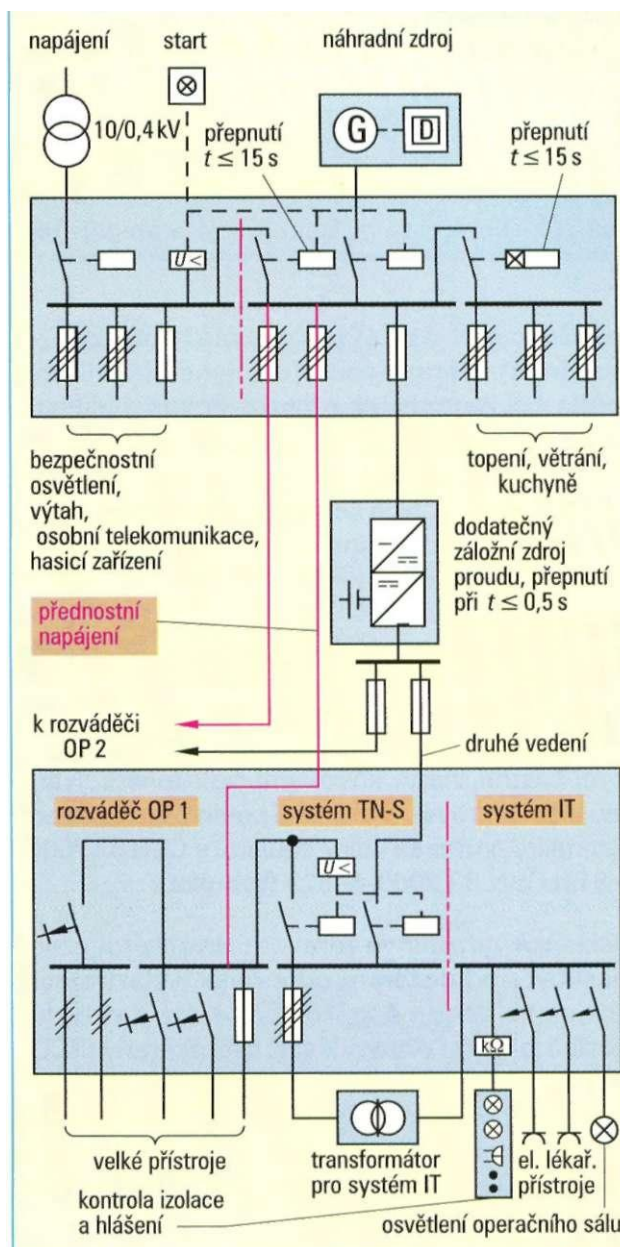
Místnosti skupiny 0 se připojují k **veřejné rozvodné síti**. Provozní prostředky v místnostech skupiny 1 a 2 a části technických zařízení budovy se připojí během nastavené doby na náhradní zdroj proudu (**tabulka**).

Operační osvětlení a přístroje k zachování životně důležitých funkcí, např. dýchací a nejrůznější kontrolní přístroje, musí být v případě nouze přepojeny do 0,5 s na náhradní zdroj proudu. Tato krátká doba přepojení se zajišťuje **záložním zdrojem**. Ten obsahuje střídavý měnič, napájení z náhradního zdroje a přídatné napájení z baterie (**obr.**).

V místnostech skupiny 1 musí být při výpadku sítě v provozu z náhradního zdroje minimálně jedno světlo, v místnostech skupiny 2 celé osvětlení. Rovněž tak musí být k náhradnímu zdroji připojeny nákladní výtahy, poplašné a osobní telekomunikace, lékařské technické přístroje, např. zásobování tlakovým vzduchem nebo narkóza (**tabulka**).

Náhradní zdroj přebírá zásobování proudem samočinně, jakmile poklesne napětí na hlavním rozváděči o více než o 10%. Tento zdroj musí zajistit napájení nejméně po dobu tří hodin.

Rozváděče pro místnosti skupiny 2, např. operační sály musí být zásobovány proudem dvěma přívody. Přednostní napájení odbočuje z hlavního rozváděče, druhá přípojka je z náhradního zdroje (**obr.**).



Obr.: Příklad napájení operačního sálu náhradním zdrojem proudu

Tabulka: Přípustné doby přepnutí na náhradní zdroj proudu po výpadku sítě

Provozní prostředky	Doba přepnutí
Světla na operačním sále, dýchací a kontrolní přístroje	$\leq 0,5\text{ s}$
Osvětlení místností skupiny 1 a 2, výtahy lůžek, narkóza, zásobování plynem a tlakovým vzduchem, osobní telekomunikace	$\leq 15\text{ s}$
Domovní technika, např. topení, ventilace, chladicí a kuchyňské zařízení	$> 15\text{ s}$

Aby se zamezilo odpojení při první poruše izolace v místnostech skupiny 1 a 2 jsou obvody elektrických lékařských přístrojů pro operační zásahy napájeny ze sítě IT s kontrolou izolace. Transformátor pro síť IT musí být přitom umístěn mimo lékařsky užívanou místnost.

Elektrické obvody, které nesmějí být při první závadě v izolaci odpojeny, musí být napájeny ze sítě IT s kontrolou izolace. Napětí transformátoru na výstupu nesmí překročit 230 V.

Izolační odpor v síti IT je sledován kontrolou izolace (obr.). Přitom ukazuje zelené signalizační světlo bezporuchový provoz. Pokud poklesne izolační odpor pod minimální hodnotu 50k ohm, rozsvítí se žluté světlo a zazní akustický signál. Při druhé poruše izolace se zařízení okamžitě odpojí. Pro zkoušení izolačního odporu se do rozváděče připojuje střední (neutrální) vodič s dělicími svorkami.

Dodatečné vyrovnání potenciálu v místnostech skupiny 1 a 2. K vyrovnání potenciálu mezi elektrickými zařízeními a pevně zabudovanými vodivými částmi, např. kovovými potrubními systémy, je třeba provést vyrovnání potenciálu (přehled). Minimální průřez se volí v souladu s ČSN 33 2000-5-51 a ČSN 33 2000-5-523 (tabulka).

Elektrická zařízení ve zdravotnických provozech musí být pod dozorem odborníka v elektrotechnice, nebo odborně zaškolené osoby. Každých 6 měsíců je nutno přezkoušet funkci ochrany (RCD), přepínání na náhradní zdroj proudu a izolační odpor. Náhradní zdroj proudu musí být měsíčně jednu hodinu v provozu na min. 50 % dimenzovaného výkonu. Výsledek zkoušek se musí zapisovat do zkušební knihy.

Přehled: Příkladné vyrovnání potenciálu v místnostech skupiny 1 a 2

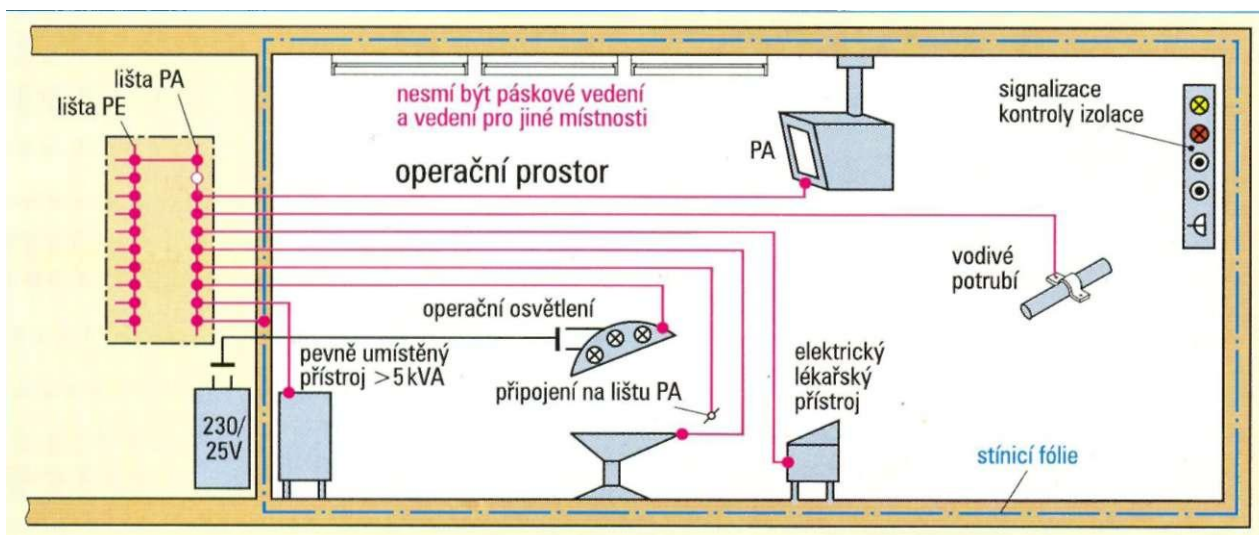
Do přídatného vyrovnání potenciálu se zahrnuje:

- Cizí předměty ve vzdálenosti do 1,5 m od polohy pacienta s odporem oproti ochrannému vodiči:
 - v místnostech skupiny 1: < 7 kΩ
 - v místnostech skupiny 2: < 2,4 MΩ
- Stínicí fólie nebo sítě proti elektromagnetickým rušivým polím ve strozech podlahách a stěnách.
- Svodné sítě elektrostaticky nabitých izolačních podlah
- Pevně umístěné operační stoly
- Operační světla při použití malého napětí (PELV)

Tabulka: Minimální průřezy vodičů pro vyrovnání potenciálu

Mezi konstrukcemi (pláště) elektrických zařízení	průřez menšího ochranného vodiče*
Mezi konstrukcemi (pláště) a cizí vodivou částí	0,5 násobek průřezu ochranného vodiče
Mezi cizí vodivou částí a lištou pro vyrovnání potenciálu	4 mm ² měď

* Příklad: těleso PE 1: 1,5 mm², těleso PE 2: 4 mm²
 => vedení pro vyrovnání potenciálu 1,5 mm²



Obr.: Příklad vyrovnání potenciálu v zdravotnických prostorech skupiny 1 a 2

8.4 Elektroinstalace v prostorech ohrožených výbuchem

Při výrobě, zpracovávání a skladování hořlavých látek, např. benzínu, laků, acetonu nebo acetylenu, vznikají páry, které ve spojení s kyslíkem ve vzduchu mohou vytvořit výbušnou směs (**obr. 1 a tab. 1**). Pokud tuto směs nechtěně zapálíme, např. jiskrou ve vypínači nebo elektrickým obloukem, může dojít k výbuchu.

V provozech se značnou prašností, např. ve mlýnech, v zařízeních na mletí plastů nebo v cukrovarech může dojít k výbuchu prachu, pokud prach v prostoru dosáhne určité koncentrace. Zapálení směsi může přitom vyvolat jiskra ve vypínači, ale také překročení teploty doutnání usazeného prachu na povrchu elektrického zařízení, např. elektromotoru.

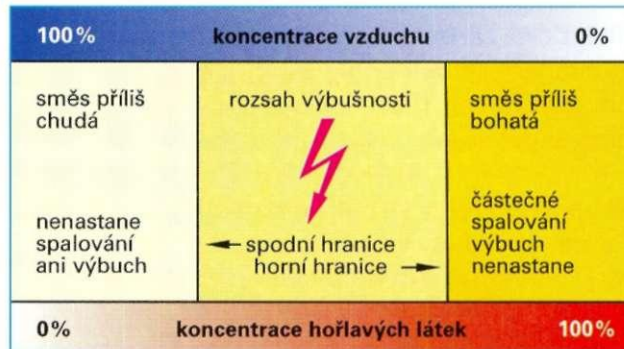
Výbušná atmosféra vzniká smíšením kyslíku ze vzduchu a:

- hořlavých plynů, par nebo mlh,
- hořlavého prachu.

Rozdělení výbušné oblasti

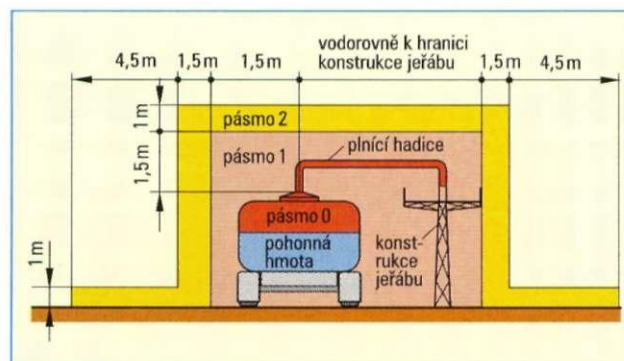
Oblasti ohrožené výbuchem se dělí podle pravděpodobnosti vzniku výbušné atmosféry na pásma. Oblasti s výbušnou atmosférou vlivem plynů, par nebo mlh se rozdělují do pásem 0, 1 a 2, při ohrožení hořlavými prachy do pásem 20, 21 a 22 (**tab. 2**).

Rozdělení do pásem (**příklad obr. 2**) provádějí odborníci v souladu s ČSN EN 60079 (33 2320).



Obr. 1: Hranice výbušné oblasti

Tabulka 1: Spodní a horní hranice výbušné oblasti (příklady)		
Látka	Spodní hranice v procentech objemu	Horní hranice v procentech objemu
benzín	~ 0,6	~ 0,8
metan	4,4	16,5
topný plyn	4 až 6	30 až 40
vodík	4	77



Obr. 2: Rozdělení do pásem na příkladu plnicího zařízení tankovacího vozu benzínem

Tabulka 2: Rozdělení oblastí ohrožených výbuchem do pásem						
Ohrožení výbuchem	Hořlavé plyny, páry nebo mlha			Hořlavý prach		
	0	1	2	20	21	22
Rozdělení do pásem						
Existence výbušné atmosféry	stále nebo dlouhodobě	příležitostně za normálního provozu	zřídka nebo krátkodobě	stále nebo dlouhodobě	příležitostně za normálního provozu	zřídka nebo krátkodobě
Příklady:	vnitřky benzinových nádrží, ponorné nádrže nátěrových hmot	plnicí zařízení ve spalovnách a pro pohonné hmoty, stříkací kabiny v lakovnách	montážní jámy v automobilových dílnách, pracoviště pro lepení pryže	vnitřek nádrží prachu nebo potrubí pro dopravování prachu	prostory v bezprostřední blízkosti stanic pro odebírání a plnění prachu	oblasti v okolí přístrojů obsahujících prach, prostory mlýnů

Rozdělení elektrických zařízení chráněných před explozí

Elektrická zařízení pro prostory chráněné před výbuchem se dělí podle skupin, explozních skupin, teplotních tříd a způsobu ochrany zařízení před zapálením.

Skupiny. Zařízení se dělí na skupinu ochrany před třaskavými plyny v hornictví a na skupinu ochrany před výbuchem hořlavých plynů a par.

Označení skupin:

- skupina I ochrana před třaskavými plyny: EEx...I
- skupina II ochrana před výbuchem: EEx...II

Explozní skupiny. Hořlavé plyny nebo páry se dělí podle jejich zápalné průraznosti štěrbinou se stanovenou šířkou a délkou štěrbinou do explozních skupin (**tab. 1**). K určení explozní skupiny se zapálí plyn v tlakové explozní komoře (**obr.**). Vně komory je stejný plyn. Explozní skupina je určena, jakmile se přestane přenášet plamen zevnitř ven.

Nebezpečnost plynů se zvyšuje od explozní skupiny II A ke skupině II C. Elektrická zařízení přípustná pro explozní skupinu II C mohou být tedy použita i pro explozní skupiny II A a II B.

Teplotní třídy. Zápalná teplota hořlavých plynů nebo látek je nejnižší teplota zahřátého povrchu, při které se mohou zapálit výbušné plyny nebo látky (**tab. 2**). Hořlavé plyny nebo látky dělíme podle jejich schopnosti vznícení do teplotních tříd **T1 až T6 (tab. 3)**.

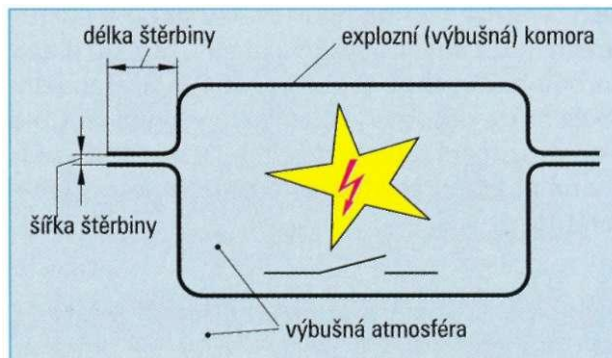
Nejvyšší teplota povrchu elektrického zařízení musí být vždy nižší než zápalná teplota okolní atmosféry.

Druhy ochrany proti vznícení. Pokud je možné v oblastech ohrožených výbuchem počítat s nebezpečnou atmosférou, mohou být při instalaci použity jen elektrická zařízení s ochranou proti výbuchu. Mohou být vyrobeny podle ČSN EN **60079-14 (33 2320)** v různých provedeních ochrany. **Tabulka, str. 147** ukazuje přehled normalizovaných ochrany proti vznícení. Mají rovnocenný účinek a jsou navrhovány podle funkce elektrického zařízení.

Tabulka 1: Explozní skupiny a mezní šířky štěrbin

Explozní skupina	Mezní šířka štěrbin* u tlakové nádoby (ochrana před zapálením <i>d</i>)
II A	> 0,9 mm
II B	≥ 0,5 mm do 0,9 mm
II C	< 0,5 mm

* Mezní šířka štěrbin je šířka mezi dvěma 25 mm dlouhými rovnoběžnými přírubovými plochami normalizované explozní komory.



Obr.: Mezní štěrba v explozní (výbušné) komoře

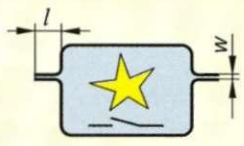




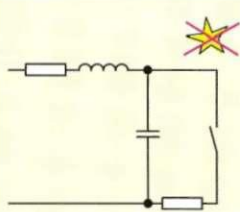
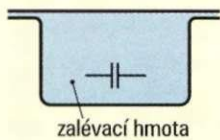
Tabulka 2: Teploty vznícení, teplotní třídy a skupiny výbušnosti hořlavých plynů a látek (výběr)

Plyn popř. látka	Teplota vznícení	Teplotní třída	Skupina výbušnosti
Benzin	220 až 300 °C	T3	HA
Topný olej	220 až 300 °C	T3	NA
Etylen	425 °C	T2	IIB
Acetylen	305 °C	T2	IIC
Topný plyn	560 °C	T1	IIB
Propan	470 °C	T1	HA
Vodík	560 °C	T1	IIC

Tabulka 3: Teplotní třídy, povrchové teploty elektrických zařízení a teploty vznícení hořlavých látek podle ČSN IEC 79-20 (332331)

Teplotní třída	Nejvyšší povrchová teplota	Teploty vznícení hořlavých látek
T1	450 °C	> 450 °C
T2	300 °C	> 300 °C
T3	200 °C	> 200 °C
T4	135 °C	> 135 °C
T5	100 °C	> 100 °C
T6	85 °C	> 85 °C

Tabulka: Druhy ochran elektrických zařízení proti vznícení

Druhy ochrany proti vznícení	Značení	Princip funkce	Popis	Použití, příklady
hermetická zapouzdření	d	 <p>l = délka otvoru w = šířka otvoru</p>	Všechny části elektrických zařízení, které by mohly zapálit výbušnou atmosféru, jsou zakryty tlakotěsným krytem. Přenos výbuchu do atmosféry vně krytu je zamezen utěsněním a dodržením délky a šířky otvoru.	spínací zařízení, transformátory, svítidla, motory
přetlakový uzávěr	p		Ochranný plyn brání vniknutí výbušné atmosféry do elektrických zařízení. Plyn je pod tlakem uvnitř elektrického zařízení nebo stále proudí krytem, takže dochází ke zředění zápalné směsi.	spínací a řídicí pulty, analytické přístroje, motory
pískový zásyp	q	 <p>písek, popř. izolační náplň</p>	Kryt nebo prostor zařízení je naplněn izolační náplní nebo pískem. Elektrický oblouk uvnitř krytu je náplní uhašen. Zvýšenou teplotou krytu nesmí dojít k zapálení vnější výbušné atmosféry.	kondenzátory, topné pásy, písek, popř. izolační náplň přípojky topných pásů
zalití olejem	o	 <p>olej</p>	Zařízení nebo jejich části jsou uzavřeny v ochranné kapalině, např. v oleji a zajištěny tak, aby se výbušná atmosféra nad ochrannou kapalinou nemohla vznítit.	spínače, transformátory, spouštěcí rezistory
zvýšená bezpečnost	e		Dodatečnými opatřeními, např. prodloužením vzduchové mezery nebo zajištěním proti samovolnému uvolnění, se zabrání nepřipustným teplotám zařízení nebo vzniku elektrického oblouku uvnitř.	svorky a přípojky, motory s kotvou nakrátko, svítidla
vlastní zajištění	i		Omezením napětí a proudu v elektrickém obvodu je vyloučen nepřipustný ohřev elektrického zařízení. Rozlišujeme jištění kategorie ia a ib. Na obvody kategorie ia jsou v pásmu 0 kladeny vyšší požadavky na bezpečnost.	měřicí a regulační technika, komunikační technika, akční členy a senzory
zalití zalévací hmotou	m	 <p>zalévací hmota</p>	Díly, které by mohly zapálit výbušnou atmosféru, jsou zality do materiálu tak, aby se výbušná směs nemohla vznítit.	spínače pro malé výkony, řídicí přístroje, senzory

Metoda ochrany proti vznícení n: Do metody n jsou zahrnuty a kombinovány různé druhy ochrany. Zařízení chráněná metodou n nemohou výbušnou směs zapálit. Jsou však přípustná jen v pásmu 2.

Požadavky na elektroinstalaci v prostorách ohrožených výbuchem. V prostorách ohrožených výbuchem se mají instalovat elektrická zařízení jen pokud jsou nutná pro provoz na tomto místě. Musí být vybrána podle skupiny výbušnosti a teplotní třídy hořlavých plynů nebo látek a odpovídat předepsanému způsobu ochrany pro pásmo ohrožení. Pro nouzový případ musí být mimo ohrožený úsek umístěno vhodné vypínací zařízení.

Zamezení nebezpečí vznícení dotykem. Za účelem zamezení vzniku jisker při dotyku jsou ve výbušném prostředí povoleny jen elektrická zařízení s ochranou před přímým dotykem aktivních částí. K ochraně před zápalnými jiskrami za provozu jsou podle ČSN IEC 79-20 (33 2321) nutná ochranná opatření uvedená v **přehledu**.

Zařízení v síti TN se realizují od posledního rozváděče před ohroženým prostorem jako systém TN-S. Na všech přechodových místech musí být ochranný vodič spojen se systémem vyrovnání potenciálu.

Vyrovnání potenciálu - propojování

- Uvnitř prostoru ohroženého výbuchem musí být všechna elektrická zařízení (kostry) a cizí vodivé části, např. potrubí nebo ocelové nosníky, elektricky spojeny.

Minimální průřez vodiče pro vyrovnání potenciálu: (strana 103)

Ochranná a kontrolní zařízení.

- Ochranná zařízení, např. nadproudové ochrany nebo tlačítkové vypínače, musí odpojit všechny části zařízení a nesmí se samočinně opět zapnout.

Kabely a vodiče

- Kabely a vodiče musí odpovídat předpokládaným mechanickým, chemickým a tepelným požadavkům.
- Pro pevnou instalaci jsou přípustné jen kabely nebo vodiče s pláštěm z nehořlavých látek, např. z PVC nebo PE-X, nebo vodiče s minerální izolací nebo kabely s ocelovým pláštěm.
- Vodiče a kabely nemají mít v ohrožených prostorách pokud možno žádná spojovací místa. Pokud jsou spojení nutná, jsou povolena jen spojení zajištěná šrouby, nalisovaná, svařovaná nebo pájená natvrdo.
- Pro pohyblivé přívody se musí použít těžké kabely s pryžovou ochranou, např. H07RN-F, o minimálním průřezu 1,5 mm². Ve spínacích a rozvodných zařízeních a v uzavřených trubkových rozvodech jsou také přípustná vedení typu H07V.

U průřezů vedení do 16 mm² jsou přípustné jen vodiče z mědi.

Na místech s mimořádným mechanickým, chemickým nebo tepelným ohrožením je nutná ochrana **neuzavřenou** ochrannou trubkou, plastovými hadicemi nebo krytkami. Na místech pro zavedení kabelů nebo vedení do elektrických zařízení s ochranou pro výbušné prostředí se musí použít kabelové šroubové průchodky pro příslušné pásmo (**obr.**).

Přehled: Ochranná opatření proti nepřímému dotyku v prostorech s nebezpečím výbuchu.

- systém TN-S
- systém TT s proudovým chráničem
- systém IT s kontrolou izolace
- síť SELV (malé napětí s bezpečnostním oddělením transformátorem)
- síť PELV (malé funkční napětí s bezpečným oddělením)



Obr.: Kabelové šroubové průchodky pro elektrické zařízení v prostoru ohroženém výbuchem v pásmech 1 a 2.

Požadavky na elektroinstalaci v prostoru ohroženém výbuchem prachu. Hořlavý prach může být zapálen jiskrou, elektrickým obloukem nebo nepřipustně vysokou teplotou elektrických zařízení.

Volba elektrických zařízení. V prostředí s vrstvou prachu do 5 mm nesmí přípustná povrchová teplota elektrických zařízení překročit hodnotu, která je 75 K pod teplotu vznícení příslušného prachu. U prašného mraku smí mít teplota povrchu zařízení jen 2/3 teploty vznícení směsi příslušného prachu se vzduchem. Vniknutí prachu do zařízení se zamezí vhodnou ochranou pro příslušné pásmo (**tabulka**).

Instalace elektrických zařízení. Tato zařízení musí být dostatečně chráněna před předpokládaným mechanickým, chemickým a tepelným namáháním.

Elektrické obvody v prostoru ohroženém výbuchem prachu musí být opatřeny jednoznačně označeným zařízením k úplnému odpojení všech fázových vodičů a neutrálního vodiče.

Vedení a vodiče, které nezasobují energii prostor ohrožený výbuchem, se tímto prostorem nemají vést.

Pokud se usazuje prach na vedení, je nutno počítat se zmenšenou proudovou zatížitelností. U průchodu vodičů krytem elektrického zařízení musí být zachován stupeň ochrany, např. vhodnými průchodkami. Nepotřebné otvory pro vedení se uzavřou vhodnou zátkou.

Energetická zařízení, např. svítidla, zásuvky nebo motory, musí být umístěny pokud možno mimo pásmo 20. Vidlice a zásuvky nesmějí být spojovány a rozpojovány v prostoru s výbušným prachem pod napětím. To se provádí např. zásuvkami se zabudovaným blokováním spínačem (**obr.**).

Údržba. Elektrická zařízení v prostoru ohroženém výbuchem se musí pravidelně odprašovat, zkoušet a udržívat. Intervaly údržby závisí na vlivu okolí, době používání a na doporučení výrobce. Zařízení, která se při údržbě musí otevřít, se přenášejí do neprašné místnosti. Při rozebírání a následujícím skládání těchto zařízení se nesmějí důležité součásti jako např. těsnění nebo rovné dosedací plochy poškodit.

Otázky pro opakování

- 1 JAK VELKÉ MŮŽE BÝT DOTYKOVÉ NAPĚTÍ V ZEMĚDĚLSKÝCH OBJEKTECH V PROSTORU PRO HOSPODÁŘSKÁ ZVÍŘATA?
- 2 JAKÝ VÝZNAM MÁ VYROVNÁNÍ POTENCIÁLU V ZEMĚDĚLSKÝCH OBJEKTECH V PROSTORU PRO HOSPODÁŘSKÁ ZVÍŘATA?
- 3 JAKÉ SÍTĚ JSOU POVOLENY PRO ZÁSOBOVÁNÍ ELEKTRICKOU ENERGIÍ V PROVOZECH OHROŽENÝCH POŽÁREM?
- 4 JMENUJTE VŽDY DVA PŘÍKLADY PROVOZŮ SKUPIN 0,1 A 2 V ZDRAVOTNICKÝCH PROVOZECH.
- 5 JAKÝ SYSTÉM ZÁSOBOVÁNÍ ENERGIÍ SE VOLÍ VE ZDRAVOTNICKÉM PROVOZU PRO PŘÍSTROJE, KTERÉ NESMĚJÍ BÝT PO PRVNÍ IZOLAČNÍ CHYBĚ ODPOJENY?
- 8 NA JAKÁ PÁSMATA SE DĚLÍ PROSTOR OHROŽENÝ VÝBUCHEM?
- 7 UVEĎTE ČETNOST A TRVÁNÍ VÝBUŠNÉ ATMOSFÉRY V PÁSMECH 0, 1 A 2.

Tabulka: Druh ochrany elektrických zařízení krytím v prostoru ohroženém výbuchem prachu

Pásmo, druh prachu	Druh krytí	Označení
Pásmo 20	IP6X	II 1D
Pásmo 21 a 22 (s vodivým prachem)	IP6X	II 2D
Pásmo 22	IP5X	II 3D



OBR.: ZÁSUVKA A VIDLICE PRO PROSTOR OHROŽENÝ VÝBUCHEM

8.5 Elektrická zařízení na staveništích a demolicích

Elektrická zařízení na stavbách jsou veškerá elektrická zařízení pro provádění prací, např. na výškových a hlubinných staveništích. Ke stavenišťům patří také zdíva, která se přestavují, renovují nebo bourají.

Staveniště musí být zásobována elektrickou energií ze zvláštních napájecích míst (**přehled 1**).

Zásuvky pro domovní instalace nesmějí být užívány pro staveniště.

Rozváděče na stavbě (obr.) obsahují měřicí zařízení, ochranné zařízení a potřebné zásuvky. Musí odpovídat ČSN 34 1090 a dále ČSN EN 60439 a ČSN 2000-7-704. Rozváděče mohou být v plastovém nebo kovovém provedení a musí odpovídat minimálně krytí IP 43.

Rozváděče na stavbě musí umožnit odpojení hlavním vypínačem velká zařízení po úsecích. Hlavní vypínač musí být vždy přístupný a jeho poloha musí být jednoznačně označena.

Pro přívod k rozváděčům se většinou používá vedení s pryžovým pláštěm H07RN-F o průřezu 10 mm² mědi.

Délka vedení před měřicím zařízením nesmí přesahovat 30 m. Nesmí mít žádná uvolnitelná spojení.

Pokud je vedení mechanicky namáháno, je nutné jej chránit, např. trubkou odolnou proti tlaku nebo instalací vedení ve výšce.

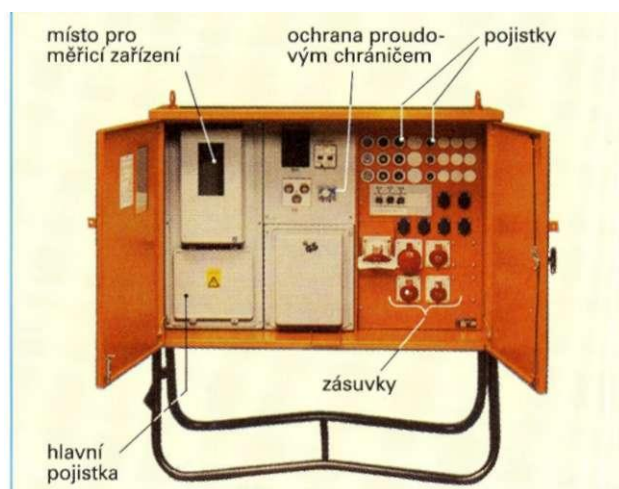
Ochranná opatření za rozváděči stavebního proudu. Za rozváděči jsou povoleny síťové systémy TN-S, TT nebo IT (**přehled 2**). Zásuvky pro jednofázový provoz do 32 A musí mít proudový chránič v síti TN-S a TT s jmenovitým rozdílovým proudem $I_{\Delta n} \leq 30$ mA, všechny ostatní zásuvky musí mít ochranu s $I_{\Delta n} \leq 500$ mA.

Pro elektrické nářadí, např. ruční vrtačky, se doporučuje ochranná izolace. Kromě toho je povoleno ochranné oddělení, např. u míchaček betonu a malé napětí, např. pro přenosná svítidla. Připojení elektrického nářadí se provádí kabelem s izolací, např. H07RN-F.

Zásuvky, instalační vypínače a odbočné zásuvky musí mít minimálně krytí IP X4 (ochrana před tryskající vodou). Dvoupólové zásuvky se používají v provedení pro ztížené podmínky. Světla na staveništích musí být provedena minimálně s krytím IP X3 (ochrana proti kroupě a dešti). Přenosná svítidla používaná na staveništích musí mít krytí před tryskající vodou (IP X5). Trojfázové spotřebiče, např. elektromotory se musí připojit k síti přes vidlice CEE.

Přehled 1: Napájecí místa na staveništích

- rozváděče na staveništi
- malé rozváděče s proudovým chráničem s $I_{\Delta n} \leq 30$ mA a ochranou před zkratem a maximálně s dvěma zásuvkami
- stabilní rozváděče pro staveniště
- zařízení pro zásobování náhradním zdrojem
- transformátory s oddělenými vinutími



Obr.: Rozváděč s odděleným prostorem pro měřicí zařízení

Přehled 2: Ochranná opatření za rozváděči na stavbě

- systém TN-S s proudovým chráničem
- systém TT s proudovým chráničem
- systém IT s kontrolou izolace
- pro zásuvky s malým napětím {funkční malé napětí s bezpečným oddělením} (PELV)

8.6 Osvětlovací zařízení pro vnitřní prostory

Svítlidla slouží k osvětlení. K osvětlení vnitřního prostoru se většinou používají žárovky (vyzařují teplo) nebo zářivky (výbojky).

Standardní žárovky na 230 V se vyrábějí s příkonem 15 W až 1000 W. Při provozu se wolframové vlákno rozžhaví proudem tak, že vyzařuje světlo. Žárovky však mají horší využití elektrické energie než zářivky nebo kompaktní zářivky stejného příkonu (**přehled 1**).

Vlastnosti žárovek:

- dobré barevné podání
- vhodné pro stejnosměrné i střídavé napětí
- dosažení plného světelného toku ihned po zapnutí
- dobře regulovatelné (regulace: **strana 218**)
- vhodné pro optické systémy, např. svítidla se zrcadlem, čočkami nebo reflektory
- střední životnost: 1000 provozních hodin
- citlivé na přepětí (přepětí 5 % zkrátí životnost o 40 %).

Nízkonapětové halogenové žárovky,
str. 153

Přehled 1: Měrný světelný tok světelných zdrojů (výběr)

• standardní žárovky	9,2 až 14lm/W
• zářivky	70 až 90 lm/W
• kompaktní zářivky	55 až 60 lm/W

Přehled 2: Předřadníky zářivek

- **Úkolem předřadníku je:**
 - vytvořit potřebné napětí,
 - omezit proud svítidla po zapnutí,
- **Rozdělení podle ztrátového výkonu P_v**
 - tlumivka: $P_v \approx 11 \text{ W}$
 - elektronický předřadník: $P_v \approx 4 \text{ W}$

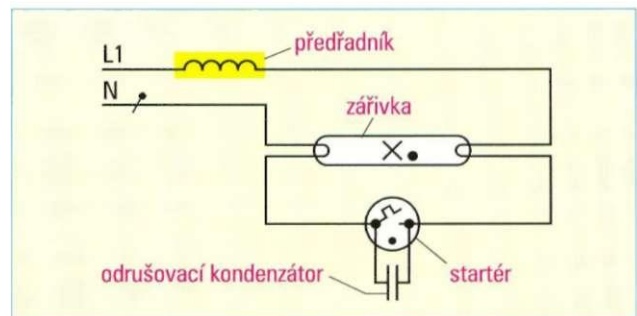
8.6.1 Zapojování zářivek

K provozu zářivek se používají indukční nebo elektronické předřadníky. Elektronické předřadníky mají oproti indukčním předřadníkům menší ztráty (**přehled 2**) a jsou vhodné pro regulaci osvětlení.

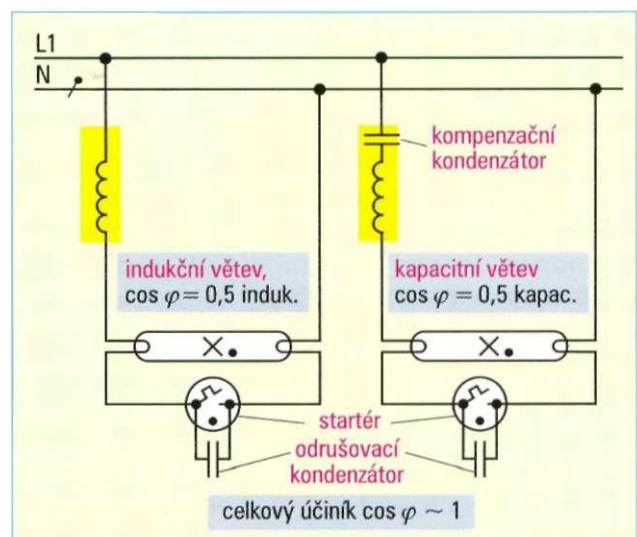
Zářivky s indukčním předřadníkem

Předřazená indukčnost (tlumivka) je zapojena v sérii se zářivkami, startér (zapalovač) je připojen k zářivce paralelně (**obr. 1**). Po připojení k síti je tlumivka v sérii se žhavicími vlákny a startérem.

Připojením k napětí vznikne v doutnavkovém startéru, v němž je umístěn bimetalový kontakt, elektrický výboj v plynu, který ohřeje bimetal tak, že sepne. Pak začne přes žhavicí vlákna procházet proud (asi 1,5 násobek jmenovitého proudu). Zároveň je doutnavka zkratována, výboj zhasne a bimetal se ochladí. Ochlazený bimetal se rozpojí a přerušením žhavicího proudu se vytvoří na tlumivce napětí asi 1000 V, které zapálí výboj v zářivkové trubici. Zapálení je usnadněno ionizací plynu v okolí žhavicích vláken. Tlumivka pak působí jako předřadný rezistor a zmenšuje napětí na zářivce asi na 80 V a tím i na doutnavce startéru, ve které již nemůže vzniknout výboj. (Doutnavka s bimetalovým kontaktem se nazývá startér či zapalovač).



Obr. 1: Zapojení zářivky



Obr. 2: Zářivky v párovém zapojení

Zářivky napájené střídavým proudem blikají v rytmu síťového kmitočtu. Tím může vzniknout tzv. stroboskopický jev, při němž někdy rotující součásti stroje vypadají jako by byly v klidu, nebo se otáčely pomaleji.

Párové zapojení. Uměle vytvořeným posunem fáze napětí je možné zabránit nebezpečí úrazu spojenému s stroboskopickým jevem. Přitom je jedna zářivka napájena přes indukčnost, druhá je zapojena do série s kondenzátorem (**obr. 2, str. 151**). Při správné volbě kompenzačního kondenzátoru může být účinník $\cos \varphi \sim 1$.

Stroboskopický jev se odstraní také např. rozdělením napájení zářivek jednoho osvětlovacího systému na tři fázové vodiče (**obr.**).

Elektronické předřadníky dodávají proud o kmitočtu 20 až 40 kHz. Zabudovaný PTC- termistor (pozistor) reguluje ohřev elektrod. Elektronické omezení proudu omezuje proud svítidla za provozu.

Přednosti při provozu s elektronickým předřadníkem:

- nedochází k stroboskopickému jevu,
- neblinkavé okamžité rozsvícení, není nutný startér,
- nedochází k mechanickému kmitání elektrod,
- automatické odpojení při vadném svítidle,
- je možný provoz na stejnosměrné napětí,
- je možné řídit plynule světelný výkon (stmívat),
- účinník $\cos \varphi$ (p se blíží 1.

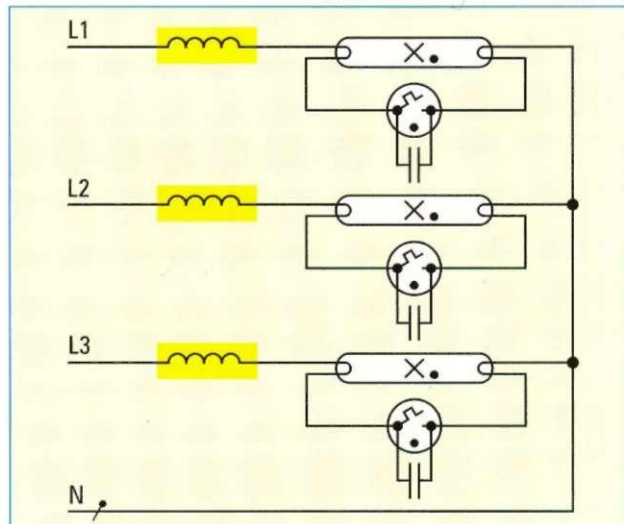
Kompaktní (úsporné) žárovky mohou často nahradit běžné žárovky. Mají větší životnost a menší spotřebu (**tab. 1**), u nás však většinou vyšší prodejní cenu.

Barvy světla. Osvětlovací zařízení musí splňovat také estetické požadavky a požadavky reklamy. Volba správné barvy světla (přesněji teploty chromatičnosti T_c) a indexu barevného podání R_a (podobnosti s denním světlem) je např. rozhodující, jestli maso a pečivo vypadají čerstvě a chutně nebo závadně. Příklady pro volbu teploty chromatičnosti jsou uvedeny v **tab. 2**.

Pro instalaci osvětlovacího zařízení platí „Zásady pro protipožární ochranu“ a předpisy podle ČSN 33 2000-5-559. Svítidla musí splňovat přísné bezpečnostní požadavky. Svítidla přezkoušená ve zkušebním ústavu (v ČR EZU) mají bezpečnostní označení (str. 8) s označením zkoušky normalizovaným symbolem podle jejich použití, např. v prostředí ohroženém výbuchem, nebo pro montáž do nábytku (**tab. 3**).

Tabulka 1: Měrný světelný tok a příkon kompaktních zářivek

Typ	Výkon (W)	Světelný tok (lm)	Srovnatelná žárovka
	7	400	40 W
	11	600	60 W
	15	850	75 W
	11	600	60 W
	15	900	75 W
	20	1200	100 W







Obr.: Zářivky zapojené na trojfázovou síť

Tabulka 2: Příklady použití různých barevných teplot zářivek

Barva světla	Příklady použití
Denní světlo	dílny, sklady, prodejny, zkušebny zboží a barev
Neutrální bílá	kanceláře, konstrukční kanceláře, řeznictví, pouliční osvětlení
Teple bílá	obytné místnosti, školní prostory, tělocvičny, konferenční místnosti, prodejny

Tabulka 3: Značky na svítidlech (výběr)

Symbol	Použití
	svítidla s omezenou teplotou povrchu
	montáž do nábytku a na nábytek, vznícení nad 200 °C
	ochrana před stříkající vodou
	svítidla pro použití ve výbušném prostředí

8.6.2 Nízkovoltové halogenové žárovky

Instalace nízkovoltových halogenových žárovek nabývá v osvětlovací technice stále většího významu. Taková zařízení se také označují jako osvětlovací zařízení ELV (zkr. extra low voltage = velmi malé napětí). **Přehled** ukazuje přednosti takového osvětlovacího zařízení.

Svítilna pro nízkovoltové osvětlovací zařízení s malým napětím se vyrábějí buď bez reflektoru nebo se zabudovaným reflektorem (**obr. 1**). Skládají se ze skleněné baňky, ve které je wolframové žhavicí vlákno. Skleněná baňka je naplněna vzácným plynem, např. kryptonem, s malým množstvím halogenu, např. bromu nebo jodu. Skleněná baňka se za provozu značně zahřívá (250 °C až 450 °C). Z tohoto důvodu se používá křemenné sklo označované též jako tvrdé sklo.

Aby se nesnížila životnost halogenových žárovek stopami mastnoty z pokožky, nesmí být uchopeny holou rukou za skleněnou baňku.

Reflektorové halogenové žárovky mají kovový nebo skleněný pokovený reflektor. Aby nepůsobilo ultrafialové záření, které vzniká uvnitř baňky, jsou reflektory opatřeny většinou UV-filtry (**obr. 2**). Ty zachycují škodlivé UV záření. Svítilna bez reflektorů mají filtr, např. z okenního skla.

Žárovky se zasouvají do patic a jsou za tím účelem opatřeny odpovídajícími kontaktními kolíky. Tvary konektorů jsou normalizovány, jsou značeny písmeny a číslicemi, např. GU 5,3 (**obr. 2**).

Tvar reflektoru ovlivňuje úhel vyzařování světla (**obr. 3**). V závislosti na účelu použití se používají různé úhly vyzařování, např. pro bodově přesné osvětlení svítilna s malým vyzařovacím úhlem.

K **napájení osvětlovacího zařízení** se používají bezpečnostní transformátory nebo měniče střídavého napětí (**obr. 4**).

Měniče střídavého napětí se označují jako „elektronické transformátory“ nebo „spínané zdroje“. Měniče se skládají z měniče kmitočtu a vysokofrekvenčního transformátoru. Měnič kmitočtu zvýší kmitočet primárního napětí na 20 až 40 kHz. Tím se dosáhne menších ztrát a menší velikosti transformátoru.

Bezpečnostní transformátory se vyrábějí v různém provedení. Pracují se síťovým kmitočtem. Transformátory a měniče pro osvětlovací zařízení na malé napětí musí odpovídat bezpečnostním požadavkům pro malé napětí.

Životnost halogenových žárovek je velmi závislá na provozním napětí. Výstupní napětí transformátorů nebo měničů je při jmenovitém zatížení nepatrně pod jmenovitém napětím svítilen, protože při menším zatížení, např. při výpadku svítilen, existuje nebezpečí vyššího výstupního napětí.

Přepětí 5 % může snížit průměrnou životnost halogenových žárovek až o 50 %.

Přehled: Přednosti osvětlovacího zařízení na malé napětí

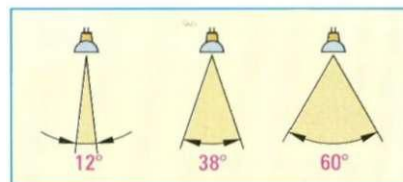
- malé rozměry (Ø30 mm nebo 50 mm),
- malá hmotnost,
- různé vyzařovací úhly od 6° do 60°,
- dobrý index barevného podání,
- malé napětí (6 V až 24 V).



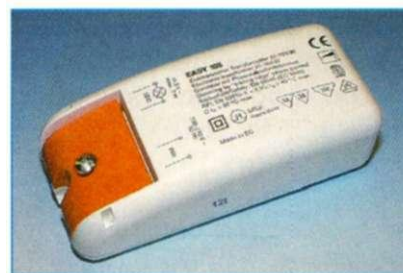
Obr. 1: Nízkovoltová halogenová žárovka s reflektorem a bez reflektoru



Obr. 2: Halogenová žárovka s reflektorem a ochranným filtrem



Obr. 3: Různé úhly vyzařování světla



Obr. 4: Měnič střídavého napětí

Osvětlovací zařízení na malá napětí. K instalaci těchto osvětlovacích zařízení musí být použity vhodné elektrotechnické materiály. Zvláštní vlastnosti součástí se označují symboly (**tab. 1**).

Pro instalaci osvětlovacích zařízení na malá napětí platí ustanovení ČSN pro zařízení se jmenovitým napětím do 1000 V.

Malé napětí halogenových žárovek vyžaduje větší proud. Při stejném výkonu vzroste proud zařízení na 12 V asi na dvacetinásobek ve srovnání se zařízením na 230 V.

K určení přípustné délky vedení v osvětlovacím zařízení na malá napětí je rozhodující proudová zatížitelnost a úbytek napětí. Hvězdicovým vedením svíce výstupy z transformátoru (**obr. 1**) se docílí malého úbytku napětí a tím i rovnoměrný jas svítidel. Úbytek napětí ovlivňuje velikost světelného toku. **Tabulka 2** ukazuje přípustné délky vedení při druhu instalace B2 a použití konvenčních transformátorů, se zmenšením světelného toku max. o 10 % a při různých průřezech. Desetiprocentní zmenšení světelného toku halogenové žárovky na 12 V je způsobeno úbytkem napětí asi 0,4 V.





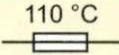
Elektronické transformátory (spínané měniče) mají výstupní napětí o kmitočtu asi od 20 do 40 kHz. Při těchto kmitočtech dochází k vytlačování proudu ve vodiči směrem k povrchu (skinefekt). To vytváří vyšší úbytek napětí než při použití transformátorů s kmitočtem 50 Hz.

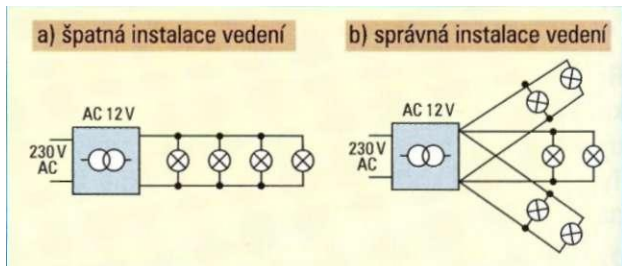
Z důvodů ochrany před jiskřením nesmí být u zařízení se spínanými měniči délka vedení větší než 2 m.

Regulace světelného toku tohoto osvětlovacího zařízení se provádí většinou na vstupní straně transformátoru nebo měniče. Regulátory svítidel nejsou vhodné na výstupní straně transformátorů nebo měničů.

Regulátory pro transformátory musí mít zvláště přesné a symetrické nastavení obou půlvln, označují se symbolem podle **obr. 2b**.

Tabulka 1: Výběr symbolů na přístrojích osvětlovacího zařízení na malé napětí

Světelné zdroje	
	Světelné zdroje pro provoz v otevřených nebo uzavřených svítidlech
	Světelné zdroje výlučně pro provoz v zavřených svítidlech. Svítidla musí mít ochranné sklo
Transformátory/měniče	
	Bezpečnostní transformátory jištěné proti zkratu (podmíněně nebo nepodmíněně, podle ČSN 33 2000-5-551)
	Střídavý měnič, který nemusí být zabudován do svítidel nebo krytů (podle ČSN 33 2000-5-172)
	Tepelná pojistka, která při určité teplotě natrvalo přeruší elektrický obvod.

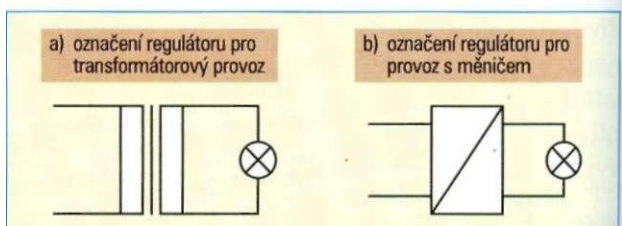


Obr. 1: Instalace vedení u osvětlovacích zařízení na malé napětí

Tabulka 2: Přípustné délky vedení v osvětlovacích zařízeních na malé napětí*

Jmenovitý výkon zařízení na malé napětí	Přípustné délky vedení při průřezu vodiče A (mm ²)				
	1,5	2,5	4	6	10
20 W	10,8	18,0	28,7	43,0	71,8
35 W	6,2	10,3	16,4	24,6	41,0
50 W	4,3	7,2	11,5	17,2	28,7
75 W	2,9	4,8	7,7	11,5	19,1
100 W	2,2	3,6	5,7	8,0	14,4
150 W	1,4	2,4	3,8	5,7	9,6
250 W	–	1,4	2,3	3,4	5,7
300 W	–	–	1,9	2,9	4,8

* druh instalace B2; zmenšení světelného toku max. 10 %



Obr. 2: Značení regulátorů osvětlovacího zařízení na malé napětí

8.7 Světelné trubice

Světelné trubice jsou výbojky plněné plynem, např. neonem nebo argonem, a jsou určeny pro provoz na vysoké napětí. Většinou se používají pro světelnou reklamu. Plynová náplň určuje barvu světla (**tabulka**). Kombinací barevných výbojek a přidáním svítících látek je možno dosáhnout téměř všech barev světla.

Zařízení s těmito výbojkami se skládají z nízkonapětového obvodu (vstupní strana), z jednoho nebo více předřadníků a z připojených obvodů výbojky (výstupní strana).

K provozu výbojek je třeba jako předřadník použít transformátor s rozptylovým jádrem. Ten dodává vysoké zápalné napětí a omezuje za provozu proud výbojky. Výstupní napětí transformátoru musí být postačující k zapálení všech výbojek v obvodu. Po zapálení klesá výstupní napětí na asi 60 % až 70 % napětí při chodu naprázdno.

Zařízení s výbojkami se provozují s napětím od 1 kV až do 10 kV. Nejvyšší napětí proti zemi nesmí překročit 5 kV.

Zařízení s výbojkami musí být napájeno samostatným vedením s vlastním hlavním vypínačem. Další zařízení k zapínání výbojek, např. spínací hodiny, se zapojují za hlavní vypínač.

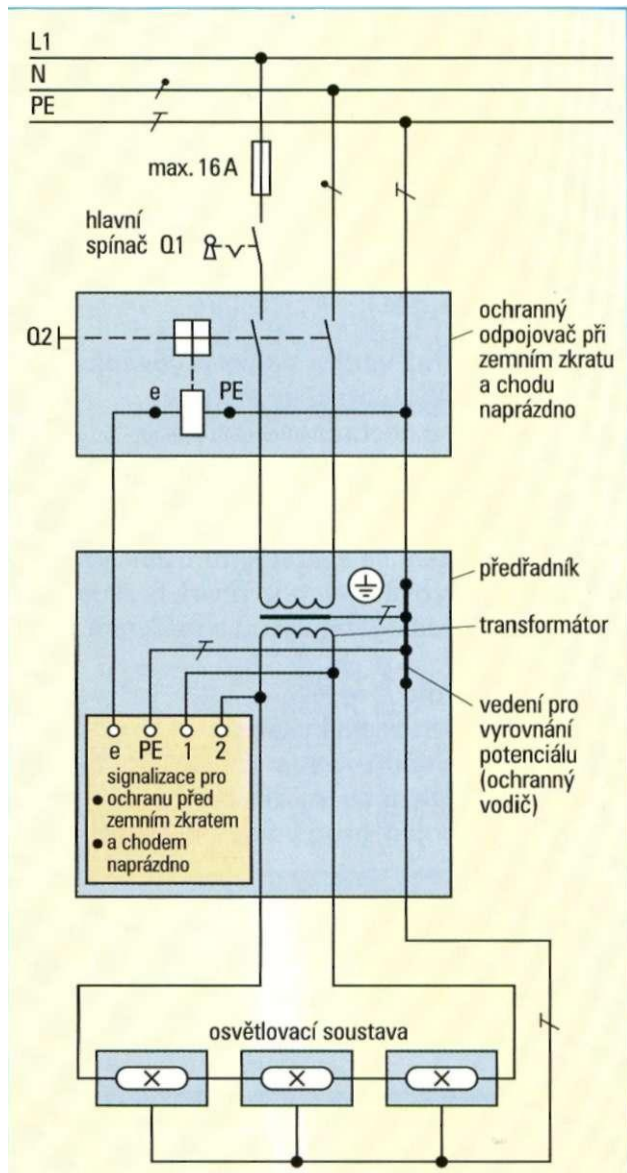
V obvodech výbojek jsou k nadproudové ochraně přípustné jen tavné pojistky nebo jističe se jmenovitým proudem 16 A.

Zařízení k ochraně před zemním zkratem a chodem naprázdno. Elektrické obvody výbojek, které jsou napájeny z transformátorů nebo měničů, musí mít ochranný odpojovač pro případ zemního zkratu (**obr.**). Zjistí-li snímač zemní zkrat ve vysokonapětovém obvodu, je obvod během 0,2 s odpojen.

Ochranné zařízení pro chod naprázdno odpojí transformátor při přerušení obvodu světelných trubic od sítě. Pokud nastane přerušení obvodu při zapnutém zařízení, musí odpojení proběhnout během 0,2 s. Při vypnutí a znovu zapnutí zařízení se světelnými trubicemi, např. při rozbití trubice, smí ale ochranné zařízení odpojit obvod až po 3 s, avšak nejpozději po 5 s.

Tabulka: Plynová náplň a barvy světla světelných trubic

Plnicí plyn	Značka	Barva světla
neon	Ne	červená, červenooranžová
argon	Ar	modrá, fialová
krypton	Kr	žltorůžová
xenon	Xe	fialová
helium	He	žlutá, slonová kost
rtuťová pára	Hg	modrá



Obr.: Zapojení zařízení se světelnými trubicemi

Vodiče pro přívoody světelných trubic. Pro přívoody ke světelným trubicím se používají vedení typu NYL, NYLCY nebo NYLRZY (**tab. 1**).

Přípustné délky vedení pro výbojková zařízení. Vedení pro výbojková zařízení mají být co nejkratší, protože vlivem kapacity vedení mohou vzniknout v elektrickém obvodu přepětí a proudové špičky.

Pokud jsou překročeny délky vedení doporučené v **tab. 2**, je třeba volit pro výbojkový obvod nižší provozní napětí.

Ochrana před přímým dotykem. Živé části zařízení výbojek musí být chráněny před přímým dotykem. Ochranné skříňky pro předřadníky a kryty musí být provedeny minimálně s krytím IP 2X.

Vyrovnaní potenciálu. K ochraně před nepřímým dotykem na výstupní straně jsou všechna vodivá tělesa a konstrukční díly např. nosníky vzájemně propojena mezi sebou a spojena ochranným vodičem (**obr. str. 155**).

Minimální průřez vodiče na propojování:

- 2,5 mm² mědi u chráněné instalace,
- 4 mm² mědi u nechráněné instalace,
- 1,5 mm² mědi jako jednoduchý pro jednu světelnou trubicu.

Zkoušení zařízení se světelnými trubicemi. Dodavatel musí provést výchozí revizi, tj. zkontrolovat zařízení vizuálně, zkouškou a měřením.

Vizuální kontrola:

- použitá konstrukce a instalace,
- provedení vývodů na straně vysokého napětí (vn-trafa) a dodržení vzdušných i povrchových (svodových) vzdáleností (mezi vývody),
- průběžné spojení mezi vodivými částmi a konstrukčními díly výstupní strany vyrovnaním potenciálu.

Zkouška a měření:

- reakce ochranného odpojovače pro zemní zkrat a chod naprázdno během předepsané doby,
- měření proudu v obvodech světelných trubic, které nejsou napájeny z transformátorů konstantním proudem nebo z měničů.

Otázky pro opakování_____

- 1 JMENUJTE SÍŤOVÉ SYSTÉMY, KTERÉ SE POUŽÍVAJÍ NA STAVENIŠTÍCH.
- 2 JAKÉ MEZE CHYBOVÝCH (DIFERENCIÁLNÍCH) PROUDŮ RCD JSOU PŘEDEPSÁNY NA STAVENIŠTÍCH: A) PRO ZÁSUVKOVÉ OBVODY DO JMENOVITÉHO PROUDU 32 A A B) PRO OSTATNÍ ELEKTRICKÉ OBVODY?
- 3 UVEĎTE POŽADOVANÝ ZPŮSOB OCHRANY NA STAVENIŠTI: A) PRO RUČNÍ SVÍTIDLA, B) PRO VYPÍNAČE A ZÁSUVKY.
- 4 JMENUJTE JEDNOTLIVÉ ČÁSTI OBVODU ŽÁŘIVKOVÉHO SVÍTIDLA.
- 5 JAKÉ PŘEDNOSTI MÁ PÁROVÉ ZAPOJENÍ PROTI DVĚMA ODDĚLENÝM ŽÁŘIVKÁM?
- 6 JAKÁ JE ÚSPORA ENERGIE PŘI POUŽITÍ KOMPAKTNÍ ŽÁŘIVKY MÍSTO STANDARDNÍ ŽÁROVKY?
- 7 UDEJTE PŘÍPUSTNÉ VYPÍNACÍ ČASY OCHRANNÉHO ODPOJOVAČE PRO ZEMNÍ ZKRAT U SVĚTLNÝCH TRUBIC.

Tabulka 1: Vodiče pro přívoody světelných trubic

Vedení	Přípustné pro instalaci
NYL	<ul style="list-style-type: none"> • v tělesech z kovu nebo plastu • ve větraných kanálech a v kanálech bez srážené vody • v ocelových nebo stejně hodnotných trubkách: <ul style="list-style-type: none"> - na omítce, v omítce nebo pod omítkou - na suchých a mokřích místech - venku
NYLRZY	<ul style="list-style-type: none"> • na omítce, v omítce nebo pod omítkou • venku • v tělesech z kovu nebo z plastu • v trubkách, kanálech pro vedení a za krycími lištami z plastu nebo z kovu

Tabulka 2: Doporučené mezní hodnoty pro délky jednoduchých vodičů (podle DIN VDE 0128)

Napětí proti zemi (kV)	Jednoduchá délka vedení (m) při instalaci vedení typu:			
	NYL		NYRZY	
	plynová náplň Hg	plynová náplň Ne	plynová náplň Hg	plynová náplň Ne
1	40	20	24	12
2	30	15	16	8
3	20	10	12	6
4	15	7	9	4
5	10	5	6	3

8.8 Fotovoltaické systémy

Konstrukce fotovoltaického zařízení

Solární moduly přeměňují sluneční energii na elektrickou. Umísťují se na vhodných místech na nosné konstrukci, např. na střeše nebo na fasádě domu.

Solární generátory se skládají ze solárních modulů (**obr.**). Při sériovém zapojení modulů do jedné smyčky se sčítají napětí, při paralelním zapojení se sčítají proudy. Odpojené neosvětlené moduly ve smyčce působí jako odpory. Jsou proto chráněny proti tepelnému přetížení přemostujícími diodami zapojenými paralelně k modulům. Odpojené smyčky jsou chráněny smyčkovými diodami (**obr.**).

V **připojovací skříňce generátoru** se spojují jednotlivá smyčková vedení solárních modulů.

Hlavní vedení stejnosměrného proudu vede elektrickou energii ze solárního zařízení ke spínači (**obr.**). Je umístěn v bezprostřední blízkosti měniče a odděluje v případě potřeby, např. při instalaci solárního zařízení nebo při údržbě, solární generátor od měniče.

Při použití nízkého napětí nesmí napětí u solárního generátoru při chodu naprázdno překročit 120 V.

Měniče přeměňují stejnosměrný proud vyrobený v solárním zařízení na proud střídavý.

V instalacích oddělených od veřejné sítě se používají autonomně řízené měniče.

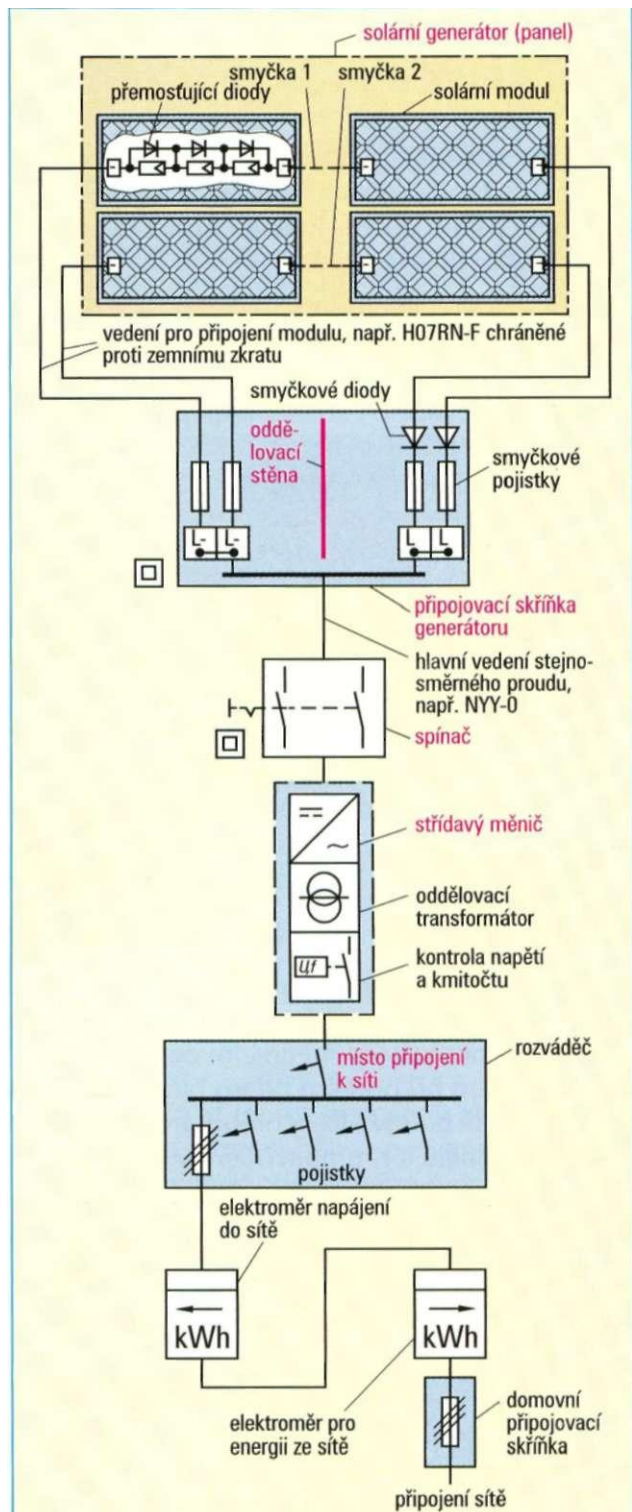
Sítí řízené (synchronizované) měniče jsou nutné při dodávce proudu do veřejné sítě. Synchronizují fázově své výstupní napětí se sítí a musí dodávku ukončit nejpozději 5 s po poruše v síti.

Napojení na veřejnou síť se provádí pomocí síťového synchronizátoru. Je většinou zabudován v rozváděči a předává přeměněnou elektrickou energii do sítě. V zařízeních s proudovým chráničem musí být napájení měniče připojeno před chráničem, aby při vybavení chrániče bylo odpojeno i napájení měniče ze strany spotřebiče.

Energie odebraná ze sítě, popř. dodávaná do sítě, se měří oddělenými elektroměry (**obr.**).

Přehled: Části solárního zařízení

- solární generátor
- připojovací skříňka generátoru
- odpojovač
- střídavý měnič
- místo připojení k síti



Obr.: Fotovoltaické zařízení

Ochranná opatření ve stejnosměrném obvodu.

K ochraně před přímým, ale i nepřímým dotykem se používá ochrana malým napětím a ochrannou izolací. Při ochraně malým napětím nesmí napětí solárního generátoru při chodu naprázdno překročit 120 V. Solární moduly s ochranou izolací nemají kovový rám a musí být označeny symbolem ochranné třídy II.

Při použití ochrany malým napětím je nutný měnič s bezpečným oddělením mezi vstupní a výstupní stranou měniče.

Montáž a připojení solárního panelu. Nosná konstrukce solárního panelu má být pokud možno obrácena k jihu. Úhel sklonu ke slunci má odpovídat střední poloze slunce.

Jelikož teplota povrchu střechy dosahuje až 80 °C je nutné, aby **připojovací vedení modulů** mělo zvýšenou tepelnou odolnost (**tabulka**). Pokud je průřez připojovacího vedení modulů dimenzován na zkratový proud solárního generátoru, není nutná v připojovacím vedení nadproudová ochrana. Pokud přesahuje zkratový proud proudovou zatížitelnost připojovacího vedení modulů, jsou nutné smyčkové pojistky, např. přístrojové ochranné pojistky nebo jističe (**obr. 1, str. 62**). Minimální průřez připojovacího vedení modulů je většinou udáván výrobcem. Tato vedení musí být jištěna proti zkratu a musí být odolná proti předpokládanému mechanickému namáhání, např. v tlaku, tahu nebo smyku. Při nechráněné instalaci venku musí být také odolná proti povětrnostním vlivům.

V hlavním stejnosměrném vedení není nutná nadproudová ochrana, protože zkratový proud solárního generátoru je jen nepatrně větší než jeho jmenovitý proud.

Úbytek napětí v hlavním stejnosměrném vedení nemá překročit 1 % jmenovitého napětí solárního generátoru.

Ochrana před bleskem a přepětím. Při montáži solárního zařízení není nezbytně nutná instalace kompletního zařízení pro ochranu budovy proti blesku. Pro ochranu před předpokládaným poškozením bleskem je postačující minimální ochrana před bleskem a přepětím. Cílem je při tom omezení následných škod při přímém úderu blesku do generátoru a omezení přepětí ve stejnosměrném obvodu. Pokud má budova již ochranu proti blesku, musí být provedeno spojení mezi nosnou konstrukcí solárního panelu a hromosvodem v místě jejich nejmenší vzdálenosti.

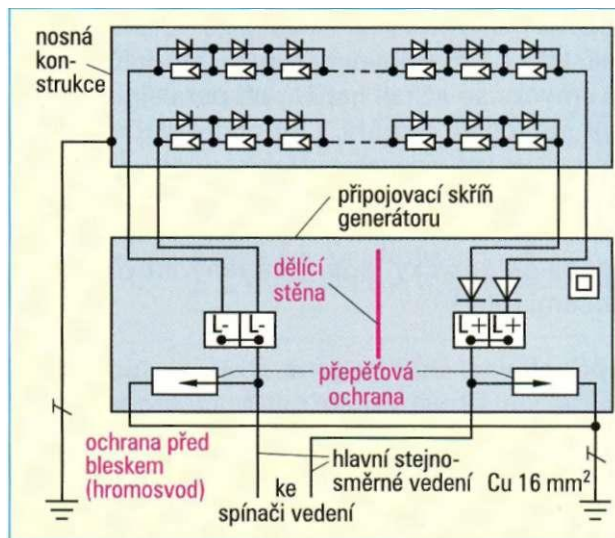
Pokud není instalováno zařízení na ochranu před bleskem, je možné provést ochranu podle požadavku ČSN 34 1390 pro antény. Připojení nosné konstrukce a rámu modulů k zemnicímu zařízení se má provést nejkratší trasou vodičem z mědi o průřezu 16 mm².

Vnitřní ochrana před bleskem se vytváří přepětovým svodem v hlavním stejnosměrném vedení.

Tabulka: Vedení pro fotovoltaické systémy

Připojovací vedení modulů	- vedení s pryžovou izolací H07RN-F - solární připojovací vedení*
Hlavní stejnosměrné vedení	- plášťové vedení NYM-0 - kabel NYY-0

*VEDENÍ PRO PŘIPOJOVÁNÍ SOLÁRNÍCH PANELŮ NEJSOU JEŠTĚ NORMALIZOVÁNA



Obr.: Ochrana solárního zařízení před bleskem

Otázky pro opakování

- 1 Z jakých hlavních částí se skládá fotovoltaické zařízení?
- 2 Jaká ochranná opatření se používají ve fotovoltaických zařízeních na straně stejnosměrného napětí?
- 3 Za jakých podmínek není třeba nadproudová ochrana v připojovacích vedeních modulů?
- 4 Jaký úbytek napětí v procentech je povolen u hlavního stejnosměrného vedení?

9 Měření na elektrických zařízeních a spotřebičích

Odborné zacházení s měřicími a zkušebními přístroji je předpokladem pro montáž, uvedení do provozu a údržbu elektrických zařízení a elektrických spotřebičů

9.1 Měření a zkoušení

Měření. Měřením (**přehled**) se určuje hodnota fyzikální veličiny (měřená veličina) jako násobek stanovené jednotky této veličiny.

Při měření napětí je napětí U fyzikální veličina. Naměřená hodnota, např. 230 V, je výsledek součinu číselné hodnoty čísla 230 a jednotky (volt). Další fyzikální veličiny jsou např. proud I , odpor R , čas t , výkon P nebo práce W .

Měření je srovnávání hledané velikosti s mezinárodně stanovenou jednotkou.

Panelové měřicí přístroje nebo víceúčelové měřicí přístroje (**str. 168**) ukazují právě existující měřenou hodnotu, zapisující měřicí přístroje (**str. 176**) registrují měřenou hodnotu a její změny, např. po delší dobu. Osciloskop (**str. 172**) může zobrazit časový průběh proměnných hodnot, např. průběh střídavého napětí.

Zkoušení. Zkoušečkou napětí se např. zjišťuje, zda jev zásuvce napětí. Přesná hodnota napětí se tím nezjišťuje.

Zkoušením se zjišťuje, zda nějaká veličina, např. napětí existuje nebo ne.

Jednopolové zkoušečky napětí (**obr. 1**) jsou přípustné jen pro stejnosměrné a střídavé napětí do 250 V proti zemi. Při zkoušení se uzavírá elektrický obvod přes lidské tělo. Proto je pro omezení proudu doutnavka zařazen ochranný rezistor s odporem R asi 500ohm . Při stejnosměrném napětí rozsvěcuje doutnavku jen pól který má záporný potenciál (**obr. 1**), u střídavého napětí oba póly. Používá se proto pro určování polarity.

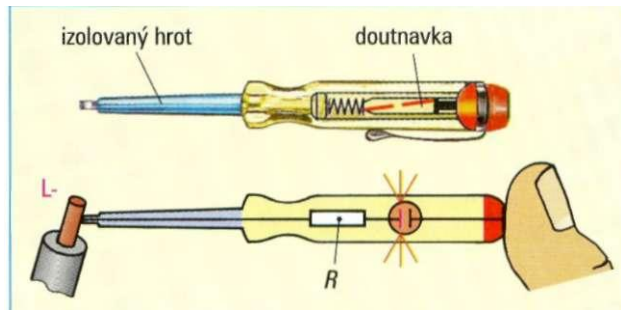
Zkoušečky napětí s hrotem tvaru šroubováku se mohou používat jen na zkoušení, ale ne na jiné práce pod napětím. Ukazovatel jednopolové zkoušečky napětí nemusí někdy na napětí reagovat, např. na dobře izolovaných stanovištích, jako např. na dřevěných žebřících nebo v provozně neuzemněných sítích. Jednopolové a dvoupólové zkoušečky musí odpovídat normě a je třeba je pravidelně přezkušovat.

Zkoušečka napětí musí být před každým použitím vyzkoušena zda bezvadně funguje, např. v zásuvce pod napětím.

Dvoupólové zkoušečky napětí (**obr. 2**) zaručují větší jistotu zkoušení a umožňují bezpečnou práci. Jsou vhodné na stejnosměrné i střídavé napětí a u stejnosměrného napětí ukazují také polaritu. Dvoupólové zkoušečky napětí mají většinou diodu LED (světlo emitující dioda). Světelné diody signalizují určité napětí, např. 12 V, 50 V nebo 500 V. Jsou na trhu také jako zkoušečky zkratu. Průchod proudu se signalizuje světelnou diodou a akusticky. Svítivost a výška tónu jsou většinou závislé na velikosti měřeného odporu.

Přehled: Měření a zkoušení

- **Měření:** určení číselné hodnoty měřené veličiny
příklad: napětí $U = 230\text{ V}$
- **Zkoušení:** zjišťování, zda jsou splněny zadané podmínky
příklad: existuje napětí U



Obr. 1: Jednopolová zkoušečka napětí (určování polarity)



Obr. 2: Dvoupólová zkoušečka napětí a zkoušečka zkratu

9.2 Pojmy v měřicí technice

Tabulka: Důležité pojmy v měřicí technice		
Pojem	Vysvětlení	Příklady
Měřená veličina	fyzikální veličina, která je měřena	napětí, proud, čas
Naměřená hodnota	hodnota získaná z údaje měřicího přístroje. Násobí se jednotkou měřené veličiny. Naměřená hodnota = číselná hodnota násobená jednotkou měřené veličiny	$U = 230 \cdot 1 \text{ V} = 230 \text{ V}$ $I = 10 \cdot 1 \mu\text{A} = 10 \mu\text{A}$
Výsledek měření	Naměřená hodnota z jednoho nebo více měření. Výsledky měření se mohou také vypočítat nepřímo z naměřených hodnot.	$U = 230; I = 2,5 \text{ A};$ $\Rightarrow P = U \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 2,5 \text{ A} = 575 \text{ W}$
Měřicí soustava (měřidlo)	stupnice a části, které vytvářejí točivý moment a (ručkový nebo číslicový) ukazatel	magnetoelektrická soustava elektrodynamická soustava
Měřicí přístroj	měřicí soustava s krytem a zabudovanými prvky, např. předřadníky a bočníky	víceúčelový měřicí přístroj
Měřicí souprava	Měřicí přístroj s veškerým příslušenstvím, také s oddělitelnými částmi, např. měřicím vedením, dotykovou hlavou a měničem.	měřicí přístroj s odděleným rezistorem, měničem napětí nebo teplotním čidlem
Měřicí metoda	pravidla pro měření	přímé nebo nepřímé měření. Metoda proudové nebo napěťové chyby, můstkové zapojení.
Přímé měření	hledaná veličina se určí přímo měřením	měření proudu nebo napětí
Nepřímé měření	hledaná veličina se vypočítá z několika přímo naměřených veličin	výpočet odporu z naměřených hodnot proudu a napětí, výpočet výkonu z napětí a proudu.

9.3 Analogové a digitální (číslicové) zobrazení

Analogové měřicí přístroje jsou všechny ručkové přístroje (**obr. 1**). Ručka se pohybuje na základě mechanického principu.

Analogové zobrazení* ukazuje naměřený výsledek na stupnici jako úsek, např. teploměr nebo jako úhel, např. ručkový přístroj.



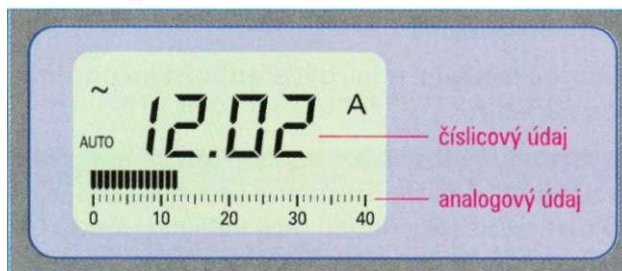
Obr. 1: Stupnice analogového víceúčelového měřicího přístroje

Digitální měřicí přístroje mají místo měřicí sestavy analogově-digitální převodník. Naměřená hodnota se zobrazuje jako číselná hodnota, např. zobrazení pomocí 14 segmentů nebo pomocí sedmi segmentů (**obr. 2**). Úplná zobrazovací jednotka může ukázat všechny číslice 0 až 9. Pokud lze první místo zobrazit např. jen číslici 1 nebo 0, jedná se o jednotku 1/2 místnou. Zobrazení na **obr. 2** je tedy 3 1/2 místné. Naměřená hodnota na digitálním** přístroji je zobrazena číslicově.



Obr. 2: Segmentové zobrazení, 3 1/2 místné

Digitální měřicí přístroje umožňují zobrazení číselných hodnot s desetinnými místy. Číslicové zobrazení často doplňuje ještě analogové zobrazení, např. ve formě baragrafu (**obr. 3**). Baragraf umožňuje lépe pozorovat změny sledovaných hodnot, např. při ladění obvodů.





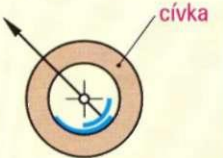

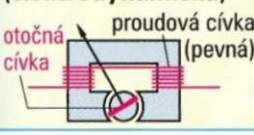

Obr. 3: Digitální zobrazení na víceúčelovém měřicím přístroji (multimetru)

* analog (fecky) = odpovídající

** digitus (lat.) = prst, digitální = číslicový

9.4 Merici soustavy

Analogové měřicí přístroje pracují na různých principech. Tabulka uvádí nejdůležitější měřicí soustavy a jejich využití.

Tabulka: Měřidla ručkových přístrojů (výběr)					
Měřicí soustava	Značka	Princip	Vlastnosti	Vlastní spotřeba	Použití
Magnetoelektrická 		Silové působení na vodič (kterým prochází proud) v magnetickém poli cívky	Velká citlivost (oblast μA), velká přesnost; jen na stejnosměrný proud, stupnice je lineární (stejnosečná)	Nepatrná ($< 3\text{mW}$)	Pro měření proudu a napětí stejnosměrného i střídavého (s usměrňovačem) a k měření neelektrických veličin, jako např. intenzity osvětlení nebo teploty
Elektromagnetická 		Silové působení mezi železnými částmi v magnetickém poli cívky, kterou prochází proud	Malá citlivost (asi od 20 mA) pro stejnosměrný i střídavý proud; ukazuje efektivní hodnotu při střídavém proudu nezávisle na tvaru křivky; stupnice není lineární	Velká (asi $0,5$ až 1 W)	Pro měření napětí a proudu střídavého i stejnosměrného, převážně jako panelový přístroj
Ferdynamická (elektrodynamická) 		Silové působení na vodič (kterým prochází proud) v poli elektromagnetu	Se stíněním ze železa necitlivé k cizím magnetickým polím	Velká (asi 3 W)	Pro měření výkonu stejnosměrného a střídavého proudu; měření jalového výkonu a kmitočtu
Další měřicí přístroje lze případně najít v Elektrotechnických tabulkách.					

Digitální multimetry nemají žádné mechanické pohyblivé díly. Analogové hodnoty převádějí na digitální hodnoty a mají většinou měřicí zesilovač. Jelikož převodníky zpracovávají jen stejnosměrné napětí, musí se střídavé napětí a proudy usměrnit. Proto je přesnost měření veličin střídavého proudu menší než při stejnosměrném proudu.

9,5 Chyby měření

Žádné měření není úplně bez chyb (**přehled**).

Chyby měření jsou odchylky výsledku měření od skutečné hodnoty měřené veličiny.

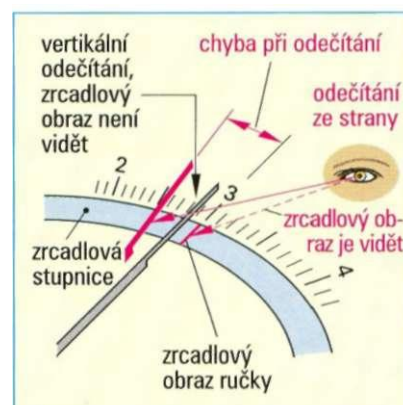
Chyby při odečítání vznikají např. při odečítání hodnoty z ručkového měřicího přístroje z šikmého úhlu pohledu (**obr.**). Těto chyby je možno zamezit podložením ručky zrcadlem. Také nepřesné aretování může způsobit chybné výsledky. **Arety** znamená nastavit (vyrovnat) měřicí přístroj tak, aby ukazoval co nejpřesnější hodnotu. Před každým měřením se má kontrolovat nulové nastavení ručky.

Chyby při obsluze vznikají měřením v nevhodném rozsahu nebo při špatně nastaveném druhu proudu. Další chyba je špatná poloha měřicího přístroje. Správná poloha přístroje je uvedena na stupnici.

Měřicí přístroje v ovládacích panelech mají většinou vertikální pracovní polohu (značka \pm), univerzální měřicí přístroje polohu horizontální (značka \angle).

Přehled: Chyby měření (čtení)

- Chyby při odečítání (čtení)
- Chyby při obsluze
- Chyby dané typem zapojení
- Chyby přístrojů



Obr.: Chyba při nevhodném úhlu odečítání (čtení)

Chyby typu zapojení jsou dané zapojením měřicího přístroje, např. nevhodně zvolenou měřicí metodou, při které se uplatní např. vliv vnitřního odporu přístroje (**str.** 167).

Chyby (omyly) při zapojení mohou způsobit chyby v měření nebo mohou poškodit měřicí přístroj.

Chyby přístrojů vznikají při jejich výrobě, např. nevhodným skladováním a tím způsobeným třením v ložiskách. Chyby měřicích přístrojů se udávají v procentech měřicího rozsahu na stupnici. Podle této chyby se měřicí přístroje zařazují do tříd přesnosti (**tabulka**).

Třída přesnosti ručkového měřicího přístroje udává přípustnou absolutní chybu v procentech měřicího rozsahu.

Např. u voltmetru s měřicím rozsahem 300 V a třídou přesnosti 1 (**obr.** 1) je absolutní chyba $\pm 1\%$ měřicího rozsahu, tj. $\pm 3\text{ V}$. Protože tato chyba $\pm 3\text{ V}$ platí pro libovolnou výchylku, je při měření např. 100 V relativní chyba 3%, při měření 30 V je to však 10 %.

Chyby měření dané třídou přesnosti (relativní chyby) jsou nejmenší v poslední třetině stupnice.

Digitální měřicí přístroje mají chybu, která se skládá z vlastní chyby měření a chyby zaokrouhlení při digitalizaci.

Chyba se vztahuje k naměřené hodnotě a pohybuje se mezi $\pm 0,1\%$ až $\pm 1,5\%$.

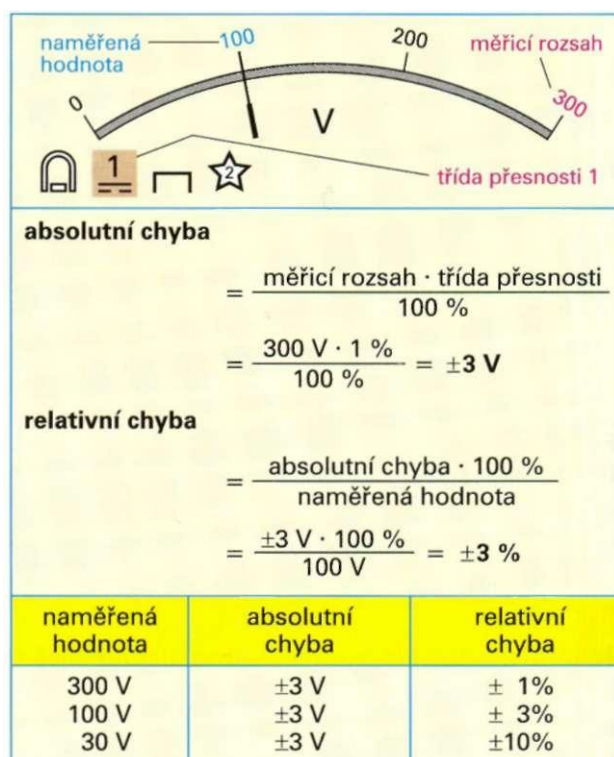
Chyba nastavení posledního místa vyplývá s rozlišovací schopnosti digitálního převodníku a udává se v digitech (krocích). Je minimálně ± 1 digit.

Chyba měření digitálního měřicího přístroje se skládá z vlastní chyby měření a z chyby digitalizace (**obr.** 2).

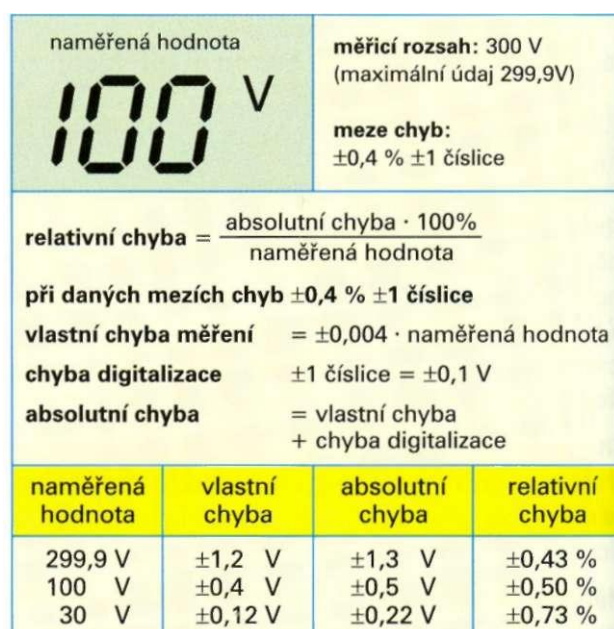
Digit je označení pro nejmenší zjistitelnou diferenci digitálně měřené hodnoty. U multimetru podle **obr.** 2 s měřicím rozsahem 300 V (max. hodnota 299,9 V) odpovídá jeden digit změně napětí $\pm 0,1\text{ V}$.

S výjimkou malých měřených hodnot (**obr.** 2, naměřená hodnota 30 V) se u digitálního přístroje měření relativní chyba jen nepatrně.

Tabulka: Třídy přesnosti měřicích přístrojů				
Laboratorní měřicí přístroje				
třída přesnosti	0,1	0,2	0,5	
chyba měření (%)	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	
Provozní měřicí přístroje				
třída přesnosti	1	1,5	2,5	5
chyba měření (%)	± 1	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	± 5



Obr. 1: Určení chyby měřicích přístrojů



Obr. 2: Určení chyby u digitálních měřicích přístrojů

9.6 Měření proudu, napětí a odporu

Měření proudu

Při měření proudu se vodič, jehož proud se má měřit, přeruší a do vedení se zapojí přístroj pro měření proudu (ampérmetr) (**obr. 1**). Protože proud procházející obvodem je stejný, je možno ampérmetr zapojit před nebo za spotřebič.

Ampérmetr se zapojuje vždy do série se spotřebičem.

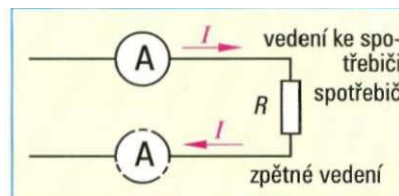
Před měřením proudu je třeba zjistit, zda může být elektrický obvod za provozu bez nebezpečí přerušen. Při přerušení proudu mohou být odpojeni např. motory a celá další zařízení.

Postup při měření proudu:

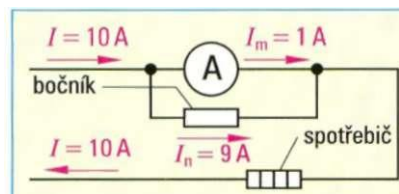
- Volba vhodného měřicího přístroje.
- Nastavení správného druhu proudu (střídavý nebo stejnosměrný).
- Přerušení přívodu napětí k měřenému elektrickému zařízení; j na měřicím přístroji nastavit největší rozsah.
- Zapojení měřicího přístroje do přerušného obvodu; při stejnosměrném proudu dbát na polaritu.
- Připojení obvodu k napětí; při výchylce ručky v nesprávném směru (přístroje magnetoelektrické) měřicí přístroj přepólovat.
- Sledování měřeného údaje a odečtení naměřené hodnoty; u analogových přístrojů měřit pokud možno v poslední třetině stupnice.

Po ukončení měření:

- Odpojit napětí a spojit elektrický obvod.
- Měřicí přístroj nastavit zpět na maximální rozsah.



Obr. 1: Přímé měření proudu, měření ve směru ke spotřebiči a od spotřebiče



Obr. 2: Zvětšení měřicího rozsahu ampérmetru

Zvětšení měřicího rozsahu přístroje. Každá měřicí soustava může být zatížena určitým maximálním proudem. Pokud je nutné měřit větší proudy, zapojují se paralelně k měřicímu přístroji rezistory, které vedou proud mimo měřicí přístroj. Má-li měřicí přístroj s rozsahem 1 A měřit proud 10 A, musí proto mít vedlejší (paralelní) rezistor (bočník), kterým prochází proud 9 A (**obr. 2**).

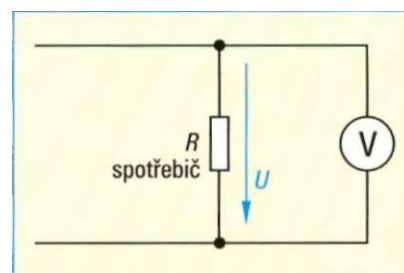
Chyby při měření proudu. Pokud připojíme při měření proudu omylem voltmetr nebo nedopatřením zapojíme napěťový rozsah víceúčelového měřicího přístroje, velký vnitřní odpor voltmetru omezí proud a zkrat nenastane. Měřicí přístroj způsobí velký úbytek napětí svým velkým odporem. Spotřebič zapojený do série nemůže pracovat.

Měření napětí

Napětí se měří univerzálním měřičem (multimetrem) nebo voltmetrem.

Voltmetr se zapojuje paralelně k měřenému místu, např. ke spotřebiči (**obr. 3**).

Pokud při připojení voltmetru k měřenému místu nemůže být odpojeno napětí a existuje nebezpečí dotyku, má být při měření přítomna druhá osoba, je-li střídavé napětí větší než 50 V.



Obr. 3: Měření napětí na spotřebiči

Postup při měření napětí

- Volba vhodného měřicího přístroje.
- Nastavení správného druhu proudu (střídavý nebo stejnosměrný) a největšího měřicího rozsahu.
- Odpojení zdroje napětí.
- Připojení voltmetru ke zdroji nebo ke spotřebiči.
- Připojení napětí.
- Sledování měřicího přístroje a odečtení naměřené hodnoty; u analogových přístrojů měřit pokud možno v poslední třetině stupnice.

Po ukončení měření:

- Vypnout zdroj napětí a odpojit měřicí přístroj.
- Měřicí přístroj nastavit zpět na maximální rozsah.

Zvětšení rozsahu voltmetru. Pokud chceme zvětšit měřicí rozsah voltmetru (**obr. 1**), zapojíme do série k měřicímu přístroji předřadný rezistor, na němž vznikne úbytek napětí. Hodnotu potřebného předřadného odporu R_v zjistíme z údaje o vnitřním odporu voltmetru R_V nebo z jeho charakteristické hodnoty r_k v $\text{k}\Omega/\text{V}$. Chceme-li např. zvětšit rozsah voltmetru s charakteristickou hodnotou $r_k = 20 \text{ k}\Omega/\text{V}$ o 100 V, je nutný předřadný odpor $R_v = 100 \text{ V} \cdot 20 \text{ k}\Omega/\text{V} = 2 \text{ M}\Omega$.

Chyby měření při měření napětí. Pokud připojíme omylem místo voltmetru ampérmetr nebo univerzální měřicí přístroj nastavený pro měření proudu, dojde ke zkratu, protože ampérmetr má nepatrný vnitřní odpor. Může při tom dojít ke zničení přístroje. Dále musí být, např. u univerzálních měřicích přístrojů, nastaven správný druh proudu (střídavý nebo stejnosměrný).

Pokud je připojen měřicí přístroj pro střídavý proud na proud stejnosměrný, je naměřená hodnota nižší než skutečná hodnota o úbytek napětí na usměrňovači. Pokud připojíme stejnosměrný voltmetr na střídavý proud, ukazuje přístroj nulovou hodnotu. Vysvětlení: nulová hodnota napětí odpovídá střední hodnotě připojeného střídavého napětí.

Měření napětí a proudu pomocí měřicích transformátorů

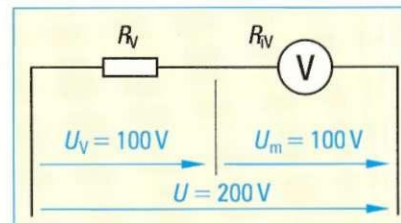
Měřicí transformátory proudu umožňují měření velkých proudů, měřicí transformátory napětí se používají pro měření vysokých střídavých napětí a současně oddělují vysokonapěťovou část od měřicího zařízení.

Převod transformátoru je poměr vstupní hodnoty k výstupní hodnotě. Prochází-li transformátorem proud s převodovým poměrem $n_A = 100 \text{ A}/5 \text{ A}$ na vstupu proud 100 A, je na výstupu proud 5 A. Vstupnímu proudu např. 50 A odpovídá výstupní proud 2,5 A.

Transformátory napětí mají např. převodový poměr $n_v = 10000 \text{ V}/100 \text{ V}$ nebo $20000 \text{ V}/100 \text{ V}$.

Transformátory proudu. Vstupní vinutí má svorky označené velkými písmeny K a L (**obr. 2**) a prochází jím měřený proud. Na svorky výstupního vinutí k a l je připojen ampérmetr.

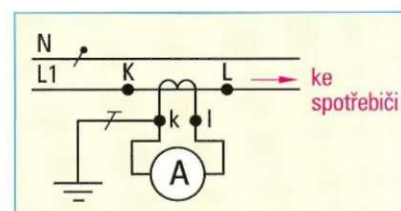
V nízkonapěťových sítích musí být výstupní svorka k uzemněna, aby při zkratu ve vinutí zapůsobila nadproudová ochrana.



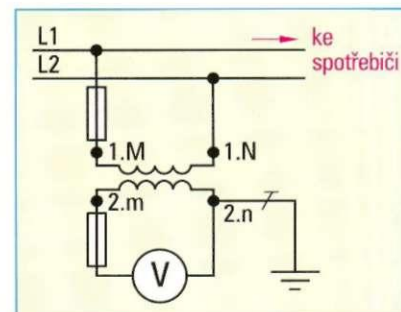
Obr. 1: Zvětšení měřicího rozsahu voltmetru

Přehled: Měřicí transformátory

- proudový měřicí transformátor
- napěťový měřicí transformátor



Obr. 2: Zapojení transformátoru proudu



Obr. 3: Zapojení transformátoru napětí

Sběrníkový proudový měřicí transformátor (průvlečný ampérmetr) používá sběrnici jako vstupní vinutí, na ni se nasune cívka transformátoru jako výstupní vinutí. U **průvlečných měřicích proudových transformátorů** se vodič, kterým prochází měřený proud (vstupní vinutí) provléká cívku měniče (výstupní vinutí). Např. dvojnásobným provlečením se převodový poměr změní na polovinu.

Klešťové ampérmetry umožňují na principu proudového měřicího transformátoru měření proudu bez rozpojení obvodu. Jádrem transformátoru je ve tvaru kleští a ty se uzavřou kolem vodiče, kterým prochází proud (**obr. 1**). Protože je součet přicházejícího a odcházejícího proudu nulový, musí kleště při měření obepínat jen jeden vodič.

Chyby při práci s měřicími transformátory proudu. Provoz při chodu naprázdno může transformátor zničit. V mnoha závitech výstupního vinutí by se indukovalo vysoké napětí. Proto se musí např. při výměně připojeného měřicího přístroje proudu zkratovat výstupní svorky kal.

Měřicí transformátory proudu proto nesmí pracovat naprázdno, ale jen se zátěží.

Montáž pojistek do výstupního obvodu je zakázána. Po přerušení obvodu pojistkou by byl transformátor v nepřipustném stavu naprázdno.

Klešťové ampérmetry pracující na principu **Hallova jevu** využívají pro měření proudu magnetické pole vodiče, kterým prochází proud. Napětí z Hallova generátoru je přitom úměrné intenzitě magnetického pole a proudu ve vodiči. Ampérmetry s Hallovým generátorem jsou proto vhodné pro měření stejnosměrných, střídavých i nesinusových proudů.

Napětivé měřicí transformátory. Vstupní napětí se přivede na svorky **M** a **N** k vodičům např. vysokonapěťové sítě 10 kV. Na svorkách **m** a **n** je např. voltmetr s měřicím rozsahem 100 V (**obr. 3, str. 164**). Nejistěný výstup (svorka **n**) a kryt transformátoru musí být uzemněny.

Měřicí transformátory napětí jsou konstruovány jen pro malé výkony. Přetížení a zkrat je zničí.

Měřicí transformátory napětí mohou pracovat jen s dovoleným zatížením (většinou voltmetry) nebo naprázdno.

Měření odporů

Odpory se měří přímo nebo nepřímo (**přehled**).

Měřený rezistor nesmí být pod napětím a nesmí být spojen s jinými rezistory.

Přímé měření odporu

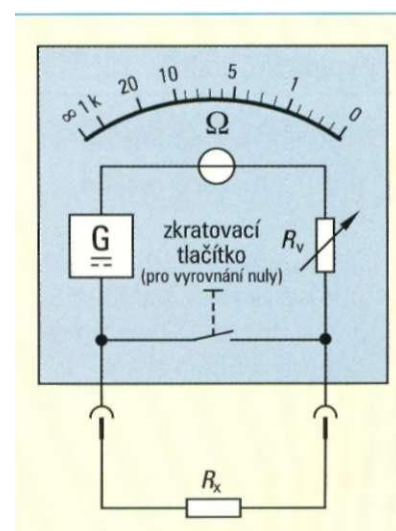
Přístroje pro přímé měření odporu (ohmmetry) obsahují zdroj proudu, měřidlo proudu a kompenzační odpor (**obr. 2**). Jako zdroj proudu se většinou používají galvanické články. Stupnice přístroje je cejchována přímo v ohmech. Protože měřený proud je tím větší, čím menší je odpor připojeného rezistoru, je značení na stupnici ohmmetru rostoucí v opačném směru než u ampérmetru. Před měřením se přístroj musí vynulovat. Vyrovnávací odpor R_v se nastaví tak, aby ručka přístroje ukazovala na nulu při zkratovaných svorkách.



Obr. 1: Klešťový (indukční) ampérmetr

Přehled:

- **přímo**
 - měření odporu
 - měřicími můstky
- **nepřímo**
 - měření proudu a napětí:
$$R = U : I$$



Obr. 2: Ohmmetr (princip)

Měřicí přístroje (obr. 1) k měření izolačního odporu v elektrických zařízeních (str. 190) mají většinou měřicí rozsah od 300 kohm do 300 M ohm. K měření malých odporů mívají často dostatečný rozsah od 0 do 30 ohm

Měřicí napětí pro měření izolačního odporu musí být podle ČSN 34 5611 stejné jako provozní napětí, ale minimálně 500 V. Zdrojem tohoto napětí je elektronický měnič (obr. 2). Měřicí proud musí být při existujícím napětí minimálně 1 mA. Zkratový proud nesmí být větší než 12 mA.

Megmetry (induktory) jsou přístroje určené pro měření izolace. U nich se potřebné měřicí napětí vyrábí v generátoru stejnosměrného napětí (induktoru) otáčením kliky.

Můstkové zapojení. K přesnému měření odporu (chyba pod 1 %) se používají můstkové metody. Princip zapojení **Wheatstoneova měřicího můstku** je znázorněn na obr. 3. R_x je měřený odpor, R_2 a R_4 jsou známé odpory, R_3 je nastavitelný odpor. Pokud je R_3 nastaven tak, že napětí a tím i proud v úhlopříčce můstku je nulový, je poměr napětí roven poměru odporů. Můstek je vyrovnán.

$$U_1:U_2 = U_3:U_4 \Rightarrow R_x:R_2 = R_3:R_4$$

Wheatstoneovy můstky (obr. 4) mají jako indikátor galvanometr s nulou uprostřed stupnice, zkušební tlačítko ke zkoušení napájecího napětí a přepínač rozsahů.

Při měření měřícím můstkem je třeba postupně

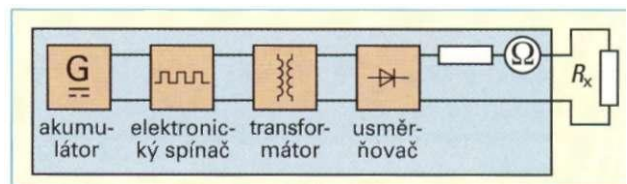
- připojit měřený rezistor "Rx" k měřicím svorkám,
- je-li známa přibližná hodnota měřeného odporu rezistoru, nastavit rozsah na odpovídající hodnotu. U neznámého odporu nastavit střední měřicí rozsah,
- stisknout tlačítko pro měření,
- kotouč stupnice otáčet proti směru vychýlení ručky, až je ručka galvanometru na nule (nulové vyrovnání),
- na stupnici přečíst hodnotu odporu.

Před každým měřením je třeba přezkoušet vy nulování (ručka ve středu stupnice).

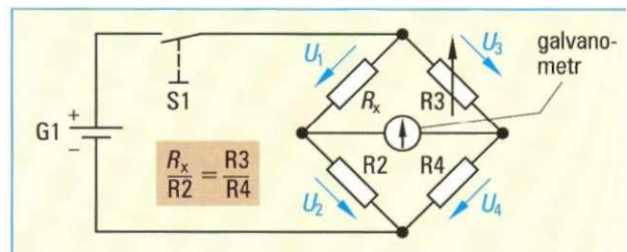
Univerzální měřicí přístroje umožňují také měření odporu. Vzhledem k velkým rozsahům, např. 1 až 200 ohm, je však přesnost měření u menších odporů malá.



Obr. 1: Měřicí přístroj pro měření izolačního odporu



Obr. 2: Elektronický měnič napětí (princip)



Obr. 3: Princip zapojení Wheatstoneova můstku



Obr. 4: Odporový měřicí můstek

Nepřímé určení odporu

Hodnota odporu se vypočítá z naměřených hodnot napětí a proudu podle Ohmova zákona. V závislosti na zapojení ampérmetru a voltmetru vznikají chyby měření, které zkreslují vypočtenou hodnotu odporu.

Chyba způsobená zapojením je malá, když při měření velkých hodnot odporů použijeme zapojení podle **obr. 1** a u malých hodnot měřených odporů zapojení podle **obr. 2**. Vhodné zapojení je třeba správně volit zvláště u nelineárních odporů nebo u polovodičových součástek.

Obvod podle obr. 1. Proud I_x , který prochází odporem R_x , je při tomto zapojení měření správný. Proto se tomuto zapojení říká také zapojení se správným proudem (a chybou napětí). Voltmetr však ukazuje napětí vyšší o úbytek napětí U_{iA} na vnitřním odporu ampérmetru R_{iA} .

Protože ampérmetry mají malý vnitřní odpor, mohou se velké odpory vypočítat bez oprav.

Příklad:

U zapojení podle (**obr. 1**) je naměřeno $U = 24 \text{ V}$ a $I_x = 25 \text{ mA}$. Vnitřní odpor ampérmetru $R_{iA} = 2 \Omega$.

Jak velká je hodnota odporu R_x

- neopravená,
- opravená?

Řešení:

- $R_x = U : I = 24 \text{ V} : 0,025 \text{ A} = 960 \Omega$
- $U_x = U - R_{iA} \cdot I_x = 24 \text{ V} - 2 \Omega \cdot 0,025 \text{ A} = 23,95 \text{ V}$
 $R_x = U_x : I_x = 23,95 \text{ V} : 0,025 \text{ A} = 958 \Omega$;
 $\Delta R = 2 \Omega \approx 2 \%$

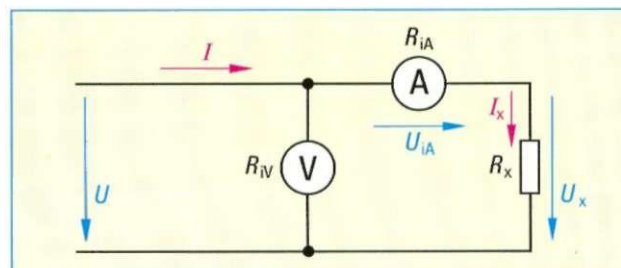
Měření odporu s voltmetrem za ampérmetrem.

Napětí U_x , které je na odporu R_x , je při tomto zapojení měřeno správně (**obr. 2**). Označuje se proto také jako „zapojení se správným napětím“ (a s chybou proudu). Naměřený proud I je však větší o proud I_V , který prochází voltmetrem. Při výpočtu odporu dostaneme menší hodnotu odporu.

Voltmetry mají velký vnitřní odpor, při měření malých odporů je možné proud odebíraný voltmetrem zanedbat.

Otázky pro opakování

- Čím se odlišuje analogový údaj od digitálního?
- Ve které části stupnice má ručkový měřicí přístroj největší přesnost?
- Jaké chyby mohou vznikat při měření?
- Jaké následky má: a) chybné připojení voltmetru při měření proudu, b) nastavení univerzálního přístroje místo na proudový rozsah na napěťový rozsah?
- Proč nesmí proudový měřicí transformátor být v provozu naprázdno, tzn. bez zatížení?
- Jaké zapojení je vhodné pro nepřímé měření velkých odporů?



Měří se: U a I_x

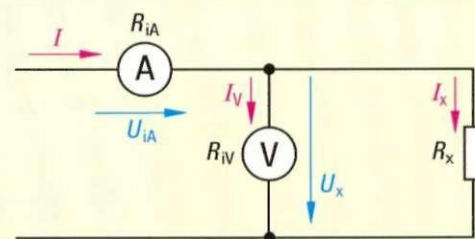
Voltmetr ukazuje větší hodnotu napětí o úbytek napětí na ampérmetru

$$U = U_{iA} + U_x \Rightarrow U_x = U - R_{iA} \cdot I_x$$

$$R_x = \frac{U_x}{I_x}$$

Použití: Při velkých hodnotách odporu

OBR. 1: MĚŘENÍ ODPORU S VOLTMETREM PŘED AMPÉR-METREM



Měří se: U_x a I

Ampérmetr ukazuje větší proud o proud I_V (proud procházející voltmetrem)

$$I = I_V + I_x \Rightarrow I_x = I - \frac{I_x}{R_{iV}}$$

$$R_x = \frac{U_x}{I_x}$$

Použití: Při malých hodnotách odporu

OBR. 2: MĚŘENÍ ODPORU S VOLTMETREM ZA AMPÉR-METREM

9.7 Měření univerzálními měřicími přístroji

Univerzálními měřicími přístroji je možno měřit více veličin (**přehled**), např. stejnosměrná a střídavá napětí od 100 mV do 1000 V, proud např. od 10 μ A do 10 A nebo odpory např. od 1 ohm, do 10 M ohm

Proti přetížení je přístroj chráněn tavnou přístrojovou pojistkou nebo elektronickou pojistkou.

Univerzální ručkové měřicí přístroje (obr. 1) mají magnetoelektrickou soustavu, která má pro měření střídavého proudu předřazen usměrňovač. Rozšíření měřicího rozsahu se provádí zabudovanými předřadníky nebo bočníky. Přepínače měřicího rozsahu umožňují nastavení potřebného měřicího rozsahu např. -500 V. Pro měření odporu a pro napájení měřicích zesilovačů se používá baterie 9 V.

Digitální univerzální měřicí přístroje (multimetry) mají místo měřicí soustavy analogově digitální převodník. Naměřená hodnota je zobrazena číslicemi, desetinnou čárkou a znaménkem (**obr. 2**). Moderní přístroje jsou velmi dobře ovladatelné. Automatická volba rozsahu zvolí např. podle měřené veličiny optimální měřicí rozsah. Paměť uvnitř přístroje umožňuje uchování naměřené hodnoty i po měření. Dodatečnými funkcemi je možné sledovat změny naměřených hodnot, např. při sledování charakteristických křivek.

Většina používaných zobrazovacích jednotek na bázi tekutých krystalů (LCD) má nepatrnou spotřebu proudu, ale je citlivá na nízkou teplotu. Proto je nutno zamezit měření při teplotě pod 0 °C.

Postup při měření univerzálními měřicími přístroji:

- Nastavení druhu proudu a měřené veličiny. U ručkových měřicích přístrojů volit vždy horní měřicí rozsah.
- Připojení měřicího vedení nejprve k měřicímu přístroji a pak k měřenému místu. Při měření proudu a odporu odpojit před měřením zdroj proudu.
- Připojení zdroje proudu. Odpor měřit vždy ve stavu bez proudu.
- Odečtení naměřené hodnoty. U ručkových měřicích přístrojů případně přepnout na vhodný měřicí rozsah tak, aby naměřená hodnota byla v horní třetině stupnice.

Po ukončení měření:

- Odpojit zdroj proudu a vypnout přístroj. U ručkových měřicích přístrojů nastavit měřicí rozsah na nejvyšší hodnotu.

Přehled: Použití univerzálních měřicích přístrojů

- měření napětí
- měření proudu
- měření odporu
- měření kmitočtu
- měření kapacity
- průchozí zkouška



Obr. 1: Univerzální ručkový měřicí přístroj



Obr. 2: Digitální univerzální měřicí přístroj

Čtení naměřené hodnoty u měřicích přístrojů s více rozsahy

Digitální měřicí přístroje ukazují naměřenou hodnotu přímo číselně. U měřicích přístrojů s více rozsahy s analogovým ukazatelem (**obr. 1**) se výsledek měření odečte z dílků stupnice. Naměřenou hodnotu získáme násobením počtu dílků konstantou, kterou získáme z nastaveného měřicího rozsahu a z konečného počtu dílků stupnice (**obr. 1**).

Diody a tranzistory se zkoušív měřicím rozsahu odporu asi $10\text{ k}\Omega$. Může se např. zkoušet, jestli dioda nebo přechody PN u tranzistoru jsou funkční, nebo jestli jsou přerušeny. Můžeme měřit i polování součástek. Zkušební napětí a proud jsou při tom velmi nízké (asi 1 V , popř. $0,1\text{ mA}$).

Odpor se měří jen mezi místy (např. na rezistorech), která jsou bez napětí. Při měření jednoho rezistoru, např. ve skupině, musí být tento rezistor oddělen od ostatních rezistorů v obvodu, protože rezistory zapojené do série nebo paralelně by zkreslily výsledky měření.

Údržba a péče

Měřicí přístroje s více rozsahy nevyžadují žádnou zvláštní údržbu. Doporučuje se však přezkoušení baterií před každým měřením. Především nesmí v přístroji zůstat vybitá baterie. Pojistka přístroje a baterie předepsané výrobcem se nesmí nahradit jinými typy.

9.8 Měření elektrického výkonu

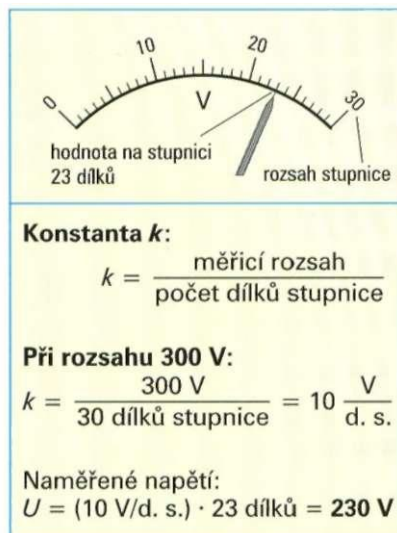
Elektrický výkon můžeme měřit wattmetrem (**obr. 2**) přímo (**přehled**) nebo u činných (ohmických) spotřebičů nepřímo jako součin naměřených hodnot napětí a proudu ($P = U \cdot I$).

Wattmetry mají většinou elektrodynamickou měřicí soustavu (**str. 161**) s proudovou a napěťovou cívkou. Aby nebyla proudová ani napěťová část přetížena, je třeba dbát na to, aby jmenovité hodnoty nastavené na přepínačích rozsahu napětí i proudu nebyly překročeny více než 1,2 krát (podle výrobce).

Wattmetry s elektrodynamickou soustavou jsou vhodné pro měření výkonu stejnosměrného i střídavého proudu.

Měření výkonu wattmetrem s více rozsahy

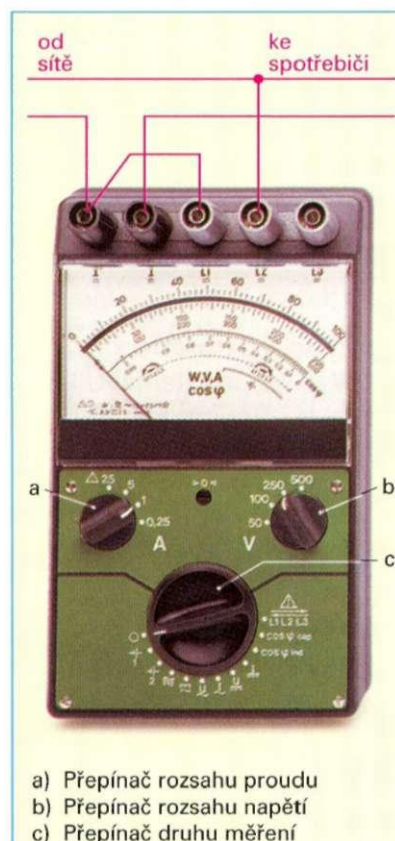
- Připojení wattmetru k odpojenému zařízení (**obr. 2**). Přitom je zvláště důležité dbát na dobrý kontakt v proudové části.
- Nastavení požadovaných rozsahů na přepínačích rozsahu proudu a napětí.
- Volba druhu měření. Nastavit správný druh proudu (stejnoseměrný nebo střídavý).
- Zapnutí zařízení a měření.
- Po měření. Odpojení zařízení a pak měřicího přístroje (přepínač druhu měření kvůli šetření baterií nastavit do polohy 0).



Obr. 1: Analogový ukazovatel

Přehled: Měření výkonu

- přímé wattmetrem
- nepřímé elektroměrem
- nepřímé měřením napětí a proudu $P = U \cdot I$ (činné zatížení)



Obr. 2: Wattmetr s více rozsahy

Elektrodynamické wattmetry měří činný výkon.

Abychom nastavili na přepínačích napětí a proudu správné údaje, musíme znát před měřením napětí a proud daného zařízení. Protože výchylka ručky přístroje odpovídá součinu napětí a proudu, neznáme zatížení proudové a napěťové cívky.

Příklad přetížení proudové cívky

Nastavení měřicího přístroje: proudový rozsah 1 A, napěťový rozsah 100 V, měřicí rozsah výkonu 100 W

Zařízení odebírá: $I = 2 \text{ A}$; $U = 40 \text{ V}$

Přístroj ukazuje: $P = U \times I = 2 \text{ A} \cdot 40 \text{ V} = 80 \text{ W}$

Proudová část je přetížena o 100 %, přestože měřená hodnota je menší než horní hodnota měřicího rozsahu výkonu.

Proudová ani napěťová část wattmetru nesmějí být zatíženy nad přípustné mezní hodnoty.

Při měření střídavého nebo stejnosměrného proudu se vodič, kterým prochází proud, přeruší (L1 nebo L+) a připojí se ke svorkám 1 a 3 (**obr. 1**). Napěťová cívka (svorky 2 a 5) se připojí k L1 a N, popř. k L+ a L-. Pokud se má měřit činný výkon trojfázové sítě při souměrném zatížení, přeruší se fázový vodič a připojí se ke svorkám 1 a 3 (**obr. 2**). Vodiče L1, L2 a L3 se připojí ke svorkám 2, 5 a 8. U nesouměrného zatížení, tzn. když tři fázové vodiče nevedou stejný proud, např. u osvětlení budov, může se výkon určit třemi jednotlivými měřeními ve fázových vodičích. Jednotlivé výkony se pak sečtou. Tato metoda se nazývá metoda tří wattmetru. Wattmetr může být připojen také přes měřicí transformátor, např. přes proudový měřicí transformátor (**obr. 3**).

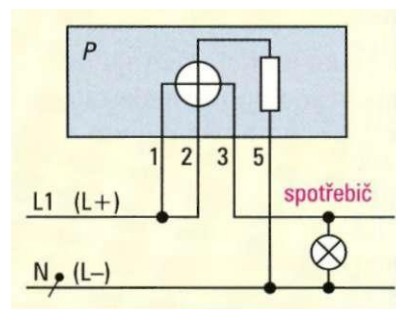
Měření výkonu v sítích nad 650 V se může provádět jen přes měřicí transformátory proudu a transformátory napětí.

Spotřeba wattmetru při měření na spotřebičích o výkonu nad 100 W je zanedbatelná. U výkonů nad 100 W je rozhodující, zda je wattmetr připojen napěťovou cívkou ke spotřebiči nebo ke zdroji (**str. 167**).

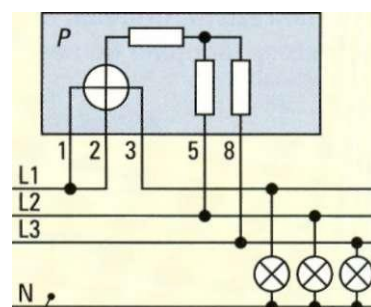
9.9 Měření elektrické práce

Elektrickou práci můžeme měřit buďto přímo, nebo nepřímo. Při nepřímém měření se určuje např. wattmetrem výkon spotřebiče. Pak se zjistí stopkami celková doba zapnutí spotřebiče. Součin výkonu a času je elektrická práce v kWh nebo ve Js či joulech ($W = P \cdot t$).

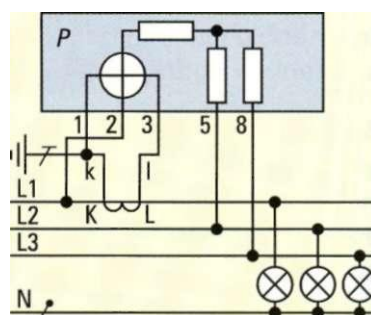
K přímému měření elektrické práce se používají **elektroměry**. Většinou se používá indukční soustava (**obr. 1, str. 171**). Počet otáček kotouče elektroměru je míra pro spotřebovanou elektrickou energii. Cívky elektroměru jsou zapojeny podobně jako cívky wattmetru.



Obr. 1: Připojení wattmetru ke střídavé nebo stejnosměrné síti



Obr. 2: Měření činného výkonu v souměrné trojfázové síti



Obr. 3: Měření činného výkonu v souměrné trojfázové síti pomocí proudového měřicího transformátoru

Elektrická práce

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh} = 3\,600\,000 \text{ Ws} \\ = 3\,600\,000 \text{ J (joule)}$$

Štítek elektroměru (obr. 1) obsahuje všechny důležité údaje elektroměru a také jeho **konstantu**. S její pomocí je možné vypočítat výkon připojených spotřebičů. Měří se doba, ve které vykonal kotouč elektroměru určitý počet otáček (**příklad**).

Konstanta elektroměru C_z udává počet otáček kotouče elektroměru na 1 kWh.

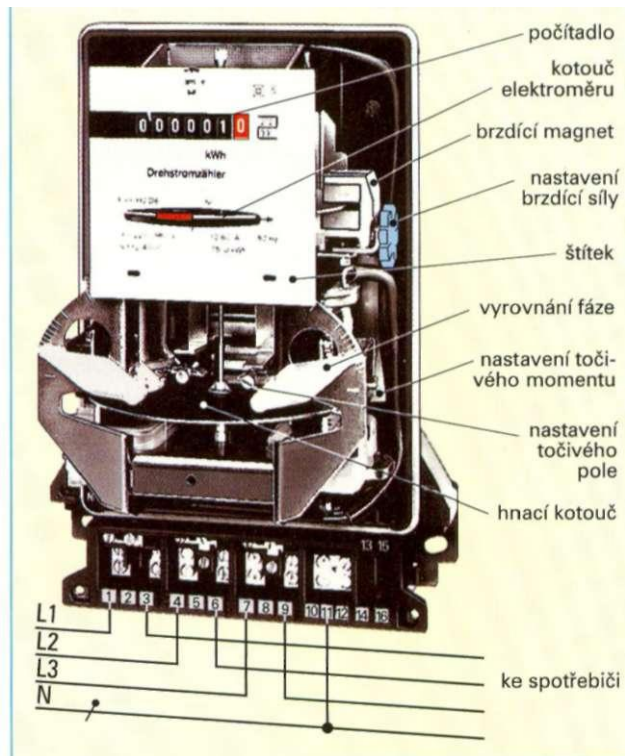
Elektroměry pro několik tarifů udávají spotřebu během různých tarifních časových pásem na oddělených počítadlech. Dvoutarifové elektroměry mají počítadlo pro vysoký tarif a druhé pro nízký tarif. Přepnutí počítadla se provádí přepínačem tarifů, např. přepínacími hodinami nebo dálkově.

Elektroměry s měřením výkonu ukazují nejvyšší dosažený výkon v určitém časovém úseku, např. za 96 hodin. Při tom se měří elektrická práce vztažená na 60 min (práce za hodinu). Největší hodinová práce za 96 hodin (počet kWh) se uloží v mikropočítači a ukáže se v okénku jako výkonová hodnota. U tarifního systému s 96 hodinovým měřením výkonu vyplyne tzv. výkonová cena, závislá na spotřebě z výkonových hodnot v roce zúčtování.

Elektronické elektroměry nemají žádné pohyblivé části. Jejich přesnost je větší než u přístrojů s indukční soustavou. Výkon se měří Hallovyými senzory, a to ve formě impulsů, přenášených do tarifního počítadla a ukládaných do polovodičové paměti. Hodnoty se čtou na displeji LCD.

Zkoušení. Elektroměry musí být po určité době přezkoušeny. Elektroměry na střídavý a stejnosměrný proud např. po 16 letech. Údržba a přezkoušení se může provádět jen v autorizovaných zkušebnách. Přitom se elektroměry znova seřizují. Při přerušení proudu se nesmí kotouč elektroměru otáčet. Při zatížení 0,5 % jmenovitého proudu se musí kotouč počítadla roztočit. Po ocejchování opatří zkušebna elektroměr plombou.

Plomby na elektroměrech může odstranit jen pověřený pracovník provozovatele sítě.



Obr.: Čtyřvodičový elektroměr pro trojfázový proud

$$P = \frac{n}{C_z} \quad [P] = \frac{1/h}{1/kWh} = kW$$

P výkon (kW)
 n otáčky kotouče elektroměru za hodinu
 C_z konstanta elektroměru v otáčkách na kWh

Příklad:

Na elektroměru s konstantou $C_z = 600$ otáček/kWh vykonal kotouč elektroměru 35 otáček za minutu. Určete výkon.

Řešení:

Otáčky za hodinu: $n = 35/\text{min} \cdot 60 \text{ min/h} = 2100/\text{h}$

$$P = \frac{n}{C_z} = \frac{2100/\text{h}}{600/\text{kWh}} = 3,5 \text{ kW}$$

Otázky pro opakování

- 1 Jak zabráníme u wattmetru s více rozsahy přetížení měřícího přístroje?
- 2 Popište, jak je možno změřit elektrickou práci: a) přímo, b) nepřímo.
- 3 Co udává konstanta elektroměru C_z ?
- 4 Jak je možné zjistit příkon, např. topného přístroje, elektroměrem?

9.10 Měření paprskovým osciloskopem

Osciloskop s vakuovou obrazovkou (CRT) se používá pro měření, zobrazování a určování časových průběhů elektrických veličin (**přehled**). Stejným účelům slouží osciloskopy s LCD displejem.

Fázové posuny, proudy nebo charakteristiky, např. diod (**str. 175**), se musí měřit osciloskopem nepřímou. To klade velké nároky na měřicí obvod. Osciloskop má velký vstupní odpor, většinou 1 MΩ. Proto je měřený obvod vstupním odporem osciloskopu málo zatěžován.

Přehled:

Osciloskopem se mohou měřit, znázorňovat popř. určovat:

- napětí
- proud
- kmitočet
- fázový posun
- charakteristiky

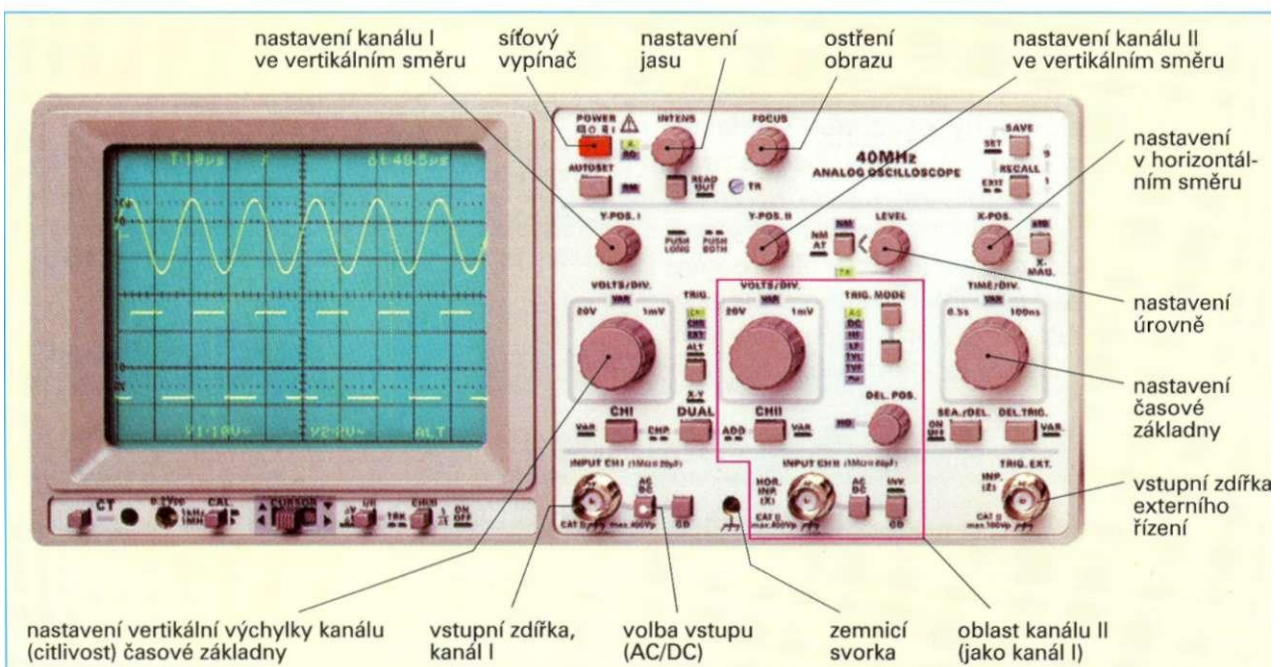
9.10.1 Příprava k měření

Připojení osciloskopu k síti se provádí většinou trojžilovým síťovým kabelem. Pokud se provádí měření na obvodech bez spojení se zemí, musí být před měřením přístroj zapojen oddělovací transformátor (DIN VDE 0550). Před zapnutím osciloskopu (**obr.**) je třeba prověřit následující základní nastavení.

Základní nastavení:

- Knoflíky nastavení jasu, nastavení horizontální a vertikální polohy obrazu mají být přibližně ve střední poloze.
- Tlačítko zapnuto - vypnuto v poloze zapnuto.
- Nastavení, které slouží k cejchování, např. nastavení vertikální výchylky na údaj „CAL“, se musí naladit do cejchované polohy, jinak dojde ke zkreslení měření.

Tato základní nastavení jsou stejná pro všechny osciloskopy. Po zapnutí se nastaví elektronový paprsek vertikálním a horizontálním posuvem do středu obrazovky. Pokud se objeví na obrazovce jen jeden stálý bod, je pravděpodobně vypnuta časová základna (tlačítko přepnuto na X-Y). Abychom šetřili obrazovku, měli bychom pracovat s malým jasnem. Zaostření elektronového paprsku vytvoří nejtenčí stopu na stínítku.



Obr.: Panel dvoukanálového osciloskopu

9.10.2 Měření napětí

Při měření napětí nesmějí být překročeny mezní hodnoty uvedené výrobcem osciloskopu.

Při měření napětí rozlišujeme především:

- měření stejnosměrného napětí,
- měření střídavého napětí,
- měření nesinusového napětí
- měření vyšších napětí, např. 600 V, s poměrovou sondou

Stejnoseměrné napětí. Vstupní volič nastavíme na DC (Direct Current = stejnosměrný proud). Citlivost vertikálního zesilovače nastavíme na velký rozsah, např. 20 V/div (divit = dílek) popř. 20 V/cm. V závislosti na polaritě se elektronový paprsek vychýlí nahoru nebo dolů (**obr. 1**). Pokud je vychýlení elektronového paprsku příliš malé, nastavíme napětí na dílek (převrácenou hodnotu citlivosti) na nižší hodnotu, např. 2 V/div (tím zvýšíme citlivost).

Velikost změřeného napětí se vypočítá násobením výchylky (v dílcích) a citlivosti.

Střídavé napětí. Elektronový paprsek je v základní poloze vždy ve středu obrazovky (**obr. 2**). Vstupní volič nastavíme na AC (alternating current = střídavý proud). Je možné přímo číst špičkovou hodnotu \hat{u} nebo horní a spodní vrchol U (**obr. 2**). Efektivní hodnota napětí U se musí ale vypočítat. Pro sinusový průběh platí: $U = \hat{u}/1,41 = \hat{u} \cdot 0,707$

Příklad:

Maximální hodnota střídavého napětí je $\hat{u} = 34$ V. Vypočítejte efektivní hodnotu napětí U .

Řešení:

$$U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot \hat{u} = 0,707 \cdot 34 \text{ V} = 24 \text{ V}$$

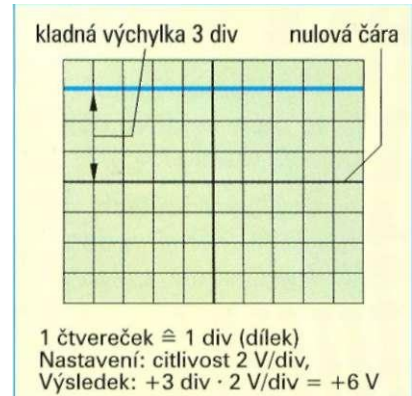
Měření nesinusového napětí. Toto měření je nutné většinou u usměrňovačů. Zde se jedná o napětí, které je tvořeno dvěma složkami, složkou stejnosměrného napětí U_a a střídavou složkou U_p . Elektrické oddělení obou napětí provádíme vstupním voličem. Pokud je nastaven na „AC“, uzavře kondenzátor na vstupu osciloskopu cestu stejnosměrné složce napětí.

Nastavení DC: měření celkového nesinusového napětí

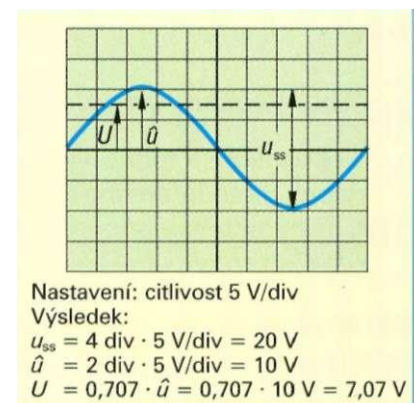
Nastavení AC: měření střídavé složky napětí

Aby bylo střídavé napětí možno dobře změřit (**obr. 3**), je třeba nastavit napětí na dílek na menší hodnotu, např. 0,1 V/div.

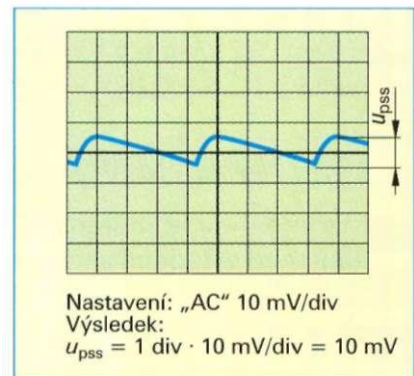
Měření děličem napětí. Jestliže je na osciloskopu nastavena největší citlivost 20 V/cm, je možno na obrazovce 8 cm naměřit maximální napětí $8 \text{ cm} \cdot 20 \text{ V/cm} = 160 \text{ V}$. Při vyšších napětích než 160 V je nutné na osciloskop připojit poměrovou sondu, která funguje jako dělič napětí. Sonda na **obr. 4** dělí např. napětí v poměru 10:1. Pak změříme napětí nejvýše $10 \cdot 160 \text{ V} = 1600 \text{ V}$, aniž bychom překročili mezní hodnoty udané výrobcem. Použitím poměrové sondy se zvětší vstupní odpor osciloskopu, např. u sondy 10:1 na desetinásobek. Sondu je třeba porovnat s údaji výrobce.



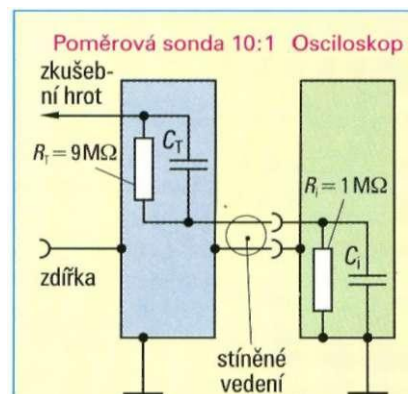
Obr. 1: Měření stejnosměrného napětí



Obr. 2: Měření střídavého napětí



Obr. 3: Měření nesinusového napětí



Obr. 4: Připojení poměrové sondy k osciloskopu

9.10.3 Měření kmitočtu a času

Měření kmitočtu. Kmitočet f není osciloskopem přímo měřitelný. Proto se měří nejdříve délka periody T (obr. 1). Pak se kmitočet f vypočte ze vztahu $f = MT$.

Při vysokých kmitočtech, např. v oblasti kHz, se musí použít stíněné koaxiální měřicí vedení. Koaxiální vedení má vnitřní a vnější vodič. Vnější vodič, z pletené kovové sítě, chránívnitřnívodič před rušivým elektromagnetickým polem. Tím jsou chyby při měření minimální. Při měření kmitočtu je možné použít také poměrovou sondu.

Měření impulzů. Měření se používá většinou u pravouhlých impulzů, např. v digitálnítechnice. Měří se kromě jiného doba impulzu t_p , doba prodlevy t_{pr} , doba náběhu a doba sestupu impulzu (obr. 2).

9.10.4 Měření proudu

Osciloskopem se mohou proudy měřit jen nepřímou. Měří se úbytek napětí na známém malém odporu v měřicím obvodu, např. 1 ohm (obr. 3) a z napětí a odporu se vypočte proud. Křivka průběhu napětí pak zobrazuje i průběh proudu (obr. 4). Velikost proudu získáme z Ohmová zákona $I = U : R$. U střídavého proudu je třeba dosadit efektivní hodnotu napětí.

Příklad:

Nastavení citlivosti (obr. 4) je 0,2 V/div. Odpor zapojený v obvodu je 1 Ω.

Řešení:

$$\hat{u} = 2 \text{ cm} \cdot 0,2 \text{ V/cm} = 0,4 \text{ V}; U = 0,707 \cdot \hat{u} = 0,707 \cdot 0,4 \text{ V} = 0,28 \text{ V.}$$

$$\text{Proud: } I = U : R = 0,28 \text{ V} : 1 \Omega = 0,28 \text{ A}$$

9.10.5 Měření fázového posunu

K znázornění dvou měřených veličin, např. při měření fázového posunu mezi vstupním a výstupním napětím nízkofrekvenčního zesilovače nebo mezi proudem a napětím indukčního spotřebiče, se používá dvoukanálový osciloskop.

Měřená veličina U_1 je zobrazena kanálem I, měřená veličina U_2 kanálem II. Volič na vstupu pro kanály I a II je v poloze AC. Stisknutím tlačítka „duál“ se na osciloskopu zobrazí dvě stopy. Elektronický přepínač přepíná rychle mezi kanálem I a II, takže vidíme dva nepřerušované průběhy.

Příklad:

Měření fázového posunu článku RC (obr. 1, str. 175).

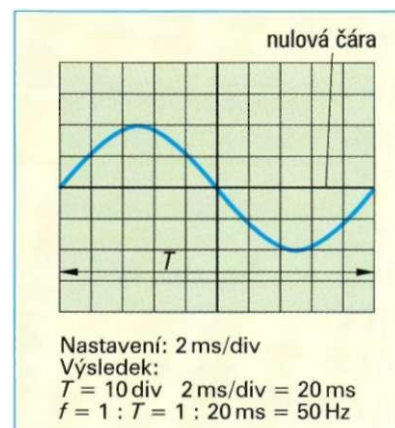
Elektronový paprsek obou kanálů je bez vstupních signálů ve středu obrazovky. Po přivedení obou signálů nastavíme „časovou základnu“ a „citlivost I“ popř. „citlivost II“ podle obr. 2, str. 175. Na ose X (časová osa) je možno zjistit fázový posun jako vzájemnou vzdálenost např. vrcholů nebo nul. Přitom odpovídá jeden dílek jednomu centimetru.

Řešení:

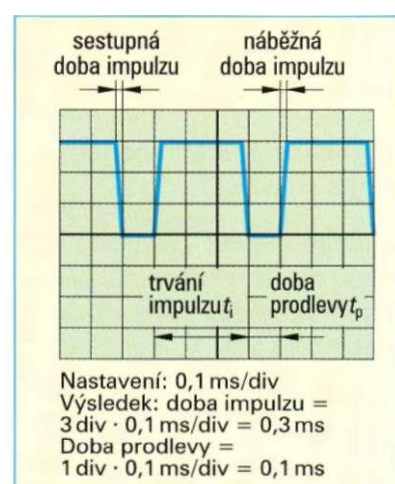
Podle obr. 2, str. 175 platí:

$$10 \text{ cm} \hat{=} 360^\circ \Rightarrow 1 \text{ cm} \hat{=} 360^\circ : 10 = 36^\circ$$

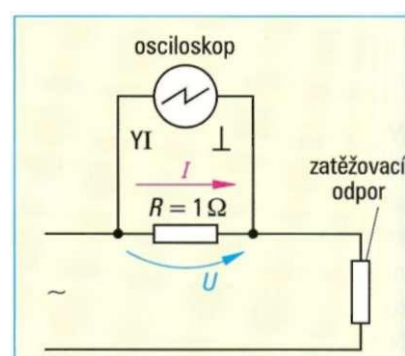
$$\varphi \hat{=} 10 \text{ cm} \Rightarrow \varphi = 36^\circ$$



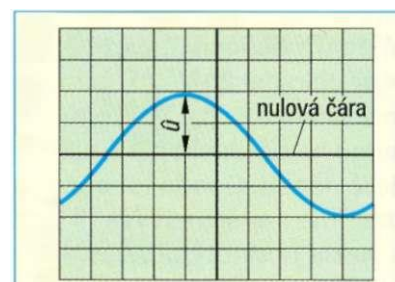
Obr. 1: Měření kmitočtu



Obr. 2: Měření impulzů



Obr. 3: Nepřímé měření proudu



Obr. 4: Měření proudu podle obr. 3

9.10.6 Zobrazení charakteristik

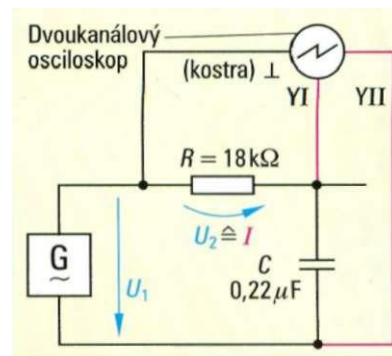
Charakteristiky součástek, např. rezistorů, diod nebo tranzistorů mohou být změřeny

- pomocí voltmetru a ampérmetru
- záznamem X-Y (**str. 176**) na zapisovacím přístroji nebo
- osciloskopem (**obr. 3**).

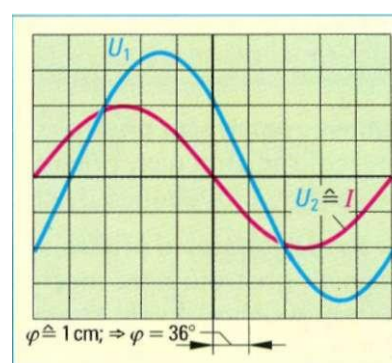
Protože jedna charakteristika představuje většinou závislost dvou veličin, jsou obě měřené veličiny přiváděny na vstupy osciloskopu X a Y. U dvoukanalového osciloskopu je většinou vstupní zdířka kanálu I vstup Y a vstupní zdířka kanálu II vstup X.

Protože u osciloskopu s elektronovým paprskem jsou často jedna destička X a Y jsou uvnitř přístroje spojeny, musí být jeden přívod zapojen tak, aby byl společný pro obě měřené veličiny (**obr. 3**). Fázový posun 180° , který tím vznikne, se vyrovná stisknutím tlačítka „invert“, které provede obrácení fáze kanálu I. Osciloskopem se měří úbytek napětí na rezistoru R_1 a napětí na součástce, např. na diodě.

K zobrazení charakteristiky se vypne časová základna (stisknutí tlačítka „X-Y“). Vstupní spínač se nastaví na GD (Ground) a nastavením vertikálního a horizontálního posunu se nastaví nulový bod. Pokud nastavíme nulový bod charakteristiky do levého spodního rohu obrazovky, ukáže se v nastavení DC charakteristika diody (**obr. 4**).



Obr. 1: Zapojení k měření fázového posunu mezi U a I na členu RC



Obr. 2: Fázový posun podle obr. 1

Příklad:

Měřicím obvodem podle **obr. 3** se zobrazí charakteristika diody (**obr. 4**). Citlivost pro měření proudu I_F je nastavena na 2 V/cm. Pro měření napětí U_F je citlivost nastavena na 0,1 V/cm. Máme určit hodnoty U_F a I_F v pracovních bodech 1 a 2.

Řešení:

Nejprve musíme vypočítat měřítko proudu pro sériový odpor

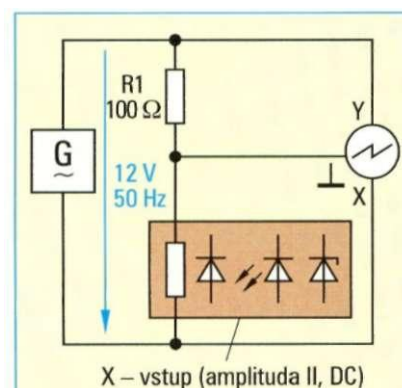
$$I_F = \frac{U}{R_1} = \frac{\text{koeficient vychýlení YI}}{R_1} = \frac{2 \text{ V/cm}}{100 \Omega} = 20 \text{ mA/cm} = \text{počet cm} \cdot \text{citlivost}$$

Pracovní bod 1: $I_F = 7 \text{ cm} \cdot 20 \text{ mA/cm} = 140 \text{ mA}$;
 $U_F \cong 7 \text{ cm} \cong 0,7 \text{ V}$; $U_F = 70 \cdot 0,1 = 7 \text{ V}$

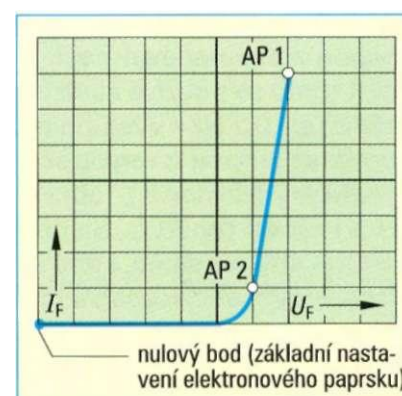
Pracovní bod 2: $I_F = 1 \text{ cm} \cdot 20 \text{ mA/cm} = 20 \text{ mA}$;
 $U_F \cong 6 \text{ cm} \cong 0,6 \text{ V}$; $U_F = 6 \cdot 0,1 = 0,6 \text{ V}$

Otázky pro opakování

- 1 Jakou elektrickou veličinu můžeme měřit osciloskopem přímo?
- 2 Co musí být při zapnutí osciloskopu přezkoušeno v základní poloze?
- 3 Kterými prvky se nastaví elektronový paprsek do středu obrazovky?
- 4 Jak se určí osciloskopem efektivní hodnota střídavého napětí?
- 5 Při jakém nastavení se oddělí u nesinusového napětí střídavá složka od stejnosměrné?
- 6 Pro jaká měření se používá poměrová sonda?
- 7 Proč musí být při měření proudu osciloskopem zapojen do obvodu měřicí sériový rezistor?
- 8 Jak se měří osciloskopem fázové posuny?



Obr. 3: Zobrazení charakteristiky osciloskopem



Obr. 4: Charakteristika diody

9.11 Registrační měřicí přístroje

Zapisující neboli registrační přístroje kreslí průběh měřené veličiny na papírovou pásku, např. průběh napětí nebo teploty a tím dokumentují průběh sledované veličiny.

Pokud se zaznamenává měřená veličina v závislosti na čase, např. spotřeba energie podniku, používá se registrační přístroj **Y-t**. Když se zaznamenává závislost dvou proměnných veličin, např. závislost proudu a napětí polovodičové diody (**obr. 1**), je nutný registrační přístroj X-Y.

Rozlišujeme registrační přístroje liniové, bodové a kompenzační.

Liniové registrační přístroje. U liniových (též čárových) registračních přístrojů je záznam měřené veličiny proveden souvislou čarou (**obr. 2**).

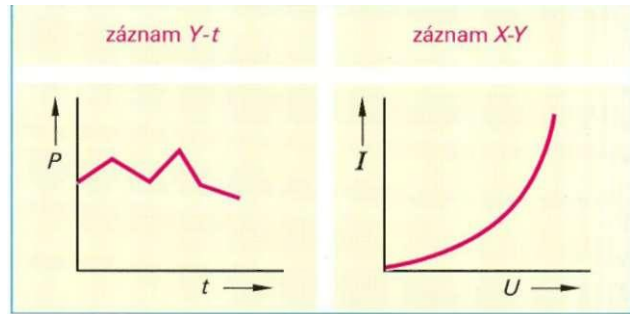
Bodové registrační přístroje. U bodových registračních přístrojů není mezi písíčí částí a záznamovou plochou trvalý kontakt. Bodovým registračním přístrojem se zaznamenávají především veličiny, které se mění pomalu, např. teploty.

Kompenzační registrační přístroje, také nazývané potenciometrové, mají velkou přesnost, např. 0,1 % a velký vstupní odpor, např. 10 Mohm. Kompenzační registrační přístroje se většinou používají jako přístroje X-Y (laboratorní).

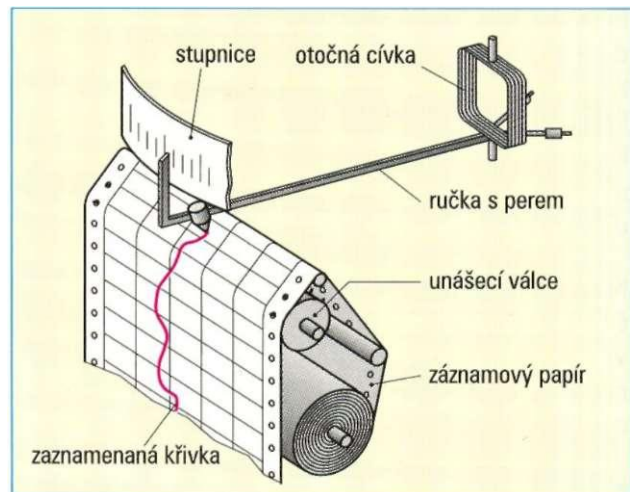
Registrační přístroje X-Y

Základní nastavení. Nastavení pro pohyb ve směru X a Y je třeba nastavit tak, aby se při měření ručka s perem nedotýkala v horizontálním nebo vertikálním směru koncového dorazu přístroje, protože by došlo k poškození pohonu přístroje. Proto je nutné na začátku měření nastavit vhodný měřicí rozsah.

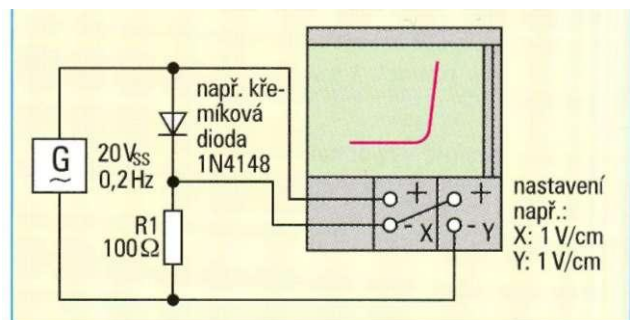
Příklad měření. Registrační přístrojem X-Y se mohou zaznamenávat např. charakteristiky diody. K tomu se používá sinusový generátor s kmitočtem asi 0,2 Hz s výstupním napětím $U = 20$ V. Dioda se připojí k registračnímu přístroji přes předřadný rezistor R1 (**obr. 3**). Předřadný rezistor R1 omezí proud I_F . Na předřadném rezistoru vznikne úbytek napětí, který se přivádí k přístroji. Nastavený měřicí rozsah a předřadný rezistor určují měřítko pro proud I_Y ve směru Y. Při zvoleném měřítku např. 1 V/cm a předřadném odporu 100 Ω je měřítko pro proud $I_Y = U_F / R_1 = 1 \text{ V/cm} / 100 \Omega = 10 \text{ mA/cm}$. Jestliže je napětí na anodě kladné (kladná půlvlna), je zaznamenána propustná část charakteristiky diody (**obr. 4**). Měřítka ve směru X můžeme zvolit např. 1 V/cm. Pak můžeme z křivky odečíst prahové napětí diody U_S (0,6 cm $\hat{=}$ 0,6 V).



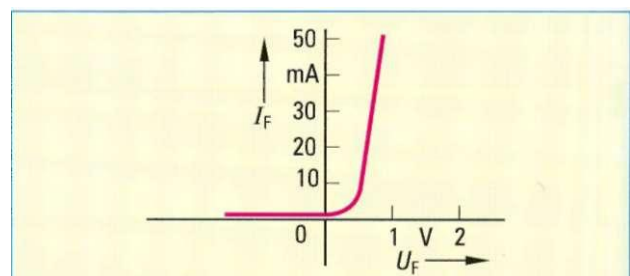
Obr. 1: Registrační křivka



Obr. 2: Liniový registrační přístroj (princip)



Obr. 3: Charakteristika diody (měřicí obvod)



Obr. 4: Zaznamenaná charakteristika diody

10 Bezpečnostní opatření






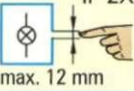


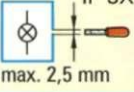


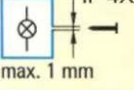


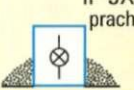



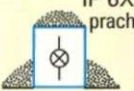







Pro instalaci a provoz elektrických zařízení a spotřebičů platí bezpečnostní předpisy, jejichž cílem je zabránit úrazům a hmotným škodám způsobeným elektrickým proudem.

10.1 Ochrana elektrických předmětů krytím (podle ČSN EN 605 29)

Krytí je konstrukční opatření, které je součástí elektrického předmětu.

Tento způsob ochrany se označuje písmeny IP (International Protection = mezinárodní ochrana)

- První číslice označuje ochranu před vniknutím cizích těles a před dotykem
- Druhá číslice udává ochranu před vodou (**tabulka**).

Tabulka: Druhy ochrany elektrických zařízení							
A. První číslice: ochrana před dotykem osobou a vniknutím tělesa				B. Druhá číslice: ochrana proti vodě			
stupeň ochrany**	značka	ochrana před	příklad použití	stupeň ochrany	značka	ochrana před	příklad použití
 IP 0X	žádná	nechráněno	uzavřené bezprašné prostory bez osob, např. transformační stanice	 IP X0	žádná	nechráněno ochrana	suché prostory, ve kterých se sráží kondenzovaná voda
 IP 1X max. 50 mm	žádná	velká cizí tělesa $\varnothing \geq 50$ mm, hřbet ruky	bezprašné vnitřní prostory, ve kterých pracuje obsluha, např. rozvodny	 IP X1		svisle kapající voda	v místech jen s vertikálně kapající vodou
 IP 2X max. 12 mm	žádná	středně velká cizí tělesa $\varnothing \geq 12,5$ mm, prst	bezprašné místnosti jen s hrubými tělesy, např. zakryté motory	 IP X2		kapající voda ve sklonu do 15°	místa, kde provozní prostředky nejsou vystaveny stříkající vodě ze země
 IP 3X max. 2,5 mm	žádná	malá cizí tělesa $\varnothing \geq 2,5$ mm, nástroj	bezprašné vnější a vnitřní prostory jen s malými cizími tělesy	 IP X3		kropení (déšť) ve sklonu 60°–90°	chráněné prostředí venku bez přímého vlivu povětrnostních vlivů
 IP 4X max. 1 mm	žádná	pevná cizí tělesa $\varnothing \geq 1$ mm, silný drát	vnější a vnitřní prostory, bez prachu, např. mechanické dílny v zemědělství	 IP X4		stříkající voda ze všech směrů	venku, s malým vlivem počasí nebo v trvale vlhkém prostředí
 IP 5X prach		chráněno před prachem a drátem	svorkovnice v prašném prostředí, např. v zemědělství	 IP X5		tryskající voda ze všech směrů	nechráněné místo venku nebo v podnebí se stálou relativní vlhkostí 80 %
 IP 6X prach		prachotěsné	plně prachotěsné přístroje např. v prostoru s hořlavým prachem	 IP X6		intenzivně tryskající voda ze všech směrů	provozní prostředky, které jsou krátkodobě vystaveny silně tryskající vodě ze všech směrů
IP - označení dalšími písmeny: 1. písmeno A ochrana před dotykem hřbetem ruky B ochrana před dotykem prstem C ochrana před dotykem nástrojem v provozu D ochrana před dotykem drátem 2. písmeno H zařízení pro vysoké napětí M vyzkoušeno na výskyt vody u zařízení W vhodné pro použití za stanovených povětrnostních podmínek S vyzkoušeno na výskyt vody u zařízení v klidu				 IP X7		dočasné ponoření	přenosná čerpadla s krátkodobým ponořením
				 IP X8		trvalé ponoření	pro trvalý provoz pod vodou, také pod tlakem
Příklad IP 23 CS: chráněno proti vniku pevných těles o $\varnothing 12,5$ mm, chráněno před deštěm, chráněno před dotykem nástrojem do délky 100 mm a o $\varnothing 2,5$ mm, vyzkoušeno na výskyt vody při zařízení v klidu.							
**Pokud je udána jen jedna číslice místo další číslice písmeno X, např. IP X5 nebo IP 2X.							

10.2 Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Závady v elektrických zařízeních nebo přístrojích, závady na izolaci, mohou vytvořit na vodivých částech napětí, které může při dotyku osob nebo zvířat způsobit životu nebezpečný proud procházející tělem. Ochranná opatření (**přehled**) mají za úkol zamezit nebezpečnému dotykovému napětí nebo zařízení v takovém případě poruchy vypnout.

Ochranná opatření mají zamezit ohrožení lidí a zvířat elektrickým proudem a zabránit hmotným i škodám.

Přehled: Ochranná opatření před úrazem elektrickým proudem			podle ČSN 33 2000-4-4
Ochrana před přímým i nepřímým dotykem	Ochrana před úrazem za normálních podmínek (ochrana před přímým dotykem/základní ochrana)	Ochrana před úrazem při poruchách (ochrana před nepřímým dotykem/nouzová ochrana)	
<p>Ochrana:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bezpečným malým napětím (SELV) • ochranným malým napětím s odpojením při poruše (PELV) • omezením náboje 	<p>Ochrana:</p> <ul style="list-style-type: none"> • izolací aktivních částí pod napětím • zakrytím nebo zapouzdřením • zábranami • polohou v bezpečné vzdálenosti 	<p>Ochrana:</p> <ul style="list-style-type: none"> • automatické odpojení nebo signalizace poruchy <ul style="list-style-type: none"> – v síti TN (ochranný vodič) – v síti TT (uzemnění pomocí ochranného vodiče) – v síti IT (izolace všech částí vůči zemi) • vyrovnání potenciálu propojením ochranné izolace • nevodivé prostory • ochranné oddělení • neuzemněné místní vyrovnání potenciálu 	
Doplňková ochrana proudovým chráničem (FI-jističem, RCD)			

Působení proudu na osoby a zvířata

Při dotyku částí zařízení, která jsou pod napětím, prochází tělem elektrický proud. Velikost proudu závisí na výši napětí a na odporu v obvodu. Kromě velikosti proudu procházejícího tělem má na reakci těla vliv také doba působení (**obr.**).

Příklad:

Odpor R_k lidského těla, měřeno mezi rukou a dolní částí nohy, je kolem $1 \text{ k}\Omega$.

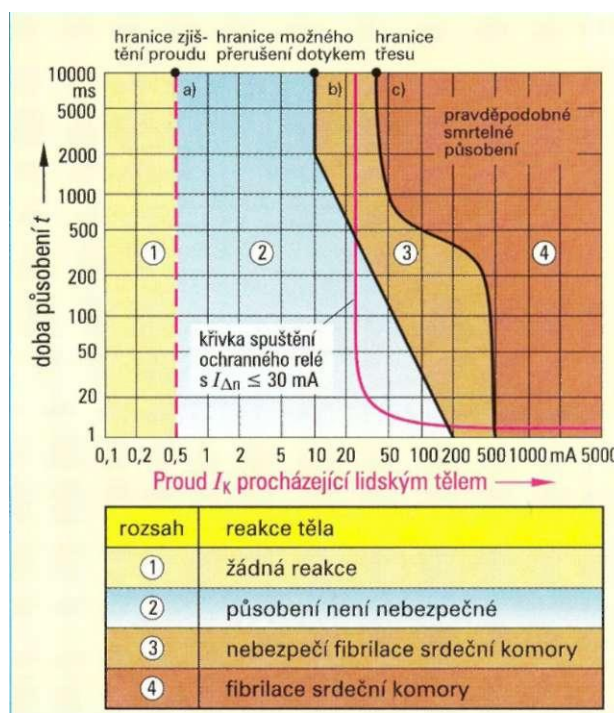
Jaký je proud procházející tělem I_k při napětí $U_B = 50 \text{ V}$, např. když zanedbáme přechodový odpor mezi dlaní a zařízením nebo přechodový odpor do země?

Řešení:

$$I_k = U_B : R_k = 50 \text{ V} : 1 \text{ k}\Omega = 50 \text{ mA}$$

Proud procházející tělem nad 50 mA je životu nebezpečný.

Střídavé napětí nad 50 V a stejnosměrné napětí nad 120 V jsou pro člověka životu nebezpečné, u zvířat je to střídavé napětí nad 25 V a stejnosměrné napětí nad 60 V .



Obr.: Rozsah působení střídavého proudu 50 Hz na dospělé osoby (podle IEC)

10.3 Ochrana před přímým i nepřímým dotykem

Elektrické obvody s ochranou **SELV (bezpečné malé napětí)** a **PELV** (ochranné malé napětí s odpojením při poruše) poskytují ochranu před přímým dotykem a před nepřímým dotykem v případě poruchy. Při dotyku částí pod napětím prochází proud, který není nebezpečný.

V elektrických obvodech bez ochranného vodiče nedojde v případě poruchy k odpojení.

10.3.1 Ochrana malým napětím

Malé napětí se odebrává ze zdroje s odpojením při poruše (**přehled**). Jmenovité napětí nesmí překročit následující hodnoty:

- Elektrické obvody se střídavým napětím 50 V a se stejnosměrným napětím 120 V,
- pro lékařské přístroje, svítidla, elektromotoricky poháněné hračky a elektrická zařízení v dosahu zvířat v zemědělství u střídavého napětí 25 V a u stejnosměrného napětí 60 V.

Malé napětí nesmí být vyvedeno z děliče napětí, nebo získáno pomocí předřazených rezistorů nebo autotransfornátorů.

Obvody s bezpečným malým napětím (SELV) nesmějí být spojeny s ochranným vodičem nebo s obvody s vyšším napětím (**obr. 1**). U jmenovitého napětí nad AC 25 V nebo DC 60 V je nutná ochrana před přímým dotykem izolací, která odolá zkušebnímu střídavému napětí 500 V nebo je zajištěna minimálně krytím IP2X nebo IPXXB (ochrana před dotykem prsty).

Vodiče obvodů malého napětí musí být od ostatních obvodů prostorově odděleny nebo musí mít dodatečně k izolaci žil ještě plášť z plastu.

Zásuvky a vidlice pro tyto obvody nemají ochranný kontakt (**obr. 3**).

Elektrické obvody (PELV). V těchto obvodech je z provozních důvodů jeden bod obvodu nebo elektrického zařízení uzemněn (**obr. 2**), při poruše jsou splněny požadavky na bezpečné odpojení.

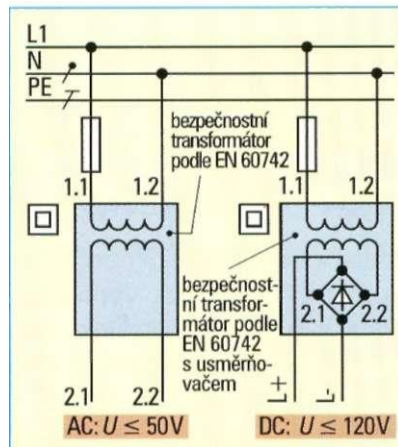
Obvody bez bezpečného odpojení při poruše nesplňují ochranné opatření podle ČSN 33 2000-4-4.

10.3.2 Ochrana omezením náboje

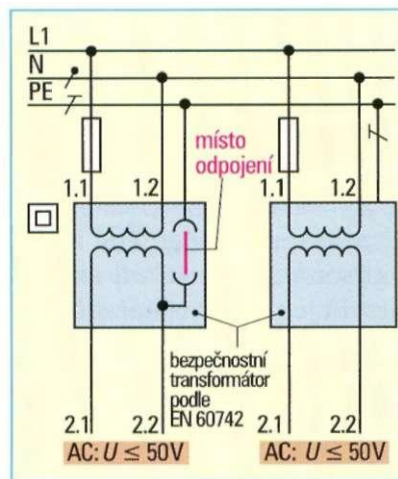
Ochrana před přímým dotykem není nutná, když jsou obvody napájeny ze zdrojů s nabíjecí energií maximálně 350 mWs.

Přehled: Zdroje proudu malého napětí

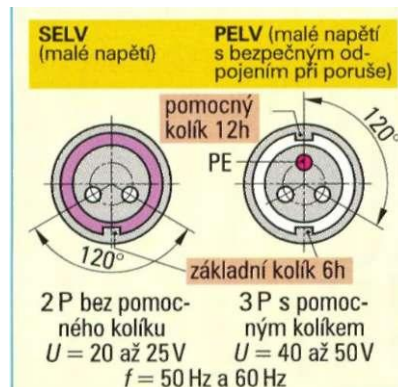
- * bezpečnostní transformátory
- motorové generátory s oddělenými vinutími
- baterie a akumulátory



OBR. 1: ZDROJE NAPĚTÍ PRO BEZPEČNOSTNÍ OBVOD MALÉHO NAPĚTÍ (SELV)



OBR. 2: ZDROJE PROUDU S OCHRANNÝM MALÝM NAPĚTÍM (PELV)



OBR. 3: ZÁSUVKY PRO MALÉ NAPĚTÍ

10.4 Ochrana před úrazem elektrickým proudem v normálních podmínkách

Ochrana před úrazem elektrickým proudem v normálních podmínkách má u bezchybných zařízení zabránit přímému dotyku té části, která je pod napětím.

Ochrana před přímým dotykem je nutná, jakmile jmenovité napětí překročí hodnotu 25 V u střídavého napětí a 60 V u stejnosměrného napětí.

10.4.1 Ochrana aktivních (živých) částí izolací

Aktivní části elektrického obvodu, tzn. části, které jsou při provozu pod napětím, např. vypínače, musí být opatřeny úplnou izolací. Izolace musí odolat elektrickému, chemickému, mechanickému a tepelnému namáhání a může být odstranitelná jen zničením (obr. 1).

10.4.2 Ochrana zakrytím a zapouzdřením

Kryty elektrických přístrojů (obr. 2) chrání osoby nebo užitková zvířata před neúmyslným dotykem aktivních částí.

Kryty aktivních částí musí odpovídat minimálně ochraně IP 2X nebo IP XXB. Horní horizontální plochy musí mít provedení ochrany minimálně IP 4X.

Kryty musí být bezpečně upevněny a musí mít dostatečnou mechanickou pevnost, aby zajišťovaly požadovanou ochranu a bezpečnou vzdálenost od aktivních částí. Mohou se odstranit popř. otevřít jen pomocí náradí nebo jen při vypnutém zařízení.

10.4.3 Ochrana zábranou

Ochranné lišty nebo mříže mají zabránit dotyku aktivních částí. Nemohou zabránit úmyslnému dotyku nebo úmyslnému obejití zábrany. Zábrany mohou být odnímatelné bez náradí. Musí být ale umístěny tak, aby bylo nemožné jejich neúmyslné odstranění.

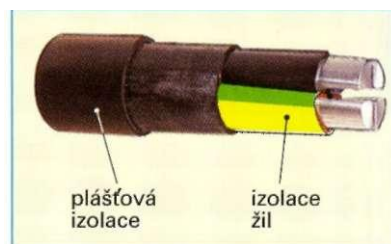
10.4.4 Ochrana polohou

Ochrana polohou má zabránit neúmyslnému dotyku aktivních částí, např. v transformačních stanicích. V dosahu ruky (obr. 3) nesmějí být žádné neizolované aktivní části. Zábradlí a mříže strojů s horší ochranou než IP 2X nebo IP XXB musí upevněny tak, aby bylo nemožné se současně dotknout dílů s různými potenciály. Části, jichž je možné se dotknout současně jsou vzdáleny méně než 2,5 m.

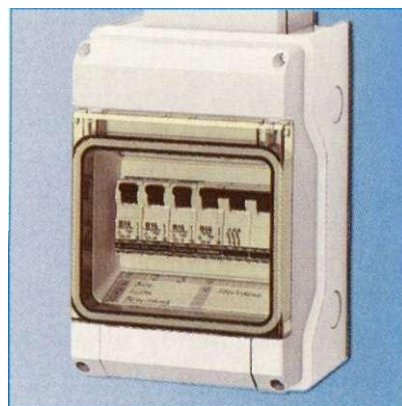
10.4.5 Doplnková ochrana proudovým chráničem

Tato zařízení se jmenovitým vybavovacím (rozdílovým) proudem $I_{An} < 30 \text{ mA}$ podporují všechna ochranná opatření před přímým i nepřímým dotykem.

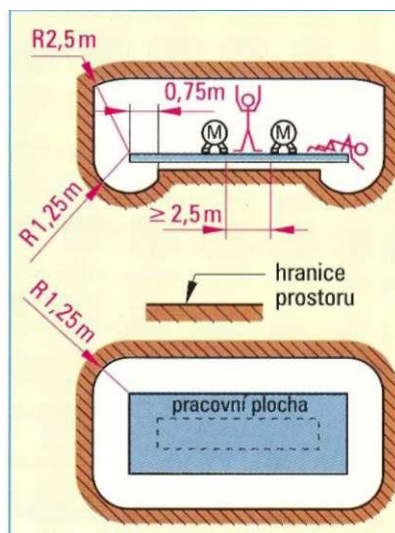
Proudový chránič podporuje ochranná opatření. Jako samostatná ochrana však není povolen.



Obr. 1: Ochrana izolací



Obr. 2: Ochrana krytem



Obr. 3: Rozměry prostoru dosahu ruky

10.5 Ochrana před úrazem elektrickým proudem při závadách na elektrickém zařízení

Opatření k ochraně před úrazem elektrickým proudem při závadách na elektrickém zařízení (ochrana při nepřímém dotyku) má zabránit vzniku nebezpečných proudů v těle osob a užitkových zvířat při porušení izolace (**přehled 1**).

Ochranná opatření závislá na systému způsobí při poruše automatické odpojení nebo poruchový signál při první chybě v síti IT.

- Ochranná opatření závislá na systému mají vždy ochranný vodič.
- Ochranná opatření nezávislá na systému nemají ochranný vodič.

10.5.1 Systémy ochrany v trojfázové síti

Konstrukce a označení systémů ochrany v trojfázových sítích je mezinárodně normalizováno a značí se písmeny (ČSN 33 200-4-4).

- První písmeno, T nebo I, udává způsob uzemnění zdroje proudu.
- Druhé písmeno, T nebo N, se vztahuje k uzemnění živých a neživých částí elektrických zařízení připojených k síti (**tabulka**).

U systému TN třetí písmeno udává zda ochranný vodič (PE) a neutrální (střední) vodič (N) jsou instalovány odděleně nebo jako kombinace spojení obou vodičů do vodiče PEN.

10.5.2 Vyrovnání potenciálu (propojováno)

Základem zajištění bezpečnosti s ochranným vodičem je ve všech sítích (**tabulka str. 182**) celkové vyrovnání potenciálu. To spojuje vodivé části zařízení uvnitř jedné budovy (**přehled 2**) a brání vzniku nebezpečného dotykového napětí mezi těmito částmi zařízení.

Celkové vyrovnání potenciálu: str. 107

Pokud nelze v jednom elektrickém zařízení zaručit stanovené vypínací doby pro zvolený trojfázový systém, je nutné provést **dodatečně místní vyrovnání potenciálu**, např. v místnostech s vanou nebo sprchou nebo v prostorech, kde hrozí nebezpečí výbuchu.

Dodatečné vyrovnání místního potenciálu: str. 114 a 148

Přehled 1: Ochranná opatření před úrazem elektrickým proudem při závadách

Ochranná opatření závislá na systému

- vyrovnání potenciálu (pospojování)
- ochrana automatickým odpojením v:
 - síti TN
 - síti TT
 - síti IT

Ochranná opatření nezávislá na systému

- ochrana přidavnou izolací
- ochrana nevodivým prostorem
- ochranné oddělení obvodů
- ochrana neuzemněním, vyrovnáním potenciálu

Tabulka: Značení trojfázových systémů
Příklady: systémy TN-, TT- nebo IT-
1. písmeno: uzemnění zdroje proudu T: přímé uzemnění jednoho bodu, většinou středu hvězdy vinutí transformátoru I: izolování všech aktivních částí od země nebo spojení jednoho bodu systému se zemí přes velkou impedanci
2. písmeno: uzemnění částí uvnitř elektrického zařízení T: přímé spojení neživých částí se zemí N: přímé spojení neživých částí elektrického zařízení s uzemněným bodem napájecí sítě
3. písmeno: uspořádání neutrálního a ochranného vodiče v systému TN C: neutrální (střední) a ochranný vodič sloučeny do jednoho vodiče (vodič PEN) (čtyřvodičový systém) S: ochranný a neutrální (střední) vodič jsou odděleny (pětivodičový systém)
T z francouzského terre = země N z francouzského neutre = neutrální S z franc. separré = oddělený I z franc. isolé = izolovaný C z franc. combiné = kombinovaný

Přehled 2: Vyrovnání hlavního potenciálu

Pro zamezení rozdílného potenciálu se k liště pro vyrovnání potenciálu připojují:

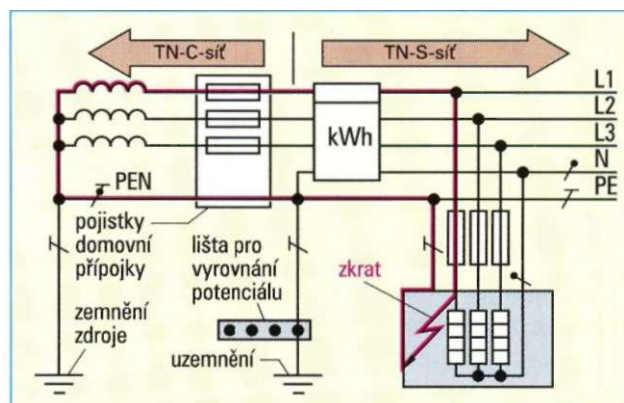
- hlavní ochranný vodič nebo PEN uzemnění
- potrubí pro teplou a studenou vodu plynové potrubí
- potrubí s topným médiem v obou směrech
- vodivé části budovy, např. ocelové konstrukce

Tabulka: Trojfázové sítě, použití a přípustná ochranná zařízení		
Trojfázová síť	Příklady použití	Ochranná zařízení
<p>síť TN-C</p>	veřejné rozvodné sítě, zařízení s pevným příívodem a průřezem od 10 mm ² mědi	nadproudová ochranná zařízení – tavné pojistky – jističe – výkonové vypínače
<p>síť TN-S</p>	instalace v bytech, kancelářích nebo dílnách; předepsány pro elektrické obvody s průřezem měděných vodičů do 6 mm ² včetně	nadproudové jističe proudové chrániče RCD
<p>síť TN-C-S</p>	neutrální (střední) a ochranný vodič mohou být odděleny jen v částech zařízení; po rozdělení vodiče PEN na PE a N se nesmějí tyto vodiče opět spojit	nadproudové ochranné zařízení (jističe, pojistky) RCD jen v části s odděleným vodičem PE a N
<p>síť TT</p>	v zemědělských a zahradnických zařízeních, na stavbách	nadproudová ochranná zařízení jsou použitelná většinou jen v obvodech s pojistkami a se jmenovitým proudem do 6 A, ve zvláštním případě přepětovými jističe
<p>síť IT</p>	záložní nouzové napájení v nemocnicích, v chemickém průmyslu, u sklářských pecí, u vysokých pecí na výrobu oceli	přístroje na kontrolu izolačního stavu, nadproudová ochrana, RCD, přepětové chrániče jen výjimečně

10.5.3 Ochrana v sítích TN

V síti TN jsou všechny neživé části zařízení spojeny ochranným vodičem PE nebo PN s uzemněným bodem napájecí sítě, většinou v uzemněném středu hvězdy transformátoru (**tabulka**). V případě poruchy, např. při zkratu, se uzavře obvod zkratového proudu vodičem PE nebo PEN a nadproudová ochrana (jistič nebo pojistka) odpojí obvod (**obr.**).

V síti TN zkrat spustí nadproudovou ochranu a ta odpojí zařízení od sítě.



Obr.: Obvod zkratového proudu v síti TN

Celkový zemnicí odpor všech zemničů sítě TN nemá překročit hodnotu $R_B = 2 \Omega$.

Ochranný vodič nebo vodič PEN sítě TN má být na co nejvíce místech spojen s potenciálem země, např. na vstupním místě do budovy s uzemněním. V případě poruchy, např. při přerušení vodiče PEN v napájecí síti, se potenciál ochranného vodiče odchyluje jen velmi málo od potenciálu země.


Pokud je celkový odpor $R_B \leq 2 \Omega$ technicky nedosažitelný, musí být splněna podmínka tzv. napěťové rovnováhy (tab. 1). Ta zajišťuje, že na ochranném vodiči není napětí U_B vyšší než 50 V.

Podmínka vypnutí v síti TN. Ochranná zařízení a průřezy vodičů musí být dimenzovány tak, aby v případě poruchy, např. při zkratu mezi fázovým vodičem a uzemněnou částí došlo k odpojení v průběhu stanovené doby (tab. 2). Tato podmínka je splněna, když součin impedance Z_s poruchové smyčky a vypínacího proudu I_a nepřekročí jmenovité napětí proti zemi U_0 (vzorec).

Přípustná ochranná zařízení v sítích TN:

- V sítích TN-C jen nadproudová ochranná zařízení (jistice a pojistky)
- V sítích TN-S nadproudová ochranná zařízení a napěťové a proudové chrániče RCD

Impedance poruchové smyčky. Skládá se z impedance (zdánlivý odpor) zdroje proudu, z odporu fázového vodiče až k poruchovému místu a z odporu ochranného vodiče od místa poruchy zpět až ke zdroji proudu. Impedanci poruchové smyčky lze určit měřením nebo výpočtem. Užívá se též termín vypínací smyčka.

 Měření impedance smyčky: str. 192

Podmínky instalace. Při přerušení vodiče PEN v síti TN-C může být zavlečeno nebezpečné napětí na vodivou kostru bezchybného zařízení, které je připojeno síti TN-S (obr.). Aby se zamezilo přetržení vodiče, jsou pro vodič PEN předepsány minimální průřezy:

- $A \geq 10 \text{ mm}^2$ mědi při pevně uloženém vedení
- u průřezů menších než 10 mm^2 mědi se musí ochranné a neutrální vodiče pokládat odděleně.

Vodiče PEN mají zelenožlutou barvu izolace. Konce žil vodiče PEN se dodatečně značí bleděmodře (u stavebních instalací). Barva neutrálního vodiče N je bleděmodrá.

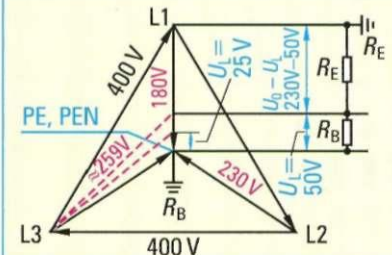
Vodiče PEN a neutrální vodič nesmějí procházet přes žádné spínače ani jistice.

Otázky pro opakování

- 1 Jmenujte opatření k ochraně před přímým i nepřímým dotykem.
- 2 V čem se liší síť SELV a PELV?
- 3 Vysvětlíte označení sítě TN-C-S.
- 4 Jaké podmínky platí pro instalaci vodiče PEN v síti TN?
- 5 Jmenujte přípustné vypínací doby v síti TN.
- 6 Udejte podmínku odpojení v síti TN.

Tabulka 1: Napěťová rovnováha v síti TN

$$\text{Podmínka: } \frac{R_B}{R_E} \leq \frac{50 \text{ V}}{U_0 - 50 \text{ V}}$$



R_B celkový zemnicí odpor všech zemničů

R_E nejmenší zemnicí odpor částí nespojených s ochranným vodičem, na které může být zavlečeno napětí při zkratu mezi fází a zemí

U_0 jmenovité napětí vůči zemi

Podmínka odpojení v síti TN

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

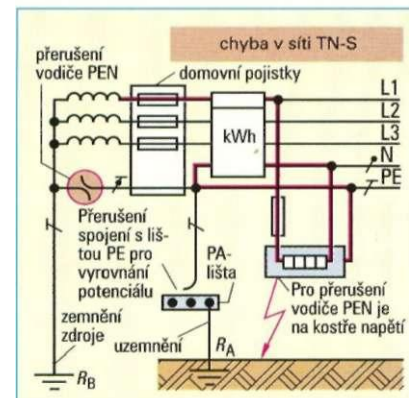
Z_s impedance poruchové smyčky

I_a proud jistice

U_0 jmenovité napětí sítě proti zemi

Tabulka 2: Vypínací doby v síti TN


Jmenovité napětí U_0	Doba vypnutí
230 V	$\leq 0,4 \text{ s}$
400 V	$\leq 0,2 \text{ s}$
$> 400 \text{ V}$	$\leq 0,1 \text{ s}$
• rozvodné sítě v budovách • koncové elektrické obvody jednotlivých rozváděčů se stacionárními spotřebiči	$\leq 5 \text{ s}$



OBR.: PŘERUŠENÍ VODIČE PEN V SÍTI TN

10.5.4 Proudový chránič-RCD v síti TN

Proudový chránič RCD, FI—jistič (Fault Intensity) odpoje elektrické zařízení úplně od sítě, když projde chybový proud mezi aktivním a ochranným vodičem vlivem porušení izolace na krytu elektrického zařízení. Všechny aktivní vodiče (L1, L2, L3 a N) procházejí transformátorem (obr. 1) RCD a tvoří vstupní vinutí diferenciálního transformátoru. Při bezchybném provozu je součet přicházejících a odcházejících proudů nulový. Jejich střídavá magnetická pole se ruší. Ve výstupním vinutí transformátoru se neindukuje žádné napětí. Při poruše, (např. zkrat na kostru nebo zem), se tato rovnováha poruší, protože část proudu prochází ochranným vodičem nebo zemí. Ve výstupním vedení se tím indukuje napětí, které ovládá elektromagnetickou spoušť a spustí vypínací mechanismus RCD. Zkušebním tlačítkem proudového chrániče je možné vyzkoušet jen mechanickou funkci, ne však citlivost ochranného zařízení.

 Zkoušení RCD: str. 193

Pro spuštění ochranného vypínače RCD je směrodatný jen **spouštěcí, chybový (rozdílový) proud** $I_{\Delta n}$. Proudové chrániče (RCD) (obr. 1) se vyrábějí na provozní proudy od 16 A do 125 A. Obvyklé chybové (rozdílové) proudy jsou 30 mA, 0,3 A a 0,5 A.

Ochranné vypínače na bázi chybového proudu se jmenovitými proudy $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ poskytují ochranu i před nepřímým dotykem.

Použití RCD v síti TN. Neživé části chráněných elektrických zařízení se musí spojit přímo (obr. 2):

- v síti TN–C s vodičem PEN na straně sítě
- v síti TN–S s vodičem PE

Pokud jsou elektrické spotřebiče mimo vliv celkového vyrovnání potenciálu, nesmějí být jejich kostry spojeny s ochranným vodičem sítě TN. Musí mít vlastní uzemnění jako v síti TT.

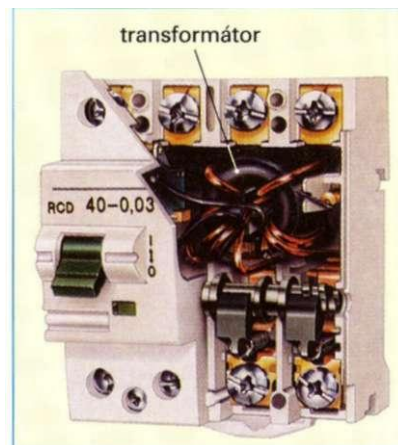
 Přípustné zemní odpory pro RCD (proudové chrániče): str. 185

Doby spuštění a spouštěcí proudy u RCD:

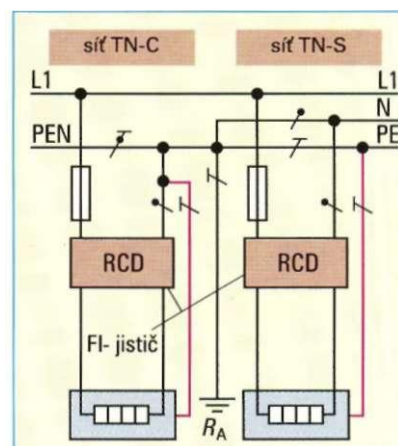
- spuštění během 0,2 s při
 - střídavém proudu se jmenovitým rozdílovým proudem $I_{\Delta n}$,
 - impulzních chybových stejnosměrných proudech velikosti 1,4 násobku proudu $I_{\Delta n}$.
- spuštění během 0,04 s při:
 - střídavém proudu s pěti násobkem rozdílového proudu $I_{\Delta n}$,
 - impulzních chybových stejnosměrných proudech, které převyšují pětkrát 1,4 násobný rozdílový proud.
- selektivní RCD (označení obr. 3) dosahují spuštění za dobu $\leq 0,2 \text{ s}$ až při dvojnásobku rozdílového proudu.

Ochranná zařízení na bázi rozdílového proudu se spouštěcím proudem $I_{\Delta n} \leq 10 \text{ mA}$ (obr. 4) potřebují ke spuštění většinou pomocnou energii. Tím však nesplňují požadavky ČSN na ochranná zařízení na bázi chybového proudu a poskytují jen dodatečnou ochranu k jiné použité ochraně.

Ochranné zařízení na bázi chybového proudu musí spustit i tehdy, když je jeden nebo více aktivních vodičů odpojeno.



OBR. 1: PROUDOVÝ CHRÁNIČ



OBR. 2: RCD V SÍTI TN



OBR. 3: ZNAČENÍ RCD



OBR. 4: ZÁSUVKA S OCHRANOU RCD

10.5.5 Ochranná opatření v síti TT

V síti TT jsou neživé části chráněných elektrických zařízení spojeny ochranným vodičem se společným zemněním R_A (obr. 1).

Ochrana v síti TT spočívá v elektrickém spojení jednotlivých elektrických zařízení se zemí.

Zemnicí odpor R_A musí být tak malý, aby ochrana zapůsobila dříve než bude překročeno nejvyšší přípustné střídavé dotykové napětí U_{LF} tzn. 50 V.

Při použití tavných pojistek nebo jističů vedení (obr. 1) při provozních proudech nad 6 A vycházejí hodnoty zemního odporu nedosažitelně malé. Proto se v síti TT doporučuje použití proudových chráničů RCD (obr. 2). Napětové chrániče smějí být v síti TT použity jen tehdy, když nelze použít RCD nebo nadproudové ochrany.

Sítě TT jsou přípustné např. v zemědělských a zahradnických zařízeních nebo na stavbách.

Pro účinnou ochranu platí podmínka $R_A \cdot I_a \leq U_L$. K výpočtu zemnicího odporu R_A dosadíme spouštěcí proud ochrany I_a . Přípustné hodnoty zemnicích odporů R_A při použití RCD jsou uvedeny v tabulce.

Doby vypnutí t_a v síti TT:

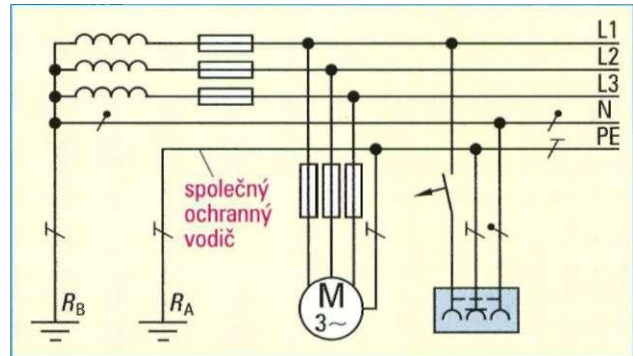
- Ochrany s charakteristikou „kratší doba spuštění se stoupajícím proudem“, např. tavné pojistky gG $t_a \leq 5 \text{ s}$
- nadproudové jističe $t_a \leq 0,1 \text{ s}$
- ochrany na bázi chybového proudu $t_a \leq 0,2 \text{ s}$
- selektivní FI – jističe $t_a \leq 1 \text{ s}$.

10.5.6 Ochranná opatření v síti IT

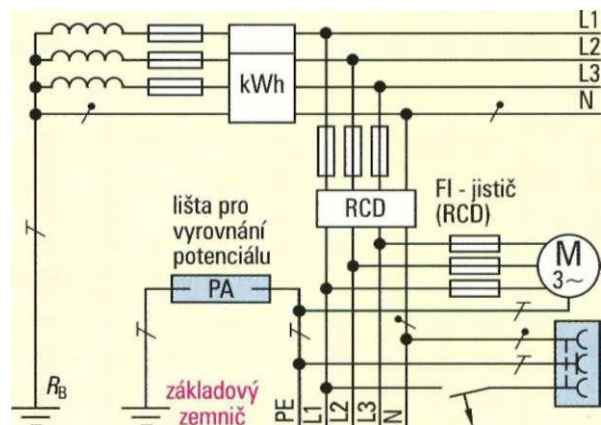
Sítě IT jsou přípustné jen omezeně v zařízeních s vlastním transformátorem nebo generátorem.

V síti IT jsou všechny aktivní části izolovány proti zemi nebo uzemněny přes dostatečně velkou impedanci. Tato impedance může být mezi uzlem hvězdy sítě a zemí nebo umělým uzlem a zemí.

V sítích bez vyvedeného středu hvězdy jsou fázové vodiče spojeny přes impedanci se zemí. Neživé části elektrických zařízení se musí jednotlivě, skupinově nebo jako celek uzemnit. Pro přípustný zemnicí odpor platí $R_A \cdot I_d < U_L$



Obr. 1: Nadproudové ochrana v síti TT



Obr. 2: RCD v síti TT

Podmínky zemnění v síti TT

$$R_A \cdot I_a \leq U_L$$

R_A zemnicí odpor neživých částí

I_a proud, který způsobí automatické odpojení v průběhu stanovené doby

U_L dohodnutá hranice trvale přípustného dotykového napětí (str. 178)

Tabulka: Přípustné zemnicí odpory R_A pro proudové chrániče v síti TT

jmenovitý rozdílový proud (A)	zemnicí odpory R_A při dotykovém napětí U_L	
	50 V	50 V
0,03	1665 Ω	832 Ω
0,3	165 Ω	83 Ω
0,5	100 Ω	25 Ω

Podmínky uzemnění v síti IT

$$R_A \cdot I_d \leq U_L$$

R_A zemnicí odpor zemniče

I_d proud po první poruše mezi fázovým vodičem a neživou částí (kostrou) zařízení

U_L dohodnutá mez trvale přípustného dotykového napětí

Hlídaní izolačního stavu. Izolační odpor zařízení je nepřetržitě kontrolován **přístrojem pro kontrolu izolace** (obr. 1).

První porucha (zkrat na zem nebo na kostru elektrického zařízení) vyvolá akustický nebo optický signál (obr. 1, str. 131). Sítí IT (obr. 2) prochází jen nepatrný zkratový proud, takže není nutné vypnutí porouchaného zařízení.

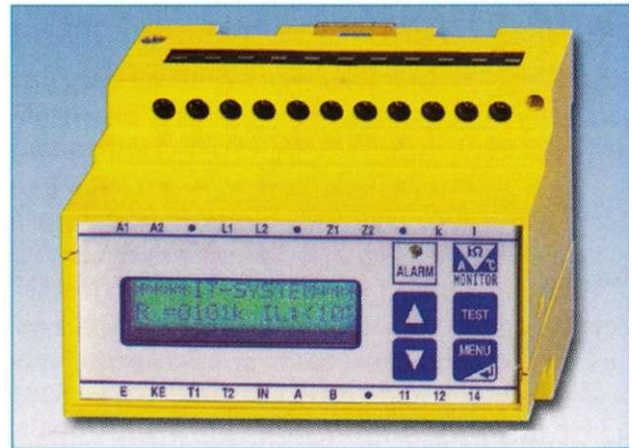
V sítích IT nenásleduje po výskytu první poruchy vypnutí.

Zjištěnou poruchu je třeba co nejdříve odstranit, protože druhá porucha by způsobila nepřípustně vysoké dotykové napětí mezi různými elektrickými zařízeními. Při dvou současných závadách (obr. 3) není už zařízení bez zemního potenciálu (na kostře). Nadproudová ochrana, proudový chránič nebo kontrola izolace zařízení vypnou.

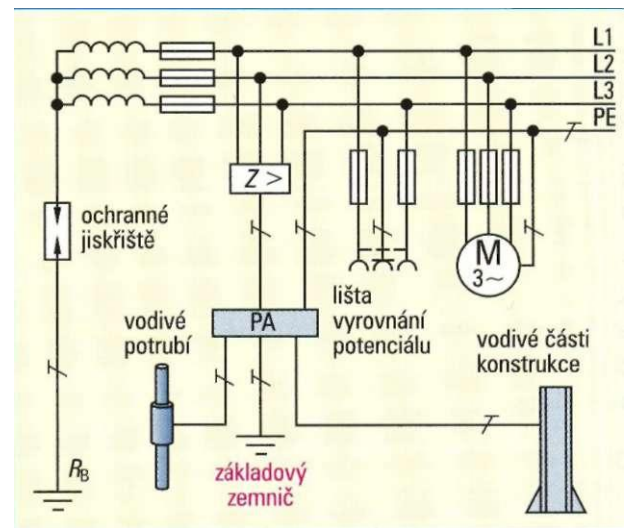
Přípustná impedance vypínací smyčky a maximální doba vypnutí závisí na provedení sítě IT, buď **tří vodiče** (bez neutrálního vodiče) nebo **čtyři vodiče, tzn. s neutrálním vodičem (vzorce a tabulka)**.

Pokud není možné při použití nadproudové ochrany dodržet vypínací doby uvedené v tabulce, je třeba provést **dodatečné vyrovnání potenciálu**. Do dodatečného vyrovnání potenciálu je třeba zahrnout cizí vodivé díly, např. vodivé konstrukce, vodivá potrubí nebo konstrukce budov (obr. 2). Účinnost dodatečného vyrovnání potenciálu je prokázána, když odpor R mezi předměty, kterých se lze současně dotknout, nepřekročí hodnotu $R < 50 \text{ V}/I_a$. Při výpočtu se za I_a dosadí spouštěcí proud nadproudové ochrany, u RCD rozdílový proud I_{An} .

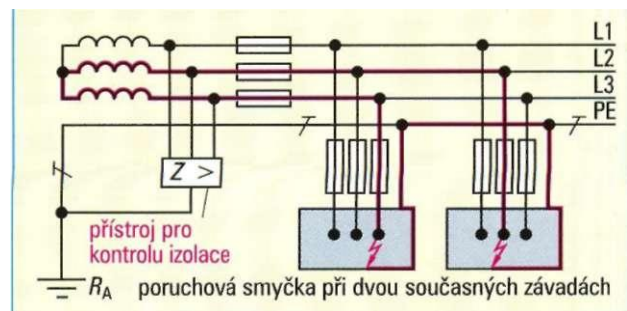
Přípustné impedance vypínací smyčky v síti IT	
Trojvodičový systém bez N	Čtyřvodičový systém s N
$Z_s \leq \frac{U}{2 \cdot I_a}$	$Z_s \leq \frac{U_0}{2 \cdot I_a}$
U_0 jmenovité napětí mezi fázovým a neutrálním vodičem	
U jmenovité napětí mezi fázovými vodiči	
Z_s impedance poruchové smyčky	
I_a proud, který zajistí vypnutí v době uvedené v tabulce nebo ve všech ostatních obvodech s vypínací dobou $t_a = 5 \text{ s}$	



Obr. 1: Přístroj pro kontrolu izolačního stavu



Obr. 2: Ochranná opatření v síti IT



Obr. 3: Síť IT se dvěma prostorově oddělenými závadami

Jmenovité napětí U_{JN}	Přípustné vypínací doby u systému	
	s neutrálním vodičem	bez neutrálního vodiče
230/ 400 V	0,4 s	0,8 s
400/ 690 V	0,2 s	0,4 s
580/1000 V	OJ s	0,2 s

10.5.7 Ochranná izolace

Ochranná izolace zabrání vzniku nebezpečného napětí na vodivých částech elektrických předmětů při závadě pracovní izolace. Elektrická zařízení s ochranou izolací mají dvojitou izolaci, tzn. dodatečně k pracovní izolaci mají druhý plášť z izolačního materiálu nebo zesílenou izolaci (obr. 1).

Ochranná izolace se realizuje:

- dvojitou izolací,
- zesílenou izolací,
- kompletní izolací přístroje při výrobě

Příklady použití ochranné izolace:

- elektrické domácí spotřebiče
- elektrické nářadí
- rozváděče nebo elektroměrné skříně
- kryty vypínačů a zásuvek

U spotřebičů s elektrickým pohonem (obr. 2), mohou být také izolující součástky, např. ozubená kola z plastu nebo izolované motorové hřídele. Přístroje s ochrannou izolací patří do ochranné třídy II.

Vnější plášť izolovaných elektrických zařízení musí odolat předpokládanému mechanickému, chemickému a tepelnému namáhání a musí být proveden s krytím IP 2X nebo IP XXB.

Napájecí kabely spotřebičů s ochrannou izolací nemají ochranný vodič a tvoří š vidlicí celek. Vidlice lze zasunout do zásuvek s ochranným kontaktem, ale samy ochranný kontakt nemají. Pokud je při uvedení do provozu připojovací vedení nebo vidlice vyměněna, je možno použít vedení s ochranným vodičem a vidlici s ochranným kontaktem. Žíla ochranného vodiče se pak připojí jen k vidlici, ale ne na straně přístroje. Na přístroji pak musí umístěn viditelně symbol „Ochranná izolace“ a „Ochranný vodič není připojen“ (obr. 3).

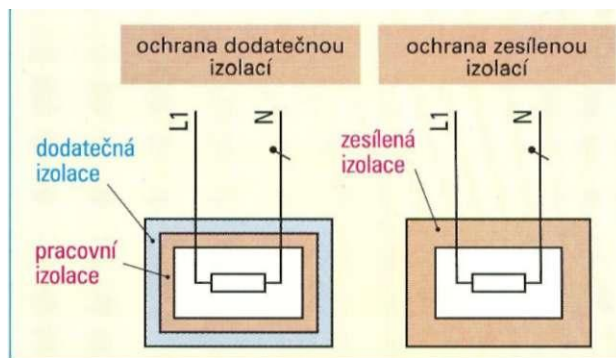
Přístroje s ochrannou izolací musí mít odpor izolace min. 2 Mohm a musí odolat střídavému napětí 4000 V mezi aktivními částmi a vnějšími kovovými částmi.

10.5.8 Ochrana pomocí nevodivých prostor

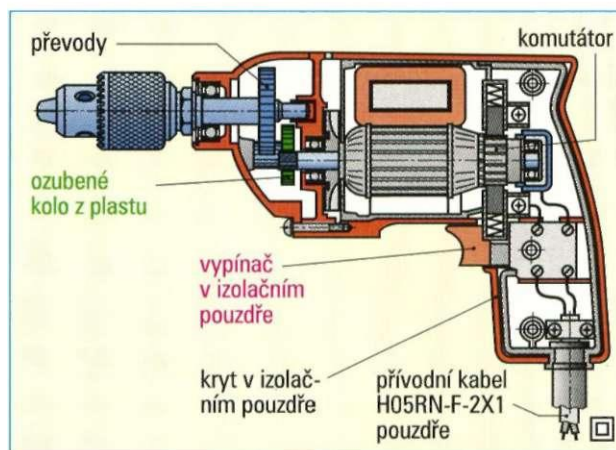
Nevodivé prostory musí být vybaveny izolujícími podlahami a izolujícím obložení stěn. Používají se většinou pro zkušební, spínací a měřicí pracoviště. Ochrana nevodivými prostory brání současnému dotyku částí, které mohou mít při porušení pracovní izolace mezi sebou, nebo proti zemi nebezpečné napětí.

Izolační odpor izolujících podlah nebo stěn musí být při jmenovitém napětí do 500 V min. 50 k ohm, při vyšších jmenovitých napětích 100 k ohm.

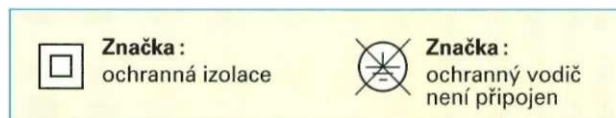
V nevodivých prostorech nesmí být použit ochranný vodič. Přístroje musí být umístěny v dostatečné vzdálenosti od sebe. Jako dostatečná vzdálenost pro dosah rukou platí (obr. 3, str. 180) 2,5 m, mimo dosah rukou stačí vzdálenost 1,25 m.



Obr. 1: Druhy ochranné izolace



Obr. 2: Elektrická vrtačka s ochrannou izolací



Obr. 3: Značky ochranné izolace

10.5.9 Ochranné oddělení obvodů

Při ochranném oddělení je elektrický obvod spotřebiče oddělen transformátorem (**obr. 1**) nebo generátorem s oddělenými vinutími od napájecí sítě. Tím se zabrání vzniku dotykového napětí mezi kostrou zařízení a zemí.

Výstupní strana oddělovacího transformátoru nebo generátoru s oddělenými vinutími nemá spojení se zemí.

Ochranné oddělení se používá např. ve zkušebnách (**obr. 1**) nebo na místech se zvláštním ohrožením, např. při montáži kotlů (**obr. 4**).

Požadavky na elektrické obvody s ochranným oddělením:

- Transformátory musí mít ochrannou izolaci.
- Výstupní napětí nesmí překročit 500 V.
- Součin výstupního napětí ve voltech a délky vedení v metrech nemá být větší než 100 000 Vm. Délka vedení může být max. 500 m.
- Vidlice na výstupní straně nesmějí mít ochranný kontakt, spoje se zemí.
- Pohyblivá vedení musí být na místech mechanického namáhání instalována viditelně a odpovídat minimálně provedení H07RN-F.

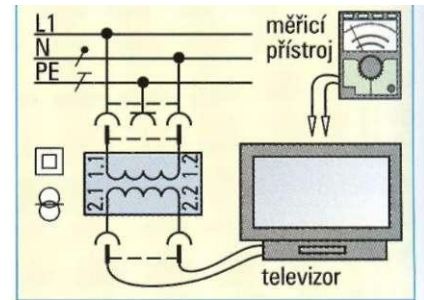
Místní vyrovnání potenciálu, bez spojení se zemí. Pokud napájí oddělovací transformátor více elektrických zařízení (**obr. 2**), musí mít všechny vidlice na výstupní straně ochranné kontakty, které jsou navzájem spojeny neuzemněným, místním vodičem vyrovnání potenciálu. Připojovací vedení přístrojů, kromě přístrojů s ochrannou izolací, musí mít zelenožluté ochranné vodiče. Používají se jako vodiče pro vyrovnání potenciálu.

Při výskytu dvou izolačních závad v oddělených elektrických zařízeních a ve vodičích s rozdílným potenciálem, musí vedením PA (vodič vyrovnání potenciálu) procházet vypínací proud nadproudové ochrany.

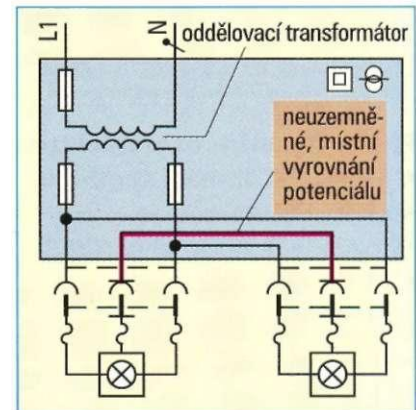
Ochranné oddělení na vodivém stanovišti. V jednom obvodu s ochranným oddělením mohou dvě nezávislé závady, např. zkrat na kostru a zkrat se zemí (**obr. 3**), vytvořit nebezpečné dotykové napětí.

Na zvláště ohrožených vodivých stanovištích, např. při stavbě lodí nebo ocelových konstrukcí, musí být kostra elektrického zařízení spojena s vodivým stanovištěm odděleným, viditelně instalovaným vodičem vyrovnání potenciálu (**obr. 4**). Jeho průřez je dimenzován podle ČSN 33 2000-5-54 a je minimálně 6 mm² mědi.

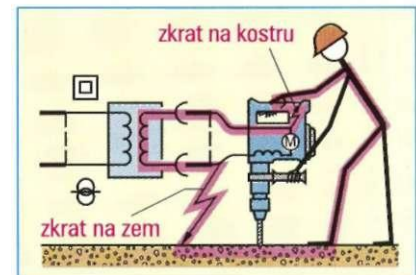
Při zvláštním ohrožení vlivem vodivého stanoviště smí být k oddělovacímu transformátoru připojen jen jeden spotřebič.



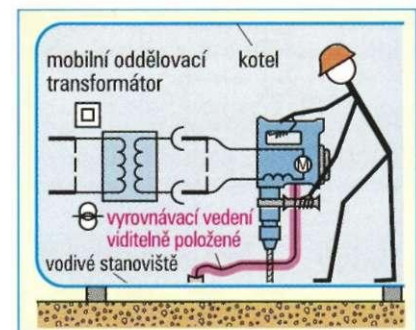
Obr. 1: Ochranné oddělení transformátorem



Obr. 2: Ochranné oddělení u několika elektrických zařízení



Obr. 3: Ohrožení života současným výskytem dvou závad



Obr. 4: Vyrovnávací vedení při zvláštním ohrožení

Otázky pro opakování

- 1 Vysvětlete podmínky uzemnění v síti TT.
- 2 Proč není v síti IT nutné vypnutí při první závadě?
- 3 Jaká ochranná zařízení jsou přípustná v sítích IT?
- 4 Jmenujte druhy provedení ochranné izolace.
- 5 Jaký stupeň krytí musí mít minimálně elektrická zařízení s ochrannou izolací?
- 6 Za jakých předpokladů je při ochranném oddělení povoleno připojení několika elektrických zařízení na jeden oddělovací transformátor?

10.6 Kontrola ochranných opatření

Na elektrickém zařízení musí být po instalaci před prvním uvedením do provozu, po rekonstrukci nebo rozšíření provedena výchozí revize v souladu s ČSN 33 2000-6-61 (Přehled).

10.6.1 Vizualní kontrola



Již při montáži zařízení je možno vizuálně kontrolovat, jestli jsou instalovaná vedení a kabely správně zvoleny a zda jsou pojistky a jističe správně dimenzovány.

Vizuálně se kontroluje také, zda neutrální, ochranný vodič nebo vodič PEN nejsou uvolněny nebo odpojeny a zda je dodrženo předepsané barevné označení. K vizuální kontrole také patří kontrola všech spojení a zjištění zda nejsou elektrická zařízení poškozena (**tabulka 1**).

Vizuální kontrola se provádí před vyzkoušením a měřením při vypnutém zařízení.

10.6.2 Kontrola zkoušením a měřením (dle ČSN 33 2000-6-61)

K průběžné kontrole ochranného vodiče, vyrovnání hlavního potenciálu a místního potenciálu se používá zdroj proudu s napětím naprázdno od 4 V do 24 V a se zkušebním proudem 0,2 A.

 Izolační odpor, str. 190
 Odpor vypínací smyčky, str. 192

V elektrických zařízeních sítě TN nebo TT se musí měřit izolační odpor a odpor smyčky všech aktivních vodičů, tzn. fázových a neutrálního vodiče proti zemi.

Jednopolové spínací zařízení, např. vypínače v obvodech osvětlení, smějí odpojovat jen fázový vodič, ale ne neutrální vodič.

Úbytek **napětí**. V zařízeních, která připouštějí jen nepatrný úbytek napětí, např. rentgeny, nebo počítače, je zvláště důležité překontrolovat zda úbytek napětí na vedení nepřekračuje povolenou mezní hodnotu 3 % jmenovitého napětí (**str. 110**).

Zásuvky na trojfázový proud se musí připojit tak, aby se pro trojfázový motor vytvořilo **pravotočivé elektromagnetické pole**. To se zajistí tak, že fázové vodiče L1, L2 a L3 jsou při pohledu na zásuvku připojeny ve smyslu hodinových ručiček (**str. 78**). Ke kontrole točivého pole se používá indikátor sledu fází. Další kontroly zkoušením a měřením jsou uvedeny v **tabulce 2**.

Zkoušením a měřením zjistíme, jestli zařízení splňuje svoji funkci a jestli jsou ochranná opatření účinná.

Přehled: Kontrola ochranných opatření

- vizuální kontrola (prohlídka)
- přezkoušení a měření

Tabulka 1: Vizualní kontrola
(podle ČSN 33 2000-6-61)

- Přítomnost všech krytů a pouzder
- Správnost volby vodičů a kabelů
 - podle uložení
 - podle zatížení
 - podle přípustného úbytku napětí
- Výběr ochran a kontrol a nastavení spouštěcího proudu ochrany
- Barevné označení a připojení neutrálního a ochranného vodiče
- Označení elektrických obvodů a elektrických přístrojů v zařízení a v podkladech pro zapojení (v dokumentaci)
- Poklady pro zapojení, např. přehledové plány a proudová schémata

Tabulka 2: Kontrola zkoušením a měřením
(podle ČSN 33 2000-6-61)

- Kontrola celistvosti:
 - ochranného vodiče,
 - vyrovnání hlavního potenciálu a
 - dodatečného vyrovnání místního potenciálu
- Kontrola bezpečného oddělení u:
 - ochranného oddělení obvodů
 - obvodů SELV a PELV
- Kontrola polarity napětí. Jednopolové vypínače mohou být připojeny jen k fázovému vodiči.
- Měření izolačního odporu mezi vodiči L1, L2, L3 a N a ochranným vodičem
- Určení spouštěcího proudu ochrany v elektrických obvodech s automatickým odpojením
- Měření přípustného úbytku napětí
- Měření zemního odporu
- Měření odporu izolujících podlah a stěn v nevodivých prostorech
- Kontrola sledu fází u zásuvek na trojfázový proud
- Zkouška funkce, např. blokování u pohonů nebo bezporuchového chodu u řízení

Malé napětí. U obvodů bezpečného malého napětí (SELV) a ochranného malého napětí s bezpečným odpojením (PELV) nesmí být vodivé spojení s elektrickými obvody s vyšším napětím. Obvody SELV musí být bezpečně odděleny od uzemněných částí.

Vidlice pro malé napětí nesmí být zasunutelné do vidlic s vyšším napětím. Požadavky na kontrolu a přípustná jmenovitá napětí jsou uvedeny v **tabulce 1**, minimální hodnoty izolačního odporu v **tabulce 2**.

Ochranné oddělení. U transformátorů k připojení elektrických zařízení nesmí mít výstupní zásuvka ochranný kontakt.

Mezní hodnoty napětí při ochranném oddělení:

- vstupní napětí max. 1000 V,
- výstupní napětí max. 500 V.

Oddělovací transformátory pro několik elektrických zařízení musí mít výstupní zásuvky s ochrannými kontakty které jsou spojeny **neuzemněným vodičem vyrovnání potenciálu**. Na výstupu transformátoru jsou ve všech fázích nadproudové ochrany (**obr. 1**). Při současném výskytu dvou izolačních závad ve vodičích s různým potenciálem (**obr. 1**), musí nadproudová ochrana odpojit. Zdroje proudu pro ochranné oddělení musí mít ochrannou izolaci.

10.6.4 Měření izolačního odporu

Izolační odpor v elektrických zařízeních se v měří ve stavu bez napětí mezi fázovým vodičem a zemí (**obr. 2**). Nesmí mít menší hodnotu než hodnoty uvedené v **tabulce 2**. Místo země se používá uzemněný ochranný vodič nebo vodič PEN. K měření jsou všechny vypínače v poloze „zapnuto“, aby byl při měření zjištěn i izolační odpor vedení k vypínačům.

Vliv kapacity, např. mezi vodiči můžeme vyloučit, pokud k měření použijeme stejnosměrné napětí (**tab. 2**). Aby měření bylo co nejméně náročné, mohou být během měření fázové vodiče spojeny s neutrálním vodičem.

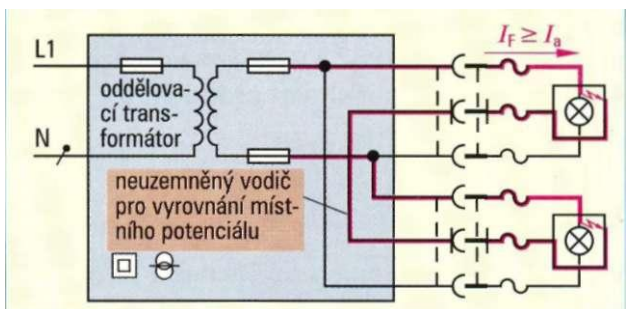
V elektrických obvodech s elektronickými zařízeními, např. se stmívači, je třeba před měřením spojit fázový vodič s neutrálním.

Tabulka 1: Požadavky na kontrolu malého napětí a ochranného oddělení (podle ČSN 33 2000-6-61)

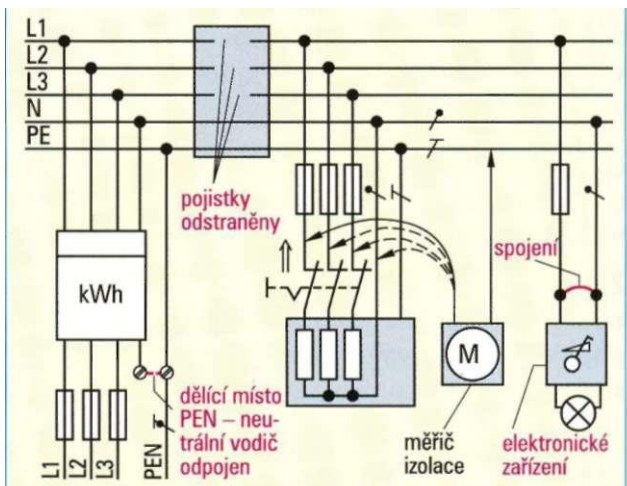
Ochranné opatření	Požadavky na kontrolu
malé napětí • obvody SELV • obvody PELV	• měření jmenovitého napětí: AC: $U_n \leq 50$ V popř. 25 V DC: $U_n \leq 120$ V popř. 60 V • měření izolačního odporu aktivních částí proti zemi
ochranné oddělení • jeden spotřebič • více spotřebičů	• měření izolačního odporu aktivních částí proti zemi • měření impedance vypínací smyčky • vypnutí při dvojitě závadě: chybový proud $I_f \geq$ vypínací proud I_a

Tabulka 2: Minimální izolační odpory a měřicí napětí (podle ČSN 33 2000-6-60)

Druh elektrického obvodu	Izolační odpor	Měřicí napětí
SELV a PELV: AC 50 V popř. DC 120 V AC 250V popř. DC 60V	$\geq 0,25$ M Ω	DC 250 V
Elektrické obvody všeobecné: AC, DC do 500 V AC, DC nad 500 V	$\geq 0,5$ M Ω $\geq 1,0$ M Ω	DC 500 V DC 1000 V



Obr. 1: Ochranné oddělení u několika elektrických zařízení



Obr. 2: Měření izolačního odporu

K měření izolačního odporu mezi fázovými vodiči a zemí (vodič PE nebo PEN) se používají měřicí přístroje s vlastním zdrojem napětí (**obr. 1**). Tyto měřicí přístroje jsou vhodné k měření izolačního odporu v obvodech malého napětí, v obvodech s ochranným oddělením nebo k měření v sítích TN, TT a IT (sítě nízkého napětí).

Velikost měřicího napětí je závislá na jmenovitém napětí měřeného elektrického obvodu (**tab. 2, str. 190**). Měřicí přístroj musí vytvořit měřicí proud min. 1 mA,

Izolační odpor v nevodivých prostorech. Izolační odpor R_x izolujících podlah nebo stěn (**obr. 2**) se má měřit při každém měření minimálně na třech místech.

Měření se má provádět při daném jmenovitém napětí a jmenovitém kmitočtu.

Obvykle se měření provádí při síťovém střídavém napětí. Jsou ale povoleny i přístroje s oddělovacími transformátory nebo se zdrojem nezávislým na síti.

Při měření se určuje napětí U_0 (vnější vodič proti zemi) a napětí U_x (vnější vodič proti kovové desce). Izolační odpor izolující podlahy nebo izolující stěny se vypočítá ze změřených napětí a vnitřního odporu voltmetru (**příklad**).

Vnitřní odpor voltmetru:

- charakteristická hodnota: $r_k > 0, 7 \text{ k}\Omega/\text{V}$
- **vnitřní odpor: $R_i < 500 \text{ k}\Omega$.**

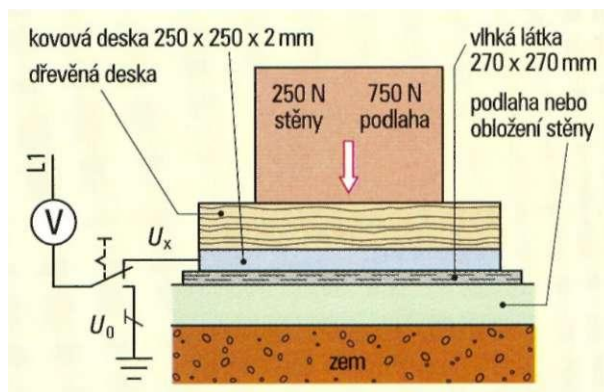
Pokud jsou v nevodivém prostoru vodivé části, např. topná tělesa, je třeba jedno ze tří měření provést ve vzdálenosti 1 m od vodivé části.

Otázky pro opakování

- 1 Jmenujte příklady kontroly: a) prohlídkou, b) zkoušením a měřením.
- 2 Na co musíme dbát při připojení zásuvek na trojfázový proud?
- 3 Jaké napětí je přípustné pro obvody malého napětí SELV a PELV?
- 4 Proč musí být u oddělovacích transformátorů pro několik elektrických zařízení neuzemněný vodič na vyrovnání potenciálu?
- 5 Jaký je předepsaný minimální izolační odpor v elektrických obvodech s $U_n = 400 \text{ V}$?
- 6 Popište měření izolačního odporu podlah v nevodivých prostorech.



Obr. 1: Měřicí přístroje podle ČSN 345610 a ČSN 345611 ke kontrole ochranných opatření v elektrických zařízeních



Obr. 2: Měření izolačního odporu u izolujících podlah nebo stěn

Izolační odpor

$$R_x = R_i \cdot \frac{U_0 - U_x}{U_x}$$

R_x odpor izolující podlahy nebo stěny proti zemi

R_i vnitřní odpor voltmetru

U_0 napětí mezi fázovým vodičem a zemí

U_x napětí mezi fázovým vodičem a kovovou deskou

Příklad:

V nevodivém prostoru se měří izolační odpor podlahy voltmetrem s vnitřním odporem $R_i = 300 \text{ k}\Omega$.

Naměřené hodnoty napětí: $U_0 = 228 \text{ V}$; $U_x = 145 \text{ V}$
Vypočtete izolační odpor izolující podlahy.

Řešení:

$$R_x = R_i \cdot \frac{U_0 - U_x}{U_x} = 300 \text{ k}\Omega \cdot \frac{228 \text{ V} - 145 \text{ V}}{145 \text{ V}} = 172 \text{ k}\Omega$$

10.6.5 Zkoušky trojfázových zařízení

Sítě **TN**. V síti TN musí v případě poruchy procházet ochranným zařízením (jističe nebo pojistky) minimálně vypínací proud I_{af} aby byla ochrana v průběhu požadované doby spuštěna (tabulka). Proud I_{af} potřebný ke spuštění ochrany, získáme z charakteristické křivky nadproudové ochrany proud-čas (zadní stránka obálky).

Zkratový proud I_k v poruchové smyčce lze změřit nebo vypočítat z hodnot impedance smyčky Z_s a jmenovitého napětí U_0 ($I_k = U_0 / Z_s$).

Měření impedance ochranné smyčky. Impedance ochranné smyčky elektrického obvodu (zdánlivý odpor transformátoru a odpor systému vedení) se měří v každém obvodu na zásuvce, která je nejvzdálenější od zdroje proudu (rozdávěče) (obr. 1). Měření impedance ochranné smyčky se může provést podle zapojení na obr. 1.

Princip měření. Při vypnutém vypínači S1 nejprve změříme napětí mezi fázovým a ochranným vodičem. Pak zapojíme vypínačem S1 zkušební rezistor/?_p. Přitom změříme napětí U a proud I .

Impedance ochranné smyčky se vypočte ze vztahu $Z_s = (U_0 - U) / I$ (příklad). Přístroje pro měření impedance ochranné smyčky (obr. 1, str. 191) ukazují kromě odporu smyčky většinou přímo také zkratový proud.

Příklad:

V zásuvce v nezatíženém stavu je naměřeno napětí $U_0 = 231$ V (obr. 1). Při zatížení proudem $I = 7$ A je napětí $U = 228$ V.

Proveďte, zda ochranný vypínač vedení, typ B 13 A v případě poruchy vypne.

Řešení:

$$Z_s = \frac{(U_0 - U)}{I} = \frac{(231\text{V} - 228\text{V})}{7\text{A}} = 0,43\ \Omega;$$

$$I_k = \frac{U_0}{Z_s} = \frac{231\text{V}}{0,43\ \Omega} = 539\text{A}$$

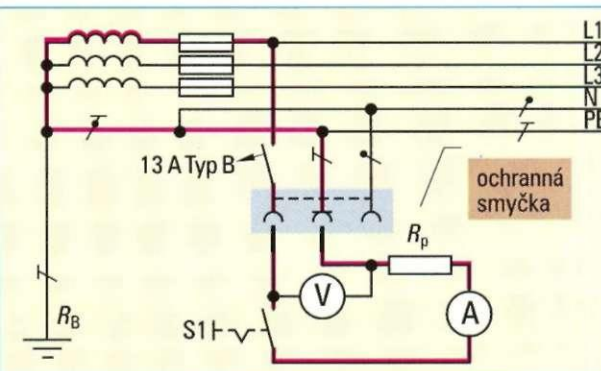
Z tabulky na zadní straně obálky:

Ochranný vypínač typ B vypíná při $I_a = 5 \cdot I_n = 5 \cdot 13\text{A} = 65\text{A}$ a v průběhu přípustné doby vypnutí 0,4 s nebo M 25 (tabulka 2).

Měření zemního odporu. Měření zemního odporu (obr. 2) se může provádět nepřímo měřením proudu a napětí nebo měřicím přístrojem podle obr. 1, str. 193. Pokud stoupne napětí na zemniči při měření nad U_L 50 V, popř. 25 V, musí být měření přerušeno.

Tabulka: Vypínací doby v síti TN
(podle ČSN 33 2000-4-4)

Elektrické obvody a jmenovité napětí	Vypínací doba
obvody s: $U_0 \leq 230\text{V}$	$\leq 0,4\text{ s}$
$U_0 \leq 400\text{V}$	$\leq 0,2\text{ s}$
$U_0 > 230\text{V}$	$\leq 0,1\text{ s}$
• rozvody v budovách • koncové obvody rozvodů jen s pevně připojenými elektrickými zařízeními	$\leq 5\text{ s}$



Obr. 1: Měření impedance ochranné smyčky

Impedance smyčky

$$Z_s = \frac{U_0 - U}{I} \quad I_k = \frac{U_0}{Z_s}$$

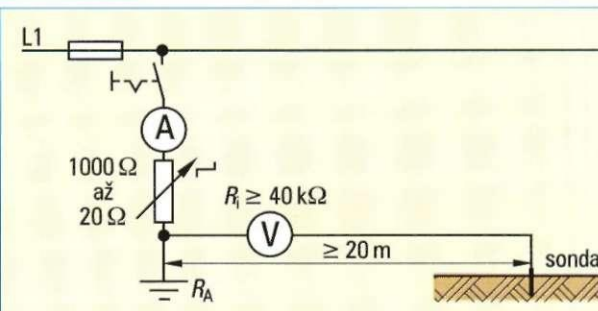
Z_s impedance smyčky

U_0 napětí mezi nezatíženým fázovým vodičem a vodičem PE popř. PEN

U napětí mezi zatíženým fázovým vodičem a vodičem PE popř. PEN

I proud při zatížení

I_k zkratový proud



Obr. 2: Měření zemního odporu

Zemní odpor

$$R_A = \frac{U_E}{I_E} \quad R_A = \frac{U_L}{I_a} \quad R_A = \frac{U_L}{I_{\Delta n}}$$

R_A zemní odpor

U_E napětí na zemnění při měření

I_E proud na zemnění při měření

$I_a, I_{\Delta n}$ proud spouštějící ochranu

U_L přípustné dotykové napětí

Sít' TT. V síti TT je nutno prověřit, zda části, jichž je možné se současně dotknout a jsou připojeny ke společné ochraně, mají také společné zemnění. V případě poruchy musí nadproudová ochrana odpovídat charakteristice „kratší vypínací doba při stoupajícím proudu“, tzn. tavné pojistky nebo tepelná ochrana musí vypnout v průběhu 5 s. V elektrických obvodech s nadproudovými jističi musí vypnutí nastat neprodleně a v obvodech se selektivními RCD do 1 s. Dotykové střídavé napětí nesmí při tom překročit hodnotu 50 V, popř. 25 V.

Součin zemního odporu R_A a vypínacího proudu ochrany I_a nesmí překročit hodnotu střídavého napětí $U_L = 50$ V, popř. 25 V.

Sít' IT. V síti IT nesmí být uzemněn žádný fázový vodič. Uzemnění zdroje proudu, např. uzlu hvězdy nebo fázového vodiče, je přípustné přes velkou impedanci. Všechna zařízení musí být jednotlivě, skupinově nebo jako celek spojena jedním uzemněným ochranným vodičem.

Součin zemního odporu R_A a poruchového proudu I_a nesmí překročit hodnotu střídavého napětí $U_L = 50$ V.

Pokud klesne izolační odpor v síti IT na hodnotu menší než 50 k Ω , musí spustit kontrola izolačního stavu optický a (nebo) akustický signál. Zařízení na kontrolu izolačního stavu můžeme zkontrolovat umělým zkratem. Při druhé poruše musí být zařízení v průběhu požadované doby odpojeno (**tabulka str. 186**). Souhrn požadavků a způsob kontroly v sítích TN, TT a IT je uveden v **tabulce**.

10.6.6 Kontrola ochranných zařízení na bázi chybového (poruchového) proudu proudového chrániče (RCD)

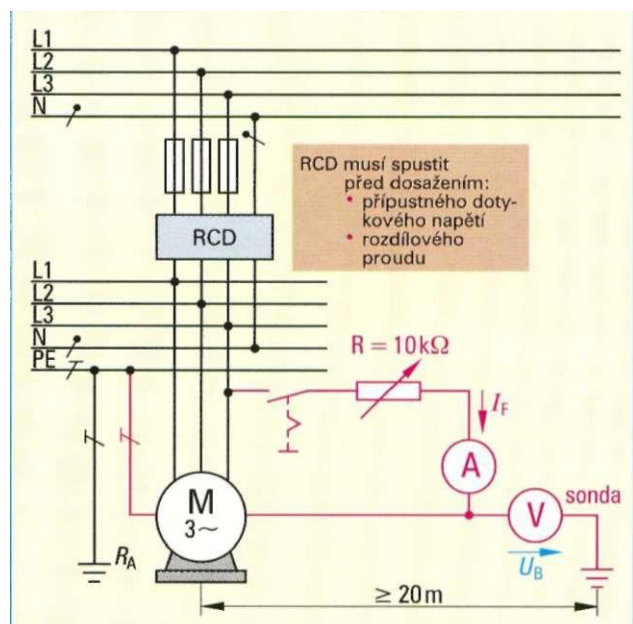
Proudový chránič (RCD) můžeme zkusit zkušebními přístroji (**obr. 1**) nebo vytvořením poruchového proudu, např. simulací zkratu (**obr. 2**). Přitom se měří spouštěcí proud I_a a vzniklé dotykové napětí U_b . Ochrana musí zapůsobit, dříve než je dosažen rozdílový proud $I_{\Delta n}$ nebo přípustné dotykové napětí U_L .

U ochrany s RCD nesmí být neutrální vodič za ochranou spojen s ochranným vodičem nebo vodičem PEN.

Tabulka: Zkoušení v sítích TN, TT a IT	
Systém	Zkoušení a požadavky
TN	<ul style="list-style-type: none"> měření izolačního odporu: strana 190 měření impedance ochranné smyčky: strana 192 měření zemního odporu: strana 192 – I_a musí v případě poruchy spustit ochranu
TT	<ul style="list-style-type: none"> měření izolačního odporu měření zemního odporu – při spuštění ochrany musí být $U_B \leq U_L = 50$ V popř. 25 V
IT	<ul style="list-style-type: none"> měření zemního odporu zkoušení zařízení na kontrolu izolace – provést umělý zemní zkrat spuštění ochrany při druhém zkratu



OBR. 1: ZKUŠEBNÍ PŘÍSTROJ PRO PROUDOVÉ CHRÁNIČE (RCD), MĚŘENÍ IMPEDANCE SMYČKY A UZEMNĚNÍ



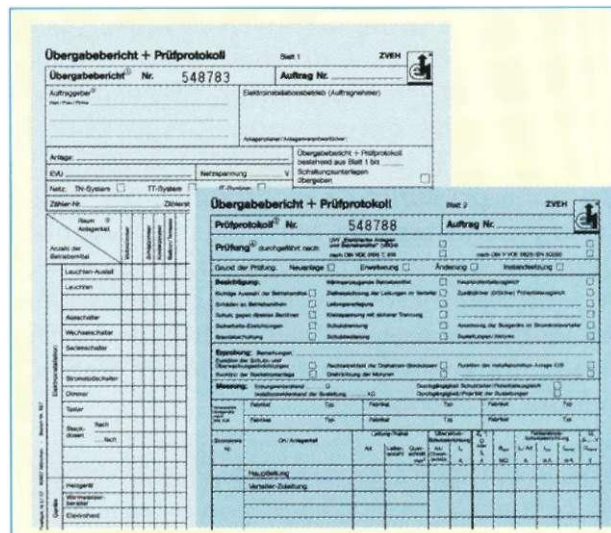
OBR. 2: KONTROLA RCD (PROUDOVÉ CHRÁNIČE)

Při kontrole proudového chrániče v síti TT se měří dotykové napětí mezi živou částí (kostrou) elektrického zařízení a sondou, která je umístěna mimo vliv zemnění tělesa R_A , tzn. pokud možno ve vzdálenosti 20 m od zemnění R_A (obr. 2, str. 193).

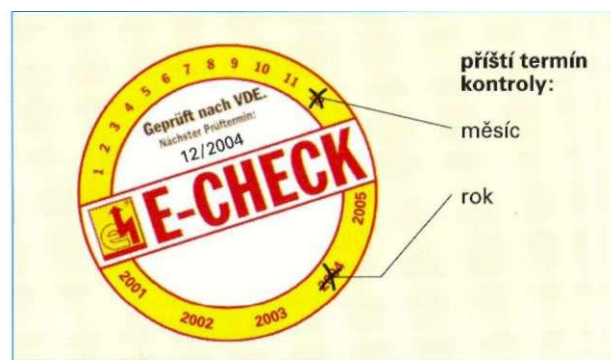
Předávací zpráva a zkušební protokol. Výsledek vizuální kontroly a hodnoty získané měřením, např. impedance smyčky Z_s , zemnicí odpor R_A nebo dotykové napětí U_b se zaznamenávají do protokolu o výchozí revizi (obr. 1).

Opakované zkoušky. Elektrická zařízení podléhá stárnutí a provoznímu opotřebení. Aby byla zachována bezpečnost elektrických zařízení, jsou v ČSN 33 2000-6-61 předepsány lhůty pro revize elektrických zařízení v provozu (tabulka).

E-Check pro elektrická zařízení. V ČSN 33 2000-6-61 je požadavek také na pravidelnou kontrolu elektrických zařízení v obytných budovách. Tato kontrola není pro soukromá zařízení povinná ze zákona. E-Check pro zařízení a přístroje je však účinná prevence, která potvrzuje vlastníku správný a bezpečný stav zařízení. Jako důkaz bezpečnosti vystaví odborná firma po přezkoušení zařízení a přístroje známku o přezkoušení E-Check (obr. 2).



Obr. 1: Protokoly výchozí revize elektrického zařízení (v ČR se používají odlišné formuláře)



Obr. 2: Znamka o přezkoušení „E-Check“

Tabulka: Kontroly a termíny přezkoušení pro elektrická zařízení		
Zařízení	Lhůta přezkoušení	Druh zkoušky
elektrická zařízení	před prvním uvedením do provozu, po změnách	přezkoušení řádného stavu; nová zařízení se kontrolují jen tehdy, pokud není osvědčení výrobce
zařízení s pevným přívodem	minimálně každé 4 roky	
mobilní provozní prostředky	minimálně každých 6 let	
ochranná opatření s RCD • v zařízeních s pevným přívodem • v zařízeních s pohyblivým přívodem	. min. jednou za měsíc . každý pracovní den	zkoušet účinnost zkoušet funkci RCD
zkoušečky napětí, izolované nářadí a ochranná zařízení	před každým použitím	kontrola bezvadné funkce a zjevných závad

Otázky pro opakování

- Jmenujte příklady kontroly prohlídkou.
- Jaké minimální izolační odpory jsou předepsány: a) v elektrických obvodech s malým napětím, b) v elektrických obvodech s provozním napětím do 500 V?
- Vysvětlíte a) funkční zkoušku RCD, b) kontrolu ochrany s RCD.
- Popište měření izolačního odporu.
- Jaká lhůta pro přezkoušení platí pro RCD v zařízeních s pevným přívodem?

11 Obvody a jejich součástky v elektronice

11.1 Plošné spoje

Plošné spoje (**obr. 1**) jsou konstrukčně jednoduché a přebírají spolehlivě funkci elektrického propojení i funkci mechanického upevnění součástek. Jsou přehledné a snadno se montují. Plošné spoje je možné vyrábět a osazovat velmi efektivně.

11.1.1 Konstrukce desky s plošnými spoji

Deska plošných spojů (**obr. 2**) se skládá z **nosné desky** a vodivých fólií. Jako materiál nosné desky se používají různé izolanty (**přehled**).

Papír tvrzený fenolovou a epoxidovou pryskyřicí se např. používá v rozhlasové a televizní technice a u měřicích přístrojů. Epoxidová skelná tkanina se využívá pro velmi kvalitní plošné spoje, např. pro počítače. Pro výrobu ohebných fólií s plošnými vodiči (plochých propojek) se jako základní materiál používá polyesterová fólie.

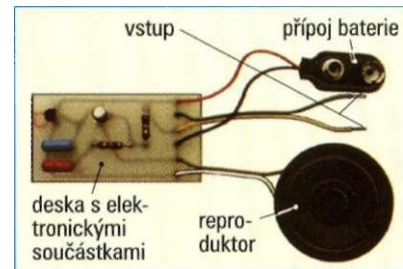
Základní materiál desky plošných spojů je potažen jednostranně nebo oboustranně měděnou fólií (**obr. 2**). Tloušťka měděné fólie je většinou 35 μm nebo 70 μm . Celková tloušťka desky tzn. izolační látky a fólie, může být 0,5 mm až 3,2 mm. Standardní tloušťky jsou 1,0 mm, 1,5 mm, 1,6 mm a 2 mm. Velikost desek se volí podle použití. Často se používá tzv. evropský formát (100 mm x 160 mm).

11.1.2 Výrobní technologie

Při výrobě plošných spojů rozlišujeme subtraktivní a aditivní techniku.

Subtraktivní technika. Při subtraktivní technice se vytvoří pozitivní obraz vodivých drah odolných proti leptání. Při procesu leptání se odstraní zbývající měď z měděné vrstvy. K leptání plošných spojů se používají roztoky z chloridu železitého nebo síranu amonného.

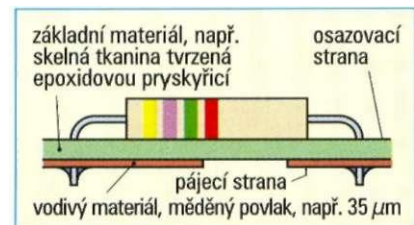
Obraz vodivých drah se může nakreslit, nalepit, natisknout nebo vyrobit pomocí počítačového programu. Symboly, např. pájecí očka, se mohou nalepit nebo nanést. Na vodivé dráhy je možno použít ohebné pásky. Tak se dají vytvořit také oblouky (**obr. 3**). K připojení součástek se používají **pájecí očka**. Vyrytí pomocí fólie se provádí tvrdým hrotem, např. kuličkovým perem (**obr. 4**). K výrobě plošných spojů se používá také **fototechnika** nebo **sítotisk (přehled, str. 196)**. Fototechnika je vhodná pro výrobu jednotlivých plošných spojů s velkou přesností. Obraz vodivých drah se nakreslí, nalepí nebo vyryje na průsvitný papír nebo na fólii. Tomu se říká **layout** (náčrt či struktura). Obraz se pak přenesou průhlednou vrstvou ultrafialovou lampou (např. rtuťovou lampou) na destičku pokrytou fotocitlivou látkou (**přehled, str. 196**). Po osvětlení se deska vyvíjí a leptá. Části, které nebyly osvětleny, jsou chráněny před odleptáním zbývající vrstvou.



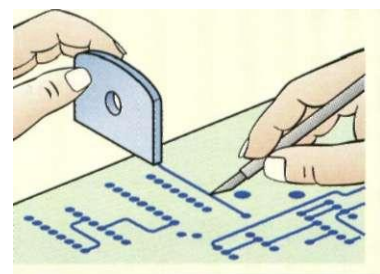
Obr. 1: Plošný spoj průchozí zkoušečky (str. 197)

Přehled: Základní materiály

- Papír tvrzený fenolovou pryskyřicí
- Tkanina tvrzená epoxidovou pryskyřicí
- Skelná tkanina tvrzená epoxidovou pryskyřicí
- Polyesterová fólie
- Keramika



Obr. 2: Řez osazenou deskou

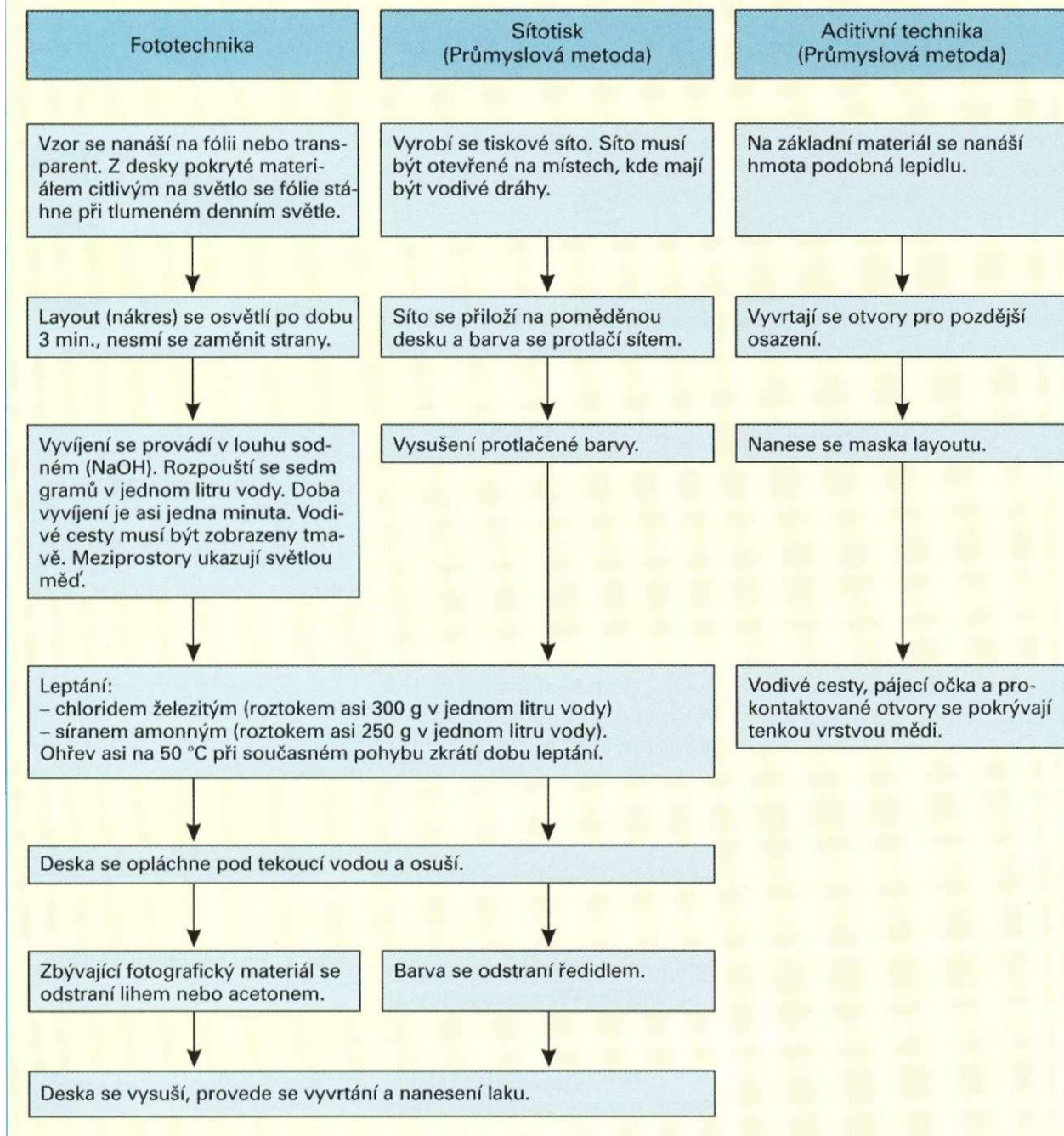


Obr. 3: Nanášení lepících pásek



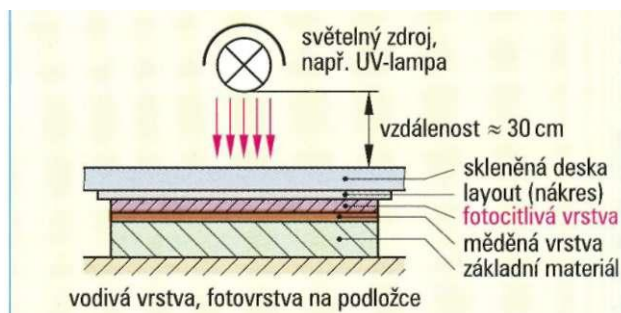
Obr. 4: Vyrytí pájecích oček

Přehled: Výroba plošných spojů



Sítotisk (přehled) se používá v průmyslu. Touto metodou se vyrábějí plošné spoje ve velkých sériích.

Při aditivní technice se odlučováním nanášejí měděné cesty. Jako základní materiál se používá nepokovený materiál. Výhodou aditivní techniky je možnost výroby nejmenějších vodivých cest, např. 0,1 mm, s minimálními vzájemnými vzdálenostmi i při velkých sériích.



Obr.: Uspořádání fotocitlivé vodivé vrstvy pro osvětlení

11.1.3 Výroba plošného spoje na příkladu průchozí zkoušečky

Pravidla pro návrh plošného spoje. Motiv plošných spojů se vyhotoví jako layout (nákras), např. v měřítku 1:1, nebo se přímo přenáší na měděnou vrstvu desky. Aby se zvětšila přesnost, zhotovují se někdy zvětšeniny v měřítku 2:1 a pak se fotograficky zmenšují. K tomu je třeba znát rozměry součástek, které mají být použity.

Rozměr rastru (mřížky). Je třeba dodržet normalizovaný rozměr 2,54 mm (1/10 palce) nebo 2,50 mm. Rozměr 2,54 mm je běžný u tranzistorů a integrovaných obvodů. Rozteč přípoju součástek je 2,54 mm nebo násobky tohoto rozměru.

Průměr pájecích oček. Má být dvojnásobek až trojnásobek průměru spojovacího vodiče. Očko vyvedené na vodivou dráhu musí být tak široké, aby splňovalo mechanické i elektrické požadavky.

Vodivá dráha o tloušťce 35 μm , široká 1 mm může přenášet proud 1 až 2 A.

Vedení vodivých drah. Vzdálenost vodivých drah mezi sebou nemá být z izolačních důvodů menší než 0,5 mm. Pokud je na plošném spoji vedeno napětí 230 V, musí být z bezpečnostních důvodů min. vzdálenost mezi vodivými drahami a pájecími místy 3 mm. Vodivé dráhy mají být vedeny se zaoblenými (tabulka). Zaoblení umožňují přesné odleptání vodivých drah. K rozdělení proudu se doporučuje hvězdicový tvar (tabulka).

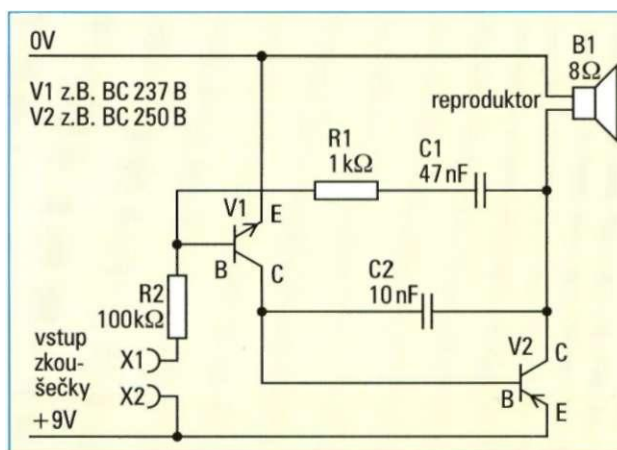
Plošný spoj průchozí zkoušečky.

Použití. Zkoušečkou se zjišťuje např. u vodičů průchodnost nebo přerušeni. Při průchodu zazní zkušební tón. Bzučák může být na mechanickém nebo elektronickém principu.

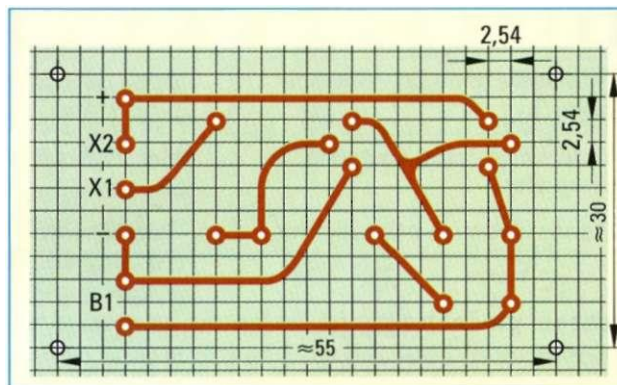
Elektronické zkoušečky (obr. 1) mají malý zkušební proud. Dají se s nimi zkusit na průchodnost a polaritu i citlivé součástky jako diody nebo tranzistory. Výška tónu se mění podle hodnoty zkoušeného rezistoru. Čím větší je hodnota rezistoru, tím nižší je zkušební tón.

Výroba. Nejnáročnější práce při výrobě plošného spoje je optimální návrh vedení vodivé cesty. Při tvorbě návrhu se začíná nejprve s pájecími oky

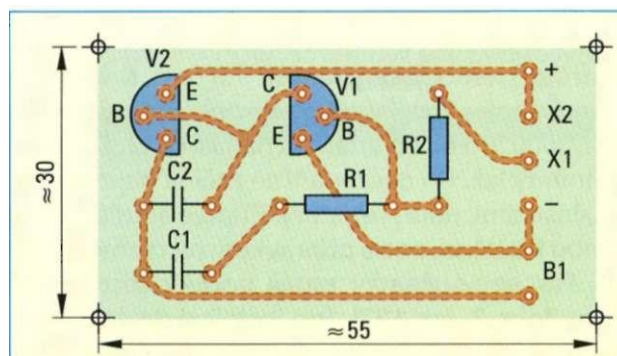
Tabulka: Vedení vodivých drah u plošných spojů						
správně						
nesprávně						



Obr. 1: Schéma průchozí zkoušečky



Obr. 2: Layout (nákras) průchozí zkoušečky měřítko M 1:1 (strana vodivých drah)

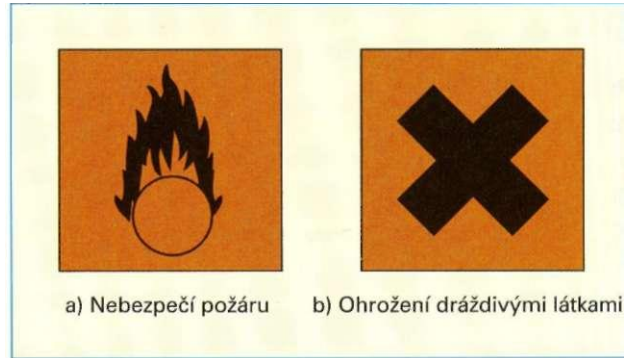


Obr. 3: Osazovací plán zkoušečky (zrcadlově obráceně k layoutu)

(obr. 2, str. 197). Jsou v průsečíku dvou rastrových linek. Při nedostatku místa nebo u velmi malých desek je možno rezistory a kondenzátory umístit vertikálně.

Ochrana před úrazy a poškozením při leptání.

Látky používané k leptání jsou dosti nebezpečné při styku se zrakem, pokožkou a oblečením. Proto je při styku s těmito látkami nutné nosit ochranné brýle a pryžové zástěry. Pokud dojde k postříkání kůže nebo oblečení, je nutno postižená místa omýt velkým množstvím vody. Pracovní místnosti je nutno dobře větrat, aby nedošlo ke koncentraci uvolněných škodlivých výparů. Použité roztoky se musí odstranit podle příslušných předpisů. K uchopení destiček při leptání se používají plastové pinzety. Zíraviny, jako např. síran sodný, se označují symbolem nebezpečné látky „nebezpečí požáru“ (obr. 1a) a „ohrožení dráždivými látkami“ (obr. 1b).

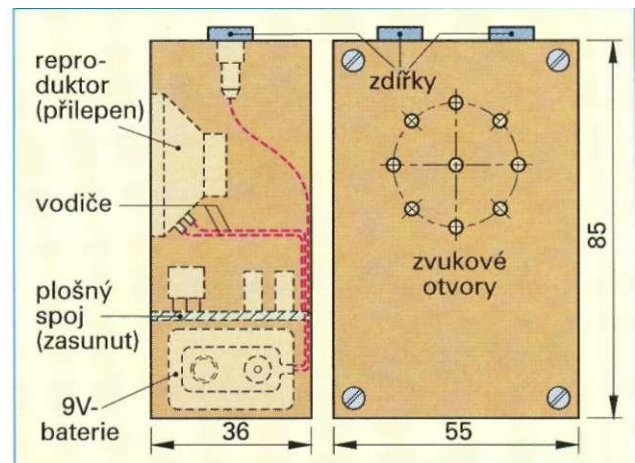


Obr. 1: Symboly upozorňující na nebezpečné látky

Příčiny chyb a ochrana před nehodami při vyvíjení a leptání. Při vyvíjení a leptání plošných spojů je nutno předcházet chybám (tabulka).

Tabulka: Chyby při vyvíjení a leptání plošných spojů	
Možné chyby	Příčiny, popř. jejich odstranění
Deska se nedá vyvíjet	Předloha nepropouští světlo, doba osvětlení je příliš krátká, světelný zdroj má nedostatečnou ultrafialovou složku, vývojka je spotřebována.
Vodivé cesty mají po vyvíjení slabý kontrast	Vodivé dráhy layoutu nejsou světlotěsné, doba osvětlení je příliš dlouhá, roztok vývojky příliš koncentrováný.
Fotovrstva je na nežádoucích místech	Doba osvětlení je příliš krátká, roztok vývojky příliš slabý, doba vyvíjení příliš krátká.
Vodivé cesty jsou částečně vyleptány	Vzor není při osvětlení těsně na desce, deska je příliš dlouho v lázni.
Proces leptání je příliš dlouhý	Lázeň nasycena (roztok obnovit), deska nedostatečně vyvinuta.

Osazení plošného spoje. Po leptání se musí vyvrtat otvory pro součástky. To se provádí na poměděné straně vodivé dráhy. Tím nevznikne ostří po vrtání. Průměry otvorů mají velikost přípojkových drátů součástek. Obvyklé otvory pro integrované obvody a tranzistory, jsou 0,8 mm, pro rezistory a kondenzátory 1 mm, pro trimr (malý otočný kondenzátor) nebo potenciometr 1,3 mm. K vyvrtání otvorů se používají vrtáky z tvrdého kovu (otáčky min. 3600 Vmin). Po vrtání se nanáší na plošný spoj ochranný lak. Při osazování se začíná nejmenšími součástkami, např. rezistory. Připoje součástek se ohnou kleštěmi, nebo přípravkem na rozměry rastrovu. Pak se součástky zapájí podle osazovacího plánu (obr. 3, str. 197). Pro instalaci desky se používá plastové pouzdro. Na místě pro reproduktor jsou nutné zvukové otvory (obr. 2). Pro připojení zkušebních vodičů se mohou instalovat svorky. Proud z baterie se odebírá jen při zkoušení a proto není nutný vypínač.



Obr. 2: Montáž zkušební desky v plastovém pouzdře

11.1.4 Příprava elektronických součástek

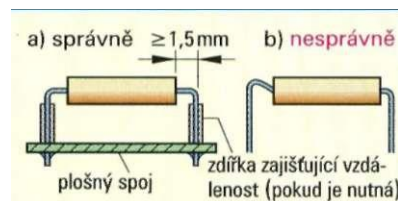
Rezistory a kondenzátory se v elektronice většinou zapájí, např. do plošných spojů.

U rezistorů je třeba dbát na dostatečný odvod tepla. To zaručí dostatečná vzdálenost od plošného spoje a od ostatních součástek. U tepelně velmi zatížených rezistorů o velkých rozměrech se mohou použít zdířky, které zvětší odstup (**obr. 1a**). Při ohýbání vývodů součástek je třeba dodržet minimální vzdálenost ke součástce (**obr. 1a**) 1,5 mm. Ohyb nesmí být přítom ostrý, musí být zaoblen (**obr. 1**). Vývod se ohýbá špičatými kleštěmi nebo ohýbací šablonou. Vývod nesmí být při ohybu namáhám v tahu, aby nedošlo k utržení. U součástek s radiálními přípoji, u fóliového kondenzátoru, není ohýbání vývodů přípustné. Kondenzátory se mohou položit přímo na plošný spoj. Aby nedošlo při pájení k poškození součástek, je třeba omezit teplotu pájedla na 280 °C a dobu pájení na čtyři sekundy.

Polovodičové součástky, např. diody nebo tranzistory, se většinou zapájí. K tomu se musí upravit vývody. Ohýbání vývodů přímo na tělísku je nepřijatelné. Musí být dodržena vzdálenost 1,5 mm, aby nedocházelo ke pnutí v materiálu a následkem toho k utržení. Ohýbání se provádí např. ostrými kleštěmi (**obr. 2**). U vývodů o průměru nad 0,5 mm není ohýbání dovoleno. Vývody se pak musí prodloužit vodiči.

Tvary pouzder tranzistorů, strana 210

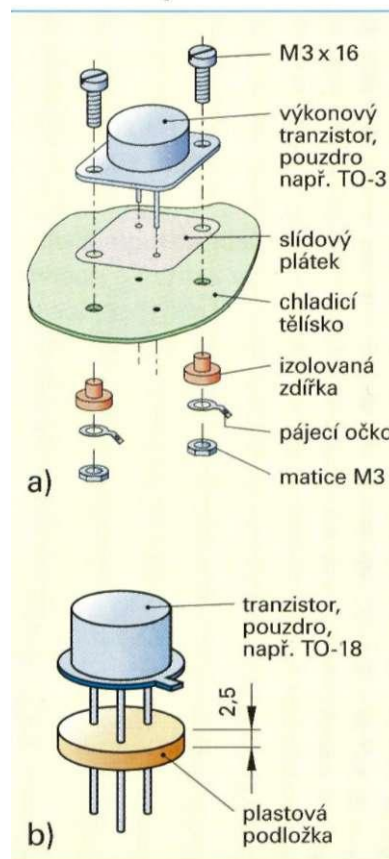
Montáž polovodičových součástek se musí provádět velmi pečlivě. Přitom je někdy nutné dávat pozor na izolaci. Izolované provedení je nutné, jestliže pouzdro součástky, např. kolektor výkonového tranzistoru, je spojeno s provozním napětím. Pokud použijeme chladič, musíme provést galvanické oddělení, většinou plátkem slídy mezi součástkou a chladičem (**obr. 3a**). Elektricky izolující plátek slídy zajišťuje potřebný přenos tepla. U tranzistorů s malým výkonem (signálem) nesmí být délka připojení menší než 2,5 mm. Abychom dodrželi tuto vzdálenost, můžeme tranzistor umístit na plastovou podložku (**obr. 3b**). Aby nedošlo k poškození součástek příliš vysokou teplotou pájení, je třeba udržovat teplotu pájedla kolem 245 °C. Nejdelší přípustná doba pájení je u vzdálenosti 5 mm 3 sekundy, při vzdálenosti nad 5 mm pak 5 sekund.



Obr. 1: Ohýbání vývodů součástek



Obr. 2: Ohýbání vývodů polovodičových součástek

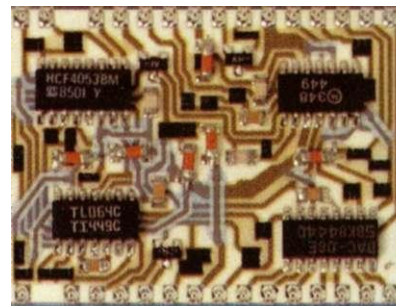


Obr. 3: Montáž polovodičových součástek

Glázky pro opakování
 Jaký má být odstup vývodu od plošného spoje?
 Jaký má být odstup vývodu od ostatních součástek?
 Jaký má být odstup vývodu od tělíska součástky?
 Jaký má být odstup vývodu od chladiče?
 Jaký má být odstup vývodu od plastové podložky?
 Jaký má být odstup vývodu od matice M3?
 Jaký má být odstup vývodu od pájecího oka?
 Jaký má být odstup vývodu od izolované zdířky?
 Jaký má být odstup vývodu od slídového plátku?
 Jaký má být odstup vývodu od chladičového tělíska?
 Jaký má být odstup vývodu od tranzistoru?
 Jaký má být odstup vývodu od tranzistorového pouzdra?
 Jaký má být odstup vývodu od tranzistorového pouzdra např. TO-18?
 Jaký má být odstup vývodu od tranzistorového pouzdra např. TO-3?
 Jaký má být odstup vývodu od tranzistorového pouzdra např. TO-18?
 Jaký má být odstup vývodu od tranzistorového pouzdra např. TO-3?
 Jaký má být odstup vývodu od tranzistorového pouzdra např. TO-18?
 Jaký má být odstup vývodu od tranzistorového pouzdra např. TO-3?

11.1.5 Technologie povrchové montáže (SMD)

Při výrobě plošných spojů jsou vývody součástek zasunuty do průchodných pokovených otvorů a připájeny k vodícím drahám. Pro dosažení další miniaturizace a zlepšení kvality při současném snížení nákladů byla vyvinuta tzv. **technologie SMD** (SMD je zkratka anglického Surface Mounted Devices = povrchově montované součástky). Technologií SMD se rozumí montáž součástek, např. rezistorů, kondenzátorů a tranzistorů, přímo na povrch plošného spoje na straně vodivých drah (**obr. 1**).



Obr. 1: Deska osazená technologií SMD

Technologie SMD umožňuje vyrábět efektivně velmi malé desičky s menšími součástkami.

Upevnění součástek na desce lepením a pájení vlnou nebo přetavením (reflow) zvyšuje automatizaci výroby. Při pájení přetavením se osazené součástky ohřejí horkým vzduchem nebo infračerveným zářením, až se pájecí pasta roztaví. Osazovací automaty umožňují technologií SMD osazování velkého počtu součástek současně. Ruční osazování součástkami při technologii SMD má smysl jen při malém počtu kusů.

Součástky technologie SMD. Pro povrchovou montáž rozlišujeme součástky aktivní a pasivní. Nemají žádné vývody (**obr. 2**), ale přípojné plošky pro elektrické a mechanické spojení s vodivou cestou. V některých jednotlivých případech, např. při velkých výkonech, se používají součástky s vývody. Pak se jedná o smíšené osazování. Aby se součástky při pájení neuvolnily, např. při obracení, používá se k jejich upevnění lepidlo. Lepidlo se nanáší na součástku nebo na desku.

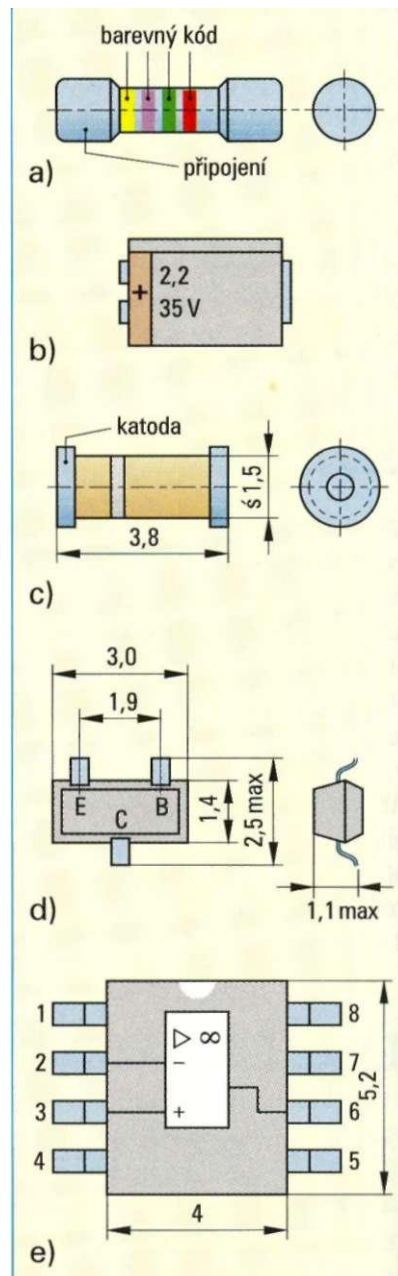
Rezistory pro technologii SMD (obr. 2a) mají jednotnou velikost. Rozsah odporů je od 1 ohm, do 10 Mohm, při dovoleném zatížení 0,25 W.

Kondenzátory pro technologii SMD mají kapacitu od 0,47 pF do 330 uF, pro různá jmenovitá napětí a rozměry (**obr. 2b**).

Diody v provedení technologie SMD (**obr. 2c**), např. spínací diody, se vyrábějí do propustného proudu 1 A a do závěrného napětí 400 V.

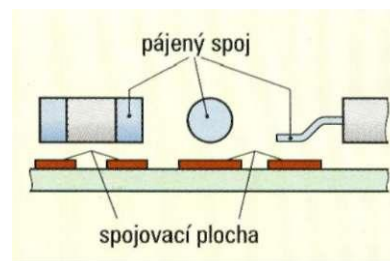
Tranzistory pro technologii SMD, vysokofrekvenční a nízkofrekvenční, mají zvláštní tvary pouzdra (**obr. 2d**). Jako mezní hodnoty mohou být např. kolektorový proud 1 A a ztrátový výkon 1 W.

Integrované obvody (str. 221) v miniaturních pouzdech, např. operační zesilovače (**obr. 2e**) a nízkofrekvenční zesilovače, jsou rovněž vyráběny pro technologii SMD. V technologii SMD se používají také malé otočné potenciometry (trimry), indukční cívky, filtry, termistory PTC a NTC (odpor závislý na teplotě).



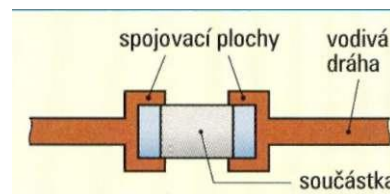
Obr. 2: Součástky technologie SMD

Návrh plošného spoje. Použití technologie SMD vyžaduje spojovací plochy, které jsou přizpůsobeny součástkám (**obr. 1**). Spojovací plocha je omezena poměděnou plochou nebo ochranným lakem. Pro dobré spojení mezi plošným spojem a součástkou jsou nutné spojovací plochy, které musí být o něco větší než přípoj součástky (**obr. 2**). Aby součástky pevně držely na ploše desky, musí být spojovací plochy tím větší, čím větší jsou rozměry součástky. Velikost spojovací plochy tranzistorů závisí na tvaru jejich pouzdra.



Obr. 1: Připojení SMD

Součástky jsou spojeny vodivými drahami. Obvyklá šířka vodivých drah je 0,2 mm až 0,5 mm. Základem výroby plošných spojů je přenesení obrazu do vrstvy materiálu na desce a zhotovení masky pro další postup. Pro vytvoření masky na desce je třeba filmová maska. Základem pro vytvoření filmu je výkres plošného spoje, který se kreslí nebo lepí ručně nebo se vyrábí pomocí počítače v měřítku např. 4:1. Výkres se pak fotograficky zmenší.



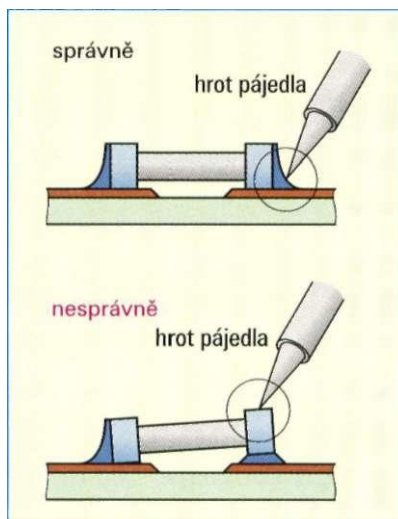
Obr. 2: Spojovací plochy SMD s vodivými drahami

Vodivé dráhy musí být provedeny tak, aby mezi nimi nevznikly můstky, které by vytvořily nežádoucí spojení.

Zpracování součástek v technologii SMD. V praxi je nutné součástky v technologii SMD např. při vývoji nebo při opravě zapájet nebo odpájet ručně.

Při tom je třeba dbát na následující:

- používat malého hrotu pájedla, asi ve velikosti spoje SMD,
- dodržet mezní teplotu podle údaje výrobce,
- dbát na pájecí teplotu (370 °C) a dobu pájení kratší než 3 s,
- hrotem pájedla netlačit na součástku (**obr. 3**), ale držet součástku nástrojem, např. pinzetou,
- nedotýkat se součástek rukou, protože nečistoty mohou způsobit tzv. studené spoje (**str. 55**).

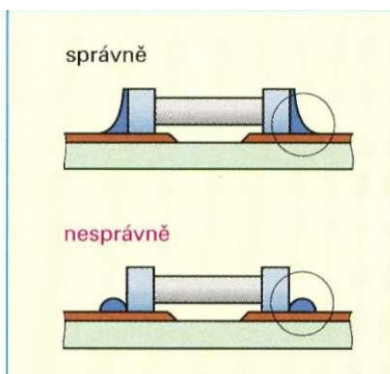


Obr. 3: Poloha hrotu pájedla při SMD

Pájení naměkko, str. 53

Tvar pájeného místa má vliv na mechanickou pevnost a na elektrickou funkci obvodu (**obr. 4**).

Jelikož součástky a jejich spojovací plochy jsou při technologii SMD velmi malé, je nutné při jejich montáži pracovat velmi pečlivě. Jestliže se pájí integrované obvody a tranzistory technologií MOS*, je nutná jejich ochrana před zničením **elektrostatickým nábojem**. Opravy je nutno provádět na pracovištích, která jsou zajištěna proti vzniku elektrostatického náboje. Pokud se musí integrovaný obvod odpájet, odřízne se připojení a pak se odpájí. Pájka se odsaje nebo odstraní pomocí lanka (**str. 56**).



Obr. 4: Pájená místa u technologie SMD

* MOS - zkratka z anglického Metal-Oxide-Semiconductor (polovodič z oxidů kovů)

11.2 Rezistory

Rozlišujeme rezistory pevné, proměnné a nelineární.

11.2.1 Pevné rezistory

Pevné rezistory mají v elektrotechnice rozsáhlé použití (**tabulka 1**),

Rezistor	Materiál	Konstrukce, výroba	Vlastnosti a použití
	legované kovy, např. konstantan, manganin, chromnikl	keramická trubka s drátovým vinutím	Pro velmi malé hodnoty odporu; nevýhoda: indukčnost vinutí
		drátové vinutí je utěsněné cementem	Pro velké ztrátové výkony; drátové rezistory mohou mít pojistku, která při nepřipustném ohřátí přeruší proud
		drátové vinutí je chráněné glazurou	Rezistor se může zahřát až do 350 °C použití jako zatěžovací rezistor
	uhlíková vrstva	keramické tělísko s uhlíkovou vrstvou a lakované	Časté použití v elektrotechnice, např. jako předřadný odpor do ztrátového výkonu 2 W
	vrstva kovu, např. chromnikl	kovová vrstva se vakuově napaří na keramické tělísko a opatří ochranným lakem	Použití: měřicí rezistory do přesnosti $\pm 0,01\%$ při vysoké tepelné stabilitě;
rezistory s oxidem kovu	vrstva oxidu kovu, např. cínu	oxid kovu se nanáší na keramické tělísko	Např. jako zatěžovací rezistory tam, kde se očekávají vysoké povrchové teploty (do 250 °C).

Značení pevných rezistorů

Hodnota odporu s příslušnou tolerancí může být uvedena jako:

- číslicový potisk, např. 100 ohm $\pm 1\%$,
- barevné označení,
- číselný kód, např. 100 R.

Číselný kód se používá často u velkých odporů a vždy u značně zatížitelných rezistorů a zvláštních konstrukcí (**tab. 2**).

Barevné označení se provádí podle ČSN. Rozlišujeme čtyřkroužkový a pětikroužkový barevný kód. Případný šestý kroužek uvádí teplotní součinitel odporu.

Barevný kód viz přední vnitřní strana obálky a strana 203.

Směr počítání u rezistorů

Abychom zjistili hodnotu odporu rezistorů, musíme znát směr počítání. Platí:

- První barevný kroužek je blíže k vývodu
- nebo poslední barevný kroužek (toleranční) je širší.

Potisk	Hodnota	Označení	Hodnota
R 10	0,10 Ω	100 R	1000 Ω
1 R 0	1,0 Ω	10 K	10 k Ω
1 R 33	1,33 Ω	1 M	1 M Ω

Příklad:



Zatížitelnost (W) při 70 °C	průměr d (mm)	délka / (mm)
0,25	2,5	7
0,33	3	8
0,5	5	13
1	8	20
2	9	32

Zatížitelnost a rozměry pevných rezistorů. Rezistory přeměňují elektrický výkon na teplo. Zatížitelnost rezistorů závisí na jeho rozměrech a na teplotě jeho okolí. Přibližné rozměry uhlíkových vrstevových rezistorů jsou uvedeny v **tab. 3, str. 202**. Čím větší je povrch rezistorů, tím větší může být zatížení. Čím vyšší je okolní teplota, tím nižší je zatížitelnost (**obr. 1**). Zatížitelnost je závislá také na použitém materiálu.

Příklad: Kovový vrstevový rezistor může být při teplotě okolí 100 °C zatížen jen na 70 % (**obr. 1**).

11.2.2 Proměnné rezistory

Proměnnými rezistory lze odpory plynule měnit. Nastavitelné rezistory mají tři vývody. U **potenciometru** a u **trimru** se pohyblivý kontakt pohybuje po kruhové dráze, u tahového rezistorů přímo na uhlíkové dráze (**obr. 2**). Pro velká zatížení se používají drátové otočné rezistory. Malé otočné rezistory (trimry) se nastavují šroubovákem. Používají se např. k nastavení pracovních bodů tranzistorů. Proměnné rezistory se vyrábějí pro zatížení od 0,2 do 500 W.

11.2.3 Nelineární rezistory

Hodnota odporu nelineárních rezistorů závisí na některé fyzikální veličině, např. na teplotě, světle nebo tlaku. Nelineárními rezistory jsou např. termistory NTC, termistory PTC nebo varistory. Používají v oblasti měření a regulace.

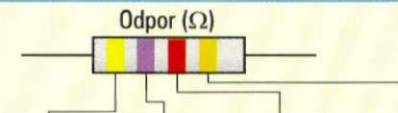
Termistory NTC*

Odpor NTC termistoru klesá se stoupající teplotou.

Rozsah teploty pro použití termistorů NTC je zhruba -50 °C až +300 °C, jejich zatížitelnost je 0,2 až 5 W. Termistory NTC mohou mít diskový tvar (**obr. 3a**). Ke značení se používají např. barevné kroužky (**příklad je na obr. 4**). Barevné označení má tentýž význam jako u pevných rezistorů (**tabulka**). U termistorů NTC, které se šroubují, je hodnota odporu většinou natištěna (**obr. 3b**). Hodnoty odporu jsou uvedeny pro teplotu 25 °C. Používají se např. ke kontrole teploty v pračkách.


* NTC je zkratka z anglického Negative Temperature Coefficient = záporný teplotní koeficient

Tabulka: Barevné značení rezistorů

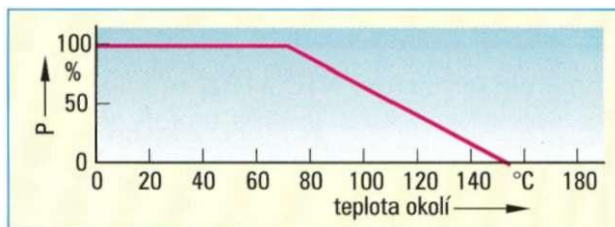


Barva značky	1. číslice	2. číslice	Násobek	Tolerance
žádná	–	–	–	±20%
stříbrná	–	–	10 ⁻²	±10%
zlatá	–	–	10 ⁻¹	±5%
černá	–	0	10 ⁰	–
hnědá	1	1	10 ¹	±1%
červená	2	2	10 ²	±2%
oranžová	3	3	10 ³	–
žlutá	4	4	10 ⁴	–
zelená	5	5	10 ⁵	±0,5%
modrá	6	6	10 ⁶	±0,25%
fialová	7	7	10 ⁷	±0,1%
šedá	8	8	10 ⁸	–
bílá	9	9	10 ⁹	–

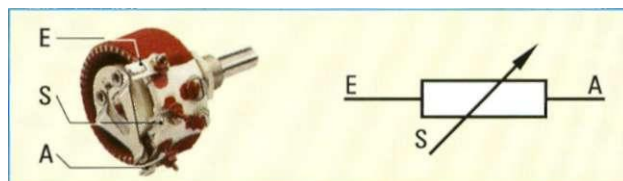
příklad



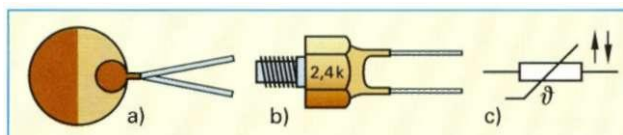
hnědá 1, červená 2, oranžová 3, zlatá 5%
12kΩ ±5%



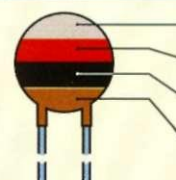
Obr. 1: Křivka zatížitelnosti



Obr. 2: Proměnné rezistory



Obr. 3: Tvary a schematická značka termistorů NTC



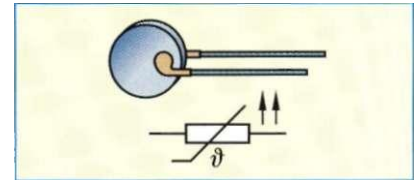
tolerance	≈ ±10%
násobitel	≈ 10 ²
2. číslice	≈ 0
1. číslice	≈ 1
10 · 10 ² Ω ± 10% = 1kΩ ± 10%	

Obr. 4: Značení termistorů NTC

Termistory PTC*

Odpor termistoru PTC vzrůstá se stoupající teplotou.

Provozní teplota termistorů PTC je mezi $+30^{\circ}\text{C}$ a $+220^{\circ}\text{C}$. Jmenovitý odpor termistorů PTC se uvádí pro teplotu $+25^{\circ}\text{C}$. Termistory PTC (**obr. 1**) mají většinou vývody k pájení. Mohou se používat k omezení proudu (**obr. 2**). Pokud stoupá proud I_L nad mezní hodnotu, termistor PTC se značně zahřeje, čímž stoupne jeho odpor, který omezí proud. Spotřebič R1 je tak chráněn před přetížením.

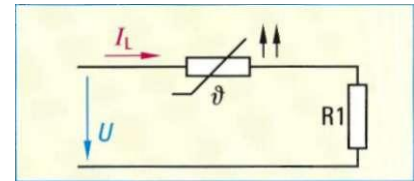


OBR. 1: TVAR A SCHÉMATICKÁ ZNAČKA TERMISTORU PTC

Varistory

Odpor varistorů klesá s rostoucím napětím.

Varistory (**obr. 3**) se používají v televizorech nebo reléových obvodech ke stabilizaci nebo omezení napětí, např. indukčních napětí (**obr. 4**).



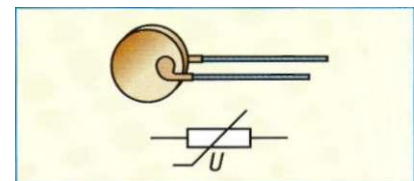
OBR. 2: TERMISTOR PTC OMEZUJÍCÍ PROUD

11.2.4 Měření rezistorů

Rezistory se měří ohmmetrem nebo měřícími můstky. Měření se musí provádět v bezproudovém stavu.

Měření odporů viz str. 165

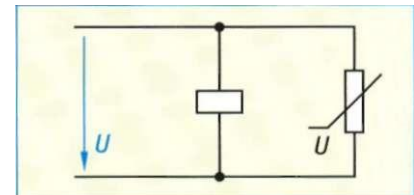
Při měření termistorů NTC a PTC se musí hodnota odporu měnit v závislosti na teplotě. Změna teploty nastane již teplotou ruky. Varistory se zkoušejí měřením proudu a napětí.



OBR. 3: PROVEDENÍ A SCHÉMATICKÁ ZNAČKA VARISTORŮ

11.3 Kondenzátory

Kondenzátory se liší především konstrukcí, kapacitou, činitelem ztrát (tg δ) a jmenovitým napětím (**tabulka**).



OBR. 4: VARISTOR OMEZUJÍCÍ NAPĚTÍ


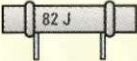
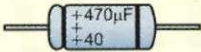
Tabulka: Kondenzátory		
Konstrukce	Dielektrikum	Vlastnosti a použití
svitkový kondenzátor 	polykarbonát, polypropylen, polyester, polystyren	Svitkové kondenzátory mají při velkém rozsahu kapacity malé rozměry. Rozlišujeme kondenzátory metalizované a nemetalizované. Metalizované svitkové kondenzátory, např. MP, se při průrazu dielektrika zotaví (vzniklým teplem se odpaří tenká napařená kovová vrstva). Svitkové kondenzátory jsou použitelné univerzálně, např. v plošných spojích.
keramický kondenzátor 	keramika	Keramické kondenzátory mají malý činitel ztrát tg δ . Proto se používají přednostně ve sdělovací technice. Keramické kondenzátory jsou vhodné pro vysoká napětí, např. 2 kV.
elektrolytický kondenzátor 	oxid hlinitý, Ta ₂ O ₅ (tantalové elektrolytické kondenzátory)	Polarizované elektrolytické kondenzátory jsou vhodné pro stejnosměrné napětí. Při chybném připojení pólů kondenzátoru může dojít k jeho zničení vznikem vnitřních plynů. Tyto kondenzátory se používají pro vyhlazování stejnosměrného napětí. Tantalové elektrolytické kondenzátory mají obzvláště malé rozměry.

* PTC je zkratka z anglického Positive Temperature Coefficient = kladný teplotní součinitel

11.3.1 Značení a rozměry kondenzátorů

Značení. Značení kondenzátorů se provádí u svitkových a elektrolytických kondenzátorů většinou číslicovým potiskem (**tabulka**). První číslice udává kapacitu v mikrofaradech (uF), druhá číslice většinou jmenovité stejnosměrné napětí U_n .

U keramických kondenzátorů udává číslicový potisk kapacitu v pikofaradech (pF) nebo přidáním „n“ v nanofaradech (nF), např. 10n. Užívá se také barevné značení jako u odporů podle **tabulky na str. 203**. Místo jednotek v ohmech jsou jednotky u keramických kondenzátorů v pikofaradech.

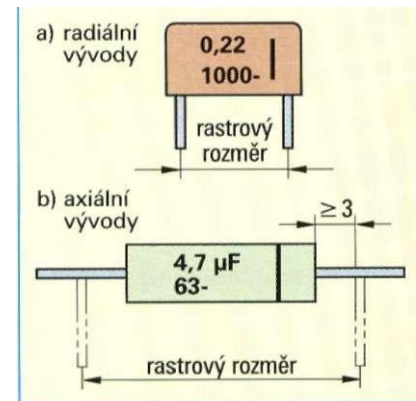
Tabulka: Příklady značení kondenzátorů	
	Svitkový kondenzátor s kapacitou $C = 0,22 \mu\text{F}$ na jmenovité stejnosměrné napětí $U_n = 1000 \text{ V}$.
	Keramický kondenzátor s kapacitou $82 \text{ pF} \pm 5 \%$ Značící písmena pro toleranci: $J \cong \pm 5 \%$, $K \cong \pm 10 \%$, $M \cong \pm 20 \%$
	Elektrolytický kondenzátor s kapacitou $470 \mu\text{F}$ a se jmenovitým stejnosměrným napětím 40 V .

Rozměry. Rozměry kondenzátorů závisí především na velikosti jmenovitého napětí a na druhu dielektrika. Metalizované kondenzátory mají menší rozměry. Vývody kondenzátorů mohou být provedeny radiálně (obr. 1a) nebo axiálně (obr. 1b). Kondenzátory pro plošné spoje se vyrábějí o rastrovém rozměru např. 5 mm, 7,5 mm, 15 mm, 22,5 mm, a 27,5 mm.

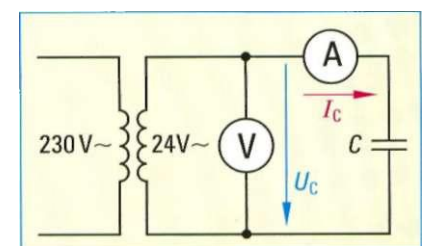
11.3.2 Zkoušení kondenzátorů

U kondenzátorů se zkouší průchodnost a kapacita. Pro průchozí zkoušku se použije ohmmetr nebo přístroj pro měření průchodnosti. Protože kondenzátory nepropouštějí stejnosměrný proud, musí být naměřený odpor u kvalitního kondenzátorů nekonečný. U kondenzátorů s kapacitou řádu mikrofaradů dochází po připojení ohmmetru ke krátkodobému vychýlení ručky. Kondenzátor dostane z vestavěného zdroje stejnosměrného napětí ohmmetru proudový náraz. Pokud je kondenzátor v pořádku, ukazuje po jeho plném nabití ručka ohmmetru na nekonečno.

Kapacita kondenzátorů se měří většinou kapacitními měřicími můstky kapacity (měřicí můstek RLC). Při tomto měření lze přímo číst kapacitu. U větších kapacit, např. od 10 nF, je možno kapacitu nepodřizovaných kondenzátorů určit měřením proudu a napětí (**obr. 2**). K tomu se používá střídavé napětí o známé frekvenci, např. 50 Hz. Kapacita se vypočte z reaktance X_C a z hodnot napětí proudu a frekvence (**příklad**).



Obr. 1: Vývody kondenzátoru



Obr. 2: Určení kapacity kondenzátoru

Příklad:

U kondenzátoru na **obr. 2** byl naměřen proud $I_C = 8 \text{ mA}$ a napětí 24 V . Jaká je kapacita kondenzátoru?

Řešení:

$$X_C = \frac{U_C}{I_C} = \frac{24 \text{ V}}{8 \text{ mA}} = 3 \text{ k}\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 3 \text{ k}\Omega} = 1 \mu\text{F}$$

Otázky pro opakování

- 1 Rezistor má kroužky barvy žluté, oranžové, stříbrné. Určete hodnotu odporu a toleranci.
- 2 Vyjmenujte konstrukční druhy kondenzátorů.
- 3 Jakou přednost mají metalizované svitkové kondenzátory?
- 4 K jakému druhu napětí musí být připojeny polarizované elektrolytické kondenzátory?
- 5 Určete elektrické hodnoty svitkového kondenzátoru s potiskem 0,033/63–.

11.4 Polovodičové součástky

K polovodičovým součástkám patří např. dioda, tranzistor, tyristor, diak a triak.

11.4.1 Diody

Dioda je součástka se dvěma elektrodami, která vede proud jen v jednom směru a působitím jako ventil. Její vývody jsou značeny jako katoda a anoda. K výrobě diod se používá polovodičový prvek germanium a křemík. Podle použití rozlišujeme různé druhy diod (**přehled**).

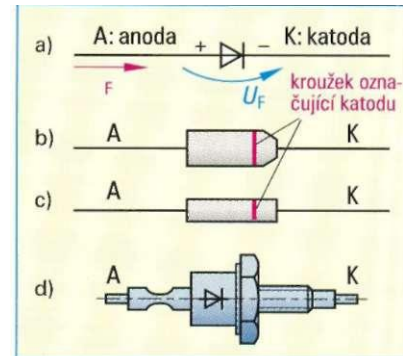
Hrotové diody jsou vhodné pro malé proudy. Používají se k vysokofrekvenčnímu usměrňování a jako rychlé spínací diody. Základním prvkem pro výrobu je buď germanium nebo křemík.

Usměrňovači diody se používají většinou k usměrňování větších proudů. Říká se jim proto výkonové diody. Základ tvoří křemíková destička.

Označování diod. Ve schématech se diody značí klínovým symbolem (**obr. a**). Trojúhelník je ve směru propustného proudu I_F , který může procházet jen tehdy, pokud je anoda vůči katodě kladná.

Přehled: Diody (výběr)

- hrotové diody
- výkonové diody
- Zenerovy diody
- fotodiody
- světelné diody



Obr.: Schéma zapojení, vývody a různá provedení diod

Diodou může procházet proud I_F jen tehdy, je-li dioda zapojena v přímém směru a je překročeno prahové napětí U_s .

Prahové napětí závisí na polovodičovém materiálu. Germaniové diody mají prahové napětí $U_s \sim 0,2$ V, křemíkové mají prahové napětí $U_s \sim 0,6$ V. Diody mají různou konstrukci (**obr.**). Jejich pouzdro může být plastové nebo kovové. Výkonové diody je možné přišroubovat přímo na plech nebo na kovový chladič.

Pouzdro výkonových diod může sloužit jako katodový nebo anodový vývod. Proto tisknou někteří výrobci symbol diody na pouzdro (**obr. d**). Diody bez vytištěného označení mají barevný katodový kroužek (**obr. b a c**). Na všech diodách je vytištěno typové označení. Může být uvedeno písmeny a číslicemi nebo barevnými kroužky (**tabulka**). Podle JEDEC (americká norma) začíná označení diod 1N... Označení podle Pro-Eletron (evropská norma) začíná písmenem A... pro germaniové diody nebo B... pro křemíkové diody.

Tabulka: Označování diod	
Příklady	Označení
	<p>Potisk: Označení se provádí dvěma nebo třemi písmeny a následným číslem.</p> <p>1. písmeno: polovodičový materiál, např. A pro germanium, B pro křemík a C pro arsenid galia.</p> <p>2. písmeno: funkce, např. A pro diodu, Y pro výkonovou diodu a Q pro světelnou diodu.</p> <p>3. písmeno: průmyslový typ (obchodní označení)</p> <p>Číslo: (typové číslo)</p>
	<p>Barevné označení podle JEDEC: Typové označení se skládá z kombinace „1N“ a čtyřmístného čísla, které značí barvu kroužků.</p> <p>Barva znamená: černá: 0; hnědá: 1; červená: 2; oranžová: 3; žlutá: 4; zelená: 5; modrá: 6; fialová: 7; šedá: 8; bílá: 9.</p>

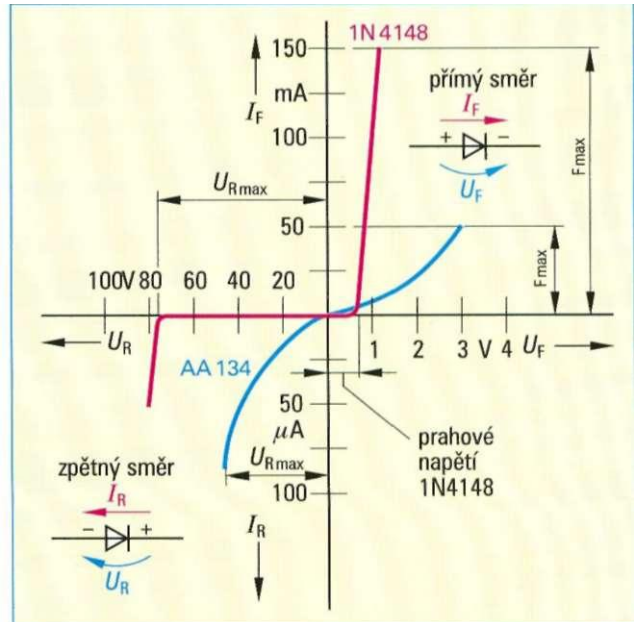
Charakteristické a mezní hodnoty diod

Charakteristické hodnoty, např. U_a I_F jsou hodnoty diody v normálním provozu, tedy v přímém směru.

Mezní hodnoty, např. U_{Rmax} a I_{Rmax} jsou ve zpětném směru. Pokud jsou překročeny dojde ke zničení diody (**přehled**).

Z tzv. voltampérové charakteristiky diody (**obr.**) je možno odečíst nejdůležitější charakteristické a mezní hodnoty. Po dosažení prahového napětí U_s stoupá strmě propustný proud I_F . Dioda vede. Na diodě poklesne propustné napětí na prahové napětí U_s .

Závěrný proud I_R je u křemíkových diod až do napětí U_{Rmax} zanedbatelně malý. Dioda je uzavřena. Pokud se zvýší napětí nad hodnotu závěrného napětí U_{Rmax} stoupne prudce závěrný proud I_R .



OBR.: CHARAKTERISTIKY GERMANIOVÉ DIODY AA134 A KŘEMÍKOVÉ DIODY 1N4148

11.4.2 Usměrňovače

K provozu četných elektrických zařízení je zapotřebí stejnosměrné napětí. K tomu se používají usměrňovače, které mění střídavé napětí na stejnosměrné. Zapojení usměrňovače, výstupní napětí U_{di} a zdánlivý výkon transformátoru, který napájí usměrňovač, závisí na zatěžovacím proudu (**tabulka**).

Přehled: Parametry křemíkové diody 1N4148

- propustný proud: $I_{Fmax} = 150 \text{ mA}$
- závěrné napětí: $U_{Rmax} = 75 \text{ V}$
- ve střídavém obvodu musí být závěrné napětí U_{Rmax} stejné nebo vyšší než špičková hodnota střídavého napětí

Tabulka: Důležitá zapojení usměrňovačů

Zapojení	Směr proudu při kladné půlvlně	Směr proudu při záporné půlvlně	Výstupní napětí	Použití
<p>jednocestné zapojení E1</p> <p>$U_{di} = 0,45 \cdot U_1$; $I_d = I_Z$ $P_T = 3,1 \cdot P_d$</p>				Jednoduché nabíječky, hračky.
<p>dvoucestné můstkové zapojení B2</p> <p>$U_{di} = 0,9 \cdot U_1$; $I_d = 2 \cdot I_Z$ $P_T = 1,23 \cdot P_d$</p>				Nabíječky, reléové obvody, domácí telefony.
<p>dvoucestné uzlové zapojení M2</p> <p>$U_{di} = 0,45 \cdot U_1$; $I_d = 2 \cdot I_Z$ $P_T = 1,5 \cdot P_d$</p>				

U_1 – vstupní síťové napětí (efektivní hodnota); U_a – střední hodnota usměrněného napětí I_d – stejnosměrný proud;
 I_Z – proud ve větvi usměrňovače; P_T – výkon transformátoru; P_d – výkon usměrněného proudu

V zapojeních podle **tabulky, str. 207** je zatěžovací odpor R_L připojen na stejnosměrné napětí, které se skládá z kladných půlvln. Toto napětí se nazývá pulzující stejnosměrné napětí. Aritmetická střední hodnota pulzujícího stejnosměrného napětí U_{dr} se dá vypočítat z údajů uvedených v tabulce.

Střídavá složka pulzujícího stejnosměrného napětí je označována jako brum. Projevuje se nepříznivě např. u domácích telefonů jako šum v sluchátku. Proto se zapojuje paralelně k zatěžovacímu rezistoru R_L vyhlazovací kondenzátor C_G , který brumové napětí sníží (**tabulka 1**). Vyhlažovací kondenzátor se nabije na špičkovou hodnotu střídavého napětí U_1 . Při poklesu napětí se nabitý kondenzátor vybíjí přes zatěžovací odpor.

Čím větší je kapacita vyhlazovacího kondenzátoru a čím menší je zatěžovací proud, tím menší je brumové napětí.

Výpočet síťového přístroje. Má být sestaven přístroj s můstkovým usměrňovačem a vyhlazovacím kondenzátorem (**tab. 1 a obr.**). Potřebné stejnosměrné napětí je 12 V při zatěžovacím proudu $I_d = 0,8$ A. Brumové napětí U_p nesmí překročit 2,73 V.

Volba transformátoru. Stejnosměrné napětí U_d a vyhlazovací kondenzátor C_G určují potřebné výstupní napětí transformátoru U_1 . Vyhlažovací kondenzátor se nabíjí na špičkovou hodnotu střídavého napětí U_1 . Napětí U_1 (výstupní napětí transformátoru) při jmenovitém zatížení je:

$$U_1 = \frac{U_d}{\sqrt{2}} = \frac{12 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 8,5 \text{ V}$$

Potřebný zdánlivý výkon transformátoru se vypočte takto:

$$S_2 = 0,5 \cdot I_d = 8,5 \cdot 0,8 \text{ A} \approx 7 \text{ VA}$$

Volba usměrňovače. U můstkového usměrňovače jsou jednotlivé diody při odporové zátěži zatíženy polovinou zatěžovacího proudu.

$$I_z = 0,5 \cdot I_d = 0,5 \cdot 0,8 \text{ A} = 0,4 \text{ A}$$

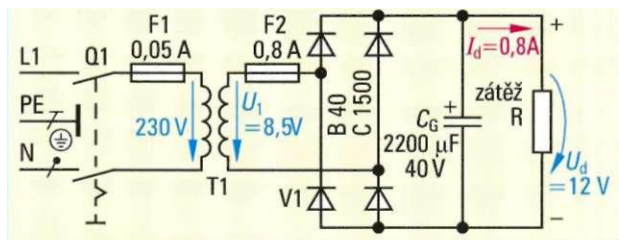
Vztaženo na napětí použijeme v praxi usměrňovač 40 V nebo vyšší. Např. můžeme použít usměrňovač B40 C 1500/1000 (**obr.**).

Volba kondenzátoru. Kapacita kondenzátoru je určena zatěžovacím proudem $I_d = 0,8$ A, velikostí brumového napětí $U_p = 2,73$ V a brumovou frekvencí $f_p = 100$ Hz.

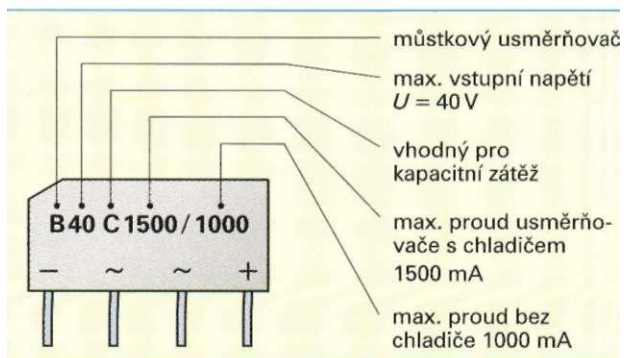
$$C_G = \frac{0,75 \cdot I_d}{f_p \cdot U_p} = \frac{0,75 \cdot 0,8 \text{ A}}{100 \text{ Hz} \cdot 2,73 \text{ V}} = 2200 \mu\text{F}$$

Zkoušení diod. Diody můžeme zkoušet např. ohmmetrem nebo průchozím zkoušečem (**tab. 2**). Charakteristické hodnoty diody získáme měřením proudu a napětí. Aby nebyla překročena mezní hodnota, musí být vždy do obvodu zapojen vhodný rezistor omezující proud. Pokud potřebujeme získat charakteristiku diody, je možno použít souřadnicový zapisovač (**str. 176**).

Tabulka 1: Síťový přístroj s můstkovým usměrňovačem a vyhlazovacím kondenzátorem



$U_d \approx \sqrt{2} \cdot U_1$	U_d stejnosměrné napětí
$C_G = \frac{0,75 \cdot I_d}{f_p \cdot U_p}$	U_1 výstupní napětí
$I_z = 0,5 \cdot I_d$	C_G kapacita vyhlazovacího kondenzátoru
$S_1 \approx S_2$	I_d zatěžovací proud
	f_p brumová frekvence
	U_p brumové napětí
	I_z proud ve větvi usměrňovače
	S zdánlivý výkon



Obr.: Můstkový usměrňovač

Tabulka 2: Zkoušení polovodičových diod

Zkoušení	Přímý směr	Zpětný směr
pomocí ohmmetru		
ampérmetru a voltmetru		

11.4.3 Zenerovy (stabilizační) diody

Zenerovy diody jsou diody křemíkové. Jsou provozovány ve zpětném směru s předřadným rezistorem.

Používají se většinou ke stabilizaci stejnosměrných napětí. Zenerovy diody mají ve zpětném směru od průrazného napětí U_z strmou voltampérovou charakteristiku. Vyrábějí se s průrazným napětím mezi 1 a 200 V. Až do dosažení průrazného napětí U_z má dioda velký odpor a je tedy uzavřena.

Značení, charakteristické a mezní hodnoty. Označení se provádí potiskem (**obr. 1**). Může začínat písmeny Z, BZ nebo 1N. Písmeno B značí křemík, Z Zenerovu diodu. Číslo na konci typového označení je průrazné napětí U_z .

Příklad 1:

Jaké průrazné napětí má **a)** Zenerova dioda ZX24 a **b)** BZX55–3V3?

Řešení:

a) $U_z = 24$ V; **b)** 3,3 V (V znamená desetinnou čárku).

Zenerovy diody mají různá provedení (**obr. 1**). Výkonové diody mají závit (**obr. 1c**) pro zašroubování chladiče.

Mezní hodnoty ztrátového výkonu P_{tot} a proudu I_{zmax} nesmějí být překročeny, aby dioda nebyla zničena.

Příklad 2:

Dioda ZPD12 má výkon $P_{tot} = 0,5$ W. Jak velký jí může procházet proud I_{zmax} ?

Řešení:

$$I_{zmax} = P_{tot} : U_z = 0,5 \text{ W} : 12 \text{ V} = 42 \text{ mA}.$$

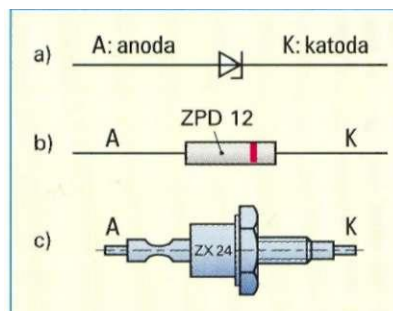
Charakteristika. Zenerovy diody mají různé charakteristiky (**obr. 2**). Ve zpětném směru jí prochází nejprve malý zpětný proud (několik μA). Od průrazného napětí U_z proud I_z strmě stoupá. Napětí na diodě zůstává téměř konstantní. Je např. 2 V a mění se jen v malém rozmezí ΔU_z . Oblast stabilizace ΔI_z je mezi body A (I_{zmin}) a B (I_{zmax}). Proud I_{zmin} je nutný k odpadnutí průrazného napětí. Ztrátový výkon $P_{tot} = 0,5$ W je vyznačen hyperbolou. Tvoří hranici pro mezní hodnoty proudu a napětí jejichž součin je 0,5 W.

Při **stabilizaci napětí** Zenerovou diodou se vyrovnává výstupní napětí U_z automaticky. Spotřebič je napájen téměř konstantním napětím U_z .

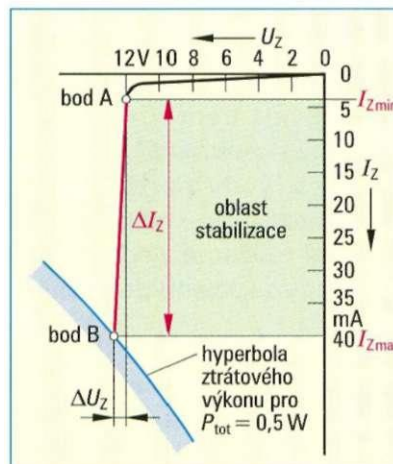
Jednoduché stabilizační zapojení se Zenerovou diodou je na **obr. 3**. Vstupní napětí U_1 má být přitom dvojnásobné než výstupní napětí U_z . Toto zapojení se používá např. při napájení elektrického uzamykání dveří.

Otázky pro opakování

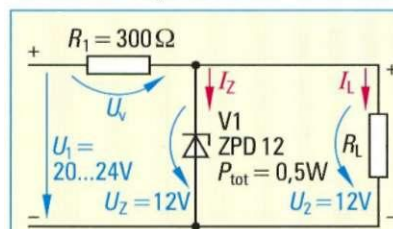
- 1 Jak se označují vývody diod?
- 2 Jak může být označena katoda diody?
- 3 Vysvětlete označení BY127.
- 4 Vyjmenujte tři druhy zapojení usměřovačů.
- 5 Jak se jednoduše přezkouší diody?
- 6 Uveďte oblast použití Zenerových diod.



Obr. 1: Schematické značení a druhy Zenerových diod



Obr. 2: Charakteristika Zenerovy diody ZPD12



OBR. 3: STABILIZACE NAPĚTÍ ZENEROVOU DIODOU (PŘÍKLAD)

$$I_{zmax} = \frac{P_{tot}}{U_z}$$

$$I_{zmin} \approx 0,1 \cdot I_{zmax}$$

$$I_{Lmax} = I_{zmax} - I_{zmin}$$

$$R_{vmax} = \frac{U_{1min} - U_z}{I_{zmin} + I_{Lmax}}$$

$$R_{vmin} = \frac{U_{1max} - U_z}{I_{zmax} + I_{Lmin}}$$

P_{tot}	maximální ztrátový výkon Zenerovy diody
U_z	Zenerovo napětí
R_{vmin}	minimální předřadný odpor rezistoru
R_{vmax}	maximální předřadný odpor rezistoru
U_{1max}	max. vstupní napětí
I_{zmax}	max. Zenerův proud
I_{zmin}	min. Zenerův proud
I_{Lmax}	max. proud zátěže

11.4.4 Tranzistory

Tranzistory jsou aktivní polovodičové součástky, které zesilují napětí, proudy a výkony.

Základ tranzistoru tvoří buď germaniová nebo křemíková destička. Dělíme je na bipolární a unipolární. V elektrotechnice se většinou používají tranzistory bipolární (**obr. a**). Používají se jako elektronické spínače, v měření a regulaci nebo jako zesilovače.

Druhy a značení bipolárních tranzistorů. U bipolárních tranzistorů rozlišujeme druh NPN a PNP. To odpovídá třem různým polovodičovým vrstvám. Každá polovodičová vrstva má jeden vývod (**obr. b**). Vývody tranzistorů se označují jako báze (B), emitor (E) a kolektor (C). Tři polovodičové vrstvy si můžeme zjednodušeně představit jako dvě diody zapojené proti sobě (**obr. c**).

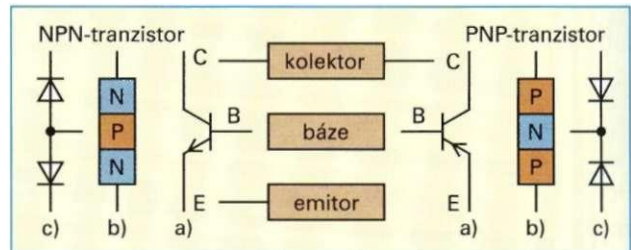
Značení tranzistorů. Skládá se ze dvou nebo tří velkých písmen s následným číslem (**tab. 1**). Někteří výrobci udávají označení 2N... (podle americké normy IDEC). Při tomto označení je nutno zjistit polovodičový materiál a rozsah použití v podkladech výrobce.

Konstrukční typy tranzistorů. Tranzistory mají normalizované tvary, rozměry a označení pouzder (**tab. 2**). Pouzdro může být plastové nebo kovové. Tranzistory s plastovými pouzdry se používají pro malé proudy, řádově v miliampérech. Výkonové tranzistory pro proudy v ampérech mají většinou kovová pouzdra, která lépe odvádějí teplo vzniklé v polovodičovém krystalu.

Charakteristické a mezní parametry tranzistorů. Charakteristické parametry tranzistorů určují jejich vlastnosti. Důležité charakteristické a mezní parametry jsou:

- stejnosměrné proudové zesílení B ,
- napětí báze–emitor U_{BEr} ,
- proud kolektoru I_C ,
- proud báze I_B ,
- ztrátový výkon P_{tot} .

Nejdůležitější parametr je **stejnosemné proudové zesílení** (činitel stejnosměrného proudového zesílení) B . Rozumí se tím poměr proudu kolektoru I_C k proudu báze I_B ($B = I_C : I_B$). Malý proud báze, který např. prochází tranzistorem NPN, se zesílí násobkem rovnajícím se činiteli B , např. 80 krát.



Obř. Bipolární typy tranzistorů: a) schematické značení, b) pořadí vrstev, c) znázornění analogie s diodami

Tabulka 1: Typové značení tranzistorů

1. písmeno: polovodičový materiál
2. písmeno: funkce
3. písmeno: výrobní typ

Příklad: BCY 58

1. PÍSMENO: POLOVODIČOVÝ MATERIÁL

A: germanium, B: křemík,
C: sloučeniny, např. arsenid galia,
R: polykrystaly

2. PÍSMENO: FUNKCE, DRUH TRANZISTORU

C: tranzistor nízkofrekvenční, D: výkonový tranzistor nízkofrekvenční, F: vysokofrekvenční tranzistor
S: spínací tranzistor, U: spínací výkonový tranzistor

3. PÍSMENO, např. B, X, Y nebo Z označují průmyslový (komerční typ)

PŘÍKLADY:

BC 107: křemíkový tranzistor NF

ASY 27: germaniový spínací tranzistor (prům. typ)

Tabulka 2: Pouzdra tranzistorů s vývody a jejich normalizované označení

pouzdro s vývody	normaliz. označení příklady	pouzdro s vývody	normaliz. označení příklady
	TO-3 2N3055 AD 130		TO-18 BC 107 BC 237
	TO-39 BC 141 BC 345		TO-66 AD 164 BD 215
	TOP-66 BD 695 BD 696		TO-92 BC 250 BC 546 BC 237
	TO-126 BD 233 BD 226		TO-220 BD 643 BD 644

Na kolektoru C pak působí zesílený proud I_C (**obr. 1a**). Stejnoseměrné proudové zesílení B udává výrobce. Lze jej ale také přechíst z převodní charakteristiky (**obr. 2**).

Příklad:

Tranzistor má stejnosměrné proudové zesílení $B = 80$. Proud báze $I_B = 1 \text{ mA}$. Vypočítejte proud kolektoru I_C .


Řešení:

$$B = I_C : I_B \Rightarrow I_C = B \cdot I_B = 80 \cdot 1 \text{ mA} = 80 \text{ mA}.$$

Prochází-li proud tranzistorem, rovná se součet proudů I_B a I_C proudem emitoru I_E ($I_E = I_B + I_C$; **obr. 1b**).

Další parametr je **napětí báze–emitor** (**obr. 1a**), tzv. řídicí napětí. Toto napětí U_{BE} musí být větší než prahové napětí odpovídajícího polovodičového materiálu a např. u křemíku může být až 0,8 V. Bez napětí U_{BE} je tranzistor zavřen.

Mezní parametry tranzistorů musí být dodržovány (**příklady tabulka**). Při překročení **ztrátového výkonu** dochází ke zničení tranzistoru. Maximální ztrátové výkony závisí u tranzistorů na malý proud na teplotě okolí, u výkonových tranzistorů na teplotě pouzdra. Výkonové tranzistory proto potřebují chladiče. Ztrátový výkon tranzistoru P_{tot} klesá se stoupající teplotou okolí.

 Chladiče polovodičových součástek str. 219.

Charakteristiky tranzistorů. Informují o chování tranzistorů v provozních podmínkách (**obr. 2**).

I. kvadrant: Výstupní charakteristiky $I_C = f(U_{CE})$. Zde je znázorněna závislost proudu kolektoru I_C na napětí kolektor–emitor U_{CE} při různých proudech báze.

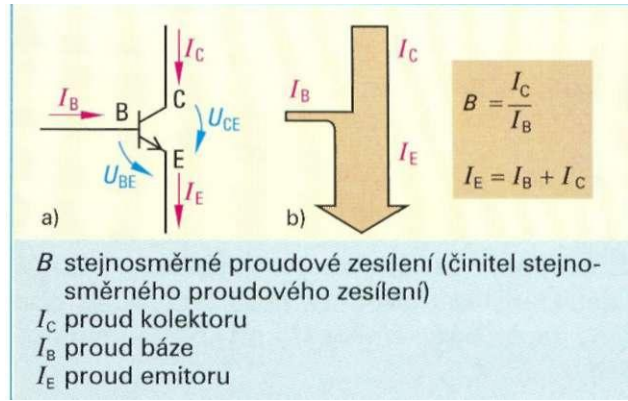
Příklad:

Při $U_{CE} = 8 \text{ V}$ a $I_B = 150 \mu\text{A}$ (viz **obr. 2**) prochází tranzistorem proud $I_C = 35 \text{ mA}$.

Dále je v souboru charakteristik znázorněna hyperbola ztrátového výkonu pro $P_{tot} = 0,3 \text{ W}$.

Aby nebyl překročen ztrátový výkon P_{tot} , nesmí být nastavený pracovní bod nad hyperbolou ztrátového výkonu (**obr. 2**).

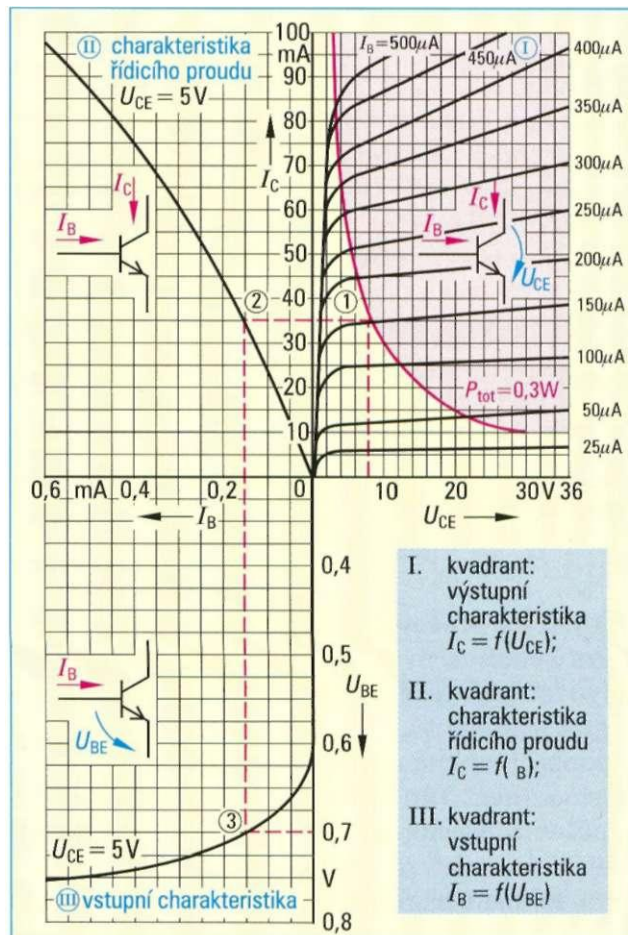
II. kvadrant: charakteristika řídicího proudu $I_C = f(I_B)$. Znázorňuje závislost proudu kolektoru I_C na proudu báze pro konstantní napětí kolektor–emitor $U_{CE} = 5 \text{ V}$. Z této charakteristiky lze přechíst stejnosměrné proudové zesílení tranzistoru B .



Obr. 1: Proudy, napětí a proudové zesílení u tranzistoru NPN

Tabulka: Mezní parametry tranzistorů (příklady)

mezní parametr	význam	BC 107	2N3055
P_{tot}	ztrátový výkon při 25°C $P_v = U_{CE} \cdot I_C < P_{tot}$	300 mW	115 W
I_C	proud kolektoru	100 mA	15 A
I_B	proud báze	50 mA	15 A
U_{CEO}	zavírací napětí kolektor–emitor	45 V	60 V



Obr. 2: Charakteristiky tranzistoru BC107

Příklad:

Při proudu báze $I_B = 0,15 \text{ mA}$ prochází kolektorem proud $I_C = 35 \text{ mA}$ (obr. 2, str. 211). Vypočtete stejnosměrné proudové zesílení B .

Řešení:

$$B = I_C : I_B = 35 \text{ mA} : 0,15 \text{ mA} = 233.$$

III. kvadrant: vstupní charakteristika $I_B = f(U_{BE})$. Charakteristika znázorňuje závislost proudu báze I_B na napětí báze–emitor U_{BE} při konstantním napětí $U_C = 5 \text{ V}$.

Příklad:

Jak velký je proud I_B při napětí $U_{BE} = 0,7$?

Řešení:

$$I_B = 0,15 \text{ mA} \text{ (viz ③ obr. 2, str. 211).}$$

Jak velký je proud I_B při napětí $U_{BE} = 0,7$?

Řešení:

$$I_B = 0,15 \text{ mA} \text{ (viz (D) OBR. 2, STR. 211).}$$

Protože proud kolektoru I_C je při určitém proudu báze I_B nezávislý na napětí U_{CE} , je ve druhém a třetím kvadrantu pouze jedna charakteristika.

Zapojení tranzistorů. Tranzistory mohou být zapojeny třemi různými způsoby. Jsou to: zapojení se **společnou bází**, nebo se **společným emite-rem** či se **společným kolektorem**. Nejčastěji se používá zapojení se společným emítorem. Při těchto zapojeních musí být dodržována určitá pravidla (**Přehled**).

Nastavení pracovního bodu. Zásadně je možné nastavit pracovní bod předpětím báze buď předřadným rezistorem (**obr. 2**), nebo vstupním děličem (**obr. 3**). K určení hodnoty předřadných odporů je třeba vycházet z hodnot U_{BE} a I_B .

Příklad:

Při zapojení podle **obr. 2** prochází při napětí $U_{BE} = 0,63 \text{ V}$ proud báze $I_B = 25 \mu\text{A}$. Určete velikost odporu R_1 .

Řešení:

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_B} = \frac{9 \text{ V} - 0,63 \text{ V}}{25 \mu\text{A}} = 330 \text{ k}\Omega.$$

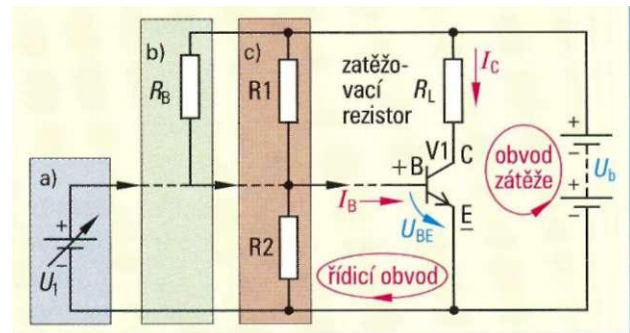
Při zapojení podle **OBR. 2** prochází při napětí $U_{BE} = 0,63 \text{ V}$ proud báze $I_B = 25 \mu\text{A}$. Určete velikost odporu R_1 .

Řešení:

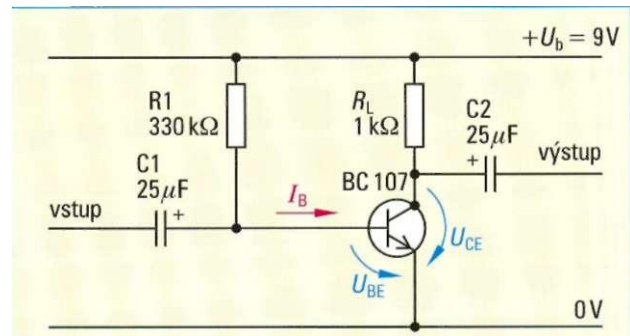
Stabilizace pracovního bodu tranzistorů. U tranzistorů mohou být u stejného typu různá proudová zesílení. Také okolní teplota působí na parametry tranzistorů. Proud kolektoru I_C může při stoupající teplotě zesílit tak, že se zesílení nepřípustně změní. Tím může dojít k deformacím nebo přetížení tranzistoru. Proto musí být pracovní bod v elektronických zařízeních stabilizován. Rozlišujeme zapojení bez zpětné vazby a se zpětnou vazbou. Obvody bez zpětné vazby jsou jednodušší, ale nestabilní.

Přehled: Pravidla pro zapojení tranzistorů

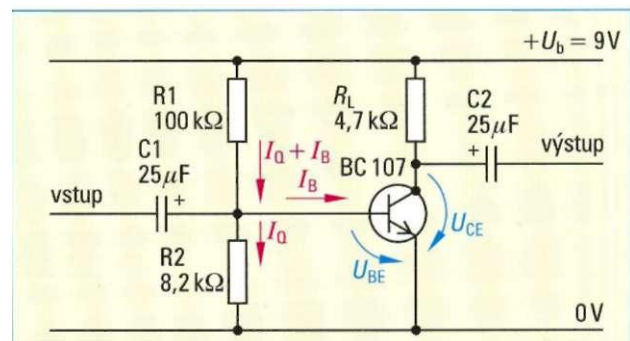
- Tranzistory se připojují zásadně jen ke stejnosměrnému napětí.
- Při zapojení se společným emite-rem se zapojuje zatěžovací rezistor, např. světla mezi kolektor a zdroj proudu U_b (OBR. 1).
- Cesta báze-emitor je propustný směr, cesta báze kolektor je závěrný směr.
- Proudy I_B a I_C musí být omezeny.
- Nastavení pracovního bodu (stanovení I_B a t_{BE}) se může provádět různými opatřeními v zapojení (OBR. 1).



OBR. 1: NASTAVENÍ PRACOVNÍHO BODU TRANZISTORU NPN: A) PROMĚNNÝM NAPĚTÍM, B) PŘEDŘADNÝM REZISTOREM V OBVODU BÁZE, C) DĚLIČEM NAPĚTÍ



OBR. 2: NASTAVENÍ PRACOVNÍHO BODU PŘEDŘADNÝM REZISTOREM V OBVODU BÁZE R_1



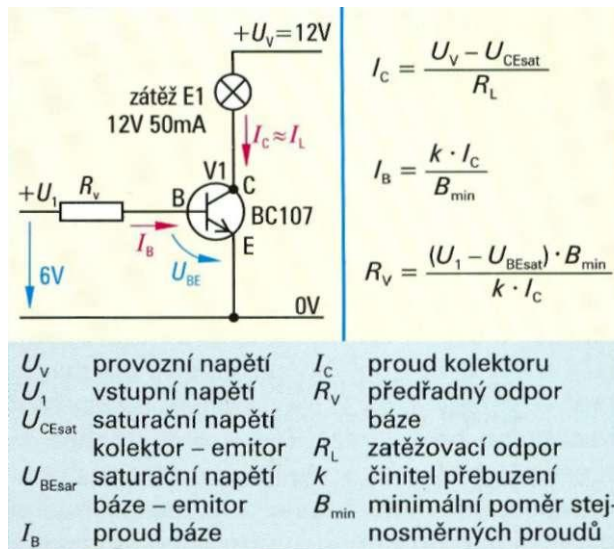
OBR. 3: NASTAVENÍ PRACOVNÍHO BODU VSTUPNÍM DĚLIČEM NAPĚTÍ BÁZE R_1 A R_2 .

Použití tranzistorů

Tranzistory a jejich obvody mají mnoho použití. Příkladem jsou:

- tranzistory jako elektronické spínače,
- nízkofrekvenční zesilovače,
- stabilizátory napětí.

U tranzistoru jako spínače jsou jen dva provozní stavy. Tranzistor buď vede (je otevřen), nebo nevede (je uzavřen). Otevřený tranzistor má mezi kolektorem a emitorem malý odpor. Uzavřený tranzistor má mezi kolektorem a emitorem odpor velký. Tím je zátěž připojena nebo odpojena (**obr. 1**). Připojíme-li k tranzistoru vstupní napětí U_v prochází proud báze I_B . Proud báze I_B řídí v tranzistoru proud kolektoru I_C , který prochází zátěží. Protože proud báze je tranzistorem zesílen, jedná se o spínací zesilovač. V praxi je nutno určit hodnotu odporu R_v , který omezuje proud báze.



Obr. 1: Tranzistor jako spínač

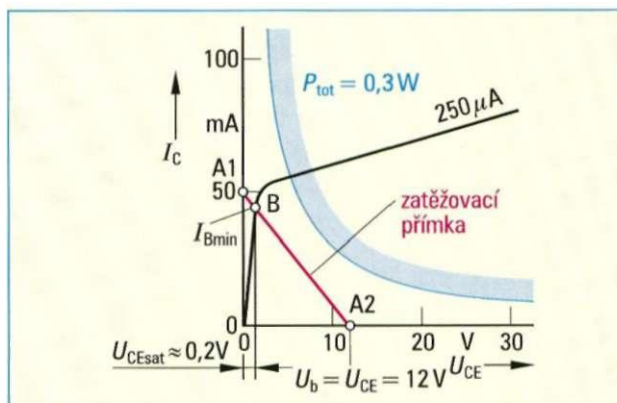
Příklad:

Má být použit tranzistor BC 107 s činitelem přebuzení $k = 3$ a napětím $U_{BEsat} = 0,87V$. Určete odpor R_v obvodu báze pomocí **obrázků 1 a 2**.

Řešení:

Z **obr. 2**: $B_{min} = I_C : I_{Bmin} = 50 \text{ mA} : 250 \mu\text{A} = 200$

$$R_V = \frac{(U_1 - U_{BEsat}) \cdot B_{min}}{k \cdot I_C} = \frac{(6 \text{ V} - 0,87 \text{ V}) \cdot 200}{3 \cdot 50 \text{ mA}} = 6,8 \text{ k}\Omega$$

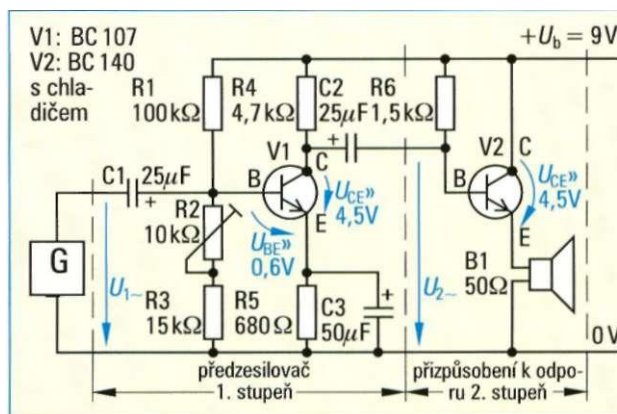


Obr. 2: Výstupní charakteristika se zatěžovací přímkou

Minimální proud báze I_{Bmin} potřebný k zapnutí je možno přečíst z výstupní charakteristiky (**obr. 2**). V této charakteristice je vyznačena pracovní přímka s pracovními body A1 (tranzistor otevřen) a A2 (tranzistor uzavřen). Pracovní bod A1 odpovídá potřebnému zatěžovacímu proudu 50 mA a pracovní bod A2 hodnotě napětí $U_b = U_{CE} = 12 \text{ V}$. Spojnice z A1 do A2 se nazývá **zatěžovací přímka**. Bod B udává potřebný minimální proud báze $I_{Bmin} = 250 \mu\text{A}$. K bezpečnému sepnutí tranzistoru se používá proud $I_B = k \cdot I_{Bmin}$. V praxi se volí $k = 2$ až 5. Tím je zaručeno jisté a rychlé zapnutí. Jelikož tranzistor není ideální spínač, zůstává mezi emitorem a kolektorem zbytkové napětí U_{Cesat} asi 0,2 V (**obr. 2**). Ztrátový výkon tranzistoru $P_v = U_{Cesat} \cdot I_C = 0,2 \text{ V} \cdot 50 \text{ mA} = 10 \text{ mW}$. Přitom není tranzistor přetížen.

Tranzistor jako nízkofrekvenční zesilovač

Nízkofrekvenční zesilovače zesilují střídavá napětí. Nízkofrekvenční zesilovače se používají např. v domácích telefonech nebo rozhlasové a televizní technice. Jednoduché nízkofrekvenční zesilovače mají nízkofrekvenční předzesilovač s mezistupněm k přizpůsobení odporu (**obr. 3**).



Obr. 3: Jednoduchý nízkofrekvenční tranzistorový zesilovač

U nízkofrekvenčních zesilovačů musí být pracovní bod nastaven tak, aby napětí U_{cB} odpovídalo asi polovině pracovního napětí U_b .

Tím dostaneme symetrické výstupní napětí (obr. 1). Pracovní bod zesilovacího stupně A je nastaven pro $U_{cE} = 4,5$ V. Toto nastavení je provedeno rezistorem R2 (obr. 3, str. 213). Tím se může měnit výstupní napětí podle polarity vstupního napětí AU , z $U_{cE} = 4,5$ V přibližně do 7,2 V nebo z $U_{cE} = 4,5$ V do 1,8 V. Změna napětí v pracovním bodě A je tedy $\pm 2,7$ V. Nevhodným nastavením pracovního bodu, např. $U_{cE} = 6$ V, dochází ke zkreslení signálu. To vede ke zkreslení výstupního napětí. Aby nedocházelo ke zkreslení, musí se pracovní bod při připojení vstupního střídavého napětí AU , pohybovat mezi body A1 a A2 (obr. 1). Vstupní střídavé napětí se dostane přes kondenzátor C1 na bázi tranzistoru. Při rostoucím kladném napětí se tranzistor stále více otevírá a napětí U_{cE} klesá. Čím je vstupní napětí zápornější, tím je tranzistor více uzavřen a napětí U_{cE} stoupá. Vstupní střídavé napětí AU , se tím zesílí na výstupní střídavé napětí AU_2 (obr. 1). Napětí AU , a AU_2 jsou fázově posunuta o 180° . Napěťové zesílení v_u lze vypočítat.

Napětí U_{BE} a U_{cE} jsou převažující stejnosměrná napětí. Napětí U_{BE} o velikosti asi 0,6 V je vstupní střídavé napětí a jemu odpovídá zesílené výstupní střídavé napětí $U_{cE} = 4,5$ V.

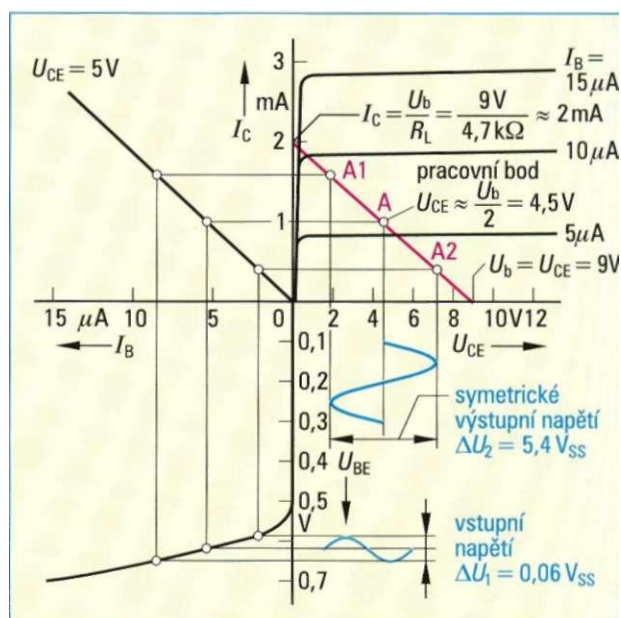
Obvod 2. stupně na obr. 3, str. 213 pracuje v kolektorovém zapojení. To působí svým velkým vstupním odporem příznivě na zatížení 1. stupně. Kondenzátory C1 a C2 jsou kondenzátory vazební. Ty oddělují stejnosměrné složky obou stupňů.

Zkoušení tranzistorů

Tranzistory se mohou zkoušet zapojené nebo nezapojené.

Zkoušení nezapojených tranzistorů (obr. 2). Tranzistor se musí odpájet. Ohmmetrem nebo zkoušečkou se změří přechody PN mezi B-C a B-E. Měřicí proud by měl být při tom menší než 1 mA, aby nebyla součástka přetížena. Měří se vždy od báze ke kolektoru a od báze k emitoru a obráceně.

Zkoušení zapojených tranzistorů. Měří se napětí U_{BE} a U_{cE} . Napětí U_{BE} může být nejvýše 1,5 V, pokud je vyšší, je tranzistor většinou vadný. Při všech měřeních je nutné dávat pozor na typ tranzistoru (NPN nebo PNP), protože je tím určena polarita při měření.



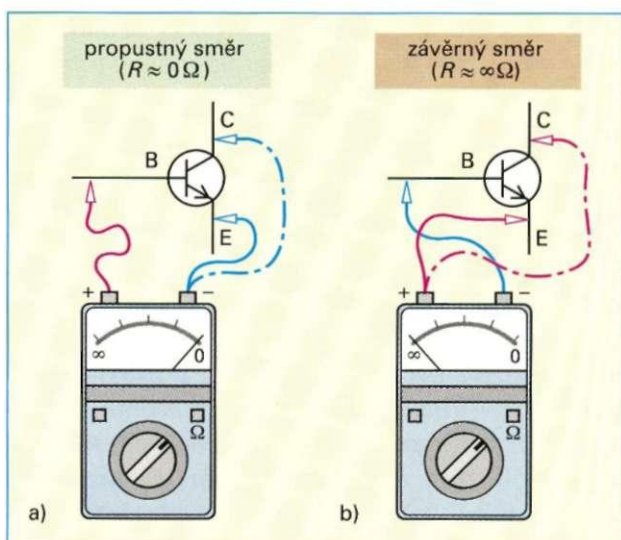
Obr. 1: Charakteristika nízkofrekvenčního zesilovače s tranzistorem BC107 ve čtyřech kvadrantech

Příklad:

Vypočtete napěťové zesílení podle údajů na obr. 1.

Řešení:

$$v_u = \frac{\Delta U_2}{\Delta U_1} = \frac{5,4 V_{ss}}{0,06 V_{ss}} = 90$$



Obr. 2: Zkoušení tranzistoru NPN ohmmetrem

Stabilizace napětí

Stabilizace napětí se provádí např. elektronickými přístroji s konstantním napětím. Přitom rozlišujeme různé principy a zapojení. Důležitá zapojení jsou:

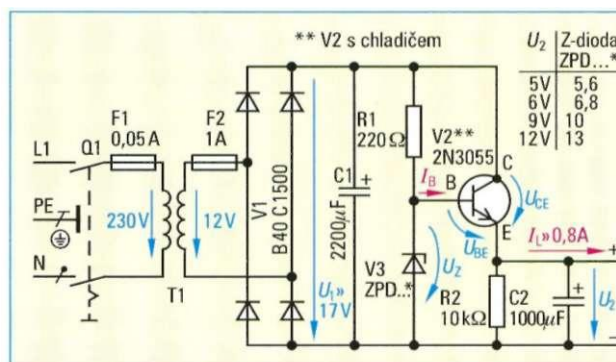
- stabilizace napětí Zenerovou diodou (**str. 209**).
- elektronické obvody s plynulou regulací např. se sériovou nebo paralelní regulací (**obr. 1**).
- stabilizační obvody s regulátory napětí (integrované obvody) s pevným výstupním napětím (**obr. 2**) a s nastavitelným výstupním napětím (**obr. 3**).
- elektronické spínače.

Stabilizace napětí Zenerovou diodou. V zapojení na **obr. 1** napájí Zenerova dioda při proměnném vstupním napětí U_1 např. při kolísání síťového napětí, bázi tranzistoru stabilním napětím. Výstupní napětí U_2 je napětí U_{BE} nižší než napětí U_z zvolené Zenerovy diody ($U_2 = U_z - U_{BE}$). Pokud se změní napětí U_{zf} např. výměnou Zenerovy diody změní se také výstupní napětí U_2 (**viz tabulku v obr. 1**). Při výměně Zenerovy diody je nutno sledovat, aby nebyl překročen proud Zenerovy diody I_{zmax} . Proud procházející Zenerovou diodou je proto omezen rezistorem R1 (**obr. 1**).

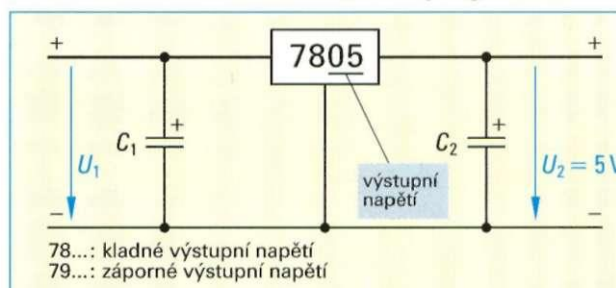
Integrované regulátory napětí s konstantním výstupním napětím mají různé hodnoty napětí, např. 9 V, 12 V a 24 V. Výši napětí výstupního napětí je možné přečíst z označení např. 7805, kde tuto výši udávají poslední dvě číslice.

U regulátorů napětí s nastavitelným výstupním napětím (**obr. 3**) se výstupní napětí může měnit poměrem odporů R1 a R2.

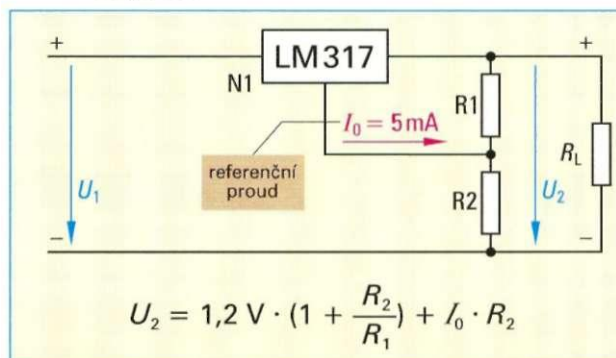
Integrovaný obvod LM 317 obsahuje řídicí obvod, zdroj referenčního napětí, ladicí člen a ochranu před přetížením.



Obr. 1: Stabilizovaný přístroj s tranzistorem a Zenerovou diodou (sériový regulátor)



Obr. 2: Regulátor napětí s konstantním výstupním napětím



Obr. 3: Regulátor napětí s nastavitelným výstupním napětím

Příklad:

Regulátor napětí LM 317 má zabudovány: Rezistory $R_1 = 220 \Omega$ a $R_2 = 750 \Omega$. Vypočtěte výstupní napětí U_2 pomocí **obr. 3**.

Řešení:

$$\begin{aligned}
 U_2 &= 1,2 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_0 \cdot R_2 = \\
 &= 1,2 \cdot \left(1 + \frac{750 \Omega}{220 \Omega}\right) + 5 \text{ mA} \cdot 750 \Omega = 9 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Otázky pro opakování

- 1 Jmenujte polovodičové materiály tranzistorů.
- 2 Jak se označují vývody tranzistorů?
- 3 Co znamená označení tranzistoru BD 612?
- 4 Jaké mezní parametry tranzistorů se nesmějí překročit?
- 5 Jak musí být nastaven pracovní bod napětí U_{CE} u nízkofrekvenčních zesilovačů?
- 6 Popište zkoušení tranzistorů: a) zapojených, b) nezapojených.
- 7 Jmenujte obvody pro stabilizaci napětí.

11.4.5 Tyristory

Tyristor je řízená křemíková usměrňovačí dioda.

Tyristory se používají pro střídavá nebo stejnosměrná napětí, např. ke spínání spotřebičů, k řízení výkonu nebo k řízení otáček motorů.

Tyristory mají tři elektrody:

G (Gate = řídicí elektroda, A (anoda) a K (katoda) (**obr. 1 a tabulka**).

Charakteristické a mezní parametry tyristoru.

Charakteristické parametry. Řídicí proud I_G a řídicí napětí U_{GK} zapínají (otevírají) tyristor. K otevření tyristoru stačí také kladný napěťový impulz. Tím se tyristor uvede do propustného stavu. Tyristor zůstává otevřen.

Mezní parametry. I_{Fmax} je efektivní hodnota největšího trvale přípustného proudu. Tento proud smí procházet tyristorem.

U_{Rmax} je nejvyšší dovolená hodnota napětí na přechodu A-K při zavřeném tyristoru. To platí pro kladné i záporné napětí včetně všech napěťových špiček.

Při překročení proudu I_{Fmax} nebo napětí U_{Rmax} (příklady v **tabulce**) dochází ke zničení tyristoru.

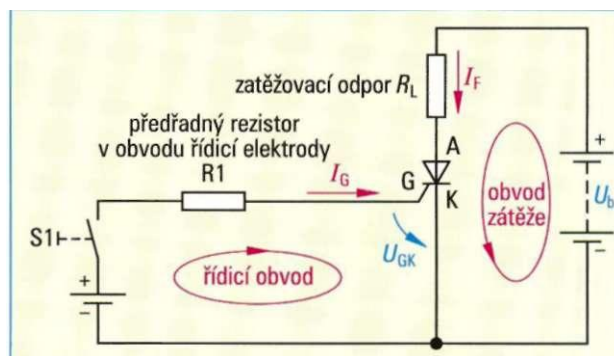
Vratný proud. Při poklesu proudu pod tzv. vratný proud, se tyristor zavře. Odpor mezi anodou a katodou je velký.

Průrazné napětí. Při dosažení průrazného napětí U_{AK0} se tyristor uvede do propustného stavu i bez řídicího proudu. To je nežádoucí. Proto se zapojuje paralelně k tyristoru a vývodům A a K člen RC, který omezí napěťové špičky. Velikost průrazného napětí a hodnoty členu RC udává výrobce.

Použití tyristoru

Tyristor připojený na stejnosměrné napětí. Zatěžovací rezistor R_L je připojen k anodě tyristoru (**obr. 1**). Tím nemá zatěžovací rezistor vliv na řídicí napětí. Při stisknutí tlačítka S1 prochází řídicím obvodem proud I_G , který je omezen předřadným rezistorem R1. Při uvolnění tlačítka S1 zůstává tyristor nadále otevřený. Proto stačí k otevření tyristoru kladný napěťový resp. proudový impulz. Má-li se spotřebič vypnout, musí proud klesnout pod hodnotu vratného proudu I_H . V praxi se to provádí např. vypínacími tyristory.

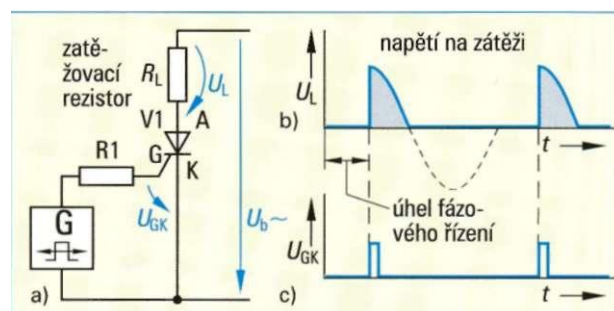
Tyristor připojený ke střídavému napětí. Pokud připojíme tyristor ke střídavému napětí U_b (**obr. 2a**), chová se tyristor jako usměrňovač. Na zatěžovacím rezistoru jsou po otevření tyristoru jen kladné půlvlny (**obr. 2b**). Záporné půlvlny tyristorem neprocházejí. Otevření probíhá stejně jako u stejnosměrného napětí, kladným impulzem na řídicí elektrodě. Posouváním impulzu uvnitř kladné půlvlny (**obr. 2c**), se reguluje výkon spotřebiče. To se používá např. v obvodech s usměrňovači.



OBR. 1: TYRISTOR PŘIPOJENÝ KE STEJNOSMĚRNÉMU NAPĚTÍ

Tabulka: Pouzdro, pořadí vývodů, charakteristické a mezní parametry tyristorů (příklady)

Typ	Pouzdro, pořadí vývodů	Charakteristické hodnoty I_G, U_{GK}	Mezní hodnoty
			I_{Fmax}, U_{Rmax}
BRY 55/100		0,2 mA 0,8 V	0,8 A 100 V
BT 151/500R		15 mA 1,5 V	12 A 500 V
T12 N900		50 mA 1,2 V	30 A 900 V



OBR. 2: TYRISTOR PŘIPOJENÝ KE STŘÍDAVÉMU NAPĚTÍ

11.4.6 Triak

Triak může řídit střídavý proud.

Používá se např. k řízení osvětlení nebo k řízení otáček motorů. Vývody triaku (**obr. 1**) se nazývají: G (gate = řídicí elektroda), A1 (anoda 1) a A2 (anoda 2). Triak a tyristor mají podobné elektrické a mezní parametry. Mezní parametry jsou např. proud I_{Fmax} a napětí U_{Rmax} (**tabulka 1**).

Proud I_G a napětí $U_{G M}$ jsou nutné k otevření triaku (**příklady tabulka 1**). Triak může být otevřen nezávisle na tom, je-li A1 proti A2 kladná nebo záporná, nebo je-li mezi řídicí elektrodou G a anodou 1 impulzní napětí. Přitom může být mezi G a A1 libovolná polarizace. Rozlišujeme čtyři kombinace otevření triaku (**tabulka 2**), ve čtyřech kvadrantech přechodových charakteristik.

Otevřený triak připojí zátěž. Na zátěži jsou kladné a záporné půlvlny připojeného střídavého napětí.

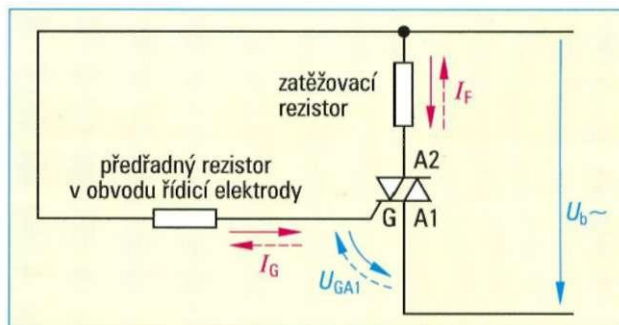
Při průchodu nulového napětí se triak zavře. Musí se proto v každé polovině znovu otevřít.

Použití triaku. Triaky se používají jako bezkontaktní spínače pro spotřebiče na střídavý a trojfázový proud, např. topné odpory (**obr. 2**). Řízení triaků V1 až V3 se provádí malým napětím. Pokud je zapnut spínač S1, prochází řídicím obvodem proud. Tím se triak otevře. Rezistory R1 až R3 omezují řídicí proud asi na 80 mA. Tento proud je potřebný k bezpečnému otevření triaku. Rezistory R4 až R6 zamezí nežádoucímu otevření triaku, protože při zapnutí spínače S1 jsou vývody G a A1 přemostěny. Časový posuv řídicích impulzů v průběhu kladných a záporných půlvln měničkon připojeného spotřebiče a tím např. jas žárovky nebo zářivky (viz **str. 218**).

Triaky jsou vyráběny pro napětí až do 1200 V a proudy až 120 A.

Zkoušení tyristorů a triaků

Jednoduché základní zkoušení se může provádět ohmmetrem. Přitom se měří odpory mezi vývody. Malý odpor v obou směrech znamená vadnou součástku.



Obr. 1: Základní zapojení triaku

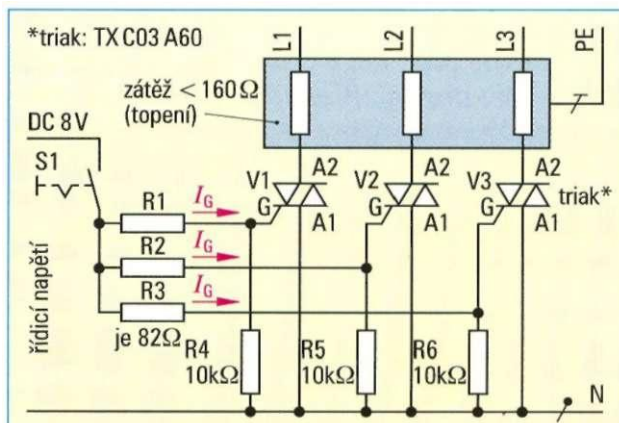
Tabulka 1: Pouzdra, sled vývodů, charakteristické a mezní parametry triaků (příklady)

Typ	Pouzdro, pořadí vývodů	Charakteristické hodnoty I_{Gr} U_{GA1}	Mezní hodnoty I_{Fmax} U_{Rmax}
2N5756		40 mA 2,2 V	2,5 A 400 V
BT 137/500		35 mA 1,5 V	8 A 500 V
BTW43/600G		100 mA 2,5 V	15 A 600 V

Tabulka 2: Otevření triaku ve čtyřech kvadrantech

Kvadrant	Vývod		
	A2	A1	GX
I	+	-	+
II	+	-	-
III	-	+	-
IV	-	+	+

* +: napětí G vůči A1 je kladné
-: napětí G vůči A1 je záporné



Obr. 2: Triak jako bezkontaktní spínač

11.4.7 Diak

Diak je spínač střídavého proudu.

Diak se používá k řízení tyristorů nebo triaků, např. při regulaci výkonu (**obr. 1**). Když se zvýší napětí mezi oběma vývody diaku na průrazné napětí, diak se otevře. Běžné průrazné napětí je např. 30 V. Zbytkové napětí na otevřeném diaku je asi 75 % průrazného napětí. Protože je diak konstruován symetricky, není nutné označení vývodů. Při zapojení není třeba proto sledovat pořadí vývodů.

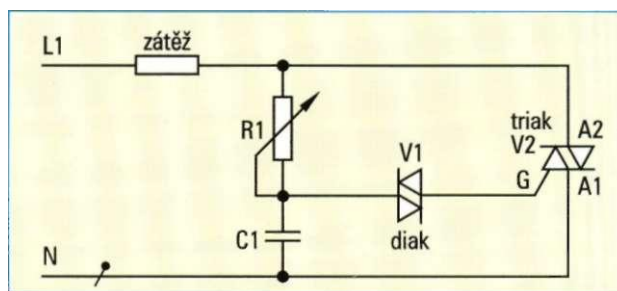
Regulace výkonu

K regulaci světelného výkonu žárovek, halogenových lamp nebo zářivek se používá stmívač (**obr. 1**). Přitom pracuje diak ve spojení s triakem jako měnič střídavého proudu.

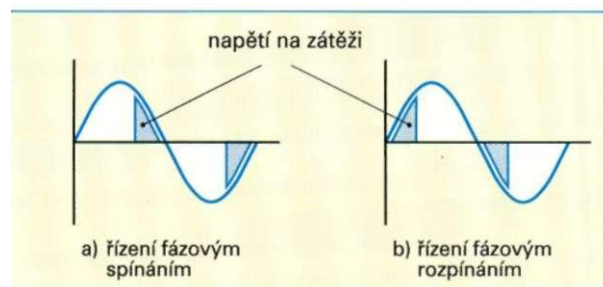
Změna úhlu fázového řízení. Na začátku každé půlplny se kondenzátor nabíjí přes rezistor R1. Tím na kondenzátoru stoupá napětí a jakmile dosáhne průrazné hodnoty napětí diaku (asi 30 V), diak se otevře. Nabitý kondenzátor se vybíjí přes řídicí obvod triaku, který se přitom otevře. Tím se připojí zátěž k triaku. Pokud se např. zvětší odpor R1, začne se na začátku půlplny kondenzátor C1 velmi pomalu nabíjet až k průraznému napětí diaku. Po otevření triaku je na zátěži jen část půlplny (**obr. 2a**), a tím se např. sníží svítivost svítidla. Při průchodu střídavého proudu nulou se triak zavře. Na začátku další půlplny se proces opakuje.

Proti **fázovému řízení** (**obr. 2a**) se při **řízení fázovým rozpínáním** střídavý proud při průchodu nulou zapíná (**obr. 2b**) a proud se při určitém fázovém úhlu přeruší. Řízení fázovým rozpínáním je vhodné pro tzv. elektronické transformátory (konvertory). Pro řízení svítivosti halogenových lamp se musí pro kapacitní zátěž použít vhodný stmívač (označení C, **obr. 3**). Běžné stmívače by elektronický transformátor zničily.

Pokud se má regulovat svítivost zářivek (**obr. 4**), používají se elektronické předřadníky s řídicím napětím od 0 do 10 V. Přitom velikost napětí určuje svítivost.



OBR. 1: ZÁKLADNÍ ZAPOJENÍ STMÍVAČE



OBR. 2: NAPĚTÍ NA SPOTŘEBIČI

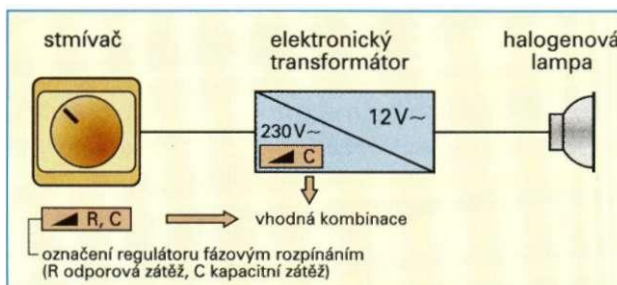
Přehled: Řízení fázovým spínáním a rozpínáním

ŘÍZENÍ FÁZOVÝM SPÍNÁNÍM se používá především k regulaci:

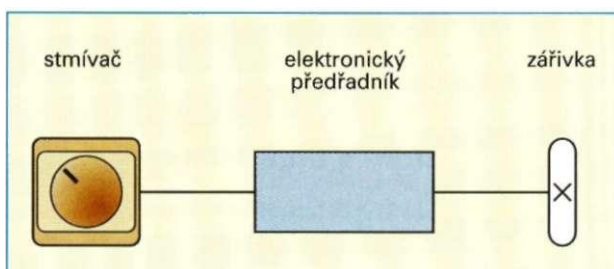
- žárovek,
- halogenových lamp na 230 V.

ŘÍZENÍ FÁZOVÝM ROZPÍNÁNÍM se používá především k regulaci

- žárovek,
- halogenových lamp na 230 V,
- nízkonapěťových halogenových lamp s elektronickým transformátorem (OBR. 3).



OBR. 3: REGULACE HALOGENOVÉ LAMPY



OBR. 4: REGULACE ZÁŘIVKY

11.4.8 Chlazení polovodičových součástek

Aby polovodičové součástky, např. tranzistory nebo tyristory, dobře odváděly teplo, používají se u nich od výkonu několika wattů chladiče. Ty mají co nejlépe odvádět teplo pláště polovodičové součástky do okolního vzduchu tak, aby nebyla překročena maximální teplota přechodu polovodičového materiálu. Každý chladič má tepelný odpor R_{thK} , který udává výrobce (**příklady tabulka**). R_{thK} je tepelný odpor mezi chladičem a chladícím médiem (většinou okolní vzduch). Tepelný odpor, např. $R_{thK} = 6 \text{ K/W}$ znamená nutnost teplotního rozdílu 6 K pro odvod výkonu 1 W do okolí. Tepelný odpor chladiče je závislý na jeho tvaru, velikosti, materiálu a povrchové úpravě. Např. černě natřené chladiče odvádějí teplo do okolí lépe než chladiče světlé. Dodatečně lze použít mezi polovodičovou součástkou a chladičem elektricky nevodivou, ale tepelně vodivou pastu. Ta vyrovná nerovnost povrchu mezi polovodičem a chladičem. Tím se zlepší přechod tepla. Potřebný tepelný odpor je nutno vypočítat (**tabulka**).

Přípustná teplota přechodu křemíkových polovodičových součástek je asi 150 °C, u germaniových polovodičových součástek je asi 100 °C.


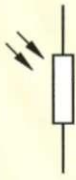
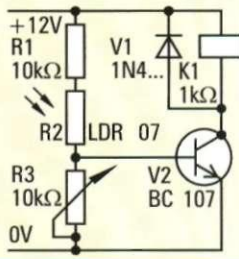
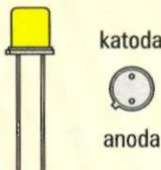
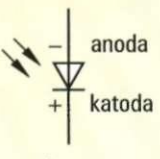
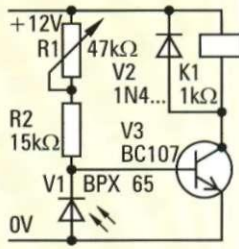
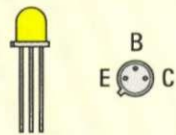
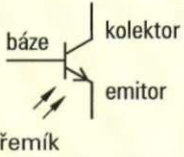
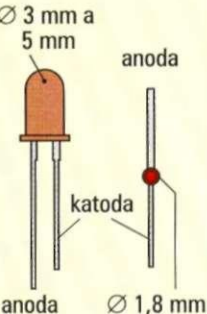


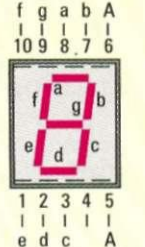
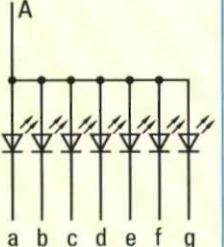
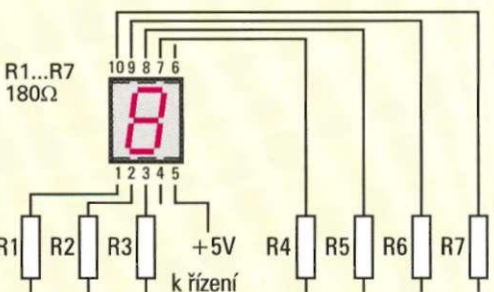
Tabulka: Chladiče s údaji a výpočtem tepelného odporu					
Chladič	Tepelný odpor R_{thK}	Chladič	Tepelný odpor R_{thK}	Chladič	Tepelný odpor R_{thK}
	3,2 K/W při délce 50 mm, 2,3 K/W při délce 100 mm		2,5 K/W při délce 50 mm, 1,5 K/W při délce 100 mm		4,3 K/W pro plášť TO-3, např. pro AD 130, BU 108, BDY 12, 2N3055
	11 K/W pro plášť TO-220, např. pro BD 201, BD 643, BD 644		45 K/W pro plášť TO-39, např. pro BC 140, BU 108, BDY 12, 2N3055		
Pro výpočet tepelného odporu platí:		ϑ_j maximální teplota přechodu polovodiče ϑ_U maximální vyskytující se teplota okolí P_V ztrátový výkon polovodiče R_{thG} vnitřní teplotní odpor polovodiče R_{thU} teplotní odpor mezi pláštěm a chladičem R_{thK} teplotní odpor chladiče (ϑ_j a R_{thG} jsou udávány výrobcem polovodiče)			
Příklad:					
U výkonového tranzistoru BD 135 je ztrátový výkon $P_V = 4 \text{ W}$ při okolní teplotě $\vartheta_U = 45 \text{ °C}$. Maximální teplota přechodu $\vartheta_j = 150 \text{ °C}$, vnitřní teplotní odpor $R_{thG} = 10 \text{ K/W}$ a teplotní odpor mezi pláštěm a chladičem $R_{thU} = 3,5 \text{ K/W}$. Vypočítejte tepelný odpor chladiče.					
Řešení:					
$R_{thK} \leq \frac{\vartheta_j - \vartheta_U}{P_V} - R_{thG} - R_{thU} = \frac{150 \text{ °C} - 45 \text{ °C}}{4 \text{ W}} - 10 \text{ K/W} - 3,5 \text{ K/W} = 12,75 \text{ K/W}$					

Otázky pro opakování

- 1 Jak se nazývají vývody: a) tyristoru, b) triaku?
- 2 Jaké mezní parametry nesmějí být u tranzistoru a triaku překročeny?
- 3 Ke kterému vývodu se připojuje zatěžovací rezistor u tyristoru a u triaku?
- 4 Jmenujte příklady použití tyristoru a triaku.
- 5 Co se rozumí pod pojmem průrazné napětí?
- 6 K čemu se používá diak?
- 7 V jakém okamžiku se zavírá triak u střídavého napětí?
- 8 K čemu slouží elektronický transformátor při regulaci halogenových lamp?
- 9 Proč se používá mezi chladičem a polovodičem tepelně vodivá pasta?

11.4.9 Optoelektronické součástky

Optoelektronické součástky (**tabulka**) přeměňují světelnou energii na elektrickou nebo elektrickou energii na světelnou.

Tabulka: Optoelektronické součástky			
Součástka, značení vývodů	Schematické značení, vnitřní zapojení, základní materiál	Vlastnosti, elektrické parametry	Použití
<p>fotodpor</p> 	 např. siriník kadmia	odpor závisí na intenzitě osvětlení příklad: typ LDR 07 neosvětlený $\geq 10 \text{ M}\Omega$ osvětlený asi 100Ω	jednoduchý fotospínač; při osvětlení klesá odpor LDR; tím se tranzistor otevře a sepne relé 
<p>photodioda</p> 	 germanium, křemík	fotodiody se provozují v závěrném směru; zpětný proud narůstá s intenzitou osvětlení příklad: typ BPX 65, citlivost 4 nA/lx	vypínač; když je fotodioda osvětlena, stoupá její zpětný proud, čímž se tranzistor uzavře a relé odpojí 
<p>phototranzistor</p> 	 křemík	Při osvětlení prochází proud od kolektoru k emitoru; vývod báze je většinou volný	ve zpracování dat, u fotoblesku; při osvětlení fototranzistoru vznikne impuls, který se v zesilovači může použít např. k počítání výrobků
<p>svítivá dioda (LED)*</p>  <p>anoda $\varnothing 3 \text{ mm}$ a 5 mm katoda $\varnothing 1,8 \text{ mm}$ * světlo emitující dioda</p>	 * Např. galiumarsenid, galiumfosfid	Pokud proud I_F prochází v propustném směru, je vyzářováno světlo; na LED je úbytek napětí U_F , jehož velikost je závislá na barvě LED (dotace) příklady: červená dioda $U_F = 1,6 \text{ V}$ žlutá a zelená LED $U = 2 \text{ V}$ proud I_F je asi 20 mA , $I_{F\text{max}}$ je 50 mA	LED připojená k stejnosměrnému napětí $R_V = \frac{U_b - U_F}{I_F}$ LED připojená ke střídavému napětí  Kondenzátor působí jako kapacitní předřadný odpor; dioda omezuje zápornou půlmlnu, R2 omezuje náraz zapínacího proudu kondenzátoru, R1 vybíjí C1
<p>segmentový zobrazovač</p>  <p>symbolická výška např. $13,5 \text{ mm}$</p>	vnitřní společné zapojení anod 	Zobrazovač se skládá ze sedmi LED; řízením zapojení anod je možno zobrazit číslice 0 až 9; každý segment potřebuje napětí asi 2 V ; používají se také segmenty se společnou katodou	např. v digitálních měřicích přístrojích nebo v digitálních hodinkách 

11.4.10 Integrované obvody (IC)

Integrované obvody IC (z ang. Integrated Circuit = integrovaný obvod) obsahují všechny součástky obvodu, např. rezistory, diody, tranzistory a jejich spojení na jedné křemíkové polovodičové destičce. Polovodičová destička s integrovaným obvodem se nazývá **čip**. Čip je zalisován do plastového nebo keramického pouzdra (**obr. 1**). Často se používají **pouzdra se dvěma řadami vývodů** (DIL z angl. dual in line = dvěma řadami) s celkovým počtem např. 8, 14, 16, 20, 24 a více vývodů (**obr. 1a**). Kovová válcová pouzdra mají např. 8 nebo 10 vývodů (**obr. 1b**).

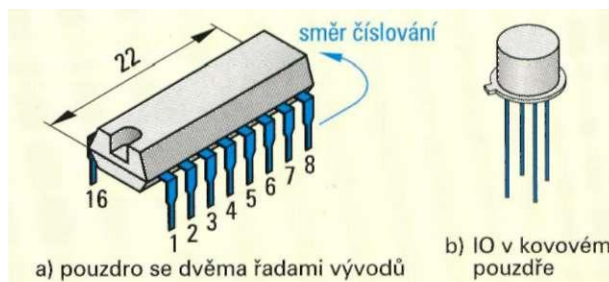
Podle techniky zapojení rozlišujeme integrované obvody analogové a digitální.

Analogové integrované obvody jsou většinou obvody zesilovací. Malá vstupní veličina, např. napětí, je na výstupu zesílena. Vstupní a výstupní veličiny mají většinou strmý tvar křivky. Příkladem analogových integrovaných obvodů jsou nízkofrekvenční zesilovače (**obr. 2**) a operační zesilovače.

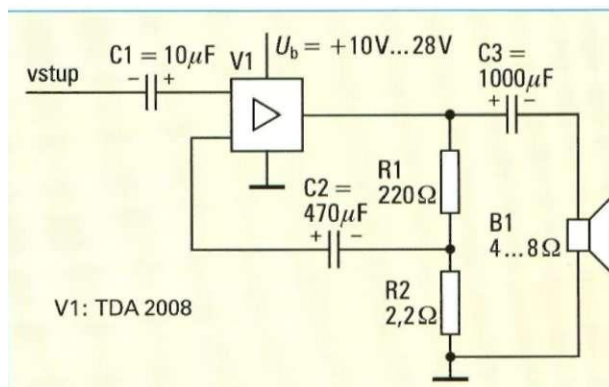
Digitální integrované obvody pracují ve funkci spínače. Vstupní a výstupní veličina má jen dva stavy, které odpovídají dvěma hodnotám napětí. Malá hodnota napětí odpovídá 0 V, velká hodnota napětí velikosti provozního napětí. Oběma hodnotám napětí jsou přiřazeny logické stavy, malé hodnotě napětí 0 nebo L (low), velké hodnotě napětí 1 nebo H (high). Tento systém se nazývá **binární** (z latiny = sestávající se ze dvou hodnot). Důležitá základní digitální zapojení jsou členy NEBO, A a NE a jejich kombinace. Tato základní zapojení se používají ve spínacích nebo logických obvodech a také v logických pamětech, čítačích impulzů a v mikroprocesorech.

Obvody v logice TTL (transistor-transistor-logic) mají provozní napětí 5 V. Hladina napětí 0 V až 0,8 V odpovídá přitom logické hodnotě nula, hladina +2 V až +5 V odpovídá logické hodnotě jedna. Výšku hladiny napětí lze přezkoušet voltmetrem nebo zkoušečkou TTL (**obr. 3**). Pokud je nutné vyměnit zapájené integrované obvody, např. při zničení součástky, používají se vložky na odpájení odsávání pájky (str. 56). Zvláštní opatření jsou nutná u obvodů typu MOS*, protože elektrostatický náboj může tyto součástky poškodit nebo zničit.

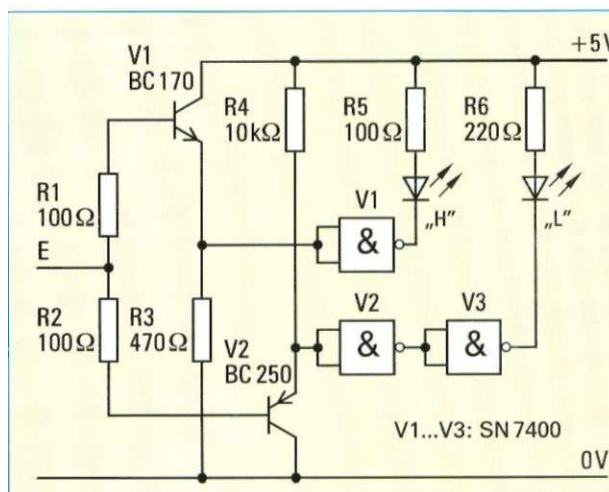
*angl. Metal-Oxide-Semiconductor



Obr. 1: Typy integrovaných obvodů



Obr. 2: Obvod nízkofrekvenčního zesilovače



Obr. 3: Zkoušeč obvodů TTL

Otázky pro opakování

- 1 S jakým proudem pracují svítivé diody?
- 2 Jmenujte příklady použití fototranzistorů.
- 3 Popište pouzdro se systémem vývodů ve dvou řadách (dual in line).
- 4 Jaké provozní napětí se používá u obvodů TTL?

Elektrické spotřebiče

Uvedení do provozu, údržba, oprava a revize elektrických spotřebičů (i pohyblivých prodlužovacích přívodů) vyžadují znalosti o jejich konstrukci a funkci i o jejich zapojení. Kromě osvětlovací techniky, audiovizuální a výpočetní techniky rozlišujeme malé a velké elektrospotřebiče a ruční elektrické nářadí (tabulka). Z množství spotřebičů na trhu zde můžeme uvést a popsat jen některé z nich.

Pravidla pro uvádění elektrických přístrojů do provozu:

- pročíst a dbát na návod k obsluze,
- prověřit, zda souhlasí jmenovité napětí spotřebiče s napětím sítě; pokud ne je nutné přepnout voličem na správné napětí,
- odstranit případně transportní aretace a ochrany,
- uvést spotřebič podle návodu do provozu.

Elektrické spotřebiče je třeba provozovat podle návodu výrobce.

12.1 Malé spotřebiče

Malé elektrické spotřebiče nejsou náročné na údržbu a většinou nejsou na stálém místě. Nepotřebují samostatně jištěný elektrický obvod jako např. elektrický sporák. Většinou jsou připojeny ke střídavému napětí do nejbližší zásuvky nebo jsou napájeny z baterií. Malé spotřebiče, např. pro vrtání, řezání, mletí kávy a elektrické ruční nářadí jsou často určeny k mechanickým činnostem.

Ve spotřebičích rozlišujeme tepelné elektrospotřebiče a spotřebiče s elektrickým motorovým pohonem (viz tabulka).

12.1.1 Tepelné elektrospotřebiče

Topným vodičem (odporem) prochází elektrický proud a zahřívá jej. Přitom se elektrická energie přeměňuje na energii tepelnou.

Topná tělesa jsou určena k ohřevu pevných látek, vzduchu nebo tekutin. Topný vodič má obvykle tvar otevřené spirály, např. u sušiče vlasů, jako trubkové topné těleso (obr. 1), např. u ponorného vařiče nebo jako ploché topné těleso, např. u opékače topinek. Topné dráty se vyrábějí ze slitin, např. NiCr 80 20 (80 % niklu a 20 % chrómu). Mají bod tavení 1400 °C až 1500 °C a jsou tedy vhodné pro vysoké provozní teploty (1100 °C až 1300 °C) (materiály topných drátů viz Elektrotechnické tabulky). Podle druhu tepelného elektrospotřebiče je topný drát uložen bez pouzdra nebo v elektricky izolujícím pouzdře v plášťové trubce (obr. 1).

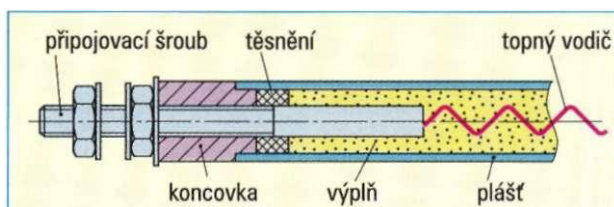
Trubková topná tělesa se vyrábějí pro různá použití v různých tvarech (obr. 2). Dutina mezi topným drátem a pláštěm je naplněna hmotou, která přenáší teplo, ale není elektricky vodivá. Tato hmota zároveň zajišťuje pevnou polohu rozžhaveného drátu. Plnicí hmota je např. oxid horečnatý (MgO) nebo oxid hlinitý (Al_2O_3). Vnější trubka je většinou z mědi, protože měď je dobrým vodičem tepla a je možno ji dobře tvarovat. Ponorné vařiče jsou chromovány.

Pokud bychom zapnuli ponorný vařič, aniž bychom ho ponořili do vody, došlo by z důvodu malého odvodu tepla k přehřátí a tím ke zničení vařiče.

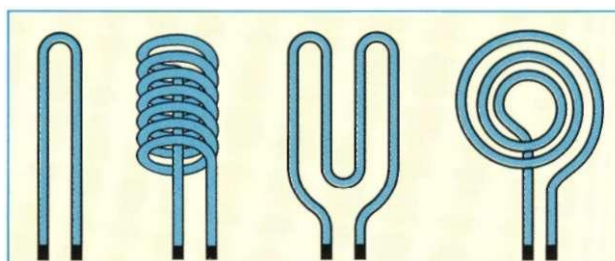
Ponorná topná tělesa se nesmějí provozovat bez ponoření do kapaliny.

Tabulka: Elektrické spotřebiče a ruční elektrické nářadí (příklad)

malé spotřebiče	velké spotřebiče
<ul style="list-style-type: none">• tepelné, bezmotorové<ul style="list-style-type: none">- ponorné ohřivače- žehličky• tepelné, motorové<ul style="list-style-type: none">- topidla s ventilátorem- vysoušeče vlasů• s motorovým pohonem<ul style="list-style-type: none">- mixéry- vysavače- vrtačky	<ul style="list-style-type: none">• elektrické sporáky• pračky• sušičky prádla• mikrovlnné trouby• ohřivače vody• akumulární kamna• klimatizace• chladničky a mrazničky



Obr. 1: Trubkové topné těleso



obr. 2: Tvary trubkových topných těles

Žehlička s regulací teploty

Trubkové topné těleso zabudované do topné žehlicí destičky zapíná a vypíná bimetalový regulátor. Příkon žehličky bývá 1,2 kW i více. Při ohřevu na nastavenou teplotu svítí signální doutnavka H1 (**obr. 1**). Při rozpojení kontaktu regulátoru vznikne elektrický oblouk, který u střídavého proudu při průchodu napětí nulou zhasne. Při připojení ke stejnosměrnému proudu by oblouk nezhasl a kontakty by se zničily.

Žehličky s bimetalovým regulátorem je možno připojit pouze ke střídavému napětí.

Napařovací žehličky mají nádržku vody o obsahu asi 0,2 l a v žehlicí destičce otvory pro výstup páry. Rozlišujeme žehličky se systémem rozstřikování vody nebo se systémem bojlerovým.

U **systému rozstřikování vody (obr. 2)** vykapává voda, pokud je žehlička v horizontální poloze, z nádržky do prostoru vyhřátého topnými vodiči. Vytváří se pára, která vychází přetlakem ze žehličky a navlhčí žehlenou látku. Výtok vody je možno uzavřít ventilem a žehlit na sucho.

U **bojlerového systému (obr. 3)** se voda ohřívá v tlakové nádrži. Pára procházítrubičkou k výstupním otvorům v žehlicí destičce.

Aby nedošlo k zanesení otvorů vodním kamenem, je nutné používat velmi měkkou nebo destilovanou vodu.

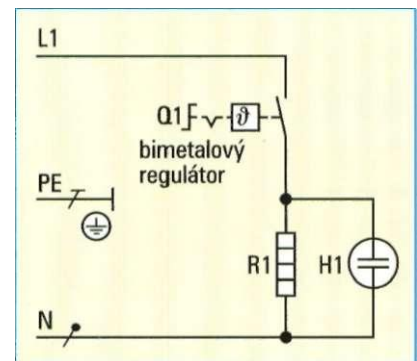
Připojení: tepelně odolné vodiče s nehořlavou ochranou, např. H03RT-F (žilové vodiče s pryžovou izolací a textilním obalem).

Údržba:

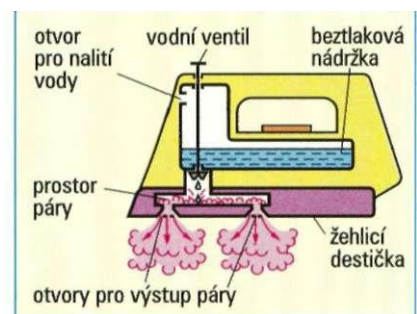
- Udržovat žehlicí plochu v čistotě
- U napařovacích žehliček: po žehlení úplně vyprázdnit nádržku

Opravy: viz **tabulka**.

Předcházení nehodám: Žehličku nenechávat v zapnutém stavu bez dozoru (nebezpečí požáru)



Obr. 1: Zapojení žehličky s regulací teploty



Obr. 2: Rozstřikovací systém napařovací žehličky



Obr. 3: Bojlerový systém

Tabulka: Opravy žehliček			
Závada	Vadný díl	Příčina	Odstranění závady
nefunkčnost	vidlice	přerušení	výměna
	přívodní šňůra		výměna nebo zkrácení
	připojení		výměna
	topné vinutí		výměna topné desky
	regulátor		nezapíná
přehřátí žehlicí plochy	regulátor	regulátor nevypíná nebo je špatně nastaven	výměna za originální náhradní díl
zkrat	vidlice, přívodní šňůra, doutnavka	dotyk živých částí	výměna
	připojení		nový přívod
regulátorem se špatně otáčí	nastavovací šroub	koroze	vyčistit
signální doutnavka nesvítí	doutnavka	přerušení	výměna

Kávovar

Studená voda protéká z nádrže do průtokového ohřivače (**obr. 1**). Zde se zahřívá, zvětší svůj objem a uzavře kulový ventil, který uzavře přívod vody. Zahřátá voda se může pohybovat jen vzhůru do trubky, ze které skapává na filtr a filtrem do konvice. Topným vinutím průtokového ohřivače se ohřívá i deska, která udržuje teplo. Teplotu této desky omezuje bimetalový regulátor N1 (**obr. 2**). Při poruše regulátoru vypne tepelná pojistka F1 topení.

Připojení: vodič H05VV-F (střední vodič s izolací PVC v pryžovém plášti).

Údržba:

- před každým čištěním vytáhnout vidlici a přístroj nechat vychladnout,
- do místa připojení a do regulátoru nesmí proniknout voda,
- je nutné pravidelné odstraňování vodního kamene (podle návodu použití).

Opravy: při vadné pojistce (výměna jen za originální) přístroj nefunguje. Při částečném vyprázdnění nádržky čerstvé vody není tlakový spínač správně nastaven. Při malém průtoku vody nebo při velkém množství páry je nutné odstranit vodní kámen.

Pravidla při opravě tepelných elektrospotřebičů:

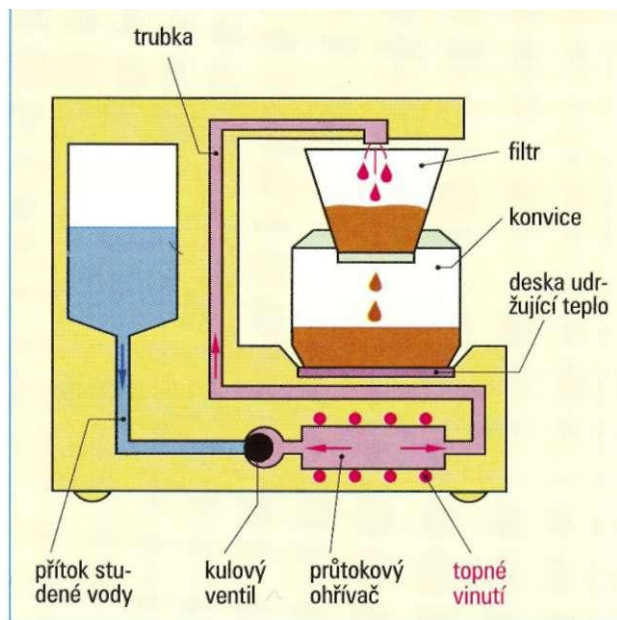
- Vadná topná tělesa vždy vyměnit. Oprava změní příkon.
- Neměnit teplotní nastavení, protože příliš vysoká teplota může spotřebič zničit.
- V případě nejistoty kontaktovat servis výrobce.
- Po opravě musí být spotřebič přezkoušen podle odpovídající ČSN.

12.1.2 Elektrické spotřebiče s motorovým pohonem

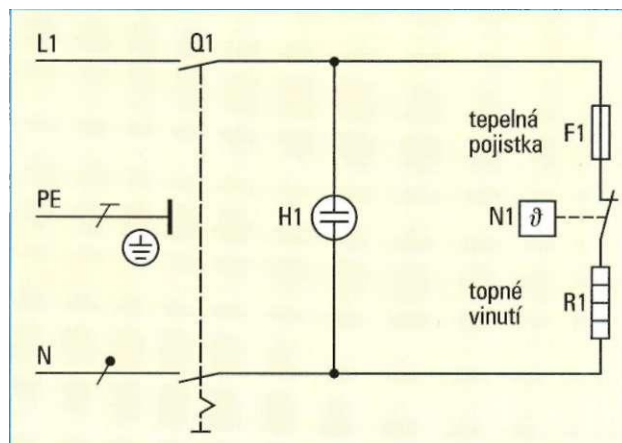
Pro malé elektrické spotřebiče se většinou používají motory se stíněnými póly, univerzální motory (**str. 268**) a stejnosměrné motory se sériovým buzením nebo s permanentními magnety (**str. 270**).

Vysoušeč vlasů

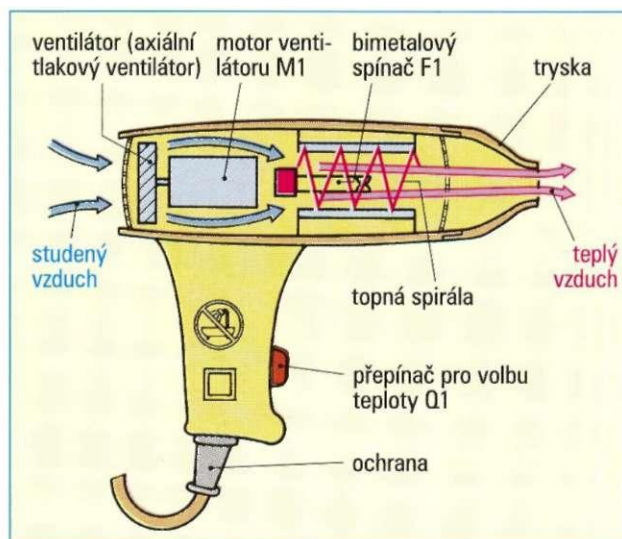
Funkce: Ventilátor je většinou poháněn stejnosměrným motorem s permanentními magnety (vysoušeč vlasů s tlakovým ventilátorem, **obr. 3**).



Obr. 1: Kávovar s průtokovým ohřivačem



Obr. 2: Schéma zapojení kávovaru



Obr. 3: Konstrukce vysoušeče vlasů

Vysoušeče vlasů je možné přepínat na různou teplotu a rychlost vzduchu. Při zapojení podle **obr. 1** je v poloze I přepínače Q1 využívána při průchodu diodou V1 jen jedna půlvlna střídavého proudu a tím se zmenší otáčky ventilátoru a výkon topného vinutí R1. V poloze II přepínače dává ventilátor i topné vinutí plný výkon.

Motor ventilátoru M1 je napájen přes diody V2 a V3 stejnosměrným napětím. Přes čidla na topném vinutí R1 je připojen k nízkému napětí. Bimetalový spínač F1 chrání spotřebič před přehřátím, např. při sníženém proudu vzduchu v důsledku znečištění (**obr. 1**).

Připojení: H03VV-F (lehká šňůra s izolací PVC).

Údržba:

- otvory pro přívod a odvod vzduchu musí být stále otevřeny.

Ruční mixéry

Pohon tvoří univerzální motorek M1 s rozděleným vinutím (**obr. 2**). Čím více částí vinutí je zapojeno, tím větší je jeho odpor. Tím se zmenší příkon a otáčky. Metlička je poháněna přes převod.

Připojení: H03VV-F (lehká šňůra s izolací PVC) nebo H03VV2-F (plochý nedělitelný vodič).

Údržba:

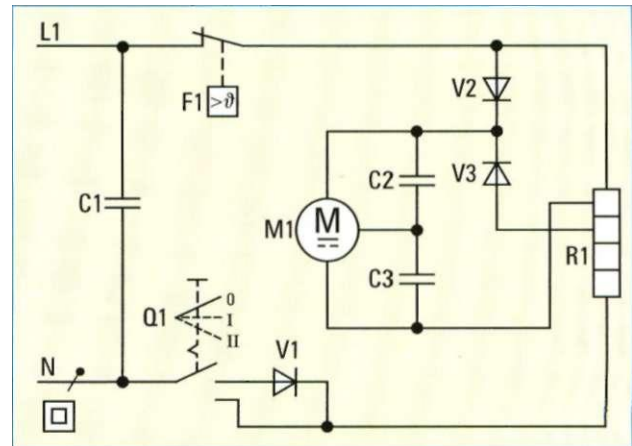
- větrací otvory musí být stále otevřeny.

Oprava elektromotorového pohonu

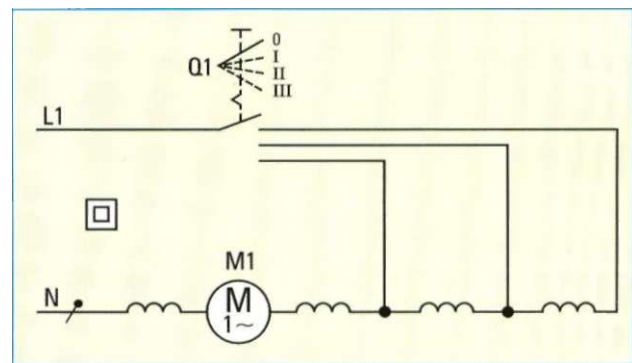
Při poruše malého spotřebiče je třeba před hledáním vady posoudit, zda není hospodárnější koupit spotřebič nový. Vadné díly, jako např. ovládací a malé motory, často nelze opravit a musí být tedy vyměněny za originální. Po opravě je třeba spotřebič přezkoušet podle předpisů (**str. 252**).

Opotřebené kartáče, znečištěný povrch komutátoru nebo přečnívající mezilamelová izolace může způsobit značné jiskření kartáčů (**obr. 3**). Při výměně kartáčů je třeba dbát na jejich správnou tvrdost (originální kartáče). Kartáče se musí dotýkat povrchu komutátoru po celé jejich ploše (**obr. 4**).

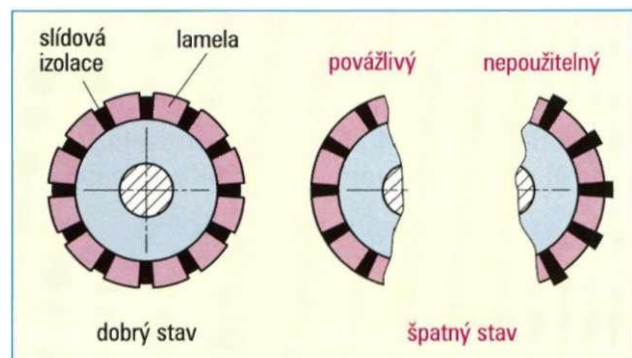
Značné jiskření (kruhový oheň) může způsobit také závitové spojení ve vinutí kotvy motoru.



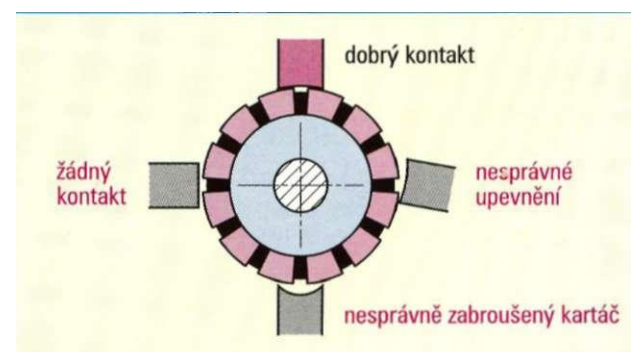
Obr. 1: Schéma zapojení vysoušeče vlasů se dvěma stupni výkonu



Obr. 2: Schéma zapojení ručního mixéru s univerzálním motorkem (odrušení není zakresleno)



Obr. 3: Různé stavy komutátoru



Obr. 4: Poloha kartáče na komutátoru

Vadné ozubené převody přeruší přenos síly.

Ložiska mohou být opotřebená nebo zadřená, např. vlivem vlhkosti.

Teplotní čidla ve vinutí motoru nebo ve spotřebiči, např. bimetalový spínač u sušiče vlasů, vypínají spotřebič. Příčinou může být překročená teplota v důsledku nedostatečného chlazení nebo přetížení. Po ochlazení je možné provoz obnovit.

Přístroje pro napájení nebo řízení mohou rovněž způsobit výpadek motoru. Je proto nutné vždy přezkoušet připojení na svorkovnici motoru.

12.1.3 Odrušení malých spotřebičů

Malé elektrospotřebiče mohou být zdrojem radiového rušení. Příčinou mohou být univerzální motory nebo kontakty. Takové spotřebiče musí být odrušeny.

Spotřebiče odrušené výrobcem mohou být označeny **grafickými značkami odrušení**. Příklady takových označení užívaných v SRN jsou uvedeny na **obr. 1a**. Pro přístroje a zařízení se rozlišují tři stupně rušení G, N a K pro zvláštní požadavky, např. rozhlasová studia (**tabulka**).

U domácích spotřebičů, které odpovídají směrnici EU, se používají značky bez udání stupně rušení N (**obr. 1b**). Spotřebiče se značkou EMV (**obr. 1c**) odpovídají směrnici EMV. Jejich funkce není vzájemnými a cizími vlivy rušena.

Odrušení. Nestacionární spotřebiče ochranné třídy I (spotřebiče s ochranným vodičem) mohou být odrušeny podle **obr. 2** samostatným kondenzátorem. Do výkonu 3,5 kW nesmí unikající proud překročit 3,5 mA. U spotřebičů s topným výkonem větším než 3,5 kW nesmí unikající proud překročit 1 mA na 1 kW.

Spotřebiče ochranné třídy II (s ochrannou izolací) se odrušují sadou podle **obr. 3**. Odrušovací sada obsahuje např. kondenzátor XY ve čtyřpólovém provedení a dodatečné tlumivky.

Odrušovací zařízení má být umístěno co nejbližší zdroji rušení, např. na komutátoru univerzálního motoru nebo na spínacím kontaktu.

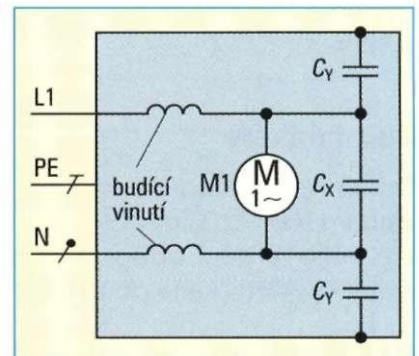
Oprava přístrojů se zdrojem rušení. Odrušovací zařízení nesmí být umístěno ve větší vzdálenosti nebo na jiném místě než původně.

Při výměně odrušovacích prvků mohou být použity jen originální součástky.

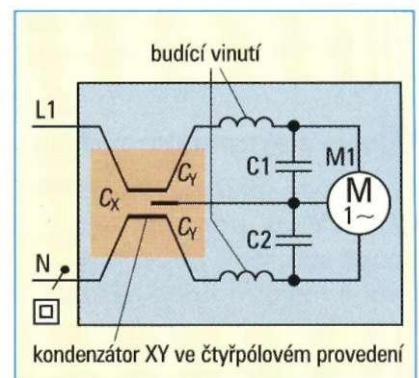
Označení	Použití
G (hrubý stupeň)	průmyslové zóny
N (normální stupeň)	byty
K (malý stupeň)	pro vysoké požadavky (např. sdělovací technika)



Obr. 1: Značení odrušení v SRN



Obr. 2: Odrušení mobilního spotřebiče ochranné třídy I (příklad)



Obr. 3: Odrušení spotřebiče ochranné třídy II

Otázky pro opakování

- 1 Na co je třeba zvláště dbát při uvedení elektrospotřebiče do provozu?
- 2 Popište funkci žehličky s bimetalovým regulátorem.
- 3 Proč mohou regulátory žehliček pracovat jen se střídavým proudem?
- 4 Proč se nemají vadná topná tělesa opravovat?
- 5 Jaký druh vodiče se má použít pro připojení: a) žehličky, b) kávyvaru, c) ručního mixéru?
- 6 Co může způsobit značné jiskření kartáčů u univerzálního motoru?
- 7 Na co je třeba dbát při výměně kartáčů?
- 8 Jaký stupeň odrušení je předepsán pro spotřebiče s elektromotorovým pohonem?

12.2 Velké elektrické spotřebiče

Velké spotřebiče jsou většinou nepřenositelné. Jsou obvykle připojeny k jednomu elektrickému obvodu. Velké spotřebiče jsou např. elektrické sporáky, chladničky, pračky, sušičky a myčky nádobí. Ve velkých spotřebičích je často spojeno několik elektrických zařízení a přístrojů. Elektrický sporák má většinou několik varných plotýnek, elektrickou troubu, gril a příslušné vypínače.

Velké spotřebiče se obtížně převážejí, proto se musí většinou údržba a oprava provádět na místě instalace. K tomu jsou zapotřebí přenosné měřicí a zkušební přístroje.

Pravidla pro připojení a uvedení velkých spotřebičů do provozu:

- Dodržet pokyny uvedené v návodu na připojení a obsluhu.
- Přívod, tzn. průřez vodiče a jištění, musí být dostatečně dimenzovány podle odebíraného proudu spotřebiče.
- Dávat pozor na druh připojení (zásuvka, vidlice, pohyblivé nebo pevné přívody).
- Odstranit transportní zajištění.
- Provéřit zda souhlasí provozní napětí s napětím sítě, popř. provozní napětí nastavit.
- Při připojení dodržet požadovaná ochranná opatření.


12.2.1 Elektrický sporák

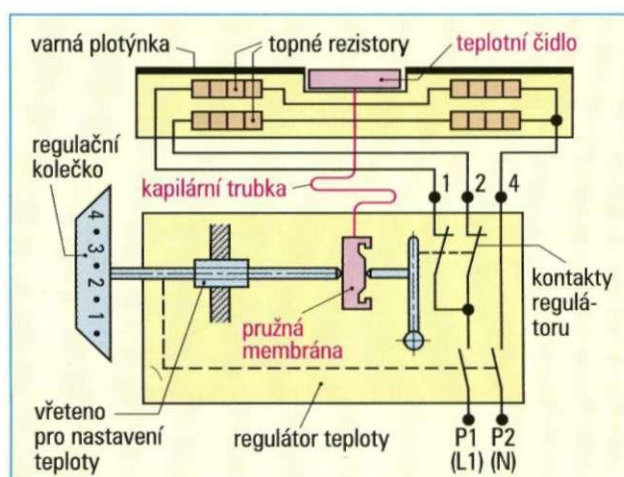
Kompletní elektrický sporák má čtyři varné plotýnky ze šedé litiny nebo sklokeramickou desku, elektrickou troubu a pod ní zásuvku na příslušenství trouby. Varná část a trouba mohou být odděleně zabudovány do kuchyňské linky. Topný výkon se může nastavovat stupňovitě přepínači nebo plynule tepelnými spínači. K udržení teploty se používají také elektronické regulátory, např. řízení spínáním bloků.

Normální varné plotýnky mají příkon 1000 W, 1500 W nebo 2000 W. Jsou ovládány sedmipolohovým spínačem. Kromě stavu „vypnuto“ je šest možných stupňů výkonu pomocí různého zapojení tří zabudovaných topných rezistorů (**obr. 1, str. 229**).

Rychlovarné plotýnky mají červený bod ve svém středu. Mají při stejném průměru asi o 25 % větší výkon než normální varné plotýnky. K ochraně před přehřátím je ve středu plotýnky bimetalový spínač (protektor), který při teplotě nad 400 °C odpojí jeden ze tří topných rezistorů.

Automatické varné plotýnky mají zhruba stejný výkon jako rychlovarné plotýnky. Mohou se zahřát na předvolenou teplotu a pak tuto teplotu udržovat. U těchto automatických varných plotýnek (**obr.**) je v jejich středu umístěno teplotní čidlo, které je spojeno přes kapiláru naplněnou kapalinou s membránou v regulátoru teploty. Při zahřátí zvětší kapalina svůj objem a ovládá přes membránu a páku kontakty regulátoru. Při dosažení nastavené teploty se tepelný příkon nejprve postupně zmenší a nakonec se úplně odpojí.

 Varná plotýnka se sedmipolohovým spínačem, str. 248



Obr.: Automatická varná plotýnka

Varné plotýnky mají průsvitnou keramickou plochu, jejíž pásma jsou vytápěna jedním nebo dvěma topnými tělesy (provedení s jedním nebo dvěma obvody). Jako topná tělesa se používají topné spirály nebo halogenové zářiče.

Halogenové zářiče jsou skleněné válce plněné plynem, ve kterých jsou wolframové topné dráty s pracovní teplotou nad 2000 °C, která umožňuje velmi krátké doby pro uvedení do varu. Jejich životnost je okolo 5000 hodin. Varné plotýnky s duálním topením mají vyzařovací i halogenová topná tělesa. Varná pásma jsou buď výkonově regulovatelná nebo v automatickém provedení.

Tyčový regulátor mezi topnými tělesy a keramickou deskou brání přehřátí varného pásma (**obr. 1**).

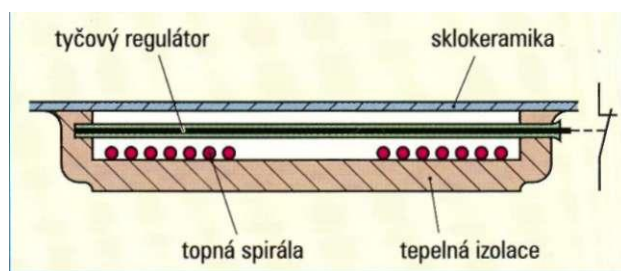
Regulátory energie regulují výkon topných těles spínacími kontakty, které ovládá bimetal (**obr. 2**). Frekvence spínání bimetalu je dána plynule nastavitelným regulačním kolečkem. Střední topný výkon a teplota vyplývají z délky tepelných intervalů a přerušení mezi nimi.

Elektrická trouba má příkon přibližně 2 kW až 3 kW, který je rozdělen na ohřev shora a zdola. Plynule nastavitelná teplota se reguluje termostatem v rozsahu od 50 °C do 300 °C (**obr. 1, str. 229**). U trouby s prouděním vzduchu se teplo přenáší pohybem vzduchu pomocí ventilátoru umístěného na zadní straně trouby. Trouba může mít i gril. Potřebná trubková topná tělesa jsou buď pevně zabudována, nebo je možné gril připojit do zvláštní zásuvky v troubě. Topná tělesa grilu mají příkon mezi 1 kW a 3 kW.

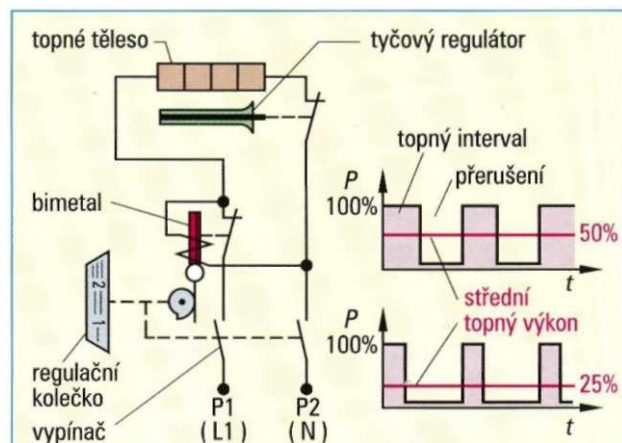
Údržba. Kromě základního udržování čistoty nepotřebují elektrické sporáky žádnou údržbu. Čištění trouby je snazší pomocí **katalytického čištění**. Čištění zde probíhá chemickou cestou, která při teplotě nad 200 °C spolu s kyslíkem ze vzduchu odstraní usazenou vrstvu tuku. Trouba je vybavena bočními porézními emailovými plechy, které obsahují katalyzátor.

Připojení. Elektrické sporáky mohou mít připojen výkon do 15 kW. Jsou napájeny samostatnými obvody a přes odlehčený přívod. Připojovací vodič např. H05VV-F5G2,5 nebo H05RR-F5G2,5 musí umožnit omezené posunutí sporáku, např. při opravě.

Sporák se připojuje pokud možno k trojfázové síti. Protože jsou topná tělesa většinou konstruována na napětí 230 V, je možné sporák připojit ke střídavé síti 230 V. Průřez vodiče a proud nadproudové ochrany je nutné v tomto případě volit s určitou rezervou. Je třeba zohlednit i současný provoz varných plotýnek a trouby na střídavý proud.



Obr. 1: Varné pásmo s tyčovým regulátorem



Obr. 2: Sporák s plynule nastavitelným regulátorem energie

Příklad:

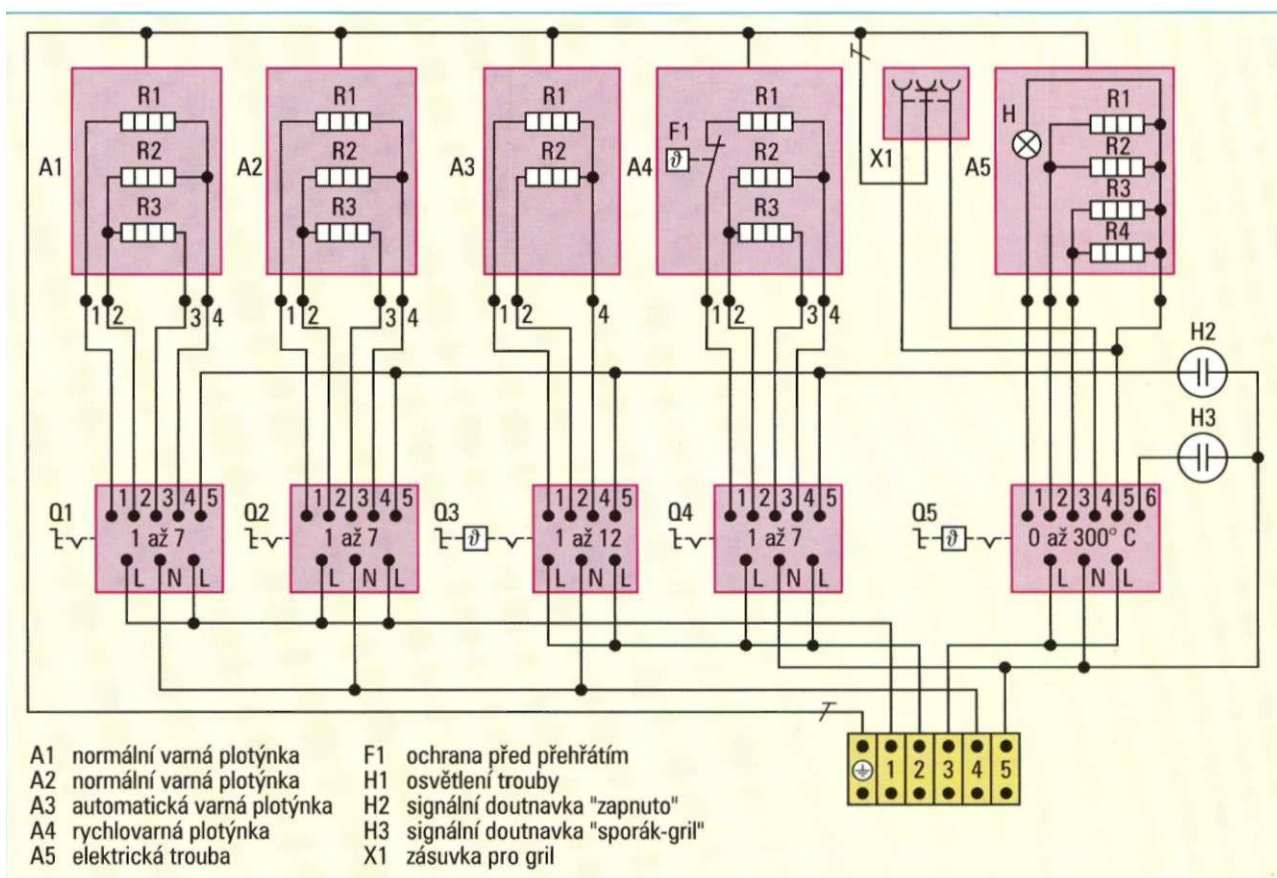
Jaký proud odebírá sporák s výkonem 6 kW připojený: a) na střídavé napětí 400 V, b) na střídavé napětí 230 V?

Řešení:

$$\text{a) } I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{6000 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 1} = 8,7 \text{ A; b) } I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{6000 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 1} = 26 \text{ A}$$

Připojení sporáku k síti může provádět jen provádět jen elektromontér schválený provozovatelem sítě. Je třeba přitom dodržovat příslušné ČSN.

Schéma zapojení elektrického sporáku ukazuje **obr. 1**, možnosti připojení jsou na **obr. 2**.



Obr. 1: Schéma elektrického sporáku s troubou

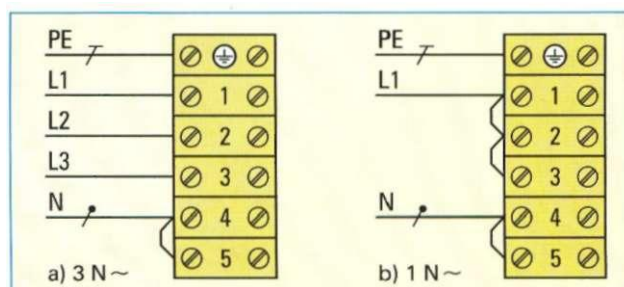
Odstranění závad: většina závad může být zjištěna měřením napětí, proudu nebo odporu:

- Vadné topení je způsobeno vadným topným tělesem, nefungujícím termostatem nebo přerušením vodiče mezi topným tělesem a obslužným panelem.
- u sedmipolového zapojení se provádí funkční zkouška na nejnižším stupni. Při ohřátí jsou pak všechna topná tělesa zapojená do série v pořádku (např. varná deska A1, **obr. 1**).
- Nefungující omezení teploty je způsobeno vadným termostatem.

Po uvedení do provozu je nutné předepsané přezkoušení (**str. 252**),

12.2.2 Mikrovlnná trouba

Mikrovlnné trouby se používají k rozmražení, ohřátí a vaření potravin. Kombinované mikrovlnné trouby umožňují také opékání, např. ve spojení s grilem. Mikrovlnné trouby využívají energii elektromagnetických vln o frekvenci 2450 MHz. Potraviny mají velký podíl vody. Pokud jsou molekuly vody v elektrickém poli, mají snahu přizpůsobit svoji polohu tomuto vnějšímu poli (dipólový jev).



Obr. 2: Možnosti připojení kompletního sporáku k síti 3/N/PE-50 Hz 400/230 V

Protože elektromagnetické pole v mikrovlnné troubě mění svoji polaritu s frekvencí 2,45 miliardkrát za sekundu, musí také molekuly vody stejně často měnit svoji polohu. Tepló vzniklé třením molekul ohřeje jídlo vně i uvnitř zároveň.

Zdrojem mikrovln je magnetron; z něho jsou vlny vedeny k reflektoru, který je ve varném prostoru rovnoměrně rozdělí (**obr. 1**). Jelikož kovy mikrovlny odrážejí, chrání kovové obložení varného prostoru a děrovaný plech v okénku vyzařování vln z trouby. Kovové nádoby brání zahřátí jídla, protože pohltí veškerou energii ve varném prostoru a přemění ji ve ztrátové tepló.

V mikrovlnných troubách nelze používat kovové nádoby, protože nepropouští mikrovlny.

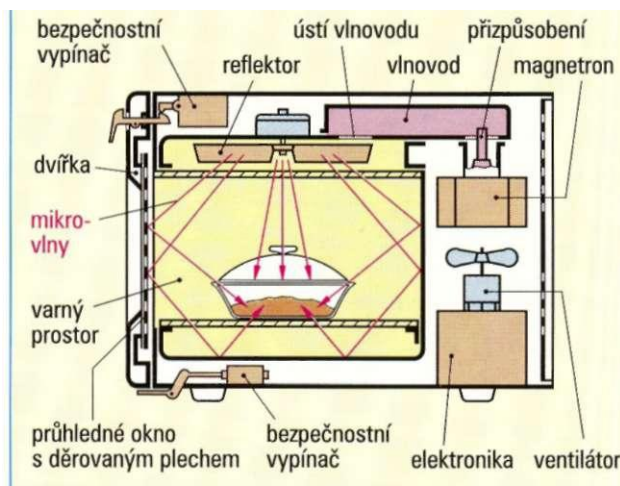
Zapojení mikrovlnné trouby. Magnetron (**obr. 2**) pracuje s anodovým proudem I_a asi 0,5 A a s usměrněným vysokým napětím. Transformátor vysokého napětí T2 dodává anodové střídavé napětí od 2500 V do 6000 V. Ventilátor (motor M1) odvádí ztrátové tepló magnetronu V2, usměrňovače V1 a vysokonapětového transformátoru T2. Reflektor je poháněn motorem M2. Při přehřátí v oblasti magnetronu nebo elektroniky vypnou tepelné jističe F2 nebo F3 mikrovlnnou troubu. Uvedení do provozu se provádí startovacím tlačítkem S3. Doba ohřevu se nastaví spínacími hodinami t1. Žárovka H1 osvětluje varný prostor. Aby nedocházelo k úniku mikrovlnného záření, musí být dvířka těsně uzavřena. Jsou proto elektricky i mechanicky zajištěna bezpečnostními vypínači S1 až S2.

Aby nemohlo dojít k úniku mikrovlnného záření a aby byl uživatel chráněn, je provoz mikrovlnných trub možný jen při těsně uzavřených dvířkách.

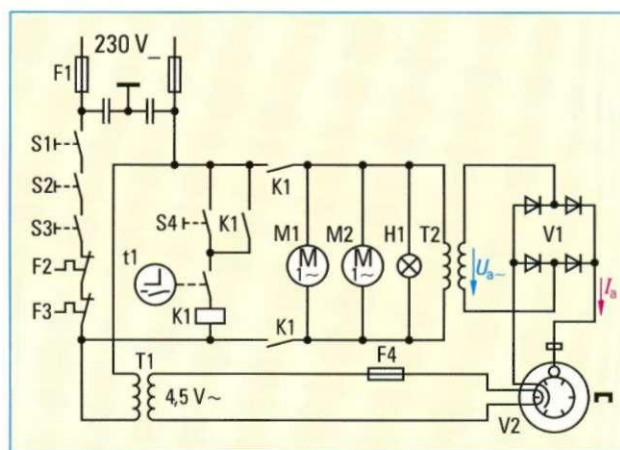
Připojení: Přes zásuvku s ochranným kontaktem. Vzhledem k velkému zapínacímu proudu se doporučuje jištění obvodu např. jističem typu C,16 A.

Údržba: Aby se zamezilo úniku mikrovlnného záření netěsnostmi, je třeba zvláště okraj a těsnění dvířek udržovat v čistotě.

Opravy: Zkoušení kontaktů a součástek, např. usměrňovačů, lze provádět měření odporů ve stavu bez napětí. Vysokonapětový kondenzátor (v magnetronu) musí být předtím vybitý. Z bezpečnostních důvodů je třeba dodržet servisní pokyny výrobce. Vysokofrekvenční stínění spotřebiče nesmí být poškozeno. Po každé opravě je třeba výrobek vyzkoušet na utěsnění proti záření podle pokynů výrobce. U vyřazených spotřebičů je nutno odstranit připojovací vodič.



Obr. 1: Konstrukce mikrovlnné trouby



Obr. 2: Schéma zapojení mikrovlnné trouby

Otázky pro opakování

- 1 Na co je třeba dávat pozor před připojením a uvedením velkého spotřebiče do provozu?
- 2 Popište konstrukci varné plotýnky.
- 3 Popište způsob působení: a) rychlovarné plotýnky a b) plotýnky s regulátorem energie.
- 4 K čemu potřebují mikrovlnné trouby transformátor vysokého napětí?
- 5 Proč se v mikrovlnných troubách nesmí používat kovové nádoby?
- 6 Jak se mikrovlnné trouby zajišťují proti úniku nebezpečného záření?

12.2.3 Pračky

Automatické pračky, perou, máchají a ždímají prádlo automaticky podle zvoleného programu.

Sušička prádla dodatečně prádlo vysuší.

Pračky perou a máchají, ale neždímají.

U **bubnové pračky** je prádlo v děrovaném bubnu. Ten se otáčí střídavě vpravo a vlevo kolem horizontální osy v prostoru vyhříváném trubkovými topnými tělesy. Bubnové pračky se vyrábějí zásadně ve dvou provedeních.

Pračky s vkládáním prádla na přední straně, mají na téže straně i kazetu pro prací prostředek. Tento typ je vhodný pro zabudování do kuchyňské linky.

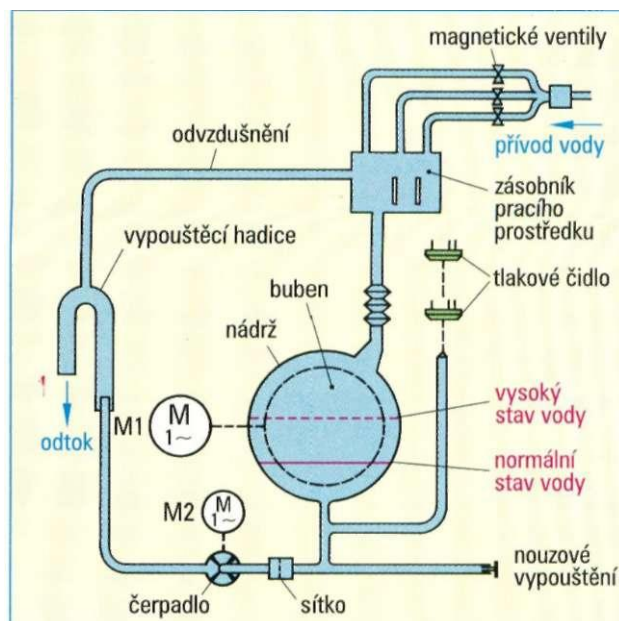
Pračky s vkládáním prádla a pracího prostředku shora. Mají při stejné kapacitě menší rozměry. Některé typy mají kolečka a jsou tedy pojízdné.

Prací programy jsou řízeny elektromechanickými nebo elektronickými programovými spínači nebo mikropočítači. U elektromechanických spínačů je průběh programu určen vačkami, ovládanými synchronními motory. Přívod vody (**obr. 1**) je veden přes splachovací komůrky, ve kterých je prací prostředek, např. pro předpírání hlavní praní. Magnetické ventily (**obr. 2**) elektromagneticky otevírají a programově pouštějí vodu do jednotlivých splachovacích komůrek.

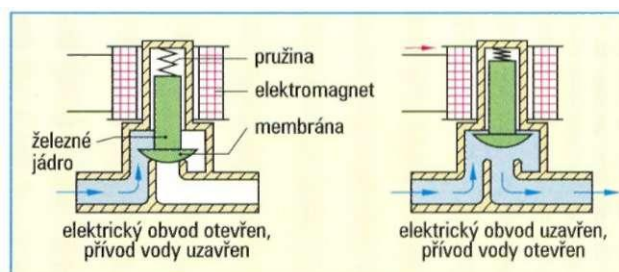
Stav vody je sledován několika tlakovými čidly. Ta jsou spojena přes membránu hadičkou se zásobníkem pracího prostředku (**obr. 3**). Rostoucí tlak vody prohne membránu a při dosažení určitého stavu vody se zapnou spínací kontakty. Tím se odpojí cívka magnetického ventilu a přívod vody se přeruší. Jen při dostatečném množství vody se zapne topení (ochrana před chodem na sucho). Regulace teploty se provádí buď termostaty, např. bimetalovými nebo kapalinovými regulátory a nebo termistory NTC s odpovídající elektronikou.

Odčerpání vody provádí čerpadlo (**obr. 1**), které je většinou poháněno motorkem se stíněnými póly. Zanesení čerpadla brání sítko.

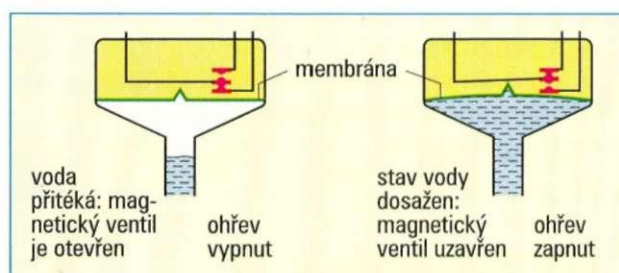
Elektromagnetické nebo mechanické **uzamčení pračky** zamezí vyjmutí prádla před koncem programu nebo při vysokém stavu vody. U praček se ždímáním je předepsáno navíc elektrotepelné uzamčení pračky. Pračku je možno otevřít až po zchladnutí elektricky ohřátého bimetalu po zastavení bubnu.



Obr. 1: Schéma automatické pračky



Obr. 2: Magnetický ventil



Obr. 3: Tlaková čidla

Pohon bubnu. Může se použít jednofázový asynchronní motor s přepínáním počtu pólů. Jelikož tyto motory mají jen dvoje otáčky, nižší pro praní a vyšší pro ždímání, připojují se ještě motory se sériovým buzením se stejnosměrným nebo střídavým napájením. Ve spojení s elektronikou, např. s fázovým řízením, umožňují při praní i ždímání regulaci otáček.

Systém kontroly vyváženosti pracuje na začátku ždímání s malými otáčkami a střídavým směrem otáčení (**obr. 1**), aby se prádlo načechrало a v bubnu rovnoměrně rozložilo. Pak teprve se vyvážený buben dostane do nastavených otáček.

Připojení: Pračky mají pro provoz na střídavé napětí 230 V, příkon do 3,3 kW. Připojení se provádí přes zásuvku s ochranným kontaktem s vlastním obvodem, který je chráněn jističem typu B, 16 A. Přípojný vodič: H05VV-F (střední šňůra s PVC pláštěm).

Pro přívod a odvod vody je třeba respektovat pokyny výrobce.

Údržba: Sítko je třeba pravidelně čistit, sítko v přívodu vody a v zásobníku pracího prostředku podle potřeby. Po praní je nutno přívod vody uzavřít, aby byly ventily a hadice odlehčeny od tlaku vody.

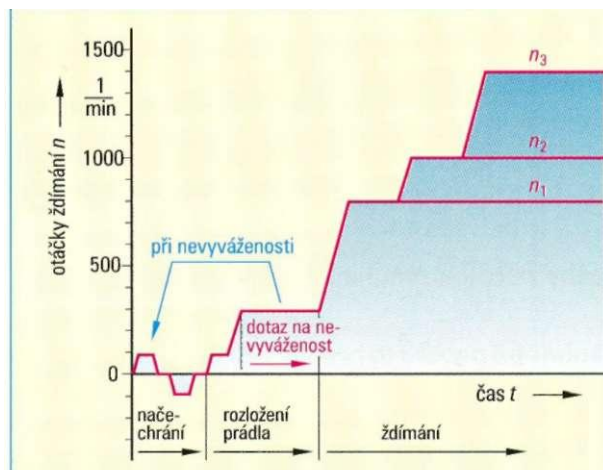
Odstranění závad: Poruchy během průběhu programů jsou způsobeny vadným ovládním nebo součástkami jako teplotní čidla, motor čerpadla nebo vodním kamenem na magnetických ventilech. Programové spínače je možné přezkoušet měřením napětí na svorkách podle servisních podkladů. Trubková topná tělesa (výkon asi 3 kW), cívky magnetických ventilů a kondenzátory motoru se mohou přezkoušet na průchod proudu nebo na zkrat na kostru.

12.2.4 Sušičky prádla

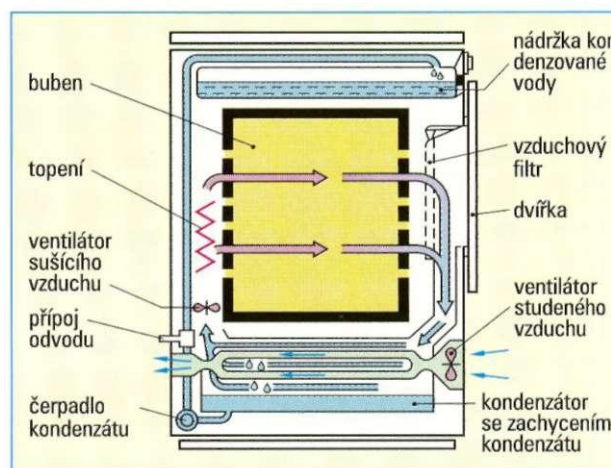
V rotujícím bubnu se pohybuje prádlo (**obr. 2**). Ventilátor žene přes buben ohřátý vzduch, který odebírá prádlo vlhkost. Vzduchový filtr čistí odvedený vlhký vzduch. Při příliš vysokých teplotách teplotní čidla vypnou topení.

Kondenzační sušičky (obr. 2) odebírají ze vzduchu v kondenzátoru vlhkost. Suchý vzduch se opět zahřeje a přivede k bubnu. Ke kondenzátoru (výměníku tepla) se přivádí druhým ventilátorem okolní studený vzduch, který je veden chladicími kanály. Přes vnější plochu chladicích kanálů se teplý, vlhký vzduch vede z bubnu a skrácením se ochlazuje vodou; vodní pára kondenzuje a odkapává do nádrží zachytávajících kondenzát. Kondenzovaná voda je z těchto nádrží odváděna do odpadu.

Ventilační sušičky nemají kondenzátor. Nasávají ventilátorem okolní vzduch. Ten se ohřeje na topném tělese a je veden k bubnu. Vlhký vzduch vycházející z bubnu se odvádí přímo přes vzduchový filtr. Aby se zabránilo vysoké vlhkosti v místnosti, odvádí se odsátý vzduch pokud možno do volného prostoru, např. potrubím. Při průměru potrubí od 100 mm do 125 mm by délka potrubí měla být max. 10 m.



Obr. 1: Ždímání s detekcí nevyváženosti



Obr. 2: Kondenzační sušička

12.2.5 Zařízení pro zásobování teplou vodou

Elektrické ohřivače vody ohřívají při vysoké účinnosti vodu na zadanou teplotu. Zásobování teplou vodou se provádí centrálně nebo decentralizovaně (**přehled a tabulka, str. 235**).

Centrální zásobování teplou vodou. Zásobník nebo průtokový ohřivač zásobuje více míst. Místa odběru, např. byt nebo budova, jsou zásobována centrálně. U uzavřených zásobníků teplé vody je vodní nádrž stále pod tlakem. Zásobníky teplé vody využívají levný noční proud.

Funkce uzavřeného zásobníku teplé vody (obr. 1). Přítok studené vody je veden přes uzavírací ventil, redukční ventil (nutný při tlaku nad 0,48 MPa), zpětný ventil a bezpečnostní ventil. Bezpečnostní ventil chrání zásobník před přetlakem. Mezi bezpečnostním ventilem a zásobníkem nesmí být žádné uzavírací ventily, zúžení nebo filtry. Zásobník vody musí být utěsněn na plný tlak vody.

Uzavřené zásobníky jsou stále pod tlakem i vody. Mohou zásobovat několik míst.

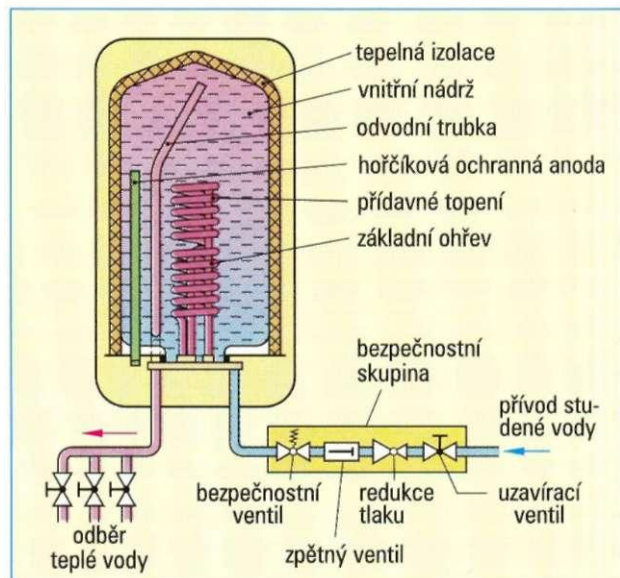
Decentralizovaná zařízení. Zásobník teplé vody zásobuje jen jedno místo. Většinou se používají otevřené zásobníky. Jsou to zásobníky teplé vody, bojlerů a ohřivače vody, jejichž nádrž není pod tlakem. Aby se minimalizovaly tepelné ztráty, umísťují se v blízkosti odběru.

Funkce otevřeného zásobníku (obr. 2). Ventil k odběru teplé vody je v okruhu přívodu studené vody. Při otevření přítokového ventilu, vytéká tlakem studené vody ohřátá voda z výstupní trubky. Otevřené zásobníky pracují bez tlaku, proto musí být výstupní trubka pořád otevřená. Protože voda při ohřevu zvětšuje svůj objem, může z otevřených zásobníků při zahřátí odkapávat voda.

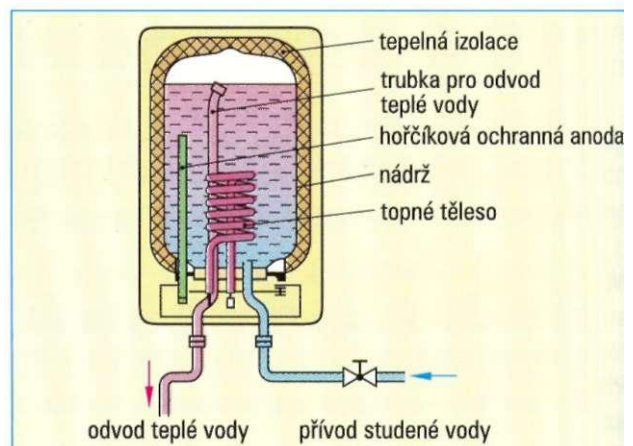
Otevřené zásobníky pracují bez tlaku. Protože odtok teplé vody nesmí být uzavřen, zásobují jen jedno místo odběru.

Zásobníky mají na vnitřní nádrži účinnou tepelnou izolaci a lze v nich proto udržet teplou vodu delší dobu. Vyrábějí se v otevřeném i uzavřeném provedení.

Průtokové ohřivače ohřívají vodu k okamžité potřebě na jednom místě. Průtokové ohřivače jsou otevřené ohřivače s velmi malou tepelnou izolací nebo úplně bez ní.



Obr. 1: Uzavřený dvoukruhový zásobník teplé vody



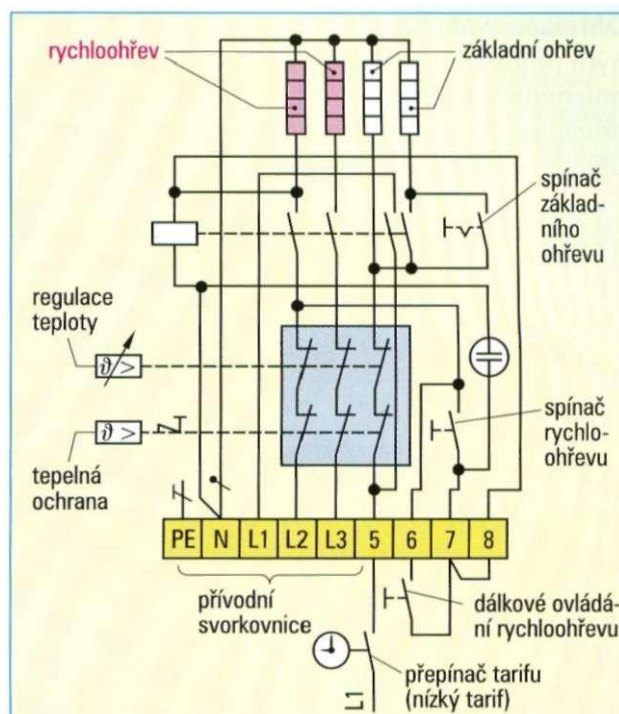
Obr. 2: Otevřený zásobník teplé vody

Jednookruhové a dvoukruhové ohřívací systémy

Ohřev vody u zásobníků a bojlerů (**tabulka**) může být proveden v systému jednookruhovém nebo dvoukruhovém. Do vnitřních nádrží se zabudují hořčičkové ochranné anody, aby se vytvářením ochranného proudu vytvořila ochrana před korozi.

Jednookruhové ohříváče ohřívají vodu na plný výkon, např. 3,4 nebo 6 kW.

Dvoukruhové ohříváče (obr.) pracují ve dvou stupních, např. 1 kW nebo 4 kW. Tyto ohříváče mají objem 30 až 150 l a umožňují přepínačem tarifu ohřev vody při malém topném příkonu (základní stupeň) za levný noční proud. Podle doby ohřevu se může základní stupeň přepnout např. z 1 kW při osmihodinovém ohřevu na 2 kW při čtyřhodinovém ohřevu. Při zvýšené potřebě teplé vody je možné zapnout jednorázový ohřev (přídatné topení) za normální tarif na požadovanou teplotu, např. do 85 °C.



Obr.: Schéma dvoukruhového ohříváče

Tabulka: Zařízení pro přípravu teplé vody (přehled)						
Druh zařízení	ohříváč vody	průtokový ohříváč	zásobníky			bojler
			průběžný zásobník	otevřený zásobník	uzavřený zásobník	
Princip	ohřev odměřeného množství vody	ohřev během průtoku	ohřátá voda je stále k dispozici			spotřebič se zapíná jen při potřebě
			zásobník o velkém výkonu, je pod tlakem	není pod tlakem	je stále pod tlakem	není pod tlakem
Izolace nádrže	ne	ne	ano	ano	ano	ne
Nádrž mimo dobu ohřevu	prázdná nebo plná	plná	plná	plná	plná	plná
Obsah (množství vody v l)	5	hydraulický 0,2	15 až 80	5 až 80	5 až 120 i více	15 až 80
		termický 2,5				
Teplota vody (°C)	do 100	max. 70	max. 85	35 až 80		do 85
Výkon (kW)	2	12 až 27	12 až 27	1 až 6		2 až 6
Elektrické připojení	zásuvka s ochrannými kontakty	přímo	přímo	zásuvka s ochrannými kontakty nebo přímo		
Počet odběrů	jeden	několik	několik	jeden	několik	jeden
Příklady použití	doplňující zařízení do kuchyně	sprcha, vana, umyvadlo	sprcha, vana, byt, dům	sprcha, vana, dvojitý mycí stůl	sprcha, vana, dřez, mycí stůl, byt, dům	sprcha, vana

Ohřivače vody se před zapnutím naplní potřebným množstvím vody (obr. 1). Mají tepelně odolnou nádrž, např. skleněnou nebo plastovou. Požadovaná teplota je nastavitelná. Po ohřátí termostat přístroj vypne.

Ohřivač vody patří mezi otevřené zásobníky |

Přístroj je připojen přímo k vodovodu. Elektrické připojení je přes zásuvku s ochrannými kontakty.

Průtokové ohřivače ohřívají vodu přímo při odběru. Tím nedochází k tepelným ztrátám. Mají výkon od 12 kW do 27 kW a připojují se k trojfázovému proudu. Přístroje jsou kompaktní a nepotřebují mnoho místa. Mohou zásobovat několik míst.

Průtokové ohřivače patří mezi uzavřené zásobníky.

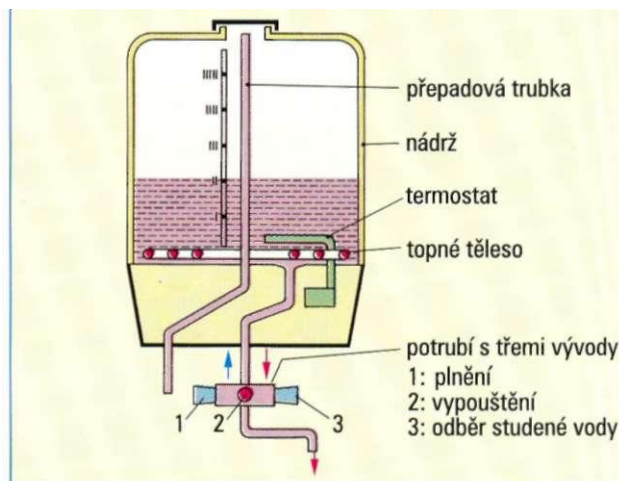
Hydraulicky řízené průtokové ohřivače pracují podle množství protékající vody ve dvou stupních. Spínač zapne topení až při odběru vody, tzn. když vznikne rozdíl tlaku mezi přítokem a odběrem vody. Při malém odběru pracuje přístroj na poloviční výkon, při větším odběru, tedy při větším rozdílovém tlaku, se zapne plný výkon. Obsah vody u těchto přístrojů je asi 0,2 litru.

Průtokové ohřivače s elektronickou regulací (obr. 2) přizpůsobují výkon pomocí mikroprocesoru téměř plynule odebíranému množství vody a požadované teplotě. Z okamžitých hodnot průtokového množství, teploty studené vody a požadované teploty vypočítá mikroprocesor potřebný tepelný výkon. Ten se zapíná plynule v rozsahu od 4 kW až do jmenovitého výkonu, např. 24 kW, přes tyristory nebo triaky. Pokud je plný výkon nedostačující, sníží průtokový ventil průtokové množství vody. Proto tyto ohřivače dodávají vodu o stálé teplotě, která je nastavitelná v rozsahu 30 °C až 55 °C.

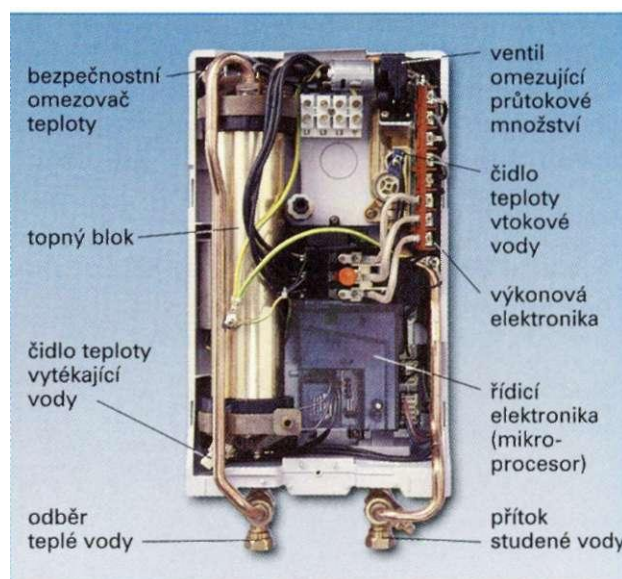
Systém holého drátu. Ohřivače s holým topným drátem mají topné spirály uvnitř izolovaného bloku přímo v ohřívané vodě. Přitom nevznikají téměř žádné usazeniny vápníku a jen nepatrně se tvoří kotelní kámen. Tento systém potřebuje podle konstrukce minimální odpor vody 900 až 1100 ohm/cm. Informaci podá příslušná vodárna.

Systémy s holým topným drátem vyžadují rezistivitu vody min. 900 ohmcm.

Termické průtokové ohřivače mají obsah zásobníku asi 2,5 l vody, která je udržována termostatem na teplotě zhruba 60 °C. Když teplota poklesne, zapne se topení, např. při odběru vody nebo při ochlazení. Vodní nádrž je proto tepelně izolována. Termické průtokové ohřivače nepotřebují žádný tlak vody.



Obr. 1: Ohřivač vody



Obr. 2: Průtokový ohřivač s elektronickou regulací

Připojení ohřivačů vody

Ohřivače vody potřebují vždy pevný přívod vody.

Průtokové přístroje (ohřivače a zásobníky) potřebují z důvodu velkého příkonu (do 27 kW) povolení příslušných institucí, v některých případech místního vodohospodářského úřadu.

Vodní potrubí pro ohřivače vody

- Pro otevřené ohřivače se používají otevřené armatury.
- Pro uzavřené ohřivače se musí použít tlakové armatury.
- Údaje o přípustném provozním tlaku musí být bezpodmínečně respektovány. Při příliš vysokém tlaku je nutno předřadit redukční ventil.
- Před uvedením ohřivače vody do provozu je nutno přezkoušet, zda je ohřivač naplněn vodou. Při otevření ventilu musí vytékat voda.

Aby se zabránilo korozi ohřivačů vody a potrubí, je třeba zvolit správný materiál (**tab. 1**).

Ve směru toku vody se používá vždy měď po oceli, nikdy naopak.

Údržba zásobníků vody. Trubková topná tělesa se mohou zanášet vápníkem. Vápník se musí buď odstranit nebo je nutno tělesa vyměnit. Usazování vápníku je možno zabránit nastavením teploty vody pod 60 °C. Tím se sníží i koroze. Systémy s holým topným drátem se vápníkem téměř nezanášejí.

Usazení vápníku se projevuje podstatně delší dobou ohřevu a snížením průtoku vody.

Odstranění závad (tabulka 2). Před opravou nebo údržbou, např. výměnou topných těles nebo termostatu, je třeba zásobník odpojit do napětí, uzavřít přítok vody a vyprázdnit zásobník vody. Po vyprázdnění zásobníku musí být před opětovným uvedením do provozu zásobník i potrubí odzdušněny.

Tabulka 1: Materiál pro ohřivače vody

Potrubí studené vody	Ohřivač (vnitřní nádrž)	Potrubí teplé vody
ocel pozinkovaná v ohni	ocel pozinkovaná v ohni	ocel pozinkovaná v ohni
	ocel pozinkovaná v ohni	měď
	měď	měď
	emailovaná ocel nebo polyester zesílený skeletním vláknem	měď
měď	měď	měď

Tabulka 2: Odstraňování závad u zásobníků vody

Účinek závady	Vadná část	Závada	Odstranění
nedosta- tečný topný výkon	přívodní potrubí	přerušeni	přezkoušení
	termospínač, termostat, topné těleso		výměna (originální díly)
zapůsobení nadproudové ochrany	topné vinutí	zkrat	výměna
	přívodní potrubí	přemostění	přezkoušení, výměna
spustí ochranný spínač RCD	vodič nebo provozní předmět	chyba v izolaci	výměna
teplota vody příliš nízká příliš vysoká	trubkové topné těleso	usazení vápníku	odvápnění
	termostat	termostat špatně nastaven nebo vadný	výměna (originální díly)

Otázky pro opakování

- 1 Jak je řízen přívod vody u praček?
- 2 Proč jsou pračky vybaveny motory se sériovým buzením?
- 3 Popište funkci kondenzační sušičky prádla.
- 4 Popište varianty řízení sušiček prádla.
- 5 Co může způsobit příliš dlouhou dobu sušení u kondenzačních sušiček?
- 6 Jaký je rozdíl mezi centrálním a decentralizovaným zásobováním teplou vodou?
- 7 Popište funkci otevřeného zásobníku, např. zásobníku teplé vody.
- 8 Kolik odběrových míst je optimální mít u beztlakových zásobníků vody?
- 9 Jakou funkci má bezpečnostní ventil u uzavřených zásobníků teplé vody?
- 10 Čím se odlišují zásobníky teplé vody od bojlerů?
- 11 Popište činnost průtokového ohřivače vody.

12.3 Elektrické vytápění místností

K elektrickému vytápění místností se používají přímotopná tělesa a elektrická akumulční kamna (přehled).

Přímotopná tělesa mají příkon od 1 kW do 3 kW a většinou se připojují k zásuvce. Přímotopná tělesa bez ventilátoru předávají teplo přirozeným prouděním teplého vzduchu nebo sáláním. Nazývají se také **konvektory** (statické topné přístroje, konvekční přenos = přenos prouděním) a používají se k základnímu vytápění vedlejších místností nebo jako ochrana před mrazem. K přímotopným tělesům patří také infračervené zářiče.

Přímá topná tělesa s ventilátorem pro rychlé vytápění se nazývají dynamická topná tělesa. Používají se k vytápění malých, příležitostně využívaných místností.

Elektrická akumulční kamna (obr. 1) se používají k vytápění jednotlivých místností, např. bytů nebo kanceláří. Centrální zásobníky tepla (obr. 1, str. 239) jsou vhodné pro vytápění uzavřených bytových jednotek. Příkon jednotlivých těles se určí z výpočtu potřeby tepla nebo z objemu vytápěných místností (tabulka). Jednotlivá tělesa mají příkon od 3 do 8 kW.

Elektrická akumulční kamna mají jádro z vrstvených magnezitových desek (obr. 1). Mezi vrstvami jádra jsou uložena topná tělesa, většinou trubková z ušlechtilé oceli. Jádro je obloženo několika vrstvami tepelné izolace, takže i při vysoké teplotě jádra je na povrchu nízká teplota.

Elektrická akumulční kamna bez ventilátoru (dříve typ I) předávají akumulované teplo jen přirozeným prouděním vzduchu. Říká se tomu statické uvolňování tepla. Používají se proto jen zřídka, např. k základnímu vytápění malých místností.

U akumulčních kamen se statickým uvolňováním tepla není možné předávání tepla regulovat.

Akumulční kamna s dynamickým uvolňováním tepla (dříve typ III) mají ventilátor. Studený vzduch se nasává otvory v zadní stěně kamen, proudí vzduchovými kanálky v jádru a ohřívá se. Klapka řízená bimetalem (obr. 1) přimísí studený vzduch, takže teplota vystupujícího teplého vzduchu nepřekročí 120 K.

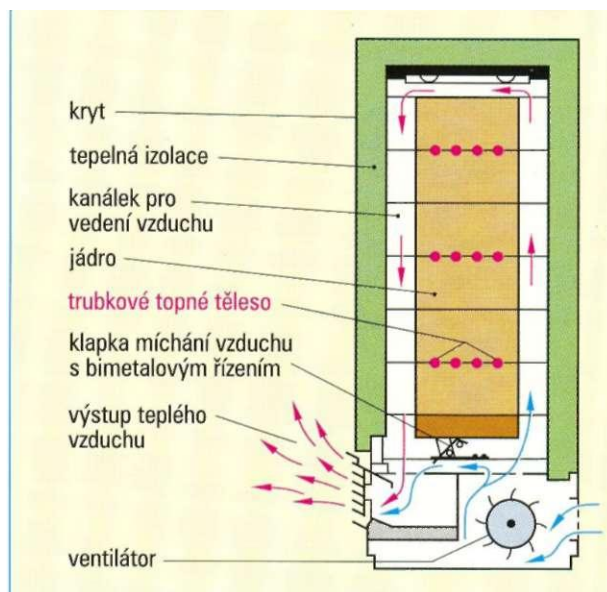
U dynamických akumulčních kamen je předávání tepla regulováno ventilátorem.

Přehled: Elektrické vytápění místností

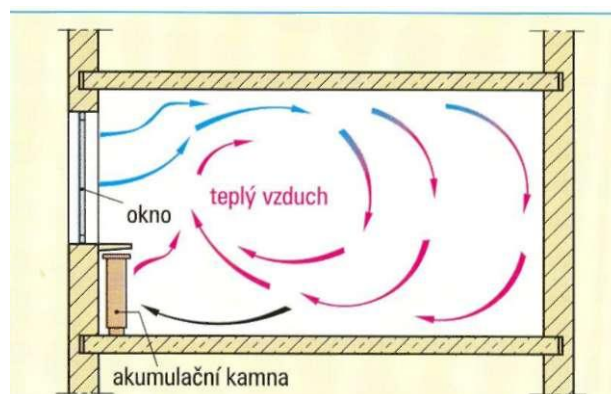
- **Přímotopná tělesa:**
 - konvektory, předávání tepla statické
 - rychlotopná tělesa, předávání tepla dynamické
- **Elektrická akumulční kamna:**
 - akumulace tepelné energie za nízký (noční tarif), uvolnění tepla ve dne (vysoký tarif), k vytápění bytů a kanceláří
 - akumulční kamna
 - centrální zásobníky teplé vody
 - centrální zásobníky tepla

Tabulka: Přibližné hodnoty pro vytápění místností

objem místnosti (m ³)	příkon (W/m ³)
10 až 50	80
51 až 100	60 až 80
101 až 150	40 až 60
nad 150	40



Obr. 1: Elektrická akumulční kamna



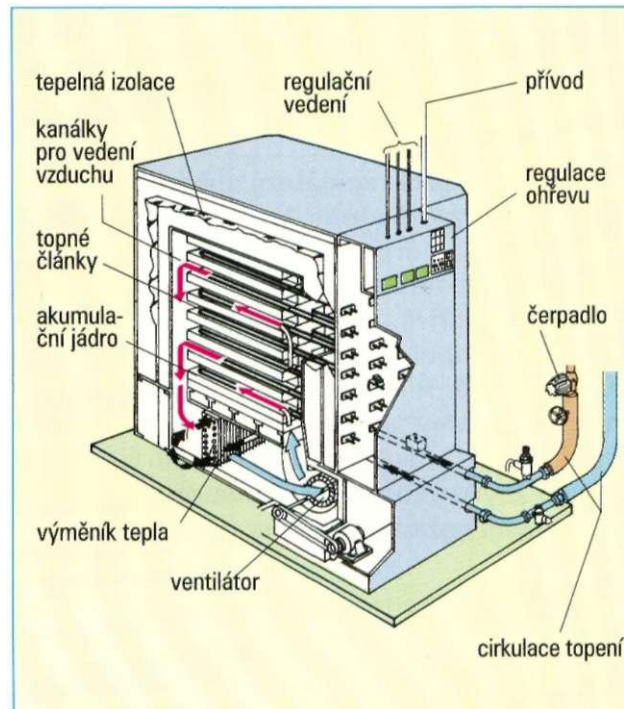
Obr. 2: Rozdělení tepla v místnosti

Montáž akumulčních kamen. Akumulační kamna se instalují pokud možno v místech s největší tepelnou ztrátou, např. pod oknem (**obr. 2, str. 238**). Akumulační kamna ohřívají studený vzduch, který proudí dále do místnosti. Tím se dosáhne dobrého rozdělení tepla v místnosti.

Při instalaci akumulčních kamen je třeba zohlednit nosnost podlahy, při umístění na stěnu nosnost stěny. Montážní plocha musí být rovná, aby se při usazení plášť kamen nezdeformoval.

Mezi stěnou místnosti a zadní stěnou kamen musí být dodržena minimální vzdálenost 30 mm, u hořlavých materiálů, např. u dřevěného obložení nebo záclon 80 mm. Nad akumulčními kamny musí být volný prostor min. 40 mm, aby mohl teplý vzduch bez překážek stoupat vzhůru.

V místech ohrožených požárem nebo explozí se nesmí akumulční kamna instalovat.



Obr. 1: Centrální zásobníky s pevným médiem

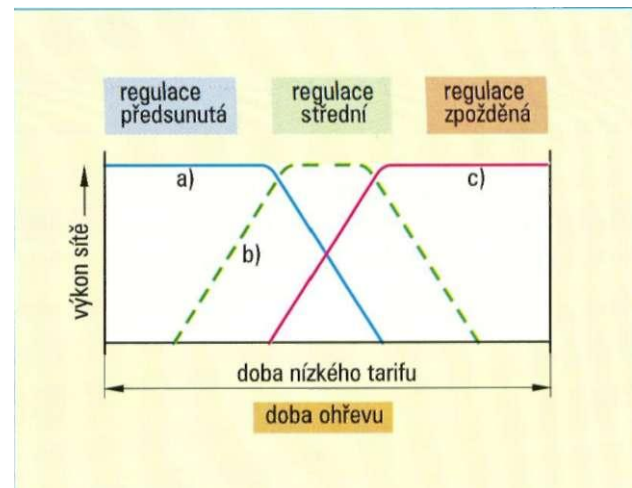
Centrální zásobníky. Elektrická akumulční kamna pro byt mohou být provedena také jako centrální vytápění. Podle média v zásobníku rozlišujeme **zásobníky na teplou vodu** a **zásobníky s pevným médiem** (**obr. 1**). Centrální zásobníky s pevným médiem mají jako samostatná akumulční kamna magnezitové jádro. Teplo akumulované v jádru je vedeno vnitřním okruhem vzduchu přes výměník tepla a řídicí potrubí k teplovodnímu systému (**obr. 1**).

Regulace ohřevu akumulčního jádra u elektrických akumulčních kamen. Regulace ohřevu umožňuje hospodárny provoz elektrických akumulčních kamen. Přitom se využívá nízkých nočních tarifů a tím vyrovnání rozdílného zatížení sítě ve dne a v noci. Ohřev jádra ve dne je za nejvyšší tarif. Aby regulace ohřevu odpovídala požadavkům provozovatele sítě, jsou možné u moderních zařízení podle časového průběhu tři druhy regulace: předsunutá, zpožděná a střední.

Regulace předsunutá. Zapnutí je v začátku doby, kdy platí nízký tarif (**obr. 2a**). Doba vypnutí závisí na větrání a zbytkovém teple kamen.

Regulace zpožděná. Zde je bod zapnutí určen pomocí časového zpoždění tak, aby s ohledem na větrání a zbytkové teplo, byl dosažen požadovaný ohřev na konci doby nízkého tarifu (**obr. 2c**).

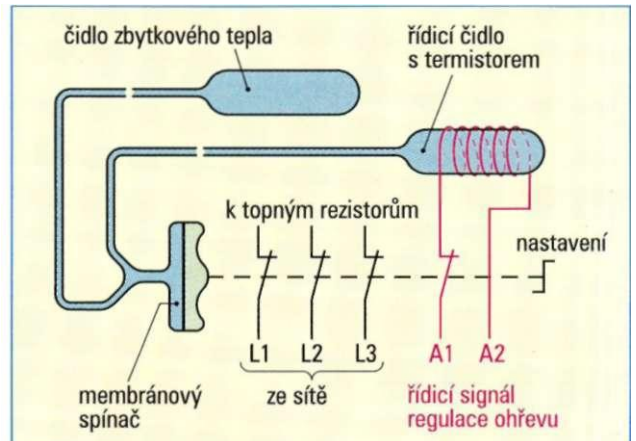
Střední regulace. Zapnutí je časově posunuto za začátek doby nízkého tarifu. Konec ohřevu ale musí být před skončením nízkého tarifu (**obr. 2b**).



Obr. 2: Charakteristiky ohřevu při různých regulacích

Regulátory ohřevu v elektrických akumulacích kamnech porovnávají požadovanou teplotu s okamžitou teplotou jádra a z těchto obou hodnot určují dobu ohřevu.

Termomechanické regulátory ohřevu jádra mají dvě kapilárová čidla (**obr. 1**). První čidlo eviduje zbytkové teplo jádra, druhé čidlo, tzv. řídicí čidlo, má termistor, který se při řídicím signálu regulace ohřevu zahřívá. Při vysoké okolní teplotě je doba trvání impulzu blokově řízeného střídavého napětí dlouhá. Řídicí čidlo se zahřeje a ukončí předčasně ohřev jádra. Při nízké okolní teplotě se doba trvání impulzu ohřevu řídicího čidla zkrátí. Čidlo zbytkového tepla vypne ohřev jádra až při dosažení požadované teploty.



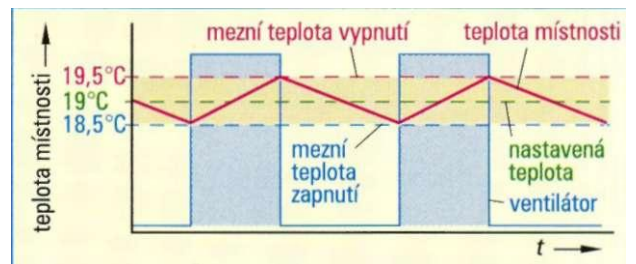
Obr. 1: Termomechanický regulátor ohřevu

Akumulační kamna s regulací ohřevu se zahřívají v závislosti na okolní teplotě a na zbytkové teplotě akumulacního jádra.

Odběr tepla z elektrických akumulacích kamen.

Odběr tepla z akumulacích kamen probíhá dynamicky, tzn. pomocí zabudovaného ventilátoru.

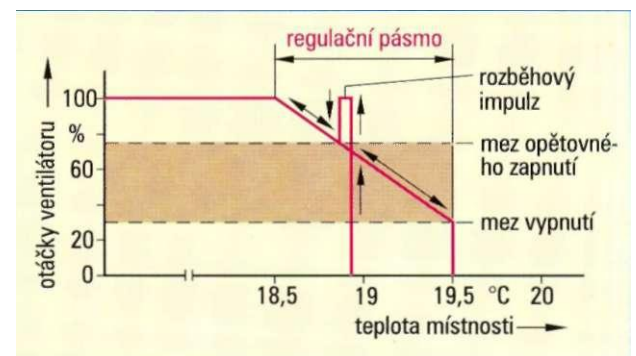
Pokojevý termostat, dvoubodový nebo proporcionální, řídí v závislosti na okolní teplotě činnost ventilátoru.



Obr. 2: Regulace teploty místnosti dvoubodovým regulátorem

Dvoubodové regulátory (**obr. 2**) většinou spínají při rozdílu teploty $\pm 0,5$ °C. Když poklesne teplota v místnosti o 0,5 °C pod nastavenou teplotu, je ventilátor v provozu do doby, kdy teplota v místnosti překročí nastavenou teplotu zhruba o 0,5 °C.

Proporcionální regulátory (**obr. 3**) regulují otáčky ventilátoru v závislosti na teplotě. Při zapnutí odběru tepla vznikne počáteční impulz, který zajistí rozběh ventilátoru. Po dosažení plných otáček jsou otáčky regulovány úměrně k pokojové teplotě, tzn. čím více se pokojová teplota blíží teplotě nastavené, tím jsou otáčky nižší.

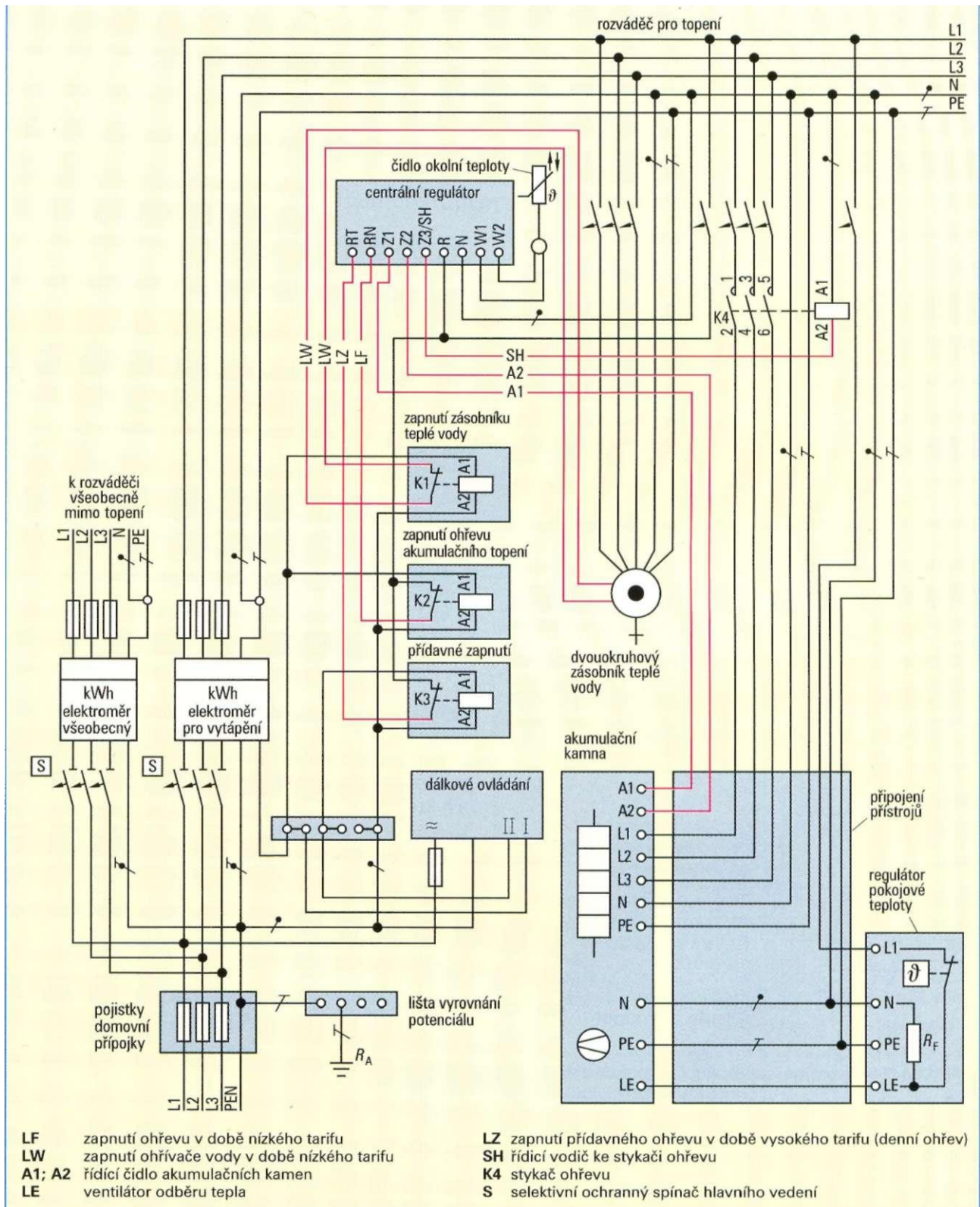


Obr. 3: Otáčky ventilátoru a teplota místnosti u proporcionálního regulátoru

Elektrická instalace akumulacích topných zařízení. Ohřev (nabíjení) elektrických akumulacích kamen se provádí prostřednictvím regulátorů správce sítě. Pro více jednotek v jedné budově je postačující jeden regulátor. Rozlišujeme zařízení s dvoutarifovým měřením a zařízení s odděleným měřením, tzn. se dvěma elektroměry pro jedno zařízení (**obr., str. 241**).

V zařízeních s odděleným měřením je nutné elektrické obvody pro topení a všeobecné zařízení instalovat v oddělených rozváděcích nebo je alespoň oddělit uvnitř rozváděče. Obě části musí mít samostatné kryty. Ke každému obvodu pro ohřev je přiřazen příslušný obvod pro odběr tepla.

Aby se zabránilo proudovým nárazům při zapnutí je povoleno v jednom zařízení zapnout současně topné spotřebiče o celkovém příkonu 25 kW. Při větších příkonech je nutno elektrická kamna rozdělit do skupin a zapínat postupně se zpožděním asi 10 s.



Obr.: Schéma zapojení elektrických akumulčních kamen s odděleným měřením

Otázky pro opakování

- 1 V čem se liší statický a dynamický odběr tepla u akumulčních kamen?
- 2 Jaká media se používají: a) u jednotlivých a b) u centrálních akumulčních kamen?
- 3 Popište konstrukci a funkci termodynamického regulátoru ohřevu?
- 4 Jaké charakteristiky rozlišujeme u regulace ohřevu elektrických akumulčních kamen?

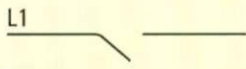
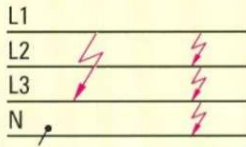

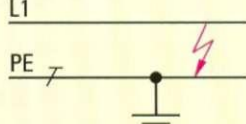
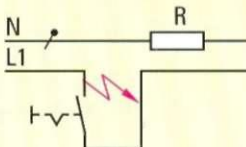
13 Hledání závad v elektrických zařízeních a přístrojích

13.1 Druhy závad

Závady v elektrických zařízeních a přístrojích (**přehled a tabulka**) mohou ohrozit uživatele. Funkce zařízení tím může být omezena nebo zcela znemožněna. Elektrické závady jsou např. zkrat mezi vodiči nebo zkrat na kostru.

Přehled: Druhy závad

- elektrické závady, např. zkrat
- mechanické závady, např. prasklá pružina
- tepelné závady, např. nedostatečné chlazení

Tabulka: Elektrické závady			
Druh závady	Popis závady	Důsledek	Příklady
<p>přerušení vodiče</p> 	<p>velmi velký odpor v obvodu ($R = \infty \Omega$)</p>	<p>elektrické předměty nejsou pod napětím</p>	<p>uvolněná svorka, přerušovaný vodič, porucha v síti</p>
	<p>v trojfázových zařízeních výpadek jednoho fázového vodiče</p>	<p>elektrické předměty nejsou pod plným napětím nebo jsou pod napětím jen zčásti</p>	
<p>občasné přerušení vodiče</p>	<p>občasný velký odpor v obvodu</p>	<p>elektrické předměty jsou po určitou dobu bez napětí nebo nejsou pod plným napětím</p>	<p>uvolněné kontakty</p>
<p>vada izolace</p>	<p>vadný stav izolace</p>	<p>zkrat mezi vodiči, na kostru nebo na zem</p>	<p>poškozená izolace, nevhodný vodič, napětí pro použitý vodič příliš velké</p>
<p>zkrat</p> 	<p>chybné vodivé spojení mezi vodiči pod napětím (aktivní části)</p>	<p>velmi velký proud, následek – proudová ochrana vypne</p>	<p>vodivé spojení mezi aktivními vodiči a PEN, např. zatlučením hřebíku do vodičů pod omítkou,</p>
<p>úplný zkrat</p>	<p>bezodporové vodivé spojení na místě závady</p>		
<p>zkrat na kostru</p> 	<p>chybné vodivé spojení mezi kostrou a aktivními částmi elektrického předmětu</p>	<p>na krytu je nebezpečné napětí</p>	<p>topné vinutí je vodivě spojeno s kovovým krytem</p>
<p>plný zkrat na kostru</p>	<p>vodivé spojení na místě závady bez odporu</p>	<p>na krytu je nebezpečné napětí, ochrana vypne</p>	<p>na kovovém krytu je plné napětí sítě, např. 220 V</p>
<p>zkrat na zem</p> 	<p>vodivé spojení vzniklé závadou nebo obloukem mezi fázovým, či izolovaným nulovým vodičem se zemí nebo s uzemněnou částí</p>	<p>nebezpečné napětí, ochrana vypíná podle situace</p>	<p>zemní kabel je poškozen při zemních pracích a vytvoří se spojení mezi fázovým vodičem a olověným pláštěm</p>
<p>úplný zkrat na zem</p>	<p>téměř bezztrátové vodivé spojení v místě závady</p>		
<p>zkratový spoj</p> 	<p>závadou vzniklé vodivé spojení mezi vodiči pod napětím (aktivní části), pokud je ve vzniklém obvodu odpor</p>	<p>elektrické předměty, např. vypínač je přemostěn</p>	<p>zkratový spoj v přívodním vedení k vypínači</p>

13.2 Zjišťování závad v elektrických zařízeních

Předpokladem pro úspěšné zjištění závady v elektrickém zařízení je znalost jeho konstrukce, ovládnutí a funkce. Tu je možné získat na základě zkušenosti s podobnými zařízeními nebo z technických podkladů, např. ze schématu zapojení. Prvním krokem při poruše je vizuální kontrola. Většinou je možno zjistit ihned utržené nebo zapečené části. Často ušetříme čas, zeptáme-li se provozovatele, jak porucha vznikla a to zvláště tehdy, je-li příčinou poruchy chyba obsluhy.

13.2.1 Mechanické závady

Mechanické závady v elektrických zařízeních bývají způsobeny např. vadnými spínači nebo stykači. Přestože je zařízení pod napětím, neplní zařízení všechny funkce. Při hledání závady se provádí kontrola všech funkcí při dodržování pokynů k provozování, např. u zařízení poháněného motorem se dvěma různými otáčkami a zpětným chodem (přehled).

Přemostění nebo přerušení přívodu k mezním spínačům, např. koncovým, je třeba věnovat zvláštní pozornost, protože tyto spínače pak neplní svoji ochrannou funkci.

13.2.2 Přerušení vodičů

Při přerušení vodiče není na elektrickém předmětu napětí. Přerušení vodiče je možné vyhledat tzv. sledováním napětí. To se provádí na zařízení připojeném k napětí. Používá se voltmetr nebo dvoupólová zkoušečka napětí. U univerzálních měřicích přístrojů je třeba nastavit správný druh proudu a správný rozsah napětí. Zkouší se napětí, např. 230 V od zdroje proudu nebo od místa nefungujícího spotřebiče ke všem svorkám.

Při měření napětí se zjišťuje, zda je na sledovaných místech napětí.

Napětí se měří na všech přístupných místech, např. na svorkách v odbočných krabicích, vypínačích nebo svítilnách (obr. 1). Závada je mezi místem, kde bylo naposledy naměřeno napětí a následujícím místem bez napětí.

Pokud jsou měřicí místa od sebe příliš vzdálená, je možno provést zkoušku průchodnosti. Tato metoda se používá tehdy, když zařízení nemůže být pro závadu v provozu, např. při zkratu.

Přehled: Hledání závady u motorového pohonu

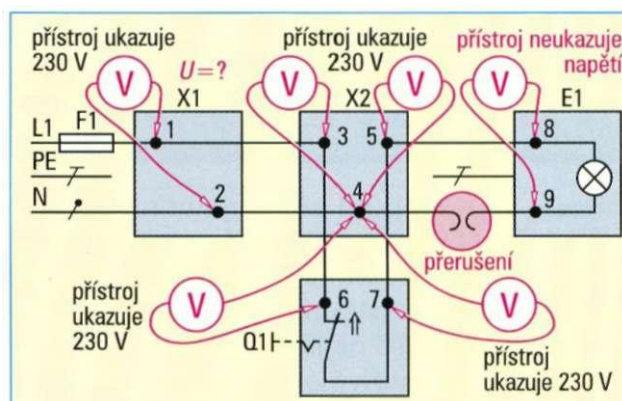
zařízení ve výchozím stavu: motor vypnut

uvedení do provozu: motor zapnut

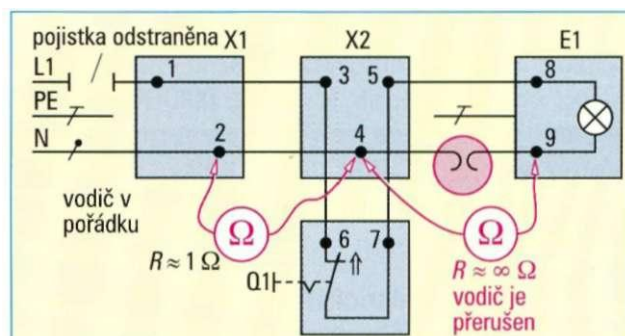
kontrola funkcí:		
funkce	ano	ne
běh vpravo, malé otáčky	x	
běh vpravo, velké otáčky	x	
běh vpravo vypnutí	x	
běh vlevo, malé otáčky		x
běh vlevo, velké otáčky	x	
běh vlevo vypnutí	x	

zařízení odpojit od napětí: motor vypnout

Určení závady: běh vlevo při malých otáčkách nefunguje. Vadné tlačítko? Vadný stykač?



Obr. 1: Měření napětí při přerušení vodiče



Obr. 2: Zkouška průchodnosti vodiče pomocí ohmmetru

Dočasné přerušeni proudu. Příčinou závady je často nedostatečně utažené šroubové spojení nebo přerušeni vodič. Občasné přerušeni proudu se často vyskytuje v přívodech k pohyblivým spotřebičům. Přerušeni se pokusíme zjistit pohybováním vodičů zvláště v místech připojení a zavedeni vodičů.

Při **zkoušce průchodnosti** se používá např. ohmmetr. Měříme odpor příslušné části vodiče (**obr. 2**). Pokud je odpor $R \ll$, nekonečno ohmu je v příslušné části přerušeni vodič. Pokud je odpor malý, např. **1 Ohm** je příslušná část vodiče v pořádku.

Pokud měříme současně vodiče ke spotřebiči a od spotřebiče, spojíme podle možnosti oba konce vodiče, protože v opačném případě bychom měřili i odpor spotřebiče, např. žárovky.

Zkouška průchodnosti se musí provádět v beznapětovém stavu.

Zkoušečka pro tuto zkoušku (**viz též str. 197**) má vlastní zdroj. Průchod může být zjištěn akustickým signálem (bzučák), pak není třeba pozorovat přístroj. U elektronických zkoušeček je výška tónu závislá na velikosti odporu. Takové zkoušečky je možno použít pro malé i velké odpory. Zkoušečky s optickou indikací jsou většinou pro malé odpory, tzn. signalizují zřetelně pouze tehdy, pokud má zkoušený vodič jen velmi malý odpor.

Moderní multimetry je možno použít také pro zkoušky průchodnosti (**obr. 1**). Při této funkci, která je většinou spojena se zkoušením diod, je možno zjistit průchodnost např. úbytkem napětí nebo zkušebním tónem.

Při zkouškách průchodnosti nesmí být ke zkoušenému elektrickému předmětu, např. k vodiči nebo vypínači, paralelně připojen žádný spotřebič. Paralelně zapojený spotřebič by způsobil signalizaci průchodu i při neprůchodnosti zkoušeného vodiče. Při nepřehledném průběhu vodiče je proto nutné měření vodič odpojit.

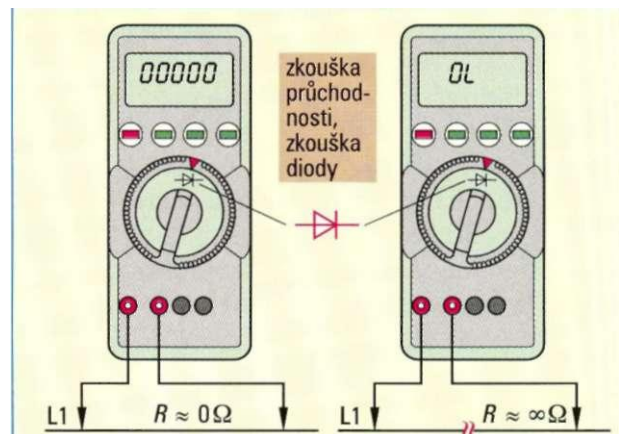
13.2.3 Vyhledání zkratu

Při zkratu je možné hledat závadu jen ve stavu bez napětí.

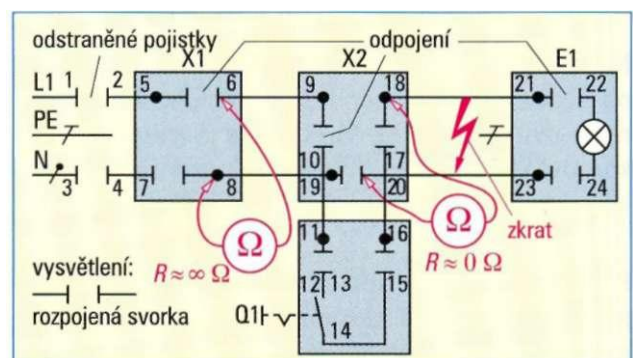
Zařízení se odpojí od sítě vyjmutím pojistek a všechny spotřebiče se odpojí, tzn. spínače se rozpojí (**obr. 2**). Všechny spotřebiče připojené přes zásuvky se rovněž odpojí od sítě, aby se hledání závady omezilo na připojení zařízení. K hledání závady se používá ohmmetr nebo průchodová zkoušečka a zařízení se zkouší po úsecích. Podobně jako u zkoušky průchodnosti se měří odpor mezi jednotlivými částmi vodičů.

Ukazuje-li ohmmetr mezi dvěma místy velmi malou hodnotu, např. $R \sim 0$ ohm, jako např. mezi svorkami 18 a 20 na **obr. 2**, je zkrat mezi těmito dvěma svorkami. Je-li odpor velký, jako např. mezi svorkami 6 a 8 nebo mezi 9 a 19, není v tomto úseku zkrat.

Je-li v jednom elektrickém obvodu více svorek (**obr. 2**), připojíme ohmmetr nejprve na vstup měřeného obvodu a pak postupně rozpojujeme jednotlivé svorky.



Obr. 1: Zkouška průchodnosti pomocí multimetru



Obr. 2: Hledání závady při zkratu

Je-li zkrat v oblasti elektrického předmětu nebo připojovací krabice, musí být přezkoušen vadný vodič v délce mezi oběma svorkami a v případě nutnosti musí být vyměněn. Někdy dojde ke zkratu až po zapnutí spotřebiče. Proto je při hledání místa zkratu nutno vědět, za jakých okolností došlo k poruše.

Ke zkratu dochází také často vinou vadné izolace. Vady izolace závisí obvykle na napětí, tzn., že ke zkratu dochází jen při jmenovitém napětí. V tom případě nejsou ohmmetry pro hledání závady vhodné. Pak použijeme měřič izolace (**str. 166**) se zkušebním napětím min. 500 V.

13.2.4 Vyhledání zkratů na kostru, na zem a zkratových spojů

Při zkratu na kostru, na zem nebo zkratovém spoji se zkouší ve stavu bez napětí.

Zkrat na kostru nastane, když vznikne vodivé spojení mezi kostrou elektrického předmětu a jeho aktivní částí, např. vinutím.

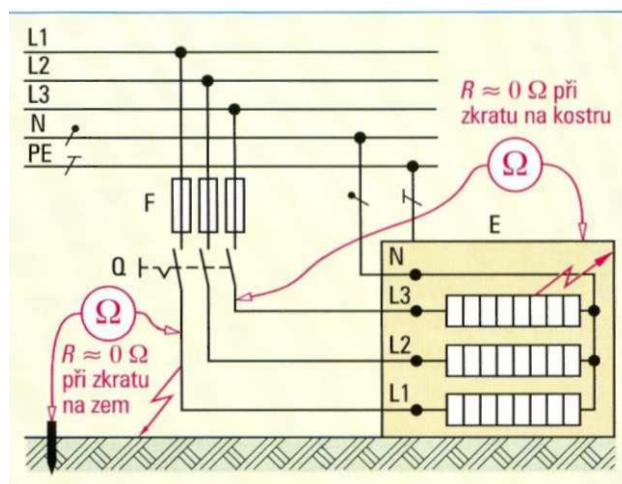
Při hledání závady musí být zařízení odpojeno a ohmmetr se připojí mezi fázový vodič a kostru (**obr. 1**). Při zkratu na kostru je odpor mezi fázovým vodičem a kostrou nebo mezi nulovým vodičem a kostrou nepatrný (prakticky nula ohmů).

Při měření zkratu na kostru v síti TN je ochranný vodič (PE) odpojen.

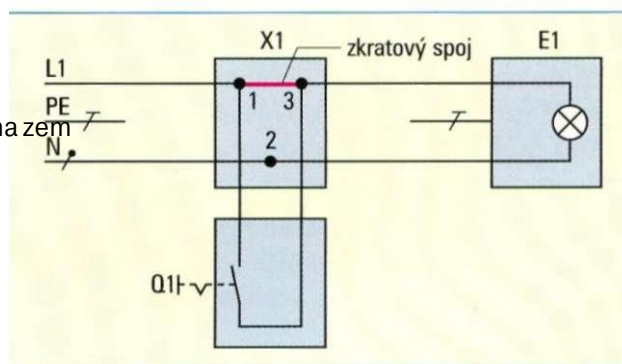
Zkrat na zem vzniká vodivým spojením mezi aktivním vodičem, tzn. fázovým vodičem nebo izolovaným nulovým vodičem se zemí nebo s uzemněnými částmi, např. při poškození izolace vodiče. Předřazená ochrana při tom vždy nevyne.

Při hledání závady se většinou měří odpor fázových vodičů (L1, L2, L3, N) proti zemi (**obr. 1**). U zařízení, která kontroluje RCD (diferenciální proudová ochrana), dojde k odpojení při vodivém spojení mezi fázovým nebo nulovým vodičem a zemí nebo uzemněnou částí, např. PE. K vyhledání závady odpojíme RCD a obvody chráněné RCD od lišty nulového vodiče a měříme odpor mezi N a PE. Pokud ukáže ohmmetr po odpojení nulového vodiče hodnotu **$R = \text{nekonecno ohm}$** je zkrat na zem v posledním odpojeném obvodu.

Zkratový spoj vzniká při chybném vodivém spojení dvou vodičů pod napětím. Na **obr. 2** vzniká zkratový spoj chybným spojením svorek 1 a 3. Svítidlo E1 nelze zhasnout. Při hledání závady se měří odpor mezi svorkami příslušných vodičů (jako při zkratu).



Obr. 1: Hledání závady při zkratu na kostru a při zkratu na zem



Obr. 2: Zkratový spoj

Otázky pro opakování

- 1 Popište měření napětí v zařízení, ve kterém je podezření na přerušení vodiče.
- 2 Jaké metody měření použijeme, když zařízení nelze pro závadu spustit?
- 3 V jakém stavu se provádí u zařízení zkouška průchodnosti?
- 4 Jak můžeme zjistit, že se v přístroji dočasně přerušuje vedení?
- 5 Popište hledání závady při zkratu v elektrickém zařízení.
- 6 Jak se postupuje při zjištění zkratu na zem u zařízení, které má ochranu RCD (diferenciální proudová ochrana)?

13.3 Hledání závad v elektrických přístrojích

Oprava musí být hospodárná. Po opravě musí být zajištěna bezpečnost uživatele a přezkoušením zaručena funkčnost přístroje.

Pro zajištění minimální ztráty pracovní doby musí být hledání závady co nejracionálnější, tzn. s co nejmenší časovou ztrátou. Většinou se hledají jen závady, které způsobují poruchy provozu. O opravě, popř. výměně jiných defektních nebo opotřebovaných částí se musí rozhodnout případ od případu (str. 251).

Jestliže při hledání závady zjistíme, že oprava není možná nebo není účelná, jako např. při vadné varné plotýnce, neprovádí se žádná další prohlídka. To platí také v případech, kdy je oprava dražší než pořízovací náklady, např. u vypínačů.

U starších přístrojů se často nevyplatí hledání závady, protože se již nedostanou náhradní díly nebo přístroj již neodpovídá současné technické úrovni. Hledání závady u přístroje probíhá podobně jako u elektrických zařízení. Vyhledání závady urychlí informace zákazníka o tom, jak se závada projevuje a důkladná prohlídka přístroje.

13.3.1 Systematické hledání závad

Při hledání závad je třeba postupovat systematicky. Pořadí jednotlivých kroků v určitém smyslu ušetří mnoho času (přehled).

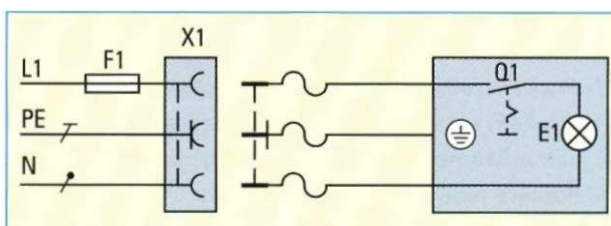
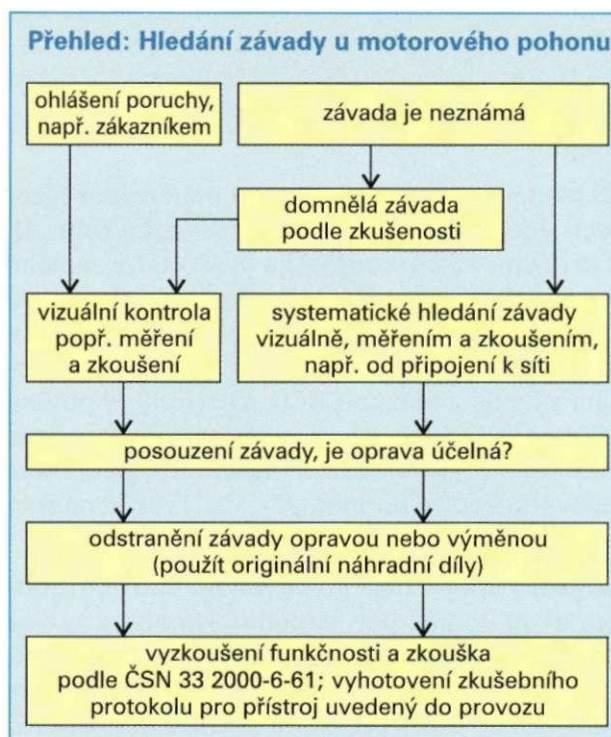
Když např. nesvítí stolní svítidlo (obr.), prohlédneme nejprve žárovku (přerušené vlákno?).

Jestliže žárovka není vadná, je třeba změřit napětí v zásuvce, jestli např. nevypnula předřazená proudová ochrana. Jestliže napětí v zásuvce je, měříme napětí před a za vypínačem, aby se prokázala bezchybnost připojovací šňůry a vypínače. Šňůru prohlédneme a hmatem přezkoušíme.

Pohybováním šňůry můžeme zjistit uvolněné kontakty a občasné přerušování proudu, zvláště u vidlice přístroje a na vstupu vodiče do svítidla.

Nyní změříme napětí na objímce svítidla. Pokud tam je jmenovité napětí, je vada v kontaktu objímky.

Jednotlivé kroky mohou následovat také v jiném pořadí, např. v případě stolního svítidla můžeme začít u objímky a postupovat k zásuvce.



13.3.2 Druhy závad v elektrických přístrojích a jejich příčiny

Kromě mechanických závad, jako např. vadná páka nebo vylomený spínací váleček, se v elektrických přístrojích vyskytují také závady, jejichž příčina je v elektrickém obvodu nebo připojení přístroje (**tabulka**).

Pokud je odpor v elektrickém obvodu příliš malý, prochází jím proud větší než jmenovitý, v mezním případě při $R \sim 0 \Omega$, jím prochází zkratový proud. Příliš velký proud bývá způsoben vedlejším spojením nebo spojením nakrátko. Při vedlejším spojení dojde k přemostění součástky, např. odporu a tím se odpor v obvodu zmenší. Příčinou zkratů je často vada v izolaci nebo zkrat na kostru. Pokud je odpor v obvodu příliš velký, prochází jím velmi malý proud. V mezním případě při $R \sim \infty \Omega$, je proud nulový. Příčinou bývá trvalé nebo občasné přerušení obvodu v přístroji, většinou v místě připojení.

Napájecí zdroje mohou být někdy nevhodné, tzn. druh proudu či napětí nebo příliš velký vnitřní odpor.

Dotykové napětí může způsobit chyba v zapojení, vada v izolaci, vadné odrušovací kondenzátory nebo vlhkost, která pronikla do přístroje.

13.3.3 Hledání závady na příkladu varné plotýnky

Při hledání závady nejprve přezkoušíme připojení k síti. Prověříme kvalitu v místech, která jsou mechanicky značně namáhána. Vizuální zkouškou můžeme zjistit mechanické poškození přívodů.

Vadné přívody elektrických přístrojů je nutno bezpodmínečně vyměnit.

Po přezkoušení připojení k síti následuje měření napětí v přístroji tak, jak je to možné, např. přes vypínač a regulátor až k připojovacím svorkám elektrického předmětu, např. varné plotýnky. Naměřené napětí může identifikovat vadnou topnou spirálu ve varné plotýnce.

Zkouška průchodnosti

Při zkoušce průchodnosti se přístroj odpojí od sítě.

Pomocí této zkoušky (**str. 244**) zjišťujeme, zda je v přístroji přerušení, zkrat nebo zkrat na kostru. Je možno také zjistit průchodnost přívodů.

Ke zkoušce průchodnosti používáme zkoušečku nebo ohmmetr. Měření odporu má tu výhodu, že naměřené hodnoty odporů měřených součástek lze porovnat s předepsanými hodnotami, zatímco při použití zkoušečky zjistíme jen, zda obvodem prochází proud. Pokud neznáme předepsané hodnoty odporů měřených součástek, můžeme je vypočítat z Ohmová zákona ze jmenovitého napětí a jmenovitého proudu. Pokud je známo jen jmenovité napětí a příkon přístroje nebo části přístroje, jako např. varné plotýnky podle **obr. 1, str. 248**, lze odpor vypočítat ze vzorce **$P = U^2/R$ (příklad)**. Varná plotýnka má na nejnižším stupni ($P = 150 \text{ W}$) v bezvadném stavu odpor asi 350 ohm., na nejvyšším stupni ($P = 1500 \text{ W}$) odpor $R = 35 \text{ ohm}$.

Tabulka: Zavadění na elektrických přístrojích	
Druh závady	Příklady
mechanická závada	zlomené spínací páky, svařené kontakty, vadná ozubená kola.
závada v elektrickém obvodu	zkrat, přerušení, vada v izolaci, vadné součástky přístroje (např. odpory, kondenzátory).
závada v napájecím zdroji	nesprávný druh proudu, nesprávné jmenovité napětí, nesprávná frekvence.

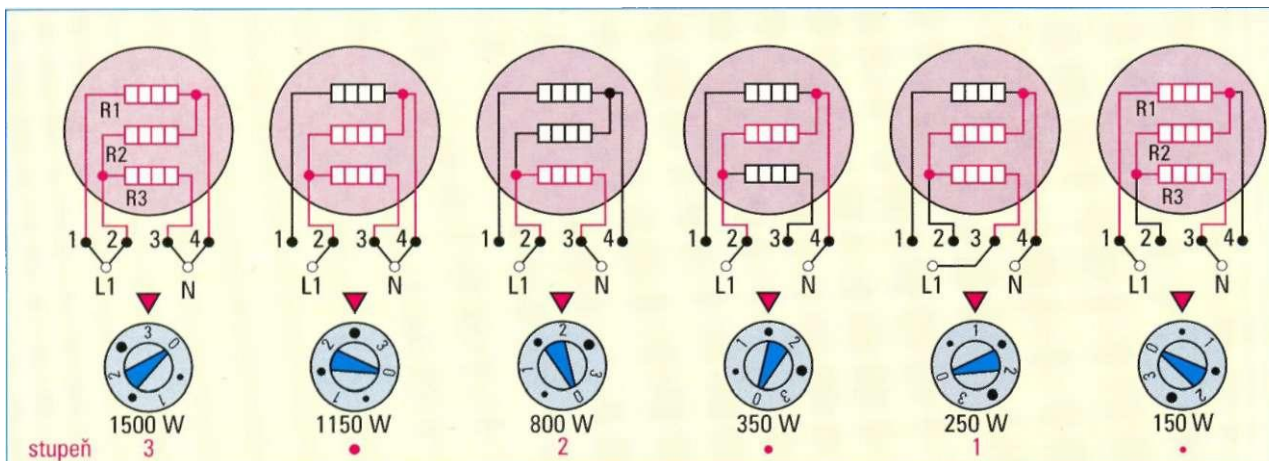
Příklad: Výpočet odporu z elektrického výkonu

Nejnižší stupeň: $P = 150 \text{ W}$

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{(230 \text{ V})^2}{150 \text{ W}} = 353 \Omega$$

Nejvyšší stupeň: $P = 1500 \text{ W}$

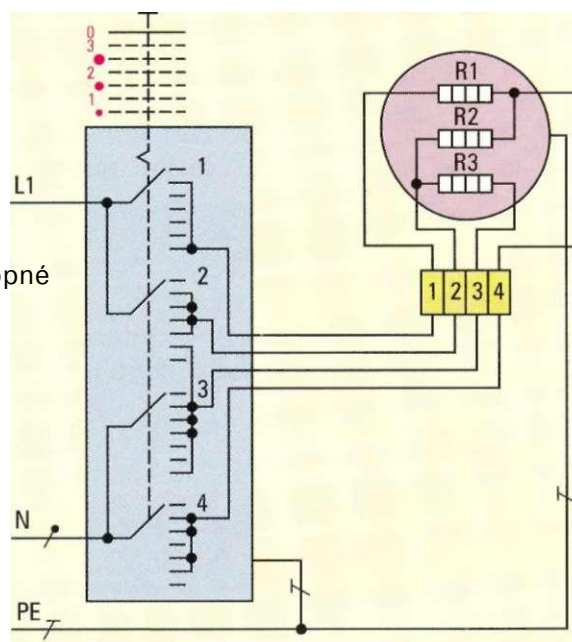
$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{(230 \text{ V})^2}{1500 \text{ W}} = 35 \Omega$$



OBR. 1: VÝVODY VARNÉ PLOTÝNKY SE SEDMI POLOHOVÝM PŘEPÍNAČEM

U varné plotýnky na obr. 1 se měří odpor jednotlivých stupňů na nejjednodušším vstupu spínače (vývod L1 a N) nebo na svorkách 1 až 4 na výstupu spínače (obr. 2). Přitom je třeba dbát na to, aby výstupní svorky rezistorů R1 a R2 a vstupní svorky rezistorů R2 a R3 byly uvnitř plotýnky vzájemně propojeny. Pokud je u varné plotýnky naměřen odpor $H \sim 0 \Omega$, znamená to zkrat. Je-li odpor $R = \infty \Omega$, došlo k přerušení vodiče nebo topné spirály. Naměříme-li hodnotu odporu menší nebo větší než $R = U^2/P$ je dílčí odpor chybný. Měření ostatních spínacích stupňů nebo ve vodičích od spínače k varné plotýnce je možno určit chybu ještě přesněji.

U indukčních nebo kapacitních spotřebičů nelze zjistit hodnotu odporu měřením proudu a napětí. V těchto případech je nutno provést porovnávací měření.



OBR. 2: SEDMIPOLOHOVÝ PŘEPÍNAČ VARNÉ PLOTÝNKY

13.4 Uvádění elektrických zařízení do provozu

Odborné provedení prací v elektrických zařízeních a přístrojích vyžaduje základní vybavení náradím a měřicími a zkušebními přístroji (přehled).

Elektrická zařízení se musí před uvedením do provozu po vyrobení, rekonstrukci nebo opravě podrobit výchozí revizi podle ČSN 33 2000-6-61 a zkouškám.

Pro zkoušení elektrických předmětů musí být na pracovišti stálá zkušebna. Tento požadavek může splnit pevně zabudovaný zkušební panel.

PŘEHLED: MĚŘICÍ A ZKUŠEBNÍ PŘÍSTROJE

- jednopólová a dvoupólová zkušební napětí
- voltmetr (měřicí rozsah min. 600 V)
- ampérmetr (měřicí rozsah do 15 A)
- klešťový ampérmetr (měřicí rozsah do 200 A)
- měřič izolačního odporu
- měřicí přístroj pro zkoušku ochrany
- měřicí přístroj pro zkoušku elektrického přístroje
- měřicí přístroj pro zkoušku vyrovnání potenciálu
- měřicí přístroj pro indikaci točivého elektromagnetického pole

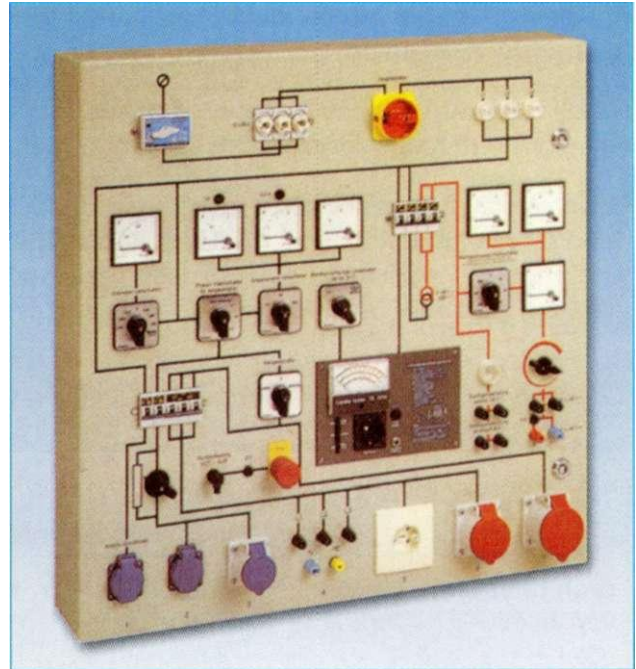
Zkušební panely (obr.) musí umožnit provedení všech potřebných měření a zkoušek.

Zkušební panely umožňují:

- **Zkoušky bezpečnosti.** Zde se měří izolační odpor (ČSN 34 5611), zkouší se funkce ochranného vodiče a měří se unikající proudy (ČSN 34 5611).
- **Funkční zkoušky** elektrických předmětů při jmenovitém napětí (střídavé napětí 230 V a trojfázové napětí 400 V).
- **Zkoušky průchodnosti** při malém napětí (50 V).

Opravná musí mít také zařízení pro vysokonapěťové zkoušky.

Hodnoty zjištěné při měření musí být zapsány ve zkušebním protokolu (**str. 250**).



Obr.: Zkušební panel

Uvádění elektrických zařízení do provozu a jejich údržba

Uvedení do provozu zahrnuje všechna opatření k zajištění požadovaného stavu.

Požadovaný stav zařízení nebo přístroje znamená jeho řádnou funkci podle podmínek stanovených výrobcem. Např. pračka je funkční ve všech programech, nevykazuje žádné bezpečnostní závady.

Údržba zahrnuje všechna opatření k udržení funkčnosti zařízení a opětovné zajištění požadovaného stavu.

• W H M W a H H H H H H

K údržbě patří také zjištění a posouzení existujícího stavu přístroje, tzn. jeho vyzkoušení. Je-li zjištěna závada, je nutné ji odstranit a uvést přístroj znovu do provozu.

Údržbu musí provádět nebo za ni odpovídat odborně zaškolená osoba.

Při provádění údržby elektrických přístrojů je nutno dbát na následující:

* **Všechny práce se musí provádět odborně podle platných předpisů.**

Je nutné především přesné dodržování příslušných ČSN, zvláště bezpečnostních opatření a používání předepsaného materiálu. Pro některé přístroje, např. mikrovlnné trouby, vydává výrobce pokyny pro uvedení do provozu a pro údržbu.

* **Přístroj uváděný do provozu nesmí ohrozit jeho obsluhu.**

Je nutno např. upevnit kryty svorek, musí být zamezeno přímému dotyku částí pod napětím. Musí být zajištěna ochrana před vlhkostí a prachem a ochrana před mechanickým nebo jiným poškozením a nesmí být snížena bezpečnost přístroje.

* **Jednotlivé části a součástky musí mít parametry a vlastnosti vhodné pro přístroj.**

Součástky musí mít např. požadovaný druh ochrany a vyhovovat dovolené provozní teplotě přístroje. Mohou být používány jen náhradní díly předepsané výrobcem. Náhradní díly jsou např. vodiče, objímky, nadproudová ochrana nebo vypínače.

* **Části, které zajišťují bezpečnost, nesmějí být poškozeny.**

Jsou-li při opravě zjištěny poškozené díly nebo je-li zjištěno, že při předchozí opravě byly použity nesprávné díly, popř. že práce nebyla provedena odborně, je nutné provést nápravu i když to není obsaženo v objednávce opravy.

Pro zajištění bezpečnosti přístroje je nutno provést všechny zkoušky podle ČSN 33 2000-6-61. Platí to i pro použité přístroje.

Na zajištění bezpečnosti je třeba klást zvláštní důraz. Přístroj nemusí obstát při bezpečnostní zkoušce, nebude mít např. dostatečný izolační odpor.

Může se stát, že uvedení do provozu není možné, např. proto, že není možné obstarat náhradní díly nebo uživatel nechce nechat provést kontrolu v potřebném rozsahu. V tomto případě musí být uživatel písemně seznámen s nebezpečím spojeným s používáním přístroje. Po uvedení do provozu se vyhotoví zkušební protokol (obr.). Kopie zůstává v opravně.

Nemohou-li být splněny požadavky kladené na bezpečnost přístroje, musí být uživatel na tuto zkušenost písemně upozorněn.




Zkušební protokol o opraveném elektrickém přístroji						
druh přístroje: <i>žehlička</i>	napětí: 230 V	přijato dne: 19. 08. 04				
výrobce: <i>Volta</i>	výkon: 1200 W	oprava dne: 22. 08. 04				
typ: <i>E 13</i>	rok výroby: 1998	vydáno dne: 26. 08. 04				
zákazník: <i>J. Novák</i>	ulice: <i>Pražská 22</i>	PSČ: 335 01	obec: <i>Nepomuk</i>	opravu provádí: <i>Elektro Fabík</i>	ulice: <i>Hlavní 1</i>	PSČ: 335 01
závada udaná zákazníkem: <i>příliš vysoká žehlicí teplota</i>						
originální náhradní díly: <i>regulátor teploty Volta č. 1318</i>						
přezkoušení podle ČSN 33 2000-6-61 zvláštní ustanovení podle ČSN 33 2000-6-61				třída ochrany přístroje I <input checked="" type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/>		
provedená práce: <i>výměna regulátoru teploty</i>						
podle vizuální zkoušky v pořádku: přívodní šňůra <input checked="" type="checkbox"/> kryt <input checked="" type="checkbox"/> ochranný vodič <input checked="" type="checkbox"/> ostatní díly <input checked="" type="checkbox"/>						
měření po opravě	nutné		naměřená hodnota	v pořádku		poznámka
	ano	ne		ano	ne	
odpor ochranného vodiče	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,18 Ω	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
izolační odpor	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,2 MΩ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
unikající proud	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	mA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
zkouška přiloženým střídavým napětím	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
přezkoušení funkčnosti přístroje:			bezpečnost přístroje byla přezkoušena podle ČSN 33 2000-6-61 <input checked="" type="checkbox"/>			
přístroj v pořádku: <input checked="" type="checkbox"/>			bezpečnost podle ČSN 33 2000-6-61 není zajištěna: <input type="checkbox"/>			
nápis: <input checked="" type="checkbox"/>			přístroj není možno opravit: <input type="checkbox"/>			
přezkoušel (podpis): <i>Drozd</i>			odpovědný zástupce firmy (podpis): <i>Fabík</i>			
místo: <i>Nepomuk</i>			datum: 20. 2. 2004		místo: <i>Nepomuk</i>	
					datum: 20. 2. 2004	

Opravený přístroj musí odpovídat bezpečnostním předpisům. Výsledek kontroly, která toto prokazuje, musí být uveden ve zkušebním protokolu. Do protokolu se proto zapisují hodnoty přístroje, které byly naměřeny při kontrole podle ČSN 33 2000-6-61 a výsledky vizuální a funkční kontroly. Protokol podepisuje technik, který provedl kontrolu.

Podpisem potvrzuje revizní technik, že přístroj odpovídá požadavkům bezpečnosti.

Kontrola se provádí podle ochranné třídy přístroje. U přístroje s třídou ochrany **I** se např. při vizuální kontrole prověřuje bezchybné připojení ochranného vodiče, u přístroje s třídou ochrany **II** nepoškozená izolace. Minimální hodnoty odporu ochranného vodiče, izolačního odporu a zkušebního napětí jsou uvedeny v **tabulce**. Při zkoušce napěťové odolnosti (vysokonapěťová zkouška) je doba zkoušení 1 minuta.

Odišné zkušební podmínky pro zvláštní přístroje jsou uvedeny v příslušných částech ČSN 33 2000-6-61, např. sekačka trávy, pevný ohříváč vody, ruční elektrické nářadí.

Tabulka: Kontrola elektrických přístrojů prohlídkou a měřením (ČSN 33 2000-6-61)			
třída ochrany označení	třída ochrany I 	třída ochrany II 	třída ochrany III 
ochrana přístroje:	ochranný vodič	ochranná izolace	malé napětí připojené na SELV
vizuální kontrola (příklady)	přívod, ochranný vodič	kryt, části přístrojů	izolační části
proud ochranného vodiče: všeobecně – u topných spotřebičů od 3,5 kW	≤ 3,5 mA ≤ 1 mA/kW	odpadá	
odpor ochranného vodiče	do 5 m délky přípoje 0,3 Ω a další 0,1 Ω na dalších 7,5 m do max. hodnoty 1,0 Ω	odpadá	
unikající proud u topných spotřebičů	do 3,5 kW: ≤ 3,5 mA od 3,5 kW: ≤ 1 mA/kW	odpadá	
izolační odpor všeobecně: – u topných spotřebičů* do 3,5 kW – u přístrojů s možností dotyku vodivých částí přístroje	≥ 1,0 MΩ ≥ 0,3 MΩ ≥ 2,0 MΩ	≥ 2 MΩ	≥ 0,25 MΩ
zkouška přiloženým střídavým napětím (ruční elektrické nářadí)	AC 1000 V	AC 3500 V	AC 400 V

* U topných spotřebičů nad 3,5 kW: měření proudu ochranného vodiče.

Elektrické přístroje se kontrolují nejen po uvedení do provozu (ČSN 33 2000-6-61), ale již u výrobce po výrobě, popř. před uvedením do provozu. Vždy po určité době má také provozovatel překontrolovat bezpečnost elektrických přístrojů, které jsou připojeny přes zásuvku.

Otázky pro opakování

- 1 Jaká opatření zahrnuje: a) uvedení do provozu, b) údržba elektrických přístrojů?
- 2 Jaká opatření patří k odbornému provedení práce na elektrickém zařízení nebo na elektrickém přístroji?
- 3 Jak je třeba postupovat zjistíme-li při opravě, že při minulé opravě byly použity nevhodné díly?
- 4 Co je třeba udělat, když při opravě elektrického přístroje nemohou být splněny podmínky bezpečnosti?
- 5 Co je třeba kontrolovat při vizuální kontrole?
- 6 Jaký izolační odpor musí mít přístroje uváděné do provozu?

13.5 Kontrola instalovaných přístrojů podle ČSN

Kontrola elektrického přístroje zahrnuje veškerá opatření ke zjištění a posouzení jeho stavu z hlediska bezpečnosti (ČSN 33 2000-6-61).

Přehled: Kontrola po uvedení do provozu podle ČSN 33 2000-6-61

- vizuální kontrola
- kontrola ochranného vodiče (odpor)
- měření izolačního odporu
- měření unikajícího proudu
- kontrola funkčnosti

Kontrola připojení k síti. Kontrolu předepsanou v ČSN 33 2000-6-61 (**přehled**) je možno provést jen pokud je v pořádku připojení k síti. Proto je třeba před každou kontrolou prověřit připojení k síti. Existují měřicí přístroje, které před vlastním měřením zkontrolují připojení k síti a změří síťové napětí (**obr.**).



Obr.: Měřicí a zkušební přístroj pro kontrolu přístrojů podle VDE 0701

13.5.1 Vizuální kontrola

Je třeba prověřit, zda všechny díly důležité pro bezpečnost přístroje nejsou poškozeny nebo nejsou pro přístroj nevhodné. Všechny díly např. kryty, ochranné mříže, víka a přípoje, žárovky, pojistky a jiné elektrické předměty, které patří k přístroji, musí být kompletní. U přístrojů ochranné třídy II nesmí být poškozený kryt. Musí být překontrolovány pláště pohyblivých přívodů, připojovacích vodičů, vidlice a odlehčení v tahu. Je nutné prověřit celý ochranný vodič a jeho připojení. Veškeré štítky na přístroji, např. štítek s udáním příkonu, musí být čitelné.

13.5.2 Kontrola ochranného vodiče

Ochranný vodič může mít tři závady:

- může být přerušen,
- může na něm být nebezpečně vysoké dotykové napětí, např. nesprávným připojením,
- může mít příliš velký přechodový odpor.

Nejprve je třeba překontrolovat vizuálně řádný stav a připojení ochranného vodiče. Je třeba ručně prověřit odlehčení v tahu (ohýbáním vodiče v obou směrech). V průběhu této zkoušky je připojen měřicí přístroj. Tato zkouška je důležitá především na vývodech. Často je možné zjistit dočasné přerušování.

Obě nejdůležitější závady, přerušování a nepřipustný odpor ochranného vodiče, lze zjistit měřicími přístroji, které jsou určeny ke kontrole elektrických přístrojů podle ČSN 33 2000-6-61. Zkušební proud musí být min. 0,2 A. Dovoleno odpor ochranného vodiče (**tabulka, str. 251**), tzn. odpor ochranného vodiče mezi ochranným kontaktem ve vidlici a kostrou přístroje, se měří ohmmetrem pro malé odpory (**obr. 1, str. 253**). Tím se změří odpor mezi každou vodivou částí, již je možné se dotknout, a ochranným kontaktem.

U **ručního elektrického nářadí** se zjistí odpor ochranného vodiče měřením proudu a napětí (**obr. 2**). Nutný transformátor má na výstupní straně maximální napětí naprázdno 12 V a dává proud min. 10 A. Dovolенý odpor ochranného vodiče závisí na délce přívodu.

Odpor ochranného vodiče přístroje R_{PE} nesmí být do délky přívodu 5 m větší než 0,3 ohm.

Při délce přívodu větší než 5 m může být odpor na každých 7,5 m přesahujících délku 5 m o 0,1 Q. větší, ale maximálně 1 Q.

Příklad: Délka ochranného vodiče 10 m

$$l = 5 \text{ m} + 5 \text{ m}$$

$$R_{PE} \leq 0,3 \Omega + 0,1 \Omega = 0,4 \Omega$$

Odpor ochranného vodiče lze vypočítat nebo přečíst z **tabulky**.

Měření odporu ochranného vodiče pevně připojených zařízení třídy ochrany 1 je na **obr. 3**. Přitom může být potenciál ochranného vodiče změřen na ochranném kontaktu zásuvky. Dovolенý odpor nesmí být větší než 1 ohm (orientační hodnota).

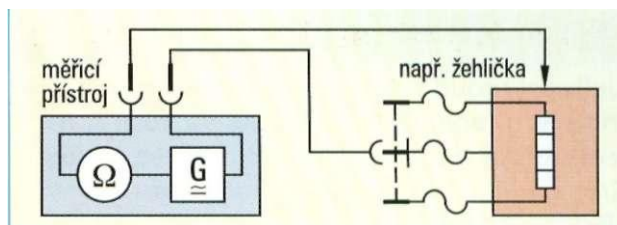
13.5.3 Měření izolačního odporu

Izolační odpor je odpor mezi částmi, které jsou při provozu pod napětím a kostrou přístroje.

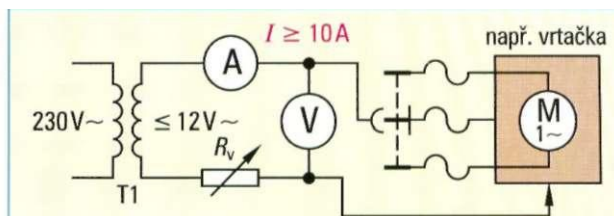
Při zkoušení izolace musí být všechny spínače a regulátory sepnuty. U přístrojů napájených z baterie se musí baterie vyjmout nebo odpojit.

U přístrojů třídy ochrany I je kostra (kryt) spojena s ochranným vodičem. Izolační odpor musí být min. 1,0 MQ (**tabulka, str. 251**). Měří se ohmmetrem, jehož jmenovité měřicí stejnosměrné napětí je min. 500 V (**obr. 4**). Tepelné elektrospotřebiče do příkonu 3,5 kW musí mít izolační odpor min. 0,3 M Ω . Při příkonu větším než 3,5 kW se měří proud ochranného vodiče. Tento proud nesmí být přitom větší než 1 mA/kW.

Měřit izolační odpor u přístrojů třídy ochrany III není nutné, pokud příkon přístroje je menší než 20 VA a jmenovité napětí není vyšší než 42 V.



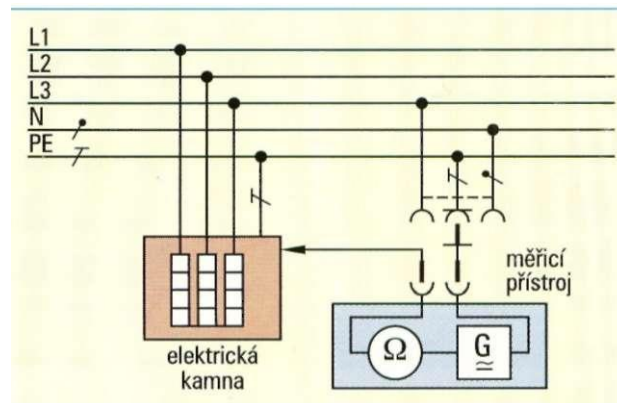
Obr. 1: Měření odporu ochranného vodiče u přístroje třídy ochrany 1



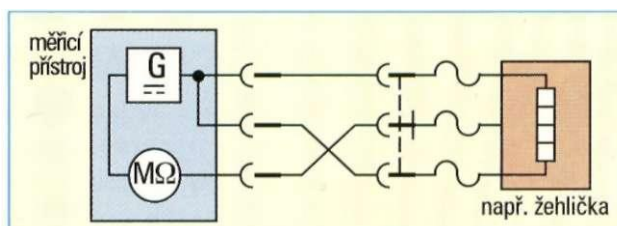
Obr. 2: Měření proudu a napětí k nepřímému určení odporu ochranného vodiče u ručního elektrického nářadí

Tabulka: Odpor ochranného vodiče na 1 m délky vodiče (měď')

průřez (mm ²)	odpor (Ω/m)	průřez (mm ²)	odpor (Ω/m)
0,75	0,024	1,5	0,012
1,0	0,018	2,5	0,007



Obr. 3: Měření odporu ochranného vodiče u pevně připojeného zařízení třídy ochrany I



Obr. 4: Měření izolačního odporu u přístrojů třídy ochrany I

13.5.4 Měření unikajících proudů

Unikající proud prochází od aktivních částí elektrického předmětu přes izolaci ke kostře, např. u elektrické trouby od topného tělesa ke krytu. Kryt je spojen s ochranným vodičem.

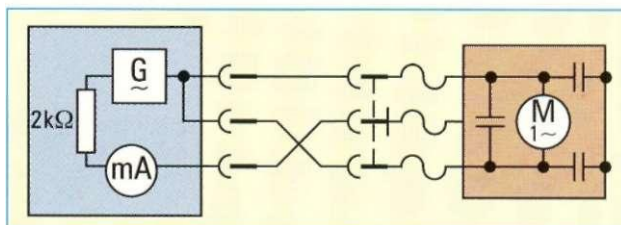
Unikající proudy mohou vytvořit nebezpečné dotykové napětí a uvolnit nechtěně proudový chránič a doplňkovou ochranu RCD (diferenciální proudová ochrana).

Přímé měření unikajícího proudu není většinou možné, protože by předměty musely být úplně izolovány vůči potenciálu země. Proto se měří náhradní unikající proud, tj. proud, který prochází ochranným vodičem. Měří se při střídavém napětí od 25 V do max. 250 V.

Měřicí přístroj musí být galvanicky oddělen od sítě.



Obr. 1: Měření izolačního odporu u přístrojů třídy ochrany II



Obr. 2: Měření náhradního unikajícího proudu

Měřený unikající proud nesmí být větší než 3,5 mA. U přístrojů s topným výkonem nad 3,5 kW nesmí být unikající proud

Měření náhradního unikajícího proudu (obr. 2) se provádí u přístrojů třídy ochrany I, u nichž byl přezkoušen izolační odpor. Je to alternativní způsob měření k určení proudu ochranného vodiče.

Měření unikajícího proudu se provádí u přístrojů,

- které mají topná tělesa,
- které mají zabudovány odrušovací kondenzátory.

U trojfázových spotřebičů v systému TN-C se musí před měřením unikajícího proudu odpojit kostra od vodiče PEN a po měření opět připojit.

13.5.5 Funkční zkouška

Po uvedení přístroje do provozu je nutná funkční zkouška. Přitom se provozuje přístroj podle pokynů výrobce. Bezpečnostní nedostatky, které se vyskytnou, je třeba odstranit. Po uvedení do provozu musí být na přístroji veškeré údaje. Pokud se některé parametry přístroje změní, musí být na štítku opraveny, např. po převinutí motoru na jiné napětí.

Při funkční zkoušce je přístroj připojen na jmenovité napětí.

Zkoušky bezpečnosti nejsou bezpodmínečně nutné, pokud byly použity originální náhradní díly bez použití nástrojů. To je např. výměna baterií nebo žárovky.

Při výměně originálních náhradních dílů je třeba provést jen funkční zkoušku. Po uvedení do provozu je nutné provést všech pět bezpečnostních zkoušek (viz str. 252).

Otázky pro opakování

- 1 Vymenujte pět zkoušek, které je nutno provést po uvedení přístroje do provozu.
- 2 Které tři chyby je možno zjistit při kontrole ochranného vodiče?
- 3 Jak velký může být odpor ochranného vodiče u elektrických přístrojů?
- 4 Proč se musí při zkoušení ochranného vodiče pohybovat přívodem?
- 5 Co provedeme s vedením, jehož ochranný vodič je poškozen?
- 6 Jak velký může být unikající proud u přístroje s topným příkonem menším než 3,5 kW?

14 Elektrické stroje

Generátory přeměňují mechanickou energii na elektrickou. Motory odebírají elektrickou energii a mění ji na mechanickou energii nutnou k pohonu strojů (**obr. 1**). Transformátory přeměňují elektrickou energii na tutéž energii o stejné frekvenci, ale většinou o jiném napětí.

14.1 Konstrukce pohonů

14.1.1 Vlastnosti motorů

Elektromotory jsou normalizovány. Normalizované motory majítu přednost, že jejich rozměry jsou při stejném výkonu a konstrukci stejné. Normalizované motory se mohou tedy např. při opravách vyměnit.

Identifikační štítek. Každý elektrický stroj musí mít identifikační štítek (**obr. 2**). Na štítku je uveden výrobce, typ, druh stroje a jmenovité hodnoty napětí, proudu, výkonu a otáček. Dalšími údaji na štítku je třída izolace a krytí.

Jmenovitý výkon motoru je výkon odevzdávaný na hřídeli při daném provozu (**str. 257**). Pokud není na štítku uveden druh provozu, je motor dimenzován na trvalý provoz (S1).

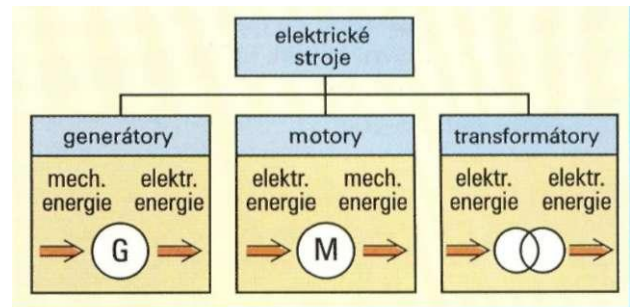
Při jmenovitém výkonu má motor jmenovité otáčky.

Ztráty. Příkon při chodu naprázdno kryje např. ztráty třením v ložiskách a třením rotoru o vzduch. Kromě těchto mechanických ztrát vznikají v motoru ještě ztráty v železe (ztráty hysterézni) a ztráty vířivými proudy.

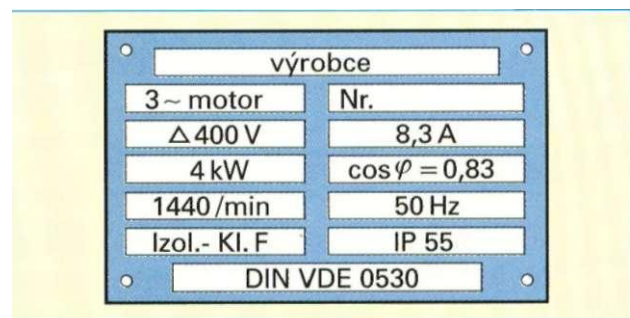
Dále vznikají ještě ztráty ve vinutí. Jsou to tepelné ztráty ve vinutí statoru a rotoru závislé na zatížení. Předávaný výkon motoru P_2 je o celkové ztráty P_v menší než příkon P_1 odebíraný ze sítě (**obr. 3**).

Účinnost η ; motoru je poměr mezi výkonem P_2 a příkonem P_1 .

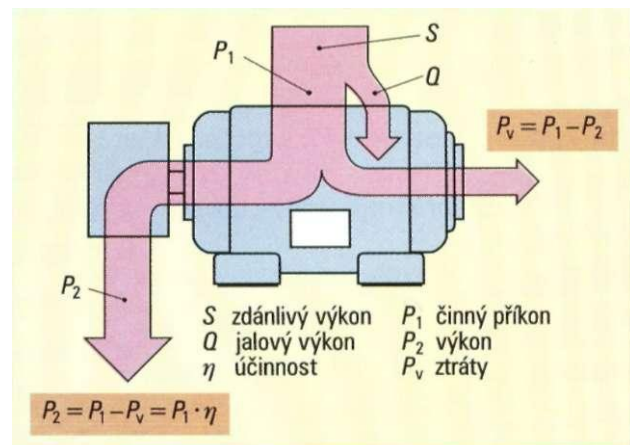
Trojfázové asynchronní motory od 2 kW mají účinnost asi 80 %, při výkonech nad 11 kW stoupá na asi 88 %.



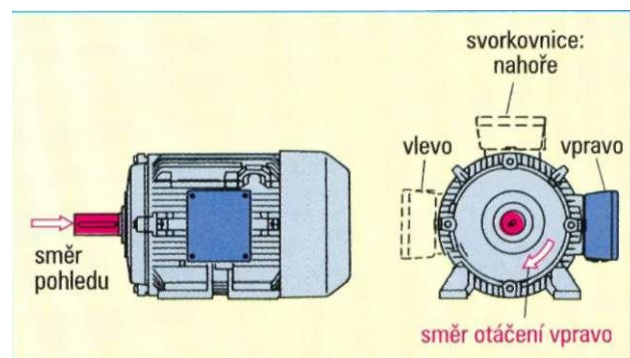
OBR. 1: ELEKTRICKÉ STROJE



OBR. 2: IDENTIFIKAČNÍ ŠTÍTEK TROJFÁZOVÉHO MOTORU



OBR. 3: DIAGRAM TOKU VÝKONU U TROJFÁZOVÉHO ASYNCHRONNÍHO MOTORU















OBR. 4: URČENÍ SMĚRU OTÁČENÍ A POLOHY SVORKOVNICE

Směr otáčení vpravo a poloha svorkovnice se určují při pohledu na konec hřídele (**obr. 4, str. 255**).

Při dvou koncích hřídele se udává směr otáčení při pohledu na hlavní hřídel. Hlavní hřídel je konec hřídele proti ventilátoru, komutátoru, kroužkové kotvě nebo brzdě.

Směr otáčení ve směru hodinových ručiček je považován za směr vpravo.

Provedení a tvary motorů. Elektromotory se vyrábějí s různým upevněním a s různými konci hřídele (**tabulka 1**). Kromě uvedených druhů existují různá provedení, např. motory jen s jedním ložiskovým štítem pro přímé připojení převodky.

Provedení	Označení DIN IEC 34		Provedení	Označení DIN IEC 34	
	kód I	kód II		kód I	kód II
	IM B3	IM 1001		IM B6	IM 1051
	IM B8	IM 1071		IM B5	IM 3001
	IM V1	IM 3011		IM V3	IM 3031
	IM B14	IM 3601		IM V19	IM 3631
	IM V18	IM 3611		IM V6	IM 1031
	IM V5	IM 1011		IM B35	IM 2001

Při výměně normalizovaných motorů je třeba dbát na stejné provedení a velikost.

Motor typu IM B3 (**tabulka 1**) má nezávisle na výrobku dvě štítová ložiska a patky pro vertikální upevnění. Velikost určuje výšku hřídele v mm, např. u velikosti 100 L je výška 100 mm. Písmeno znamená tvar motoru, M střední a S krátký tvar.

14.1.2 Stupně ochrany motorů

Stupeň ochrany elektrického stroje udává rozsah ochrany před dotykem a vniknutím cizích těles a vody. Označení se provádí písmeny IP a dále dvoumístným číslem (**tabulka 2**). První číslice udává ochranu před dotykem částí motoru, které jsou pod napětím, např. svorky, a ochranu před vniknutím pevných částí. Druhá číslice udává stupeň ochrany před vniknutím vody. Stupeň ochrany se např. u instalačních přístrojů udává také grafickými značkami.

Většina používaných normalizovaných motorů s povrchovým chlazením má stupeň ochrany IP 54. Je to ochrana před usazováním prachu a před stříkající vodou (**tabulka 2**).

Značení stupně ochrany grafickými značkami: str. 177

První číslice	Ochrana před dotykem	Ochrana před vniknutím cizího tělesa	Druhá číslice	Ochrana před vniknutím vody
0	nechráněno	nechráněno	0	nechráněno
1	dotykem rukou	cizího tělesa $\geq \varnothing 50$ mm	1	vertikálně kapající
2	dotykem prstem	cizího tělesa $\geq \varnothing 12,5$ mm	2	šikmo kapající vodou (15° oproti svislici)
3	dotykem nástrojem	cizího tělesa $\geq \varnothing 2,5$ mm	3	kropením a deštěm (do 60° oproti svislici)
4	dotykem drátem	cizího tělesa $\geq \varnothing 1$ mm	4	stříkající vodou
5	dotykem drátem	usazováním prachu	5	tryskající vodou
6	dotykem drátem	vnikáním prachu	6	silně tryskající vodou
Při označení jen jednou číslicí druhou nahrazuje X. Příklad: IP X4			7	občasným ponořením
			8	trvalým ponořením

14.1.3 Druhy provozu elektrických strojů

Druh provozu motoru je udán na identifikačním štítku a informuje o přípustném zatížení a délce provozu. V tabulce jsou uvedeny různé druhy provozu. Při trvalém provozu (S1) není údaj na štítku nutný.

Trvalý provoz (S1) je při časově neomezeném provozu se stálým zatížením. Stálá provozní teplota nepřekračuje dovolené hodnoty.

Krátkodobý provoz (S2). Provozní doba je při srovnání s přestávkami krátká. V přestávkách se motor vypíná a ochlazuje se na teplotu chladícího média. Motor může být proto dimenzován na větší zatížení.

Motory pro krátkodobý provoz se při trvalém provozu přetíží.

Přerušovaný provoz (S3, S4, S5). Při tomto provozu se střídá pravidelně konstantní zatížení a přerušování. Přestávky jsou tak krátké, že se motor nestačí ochladit na teplotu chladícího média. Při **periodickém přerušovaném provozu (S3)** má rozběhový proud zanedbatelný vliv na oteplení motoru. Krátkodobý cyklus s dobou τ_c se skládá z doby provozu Δt_p a následující doby přestávky. Doba cyklu je většinou 10 minut. Dovolená relativní doba zapnutí motoru je poměr doby provozu k době cyklu. Udává se v %, např. S3: 25%.

Při **provozu S4** se motor zahřívá delší dobou rozběhu a rozběhovým proudem.

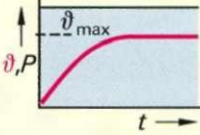
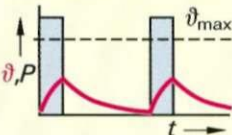
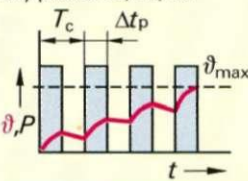
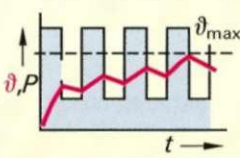
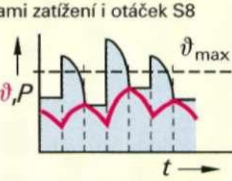
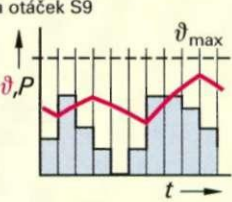
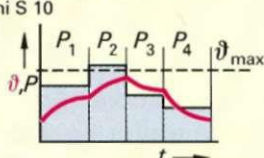
Při **provozu S5** se motor zahřívá při rozběhu i zatížením a brzděním.

Nepřerušovaný periodický provoz (S6, S7). Oba druhy provozu se skládají ze stejných cyklů bez přestávek. Při **provozu S6** se skládá každý cyklus z doby zatížení a z doby chodu naprázdno. Při **provozu S7** je motor elektricky brzděn. Každý cyklus má dobu náběhu, dobu provozu a dobu brzdění. Mezi cykly není chod naprázdno.

Nepřerušovaný periodický provoz se změnami zatížení i otáček (S8). Motor pracuje v trvalém provozu při periodických změnách počtu otáček a výkonu, např. motor v Dahlanderově zapojení.

Provoz s neperiodickými změnami otáček a zatížení (S9). Zatížení a otáčky se mění v nepravidelných časových úsecích. Mohou nastat zatěžovací špičky, které překračují jmenovitý výkon.

Provoz s jednotlivými konstantními zatíženími (S10). Motor pracuje až se čtyřmi různými zatíženími, při kterých se dosáhne stavu tepelné setrvačnosti.

Tabulka: Druhy provozu motorů	
Druh provozu	Použití
trvalý provoz S1 	Cirkulační čerpadla, pohony pohyblivých schodů, ventilátory
krátkodobý provoz S2 	Motory chladniček, dveřní pohony garáží, mlýnky na kávu
přerušovaný provoz S3, S4, S5 	Pohony kompresorů, motory zdvihadel, obráběcí stroje
nepřerušovaný periodický provoz S6, S7 	Pohony obráběcích strojů
nepřerušovaný periodický provoz se změnami zatížení i otáček S8 	Pohony obráběcích strojů, dopravní stroje
provoz s neperiodickými změnami zatížení a otáček S9 	Pohony obráběcích strojů
provoz s jednotlivými konstantními zatíženími S10 	Pohony válcovacích tratí, dopravní zařízení

14.2 Trojfázové asynchronní motory

Trojfázový asynchronní motor se skládá z pevné části, statoru a otáčivé části, rotoru (**obr. 1**). Stator a rotor se skládají ze svazku jednostranně izolovaných elektroplechů. V drážkách statoru je umístěno statorové vinutí, drážky na obvodu rotoru jsou vyplněny rotorovým vinutím. Podle druhu vinutí rotoru rozlišujeme asynchronní motory s kotvou nakrátko a asynchronní motory s kroužkovou kotvou (**str. 262**).

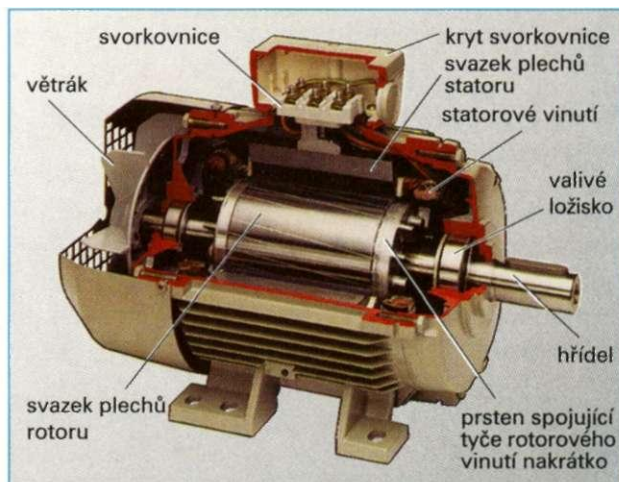
14.2.1 Motory s kotvou nakrátko

Motory s kotvou nakrátko mají jednoduchou konstrukci. Nepotřebují velkou údržbu a jsou hospodárné a spolehlivé.

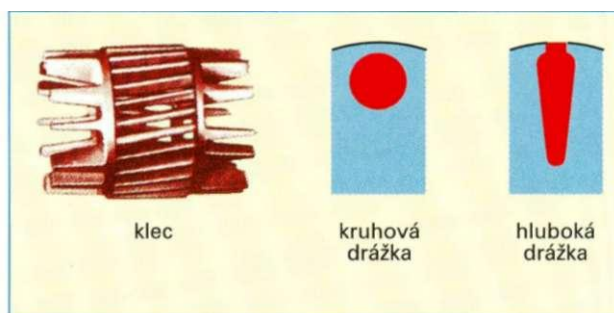
Tyče **rotorového vinutí** motoru s kotvou nakrátko jsou z hliníku a vyrábějí se tlakovým litím. Velikost a tvar rotorových tyčí ovlivňuje rozběhovou charakteristiku motoru. Proto se vyrábějí klečové rotory s různými tvary drážek (**obr. 2**). Rotorové tyče jsou na čelních stranách svazku plechů spojeny nakrátko. Stator a rotor nejsou elektricky spojeny. Jsou spojeny pouze magneticky přes svazky statorových a rotorových plechů.

Statorové vinutí se může skládat ze dvoupólového nebo vícepólového vinutí. Do drážek statorového svazku plechů jsou vložena tři vinutí, jejichž začátky jsou proti sobě posunuty o 120° . Spojíme-li konce těchto tří vinutí, vznikne **zapojení do hvězdy** (**obr. 3, vlevo**). Je-li spojen konec jednoho vinutí se začátkem následujícího vinutí, vzniká **zapojení do trojúhelníka** (**obr. 3, vpravo**).

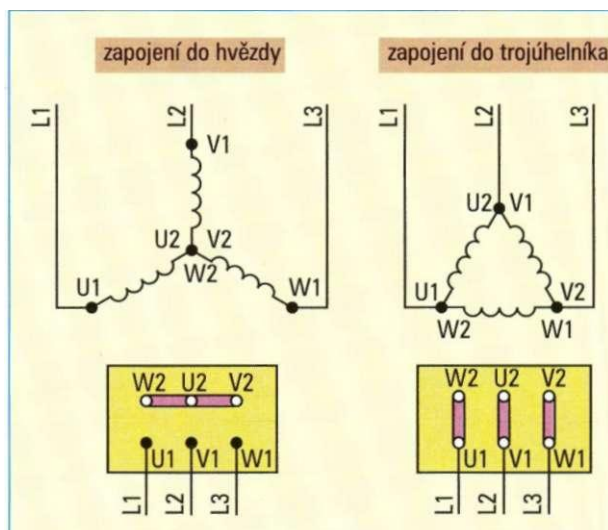
Když připojíme statorové vinutí k trojfázové síti, vzniká točivé elektromagnetické pole. Otáčky tohoto pole závisí na frekvenci sítě a počtu pólů vinutí (**viz tab.**). Čím vyšší je frekvence sítě a čím menší je počet pólů, tím větší jsou otáčky. Aby vznikl točivý moment, musí točivé pole vytvořit indukci proud v rotoru. Otáčky rotoru musí být proto stále menší než tzv. synchronní otáčky točivého pole. Rozdíl v otáčkách se nazývá **skluz**. Skluz se uvádí většinou v procentech vztahených na synchronní otáčky točivého pole. U motorů do 5,5 kW je to 6% až 3,5%, u motorů o větších výkonech asi 3,5% až 2,5%.



Obr. 1: Řez asynchronním motorem s kotvou nakrátko



Obr. 2: Klečová kotva a tvary drážek



Obr. 3: Zapojení vinutí do hvězdy a do trojúhelníka a zapojení svorkovnice

Tabulka: Synchronní otáčky pro běžné počty pólů, při frekvenci $f = 50$ Hz

Počet pólů	2	4	6	8	10	12	16
počet pólů	1	2	3	4	5	6	8
otáčky (1/ min)	3000	1500	1000	750	600	500	375

V okamžiku zapnutí (připojení k síti) se chová motor s kotvou nakrátko jako transformátor se sekundárním vinutím spojeným nakrátko. Odběr proudu je proto velmi velký, zvláště při použití rotorových tyčí kruhového průřezu (**obr. 2, str. 258**). Činný (ohmický) odpor je velmi malý, motor představuje indukčnost. To způsobí zpoždění rotorového proudu téměř 90° za napětím rotoru. Podle indukčního zákona způsobí velký fázově posunutý rotorový proud velký fázově posunutý statorový proud. Účinník $\cos(\varphi)$ je proto při rozběhu velmi malý. Činný výkon a užitečný záběrný moment je přes velký statorový proud malý. Tyto nevýhody odstraňuje rotor s hlubokými drážkami.

Rotory s hlubokými drážkami (obr. 2, str. 258) způsobí při vysokých otáčkách větší činný odpor, čímž se zmenší odběr proudu a účinník se zlepší.

Motory s hlubokými drážkami v rotoru nebo s dvojitou klecí mají menší záběrný proud při současně zvětšeném záběrném momentu.

Průběh točivého momentu (obr. 1). Točivý moment motoru je ovlivněn provozními podmínkami a provedením rotoru. Důležitými body momentové charakteristiky jsou jmenovitý moment, moment sedla a moment zvratu. Točivý moment musí být v celém průběhu charakteristiky větší než příslušný zatěžovací moment poháněného stroje. Tento „přesah točivého momentu“ je vyznačen na **obr. 1** červeně.

- **Záběrný moment M_A** je točivý moment, který vytváří motor při připojení k síti. U motorů s hlubokodrážkovým rotorem nebo s dvojitou klecí dosahuje asi dvojnásobku až trojnásobku jmenovitého momentu.
- **Moment sedla M_S** je nejmenší moment motoru po rozběhu. Konstrukční úpravou, např. šikmo uspořádanými rotorovými drážkami se moment sedla omezí.
- **Moment zvratu M_K** je největší moment motoru; vzniká po dosažení momentu sedla. U trojfázových normalizovaných motorů dosahuje moment zvratu asi 2,5 až 3 násobek jmenovitého momentu.
- **Jmenovitý moment M_N** je moment, který působí na hřídeli motoru při jmenovitém výkonu. Při zatížení jmenovitým momentem má motor jmenovité otáčky.

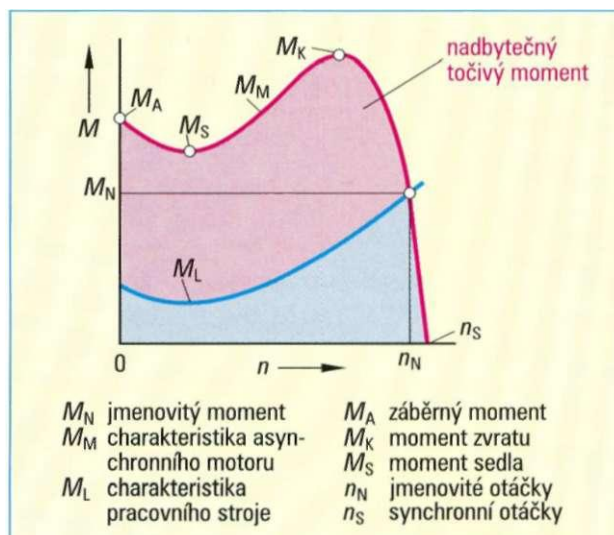
Zatěžovací charakteristika asynchronního motoru (**obr. 2**) ukazuje, že otáčky rotoru při rostoucím zatížení klesají.

Skuz asynchronních motorů se zatížením roste.

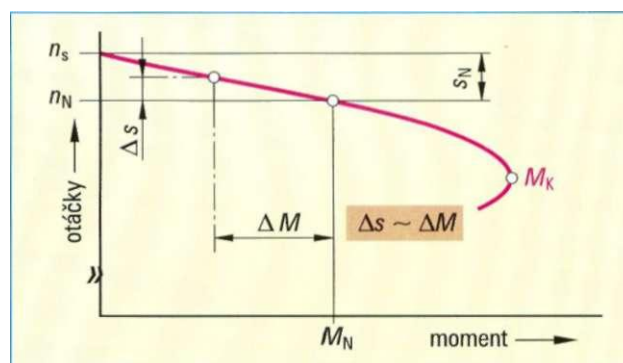
Skuz se mění mezi chodem naprázdno a jmenovitým momentem úměrně se zatěžovacím momentem. Při chodu naprázdno dosahují asynchronní motory téměř synchronních otáček n_s (otáčky točivého pole).

Otázky pro opakování

- 1 Jaké přednosti mají normalizované motory?
- 2 V jakém druhu provozu je motor, který je trvale pod jmenovitým zatížením?
- 3 Popište rozsah krytí u následujících druhů krytí: IP 23, IP 44 a IP 58.
- 4 Jaký druh krytí potřebuje motor, na který působí např. stříkající voda myčky aut?
- 5 Vysvětlete pojmy: a) jmenovitý moment, b) záběrný moment, c) moment zvratu.



Obr. 1: Průběh točivého momentu asynchronního motoru s kotvou nakrátko



Obr. 2: Zatěžovací charakteristika asynchronního motoru s kotvou nakrátko

14.2.2 Vlastnosti asynchronních motorů

Každý motor musí mít identifikační štítek. Na štítku je např. uveden výkon předávaný na hřidel motoru a na jaké napětí je motor konstruován. Provoz motoru při jmenovitém výkonu předpokládá napájení jmenovitým napětím.

Při jmenovitém výkonu odebírají motory jmenovitý proud.

Kolísání napětí. V síti je přípustná tolerance napětí $+6\%/-10\%$. Pokud je motor připojen např. k síťovému napětí 400 V, může být v blízkosti transformátorové stanice připojovací napětí 424 V, při velké délce vedení může poklesnout až na 360 V. Podle ČSN je pro motory přípustná tolerance $\pm 5\%$. V tomto rozsahu napětí musí motor odevzdávat svůj jmenovitý výkon, přičemž dovolené oteplení může překročit předepsanou mezní hodnotu max. o 10 %. Pokud je připojené napětí vyšší o 10% než jmenovité napětí, existuje nebezpečí magnetického nasycení. To způsobí větší ztráty, vyšší oteplení a horší účinek. Pokud je napětí o více než 10% nižší, stoupá při nezměněném točivém momentu proud úměrně s klesajícím napětím. Větší ztráty ve vinutí způsobují rovněž dovolené oteplení.

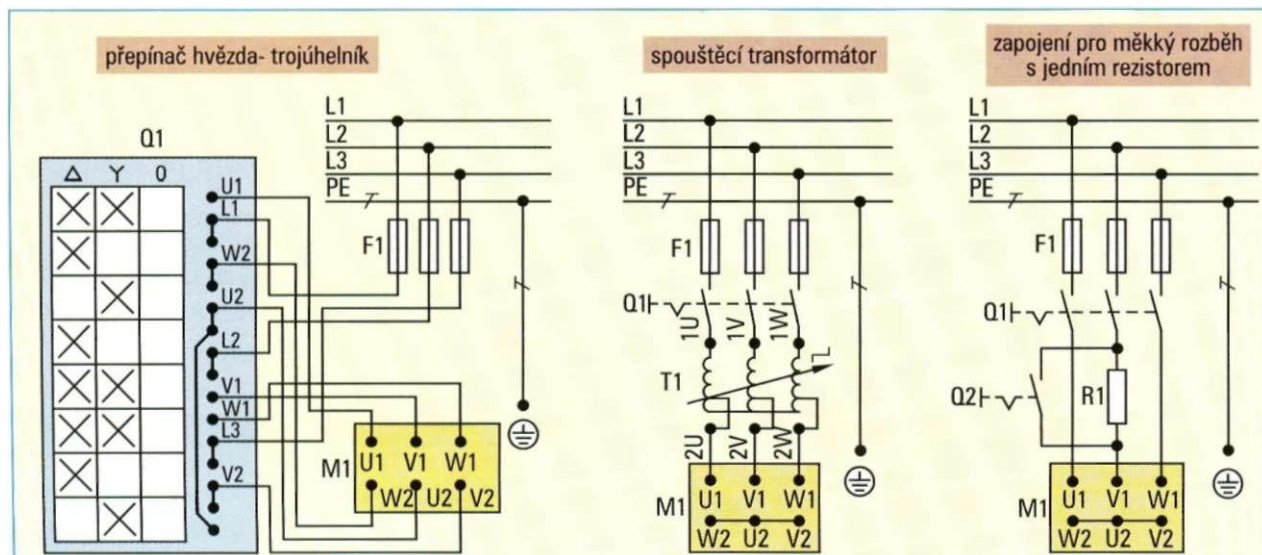
Spouštěcí zařízení. Záběrný proud trojfázových motorů s kotvou nakrátko je asi šestnásobek až osminásobek jmenovitého proudu. K omezení velkých záběrných proudů předepisují provozovatelé sítě při výkonu motoru nad 5,2 kVA, popř. při záběrném proudu nad 60 A, spouštěcí zařízení.

- Spouštěcí **zapojení hvězda-trojúhelník (obr.)**. Při zapojení motoru do trojúhelníka je každá fáze motoru připojena na napětí např. 400 V. V zapojení do hvězdy jsou fáze motoru připojeny jen na napětí 230 V. Záběrný proud se zmenší na jednu třetinu. Po rozběhu se motor přepne na zapojení do trojúhelníka.
- **Spouštěcí transformátory (obr.) a spouštěcí rezistory** zmenšují záběrný proud rovněž snížením napětí.

U spouštěcího zařízení se snížením napětí se zmenší záběrný proud, ale kvadraticky k napětí se zmenší i záběrný moment. Rozběh je proto možný jen při chodu naprázdno nebo s malým zatížením.

K rozběhu **malých motorů s kotvou nakrátko** (asi do 1,5 kW) se používá zapojení k měkkému rozběhu, tvořené jen jedním rezistorem (obr.). U tohoto zapojení se zmenšený záběrný moment využívá k měkkému rozběhu, např. u textilních strojů.

Měkký startér (elektronické přístroje pro měkký rozběh) používá k regulaci napětí motoru místo spouštěcích rezistorů tyristory v antiparalelním zapojení. Záběrný proud, záběrný moment a doba rozběhu jsou v tomto případě nastavitelné.



Obr.: Spouštění trojfázových asynchronních motorů

Účinnost $\cos \varphi < p$ závisí na zatížení motoru. Při chodu naprázdno dosahuje hodnoty od 0,1 do 0,3, motor působí jako indukčnost. S rostoucí zátěží se $\cos \varphi$ zvětšuje a při jmenovitém zatížení dosahuje hodnoty uvedené na identifikačním štítku. Pokud je výkon motoru zvolen pro určitý provoz příliš velký, účinnost se zmenšuje. Motor odebírá ze sítě stále větší zdánlivý výkon.

Pokud je motor přetížen, vede rostoucí proud k větším ztrátám a k nedovolenému oteplení vinutí.

Motory mají nejlepší účinnost při jmenovitém výkonu.

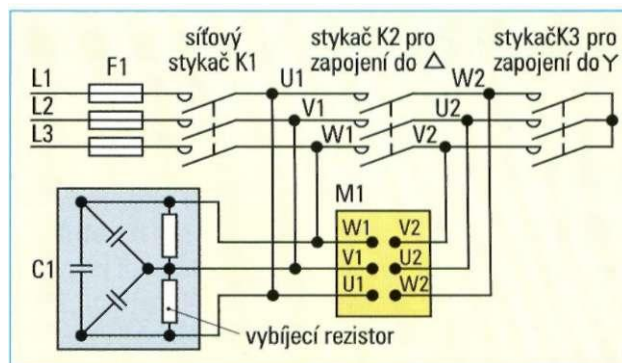
Kompence. Jalový proud zatěžuje síť a zvyšuje úbytek napětí. Proto provozovatelé sítě vyžadují kompenzaci účinnosti na hodnotu přibližně 0,9. U jednotlivých motorů se to provádí paralelně zapojenými kompenzačními kondenzátory (**obr. 1**). Přitom má být kompenzační kondenzátor umístěn co nejbližší motoru. Pro větší zařízení se používají skupinové nebo centrální kompenzační stanice.

Při jednotlivé kompenzaci se musí kompenzační kondenzátory vybit po vypnutí během jedné minuty na napětí max. 50 V.

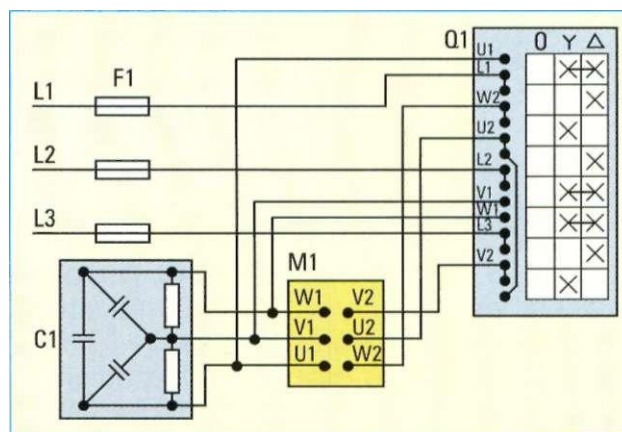
Pokud se kondenzátory po vypnutí motoru přes vinutí nevybijí, např. při rozpojených kontaktech, musí se vybití provést přes vybíjecí odpory (**obr. 1**). Ručně ovládaný přepínač zapojení hvězda - trojúhelník pro kompenzované motory, např. vačkový přepínač, musí být konstruován tak, aby při přepnutí z hvězdy do trojúhelníka nedošlo k přerušení v síti (**obr. 2**).

Jalový výkon kompenzačních kondenzátorů má být zhruba 35% výkonu motoru, aby při částečné zátěži nedošlo k překompenzování (**obr. 2**).

Nadproudové ochrany. Ochrana před přetížením se provádí ochrannými spínači motoru nebo tepelnými čidly, zabudovanými ve vinutí motoru (**str. 65**). Ochranu proti zkratu zajišťují ochranná zařízení proti zkratu, přičemž při zapojení hvězda-trojúhelník se volí u ochrany menší jmenovitý proud (**viz tabulka**).



Obr. 1: Kompence trojfázového motoru se stykačovým zapojením Y/A a s vybíjecími rezistory



Obr. 2: Kompence motoru pro nepřerušované přepínání z hvězdy do trojúhelníka

Tabulka: Ochrany před zkratem pro trojfázové motory 400 V, 1500 1/min s povrchovým chlazením												
jmenovitý výkon (kW)	0,75	1,1	1,5	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22
účinnost $\cos \varphi$	0,8	0,81	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
účinnost η (%)	74	74	78	81	81	82	83	85	87	87	88	90
jmenovitý proud (A)	1,9	2,6	3,5	5	6,6	8,5	11,3	15,5	21,7	29,3	36	41
jmenovitý proud jištění při přímém zapojení (A)	6	6	6	10	16	20	25	35	35	50	63	80
jmenovitý proud jištění při rozběhu Y/ Δ (A)	4	4	4	6	10	10	16	16	25	35	50	50

14.2.3 Trojfázové asynchronní motory s kroužkovou kotvou

Statorová vinutí motorů s kotvou nakrátko a motorů s kroužkovou kotvou jsou stejná. **Rotorové vinutí motoru** s kroužkovou kotvou je téměř vždy trojfázové a jeho konce jsou zapojeny do hvězdy. Začátky jsou připojeny na tři sběrací kroužky. Připojení spouštěče na sběrací kroužky se provádí uhlíkovými přitlačnými kartáči. Přes tyto uhlíkové kartáče mohou být do obvodu cívek rotoru zapojeny spouštěcí rezistory (**obr. 1**). Spouštěcí rezistor zvětší při rozběhu činný odpor obvodu rotoru. Zvětšení tohoto odporu zvětší podíl činného výkonu. Menší proud rotoru způsobí zmenšení proudu statoru. Záběrný proud motorů s kroužkovou kotvou je 1,4 až 1,6 krát větší než jmenovitý proud.

Motory s kroužkovou kotvou jsou vhodné pro těžké rozběhy.

Přestože se rozběhový proud zmenší, je záběrný moment větší. Se zvyšujícími se otáčkami se spouštěcí odpor po stupních zmenšuje a při dosažení jmenovitých otáček se zkratuje. Rotor pak pracuje jako s kotvou nakrátko. Když se během provozu zvětší odpor rotoru, zvětší se skluz a otáčky se zmenší. Spouštěcí rezistory, které jsou dimenzovány pro trvalý provoz, umožňují jemné nastavení otáček, které jsou menší než jmenovité. Regulace otáček vyžaduje provoz se stálým zatížením. Zmenšení zatížení způsobí zvýšení otáček. Motory s kroužkovou kotvou jsou vhodné i pro dálkové ovládání. Spouštěcí odpor se zmenšuje po stupních pomocí stykačů (**obr. 2**). Motory s kroužkovou kotvou jsou podstatně dražší a mají v provozu nepříznivější účinník než motory s kotvou nakrátko. Jejich použití je proto omezeno na případy, kde např. požadovaný malý záběrný proud nemůže být dosažen zapojením hvězda - trojúhelník.

Motory s kroužkovou kotvou se používají k pohonu strojů, které pracují s plnou zátěží a potřebují při tom velký záběrný moment, např. motory pro jeřáby nebo motory pro pohon tiskařských lisů.

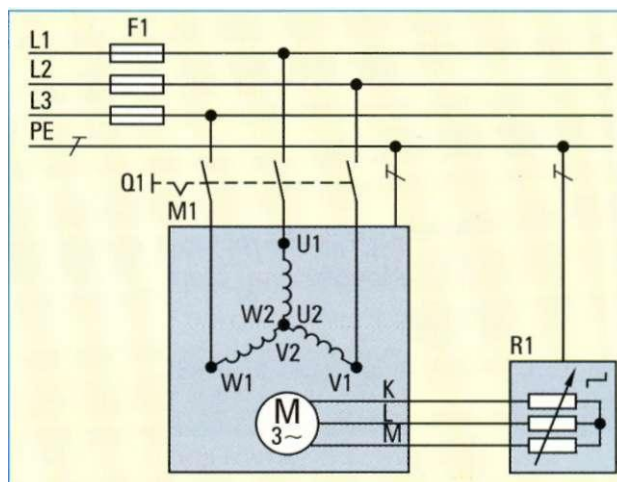
Dále se používají pro pohony, které potřebují regulaci otáček pod jmenovité otáčky a pro pohony, kde je nutný z důvodu velké setrvačné hmoty měkký rozběh a velký záběrný moment, např. pro odstředivky.

14.2.4 Trojfázové motory s přepínáním počtu pólů

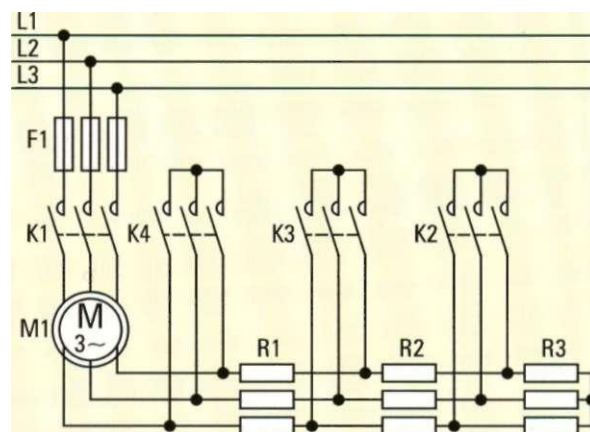
Mnoho strojů, např. vrtačky, mají stupňovitě nastavitelné otáčky. Použitím motorů s přepínáním počtu pólů je možno nastavit více různých otáček.

Jelikož v naší síti je frekvence 50 Hz, je možné měnit otáčky změnou počtu pólů resp. pól párů.

Motory s oddělenými statorovými vinutími se používají tam, kde není použitelný poměr otáček 1:2, např. čtyřpólový a šestipólový motor se dvěma statorovými vinutími.



Obr. 1: Motor s kroužkovou kotvou s ručně ovládaným spouštěčem



Obr. 2: Motor s kroužkovou kotvou se spouštěčem ovládaným stykači

Řízení skluzu, str. 265

Takový motor má např. otáčky 1500/1000 za min (**obr. 1**). Motory, které mají dvoje otáčky, jež jsou v poměru 1:2, mají jen jedno přepojitelné statorové vinutí. To se nazývá po svém vynálezci **Dahlanderovo zapojení**. U Dahlanderova zapojení, např. pro čtyři a dva póly, je každé vinutí statoru rozděleno odbočkou na dvě části (**obr. 2**). Přepínáním cívek ze sériového zapojení na paralelní je původní počet pólů zmenšen na polovinu a tím se zdvojnásobí otáčky točivého pole statoru (**obr. 3**).

- **Nízké otáčky:** Cívky jsou zapojeny v sérii (větší počet pólů). Začátky a konce fází vinutí jsou zapojeny do trojúhelníku.
- **Vysoké otáčky:** Cívky jsou zapojeny paralelně (malý počet pólů). Paralelně zapojené cívky jsou zapojeny do hvězdy.

Provedení Dahlanderova zapojení:

- **trojúhelník-dvojitá hvězda (A/YY).** Je to nejpoužívanější Dahlanderovo zapojení a je vhodné pro pohony s konstantním momentem, např. pro obráběcí stroje. Výkony P_1, P_2 (nízké otáčky: vysoké otáčky) jsou v poměru 1:1,4.
- **Zapojení dvojitá hvězda - trojúhelník (YY/A).** Toto zapojení se používá pro pohony se stálým zatížením. Výkony P_1, P_2 jsou u tohoto zapojení v poměru 1:1.
- **Zapojení hvězda - dvojitá hvězda (Y/YY).** Používá se pro pohony s kvadraticky se zvětšujícím točivým momentem, např. pro pohony ventilátorů. Výkony P_1, P_2 jsou přitom v poměru 1:4.

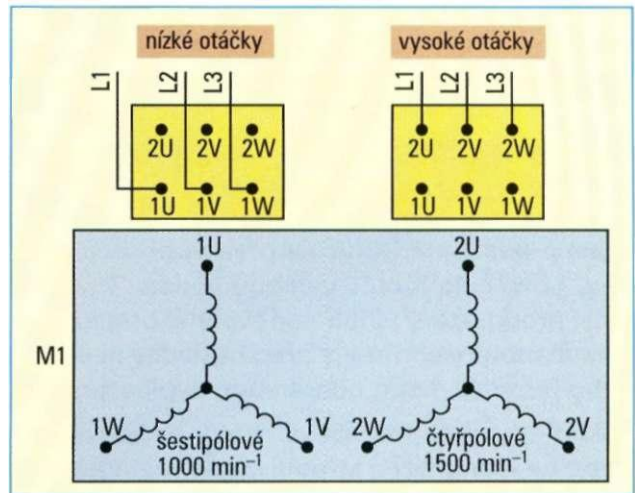
Dvěma oddělenými Dahlanderovými vinutími je možno dosáhnout čtyř otáček. U třech hodnot otáček jsou obvykle dvě oddělená vinutí, z nichž jedno je provedeno jako Dahlanderovo vinutí.

Motory s přepínáním počtu pólů se používají pro pohony obráběcích strojů. Jsou většinou zapojeny přímo.

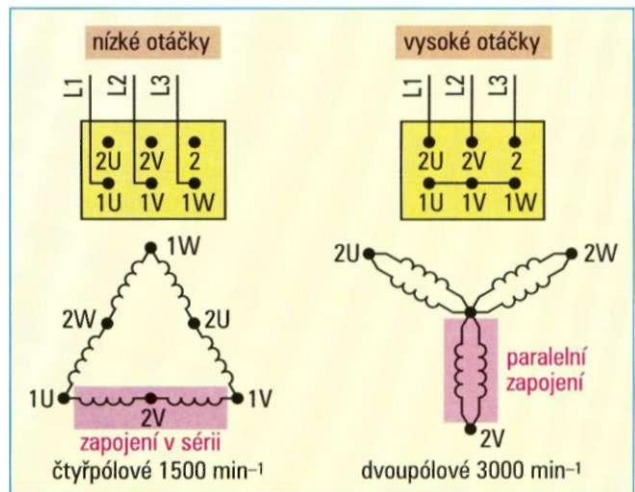
U pohonů, které potřebují zmenšit záběrný proud nebo měkký rozběh, jsou motory při nižších otáčkách provedeny pro rozběh v zapojení hvězda - trojúhelník (**obr. 1, str. 264**).

K tomu je zapotřebí devíti svorek. Po rozběhu hvězda - trojúhelník je možno přepojit na vysoké otáčky.

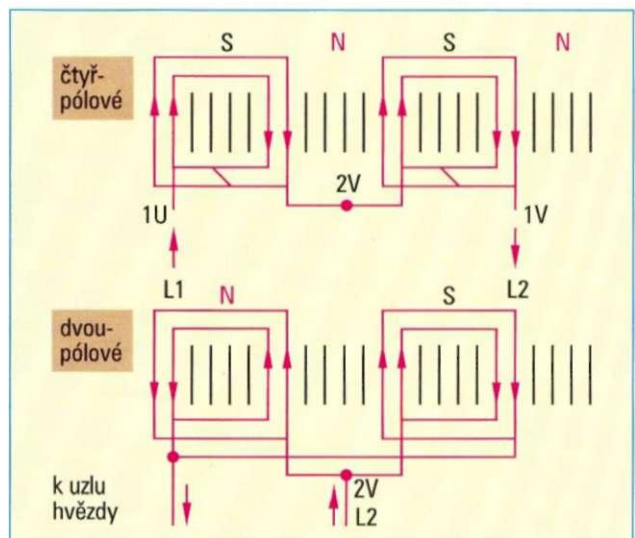
U motorů s Dahlanderovým zapojením by stejný sled fází pro oba počty pólů znamenal při změně otáček změnu směru otáčení.



Obr. 1: Motor s přepínáním počtu pólů se dvěma oddělenými vinutími



Obr. 2: Motor s přepínáním počtu pólů s Dahlanderovým vinutím (dvou a čtyřpólový)



Obr. 3: Princip Dahlanderova zapojení (nakreslena jen jedna fáze)

Proto se při výrobě motorů svorky vývodů vinutí 1U a 1W přehazují. Svorky pro nízké otáčky se označují 1U, 1V a 1W, pro vysoké otáčky 2U, 2V a 2W. Aby byl při stejném sledu svorek a fází zachován stejný směr otáčení, zapojují se vinutí tak, jak je znázorněno na obr. 2, str. 263.

14.2.5 Trojfázové motory při různém napájení střídavým napětím

Princip působení. Když se přeruší při běžícím motoru jeden přívod, pokračuje motor v chodu. Odebírá však přes zbylé přívody větší proud, který vinutí nedovoleně otepluje. Proto musí být trojfázové motory chráněny před následky nechtěného tzv. dvoufázového provozu, např. ochranným vypínačem (str. 63).

Pokud se zapne trojfázový motor z klidového stavu na dvě fáze nebo na jednu fázi a střední vodič (neutrál), motor se sám nerozběhne, protože v jeho statorovém vinutí působí jen jedno střídavé (pulzující) magnetické pole. Když však motor roztočíme, např. pohybem hnacího řemene, motor se rozběhne, točivé pole působí ve směru roztočení.

Střídavé pulzující pole lze rozložit na dvě točivá pole otáčející se proti sobě, jejich točivé momenty se tedy vyruší, je-li motor v klidu.

Roztáčecí motory využívají působení točivého pole v požadovaném směru otáčení. Roztáčejí se např. otáčením hnacího kotouče. Mají jen dvě fázová vinutí, která jsou umístěna ve 2/3 drážek. Jejich účinnost je malá.

Trojfázové motory ve Steinmetzově zapojení

Trojfázové motory mohou pracovat při připojení na jednofázové střídavé napětí. K tomu je třeba točivé pole. Při trojfázovém provozu se vytváří točivé pole statoru třemi proudy ve třech vinutích, která jsou posunuta proti sobě o 120°. Pokud při provozu na jednofázové střídavé napětí přemostíme vinutí jedné fáze kondenzátorem, vznikne také točivé pole. Trojfázové motory v Steinmetzově zapojení se rozbíhají samy (obr. 2). Směr otáčení lze změnit přepojením kondenzátoru.

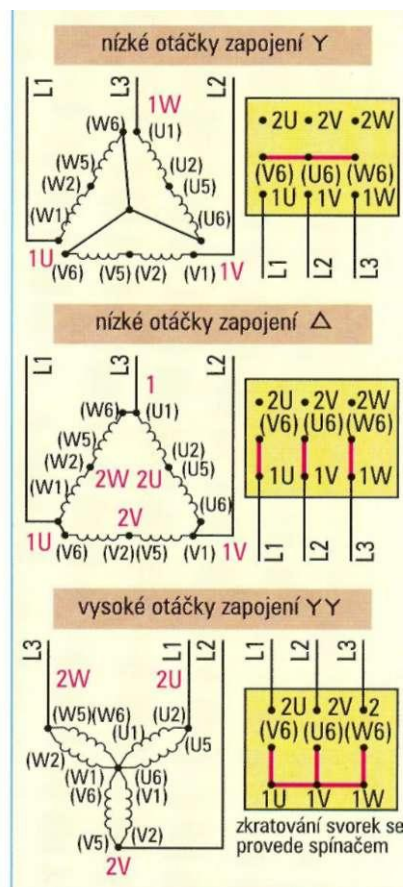
Kapacita a výkon motoru u Steinmetzova zapojení:

- při jmenovitém napětí 230 V: 70 uF na každý kW výkonu motoru
- při jmenovitém napětí 400 V: 22 uF na každý kW výkonu motoru

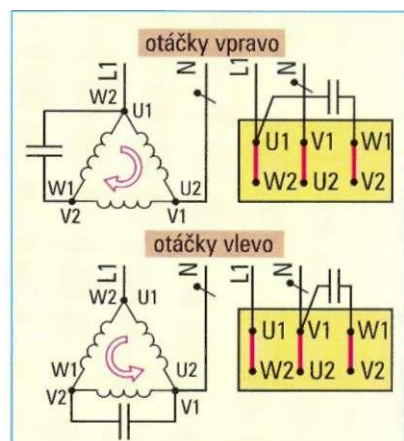
Při provozu v Steinmetzově zapojení musí být fázové napětí trojfázového motoru stejné jako síťové napětí. Motor s fázovým napětím 230 V (údaj na štítku A 230 V) se připojí ke střídavému jednofázovému napětí 230 V v zapojení do trojúhelníka (obr. 2), při připojení na 400 V se zapojí do hvězdy. Ve Steinmetzově zapojení pracují trojfázové motory s kotvou nakrátko se jmenovitým výkonem do 2 kW. Jsou zatížitelné přibližně na 70 % jmenovitého výkonu trojfázového motoru, jejich záběrný moment se zmenší asi na 30 %.

Otázky pro opakování

- 1 PROČ SE MOTORY S KOTVOU NAKRÁTKO SPOUŠTÍ RŮZNÝMI ZPŮSOBY?
- 2 PROČ SE NEMÁ VOLIT VÝKON MOTORU PŘÍLIŠ VELKÝ?
- 3 PROČ SE TROJFÁZOVÉ MOTORY KOMPENZUJÍ?
4 JAK SE REGULUJÍ OTÁČKY: A) U MOTORŮ S KROUŽKOVOU KOTVOU, B) U MOTORU V DAHLANDEROVĚ ZAPOJENÍ?



OBR. 1: DAHLANDEROVO VINUTÍ PRO ROZBĚH HVĚZDA - TROJÚHELNÍK (Y/A/YY).



OBR. 2: PŘIPOJENÍ TROJFÁZOVÉHO MOTORU NA JEDNOFÁZOVOU SÍŤ (STEINMETZOVO ZAPOJENÍ)

14.2.6 Regulace otáček trojfázových motorů

Otáčky trojfázových motorů závisí na otáčkách točivého pole. Změnu otáček je možno provést změnou počtu pólů ve vinutí statoru nebo změnou frekvence v síti. U asynchronních motorů jsou otáčky rotoru ovlivňovány také skluzem (přehled).

* Změna počtu pólů

Stator může mít dvě oddělená vinutí s různými počty pólů nebo vinutí s přepínáním počtu pólů jako Dahlanderovo vinutí (str. 263).

Přepojení pólů neumožňuje plynulou změnu otáček.

Přepojením např. ze čtyř pólů na osm se otáčky sníží na polovinu (z 1500 Vmin na 750 Vmin.). Motor pracuje krátkodobě jako generátor. Nastává veliké elektrické a mechanické namáhání.

* Změna skluzu (regulace skluzem)

U motorů s kroužkovou kotvou (str. 262) se mění otáčky zapojováním rezistorů v elektrickém obvodu rotoru. Spotřebovaný výkon rezistorů spouštěče zvětší skluz a tím se sníží otáčky (obr. 1). Nastavené otáčky jsou závislé na zatížení. Při snížení zatížení motoru se zvýší otáčky. Zapojením rezistorů rotoru dochází k velkým tepelným ztrátám.

Regulace skluzem umožňuje jen takové otáčky, které jsou nižší než otáčky točivého pole.

* Změna frekvence (regulace změnou frekvence)

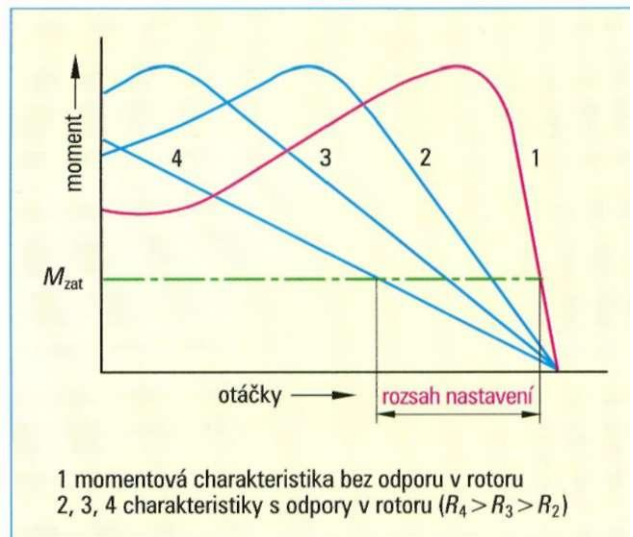
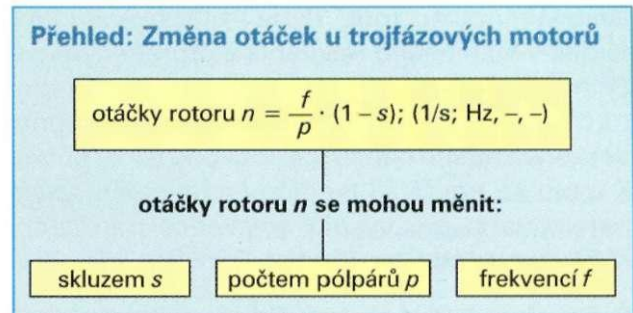
S frekvencí se mění otáčky točivého pole.

Měníče frekvence umožňují pomocí elektronických součástek s malými ztrátami přeměnit síťové napětí s frekvencí 50 Hz na síť s měnitelnou frekvencí i napětím. Většinou se používají měniče s meziobvodem (obr. 2). Skládají se z usměrňovače, meziobvodu a střídavého měniče.

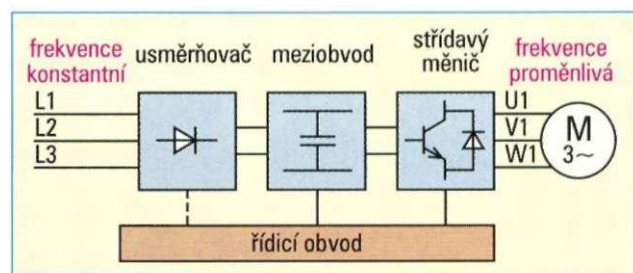
Měníče frekvence umožňují otáčky nižší i vyšší než otáčky točivého pole.

Usměrňovač (obr. 2). Je připojen jako řízený nebo neřízený můstek k jednofázové nebo trojfázové síti a vyrábí pulzující stejnosměrné napětí.

Meziobvod (obr. 2). Odděluje síť od výstupu měniče a pracuje jako zásobník energie. Kondenzátor meziobvodu se nabíjí energií ze sítě, aby napětí meziobvodu bylo konstantní i při okamžité nízké hodnotě pulzujícího stejnosměrného napětí. Dodává připojenému motoru potřebnou jalovou energii. Účinník $\cos \phi$ v síti je téměř 1.



Obr. 1: Regulace otáček motoru s kroužkovou kotvou skluzem



Obr. 2: Měníč frekvence s meziobvodem

Střídavé měniče (obr. 2, str. 265) přeměňují stejnosměrné napětí z meziobvodu, např. při pulzní šířkové modulaci (obr. 1), na trojfázové střídavé napětí s měnitelnou frekvencí a proměnným napětím. Efektivní hodnota napájecího napětí motoru se přitom mění delším nebo kratším zapnutím konstantního napětí meziobvodu (šířky pulzů). K tomu se používají bipolární a unipolární tranzistory nebo pro vysoké frekvence tranzistory IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistoren).

Řídicí obvod. Skládá se ze řídicí a regulační části a z elektroniky k ovládní polovodičových součástek střídavého měniče. Řídicí elektronika také kontroluje funkce a přenos dat.

Provozní poměry. Točivý moment motoru je závislý na magnetickém toku Φ a tím i na odebraném proudu. Protože indukční reaktance statorového vinutí je při malých frekvencích velmi malá, musí být k omezení proudu také malé napětí motoru.

S rostoucí frekvencí (a tím i rostoucími otáčkami) dostává motor vyšší napětí. Tím zůstává odebraný proud i točivý moment motoru konstantní. Výkon stoupá s otáčkami. Při vysokých otáčkách motoru nevznikají náběhové proudové špičky.

Při jmenovitých otáčkách dostává motor jmenovité napětí, další zvýšení napětí není možné, moment motoru se proto při otáčkách nad jmenovitými otáčkami zmenšuje (obr. 2), výkon zůstává konstantní (až zhruba do dvojnásobku jmenovitých otáček).

Točivý moment je při otáčkách do jejich jmenovité hodnoty konstantní, při vyšších otáčkách než jmenovitých se zmenšuje.

Při **brzdění** působí motor jako generátor. U měničů středního výkonu se vzniklá energie v meziobvodu proměnila brzdovým rezistoru na ztrátové teplo. Při výkonech nad 30 kW se používají měniče, které vracejí vzniklou energii do sítě. To se děje dodatečným řízeným můstkem v části měniče.

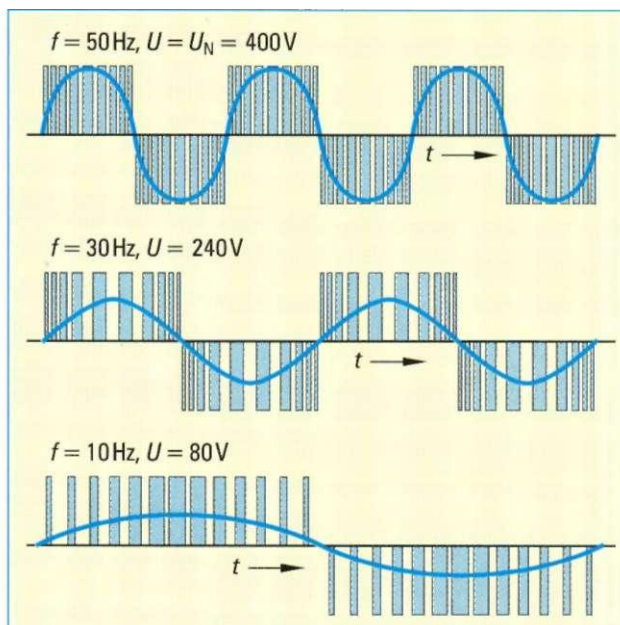
Při **regulaci skluzem** je možné udržovat zadané otáčky konstantní. Přitom zvyšuje měnič při rostoucích otáčkách frekvenci motoru až do vyrovnání skluzu.

Ke **změně směru otáčení** není třeba změna přívodů. Jelikož se točivé pole ovládá elektronicky, postačuje řídicí signál (např. přes systém PLC).

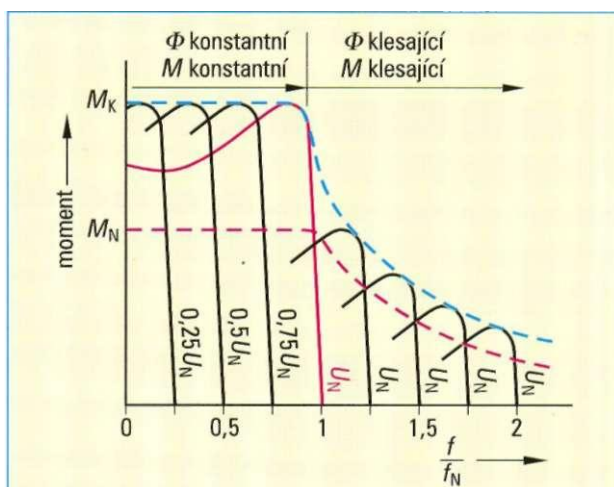
Motorový provoz s nízkými otáčkami vyžaduje dostatečné (cizí) chlazení.

Připojení. K zamezení rušení telekomunikačních zařízení se používají stíněné a zemněné ovládací a připojovací vodiče. Tyto vodiče musí být odděleny od sítě. Odrušovací filtry na vstupu měniče (většinou jsou integrovány v měničích) brání přenosu rušivých signálů připojovacími vodiči.

Přepínání hvězda - trojúhelník se zde nesmí použít. Měnič omezuje záběrný proud.



Obr. 1: Princip pulzní šířkové modulace



Obr. 2: Točivý moment u frekvenčně řízeného asynchronního motoru

14.3 Jednofázové motory

Motory na jednofázový proud se používají pro pohony domácích spotřebičů a elektrického nářadí. Mají výkon asi do 600 W. Přístroje s těmito motory se zapojují většinou do zásuvek s ochranným kontaktem.

14.3.1 Jednofázové motory s kotvou nakrátko

Ve statoru složeném ze statorových plechů jsou uložena dvě vinutí. Hlavní vinutí U1, U2 vyplňuje 2/3 drážek statoru, ve zbývajících třetinách drážek je uloženo pomocné vinutí Z1, Z2, které je o 90° otočeno oproti vinutí hlavnímu. Předpokladem pro vznik točivého magnetického pole je časové posunutí průběhu střídavého proudu v pomocném vinutí oproti proudu v hlavním vinutí. To se provede zapojením rezistoru nebo kondenzátoru do série s pomocným vinutím.

Jednofázové motory s pomocnou odporovou fází se vyrábějí do výkonu asi 250 W (obr. 1). Velkého odporu u pomocného vinutí se dosáhne tím, že třetina závitů je navinuta protisměrně k ostatnímu vinutí (bilifární vinutí). Tím je částečně zmenšena indukčnost vinutí při nezměněném odporu odporového drátu. Tepelná zátěž vinutí je velká. Toto vinutí není vhodné pro trvalý provoz a musí se po rozběhu motoru odpojit pomocné fáze, proudovým relé nebo odstředivým vypínačem.

Vzhledem k velkému záběrnému proudu a velké tepelné zátěži se nesmí jednofázové motory s pomocnou odporovou fází používat pro pohon s častým zapínáním a vypínáním, např. pro pračky se změnou směru otáček.

Kondenzátorové motory mají rovněž dvě vinutí. U jednofázového motoru s kondenzátorem je však pomocné vinutí trvale zapojeno v sérii s kondenzátorem (obr. 2).

Jednofázové motory s kondenzátorem jsou vhodné pro pohony s lehkou zátěží nebo pro chod naprázdno, např. pro olejové hořáky.

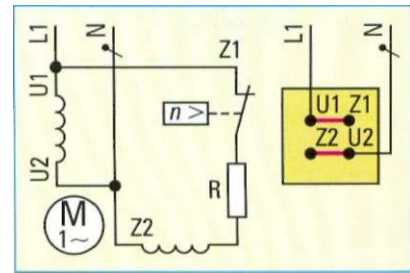
U jednofázových motorů s rozběhovým kondenzátorem se pomocné vinutí po rozběhu od kondenzátoru odpojuje (obr. 3).

Jednofázové motory s rozběhovým kondenzátorem jsou vhodné pro pohony, které pracují při rozběhu pod velkou zátěží, např. pro ždímačky nebo obráběcí stroje.

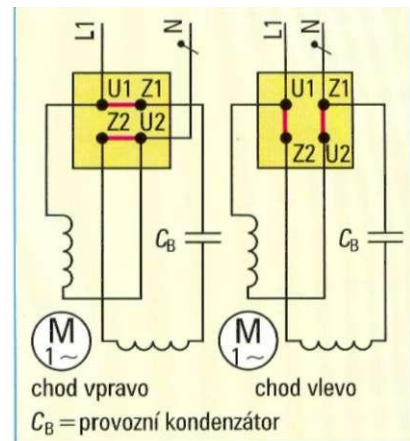
Jednofázové motory s provozním i rozběhovým kondenzátorem se používají pro pohony s těžkou zátěží při rozběhu, např. pro kompresory. Při rozběhu jsou oba kondenzátory zapojeny paralelně (obr. 4). Rozběhový kondenzátor se po rozběhu odpojí. Pomocné vinutí zapojené v sérii s provozním kondenzátorem je za provozu stále pod napětím.

Výkony kondenzátoru u kondenzátorových motorů:

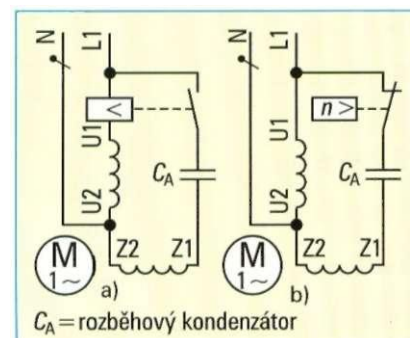
- provozní kondenzátor: asi 1,3 kvar na každý kW výkonu motoru
- rozběhový kondenzátor: asi 2 až 3 kvar na každý kW výkonu motoru (asi 2 až 3 násobek kapacity provozního kondenzátoru)



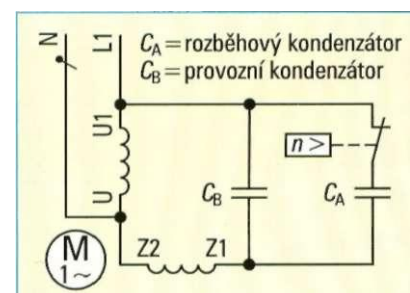
Obr. 1: Jednofázový motor s pomocnou odporovou fází



Obr. 2: Jednofázový motor s provozním kondenzátorem



Obr. 3: Jednofázový motor s rozběhovým kondenzátorem



Obr. 4: Jednofázový motor s rozběhovým a provozním kondenzátorem

14.3.2 Motory se stíněnými póly

Motory se stíněnými póly (obr. 1) mají stator s póly, které mají na jedné straně jednu nebo dvě drážky. Do těchto drážek je uloženo pomocné vinutí spojené nakrátko. Vinutí nakrátko tak obepíná část stínění pólu. Vinutím nakrátko prochází jen část magnetického toku statoru. Indukované napětí vyvolá ve vinutí spojeném nakrátko proud, který je fázově posunut za proudem ve statoru. Vzniklé točivé pole vytváří malý točivý moment. Vzhledem ke ztrátám ve vinutí nakrátko mají motory se stíněnými póly účinnost jen okolo 30%. Jsou proto vhodné jen pro malé výkony asi do 500 W.

Motory se stíněnými póly se používají např. pro pohon ventilátorů, programového spínacího zařízení, čerpadel a ždímaček.

Motory se stíněnými póly jsou asynchronní motory; pokud mají rotor s permanentními magnety pracují jako synchronní motory.

14.3.3 Univerzální motory

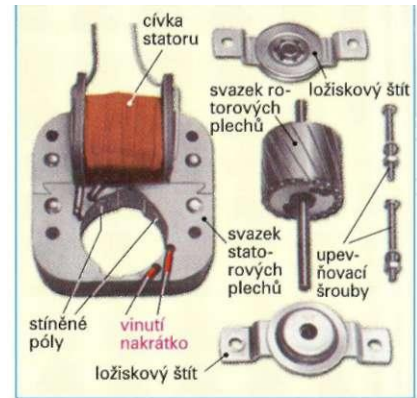
Univerzální motory je možné připojit jak ke stejnosměrnému, tak ke střídavému napětí. Svou konstrukcí odpovídají komutátorovému sériovému motoru. Budicí vinutí je zapojeno v sérii s rotorovým vinutím. Svazky statorových a rotorových plechů jsou složeny z elektrotechnických plechů, pro zmenšení ztrát hysterezi a vířivými proudy při provozu na střídavý proud. Vinutí kotvy, uložené v drážkách rotoru, je přes komutátor a uhlíkový kartáč zapojeno do série s budícím vinutím (**obr. 2**). Svazek statorových plechů má oddělené póly pro nasazení cívek budícího vinutí.

Univerzální motory mají velký záběrný moment. Jejich otáčky velmi závisí na zatížení. Při chodu naprázdno mají sklon k přetočení.

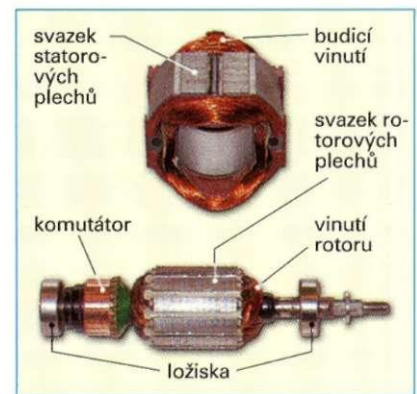
Při provozu na střídavé napětí způsobuje nejen činný (ohmický) odpor, ale i indukční odpor vinutí pokles napětí. To způsobuje snížení výkonu asi o 15%. Při otáčkách do 6000 Vmin je rozdíl v otáčkách při stejnosměrném provozu vyrovnán přidavným budícím vinutím zapojeným do série (**obr. 3**). Změna směru otáčení se provádí přepólováním vinutí kotvy (**obr. 4**).

Oproti motorům s kotvou nakrátko dochází u univerzálních motorů na uhlíkových kartáčích k jiskření, které ruší telekomunikační zařízení. Odrušení se provádí odrušovacími kondenzátory, zapojenými paralelně ke kotvě.

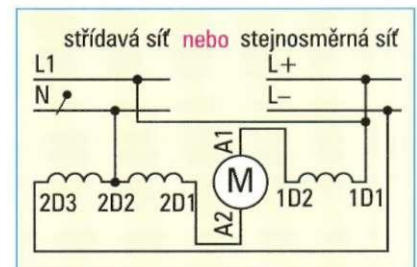
Univerzální motory se používají pro pohon elektrického nářadí, domácích spotřebičů a kancelářských strojů.



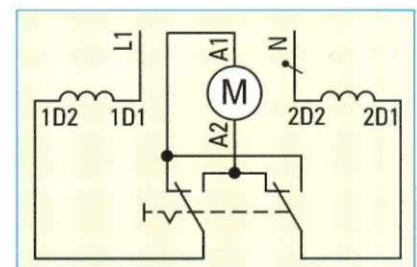
Obr. 1: Motor se stíněnými póly



Obr. 2: Univerzální motor



Obr. 3: Univerzální motor s přidavným budícím vinutím pro stejnosměrný provoz



Obr. 4: Změna směru otáčení univerzálního motoru

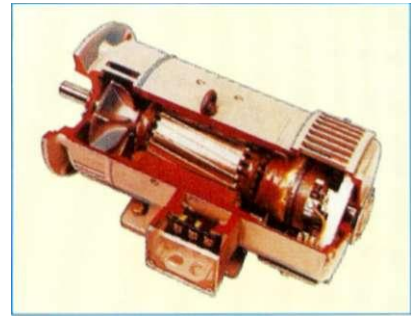
Otázky pro opakování

- 1 Jak se provádí regulace otáček u motorů s kroužkovou kotvou?
- 2 Jak se konstruuje měniče frekvence s meziobvodem?
- 3 Jaké přednosti má při rozběhu motoru použití měniče frekvence oproti spouštění přepínačem hvězda-trojúhelník?
- 4 Kdy se používá Steinmetzovo zapojení?
- 5 K čemu se používají u kondenzátorových motorů provozní a rozběhové kondenzátory?
- 6 Jak se mění u univerzálních motorů směr otáčení?

14.4 Stejnosměrné motory

Každý stejnosměrný stroj může pracovat jako generátor nebo jako motor (**obr. 1**). Prochází-li proud ve vinutí motoru od jeho začátku k jeho konci, otáčí se kotva vpravo. U generátorového provozu zůstává směr proudu ve vinutí stejný, pokud se kotva stroje otáčí vlevo.

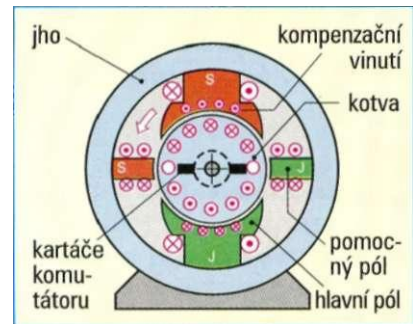
Stejnosměrné motory dovolují regulovat ve velkém rozsahu plynule otáčky, nezávisle na zátěži. Používají se např. u obráběcích strojů, dopravníků a dopravních prostředků.



OBR. 1: STEJNOSMĚRNÝ MOTOR

14.4.1 Konstrukce a princip činnosti

Stator se skládá z ocelového prstencového jha a hlavních pólů z elektrotechnických plechů, na nichž je umístěno budící vinutí (**obr. 2**). Motory větších výkonů mají ještě pomocné póly a také kompenzační vinutí. Stejnosměrné motory pro provoz s usměrňovači mají i kostru z elektrotechnických plechů, v jejichž drážkách je umístěno vinutí statoru.

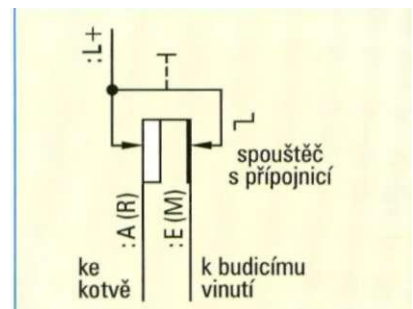


OBR. 2: KONSTRUKCE STEJNOSMĚRNÉHO MOTORU

Rotor (kotva) se skládá ze svazku elektrotechnických plechů s drážkami, v nichž je umístěno vinutí. Začátky a konce cívek vinutí rotoru jsou zapájeny do lamel komutátoru.

Točivý moment vzniká na principu síly způsobené proudem procházejícím vodičem kotvy a umístěném v magnetickém poli hlavních pólů. Při otáčení kotvy v magnetickém poli se v cívkách kotvy indukuje napětí, které působí proti připojenému síťovému napětí a tím omezuje proud kotvy. Ve stavu klidu je toto napětí kotvy U , nulové. Protože je odpor kotvy velmi malý, procházel by při přímém připojení k síti příliš velký proud.

Stejnosměrné motory potřebují k omezení spouštěcího proudu spouštěcí rezistory (**obr. 3**).



OBR. 3: SPOUŠTĚNÍ

Při provozu jsou otáčky motoru a napětí kotvy závislé na zatížení. S přibývajícím zatížením se zvyšuje při stálém síťovém napětí proud. Otáčky motoru se musí tedy snížit, aby se napětí kotvy snížilo.

V **neutrálním pásmu** mezi hlavními póly se přivádí proud ke kotvě přes kartáče a komutátor. Proud ve vinutí kotvy vytváří magnetické pole, které je příčně k hlavnímu poli a označuje se jako **příčné pole kotvy**. Toto příčné pole kotvy ovlivňuje hlavní magnetické pole. Poloha neutrálního pásma se tím posune bez ohledu na zátěž. Na kartáčích a komutátoru tak dochází k poškození opálem. Aby se tomu zamezilo mají motory od 1 kW pomocné póly (**obr. 2**).

Pomocné póly jsou umístěny mezi hlavními póly. Vinutí pomocných pólů je tvořeno několika závitů vodiče většího průřezu a je zapojeno do série s vinutím kotvy. Magnetické pole pomocných pólů působí svými účinky proti příčnému poli kotvy a nedochází tak k posunutí (natočení) neutrálního pásma.

Kompenzační vinutí může být zapojeno dodatečně k vinutí pomocných pólů tehdy, když zátěž stejnosměrných motorů silně kolísá při vysokých otáčkách. Kompenzační vinutí se umísťuje do drážek v pólových nástavcích hlavních pólů (**obr. 2**). Je zapojeno v sérii s vinutím pomocných pólů a s vinutím kotvy.

14.4.2 Motor s cizím buzením

U stejnosměrného motoru s cizím buzením je budicí vinutí F1-F2 napájeno z vlastního zdroje napětí (**obr. 1**). Proud v budicím vinutí je tedy nezávislý na proudu kotvy. Cizí buzení mají také motory s permanentními magnety.

Otáčky motorů s cizím buzením klesají při zatížení jen nepatrně.

Budicí proud je vzhledem k proudu kotvy malý. Budicí vinutí má malý průřez a mnoho závitů. Je-li spouštěcí rezistor R1 v obvodu kotvy dimenzován pro trvalý provoz, je možno regulovat otáčky při jmenovitém buzení od nuly (R1 je maximální) do jmenovitých otáček (R1 je odpojen). Otáčky vyšší než jmenovité lze dosáhnout budicím reostatem R2 zmenšením budicího proudu (odbuzením) při jmenovitém napětí na kotvě (**obr. 1**).

Otáčky motorů s cizím buzením lze regulovat napětím na kotvě nebo budicím proudem.

Jelikož rezistory při regulaci otáček způsobují ztráty, je většinou obvod kotvy i obvod buzení napájen z trojfázové sítě přes řízené usměrňovače. Motory s cizím buzením jsou vhodné např. pro pohon obráběcích strojů.

14.4.3 Derivační motor (motor s paralelním buzením)

Derivační motory (**obr. 2**) mají stejnou konstrukci jako motory s cizím buzením, ale budicí vinutí E1-E2 je připojeno paralelně k obvodu kotvy na společný zdroj napětí. Regulace otáček se provádí stejně jako u motorů s cizím buzením. Při zatížení klesají otáčky jen nepatrně. Protože při regulaci otáček přes řízené usměrňovače se nepříznivě projevuje závislost buzení na obvodu kotvy, používají se v současné době místo derivačních motorů motory s cizím buzením.

14.4.4 Motor se sériovým buzením

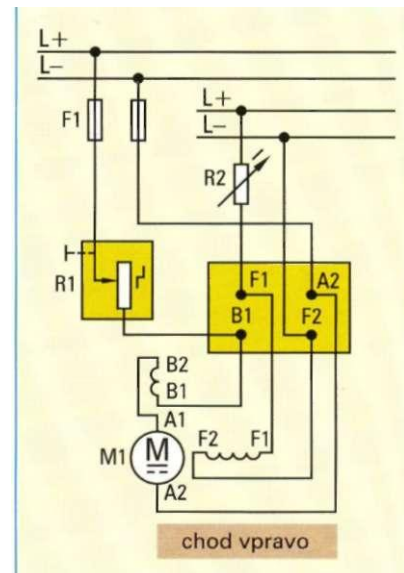
U stejnosměrného motoru se sériovým buzením je budicí vinutí D1-D2 zapojeno do série s vinutím kotvy (**obr. 3**). Velikost magnetického pole je dána proudem kotvy. Při spouštění a zatížení vytvoří velký proud silné magnetické pole kotvy a silné budicí hlavní magnetické pole. Vznikne velký točivý moment.

Motory se sériovým buzením mají ze všech motorů největší záběrný moment.

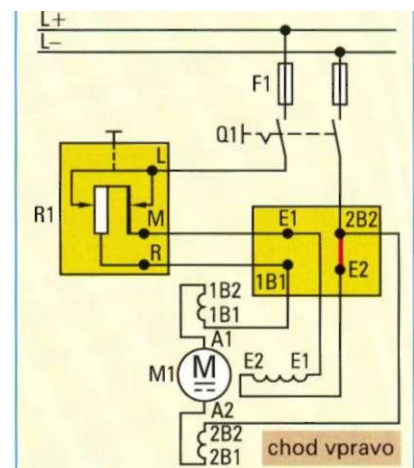
Při změně zatížení se také mění velikost budicího pole a tím i otáčky. Při chodu naprázdno jsou otáčky motoru vlivem malého budicího pole nebezpečně vysoké.

Motory se sériovým buzením mají otáčky značně závislé na zatížení, při chodu naprázdno dosahují nebezpečných otáček.

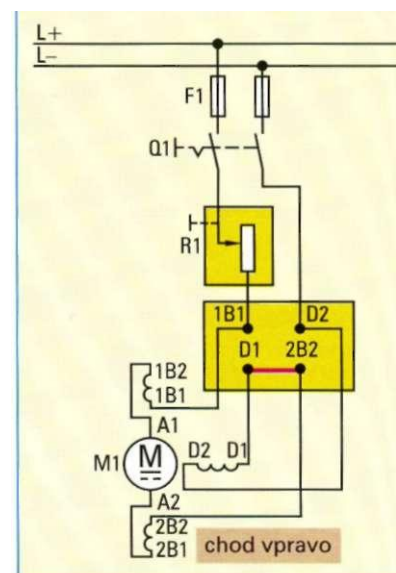
Protože u motorů se sériovým buzením není chod naprázdno dovolen, jsou spojovány se zátěží přes převodovku. Řemenové pohony jsou zakázány. Motory se sériovým buzením jsou vhodné pro těžké rozběhy, např. pro elektrická nákladní zařízení, tramvaje, trojčluny a elektrické lokomotivy.



Obr. 1: Motor s cizím buzením s pomocnými póly a spouštěčem



Obr. 2: Derivační motor



Obr. 3: Motor se sériovým buzením

14.4.5 Kompaundní motor

Kompaundní motory jsou stejnosměrné motory s paralelním buzením E1-E2 a se sériovým buzením D1-D2. Obě buzení jsou většinou zapojena tak, aby jejich pole působila souhlasně (**obr. 1**).

Kompaundní motor nemůže vlivem paralelního buzení dosáhnout při chodu naprázdno nebezpečných otáček. Jeho otáčky klesají vlivem sériového buzení rychleji než u derivačního motoru, záběrný moment je však větší (**obr. 2**).

Kompaundní motory spojují vlastnosti sériových a derivačních

motorů. Kompaundní motory se používají pro takové pohony, kde záběrný moment derivačních a cize buzených motorů nepostačuje, např. u zařízení s velkými setrvačnými hmotami, jako jsou zdvihací, lisovací a válcovací stroje.

14.4.6 Nastavení otáček a změna směru točení

Regulace otáček se provádí u stejnosměrných motorů v rozsahu pod i nad jmenovitými otáčkami. Pokud výrobce motoru neudává jinak, je možné jmenovité otáčky překročit max. o 10 %.

Regulace otáček až do jmenovité hodnoty se provádí při jmenovitém buzení změnou napětí na kotvě. Ta se může provádět řízeným usměrňovačem nebo spouštěčem, který je dimenzován pro trvalý provoz na jmenovité zatížení (**obr. 3a**).

Otáčky se zvětšují s rostoucím napětím na kotvě.

Regulace otáček nad jmenovitou hodnotu se provádí napětím na kotvě zmenšováním budicího proudu. Za tím účelem se u derivačních motorů a u motorů s cizím buzením zapojuje do budicího obvodu **rezistor** (**obr. 3b**). Tím se pole zeslabí.

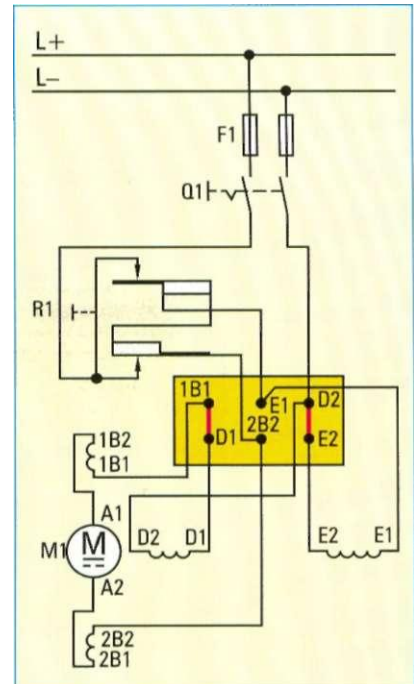
Otáčky se zvětšují snížením budicího proudu,

Při chodu naprázdno při přerušení buzení, např. přerušením vodiče v budicím reostatu, může motor dosáhnout nebezpečně vysokých otáček. Aby se zamezilo přerušení buzení, nesmí být budicí reostat stejnosměrného motoru s cizím buzením jištěn.

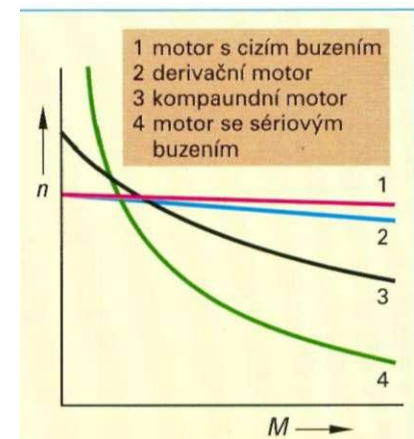
Změnu směru otáčení lze provést změnou směru proudu v kotvě nebo v budicím vinutí. Aby nedošlo k poškození budicího vinutí vlivem indukovaného napětí, provádí u stejnosměrných motorů změna směru točení přehozením (přepólováním) přívodů v obvodu kotvy.

Změna směru otáčení se provádí změnou směru proudu v kotvě.

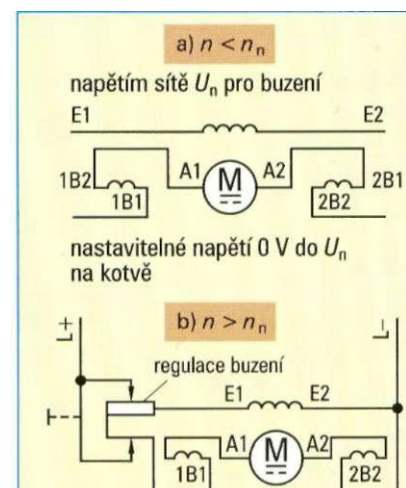
Chod vpravo je dán směrem proudu v kotvě a budicím vinutí od začátku vinutí ke konci vinutí. Pomocné póly i kompenzační vinutí musí být při změně směru točení rovněž přepojeny. U derivačního motoru s pomocnými póly (**obr. 3b**) je běh vpravo při toku proudu od svorky 1B1 k 2B2 v obvodu kotvy a od svorky E1 k E2 v budicím vinutí. Běh vlevo je při směru proudu kotvy od svorky 2B2 k 1B1 a proudu v budicím vinutí beze změny od svorky E1 k E2.



Obr. 1: Kompaundní motor



Obr. 2: Zatěžovací charakteristiky stejnosměrných motorů



Obr. 3: Regulace otáček derivačního motoru

14.5 Údržba elektrických motorů

Elektrické stroje se v provozu opotřebovávají. Spolehlivý provoz motorů poháněných zařízení je zajištěn pravidelnou údržbou a kontrolou. Při údržbě elektromotorů (**přehled**) lze včas poznat nutnost opravy.

Přehled: Údržba elektromotorů, rozsahy údržby														
<table border="1"> <tr><th>Přípoje</th></tr> <tr><td> <ul style="list-style-type: none"> • svorky • kroužky • komutátory • kartáče </td></tr> </table>	Přípoje	<ul style="list-style-type: none"> • svorky • kroužky • komutátory • kartáče 	<table border="1"> <tr><th>Přenos síly</th></tr> <tr><td> <ul style="list-style-type: none"> • upevnění stroje • spojka • stav řemenů • napnutí řemenů </td></tr> </table>	Přenos síly	<ul style="list-style-type: none"> • upevnění stroje • spojka • stav řemenů • napnutí řemenů 	<table border="1"> <tr><th>Vinutí</th></tr> <tr><td> <ul style="list-style-type: none"> • izolační odpor </td></tr> </table>	Vinutí	<ul style="list-style-type: none"> • izolační odpor 	<table border="1"> <tr><th>Chlazení</th></tr> <tr><td> <ul style="list-style-type: none"> • chladicí otvory • čistota povrchu stroje </td></tr> </table>	Chlazení	<ul style="list-style-type: none"> • chladicí otvory • čistota povrchu stroje 	<table border="1"> <tr><th>Ložiska</th></tr> <tr><td> <ul style="list-style-type: none"> • opotřebení • vyvážení rotoru • mazání </td></tr> </table>	Ložiska	<ul style="list-style-type: none"> • opotřebení • vyvážení rotoru • mazání
Přípoje														
<ul style="list-style-type: none"> • svorky • kroužky • komutátory • kartáče 														
Přenos síly														
<ul style="list-style-type: none"> • upevnění stroje • spojka • stav řemenů • napnutí řemenů 														
Vinutí														
<ul style="list-style-type: none"> • izolační odpor 														
Chlazení														
<ul style="list-style-type: none"> • chladicí otvory • čistota povrchu stroje 														
Ložiska														
<ul style="list-style-type: none"> • opotřebení • vyvážení rotoru • mazání 														

Přípoje se mohou uvolnit. Při údržbě je proto nutno dotáhnout všechny šrouby např. na svorkovnici. U rotujících kontaktů, např. kartáčů a komutátorů, je třeba zjistit stav opotřebovanosti. Komutátory a kroužky je třeba očistit od tuku, oleje a zbytků prachu.

Dobry **přenos sil** vyžaduje pevné usazení stroje, stroj nesmí být zapříčen. U řemenového pohonu způsobí příliš silný tah řemenů zvýšené opotřebení ložisek.

Na **vinutích** se musí měřit izolační odpor (**str. 287**). U motorů třídy ochrany **I** musí mít min. **1 M Ω** .

Tabulka: Časové intervaly pro údržbu	
Doba	Rozsah
minimálně ročně, je-li třeba, dříve	svorky, přívody, přenos síly, vinutí, chlazení
každý 1 až 2 roky	kluzná ložiska
každých 2 až 6 let	valivá ložiska

Chlazení může být zhoršeno např. usazováním prachu, kovových třísek a vláken na krytu a v chladicích otvorech. Je třeba kontrolovat teplotu chladicího média.

Vadná **ložiska** se poznají podle hluku v uložení. Musí být nahrazena novými. Sejmutí se provádí přípravkem, aby nedošlo k poškození hřídele a ložiska. Nová ložiska se před nasazením hřívají v olejové lázni na 80° C. Přitom se kroužky ložiska roztáhnou tak, že se snadno nasadí. Menší ložiska se mohou nasazovat ve studeném stavu. K tomu se používá vhodná trubka, která obepíná vnitřní kroužek ložiska a přitlačuje ložisko na hřídel. Nárazy a stlačení vnějšího kroužku je nutno vyloučit, protože by došlo k poškození drážek a kuliček. Rotor musí být vyvážený a nesmí mít v ložiskách vůli, protože vzduchová mezera mezi svazkem statorových plechů a povrchem rotoru je velmi malá.

Nezjištěná vada ložiska může způsobit při dření rotoru o svazek statorových plechů zničení I motoru.

Kluzná ložiska se používají u motorů s většími výkony. Kuličky a válečky se mohou zatlačit do drážek. Při údržbě se musí po každých 5000 provozních hodinách vyměnit ložiskový olej a vyčistit komory ložisek.

Valivá ložiska má většina elektromotorů. Valivá ložiska mají při správné údržbě životnost 40 000 provozních hodin. To odpovídá při osmihodinovém denním provozu době asi 14 let. Valivá ložiska bez samočinného mazání se musí po 6000 provozních hodinách vyčistit a namazat. Příliš mnoho tuku způsobí nepřijatelné zahřátí ložiska a tím i předčasné opotřebení.

Údržbu je třeba provádět v pravidelných časových intervalech (**tabulka**). Poruchy v provozu je třeba neprodleně odstranit. Přehled možných poruch u asynchronních motorů je uveden v tabulce na **str. 273**, u stejnosměrných motorů v tabulce na **str. 274**.

Tabulka: Příčiny a způsoby odstranění provozních poruch asynchronních motorů		
Porucha	Možná příčina poruchy	Odstranění poruchy
velké zahřívání ložisek	hnací řemeny jsou příliš utaženy	snížení napnutí řemenů
	vadná ložiska	výměna ložisek
	málo nebo příliš tuku v pouzdře ložiska	přimazání nebo snížení tuku
	nepřesné spojení motoru s poháněným strojem	motor i poháněný stroj osově vyrovnat a upevnit
	špatné upevnění motoru na podložce	vyrovnání motoru na základu
motor se nerozbíhá	přerušeni v přívodu	přerušeni odstranit
	přerušeni tavnou pojistkou	pojistku přezkoušet a vyměnit
	vypnutí ochranou motoru	kontrola nastavení ochrany, měřit odbíraný proud
	přerušené vinutí statoru	zkontrolovat vinutí, odstranit přerušeni, event. převinout
	u motorů s kroužkovou kotvou: přerušené vinutí rotoru nebo spouštěče, kartáče nedosedají na kroužky	zkontrolovat kartáče a spouštěč, průchodnost vinutí rotoru, ev. rotor převinout
motor se rozbíhá těžko, při zatížení značně klesají otáčky	příliš velká zátěž	zkontrolovat výkon, zmenšit zatížení nebo použít motor s větším výkonem
	motor je zapojen do hvězdy, vinutí statoru je dimenzováno na zapojení do trojúhelníka	zkontrolovat zapojení motoru a popř. přepojit ze zapojení Y na A
	příliš nízké napětí	event. použít větší motor
	přerušeni vinutí rotoru nebo kroužku kotvy	odstranit přerušeni, vyměnit rotor
při rozběhu Y/A motor nepracuje v zapojení do hvězdy	přerušeni v přepínači Y/A nebo v ovládači stykačů	kontrolovat přepínač popř. ovládač, odstranit závadu
	záběrný moment v zapojení Y není dostatečný	použít motor se zvláštní kotvou nebo motor s větším výkonem
	záměna vnějšího a neutrálního vodiče zapojení	změřit napětí a opravit
	rotor, řemenice nebo spojka nejsou vyváženy	vyvážit rotor, řemenici a spojku
motor se příliš zahřívá	motor je přetížen	odstranit příčinu přetížení
	napětí je příliš vysoké nebo příliš nízké	vyrozumět provozovatele sítě
	stator je zapojen do trojúhelníka místo do hvězdy	zapojit správně vinutí statoru
	provoz na dvě fáze z důvodu přerušeni vodiče	změřit napětí, odstranit přerušeni
	porucha v chlazení	odstranit poruchu v přívodu vzduchu
při zapnutí motoru spustí proudová ochrana	vinutí statoru je zkratováno, popř. zkrat na kostru	změřit izolační odpor, popř. převinout
	zkrat ve vodičích mezi spínačem a svorkovnicí	vodiče odpojit, odstranit izolační závadu, popř. vyměnit vodiče
	u motorů s kroužkovou kotvou: zkrat ve vinutí rotoru nebo mezi kroužky	zvednout kartáče, změřit izolační odpor, popř. převinout nebo opravit izolaci kroužků
	zkrat mezi vodiči ve spouštěči	spouštěč oddělit, zvednout kartáče, zkontrolovat, popř. vyměnit vodiče
motor odebírá velký proud a hučí	vadná kluzná nebo valivá ložiska	kluzná nebo valivá ložiska zkontrolovat a popř. vyměnit
	zkrat ve vinutí	zkontrolovat vinutí, stator převinout
	rotor se dře o svazek plechů	zkontrolovat vzduchovou mezeru, popř. vyměnit ložiska

14.6 Poruchy komutátorových motorů

U komutátorových motorů vyžadují zvláštní údržbu komutátory a uhlíkové kartáče. **Komutátory** se skládají z měděných lamel, které jsou mezi sebou izolovány slídou. Tato slídová izolace musí být vyříznuta přesně v požadované hloubce. Přechňující slída nebo opotřebené kartáče způsobují jiskření. Přechňování slídy se zamezí u malých motorů použitím tvrdých kartáčů.

Výměna kartáčů. Je třeba dbát na použití kartáčů ze stejného materiálu (**přehled**). Nové kartáče se zabrušují. Přitom se vloží jemnozrnný brusný papír brusnou stranou ven mezi komutátor a přitlačené kartáče a pohybuje se tam a zpět, dokud kartáče nejsou zaobleny stejně jako komutátor.

Přehled: Používané druhy kartáčů

- **Tvrdé kartáče:** U malých motorů.
- **Grafitové (měkké) kartáče:** Při větších výkonech motorů.
- **Elektrografitové kartáče:** Při větších obvodových rychlostech a při větší hustotě proudu jsou to nejčastěji používané kartáče.
- **Kartáče s kovem:** Při zvlášť velké hustotě proudu, např. u startérů automobilů.

Směrné hodnoty pro hledání závad na vinutí stejnosměrných motorů:

- Motory s cizím buzením a derivační motory mají mít velký odpor budicího vinutí R_E . Vypočteme jej z budicího napětí a budicího proudu: $R_E = U_E / I_{E,r}$. Jejich budicí proud je při výkonech do 10 kW zhruba 6 % až 10 % jmenovitého proudu.
- Odpor kotvy má být malý. Jeho hodnota je jen několik ohmů (podle velikosti motoru).
- Vinutí sériového buzení, pomocných pólů a kompenzační vinutí mají mít menší odpor než kotva.

Tabulka: Příčiny a odstranění závad u stejnosměrných motorů

Druh závady	Možná příčina	Odstranění závady
Motor se nerozbíhá	Přerušení obvodu kotvy.	Odstranit přerušení.
	Kartáče nepřiléhají.	Kartáče lépe upevnit, popř. vyměnit.
Motor se nerozbíhá nebo jen s nepatrným momentem	Zkrat ve vinutí nebo na kostru.	Měřit odpor vinutí, odstranit zkrat, popř. nové vinutí.
	Přerušení v derivačním buzení.	Změřit napětí, přerušení odstranit, popř. nové vinutí.
Silné jiskření, kartáčů nadproudová ochrana reaguje	Přívody vinutí kotvy na komutátoru jsou odpájeny.	Měřit odpor, přívod ke komutátoru připájet, popř. nové vinutí.
	Přerušení ve vinutí sériového buzení, pomocných pólů nebo rušení v kompenzačním vinutí.	Změřit odpor rušení, popř. nové vinutí.
Silné jiskření kartáčů nebo kroužků	Slídová izolace přesahuje lamely.	Zarovnat slídovou izolaci
	Komutátor je znečištěn uhlíkovým prachem nebo olejem.	Vyčistit komutátor, odstranit prach mezi lamelami.
	Komutátor má rýhy a není kruhový.	Demontovat motor, komutátor přesoustružit, zarovnat slídovou izolaci.
	Vadné vinutí kotvy.	Kotvu znova navinout.
	U nastavitelných kartáčů nejsou kartáče v neutrálním pásmu.	Zkontrolovat polohu kartáčů a správně nastavit.
	Příliš měkké nebo příliš tvrdé kartáče.	Kartáče vyměnit podle údajů výrobce.

Otázky pro opakování

- 1 Jakou funkci mají pomocné póly u stejnosměrných motorů?
- 2 Jak se mění otáčky u stejnosměrných motorů s cizím buzením a se sériovým buzením?
- 3 Jmenujte druhy regulace otáček stejnosměrných motorů.
- 4 Jak se mění u stejnosměrných motorů směr točení?
- 5 Jmenujte důležité činnosti při údržbě elektromotorů.
- 6 Jmenujte možné příčiny závad při nedovoleném oteplování motoru.
- 7 Jak se liší u derivačního motoru odpory budicího vinutí a vinutí kotvy a pomocných pólů?

14.7 Transformátory

Přenos elektrické energie na velké vzdálenosti je hospodárný jen při vysokém napětí a malém proudu.

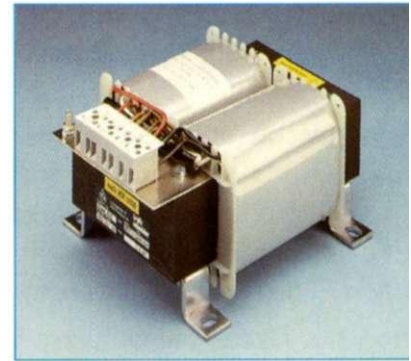
Transformátory přeměňují střídavá napětí a střídavé proudy na vyšší nebo nižší hodnoty o stejné frekvenci.

Rozlišujeme malé transformátory (výkon do 16 kVA) a velké transformátory (výkon nad 16 kVA do 20 MVA).

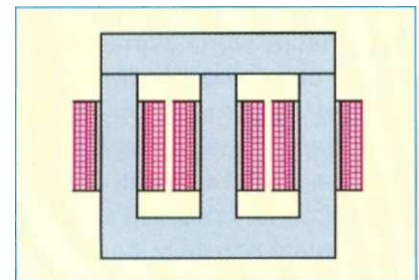
14.7.1 Konstrukce a princip činnosti

Transformátory mohou konstruovány jako jednofázové nebo trojfázové. Sestávají se ze dvou nebo více cívek, které jsou od sebe elektricky odděleny. Výjimkou jsou autotransformátory (str. 281). Cívky jsou magneticky vázány společným železným jádrem. Připojíme-li vstupní cívku ke střídavému napětí, vytvoří proud procházející touto cívku v železném jádře střídavé magnetické pole, které indukuje napětí v závitěch výstupní cívky. Frekvence výstupního napětí je stejná jako frekvence vstupního napětí. Poměr vstupního napětí U_1 k výstupnímu napětí U_2 je převod p transformátoru. Při zanedbání úbytků (ideální transformátor) odpovídá převod poměru počtu závitů.

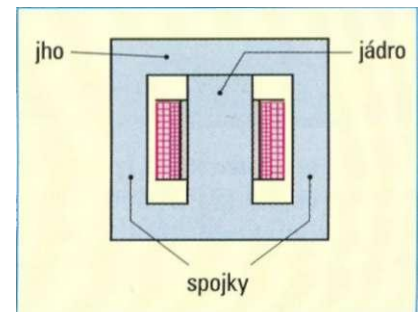
Převodní poměr	
$p = \frac{U_1}{U_2}; \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}; \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$	
p převod	I_2 proud ve výstupní cívce
U_1 vstupní napětí	N_1 počet závitů vstupního vinutí
U_2 výstupní napětí	N_2 počet závitů výstupního vinutí
I_1 proud ve vstupní cívce	



Obr. 1: Jednofázový jádrový transformátor tvaru UI



Obr. 2: Trojfázový transformátor (tvar EI)



Obr. 3: Jednofázový plášťový transformátor typu M

14.7.2 Konstrukce transformátorů

Rozlišujeme transformátory jádrové (obr. 1 a 2) a plášťové (obr. 3). Plášťové transformátory mají železné jádro, na němž jsou umístěna obě vinutí (vstupní i výstupní). Malé transformátory mají jádra tvaru M a EI.



Obr. 4: Tvary plechů pro transformátory

Aby se minimalizovaly ztráty vířivými proudy vyrábějí se jádra transformátorů z transformátorových plechů, které jsou vzájemně izolovány.

Tvary plechů (obr. 4, str. 275) se volí podle výkonu transformátorů.

- tvar M pro jednofázové transformátory do výkonu 200 VA
- tvar EI pro jednofázové transformátory do výkonu 1600 VA
- tvar UI pro jednofázové transformátory do výkonu 12 kVA
- tvar EI pro trojfázové transformátory do výkonu 50 kVA

Pro větší výkony nejsou tvary normalizovány.

Pro všechny normalizované tvary (DIN) jsou odpovídající jádra tvořena **navinutými plechy**. Jsou to orientované plechy o tloušťce většinou 0,1 mm. Tato jádra mají značně menší ztráty než jádra vrstvená. Plechy jsou navinuty do bloku a zabroušeny (**obr.**). Jádra jsou párově označena tak, aby nedošlo k záměně a k obrácení. Zatímco jádra z transformátorových plechů mají magnetickou indukci asi 1,2 T (tesla), mají vinutá jádra magnetickou indukci 1,6 až 1,8 T. Větší magnetické využití umožňuje zmenšení rozměrů. Nevýhodou je vyšší cena. Používají se tam, kde je požadavek na malou hmotnost a malé rozměry, např. u přenosných přístrojů.

U **malých transformátorů** je výstupní napětí U_2 napětí, které je ve vinutí výstupní cívky při jmenovitém zatížení a při jmenovité frekvenci. Přitom se předpokládá účinník $\cos \varphi = 1$.

Napětí naprázdno U_{20} je napětí, které je na svorkách výstupního (sekundárního) napětí při nezátěženém transformátoru.

Ztráty transformátoru (přehled), jsou tvořeny ztrátami v železe, které jsou nezávislé na zatížení a ze ztrát ve vinutí, které závisí na zatížení. Část odebraného výkonu se přeměňuje odporu vinutí na teplo, část výkonu kryje ztráty způsobené hysterezí (přemagnetováním) a vířivými proudy. Výstupní napětí je proto při zatížení menší než napětí naprázdno. Aby se tento úbytek napětí vyrovnal, má výstupní cívka zvětšený počet závitů. To znamená, že výstupní napětí U_2 má jmenovitou hodnotu jen při jmenovitém zatížení; bez zatížení má hodnotu vyšší, tzv. napětí naprázdno. Úbytek napětí činí u transformátoru 5 VA asi 35 %, u transformátoru 50 kVA asi 1,5 %.

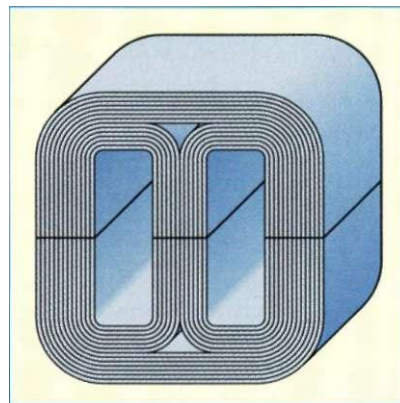
Výstupní napětí transformátoru je závislé na zatížení.

14.7.3 Provozní podmínky transformátorů

Transformátory s velmi malým úbytkem napětí se označují jako tvrdé zdroje napětí. Mají jádro bez vzduchové mezery. Obě vinutí jsou navinuta podélně na sobě (**obr. a, str. 277**). Tím se dosáhne menšího napětí (nakrátko) U_k (**str. 278**). Používají se jako bezpečnostní a říditelné transformátory a také jako koncové síťové transformátory.

Jsou-li vstupní a výstupní vinutí oddělena (**obr. b, str 277**), vzniká rozptylový magnetický tok. Takové transformátory jsou napěťově měkké. Napětí nakrátko U_k je pak větší. Takové transformátory se používají např. k hračkám, zvonkům a pro zapalování.

Ke svařování a k výbojkám se používají transformátory s rozptylovým polem se jhem mezi vstupním a výstupním vinutím (**obr. c, str. 277**). Pro regulaci napětí se používají regulační transformátory s toroidním jádrem. Závitů jsou většinou navinuty v jedné vrstvě a mají pohyblivý kartáč, který umožňuje odběr napětí od nuly po vstupní napětí a podle provedení vinutí i nad hodnotu vstupního napětí (**obr. d, str. 277**). Jednovrstvé navinuté transformátory s toroidním jádrem jsou tzv. autotransformátory (úsporné zapojení).

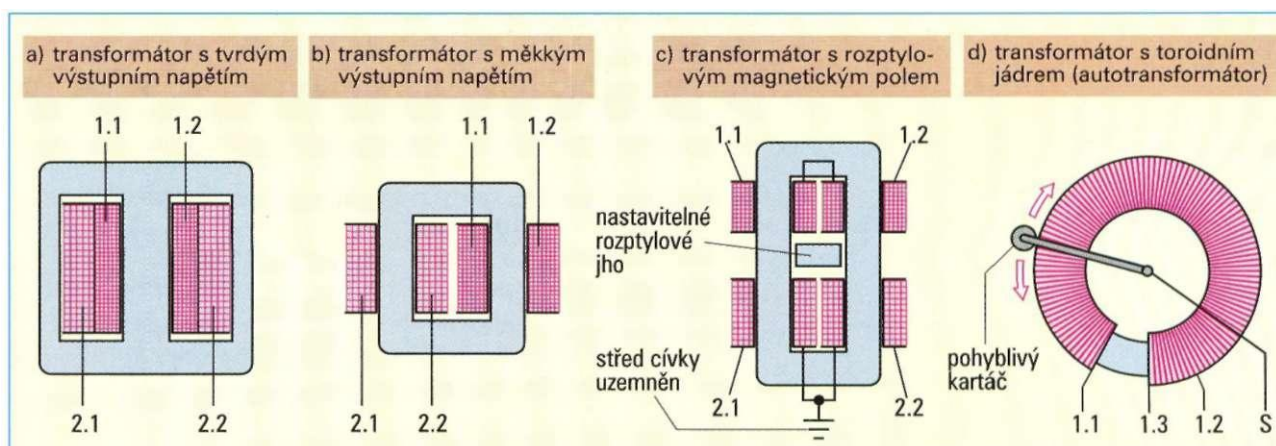


Obr.: Jádro pro tvar M

Přehled:

Ztráty transformátorů

- Ztráty v železném jádře: nezávislé na zatížení, ztráty hysterezi (přemagnetováním) a vířivými proudy
- Ⓢ Ztráty ve vinutí: závislé na zatížení, závislé na odporu vinutí a na proudu ve vinutí



Obr.: Provedení transformátorů

Vinutí se značí číslicemi. První číslice 1 znamená vstupní vinutí a 2 výstupní vinutí. Druhá číslice 1 znamená začátek a 2 konec vinutí. Podle druhu použití jsou na transformátory kladeny různé požadavky. Malé transformátory se označují grafickými symboly (**tabulka**).

Tabulka: Symboly označující malé transformátory (DIN)		
Symbol	Význam	Vysvětlení
	citlivý na zkrat	Je nutná dodatečná ochrana proti zkratu, např. tavná pojistka nebo ochranný spínač s tepelnou a magnetickou spouští.
	odolný proti zkratu	Velké napětí nakrátko. Při zkratu je zkratový proud tak malý, že transformátor není ohrožen. Vinutí jsou chráněna tavnými pojistkami, ochranným spínačem s tepelnou a magnetickou spouští nebo čidlem teploty. Při zkratu se transformátor odpojí.
	ochranný transformátor	Dimenzovaný do 10 kVA, nejvyšší vstupní napětí 500 V, izolace mezi vstupním a výstupním vinutím musí být provedena tak, aby v žádném případě nemohlo dojít k jejich spojení.
	oddělovací transformátor	Vstupní a výstupní vinutí je bezpečně elektricky odděleno a provedeno tak, že není možné neúmyslné spojení obou vinutí. Přenosné transformátory musí mít ochrannou izolaci.
	transformátor zajištěný před chybným použitím (fail - safe)	Vypne při nesprávném použití, např. při přetížení, aniž by byl uživatel nebo okolí ohroženo.
	transformátor pro hračky	Pro elektricky poháněné dětské hračky. Největší jmenovitý výkon 200 VA, nejvyšší výstupní napětí 25 V. Provedení odpovídá ochrannému transformátoru a má ochrannou izolaci.
	zvonkový transformátor	Nejvyšší výstupní napětí 25 V. Nejvyšší napětí naprázdno 33 V. Provedení odolné proti zkratu jako u ochranného transformátoru. Výstupní svorky musí být přístupné, zatímco vstupní svorky musí být zajištěny před dotykem.

Jmenovitý proud tavné pojistky na vstupní straně transformátoru musí být zhruba dvojnásobný než jmenovitý vstupní proud.

Zapínací proud transformátoru může dosáhnout až desetinásobku jmenovitého proudu I_{1n} . Je největší v okamžiku, kdy síťové napětí je při zapnutí nulové a zbytkový magnetismus jádra má stejný směr jako vzniklý magnetický tok. Železné jádro se magneticky nasytí a neomezuje tedy proud.

Napětí nakrátko se měří při zkratovaném výstupním vinutí (**obr.**). Vstupní vinutí se připojí k proměnnému zdroji napětí, který se zvyšuje od nuly tak, až ve vstupním vinutí prochází jmenovitý proud I_{1n} . Vstupní napětí, které přitom naměříme, je napětí nakrátko U_k .

Napětí nakrátko transformátoru se většinou udává v procentech, vztahených ke vstupnímu jmenovitému napětí.

Když vznikne zkrat na výstupních svorkách transformátoru, prochází jím nejprve rázový zkratový proud. Ten je zhruba dvojnásobný než trvalý zkratový proud.

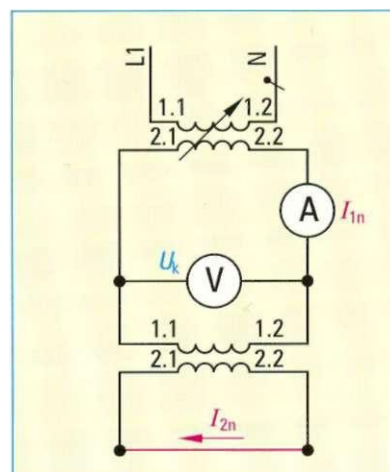
Čím menší je napětí nakrátko transformátoru, tím větší a tím i nebezpečnější je při zkratu rázový a trvalý zkratový proud

Účinnost. Poměr odevzdaného výkonu transformátoru P_2 k přijatému výkonu P_1 , je účinnost η . Přijatý výkon je větší než odevzdaný výkon o ztráty v železe a ztráty ve vinutí.

Transformátorem, jehož výstupní vinutí je nezatíženo (chod naprázdno), prochází vstupním vinutím proud naprázdno. Při chodu naprázdno odpovídá příkon ztrátám v železe.

Při měření napětí nakrátko prochází při zkratovaném výstupním vinutí již při velmi malém vstupním napětí jmenovitý proud v obou vinutích. Protože při tomto malém vstupním napětí je magnetické jádro jen velmi málo magnetizováno, nevznikají v něm téměř žádné ztráty. Přijatý výkon při měření napětí nakrátko odpovídá ztrátám ve vinutích.

Napětí nakrátko transformátoru je měřítkem napěťových poměrů při zatížení. Transformátory s malým napětím nakrátko jsou tvrdé zdroje napětí, transformátory s velkým napětím nakrátko jsou měkké zdroje napětí.



Obr.: Měření napětí nakrátko jednofázového transformátoru

Napětí nakrátko

$$u_k = \frac{U_k}{U_n} \cdot 100\%$$

u_k napětí nakrátko (%)
 U_k naměřené napětí nakrátko
 U_n jmenovité napětí

Zkratové proudy

$$I_{kd} = \frac{I_n}{u_k} \cdot 100\%$$

$$i_s \geq 2,55 \cdot I_{kd}$$

I_{kd} trvalý zkratový proud
 I_n jmenovitý proud
 u_k napětí nakrátko (%)
 i_s rázový zkratový proud

Otázky pro opakování

- 1 Na jakých veličinách závisí výstupní napětí transformátoru?
- 2 Čím se liší plášťové transformátory od jádrových transformátorů?
- 3 Do jakého výkonu se transformátory označují jako malé transformátory?
- 4 Jaké přednosti mají u transformátorů vinutá jádra?
- 5 Co se rozumí pod pojmem napětí naprázdno transformátoru?
- 6 Jaké jsou druhy ztrátových výkonů u transformátorů?
- 7 Čím se odlišují transformátory s tvrdým a měkkým výstupním napětím?
- 8 Co znamená označení svorek transformátoru 1.1, 1.2, 2.1 a 2.2?
- 9 Jak vysoké může být nejvyšší napětí naprázdno u zvonkového transformátoru?
- 10 Co se rozumí pod pojmem ochranný transformátor?
- 11 Jakou nejvyšší hodnotu může mít výstupní napětí transformátoru pro hračky?
- 12 Jaký význam má údaj na štítku transformátoru $u_k = 5\%$?

14.7.4 Trojfázové transformátory

Trojfázové transformátory (**obr. 1**) se používají v rozvodnách. Jako napájecí transformátory (**obr. 2**) spojují vysokonapěťové a nízkonapěťové sítě. Mají malé ztráty a tvrdé výstupní napětí. Jejich napětí nakrátko je proto malé.

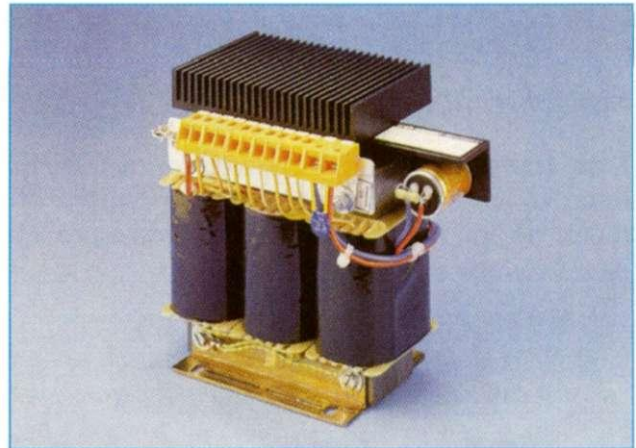
Vinutí trojfázových transformátorů jsou zapojena do trojúhelníka, hvězdy nebo do lomené hvězdy. Zapojení na straně vyššího napětí se značí velkými písmeny (D = trojúhelník, Y = hvězda), na straně nižšího napětí malými písmeny (d = trojúhelník, y = hvězda, z = lomená hvězda). Podle druhu zapojení na vstupní a výstupní straně vznikají mezi oběma napětími různé fázové posuny (**tabulka**). Číslo skupiny zapojení násobeno 30° udává úhel fázového posunu mezi vyšším a nižším napětím transformátoru. Je zvykem udávat úhel fázového posuvu v hodinách. Platí: 30° odpovídá 1 h.

Skupina spojení Dy5 udává: vyšší napětí zapojeno do trojúhelníka, nižší do hvězdy, fázový posun 5 - 30° = 150°.

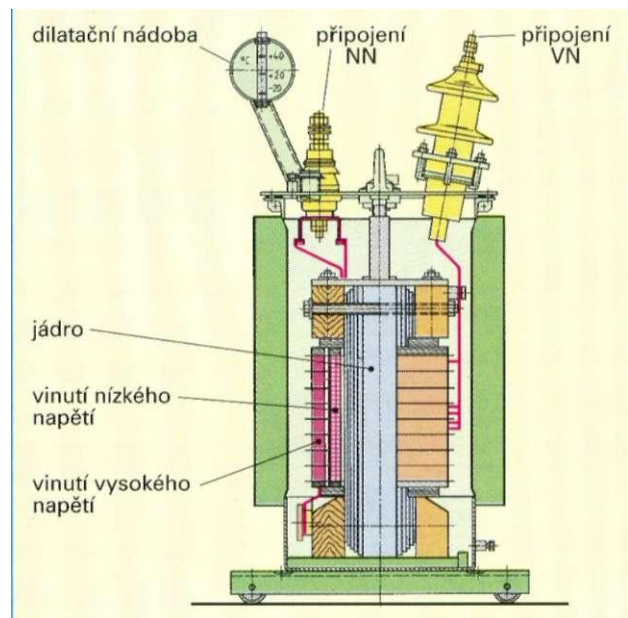
Trojfázové transformátory, např. v rozvodnách, bývají paralelně spojovány.

Podmínky pro **paralelní spojování** trojfázových transformátorů:

- stejná skupina spojení,
- stejné vstupní napětí,
- stejné výstupní napětí,
- poměr jmenovitých výkonů by měl být menší než 3:1,
- napětí nakrátko se mohou lišit max. o 10%.



OBR. 1: TROJFÁZOVÝ TRANSFORMÁTOR S USMĚRŇOVAČEM



OBR. 2: ŘEZ TROJFÁZOVÝM TRANSFORMÁTOREM 100 KVA, $U_1 = 10 \text{ KV}$, $U_2 = 0,4 \text{ KV}$

Tabulka: Používaná spojení trojfázových výkonových transformátorů							
Označení číslo	skupina	Vektorový diagram		Schéma zapojení		Převod $\tilde{u} = U_1 : U_2$	Použití
		VN	NN	VN	NN		
0	Yy0					$\frac{N_1}{N_2}$	Transformátory pro souměrné zatížení. Zatížení v uzlu hvězdy max. 10 %.
5	Dy5					$\frac{N_1}{\sqrt{3} \cdot N_2}$	Velké transformátory v rozvodnách, uzel hvězdy plně zatížitelný.
	Yd5					$\frac{\sqrt{3} \cdot N_1}{N_2}$	Hlavní transformátory velkých elektráren a transformačních stanic.
	Yz5					$\frac{2 \cdot N_1}{\sqrt{3} \cdot N_2}$	Malé rozvodné transformátory, uzel hvězdy plně zatížitelný.

14.8 Vinutí transformátorů a elektromotorů

14.8.1 Dimenzování transformátorů

Malé transformátory se vyrábějí sériově. Při závadě na vinutí se při výkonech do 250 VA většinou neprovádí oprava, transformátor se vymění. Přesto je v praxi někdy třeba převinout malý transformátor na jiné napětí. Požadované údaje pro vinutí jader transformátorů z normalizovaných plechů jsou uvedeny v **tabulce**.

Tabulka: Údaje o transformátorech pro tvary plechů jádra M a EI pro magnetickou indukci $\hat{B} = 1,2 \text{ T}$

řez transformátorem/ rozměry	M42	M55	M65	M74	M85a	M85b	M102a	M102b	EI130a	EI150b	
	a	42	55	65	74	85	85	102	102	130	150
	c	6	8,5	10	11,5	14,5	14,5	17	17	17,5	20
	e	30	38	45	51	56	56	68	68	70	80
	f	12	17	20	23	26	29	34	34	35	40
	g	9	10,5	12,5	14	13,5	13,5	17	17	30	35
jmenovitý výkon (VA)	4,5	12	25	50	70	100	120	180	250	500	
napětí nakrátko Δu (%)	35	20	14	12	9	8	7,5	6	5	4	
hustota proudu (A/mm ²) Cu	vnější vinutí	6	4,8	4	3,5	3,3	3,2	3	2,5	2,2	1,8
	vnitřní vinutí	5,2	4,3	3,7	3,2	3,0	2,8	2,7	2,3	1,8	1,5
počet závitů na 1 volt u vstupního vinutí	19,89	11,34	7,35	5,45	4,32	3,6	3,38	3,31	3,35	2,04	
počet závitů pro $U_1 = 230 \text{ V}$	4573	2607	1689	1254	992	828	777	530	770	470	
počet závitů na 1 volt u výstupního napětí	30,6	14,18	8,55	6,2	4,75	3,92	3,66	2,46	3,53	2,13	
průměr vodiče pro $U_1 = 230 \text{ V}$ (mm)	0,08	0,14	0,2	0,3	0,35	0,45	0,5	0,65	0,8	1,2	
počet plechů při tloušťce 0,35 mm		41	58	72	85	85	117	95	138	96	131
	při tloušťce 0,5 mm	29	40	50	60	50	81	67	98	66	91
průřez jádra (cm ²) pro činitele plnění 0,9	1,6	3,1	4,9	6,8	8,5	13,7	11	16	14	18	

Jmenovitý výkon transformátoru je dán součtem jednotlivých výkonů všech výstupních vinutí. Používají se válcové cívky, u nichž je vstupní a výstupní vinutí navinuto na sobě. Z důvodu lepšího odvodu tepla je vinutí, kterým prochází větší proud, vinuto vně, např. u transformátoru 230V/50 V je vinuto vně vinutí pro 50 V.

U malých transformátorů prochází vnějším vinutím větší proud.

Hlavní rovnice pro transformátor vyjadřuje závislost mezi průřezem jádra a potřebným počtem závitů. Aby se vyrovnal úbytek napětí na vinutí při zatížení, je počet závitů na 1 volt výstupního vinutí větší než počet závitů vstupního vinutí.

Průřez jádra a počet závitů lze vypočítat ze vzorce (konstanta **K**, **tabulka 1, str. 281**). Podle proudu naprázdno poznáme, zda je transformátor v pořádku nebo zda je např. ve vinutí zkrat.

Při napětí 230 V je proud naprázdno asi 1 mA na 1 VA jmenovitého výkonu, u transformátoru 100 VA tedy asi 100 mA.

Hlavní rovnice pro transformátor

$$U_0 = \hat{B} \cdot A \cdot f \cdot N$$

U_0 napětí naprázdno (V)
 \hat{B} magnetická indukce pro plechy, např. 1,2 T
 A průřez jádra (cm²)
 N počet závitů
 f frekvence

Jádro a počet závitů

$$A \approx \sqrt{S}$$

$$N \approx K : A$$

A průřez jádra (cm²)
 S jmenovitý výkon (VA)
 N počet závitů
 K konstanta (**tabulka 1, str. 281**)

Oddělovací transformátory s jedním vstupním a s jedním výstupním napětím se zapojují podle **obr. a**. U transformátorů se dvěma vstupními napětími, např. $U_1 = 400\text{ V}$ a $U_{13} = 230\text{ V}$, má vstupní vinutí tři vývody (**obr. b**). Toto vinutí je náročné na místo.

Při provozu s napětím $U_{13} = 230\text{ V}$ je část vinutí nevyužita a při napětí $U_1 = 400\text{ V}$ je proudové zatížení části vinutí pro 230V nižší. Pokud se liší vstupní napětí více než o 5 %, je třeba navrhnout transformátor na větší výkon. Pro vstupní napětí 230 V a 400 V musí být tedy přenášený výkon větší asi o 20% než jmenovitý výkon.

Při jmenovitém výkonu 1000 VA a vstupních napětích 230 V a 400 V musí být navržen typový výkon, který odpovídá jmenovitému výkonu 1212 VA. Pokud je poměr vstupních napětí v poměru 1:2, např. 115/230 V, zůstává typový výkon nezměněn, protože jsou obě vinutí paralelním i sériovým zapojením plně využita (**obr. c a d**).

Autotransformátory mají jen jedno vinutí, přičemž část vinutí je součástí jak vstupního tak výstupního obvodu. Při tom může být výstupní napětí nižší (**obr. e**) nebo vyšší (**obr. f**) než vstupní napětí.

Jmenovitý výkon autotransformátoru se nazývá průchozí výkon S_D . Vypočítá se z výstupního napětí a z výstupního proudu ($S_D = U_2 \cdot I_2$). Typový výkon autotransformátoru S_B je trvale menší než průchozí výkon S_D (**tabulka 2**). Při převodu transformátoru např. 2:1 má autotransformátor značně menší typový výkon a tedy i menší jádro (**příklad 2**).

Tabulka 1: Konstanta κ pro výpočet počtu závitů transformátorů

Vinutí	Výkon transformátoru	Konstanta κ
vstupní vinutí 1.1-1.2	u všech malých transformátorů	28
výstupní vinutí 2.1-2.2	do 25 VA	46
	od 25 VA do 100 VA	42
	nad 100 VA	40

Příklad 1:

Jaký typový výkon S_B je potřebný pro jednofázový transformátor o jmenovitém výkonu $S = 1000\text{ VA}$, když $U_{12} = 400\text{ V}$?

Řešení:

$$S_B = S + \frac{S \cdot (U_{12} - U_{12})}{2 \cdot U_{12}}$$

$$= 1000\text{ VA} + \frac{1000\text{ VA} \cdot (400\text{ V} - 230\text{ V})}{2 \cdot 400\text{ V}}$$

$$= 1212\text{ VA}$$

Tabulka 2: Typový výkon autotransformátorů

$U_1 > U_2$	$U_2 > U_1$
$S_B = S_D \cdot \frac{U_1 - U_2}{U_1}$	$S_B = S_D \cdot \frac{U_2 - U_1}{U_2}$
S_B typový výkon	U_1 vstupní napětí
S_D průchozí výkon	U_2 výstupní napětí

Příklad 2:

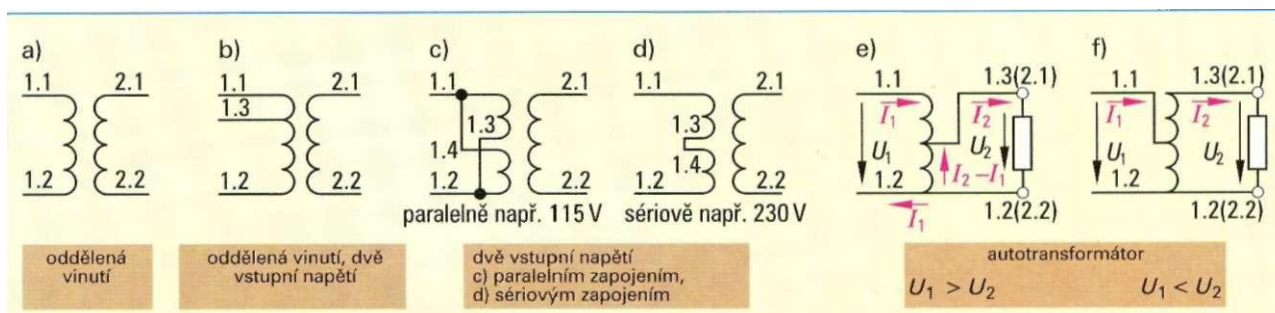
Jaký typový výkon S_B je potřebný pro autotransformátor o vstupním napětí $U_1 = 230\text{ V}$, o výstupním napětí $U_2 = 115\text{ V}$ a s průchozím výkonem $S_D = 500\text{ VA}$?

Řešení:

$$S_B = S_D \cdot \frac{U_1 - U_2}{U_1} = 500\text{ VA} \cdot \frac{230\text{ V} - 115\text{ V}}{230\text{ V}}$$

$$= 250\text{ VA}$$

Autotransformátory se nesmí používat jako transformátory malého napětí, např. ke zvonkům nebo hračkám, protože výstupní vinutí není galvanicky odděleno od vstupního vinutí.



Obr.: Zapojení jednofázových transformátorů

14.8.2 Vinutí a izolace transformátorů

Malé transformátory. K vinutí se používají větší-mou měděné vodiče, které jsou izolovány lakem. Měděné vodiče s lakovanou izolací mají vysokou elektrickou průraznou pevnost a dobře se zpracovávají na navíjecích strojích.

Cívky malých transformátorů (**obr. 1**) se lisují z termoplastů, např. z polyamidu. Větší cívky se vyrábějí v krabicovém tvaru. Jsou z lisovaného nebo tvrdého papíru. Jádra s nasazenými cívkami se většinou impregnují ve vakuu lakem a vytvrzují v peci při teplotě 120 °C. Tím se dosáhne velké mechanické pevnosti, vysoké elektrické pevnosti, dobré ochrany před vlhnutím vinutí a dostatečné ochrany jádra před korozí. Kromě toho se impregnováním zmenší brum plechů jádra.

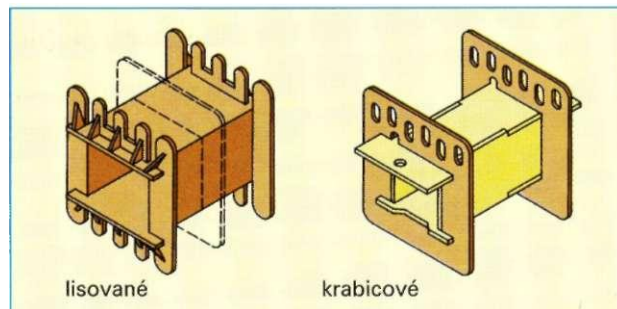
Válcové vinutí se navíjí podélně na cívku (**obr. 2**). Pro vysoká napětí se po každé vrstvě, pro nízká napětí se po každé třetí nebo čtvrté vrstvě, vkládá izolační fólie. Izolační fólie je širší než vinutí a musí se proto na každé straně ve vzdálenosti asi 2 mm zastříhnout, aby dobře přilehla k tělesu cívky. Tím se zabrání vniknutí vinutí do sousední nižší vrstvy. Pokud je vstupní a výstupní vinutí na jedné cívce, je nutná ještě jedna přídavná mezivrstva izolace.

Izolace mezi vstupním a výstupním vinutím musí být provedena zvláště pečlivě, aby nemohlo mezi nimi dojít k elektrickému průrazu.

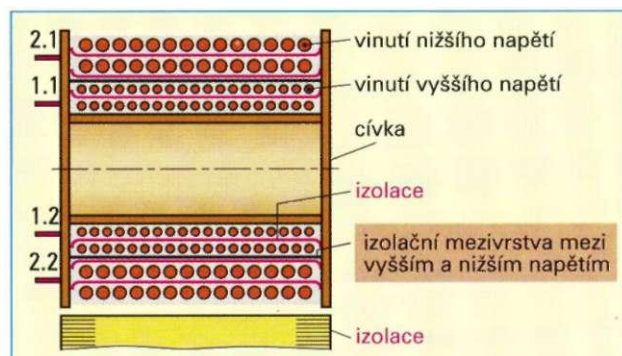
Do navinutých cívek se vkládají plechy jádra. U jader s malým rozptylem se plechy zasunují střídavě, aby nevznikla mezi jádrem a jhem vzduchová mezera (**obr. 3**). Jádra z plechů zmenšují ztráty vířivými proudy. Plechy se oxidují a jednostranně lakují.

U **vysokonapěťových transformátorů**, např. trojfázových transformátorů 10 kV/0,4 kV, jsou vstupní a výstupní vinutí na samostatných cívkách. Přitom vinutí vyššího napětí je navinuto nad vinutím nižšího napětí. Aby mezi vrstvami nevnikalo vysoké napětí, provádí se vysokonapěťové vinutí buď cívkové nebo fóliové. Cívkové vinutí se skládá z řady jednotlivých cívek spojených do série, na něž se celkové napětí rozdělí. Fóliové vinutí jsou srovnatelná s vinutými kondenzátory, např. z hliníkových fólií, přičemž každá vrstva fólie odpovídá jednomu závit. Fóliové vinutí se používají např. u suchých transformátorů zalévaných do pryskyřice.

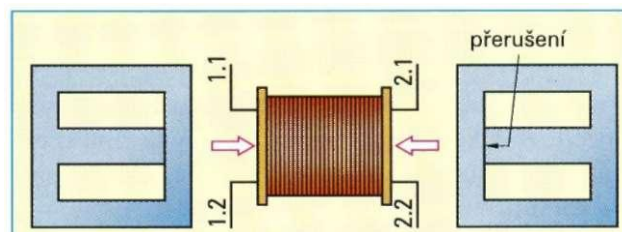
Aby byly u trojfázových transformátorů ztráty v železném jádře co nejmenší, skládají se jádra z magneticky orientovaných plechů. Plechy se skládají tak, aby jádro mělo co nejlepší magnetickou vodivost.



Obr. 1: Cívky malých transformátorů



Obr. 2: Válcové vinutí jednofázového transformátoru



Obr. 3: Prostředání plechů tvaru M

14.8.3 Zkoušení malých transformátorů

Izolační odpor se měří u malých transformátorů stejnosměrným napětím 500V. Naměřené hodnoty nesmí být nižší než:

- 2 Mohm mezi částmi pod napětím a kostrou
- 7 Mohm při zesílené izolaci, např. u ochranných transformátorů
- 5 Mohm mezi vstupní a výstupní částí

Elektrická průrazná pevnost se měří vysokonapětovou zkoušečkou (**obr. str. 287**). Při zkoušce vinutí mezi sebou a proti jádru transformátoru (**obr. 1**), popř. jeho vodivému krytu, nesmí dojít k elektrickému průrazu. Pro měření platí údaje uvedené v **tabulce**.

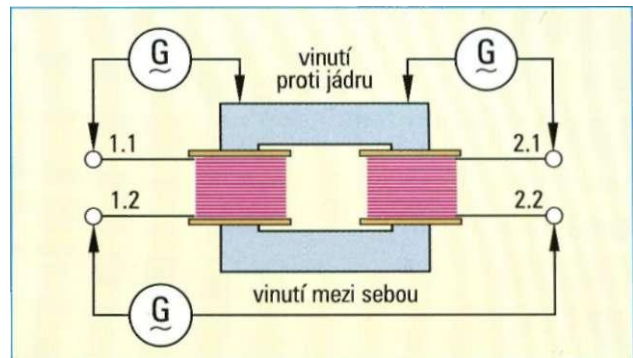
Napětí. Nejvyšší dovolené výstupní napětí je:

- u nepřenosných oddělovacích transformátorů 1000 V,
- u ochranných oddělovacích transformátorů 500 V,
- u přenosných oddělovacích transformátorů a transformátorů pro zásuvky holicích přístrojů 250 V,
- u ochranných transformátorů 50 V,
- u transformátorů pro hračky a zvonky 25 V.

14.8.4 Vinutí stejnosměrných strojů

Cívky buzení stejnosměrných strojů se navíjejí na šablonách, které odpovídají tvaru jha pólů a pak se ovíjejí páskem bavlny. Při navíjení je vhodné vývody každé druhé cívky překřížit (**obr. 2**). Tím dostaneme při sériovém zapojení nekřížené spojení s krátkým krokem. Hotové cívky se rozdělí a společně s jádrem impregnují. **Vinutí** rotorů stejnosměrných strojů jsou většinou **dvouvrstvá**. Vzdálenost stran cívek odpovídá přibližně pólové rozteči, protože strany cívky musí být pod různými póly. Tato vzdálenost se nazývá **krok vinutí y** , (také drážkový krok). U **vinutí s nezkráceným krokem** se krok vinutí vypočte z počtu drážek N děleným počtem pólů $2p$ (**obr. 3**). Při zkráceném kroku vinutí je krok vinutí o jednu nebo několik drážek kratší, než je pólová rozteč (**obr. 4**).

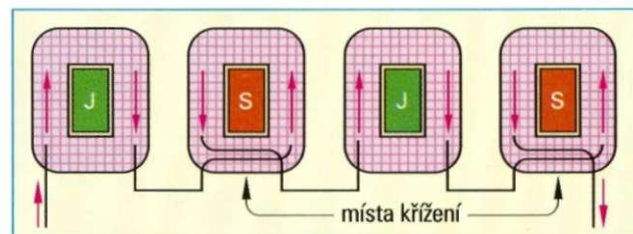
Krok vinutí y_1	
• krok vinutí $y_1 = N : 2p$	y_1 krok vinutí N počet drážek
• zkrácený krok vinutí $y_1 = (N : 2p) - 1$	$2p$ počet pólů



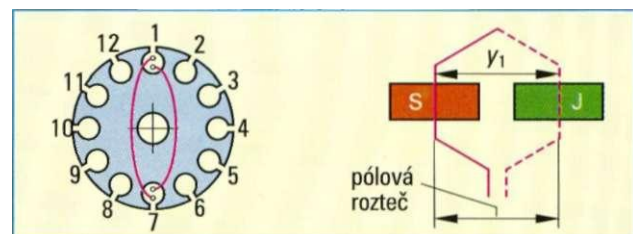
Obr. 1: Zkoušení elektrické průrazné pevnosti

Tabulka: Zkoušení malých transformátorů

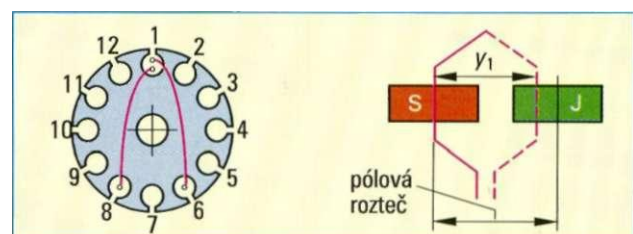
Druh zkoušky	Zkušební napětí (kV) (po dobu 1 min.) pro jmenovitá napětí do			
	50 V	250 V	690 V	1000 V
Vstupní a výstupní napětí proti jádru	0,5	3,5	5,0	5,5
Vstupní vinutí proti výstupnímu vinutí	0,5	3,5	5,0	5,5



Obr. 2: Cívky buzení čtyřpólového stejnosměrného stroje



Obr. 3: Nezkrácený krok vinutí (je roven pólové rozteči)



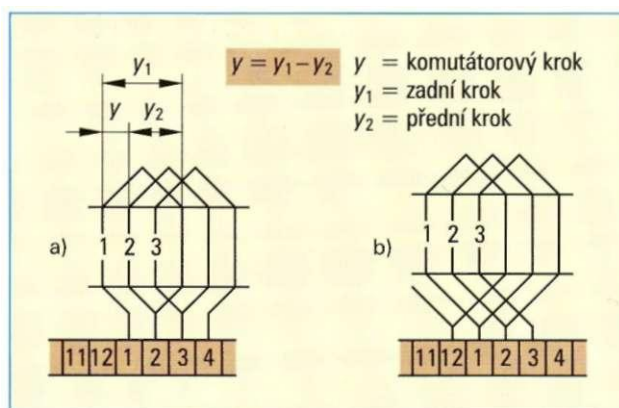
Obr. 4: Zkrácený krok vinutí

Smyčkové vinutí. Když zapojíme cívky rotoru tak, že na komutátoru je spojen vždy konec jedné cívky se začátkem další cívky vznikne vinutí, u kterého jsou všechny cívky spojeny v sérii a vzniklá smyčka je kartáči zkratována. Smyčkové vinutí může být buď křížené nebo nekřížené (**obr. 1**). Rozdíl v pořadí lamel, na které je připojen začátek a konec vinutí jedné cívky, se nazývá komutátorový krok y . Ten je u smyčkového vinutí roven jedné.

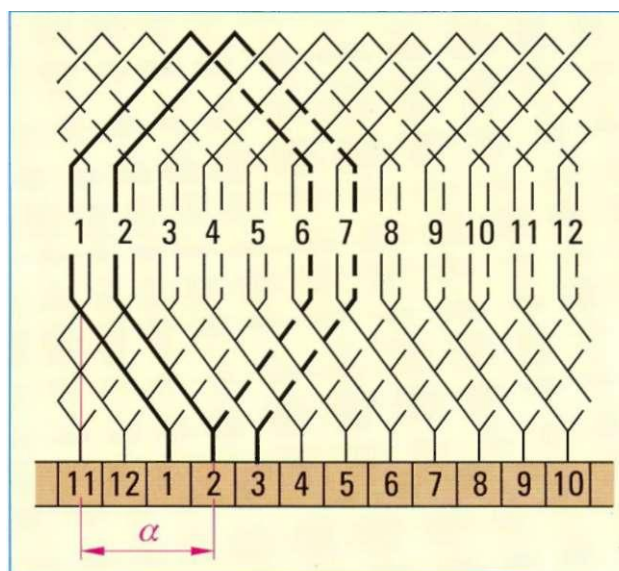
Neutrální pásmo a tím i poloha kartáčů vzhledem k ose pólu se označuje **a** (**obr. 2**). Je to vzdálenost mezi osou drážky, v níž leží strana cívky a osou lamely komutátoru, k níž je vývod této cívky připojen. U strojů a nastavitelnými kartáči lze tuto vzdálenost natočením kartáčů korigovat.

U univerzálních motorů a u stejnosměrných strojů s menšími výkony jsou držáky kartáčů již odlity nebo přinýtovány. U těchto strojů není možné nastavení kartáčů měnit. Když se změní předepsaná vzdálenost, např. u nového vinutí, nastanou problémy na komutátoru. Následkem je velké jiskření, velké opotřebení komutátoru a kartáčů a nakonec i poškození vinutí rotoru.

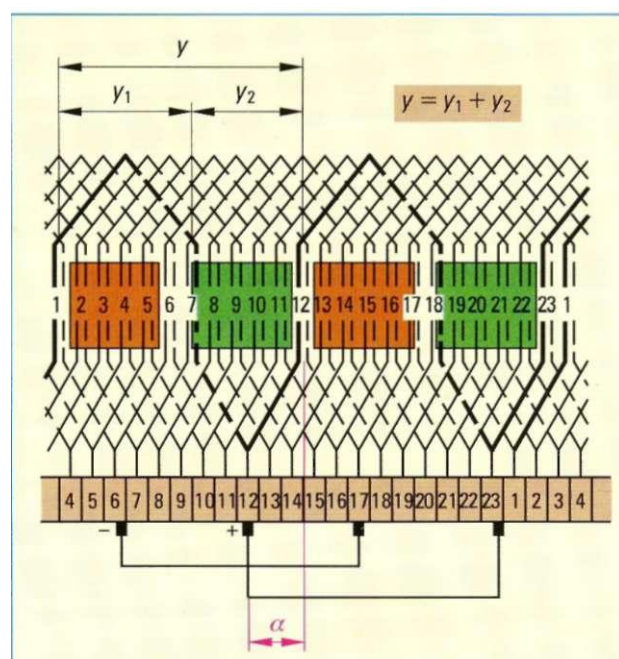
Vlnové vinutí. Při výkonu nad 5 kW a při vysokém napětí rotoru se stejnosměrné stroje vyrábějí téměř výlučně se čtyřpólovým nebo vícepólovým vlnovým vinutím. Cívky zapojené do série mají vlnový tvar. Komutátorový krok $y = y_1 + y_2$ odpovídá dvojnásobku pólové rozteče. Tím je zapojeno do série tolik cívek, kolik má stroj pólů (**obr. 3**).



Obr. 1: Smyčkové vinutí: a) nekřížené, b) křížené



Obr. 2: Smyčkové vinutí (nekřížené)



Příklad:

U vinutí rotoru (**obr. 3**) určete zadní krok vinutí y_1 , komutátorový krok y a přední krok y_2 .

Řešení:

Zadní krok $y_1 = \frac{\text{počet drážek}}{\text{počet pólů}} = \frac{23}{4} = 5,75 = 6$

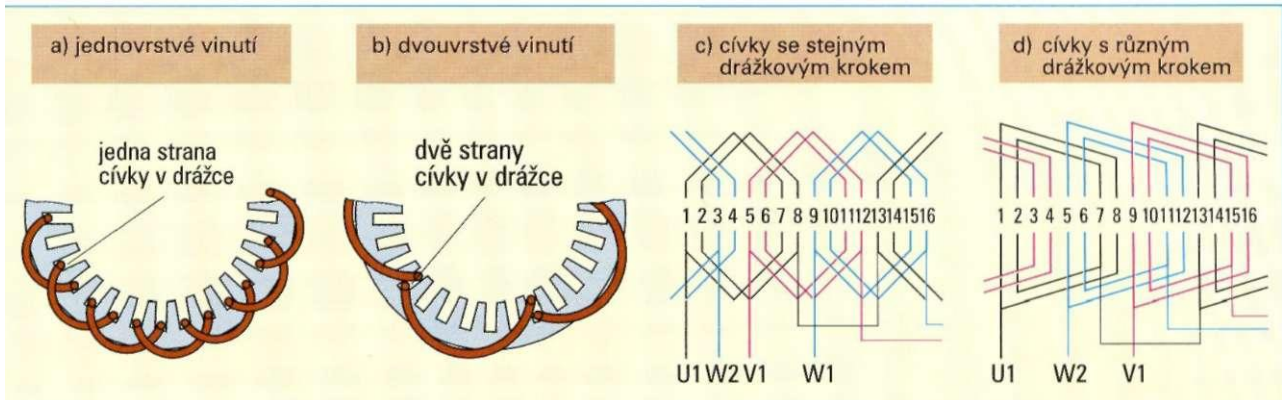
To znamená začátek cívky v drážce 1, konec cívky o šest drážek dále v drážce 7.

Komutátorový krok $y = \frac{\text{počet lamel}}{\text{počet pólových dvojic}} = \frac{23 - 1}{2} = 11$

Přední krok $y_2 =$
 $= \text{komutátorový krok} - \text{zadní krok} =$
 $= y - y_1 = 11 - 6 = 5$

14.8.5 Vinutí trojfázových motorů

Vinutí trojfázových motorů jsou jednovrstvá (**obr. 1a**) nebo dvouvrstvá (**obr. 1b**). Cívky mohou být navinuty tak, že vzniknou cívky se stejným drážkovým krokem (**obr. 1c**) nebo cívky s nesterjným drážkovým krokem (**obr. 1d**). Tomuto vinutí se také říká vinutí se soustřednými cívkami.



Obr. 1: Vinutí trojfázových motorů

Před navíjením motoru je třeba z počtu drážek N , počtu pólů $2p$ a počtu fází/77, stanovit počet drážek na pól a fázi q a také uložení začátků vinutí jednotlivých fází.

Příklad:

Má být provedeno vinutí statoru trojfázového motoru s počtem drážek $N = 36$ a počtem pólů 6 s cívkami se stejným drážkovým krokem (**obr. 2**).

Řešení:

Počet fází je u trojfázového proudu $m = 3$.

Drážkový krok y_N odpovídá pólové rozteči (180° el).

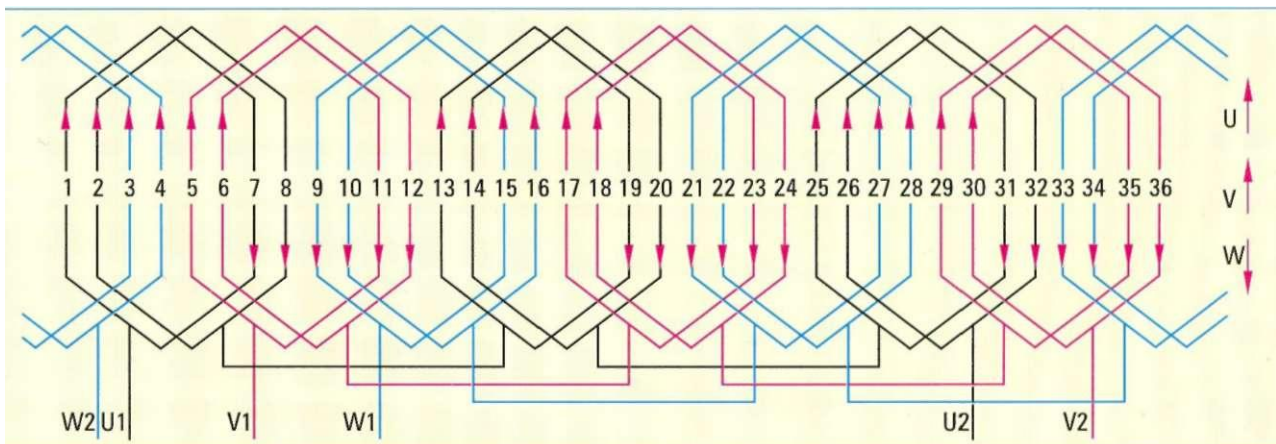
Drážkový krok $y_N = \frac{N}{2p} = \frac{36}{6} = 6$; tzn. začátek cívky v drážce 1, konec cívky o 6 drážek dále, tj. v drážce 7.

Počet drážek na pól a fázi: $q = \frac{N}{(m \cdot 2p)} = \frac{36}{(3 \cdot 6)} = 2$.

Vzdálenost začátků vinutí tří fází (120° el) = $\frac{N}{m \cdot p} = \frac{36}{3 \cdot 3} = 4$ drážky.

| Vypočtenému počtu drážek na pól a fázi odpovídá vinutí se dvěma cívkami. Toto vinutí má 2 drážky na pól a fázi.

Při zakreslení šipky ve směru proudu do schématu vinutí (**obr. 2**) je jedna fáze nakreslena s opačným směrem proudu, např. U₁, V₁, W₁, protože součet všech okamžitých hodnot proudů se u trojfázového proudu rovná nule. Když mají např. proudy ve dvou vodičích polovinu své kladné vrcholové hodnoty, má proud ve třetím vodiči záporné maximum.



Obr. 2: Schéma šestipólového jednovrstvého vinutí s cívkami se stejným drážkovým krokem

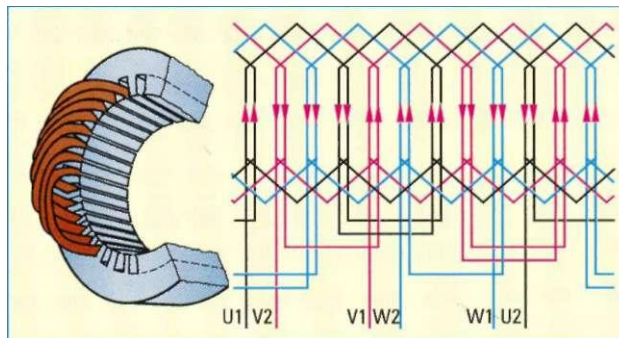
14.8.6 Výroba vinutí

Vinutí statorů a rotorů se vyrábějí z vodiče o kruhovém nebo obdélníkovém průřezu. Materiál je většinou měď, u velkých strojů také hliník. Používají se lakované, nebo izolované vodiče.

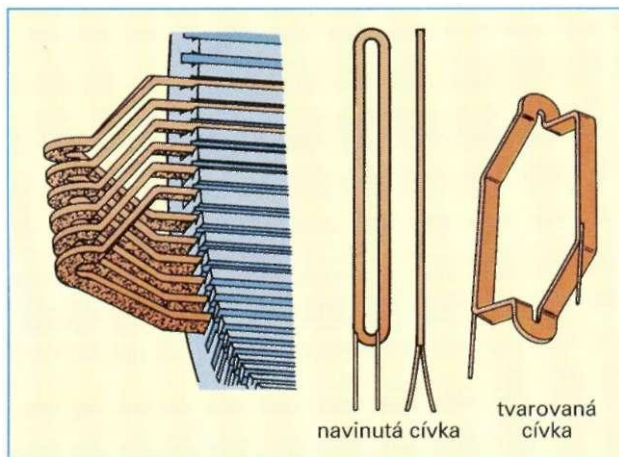
Zalité vinutí. Pro motory menších výkonů do 50 W se vyrábějí na navinovacích strojích kulaté nebo oválné cívky a zalévají se do drážek statoru. Přitom je třeba dbát na to, aby se nepoškodila izolace vodičů a aby vodiče nebyly v drážkách zkříženy (**obr. 1**).

Vinutí normalizovaných motorů se vyrábějí ve velkých sériích. Většinou se vyrábějí na navinovacích automatech.

Tvarované cívky. Cívky pro vysokonapěťové motory se už před navíjením napouští termoplastickými laky a zažehlují do izolace na pryskyřicové bázi. K tomu se používají elektricky vyhřívané lisovací formy. Tato vinutí se vyrábějí jako dvouvrstvá. K tomu jsou zapotřebí otevřené drážky (**obr. 2**). Po uložení cívek se drážky uzavírají kryty nebo dřevěnými klíny (**obr. 3**).



Obr. 1: Dvouvrstvé zalité vinutí



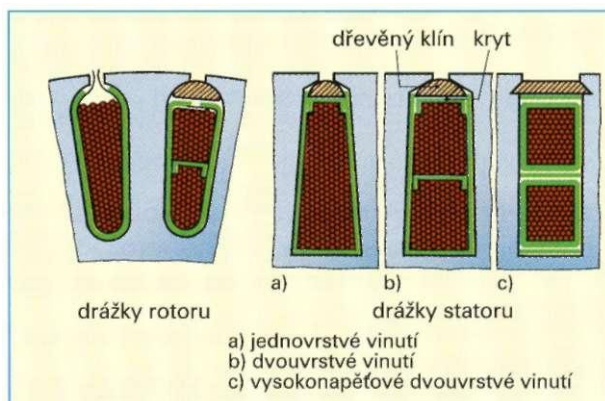
Obr. 2: Dvouvrstvé vinutí s tvarovanými cívkami

14.8.7 Izolace vinutí

Drážky elektrických strojů musí být před uložením vinutí vyloženy izolací.

Provedení izolace závisí na druhu vinutí a na tvaru drážky (**obr. 3**).

Kromě vysoké mechanické a chemické odolnosti musí použitý izolační materiál mít vysokou elektrickou průraznou pevnost a být odolný proti stárnutí. Tepelné zatížení je závislé na provozních podmínkách motoru.



Obr. 3: Příklady izolace drážek

Třídy izolačních materiálů jsou stanoveny pro různé tepelné namáhání (**tabulka 1, str. 287**). Po navíjení a uzavření drážek se tvarují čela cívek, které izolují od sebe jednotlivé skupiny cívek a které jsou ovinuty tkanicí. Tato čela musí být provedena tak, aby ve smontovaném stavu mělo vinutí dostatečnou vzdálenost od ložiskového štítu. Hotové zapojené vinutí spolu se svazky statorových plechů se impregnuje izolačními laky s ředidlem nebo pryskyřicí bez ředidla. Impregnace vinutí izolačním lakem se provádí ponořením nebo zalitím celého statoru. Nejspolehlivější impregnační metodou je vakuová impregnace, protože vylučuje vznik bublin vzduchu, které mohou ovlivnit izolaci. Impregnované statory se po odkapání uloží asi na dvě hodiny do sušicí pece o teplotě 80°C. Přitom je nutné odsávat páry impregnačního roztoku. To se provádí pomocí odsávacího zařízení a filtrů.

Tabulka: Třídy izolačních materiálů pro elektrické stroje			(podle DIN VDE 0530)
Izolační třída	Max. dovolená trvalá teplota	Izolační materiál	Impregnační látka
Y	90 °C	papír, bavlna, umělé hedvábí, dřevo, PVC, pryž, polyamidová vlákna	lak, ze syntetické pryskyřice jen ve vlhkém prostředí
A	105 °C (100 °C)*	lisovaný materiál, polyamidová vlákna, dřevo, bavlna, umělé hedvábí, vulkanický fibr	lak ze syntetické pryskyřice syntetické dielektrické kapaliny
E	120 °C (115 °C)*	papírový a tkaninový vrstvený materiál, tvrdý papír, acetátové fólie, polyamidové pryskyřice	epoxidové pryskyřice, laky ze syntetické pryskyřice, síťované polyesterové pryskyřice
B	130 °C (120 °C)*	slída, silikátový fibr, skelná vlákna	epoxidové pryskyřice, síťované polyesterové pryskyřice, laky ze syntetické pryskyřice
F	155 °C (140 °C)*	slída, skelná vlákna	epoxidové pryskyřice, síťované polyuretanové pryskyřice, alkydické pryskyřice
H	180 °C, (175 °C)*	silikátový fibr, skelná vlákna, slída	silikonové pryskyřice
C	nad 180 °C	sklo, porcelán, křemík, silikátový fibr, polyetanfloretylen, slída	silikonové pryskyřice s vysokou tepelnou odolností

* Hodnoty uvedené v závorce jsou pro suché transformátory a pro olej olejových transformátorů.

Vytvrzování impregnovaných vinutí se provádí při teplotě 130 °C po dobu 6 až 8 hodin. Přitom musí být dodrženy doby a teploty udané výrobcem laku. Při impregnování litou pryskyřicí se používají při sériové výrobě přípravky, na které se umístí otočně statorové svazky (pakety). Pryskyřice stéká přes dávkovači zařízení na vinutí. Teplo potřebné pro vytvrzení dodává regulovatelný zdroj proudu NAPA-ječím vinutím.

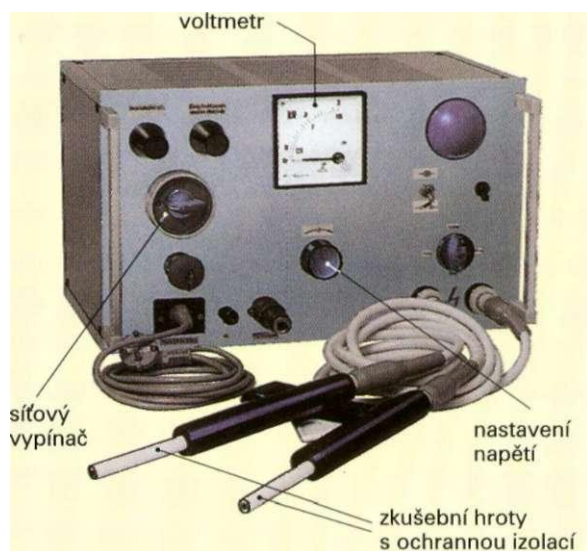
Při **opravách** se vinutí zalévá pryskyřicí. Pryskyřice se přivádí jen z jedné strany statorového svazku. Pryskyřice pak proniká kapilárním působením do celého vinutí. Stále více se při výrobě motorů používají tepelně vytvrzované izolační materiály a měděné vodiče s tepelně vytvrzovaným lakem. Po výrobě vinutí následuje ohřev v sušící peci, aby vrstva laku zkapalněla. Při této metodě je také možné ohřívát vinutí na teplotu tvrzení elektrickým proudem.

14.8.8 Zkoušky vinutí

Vinutí elektrických strojů musí být po navinutí nebo opravě přezkoušeno měřením izolačního odporu.

Vinutí jsou zkoušena vzájemně proti sobě a jednotlivě proti kostře. Ke zkoušení se používá zkušební přístroj se zdrojem sinusového napětí síťového kmitočtu 50 Hz, nastavitelného od 500 V do 5000 V (**obr.**). Na začátku zkoušky má být napětí asi polovina plného zkušebního napětí. Během 10 sekund má napětí dosáhnout plné hodnoty. Následuje zkoušení po dobu jedné minuty.

Při sériové výrobě je možné zkrátit dobu zkoušení na pět sekund, při němž je vinutí pod plným napětím.



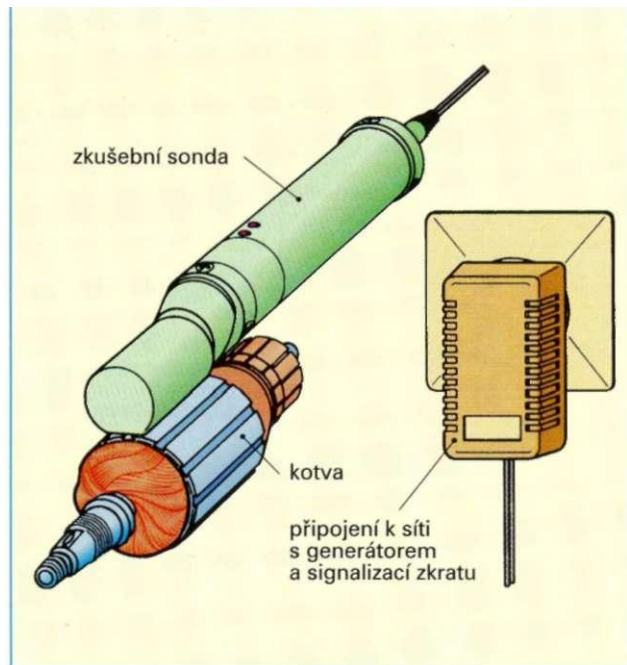
Obr.: Vysokonapěťový zkušební přístroj

Při zvýšení zkušebního napětí na 120 % jeho hodnoty, lze při sériové výrobě nových vinutí zkrátit dobu zkoušení na jednu sekundu. Při výrobě nového vinutí nesmí být zkouška opakována při plném napětí, ale jen s napětím hodnoty 75 %. Při údržbě, např. čištění a sušení, má být zkušební napětí o 100 V vyšší než 1,5 násobek jmenovitého napětí, minimálně ale 1000 V. Při jmenovitém napětí do 100 V je zkušební napětí 500 V.

Hodnota zkušebního napětí je závislá na výkonu a na jmenovitém napětí stroje U_n .

Zkušební napětí (DIN)

- U točivých strojů s výkonem do 1 kW a jmenovitým napětím do 100 V je zkušební napětí $2 \cdot t/n + 500$ V.
- U výkonů do 10 000 kW a se jmenovitým napětím do 1000 V je zkušební napětí $2 \cdot U_n + 1000$ V minimálně však 1500 V.
- U výkonů nad 10 000 kW a se jmenovitým napětím do 24 000 V je zkušební napětí $2 \cdot U_n + 1000$ V.



Obr.: Příklad přístroje pro zjišťování zkratu ve vinutí

Pro **zjišťování zkratu** ve vinutí se používají přístroje, které zjištěnou závadu signalizují akusticky (**obr.**). Přístroje pro zjišťování zkratu ve vinutí pracují většinou na principu transformátoru. Zkušební přístroj představuje vstupní vinutí. Zkoušené vinutí je výstupní vinutí. Při zkratu ve vinutí vytvoří proud v železném jádře zkratovaného vinutí magnetické pole. Toto magnetické pole se využívá k signalizaci poruchy. Přístroje pro zjišťování zkratu ve vinutí se vyrábějí také se sluchátky. Jejich použití se doporučuje zvláště v hlučných zkušebnách, např. v blízkosti strojů v provozu.

Při hledání zkratu musí být paralelně zapojené větve vinutí rozpojeny, např. při zapojení do trojúhelníka, aby se tyto obvody neprojevovaly jako zkrat ve vinutí.

To také platí pro vinutí s přepínáním počtu pólů (podle Dahlandera) v zapojení trojúhelník - hvězda - hvězda. Zde je třeba při zkoušce zapojení do trojúhelníka na jednom místě přerušit. Můstky na svorkovnici pro vysoké otáčky je třeba odstranit (**obr. 2, str. 263**).

Otázky pro opakování

- 1 Jaký vliv má vstupní vinutí pro několik napětí na přenášený výkon transformátoru?
- 2 Čím se liší transformátory s oddělenými vinutími od autotransformátorů?
- 3 Vysvětlete označení Yd5 pro zapojení trojfázového transformátoru.
- 4 Vyjmenujte podmínky pro paralelní chod trojfázových transformátorů.
- 5 Rotor dvoupólového univerzálního motoru má 12 drážek a 12 lamel komutátoru. Vypočtete krok vinutí.
- 6 Co rozumíme pod pojmem zkrácený krok vinutí?
- 7 Podle jakého vzorce se vypočítá krok vinutí (drážkový krok): a) u smyčkového vinutí, b) u vlnového vinutí?
- 8 Jak se liší u trojfázových statorů jednovrstvá a dvouvrstvá vinutí?
- 9 Jaký je počet drážek na pól a fázi u dvoupólového trojfázového jednovrstvového vinutí se soustřednými cívkami a se 24 drážkami?
- 10 Co znamená zalité vinutí?
- 11 U trojfázového motoru 100 kW s napětím 400 V v zapojení do trojúhelníka se navíjí nové statorové vinutí. Jak vysoké je předepsané zkušební napětí pro zkoušku izolace?

15 Primární a sekundární články

Primární a sekundární články (**přehled**) zásobují spotřebiče elektrickou energií nezávisle na síti. Jsou zdrojem elektrické energie, která vzniká přímou přeměnou chemické energie.

Primární články nelze po vybití znovu nabít.

Sekundární články jsou akumulátory (**str. 290**), u nichž je elektrochemický proces vratný. Sekundární články lze po vybití znovu nabít.

Přehled: Galvanické články (příklady)

- **primární články** (nelze je nabít)
 - zinkouhlíková baterie
 - alkalickomanganové baterie
 - stříbrooxidové baterie
 - lithiové baterie
- **sekundární články** (lze je nabít)
 - olověný akumulátor
 - akumulátor NiCd

Primární články nelze po vybití znovu nabít. Sekundární články (akumulátory) lze znovu nabíjet.

15.1 Primární články (suché články)

Primární články se skládají ze dvou různých kovů (elektrody) a z vodivé kapaliny (elektrolytu). Čím více jsou oba kovy od sebe vzdáleny na stupnici elektrochemických potenciálů, tím větší je napětí mezi elektrodami (napětí galvanického článku). Při přeměně chemické energie na elektrickou se „ne-ušlechtilý kov“, např. zinek v zinkouhlíkové baterii, rozkládá. Baterie jsou chráněny pláštěm z poniklované oceli. Důležitá kritéria pro volbu baterie, např. jmenovité napětí nebo hustota energie, jsou uvedeny v **tabulce 1**, obchodní normalizované označení, včetně rozměrů jsou uvedena v **tabulce 2**.

Označení	Jmenovité napětí	Vlastnosti	Hustota energie (W/ cm ³)	Příklady použití
zinek-uhlík	1,5 V	Po vybití nebezpečí vytečení, skladovatelné jen omezeně.	0,08 až 0,15	kapesní svítilny, elektrické hračky
alkalické Zn-MnO ₂	1,5 V	Velký výkon a proudová zatížitelnost, malé samovybití.	0,15 až 0,4	fotopřístroje, kazetové přehrávače
Zn-AgO	1,55 V	Dlouhá životnost, stabilita napětí, malé samovybití.	0,4 až 0,8	hodinky, fotopřístroje, kalkulačky
Li-CrO Li-MnO ₂	do 3,5 V	Dlouhá skladovatelnost, nepatrné samovybití, drahé.	0,4 až 1	zálohování paměti, fotopřístroje

Obchodní označení	Jmenovité napětí	Normalizované označení			Rozměry (mm)				Kapacita (mAh)
		IEC*	ASA	JIS	Ø	délka	šířka	výška	
lady	1,5 V	R1	N-Size	UM 5	12,0	-	-	30,2	600
micro	1,5 V	R03	AAA-Size	UM 4	10,5	-	-	44,5	760
mignon	1,5 V	R6	AA-Size	UM 3	14,5	-	-	50,5	1600
baby	1,5 V	R14	C-Size	UM 2	26,2	-	-	50	4800
mono	1,5 V	R20	D-Size	UM 1	34,2	-	-	61,5	9800
normální baterie	4,5 V	3R12	-	-	-	62,0	22,0	67,0	-
energetický blok	9 V	6F22	-	-	-	26,5	17,5	48,5	480

*Zkratky podle IEC: R = kulatá baterie, F = plochá baterie, např. 3R12: 3 kulaté baterie R12 zapojené do série; L = alkalická manganová baterie

15.2 Sekundární články

Sekundární články je možno po vybití znovu nabít. Nazývají se též **akumulátory**.

Při nabíjení akumulátoru se elektrická energie přeměňuje na chemickou, z akumulátoru se pak odebírá energie elektrická. Nejčastěji se používají olověné a nikel-kadmiové akumulátory.

Olověné akumulátory mají velkou hustotu energie a mají velkou zatížitelnost. Používají se proto přednostně pro spouštění automobilů. V olověných akumulátorech je elektrolytem zředěná kyselina sírová. Při nabitém akumulátoru je hustota elektrolytu 1,28 kg/l, při vybitém akumulátoru 1,22 kg/l.

Nabíjení akumulátoru. Při nabíjení se připojí připojovací elektrody akumulátoru ke zdroji stejnosměrného napětí. Proud nemá přitom překročit 10 % jmenovité kapacity (**tabulka 1**) při době nabíjení 10 hodin. Na konci nabíjení dosáhneme tzv. horního nabíjecího napětí (**tabulka 2**). Při nabíjení se rozkládá jen voda, ne kyselina sírová. Na kladné elektrodě se vytvářejí kyslíkové, na záporné elektrodě vodíkové bublinky. Unikající vodík a kyslík tvoří výbušnou směs; proto je zapotřebí při nabíjení akumulátorů dostatečně větrat.

Údržba olověných akumulátorů:

- plnit jen chemicky čistou vodou,
- kouření a otevřený oheň jsou při nabíjení zakázány.

Nikel-kadmiové akumulátory mají alkalický elektrolyt tvořený vodním roztokem hydroxidu draselného, jehož hustota je bez ohledu na stav nabití 1,19 kg/l. Nikel-kadmiové akumulátory mají menší hustotu energie než olověné akumulátory. Mají dlouhou životnost, jsou i mechanicky odolnější. Používají se proto k napájení poplachových zařízení a nouzových telefonních stanic. Jmenovité napětí jednoho článku je 1,2 V (**tabulka 2**).

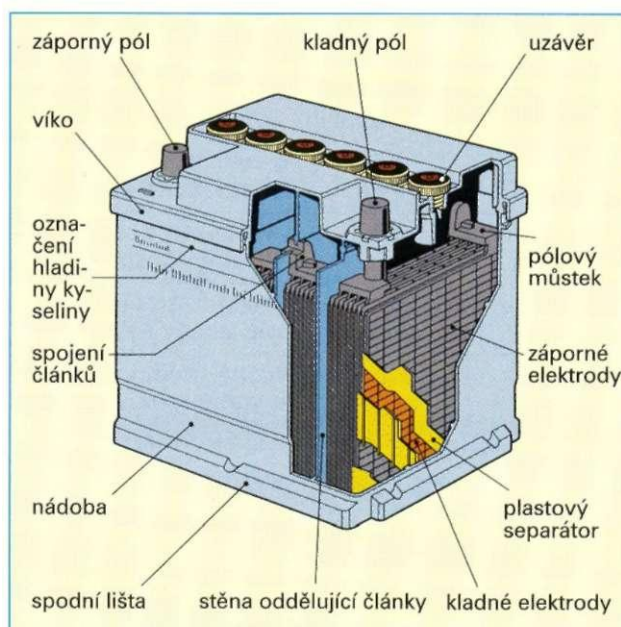
Plynotěsné nikel-kadmiové akumulátory se vyrábějí ve stejné velikosti jako primární články (baterie). Jsou ekologické a mohou např. nahradit zinko-uhlíkové primární články (baterie).

Tabulka 1: Parametry akumulátorů

Jmenovité napětí	Hodnota provozního napětí jednoho článku nebo akumulátoru.
Jmenovitá kapacita	Náboj, který může akumulátor předat, aniž by napětí pokleslo pod dolní vybíjecí napětí. $K_{20} = 88 \text{ Ah}$ znamená, že akumulátor může dodávat 40 h proud 2,2 A.
Dolní vybíjecí napětí	Napětí, pod které nesmí při vybíjení klesnout napětí akumulátoru.
Horní nabíjecí napětí	Napětí, při kterém již začíná akumulátor vařit.

Tabulka 2: Hodnoty napětí akumulátorů

Druh akumulátoru	Jmenovité napětí článku (V)	Dolní vybíjecí napětí článku (V)	Horní nabíjecí napětí článku (V)
olověný	2,0	1,6 ... 1,9	2,4 ... 2,45
nikel-kadmiový	1,2	0,85 ... 1,14	1,55 ... 1,6



Obr.: Olověný akumulátor

Otázky pro opakování

- 1 Čím se liší primární články od sekundárních článků?
- 2 Jaký primární článek má největší hustotu energie?
- 3 Jak vysoké je u olověného akumulátoru: a) jmenovité napětí, b) horní nabíjecí napětí na článek?
- 4 Vypočítejte nabíjecí proud olověného akumulátoru o kapacitě 44 Ah při době nabíjení 10 h.

Rejstřík

Aktivní díly	9	Drážkový krok	285	Fotodioda	220
Akumulátor	290	Druhy antén	124	Fotoodpor	220
Analogové a digitální zobrazení	160	Druhy instalace vodičů a kabelů	26	Fototranzistor	220
Analogové zobrazení	160	Druhy instalací	113	Fotovoltaické systémy	157
Anténní trubky	125	Druhy ochran elektrických zařízení proti vznícení	147	Funkční čísla u pomocných kontaktů	89
Anténní zesilovač	126	Druhy ochran elektrických zařízení	177	Funkční číslice	89
Antény	124	Druhy provozu elektrických strojů	257	Funkční schéma	73, 101
Antény pro satelitní příjem	127	Druhy reléových kontaktů	85	Funkční třídy nízkonapěťových pojistik	61
Antény pro více rozsahů	124	Druhy závad v elektrických zařízeních	242	Funkční zkouška	254
Asynchronní motor	258	Duplexní domácí telefony	118	Galvanické články	289
Automatické varné plotýnky	227	Dvoucestné můstkové zapojení	207	Germanium	206
Barevná označení šroubovacích pojistik	59	Dvoucestné uzlové zapojení	207	Harmonizované silnoproudé vodiče	20
Barevné značení průmyslových zásuvek	79	Dvouokruhové ohříváče	235	Hlásiče	132
Barevné značení rezistorů	203	Dvoupólové regulátory	240	Hlásiče světelné	82
Bezpečná vzdálenost v blízkosti zařízení pod napětím	14	Dvoupólové vidlice	74	Hlavice pro zatahování kabelu	43
Bezpečnost při přerušení vodiče	102	Dvourvrstvé zalité vinutí	283, 286	Hlavní domovní vedení	108
Bezpečnostní nářadí	15	Elektrická akumulační kamna	238	Hlavní ochranný vodič	108
Bezpečnostní palice	58	Elektrická práce	170	Hlavní stejnosměrné vedení	158
Bezpečnostní transformátory	179	Elektrická trouba	228	Hlavní vypínače	84
Bezpečnostní transformátory	179	Elektrická trouba	228	Hliník	17, 23
Bezpečnostní vypínač	59	Elektrická zařízení v obytných budovách	105	Hmoždinky	28
Bezpečnostní značení na pracovišti	10	Elektrické nářadí	15, 223	Hodnota MAK	10
Bezpečnostní značky	10	Elektrické předměty	9	Hovorový obvod	118
Bimetalové spínače	65	Elektrické rozváděče	110	Hranice přípustného dotykového napětí	178
Blokovací obvod	96	Elektrické spotřebiče	222	Hranice výbušné oblasti	145
Bodové registrační přístroje	176	Elektrické spotřebiče s motorovým pohonem	224	Hustota výkonového toku	128
Brumové napětí	208	Elektrické stroje	255	Hvězdicová síť	130
Budicí proud	270	Elektrické vytápění	238	Charakteristické a mezní hodnoty diod	207
Celkový zemnicí odpor	183	Elektrické vytápění místnosti	238	Charakteristické a mezní hodnoty tranzistorů	211
Centrální zásobníky	239	Elektrický sporák	227	Charakteristiky ohřevu při různých regulacích	239
Centrální zásobování teplou vodou	234	Elektrodynamické wattmetry	170	Charakteristiky spouštění jističů	62
Časové diagramy	73	Elektroinstalace	150	Charakteristiky tranzistoru	211
Časové relé	88	Elektroinstalace na stavbách	150	Chladiče	219
Časové spínače u sušiček	233	Elektroinstalace v koupelnách a sprchových koutech	114	Chyby měření	161
Čidla rozbití skla	132	Elektroinstalace v kuchyni	112	Chyby měření při obsluze	161
Číslicové (digitální) zobrazení	160	Elektroinstalace v místech ohrožených požárem	141	Chyby při měření napětí	164
Čtyřvodičový elektroměr pro trojfázový proud	171	Elektroinstalace v obytných prostorách	111	Chyby při měření proudu	163
Diak	218	Elektroinstalace v panelové a montované stavbě	35	Chyby při odečítání (čtení)	161
Diferenciální tepelné hlásiče	133	Elektroinstalace v prostorách ohrožených výbuchem	145	Chyby při pájení na měkko	56
Digitální zobrazení	160	Elektroinstalace v zemědělských a zahradnických zařízeních	139	Chyby přístrojů	162
Diody	206	Elektroinstalace ve zdravotnic- kých zařízeních a v místech pro léčebné účely	142	Chyby zapojení při měření	167
Distanční přichytka	26	Elektroměrné desky	109	Impedance poruchové smyčky	183, 192
Dlouhý závit na trubce	33	Elektroměry pro několik tarifů	171	Impedance smyčky	183, 192
Domácí telefony	117	Elektroměry	171	Indukční elektroměry	170
Domovní instalace	105	Elektropneumatické vrtací kladivo	28	Indukční přibližovací spínače	83
Domovní přípojka, prostor	105			Informativní značky úniku před nebezpečím	10
Domovní zvonky	117				
Doplňující vyrovnání potenciálu	115				
Dotykové napětí	178				
Drážkovací fréza	31, 37				

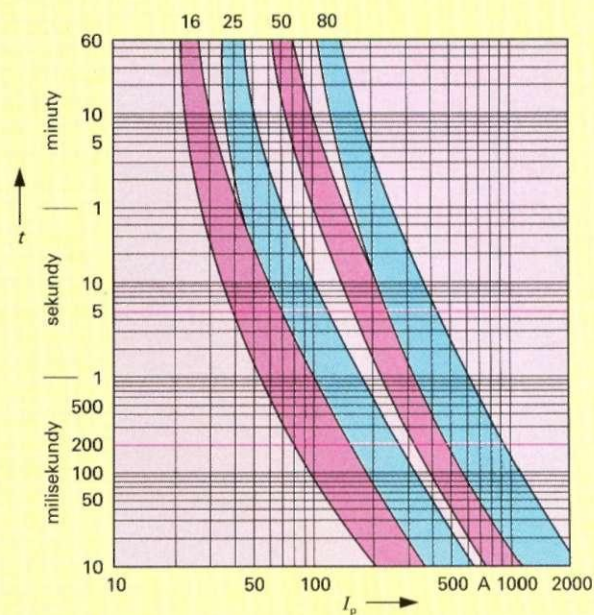
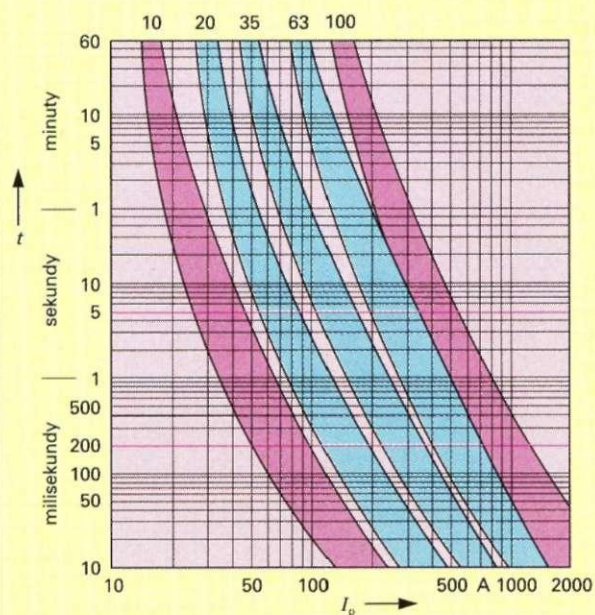
Infračervená prostorová pohyblivá čidla	132	Kabelové žlaby	41	Malé řídicí přístroje	98
Infračervené světelné závory	133	Kabely	23	Malé spotřebiče	222
Instalace s přístrojovými krabicemi	113	Kabely napuštěné papírovou izolací	23	Malé transformátory	275
Instalace se spojovacími krabicemi	113	Kabely pro pohyblivé přívody	21	Měkké pájky	53
Instalace vedení v betonu	35	Kabely s pláštěm	21	Měníče frekvence	265
Instalace vedení v dutých stěnách	36	Kanálové antény	124	Měření a zkoušení	159
Instalace vodičů	26	Kanálové žlaby kryté mazaninou	40	Měření elektrické práce	170
Instalace vodičů v přístrojových lištách	38	Kanálové žlaby v betonu	40	Měření elektrického výkonu	169
Instalace vodičů v betonu	35	Kanálový systém v mazanině	40	Měření fázového posunu	174
Instalace vodičů v dutých stěnách	36	Kapacitní přibližovací spínače	83	Měření impedance smyčky	193
Instalace vodičů do instalačních trubek	32	Katalytické čištění	228	Měření izolačního odporu podlah nebo stěn	191
Instalace vodičů do instalačních žlabů	37	Kategorie použití stykačů	87	Měření izolačního odporu	253
Instalace vodičů do omítky	30	Kaučuk	18	Měření kmitočtu	174
Instalace vodičů na omítku	26	Kávovar	224	Měření napětí pomocí osciloskopu	173
Instalace vodičů pod omítku	31	Keramické kondenzátory	205	Měření napětí	163
Instalační kanály	37, 38, 94	Kladka na pokládání kabelů	42	Měření odporu	165
Instalační sběrnice BUS	134	Klasické druhy instalace	26	Měření paprskovým osciloskopem	172
Instalační sběrnice EIB	134	Kleště na odizolování	45	Měření proudu, napětí, odporu	163
Instalační schéma	72	Klešťový ampérmetr	165	Měření rozdílu teplot u sušiček	253
Instalační trubky	33	Koaxiální vodiče	126	Měřicí přístroj s otočnou cívkou	161
Instalační zapojení	90	Kolektor	210, 269	Měřicí přístroje k měření izolačního odporu	166, 191
Instalační zóny	111	Kompaundní motor	271	Měřicí přístroje, metody	160
Instalační žlaby	38	Kompenzační vinutí	269	Měřicí soustavy	161
Integrované obvody	221	Koncové objímky vodičů	49	Měřicí transformátory	164
Ionizační hlásiče požáru	133	Kondenzační sušička	232	Měřidla ručkových přístrojů	161
Izolace drážek	286	Kondenzátory	204	Mikrovlnná trouba	229
Izolační materiály	18	Konstanta elektroměru	171	Minimální vzdálenosti holých venkovních vodičů	44
Izolační odpor	190, 251	Konstanta stupnice	169	Místa ohrožená požárem	141
Izolované vodiče a kabely	17, 19	Konstrukce transformátorů	275	Místní vyrovnání potenciálu	188, 190
Jádra transformátoru - tvar M	275	Kontaktní schéma	102	Místnosti pro léčebné účely	142
Jazyčkový kontakt	80, 132	Kontaktové materiály	81	Místo připojení k síti	157
Jednodílné utěšňovací průchodky	29	Kontakty magnetického spínače	132	Moment ohybu	125
Jednofázové motory	267	Kontrola instalovaných přístrojů	252	Moment sedla	259
Jednofázový transformátor	275	Kontrola izolace	144	Moment zratu	259
Jednopolová zkoušečka napětí (určování polarit).	159	Kontrola ochranných opatření	189	Montáž parabolické antény	129
Jistič hlavního vedení	109	Konvektory	238	Motor se sériovým buzením	270
Jističe pro vedení	62	Konzola pro připojení svodu hromosvodu	106	Motorové jističe	63
Jmenovité hodnoty proudové zatížitelnosti kabelů	67	Korektor RJ 45	123	Motory	255
Jmenovitý moment	259	Koupelny a sprchové kouty	114	Motory jednofázové	267
Jmenovitý proud trojfázového motoru	261	Krabičkové svorky	51	Motory s kotvou nakrátko	258
Jmenovitý výkon motoru	255	Krokové napětí	140	Motory se stíněnými póly	268
Jmenovitý výkon transformátorů	280	Kroužková kotva	262	Motory stejnosměrné	269
Kabelová oka	49	Křížové spínání	90	Motory trojfázové	258
Kabelové koncovky	25	Leptání plošných spojů	196, 198	Multimetry (univerzální měřicí přístroje)	168
Kabelové nosné opěrky	41	Lícovací objímka	58	Můstkové zapojení	207
Kabelové nože	45	Lícovací vložka	58	Nabíjení olověných akumulátorů	290
Kabelové opery	41	Liniový registrační přístroj	176	Nadproudová ochrana asynchronních motorů	63
Kabelové soupravy	25	Linky se sledovaným odporem	131	Nadproudové relé	64
Kabelové spojky	25	Lišta s přístrojovým nosičem	39	Naměřená hodnota	160
Kabelové šroubové průchodky	29	Lišta středního vodiče	141	Napájecí zdroje řídicích elektrických obvodů	93
		Ložiska elektrických motorů	272	Napětí nakrátko	278
		Lustrové spojky	51		
		Magnetický ventil	231		
		Magnety (induktory)	166		
		Malé motory s kotvou nakrátko	260		

Nastavení potenciálu	140	Ochranná izolace	187	Pojistky s plným rozsahem	
Nastavení pracovního bodu		Ochranná izolace,		jištění	61
tranzistorů	212	kontrola	187, 251	Pokládání vodičů na omítku	26
Nástěnný vývodový kryt	31	Ochranná opatření		Polarizační rozbočovač	128
Neizolované vodiče	19	v sítích TT a IT.	185	Polovodičové součástky	206
Nelineární rezistory	203	Ochranná opatření	177	Pomocné póly	269
Nepřímé měření proudu	174	Ochranná trubka kabelu	105	Poplachové dráty	132
Nepřímé určení odporu	167	Ochranné materiály	195	Poruchy asynchronních	
Neutrální pásmo	269, 284	Ochranné oddělení	188	motorů	273
Nevodivé prostory	187	Ochranné vodiče	18, 108, 182	Pořadová číslice	295
Normalizované motory	256	Ochranný oděv, ochranné		Práce na elektrických	
Nouzové napájení	143	pomůcky	16	zařízeních	14
Nouzový vypínač	84	Ochranný odpojovač		Práce pod napětím	14
Nulový vodič	18, 181	při zemním zkratu	155	Pračky s vkládáním prádla	
		Olověné akumulátory	290	na přední straně	231
Obvody s bezpečným malým		Operace	102	Pračky s vkládáním prádla	
napětím (SELV).	179	Operační paměti	100	shora	231
Ocelové pancéřové trubky	33	Operand	102	Právní normy týkající se	
Očka kabelů	48	Optické hlásiče	133	bezpečnosti elektrických	
Odbočková síť	130	Optoelektronické součástky	220	zařízení	7
Odborný pracovník		Orbitální poloha	127	Právní normy týkající se	
v elektrotechnice	9	Osazovací plán	197	elektrických zařízení	7
Oddělovací transformátor	277	Osoba v elektrotechnice		Primární články	289
Odizolování	45	poučená	9	Primární vícenásobné připojení	
Odpájení	56	Ostraha vnitřních prostor	131	(NTPMA).	122
Odpor ochranného vodiče	252	Otevření triaku ve čtyřech		Princip duplexního domácího	
Odpor smyčky	183, 192	kvadrantech	217	telefonu	118
Odstranění pláště	45	Otočné rezistory	203	Prodlužovací vedení	
Ohříváče vody	236	Ovládací spínače	82	s ochranným kontaktem	77
Ohýbání oček	48	Ovladače v systému instalační		Program jako seznam	
Ochrana elektrických předmětů		sběrnice	134	symbolických příkazů	102
krytím	177	Ovládání a indikační spínače	80	Propojky fází	136
Ochrana izolací	180, 187	Ovládání sušiček na principu		Propojovací schéma	73
Ochrana kabelů a vodičů proti		vodivosti	233	Proporcionální regulátory	240
nadproudům	66	Označení CE	8	Prostor domovních přípojek	106
Ochrana malým napětím	179			Protipožární utěsnění	
Ochrana motoru termistory	65	Pájecí očka	195	v elektrických zařízeních	41
Ochrana nohou	16	Pájedla	54	Proudová zatížitelnost kabelů	
Ochrana očí a obličeje	16	Pájení	53	a vodičů	67
Ochrana odpojením		Pájení na tvrdo	57	Proudový chránič - RCD	
nebo poruchovým		Pájky	53	v síti	184, 193
signálem	181, 185	Paměť u programového		Proudový chránič RC, F, jistič	184
Ochrana ochranným		řízení	100	Proudový chránič RCD	184
oddělením	188, 190	Parní žehlička	223	Provedení elektromotorů	256
Ochrana polohou	180	Párové zapojení zářivek	151	Provozní kondenzátor	267
Ochrana pomocí nevodivých		PELV (ochranné malé napětí)	179	Provozní pomůcky	
prostor	187	Pět pravidel bezpečnosti	12	asynchronních motorů	273
Ochrana proti přetížení		Pevné rezistory	202	Provozní třídy	61
a zkratu	58	Pevně uložené kabely	66	Průchozí zkoušečky	197
Ochrana proti vodě	177	Písmenové značky vodičů		Průmyslové zásuvky a vidlice	78
Ochrana před explozí	145	a kabelů	19, 20, 24	Průřezy kabelů	23
Ochrana před nepřímým		Plamenové hlásiče	133	Průtokové ohříváče	236
dotykem	179	Plastové kabely	23	Předpisové připojení ochranného	
Ochrana před přímým		Plocha pro umístění		vodiče	46
dotykem	179	elektroměru	109	Předpisy o bezpečnosti	
Ochrana před úrazem elek-		Plochá šňůra, instalace	21, 30	elektrických předmětů	7
trickým proudem	178, 181	Ploché svorky	52	Předpisy sloužící k ochraně	
Ochrana před vniknutím cizích		Plošné spoje	195	před úrazy	8
těles	177	Plotýnky se sedmipolohovým		Předřadník	151, 155
Ochrana v sítích TN	182	přepínačem	248	Přehledové schéma zapojení	73
Ochrana vodičů a kabelů před		Podklady pro instalace	72	Přejímací protokol	194, 250
zkratem	70	Podpodlažní instalace	39	Přepínací domácí telefon	117
Ochrana vyrováním		Pohybová čidla	132	Přepínání počtu pólů	262
potenciálu	188, 190	Pojistkový systém NH	59	Přepočítávací koeficienty	
Ochrana zábranou	180	Pojistky s částečným		pro odchýlné teploty	68
Ochrana zakrytím		rozsahem	61	Přepočítávací koeficienty	
a zapouzdřením	180			při sdružování kabelů	68

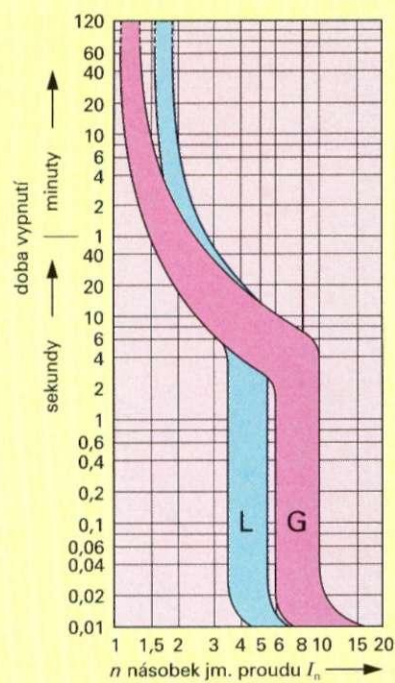
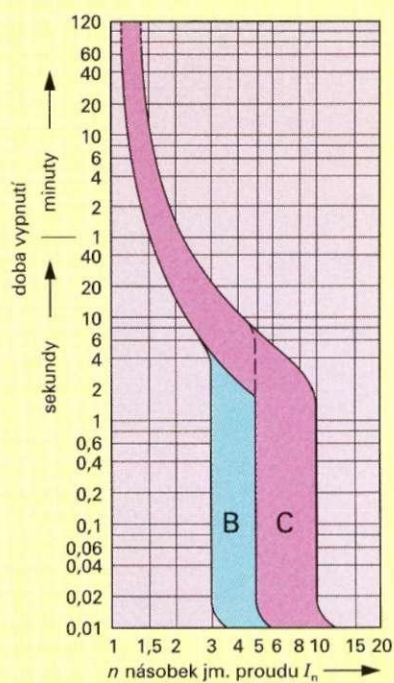
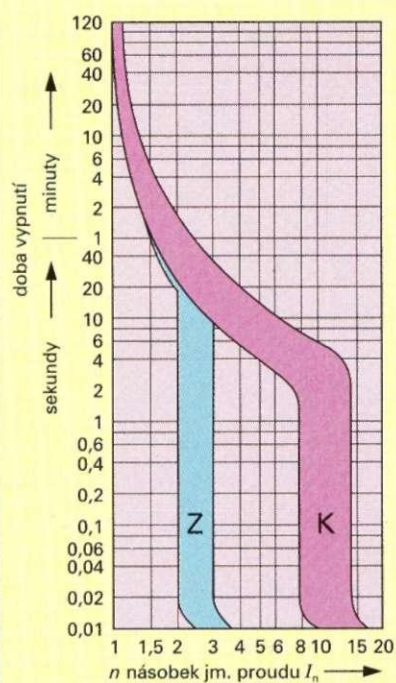
Přerušení vodiče PEN	183	Radové svorky	51	Stator	258, 269
Přerušení vodiče	242, 243	Řídicí obvod s postupným spínáním	95	Steinmetzovo zapojení	264
Převodní poměr transformátorů	275	Řídicí transformátory	93	Stejnoseměrný motor	269
Přibližovací spínače	83	Řídicí vedení	110	Stínění anténních rozvodů	126
Přidržený magnet	35	Řízení fázovým spínáním a rozpínáním	218	Stínící fólie	144
Přidržený obvod	95	Samorežný šroub	46	Stromová síť	130
Příkazové značky	10	Satelitní antény	127	Stropní vývodový kryt	31
Příklad vypracování programu programovatelného automatu	104	Sběrnice EIB	134	Střední regulace	239
Příklady označení VDE	8	Sběrnice S_{σ}	123	Střešní stojany	44, 106
Příklepová vrtačka	28	Sběrníkové vedení	134	Střídavé přepínání	90
Přímá topná tělesa	238	Sdělovací kabel	110	Střídavý měnič	157, 265
Připojení elektrického sporáku	112, 229	Sdělovací kabely pro rozvody sběrnice EIB	135	Stupnice	160
Připojení NTBA	122	Sedmisegmentové zobrazování	160, 220	Subtraktivní technika	195
Připojení venkovního vedení	106	Sekundární články	290	Sušička prádla	232
Připojovací skříňka generátoru	157	Selektivita	63	Světelný hlásič	82
Připojovací vedení modulů	158	Senzory	100, 134, 136	Svítilna pro nízkovoltové osvětlovací zařízení	153
Příprava elektronických součástek	199	Sériové zapojení	90	Svitivá dioda (LED)	220
Přístroj pro kontrolu izolačního stavu	186	Seznam symbolických příkazů	102	Svitkový kondenzátor	204
Přístrojová krabice	32, 35	Schéma vinutí	285	Svorková spojení	51
Přístrojové nástrčky a přívodky	74, 76	Schodištní automat	92	Svorky bez šroubů	51
Přístrojové pojistky	61	Silnoproudá zařízení	9	Symbole označující malé transformátory	277
Přívody k osvětlení	31	Síť IT	144, 185, 193	Symbole upozorňující na nebezpečné látky	10
Punčocha pro zatahování kabelu	43	Síť Powernet EIB	136	Systém D	59
PVC	18	Síťový přístroj	208	Systém DO	59
Radiové rušení	226	Skluž	258	Systém Powernet EIB	136
Registrační měřicí přístroje	176	Skupinové antény	124	Systémová řídicí technika v budovách	134
Registrační přístroje X-Y	176	Skupiny a ochranná opatření v lékařsky vybavených místnostech	142	Systémové komponenty	134
Regulace ohřevu u akumulčních kamen	239	Skupiny zapojení	279	Širokopásmová komunikační zařízení	130
Regulace otáček u trojfázových motorů	265	Směrové antény	124	Šroubová spojení	46
Regulace předsunutá	239	Smyčkové vinutí	284	Šrouby do plechu	46
Regulace změnou frekvence	265	Solární modul	157	Tarifové přepínací hodiny	110
Regulace zpožděná	239	Součásti technologií SMD	200	Tavidla	53
Regulátory energie	228	Součástky SMD	200	Tavné pojistky	58
Regulátory ohřevu v akumulčních kamnech	240	Soustředné vodiče	23	Techniky spojování	45
Relativní chyba měření	162	Speciální kleště	58	Telefonní zásuvky TAE	121
Relé	85, 88	Spínače	80	Telekomunikační zařízení	117, 120
Reverzní zapojení	84, 96	Spínače s indikací provozu	91	Telekomunikační zařízení -analogové	121
Rezistory	202	Spínače s osvětlením	91	Telekomunikační zařízení -digitální (ISDN)	122
Rezistory s oxidem kovu	202	Spojování ovinutím (Wire-Wrap)	50	Tepelné elektrospotřebiče	222
Rotor s hlubkovými drážkami	259	Spojování pérovými sponami (Termi-Point)	50	Tepelný vypínač jističe	62, 64
Rozdělení svorek	52	Spojování výkonových transformátorů	279	Teplotní třídy	146
Rozdělení výbušné oblasti	145	Spojky instalačních trubek	33	Teploty vznícení	146
Rozložené schéma zapojení	73	Spojovací svorky	51	Termistory NTC	203
Rozsah elektrické instalace v obytných budovách	116	Spojovací trychtýř	36	Termistory PTC	65, 204
Rozsah jištění pojistek	61	Spojování stlačením	49	Termomechanický regulátor ohřevu	246
Rozváděče	110	Spotřeba wattmetru	170	Tlačítka	80
Rozváděče na stavbě	150	Spouštěcí odpory	262, 269	Tlaková čidla	231
Rtuťový kontakt	80	Spouštěcí proud ochrany	183, 185, 186	Točivý moment - zpětné působení	269
Ruční mixéry	225	Spouštěcí transformátory	260	Točivý moment způsobený proudem procházejícím vodičem kotvy	269
Rychlotopná tělesa	238	Spouštění asynchronních motorů	260	Transformátory	210
Rychlovarné plotýnky	227	Stabilizace napětí se Zenerovou diodou	209	Transformátory napětí	164
		Stabilizace napětí	215	Trasy vodičů	26

Triak	217	Vodiče s izolací PVC	21	Zásuvky s ochranným kontaktem	75
Trojfázové asynchronní motory	258	Vodiče	17	Zátěžový odpojovač	60
Trojfázové transformátory	279	Vodní potrubí pro ohřívače vody	237	Zatížení antén větrem	125
Trubkové topné těleso	222	Vrstvové rezistory	202	Zavedení kabelu	105
Trvalý provoz	257	Všeobecné předpisy o rozvodu elektrické energie	9	Zemnění antén	126
Třídy izolačních materiálů	287	Vyhledávače kovů	34	Zemnicí lišta	126
Třídy ochrany elektrických přístrojů	251	Vyhledávače vodičů	34	Zemnicí odpor	183, 185, 192
Třídy omezení proudu jističe	62	Vypínací charakteristika tavných pojistek	71	Zenerovy (stabilizační) diody	209
Třídy přesnosti měřících přístrojů	162	Vypínací schopnosti jističů vedení	62	Zjišťování závad v elektrických přístrojích	246
Tvar rotorových tyčí motorů s kotvou nakrátko	258	Výroba plošného spoje	197	Zkoušeč obvodů TTL	221
Tvary plechů pro transformátory	275	Vyrovnaní celkového potenciálu	107	Zkoušečka napětí	159
Tyčový regulátor	228	Vyrovnaní potenciálu doplňující	115, 144	Zkoušení proudového chrániče	293
Tyristory	216	Vyrovnaní potenciálu místní	188, 190	Zkoušení transformátorů	283
Úbytek napětí	109, 110	Vyrovnaní potenciálu v zemědělských zařízeních	140	Zkoušení tranzistorů	214
Údržba elektromotorů	272	Vysokonapěťový zkušební přístroj	287	Zkoušky vinutí	287
Uhlíkové rezistory	202	Vysoušeč vlasů	224	Zkrácený krok vinutí	283
Ukazatel stavu pojistky	58	Výstražné značky	10	Zkrat	242, 244
Unikající proud	251, 264	Výstupní jednotky (aktory)	98, 100, 136	Zkrat na kostru	242, 245
Univerzální měřící přístroje	168	Vzdálenosti mezi přichytkami povrchového vedení	27	Zkrat ve vinutí	288
Univerzální motory	268	Wheatstonův můstek	166	Zkratový proud	182, 278
Úroveň signálu antén	120	Záběrný moment	259	Zkratový spoj	242, 245
Úsporné střídavé napětí	90	Záběrný proud	259	Zkušební napětí	283, 288
Uvádění elektrických zařízení do provozu	248	Zabezpečovací zařízení proti vloupání	131	Zkušební panel	249
Vačkový spínač	84	Zabezpečovací zařízení	131	Zkušební protokol	250
Vady izolace	242	Základové značky	10	Změna směru točení přepalováním přívodů	271
Válcové vinutí	282	Základový zemnic	107	Značení diod	206
Válcový šroub	46	Zalévací hmota	25	Značení elektrických předmětů	72
Varistory	204	Zalévací pryskyřice	25	Značení instalačních trubek	32
Varná plotýnka se sedmi-pólovým zapojením	229, 248	Zalísování	49	Značení kabelů a vodičů	19, 24
Varná plotýnka	227	Zapojení jednofázových transformátorů	281	Značení kondenzátorů	205
Vedení pro pevné uložení	21	Zapojení s chybou napětí	167	Značení kontaktů elektromagnetických spínačů	89
Vedení účastnických anténních rozvodů	126	Zapojení s chybou proudu	167	Značení nebezpečných látek	10
Velikosti instalačních trubek	33	Zapojení s impulzním relé	92	Značení odporů	202
Velikosti suchých baterií	289	Zapojení trojúhelník - hvězda	92, 260	Značení přístrojů osvětlovacího zařízení	152, 154
Velké elektrické spotřebiče	227	Zapojení usměrňovačů	207	Značení svorek a kontaktů elektromagnetických spínačů	89, 95
Venkovní vedení	44, 106	Zapojování zářivek	151	Značení tranzistorů	210
Vertikální opěrky	42	Zapouzdření (krimpovánO)	49	Značení trojfázových systémů	181
Vídlíce s ochranným kontaktem	75	Zářivky	151	Značka přezkoušená bezpečnost (GS)	8
Vinutí malých transformátorů	282	Zářivky (výbojky)	151	Značky požární ochrany	10
Vinutí rotoru	258, 262	Zařízení ohlašující požár	133	Zobrazení charakteristiky osciloskopem	175
Vinutí s nezkráceným krokem	283	Zařízení pro satelitní příjem	127	Zobrazení charakteristiky přístrojem X-Y	176
Vinutí stejnosměrných strojů	283	Zařízení se světelnými trubicemi	155	Zóny podle bezpečnosti	114
Vinutí trojfázových motorů	285	Zásobníky teplé vody	234	Zóny v koupelnách a sprchových koutech	114
Vizuální kontrola	189, 252	Zásuvka s ochranou RCD	184	Zvětšení měřícího rozsahu ampérmetrem	163
Vlnové vinutí	284	Zásuvková soustava CEE	78	Zvětšení měřícího rozsahu voltmetrem	164
Vnitřní jednotka	128	Zásuvkový systém Perieux	77	Zvláštní elektroinstalace	139
Vnitřní odpor měřících přístrojů	164	Zásuvkový systém pro trojfázový proud	77, 78	Zvláštní vedení	22
Vodič PE, PEN	18, 182	Zásuvkový systém		Zvonnkový transformátor	117
Vodič pro vyrovnání potenciálu	108	Zásuvkový systém		Žehličky	223

Charakteristiky proud – čas nízkonapěťových pojistek gL



Charakteristiky spouštění jističů vedení



Tabulka 1: χ – koeficienty jističů vedení pro výpočet spouštěcího proudu I_2

Charakteristika	K, Z	G	B, C	L*		U		
Koeficienty χ	1,2	1,35	1,45	jmenovitý proud I_n v A		1,45		
				4	6, 10		16 ... 25	32 ... 63
				2,1	1,9	1,75	1,6	

* LS jistič typu L je dosud přípustný u starých zařízení (DIN VDE 0641A1).