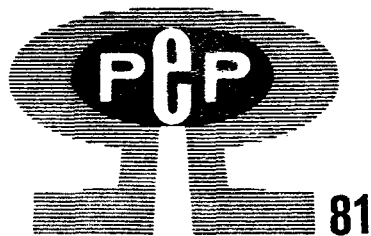


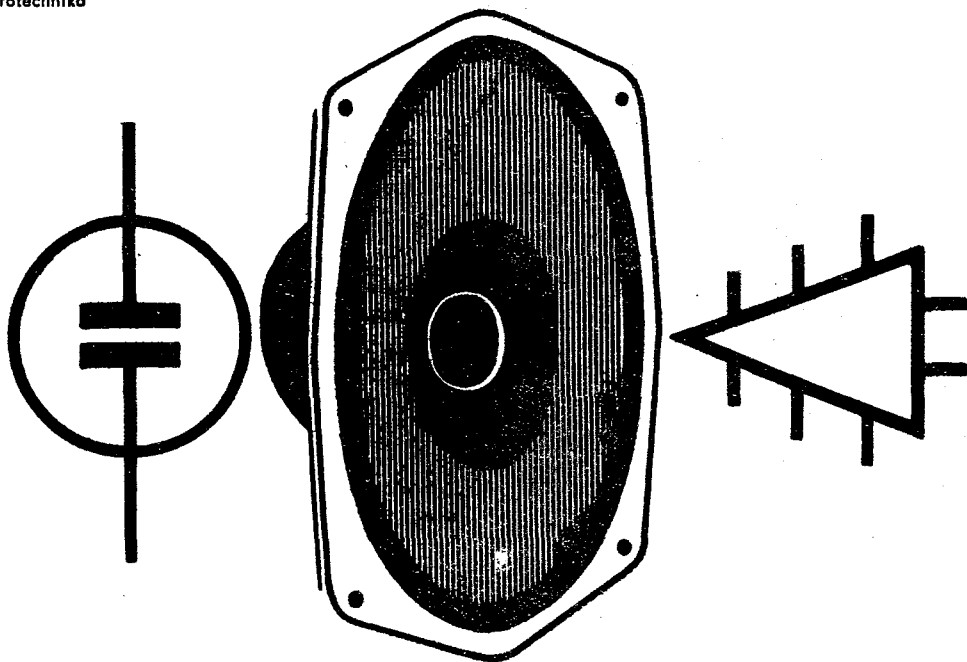
S. NEČÁSEK, J. JANEČEK, J. RAMBOUSEK



# Elektronické a elektroakustické součástky, jejich volba a použití



Elektrotechnika



SNTL

SLÁVA NEČÁSEK  
JAN JANEČEK  
JAROSLAV RAMBOUSEK

**ELEKTRONICKÉ  
A ELEKTROAKUSTICKÉ  
SOUČÁSTKY**  
Jejich volba a použití

---

**SNTL/ALFA**

S. NEČÁSEK — Ing. J. JANEČEK — Ing. J. RAMBOUSEK

# **ELEKTRONICKÉ A ELEKTROAKUSTICKÉ SOUČÁSTKY**

**Jejich volba a použití**

**PRAHA 1980**

**SNTL — NAKLADATELSTVÍ  
TECHNICKÉ LITERATURY**

**ALFA — VYDAVATELSTVO TECHNICKEJ  
A EKONOMICKEJ LITERATÚRY, BRATISLAVA**

Kniha popisuje druhy a vlastnosti součástek používaných v elektronice, a to jak klasických (rezistory, kondenzátory, transformátory, elektronky), tak i moderních (diody, tranzistory, integrované obvody, optoelektronické členy, spínací prvky). Zahrnuje také některá příslušenství k elektronickým zařízením (baterie a zdroje, reproduktorové soustavy, mikrofony, gramofonové přenosky a měřicí přístroje). Popisy jsou doplněny snímky, nákresy a rozměrovými náčrtky. Kniha dává zájemcům také pokyny k volbě druhů součástek a zacházení s nimi.

Kniha je určena studujícím technických škol, laborantům a technikům v průmyslu, vedoucím radiotechnických kroužků a radioamatérům i všem zájemcům o moderní elektroniku.

Lektoři: Doc. Ing. Jiří Vackář, CSc.  
Ing. Milan Syrovátko

Redakce elektrotechnické literatury —  
hlavní redaktor: Ing. Adolf Klímek, CSc.

Odpovědní redaktoři: Ing. Emanuel Prager, CSc. a Svatoslav Nežil

© Sláva Nečásek, Ing. Jan Janeček, Ing. Jaroslav Rambousek  
1980

Úvod . . . . .	11
1. Všeobecné vlastnosti elektronických součástek ( <i>S. Nečásek</i> ) . . . . .	13
1.1. Aktivní a pasívní součástky . . . . .	13
1.2. Běžná a speciální jakost součástek . . . . .	13
1.3. Volba součástek . . . . .	14
1.3.1. Kategorie odolnosti . . . . .	15
1.4. Zacházení se součástkami . . . . .	16
1.5. Řada jmenovitých hodnot a dovolených odchylek . . . . .	18
1.5.1. Označení jmenovitých hodnot . . . . .	23
1.5.2. Označení dovolených odchylek . . . . .	25
1.5.3. Barevný kód pro označování jmenovitých hodnot dovolených odchylek . . . . .	27
1.6. Spojování součástek . . . . .	29
1.6.1. Rezistory . . . . .	29
1.6.2. Kondenzátory . . . . .	36
1.7. Zvětšení spolehlivosti a prodloužení doby života . . . . .	38
1.7.1. Co ovlivňuje spolehlivost a dobu života . . . . .	38
1.7.2. Teplotní součinitel . . . . .	40
1.7.3. Změny jiných součástek v provozu . . . . .	41.
1.7.4. Spolehlivost elektronického zařízení . . . . .	42
2. Základní vlastnosti a použití součástek . . . . .	48
2.1. Rezistory ( <i>S. Nečásek a Ing. J. Janeček</i> ) . . . . .	48
2.1.1. Všeobecné vlastnosti rezistorů . . . . .	50
2.1.2. Třídění rezistorů podle použití . . . . .	51
2.1.3. Vrstvové uhlíkové rezistory I a II . . . . .	53
2.1.4. Rezistory s kovovou vrstvou (metalizované) . . . . .	56
2.1.5. Speciální rezistory (bezindukční, přesné, stabilní a rezistory s velkým odporem) . . . . .	59
2.1.6. Drátové smaltované a tmelené rezistory . . . . .	62
2.1.7. Přesné destičkové rezistory . . . . .	65
2.1.8. Napětově závislé rezistory . . . . .	67
2.2. Potenciometry. Proměnné rezistory ( <i>S. Nečásek a Ing. J. Janeček</i> ) . . . . .	68
2.2.1. Průběh odporové dráhy . . . . .	69
Označení průběhu odporové dráhy . . . . .	70
Druhy a provedení potenciometrů . . . . .	70
2.2.2. Materiál, zatížitelnost . . . . .	71
2.2.3. Délka a zakončení hřídelů . . . . .	72
Označení potenciometrů . . . . .	75
Zbytkové odpory . . . . .	76
2.2.4. Otočné a posuvné potenciometry . . . . .	76
2.2.5. Odporové trimry uhlíkové, keramické, miniaturní . . . . .	77
2.2.6. Potenciometry knoflíkové . . . . .	84
2.2.7. Potenciometry dvojité a tandemové . . . . .	85
2.2.8. Potenciometry se spínači . . . . .	87
2.2.9. Potenciometry drátové . . . . .	87

2.3.	Kondenzátory ( <i>S. Nečásek a Ing. J. Janeček</i> ) . . . . .	89
2.3.1.	Provedení kondenzátorů . . . . .	91
2.3.2.	Vlastnosti kondenzátorů . . . . .	93
2.3.3.	Těsné, zalisované a zalité druhy kondenzátorů . . . . .	95
2.3.4.	Slídkové kondenzátory . . . . .	101
2.3.5.	Svitkové kondenzátory MP válcové zastříknuté . . . . .	104
2.3.6.	Svitkové kondenzátory s dielektrikem z plastických hmot . . . . .	113
2.3.7.	Keramické kondenzátory . . . . .	117
2.3.8.	Elektrolytické kondenzátory . . . . .	125
	Provedení elektrolytických kondenzátorů . . . . .	126
	Druhy elektrolytických kondenzátorů . . . . .	126
	Důležité veličiny . . . . .	127
	Elektrolytické kondenzátory s pevným dielektrikem . . . . .	128
	Miniaturní hliníkové elektrolytické kondenzátory . . . . .	128
	Hliníkové elektrolytické kondenzátory s pájecími očky . . . . .	131
	Hliníkové elektrolytické kondenzátory s patičkovým šroubem, jednoduché a vícenásobné . . . . .	135
	Miniaturní elektrolytické hliníkové kondenzátory pro plošné spoje . . . . .	137
	Vícenásobné elektrolytické hliníkové kondenzátory pro plošné spoje . . . . .	138
2.3.9.	Tantalové kondenzátory . . . . .	141
	Tantalové kondenzátory válečkové s kapalným elektrolytem . . . . .	143
	Kapkové tantalové kondenzátory s pevným polovodičovým elektrolytem . . . . .	143
2.3.10.	Proměnné kondenzátory . . . . .	146
	Vzduchové kondenzátory . . . . .	147
	Kondenzátory s dielektrikem z plastů . . . . .	148
	Dolaďovací kondenzátory . . . . .	150
2.4.	Cívky, transformátory, tlumivky ( <i>S. Nečásek a Ing. J. Janeček</i> ) . . . . .	152
2.4.1.	Vysokofrekvenční cívky . . . . .	152
2.4.2.	Ferity a feritové součástky . . . . .	155
2.4.3.	Hrníčková feritová jádra, jádra typu X a RM . . . . .	160
2.4.4.	Vysokofrekvenční cívky feritové . . . . .	163
2.4.5.	Feritová jádra typu E (Ef) . . . . .	166
2.4.6.	Transformátory . . . . .	169
	Transformátorová jádra . . . . .	170
2.4.7.	Cívková tělíska (kostřičky) na vinutí, lepenková, lisovaná . . . . .	175
2.4.8.	Typizované napájecí transformátory . . . . .	179
2.4.9.	Typizované vyhlazovací tlumivky . . . . .	184
2.4.10.	Výstupní a převodní transformátory . . . . .	184
2.5.	Odrušovací prostředky ( <i>S. Nečásek</i> ) . . . . .	189
2.6.	Elektronky ( <i>S. Nečásek</i> ) . . . . .	193
2.6.1.	Typové označení . . . . .	196
2.6.2.	Hodnoty elektronek . . . . .	202
2.7.	Polovodičové součástky ( <i>S. Nečásek, Ing. J. Janeček a Ing. J. Rambousek</i> ) . . . . .	207
2.7.1.	Materiály a technologie . . . . .	207
2.7.2.	Zacházení s polovodičovými součástkami . . . . .	211
2.7.3.	Značení polovodičových součástek . . . . .	212
2.7.4.	Diody . . . . .	213
	Hrotové germaniové diody . . . . .	213
	Křemíkové plošné diody . . . . .	214
	Kapacitní, stabilizační, tunelové a referenční diody . . . . .	217
	Tyristor, diak, triak . . . . .	227
2.7.5.	Tranzistory . . . . .	235
	Komplementární tranzistory . . . . .	236
	Chlazení diod a tranzistorů . . . . .	238
	Přídavné chlazení . . . . .	240

2.7.6.	Integrované obvody . . . . .	243
	Integrované obvody a jejich dělení . . . . .	243
	Lineární integrované obvody . . . . .	247
	Operační zesilovače . . . . .	255
	Číslicové integrované obvody . . . . .	256
	Přehled vlastností a použití číslicových integrovaných obvodů . . . . .	260
	Vytváření jednoduchých logických funkcí pomocí logických členů . . . . .	265
2.8.	Teplotně závislé rezistory (termistory) ( <i>Ing. J. Janeček</i> ) . . . . .	268
2.8.1.	Vlastnosti, druhy, použití . . . . .	268
2.8.2.	Jednotlivé vyráběné typy termistorů NTC . . . . .	271
2.9.	Zobrazovací součástky a zobrazovací soustavy (displeje) ( <i>S. Nečásek a Ing. J. Janeček</i> ) . . . . .	278
2.9.1.	Luminiscenční diody LED a zobrazovací prvky . . . . .	278
2.9.2.	Kapalné krystaly . . . . .	281
2.9.3.	Obrazovky, osciloskopické a televizní . . . . .	282
2.10.	Fotoelektrické součástky ( <i>S. Nečásek a Ing. J. Janeček</i> ) . . . . .	288
2.10.1.	Fotorezistory . . . . .	288
2.10.2.	Fotodiody . . . . .	289
2.10.3.	Fototranzistory . . . . .	290
2.11.	Piezoelektrické krystalové jednotky ( <i>Ing. J. Janeček a S. Nečásek</i> ) . . . . .	290
2.11.1.	Řídicí krystaly pro oscilátory . . . . .	292
2.11.2.	Krystalové filtry . . . . .	295
2.11.3.	Elektromechanické filtry . . . . .	296
2.12.	Spínače, přepínače ( <i>S. Nečásek a Ing. J. Janeček</i> ) . . . . .	297
2.12.1.	Síťové spínače . . . . .	297
2.12.2.	Miniaturní otočné přepínače . . . . .	297
2.12.3.	Tlačítkové ovládače a přepínače pro cívkové soupravy . . . . .	300
2.12.4.	Tlačítkový mikrospínač . . . . .	302
2.13.	Relé ( <i>Ing. J. Janeček</i> ) . . . . .	302
2.13.1.	Telefonní relé . . . . .	303
2.13.2.	Polarizované relé . . . . .	306
2.13.3.	Miniaturní a hermetizovaná relé . . . . .	307
2.13.4.	Jazyčková relé . . . . .	309
2.13.5.	Silnoproudá relé . . . . .	316
2.14.	Přístrojové trubičkové pojistky ( <i>S. Nečásek</i> ) . . . . .	317
2.15.	Doutnavky a digitrony ( <i>S. Nečásek</i> ) . . . . .	318
2.15.1.	Signalizační doutnavky . . . . .	318
2.15.2.	Stabilizační výbojky . . . . .	319
2.15.3.	Digitrony . . . . .	319
2.16.	Žárovky ( <i>Ing. J. Rambousek a Ing. J. Janeček</i> ) . . . . .	320
2.16.1.	Trpasličí žárovky . . . . .	321
2.16.2.	Telefonní žárovky . . . . .	326
3.	Elektroakustické měniče . . . . .	330
3.1.	Mikrofony ( <i>Ing. J. Rambousek a S. Nečásek</i> ) . . . . .	330
3.1.1.	Mikrofony s rychlostním měničem . . . . .	332
3.1.2.	Mikrofony s výchylkovým měničem . . . . .	333
3.1.3.	Mikrofony s nereciproky měniči . . . . .	334
3.1.4.	Provedení mikrofonů . . . . .	335
3.2.	Reproduktory ( <i>Ing. J. Janeček a S. Nečásek</i> ) . . . . .	338
3.2.1.	Reproduktory přímo vyzářující . . . . .	338
3.2.2.	Hlubokotónové a vysokotónové reproduktory . . . . .	340
3.2.3.	Oválné reproduktory . . . . .	347
3.2.4.	Piezoelektrické reproduktory . . . . .	347
3.2.5.	Kulový reproduktor TESLA . . . . .	348
3.2.6.	Reproduktorové soustavy . . . . .	348

3.2.7.	Reproduktory nepřímo vyzafující (tlakové) . . . . .	349
3.2.8.	Reproduktorové výhybky . . . . .	352
3.3.	Sluchátka ( <i>Ing. J. Janeček</i> ) . . . . .	356
3.3.1.	Náhlavní sluchátka s velkou impedancí . . . . .	356
3.3.2.	Náhlavní stereofonní sluchátka s malou impedancí . . . . .	356
3.3.3.	Miniaturní sluchátka . . . . .	357
3.4.	Gramofonové přenosky ( <i>S. Nečásek</i> ) . . . . .	357
3.4.1.	Snímací hroty . . . . .	358
3.4.2.	Krystalové vložky . . . . .	359
3.4.3.	Dynamické vložky . . . . .	361
3.4.4.	Magnetofonové hlavy . . . . .	361
4.	Ručkové měřicí přístroje ( <i>S. Nečásek</i> ) . . . . .	365
4.1.	Všeobecně . . . . .	365
4.2.	Značky na měřicích přístrojích . . . . .	368
4.3.	Univerzální měřicí přístroje . . . . .	369
4.4.	Zacházení s měřicími přístroji . . . . .	377
5.	Elektrochemické zdroje ( <i>S. Nečásek a Ing. J. Janeček</i> ) . . . . .	378
5.1.	Suché články a baterie . . . . .	378
5.2.	Běžné typy suchých článků a baterií . . . . .	381
5.3.	Jiné druhy baterií . . . . .	382
5.4.	Speciální články a baterie . . . . .	383
5.5.	Ostatní druhy článků . . . . .	385
5.6.	Regenerace suchých článků . . . . .	387
5.7.	Akumulátory . . . . .	388
5.7.1.	Olověné akumulátory . . . . .	389
5.7.2.	Alkalické akumulátory . . . . .	394
	Oceloníkové akumulátory . . . . .	394
	Niklokadmiové akumulátory . . . . .	395
	Niklokadmiové akumulátory v těsném provedení . . . . .	396
	Střibrozinkové akumulátory . . . . .	399
6.	Spojovací součástky ( <i>Ing. J. Janeček</i> ) . . . . .	401
6.1.	Válcové konektory pro zdroje, mikrofony, magnetofony, zesilovače a reproduktory. . . . .	401
6.2.	Řadové ploché konektory . . . . .	407
6.3.	Konektory pro plošné spoje . . . . .	408
	Závěr . . . . .	412
	Literatura . . . . .	413
	Rejstřík . . . . .	414



# Předmluva

Elektronika nabývá v životě socialistické společnosti stále většího významu. Denně nám slouží ve všech formách: v dálkové telefonii s automatickou volbou, v rozhlase a televizi, jako zábavní elektronika, ulehčuje těžkou práci ve výrobě při větší produktivitě a přesnosti výrobků (počítače, číslicově ovládané obráběcí stroje) atd. Také rozmach výzkumů vesmíru a meziplanetární lety se svými velikými nároky na přesnost by nikdy nebyly možné bez mohutného rozvoje elektroniky. Proto se stále rozrůstá počet zájemců o aplikaci této vědy, kteří se chtějí podrobněji seznamovat s jejími základy, moderními součástkami, jejich vlastnostmi a funkcí. Je s podivem, že více než 17 let u nás nevyšla žádná souborná publikace o elektronických součástkách, bez nichž by se tyto obory neobešly. Ohlédneme-li se zpět, objevíme knihu A. L. Charinského Konstrukce radiotechnických prvků (Praha, SNTL, 1962) a Donátovu Příručku pro konstruktéry-radioamatéry (SNTL—SVTL, 1961), která je však jen druhým vydáním téhož díla z roku 1959. Od té doby nevyšla žádná příručka, která by přístupnou formou pojednávala o druzích a vlastnostech elektronických součástek, přestože přibýlo mnoho zcela nových druhů a stále se objevují další: tranzistory, tyristory, integrované obvody, luminiscenční diody a zobrazovací prvky, které umožňují stavbu a výrobu elektronických počítačů malých rozměrů s velmi mnoha funkcemi za přijatelnou cenu. Kniha „Elektronické a elektroakustické součástky, jejich volba a použití“ má vyplnit mezeru vzniklou za tak dlouhou dobu v odborné literatuře. Úloha autorů proto nebyla snadná. Práce na rukopisu trvala dlouho také vzhledem k potížím s obstaráváním podkladů a ke změnám sortimentu součástek.

Kniha nechce jen popisovat elektrické a elektronické součástky, ale chce být také vodítkem, ukazujícím, které typy jsou vhodné pro který účel, jak jich nejlépe využít, a naopak chce ukázat, co se s nimi dělat nemá, jak lze získat hodnoty, které nejsou obsažené v normalizovaných řadách, jak zvětšit spolehlivost součástek a prodloužit dobu jejich bezporuchového provozu. Popisy jsou doplněny číselnými tabulkami, nákresey, fotografiemi a rozměrovými náčrtky.

Kniha je určena laborantům a technikům ve výrobě, studujícím technických škol a radioamatérům, kterým nejsou dostupné podrobné údaje od výrobce, ale má také zvýšit kvalifikaci pracovníků odborných prodejen, aby mohli poradit svým zákazníkům, a tak zlepšovat technické služby obchodu.



Podrobné údaje o součástkách jsou většinou nedostupné pro spotřebitele odkázané na maloobchodní prodejny. Proto uvádíme — kromě popisu hlavních vlastností součástek — také třídu odolnosti a její označení, vliv teploty okolí, význam výrobního data nebo spotřební lhůty atd. Poukazujeme také na nutnou opatrnost při pájení a zacházení s polovodičovými součástkami, na nutnost odrušení aj.

Díky prudkému technickému rozvoji elektroniky stále rychle přibývá součástek. Jen elektronky, tranzistory a integrované obvody již vyplňují několik set stran katalogů. Také reproduktorů je mnoho desítek typů. Všechny je zde pochopitelně nelze uvádět, protože příručka by byla neúnosně rozsáhlá. Jsou vybrány jen běžné nebo reprezentativní typy s uvedením hlavních vlastností a pokynů k používání.

Nelze zaručit, že všechny uvedené součástky jsou běžně v prodeji. Naopak zase někdy objevíme — zvláště v partiových prodejnách — součástky, které nejsou ani v katalogu výrobce uvedeny. Ty byly patrně vyrobeny na objednávku některého výzkumného ústavu nebo výrobní organizace a po skončení úkolu byl zbytek dán do prodeje.

Do popisu jsme zahrnuli také některá doplňující příslušenství, např. baterie, konektory, měřicí přístroje atd. Pochopitelně mohly být do příručky zařazeny jen ty součástky a příslušenství, které výrobní organizace dodávaly nebo které mohly závazně přislíbit do konce pořizování rukopisu.

V rámci spolupráce Rady vzájemné hospodářské pomoci může popřípadě některé součástky nebo přístroje ekonomičtěji vyrábět jiný socialistický stát, a proto je výhodnější tyto výrobky odebírat od něj. Proto většinu elektronek nám dodával polský závod POLAM, za určité kondenzátory nabízí obchod podobné typy REMIX 213 z MLR nebo TGL 5155 z NDR apod. Některé měřicí přístroje METRA nahradí typy METRONEX dovážené z PLR nebo přístroje ze SSSR či MLR. Pokud byly tyto změny známy v době pořizování rukopisu, je na ně upozorňováno v textu.



# 1. Všeobecné vlastnosti elektronických součástek

## 1.1. Aktivní a pasívní součástky

Elektronické součástky dělíme podle funkce zhruba na tři skupiny:

a) Aktivní součástky.

b) Pasívní součástky.

c) Konstrukční a pomocné materiály.

a) Aktivní součástky jsou prvky, jejichž elektrické vlastnosti (odpor, kapacita, přenosové vlastnosti aj.) jsou proměnné a říditelné změnou napětí nebo proudu přivedeného na jejich vývody. Sem řadíme elektronky, tranzistory a některé druhy diod.

b) Pasívní součástky mají elektrické vlastnosti stálé a v širokých mezích nezávislé na priváděném napětí nebo proudu. Jsou to např. rezistory, kondenzátory, pojistky, potenciometry atd.

c) Konstrukční součástky se uplatňují v celkovém konstrukčním řešení elektronických zařízení, buď funkcí čistě mechanickou (skříně, kostry, panely, převody, ovládací knoflíky aj.), nebo funkcí elektromechanickou (spínače, přepínače, desky s plošnými spoji, konektory, svorkovnice), nebo ve funkci elektroakustických nebo elektromechanických měničů (reproduktory, relé, motorky apod.).

Mezi pomocné materiály zahrnujeme pájecí prostředky (cín, pájecí pastu nebo kalafunu), zakapávací a impregnační laky, různé vosky aj.

Jednotlivým součástkám se také říká diskrétní. Jejich opakem jsou složené celky, jako hybridní (smíšené) a integrované obvody.

## 1.2. Běžná a speciální jakost součástek

Elektronické součástky dělíme dále podle jejich vlastnosti a jakosti zhruba do tří skupin:

a) Součástky běžné jakosti (komerční, konzumní neboli spotřební).

b) Součástky pro investiční celky (vysílače, telefonní ústředny).

c) Součástky speciální jakosti (např. pro vojenskou techniku).

Součástky běžné jakosti mívají menší přesnost hodnot, užší rozsah provozních teplot, menší zatížitelnost apod. Hranice mezi skupinami není ovšem ostrá, protože i součástky běžné jakosti musejí vykazovat určité zaručené parametry a naopak součástky speciální nemusejí mít lepší všechny vlastnosti, ale třeba jen jednu, např. větší přesnost, menší změny hodnot vlivem okolní teploty, delší dobu života aj.

Dosud jsme mluvíli o elektrických vlastnostech. Elektronické součástky — a samozřejmě i mechanické díly přístrojů a zařízení — musejí však také odolávat vlivům povětrnosti (klimatická odolnost), často také chvění, pádům a jiným vlivům, např. účinkům nižšího tlaku vzduchu ve velkých výškách apod.

Elektrické vlastnosti jsou prvořadě; z nich vycházíme při volbě součástek v každém případě. Stupeň klimatické odolnosti je zase důležitý pro investiční celky, tedy zařízení, která musí pracovat spolehlivě za všech okolností (rozhlasové a televizní vysílače, směrové spoje, zařízení pro mnohakanálovou telefonii aj.). Stupeň klimatické odolnosti však výrobci takových zařízení projednávají předem přímo s výrobcem součástek a mechanických dílů zvláštní smlouvou nebo doplňkem Technických podmínek, popř. výjimkou z normy.

Řada jmenovitých hodnot a jejich přesnost neboli dovolené odchylky jsou stanoveny čs. státními normami. Rozsah pracovních teplot, změny vlastností součástek při změně teploty nebo napětí udává závazně výrobce.

Pokud je to pro volbu součástek nutné, uvádíme je vždy pro tu kterou skupinu součástek (rezistory vrstvé, drátové, potenciometry, kondenzátory atd.).

### 1.3. Volba součástek

Volba součástek záleží na účelu (druh přístroje, provozní podmínky atd.), na prostředí, v němž má přístroj pracovat, na ekonomičnosti (cena speciálních součástek je samozřejmě mnohem vyšší) a dosažitelnosti. Spotřebitelé odkázaní na maloobchodní síť si totiž nebezpečné součástky mohou obtížně opatřit, protože v maloobchodní síti se obvykle neprodávají. I výrobní organizace si je musejí předem objednávat u výrobce, a to v určitém minimálním (tzv. limitním) množství, obvykle několik set kusů. (Nyní však některé výrobní podniky, např. TESLA, n. p., zavádějí tzv. zásilkovou službu — součástky lze objednat písemně ve vybraných odbytových střediscích).

Pro konstrukci rozhlasových přijímačů, zesilovačů, fotografických elektronických blesků a podobných zařízení, která budeme používat v našich mírných klimatických podmínkách, vystačíme se součástkami běžné jakosti. (Mírné klima podle ČSN 03 8203 se zeměpisně protírá kolem 50. rovnoběžky v celé střední Evropě a evropské části SSSR. Střední teploty se tu pohybují mezi  $-15$  a  $+25^{\circ}\text{C}$ , jen zřídka klesají pod  $-30^{\circ}\text{C}$  nebo přesáhnou  $+37^{\circ}\text{C}$ ; s rezervou tedy od  $-40$  do  $+40^{\circ}\text{C}$ . Relativní vlhkost vzduchu kolísá od 40 do 70 %, výjimečně přesáhne 80 %.)

Do klimatických vlivů by se měla zahrnout také koroze, kterou působí např. kouřové a výfukové plyny (zvláště se sloučeninami síry), hmotné částičky (prach, popílek), vodní srážky (orosení, déšť, sníh) a někdy i biologičtí činitelé (plíseň, hmyz, hlodavci). U zařízení skladovaných a provozovaných

vaných převážně v místnostech však při volbě součástek nemusíme klimatické vlivy brát příliš v úvahu. Důležitý je především vliv teplotních změn a vlhkosti, podle nichž se součástky rozdělují.

### 1.3.1: Kategorie odolnosti

Podle klimatické odolnosti se součástky dělí na několik kategorií, které se označují číselným kódem. Ten se skládá ze tří skupin číslic, oddělených vždy lomící čarou. První skupina zleva udává nejnižší přípustnou teplotu (většinou pod bodem mrazu). Druhá skupina udává nejvyšší mezní teplotu; je-li menší než  $+100^{\circ}\text{C}$ , doplňuje se předřazenou nulou. Poslední skupina udává odolnost proti vlhkosti, vyjádřenou délkou trvání speciální zkoušky tzv. vlhkým teplem podle ČSN 34 5681 „Klimatické a mechanické zkoušky odolnosti elektrických předmětů“. Je-li předepsaná zkouška kratší než 10 dnů, předradí se skupině rovněž nula. Má-li být zkouška vlhkým teplem doplněna sušením (trvajícím obvykle 6 h), předřazuje se číslice 9. Tento způsob je v ČSN 35 8031 „Označování odolnosti součástek pro elektroniku proti vnějším vlivům“ označen jako způsob A.

*Příklady:* 1. Miniaturní vrstvý rezistor TR 112a má udánu kategorii 55/100/21. Snese tedy rozsah teplot od  $-55$  do  $+100^{\circ}\text{C}$  a vyhovuje dlouhodobé zkoušce vlhkosti v délce trvání 21 den.

2. Polystyrenový kondenzátor TC 286 má kategorii 10/055/094, tzn. snese nejnižší dovolenou teplotu  $-10^{\circ}\text{C}$ , nejvyšší teplotu  $+55^{\circ}\text{C}$  a zkoušku vlhkým teplem po dobu 4 dnů, s následujícím sušením 6 h.

Tyto zkoušky samozřejmě nemůže průměrný spotřebitel provádět — je však dobré vědět, co které označení kategorie znamená, neboť nám hodně napoví o vhodnosti součástky pro námi zamýšlené použití. Pro běžnou potřebu udává výrobce nejčastěji jen mezní teploty, např.: „Rozsah provozních teplot  $-10$  až  $+70^{\circ}\text{C}$ .“

Kromě uvedeného označení klimatické odolnosti způsobem A se někdy také používá způsob B, při němž vznikne trojmístný číselný kód (bez lomících čar), kde každá číslice udává stupeň přísnosti základních zkoušek podle normy ČSN 34 5681. Např. 756.

a) První číslice znamená i zde nejnižší přípustnou provozní teplotu [ $^{\circ}\text{C}$ ], ale současně i odolnost součástky proti nízkému tlaku vzduchu a proti chvění takto:

3 —  $-65^{\circ}\text{C}$ ; odolnost proti nízkému tlaku od 4,4 kPa (kilopascalů, tj. podle dřívějšího značení 44 milibarů) a proti chvění podle zkoušky uvedené v citované normě (součástky vhodné pro použití ve výšce do 20 km),

4 —  $-55^{\circ}\text{C}$ ; odolnost proti nízkému tlaku od 8,5 kPa (= 85 mb) a proti chvění definovanému v normě (součástky určené pro letecká palubní zařízení),

5 —  $-40^{\circ}\text{C}$ ; odolnost proti nízkému tlaku od 30 kPa (= 300 mb) a proti chvění mírnějším než pod číslicí 4,

6 —  $-25^{\circ}\text{C}$ ; takto označené součástky jsou vhodné pro průmyslové použití na pevnině a pro provoz v mírných klimatických podmínkách,  
7 —  $-10^{\circ}\text{C}$ ; součástky jsou určeny pro zařízení používaná v domácnostech a uzavřených prostorech, popř. zařízení určená pro provoz v subtropickém pásmu.

b) Druhá číslice udává nejvyšší dovolenou teplotu v provozu takto:

2 — $+155^{\circ}\text{C}$	6 — $+70^{\circ}\text{C}$
3 — $+125^{\circ}\text{C}$	7 — $+55^{\circ}\text{C}$
4 — $+100^{\circ}\text{C}$	8 — $+40^{\circ}\text{C}$
5 — $+85^{\circ}\text{C}$	

c) Třetí číslice vyjadřuje odolnost proti vlhkosti, popř. odolnost proti plísním a slané mlze takto:

4 — součástky tropického provedení, odolné proti plísním a slané mlze (námořní zařízení, popř. provoz v tropickém prostředí),

5 — součástky určené pro provoz v subtropickém pásmu,

6 — součástky určené pro všeobecné použití v mírném pásmu,

7 — součástky určené pro používání v utěsněných zařízeních.

*Příklad:* Trojčíslí 656 označuje součástku pro dovolené rozmezí provozních teplot od  $-25$  do  $+85^{\circ}\text{C}$ , určenou pro všeobecné použití v mírném klimatickém pásmu.

## 1.4. Zacházení se součástkami

Každou součástku je dobře před použitím prohlédnout, např. nejsou-li vývodní čepičky odporů uvolněné, není-li kondenzátor prasklý a podobně. Máme-li možnost, je výhodné součástku přezkoušet a změřit hodnotu nebo (u kondenzátoru) izolační odpor. Ušetříme tím možná hodně času při pozdějším ožívání přístroje nebo hledání závady. To se zvláště doporučuje u součástek z partiových prodejen. Zásadně nepoužívejme pro seriózní práci staré součástky, i když snad byly vymontovány z přístroje, který 30 let výborně sloužil! Součástky totiž stárnou, jejich hodnota a stálost se mění jak používáním a skladováním, tak i několikanásobným pájením. Takové součástky se pro vážnou práci naprosto nehodí.

Ale ani nové součástky nemusejí ještě zaručovat správnou činnost přístroje. Obvykle se totiž připojují pájením a přitom se mohou poškodit (teplota pájecího hrotu bývá až  $350^{\circ}\text{C}$ ) nebo se mohou poškodit i elektrickým výbojem ze sítě při svodu tělíska páječky apod. To platí zvláště pro tranzistory, integrované obvody a jiné polovodičové součástky. Poškodit je lze i mechanicky, např. nalomením vývodního drátku, ohneme-li jej v ostrém úhlu těsně u součástky. Přitom může prasknout izolátor, jímž drátek prochází. Proto při montáži, zkoušení a měření choulostivých součástek je nutné postupovat opatrně. To platí zvláště pro polovodičové prvky (ještě se k tomu vrátíme v příslušné kapitole).

Pájení v elektronice je převážně tzv. měkké; používá se „cín“, správněji



eutektická pájka, složená přibližně ze 60 % cínu a 40 % olova. Větší procento olova zhoršuje pájitelnost a spoj časem krystaluje, křehne a oxiduje. Jako čistící prostředek se má používat kalafuna, roztok kalafuny v lihu (popř. s přísadou několika šupinek anilinhydrochloridu) nebo nekorodující pasty (Eumetol apod.); nikdy nepoužíváme tzv. klempířskou vodičku — chlorid zinečnatý se salmiakem. I její páry, vznikající při styku s hrotem horké pájky, působí dlouhodobě korozi a poškození součástek v širokém okolí pájeného místa!

Pájecí očka, drátové vývody kondenzátorů, rezistorů apod. bývají výrobcem pocínovány, postříbřeny nebo mají jinak upravený povrch. Dlouhým skladováním, zvláště v nevhodném prostředí (obsah sloučenin síry z kouřových plynů) jejich povrch oxiduje nebo se pokrývá vrstvičkou jiných sloučenin (černého siřníku stříbra apod.), které brání dobrému přilnutí cínové pájky. Takové vývody je nutné před pájením očistit škrabkou nebo nožičkem. Dobře očištěná a připravená pájecí místa (např. na plošných spojích) vystačí s přiložením páječky po dobu 1 až 2 s, i když samozřejmě součástky většinou snesou delší ohřátí. Vždy však hledíme pájet co nejkratší dobu. Součástku nebo vývod přitom držíme a nepohybujeme s ní, dokud pájka nezuhne. Nesmíme však chtít urychlit tuhnutí ochlazením, např. přiložením nasliněného prstu. Rychle ochlazený cín je křehký, a spoj je proto málo pevný. Dobře spájené místo má zůstat lesklé i po vychladnutí. Také pájecí pastou šetříme a její zbytky popřípadě odstraníme hadříkem navlhčeným v lihu. Jsou totiž příčinou usazování prachu a zhoršování izolačních vlastností materiálů.

Při pájení polovodičových součástek, které jsou na teplo choulostivé, odvádíme teplo z pájených vývodů, např. plochými kleštičkami, nebo lékařskými klíšťkami (peánem), které nemusíme držet. Dovolená teplota uvnitř germaniových tranzistorů a diod je totiž většinou asi  $+75^{\circ}\text{C}$ , což je nepoměrné k teplotě hrotu páječky  $+300$  až  $+350^{\circ}\text{C}$ .

K ochlazení vývodů při pájení však nejsou vhodné některé „zlepšovací návrhy“, které se objevily i v radioamatérské literatuře, např. kousek navlhčené plsti v krokodýlové sorce apod. V místě styku s pájeným vývodem se totiž voda rychle vypaří a tím chladičí účinek takového přípravku končí, takže nemusí zabránit přehřátí.

*Shrneme:* Pájecí místa musí být rychle, ale dobře prohřáta a musí být i mechanicky pevná, nejen „přilepená“. Takové spoje se časem uvolní, aniž by to třeba bylo zrakem pozorovatelné. Pak vzniká nepříjemná a obtížně zjistitelná závada „studený spoj“, která se často projeví až po řadě měsíců a působí zvětšení hluku, praskoty nebo přerušování činnosti a tak ohrožuje správnou funkci a spolehlivost přístroje.

## 1.5. Řada jmenovitých hodnot a dovolených odchylek

Jmenovité hodnoty rezistorů a menších kondenzátorů se označují ná-  
tiskem na součástce a ve schématech písmenovým kódem podle ČSN  
35 8010. Toto označení se však nemá uvádět v technickém textu a dokumen-  
taci, kde se mají hodnoty označovat úplně, tj. správnými jednotkami.

Nyní se používají řady hodnot, odvozené z vyvolených čísel geometrické  
řady. Označují se E6, E12 a E24 podle toho, kolik členů je obsaženo v jedné  
dekádě dané řady (tab. 1).

Tabulka 1. Normalizované řady hodnot E 6 až E 24

E 6 ±20 %	E 12 ±10 %	E 24 ±5 %	E 6 ±20 %	E 12 ±10 %	E 24 ±5 %
100	100	100	330	330	330
		110			360
	120	120		390	390
		130			430
150	150	150	470	470	470
		160			510
	180	180		560	560
		200			620
220	220	220	680	680	680
		240			750
	270	270		820	820
		300			910

*Poznámka:* Elektrolytické kondenzátory se vyrábějí v hodnotách kapacit  
podle řady 1 — 2 — 5 — 10 a jejich dekadických násobků a zlomků těchto  
čísel. Také svitkové kondenzátory s papírovým dielektrikem větších ka-  
pacit (řádu mikrofaradů) mají hodnoty mimo uvedenou řadu.

Na základě požadavku přesných a velmi přesných součástek (např. re-  
zistorů) byly tyto řady rozšířeny až do E192 (tab. 2). Každá následující  
řada má vždy dvojnásobný počet členů než řada předchozí. Těmto řadám se  
někdy také říká procentní řady. V každé je totiž dovolena určitá nejvyšší

Tabulka 2. Řady hodnot E 48 až E 192

E 48 ±2 %	E 96 ±1 %	E 192 ±0,5 %
100	100	100
		101
	102	102
		104
105	105	105
		106
	107	107
		109
110	110	110
		111
	113	113
		114
115	115	115
		117
	118	118
		120
121	121	121
		123
	124	124
		126
127	127	127
		129
	130	130
		132

Tabulka 2. (pokračování)

E 48 ±2 %	E 96 ±1 %	E 192 ±0,5 %
133	133	133
		135
	137	137
		138
140	140	140
		142
	143	143
		145
147	147	147
		149
	150	150
		152
154	154	154
		156
	158	158
		160
162	162	162
		164
	165	165
		167
169	169	169
		172
	174	174
		176

Tabulka 2. (pokračování)

E 48 ±2 %	E 96 ±1 %	E 192 ±0,5 %
178	178	178
		180
	182	182
		184
187	187	187
		189
	191	191
		193
196	196	196
		198
	200	200
		203
205	205	205
		208
	210	210
		213
215	215	215
		218
	221	221
		223
226	226	226
		229
	232	232
		234

Tabulka 2. (pokračování)

E 48 ±2 %	E 96 ±1 %	E 192 ±0,5 %
237	237	237
		240
	243	243
		246
249	249	249
		252
	255	255
		258
261	261	261
		264
	267	267
		271
274	274	274
		277
	280	280
		284
287	287	287
		291
	294	294
		298
301	301	301
		305
	309	309
		312

Tabulka 2. (pokračování)

E 48 ±2 %	E 96 ±1 %	E 192 ±0,5 %
316	316	316
		320
	324	324
		328
332	332	332
		336
	340	340
		344
348	348	348
		352
	357	357
		361
365	365	365
		370
	374	374
		379
383	383	383
		388
	392	392
		397
402	402	402
		407
	412	412
		417

Tabulka 2. (pokračování)

E 48 ±2 %	E 96 ±1 %	E 192 ±0,5 %
422	422	422
		427
	432	432
		437
442	442	442
		448
	453	453
		459
464	464	464
		470
	475	475
		481
487	487	487
		493
	499	499
		505
511	511	511
		517
	523	523
		530
536	536	536
		542
	549	549
		556

Tabulka 2. (pokračování)

E 48 ±2 %	E 96 ±1 %	E 192 ±0,5 %
562	562	562
		569
	576	576
		583
590	590	590
		597
	604	604
		612
619	619	619
		626
	634	634
		642
649	649	649
		657
	665	665
		673
681	681	681
		690
	698	698
		706
715	715	715
		723
	732	732
		741

Tabulka 2. (pokračování)

E 48 ±2 %	E 96 ±1 %	E 192 ±0,5 %
750	750	750
		759
	768	768
		777
787	787	787
		796
	806	806
		816
825	825	825
		835
	845	845
		856
866	866	866
		876
	887	887
		898
909	909	909
		920
	931	931
		942
953	953	953
		965
	976	976
		988

odchylka v procentech na obě strany od jmenovité hodnoty, tzv. souměrná odchylka (např.  $\pm 5\%$ ). Tyto odchylky jsou uvedeny v tab. 3. Pro kondenzátory elektrolytické a keramické větších kapacit se často používají tzv. nesouměrné odchylky, kde jedna hodnota je větší než druhá (např.  $-10$  a  $+20\%$ ).

Tabulka 3. Souměrné odchylky

Řada	Odchylka [%]
E 6	$\pm 20^1)$
E 12	$\pm 10$
E 24	$\pm 5$
E 48	$\pm 2$
E 96	$\pm 1$
E 192	$\pm 0,5$ a méně <sup>2)</sup> )

1) Neoznačuje se u výrobků, kde je tato hodnota největší.

2) Řada E 192 se používá i pro přesné odchylky  $\pm 0,2\%$  a  $\pm 0,1\%$

Tabulka 4. Písmenové označení hodnot

Násobitel	Písmenový kód	
	system A	system B
1	bez označení nebo J*)	R
$10^3$	k	K
$10^6$	M	M
$10^9$	G	G
$10^{12}$	T	T

\*) Používá se, zastupuje-li desetinnou čárku.

### 1.5.1. Označení jmenovitých hodnot

Ke zkrácenému označení jmenovitých hodnot rezistorů a kondenzátorů se používá písmenový kód podle ČSN 35 8014. Tato norma uvádí kódový systém A a kódový systém B. Systém A je dosud u nás běžně používán v praxi, systém B podle doporučení IEC (Mezinárodní elektrotechnické komise) je perspektivní; zatím se používá jen u nových výrobků a velmi přesných hodnot. Bude však soustavně zaváděn v soulase s mezinárodní praxí. Protože se oba systémy podstatně liší, je nutné po určité přechodnou dobu používat oba kódové systémy. Pokud by to nebylo jasné, musí výrobce vyznačit, který kód je u výrobku použit. Ukončení tohoto období bude vyhlášeno po dohodě mezi výrobci a hlavními spotřebiteli. Od té doby se bude používat jen kódový systém B.

#### a) Písmenový kód pro jmenovité odpory rezistorů

Základní jednotkou je  $1 \Omega$ . Písmenový kód pro násobky je uveden v tab. 4 jak pro dosavadní systém (A), tak i pro perspektivní systém (B).

Pro názornost jsou v tab. 5 uvedeny příklady označení hodnot rezistorů kódovým systémem A a v tab. 6 příklady označení odporů kódovým systémem B.

Tabulka 5. Příklady označení hodnot odporů kódem A

Jmenovitý odpor	Kódové označení
0,47 $\Omega$	J47
1 $\Omega$	1
2,2 $\Omega$	2J2
100 $\Omega$	100
1 000 $\Omega$ (1 k $\Omega$ )	1k
4,7 k $\Omega$	4k7

Tabulka 6. Příklady označení hodnot odporů kódem B

Jmenovitý odpor	Kódové označení
0,1 $\Omega$	R10
1 $\Omega$	1R0
33,2 $\Omega$	33R2
470 $\Omega$	470R
1 000 $\Omega$ (1 k $\Omega$ )	1K0
2 200 $\Omega$	2K2

Jmenovitý odpor	Kódové označení
100 k $\Omega$ (0,1 M $\Omega$ )	M1
220 k $\Omega$	M22
3,3 M $\Omega$	3M3
100 M $\Omega$ (0,1 G $\Omega$ )	G1
1 G $\Omega$	1G
100 G $\Omega$ (0,1 T $\Omega$ )	T1

Jmenovitý odpor	Kódové označení
100 k $\Omega$ (0,1 M $\Omega$ )	100K
1 M $\Omega$	1M0
3,32 M $\Omega$	3M32
100 M $\Omega$ (0,1 G $\Omega$ )	100M
1 G $\Omega$	1G0
1 T $\Omega$	1T0

### b) Písmenový kód pro jmenovité kapacity kondenzátorů

Základní jednotkou v systému A je 1 pF, v systému B je základem 1 F (farad). Písmenové symboly pro násobitele základních jednotek obou systémů jsou uvedeny v tab. 7.

Tabulka 7. Písmenový kód systému A a B pro kapacity

Systém A		Systém B	
násobitel	kód	násobitel	kód
	bez označení nebo		
1	J*)	10 <sup>-12</sup>	p
10 <sup>3</sup>	k	10 <sup>-9</sup>	n
10 <sup>6</sup>	M	10 <sup>-6</sup>	$\mu$
10 <sup>9</sup>	G	10 <sup>-3</sup>	m
10 <sup>12</sup>	T	1	F

\*) Používá se, zastupuje-li desetinnou čárku.



Pro názornost jsou v tab. 8 uvedeny příklady označení jmenovitých kapacit kondenzátorů kódovým systémem A a v tab. 9 příklady označení kondenzátorů kódovým systémem B.

Tabulka 8. Příklady označení kapacit kódem A

Jmenovitá kapacita	Kódové označení
0,22 pF	J22
5,6 pF	5J6
30 pF	30
1 000 pF	1k
1 500 pF	1k5
3 300 pF	3k3

Tabulka 9. Příklady označení kapacit kódem B

Jmenovitá kapacita	Kódové označení
0,1 pF	p10
1 pF	1p0
56 pF	56 p
1 nF	1n0
3,3 nF	3n3
10 nF	10n

Jmenovitá kapacita	Kódové označení
0,2 $\mu$ F	M2
4,7 $\mu$ F	4M7
20 $\mu$ F	20M
100 $\mu$ F	G1
500 $\mu$ F	G5
1 000 $\mu$ F	1G

Jmenovitá kapacita	Kódové označení
220 nF	220 n
1 $\mu$ F	1 $\mu$ 0
5,9 $\mu$ F	5 $\mu$ 9
100 $\mu$ F	100 $\mu$
1 000 $\mu$ F (1 mF)	1m0
1 F	1F0

### 1.5.2. Označení dovolených odchylek

Rovněž dovolené odchylky v procentech jmenovitých hodnot se označují písmenovým kódem. Odchylky jsou buď souměrné kolem jmenovité hodnoty (např.  $\pm 10\%$ ), nebo nesouměrné, kdy jedna odchylka je větší, druhá je menší ( $-20\%$  a  $+50\%$ ). Takové odchylky se vyskytují zejména u elektrolytických a některých keramických kondenzátorů.

Nesouměrné odchylky se označují v kódové soustavě A dvěma písmeny, v soustavě B jediným písmenem. Dovolená odchylka se uvádí v kódovém označení součástky za lomící čarou. Největší souměrná odchylka v soustavě A,  $\pm 20\%$ , se neoznačuje (tab. 3).

Písmenové symboly pro dovolené odchylky v kódovém systému A i B jsou uvedeny v tab. 10. Na rozdíl od označení jmenovitých hodnot platí označení dovolených odchylek jak pro rezistory (s výjimkou nesouměrných odchylek), tak i pro kondenzátory.

Upozornění! V kódovém systému B postupují však znaky abecedně opačně než u systému A, což by mohlo vést ke značným omylům!

*Poznámka:* Na elektrolytických kondenzátorech (které mají většinou

nesouměrné odchylky kapacity) se dvoupísmenová odchylka neuvádí, aby nedošlo k záměně s kódovým označením výrobního data. Např. odchylka  $-20\%$  a  $+50\%$  má v soustavě A kódový znak QM, což je však také kódový znak výroby pro 1. měsíc roku 1975 (viz tab. 115). Uvádí se však vždy kódové označení data výroby (popř. se zkratkou výrobního podniku, pokud je na výrobku pro to místo, např. na kondenzátorech L znamená TESLA Lanškroun, n. p.).

Tabulka 10. Kódové označení dovolených odchylek

Dovolená odchylka [%]	Písmenový kód	
	system A	system B
<b>Souměrné odchylky</b>		
$\pm 0,1$	—	B
$\pm 0,25$	—	C
$\pm 0,5$	E	D
$\pm 1$	D	F
$\pm 2$	C	G
$\pm 5$	B	J
$\pm 10$	A	K
$\pm 20$	M*)	M
$\pm 30$	—	N
<b>Nesouměrné odchylky</b>		
$-10 \quad +30$	—	Q
$-10 \quad +50$	—	T
$-20 \quad +50$	QM	S
$-20 \quad +80$	RM	Z

\*) Neoznačuje se u výrobků, kde je tato odchylka největší.

### Příklady úplného označení:

1. Vrstvový rezistor TESLA má označení TR 144 / 220. Jaký má odpor? Protože není za lomící čarou žádné kódové písmeno, jde o odpor  $220 \Omega$ ,  $\pm 20\%$ .

2. Rezistor TR 181 má nátisk 1k8/A.

Je to rezistor s kovovou vrstvou hodnoty  $1800 \Omega$ , s odchylkou  $\pm 10\%$ .

3. Destičkový rezistor Wk 68124 je označený 680 R/C.

Tento přesný rezistor je nové výroby, označený kódovým systémem B. Má odpor  $680 \Omega$ ,  $\pm 0,25\%$ .

4. Polystyrenový kondenzátor má nátisk TC 294 47k/B.

To znamená kapacitu  $47 \text{ nF}$ ,  $\pm 5\%$ .

5. Přesný terylenový kondenzátor nové výroby TC 290 150 p/F by měl kapacitu 150 pF,  $\pm 1\%$ . (Příklad je zvolen pro názornost. — v době pořizování rukopisu se takový typ nevyroběl).

### 1.5.3. Barevný kód pro označování jmenovitých hodnot a dovolených odchylek

Jak plyne z předešlých odstavců, mělo by být na součástkách nátiskem uvedeno několik hodnot. K tomu je zapotřebí větší plocha, zatímco tendence k miniaturizaci přístrojů a zařízení vyžaduje stále menší součástky. Proto se postupně přechází k označování součástek barevným kódem, který má i tu výhodu, že označení je viditelné ze všech stran, kdežto nátisk hodnot není u součástek zabudovaných v přístroji často z větší či menší části viditelný.

Barevný kód pro jmenovité hodnoty rezistorů a kondenzátorů podle ČSN 35 8013 je uveden v tab. 11.

Tabulka 11. Označení jmenovitých hodnot a odchylek barevným kódem

Barva	Jmenovitá hodnota		Odchylka %
	číslice	násobitel	
černá	0	1	—
hnědá	1	10	$\pm 1$
červená	2	10 <sup>2</sup>	$\pm 2$
oranžová	3	10 <sup>3</sup>	—
žlutá	4	10 <sup>4</sup>	—
zelená	5	10 <sup>5</sup>	—
modrá	6	10 <sup>6</sup>	—
fialová	7	10 <sup>7</sup>	—
šedá	8	10 <sup>8</sup>	—
bílá	9	10 <sup>9</sup>	—
zlatá	—	10 <sup>-1</sup>	$\pm 5$
stříbrná	—	10 <sup>-2</sup>	$\pm 10$
bez barvy	—	—	$\pm 20$

Hodnoty se na součástkách vyznačují barevnými proužky, tečkami apod. v příslušné kombinaci. U válcových součástek (rezistory, některé kondenzátory) se zpravidla používá barevných proužků natištěných po celém obvodu. Barevné znaky příslušných kombinací se čtou v určitém pořadí: Na rezistorech je první proužek nejbliže okraji odporového tělíska, u miniaturních válcových elektrolytických kondenzátorů je první proužek nejbliže zápornému pólu kondenzátoru, u svitkových fóliových kondenzátorů

považujeme za první proužek nejbliže vývodu vnější fólie. U součástek jiného tvaru (např. u „kapkových“ tantalových elektrolytů) se používá odlišné označení, které je uvedeno u příslušných součástek.

K označení rezistorů a kondenzátorů se používá čtyř nebo pěti barevných značek podle toho, jde-li o jmenovité hodnoty v řadách E6 až E24 nebo E48 až E192 (tab. 12).

Tabulka 12. Význam barevných značek

a) Řada E 6, E 12, E 24

Pořadí	Význam
1. místo	číslice
2. místo	číslice
3. místo	násobitel
4. místo	odchylka

b) Řada E 48, E 96, E 192

Pořadí	Význam
1. místo	číslice
2. místo	číslice
3. místo	číslice
4. místo	násobitel
5. místo	odchylka

Základní jednotkou pro označení rezistorů barevným kódem je  $1 \Omega$ . Základní jednotkou pro označení kondenzátorů menších kapacit je  $1 \text{ pF}$ , pro elektrolytické kondenzátory  $1 \mu\text{F}$ .

Poznámky:

1. Protože význam číslicových znaků je na každém místě stejný, je v ČSN i v tab. 11 uveden pouze jednou (sloupce „číslice“).

2. V citované normě byla uvedena také odchylka  $\pm 5\%$  — zelená značka a  $\pm 10\%$  — bílá značka. Tyto barvy se u nových výrobků nepoužívají (používá se zlatá a stříbrná barva), proto nejsou v tab. 11 uvedeny.

*Příklady:* 1. Rezistor TESLA TR 112a má 4 barevné proužky v pořadí od kraje: červený, fialový, oranžový, stříbrný. Jaký má odpor a toleranci?

Podle tab. 11 je to odpor číslicové hodnoty 2 — 7 s násobitelem  $10^3$ , tedy  $27\,000 \Omega$ , s odchylkou  $\pm 10\%$ .

2. Miniaturní rezistor je označen 5 barevnými proužky v pořadí: hnědý, žlutý, oranžový, černý, hnědý.

Jde o přesný rezistor hodnoty 1 — 4 — 3 s násobitelem 1, tedy  $143 \Omega$ , s dovolenou odchylkou  $\pm 1\%$ .

## 1.6. Spojování součástek

Občas potřebujeme hodnotu rezistoru nebo kondenzátoru, která se nevyskytuje v normalizované vyráběné řadě, nebo nám nevyhovuje zatížitelnost rezistoru. Jindy chceme usměrňovat napětí vyšší, než jaké snese příslušná dioda, nebo provozní napětí filtračních kondenzátorů — zvláště elektrolytických — je pro náš účel nedostatečné.

Součástky vyhovující těmto požadavkům však není nutné pracně shánět — nehledě na to, že mnohdy se vůbec nevyrábějí. Téměř vždy stačí spojit dvě nebo více jednotlivých součástek paralelně nebo do série.

Kondenzátory se v tomto případě chovají opačně než odpory: Spojíme-li dva stejné nebo různé kondenzátory paralelně, je jejich výsledná kapacita větší, kdežto u stejně spojených rezistorů je výsledný odpor menší než hodnota rezistoru s nejmenším odporem. Paralelně spojené rezistory můžeme zatížit větším elektrickým proudem, kdežto skupina paralelně spojených kondenzátorů snese jen tak vysoké napětí, jaké má člen s nejnižším provozním napětím.

Zapojením rezistorů do série se zvětší jejich výsledný odpor; jsou-li však takto spojeny rezistory s různou zatížitelností, smějí celou skupinu zatížit jen takový proudem, jaký snese nejslabší člen. Naproti tomu v sérii spojené kondenzátory snesou napětí rovné součtu provozních napětí jednotlivých členů tohoto řetězce, ale výsledná kapacita je menší než kapacita kondenzátoru s nejmenší kapacitou.

Snad se to zdá trochu složité; je to však důležité při řešení problémů, s nimiž se v praxi často setkáme. Proto uvedeme základní početní vztahy pro spojování součástek.

### 1.6.1. Rezistory

#### a) Zvětšování odporu

Zapojíme-li více rezistorů do série, jejich odpory se aritmeticky sečítají

$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + \dots \quad [\Omega; \Omega, \Omega] \quad (1)$$

kde  $R_{\text{tot}}$  je výsledný odpor,

$R_1, R_2$  jsou odpory jednotlivých rezistorů

(Vzorce platí ovšem i pro jiné jednotky — k $\Omega$ , M $\Omega$  apod.).

Známe-li výsledný požadovaný odpor a zvolíme si jeden rezistor, zjistíme velikost druhého členu ze vztahu

$$R_2 = R_{\text{tot}} - R_1 \quad [\Omega; \Omega, \Omega] \quad (2)$$

Příklad: Jaký odpor mají rezistory 180, 22 a 470  $\Omega$  v sérii?

Podle (1)  $R_{\text{tot}} = 180 + 22 + 470 = 672 \Omega$ .

Tabuľka 13. Paralelné spojené rezistory (nebo sériové zapojené kondenzátory)

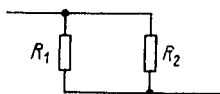
$B_2(C_2)$		100	120	150	180	220	270	330	390	470	560	680	820
$R_1(C_1)$													
10		9,1	9,23	9,38	9,48	9,56	9,64	9,71	9,75	9,79	9,83	9,86	9,89
12		10,7	10,9	11,1	11,3	11,4	11,55	11,58	11,64	11,7	11,75	11,78	11,83
15		13,0	13,3	13,6	13,9	14,1	14,22	14,35	14,45	14,54	14,6	14,68	14,74
18		15,3	15,7	16,1	16,4	16,6	16,9	17,07	17,2	17,34	17,45	17,54	17,63
22		18,0	18,6	19,2	19,6	20,0	20,3	20,62	20,8	21,0	21,18	21,3	21,42
27		21,3	22,0	22,9	23,5	24,0	24,5	25,0	25,25	25,55	25,75	26,0	26,15
33		24,8	25,9	27,0	27,9	28,7	29,4	30,0	30,4	30,9	31,2	31,5	31,72
39		28,0	29,4	31,0	32,0	33,1	34,1	34,9	35,45	36,0	36,5	36,9	37,25
47		32,0	33,8	35,8	37,3	38,7	40,0	41,2	42,0	42,7	43,4	43,95	44,5
56		35,9	38,2	40,8	42,7	44,7	46,4	48,0	49,0	50,0	50,9	51,8	52,45
68		40,5	43,4	46,8	49,4	51,9	54,4	56,4	57,9	59,4	60,6	61,8	62,8
82		45,0	48,7	53,0	56,4	59,8	62,9	65,7	67,8	69,8	71,6	73,2	74,6
100		50,0	54,5	60,0	64,3	68,8	73,0	76,8	79,6	82,5	84,9	87,2	89,2
120		54,5	60,0	66,7	72,0	77,7	83,1	88,0	91,8	95,7	98,9	102,0	104,7
150		60,0	66,7	75,0	81,9	89,2	96,5	103,0	108,3	114,0	118,0	123,0	127,0
180		64,3	72,0	81,9	90,0	99,0	108,0	116,5	123,0	130,0	136,0	142,0	148,0
220		68,8	77,7	89,2	99,0	110,0	121,0	132,0	141,0	150,0	158,0	166,0	174,0
270		73,0	83,1	96,5	108,0	121,0	135,0	148,0	160,0	172,0	182,0	192,0	203,0
330		76,8	88,0	103,0	117,0	132,0	148,0	165,0	179,0	194,0	208,0	228,0	235,0
390		79,6	91,8	108,0	123,0	141,0	160,0	179,0	195,0	213,0	230,0	248,0	264,0
470		82,5	95,7	114,0	130,0	150,0	172,0	194,0	213,0	235,0	256,0	278,0	299,0
560		84,9	98,9	118,0	136,0	158,0	182,0	208,0	230,0	256,0	280,0	307,0	333,0
680		87,2	102,0	123,0	142,0	166,0	193,0	222,0	248,0	278,0	307,0	340,0	372,0
820		89,2	105,0	127,0	148,0	174,0	203,0	235,0	264,0	299,0	333,0	372,0	410,0

## b) Zmenšování odporu

V tomto případě spojujeme rezistory paralelně (obr. 1). Nejčastěji využijeme s dvěma členy. Výsledný odpor

$$R_{\text{tot}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad [\Omega; \Omega, \Omega] \quad (3)$$

Význam symbolů je stejný jako u vzorce (1).



Obr. 1. Paralelní spojení dvou rezistorů

Známe-li jeden člen a žádaný odpor, použijeme k určení druhého členu vztah

$$R_2 = \frac{R_1 R_{\text{tot}}}{R_1 - R_{\text{tot}}} \quad [\Omega; \Omega, \Omega] \quad (4)$$

Hodnoty dvou paralelně spojených rezistorů (nebo v sérii zapojených kondenzátorů) normalizovaných hodnot uvádí tab. 13.

*Příklady:* 1. Potřebujeme odpor 2 k $\Omega$ . V normalizované řadě E12 je pouze rezistor 2,2 k $\Omega$ . Paralelně k němu bychom museli připojit rezistor (4)

$$R_2 = \frac{2 \cdot 2,2}{2,2 - 2} = \frac{4,4}{0,2} = 22 \text{ k}\Omega$$

2. Jaký je výsledný odpor paralelně spojených rezistorů 27  $\Omega$  a 330  $\Omega$ ? V tab. 13 najdeme  $R_{\text{tot}} = 25 \Omega$ .

*Poznámka:* Stejněho výsledku lze dosáhnout zapojením vhodných rezistorů do série. Např. podle příkladu 1 získáme odpor 2 k $\Omega$  také sériovým spojením rezistorů 1,8 k $\Omega$  a 200  $\Omega$  (z řady E24). Konstruktor musí zvážit okolnosti, výhody a vady obou způsobů a podle toho zvolit vhodnější.

## c) Zvětšení zatížitelnosti rezistorů

Obecně je jmenovité zatížení rezistoru dáno vztahem

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R} \quad [\text{W}; \text{V}, \text{A}, \Omega] \quad (5)$$

kde  $P$  je zatížení,

$U$  napětí,

$I$  proud,

$R$  odpor.

Proudové zatížení některých rezistorů normalizovaných odporů typu 0,125 až 100 W je uvedeno v tab. 14a.

Proudová nebo výkonová zatížitelnost se zvětší paralelním spojením. Je však nutné dát pozor na to, aby některý ze zapojených rezistorů nebyl přetížen.

Tabulka 14a. Proudová zatížitelnost rezistorů [mA]

$P$ [W]												
$R$ [Ω]	0,125	0,25	0,5	1	2	4	6	8	15	25	50	100
5,6	146	211	298	422	597	845	1 035	1 195	1 636	2 112	2 985	4 220
6,8	132	192	271	383	542	767	939	1 085	1 485	1 918	2 710	3 830
8,2	120	174	247	349	494	698	855	988	1 352	1 746	2 490	3 490
10	110	158	223	316	447	632	775	894	1 225	1 580	2 235	3 160
12	100	144	204	288	408	577	707	816	1 118	1 443	2 040	2 880
15	89	129	182	258	365	516	632	730	1 000	1 290	1 825	2 580
18	81	117	166	235	333	470	577	666	912	1 174	1 667	2 350
22	73	107	150	213	301	426	522	603	825	1 066	1 507	2 130
27	67	96	136	192	272	385	470	544	745	962	1 362	1 920
33	60	87	123	174	246	348	426	492	674	870	1 232	1 740
39	55	80	113	160	226	320	392	453	620	800	1 132	1 600
47	50	73	103	145	206	290	357	412	564	729	1 030	1 460
56	46	67	94	133	189	267	327	378	517	668	945	1 330
68	42	60	85	120	170	242	297	343	470	606	857	1 210
82	38	55	78	110	156	222	270	312	427	552	780	1 100
100	31	45	64	90	129	182	223	258	387	456	645	910
150	28	41	57	80	115	163	200	230	316	408	577	820
180	25	37	52	74	105	149	182	210	288	372	527	740
220	23	34	47	67	95	134	165	190	261	337	476	675
270	21	30	43	61	86	120	149	172	235	304	430	610
330	19	27	39	55	77	110	135	155	212	275	389	550
390	17	25	36	50	70	100	124	143	196	253	358	500
470	16	23	32	46	65	92	113	130	178	230	326	460
560	14	20	30	42	59	84	103	119	163	210	298	420
680	13	19	27	38	54	76	94	108	148	190	270	380
820	12	17	24	35	49	69	85	98	135	174	247	350

Vždy volíme raději typy o jmenovitém zatížení o něco větším než potřebujeme, zvláště s ohledem na oteplení při provozu, jak bude uvedeno dále. Při paralelním řazení je na obou (nebo všech) rezistorech stejné napětí, které nesmí být vyšší než mezní napětí dané výkonovou zatížitelností a hodnotou kteréhokoliv z rezistorů (tab. 14b). Druhý rezistor při tom nemusí být zatížen naplno, takže celkové zatížení spojených rezistorů může být menší — ale ne větší — než součet dovolených zatížení jednotlivých rezistorů.

Neuvažujeme-li změnu velikosti odporu, bude možné skupinu paralelně spojených rezistorů zatížit součtem jmenovité zatížitelnosti všech členů, tedy

$$P_{\text{tot}} = P_1 + P_2 + \dots \quad [W; W, W] \quad (6)$$

kde  $P_{\text{tot}}$  je celková zatížitelnost,

$P_1, P_2$  jsou zatížení jednotlivých rezistorů.



Tabulka 14a. Proudová zatížitelnost rezistorů [mA] (pokračování)

R [kΩ]	P [W]											
	0,125	0,25	0,5	1	2	4	6	8	15	25	50	100
1	11	16	22	31,6	44	63	77	89	122	158	223	316
1,2	10	14,4	20	28	40	57	70	80	112	144	204	290
1,5	9	13	18	25	36	50	63	73	100	129	182	258
1,8	8	12	16	23	33	47	57	66	91	117	166	235
2,2	7	10,6	16	21	30	42	52	60	82	106	150	215
2,7	6,5	9,6	13	19	27	38	47	54	74	96	136	192
3,3	6	8,7	12	17	24	34	42	49	67	87	123	174
3,9	5,5	8	11	16	22	32	39	45	62	80	113	160
4,7	5	7,3	10	14	20	29	35	41	56	73	103	145
5,6	4,6	6,6	9,4	13	19	26	32	37	52	66	94	133
6,8	4,2	6	8,5	12	17	24	29	34	47	60	85	120
8,2	3,8	5,5	7,8	11	15	22	27	31	42	55	78	110
10	3,4	5	7	10	14	20	24	28	38	50	70	100
12	3,1	4,5	6,4	9	13	18	22	25	35	45	64	90
15	2,8	4	5,7	8	11	16	20	23	31	40	57	80
18	2,5	3,7	5,2	7,4	10	15	18	21	29	37	52	74
22	2,3	3,3	4,7	6,7	9,5	13	16	19	26	33	47	67
27	2	3	4,3	6	8,6	12	15	17	23	30	43	60
33	1,9	2,7	3,9	5,5	7,7	11	13	15	21	27	39	55
39	1,7	2,5	3,5	5	7	10	12	14	19	25	35	50
47	1,6	2,3	3,2	4,6	6,5	9,2	11	13	18	23	32	46
56	1,4	2,1	3	4,2	5,9	8,4	10	12	16	21	30	42
68	1,3	1,9	2,7	3,8	5,4	7,6	9,4	10	15	19	27	
82	1,2	1,7	2,4	3,4	4,9	6,9	8,5	9,8	13	17		
100	1,1	1,5	2,2	3,2	4,4	6,3	7,7	8,9	12	15		

Potřebné zatížení členu určíme podobně jako u velikosti odporu

$$P_2 = P_{\text{tot}} - P_1 \quad [W; W, W] \quad (7)$$

Má-li zůstat výsledný odpor paralelně spojených rezistorů zachován, rozdělí se zatížení v nepřímém poměru hodnot odporů. Pro dva rezistory je zatížení

$$P_1 = P_{\text{tot}} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad [W; W, \Omega] \quad (8)$$

popř.

$$P_2 = P_{\text{tot}} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad [W; W, \Omega] \quad (9)$$

*Příklady:* 1. Rezistorem s odporem 1,2 kΩ má procházet proud 12 mA. Jaké bude jeho výkonové zatížení?

Tabulka 14b. Napětové zatížení rezistorů [V]

$P$ [W]	0,125	0,25	0,5	1	2	4	6	8	15	25	50
5,6	0,8	1,2	1,6	2,4	3,3	4,7	5,8	6,7	9	12	17
6,8	0,9	1,3	1,8	2,6	3,7	5,2	6,4	7,5	10	13	18
8,2	1,0	1,4	2,0	3,0	4,0	5,7	7	8	11	14	20
10	1,1	1,6	2,2	3,2	4,5	6,3	7,7	9	12	16	22
12	1,2	1,7	2,5	3,5	5	7	8,5	10	13	17	25
15	1,3	1,9	2,7	3,9	5,5	7,7	9,5	11	15	19	27
18	1,5	2,1	3	4,2	6	8,5	10	12	16	21	30
22	1,7	2,4	3,3	4,7	6,6	9,5	11	13	18	23	33
27	1,8	2,6	3,7	5,2	7,4	10	13	15	20	26	37
33	2	2,9	4	5,8	8	11,5	14	16	22	29	40
39	2,2	3	4,4	6,3	8,8	12,5	15	17	24	31	44
47	2,4	3,4	4,8	6,8	9,7	14	17	19	26	34	48
56	2,6	3,7	5,3	7,5	11	15	18	21	29	37	53
68	2,9	4	5,8	8	12	16	20	23	32	40	58
82	3,2	4,5	6,5	9	13	18	22	25	35	45	64
100	3,5	5	7	10	14	20	25	28	38	50	70
120	4	5,5	7,8	11	15	22	27	30	42	55	78
150	4,3	6	8,6	12	17	25	30	35	47	60	86
180	4,7	6,7	9,5	13	19	27	33	38	52	67	95
220	5,2	7,4	11	15	21	30	36	42	57	74	105
270	5,8	8,2	12	16	23	33	40	46	63	82	116
330	6,4	9	13	18	26	36	45	51	70	90	128
390	7	10	14	20	28	39	48	56	76	99	139
470	7,7	11	15	22	31	43	53	61	84	109	158
560	8,4	12	16	24	33	47	58	67	90	119	167
680	9,2	13	18	26	37	52	64	73	100	130	184
820	10	14	20	29	41	57	70	80	110	143	202

Poznámka: Některé hodnoty napětí jsou zaokrouhleny.

Podle vztahu (5)  $P = 0,012^2 \cdot 1200 = 0,17$  W. Použijeme rezistor pro zatížení 0,25 W.

2. Potřebujeme drátový rezistor 300  $\Omega$  pro proud 0,1 A. V normalizované řadě je však nejbližší odpor 330  $\Omega$ . K němu je tedy nutné paralelně připojit rezistor (3)

$$R_2 = \frac{330 \cdot 300}{330 - 300} = \frac{99\,000}{30} = 3300 \Omega$$

Celkové zatížení této dvojice (5) je  $300 \cdot 0,1^2 = 300 \cdot 0,01 = 3$  W.

Tabulka 14b. (pokračování)

R [kΩ]	P [W]										
	0,125	0,25	0,5	1	2	4	6	8	15	25	50
1	11	16	22	32	45	63	77	89	122	158	224
1,2	12	17	24	35	49	69	85	98	134	173	245
1,5	13	19	27	35	55	77	95	110	150	194	274
1,8	15	21	30	42	60	85	104	120	164	212	300
2,2	16	23	33	47	66	94	115	133	182	234	332
2,7	18	26	37	52	73	104	127	147	200	260	367
3,3	20	29	41	57	81	115	141	162	222	287	406
3,9	22	31	44	62	88	125	153	177	242	312	442
4,7	24	34	49	69	97	137	168	194	265	342	485
5,6	26	37	53	77	106	150	183	212	290	374	529
6,8	29	41	58	82	117	165	202	233	319	412	583
8,2	32	45	64	91	128	181	222	256	350	453	640
10	35	50	71	100	141	200	245	283	387	500	707
12	39	55	77	110	155	219	268	310	424	548	775
15	43	61	86	122	173	245	300	346	474	612	866
18	47	67	95	134	190	268	329	379	520	671	949
22	52	74	105	148	210	297	363	420	574	742	1 050
27	58	82	116	164	232	329	402	465	636	822	1 162
33	64	91	128	182	257	363	445	514	703	908	1 285
39	70	99	140	197	279	395	484	558	765	987	1 396
47	77	108	153	217	306	434	531	613	840	1 084	1 533
56	84	118	167	237	335	473	580	669	916	1 183	1 673
68	92	130	184	260	369	521	639	738	1 010	1 304	1 844
82	101	143	202	286	405	573	700	810	1 110	1 432	
100	112	158	224	316	447	632	775	894	1 220		
220	166	235	332	469	663	938	1 149	1 327			
470	242	343	485	686	969	1 370	1 679	1 939			

Zatížení rezistoru  $R_1 = 330 \Omega$  (8) je

$$P_1 = 3 \frac{3300}{3300 + 330} = \frac{9900}{3630} = 2,73 \text{ W}$$

a rezistoru  $R_2 = 3300 \Omega$  (9)

$$P_2 = 3 \frac{330}{3300 + 330} = \frac{990}{3630} = 0,273 \text{ W}$$

(Opět použijeme rezistory pro větší jmenovité zatížení, např. rezistor  $R_2 = 3,3 \text{ k}\Omega$  pro zatížení  $0,5 \text{ W}$  a rezistor  $R_1 = 330 \Omega$  typu  $4 \text{ W}$ .)

## 1.6.2. Kondenzátory

### a) Zvětšení kapacity

dosáhneme paralelním spojením několika kondenzátorů.

Výsledná kapacita

$$C_{\text{tot}} = C_1 + C_2 + \dots \quad [\text{pF}; \text{pF}, \text{pF}] \quad (10)$$

kde  $C_{\text{tot}}$  je výsledná kapacita,

$C_1, C_2$  kapacita jednotlivých členů.

Poznámka: Vzorce platí samozřejmě i pro jiné jednotky, např. nF,  $\mu\text{F}$  apod., ovšem všechny členy je nutné dosazovat ve stejných jednotkách.

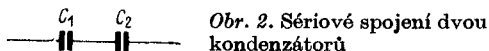
Při jednom daném kondenzátoru a známé celkové potřebné kapacitě zjistíme druhý potřebný člen ze vztahu

$$C_2 = C_{\text{tot}} - C_1 \quad [\text{pF}; \text{pF}, \text{pF}] \quad (11)$$

*Příklady:* Do obvodu nízkofrekvenční propusti potřebujeme kondenzátor o kapacitě  $C = 2,47 \text{ nF}$ . V normalizované řadě je nejbližší nižší kapacita  $2,2 \text{ nF}$ . Připojíme k ní tedy paralelně kondenzátor (11)  $C_2 = 2,47 - 2,2 = 0,27 \text{ nF}$  neboli  $270 \text{ pF}$ .

### b) Zmenšení kapacity

dosáhneme řazením kondenzátorů do série (obr. 2).



Výsledná kapacita je

$$C_{\text{tot}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad [\text{pF}; \text{pF}, \text{pF}] \quad (12)$$

Máme-li kondenzátor o kapacitě větší než potřebujeme, zmenšíme výslednou kapacitu sériovým kondenzátorem

$$C_2 = \frac{C_1 \cdot C_{\text{tot}}}{C_1 - C_{\text{tot}}} \quad [\text{pF}; \text{pF}, \text{pF}] \quad (13)$$

*Příklady:* 1. Kondenzátor o kapacitě  $560$  a  $1000 \text{ pF}$  v sérii dají výslednou kapacitu (12)

$$C_{\text{tot}} = \frac{560 \cdot 1000}{560 + 1000} = \frac{560\,000}{1560} \doteq 360 \text{ pF}$$

2. Do oscilátoru superhetu potřebujeme doladovací kondenzátor  $500 \text{ pF}$ . Nejbližší větší vyráběná normalizovaná kapacita je  $560 \text{ pF}$ . Podle (13) je nutné zapojit do série s ním kondenzátor

$$C_2 = \frac{560 \cdot 500}{560 - 500} = \frac{280\,000}{60} = 4667 \text{ pF}$$

Použijeme normalizovanou kapacitu 4700 pF. Můžeme však také s výhodou použít paralelně spojené kondenzátory 470 pF + 33 pF. Dostaneme kapacitu 503 pF, tj. rozdíl je jen +0,6 % (nehledě na dovolené výrobní odchylky kapacit).

### c) Zvětšení provozního napětí

Lze správně provádět jen u kondenzátorů větších a řádově stejných kapacit spojením do série. V praxi — zvláště u větších kapacit kondenzátorů ve zdrojích — se k nim ještě připojují paralelně vhodné rezistory, aby se při zapnutí na nich napětí stejnoměrně rozdělilo a nezpůsobilo průraz některého kondenzátoru. Proud procházející odpory má být podle zkušenosti asi 2 až 2,5 mA pro velké kapacity elektrolytických kondenzátorů na nízké napětí (do 50 až 100 V) a asi 1 mA pro menší kapacity s vyšším provozním napětím (150 až 450 V).

Výsledné provozní napětí takové skupiny kondenzátorů je součtem napětí jednotlivých členů

$$U_{\text{tot}} = U_1 + U_2 + \dots \quad [V; V, V] \quad (14)$$

kde  $U_{\text{tot}}$  je celkové provozní napětí,

$U_1, U_2$  jsou napětí na jednotlivých kondenzátorech.

Při seriovém zapojení kondenzátorů se ovšem výsledná kapacita zmenší, jak bylo již uvedeno dříve. Je tedy nutné použít kondenzátory příslušně větší kapacity, než jakou potřebujeme. V napájecích zdrojích obvykle zapojujeme dva nebo tři stejné kondenzátory v sérii (podle velikosti potřebného napětí) a volíme dvojnásobek až trojnásobek žádané kapacity.

*Příklad:* Do zdroje o napětí 50 V pro výkonový tranzistorový zesilovač potřebujeme elektrolytické kondenzátory o kapacitě 250  $\mu\text{F}$ . Máme však k dispozici jen typ TE 986 se jmenovitým napětím 35 V.

Spojíme-li dva kondenzátory v sérii, snesou provozní stejnosměrné napětí až 70 V. Pro požadovanou kapacitu 250  $\mu\text{F}$  musíme však použít velikost o kapacitě 500  $\mu\text{F}$ . Paralelně ke každému z nich připojíme odpor,

který určíme podle Ohmova zákona  $R = \frac{U}{I}$ . Pro proud 2 mA a napětí

50 V to bude  $R = \frac{50}{0,002} = 25\,000 \Omega$  neboli 25 k $\Omega$  na zatížení (5) 0,002 $\cdot$

$\cdot 25\,000 = 0,1 \text{ W}$ . (Použijeme rezistor pro zatížení 0,125 nebo lépe 0,25 W).

*Poznámka:* Přísně vzato, stačil by zde paralelní rezistor o takové velikosti, aby proud jím procházející byl asi stejný jako tzv. zbytkový proud elektrolytického kondenzátoru (viz kapitola Elektrolytické kondenzátory). Protože tento proud se však mění a po delším nepoužívání zařízení se i dost značně zvětšuje, volíme raději rezistor menší hodnoty, která zaručeně vyhoví v každém případě. Proud procházející tímto ochranným rezistorem je i tak zcela zanedbatelný ve srovnání s proudem odebíraným ze zdroje.

## 1.7. Zvětšení spolehlivosti a prodloužení doby života součástek

Technické požadavky na moderní elektronická zařízení se neustále zvyšují. Zařízení jsou složitější a obsahují velký počet nejrůznějších součástek. Rozvoj polovodičové techniky a zavedení integrovaných obvodů zasahuje téměř do všech oborů techniky. Hovoří-li pražský telefonní účastník automatickou volbou se svým partnerem třeba v Košicích, ani si neuvědomuje, že jeho hovor je možný jen díky dokonalosti vysokofrekvenčního přenosového systému, který se skládá z mnoha přístrojů, zesilovačů a napájecích zdrojů. Ještě výraznější je to u samočinných počítačů. Pro rychlé a přesné provádění složitých početních operací a uchování mnoha miliónů dat v paměti počítače je zapotřebí desetitisíců aktivních i pasivních součástí, pracujících spolehlivě a co nejdéle dobu bez poruchy.

Protože se však spolehlivost zařízení zmenšuje s narůstajícím množstvím součástek, je nutné již při návrhu věnovat jejich výběru velkou pozornost a dodržovat řadu zásad, aby zařízení splňovalo požadavky na bezporuchový a ekonomický provoz.

V kapitole 1.2. jsme rozčlenili elektronická zařízení podle účelu a funkce do tří skupin. V každé platí jiné požadavky. Z nich je nutné při navrhování vycházet a volit takové součástky, které vyhoví z hlediska zatížitelnosti elektrickým proudem a napětím i z hlediska rozmezí dovolených teplot a dalších klimatických a mechanických odolností.

Je rozdíl, stavíme-li amatérský rozhlasový přijímač nebo zesilovač, který bude pracovat v místnosti s malými změnami teploty a vlhkosti, nebo navrhujeme-li zařízení, které bude umístěno venku a musí spolehlivě pracovat za každého počasí i při značných rozdílech teploty. Zcela speciálním oborem jsou měřicí zařízení, přijímače, vyslače, televizní kamery a ostatní přístroje pro kosmický výzkum. I zde se naše výzkumné ústavy a výrobní podniky dovedou vyrovnat s velmi přísnými požadavky na spolehlivost, dobu života a bezporuchový provoz.

### 1.7.1. Co ovlivňuje spolehlivost a dobu života

Nikdy, ani u méně náročných zařízení nesmíme připustit překročení dovolených parametrů součástek, jak jsou uvedeny v Technických podmínkách výrobce nebo katalogu. Především je nutné zvážit elektrické zatížení součástky, které popřípadě předem přibližně zkontrolujeme výpočtem. V zařízení pak použijeme raději součástku pro jmenovité zatížení alespoň o stupeň vyšší.

Při zvýšené teplotě okolí nebo při vysoké teplotě vzniklé za provozu uvnitř přístroje nesmíme zatěžovat rezistory jejich jmenovitým příkonem, ale vždy méně, podle křivek, které výrobce udává pro daný druh odporu. Parametry součástek totiž nezůstávají konstantní. Mění se s teplotou, vlhkostí, velikostí přiloženého napětí atd., ale i stářím a skladováním.

Vliv teploty na hodnoty součástek udává tzv. teplotní součinitel  $TK$ . Rozumí se jím vratná změna hodnoty určité veličiny (např. odporu) v závislosti na teplotě, vztažená na  $1^\circ\text{C}$ . Např. vrstvé uhlíkové rezistory mají  $TK$  odporu řádově  $10^{-3}$ , stabilní rezistory s kovovou vrstvou asi  $10^{-4}$  běžné drátové rezistory podle použitého materiálu 2 až  $3 \cdot 10^{-4}$  atd. Přesnější hodnoty jsou uvedeny u jednotlivých druhů.

Změna teploty má však vliv i na jiné prvky. Nejcitlivější na změnu teploty jsou polovodičové součástky, tranzistory a diody. Je zajímavé, že např. u tranzistorů se s teplotou zvětšuje zesilovací činitel. U křemíkového typu KF508 byla při  $+20^\circ\text{C}$  hodnota  $h_{21E} = 160$ , při  $+60^\circ\text{C}$  již  $h_{21E} = 200$  a při  $+80^\circ\text{C}$  dokonce  $h_{21E} = 245$ . Pod nulou se zesílení zmenšovalo, takže při  $-20^\circ\text{C}$  byl činitel  $h_{21E} = 104$  a při  $-60^\circ\text{C}$   $h_{21E} = 62$ . Současně se ale mění i tzv. zbytkový proud, který zvyšuje šum a posouvá nastavený pracovní bod tranzistoru, takže zdánlivá výhoda většího zesílení přináší i nevýhody. (Proto tranzistory chladíme, jak je v příslušné stati uvedeno.) To platí i pro usměrňovací a stabilizační diody.

Z ostatních součástek jsou na větší změny teploty citlivé elektrolytické kondenzátory. Běžné tzv. hliníkové druhy, levné a velmi používané, pracují dobře v rozmezí teplot od  $-10^\circ\text{C}$  do  $+60^\circ\text{C}$ . Při nižších teplotách ztrácejí dočasně kapacitu a nemohou správně plnit svou úlohu. Ve speciálním provedení pro nízké teploty ovšem vyhovují i v rozmezí  $-55^\circ\text{C}$  až  $+70^\circ\text{C}$ . Ještě výhodnější — ale také dražší — jsou elektrolytické kondenzátory tantalové, které mají rozsah provozních teplot od  $-60^\circ\text{C}$  do  $+85^\circ\text{C}$  i větší (s tzv. pevným dielektrikem od  $-80^\circ\text{C}$  do  $+100^\circ\text{C}$ ). Samozřejmě i u elektrolytických kondenzátorů tantalových se přitom mění jejich kapacita. Např. jeden typ tantalového kondenzátoru měl při  $-60^\circ\text{C}$  jen 50 % kapacity a při  $+80^\circ\text{C}$  naopak 110 % jmenovité kapacity při  $+20^\circ\text{C}$  (= 100 %).

Značnou závislost na teplotě vykazují keramické kondenzátory, zvláště typu II s velkou hodnotou permitivity. U nich je navíc tato změna značně nelineární a v případě potřeby je nutné ji určovat měřením. Např. čs. keramická hmota Permitt 6000 má největší permitivitu ( $\epsilon_r = 100$  %) při  $+25^\circ\text{C}$ , kdežto na obě strany od této teploty rychle klesá. Při  $+70^\circ\text{C}$  asi na 50 %, při  $-30^\circ\text{C}$  na 40 %. Keramické materiály typu I mají sice značně nižší hodnotu permitivity, ale zato je v určitém rozmezí teplot lineární, a proto dost přesně definovatelná. Podle použitého materiálu je jejich teplotní součinitel  $TK$  buď kladný, nebo záporný, takže do značné míry můžeme takovým kondenzátorem kompenzovat opačnou teplotní závislost jiných součástek. Použijeme-li v oscilačním obvodu, jehož indukčnost má  $TK$  kladný, keramický kondenzátor se záporným  $TK$  vhodné velikosti, bude kmitočet takového oscilátoru ve značném rozmezí teplot téměř stálý. Totéž platí i pro některé kondenzátory s dielektrikem z polystyrenové fólie, jejíž  $TK$  je záporný.

### 1.7.2. Teplotní součinitel

Obecně lze vliv teploty na hodnotu veličiny vyjádřit teplotním součinitelem

$$TK = \frac{\Delta A}{A_1 \cdot \Delta \vartheta} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (15)$$

kde  $TK$  je teplotní součinitel,  
 $\Delta A$  změna sledované veličiny,  
 $A_1$  tato veličina při základní teplotě,  
 $\Delta \vartheta$  algebraický rozdíl teplot.

Poznámky:  $\Delta A$  čteme „delta velké a“. Symbol  $A$  nahrazujeme pro odporu písmenem  $R$ , pro kapacity písmenem  $C$ . Algebraický počet bere v úvahu znaménka hodnot, např. rozdíl teplot  $+70^{\circ}\text{C}$  a  $+20^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{C}$  nebo rozdíl teplot  $-25^{\circ}\text{C}$  a  $+15^{\circ}\text{C}$  je  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Rozdíl teplot (oteplení nebo ochlazení)

$$\Delta \vartheta = \vartheta - \vartheta_1 \quad [^{\circ}\text{C}; ^{\circ}\text{C}, ^{\circ}\text{C}] \quad (16)$$

kde  $\Delta \vartheta$  je rozdíl teplot,  
 $\vartheta$  konečná teplota,  
 $\vartheta_1$  počáteční teplota.

(Obvykle teplota místnosti,  $+20$  až  $+25^{\circ}\text{C}$ .)

Ze vztahu (15) určíme změnu sledované veličiny, např. odporu nebo kapacity

$$\Delta A = A_1 \cdot \Delta \vartheta \cdot TK \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (17)$$

kde  $\Delta A$  je změna (rozdíl) hodnoty,  
 $A_1$  hodnota při teplotě  $20^{\circ}\text{C}$ ,  
 $\Delta \vartheta$  rozdíl teplot,  
 $TK$  teplotní součinitel.

Konečná hodnota při teplotě  $\vartheta$  je

$$A_{\vartheta} = A \pm \Delta A \quad (18)$$

*Příklady:* 1. Vrstvový uhlíkový rezistor TR 107 o jmenovitém odporu  $10 \text{ k}\Omega$  má teplotní součinitel  $TK = -0,04 \%$ . Jak se změní jeho odpor, zvětší-li teplota z  $+20^{\circ}\text{C}$  na  $+70^{\circ}\text{C}$ , tedy o  $50^{\circ}\text{C}$ ?

$-0,04 \%$  =  $-4 \cdot 10^{-4}$ . Hodnoty dosadíme do vzorce (17)

$$\Delta R = 10\,000 \cdot 50 (-0,0004) = -200 \Omega$$

Výsledný odpor tohoto rezistoru při  $+70^{\circ}\text{C}$  tedy bude (18)

$$R_{\vartheta} = 10\,000 - 200 = 9800 \Omega$$



2. Kondenzátor Tk 399 z keramické hmoty Negatit 1500 má při  $+20^{\circ}\text{C}$  kapacitu 6800 pF. Jaká bude jeho kapacita při  $+60^{\circ}\text{C}$ ?

Rozdíl teplot (16) je  $\Delta\theta = 60 - 20 = 40^{\circ}\text{C}$ .

$TK$  Negatitu 1500 je  $-1500 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .

Změna kapacity (17)  $\Delta C = 6800 \cdot 40 (-0,0015) = -408$  pF.

Kapacita kondenzátoru při  $+60^{\circ}\text{C}$  (18) je

$$C = 6800 - 408 = 6392 \text{ pF}$$

### 1.7.3. Změny jiných součástí v provozu

Také některé díly součástí mění s teplotou své vlastnosti. Např. ferity, materiály na jádra cívek, feritových antén a transformátorků mění poměrnou permeabilitu  $\mu_r$ . Je to zvláště patrné ve vysokofrekvenčních obvodech, protože změna permeability působí také změnu indukčnosti cívky a tím rozladění vř obvodů, zvláště při vysokých kmitočtech. Podle výchozí hmoty mají čs. ferity teplotní součinitel permeability  $TK_{\mu}$  v rozmezí 2 až  $200 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . Při větším oteplení — a to je u některých druhů již při teplotě  $+90^{\circ}\text{C}$  — může dojít ke ztrátě jejich magnetických vlastností (tzv. Curieova teplota). Proto se nemá nechávat tranzistorový přijímač v létě na prudkém slunci nebo v zimě na tělese ústředního topení. Mnozí se možná již přesvědčili, že po nějaké době výkon přijímače velmi poklesl a jeho reprodukce byla zkreslená. (Zde se ovšem uplatnil nepříznivý vliv teploty i na jiné součástky, zvláště na tranzistory apod.)

Aktivní a pasívní součástky, které jsme dosud uvažovali, nejsou ovšem jedinými členy elektronických zařízení, na jejichž činnost má vliv okolní teplota. Nezbytným doplňkem mnoha přenosných přístrojů jsou napájecí baterie nebo akumulátory. I jejich výkon se s teplotou mění. Běžné suché články a baterie typu uhel — zinek se salmiakovým elektrolytem pracují hůře při nízkých teplotách. Při  $-20^{\circ}\text{C}$  dávají jen asi 40 % své ampérhodinové kapacity a při ještě nižších teplotách jsou již nepoužitelné. Existují ovšem i mrazuvzdorné články se speciálním elektrolytem pro teploty do  $-50^{\circ}\text{C}$ , ale ty nejsou běžně v prodeji.

Také výkon olověných a niklokaadmiových akumulátorků se při teplotách pod nulou zmenšuje. Nejnižší dovolená pracovní teplota pro zapouzdřené niklokaadmiové akumulátorky je asi  $-25^{\circ}\text{C}$ , kdy vydají 40 % výkonu. (Tento pokles — podobně jako u suchých článků a baterií — je vratný; po zvýšení teploty odevzdají opět plný jmenovitý výkon.) Ale i vysoká teplota poněkud snižuje výkon akumulátorů a navíc přitom stoupá jejich samovolné vybíjení.

Z toho je patrné, že navrhujeme-li přístroj nebo zařízení, které má obsahovat i napájecí zdroje, např. tranzistorový přijímač nebo akustickou protězu pro nedoslýchavé, musíme uvažovat nejen vlastnosti součástí,

ale i napájecích zdrojů. Proto jsme je rovněž zařadili do naší příručky, i když nejde o součástky v pravém slova smyslu.

Také napětí připojené na některé součástky (např. na rezistory) má vliv na jejich vlastnosti. Ten udává tzv. napěťový součinitel. Rozumí se jím změna hodnot na 1 V přiloženého napětí. Hodnoty napěťového součinitele odporů jsou u druhů, u nichž je to důležité, uvedeny.

#### 1.7.4. Spolehlivost elektronického zařízení

Problém spolehlivosti zařízení je složitý. Nelze jej vyřešit jen volbou jakostnějších, dražších součástek. U profesionálních zařízení musí již při návrhu konstrukce spolupracovat součástkář výběrem vhodných součástek s konstruktérem při návrhu obvodů, v nichž by použité prvky vyhovovaly předepsanému nebo vyžadovanému pracovnímu režimu, a s konstruktérem mechanické části, který musí navrhnout např. dobře větrané, vzdušné skříně, aby zvýšená teplota vznikající při provozu přístroje (např. oteplením z baněk elektronek, rezistorů, síťových transformátorů apod.) nepůsobovala zmenšení spolehlivosti nebo životnosti zařízení. Také technolog se musí vyjádřit k použitým konstrukčním materiálům (kovy, plasty aj.) a k povrchovým úpravám, např. ochraně proti korozi a klimatickým vlivům (pokovení, lak, impregnace).

První podmínka zvětšení spolehlivosti a prodloužení doby života elektronických přístrojů, kterou je nutné zachovávat i u jednoduchých zařízení určených pro mírné klimatické podmínky, je: Nezatěžovat součástky, zvláště rezistory, tranzistory, elektronky nebo transformátory plným jmenovitým výkonem nebo kondenzátory vrcholovým napětím. Vždy použijeme nižší trvalé zatížení. Pro odpory udává výrobce jednoduché grafy zatížitelnosti v závislosti na teplotě (jsou uvedeny i v naší příručce). Zvláště to platí pro moderní druhy metalizovaných destičkových rezistorů s velmi úzkými výrobními odchylkami  $\pm 0,1\%$ . Jejich provozní zatížení je někdy nutné zmenšit až na jednu desetinu jmenovitého zatížení. Je to základní předpoklad pro zvětšení jejich spolehlivosti, udržení přesnosti hodnot, malého šumu a dlouhé doby života.

Ale i při dodržení všech uvedených zásad při návrhu a konstrukci bývá nutné zvětšovat spolehlivost a prodloužovat dobu života takových zařízení různými konečnými postupy, jako umělým stárnutím a zahořováním.

Při umělém stárnutí se přístroj podrobí řadě cyklů při vysoké a nízké teplotě, vlivu vlhkosti atd., popř. otřesům a vibracím. Při následujícím měření se objeví součástky, jejichž hodnoty přitom vybočily z mezí připouštěných výrobcem nebo které se dokonce porušily natolik, že brání správné činnosti zařízení, a ty se vyřadí.

Při zahořování (název vznikl v žárovkářském a elektronkovém průmyslu) se zařízení ponechá delší dobu (několik hodin až několik dnů podle přesnosti předepsané zkoušky) v činnosti, popř. při napájecím napětí zvýšeném

o 10%. Tím se opět zjistí součástky, které přitom vybočí z tolerancí nebo přestanou pracovat.

### Údaje spolehlivosti

Finální výrobce elektronických zařízení požaduje výsledky zkoušek od výrobců, aby mohl již při návrhu konstrukce vycházet z určitých hodnot provozní spolehlivosti, klimatické odolnosti a doby života podle zamýšleného účelu.

Při dnešní přísnosti požadavků, zvláště v oboru vojenské a kosmické techniky, se zjišťování spolehlivosti rozrostlo v samostatnou vědu, používající vyšší matematiku, matematickou statistiku, různé aproximace a konfidenční intervaly. O tom již vyšla řada závažných prací. Zde se jen stručně zmíníme o tom, s čím se běžný uživatel součástek setká. Pro organizace, profesionální konstruktéry aj. uveřejňují výsledky zkoušek spolehlivosti součástek jednak výrobci v Technických listech, jednak výzkumný ústav TESLA VÚST v pravidelně vydávaných sbornících Informace o spolehlivosti v elektronice. Některé hodnoty udává výrobce již v součástkovém katalogu, např. u integrovaného obvodu MAA 723 spolehlivost  $s = 0,25$  %/1000 h nebo u tranzistoru GFY50 je při udaných provozních hodnotách zaručována přejímací úroveň jakosti  $AQL = 4$  % [15].

Hlavní pojmy, s nimiž se setkáváme (volně podle ČSN 34 5111 Názvosloví spolehlivosti v elektronice), jsou v literatuře označeny různě. Proto dále uvádíme také symboly, které v této ČSN nejsou uvedeny. Všechny veličiny závislé na čase mají v závorce index  $t$ , např.  $\lambda_{(t)}$ ,  $R_{(t)}$  apod.

Spolehlivost  $s$  je vlastnost součástky nebo soustavy, zajišťující plnění předepsaných funkcí. Zahrnuje zejména bezporuchovost, dobu života a udržitelnost. Číselně se udává např. pravděpodobností bezporuchového provozu, součiniteli technického využití, pohotovosti aj.

Bezporuchovost  $R$  je pravděpodobnost, že v daném časovém intervalu nedojde k poruše součástky nebo soustavy. Číselně se udává pravděpodobností bezporuchového provozu, intenzitou poruch a dalšími pravděpodobnostními charakteristikami.

Intenzita poruch  $\lambda$  (lambda) je poměr počtu součástí nebo soustav vyřazených z provozu v určité časové jednotce  $k$  počtu součástí nebo soustav, které jsou v této časové jednotce v provozu. Udává se buď v počtu poruch za hodinu (1/h), nebo v procentech na 1000 h (%/1000 h). Vzájemný převod

$$\lambda_{(t)}[\%/1000 \text{ h}] = 10^5 \lambda[1/\text{h}] \quad (18a)$$

a opačně

$$\lambda_{(t)}[1/\text{h}] = 10^{-5} \lambda_{(t)}[\%/1000 \text{ h}] \quad (18b)$$

Střední doba bezporuchového provozu  $t_s$  je střední doba do vzniku poruchy u neopravitelných součástek nebo mezi poruchami u opravitelných součástek nebo soustav.

V ČSN 34 5111 jsou dále definovány i některé jiné pojmy, z nichž vyjímáme:

**Závada** — změna stavu součástky nebo soustavy, která ještě nezpůsobuje poruchu.

**Porucha** — úplná nebo částečná ztráta schopnosti provozu součástky nebo soustavy.

**Časná porucha** — porucha, jejíž příčina vznikla v období výrobního procesu. Výskyt těchto poruch zasahuje do počátku provozního období a s časem se zmenšuje.

**Náhodná porucha** — vzniklá bez zjevných předchozích příčin.

**Životnost** — vlastnost soustavy nebo součástky, která vyjadřuje, jak dlouho se zachovává schopnost provozu do vyřazení. Číselně se udává např. technickým životem.

**Technický život** — součet dob bezporuchového provozu soustavy nebo prvku za celou dobu používání do zničení nebo vyřazení z provozu vlivem stárnutí nebo opotřebení.

**Záruční doba** — doba používání soustavy nebo součástky, po kterou výrobce při dodržování provozních podmínek zaručuje normální stav soustavy nebo prvku. (Podobnou definicí má i zaručený život.)

**Třída výpadu** — nejvyšší přípustné procento vadných prvků nebo výrobků. Při dodávce je měřítkem tzv. čísel AQL (používá např. TESLA Rožnov, n. p. pro polovodičové součástky).

Pro hlavní z veličin důležitých pro zjišťování spolehlivosti platí zjednodušené početní vztahy:

**Intenzita poruch**

$$\lambda_{(t)} = \frac{n_{(t)}}{N_{(t)} \cdot \Delta t} \quad (18c)$$

kde  $\lambda_{(t)}$  je intenzita poruch,

$n_{(t)}$  počet prvků vyřazených z provozu během časového intervalu zkoušky,

$N_{(t)}$  počet součástek ještě schopných provozu,

$\Delta t$  časový interval, pro který uvažujeme intenzitu poruch.

**Střední doba provozu do poruchy (mezi poruchami)**

$$t_s = \frac{1}{\lambda_{(t)}} = \text{konst} \quad (18d)$$

**Pravděpodobnost bezporuchového provozu**

$$R_{(t)} = \frac{N_0 - n_{(t)}}{N_0} \quad (18e)$$

kde  $R_{(t)}$  je doba činnosti bez poruchy,

$N_0$  počet součástek na začátku zkoušky.

**Příklad:** Zkoušce spolehlivosti v trvání 1000 h byl podroben soubor 502 křemíkových diod. Po uplynutí 100 h byly zjištěny 2 vadné diody. Jaká je: a) intenzita poruch, b) střední doba bezporuchové činnosti, c) pravděpodobnost, že se ve sledovaném čase nevyskytne porucha?

Do uvedených vzorců dosadíme  $N_0 = 502$ ,  $t = 1000$  h,  $\Delta t = 100$  h,  $n = 2$  a  $N = 500$ .

a) intenzita poruch (18c)

$$\lambda_{(t)} = \frac{2}{500 \cdot 100} = \frac{2}{50\,000} = 4 \cdot 10^{-5}/h$$

podle (18b)

$$\lambda_{(t)} = 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-5} = 4 \text{ ‰}/1000 \text{ h}$$

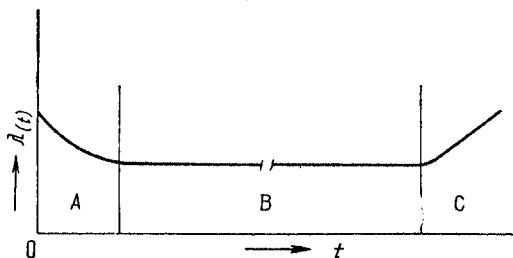
b) střední doba bezporuchové činnosti (18d)

$$t_s = \frac{1}{4 \cdot 10^{-5}} = 25\,000 \text{ h}$$

c) pravděpodobnost bezporuchového provozu (18e)

$$R_{(t)} = \frac{502 - 2}{502} = 0,995 = 99,5 \text{ ‰}$$

Poznámka: Někteří autoři počítají čas, v němž došlo k poruše, jako interval  $t - \frac{\Delta t}{2}$  a  $t + \frac{\Delta t}{2}$ . Vzhledem k přibližnosti zjištěných hodnot, chybějícím přesnějším údajům provozních parametrů atd. stačí pro informaci tento zjednodušený výpočet.



Obr. 3. Křivka intenzity poruch

Křivka intenzity poruch  $\lambda(t)$  na obr. 3 má charakteristický průběh. Na začátku i na konci je totiž zvednutá, kdežto poměrně dlouhá střední část je téměř vodorovná (odtud také přezdívka vanová křivka). První úsek označený A je oblast časných poruch; objevují se zde závady vzniklé ve výrobním procesu. Po odstranění vadných součástí dojde ke zmenšení a stabilizaci intenzity poruch — úsek B. Je to dlouhá oblast náhodných poruch, které se vyskytují bez zjevných příčin a mají téměř konstantní velikost. Poté křivka poruchovosti opět stoupá. Uplatňují se ve stále větší míře poruchy vznikající stárnutím a opotřebením — úsek C, oblast poruch dožitím.

Tabulka 14c. Informativní údaje o spolehlivosti součástek

Součástka	Intenzita poruch $\lambda$ [%/1 000 h]
Kondenzátory s dielektrikem MP keramické slídové	0,05 0,03 0,02
Kondenzátory elektrolytické hliníkové tantalové s kapalným elektrolytem s pevným elektrolytem	0,2 0,025 0,015
Rezistory vrstvé drátové	0,05 až 0,08 0,04
Potenciometry vrstvé drátové	0,2 0,1
Polovodičové diody germaniové křemíkové	0,05 0,02
Tranzistory germaniové slitinové křemíkové slitinové planární	0,15 0,05 0,015
Integrované obvody	0,01
Piezoelektrické krystaly	0,1
Relé podle druhu	0,1 až 0,5
Spínače páčkové otočné	0,15 0,25
Měřicí přístroje ručkové	0,3 až 2
Malé motorky, selsyny	1 až 2
Pájecí body	0,001 až 0,01
Konektory	0,2 až 0,5
Reproduktory	0,8
Patice, objímky	0,05

Zobrazený průběh platí pro jmenovité zatížení součástek při normálním pracovním režimu (teplotě a vlhkosti). Snížíme-li zatížení pod jmenovitou hodnotu, popřípadě i okolní teplotu a ostatní vlivy, průběh křivky se poněkud změní. Všechny úseky se prodlouží, zvláště střední část B (doba bezporuchového provozu), která probíhá mnohem níže, protože intenzita poruch je tu menší (jak jsme již uvedli v kapitole 1.7.1.). Tím se prodlouží i životnost součástek a zmenší se změny jejich parametrů, někdy velmi podstatně.

Pro povšechnou informaci jsou v tab. 14c uvedeny směrné hodnoty intenzity poruch některých elektronických součástek a prvků, např. pájených spojů. Nebereme je však jako dogma — údaje o spolehlivosti se mohou i u součástek stejné skupiny (např. u vrstevných odporů) lišit až o dva řády, tedy stokrát! Kromě toho není udán ani typ součástky, ani provozní parametry (zatížení, teplota apod.). Přesto je tabulka zajímavá pro srovnávání poruchovosti různých součástek.

## 2. Základní vlastnosti a používání součástek

### 2.1. Rezistory

Jedny z nejpoužívanějších součástek v elektronice jsou rezistory. Používají se jako vazební prvky v zesilovačích, oscilátorech, počítačích, jako útlumové články a děliče, v měřicích přístrojích i v napájecích zdrojích.

Podle výrobní technologie a elektrické zatžitelnosti je dělíme na rezistory vrstvé a drátové.

Vrstvé rezistory tvoří vrstva čistého uhlíku (nebo odporového laku obsahujícího saze), popř. kovu nebo odporové slitiny (obr. 4a). Odporový materiál je nanesen na keramickém válcovém tělísku, u druhů pro větší zatížení na duté trubce. Přesné stabilní rezistory s kovovou vrstvou se vyrábějí jako destičky s jednostranným nánosem kovu. Odpor válcových vrstevných rezistorů se nastavuje při výrobě automaticky vybroušením spirálové drážky do odporové vrstvy, čímž se zvětší délka odporové dráhy a tím i hodnota odporu, ale vzniká určitá indukčnost, která se za jistých podmínek může projevit jako nežádaná impedance při vysokých kmitočtech. Proto se běžné rezistory nehodí do vysokofrekvenčních obvodů pro kmitočty nad 10 MHz.

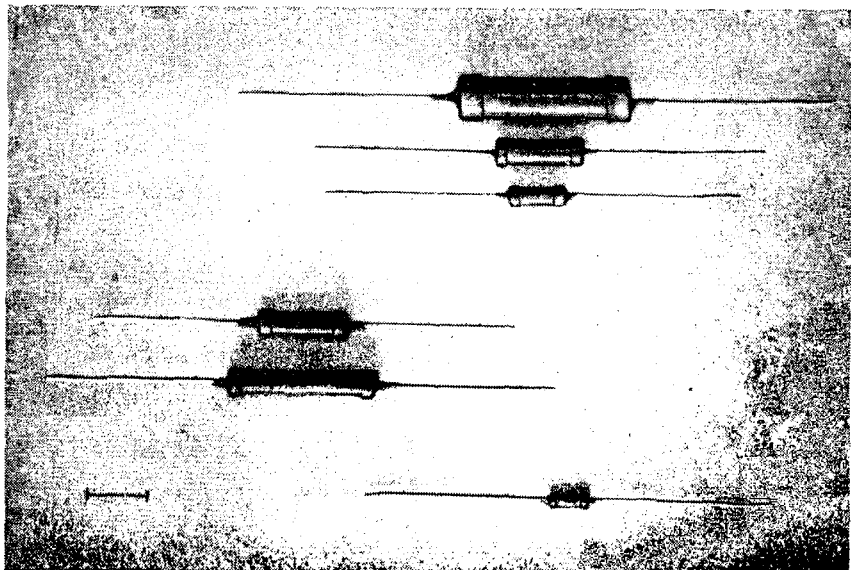
Povrch rezistoru se chrání tepelně odolným lakem, který však není izolací. Proto při stěsnané montáži je nutné dát pozor, aby některá součástka lak nepoškrábala a nedošlo ke zkratu na odporovou vrstvu.

Drátové rezistory tvoří odporový drát, navinutý v jedné vrstvě na keramické trubce, u typů pro zatížení 50 až 100 W také na ploché keramické destičce. Vinutí je chráněno nízkotavným, vysokotavným nebo silikonovým tmelem (podle druhu rezistoru). Válcové vinutí je v podstatě cívka a má poměrně velkou indukčnost. Tyto rezistory se proto hodí jen jako děliče napětí, předřadné rezistory do výkonných napájecích zdrojů, jako stejnosměrné zátěže apod. (obr. 4b).

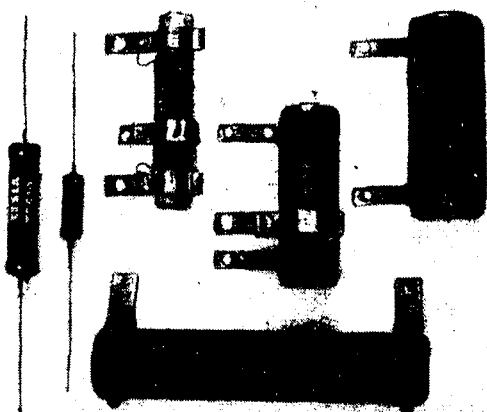
Vývody menších rezistorů tvoří kovové čepičky s přivařenými pocínovanými dráty, vyvedenými ve směru podélné osy rezistoru, tzv. axiální vývody.

Rezistory pro vyšší zatížení a některé druhy drátových rezistorů mají vývody páskové, směřující kolmo k ose rezistoru, tzv. radiální vývody.





Obr. 4a. Vrstvové uhlíkové rezistory

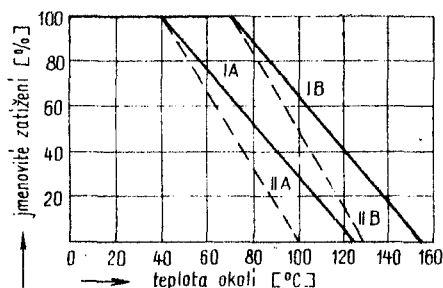


Obr. 4b. Drátové rezistory  
TESLA

## 2.1.1. Všeobecné vlastnosti rezistorů

Kromě odporu je u rezistorů důležitá elektrická zatížitelnost, jejich šum, vliv okolní teploty na stálost, změna parametrů vlivem připojeného napětí, odolnost proti vnějším klimatickým vlivům.

*Jmenovité zatížení rezistorů* je hodnota udávaná výrobcem pro daný druh rezistoru. Platí pro teplotu  $+20^{\circ}\text{C}$ . V provozu se ale rezistor zahřívá — někdy dost značně — procházejícím proudem, ale i od okolních součástek v přístroji. Při vyšší teplotě však již nesmíme rezistor zatěžovat plným jmenovitým výkonem. Mohlo by dojít k jeho trvalému poškození, zvláště u typů s odporovou vrstvou.



Obr. 5. Závislost zatížení rezistorů na teplotě okolí

*Provozní zatížení*, tj. dovolené zatížení v závislosti na oteplení, udávají grafy, pro každý druh rezistoru zvlášť. Na obr. 5 jsou sloučeny 4 grafy zatížitelnosti vrstevových uhlíkových rezistorů. Z něho je patrné, že např. rezistory typu IIA se již při teplotě  $+65^{\circ}\text{C}$  smějí zatížit jen asi na 60 % jmenovitého zatížení. Chceme-li dlouhodobě zachovat velkou spolehlivost a stabilitu rezistorů nebo prodloužit jejich život, využíváme často jejich jmenovité zatížení jen z 20 % i méně.

*Vliv teploty.* Vratnou změnu hodnoty odporu vlivem teploty, vztaženou na  $1^{\circ}\text{C}$ , udává tzv. teplotní součinitel  $TK$ . O něm jsme se již zmínili. Obecně se odpor kovů s oteplením zvětšuje, jejich teplotní součinitel je kladný. Uhlík nebo tuha mají  $TK$  záporný — jejich odpor se s oteplením zmenšuje. Přesto najdeme v katalogu výrobce např. pro uhlíkové rezistory TR 106 hodnotu  $TK +200$  až  $-1200 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . Malé rezistory (do několika set ohmů) se totiž vyrábějí jinou technologií.

*Šum rezistorů.* Při zatížení stejnosměrným proudem vzniká na rezistoru určité šumové napětí. Udává se v  $\mu\text{V}/\text{V}$ , tzn. vztaženo na 1 V připojeného napětí. Velikost šumu se podle jakosti a odporu pohybuje od 0,05 do 10  $\mu\text{V}/\text{V}$ . Rezistory s kovovou vrstvou mají malý šum, pro uhlíkové se udává hodnota zvýšená o logaritmický poměr

$$h_s = (1 \text{ až } 5) + \log \frac{R}{1000} \quad [\mu\text{V}/\text{V}; \Omega] \quad (19)$$

kde  $h_s$  je velikost šumu,  
 $R$  jmenovitý odpor.

*Příklad:* Šum vrstevového uhlíkového rezistoru 1 M $\Omega$  typu II je udán hodnotou  $5 + \log R/1000$ ; kolik je to v  $\mu\text{V}/\text{V}$ ?

Výsledný šum (19) je  $h_s = 5 + \log \frac{10^6}{10^3} = 5 + \log 1000 = 5 + 3 = 8 \mu\text{V}/\text{V}$ .

*Napěťový součinitel odporu* udává vratnou změnu jeho hodnoty v závislosti na připojeném napětí. Udává se buď v procentech tohoto napětí na 1 V (např. 0,05 %/V), nebo při velmi malých změnách v mocninách deseti. U přesných destičkových rezistorů s kovovou vrstvou je napěťový součinitel  $5 \cdot 10^{-5}/\text{V}$ .

*Největší přípustné napětí.* Udává se především u rezistorů velkých hodnot. Rozlišujeme, zda jde o napětí stejnosměrná, střídavá nebo impulsní. Udaná hodnota platí pro tzv. normální prostředí a barometrický tlak (86 až 106 kPa). Např. rezistor s kovovou vrstvou TR 161 má nejvyšší přípustné napětí stejnosměrné nebo střídavé (o kmitočtu 50 Hz) 200 V, impulsní 500 V. Překročení dovolené hodnoty může rezistor zničit.

*Izolační odpor.* Odpor mezi odporovou vrstvou a povrchem izolovaných rezistorů je minimálně 1000 M $\Omega$ . Povrchová izolační vrstva musí snést nejméně dvojnásobek nejvyššího přípustného napětí.

## 2.1.2. Třídění rezistorů podle použití

Rezistory pro všeobecné použití jsou nejrozšířenější a nejčastěji používané rezistory s menší přesností a stabilitou, vhodné pro přístroje a zařízení provozovaná v mírných klimatických podmínkách, např. rozhlasové přijímače, televizory, magnetofony, zesilovače apod.

*Miniaturní rezistory* se svými malými rozměry zvláště hodí pro miniaturní zařízení s tranzistory a integrovanými obvody. Jsou určeny jen pro malé zatížení 0,05 a 0,125 W. Pájet je nutné opatrně, po dobu nejvíce 5 až 6 s a jejich vývody se nesmějí zkracovat pod 6 mm délky, aby se nadměrným ohřátím nepoškodily.

*Rezistory s potlačenou indukčností* jsou určeny do vysokofrekvenčních obvodů měřicí a vysílací techniky, pro kanálové voliče televizorů a podobné účely, kde vadí indukčnost běžných vrstevových rezistorů s vybroušenou drážkou. Rezistory s potlačenou indukčností se vyrábějí jen v menších hodnotách (do několika kiloohmů). Výsledný odpor se u nich dostavuje obrubováním tloušťky odporové vrstvy. Označují se písmenem Z za údajem hodnoty.

*Rezistory s velkým odporem* jsou určeny pro speciální účely, jako měřiče záření (dozimetry), kde je potřebný velký odpor při nepatrném proudu. Vyrábějí se ve velikostech od 10 M $\Omega$  do 1,5 T $\Omega$  (teraohm = jeden milión megaohmů). Jmenovité zatížení se neudává; vzhledem k použitému odporovému materiálu — polovodivému laku — se nesmějí zatěžovat nad 5 mW.

*Stabilní rezistory* vynikají stabilitou a přesností hodnot. Používají se do přesných měřicích přístrojů, počítačů, odporových dekád atd. Jmenovité zatížení je 0,05 až 0,4 W. Rezistor je uzavřen v zatavené skleněné trubičce. Odpory dodává výrobce po dohodě podle potřeby odběratele; doporučují se hodnoty z řady E24.

*Rezistory pro napětí 5 a 15 kV* jsou vhodné pro silnější proudy, než jaké snesou rezistory s velkým odporem. Provozní zatížení je podle typu 1 nebo 2 W. Používají se např. do přídavných sond pro měření vysokého napětí běžnými ručkovými voltmetry (DU 10, PU 120 apod.) v televizorech. Vysokonapěťové rezistory se vyrábějí s uhlíkovou vrstvou v hodnotách od několika set kiloohmů do 100 M $\Omega$ , odpory menší než 1,5 M $\Omega$  jen po dohodě s výrobcem. (Rezistory pro odpor 100 až 10 000 M $\Omega$  jsou opatřeny vrstvou polovodivého laku.) Odporové těleso je uzavřeno ve skleněné ochranné trubce.

*Rezistory destičkové přesné* (metalizované) tvoří vrstva kovové odporové slitiny na keramické základní destičce. Celek je kryt druhou keramickou destičkou. Vývody jsou připájeny na zesílené plošky cínovou pájkou. Vrstvové rezistory destičkové jsou buď jednoduché, nebo se dodávají v kombinaci několika navzájem propojených odporů, nanesených na společném podkladu (obr. 9). Ty se získávají dělením kovové vrstvy např. elektrojiskrovou metodou, kterou se také nastavuje jejich přesný odpor.

Samostatné jednoduché rezistory mají jmenovité zatížení 0,1 W, výjimečně 0,2 W, kdežto zatížitelnost jednotlivých dílčích rezistorů u vícenásobného typu je pouze 0,03 až 0,06 W. Tyto rezistory se vyznačují velkou přesností ( $\pm 0,1\%$ ), mají malý šum (0,05 až 0,1  $\mu\text{V/V}$ ) a malý teplotní a napěťový součinitel. Pro označení jejich hodnot a odchylek se používá kódový systém B (kap. 1.5.1.).

*Drátové rezistory* jsou vinuté odporovým drátem na keramickém tělísku nebo trubce, popř. na ploché keramické destičce. Drátové rezistory snesou velké zatížení, a proto jsou vhodné do zdrojů napájecího napětí, v obvodech elektronek, jako předřadné odpory a bočníky měřicích přístrojů a jako zatěžovací odpory v obvodech, kde nevádí jejich indukčnost nebo vyšší oteplení při provozu. Vyrábějí se v různém provedení a různých velikostech pro jmenovité zatížení 1 až 100 W, v hodnotách od několika ohmů do několika desítek kiloohmů. Rezistory jsou chráněny vrstvou smaltu, který nemá být izolací. Rezistory pro velké výkony jsou však pokryty skelným izolačním smaltem. Některé druhy drátových rezistorů se mohou v provozu zahřát až na +350°C. Podrobnosti jsou uvedeny v následujících tabulkách.

### 2.1.3. Vrstvové uhlíkové rezistory typu I a II

Vrstvové uhlíkové rezistory rozdělujeme podle jejich stability v provozu při působení vnějších vlivů na

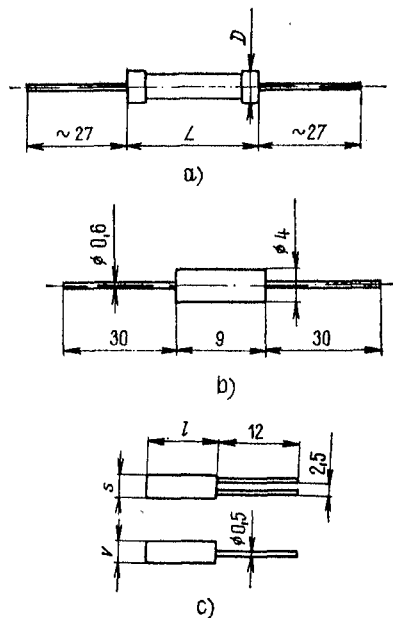
- a) rezistory typu I — s většími požadavky na stabilitu odporu,
- b) rezistory typu II — u nichž větší stabilita odporu není podmínkou.

Dále dělíme vrstevné uhlíkové rezistory podle možnosti použití při vyšších teplotách na

- aa) typ IA — lze je používat při plném zatížení do teploty  $+40^{\circ}\text{C}$  a při menším zatížení do teploty  $+125^{\circ}\text{C}$ ,
- ab) typ IB — lze je používat při plném zatížení do teploty  $+70^{\circ}\text{C}$  a při menším zatížení až do teploty  $+155^{\circ}\text{C}$ ,
- ba) typ IIA — lze je používat při plném zatížení do teploty  $+40^{\circ}\text{C}$  a při menším zatížení až do teploty  $+100^{\circ}\text{C}$ ,
- bb) typ IIB — lze je používat při plném zatížení do teploty  $+70^{\circ}\text{C}$  a při menším zatížení až do teploty  $+130^{\circ}\text{C}$ .

Na obr. 5 je graficky znázorněna závislost provozního zatížení na teplotě okolí.

Příklad: V obvodu je zapojen rezistor TR 112a o jmenovitém zatížení  $0,125\text{ W}$ , pracující při teplotě okolí  $+70^{\circ}\text{C}$ . Jak lze tento rezistor zatěžovat?



Obr. 6. Rozměrové náčrtky uhlíkových vrstevných rezistorů: a) čepičkové provedení, b) typ TR 221, c) TR 281 a 282

Tabulka 15. Přehled hlavních typů uhlíkových vrstevových rezistorů

Typové označení	Typ	Jmenovité zatížení [W]	Rozsah vyráběných odporů				Rozměry [mm]		Poznámka
			±0,5 %	±1 % ±2 %	±5 %	D	L		
TR 100		0,05	10 Ω až 0,15 MΩ	10 Ω až 0,51 Ω	10 Ω až 1,5 MΩ	2,4	6,7	Šum max.: $1 + \log R / 1000 [\mu V/V]$ Řada jmenovitých hodnot E24 Kategorie 55/125/21 Typy TR 106 až 108 se vyrábějí i bez vybrošované drážky (s potlačenou indukčností jako rezistory typu IIA)	
TR 105		0,125	20 Ω až 0,51 MΩ	20 Ω až 0,51 MΩ		4,2	10,2		
TR 106	IA	0,25	10 Ω až 0,22 MΩ	10 Ω až 3 MΩ		5,2	15,5		
TR 107		0,5	10 Ω až 0,51 MΩ	10 Ω až 10 MΩ		5,2	25,5		
TR 108		1	10 Ω až 1 MΩ	10 Ω až 10 MΩ		8,1	29,5		
TR 112a	IIA	0,125	2,2 Ω až 1,5 MΩ			2,4	6,7	Řady E6 s tolerancí ±20 % E12 ±10 % E24 ±5 % Kategorie 55/100/21 Rezistory jsou označeny barevným kódem	
TR 143	IIB	0,25	4,7 Ω až 3,3 MΩ			4,2	10,2	Řady E12 a E24 s tolerancí ±10 % a ±5 % Kategorie 55/155/56 pro ≤M1 55/155/21 pro >M1	

Tabulka 15. (pokračování)

Typové označení	Typ	Jmenovitá zatížení [W]	Rozsah vyráběných odporů		Rozměry [mm]		Poznámka
			Typ IIB	Typ IIA	D	L	
TR 144		0,5	1 Ω až 2,2 MΩ	2,4 MΩ až 10 MΩ	5,2	15,5	Řady E6(±20 %), E12(±10 %), E24(±5 %), Kategorie 55/155/56 pro IIB
TR 146	II	1	1,5 Ω až 4,7 MΩ	5,1 MΩ až 10 MΩ	8,1	23,5	55/125/56 a 55/100/56 pro IIIA
TR 147		2	10 Ω až 10 MΩ		9,4	46,5	
WK650 54	II	0,125	10 Ω až 3,3 MΩ		1,6	5,5	Subminiaturní vrstvý Řady E6(±20 %) a E12(±10 %) Maximální stejnosměrné napětí 100 V Barevný kód
TR 221	IIB	0,25	1 Ω až 0,47 MΩ v řadě E6(±20 %) 1 Ω až 0,56 MΩ v řadě E12(±10 %) 1 Ω až 51 kΩ v řadě E24(±5 %)		4	9	Vrstvý uhlíkový rezistor zalisovaný do plastické hmoty Kategorie 55/125/56
TR 281	IIB	0,125	10 Ω až 3 MΩ		3,4	3	Rezistory s jednostrannými vývody Řady E6(±20 %), E12(±10 %) a u TR 282 E24(±5 %) Kategorie 55/155/56
TR 282		0,250	2,2 Ω až 3 MΩ	10	4,2	3,6	
				1	8	9	

V přehledu uhlíkových vrstevných rezistorů (tab. 15) zjistíme, že rezistor TR 112a je typu IIA. Podle průběhu závislosti provozního zatížení na teplotě okolí pro tyto rezistory zjistíme přípustné zatížení při teplotě okolí  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  50 %, tj. asi 0,06 W.

Vrstvové uhlíkové rezistory jsou vyráběny v řadách E6, E12 a E24 s dovolenými odchylkami  $\pm 20\%$  bez označení,  $\pm 10\%$  s označením A,  $\pm 5\%$  s označením B;  $\pm 2\%$  s označením C;  $\pm 1\%$  s označením D a  $\pm 0,5\%$  s označením E (označení podle systému A).

Obvyklý rozsah jmenovitého zatížení je 0,125 W; 0,25 W; 0,5 W; 1 W; 2 W a 3 W.

Rozměrové náčrtky uhlíkových vrstevných rezistorů jsou na obr. 6.

## 2.1.4. Rezistory s kovovou vrstvou (metalizované)

Při návrhu náročných elektronických obvodů nevystačíme s běžnými vrstevnými uhlíkovými rezistory. Jejich značná změna hodnoty odporu při kolísání okolní teploty, menší přesnost, spolehlivost a u rezistorů s větším proudovým zatížením nevyhovující rozměry nás nutí k použití rezistorů s kovovou vrstvou.

Jak jsme se zmínili v kapitole 1.7.2., určuje chování rezistorů při změně okolní teploty teplotní součinitel ( $TK$ ). Zatímco u vrstevných uhlíkových rezistorů bývá teplotní součinitel v rozmezí  $+200 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  až  $-2000 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , lze u metalizovaných vrstevných rezistorů stabilních s malým  $TK$  dosáhnout hodnoty  $\pm 15 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .

U metalizovaných rezistorů je odporovým prvkem vrstvička kovu nebo slitin kovů, nanesená na keramické podložce. Kovová vrstvička se nanáší napařováním ve vakuu nebo katodovým napařováním.

Výrobce dodává několik typů metalizovaných rezistorů:

### *Metalizované rezistory stabilní s malým $TK$*

(TR 161 až TR 164)

Kovová vrstva na keramickém tělisku je chráněna vrstvou laku, který však není izolací. Rezistory jsou bez čepiček, s axiálními drátovými vývody. Vývody jsou měděné a povrchově upravené. Protože vývody jsou k odporové vrstvě připájeny lehce tavitelnou pájkou, je nutná opatrnost při pájení. Při pájení rezistorů do desek plošných spojů ponecháváme přívody delší (asi 10 mm) a pájíme krátce, podobně jako polovodiče. Rezistory jsou dodávány v těchto řadách s těmito dovolenými odchylkami:  $\pm 5\%$  v řadě E 24,  $\pm 2\%$  v řadě E 48,  $\pm 1\%$  v řadě E 96,  $\pm 0,5\%$  a  $\pm 0,2\%$  v řadě E 192. Teplotní součinitel:  $\pm 150 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  — běžně bez označení,  $\pm 100 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  skupina 1,  $\pm 50 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  skupina 2,  $\pm 25 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  skupina 3 a  $\pm 15 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  skupina 4.

Rezistory mají malý zaručovaný šum, maximálně  $0,1\text{ }\mu\text{V/V}$ . Kategorie klimatické odolnosti je 55/155/21. Rezistory lze tedy používat v rozsahu



provozních teplot  $-55^{\circ}\text{C}$  až  $+155^{\circ}\text{C}$ ; přitom snesou provoz ve vlhkém teple po dobu 21 dne.

Rezistory těchto kvalit používáme jako předřadné odpory a bočníky v měřicích přístrojích a jako přesné napěťové děliče. Za výbornou jakost je ovšem nutné zaplatit vyšší cenu. Rezistory jsou dvacetkrát až třicetkrát dražší než méně přesné, méně spolehlivé a méně stabilní uhlíkové rezistory pro stejnou zatížitelnost.

S ohledem na požadovanou dlouhodobou stabilitu přesných rezistorů je nutné dbát, aby zatížení rezistoru nepřesáhlo polovinu jmenovité hodnoty, u rezistorů s přesností 1 % a větší nejvíce desetinu jmenovité zátěže.

### *Metalizované rezistory izolované*

(TR 190 až TR 193)

Kovová vrstva na keramickém tělísku je chráněna vrstvou laku, který je izolací. Rezistory jsou bez čepiček s axiálními drátovými vývody. Lze je použít pro těsnou montáž na deskách plošných spojů. Při pájení je nutná opatrnost.

Rezistory jsou dodávány v těchto řadách s těmito odchylkami:  $\pm 10\%$  v řadě E 12,  $\pm 5\%$  v řadě E 24,  $\pm 2\%$  v řadě E 48 a  $\pm 1\%$  v řadě E 96.

Kategorie klimatické odolnosti je 55/155/56.

### *Rezistory s kovovou vrstvou*

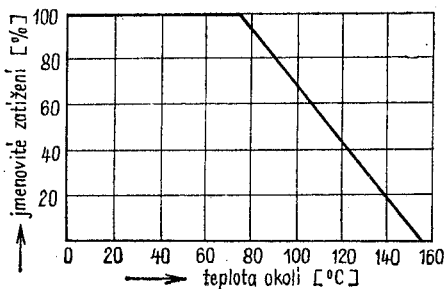
(TR 151 až TR 154)

Rezistor tvoří kovová vrstva zvláštních slitin na keramickém tělísku chráněném vrstvou laku, který není izolací. Rezistory jsou v čepičkovém provedení s axiálními drátovými, měděnými a pocínovanými vývody. Jsou vhodné pro použití v plošných spojích. Teplotní součinitel dosahuje hodnot  $\pm 700 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  až  $\pm 1200 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . Rezistory jsou dodávány v těchto řadách:  $\pm 20\%$  v řadě E 6,  $\pm 10\%$  v řadě E 12 a  $\pm 5\%$  v řadě E 24.

Zaručovaná hodnota šumu je  $1 \mu\text{V}/\text{V}$  (označeno na obalu) pro odpory od  $100 \Omega$  do  $1 \text{M}\Omega$  a  $5 \mu\text{V}/\text{V}$  (neoznačuje se) pro  $R \leq 100 \Omega$ .

Kategorie klimatické odolnosti je 55/125/56.

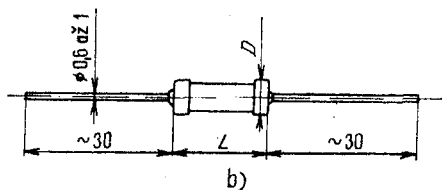
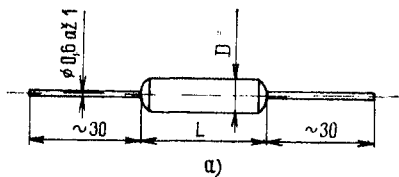
Zatížitelnost rezistorů s kovovou vrstvou je na obr. 7.



Obr. 7. Závislost zatížení rezistorů s kovovou vrstvou na teplotě okolí

Tabulka 16. Přehled rezistorů s kovovou vrstvou

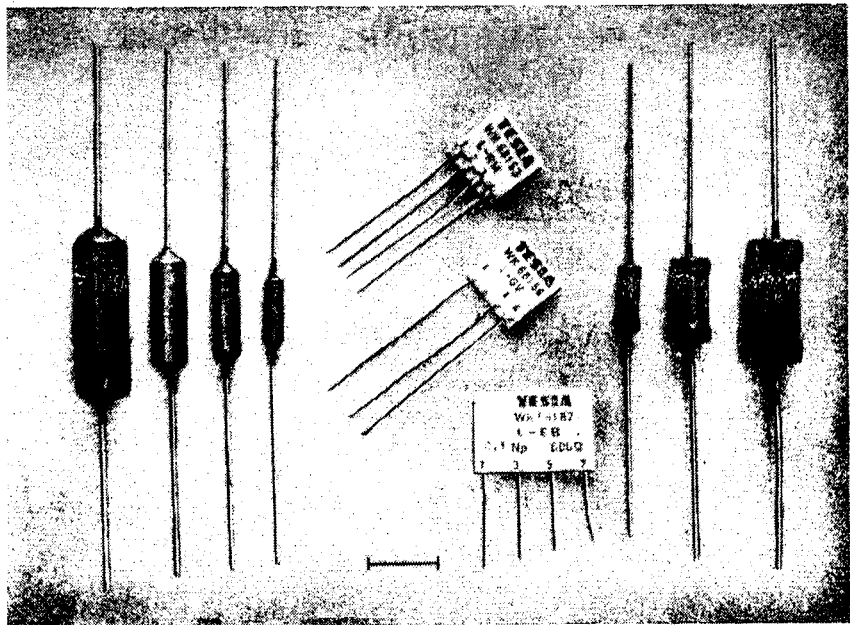
Typové označení	Jmenovitě zatížení [W]	Rozsah vyráběných rezistorů	Maximální provozní napětí [V]		Rozměry [mm]	
			stejnoseměrné nebo střídavé 50 Hz	impulsní	D	L
TR 161	0,125	3 Ω až 200 kΩ	200	500	3	10
TR 162	0,25	3 Ω až 430 kΩ	300	750	4,2	13
TR 163	0,5	3 Ω až 620 kΩ	350	1 000	5,5	16
TR 164	1	3 Ω až 1,4 MΩ	500	1 200	8,2	24
TR 190	0,125	4,7 Ω až 562 kΩ	150	200	1,8	6
TR 191	0,25	4,7 Ω až 1 MΩ	250	350	2,3	6,5
TR 192	0,5	4,7 Ω až 5,11 MΩ	350	750	3,7	10,5
TR 193	1	4,7 Ω až 10 MΩ	500	1 000	5,9	16
TR 151	0,25	0,47 Ω až 3 MΩ	250	450	3	7
TR 152	0,5	0,47 Ω až 5,1 MΩ	350	750	4,2	10,8
TR 153	1	0,47 Ω až 10 MΩ	500	1 000	6,6	13
TR 154	2	100 Ω až 10 MΩ	750	1 200	8,6	18,5



Obr. 8. Rozměrové náčrtky rezistorů s kovovou vrstvou: a) typ TR 161 a TR 190, b) TR 151

Se stoupající teplotou okolí je nutné snižovat zatížení rezistoru tak, aby teplotním přetížením rezistor neměnil trvale svou hodnotu.

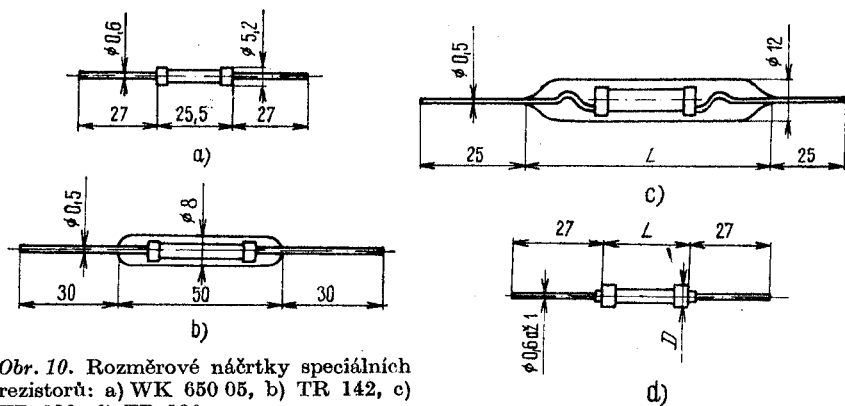
Přehled rezistorů s kovovou vrstvou je v tab. 16. Rozměrové náčrtky rezistorů jsou na obr. 8. Rezistory s kovovou vrstvou a destičkové rezistory jsou na obr. 9.



Obr. 9. Rezistory s kovovou vrstvou a přesné destičkové rezistory

### 2.1.5. Speciální rezistory (bezindukční, přesné, stabilní a rezistory s velkým odporem)

Přehled hlavních typů je v tab. 17. Rozměrové náčrtky rezistorů jsou na obr. 10.



Obr. 10. Rozměrové náčrtky speciálních rezistorů: a) WK 650 05, b) TR 142, c) TR 130, d) TR 106.

Tabulka 17. Přehled hlavních typů speciálních rezistorů

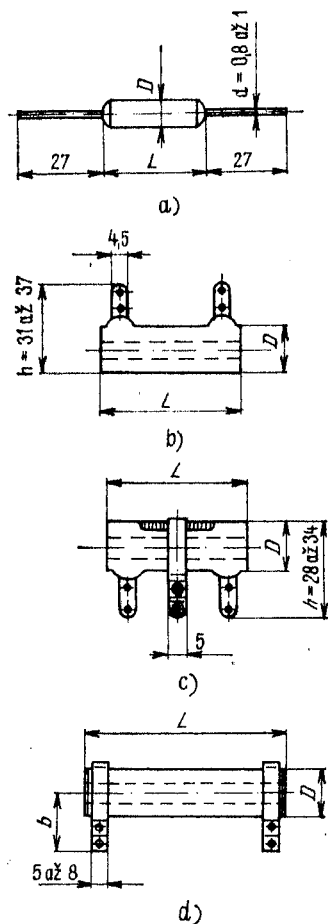
Typové označení	Jmenovitě zatížení [W]	Maximální provozní napětí	Rozsah odporů	Rozměry [mm]		Poznámka
				D	L	
WK 650 05		250 V	10 MΩ až 5 100 MΩ ± 20 %	5,2	25,5	Vrstvové rezistory s velkým odporem z vytvrzeného odporového laku na keramice Řada E6. Teplotní součinitel v rozmezí teplot +20 až +50°C je 5000.10 <sup>-6</sup> /°C. Napětový činitel ±0,01 %/V. Kategorie 40/070/04
		600 V	10 MΩ až 1,5 TΩ	8	50	Rezistory s velkým odporem z odporového laku na keramice, zatavený ve skleněné trubce. Řady E6 nebo E12. Teplotní součinitel: R ≤ 10 <sup>9</sup> Ω 2000.10 <sup>-6</sup> /°C R ≤ 10 <sup>10</sup> Ω 4000.10 <sup>-6</sup> /°C R ≤ 10 <sup>12</sup> Ω 8000.10 <sup>-6</sup> /°C R > 10 <sup>12</sup> Ω 10 000.10 <sup>-6</sup> /°C Napětový činitel max. 0,1 %/V Kategorie 55/070/21
TR 130	1	5 kV	470 kΩ až 20 MΩ a 50 MΩ až 10 000 MΩ	12	70	Rezistory pro vysoké napětí. Odpor tvoří uhlíková vrstva (do 6,8 MΩ) nebo vrstva odporového laku na keramice. Celek je zataven do skleněné trubky. Řada E6 do 10 MΩ, pro větší odpor řada 2-5-10. Teplotní součinitel v rozsahu +20 až +70°C: 10 MΩ 1060.10 <sup>-6</sup> /°C 10 MΩ až 50 MΩ 2500.10 <sup>-6</sup> /°C 50 MΩ až 500 MΩ 5000.10 <sup>-6</sup> /°C 500 MΩ až 10 000 MΩ 8000.10 <sup>-6</sup> /°C Kategorie 55/070/56
TR 131	2	15 kV	330 kΩ až 100 MΩ a 200 MΩ až 10 000 MΩ	12	125	

Tabulka 17. (pokračování)

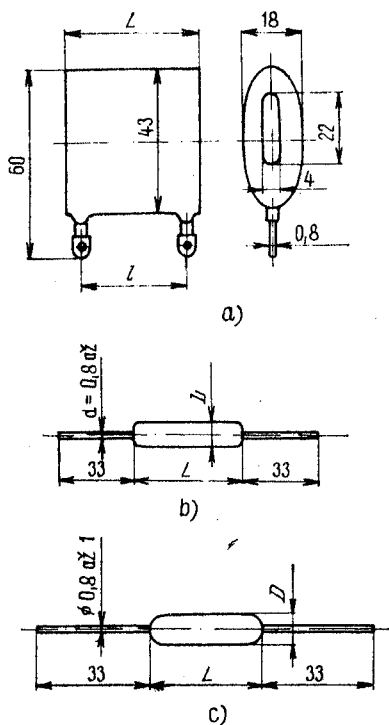
Typové označení	Jmenovitá zatížení [W]	Maximální provozní napětí	Rozsah odporů	Rozměry [mm]		Poznámka
				D	L	
TR 121	0,05	—	10 Ω až 0,2 MΩ	8	40	Stabilní uhlíkový vrstvý rezistor ve skleněné trubce. Dovolené odchylky ± 5 % + 2 % pro R = 1 MΩ ± 1 % pro R < 1 MΩ Teplotní činitel + 200 až 350.10 <sup>-6</sup> /°C pro R < 1 MΩ + 200 až 500.10 <sup>-6</sup> /°C pro R > 1 MΩ Šum max. 0,5 + log R/1000 μV/V. Řada: doporučena E24 Kategorie 55/070/21
TR 122	0,1	—	10 Ω až 0,5 MΩ	8	50	
TR 123	0,4	500 V	10 Ω až 10 MΩ	11	55	
TR 106	0,25		3 Ω až 10 Ω a 150 Ω až 1500 Ω	5,2	15,5	Vrstvové rezistory bez vybroušení drážky (s potlačenou indukčností) typ IIIA. Označeny písmenem Z za typovým známkem. Ostatní údaje: viz TR 100 — TR 108 (tab. 15)
TR 107	0,5		3 Ω až 10 Ω a 150 Ω až 1500 Ω	5,2	25,5	
TR 108	1		3 Ω až 10 Ω a 150 Ω až 1500 Ω	8,1	29,6	

## 2.1.6. Drátové smaltované a tmelené rezistory

Přehled hlavních typů uvádí tab. 18. Rozměrové náčrtky typů jsou na obr. 11 a 12.



Obr. 11. Rozměrové náčrtky drátových rezistorů: a) TR 635 a TR 510, b) TR 551, c) TR 556, d) TR 655



Obr. 12. Rozměrové náčrtky drátových rezistorů: a) TR 645, b) TR 520, c) TR 505

Tabulka 18. Přehled hlavních typů drátových smaltovaných a tmeleňých rezistorů

Typové označení	Jmenovité zatížení [W]	Rozsah vyráběných odporů			Poznámka
		Řada E6	Řada E12	Řada E24	
TR 635	1	2,2 Ω až 1,5 kΩ	10 Ω až 1,5 kΩ	22 Ω až 1,5 kΩ	Nizkotavný smalt není izolací. Dovolené úchytky ±20 až ±5 %. Maximální teplota při trvalém zatížení je 360 °C. Nejvyšší přípustné napětí 500 V. Kategorie 55/125/56
TR 636	2	2,2 Ω až 2,2 kΩ	6,8 Ω až 2,2 kΩ	30 Ω až 2,2 kΩ	
TR 510	6	5,6 Ω až 6,8 kΩ	5,6 Ω až 6,8 kΩ	10 Ω až 6,8 kΩ	
TR 511	10	10 Ω až 12 kΩ	8,2 Ω až 12 kΩ	10 Ω až 12 kΩ	
TR 512	15	10 Ω až 22 kΩ	10 Ω až 22 kΩ	10 Ω až 22 kΩ	
		E12 (±10 %)			
TR 551	10	2,2 Ω až 20 kΩ		7,5 Ω až 20 kΩ	Nizkotavný smalt není izolací. Nejvyšší přípustná teplota povrchu při teplotě okolí +70 °C je +350 °C Kategorie 55/125/21
TR 552	15	2,7 Ω až 30 kΩ		5,1 Ω až 30 kΩ	
TR 553	25	4,7 Ω až 47 kΩ		5,1 Ω až 47 kΩ	
		E24 (±5 %)			
TR 556	10		10 Ω až 2,7 kΩ		Drátové rezistory kryté nizkotavným smaltem s drážkou a posuvnou sponou. Řada E12 (±10 %). Nejvyšší přípustná teplota povrchu při jmenovitém zatížení a teplotě okolí +70 °C je 350 °C Kategorie 55/125/21
TR 557	15		13 Ω až 3,9 kΩ		
TR 558	25		27 Ω až 5,6 kΩ		
TR 655	10		10 Ω až 3,9 kΩ		Drátové rezistory na keramickém tělisku chráněné vrstvou skelného smaltu. Smalt není izolací. Řada E6 (±20 %) a E12 (±10 %). Maximální napětí 1000 V. Nejvyšší přípustná teplota povrchu je +350 °C. Kategorie 55/125/56
TR 656	15		22 Ω až 6,8 kΩ		
TR 657	25		33 Ω až 12 kΩ		
TR 658	50		47 Ω až 20 kΩ		

Typové označení	Úmnožitelnost zatížení W	Rozsah odporů vyráběných rezistorů				Roz- měry [mm]		Poznámka
		E6	E12	E24	D	L		
TR 645	25	33 Ω až 12 kΩ	33 Ω až 12 kΩ	820 Ω až 12 kΩ	32	41	Drátové rezistory na keramickém tělisku s vrstvou škeblého smaltu, který není izolací. Řady E6 ( $\pm 20\%$ ), E12 ( $\pm 10\%$ ) a E24 ( $\pm 5\%$ ). Nejvyšší přípustná teplota povrchu při teplotě okolí +70 °C je 350 °C. Kategorie 55/125/56	
TR 646	50	47 Ω až 22 kΩ	47 Ω až 22 kΩ	150 Ω až 22 kΩ	73	82		
TR 647	75	68 Ω až 33 kΩ	68 Ω až 33 kΩ	750 Ω až 33 kΩ	113	123		
TR 648	100	100 Ω až 47 kΩ	100 Ω až 47 kΩ	1000 Ω až 47 kΩ	154	163		
TR 520	1	$\pm 10\%$ 2,2 Ω až 3,9 kΩ	$\pm 5\%$ 10 Ω až 4,3 kΩ	$\pm 2\%$ 33 Ω až 4,3 kΩ	6	20	Drátové rezistory na keramickém tělisku, ochranné vrstvou silikonového tmelu. Rezistory jsou vhodné pro plošné spoje. Řady E12 ( $\pm 10\%$ ), E24 ( $\pm 5\%$ ), $\pm 1\%$ Kategorie 40/100/56	
TR 521	2	2,2 Ω až 4,7 kΩ	10 Ω až 5,1 kΩ	51 Ω až 5,1 kΩ	7	20		
TR 522	4	4,7 Ω až 22 kΩ	10 Ω až 24 kΩ	100 Ω až 24 kΩ	9	33		
TR 523	6	4,7 Ω až 33 kΩ	10 Ω až 43 kΩ	33 Ω až 43 kΩ	9	50		
TR 524	8	4,7 Ω až 33 kΩ	10 Ω až 62 kΩ	33 Ω až 62 kΩ	12	50		
TR 505	1	$\pm 20\%$ 1 Ω až 1,5 kΩ	$\pm 10\%$ 22 Ω až 1,5 kΩ	$\pm 5\%$ 10 Ω až 2,2 kΩ	5,5	20	Drátové rezistory na keramickém tělisku s ochrannou vrstvou keram. tmelu. Rezistory jsou vhodné pro plošné spoje. Ochranná vrstva není izolací. Řady E6 ( $\pm 20\%$ ), E12 ( $\pm 10\%$ ), E24 ( $\pm 5\%$ ). Maximální příp. napětí 500 V. Maximální teplota při jmen. zatížení a teplotě okolí +40 °C je 300 °C. Kategorie 55/125/04	
TR 506	2	1 Ω až 2,2 kΩ	10 Ω až 2,2 kΩ	10 Ω až 6,8 kΩ	7	20		
TR 507	6	1 Ω až 6,8 kΩ	10 Ω až 6,8 kΩ	10 Ω až 12 kΩ	9	33		
TR 508	10	1 Ω až 12 kΩ	10 Ω až 12 kΩ	47 Ω až 22 kΩ	9	50		
TR 509	15	1 Ω až 22 kΩ	47 Ω až 22 kΩ		12	50		



## 2.1.7. Přesné destičkové rezistory

V technicky náročných obvodech je mnohdy nutné zaručit stejný teplotní součinitel sestavy použitých rezistorů, dodržet ve výrobě vždy stejnou kapacitu mezi nimi a zaručit jejich stejnou indukčnost. Podobné požadavky nelze splnit použitím diskretních součástí. Destičkové rezistory, obsahující spolehlivé, přesné a stabilní odporové součástky, tyto požadavky splňují, navíc dokonale využívají plochu desek plošných spojů (obr. 9 uprostřed).

### a) Destičkové rezistory metalizované přesné — jednotlivé odpory

Odporová vrstva je tvořena kovovým filmem naneseným na keramický podklad a je kryta ochrannou keramickou destičkou. Protože vývodní dráty jsou připájeny na plochu měkkou pájkou, je nutná opatrnost při pájení. Používáme proto ochlazovací kleště. Při pájení tzv. cínovou vlnou je nutné dodržet vzdálenost mezi součástkou a deskou plošných spojů minimálně 3 mm.

Rezistory jsou dodávány v řadě E 192 s odchylkami jmenovitých odporů  $\pm 0,1\%$  a  $\pm 0,2\%$ .

Teplotní součinitel je

$\pm 50 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  pro rezistory 100  $\Omega$  až 1 M $\Omega$ ,

$\pm 75 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  pro rezistory 20  $\Omega$  až 100  $\Omega$ .

Šum:  $\leq 0,05 \mu\text{V}/\text{V}$  pro rezistory 2,5 k $\Omega$  až 250 k $\Omega$ ,

$\leq 0,1 \mu\text{V}/\text{V}$  pro rezistory 100  $\Omega$  až 2,5 k $\Omega$

a pro  $\geq 250 \text{ k}\Omega$ .

Napěťový činitel je  $5 \cdot 10^{-5}/\text{V}$ , kategorie klimatické odolnosti 40/100/21.

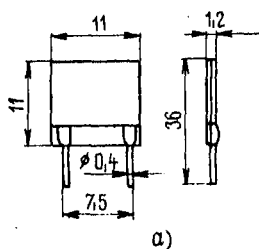
Rozměrový náčrtek destičkových rezistorů je na obr. 13 a) a b). Odpory destičkových rezistorů jsou v tab. 19.

Tabulka 19. Typové označení destičkových rezistorů

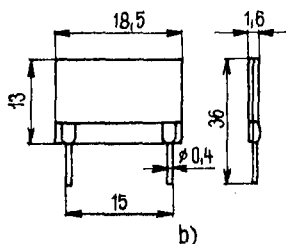
Typové označení	Jmenovité zatížení [W]	Rozsah vyráběných rezistorů	Maximální provozní stejnosměrné napětí [V]
WK 681 24	0,1	20 $\Omega$ až 100 $\Omega$	100
		> 100 $\Omega$ až 1 M $\Omega$	
WK 681 68	0,25	20 $\Omega$ až 100 $\Omega$	150
		> 100 $\Omega$ až 1 M $\Omega$	

b) *Destičkové rezistory metalizované přesné – sestavy odporů*

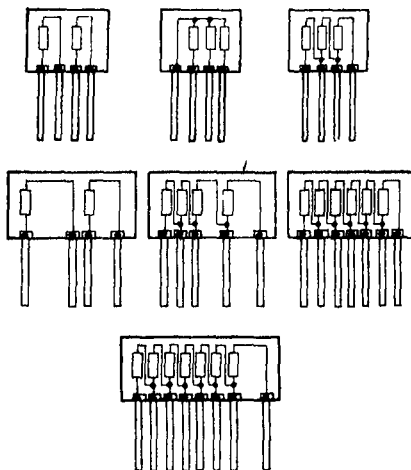
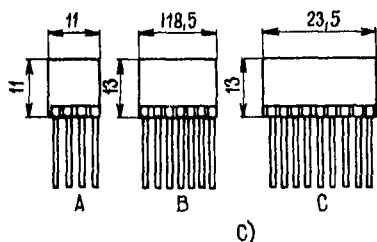
Odporová vrstva je opět tvořena kovovým filmem naneseným na keramickém podkladě a je kryta ochrannou keramickou destičkou. Kovový film je rozdělen izolačními dráhami, takže vytváří samostatné nebo dílčí rezistory v sériovém nebo hvězdicovém zapojení. Při pájení je nutná zvý-



Obr. 13. Rozměrový náčrtek destičkových rezistorů: a) WK 681 24, b) WK 681 68, c) rozměry provedení A, B, C



Obr. 14. Příklady zapojení destičkových rezistorů



šená opatrnost. Jmenovité odpory rezistorů jsou v řadě E 192 s odchylkami  $\pm 0,1\%$  a  $\pm 0,2\%$ ; označení je podle kódového systému B. Teplotní součinitel dílčích rezistorů včetně jejich kombinací je

$$\begin{aligned} & \pm 50 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \text{ pro rezistory } \geq 150 \Omega, \\ & \pm 75 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \text{ pro rezistory } \leq 150 \Omega. \end{aligned}$$

Pro sestavy rezistorů v hodnotě  $\geq 150 \Omega$  (s jednotlivými rezistory  $\leq 60 \Omega$ ) je teplotní součinitel  $\leq \pm 100 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .

Šum:  $\leq 0,1 \mu\text{V}/\text{V}$  pro jmenovité hodnoty  $100 \Omega$  až  $2,5 \text{ k}\Omega$  nebo pro rezistory, kde odpor na jednu rozteč je  $> 70 \text{ k}\Omega$ ,  
 $\leq 0,05 \mu\text{V}/\text{V}$  pro jmenovité hodnoty větší než  $2,5 \text{ k}\Omega$  a při hodnotě rezistoru na jednu rozteč  $\leq 70 \text{ k}\Omega$ .

Kategorie klimatické odolnosti je 40/100/21.

Rozměry destiček: Provedení A —  $11 \times 11$  se čtyřmi vývody,  
B —  $13 \times 18,5$  se sedmi vývody,  
C —  $13 \times 23,5$  s devíti vývody.

Rozměrový náčrtek je na obr. 13c).

V provedení A mohou být zapojeny

- 2 rezistory samostatně (po  $50 \text{ mW}$ ),
- 2 rezistory v sérii (po  $30 \text{ mW}$ ),
- 3 rezistory v sérii (po  $30 \text{ mW}$ ),
- nebo 3 rezistory ve hvězdicovém zapojení (po  $30 \text{ mW}$ ).

V provedení B mohou být zapojeny

- 2 rezistory samostatně (po  $50 \text{ mW}$ ),
- 4 rezistory v sérii (po  $40 \text{ mW}$ ),
- 6 rezistorů v sérii ( $40 \text{ mW}$ ) nebo
- 6 rezistorů v hvězdicovém zapojení.

V provedení C může být zapojeno

- 7 rezistorů v sérii (po  $40 \text{ mW}$ ),
- 7 rezistorů ve hvězdicovém zapojení,
- 8 rezistorů v sérii (po  $40 \text{ mW}$ ) nebo
- 8 rezistorů ve hvězdicovém zapojení.

Minimální odpor na jednu rozteč je  $20$  až  $80 \Omega$ .

Maximální odpor je na jednu rozteč je  $200$  až  $300 \text{ k}\Omega$ .

Příklady zapojení destičkových rezistorů jsou na obr. 14.

### 2.1.8. Napětově závislé rezistory

Napětově závislé rezistory, nazývané také varistory, vykazují velkou nelineární změnu hodnoty odporu v závislosti na napětí. Patří mezi polovodičové rezistory. Jsou vyrobeny např. z karbidu křemíku nebo z kysličníků kovů, např. zinku a titanu. Krystalky výchozí hmoty jsou slisovány do tvaru kotoučků nebo válečků a sintrovány při vysoké teplotě. Používají se v různých oborech elektroniky jako levné a spolehlivé přepětové ochrany, např. obvodů stínících mřížek elektronek, reléových kontaktů, kolektorů motorků, k stabilizaci napětí apod.

Závislost proudu na napětí je u varistorů dána vztahem

$$U = CI^\beta \quad [V; A] \quad (20)$$

kde  $U$  je napětí na varistoru,

$I$  proud procházející varistorem,

$C$  konstanta rovná napětí pro proud 1 A, různá pro různé typy varistorů (typová konstanta),

$\beta$  exponent rovný tangentě k voltampérové charakteristice odporu vynesené v logaritmických stupních.

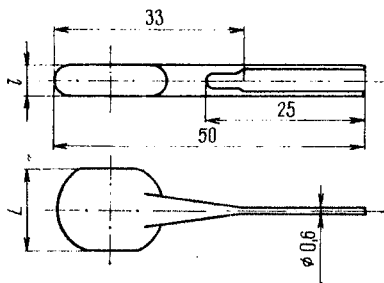
Kategorie klimatické odolnosti je 25/100/21.

Typy napětově závislých rezistorů jsou v tab. 20.

Rozměrový náčrtek je na obr. 15.

Tabulka 20. Typy napětově závislých rezistorů

Typové označení	Jmenovitá zatížení [W]	Exponent $\beta$	Proud [mA]	Rozsah [V] stejnosměrného napětí	$C$ pro $\beta = 0,18$	Rozměry [mm]		Tvar
						$D$	$L$	
WK 681 42	0,5	0,14 až 0,21	10	$680 \pm 20\%$	1 550	13,5	6 až 4	Terč
WK 681 43	0,5	0,14 až 0,21	1	$330 \pm 10\%$	1 150	13,5	5,5 až 4	Terč



Obr. 15. Rozměrový náčrtek napětově závislých rezistorů

## 2.2. Potenciometry. Proměnné rezistory

Kromě pevných rezistorů, popisovaných v předchozí kapitole, se v elektronice používají plynule proměnné rezistory — potenciometry. Používají se jako děliče napětí (ať stejnosměrného napájecího nebo střídavého), jako regulátory hlasitosti nebo k úpravě zabarvení zvuku (tónové clony) v nízkofrekvenčních obvodech.

Potenciometr má 3 vývody — oba konce odporové dráhy a vývod sběrače, který se po ní posunuje buď otáčením hřídelky v úhlu asi  $270^\circ$  (potenciometry otočné), nebo rovinným posouváním páčky nebo hmatníku (potenciometry posuvné, méně správně tahové). Obvykle jsou oba konce odporové dráhy připojeny na zdroj napětí, jehož žádaná část se má odebrat ze sběrače. Zdroj je tedy zatěžován stále stejně velkým odporem.

Potenciometr lze také používat jako proměnný rezistor. Potom má pouze dva vývody — jeden konec odporové dráhy a vývod sběrače. Někdy se druhý konec odporové dráhy spojuje s běžcem nakrátko, není to však nutné. Potenciometry se převážně upevňují centrální maticí.

V tranzistorové technice a pro televizory jsou výhodné otočné potenciometry malých rozměrů, tzv. odporové trimry — které se používají k nastavení napětí nebo pracovního bodu tranzistorů.

Odporové hmoty potenciometrů a odporových trimrů jsou v podstatě stejné jako u pevných rezistorů, tj. uhlíková vrstva, odporový lak nebo u výkonových druhů odporový drát. Kromě nich se nověji uplatňuje tzv. cermet (zkratka z anglických slov ceramic — metal, keramika — kov) — jemné částičky kovů, rozptýlené ve sklovité hmotě a nanesené na keramický podklad. Je to perspektivní odporová hmota s dobrými vlastnostmi.

Jednotlivé typy potenciometrů jsou dále podrobněji popsány. Jejich provedení se liší podle požadovaných vlastností a účelu, např. pro spotřební elektroniku, investiční celky nebo pro speciální účely.

### 2.2.1. Průběh odporové dráhy

Při používání potenciometrů jako děličů napětí nebo v měřicích obvodech (např. můstcích) vyžadujeme, aby změna odporu byla přímo úměrná natočení sběrače, tedy aby v  $1/3$  odporové dráhy byl zařazen odpor rovný třetině jmenovité hodnoty odporu celého potenciometru, v  $1/2$  poloviční atd. To je lineární průběh.

Pro řízení hlasitosti u magnetofonů, zesilovačů a rozhlasových přijmačů však lineární průběh nevyhovuje. Citlivost lidského sluchu na přírůstek hlasitosti není totiž lineární, ale přibližně logaritmická. Při lineárním průběhu potenciometru by hlasitost zpočátku vzrůstala velmi rychle, ke konci jen pomalu. Proto se pro řízení hlasitosti používají potenciometry s logaritmickým průběhem.

Pro fyziologickou regulaci přizpůsobenou nestejně citlivosti ucha na různé vysoké kmitočty se odporová dráha potenciometru opatřuje odbočkami, na něž se buď zapojují korekční obvody, nebo se na ně zavádí negativní zpětná vazba.

K různým účelům se používají ještě potenciometry s jinými průběhy odporové dráhy, např. exponenciální (obráceně logaritmické), speciální lineární apod.

## Označení průběhu odporové dráhy

Průběh odporové dráhy se označuje nátiskem písmenového znaku na kryt potenciometru:

- N — lineární
- NS — lineární speciální
- G — logaritmický
- E — exponenciální
- F — lineární s odbočkou
- Y — logaritmický s odbočkou

U logaritmických potenciometrů se někdy uvádí rozsah útlumu v decibelech, např. G-50 dB nebo E-60 dB apod.

## Druhy a provedení potenciometrů

a) *Jednoduché potenciometry* dodává výrobce jednak otevřené bez krytu (např. drátové potenciometry a odporové trimry), jednak v plechovém pouzdru, které chrání vnitřek před vnikáním prachu. Pro speciální účely se vyrábějí tzv. potenciometry těsné, kde odporový systém je neprodyšně uzavřen, což zvyšuje jeho stálost a odolnost proti klimatickým vlivům.

b) *Tandemové potenciometry* tvoří spojení dvou potenciometrů, ovládaných současně společným hřídelem (nesprávně osičkou), popř. společným hmatníkem u posuvných typů. Jsou vhodné např. pro současné řízení hlasitosti obou reprodukčních kanálů ve stereofonii. Pro tyto účely musí mít oba potenciometry pokud možno stejný průběh, např. u otočných druhů s lineárním průběhem zaručuje výrobce souběh na 3 dB, u posuvných dokonce 2 dB. V tomto případě se volí jmenovité hodnoty stejné, např.  $0,5 \text{ M}\Omega/\text{N} + 0,5 \text{ M}\Omega/\text{N}$ .

c) *Dvojité potenciometry* se vzhledově podobají tandemovým, ovšem každý potenciometr je možné ovládat samostatně pomocí dvojitého hřídele. Vnější hřídel je dutý o průměru 10 nebo 6 mm a kratší než vnitřní hřídel o průměru 6 nebo 4 mm, který přečnává asi o 12 mm. Každý z obou potenciometrů může mít nejen jinou jmenovitou hodnotu, ale i jiný průběh odporové dráhy, např.  $0,5 \text{ M}\Omega/\text{G} + 10 \text{ k}\Omega/\text{N}$  nebo  $1 \text{ M}\Omega/\text{G} + 0,5 \text{ M}\Omega/\text{G}$ . Kdysi se používaly pro snížení počtu ovládacích knoflíků, např. zároveň jako regulátor hlasitosti a tónová clona u rozhlasových přijímačů.

d) *Potenciometry se spínačem*. Často se potenciometry sdružují se spínačem, např. dvoupólovým síťovým vypínačem pro napětí do 250 V a proud 1,5 A, ovládaným pootočením, dříve také povytažením hřídele. Druhý způsob — dnes již nepoužívaný — dovoľoval využití celé odporové dráhy a při vypnutí se neměnila nastavená velikost odporu. Pro tranzistorovou techniku se používá spínač pro napětí do 24 V a proud 0,5 A.

### 2.2.2. Materiál, zatížitelnost

Podobně jako pevné rezistory jsou i potenciometry rozděleny podle požadavků na stabilitu na 2 typy (ČSN 35 8181)

- a) potenciometry typu 1 — určené pro obvody, v nichž je požadována velká stabilita odporu,
- b) potenciometry typu 2 — určené pro obvody, v nichž velká stabilita odporu není nezbytným požadavkem.

K typu 1 patří ty potenciometry, jejichž odporová dráha je vytvořena např. kovovou vrstvou, nebo potenciometry cermetové.

Vakuovým napařením kovových slitin na nosný materiál, obvykle keramický, se získají hodnotné potenciometry s kovovou vrstvou. Sběrač se nesmí pohybovat po odporové dráze; bývá tvořen přitlačným plíškem, aby nedocházelo k probroušení tenké odporové vrstvičky. Potenciometry se vyznačují velkou přesností hodnoty odporu a linearitou průběhu. Výrobně lze dosáhnout i nízkého teplotního součinitele.

Potenciometry s cermetovou vrstvou mají odporovou dráhu vytvořenou tenkou vrstvičkou skla s rozptýlenými částicemi kovů. Odporová dráha je na nevodivém, teplotně odolném keramickém nosném materiálu. Teplotní součinitel u dobrých výrobků dosahuje hodnoty  $\pm 250 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . Tyto potenciometry se vyznačují velkou stabilitou.

Kvalita obou těchto typů potenciometrů je však vykoupena jejich vyšší cenou.

Nejběžněji se používají potenciometry s uhlíkovou odporovou dráhou, patřící k typu 2.

Odporová dráha je vytvořena z odporového laku (lak plněný sazemí) na nosné části potenciometru. Nosným materiálem bývá nejčastěji tvrzený papír, u kvalitnějších potenciometrů keramická destička, která dovoluje větší výkonové zatížení.

Protože časem a vlivem klimatických podmínek dochází ke změnám laku a nosné části potenciometrů z tvrzeného papíru, nejsou tyto potenciometry příliš kvalitní.

Do této skupiny lze zahrnout i cermetové měnitelné rezistory, odporové trimry a cermetové potenciometry běžných vlastností. Zachovávají si však větší spolehlivost a zatížitelnost. Teplotní součinitel se pohybuje v širším rozmezí a dosahuje až hodnot  $\pm 1500 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . Nepředpokládá se u nich zapojení v akustických obvodech, neboť jejich šum je velký, až  $25 \mu\text{V/V}$ .

Pro ilustraci vlastností použitých odporových hmot a různých hmot nosné části jednotlivých typů měnitelných rezistorů (odporových trimrů) uvedme srovnání uhlíkových měnitelných rezistorů na tvrzeném papíru, uhlíkových měnitelných rezistorů na keramice a cermetových měnitelných rezistorů se stejnými rozměry odporové dráhy a nosné části. Průběh odporové dráhy je u všech typů lineární (tab. 21).

Ze srovnání je patrné, že potenciometry s uhlíkovou odporovou dráhou na tvrzeném papíru lze použít jen v klimaticky nenáročném prostředí.

Tabulka 21. Srovnání parametrů měnitelných rezistorů

Typové označení	Druh	Jmenovité zatížení [W]	Maximální napětí [V]	Kategorie
TP 040	Odporový lak na tvrzeném papíru	0,2	300	40/070/04
TP 015	Odporový lak na keramice	0,5	500	40/085/56
TP 060	Vrstva typu cermet na keramice	1	500	55/100/56

Potřebu většího zatížení bez klimatických nároků je nutné řešit použitím uhlíkového potenciometru na keramické podložce nebo potenciometru s odporovou dráhou typu cermet.

### Potenciometry drátové

Sběrač u tohoto typu potenciometru se pohybuje po odporové dráze vytvořené navinutím jedné vrstvy odporového drátu na svinutém izolačním tělese. Podle požadavků na potenciometr a zatížení bývá izolační těleso z tvrzeného papíru, plastu nebo z keramiky.

Pro potřeby spotřební a investiční elektroniky se vyrábějí drátové potenciometry od jmenovitého zatížení desetin wattů do několika set wattů (u nás pouze do několika wattů).

Teplotní součinitel odporu závisí na použitém materiálu odporové dráhy. U dobrých výrobků lze dosáhnout až hodnoty  $TK < 10 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .

*Upozornění:* Zatížení potenciometrů se udává pro celou odporovou dráhu. Přípustné zatížení části odporové dráhy (mezi běžcem a jedním koncem) je nutné zmenšit úměrně odporu zapojené dráhy. Z obdobných důvodů bývá jmenovité zatížení potenciometrů s logaritmickou a exponenciální charakteristikou přibližně poloviční než u potenciometrů stejných rozměrů s lineárním průběhem.

### 2.2.3. Délka a zakončení hřídelů

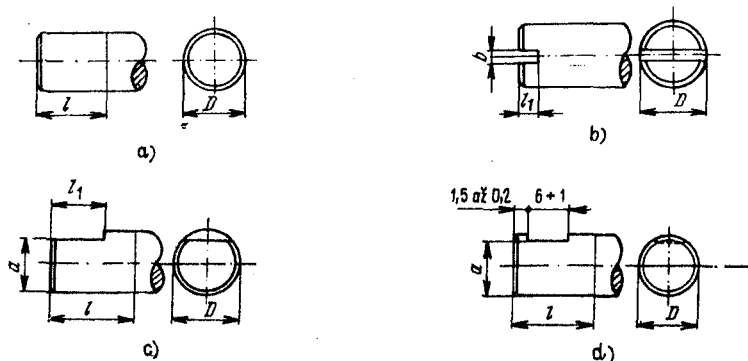
Hřídele potenciometrů, jejich délky a tvar zakončení (části pro knoflík nebo hmatník) jsou v některých provedeních normalizovány (ČSN 35 8181). U jednoduchých potenciometrů je průměr hřídelů 6 mm. Vyrábějí se v různých délkách (tab. 22). Délka se měří od dosedací plošky potenciometru. U dvojitých hřídelů se délkou hřídele rozumí délka vnějšího, kratšího hřídele;



Tabulka 22. Normalizované délky hřídelů

Zakončení hřídele	Průměr [mm]	Délka hřídele [mm]
A	4	16-20-25-32
	6	20-25-32-40-50-60-80
B	6	20-25-32-40-50-60-80
E	4	10
	6	10-12-16-20
H	4	20-25-32
	6	20-25-32-40-50-60-80
A/A*)	10/6	32-50-60-80
	6/4	20-25-32-40-60
A/H*)	10/6	32-50-60-80
	6/4	20-25-32-40-50-80

\*) Poměr vnější hřídel/vnitřní hřídel. Délka platí pro vnější hřídel.



Obr. 16. Zakončení hřídelů: a) hladké, b) se zářezem pro šroubovák, c) s ploškou, d) s ploškou a dorazem

vnitřní bývá o 12 mm delší. Nákresy normalizovaného zakončení jednoduchých hřídelů jsou na obr. 16.

Zakončení hřídelů dvojitých potenciometrů je na obr. 17.

Rozměry zakončení hřídelů uvádí tab. 23 a tab. 24.

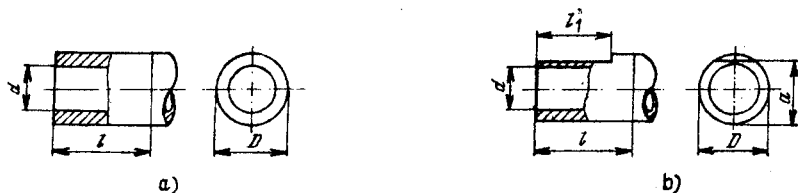
Tabulka 23. Rozměry zakončení hřídelů jednoduchých potenciometrů

Označení Rozměr [mm]	A		B	E		H	
	$D$	4	6	6	4	6	4
$l$	min. 16		min. 16	—	—	min. 16	
$l_1$	—	$10 \pm 0,5$		$1 \pm 0,3$	$1,6 \pm 0,3$	—	—
$a$	—	$4,5 - 0,2$		—	—	$3,4 - 0,2$	$5,3 - 0,2$
$b$	—	—		0,8		—	—

Tabulka 24. Rozměry zakončení hřídelů dvojitých potenciometrů

Vnější hřídel	A		A	
$D/d$ [mm]	10/6	6/4	10/6	6/4
Vnitřní hřídel*)	A		H	

\*) Vnitřní hřídel může mít i jiné zakončení, jako v tabulce 23.



Obr. 17. Zakončení dutých hřídelů: a) hladké, b) s ploškou

## Značení potenciometrů

Čs. výrobce pasívních součástí TESLA Lanškroun, n. p. označuje vrstevové potenciometry znakem složeným z písmenové skupiny TP (typizovaný potenciometr) a z trojčíslí, popř. ještě doplněného malým písmenem, např. TP 283b. První dvě číslice označují základní typ potenciometru a (s několika málo výjimkami) jeho přibližný vnější průměr. Poslední číslice udává provedení (jednoduchý, tandemový, se spínačem atd.) podle tab. 25. Uvedený příklad označení znamená vrstevový potenciometr v krytu o vnějším průměru 28 mm, třetí číslice udává typ tandemový bez spínače. Písmeno b určuje logaritmický průběh s rozsahem útlumu 50 dB.

Tabulka 25. Význam poslední číslice

Potenciometr	Třetí číslice		
	Jednoduchý	Tandemový	Dvojitý
Bez spínače	0	3	6
S otočným spínačem	1	4	7
S tahovým*) spínačem	2	5	8

\*) Potenciometry s tahovým spínačem se již nevyrábějí.

Pro objednávky nebo při úplném popisu druhu použitého potenciometru se musí vypsát kromě typového označení i jmenovitá hodnota, průběh odporové dráhy (popř. s odbočkou), délka a zakončení hřídele a další nutné hodnoty — rozsah útlumu v decibelech, zda jde o typ se spínačem nebo bez spínače atd.

### Příklady.

1. Potenciometr TP 281b 32B 50 k/G je jednoduchý vrstevový potenciometr o průměru 28 mm se spínačem, hřídel délky 32 mm je zakončen opěrnou ploškou. Jmenovitý odpor je 50 k $\Omega$  s logaritmickým průběhem 50 dB, jmenovité zatížení celé odporové dráhy je 0,25 W.

2. Potenciometr TP 283b 60A M5/N-3dB je tandemový otočný potenciometr průměru 28 mm bez spínače, se jmenovitými odpory 0,5 M $\Omega$  + 0,5 M $\Omega$  s lineárním průběhem se souběhem 3 dB pro stereofonní zařízení, zatížitelnost 0,5 W, hřídel s hladkým zakončením je dlouhý 60 mm.

3. Potenciometr TP 052c 20E 1k5/N je jednoduchý, cermetový krytý druh s hřídelem délky 20 mm se zářezem pro šroubovák, s odporem 1,5 k $\Omega$ . Průběh dráhy je lineární, zatížitelnost 0,5 W, vnější průměr 16 mm.

## Zbytkové odpory

Při nastavení sběrače potenciometru do některé krajní polohy („na doraz“) by měl být mezi příslušným vývodem odporové dráhy a sběračem nulový odpor. Z výrobních důvodů to ale není možné; vždy v krajních polohách zbývá určitý odpor, který ovšem má být co nejmenší. Výrobce udává pro nutné případy dovolenou velikost těchto zbytkových odporů ( $R_p$  na počátku odporové dráhy a  $R_k$  na jejím konci) buď přímo v ohmech, nebo v procentech hodnoty odporové dráhy potenciometru. U lineárních druhů jsou zbytkové odpory  $R_p$  i  $R_k$  přibližně stejné. Ale u průběhu logaritmického, exponenciálního (obráceně logaritmického) nebo s vyvedenou odbočkou se mohou oba zbytkové odpory značně lišit. Informativní zaokrouhlené hodnoty největších dovolených zbytkových odporů u otočných vrstevných potenciometrů jsou v tab. 26, u potenciometrů drátových v tab. 35.

Tabulka 26. Počáteční a koncové odpory potenciometrů

Jmenovitý odpor potenciometru	Průběh				
	N, NS, F	G, Y		E	
	$R_p, R_k$ [ $\Omega$ ]	$R_p$ [ $\Omega$ ]	$R_k$ [ $\Omega$ ]	$R_p$ [ $\Omega$ ]	$R_k$ [ $\Omega$ ]
< 500 $\Omega$	10	5	20	20	5
500 až 1 000 $\Omega$	10	10	50	50	10
1 000 až 5 000 $\Omega$	25	25	100	100	25
5 000 až 10 000 $\Omega$	25	25	200	200	25
10 000 až 25 000 $\Omega$	35	35	250	250	35
25 000 až 50 000 $\Omega$	35	35	500	500	35
50 000 až 100 000 $\Omega$	50	35	1 000	1 000	35
0,1 až 0,25 M $\Omega$	125	50	2 500	2 500	50
0,25 až 0,5 M $\Omega$	250	100	5 000	5 000	100
0,5 až 1,0 M $\Omega$	500	200	10 000	10 000	200
1,0 až 2,5 M $\Omega$	1 000	500	25 000	25 000	500

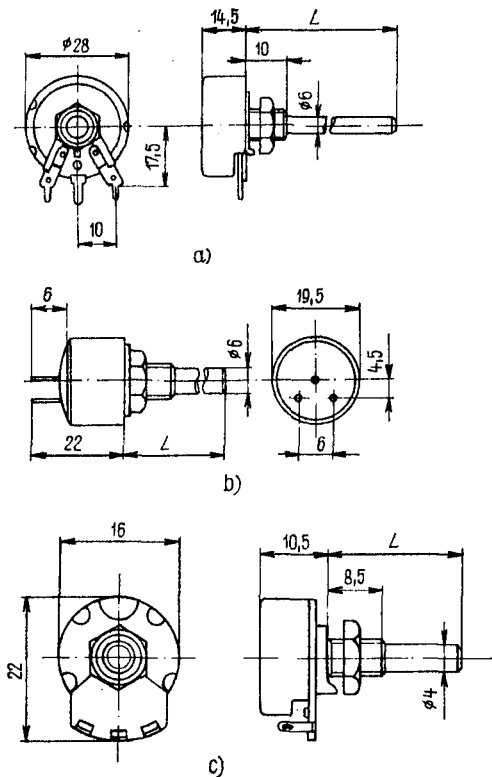
### 2.2.4. Otočné a posuvné potenciometry

Vedle otočných potenciometrů se začínají (zejména v konzumní elektronice) uplatňovat i potenciometry posuvné. Osazují se jimi televizní a rozhlasové přijímače, magnetofony, gramofonové zesilovače a mixážní pulty.

Posuvný potenciometr je složen ze základní desky, na kterou je přinýtována odporová dráha z odporového laku (lak s uhlíkem). Může mít průběh jak lineární, tak logaritmický. Po přímé odporové dráze se pohybuje běžec, jehož unášec je opatřen hmatníkem.

Přehled vyráběných typů otočných a posuvných potenciometrů je v tab. 27.

Rozměrové náčrtky potenciometrů bez vypínače jsou na obr. 18 a obr. 19.



Obr. 18. Rozměrový náčrtek otočných potenciometrů bez vypínače: a) TP 280n, b) TP 190, c) TP 160

### 2.2.5. Odporové trimry uhlíkové, keramické, miniaturní

Vyráběné měnitelné odpory — odporové trimry — jsou přizpůsobeny pro montáž v plošných spojích. Průběh odporové dráhy je u všech typů lineární. Ovládací hřídel je na obou koncích opatřen drážkou pro šroubovák nebo je na něj nasunut knoflík.

Přehled odporových trimrů je v tab. 28, provedení na obr. 20.

Rozměrové náčrtky odporových trimrů jsou na obrázcích 21 až 23.

Tabulka 27. Přehled vyráběných typů otočných a posuvných potenciometrů

Typové označení	Průběh odporové dráhy	Jmenovitá zatížení [W]	Rozsah jmenovitých odporů	Prů- měr [mm]	Poznámka
TP 280n	N-lineární G-log 50 dB E-exp 50 dB G-log 60 dB E-exp 60 dB Y-log s odboč- kou	0,5	100 Ω až 5 MΩ 5 kΩ až 50 kΩ	28	Odporová vrstva z odporového laku na tvrzeném papíře. Čálek v kovovém krytu. Dovolená odchyl- ka pro odpor je < 0,25 MΩ je ± 20 % > 0,25 MΩ je ± 30 % Šum sběrače 2,5 mV/V Kategorie 10/070/04
		0,25	0,1 MΩ až 2,5 MΩ 0,5 MΩ až 2,5 MΩ		
TP 280b	Hodnotami odpovídá typu TP 280n.			28	Kryt je opatřen těsnicí vložkou proti vnikání nečistot na odporovou dráhu. Kategorie 10/070/10
TP 280n/F	N-lineární s odbočkou ve 2/3 odporové dráhy	0,5	25 kΩ	28	Odporová vrstva z odporového laku na tvrzeném papíře. Dovolená odchylka ± 20 %. Šum sběrače maximálně 2,5 mV/V. Kategorie 10/070/04
TP 190	N-lineární G-log 50 dB G-log 60 dB	0,2	100 Ω až 5 MΩ	19,5	Odporová vrstva z odporového laku. Potenciometr je v mosazném krytu s drátovými vývody. Zadní část je těsně uzavřena záblivkou z tvrdité- lé pryskyřice. Řada: 1 - 2, 5 - 5 - 10. Šum sběrače maximálně 2,5 mV/V. Kategorie 55/085/21
		0,1	5 kΩ až 50 kΩ		
		0,1	100 kΩ až 1 MΩ		
TP 160	N-lineární G-log 50 dB G-log 60 dB L-log s odboč- kou	0,15	500 Ω až 5 MΩ	16	Odporová vrstva z odporového laku. Jmenovitá hodnota odporu odbočky je 5 kΩ u potenciometrů 25 kΩ; 20 kΩ u potenciometrů 0,1 MΩ. Šum sběrače maximálně 2,5 mV/V. Kategorie 25/070/04
		0,08	5 kΩ až 50 kΩ		
		0,08	0,1 MΩ až 1 MΩ		
		0,08	25 kΩ a 0,1 MΩ		

Tabulka 27. (pokračování)

Typové označení	Průběh odporové dráhy	Jmenovitá zatížení [W]	Rozsah jmenovitých odporů	Průměr [mm]	Poznámka
TP 195	N-lineární	1	47 Ω až 2,2 MΩ	19,5	Prachotěsné provedení potenciometru s odporovou dráhou cermetovou na keramické podložce. Na straně vývodů je závlivka z tvrditelné pryskyřice. TK 500.10- $\epsilon$ /°C pro $R_{jm}$ 47 Ω až 1 kΩ 700.10- $\epsilon$ /°C 1 kΩ až 470 kΩ 1500.10- $\epsilon$ /°C 470 kΩ Kategorie 65/125/56 Potenciometr bude zařazen mezi typy 1
TP 052c	N-lineární	0,5	100 Ω až 0,47 MΩ	15,9	Odporová dráha cermetová na keramické podložce. Dovolená odchylka pro odpor < 0,25 MΩ je $\pm 20 \%$ > 0,25 MΩ je $\pm 30 \%$ Kategorie 55/085/21 Potenciometr bude zařazen mezi typy 1
TP 600 TP 601	N-lineární G-log 50 dB G-log 60 dB L-log s odbočkou*)	0,25 0,15 0,15 0,15	500 Ω až 5 MΩ 10 kΩ až 50 kΩ 0,1 MΩ až 1,5 MΩ 25 kΩ ( $\sqrt{1/2}$ dráhy)	Délka posuvu 58 $\pm 1$ mm	Posuvný jednoduchý vrstvý potenciometr. Odporová dráha z odporového laku. Šum sběrače 3 mV/V. Kategorie 10/070/04 Řada 1 - 2,5 - 5 - 10

\*) Pouze u typu TP 600

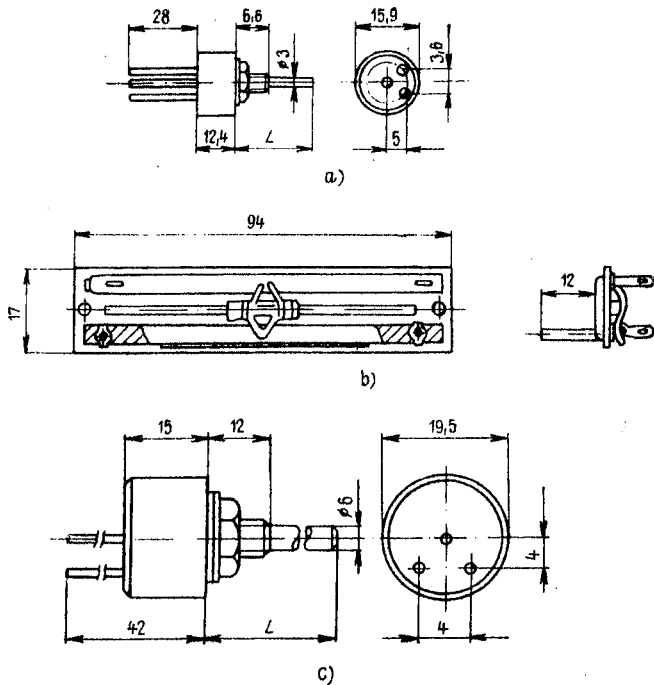
Tabulka 28. Přehled odporových trimrů

Typové označení	Jmenovité zatížení [W]	Rozsah vyráběných odporů	Provozní stejnosměrné napětí [V]	Poznámka
TP 015 TP 016 TP 017 TP 018	0,5	220 Ω až 4,7 MΩ	500	Odporová dráha z odporového laku (uhlík) na keramické nosné části. Řada E6 ( $\pm 30\%$ ) a do 1 MΩ i $\pm 30\%$ Šum $5 \mu\text{V/V}$ u jmenovitých odporů $\leq 100 \text{ k}\Omega$ $10 \mu\text{V/V}$ u jmenovitých odporů $> 100 \text{ k}\Omega$ Kategorie 40/085/56
TP 110 TP 111 TP 112 TP 113	0,3	220 Ω až 4,7 MΩ	200	Odporová dráha z odporového laku (s uhlíkem) na keramické nosné části. Řada E6 ( $\pm 30\%$ ) a do 1 MΩ i $\pm 20\%$ Šum $5 \mu\text{V/V}$ u jmenovitých odporů $\leq 100 \text{ k}\Omega$ $10 \mu\text{V/V}$ u jmenovitých odporů $> 100 \text{ k}\Omega$ Kategorie 40/085/21
TP 040 TP 041	0,2	220 Ω až 4,7 MΩ	300	Odporová dráha z odporového laku (s uhlíkem) na základní desce z tvrdého papíru. Řada E6 ( $\pm 30\%$ ) do 1 MΩ i $\pm 20\%$ Šum: maximální $5 \mu\text{V/V}$ , tepl. součinitel $\pm 3000 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ Kategorie 40/070/04
TP 008	0,05	220 Ω až 1,5 MΩ	100	Odporový trimr miniaturní. Odporová dráha z odporového laku na desce z tvrdého papíru. Vyráběné odpory v řadě 1 – 1,5 – 2,2 – 3,3 – 4,7 – 6,8. Šum 7 – 12 $\mu\text{V/V}$ . Teplotní součinitel $\pm 4000 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ . Kategorie 25/070/04

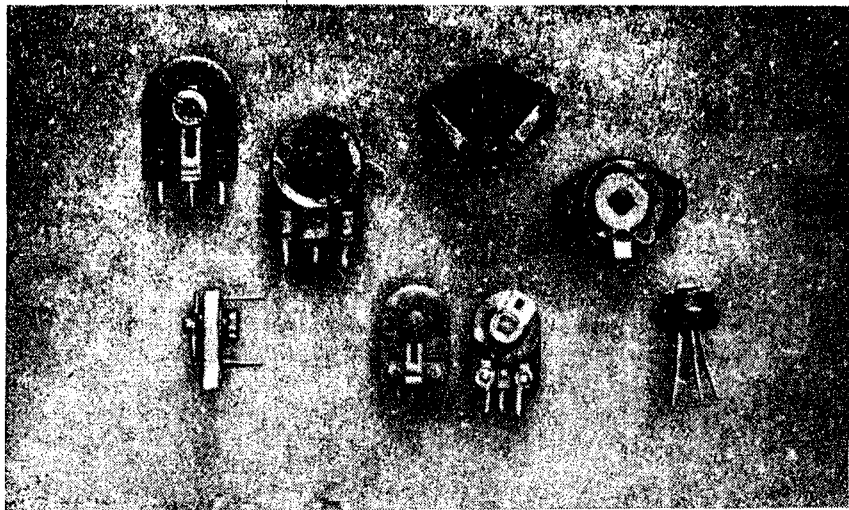


Tabulka 28. (pokračování)

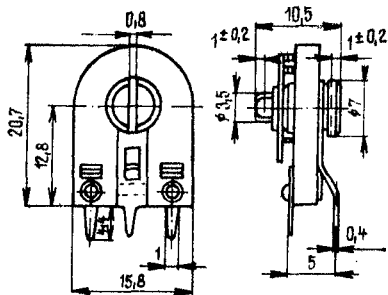
Typové označení	Jmenovité zatížení [W]	Rozsah vyráběných odporů rezistorů	Provozní stejnosměrné napětí [V]	Poznámka
TP 011 TP 012	0,5	100 Ω až 1 MΩ	200	Cermetová odporová dráha na keramické základní desce. Jmenovité odpory se vyrábějí v řadě E6 ( $\pm 30\%$ )
TP 060 TP 062	1	100 Ω až 1 MΩ	500	Šum: mezi krajními vývody $8\ \mu\text{V}/\text{V}$ Teplotní součinitel $\pm 1000 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ Kategorie pro typ TP 011 a TP 012 je 55/100/21; TP 060 a TP 062 je 55/100/56
TP 095	0,5	100 Ω až 100 kΩ	150	Cermetová odporová dráha na keramické základní desce. Celek uzavřen v kovovém krytu. Ovládací hřídel z plastické hmoty s drážkou pro šroubovák. Jmenovité odpory v řadě E6 ( $\pm 30\%$ ). Maximální šum je $25\ \mu\text{V}/\text{V}$ Kategorie 55/125/56



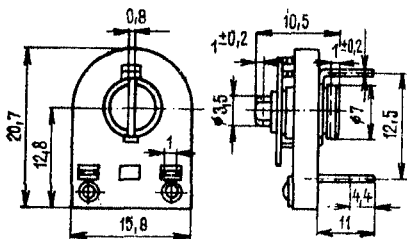
Obr. 19. Rozměrový náčrtek otočných a posuvných potenciometrů: a) TP 052 c, b) TP 620, c) TP 195



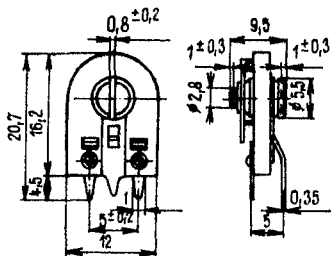
Obr. 20. Různé druhy odporových trimrů



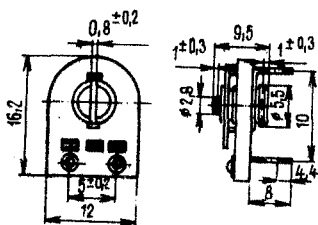
a)



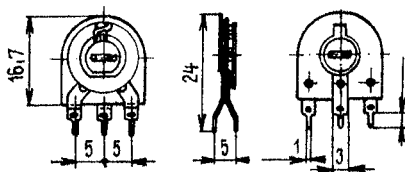
b)



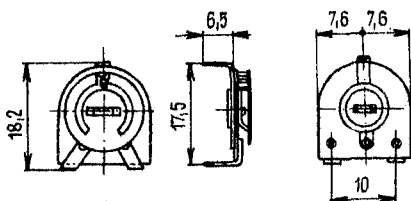
c)



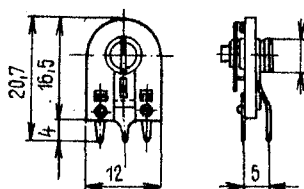
d)



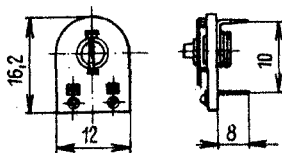
a)



b)



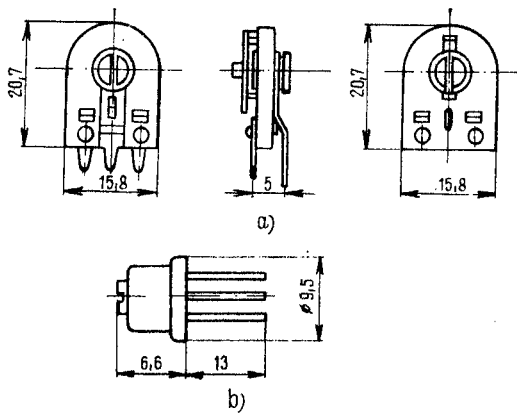
c)



d)

Obr. 21. Rozměrový náčrtek odporových trimrů: a) TP 015, b) TP 017, c) TP 110, d) TP 112

Obr. 22. Rozměrový náčrtek odporových trimrů: a) TP 040, b) TP 041, c) TP 011, d) TP 012

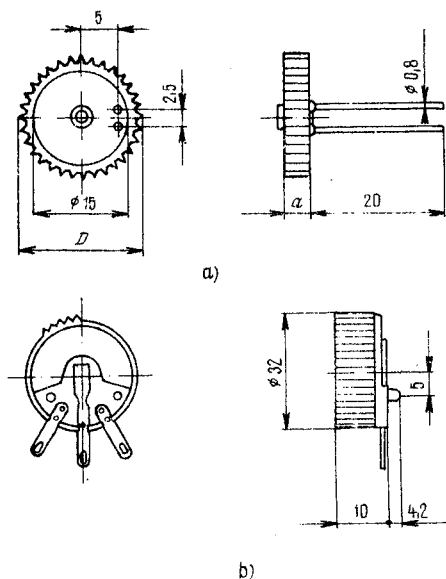


Obr. 23. Rozměrový náčrtek odporových trimerů:  
a) TP 060 a TP 062, b) TP 095

### 2.2.6. Potenciometry knoflíkové

Vrstvové potenciometry knoflíkové slouží k ovládání miniaturních elektronických zařízení, především tranzistorových přijímačů, zesilovačů a různých měřicích přístrojů. Potenciometr je vestavěn do knoflíku z termoplastu. Pro snazší manipulaci je knoflík na obvodu vroubkován. Vyrábí se v barvě černé, šedé a bílé. Odporová dráha je z odporového laku. Teplotní součinitel odporu dosahuje hodnoty až  $\pm 4000 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .

Přehled vyráběných typů knoflíkových potenciometrů je v tab. 29. Rozměrový náčrtek knoflíkových potenciometrů je na obr. 24.



Obr. 24. Rozměrový náčrtek knoflíkových potenciometrů:  
a) TP 170, b) TP 320

Tabulka 29. Přehled vyráběných typů knoflíkových potenciometrů

Typové označení	Průběh odporové dráhy	Jmenovité zatížení [W]	Rozsah jmenovitých odporů	Průměr [mm]	Poznámka
TP 170 TP 210 TP 219	N-lineární G-log 50 dB G-log 60 dB	0,25 0,1 0,1	500 $\Omega$ až 5 M $\Omega$ 5 k $\Omega$ až 50 k $\Omega$ 100 k $\Omega$ až 1 M $\Omega$	17,1 21,6 21,6	Šum sběrače maximální 6 mV/V Kategorie 10/070/04
TP 320	N-lineární N-lineární	0,05	2,5 k $\Omega$ $\pm$ 30 % 250 k $\Omega$	32	Šum sběrače maximální 2,5 mV/V Kategorie 10/055/04
	G-log 50 dB G-log 50 dB G-log 60 dB G-log 60 dB	0,05	5 k $\Omega$ 10 k $\Omega$ 50 k $\Omega$ $\pm$ 20 % 100 k $\Omega$		

### 2.2.7. Potenciometry dvojitě a tandemové

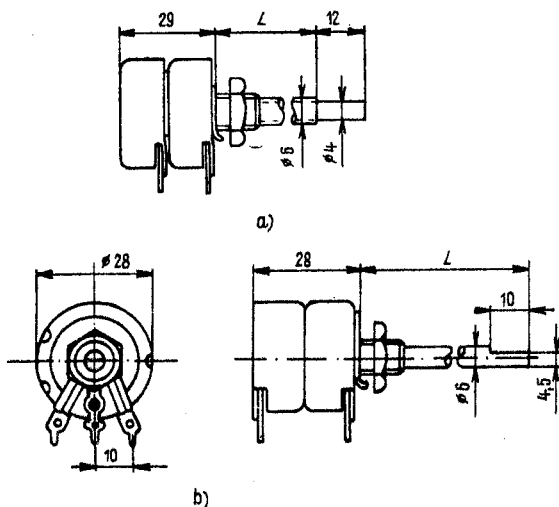
Přehled vyráběných typů dvojitých potenciometrů je v tab. 30.

Přehled vyráběných typů tandemových potenciometrů je v tab. 31.

Doporučené typy tandemových potenciometrů jsou v tab. 32.

Tandemové potenciometry posuvné jsou v tab. 33.

Rozměrový náčrtek dvojitých a tandemových potenciometrů je na obr. 25.



Obr. 25. Rozměrový náčrtek dvojitých a tandemových potenciometrů: a) TP 236n, b) TP 283n

Tabulka 30. Přehled vyráběných typů dvojitých potenciometrů

Typové označení	Označení potenciometru	První potenciometr (∅ 6 mm)		Druhý potenciometr (∅ 4 mm)		Průměr [mm]	Poznámka
		jmenovitý odpor	průběh	jmenovitá zatížení [W]	průběh		
TP 286n a	10k/N + 10k/G	10 kΩ	N-lineární	0,5	10 kΩ	G-log 50 dB	Šum sběrače 2,5 mV/V
	10k/G + 10k/G	10 kΩ	G-50 dB	0,25	10 kΩ	G-log 50 dB	
TP 286b	10k/N + M5/G	10 kΩ	N-lineární	0,5	0,5 MΩ	G-log 60 dB	Kategorie u typu TP 286n 10/055/04
	M5/G + 1M/G	0,5 MΩ	G-log 60 dB	0,25	1 MΩ	G-log 60 dB	Kategorie u typu TP 286b 40/070/10
	1M/N + 1M/G	1 MΩ	N-lineární	0,5	1 MΩ	G-log 60 dB	(TP 286b se liší od typu TP 286n těsným provedením krytu)
	1M/G + 1M/G	1 MΩ	G-log 60 dB	0,25	1 MΩ	G-log 60 dB	
	1M/E + 1M/E	1 MΩ	E-60 dB	0,25	1 MΩ	E-60 dB	
	1M/N + 1M/Y	1 MΩ	N-lineární	0,5	1 MΩ	Y-1 odboč.	

Tabulka 31. Přehled vyráběných typů tandemových potenciometrů

Typové označení	Průběh odporové dráhy	Jmenovitá zatížení [W]	Rozsah jmenovitých odporů	Průměr [mm]	Poznámka
TP 283n a TP 283b	N-lineární G-log 50 dB G-log 60 dB	0,5 0,25 0,25	100 Ω až 5 MΩ 5 kΩ až 50 kΩ 0,1 MΩ až 2,5 MΩ	28	Typy TP 283b jsou oproti typu TP 283n opatřeny těsnicí vložkou proti vnikání nečistot na odporovou dráhu. Šum sběrače maximálně 2,5 mV/V. Souběh odporových drah maximálně 3 dB. Kategorie pro typ TP 283n 10/070/04 TP 283b 40/070/10

Tabulka 32. Doporučené typy tandemových potenciometrů

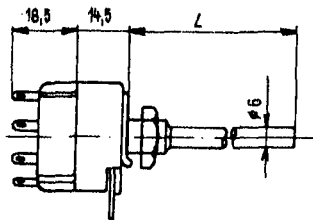
10k/N a 10k/N	50k/G a 50k/G
M5/N a M5/N	M5/G a M5/G
1M/N a 1M/N	1M/G a 1M/G

### 2.2.8. Potenciometry se spínači

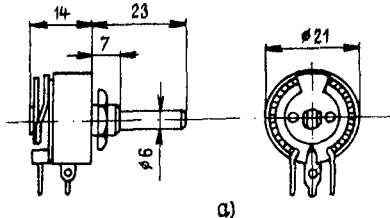
Přehled typů potenciometrů se spínači je v tab. 34, rozměrový náčrtek je na obr. 26.

### 2.2.9. Potenciometry drátové

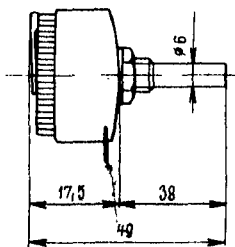
Přehled typů drátových potenciometrů je v tab. 35, rozměrové náčrtky jsou na obr. 27.



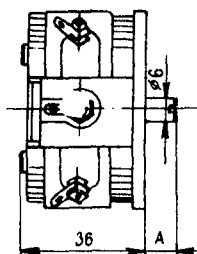
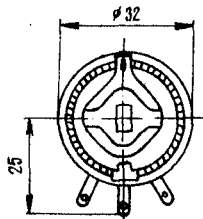
Obr. 26. Rozměrový náčrtek potenciometru s vypínačem



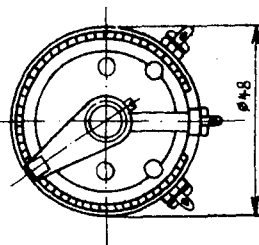
a)



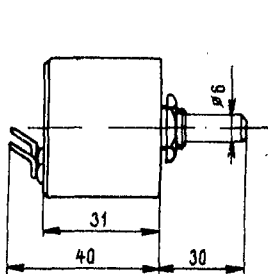
b)



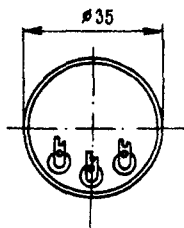
c)



Obr. 27. Rozměrové náčrtky drátových potenciometrů: a) TP 680, b) WN 691 70, c) WN 690 10, d) WN 691 85



d)





Tabulka 33. Tandemové potenciometry posuvné

Typové označení	Průběh odporové dráhy	Jmenovitá zatížení [W]	Rozsah jmenovitých odporů	Délka posuvu [mm]	Poznámka
TP 605 TP 606	N-nelineární G-log 50 dB G-log 60 dB L-log s odb.	0,25 0,15 0,15 0,15	500 Ω až 5 MΩ 10 kΩ až 50 kΩ 0,1 MΩ až 2,5 MΩ 25 kΩ	58 ± 1	Posuvný potenciometr tandemový, dráha z odporového laku. TP 606 typ N se zaručeným souběhem 2 dB u ostatních G a L 4 dB. Šum sběrače 2,5 mV/V. Kategorie 10/070/04

Tabulka 34. Přehled typů potenciometrů se spínači

Typové označení	Typ odpovídající hodnotami	Jmenovitá střídavé napětí a proud spínače	Trvanlivost spínačů	Druh spínače
TP 281b TP 281n	TP 280b TP 280n	250 V/1 A 125 V/1,5 A	15 000 ovládacích cyklů	dvoupólový otočný
TP 287b TP 287n	TP 286b TP 286n	250 V/1 A 125 V/1,5 A	15 000 ovládacích cyklů	dvoupólový otočný
TP 161	TP 160	24 V/0,5 A (stejnoseměrné)	10 000 ovládacích cyklů	dvoupólový otočný

### 2.3. Kondenzátory

Vedle odporů jsou v elektronice nejčastěji používanou pasívní součástí kondenzátory různých druhů a vlastností. Používají se jako vazební členy mezi elektronkami a tranzistory, v laděných obvodech vysokofrekvenčních i v nízkofrekvenčních filtrech, ale také k vyhlazení usměrněného střídavého proudu ve zdrojích, k odrušování elektrických zařízení atd.

První kondenzátory byly skleněné desky nebo válce polepené z obou stran staniolem; proto se kondenzátorovým elektrodám říkalo „polepy“. Nyní se elektrody kondenzátorů vyrábějí stříkáním roztaveného kovu (šopováním)

Tabulka 35. Přehled typů drátových potenciometrů

Typové označení	Jmenovité zatížení [W]	Rozsah vyráběných odporů	Průměr [mm]	Poznámka
TP 680	0,5	33 Ω až 3,3 kΩ <sup>1)</sup>	21	Kryt z izolantu, kovový hřídel izolovaný od běžece Řada jmenovitých odporů E6 s odchylkou ±20 % spec. E12 s odchylkou ±10 % Oteplení při jmenovitém zatížení: maximální 125 °C Kategorie 55/07/021
WN 691 70	2	12 Ω až 15 kΩ <sup>2)</sup>	32	Kryt z izolantu, kovový hřídel izolovaný od běžece. Oteplení při jmenovitém zatížení: maximální 125 °C Kategorie 55/070/21
WN 690 50	3	22 Ω až 15 kΩ <sup>3)</sup>	34	Nosná část z izolantu, kovový hřídel izolovaný od běžece. Oteplení při jmenovitém zatížení: maximální 125 °C Kategorie 55/070/21
WN 690 10 WN 690 13	5 5	33 Ω až 22 kΩ <sup>4)</sup> 1 500 Ω	48	Nosná část z izolantu; kovový hřídel izolovaný od běžece Oteplení při jmenovitém zatížení: maximální 125 °C Kategorie 55/070/21
WN 691 85	2	22 Ω až 15 kΩ <sup>5)</sup>	35	Drátový potenciometr těsný, zapájený v pocínovaném krytu. Vývody skleněnými průchodkami. Hřídel kovový izolovaný od běžece a utěsněný gumovým kroužkem. Maximální oteplení 125 °C. Dovolené odchylky ±20 %, ±10 % (±5 % na objednávku). Kategorie 55/070/56

1) Zbytkový odpor (na začátku i konci odporové dráhy) ≤ 3 % jmenovitého odporu.

2) Zbytkový odpor ≤ 1 % jmenovitého odporu, do 4,7 kΩ ≤ 2 % (minimální 0,5 Ω).

3) Zbytkový odpor ≤ 3 % jmenovitého odporu (minimální 0,2 Ω).

4) Zbytkový odpor ≤ 1 % jmenovitého odporu, do 4,7 kΩ ≤ 2,5 %.

5) Zbytkový odpor ≤ 1 % jmenovitého odporu, do 4,7 kΩ ≤ 2 %.

na impregnovaný papír nebo napařováním stříbra ve vakuu na dielektrikum (slída, keramika) nebo se vinou dvě kovové fólie s vloženou izolační fólií (polystyrenovou, polyetylenovou aj.) do tvaru svitku.

Charakteristickým parametrem kondenzátoru je kapacita. Jednoduchý deskový kondenzátor, složený ze 2 elektrod s vložným dielektrikem, má kapacitu

$$C = 0,0885 \frac{\epsilon_r S}{d} \quad [\text{pF}; \text{cm}^2, \text{cm}] \quad (21)$$

kde  $C$  je kapacita,

$\epsilon_r$  — poměrná permitivita dielektrika; velikost permitivity ve srovnání s permitivitou vakua  $\epsilon_0$ ,

$S$  — účinná plocha elektrod,

$d$  — tloušťka dielektrika.

Vzorec udává závislost kapacity na rozměrech kondenzátoru a na materiálu dielektrika: Větší plocha elektrod a větší permitivita dávají kondenzátor o větší kapacitě. Naopak větší tloušťka dielektrika kapacitu zmenšuje, zvyšuje však napětí, na které se smí kondenzátor připojit.

Vlastnosti některých dielektrických hmot jsou uvedeny v tab. 36.

### 2.3.1. Provedení kondenzátorů

Podle použitého dielektrika lze kondenzátory rozdělit do několika skupin.

a) *Kondenzátory se vzduchovým dielektrikem.* Jsou zhotoveny z pevných plechových elektrod, mezi nimiž je vzduchová vrstva jako dielektrikum. Jde hlavně o jednoduché nebo vícenásobné ladicí (otočné) kondenzátory s proměnnou kapacitou, popř. malé doladovací kondenzátory, tzv. kapacitní trimry.

b) *Kondenzátory se skleněným dielektrikem.* Vyrábějí se převážně jako trubičkové doladovací kondenzátory (trimry) malých kapacit, zvláště pro ladicí obvody velmi krátkých vln.

c) *Kondenzátory s papírovým dielektrikem* napuštěným impregnační látkou (chlorovanými uhlovodíky, olejem apod.). Jsou vhodné pro všeobecné použití v obvodech se stejnosměrným napětím nebo se střídavým napětím nízkých kmitočtů. Vyrábějí se v hodnotách řádu nanofaradů až desítek mikrofaradů a hodí se i pro střídavý proud síťového kmitočtu. Do vysokofrekvenčních obvodů nejsou vhodné pro poměrně velký ztrátový činitel.

Výhodné jsou kondenzátory z metalizovaného papíru (MP) s napařenými elektrodami ze snadno tavitelných kovů (např. zinkové slitiny). Mají menší rozměry, jsou klimaticky odolné a mají schopnost regenerace: Prorazí-li

Tabulka 36. Vlastností některých izolantů

Hmota	Poměrná permitivita $\epsilon_r$	Ztrátový činitel $\text{tg } \delta$	Měrný odpor [ $\Omega/\text{cm}$ ]	Elek- trická pevnost [kV/mm]
<b>Keramika typu I</b>				
Stabilit L 33P	15 až 20	$8 \cdot 10^{-4}$	$10^{13}$	12
Stabilit L 47N	15 až 20	$8 \cdot 10^{-4}$	$10^{13}$	12
Stabilit K 47N	35 až 40	$8 \cdot 10^{-4}$	$10^{12}$	10
Rutilit	80 až 100	$10 \cdot 10^{-4}$	$10^{12}$	10
Negatit 1 500	130 až 170	$10 \cdot 10^{-4}$	$10^{12}$	10
<b>Keramika typu II</b>				
Permitit 2 000	1 800 až 2 000	$300 \cdot 10^{-4}$	$10^{12}$	> 3
Permitit 4 002	3 000 až 5 000	$250 \cdot 10^{-4}$	$10^{12}$	> 3
Permitit 6 000	6 000 až 7 000	$250 \cdot 10^{-4}$	$10^{11}$	3
Permitit 10 000	10 000	$300 \cdot 10^{-4}$	$10^{10}$	3
<b>Plasty</b>				
Polyamid (Silon, Perlon)	3 až 4	$200 \cdot 10^{-4}$	$10^{12}$	15 až 25
Polyetylén (Alkaten)	2,2 až 2,3	$3 \text{ až } 4 \cdot 10^{-4}$	$10^{14}$	60 až 80*)
Polystyrén (Styroflex, Trolitul)	2,3 až 2,5	$2,5 \text{ až } 3 \cdot 10^{-4}$	$10^{14}$	35 až 50
Polykarbonát (Makrolon)	2,8 až 3	$6 \text{ až } 10 \cdot 10^{-4}$	$10^{15}$	100*)
Polyetyléntereftalát (Mylar, Terylén)	3 až 3,2	$100 \cdot 10^{-4}$	$10^{14}$	25 až 40
Polypropylén (Moplén)	2 až 2,3	$4 \text{ až } 8 \cdot 10^{-4}$	$10^{15}$	30 až 35
Polytetrafluoretylén (Teflon)	2 až 2,2	$2 \text{ až } 3 \cdot 10^{-4}$	$10^{13}$	25 až 40
Polymethylmetakrylát (Umaplex, Akrylon, Plexiglas)	2,8 až 3,2	$250 \text{ až } 400 \cdot 10^{-4}$	$10^{12}$	30 až 40
Sklo (maloztrátové)	4 až 8	$10 \text{ až } 30 \cdot 10^{-4}$	$10^{10}$ až $10^{13}$	16 až 40
Slída (Muskovit)	6 až 7	$1,7 \text{ až } 2 \cdot 10^{-4}$	$10^{14}$	40 až 60
Papír napouštěný	3 až 6	$30 \text{ až } 100 \cdot 10^{-4}$	$10^{12}$	30 až 40

\*) Platí pro fólii tloušťky 0,05 mm.

Poznámka: Hodnoty různých výrobků se liší dosti značně.

se dielektrikem nárazem vyššího napětí, vrstvička kovu v okolí průrazu se vypaří a kondenzátor lze dále používat.

d) *Kondenzátory slídové a keramické* jsou velmi stabilní a mají malý ztrátový činitel. Hodí se proto do vf obvodů i pro velmi vysoké kmitočty. Některé druhy keramiky mají značný záporný teplotní činitel  $TK$  — proto se z nich vyrobené kondenzátory používají ke kompenzaci teplotních změn obvodů.

e) *Kondenzátory s dielektrikem z plastu* pro všeobecné použití se vyrábějí ve tvaru malých svitků s dielektrikem z polyesteru, polystyrénu, poly-

etyléntereftalátu nebo polykarbonátu. Jsou vhodné i do vysokofrekvenčních obvodů, zvláště kondenzátory s polystyréovým dielektrikem.

f) *Kondenzátory lakové* jsou vhodné pro střední kmitočty asi do 100 kHz. Dielektrikum tvoří tenká vrstva syntetického laku. U nás se v současné době nevyrábějí.

g) *Kondenzátory elektrolytické* jsou zcela odlišné od dosud popisovaných kondenzátorů jak složením a výrobní technologií, tak i použitím. Proto je jim dále věnována samostatná kapitola.

### 2.3.2. Vlastnosti kondenzátorů

Kondenzátory tvoří nejen elektrody a příslušné dielektrikum, ale jsou buď zalisovány do pouzdra z izolantu, nebo zastříknuty do termoplastu, nebo opatřeny vrstvou ochranného laku nebo tmelu (např. keramické kondenzátory). Ani samotné dielektrikum není elektricky dokonalé a jeho vlastnosti ještě zhoršuje použitý povrchový materiál. V kondenzátoru tak vznikají ztráty, které působí jako paralelně připojený odpor (zvaný izolační nebo svodový). Při vyšších kmitočtech se přidávají dielektrické ztráty a indukčnost elektrod (zvláště u svitkových kondenzátorů), při velmi vysokých kmitočtech popř. i sériová indukčnost a odpor přivodů k elektrodám. Tyto nepříznivé vlivy zahrnujeme pod izolační odpor a ztrátový činitel kondenzátorů. Výrobce udává jejich minimální nebo maximální hodnoty v katalogových listech.

Ztrátový činitel se označuje  $\operatorname{tg} \delta$  (tangens delta). Čím menší je jeho hodnota, tím kvalitnější je dielektrikum nebo kondenzátor. Ztrátový činitel slídových, polystyrenových a keramických kondenzátorů (z tzv. vysokofrekvenční keramiky) je řádově  $10^{-4}$  až  $10^{-3}$ , u kondenzátorů s papírovým dielektrikem a MP asi  $10^{-2}$ , kdežto u elektrolytických kondenzátorů bývá  $10^{-1}$ , řádově desítky procent. Někdy se udává také jakost  $Q$  (kvalita)

kondenzátorů, což je převrácená hodnota ztrátového činitele  $\left(Q = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta}\right)$ .

Se stoupajícím kmitočtem se většinou také zvětšuje činitel  $\operatorname{tg} \delta$ .

Izolační odpor kondenzátorů udává rovněž výrobce, a to jednak jako odpor mezi vývody elektrod (polepů), jednak jako izolační odpor mezi kondenzátorovým svitkem a kovovým pouzdrům (u druhů MP a papírových kondenzátorů krabicového typu).

Izolační odpor se poněkud mění s teplotou, přiloženým napětím a klimatickými vlivy (některé dielektrikum při zvětšené relativní vlhkosti částečně navlhla a jeho izolační odpor se zmenšuje).

Izolační odpor papírových kondenzátorů a kondenzátorů MP je (podle údajů čs. výrobce) minimálně  $10^8$  až  $10^9 \Omega$ , u slídových a keramických řádově  $10^{10} \Omega$ , u terylenových a polystyrenových až  $10^{11} \Omega$ .

Teplotní součinitel. Kapacita kondenzátorů je rovněž závislá na teplotě,

velikosti připojeného napětí a kmitočtu. Změny vlivem oteplení se udávají — podobně jako u odporů — teplotním součinitelem  $TK$ . Jeho velikost rovněž uvádí výrobce.

Vlivem závislosti permitivity dielektrických materiálů na kmitočtu se stává, že u některých kondenzátorů (např. s polystyrenovým dielektrikem) se kapacita poněkud zmenšuje se stoupajícím kmitočtem.

### *Kondenzátory pro všeobecné použití*

Nejrozšířenější jsou kondenzátory svitkové — ať již jako samostatná součástka nebo jako základ větších kondenzátorů v plechových pouzdrech (krabicové kondenzátory). Dielektrikum svitkových kondenzátorů je buď papírové, nebo z plastických hmot; základem krabicových kondenzátorů je většinou metalizovaný papír (MP).

Kovové a dielektrické fólie se navíjejí společně na automatech a do svitku se současně vkládají dráty nebo pásy jako axiální vývody. Kondenzátory s jen vloženými vývody lze používat pro napětí asi od 1 až 2 V. Pro malá napětí, např. vysokofrekvenční nebo nízkofrekvenční signály, se vývody k elektrodám přivařují. Takové kondenzátory lze používat již pro napětí řádu  $\mu V$  a výrobce je v katalogu nebo tabulkách zvlášť označuje.

Bylo již řečeno, že svitkové kondenzátory vykazují nežádoucí indukčnost — fólie tvoří závity. V obvodech s vyššími kmitočty a zvláště vysokofrekvenčními je nutné používat kondenzátory bez indukčnosti. To jsou např. slídkové kondenzátory a podobně vyráběné keramické kondenzátory.

### *Kondenzátory s potlačenou indukčností*

I svitkové kondenzátory se však vyrábějí s potlačenou indukčností (nesprávně bezindukční). Alespoň jedna kovová fólie je u nich širší a vyčíníva po celé délce ze svitku; její závity se nakonec spojí nakrátko pájením. U fólií, které nelze pájet, je větší počet vývodů, propojených zevně. Zkratovaná fólie končíva navrchu svitku a působí tak jako elektrické stínění kondenzátoru. Její vývod bývá buď delší, nebo je na kondenzátoru označen proužkem, natištěným po obvodu obalu svitku vlevo od nátisku typu a hodnoty kondenzátoru. Tento vývod se má vždy připojovat na kostru, na uzemněný vodič přístroje, popř. do bodu s nejmenším odporem proti zemi.

Aby do svitku nevnikla vlhkost, jsou jeho čela buď zalita epoxidovou pryskyřicí, nebo je pás dielektrika z plastické hmoty na obou stranách kondenzátoru tepelně svařen (slinut) kolem vývodů, takže svitek je neprodyšně uzavřen a je odolný proti klimatickým vlivům.

### *Kondenzátory průchodkové a podpěrné*

Jsou-li některé části elektronických přístrojů (oscilátory, laděné obvody vkv, ukv apod.) uzavřeny ve stínícím kovovém krytu, aby se zabránilo vzájemným vazbám nebo rušivému vyzařování, oddělují se napájecí vývo-

dy z nich (žhavení, anodové napětí) vř tlumivkami nebo se svodovými (blokovacími) kondenzátory propojují kapacitně s kostrou, kovovým šasi aj., popř. se používá kombinace obou způsobů. K tomu jsou zvlášť vhodné speciální keramické upravené kondenzátory, tzv. průchodkové, popř. podpěrné.

Průchodkové kondenzátory jsou trubičkové keramické kondenzátory s vnitřní a vnější elektrodou. Vnitřní elektroda je spojena s průchozím měděným drátem průměru 0,5 nebo 0,8 mm podle požadovaného procházejícího proudu (1 nebo 3 A). Vnitřní vývod vyčnívá na obě strany keramické trubky v délce 32 mm. Na jeden konec se připojí příslušný spoj se zařízením, na druhý přívod ze zdroje. Tyto kondenzátory se vyrábějí ve dvojitým provedení: Buď je vnější elektroda opatřena kovovou armaturou se závitem  $M 4 \times 0,5$  nebo  $M 6 \times 0,5$  mm (u většího typu i  $M 10 \times 0,75$  mm) k upevnění maticí na šasi, kovový stínící kryt apod., nebo je vnější elektroda bez armatury a přímo se zapájí do otvoru v plechovém krytu, kterým kondenzátor prochází. Kapacity a provozní napětí jednotlivých typů průchodkových kondenzátorů jsou uvedeny na str. 125. Barva nátěru označuje použitou keramickou hmotu.

Podpěrné kondenzátory mají podobnou konstrukci, avšak vodič neprochází kondenzátorem, ale končí na vývodu připájeném k jeho zevní elektrodě. Vyrábějí se v průměru trubky 2,5 a 4 mm. Vnitřní elektroda končí šroubkem M 2 nebo M 3 s maticí, kterou se kondenzátor upevní a tím se zároveň příslušný vývod kapacitně uzemní. Podpěrné kondenzátory se vyrábějí v kapacitách 680 až 6800 pF z materiálu Permitt 2000, a mají proto nelineární teplotní součinitel kapacity  $TK$ . Slouží jako svodové a blokové kondenzátory kategorie 40/085/094. Povrch má béžový nátěr.

### 2.3.3. Těsné, zalisované a zalité druhy kondenzátorů

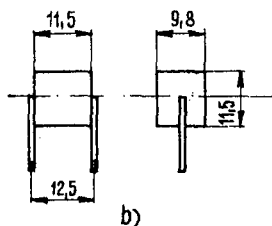
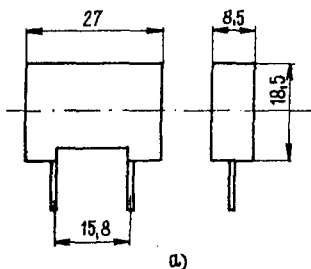
Jak jsme uvedli v kapitole 2.3.1., závisí parametry kondenzátoru i na klimatických podmínkách. Vlhkostí se kvalita součástky zhoršuje. Je proto nutné kondenzátorové svitky určené pro přesné a stabilní obvody utěsnit, obvykle vložením do kovových krabiček se skleněnými průchodkami. V těsném provedení se dodávají kondenzátory slídové, polystyrenové i kondenzátory z metalizovaného papíru. Polystyrenové kondenzátory se používají v oscilátorových obvodech, kde někdy kompenzují kladný teplotní součinitel cívky. Kondenzátory těsné z metalizovaného papíru se používají často v investičních a speciálních zařízeních.

Zalisováním kondenzátorového svitku do termoplastu ve tvaru válečku nebo kvádrů je vytvořena dobrá povrchová ochrana. Takto se vyrábí větší a vinutých kondenzátorů.

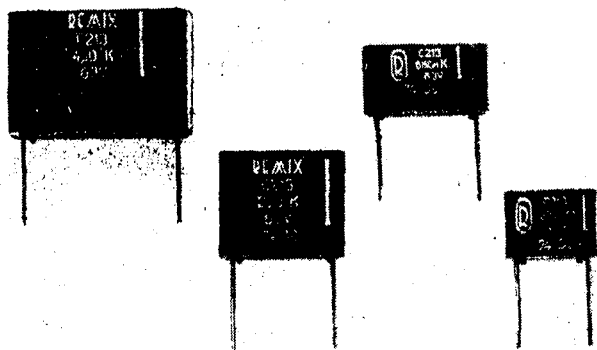
V zahraničí zalévají nebo zalisovávají kondenzátorové svitky do plastu (nebo epoxidu) ve tvaru kvádrů s jednostrannými vývody (v rastru). Dielektrickým materiálem těchto kondenzátorů jsou metalizované fólie

z plastu. Kondenzátory mají malé rozměry a jsou určeny pro montáž na desky s plošnými spoji. Lze je pokládat těsně vedle sebe a využít tak dokonaleji plochu desky.

Srovnání velikostí dvou moderních kondenzátorů  $1 \mu\text{F}/160 \text{ V}$  s metalizo-



Obr. 28. Porovnání velikosti kondenzátoru  $1 \mu\text{F}/160 \text{ V}$  s metalizovanou polykarbonátovou fólií: a) provedení pro náročné klimatické podmínky, b) provedení pro všeobecné účely



Obr. 29. Zalisované kondenzátory REMIX



vanou polykarbonátovou fólií v provedení pro náročnější klimatické podmínky (a) a pro všeobecné účely (b) je na obr. 28.

Maďarská firma REMIX vyváží do Československa kondenzátory s dielektrikem z fólie z plastu. Mají podobný tvar, ale větší rozměry.

*Metalizované kondenzátory REMIX C 213 s polyesterovým dielektrikem (obr. 29)*

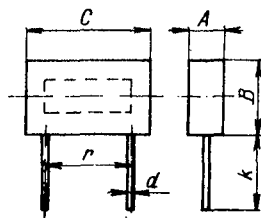
Kondenzátory vyráběné firmou REMIX Budapešť v našem elektronickém průmyslu doplňují řady kondenzátorů vyráběných v n. p. TESLA.

Plochý svitek metalizované polyesterové fólie je zalit epoxidovou pryskyřicí do hranatého krytu z plastu. Jednostranné vývody jsou z měděného pocínovaného drátu  $\varnothing$  0,8 mm, popř.  $\varnothing$  1 mm a jsou v rastru 2,5 mm (obr. 30).

Kondenzátory jsou určeny pro běžné a náročnější podmínky a jsou vhodné pro montáž na deskách plošných spojů. Hlavní rozměry kondenzátorů jsou uvedeny v tab. 37, parametry kondenzátorů jsou v tab. 38.

Tabulka 37. Hlavní rozměry kondenzátorů Remix

	$A$ $k$	6 10	7 až 12 15	13 až 18 20
Rozměry [mm]	$B$ $d$		< 13,5 0,8	> 13,5 1,0
	$C$ $r$	16,5 12,5	22,5 17,5	32,5 27,5



Obr. 30. Rozměrový náčrtek kondenzátoru REMIX C 213

Ztrátový činitel  $\text{tg } \delta$

pro 1 kHz  $C < 1 \mu\text{F}$ , maximálně  $100 \cdot 10^{-4}$

pro 100 Hz  $C > 1 \mu\text{F}$ , maximálně  $100 \cdot 10^{-4}$

Izolační odpor

$C < 330 \text{ nF}$ , minimálně  $20 \text{ G}\Omega$

$C > 330 \text{ nF}$ , izolační odpor musí vyhovovat podmínce:  $RC > 6000 t$

kde  $t$  [s] je doba poklesu zkušebního napětí na 37 %.

Teplotní součinitel kapacity pro teploty 0 až  $+85^\circ\text{C}$  je maximálně  $+600 \cdot 10^{-4}/^\circ\text{C}$ .

Kategorie odolnosti je 40/100/21.

Tabulka 38. Parametry kondenzátorů Remix

Jmenovitá kapacita [ $\mu\text{F}$ ]	Jmenovité napětí [V]			
	63	160	250	400
	Max. rozměry $A \times B \times C$ [mm]			
0,047				$7,0 \times 11,5 \times 22,5$
0,068			$8,0 \times 12,5 \times 16,5$	$7,0 \times 11,5 \times 22,5$
0,10		$8,0 \times 12,5 \times 16,5$	$9,5 \times 13,5 \times 16,5$	$8,0 \times 12,5 \times 22,5$
0,15	$6,0 \times 10,5 \times 16,5$	$8,0 \times 11,5 \times 22,5$	$8,0 \times 12,5 \times 22,5$	$9,0 \times 16,0 \times 22,5$
0,22	$8,0 \times 12,5 \times 16,5$	$8,0 \times 12,5 \times 22,5$	$11,5 \times 19,0 \times 22,5$	$11,5 \times 19,0 \times 22,5$
0,33	$8,0 \times 12,5 \times 16,5$	$9,0 \times 16,0 \times 22,5$	$11,5 \times 19,0 \times 22,5$	$9,5 \times 16,5 \times 32,5$
0,47	$7,0 \times 11,5 \times 22,5$	$9,0 \times 16,0 \times 22,5$	$9,5 \times 16,5 \times 32,5$	$12,0 \times 22,0 \times 32,5$
0,68	$8,0 \times 12,5 \times 22,5$	$9,5 \times 16,5 \times 32,5$	$12,0 \times 22,0 \times 32,5$	$12,0 \times 22,0 \times 32,5$
1,0	$9,0 \times 16,0 \times 22,5$	$9,5 \times 16,5 \times 32,5$	$12,0 \times 22,0 \times 32,5$	$13,0 \times 27,0 \times 32,5$
2,0	$11,5 \times 19,0 \times 22,5$	$12,0 \times 22,0 \times 32,5$	$15,0 \times 29,0 \times 32,5$	
4,0	$12,0 \times 22,0 \times 32,5$			

*Fóliové kondenzátory válcové (obr. 31 a 32)*

Rozměry kondenzátorů jsou v tab. 39, parametry kondenzátorů v tab. 40.

Provedení: Typy TC 171 a TC 172 jsou kondenzátory s papírovým dielektrikem, typy TC 173, TC 174 a TC 175 jsou kondenzátory s papírovým dielektrikem nebo s kombinovaným dielektrikem papír a polyesterová fólie. Kondenzátory jsou impregnované chlorovaným impregnantem a zastříknuté do termoplastu. Vývody jsou měděné, pocínované. Nápis jsou umístěny na obvodu kondenzátoru.

Provozní napětí v závislosti na teplotě okolí:

do  $+40^\circ\text{C}$   $U_{\text{jmen.}}$

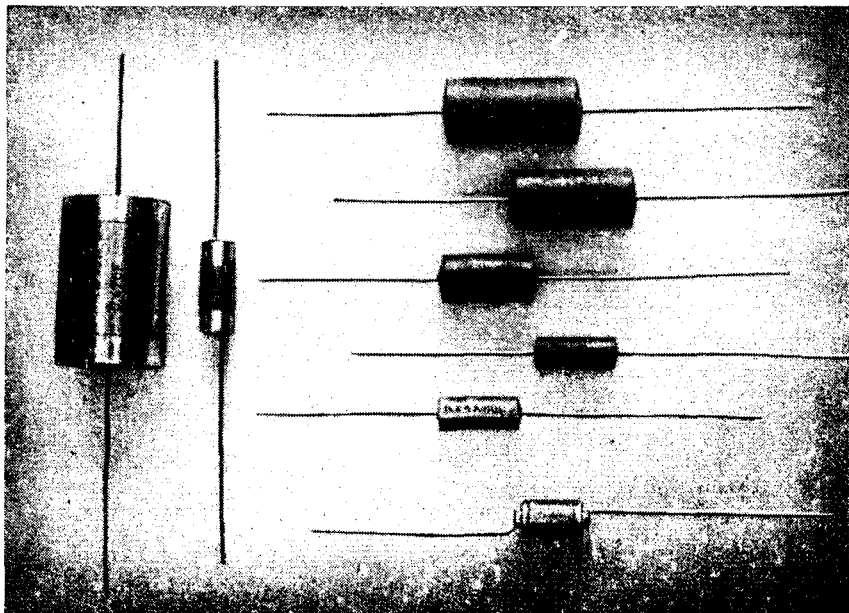
při  $+50^\circ\text{C}$   $0,97 U_{\text{jmen.}}$

při  $+60^\circ\text{C}$   $0,93 U_{\text{jmen.}}$

při  $+70^\circ\text{C}$   $0,8 U_{\text{jmen.}}$

Ztrátový činitel: maximálně 0,01.

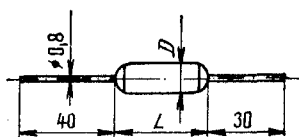
Kategorie odolnosti: 25/070/04.



Obr. 31. Válcové kondenzátory MP a fóliové kondenzátory

Tabulka 39. Rozměry válcových fóliových kondenzátorů

Velikost	Rozměry $D \times L$ [mm]
1	9 × 19
2	9 × 24
3	11 × 24
4	12 × 26,5
5	14 × 29
6	14 × 51
7	16 × 51
8	20 × 51
9	24 × 51
10	16 × 33



Obr. 32. Rozměrový náčrtek válcových fóliových kondenzátorů

Tabulka 40. Parametry válcových fóliových kondenzátorů

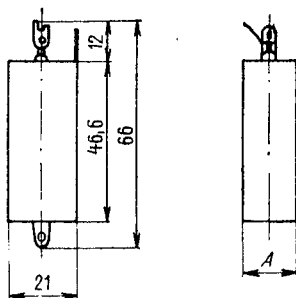
Jmenovitě kapacity	Typové označení					Dovolená odchylka jmenovité kapacity [%]
	TC 171	TC 172	TC 173	TC 174	TC 175	
	Jmenovitě stejnosměrné provozní napětí					
	160 V	250 V	400 V	630 V	1 000 V	
Jmenovitě střídavé provozní napětí (50 Hz)						
	100 V	160 V	200 V	300 V	400 V	
100 pF			1		2	± 20
150 pF			1		2	
220 pF			1		2	
330 pF			1		2	
470 pF			1		2	
680 pF			1		2	
1 000 pF			1		2	
1 500 pF			1		2	
2 200 pF			1	2	2	
3 300 pF			1	2	3	
4 700 pF			1	2*)	4*)	± 20 ± 10 (A)
6 800 pF		1	(2)	3*)	5	
10 000 pF	1	(2)	2*)	3*)	5	
15 000 pF	1	2	3*)	4	6	
22 000 pF	(3)	3	4*)	5*)	6	
33 000 pF	3	4	(5)	10*)	6	
47 000 pF	(4)	4	5*)	6	7	
68 000 pF	(5)	5	(6)	6	8	
0,1 μF	5	(6)	6	7	8	
0,15 μF	5	6	7	8		
0,22 μF	(7)	7	(8)	9		
0,33 μF	(8)	8	9			
0,47 μF	8	9				
1 μF	9					

Kondenzátory v závorce a kondenzátory s odchylkou ± 10 % se vyrábějí po předchozí dohodě. Kondenzátory označené \*) jsou v provedení s kombinovaným dielektrikem.

### 2.3.4. Slídivé kondenzátory

*Stabilní slídivé kondenzátory (obr. 33)*

Kondenzátor se slídivým dielektrikem je těsně uzavřen v pouzdře z ocelového pocínovaného plechu. Vývody z polepů slíd tvoří měděné fólie, které jsou připájeny k vývodním páskům. Jeden vývod prochází skleněnou průchodkou, na jejímž vrcholu je připájen k pájecímu očku. Druhý vývod prochází dnem pouzdra, v němž je těsně zapájen.



Obr. 33. Rozměrový náčrtek stabilních slídivých kondenzátorů

Tabulka 41. Parametry stabilních slídivých kondenzátorů

Typové označení	Jmenovitě stejnosměrné napětí [V]	Rozsah vyráběných kapacit [pF]	Dovolená odchylka [%]	Rozměr A [mm]	Průměrná hmotnost [g]
WK 714 50	1 000	1k až 20k	$\pm 10, \pm 5$	11	30
WK 714 51		10k až 39k	$\pm 2, \pm 1, \pm 0,5$	16	40

Parametry kondenzátorů jsou uvedeny v tab. 41.

Řady jmenovitých hodnot a dovolené odchylky:

$\pm 10$  % (A) se vyrábí v řadě E 12

$\pm 5$  % (B) E 24

$\pm 2$  % (C) Podle požadavku odběratele. Hodnoty menší než 6000 pF

$\pm 1$  % (D) se předepisují s přesností na jednotky, hodnoty 6000 pF

$\pm 0,5$  % (E) a větší na desítky.

Doporučuje se volit hodnoty z řady E 24.

Izolační odpor při teplotě  $+20^\circ\text{C}$  je minimálně 10 000 M $\Omega$ .

Ztrátový činitel: maximálně  $10^{-3}$ .

Kategorie odolnosti: 40/070/56.

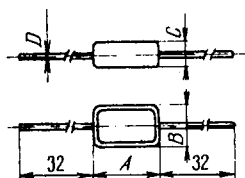
### Slídivé kondenzátory zalisované (obr. 34)

Tyto kondenzátory se skládají z jedné nebo více slídivých destiček s popely vytvořenými postříbřením. Vývody jsou z měděného pocínovaného drátu. Kondenzátor je zalisován do pouzdra z plastu.

Hlavní rozměry kondenzátorů jsou v tab. 42, parametry kondenzátorů v tab. 43.

Tabulka 42. Hlavní rozměry zalisovaných slídivých kondenzátorů

Rozměr [mm]				Provedení
A	B	C	D	
13	7	4,6	0,6	1
18	11	5,5	0,8	2
20	20	6,5	0,8	3
20	20	9	0,8	4
26	18	6,5	0,8	5
20	20	6,5	0,8	6



Obr. 34. Rozměrový náčrtek zalisovaných slídivých kondenzátorů

Řada jmenovitých hodnot  $\pm 20\%$  v řadě E 6,  $\pm 10\%$  (A) v řadě E 12 a  $\pm 5\%$  (B) v řadě E 24.

Isolační odpor: minimálně 10 000 M $\Omega$  při teplotě  $+20^\circ\text{C}$ .

Elektrická pevnost: dvojnásobek jmenovitého napětí.

Ztrátový činitel: maximálně  $3 \cdot 10^{-3}$  pro kapacitu  $\leq 100$  pF,  
maximálně  $1 \cdot 10^{-3}$  pro kapacitu  $> 100$  pF.

Kategorie odolnosti: 55/070/21.

### Miniaturní slídivé kondenzátory speciální (obr. 35)

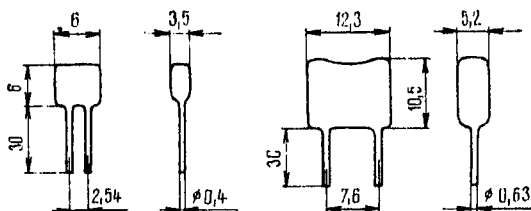
Slídivé kondenzátory jsou sestaveny z jedné nebo více postříbřených destiček, které jsou chráněny vrstvou tmelu. Jsou vhodné pro plošné spoje.

Parametry kondenzátorů jsou uvedeny v tab. 44.

Tabulka 43. Parametry zalisovaných sřídových kondenzátorů

Typové označení	Jmenovitá kapacita [pF]	Provedení	Dovolená odchylka* [%]	Jmenovité napětí stejnosměrné [V]	Průměrná hmotnost [g]
TC 210	4,7 až 750	1	$\pm 20, \pm 10, \pm 5$	500	1
TC 211	15 až 91	2	$\pm 20, \pm 10$	1 000	2,5
	100 až 1 000			500	
TC 211a	100 až 510		$\pm 20$	1 000	
TC 212	470 až 3 300	3	$\pm 10$		4,5
	3 600 až 6 800	4		500	7,5
TC 213	1 000 až 10 000	5	$\pm 5$	500	7
TC 222	100 až 2 700	6		1 000	4,5

\*) Nejmenší dovolená odchylka je  $\pm 1$  pF.



Obr. 35. Rozměrový náčrtek miniaturních sřídových kondenzátorů

Teplotní součinitel kapacity:  $(+200 \text{ až } -50) \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .

Ztrátový činitel: pro  $C$  do 100 pF  $\leq 6 \cdot 10^{-3}$ ,  
pro  $C$  nad 100 pF  $\leq 1 \cdot 10^{-3}$ .

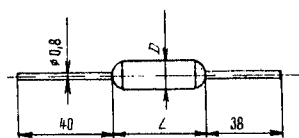
Kategorie odolnosti: pro typ WK 714 11 55/125/04  
WK 714 13 55/085/04.

Tabulka 44. Parametry miniaturních slídových kondenzátorů

Typové označení	Jmenovité napětí stejnosměrné [V]	Řada jmenovitých kapacit a dovolené odchylky	Hmotnost [g]
WK 714 11	63	18 pF až 470 pF; $\pm 10\%$ v řadě E12 22 pF až 470 pF; $\pm 5\%$ v řadě E24 18 pF a 20 pF; $\pm 1\%$	0,5
WK 714 13	300	10 pF až 1 000 pF; $\pm 10\%$ v řadě E12 10 pF až 1 000 pF; $\pm 5\%$ v řadě E24 100 pF až 1 000 pF; $\pm 2\%$ v řadě E24 15 pF až 91 pF; $\pm 2\%$ v řadě E24 10 pF až 47 pF; $\pm 1\%$ v řadě E24	1,3

Tabulka 45. Hlavní rozměry svitkových kondenzátorů MP

Velikost	Rozměry $D \times L$ [mm]
3	9 × 19
4	11 × 24
5	12 × 26,5
6	14 × 29
7	16 × 33



Obr. 36. Rozměrový náčrtek svitkových kondenzátorů MP

### 2.3.5. Svitkové kondenzátory MP válcové zastříknuté (obr. 36)

Tyto kondenzátory mají dielektrikum z metalizovaného papíru s regenerační schopností a jsou zastříknuté do termoplastické hmoty.

Vývody jsou měděné, pocínované, určené pro plošné spoje. Hlavní rozměry kondenzátorů jsou uvedeny v tab. 45, parametry kondenzátorů jsou v tab. 46.

Kategorie odolnosti: 25/070/04.

Závislost provozního napětí na teplotě okolí je stejná jako u typu TC 451.

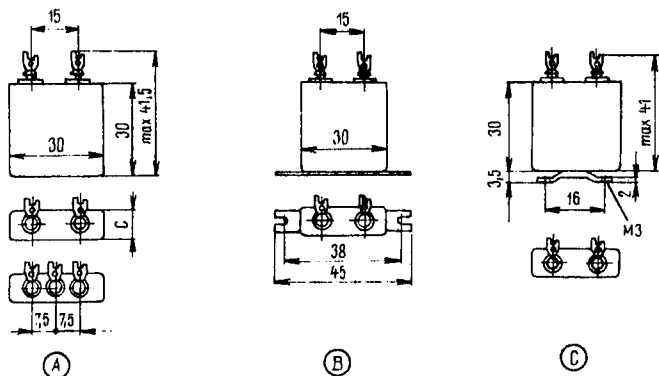


Tabulka 46. Parametry válcových kondenzátorů MP

Jmenovitá kapacita	Typové označení a jmenovité provozní stejnosměrné napětí						Dovolená odchylka jmenovité kapacity [%]
	TC 180	TC 181	TC 182	TC 183	TC 184	TC 185	
	100 V	160 V	250 V	400 V	630 V	1 000 V	
Velikost							
6 800 pF					3		-20
10 000 pF					3		+50
15 000 pF					3	5	
22 000 pF				3	4	6	
33 000 pF			3		4	6	
47 000 pF		3		4	6	7	-20 +30
68 000 pF		3	4	5	6	7	
0,1 μF		3	5	6	7	7	
0,15 μF	3	4	6		7		
0,22 μF	3	5	6	7			
0,33 μF	4	6	7				±20
0,47 μF	5	6					
0,68 μF	6						
1 μF	6	7					
2 μF	7						

Tabulka 47. Hodnoty krabicových kondenzátorů MP 30 × 30 mm

Jmenovitá kapacita [ $\mu\text{F}$ ]	Typové označení, jmenovité provozní stejnosměrné napětí a provedení					
	TC 451	TC 453	TC 455	TC 457	TC 459	TC 461
	160 V			250 V		
	A	B	C	A	B	C
	Rozměr C [mm]					
0,1				10		
0,25				10		
0,5	10			15		
1	10			25		
2	20					
4	30					
2 × 0,1				10		
2 × 0,25	10			15		
2 × 0,5	10			25		
2 × 1	20					



Obr. 37. Rozměrový náčrtek krabicových kondenzátorů MP těsných (30 × 30 mm)

*Krabicové kondenzátory MP – těsné (30 × 30 mm) – obr. 37*

Kondenzátory jsou vinuty z metalizovaného papíru a jsou těsně uzavřeny v kovových pouzdrech. Vývody kondenzátorů procházejí skleněnými průchodkami a jsou pocínovány.

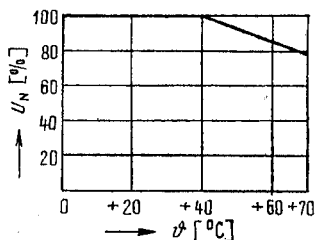
Svitky jsou od pouzder izolovány.

Kapacity kondenzátorů jsou v tab. 47.

Kategorie odolnosti: 55/070/56.

Dovolená odchylka jmenovité kapacity  $\pm 20\%$ ,  $\pm 10\%$  (A).

Na obr. 38 je uvedena závislost provozního napětí na teplotě okolí.



Obr. 38. Závislost provozního napětí kondenzátorů MP na teplotě

Tabulka 48. Hlavní rozměry krabicových kondenzátorů MP 45 × 50 mm

Velikost	Rozměry [mm]			
	b	a	c	
1	62	24	10	
2	64		26	15
3				20
4		25		
5		30		
6	60	60	50	
7			60	

*Krabicové kondenzátory MP – těsné (45 × 50 mm) – obr. 39*

Tyto kondenzátory jsou vinuty z metalizovaného papíru a jsou uzavřeny v kovových pouzdrech. Vývody procházejí skleněnými průchodkami a jsou pocínovány. Svítka jsou od pouzder izolovány.

Hlavní rozměry kondenzátorů jsou v tab. 48, kapacity kondenzátorů jsou v tab. 49.

Velikost 7 v provedení B se vyrábí se dvěma příchytkami.

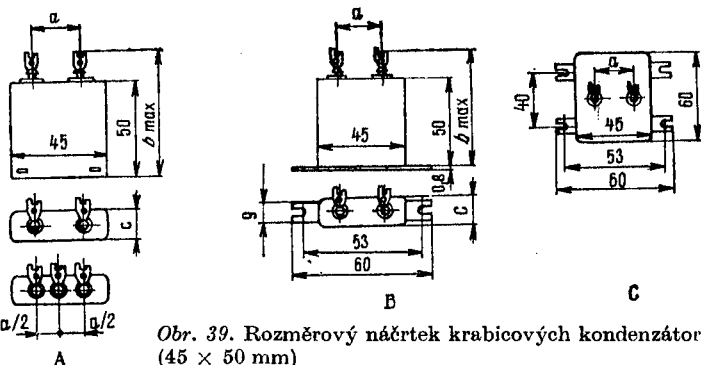
Kategorie odolnosti: 55/070/56.

Dovolená odchylka jmenovité kapacity  $\pm 20\%$ ,  $\pm 10\%$  (A).

Závislost provozního napětí na teplotě okolí je stejná jako u typu TC 451.

Tabulka 49. Hodnoty kondenzátorů MP 45 × 50 mm

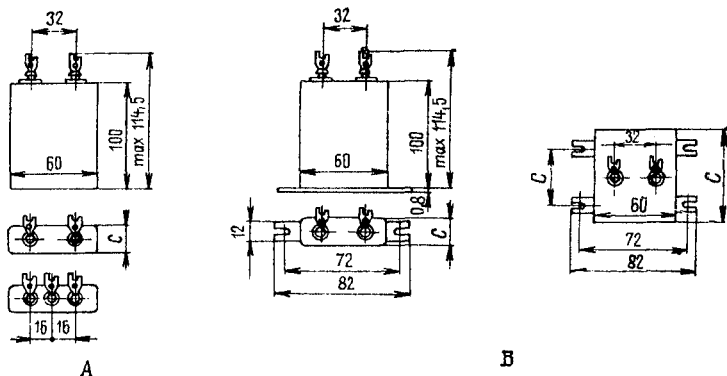
Jmenovitá kapacita [ $\mu F$ ]	Typové označení, jmenovité provozní stejnosměrné napětí a provedení									
	TC 471	TC 473	TC 475	TC 477	TC 479	TC 481	TC 483	TC 485	TC 486	TC 487
	160 V		250 V		400 V		630 V		1 000 V	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Velikost										
0,1					1		1		2	
0,16					1		1		2	
0,25					1		1		2	
0,5					1		1		3	
1			1		2		3		5	
2			2		4		5		7	
4	2		4		6		7			
8	4		6		1		1			
2 × 0,1					1		1			
2 × 0,25					1		1			
2 × 0,5			1		2		3		5	
2 × 1	1		2		4		5		7	
2 × 2	2		4		6					
2 × 4	4		6							



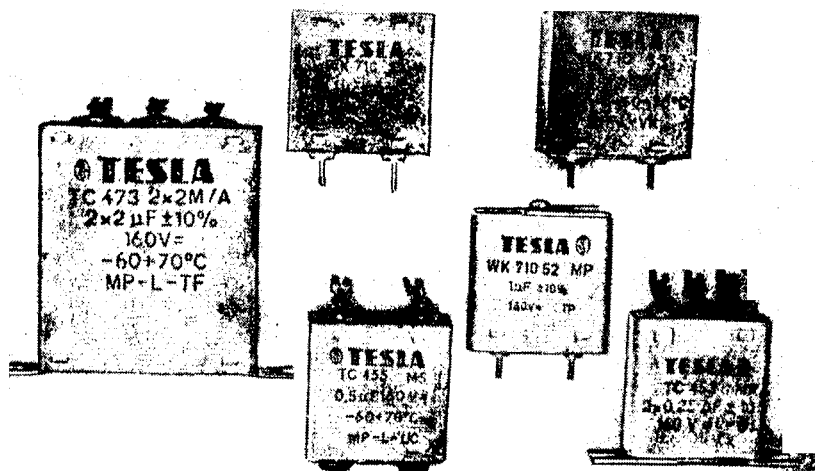
Obr. 39. Rozměrový náčrtek krabicových kondenzátorů MP těsných (45 × 50 mm)

Krabicové kondenzátory MP – těsné (60 × 100 mm) – obr. 40

Kondenzátory jsou navinuty z metalizovaného papíru a těsně uzavřeny v kovových pouzdrech. Vývody kondenzátorů procházejí skleněnými průchodkami a jsou počinovány. Svitky jsou od pouzder izolovány.



Obr. 40. Rozměrový náčrtek krabicových kondenzátorů MP těsných (60 × 100 mm) (Rozeř upevňovacích otvorů u typu B má být  $C_e$ .)



Obr. 41. Krabicové kondenzátory MP TESLA

Kapacity kondenzátorů jsou v tab. 50.

Kategorie odolnosti: 55/070/56.

Dovolená odchylka jmenovité kapacity:  $\pm 20\%$ ,  $\pm 10\%$  (A).

Závislost provozního napětí na teplotě okolí je stejná jako u typu TC 451.

Provedení krabicových kondenzátorů TESLA ukazuje obr. 41.

Tabulka 50. Hodnoty krabicových kondenzátorů MP 60 × 100 mm

Jmenovitá kapacita [ $\mu\text{F}$ ]	Typové označení, jmenovité provozní stejnosměrné napětí a provedení									
	TC 651	TC 653	TC 655	TC 657	TC 659	TC 661	TC 663	TC 665	TC 667	TC 669
	160 V		250 V		400 V		630 V		1 000 V	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Rozměr C a C/C <sub>e</sub> [mm]										
2								15	20	
4					20			25	40	40/20
8			20		40	40/20	40	40/20	75	75/60
16	15		40	40/20	75	75/60				
32	25		75	75/60						
64	50	50/30								
2 × 1							15	20		
2 × 2					20		25	40	40/20	
2 × 4			20		40	40/20	40	40/20	75	75/60
2 × 8	15		40	40/20	75	75/60				
2 × 16	25		75	75/60						
2 × 32	50	50/30								

Tabulka 51. Hodnoty fóliových kondenzátorů pro vysoké napětí

Typové označení	Stejnoseměrné provozní napětí [kV]	Jmenovitá kapacita [ $\mu$ F]	Rozměry [mm]								
			šířka $\bar{S}$	výška $V$	hloubka $H$	$D$	$Z$	$R$	$B$	$F$	$E$
WK 720 02	1,6	0,1	45	50	15	68	s	24	53	3,5	s
03		0,25			25						
04		0,5	60	100	20	145	M4	28	72	4,5	20
05		1			40						
06		2			75						
07		4			135						
08		8									J
WK 720 13		2,5	0,25	60	100	25	145	M4	28	72	4,5
14	0,5		40								
15	1		75								
16	2		135	200	40	250	M5	70	150	6	20
17	4				50						
18	8				110						
WK 720 22	4,0	0,1	60	100	25	145	M4	28	72	4,5	J
23		0,25			50						
24		0,5	135	200	40	250	M5	70	150	6	50
25		1			75						
26		2			110						
27		4			240						
28		8									
WK 720 33	6,0	0,05	60	100	40	145	M4	28	72	4,5	20
34		0,1			75						
35		0,25	135	200	40	250	M5	70	150	6	50
36		0,5			75						
37		1			160						
38		2			240						
39		4									
WK 720 44		12			0,05						
45	0,1		75								
46	0,25		160								
47	0,5		240								
48	1										
WK 720 53	16	0,1	135	200	50	282	M5	70	150	6	20
54		0,25			160						
55		0,5			240						

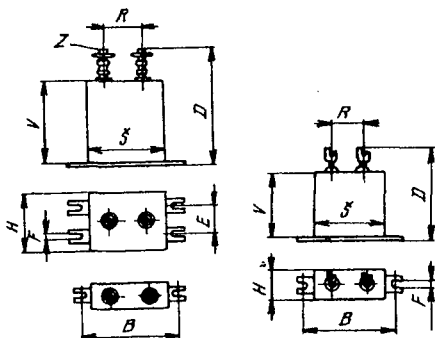
## Kondenzátory fóliové pro vysoké napětí (obr. 42)

Kondenzátory jsou s papírovým dielektrikem, těsně uzavřené do ocelového pouzdra. Vývody kondenzátorů procházejí keramickými nebo skleněnými průchodkami a tvoří je buď ocelové svorníky, nebo pájecí očka. Svitky kondenzátorů jsou od pouzder izolovány.

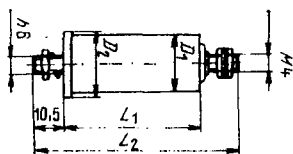
Kapacity kondenzátorů jsou v tab. 51.

Kategorie odolnosti: 40/085/56.

Dovolené odchylky jmenovité kapacity:  $\pm 20\%$ ,  $\pm 10\%$  (A).



Obr. 42. Rozměrový náčrtek fóliového kondenzátoru na vysoké napětí



Obr. 43. Náčrtek vysokonapěťových kondenzátorů v izolačních pouzdrech

## Kondenzátory pro vysoké napětí v izolačních pouzdrech (obr. 43)

Kondenzátory jsou vinuty s papírovým dielektrikem a jsou uzavřeny do pouzder z tvrditelné lisovací hmoty. Jeden vývod tvoří ocelový svorník, druhý vývod kondenzátoru je připojen na ocelové pocínované dno se svorníkem. Těsnění dna s pouzdrem je vytvořeno pryžovou podložkou.

Tabulka 52. Hlavní rozměry kondenzátorů pro vysoké napětí v izolačním pouzdru

Velikost	Rozměry [mm]			
	$D_1$	$D_2$	$L_1$	$L_2$
1	23	30	55	80
2	23	30	75	100
3	33	40	75	100



Hlavní rozměry kondenzátorů jsou v tab. 52, hodnoty kondenzátorů jsou v tab. 53.

Kategorie odolnosti: 40/070/21.

Dovolené odchylky jmenovité kapacity:  $\pm 20\%$ ,  $\pm 10\%$  (A).

Tabulka 53. Hodnoty kondenzátorů z tabulky 52

Zkratka	Kapacita	Provozní stejnosměrné napětí [kV] a typové označení					
		1,6	2,5	4	6	10	16
		TC 620	TC 621	TC 622	TC 623	TC 624	TC 625
Velikost							
500	500 pF						
1k	1 000 pF						2
2k5	2 500 pF						3
5k	5 000 pF		1	2	2	3	
10k	10 000 pF	1	1	2	2	3	
25k	25 000 pF	1	1	3	3		
50k	50 000 pF	1	2	3			
M1	0,1 $\mu$ F	2	3				
M25	0,25 $\mu$ F	3					

### 2.3.6. Svitkové kondenzátory s dielektrikem z plastů

Dielektrické materiály, které se u těchto kondenzátorů používají, byly uvedeny v bodě 2.3.1. Tyto kondenzátory jsou dvojího provedení — jako polepy se buď používají několik mikrometrů tlusté hliníkové nebo cínové fólie, nebo se na některé typy dielektrika napaří tenké vrstvičky zinku nebo hliníku. Tyto kondenzátory jsou ve srovnání s kondenzátory s papírovým dielektrikem menší a navíc dosahují lepších elektrických parametrů. Obvykle se dodávají zalisované do plastu ve tvaru hranolků s jednostrannými vývody. Jsou vhodné pro použití v deskách plošných spojů k pájení cínovou vlnou. Vyrábějí se metalizované s polyetyléntereftalátovou fólií (terylen), s polykarbonátovou fólií a s metalizovanou fólií lakovou.

Metalizovaná vrstvička se vyrábí napařením kovu (zinek, hliník) na fólii

z plastu ve vakuu. Vrstvička kovu je velmi tenká, dosahuje tloušťky asi 0,02 až 0,05  $\mu\text{m}$ . Kontaktování se provede nastříkáním kovu na čelních stranách kondenzátoru, kam je vyveden jeden z polepů. Protože se zachytí všechny závity fólie, dostaneme kondenzátor s potlačenou indukčností.

Jako u kondenzátorů s pokoveným papírovým dielektrikem dochází i u kondenzátorů s metalizovanou fólií z plastu při krátkodobém přepětí k vypaření kovového povlaku kolem proraženého dielektrika. Kondenzátor se průrazem nezničí, je dále schopen funkce.

Nejznámějším a nejrozšířenějším druhem vinutých kondenzátorů s dielektrikem z plastů jsou kondenzátory polystyrenové. Při výrobě se užívá 5 až 20  $\mu\text{m}$  tlustá polystyrenová fólie spolu s asi 5  $\mu\text{m}$  tlustou hliníkovou fólií. Po navinutí se svitek spéká. Na okrajích kondenzátoru, kde polystyrenová fólie přesahuje polepy, dojde ke spečení jednotlivých vstev dielektrika a tím k útěsnění svitku. Tak je vytvořena ochrana proti vnikání vlhkosti.

Pro malé dielektrické ztráty a konstantní negativní teplotní součinitel kapacity je polystyrenový kondenzátor určen pro náročné vf obvody, např. oscilační a filtrové.

Charakteristické parametry polystyrenových kondenzátorů:

Ztrátový činitel ( $\text{tg } \delta$ ) při 1 kHz: maximálně  $5 \cdot 10^{-4}$

Izolační odpor při  $+20^\circ\text{C}$ : minimálně  $10^{11} \Omega$

Rozsah pracovních teplot:  $-10^\circ\text{C}$  až  $+55^\circ\text{C}$

Dovolené odchylky vyráběných kapacit:  $\pm 20\%$  až  $\pm 0,5\%$

Teplotní součinitel:  $-(50 \text{ až } 250) \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$   
(typická hodnota  $-150 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ )

Polystyrenový kondenzátor s negativním teplotním součinitelem se používá v náročných elektronických obvodech ke kompenzování pozitivního teplotního součinitele indukčnosti. K nastavení potřebné hodnoty teplotního součinitele kombinujeme polystyrenový kondenzátor o známé negativní hodnotě  $TK$  buď s kondenzátorem slídovým se známou pozitivní hodnotou  $TK$ , nebo s kondenzátorem keramickým typu 1 (Stabilit L 33 P s teplotním součinitelem  $+33 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ). Kondenzátory zapojujeme buď paralelně, nebo sériově.

Při paralelním zapojení dvou kondenzátorů je výsledný teplotní součinitel kapacity

$$TK_{\text{tot}} = \frac{C_1TK_1 + C_2TK_2}{C_1 + C_2} \quad (22)$$

Při sériovém zapojení

$$TK_{\text{tot}} = \frac{C_2TK_1 + C_1TK_2}{C_1 + C_2} \quad (23)$$

Z požadované hodnoty  $C_{\text{tot}}$  a  $TK_{\text{tot}}$  lze vypočítat dílčí kapacity  $C_1$  a  $C_2$  o známých hodnotách  $TK_1$  a  $TK_2$ .

Při paralelním zapojení

$$C_1 = C_{\text{tot}} \frac{TK_{\text{tot}} - TK_2}{TK_1 - TK_2} \quad (24)$$

$$C_2 = C_{\text{tot}} - C_1$$

Při sériovém zapojení

$$C_1 = C_{\text{tot}} \frac{TK_1 - TK_2}{TK_{\text{tot}} - TK_2} \quad (25)$$

$$C_2 = \frac{C_{\text{tot}} C_1}{C_1 - C_{\text{tot}}} \quad (26)$$

Hodnota  $TK$  se vždy udává v  $[10^{-6}/^{\circ}\text{C}]$ , v anglické literatuře také v [ppm] (parts per million =  $10^{-6}$ ).

### *Kondenzátory s polystyrenovým dielektrikem*

Jako představitele tohoto typu, vyráběného u nás, uvádíme kondenzátory navinuté na tělísku z tvrditelné lisovací hmoty. Vývody z tělísek jsou v rastru pro zakládání do desek plošných spojů.

#### *Typ WK 716 01*

Jmenovité provozní stejnosměrné napětí 100 V.

Rozsah vyráběných kapacit 266 pF až 0,2  $\mu\text{F}$ .

Odchylky jmenovitých kapacit 0,5 % (E), 1 % (D).

Rozměry  $\varnothing = 12 \text{ mm}$  až 28 mm,  
 $l = 30 \text{ mm}$ .

#### *Typ WK 716 02*

Jmenovité provozní stejnosměrné napětí 250 V.

Rozsah vyráběných kapacit 3000 pF až 0,15  $\mu\text{F}$ .

Odchylky jmenovitých kapacit 2 % (C), 5 % (B).

Rozměry  $\varnothing = 13,4 \text{ mm}$  až 33,5 mm,  
 $l = 30 \text{ mm}$ .

Pro oba typy platí

Ztrátový činitel maximálně  $10 \cdot 10^{-4}$ .

Teplotní činitel  $-60$  až  $-220 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .

Do teploty okolí  $+40^{\circ}\text{C}$  lze kondenzátor používat pro plné jmenovité napětí. Při teplotě  $+55^{\circ}\text{C}$  pouze do 70 % hodnoty jmenovitého napětí.

Kategorie odolnosti: 10/055/94.

Dřívější válečkové kondenzátory s polystyrenovým dielektrikem typu TC 281, TC 283 a TC 284 jsou nahrazeny ekvivalenty z dovozu podle TGL 5155 (NDR).

Tabulka 53a. Kondenzátory s polyetyléntereftalátovým dielektrikem

Jmenovitá kapacita [pF]	Typové označení				
	TC 276	TC 277	TC 278	TC-279	TC 280
	Jmenovité stejnosměrné napětí [V]				
	400	1 000	1 600	160	250
	Jmenovité střídavé napětí při 50 Hz [V]				
160	250	350	100	160	
Rozměry $D \times L$ [mm]					
47		7,5 × 18,5			
68		7,5 × 18,5			
100		7,5 × 18,5	7,5 × 21,5		
150		7,5 × 18,5	7,5 × 21,5		
220		7,5 × 18,5	8 × 21,5		
330		7,5 × 18,5	8,5 × 21,5		
470	7,5 × 16,5	7,5 × 18,5	9,5 × 21,5		
680	7,5 × 16,5	7,5 × 18,5	10,5 × 21,5		
1 000	7,5 × 16,5	8 × 18,5	12 × 21,5		
1 500	7,5 × 16,5	9 × 18,5	10,5 × 28,5		
2 200	7,5 × 16,5	10 × 18,5	12 × 28,5		
3 300	7,5 × 16,5	10,5 × 21,5	13,5 × 28,5		
4 700	8 × 16,5	11,5 × 21,5	15,5 × 28,5		
6 800	8 × 18,5	11,5 × 28,5	17,5 × 28,5		
10 000	9 × 18,5	12,5 × 28,5	20 × 28,5	6,5 × 20	8 × 18,5
15 000	9,5 × 21,5	15 × 28,5	23 × 28,5	6,5 × 22	9 × 18,5
22 000	11 × 21,5	18 × 28,5		8 × 18,5	10 × 18,5
33 000	11 × 28,5			9 × 18,5	10 × 25
39 000				9 × 22	12 × 25
47 000	12 × 28,5			9 × 22	12 × 25
56 000				10 × 25	12 × 25
68 000	14 × 28,5			10 × 25	10,5 × 28,5
82 000				12 × 25	11,5 × 28,5
0,1 μF	16,5 × 28,5			11,5 × 28,5	13,5 × 28,5
0,15 μF				12 × 28,5	15 × 28,5
0,22 μF	24 × 28,5			14 × 28,5	17 × 33
0,33 μF				16 × 30	19 × 33
0,47 μF				17 × 33	21 × 38
0,68 μF				19 × 33	
1 μF				24 × 35	

## Kondenzátory s polyesterovým dielektrikem

Jako příklad u nás vyráběných typů kondenzátorů navinutých z polyetyléntereftalátové fólie (polyesteru) uveďme typy TC 276 až 280.

Kondenzátory jsou válcového tvaru, zalité epoxidovou pryskyřicí. Vývody jsou z měděného pocínovaného drátu; jsou k polepům přivařeny a uloženy tak, aby indukčnost kondenzátorů byla co nejmenší. Kondenzátory jsou vhodné pro plošné spoje.

Kapacity kondenzátorů jsou uvedeny v tab. 53a. (U nás se tyto kondenzátory vyráběly také s označením terylenové.)

Dovolené odchytky jmenovité kapacity	$\pm 20\%$ $\pm 10\%$ (A) $\pm 5\%$ (B) pouze pro hodnoty $C \geq 1000 \text{ pF}$ .
Ztrátový čísel	$\leq 15 \cdot 10^{-3}$ .
Izolační odpor	$\leq 500\,000 \text{ M}\Omega$ (mezi vývody a krytem.)
Kategorie odolnosti:	55/125/56.

## Kondenzátory s polykarbonátovým dielektrikem

U nás se nevyrábějí. Ve srovnání s polystyrenovými kondenzátory jsou tepelně stálejší. Ztrátový čísel pro akustické kmitočty je  $5 \cdot 10^{-3}$ .

### 2.3.7. Keramické kondenzátory

Výhodné elektrické a mechanické vlastnosti a malé rozměry umožňující miniaturizaci elektronických zařízení přispěly k značnému rozšíření keramických kondenzátorů (obr. 44).

Dielektrikum těchto kondenzátorů tvoří keramické materiály, vyrobené zejména z kysličníku titaničitého a titaničitanu barnatého.

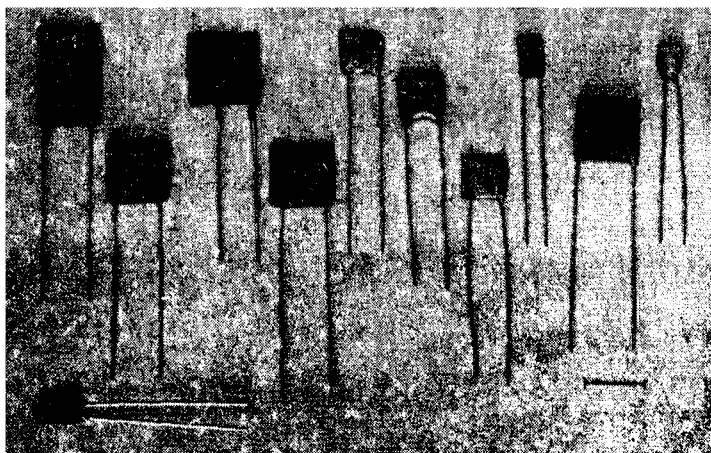
Podle vlastností keramických vysokofrekvenčních materiálů rozdělujeme keramické kondenzátory na tři typy.

#### a) Kondenzátory typu 1 (ČSN 35 8330)

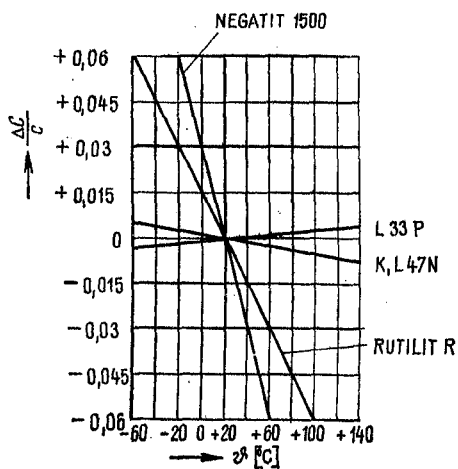
Vyznačují se lineární teplotní závislostí kapacity (obr. 45), její velkou stabilitou a malými ztrátami. Ztrátový čísel  $\text{tg } \delta$  keramických kondenzátorů typu 1 nesmí přesáhnout hodnotu  $1,5 \cdot 10^{-3}$  (měřeno při 1 MHz). Kapacita není závislá na napětí a kondenzátory mají velký izolační odpor ( $> 10^{10} \Omega$ ). Permittivita je malá, v rozmezí  $\epsilon = 15$  až 170. Teplotní součinitel kapacity je jak kladný ( $+33 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ), tak záporný ( $-47$  až  $-1500 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ). Keramické kondenzátory typu 1 jsou vhodné pro použití ve stabilních vysokofrekvenčních rezonančních obvodech ke kompenzaci teplotního součinitele indukčnosti. Základní vlastnosti dielektrických materiálů pro keramické kondenzátory typu 1 jsou v tab. 54.

Tabulka 54. Základní vlastnosti dielektrických materiálů pro keramické kondenzátory typu I

Vlastnost	Materiál	Stabilit L 33 P	Stabilit L 47 N	Stabilit K 47 N	Stabilit K 75 N	Stabilit K 150 N	Ružitit R	Negativit I 500
Poměrná permitivita $\epsilon_r$		15 až 20	15 až 20	35 až 40	35 až 40	37 až 47	80 až 100	130 až 170
Teplotní součinitel kapacity [ $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ]		+33	-47	-47	-75	-150	-750	-1 500
Maximální zúratový činitel při 1 MHz tg $\delta$		$8 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$10 \cdot 10^{-4}$	$10 \cdot 10^{-4}$	$10 \cdot 10^{-4}$	$10 \cdot 10^{-4}$
Izolační odpor $R_{iz}$ [ $\Omega$ ]		$10^{13}$	$10^{13}$	$10^{12}$	$10^{12}$	$10^{12}$	$10^{12}$	$10^{13}$
Minimální elektrická pevnost při 50 Hz [kV/mm]		12	12	10	7,5	10	10	10
ČSN		72 5834 202	72 5834 202	72 5834 201	72 5834 203	72 5834 204	72 5835 202	72 5835 203



Obr. 44. Miniaturní keramické kondenzátory ploché



Obr. 45. Teplotní závislost kapacity keramických kondenzátorů typu 1

Tabulka 55. Základní vlastnosti dielektrických materiálů pro keramické kondenzátory typu 2

Vlastnost	Materiál	Permitit 1 000	Permitit 2 000	Permitit 4 002	Permitit 6 000	Permitit 10 000
Poměrná permitivita $\epsilon_r$		900 až 1 100	1 700 až 2 100	3 000 až 5 000	5 000 až 7 500	8 000 až 12 000
Teplotní součinitel kapacity		nelineární				
Maximální ztrátový činitel při 1 kHz $\operatorname{tg} \delta$		$350 \cdot 10^{-4}$	$350 \cdot 10^{-4}$	$250 \cdot 10^{-4}$	$250 \cdot 10^{-4}$	$300 \cdot 10^{-4}$
Izolační odpor $R_{1z}$ [ $\Omega$ ]		$10^{12}$	$10^{12}$	$10^{12}$	$10^{11}$	$10^{10}$
Minimální elektrická pevnost při 50 Hz [kV/mm]		3	3	3	3	3
ČSN		72 5836 206	72 5836 201	72 5836 205	72 5836 203	72 5836 204



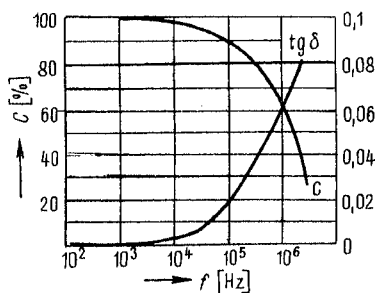
## b) Kondenzátory typu 2 (ČSN 35 8250)

Vyznačují se nelineární teplotní závislostí kapacity, křivka může vykazovat minima a maxima. Ztrátový činitel  $\text{tg } \delta$  je větší a dosahuje hodnot asi  $35 \cdot 10^{-3}$ . Vyrábějí se z hmot s velkou permitivitou ( $\epsilon = 900$  až  $12\,000$ ). Nepříznivě se uplatňuje vliv přiloženého napětí: Se zvětšujícím se napětím se permitivita materiálu prudce zmenšuje a ztrátový činitel vzrůstá. Keramické kondenzátory typu 2 jsou vhodné jako vazební, filtrační a blokovací v obvodech, kde se nepožaduje velká stabilita kapacity a malé ztráty.

Základní vlastnosti dielektrických materiálů pro keramické kondenzátory typu 2 jsou v tab. 55.

## c) Kondenzátory typu 3 (ČSN 35 8252)

Teplotní závislost kapacity je nelineární. Kapacita je závislá na kmitočtu. Při kmitočtu přibližně 1 MHz nastává prudký pokles kapacity při současném zvětšení ztrátového činitele (obr. 46).



Obr. 46. Závislost kapacity a  $\text{tg } \delta$  keramických kondenzátorů typu 3 na kmitočtu

Nositelem kapacity je velmi tenká vrstvička na povrchu keramiky, vzniklá reoxidací zredukovaných sloučenin titanu. Čím je vrstvička tenčí, tím větší kapacitu má kondenzátor, ale tím je menší průrazné napětí. Keramické kondenzátory typu 3, z materiálu s obchodním názvem Supermit, se vyrábějí pro napětí 12,5 a 32 V. Jsou vhodné jako vazební, filtrační a blokovací v nízkofrekvenční technice a v obvodech s nízkým napětím.

Při opětovném zapojení již použitého keramického kondenzátoru typu 3 musíme dodržet původní stejnosměrnou polarizaci kondenzátoru! Jinak se vlastnosti kondenzátoru podstatně zhorší, zejména se zmenší izolační odpor.

Keramické kondenzátory jsou většinou chráněny tmelem z fenolických pryskyřic. Zatmelené kondenzátory jsou ještě impregnovány ve vakuu voskem. Kondenzátory s touto povrchovou ochranou lze používat v rozmezí teplot  $-55^\circ\text{C}$  až  $+85^\circ\text{C}$  a vyhoví zkoušce vlhkým teplem po dobu 21 dnů. Speciální trubkové kondenzátory jsou chráněny vrstvou skelné glazury. Jsou určeny pro provoz ve zvláště obtížných podmínkách. Vyhoví zkoušce teplem po dobu 56 dní.

Tabulka 56. Perspektivní miniaturní ploché keramické kondenzátory typu 1 a 2 pro jmenovité napětí 40 V

Typ	1			2	
Typový znak	TK 754	TK 774	TK 794	TK 724	TK 744
Materiál	N 047	N 750	N 1 500	P 2 000	P 4 002
Název materiálu	Stabilit L47N	Rutilit R	Negatit 1 500	Permitit 2 000	Permitit 4 002
Rozměr $A \times B$ [mm]	Kapacita v řadě E 12			Kapacita v řadě E 6	
4 × 4	4,5 až 27	22 až 56	39 až 100	470, 680	1n, 1n5
5 × 5	33 až 47	68, 82	120 až 180	1n, 1n5	2n2, 3n3
5 × 8	56, 68	100 až 150	220, 270	2n2	4n7
6,3 × 8	—	—	—	3n3	6n8
8 × 8	82, 100	180, 220	330 až 470	—	—
8 × 10	120, 150	270, 330	560, 680	4n7	10n
10 × 12,5	180, 220	390 až 560	820, 1n	6n8	15n
12,5 × 12,5	270, 330	680	1n2	10n	22n
Kapacitní tolerance	< 10 pF ± 1 pF (F), ± 0,5 pF (D) ≥ 10 pF ± 20 % (M), ± 10 % (K), ± 5 % (J)			+50 - 20 % (S) ± 20 % (M)	
Teplotní součinitel [10 <sup>-6</sup> /°C]	-47	-750	-1 500	nelineární	nelineární
Izolační odpor [Ω]	> 10 <sup>10</sup>			5 · 10 <sup>8</sup>	
Kategorie	55/085/21				

Horní provozní teplota je u keramických kondenzátorů +85 °C. Pouze některé zvláštní výrobky lze používat až do teploty +100 °C.

Dolní provozní teplota u kondenzátorů typu 1 bývá -40 °C, v některých případech až -65 °C. U keramických kondenzátorů typu 2 se při snižování

teploty značně zmenšuje kapacita a zvětšuje se ztrátový činitel. Proto se doporučuje používat tyto kondenzátory jen do teploty  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Konstrukční provedení keramických kondenzátorů je různé. Základní tvary jsou kondenzátory ploché pravoúhlé, diskové, trubkové, průchodkové, podpěrné, dolaďovací, vysokonapěťové a odrušovací. Perspektivní

Tabulka 57. Perspektivní miniaturní ploché keramické kondenzátory typu 1 a 2 pro jmenovité napětí 250 V

Typ	1			2	
Typový znak	TK 755	TK 775	TK 795	TK 725	TK 745
Materiál	N 047	N 750	N 1 500	P 2 000	P 4 002
Název materiálu	Stabilit L47N	Rutilit R	Negatit 1 500	Permitit 2 000	Permitit 4 002
Rozměr $A \times B$ [mm]	Kapacita v řadě E 12			Kapacita v řadě E 6	
4 × 4	3,3 až 10	15 až 22	27 až 39	330, 470	680, 1n
5 × 5	12 až 18	27 až 39	47 až 68	680	1n5
5 × 8	22 až 33	47, 56	82 až 120	1n	2n2
8 × 8	39 až 56	68 až 100	150	1n5	3n3
8 × 10	68	120	180, 220	2n2	4n7
10 × 12,5	82, 100	150 až 220	270 až 390	3n3, 4n7	6n8
1,25 × 12,5	120	270	470	6n8	10n
Kapacitní tolerance	$< 10 \text{ pF} \pm 1 \text{ pF (F)}, \pm 0,5 \text{ pF (D)}$ $\geq 10 \text{ pF} \pm 20 \% \text{ (M)}, \pm 10 \% \text{ (K)},$ $\pm 5 \% \text{ (J)}$			+50 - 20 % (S) $\pm 20 \% \text{ (M)}$	
Teplotní součinitel $[10^{-6}/^{\circ}\text{C}]$	-47	-750	-1 500	nelineární	nelineární
Izolační odpor $[\Omega]$	1 . 10 <sup>10</sup>			3 . 10 <sup>9</sup>	
Kategorie	55/085/21				

Tabulka 58. Miniaturní ploché keramické kondenzátory typu 3

Typový znak	TK 782	TK 783
Jmenovité napětí [V]	12,5	32
Rozměr $A \times B$ [mm]	Kapacita v řadě E 6	
4 × 4	4n7, 6n8	4n7
5 × 5	10n, 15n	6n8
5 × 8	22n, 33n	10n, 15n
8 × 10	47n, 68n	22n, 33n
10 × 12,5	100n	47n
12,5 × 12,5	150n	68n, 100n
Kapacitní tolerance	+80 - 20 % (Z)	
Teplotní součinitel [ $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ]	nelineární	
Izolační odpor [ $\Omega$ ]	$> 10^7$	$> 5 \cdot 10^7$
Kategorie	40/070/21	55/085/21

jsou kondenzátory ploché pravoúhlé s jednostrannými vývody v rastru, vhodné pro použití v plošných spojích. K označování se používá systému B.

V tab. 56 jsou uvedeny perspektivní ploché keramické kondenzátory typu 1 a 2 pro jmenovité napětí 40 V.

V tab. 57 jsou perspektivní miniaturní ploché keramické kondenzátory typu 1 a 2 pro jmenovité napětí 250 V.

V tab. 58 jsou miniaturní ploché keramické kondenzátory typu 3.

### *Keramické průchodkové kondenzátory*

Keramické průchodkové kondenzátory jsou zvláštním druhem kondenzátorů a používají se zejména k blokování napájecích přívodů vysokofrekvenčních zařízení. Skládají se z keramické trubičky opatřené po vnější i vnitřní straně elektrodami. Vnější slouží k přichycení do mechanické konstrukce obvodu (připájení nebo upevnění maticemi). Vnitřní slouží jako procházející vodič.

Průchodkové kondenzátory se vyrábějí ze všech hmot pro keramické kondenzátory.

Např. hmota Stabilit K 47 N typ SK 72 651,

kapacita 22 pF (250 V).

Rutilit typ TK 524,

kapacita 10 až 18 pF (500 V).

Negatit 1500 typ TK 594,

kapacita 22 až 39 pF (500 V).

Permitit 2000 typ SK 726 30 až 36,

kapacita 1 000 až 6800 pF (100 až 350 V).

Permitit 6000 typ TK 564,

kapacita 1000 až 1500 pF (250 V).

Další typy TK 508 (250 V) a TK 512 (500 V),

kapacita 120 až 1000 pF.

TK 582 (160 V), 589 (250 V), a 588 (500 V),

kapacita 2200 až 22 000 pF.

Kategorie odolnosti průchodkových kondenzátorů je 40/085/04.

### 2.3.8. Elektrolytické kondenzátory

Kromě kondenzátorů s dielektrikem z pevných hmot se hojně používají kondenzátory elektrolytické.

Nejčastěji se používají levnější druhy hliníkové, pro zvláštní účely také tantalové. Oba druhy jsou polarizované, tj. mají na rozdíl od jiných druhů kondenzátorů kladný a záporný pól. Na kladnou elektrodu (anodu) je vhodný hliník, tantal, niob a jiné kovy. Někdy se jim také říká „ventilové kovy“, protože vrstva kysličníku vytvořená na nich elektrolýzou propouští elektrický proud pouze jedním směrem — působí tedy jako ventil, který může usměrňovat střídavý proud. (Dříve narození radioamatéři si snad vzpomenou, jak v počátcích radiotechniky — kdy se v přijímačích používaly jen přímo žhavené elektronky napájené z baterií — si zhotovovali takový elektrolytický usměrňovač, aby nemuseli nosit těžký akumulátor k nabíjení).

Dielektrikem elektrolytických kondenzátorů je kysličníková vrstva na anodě — nikoli tedy elektrolyt, který jen zprostředkuje vodivé spojení s druhou elektrodou.

Elektrolytické kondenzátory lze používat jen v obvodech, kde je na ně připojeno stejnosměrné polarizační napětí, např. v síťových zdrojích, u katodových odporů, u stínících mřížek elektronek apod. Pro střídavý proud se nehodí! Musí být vždy správně připojeny (vývod označený + na kladný pól napětí), jinak hrozí i nebezpečí exploze kondenzátoru. Stejnosměrné napětí však smí mít určitou střídavou složku, jako zvlnění usměrněného proudu nebo nízkofrekvenční kmitočty v zesilovačích. Pro vysoké kmitočty se impedance elektrolytického kondenzátoru zvětšuje, takže do vysokofrekvenčních obvodů vůbec nejsou vhodné.

Použití vodivého elektrolytu způsobuje značné zvětšení ztrátového činitele a trvalý průchod tzv. zbytkového stejnosměrného proudu kondenzátorem. Zbytkový proud závisí na výši přiloženého napětí, kapacitě kondenzátoru, teplotě okolí apod. Jeho největší dovolenou hodnotu udává výrobce. Většinou s určitou rezervou, takže dobré kondenzátory mají v provozu zbytkový proud menší. Elektrolytické kondenzátory časem stárnou, jejich kapacita se zmenšuje a zbytkový proud a ztrátový činitel se zvětšují, i když se kondenzátor nepoužíval.

### *Provedení elektrolytických kondenzátorů*

Původní elektrolytické kondenzátory obsahovaly kapalným elektrolyt, směly se proto montovat jen ve svislé poloze. Většina dnešních typů jsou tzv. suché kondenzátory s kašovitým elektrolytem mezi hliníkovými fóliemi. Svitek je vložen do utěsněného pouzdra z hliníkového plechu nebo plastu. Póly elektrod jsou vyvedeny pocínovanými měděnými dráty nebo pájecími špičkami. U kovových druhů bývá záporný pól spojen s pouzdrům. Proto se tyto elektrolytické kondenzátory dodávají také s izolačním povlakem z tenké trubičky z PVC. Některé tantalové elektrolytické kondenzátory obsahují sice kapalným elektrolyt, jsou však neprodyšně uzavřeny, a lze je proto používat v každé poloze.

Vyrábějí se také vícenásobné kondenzátory, obsahující dva až tři oddělené svitky ve společném pouzdře. Vývody — pájecí špičky — mají normalizovanou rozteč pro zapájení do plošných spojů. Jednotlivé vývody jsou označeny kroužkem, trojúhelníčkem nebo čtverečkem a na pouzdru, které je společným záporným pólem, je udána kapacita a jmenovité napětí, např.  $\circ$  20  $\mu$ F/50 V,  $\triangle$  20  $\mu$ F/450 V a  $\square$  100  $\mu$ F/450 V. Starší kondenzátory s patcovým šroubem z tvrzené hmoty, opatřeným závitem M 18  $\times$  1,5 mm, určené k upevnění na kovové šasi, jsou většinou jednoduché nebo nejvíce dvojité (např. 50 + 50  $\mu$ F/350 V). Příslušenstvím těchto kondenzátorů je kromě plechové matice i pocínované pájecí očko jako kontakt s pouzdrům a izolační podložka! Často se totiž prodávají kondenzátory bez nich a spotřebitel pak tyto součásti třeba obtížně shání.

### *Druhy elektrolytických kondenzátorů*

Hliníkové elektrolytické kondenzátory jsou nejrozšířenější. Jsou levné a vyrábějí se v řadě kapacit od 1  $\mu$ F do několika tisíc mikrofaraďů pro jmenovité napětí od 3 do 500 V s rozsahem provozních teplot běžně od  $-10$  do  $+70$  °C.

Tantalové elektrolytické kondenzátory se liší od hliníkových nejen elektrickými parametry, ale i větším rozsahem provozních teplot, běžně od  $-55$  do  $+85$  °C. Jejich cena je však značně vyšší, neboť tantal je drahý kov a některé typy mají navíc stříbrné pouzdro.

## Důležité veličiny

Vedle kapacity a jmenovitého napětí jsou u elektrolytických kondenzátorů důležité ztrátový činitel, velikost zbytkového proudu a dovolené odchylky kapacit.

### a) Ztrátový činitel

U elektrolytických kondenzátorů je ztrátový činitel poměrně velký, řádu  $10^{-2}$  (desítky procent) oproti  $10^{-4}$  až  $10^{-5}$  u kondenzátorů s pevným dielektrikem. Pro vyhlazení napětí to však není na závadu. Hodnoty ztrátového činitele jsou uvedeny dále u jednotlivých typů.

### b) Zbytkový proud

Je nutné zlo, ale při většině aplikací příliš nevádí, naopak udržuje souvislou vrstvu kysličníku na anodě. Po delším nepoužívání kondenzátoru se tato vrstva rozrušuje a po zapojení je zbytkový proud větší. Dobrý kondenzátor se opět sám brzy zformuje. Výrobce udává nejvyšší zbytkový proud (často dosti složitými vztahy). Např. pro běžné hliníkové filtrační kondenzátory s paticovým šroubem na vyšší jmenovité napětí je zbytkový proud

$$I_{zb} = 0,1 CU + 300 \quad [\mu A; \mu F; V] \quad (27)$$

kde  $I_{zb}$  je zbytkový proud,

$C$  — kapacita kondenzátoru,

$U$  — provozní stejnosměrné napětí.

U miniaturních hliníkových kondenzátorů čs. výroby uvádí výrobce zbytkový proud

$$I_{zb} = CU \cdot 10^{-4} + 0,1 \quad [mA; \mu F, V] \quad (28)$$

Pro jmenovité napětí vyšší než 150 V má sčítanec hodnotu 0,2.

Význam symbolů je stejný jako u (27).

Vyžadujeme-li co nejmenší zbytkový proud, např. pro kapacitní vazbu mezi nízkofrekvenčními tranzistory, volíme kondenzátor tantalový.

Tantalový kondenzátor s tekutým elektrolytem má zbytkový proud

$$I_{zb} = 0,005 U(C + 10) \quad [\mu A; V, \mu F] \quad (29)$$

Rozdíl uvidíme nejlépe na příkladu.

**Příklad: 1.** Miniaturní hliníkový kondenzátor TC 973 o kapacitě  $100 \mu F$  a jmenovitém napětí 12 V má při provozu se stejnosměrným napětím 10 V zbytkový proud (28)

$$I_{zb} = 100 \cdot 10 \cdot 10^{-4} + 0,1 = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{ mA} = 200 \mu A$$

**2.** Tantalový kondenzátor TE 152 o kapacitě  $50 \mu F$  má při jmenovitém napětí 10 V zbytkový proud nejvíce (29)

$$I_{zb} = 0,005 \cdot 10(50 + 10) = 0,05 \cdot 60 = 3 \mu A.$$

### c) *Dovolené odchylky kapacity*

Vzhledem k úbytku kapacity elektrolytických kondenzátorů stárnutím a vzhledem k jejich použití se běžně vyrábějí elektrolyty s větší kladnou odchylkou než zápornou. Normální odchylky kapacit kondenzátorů se jmenovitým napětím do 150 V jsou +100 % až -10 %, při vyšším napětí jsou kladné odchylky menší (+50 %). Po dohodě dodává výrobce i kondenzátory se speciální odchylkou (+50 % i pro napětí do 150 V).

### d) *Provozní napětí*

Má-li stejnosměrné napětí střídavou složku (jako při filtraci usměrněného střídavého proudu), nesmí být součet obou napětí — tzv. napětí vrcholové — větší než jmenovité napětí použitého kondenzátoru. Krátkodobě (např. po dobu nažhavení elektronek) se smí elektrolytický kondenzátor zatížit tzv. vrcholovým napětím, které je u kondenzátorů se jmenovitým napětím větším než 160 V asi o 10 % větší, u kondenzátorů pro 12 až 30 V asi o 20 % větší než jmenovité napětí.

### *Elektrolytické kondenzátory s pevným dielektrikem*

Zcela jinou technologií se vyrábějí novější druhy elektrolytických kondenzátorů s pevným dielektrikem. U nich je tekutý nebo kašovitý elektrolyt nahrazen polovodičovou vrstvou, obvykle z kysličníku manganičitého (burelu), který pokrývá oxidovou vrstvu vlastního dielektrika na kladné elektrodě. Na tuto vrstvu se nanese povlak koloidní tuhy a na ni se napaří nebo nastříká vrstva snadno tavitelného kovu (např. cínu) jako záporná elektroda.

Elektrolytické kondenzátory s pevným dielektrikem jsou objemově ještě menší než ostatní miniaturní typy, snášejí větší rozsah teplot (hliníkové -65 až +85 °C, tantalové -80 až +125 °C) a mají dlouhou dobu života (10 000 až 15 000 provozních hodin za nejvyšší dovolené teploty a při plném jmenovitém napětí). Snášejí však jen poměrně nízké napětí, asi do 35 až 70 V. Má-li se využít výhoda miniaturních rozměrů, vyrábějí se pouze v menších hodnotách kapacity. Proto jsou vhodné do zařízení s tranzistory a integrovanými obvody na plošných spojích.

Zásadně lze touto technologií vyrábět jak kondenzátory hliníkové, tak i tantalové s pevným dielektrikem. Náš výrobce dodává v současné době jen tantalové kondenzátory, ale ani ty nebyvají vždy běžně v maloobchodním prodeji.

O ostatních parametrech elektrolytických kondenzátorů s pevným dielektrikem (např. o zbytkovém proudu, závislosti kapacity na teplotě atd.) platí přibližně totéž co u kondenzátorů s kašovitým elektrolytem.

### *Hliníkové elektrolytické kondenzátory miniaturní*

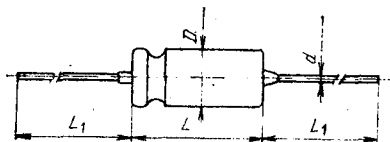
Elektrolytické kondenzátory se vyrábějí s měděnými pocínovanými vývody a jsou uzavřeny v hliníkových pouzdrech. Utěsnění v pouzdrech je z tvrdé pryže. Na požadavek odběratele lze kondenzátory opatřit izolační



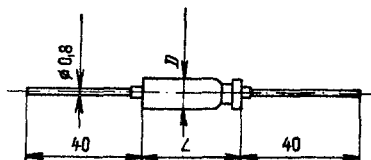
trubičkou z PVC o tloušťce 0,3 mm. Kondenzátory jsou vhodné pro plošné spoje. Vývod procházející pryžovou zátkou je kladný.

Rozměrový náčrtěk je na obr. 47, hlavní rozměry kondenzátorů jsou v tab. 59, hodnoty kondenzátorů jsou v tab. 60.

Kategorie odolnosti je 40/070/21.



Obr. 47. Rozměrový náčrtěk miniaturních elektrolytických kondenzátorů TE 980



Obr. 48. Rozměrový náčrtěk elektrolytických kondenzátorů TC 972 s rozšířeným rozsahem teplot

Tabulka 59. Hlavní rozměry elektrolytických miniaturních kondenzátorů

Velikost	Rozměry [mm]			
	D	d	L	$L_1 = L_2$
1	$3,2 \pm 0,3$	0,6	11	40
2	$4,2 \pm 0,3$			
3	$5,3 \pm 0,3$			
4	6,5	0,8	16	
5	8,5		24	
6	8,5			
7	10			
8	11,5		29	
9	14			

Dalším typem hliníkových elektrolytických kondenzátorů je kondenzátor s rozšířeným rozsahem provozních teplot.

Elektrolytické kondenzátory jsou v hliníkových pouzdrech. Vývody jsou měděné, pocínované,  $\varnothing 0,8$  mm.

Rozměrový náčrtěk je na obr. 48, rozměry kondenzátorů jsou v tab. 61, hodnoty kondenzátorů jsou v tab. 62.

Tabulka 60. Hodnoty miniaturních elektrolytických kondenzátorů

Typové označení	Jmenovitě stejnoseměrné napětí [V]	Jmenovitá kapacita [ $\mu$ F]												
		0,5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1 000	2 000	
		Velikost												
TE 980	3											6	7	
TE 981	6					1	2	3	4	5				9
TE 982	10											7	8	
TE 984	15				1	2	3	4	5	6	8	9		
TE 986	35			1	2	3	4	5	6	8	9			
TE 988	70	1	1	2	3	4	5	6	8	9				
TE 990	160			4		7	8							
TE 991	250		4		6									
TE 992	350	4		5	7	8	9							
TE 993	450	4	5	6	8	9								

Tabulka 61. Rozměry elektrolytických kondenzátorů s rozšířeným rozsahem provozních teplot

Velikost	Rozměry [mm]	
	<i>D</i>	<i>L</i>
1	6,5	16
2	8,5	16
3	8,5	24
4	10	24
5	11,5	29
6	14	29

Tabulka 62. Hodnoty kondenzátorů z tabulky 61

Jmenovitá kapacita [μF]	Typové označení a jmenovitá stejnosměrná provozní napětí [V]						
	TC 972	TC 973	TC 974	TC 975	TC 977	TC 978	TC 979
	6	12	25	50	150	250	350
Velikost							
0,5							1
1						1	2
2					2	2	2
5				2	3	3	4
10			2	2	4	5	6
20		2	3	3	5	6	
50	3	3	4	5			
100	4	4	5				
200	5	6					

Kategorie odolnosti je 55/085/56 do 150 V,  
40/085/56 do 250 V,  
25/085/56 do 350 V.

Zbytkový proud

$$I_{zb} = 0,02 \cdot C \cdot U \quad [\mu A; \mu F, V].$$

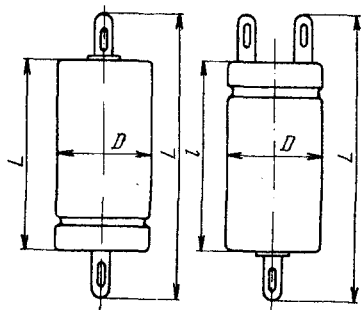
*Hliníkové elektrolytické kondenzátory s pájecími očky*

Vývod záporného pólu je připojen na pouzdro. Vývody jsou mosazné, pocínované. Kondenzátory lze izolovat navléknutím izolační trubičky z PVC o tloušťce stěny maximálně 0,5 mm.

Rozměrový náčrtek kondenzátorů je na obr. 49, rozměry kondenzátorů jsou v tab. 63, hodnoty kondenzátorů jsou v tab. 64.

Kategorie odolnosti je 25/070/56 do 250 V,  
10/070/56 do 150 V.

Do této skupiny patří i elektrolytické kondenzátory pro nízké teploty. Tyto kondenzátory mají hliníkové elektrody a jsou uzavřeny v hliníkových pouzdrech. Vývody tvoří pájecí očka z pocínované mosazi. Záporný pól je na pouzdru.



Obr. 49. Náčrtek elektrolytických kondenzátorů TC 530 a kondenzátorů s pájecími očky

Tabulka 63. Rozměry elektrolytických kondenzátorů s pájecími očky

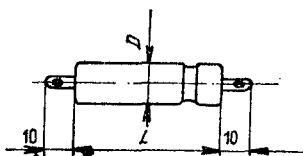
Velikost	Rozměry [mm]		
	D	l	L
1	20	36	55
2		41	60
3		46	65
4	25	36	55
5		46	65
6		61	80

Tabulka 64. Hodnoty elektrolytických kondenzátorů s pájecími očky

Typové označení	TC 530a	TC 531a	TC 532a	TC 533a	TC 534a	TY 535a	TC 536a
Jmenovité provozní napětí [V]	12	30	50	160	250	350	450
Jmenovitá kapacita	Velikost						
10 $\mu\text{F}$							1
20 $\mu\text{F}$						1	3
50 $\mu\text{F}$				1	2	5	6
100 $\mu\text{F}$			1	5			
200 $\mu\text{F}$		1	2				
500 $\mu\text{F}$	2	5					
1 000 $\mu\text{F}$	5	6					
10 $\mu\text{F}$ + 10 $\mu\text{F}$				4	4	4	4
20 $\mu\text{F}$ + 20 $\mu\text{F}$				4	4	4	5
50 $\mu\text{F}$ + 50 $\mu\text{F}$				5	5	6	

Rozměrový náčrtek kondenzátorů je na obr. 50, rozměry kondenzátorů jsou v tab. 65, hodnoty kondenzátorů jsou v tab. 66.

Po dohodě lze dodávat kondenzátory povlečené trubičkou z PVC.  
Kategorie odolnosti je 55/055/21 pro typ TE 974,  
40/070/21 pro ostatní typy.



Obr. 50. Rozměrový náčrtek elektrolytických kondenzátorů TE 962 pro nízké teploty

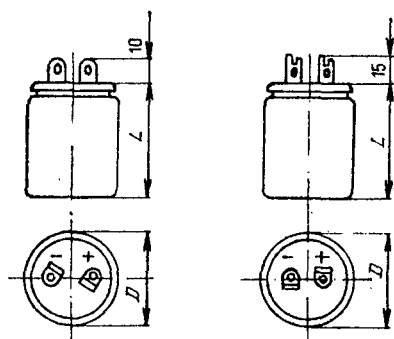
Tabulka 65. Rozměry kondenzátorů pro nízké teploty

Rozměry [mm]		Velikost
D	L	
20	36	1
20	46	2
25	46	3

Tabulka 66. Velikosti kondenzátorů z tab. 65

Typové označení	TE 962	TE 963	TE 964	TE 968	TE 969	TE 974
Jmenovité stejnosměrné napětí [V]	6	12	30	250	350	30
Jmenovitá kapacita [ $\mu F$ ]	Velikost					
10						
20				1	2	
50				2	3	1
100				3		3
200			1			
500		2				
1 000	2					

Dalším typem jsou elektrolytické kondenzátory na nízká napětí, válcové. Jsou uzavřeny v hliníkových pouzdrech s pájecími očky. Pouzdro není izolováno od svítku a není vývodem záporného pólu. Lze je však s tímto pólem



Obr. 51. Rozměrový náčrtek válcových kondenzátorů TC 934a pro malá napětí

Tabulka 67. Rozměry válcových kondenzátorů na nízké napětí

Velikost	Rozměry [mm]		Provedení
	<i>D</i>	<i>L</i>	
1	35	45	1
2		55	
3		72	
4	45	92	2
5	60	92	

Tabulka 68. Parametry kondenzátorů z tabulky 67

Typové označení	TC 934a	TC 936a	TC 937a	TC 939a
Jmenovité stejnosměrné napětí [V]	12	25	50	150
Jmenovitá kapacita	Velikost			
500 $\mu\text{F}$			1	3
1 000 $\mu\text{F}$		1	2	4
2 000 $\mu\text{F}$		2	3	5
5 000 $\mu\text{F}$	3		4	
10 000 $\mu\text{F}$	4			
200 $\mu\text{F}$				1

spojit (nelze je spojit s kladným pólem). Kondenzátory mohou být dodávány s povrchovou izolací z PVC o tloušťce stěny maximálně 0,5 mm.

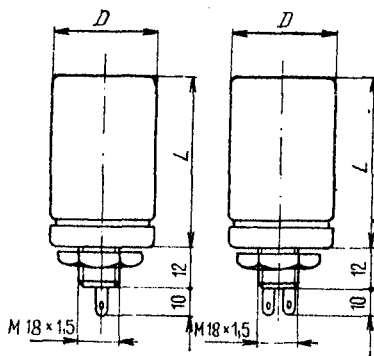
K montážnímu panelu se kondenzátory připevňují přichytkami.

Rozměrový náčrtek kondenzátorů je na obr. 51, rozměry kondenzátorů jsou uvedeny v tab. 67, parametry kondenzátorů jsou v tab. 68.

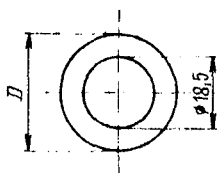
Kategorie odolnosti je 25/070/21.

Tabulka 69. Hlavní rozměry kondenzátorů s patičkovým šroubem

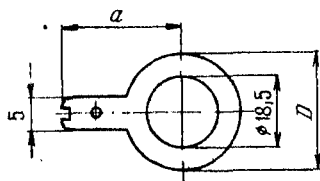
Velikost	Rozměry [mm]	
	$D$	$L$
1	25	45
2		55
3	35	45
4		55
5		70
6		90



Obr. 52. Rozměrový náčrtek elektrolytických kondenzátorů s patičkovým šroubem



Obr. 53. Rozměry izolační podložky PVC tloušťky 0,3 mm



Obr. 54. Rozměry pájecího oka z pocínované oceli 0,5 mm

*Hliníkové elektrolytické kondenzátory s patičkovým šroubem, jednoduché a vícenásobné (obr. 52)*

Elektrolytické kondenzátory jsou uzavřeny v hliníkových pouzdrech. Elektrody jsou hliníkové. Kondenzátory mají centrální upevňovací šroub z izolantu a kovovou matici. Izolační podložka a pájecí očko tvoří příslušenství kondenzátoru.

Hlavní rozměry kondenzátorů jsou uvedeny v tab. 69, hodnoty konden-

zátorů jsou v tab. 72. Rozměry izolačních podložek jsou v tab. 70 a na obr. 53.

Hlavní rozměry pájecího oka pro kondenzátor jsou uvedeny v tab. 71 a na obr. 54.

Kategorie odolnosti je 10/070/21, odchylka kapacity  $-10\%$  až  $+50\%$ , speciální  $-10\%$  až  $+30\%$ .

Tabulka 70. Rozměry izolačních podložek

Označení	D [mm]
WA 353 06	42
WA 353 05	32

Tabulka 71. Hlavní rozměry pájecího oka

Označení	D [mm]	a [mm]
WA 060 11	36	30
WA 060 10	26	25

Tabulka 72. Hodnoty kondenzátorů z tabulky 69

Typové označení	TC 515a	TC 517a	TC 519a	TC 521a
Jmenovité stejnosměrné napětí [V]	160	250	350	450
Jmenovitá kapacita [ $\mu$ F]	Velikost			
20		1		1
50	1	1	2	3
100			3	4
200		4	5	6
10 + 10		1		1
20 + 20		1	1	3
50 + 50	1	2	3	4
100 + 100			5	6

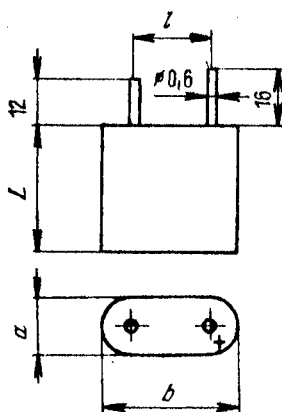


*Elektrolytické hliníkové kondenzátory pro plošné spoje — miniaturní (obr. 55)*

Elektrolytické kondenzátory s hliníkovými elektrodami jsou uzavřeny v pouzdru z plastu. Jsou vhodné pro použití v plošných spojích. Jednostranně vyvedené vývody kondenzátorů z měděného pocínovaného drátu

*Tabulka 73. Hlavní rozměry elektrolytických kondenzátorů pro plošné spoje*

Velikost	$a$ [mm]	$b$ [mm]	$L$ [mm]	$l$ [mm]
1	4,5	7,5	12	2,5
2	6,5	9,5		
3	10,5	13,5		5



*Obr. 55. Rozměrový náčrtek miniaturních elektrolytických kondenzátorů pro plošné spoje*

$\varnothing 0,6$  mm nejsou určeny k ohýbání! Polarita je označena na víčku kondenzátoru vedle vývodů.

Hlavní rozměry kondenzátorů jsou v tab. 73, hodnoty kondenzátorů jsou v tab. 74, dovolená odchylka  $-10\%$  až  $+100\%$ .

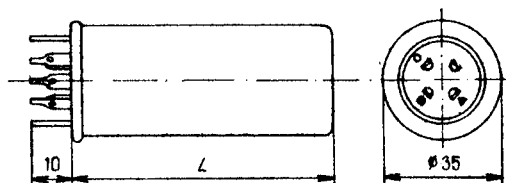
Kategorie odolnosti je 25/070/21.

Tabulka 74. Hodnoty kondenzátorů z tabulky 73

Typové označení	TE 002	TE 003	TE.004	TE 005	TE 006
Jmenovité stejnosměrné napětí [V]	6	10	15	35	70
Jmenovitá kapacita [ $\mu\text{F}$ ]	Velikost				
2				1	2
5			1		2
10		1		2	3
20			2	3	
50	2		3		
100		3			
200	3				

*Elektrolytické hliníkové kondenzátory pro plošné spoje – vícenásobné*

Elektrolytické kondenzátory s hliníkovými elektrodami jsou uzavřeny v hliníkových pouzdrech. Vývody kladných pólů (nebo kladného pólu) tvoří pájecí očka upravená i pro zapájení do plošných spojů. Očka nejsou určena k ohýbání. Společný záporný pól je spojen s pouzdrům a se čtyřmi



Obr. 56. Rozměrový náčrtek vícenásobných elektrolytických kondenzátorů pro plošné spoje

upevňovacími vývody. Upevňovací vývody jsou upraveny pro montáž do plošných spojů (upevňovací vývody se připájejí) nebo pro montáž na šasi (zkroucením vývodů o  $45^\circ$ ). Rozlišení jednotlivých kapacit u vícekapacitních kondenzátorů je zřejmé z popisu u jednotlivých vývodů (značky). Shodné značky jsou uvedeny na štítku kondenzátoru u dílčích kapacit.

**Tabulka 75.** Parametry vícenásobných kondenzátorů pro plošné spoje

Typové označení a jmenovité stejno- směrné napětí	Jmenovitá kapacita [ $\mu\text{F}$ ]	Rozměr <i>L</i> [mm]
TC 445 C 350 V	200	72
	20 + 20	47
	50 + 50	47
	100 + 100	72
TC 446 C 450 V	50	47
	100	57
	200	92
	20 + 20	47
	50 + 50	57
	100 + 100	92

**Tabulka 76.** Parametry vícenásobných kondenzátorů

Typové označení	Kapacita při jmenovitém napětí								Rozměr <i>L</i> [mm]
	$\Delta$		$\square$		$\circ$		bez označení		
	<i>C</i> [ $\mu\text{F}$ ]	<i>U</i> [V]	<i>C</i> [ $\mu\text{F}$ ]	<i>U</i> [V]	<i>C</i> [ $\mu\text{F}$ ]	<i>U</i> [V]	<i>C</i> [ $\mu\text{F}$ ]	<i>U</i> [V]	
WK 704 23 C	40	50	60	450	100	450			116
WK 704 24 C	20	350	20	350	20	350	100	350	72
WK 704 82 C	20	50	20	350	100	350	100	350	92
WK 704 83 C	20	50	20	450	20	450	100	450	92
WK 704 84 C	25	50	50	300	100	300	200	300	116

Rozměrový náčrtek kondenzátorů je na obr. 56, parametry kondenzátorů jsou uvedeny v tab. 75 až 78.

Dovolená odchylka jmenovité kapacity je  $-10\%$  až  $+50\%$ .

Kategorie odolnosti je 10/070/21.

Tabulka 77. Parametry vícenásobných kondenzátorů

Typové označení	Kapacita při jmenovitém stejnosměrném napětí						Rozměr $L$ [mm]
	$\Delta$		$\square$		$\circ$		
	$C$ [ $\mu\text{F}$ ]	$U$ [V]	$C$ [ $\mu\text{F}$ ]	$U$ [V]	$C$ [ $\mu\text{F}$ ]	$U$ [V]	
TC 447 01 C	20	50	20	450	100	450	92
TC 447 02 C	20	30	50	350	50	350	57
TC 447 03 C	20	50	50	350	50	350	57
TC 447 04 C	20	50	50	450	50	450	72
TC 447 05 C	20	350	50	350	50	350	57
TC 447 06 C	20	50	50	450	100	450	116

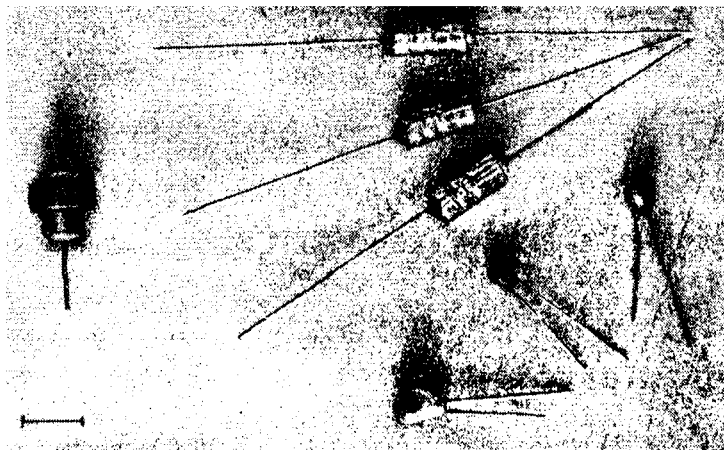
Tabulka 78. Parametry vícenásobných kondenzátorů

Typové označení	Jmenovitá kapacita, jmenovité stejnosměrné napětí					
	$\Delta$		$\square$		$\circ$	
	$C$ [ $\mu\text{F}$ ]	$U$ [V]	$C$ [ $\mu\text{F}$ ]	$U$ [V]	$C$ [ $\mu\text{F}$ ]	$U$ [V]
TC 448 C	50	350	100	350	200	350

### 2.3.9. Kondenzátory tantalové

Nevýhody hliníkových elektrolytických kondenzátorů — poměrně malý rozsah pracovních teplot a malá časová stálost — jsou z větší části odstraněny u elektrolytických kondenzátorů tantalových.

Rozeznáváme tantalové kondenzátory vinuté s tekutým elektrolytem a se sintrovanou anodou s kapalným nebo pevným elektrolytem (obr. 57).



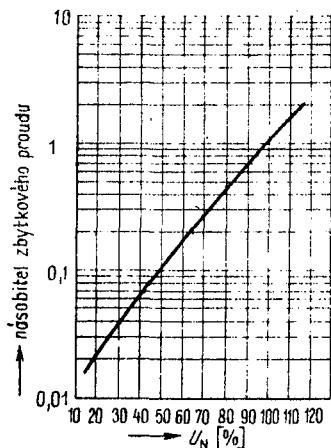
Obr. 57. Tantalové elektrolytické kondenzátory TESLA

U tantalových kondenzátorů se sintrovanou anodou (spékaná a okysličená tableta z tantalového prášku) tvoří dielektrikum vrstvička kysličníku tantalického. V provedení s kapalným elektrolytem je katodou velmi vodivá kyselina, obvykle kyselina sírová. Přívod proudu ke katodě je tvořen stříbrným kalíškem. U kondenzátoru s pevným elektrolytem je katoda tvořena polovodivým kysličníkem kovu (kysličník manganičitý) naneseným na kysličníkovou vrstvu anody. Přívod proudu představuje grafitová a stříbrná vrstvička na polovodivé vrstvě, spojená s krytem kondenzátoru.

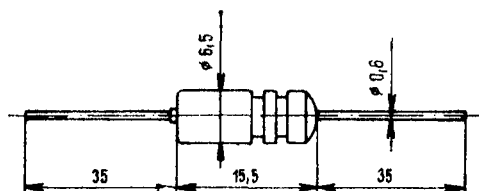
Kapacita tantalového elektrolytického kondenzátoru se mění s teplotou. Kondenzátory s kapalným elektrolytem a nízkým povozním napětím vykazují větší teplotní změny kapacity než typy s vyšším napětím. U sintrovaného provedení s kapalným elektrolytem jsou teplotní změny kapacity podstatně menší a nezávislé na napětí.

Tantalové elektrolytické kondenzátory mají menší rozsah provozních napětí než kondenzátory hliníkové. Kondenzátory vinuté, se sintrovanou anodou a kapalným elektrolytem i s pevným elektrolytem se vyrábějí do 40 až 70 V.

Zbytkový proud, který se u tantalových elektrolytických kondenzátorů pohybuje v řádu  $\mu\text{A}$ , je jak teplotně, tak napěťově závislý. Tantalové elektrolytické kondenzátory se sintrovanou anodou a kapalným elektrolytem vykazují nejnižší zbytkový proud ze všech elektrolytických kondenzátorů. Kondenzátory s pevným elektrolytem mají vyšší zbytkový proud (obr. 58).



Obr. 58. Závislost zbytkového proudu tantalového kondenzátoru s pevným elektrolytem na napětí



Obr. 59. Rozměrový náčrtek kondenzátoru s kapalným elektrolytem

Pro určení zbytkového proudu tantalových elektrolytických kondenzátorů (při  $+20^\circ\text{C}$ ) platí přibližně vztah

$$I_{zb} = 0,02CU \quad [\mu\text{A}; \mu\text{F}, \text{V}] \quad (30)$$

kde  $I_{zb}$  je zbytkový proud,

$C$  — kapacita,

$U$  — jmenovité napětí.

Pro kondenzátory s pevným elektrolytem platí (při  $20^\circ\text{C}$ )

$$I_{zb} = 0,05CU \quad [\mu\text{A}; \mu\text{F}, \text{V}] \quad (31)$$

Zbytkový proud pro elektrolytické kondenzátory s pevným elektrolytem při  $+85^\circ\text{C}$  a stejných podmínkách dostaneme násobením údaje pro  $20^\circ\text{C}$  deseti, pro  $+125^\circ\text{C}$  patnácti.

Tantalové elektrolytické kondenzátory se používají v zapojeních, kde hliníkové elektrolytické kondenzátory nevyhovují z hlediska širšího rozsahu pracovních teplot. Lze je použít zvláště jako kondenzátory vazební pro akus-

tické knižičky. Protože jejich kapacita se s knižičkem zmenšuje, nejsou vhodné pro vysokofrekvenční obvody.

Pracovní teploty se pohybují v rozmezí  $-55$  až  $+85$  °C, u některých typů i od  $-80$  do  $+125$  °C.

### *Válečkové tantulové kondenzátory s kapalným elektrolytem*

Mají sintrovanou anodu a jsou těsně uzavřeny ve stříbrném pouzdře. Záporný pól je spojen s pouzdrem, vývod kladného pólu prochází epoxidovou zálivkou.

Rozměrový náčrtek kondenzátoru je na obr. 59, velikosti kondenzátorů obsahuje tab. 79.

*Tabulka 79. Hodnoty tantulových válečkových kondenzátorů*

Typové označení	Jmenovité napětí [V]	Jmenovitá kapacita [ $\mu$ F]
TE 151	4	80
TE 152	10	50
TE 154	25	20
TE 156	50	10
TE 158	70	5

Odchyłky jmenovité kapacity:  $-20\%$  ...  $+100\%$  (bez označení),  
 $-20\%$  ...  $+50\%$  (s označením S).

Ztrátový činitel: maximálně  $25\%$  pro jmenovité napětí  $\leq 10$  V,  
 maximálně  $15\%$  pro jmenovité napětí  $> 10$  V.

Zbytkový proud: maximálně  $0,005 \cdot U(C + 10)$  [ $\mu$ A; V,  $\mu$ F].

Dlouhodobá stabilita kapacity  $\pm 20\%$ .

Kategorie odolnosti 55/085/21.

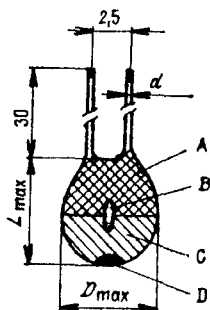
### *Kapkové tantulové kondenzátory s pevným polovodičovým elektrolytem*

Mají jednostranné vývody v rastru. Celek je zalit do epoxidové pryskyřice v kapkovitém tvaru. Kondenzátor je označen barevným kódem, je uvedeno jmenovité napětí, kapacita a polarita kondenzátoru.

Předností těchto elektrolytických kondenzátorů jsou velmi malé rozměry, velký rozsah provozních teplot, malý zbytkový proud, dobré kmitočtové charakteristiky, výhodné teplotní závislosti kapacity, ztrátového činitele, impedance a zbytkového proudu. Kondenzátory se vyznačují dlouhou dobou života a velkou spolehlivostí.

Tabulka 80. Rozměry tantalových kapkových kondenzátorů

Velikost	Rozměry [mm]		
	D max	L max	d
1	4,5	6	0,3
2	6,0	8	0,5
3	8,0	10	0,5



Obr. 60. Náčrtek kapkového tantalového kondenzátoru s pevným elektrolytem  
Barevné značení: A – jmenovité napětí, B – násobitel kapacity, C – jmenovitá kapacita, D – dovolená odchylka speciální (tečka v barvě násobitele kapacity)

Tabulka 81. Označení kapkových kondenzátorů barevným kódem (1)

Jmenovité stejnosměrné napětí [V]	6,3	10	16	25	40
Barva	zelená	žlutá	šedá	modrá	červená

Tabulka 82. Označení kapkových kondenzátorů barevným kódem (2)

Jmenovitá kapacita [ $\mu F$ ]	1	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8
Barva	oranžová	červená	žlutá	zelená	šedá	modrá

Rozměry kondenzátoru jsou uvedeny v tab. 80, náčrtek kondenzátoru je na obr. 60, označení kondenzátorů barevným kódem je uvedeno v tab. 81 až 83, parametry kondenzátorů jsou v tab. 84.



Tabulka 83. Označení kapkových kondenzátorů barevným kódem (3)

Násobitel kapacity	10 <sup>-1</sup>	1	10
Barva	bílá	černá	hnědá

Tabulka 84. Parametry tantalových kapkových kondenzátorů

Jmenovitá kapacita [μF]	Typové označení				
	TE 121	TE 122	TE 123	TE 124	TE 125
	Jmenovité napětí [V]				
	6,3	10	16	25	40
Maximální impedance [Ω] při 10 kHz					
0,22					300
(0,33)					250
0,47					160
(0,68)					130
1					120
(1,5)				100	
2,2			80		80
(3,3)		70			70
4,7	60			60	
(6,8)	50		50		50
10		50		50	
(15)	50		50		
22		50			
(33)	50				
47	50				

Poznámka: Kapacity v závorkách se dodávají po dohodě s výrobcem.

Kondenzátory jsou vhodné pro montáž do plošných spojů. Dovolená odchylka jmenovité kapacity: běžná — 20 % až +50 % bez označení,  
speciální — 20 % až +30 % barevná tečka na vrcholu kapky v barvě násobitele.

Vrcholové napětí: 1,15násobek  $U_{\text{jmen.}}$ .

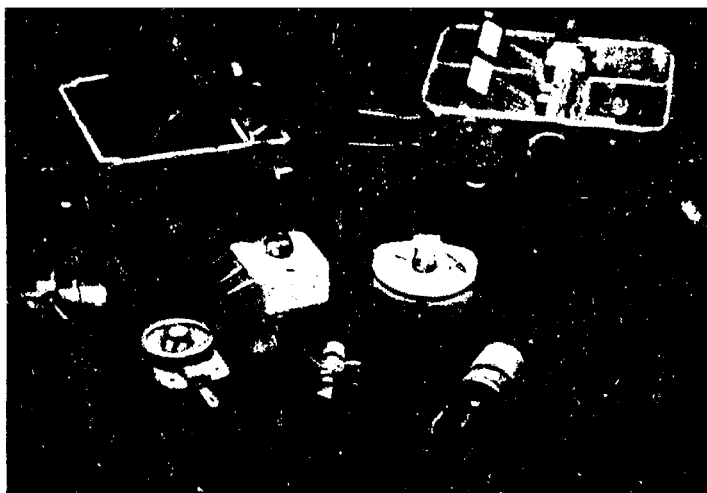
Zbytkový proud: maximálně 0,05  $CU$  [ $\mu\text{A}$ ,  $\mu\text{F}$ ,  $\text{V}$ ] při +25 °C,  
maximálně 0,15  $CU$  při +85 °C.

Ztrátový činitel:  $\leq 25\%$  pro kondenzátory o jmenovitém napětí  $\geq 10\text{ V}$ ,  
 $\leq 15\%$  pro kondenzátory v provedení 1 a pro kondenzátory o jmenovitém napětí  $< 10\text{ V}$  a provedení 2,  
 $\leq 20\%$  pro kondenzátory o jmenovitém napětí 15 až 40  $\text{V}$  a provedení 3.

Kategorie odolnosti 55/085/21.

### 2.3.10. Kondenzátory s proměnnou kapacitou

Vedle kondenzátorů se stálou kapacitou se používají — zvláště ve vysokofrekvenčních obvodech — také kondenzátory s proměnnou kapacitou. Používají se jako ladící kondenzátory, kterými se ladí vf obvody přijímačů, v měřicích generátorech  $RC$  a  $LC$  nf i vf kmitočtů, v oscilátorech vysílačů atd. Malé doladňovací kondenzátory slouží jako kapacitní trimry (obr. 61).



Obr. 61. Různé typy kondenzátorů s proměnnou kapacitou

## Vzduchové kondenzátory

Ladičí kondenzátory vzduchové se skládají ze skupiny pevných plechů (stator), mezi které se otáčením hřídele zasunuje skupina otočných plechů (rotor). Mezi oběma je vzduchová izolační vrstva jako dielektrikum. Celá sestava je zamontována do pevné kovové kostry. Největší kapacita zcela zavřeného otočného kondenzátoru bývá obvykle kolem 500 pF, výjimečně menší. Rotorové plechy mají zaoblenou část nejčastěji kruhovou nebo logaritmickou. U kruhových přibývá kapacity s otáčením lineárně — to je vhodné pro různé měřicí a kapacitní můstky apod. K ladění přijímačů nejsou vhodné. Všude, kde má být průběh stupnice co nejvíce lineární s kmitočtem, by měl být kondenzátor s logaritmickým průběhem. Z výrobních důvodů se velmi podobného průběhu dosahuje nejčastěji tak, že se osa otáčení polokruhových desek posune mimo střed.

K ladění přijímačů, generátorů *RC* apod. se používají dvojité kondenzátory (duální neboli duály), méně často i trojitě (triály). Jsou to dva (tři) otočné kondenzátory ve společném rámu, jejichž rotory se ovládají společným hřídelem. U nich bývají krajní plechy rotorů nastříhány, takže přihýbáním těchto segmentů lze dosáhnout velmi dobrého vyrovnání průběhu obou kapacit. Pro superhetové přijímače mívá někdy jeden z kondenzátorů — kterým se ladí oscilátor přijímače — menší konečnou kapacitu a jiný průběh (tvar plechů), aby se dosáhlo souběhu vstupního a oscilátorového obvo-

Tabulka 85. Otočné vzduchové kondenzátory

Typ	Druh	Kapacita [pF]	Rozměry [mm]	Poznámka
PN 705 10	jednoduchý	13 až 490	33 × 74 × 45	
PN 705 05	dvojitý	2 × 500	67 × 63 × 53	
PN 705 21	dvojitý	2 × 500	70 × 56 × 59	
EK 215 24	dvojitý	2 × 410	68 × 63 × 53	
1 PN 705 15	dvojitý	2 × 500	72 × 53 × 48	s převodem 3,5 : 1
2 PN 705 05	dvojitý	2 × 280	63 × 53 × 44	
15 N 705 11	dvojitý	2 × 200	70 × 55 × 36	převod 3,5 : 1, bubínek $\varnothing$ 32 mm
15 N 705 12	dvojitý	2 × 200	70 × 55 × 36	převod 3,5 : 1, bubínek $\varnothing$ 80 mm
2 PN 705 08	dvojitý s trimry	1 × 176 1 × 96	50 × 30 × 40	ozubený převod 2 : 1

du bez použití obvyklého sériového kondenzátoru (tzv. padding). Takové kondenzátory jsou však vhodné jen pro přijímače s jedním vlnovým rozsahem — obvykle pro pásmo středních vln. Na jiných vlnových pásmech, která jsou u dnešních přijímačů běžná, by bylo možné dosáhnout žádaného souběhu obou obvodů jen obtížně, pomocí připojování dalších pevných kondenzátorů.

Kdysi se také používaly jednoduché otočné kondenzátory s dielektrikem z Pertinaxu (tvrzeného papíru) mezi elektrodami. Tím se značně zmenšily rozměry kondenzátoru a přitom nemohlo dojít ke zkratu statoru s rotorem, mezi nimiž bylo — u elektronek dost vysoké — anodové napětí. Tyto kondenzátory ovládaly tzv. zpětnou vazbu neboli reakci u přímo zesilujících přijímačů. S nástupem superhetů se postupně staly zbytečnými, a proto se přestaly vyrábět.

Dnes nejsou již běžně v prodeji ani otočné kondenzátory vzduchové (s výjimkou snad partiových prodejen). V tranzistorových přijímačích se používají miniaturní kondenzátory s proměnnou kapacitou s dielektrikem z plastické fólie, ovšem s mnohem lepšími vlastnostmi než někdejší kondenzátory zpětnovazební. Výrobci speciálních přístrojů, např. vysokofrekvenčních oscilátorů, potřebují většínou vzduchové kondenzátory speciální konstrukce. Sami si je pro vlastní potřebu vyrábějí a na trh je nedodávají.

V tab. 85 jsou uvedeny hlavní hodnoty některých otočných kondenzátorů z někdejší produkce n. p. TESLA, s nimiž se ještě často setkáváme (např. ve starších rozhlasových přijímačích). Některé měly na hřídeli převod, buď ozubený, nebo častěji bubínkový pro strunu nebo lanko, unášející současně ukazovatele podélné stupnice.

### *Kondenzátory s dielektrikem z plastů*

Hlavní druhy miniaturních kondenzátorů s polyetylenovým dielektrikem jsou v tab. 86. Je však třeba upozornit, že ani z těchto typů se nebudou perspektivně vyrábět všechny. Tyto kondenzátory se připevňují dvěma šroubky M 2, které se však nesmějí zašroubovat do čelní stěny kondenzátoru hlouběji než na 2 mm, jinak by se mohl zničit vnitřek kondenzátoru!

Statory většiny miniaturních otočných kondenzátorů jsou opatřeny dolaďovacím kondenzátorem (trimrem).

Kondenzátory dvojité pro rozhlasové přijímače s amplitudovou modulací mají páskové vývody, označené na krytu. Anténní díl je označen Ant, oscilátorový Osc. Prostřední vývod rotorů je společný a připojí se na kostru přijímače. Některé kondenzátory pro superhety mají oscilátorový kondenzátor o menší konečné kapacitě a jiném průběhu k dosažení souběhu ladění bez přídavného (souběhového dříve zvaného „paddingového“) kondenzátoru. Existují také čtyřnásobné kondenzátory, společné pro přijímače s amplitudovou i kmitočtovou modulací se čtyřmi vývody statorů.

Vývody je nutné pájet opatrně, protože termoplasty vlivem teploty snadno změknu a deformují se.

Otočné miniaturní kondenzátory mají třídu odolnosti 10/055/094 neboli

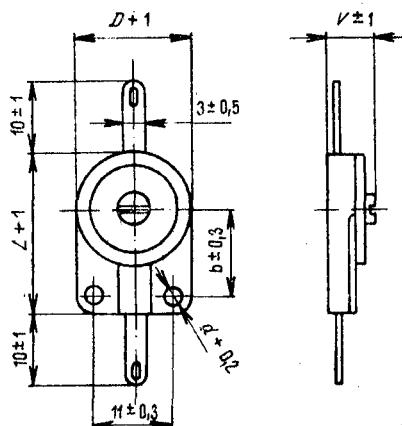
Tabulka 86. Otočné kondenzátory s polyetylénovým dielektrikem

Typ	Provedení	Jmenovitá kapacita [pF]	Počáteční kapacita [pF]	Odchylka souběhu	Rozměry [mm]
WN 704 05	dvojitý pro AM-FM bez doladovacích kondenzátorů	2 × 200	6 ± 2	± (2 % + 2 pF)	25 × 25 × 17
		2 × 25	3,2 ± 1,5	± (1,5 % + 1,5 pF)	
WN 704 07	dvojitý pro AM s různými kapacitami a s doladovacími kondenzátory	1 × 150	5,5 ± 2	± (2% + 2 pF)	20 × 20 × 10,6
		1 × 64	4,5 ± 2		
WN 704 09	dvojitý pro AM-FM	2 × 270	6,5 ± 2	± (2 % + 2 pF) ± (1,5 % + 1,5 pF)	25 × 25 × 17
		2 × 25	3,2 ± 1,5		
WN 704 11 704 22	dvojitý pro pásmo vkv – OIRT	2 × 12,5	3,5 ± 0,4	± (1 % + 0,7 pF)	20 × 20 × 10,6
WN 704 13	čtyřnásobný AM-FM se samostatně vyvedenými doladovacími kondenzátory	2 × 270	2 × 4,2 ± 2	± (2 % + 2 pF)	20 × 20 × 21
		2 × 22,5	2 × 2,5 ± 2	± (1 % + 1 pF)	
WN 704 14	dvojitý pro AM-FM bez doladovacích kondenzátorů	2 × 200	6 ± 2	± (2 % + 2 pF)	25 × 25 × 17
		2 × 25	3,2 ± 1,5	± (1,5 % + 1 pF)	
WN 704 15 704 23	dvojitý AM bez doladovacích kondenzátorů	2 × 200	6 ± 2	± (2 % + 2 pF)	25 × 25 × 17
WN 704 17	jednoduchý	1 × 1000	10	—	25 × 25 × 17

provozní teplotu  $-10$  až  $+55$  °C a teplotní součinitel  $TK = 5 \cdot 10^{-3}$ . Činitel jakosti je u kondenzátorů pro přijímače s amplitudovou modulací asi  $Q = 500$ , pro přijímače s kmitočtovou modulací  $Q = 150$ .

### Dolaďovací kondenzátory (trimry)

Nastavitelné proměnné kondenzátory o menší kapacitě, tzv. trimry, se používají k doladění ladicích obvodů přijímačů a oscilátorů, nastavení stupně vazby mezi obvody, k neutralizaci atd. Dříve to byly kovové kalíšky, které se do sebe zasouvaly otáčením (obr. 61 dole uprostřed). Dnes se vyrábějí nejčastěji dolaďovací kondenzátory keramické. Na spodní upevňovací desičce i na otočném keramickém kotoučku (rotoru) je nanesena vrstvička stříbra, která tvoří elektrody, většinou ve tvaru polokruhu (obr. 61 upro-



Obr. 62. Rozměrový náčrtek dolaďovacích keramických kondenzátorů

Tabulka 87. Dolaďovací keramické kondenzátory (trimry)

Typ	Kapacita [pF]		Provozní napětí [V]		Velikost
	počáteční	konečná	stejnoseměrné	střídavé	
TK 804	2	10,5	350	250	1
TK 810	5	30	500	350	1
	15	45			1
TK 812	5	50	500	350	2
	20	100			2
	25	150			2

střed). Kapacity těchto trimrů jsou uvedeny v tab. 87, rozměry jsou na obr. 62. Rozměry keramických trimrů TESLA jsou v tab. 88.

V televizorech a přijímačích pro pásmo vkv se zvláště k nastavení ladičích obvodů nověji používají trimry ve tvaru skleněné trubičky s kovovým povlakem (stator), do níž se otáčením šroubku v upevňovací armatuře zasunuje kovový váleček (rotor). Kapacity a rozměry hlavních typů skleněných dolaďovacích kondenzátorů TESLA jsou uvedeny v tab. 89.

Tabulka 88. Rozměry dolaďovacích kondenzátorů z tabulky 87

Velikost	Rozměry [mm]					
	<i>D</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>v</i>
1	16	21	11	10	2,4	9
2	25	32	16	15	3,2	11

*a* je rozteč upevňovacích otvorů.

Tabulka 89. Dolaďovací skleněné kondenzátory (trimry)

Typ	Kapacita [pF]		Napětí stejnosměrné [V]	Maximální ztrátový činitel $\text{tg } \delta$	Provozní teplota	Rozměry [mm]
	počáteční	konečná				
WK 701..	04 1,5 05 1,2 06 0,8 09 0,8 11 1,2	14 9 5 5 10	400	při $f = 1 \text{ MHz}$ $25 \cdot 10^{-4}$  při $f =$ $= 100 \text{ MHz}$ $50 \cdot 10^{-4}$	-65 až +100°C	$7,6 \times 26,8$ $7,6 \times 17,7$  $7,6 \times 11,8$ $5,4 \times 13$ $5,4 \times 21$
WK 701..	*) 22 23 24 0,5  25 26	4,5	400	při $f = 25 \text{ MHz}$ $25 \cdot 10^{-4}$	-55 až +100°C	$5,6 \times 12$

\*) Hodnoty všech pěti typů jsou stejné. — liší se jen provedením armatury a vývodů.

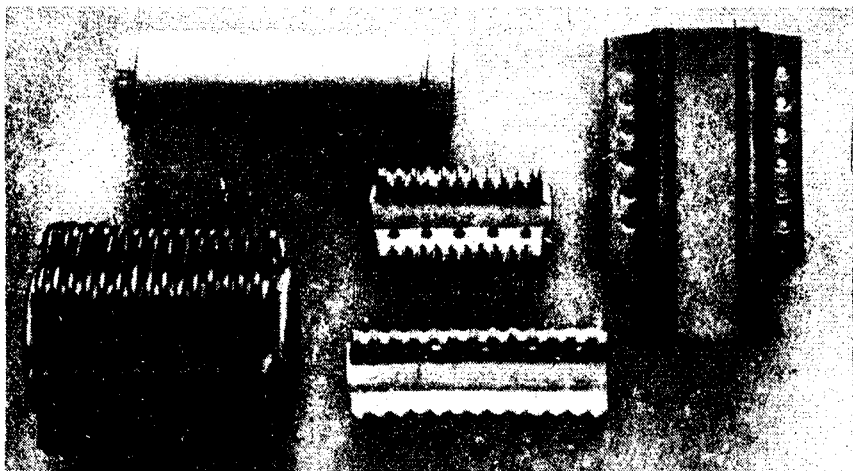
## 2.4. Cívky, transformátory, tlumivky

Cívky a tlumivky jsou další základní součástky elektronických zařízení, zvláště rozhlasových přijímačů, oscilátorů, televizorů a vysílačů. Jejich hlavní vlastností je indukčnost.

### 2.4.1. Vysokofrekvenční cívky

Nejjednodušším tvarem vf cívek, používaných v ladicích obvodech na vyšších kmitočtech (kv, vkv, ukv), jsou jednovrstvové válcové cívky vzduchové (bez jádra). Drát (pro zvětšení povrchové vodivosti často postříbřený) je navinut na lepenkové trubce nebo tělísku z lisovací hmoty, popř. u druhů s většími nároky na jakost a stabilitu na keramickém válečku s vylišovanými žlábkami pro závity. Nosná tělíska bývají také čtyřhranná nebo šestihhranná, takže vodič je držen jen v několika opěrných bodech (obr. 63). Pro obvody, u nichž se požaduje tepelná stálost, se cívky vyrábějí také nanášením stříbrné pasty do žlábků na tělísku, které se pak vypálí. Redukované stříbro je těsně spojeno s nosným podkladem a při použití vhodné keramiky má velmi malý teplotní činitel,  $TK = 5$  až  $12 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .

Dnes si podniky a organizace vyrábějí podobné cívky pro vlastní potřebu;



Obr. 63. Válcová cívka a tělíska na vinutí



na trh se běžně nedostanou, a proto si je zájemci musí zhotovit sami podle účelu a žádané indukčnosti.

Pro výpočet indukčnosti jednovrstvových válcových cívek se udává řada vzorců. Jednoduchý a dostatečně přesný je vztah

$$L = \frac{0,41r^2N^2}{9r + 10l} \quad [\mu\text{H}; \text{cm}] \quad (32)$$

kde  $L$  je indukčnost,

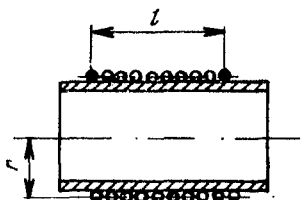
$r$  poloměr závitů,

$l$  délka části s vinutím,

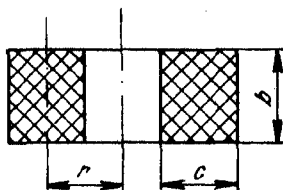
$N$  počet závitů.

Rozměry jsou na obr. 64.

Tento vzorec nevyžaduje použití opravných činitelů při poměru  $l > 0,8r$  (což je pro krátkovlnné cívky běžný případ).



Obr. 64. Rozměry válcového vinutí pro výpočet



Obr. 65. Rozměry křížového vinutí pro výpočet

Často potřebujeme určit počet závitů pro požadovanou indukčnost cívky, Stanovíme ho ze vzorce

$$N = \sqrt{\frac{L(9r + 10l)}{0,41r^2}} \quad [\mu\text{H}, \text{cm}, \text{cm}] \quad (33)$$

Význam symbolů je stejný jako u vzorce (32).

Příklad: Máme válcovou cívku o 16 závitůch drátu 0,56 mm na trubce o průměru 8 mm. Jakou má indukčnost, je-li délka části s vinutím 10 mm?

Rozměry převedeme na [cm] a dosadíme do vzorce (32)

$$L = \frac{0,41 \cdot 0,4^2 \cdot 16^2}{9 \cdot 0,4 + 10 \cdot 1} = \frac{0,41 \cdot 0,16 \cdot 256}{3,6 + 10} = \frac{17}{13,6} = 1,25 \mu\text{H}$$

Pro střední a dlouhé vlny mají cívky mnoho závitů. Proto se zhotovují tzv. křížovým vinutím, které se pořizuje na jednoduché navíječce (v nouzi se vine „divoce“ mezi dvě pomocná čela).

Indukčnost nebo počet závitů křížového vinutí se určuje z rozměrů cívky (obr. 65).

Indukčnost křížové cívky je.

$$L = \frac{0,315r^2N^2}{6r + 9b + 10c} \quad [\mu\text{H}; \text{cm}, \text{cm}] \quad (34)$$

kde  $L$  je indukčnost

$r$  poloměr do středu výšky vinutí,

$b$  šířka cívky,

$c$  výška vinutí,

$N$  počet závitů.

Počet závitů pro potřebnou indukčnost je

$$N = \sqrt{\frac{L(6r + 9b + 10c)}{0,315r^2}} \quad [\mu\text{H}, \text{cm}, \text{cm}] \quad (35)$$

Význam symbolů je jako u vzorce (34).

*Příklad:* Navinuli jsme křížově dlouhovlnnou ladicí cívku o 450 závitů izolovaného drátu na tělísko o průměru 8 mm. Šířka cívky  $b = 5$  mm, výška  $c = 7$  mm. Jakou bude mít indukčnost?

Velikost středního poloměru  $r = 4 + 3,5 = 7,5$  mm. Rozměry dosadíme v [cm].

$$L = \frac{0,315 \cdot 0,75^2 \cdot 450^2}{6 \cdot 0,75 + 9 \cdot 0,5 + 10 \cdot 0,75} = \frac{35\,900}{16} = 2243 \mu\text{H} \doteq 2,24 \text{ mH}$$

### *Materiál na vinutí*

Na vstupní cívky laděných obvodů pro střední a dlouhé vlny a také na mezifrekvenční transformátory pro amplitudově modulovanou část přijímačů se používá vysokofrekvenční lanko, složené z tenkých smaltovaných drátků společně opředených hedvábím. Pro střední vlny to bývá druh  $20 \times 0,05$  mm, pro dlouhé vlny a mezifrekvence tenčí,  $10 \times 0,05$  mm nebo  $5 \times 0,07$  mm. Naproti tomu pro pásma krátkých a velmi krátkých vln je výhodnější plný drát. Někdy bývá postříbřen, ale protože stříbro se vlivem kouřových plynů v atmosféře mění na nevodivý černohnědý sírník, používá se také drát izolovaný lakem nebo smaltem.

### *Feritová doladovací jádra*

Donedávna se používala tzv. železová lisovaná jádra šroubová (opatřená na povrchu závitěm). Po zašroubování do izolačního tělíska cívky s vinutím se nejen zvětšila jeho indukčnost o 5 až 15 %, ale především jím bylo možné cívku doladit na žádanou velikost. Tato jádra byla různých rozměrů, např. (průměr  $\times$  délka)  $4 \times 10$  mm,  $6 \times 8$  mm,  $7 \times 13$  mm,  $8 \times 18$  mm,  $10 \times 20$  mm apod. se stoupáním závitů 0,5; 0,7; 1; 1,25 mm.

Železová jádra se již nevyrábějí. Pokud získáme na cívky vhodná dutá tělíska s vnitřním závitěm (lisovaná z polystyrenu, fenoplastu nebo keramická), můžeme použít některá z feritových šroubových jader, která se vyrábějí v obdobných rozměrech, např.  $3,5 \times 8$  mm,  $3,5 \times 13$  mm,  $4 \times 8$

mm nebo  $4 \times 12$  mm (většinou se závitem o stoupání 0,5 mm),  $6 \times 12$  mm nebo  $6 \times 20$  mm (stoupání 0,5 nebo 0,75 mm) nebo  $8 \times 20$  mm (stoupání 0,75 mm). Dříve nejběžnější železové jádro  $7 \times 13$  mm však nemá mezi feritovými jádry obdobu.

## 2.4.2. Ferity a feritové součástky

Snaha o snížení ztrát vířivými proudy v jádrech s vinutím, kterým prochází střídavý proud akustických a vyšších kmitočtů, vedla u transformátorů a tlumivek k dělení jádra na tenké navzájem izolované plechy a k používání přísady křemíku do výchozí suroviny (tzv. legovaná ocel). Pro transformátory bez stejnosměrné složky se s výhodou používají magneticky měkké slitiny (ocel s niklem, mědí apod.), zvané permaloy, mumetal aj. Pro vysoké kmitočty však ani tyto materiály nestačí. Teprve zavedením železových jader, lisovaných z práškového karbonylového železa, sendustu aj., se zlepšily vlastnosti cívek natolik, že byly vhodné i pro kmitočty několik megahertzů — ovšem jejich permeabilita byla velmi malá.

Nyní se k výrobě cívek používají výhradně ferity. Ferity jsou sloučeniny obecného vzorce  $MOFe_2O_3$ , kde  $M$  znamená dvojmocný kov (nikl, mangan, měď, zinek, hořčík, železo aj.), výjimečně i jednomocný (lithium). Ferity mají velký měrný odpor, až  $10^{11} \Omega \text{ cm}$ , a podle složení i poměrně velkou permeabilitu. Jsou mechanicky pevné a lze z nich vyrábět nejrůznější tvary, tyče, válečky, toroidy, transformátorová jádra, hříčková jádra atd. Proto feritové materiály nacházejí stále větší uplatnění v elektronice. Vhodné druhy lze používat i pro kmitočty řádu několik set megahertzů. Ferity jsou tvrdé porézní materiály keramického charakteru, které se nakonec vypalují při teplotě větší než  $+1000^\circ\text{C}$ . Tím dostanou známou tmavosědou až černou barvu. Jsou odolné proti vlhkosti, atmosférickým a chemickým vlivům, ale jsou křehké a snadno se štípou nebo zlomí. Pro jejich tvrdost je po vypálení lze opracovávat jen broušením nebo je lze řezat diamantovými pilami nebo ultrazvukem. Lze je lepit epoxidovými pryskyřicemi.

Čs. výrobce feritů Závody práškové metalurgie, n. p. Pramet Šumperk dodává feritové materiály Fonox. Zvláště vhodné jsou niklozinečnaté a manganozinečnaté ferity, které se dodávají v celé řadě druhů, se širokým rozsahem hodnot permeability a mezního kmitočtu.

Feritové tyče se používají i jako jádra anténních cívek (feritové antény), které nahrazují připojení antény k přijímači; mají směrový účinek a větší selektivitu. Pro tyto vlastnosti a pro malé rozměry se feritové antény používají v malých tranzistorových přijímačích, ale i ve velkých stolních přijímačích, v nichž jsou často upevněny otáčivě pro využití směrovosti příjmu.

Feritové materiály mají různé označení podle složení a magnetických vlastností, např. H 10, N 05, N 2, H 35 apod. Toto označení a vlastnosti feritů Fonox jsou v tab. 90.

Tabulka 99. Čs. feritový materiál Fonox

Material Vlastnosti	N 01P	N 01	N 02	N 05	(N 08P)	N 1
Počáteční permeabilita	11 ± 20 %	8 ± 20 %	20 ± 20 %	50 ± 20 %	80 ± 20 %	120 ± 20 %
Měrný ztrátový činitel při /	1250.10 <sup>-6</sup> 200	1000.10 <sup>-6</sup> 100	400.10 <sup>-6</sup> 50	200.10 <sup>-6</sup> 20	150.10 <sup>-6</sup> 12	100.10 <sup>-6</sup> 10
Curieův bod	500	550	450	350	350	260
Koercitivní síla H <sub>c</sub>	15	15	12	4,5	1,2	2,2
Indukce B při intenzitě magnetického pole H		0,2	0,27	0,3		0,35
Měrný odpor	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	80	50	10 <sup>6</sup>	50
Měrný hysteresezní činitel při /						10 <sup>4</sup>
						70 20
Teplotní činitel TKμ	80.10 <sup>-6</sup>	200.10 <sup>-6</sup>	80.10 <sup>-6</sup>	60.10 <sup>-6</sup>	1 až 6.10 <sup>-6</sup>	35.10 <sup>-6</sup>
Měrná hmotnost	4,3	4,4	4,4	4,6	4,3	4,7
Měrný toroid <sup>1)</sup> D × d × v [mm]	I	I	I	I	I	I
Výrobky	1	2	3	4	5	6

1) Měrný toroid I má rozměry 30 × 20 × 4 mm

II má rozměry 46 × 24 × 12 mm

2) Výrobky: 1 - tyčinky, závitová jádra (tyčky se závitem)

2 - tyčinky, závitová jádra, toroidy, dvouotvorová jádra

3 - tyčinky, závitová jádra, toroidy

4 - tyčinky, závitová jádra, toroidy

5 - tyčinky, závitová jádra, hrníčková jádra, jádra E, toroidy

6 - hrníčková jádra

6 - tyčinky, šroubová jádra, hrníčková jádra, rámečky, toroidy, dvouotvorová jádra (pro symetrizační členy)

Tabulka 30. (pokračování)

N 2	H 6	H 10	H 11	H 12	H 18	H 20	H 22	(H 35)	(H 50)
200 ± 20 %	600 ± 20 %	1300 ± 20 %	1110 ± 20 %	1250 ± 20 %	1800 ± 20 %	2000 ± 20 %	2200 ± 20 %	3500 ± 25 %	5000 ± 20 %
< 80.10 <sup>-6</sup> I	30.10 <sup>-6</sup> I	20.10 <sup>-6</sup> 0,1	20.10 <sup>-6</sup> 0,1	10.10 <sup>-6</sup> 0,1	15.10 <sup>-6</sup> 0,1	22.10 <sup>-6</sup> 0,1	20.10 <sup>-6</sup> 0,02	< 20.10 <sup>-6</sup> 0,1	< 10.10 <sup>-6</sup> 0,02
200	200	90	160	180	90	140	90	130	110
1,2	0,7	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1		0,1
0,4	0,44	0,36	0,4	0,42	0,36	0,4	0,30		0,4
50	10	10	10	10	10	10	10		10
10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>		
< 15.10 <sup>-6</sup>	0,5 až 3,5. .10 <sup>-6</sup>	4.10 <sup>-6</sup>		0 až 3. .10 <sup>-6</sup>	2,5.10 <sup>-6</sup>	< 4,5.10 <sup>-6</sup>	< 2.10 <sup>-6</sup>		< 2.10 <sup>-6</sup>
4,7	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8		4,8
I	I	II	II	I	I	I	I	I	I
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Poznámka: Materiály v závorce byly v době přípravy rukopisu připravovány do výroby.

7 — anténní tyče, tyčinky závitová jádra, zvonková jádra, toroidy

8 — anténní tyče, tyčinky, šroubová jádra, hrníčky, zvonková jádra, rámečková jádra, toroidy

9 — tyčinky, šroubová jádra, jádra E, hrníčeková jádra

10 — jádra vychylovacích cívek, jádra U

11 — hrníčeková jádra, rámečková jádra, jádra X, toroidy

12 — dolaďovací jádra, jádra C

13 — jádra E, jádra U, toroidy

14 — hrníčeková jádra, jádra E, jádra X (křížová), toroidy

15 — jádra E, jádra X, hrníčeková jádra, toroidy

16 — hrníčeková jádra, toroidy

Curieův bod (uvedený v tab. 90) neboli Curieova teplota je kritická teplota, při níž materiál postupně přechází z feromagnetického stavu do paramagnetického, tj. ztrácí žádané magnetické vlastnosti. Uvádá se teplota, při které permeabilita klesne na 50 % hodnoty při +20°C.

V tab. 90 jsou rovněž uvedeny možnosti použití feritových materiálů.

### Označení feritových výrobků číselným kódem

Pro usnadnění specifikace jsou i feritové výrobky označeny číselně. Dříve to bylo šestimístné číslo s údajem feritové hmoty za lomící čarou, např. 503 150/H22. Nověji výrobce přešel na jednotnou klasifikaci podle oborového číselníku. V něm první tři místa znamenají obor; např. 205 — výrobky práškové metalurgie, 346 — elektrochemické zdroje proudu, 371 — součástky pro elektroniku, 389 — elektrické měřicí přístroje atd. Znak má sice 12 číslic, ale jsou v něm zahrnuty různé údaje, rozměry i výchozí materiál.

Význam číselných znaků feritových výrobků nejlépe ukáže příklad. Nějaký výrobek má označení 205 513 005 453. Trojčíslí 205 je obor (prášková metalurgie), 4. číslice (5) znamená ferit. Následující dvojčíslí (13) udává druh feritového materiálu (zde H 12); prostřední číslice (0) znamená druh závazné dokumentace v pořadí

- 0 — čs. státní norma (ČSN),
- 1 — oborová norma,
- 2 — podniková norma,
- 3 — technické podmínky,
- 4 — výkres.

Posledních pět čísel (05 453) označuje vlastní výrobek, jeho rozměry a vlastnosti podle dosavadního označení nebo katalogu.

Uvedený příklad 205 513 005 453 je tedy feritové hrníčkové jádro z materiálu H 12 podle ČSN 35 8466, typ 05 453, tj. rozměru 36 × 22 mm, se vzduchovou mezerou 0,65 mm a indukční konstantou  $A_L = 400$  nH. (O indukční konstantě viz v kapitole Hrníčková feritová jádra.)

Číselné označení jednotlivých druhů feritových materiálů Fonox je v tab. 91.

Tabulka 91. Číselné označení feritů v kódovém znaku

Dvojčíslí	Ferit	Dvojčíslí	Ferit
11	H 6	17	H 22
12	H 11	31	N 01
13	H 12	32	N 02
14	H 10	33	N 05
15	H 18	34	N 1
16	H 20	35	N 2

## Feritové anténní tyče

Donedávna se vyráběly tři druhy feritových antén pro střední a dlouhé vlny

kruhová tyč 501 004/N 2 o průměru 8 mm a délce asi 160 mm,

čtvercová tyč 501 602/N 2 rozměru  $10 \times 10 \times 140$  mm,

plochý trámek 501 500/N 2 rozměru  $6 \times 16 \times 80$  mm.

Podle nového katalogu se vyrábějí jen kruhové tyče (dřívějšího označení 501 004/N 2) v několika délkách a podobné podélně drážkované tyče nového typu (tab. 92 a 93).

Tabulka 92. Feritové anténní tyče hladké

Vyráběné typy		Nové typy	
Průměr [mm]	Délka [mm]	Průměr [mm]	Délka [mm]
8 + 0,3 - 0,4	55 ± 2	10 + 0 - 0,6	160 ± 7
	100 ± 3		160 ± 5
	120 ± 3		50 ± 2
	140 ± 4		
	160 ± 7		

Tabulka 93. Feritové anténní tyče drážkované

Průměr 8 mm		Průměr 10 mm	
Tolerance [mm]	Délka [mm]	Tolerance [mm]	Délka [mm]
-0,5	60 ± 1,5	-0,5	80 ± 2
	80 ± 2		100 ± 3
	100 ± 3		125 ± 4
	125 ± 3,5		160 ± 4,5
	140 ± 4		180 ± 5
	160 ± 4,5		
	180 ± 5		
	200 ± 6		

Feritové anténní tyče se vyznačují velkou permeabilitou a malými ztrátami. Prohnutí tyče smí být nejvíce 1,5 % její délky. Tolerance cívkové permeability je  $\pm 10$  %. Výrobce zaručuje minimální hodnotu činitele jakosti při kmitočtu  $f = 1$  MHz. Uvedené anténní tyče se běžně vyrábějí z materiálů N 2, H 6, popř. N 05 (vhodnější pro krátké vlny). Měrná hmotnost je přibližně 2 g/cm délky u tyčí průměru 8 mm a 3 g/cm u tyčí průměru 10 mm.

Feritové anténní tyče drážkované mají 5 podélných drážek šířky 0,5 mm. Tím se zvětší jejich povrchový odpor a ještě více se zmenší ztráty. Drážkované tyče se vyrábějí výhradně z materiálu H 6. Dovolené prohnutí tyče je maximálně 1,5 % z délky tyče. Tolerance permeability je v mezích  $\pm 10$  %. Tyče se vyrábějí o jmenovitém průměru 8 a 10 mm; efektivní průměr je 7,2 a 9,1 mm. Hmotnost je přibližně stejná jako u tyčí hladkých.

### 2.4.3. Hrníčková feritová jádra, jádra typu X a RM

Nejrozšířenější skupinu feritových jader tvoří hrníčková jádra. Jejich rozměry jsou celosvětově normalizovány. Hrníčková jádra jsou většinou dvoudílná, složená ze dvou feritových misek. Dodávají se dva druhy jader

1. hrníčková jádra bez vzduchové mezery,
2. hrníčková jádra se vzduchovou mezerou.

Hrníčková jádra bez vzduchové mezery jsou složena ze dvou stejných vzájemně zabroušených dílů. Používají se jako jádra transformátorů, tlumivek, nenáročných indukčností apod. Jsou označena potištním značkou feritového materiálu a hodnotou konstanty  $A_L$ . Tolerance konstanty  $A_L$  je  $\pm 25$  % a nelze ji z výrobních důvodů zmenšit.

Hrníčková jádra se vzduchovou mezerou se používají pro obvody s výbornou jakostí a velkou stálostí. Jsou to obvody náročných filtrů, oscilátorů apod. Zavedením vzduchové mezery se zmenší ztráty a teplotní součinitel a dosáhne se užších mezí konstanty  $A_L$ . Zúžení tolerance konstanty  $A_L$  značně usnadňuje výpočet a vlastní výrobu cívek. Jádra se vzduchovou mezerou lze doladovat v různých mezích feritovým šroubem nebo válečkem.

#### *Indukční konstanta $A_L$*

Pro výpočet indukčnosti, resp. pro stanovení počtu závitů cívky s feritovým jádrem se používá indukční konstanty. Je to indukčnost, kterou by měla cívka daného tvaru a rozměrů umístěná na jádru v dané poloze, kdyby byla tvořena jedním závitem

$$A_L = \frac{L}{N^2} \quad (36)$$

Pro praktické účely se hodnota  $A_L$  udává v [nH].

Dosazením hodnoty  $A_L$  v [nH] vychází výsledná hodnota  $L$  také v [nH].

Při výpočtu cívek se někdy používá i činitel závitů  $\alpha$  (někdy je označován  $c$  nebo  $K$ ). Je to počet závitů, který by cívka daného tvaru a rozměru umístěná na jádru v dané poloze musela mít, aby se dosáhlo jednotkové indukčnosti

$$\alpha = \frac{N}{\sqrt{L}} \quad (37)$$



Je-li  $L$  v [mH], platí mezi  $\alpha$  a  $A_L$  vztah

$$\alpha = \frac{10^3}{\sqrt{A_L}} \quad (38)$$

Hrníčková jádra jsou broušena podle hodnot  $A_L$ . Udávané rozměry vzduchové mezery jsou jen přibližné.

Hrníčková jádra se vyrábějí v těchto velikostech:

$9 \times 5$ ;  $11 \times 7$ ;  $14 \times 8$ ;  $18 \times 11$ ;  $22 \times 13$ ;  $26 \times 16$ ;  $30 \times 19$ ;  $36 \times 22$   
a  $42 \times 29$ .

První číslo znamená přibližný průměr jádra v mm, druhé přibližnou výšku obou půlek jádra.

Hrníčkové jádro  $9 \times 5$  se vyrábí z hmot H 6 a H 12,

$A_L$  bez vzduchové mezery 400 (H 6) a 800 (H 12)  $\pm 25\%$ ,

$A_L$  se vzduchovou mezerou 25 až 160 v tolerancích  $\pm 3$  až  $5\%$ .

Hrníčkové jádro  $11 \times 7$  se vyrábí z hmot H 6, H 12 a H 22,

$A_L$  bez mezery 550  $\pm 25\%$  (H 6), 1000  $\pm 25\%$  (H 12)  
a 1500  $\pm 25\%$  (H 22),

$A_L$  s mezerou od 40 do 400 v tolerancích  $\pm 3$  až  $\pm 10\%$ .

Hrníčkové jádro  $14 \times 8$  se vyrábí z hmot H 6 a H 12,

$A_L$  bez mezery 800  $\pm 25\%$  (H 6) a 1500  $\pm 25\%$  (H 12),

$A_L$  s mezerou od 40 do 160 v tolerancích  $\pm 3\%$ .

Hrníčkové jádro  $18 \times 11$  se vyrábí z hmot H 6, H 12, H 22,

$A_L$  bez mezery 1100  $\pm 25\%$  (H 6), 2000  $\pm 25\%$  (H 12)  
a 2500  $\pm 25\%$  (H 22),

$A_L$  s mezerou od 40 do 400 v tolerancích  $\pm 3\%$ .

Hrníčkové jádro  $22 \times 13$  se vyrábí z hmot H 6, H 12, H 22,

$A_L$  bez mezery 1200  $\pm 25\%$  (H 6); 2600  $\pm 25\%$  (H 12)  
a 3800  $\pm 25\%$  (H 22),

$A_L$  s mezerou 63 až 1000 v tolerancích  $\pm 3\%$  a  $\pm 5\%$ .

Hrníčkové jádro  $26 \times 16$  se vyrábí z hmot H 6, H 12, H 22,

$A_L$  bez mezery 1800  $\pm 25\%$  (H 6), 3200  $\pm 25\%$  (H 12)  
a 4200  $\pm 25\%$  (H 22),

$A_L$  s mezerou 100 až 1000 v tolerancích  $\pm 3\%$  a  $\pm 5\%$ .

Hrníčkové jádro  $30 \times 19$  se vyrábí z hmot H 12 a H 22,

$A_L$  bez mezery 3600  $\pm 25\%$  (H 12) a 6200  $\pm 25\%$  (H 22),

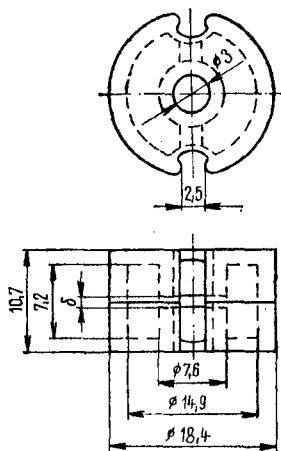
$A_L$  s mezerou 250 až 1600 v tolerancích  $\pm 3\%$  a  $\pm 5\%$ .

Hrníčekové jádro  $36 \times 22$  se vyrábí z hmot H 12 a H 22,  
 $A_L$  bez mezery  $5000 \pm 25\%$  (H 12) a  $8000 \pm 25\%$  (H 22),  
 $A_L$  s mezerou 160 až 1600 v tolerancích  $\pm 3\%$  a  $\pm 5\%$ .

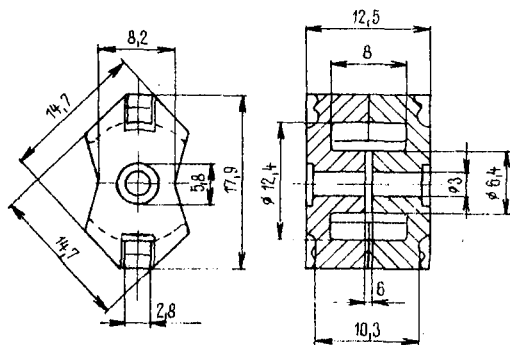
Hrníčekové jádro  $42 \times 29$  se vyrábí z hmot H 12 a H 22,  
 $A_L$  bez mezery  $5100 \pm 25\%$  (H 12) a  $8400 \pm 25\%$  (H 22),  
 $A_L$  s mezerou 250 až 2500 v tolerancích  $\pm 3\%$ ,  $\pm 5\%$   
a  $\pm 10\%$ .

Výkres hrníčekového jádra o průměru 18 mm je na obr. 66.

Vedle hrníčkových jader, vyznačujících se dokonalým stíněním cívky, se v laděných obvodech používají i jádra RM, také standardizovaná podle IEC. Uplatnění nacházejí zejména v obvodech montovaných na desky plošných spojů. Do desek se zapájejí přímo špičky cívky. Proti kruhovým hrníčkovým jádrům šetří půdorysnou plochu. Výkres jádra RM je na obr. 67.



Obr. 66. Rozměrový náčrtek hrníčkového feritového jádra



Obr. 67. Rozměrový náčrtek jádra RM 6

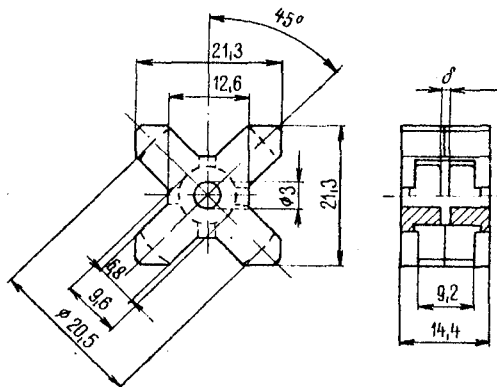
Feritová křížová jádra (jádra X) byla vyvinuta zejména pro použití jako transformátory, tlumivky, indukčnosti atd. k přímému pájení kostříčky cívky do desek plošných spojů. Jsou vhodná pro těsnou montáž, protože šetří půdorysnou plochu. Skládají se opět ze dvou částí a dodávají se jak se zabroušenou mezerou, tak bez mezery.

Výkres křížového jádra je na obr. 68.

Křížové jádro X  $22 \times 22$  se vyrábí z hmot H 12 a H 22,  
 $A_L$  bez vzduchové mezery  $2300 \pm 25\%$  (H 12) a  $3200 \pm 25\%$  (H 22),  
 $A_L$  s mezerou od 630 do 1600 v tolerancích  $\pm 10\%$  a  $\pm 15\%$ .

Křížové jádro X 30 × 30 se vyrábí z hmot H 12 a H 22,  
 $A_L$  bez mezery 2800 ± 25 % (H 12) a 4000 ± 25 % (H 22),  
 $A_L$  s mezerou 630 až 2500 v tolerancích ± 10 % a ± 15 %.

Křížové jádro X 34 × 34 se vyrábí z hmot H 12 a H 22,  
 $A_L$  bez mezery 5800 ± 25 % (H 22),  
 $A_L$  s mezerou 1000 až 2500 v tolerancích ± 10 % a ± 15 %.



Obr. 68. Rozměrový náčrtek jádra X 22

Hrníčková feritová jádra dolaďujeme feritovými dolaďovacími jádérky z hmoty H 18. Jádra jsou válcová s kruhovým otvorem uprostřed. Vyrábějí se o vnějším průměru 2,7; 3,5; 4,1; 4,5; 5; 5,2 mm a délce od 2 do 10 mm. Přímou je však použít nelze. Finální výrobci elektronických zařízení jednak vyrábějí kovovou armaturu pro upevňování hrníčkových jader, jednak zalisovávají feritové dolaďovací válečky do plastického výlisku se závitou a drážkou.

K dolaďování ostatních indukčností se vyrábějí feritová závitová jádérka o průměru 3; 3,5; 4 a 8 mm a délce 5, 8, 10 a 12 mm z hmot NO 1, NO 5, N 1, H 6, H 10 a H 12. Aby bylo možné jádérka šroubovat, mají na čelech vylišovanou drážku.

#### 2.4.4. Vysokofrekvenční cívky feritové

Pro větší indukčnost se s výhodou používají cívky uzavřené ve feritových jádrech hrníčkových nebo křížových, popsané v kapitole 2.4.3. Indukčnost cívek s hrníčkovým jádrem se řídí indukční konstantou  $A_L$ , pro jádra se vzduchovou mezerou většinou s přesností ± 3 %, pro jádra bez mezery s přesností ± 25 %. Vinutí se do jádra vkládá na cívkové kostřičce z izolantu.

Indukčnost cívky je

$$L = A_L N^2 \cdot 10^{-3} \quad [\mu\text{H}; \text{nH}, -] \quad (39)$$

kde  $L$  je indukčnost,

$A_L$  indukční konstanta,

$N$  počet závitů.

Počet závitů pro žádanou indukčnost je

$$N = \sqrt{\frac{L10^3}{A_L}} \quad [-; \mu\text{H}, \text{nH}] \quad (40)$$

Hrníčková jádra se vzduchovou mezerou lze doladovat v mezích asi 9 až 15 % — podle typu jádra — vsunováním feritového trnu, tyčinky nebo šroubového jádra do dutého středu jader. Někdejší železová (zvaná také prášková) jádra měla v dutině vylisovaný závit, takže použití doladovacího šroubu bylo velmi snadné. Feritová jádra závit z výrobních důvodů nemají. Doladovací trny nebo šroubová jádra se proto šroubují do pomocné armatury (držáku, který feritové jádro sevře). Ty však nedodává výrobce jader n. p. Pramet Šumperk, ale n. p. TESLA Strašnice a v maloobchodní síti se většinou nedostanou. Improvizovaně je možné příslušné jáderko do dutiny jen zasunout a uložit nebo po doladění zakápnout voskem. Půlky hrníčku se předem slepí epoxidovým tmelem, ne však na hranách, což by značně a zcela nekontrolovatelně zvětšilo vzduchovou mezeru, na niž indukčnost závisí, nýbrž zevně podél styčné čáry obou stisknutých feritových kalíšků.

*Příklad:* Na cívkové tělíško hrníčkového jádra o rozměrech  $18 \times 11$  mm z materiálu H 12 se vzduchovou mezerou 0,64 mm navineme 50 závitů izolovaného drátu. Uvedené jádro má indukční konstantu  $A_L = 100$  nH  $\pm 3$  %. Jakou indukčnost bude mít cívka po vložení do jádra bez doladovacího prvku? Podle vzorce (39)

$$L = 100 \cdot 50^2 \cdot 10^{-3} = 100 \cdot 2500 \cdot 10^{-3} = 250 \mu\text{H} \pm 3 \%$$

### Cívky pro feritové antény

Indukčnost ladicí cívky pro feritovou anténu je dána nejdelší vlnou (nejnižším kmitočtem), kterou ještě chceme přijímat, konečnou kapacitu použitého ladicího kondenzátoru a hodnotou efektivní permeability anténní tyčky.

Jak jsme již uvedli, výrobce nyní dodává jen feritové anténní tyče kruhového průřezu, hladké nebo podélně rýhované. Pro běžnou anténní tyč, hladkou o průměru 8 mm a délce 140 mm je efektivní permeabilita  $\mu_{ef} = 11,6 \pm 10$  %.

Indukčnost cívky na feritové anténě určíme podle kmitočtu ze základního Thomsonova vzorce pro rezonanci

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{0,159}{\sqrt{LC}} \quad [\text{Hz}; \text{F}, \text{H}] \quad (41)$$

po úpravě pro vf kmitočty

$$f = \frac{159}{\sqrt{LC}} \quad [\text{MHz}; \mu\text{H}, \text{pF}] \quad (42)$$

Při daném vf kmitočtu a známé konečné kapacitě ladicího kondenzátoru potřebujeme indukčnost

$$L = \frac{2,533 \cdot 10^4}{f^2 C} \quad [\mu\text{H}, \text{MHz}, \text{pF}] \quad (43)$$

Indukčnost samotné cívky bez feritového jádra bude menší v poměru efektivní permeability tyče

$$L_0 = \frac{L}{\mu_{\text{ef}}} \quad [\mu\text{H}; \mu\text{H}] \quad (44)$$

Vzhledem k nutnosti doladění vstupního obvodu (posouváním cívky po feritové tyči) zvětšíme výslednou indukčnost o 5 až 10 %. Vazební vinutí, určené pro spojení se vstupním tranzistorem přijímače, mívá 7 až 10 % počtu závitů cívky laděné.

*Příklad:* Pro uvedenou feritovou anténní tyčku máme navrhnout vinutí pro středovlnný rozsah. Nejnižší požadovaný kmitočet je 520 kHz, konečná kapacita ladicího kondenzátoru  $C = 500 \text{ pF}$ .

Potřebná indukčnost cívky na feritové tyčce bude (43)

$$L = \frac{2,533 \cdot 10^4}{0,52^2 \cdot 500} = \frac{2,533 \cdot 10^4}{135} = 187 \mu\text{H}$$

a indukčnost samotné cívky (44)

$$L_0 = \frac{187}{11,6} = 16,5 \mu\text{H}$$

S rezervou asi +5 % počítáme  $L = 17,3 \mu\text{H}$ . Délku cívky vinutou vf lankem  $5 \times 0,07 \text{ mm}$  (nebo drátem  $0,32 \text{ mm}$  s izolací lak — hedvábí) odhadneme na 35 mm. Tomu odpovídá počet závitů (33)

$$N = \sqrt{\frac{17,3(9 \cdot 0,5 + 10 \cdot 3,5)}{0,41 \cdot 0,5^2}} = \sqrt{6715} = 82 \text{ závitů}$$

Jako vazební vinutí s bázi tranzistoru navineme 6 až 7 samostatných závitů nebo vyvedeme odbočku po stejném počtu závitů od začátku ladicího vinutí.

### Vysokofrekvenční tlumivky

V podstatě lze pro tento účel použít běžné cívky odpovídající kmitočtovému pásmu (pro krátké vlny malé vinutí válcové, pro střední a dlouhé vlny křížová cívka).

Speciální širokopásmové tlumivky, které mají být stejně účinné v širokém pásmu kmitočtů, např. na více vlnových rozsazích, se zhotovují jako kombinace obou druhů vinutí, např. pro vyšší kmitočty pásma krátkých vln vinutí válcové, pro střední a dlouhé vlny cívkou vinuté křížově, umístěné na společném válcovém tělísku. Křížové vinutí se popř. rozděluje na několik sekcí (cívek vedle sebe, spojených do série), čímž se zmenší vnitřní kapacita vinutí. Počet závitů pro jednotlivé druhy tlumivek se určí podle potřebné indukčnosti způsobem popsáním u vř cívek.

Zvláštní druh tlumivek se používá v rozsahu centimetrových vln. Vzhledem k velmi vysokým kmitočtům zde stačí malá indukčnost, která vznikne např. navlečením feritového korálku nebo dutého válečku na příslušný spoj, popř. se izolovaný drát spoje provlékne dutinkou feritu několikrát, takže vznikne malá toroidní cívečka s feritovým jádrem.

### 2.4.5. Feritová jádra typu E (Ef)

Feritová jádra E se používají jako jádra transformátorů, tlumivek apod. Některé typy odpovídají rozměrově transformátorům z plechů řady M. Je proto možné upínací příslušenství a cívková tělíska z plechových jader použít i pro feritová jádra. Jádra se vyrábějí z hmot H 10, H 20, H 22 a N 05, a to jednak bez vzduchové mezery, jednak se vzduchovou mezerou.

Jádro E (Ef) bez vzduchové mezery se skládá ze dvou jader E (Ef). Indukční konstanta  $A_L$  má toleranci  $\pm 25\%$ . Na styčných plochách jsou jádra zabroušena.

Jádro E (Ef) se vzduchovou mezerou je opět tvořeno dvěma jádry E (Ef). Používají se pro obvody, u nichž je nutná teplotní stabilizace nebo je jádro stejnosměrně syceno. Vzduchová mezera vznikne zabroušením středního sloupku obou půlek. Vlastnosti jednotlivých feritových jader E:

Feritové jádro E rozměrů Ef 3 × 3,

$A_L$  bez vzduchové mezery  $20 \pm 25\%$  u hmoty N 05,  $220 \pm 25\%$  u hmoty H 10 a  $480 \pm 25\%$  u hmoty H 22.

Feritové jádro E rozměrů Ef 5 × 5,

$A_L$  bez mezery  $520 \pm 25\%$  u hmoty H 10 a  $1000 \pm 25\%$  u hmoty H 22.

$A_L$  s mezerou 63 až 400 s tolerancí  $\pm 10\%$ ;  $\pm 15\%$  a  $\pm 20\%$  u hmoty H 22.

Feritové jádro E rozměrů Ef 6 × 6,

$A_L$  bez mezery  $650 \pm 25\%$  u hmoty H 10 a  $1200 \pm 25\%$  u hmoty H 22,

$A_L$  s mezerou 100 až 630  $\pm 10\%$ ;  $\pm 15\%$  a  $\pm 20\%$  u hmoty H 10 a H 22.

Tabulka 94. Rozměry feritových jader typu E (Ef)

Typ jádra	Rozměry [mm]								
	<i>a</i>	<i>b</i> <sub>min</sub>	<i>c</i>	<i>d</i> <sub>min</sub>	<i>f</i>	2 <i>f</i>	<i>g</i>	<i>R</i>	<i>R</i> <sub>1</sub>
Ef 3 × 3	3—0,3	8,9	12,2 ± 0,4	7,4	5,7	11,5—0,6	3 —0,4	1,0	0,3
Ef 5 × 5	5—0,3	15,0	20 ± 0,6	11,4	8,6	17,2—0,8	4,8—0,4	1,5	0,4
Ef 6 × 6	6—0,4	18,8	25 ± 0,75	14,0	10,6	21,3—1,0	5,8—0,4	2,0	0,4
Ef 8 × 8	8—0,5	23,6	32 ± 1,0	17,2	13,1	26,2—1,2	7,8—0,5	2,5	0,5
Ef 8 × 12	8—0,5	23,6	32 ± 1,0	17,2	13,1	26,2—1,2	12 —0,7	2,5	0,5
Ef 12 × 15	12—0,7	29,5	42 ± 1,25	29,0	21,3	42,6—1,5	15 —0,9	2,5	0,5
Ef 17 × 21	17—0,9	37,5	55,2 ± 1,45	38,0	28,5	57,0—1,7	21 —1,0	2,5	0,5
Ef 20 × 27	20—1,0	45,0	65,4 ± 1,6	44,2	33,3	66,6—2,0	27,4—1,2	3,0	0,5

Feritové jádro E rozměru Ef 8 × 8,

$A_L$  bez mezery 1100 ± 25 % u hmoty H 10 a 2000 ± 25 % u hmoty H 22,

$A_L$  s mezerou 175 až 630 ± 10 %; ± 15 %; ± 20 % u hmoty H 10, H 20 a H 22.

Feritové jádro E rozměru Ef 8 × 12,

$A_L$  s mezerou 160 až 3000 ± 10 %, ± 15 %, ± 20 %, ± 25 % u hmoty H 22.

Feritové jádro E rozměru Ef 12 × 15, odpovídá M 12,

$A_L$  bez mezery 2800 ± 25 % u hmoty H 10 a 4000 ± 25 % u hmoty H 22,

$A_L$  s mezerou 250 až 1600 ± 10 %, ± 15 %, ± 20 % u hmoty H 10 a H 22.

Feritové jádro E rozměru Ef 17 × 21, odpovídá M 17,

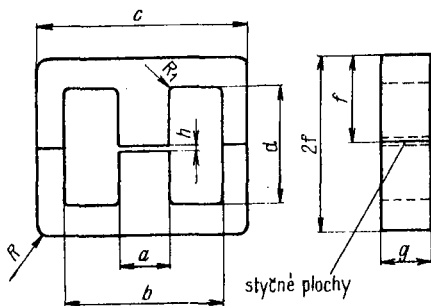
$A_L$  bez mezery 4000 ± 25 % u hmoty H 10 a 6500 ± 25 % u hmoty H 22,

$A_L$  s mezerou 250 až 2500 ± 10 %, ± 15 %, ± 20 % u hmoty H 10, H 20 a H 22.

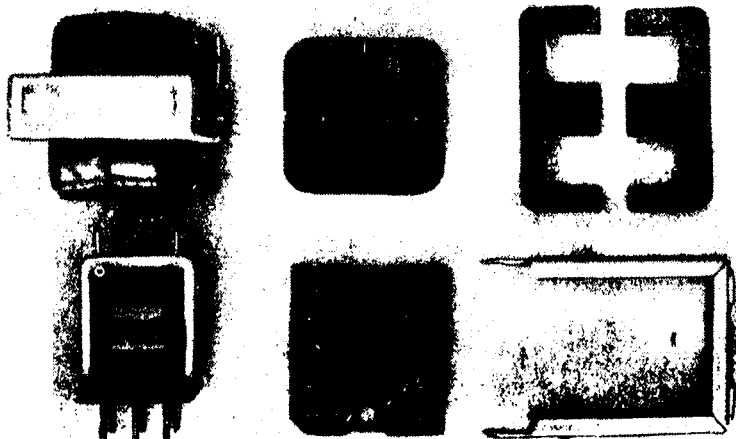
Feritové jádro E rozměru Ef 20 × 27, odpovídá M 20,  
 $A_L$  bez mezery 5500 ± 25 % u hmoty H 10 a 9000 ± 25 %  
 u hmoty H 22,  
 $A_L$  s mezerou 400 až 4000 ± 10 %, ± 15 %, ± 20 % u hmoty  
 H 22.

Výkres feritových jader typu E (Ef) je na obr. 69, rozměry jader jsou uvedeny v tab. 94.

Transformátorky s feritovým jádrem E jsou na obr. 70.



Obr. 69. Rozměrový náčrtek feritových jader typu E (Ef)

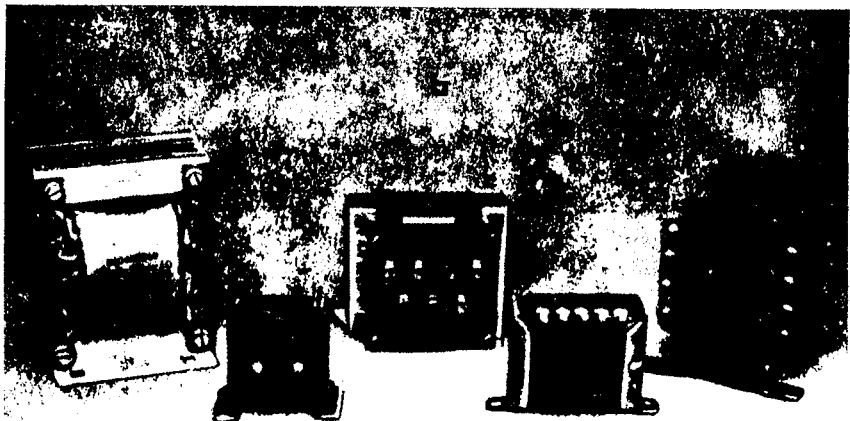


Obr. 70. Transformátorky s feritovými jádry E



## 2.4.6. Transformátory

Elektronika se neobejde rovněž bez transformátorů. Transformátory se používají jednak v napájecích zdrojích přístrojů jako transformátory síťové, jednak v tranzistorových měničích pro napájení přenosných zařízení z akumulátorů nebo baterií. Dále se používají v telefonii, rozhlase po drátě a v nízkofrekvenční technice vůbec jako výstupní, vazební, mikrofonní nebo linkové transformátory (obr. 71).



Obr. 71. Transformátorky a tlumivky s jádry EI

Podle použití dělíme transformátory na dvě skupiny, na transformátory napájecí (převážně síťové) a transformátory nízkofrekvenční.

Napájecí transformátory mají zpracovávat jen jeden kmitočet, např. síťový 50 Hz (nebo několik set hertzů u měničů) s co největší účinností. Od nízkofrekvenčních transformátorů se naopak požaduje rovnoměrný přenos co nejširšího pásma kmitočtů v rozsahu alespoň 80 až 10 000 Hz, pro zařízení s velkou věrností ( $H_i - F_i$ ) a pro profesionální rozhlas 30 až 20 000 Hz.

### *Síťové transformátory*

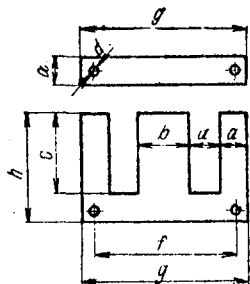
Síťový transformátor má jednak oddělit přístroj od síťového napětí a zabránit tak úrazu elektrickým proudem, jednak dodávat různě vysoká napětí s potřebným výkonem pro žhavení elektronek a usměrňovač anodového napětí nebo pro napájení tranzistorů a integrovaných obvodů.

## Transformátorová jádra

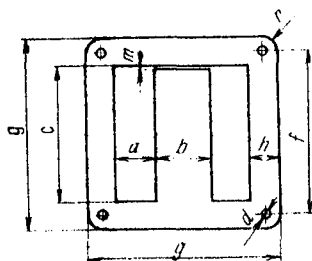
Síťové transformátory mají uzavřené železné jádro bez vzduchové mezery, složené z ocelových plechů s přísadou křemíku. Výjimečně lze použít i jádra feritová, ne však pro transformátory síťové, ale např. pro měniče malých výkonů do elektronických blesků apod., pracující s kmitočtem vyšším než 300 až 500 Hz.

Vinutí transformátoru jsou uložena na cívkové kostře spleené nebo složené z izolačního materiálu, nejčastěji lesklé lepenky nebo vrstveného tvrzeného materiálu Pacotex.

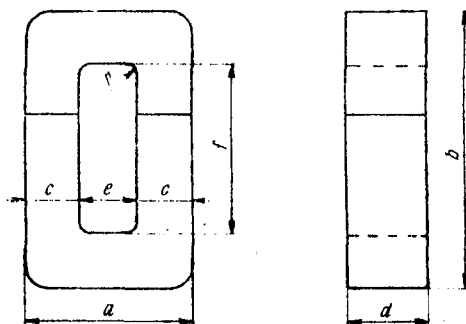
Pro snadné vkládání do cívek a pro zmenšení ztrát se železné jádro skládá z jednotlivých plechů navzájem izolovaných vrstvou okují, laku nebo mo-



Obr. 72. Rozměry plechů EI



Obr. 73. Rozměry plechů M



Obr. 74. Rozměry jader C

řením povrchu. Ztráty vznikající v jádře vířivými proudy se udávají ve [W/kg] hmotnosti jádra při magnetické indukci  $B = 1$  nebo 1,5 T (tesla).

Plech, z nichž se jádro skládá, mají typizované rozměry. Nejčastěji mají tvar písmene E s příložkou I (obr. 72). To jsou plechy EI, jejichž výroba je neekonomičtější (bez odpadu). Jiný tvar, písmene M, je buď zcela bez vzduchové mezery, nebo má mezeru určité šířky nastavenou při

Tabulka 95. Rozměry jader C (výběr)

Typ	Rozměry [mm]						Hmotnost [kg]	Toleranční skupina
	a	b	f	d	c	e		
10 001	20	50	30	10	10	10	0,08	1
002	26	46	30	15	8	10	0,09	1
003	30	50	30	15	10	10	0,12	1
004	40	60	30	15	15	10	0,21	1
12 001	28	53	37	15	8	12	0,12	2
003	32	57	37	20	10	12	0,20	2
004	42	67	37	20	15	12	0,30	2
005	52	77	37	20	20	12	0,50	2
16 003	36	68	48	20	10	16	0,23	2
004	46	78	48	20	15	16	0,40	2
005	56	88	48	20	20	16	0,55	2
20 001	40	80	60	20	10	20	0,30	3
002	50	90	60	20	15	20	0,45	3
003	60	100	60	20	20	20	0,65	3
004	50	90	60	30	15	20	0,70	3
005	60	100	60	30	20	20	1,00	3
006	80	120	60	30	30	20	1,70	3
26 001	56	106	76	30	15	26	0,85	3
002	66	116	76	30	20	26	1,20	3
003	86	136	76	30	30	26	2,00	3
26 004	66	116	76	40	20	26	1,60	3
005	86	136	76	40	30	26	2,60	3
006	106	156	76	40	40	26	3,90	3
31 001	71	134	94	40	20	31	1,80	3
002	91	154	94	40	30	31	3,10	3
003	111	174	94	40	40	31	4,60	3
004	81	144	94	50	25	31	3,00	3
005	111	174	94	50	40	31	5,50	3
006	131	194	94	50	50	31	7,30	3

lisování (obr. 73). Oba druhy plechů (EI a M) se používají pro magnetickou indukci asi 0,6 až 1,2 T.

Nověji se používají vinutá jádra typu C, zhotovená z válcovaných křemíkových pásů (obr. 74). Mají magneticky orientovanou strukturu (ortoperm). Po rozřezání a vyžihání se pásy potřené syntetickou pryskyřicí stočí a slepí do plochého svitku tvaru písmene O. Ten se pak rozřízne na dvě nestejně velké části, tvaru písmene C. Řezy se přesně zabrousí. Obě části jádra se do cívky vloží řeznou plochou k sobě a stáhnou se vhodnou bandáží nebo držákem. Tato jádra jsou vhodná pro magnetickou indukci  $B = 1,5$  až 1,7 T. Běžně se používají pásy tloušťky 0,35 mm a 0,13 mm (tyto jen do typu 26 003) po dohodě s výrobcem i 0,08 mm pro vyšší kmitočty. Jádra se na obou částech označují barevnou skvrnou. Jádro je nutné složit těmito značkami na stejnou stranu, neboť jen tak k sobě správně přilehnou obroušené hrany. Barva současně udává tloušťku pásu — žlutá 0,25 mm, zelená 0,13 mm, modrá 0,08 mm.

Výrobcem je n. p. VTŽ, závod Julia Fučíka Chomutov. Jádra C mají mnoho výhod, jsou však poměrně drahá, vyžadují stahovací armaturu, která není běžně na trhu. Při použití vhodné impregnace jsou však transformátory s jádry C vhodné pro investiční celky a speciální zařízení.

Rozměry vybraných typů jader C jsou v tab. 95, jejich dovolené tolerance v tab. 96.

Tabulka 96. Tolerance rozměrů jader C

Toleranční skupina	Rozměry [mm]				Maximální zaoblení $r$
	$a$	$b$	$d$	$e$	
1	+2,0	+2,0 -1,0	+1,0	+1,0	2,0
2	+2,0	+3,0 -1,0	+1,0	+1,0	2,5
3	+3,0	+5,0 -1,0	+1,0	+1,2	3,0
4	+4,0	+6,0 -2,0	+1,5	+1,5	4,0

Jádra typu M a EI mají širší střední sloupek, na který se umísťuje cívka s vinutím. Jiná situace je u jader C. Pokud je vinutí na jedné cívce, nasazuje se cívka s vinutím na kterýkoli podélný sloupek. Častěji se však vinutí rozděljuje na dvě cívky, které jsou umístěny souměrně na obou sloupech jádra. Méně často (ale přece někdy) se používá tzv. plášťové konstrukce se dvěma

stejnými jádry C, vsunutými do jedné společné ořivky, takže vinutí — obdobně jako u jader M nebo EI — je obklopeno jádrem ze dvou stran. Rozměry plechů tzv. klasických tvarů EI a M jsou uvedeny v tab. 97 a 98.

Tabulka 97. Rozměry plechů tvaru EI

Typ	Rozměry [mm]							
	<i>b</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>d</i>
EI 10	10	30	20	5	15	—	—	—
EI 12	12	38	25,5	6,5	19	—	—	—
EI 16	16	48	32	8	24	—	—	—
EI 20	20	60	40	10	30	35	50	4
EI 25	25	75	50	12,5	37,5	43,7	62,5	4,5
EI 32	32	96	64	16	48	56	80	5
EI 40	40	120	80	20	60	70	100	7
EI 50	50	150	100	25	75	87,5	125	9
EI 64	64	192	128	32	96	112	150	11

Tabulka 98. Rozměry plechů tvaru M

Typ	Rozměry [mm]							Vzduchová mezera [mm]				
	<i>b</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>f</i>	<i>h</i>	<i>d</i>					
M 5	5	20	4	13	—	3,5	—	—	0,3	—	—	—
M 7	7	30	6,5	20	—	5	—	—	0,3	—	—	—
M 12	12	42	9	30	36	6	3,2	0	—	0,5	1	—
M 17	17	55	10,5	38	47	8,5	3,5	0	—	0,5	1	—
M 20	20	65	12,5	45	56	10	4,5	0	—	0,5	1	—
M 23	23	74	14	51	64	11,5	4,5	0	—	0,5	1	2
M 29	29	85	15,3	56	75	14,5	4,5	0	—	—	1	2
M 34	34	102	17	68	91	17	6	0	—	—	1	2

Tabulka 99. Rozměry tělísek z tvrzeného papíru pro výseky EI

Typ tělísku	Rozměry [mm]							
	<i>b</i>	<i>v</i>	<i>b</i> <sub>1</sub>	<i>v</i> <sub>1</sub>	<i>c</i> <sub>1</sub>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>t</i>
E 12	12	10 12,5 16 20	12,5	10,5 13,1 16,8 21	18	24,5	24 27 30 34	1
E 16	16	12,5 16 20 25	16,5	13,1 16,8 21 26,5	23	31,5	30 34 38 43	1
E 20	20	16 20 25 32	20,5	16,8 21 26,5 33,5	29	39,5	37 42 48 55	1
E 25	25	20 25 28 32	25,5	21 26,5 29,5 33,5	37	49,5	47 53 56 60	1
E 28	28	25 28 32 36	28,5	26,5 29,5 33,5 37,5	41	55,5	56 59 63 68	1
E 32	32	25 28 32 36 40 50	33	26,5 29,5 33,5 37,5 42 52,5	47	63,5	60 63 66 71 75 85	1
E 40	40	32 36 40 50 64	41	33,5 38 42 52,5 67	59	79,5	76 80 84 95 108	2
E 50	50	40 50 64 80	51	42 52,5 67 84	74	99,5	93 104 118 135	2
E 64	64	50 64 80 100	65	52,5 67 84 105	95	127,5	118 132 150 170	3

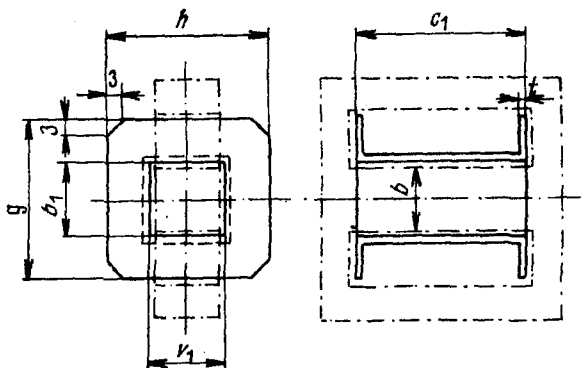
## 2.4.7. Cívková tělíska (kostříčky) na vinutí, lepenková, lisovaná

Cívkové tělísko je jedním z nezbytných prvků téměř všech vinutých součástí. Pouze některé vysokofrekvenční cívky ze silného drátu lze vyrobit jako samonosné, jinak veškeré transformátory, tlumivky, nízkofrekvenční i vysokofrekvenční cívky, relé, cívky stykačů apod. jsou navinuty na podkladu — cívkovém tělísku, které tvoří jednak mechanickou výztuž vinutí a jednak izoluje vinutí od jádra.

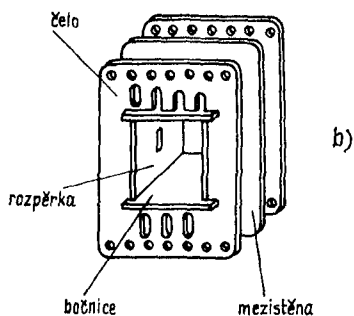
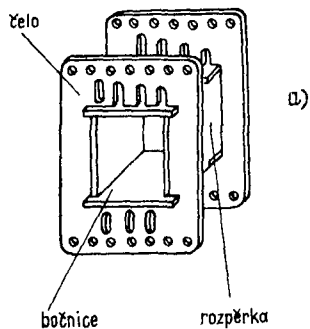
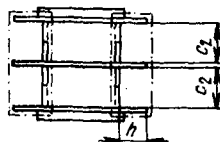
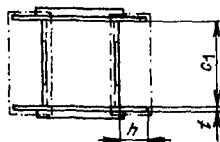
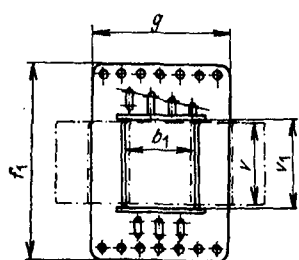
Cívkové tělísko je součástí mechanicky a elektricky značně namáhaná. Mechanické namáhání je způsobeno tahem navíjeného vodiče. Je tím větší, čím větší je průměr vodiče. Proto k výrobě cívkového tělíska zejména pro transformátory (např. síťové, nízkofrekvenční, výstupní apod.) a tlumivky použijeme snadno zpracovatelný materiál, který není křehký, je tepelně odolný a má dostatečnou elektrickou pevnost.

Tabulka 100. Rozměry sestavených tělísek pro výseky tvaru EI

Typ tělíska	Rozměry [mm]								
	$v$	$v_1$	$b_1$	$c_1$	$c_2$	$h$	$g$	$f_1$	$t$
E 20 × 20 × 25 × 32	20 25 32	21 26 33	20,5	27,5	13,35	8,25	39	58 64 70	1
E 25 × 25 × 32 × 40	25 32 40	26 33 41	25,5	34	16,5	10,25	49	70 77 85	1,5
E 32 × 32 × 40 × 50	32 40 50	33 41 51	32,5	44	21,5	13,25	62	84 92 102	1,5
E 40 × 40 × 50 × 64	40 50 64	41 51 65	40,5	56	27,5	17,25	78	98 108 122	1,5
E 50 × 50 × 64 × 80	50 64 80	51 65 81	51	70	34,25	21,5	98	121 135 151	2
E 64 × 64 × 80 × 100	64 80 100	65 81 101	65	91	44,75	28	125	147 163 183	2



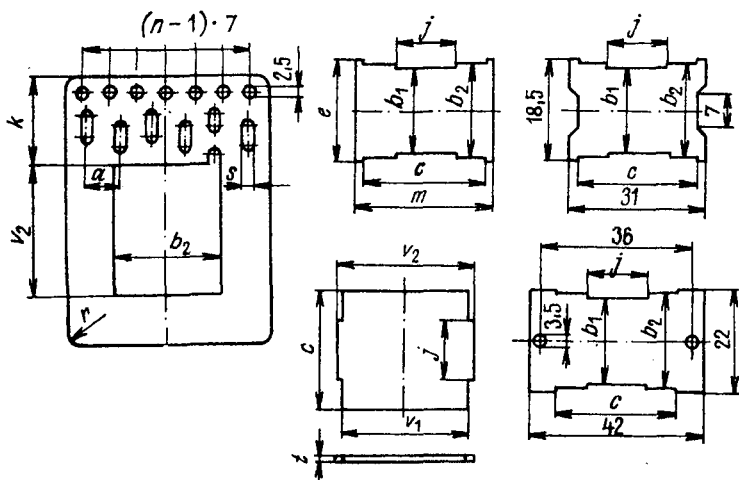
Obr. 75. Cívková tělíska z tvrzené papíroviny pro plechy EI



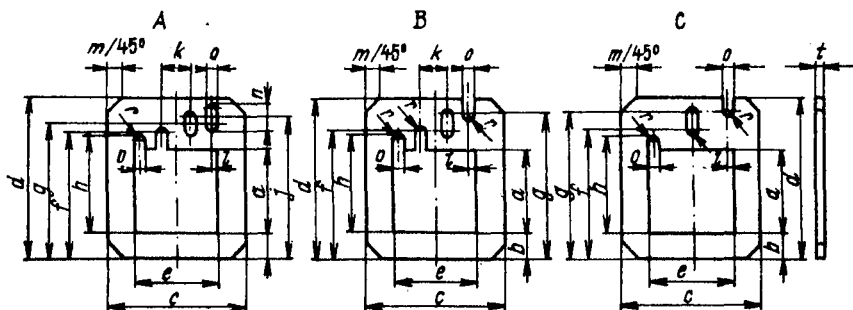
Obr. 76. Skládací tělíska cívková pro plechy EI, a) jednokomorová, b) dvoukomorová



Cívková tělíska (kostřičky) pro transformátory a tlumivky se vyrábějí z tvrzeného papíru nebo se dodávají vylisovaná z fenoplastu, popř. z jiných termoplastů. Cívková tělíska z tvrzeného papíru mají čela přilepena k nosné trubce. Kostřičky se většinou dodávají jako skládačka z šesti dílů. Cívková tělíska lisovaná jsou provedena s čely.



Obr. 77. Skládací cívková tělíska pro plechy a ferity typu M



Obr. 78. Skládací cívková tělíska pro jádra C (čela)

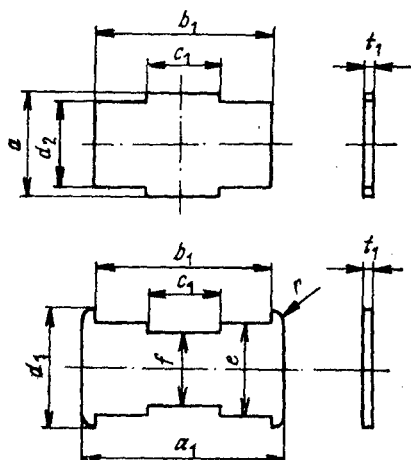
Někdy se používají transformátorová cívková tělíska bez čel. Tvoří je jednoduchá čtyřhranná trubka z tvrzeného papíru. Navíjení je však obtížnější než u kostřičky s čely a vyžaduje zvláštní navíjecí postup.

Kostřičky pro vysokofrekvenční cívky se lisují z hmot s malými ztrátami. Jsou to zejména polystyren a keramické látky.

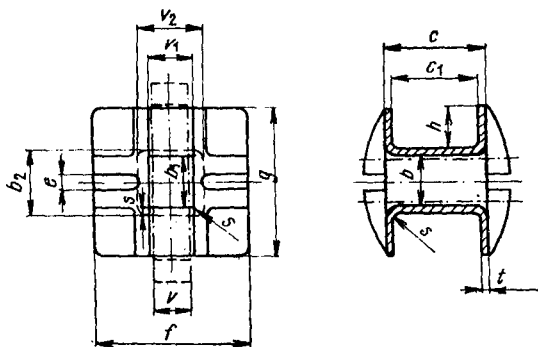
Cívková tělíska pro plechy typu EI:

Náčrtek rozměrů tělísek z tvrzeného papíru podle normy TESLA NT 4002 je na obr. 75, rozměry tělísek udává tab. 99.

Skládací cívková tělíska z tvrzeného papíru pro plechy typu EI podle normy TESLA NT 4003 jsou znázorněna na obr. 76. Rozměry-sestavených tělísek jsou v tab. 100.



Obr. 79. Skládací cívková tělíska pro jádra C (rozpěrka a bočnice)



Obr. 80. Cívková tělíska pro feritová jádra E (Ef)

Skládací cívková tělíska z tvrzeného papíru pro plechy M jsou na obr. 77 a v tab. 101.

Skládací cívková tělíska z tvrzeného papíru pro jádra C jsou znázorněna na obr. 78 a 79 a v tab. 102 a 103.

Cívková tělíska fenoplastová pro feritová jádra Ef jsou na obr. 80 a v tab. 104.

Tabulka 101. Skládací cívková tělíska pro výseky typu M

Typ	Rozměry [mm]													
	<i>v</i>	<i>v</i> <sub>1</sub>	<i>v</i> <sub>2</sub>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>s</i>	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>m</i>	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>j</i>	<i>b</i> <sub>2</sub>	<i>c</i>
M 12	12	13	15	14	4	2	4,4			2	1	10	15	28
	16	17	19											
	20	21	23											
M 17	16	17,5	19,5	16	5	2,5	6	24	39,5	2	1	10	20	35,5
	20	21,5	23,5											
	25	26,5	28,5											
M 20	20	21,5	23,5	18	6	2,5	7	27	47	3	1	10	23	42
	25	26,5	28,5											
	28	29,5	31,5											
	32	33,5	35,5											
M 23	25	26,5	28,5	20,5	7	3	8	30	53	3	1	12	26	48
	32	33,5	35,5											
	40	41,5	43,5											
M 29	32	33,5	35,5	23,2	7	3,5	8	35	58	4	1	16	32	52
	40	41,5	43,5											
	50	51,5	53,5											
M 34	32	33,5	36,5	24	9	4	10,5	42	71	4	1,5	19	38	64
	36	37,5	40,5											
	40	41,5	44,5											
	50	51,5	54,5											

#### 2.4.8. Typizované napájecí transformátory

S použitím typizovaných jader vyrábí n. p. ZVS (dříve Adast) Dubnica nad Váhom několik druhů typizovaných napájecích transformátorů, vylazovacích (filtračních) tlumivek do napájecích zdrojů a výstupních transformátorů pro běžné koncové elektronky.

Typizované napájecí transformátorky jsou určeny převážně pro elektronkové přijímače a malé zesilovače s elektronkami novalové řady E o žhavicím napětí 6,3 V (nyní výhradně používanými). Usměrňovací nepřímo žhavené elektronky lze napájet ze společného žhavicího vinutí.

Tabulka 102. Rozměry čel cívkových tělísek pro jádra C

Typ jádra	Rozměry [mm]															
	a	b	c	d	e	f	g	h	j	k	l	m	n	o	t	
08001	C	12,5	5	18,5	25	8,5	20	22,5	15			0,75	2		1,5	1
08003	B	13,5	5	24,5	26	14,5	21,5	23,5	16	4	1	2		2	1	
10001	B	13,5	7	28,5	30	14,5	24,5	27	16	4	1	2		2	1	
10003	B	18,5	7	28,5	36	14,5	29,5	33	21	4	1	2		2	1	
12003	B	24	4,5	23,5	36	14,5	31,5	33	26,5	4	1	2		2	1	
12004	B	24	4,5	28,5	36	19,5	31,5	33	26,5	6	1	2		2	1	
16003	B	24	6,5	27,5	40	14,5	34,5	37	26,5	4	1	2,5		2	1,5	
16004	B	24	6,5	32,5	40	19,5	34,5	37	26,5	6	1	2,5		2	1,5	
16005	B	24	6,5	37,5	40	24,5	34,5	37	26,5	7,5	1	2,5		2	1,5	
20002	B	24,5	8,5	37	45	20	38	41,5	28	5,5	1,5	3		3	1,5	
20004	B	35,5	8	37	55	21	48	51,5	39	6	1,5	3		3	1,5	
20005	B	35,5	8	42	55	26	48	51,5	39	7,5	1,5	3		3	1,5	
26001	A	35,5	11	43	63	21	52	53,5	39	56,5	6	1,5	4	7	3	2
26002	A	35,5	11	48	63	26	52	53,5	39	56,5	7,5	1,5	4	7	3	2
26004	A	45,5	11	48	73	26	62	63,5	49	66,5	7,5	1,5	4	7	3	2
26005	A	45,5	11	58	73	36	62	63,5	50	66,5	10,5	2	4	7	4	2
26006	A	45,5	11	68	73	46	62	63,5	50	66,5	14	2	4	7	4	2
31001	A	45,5	13,5	53	79	26	65	67	50	71,5	7,5	2	5	9	4	2
31002	A	45,5	13,5	63	79	36	65	67	50	71,5	10,5	2	5	9	4	2
31003	A	45,5	13,5	73	79	46	65	67	50	71,5	14	2	5	9	4	2
31006	A	55,5	13,5	83	89	56	75	77	60	81,5	17,5	2	5	9	4	2

Často se také používají selenové usměrňovače nebo křemíkové diody v dvojitěm nebo můstkovém zapojení, čímž se zhučivému vinutí odlehčí.

Primární (síťový) obvod je jištěn tepelnou pojistkou, která se při zkratu nebo přehřátí transformátoru přeruší. Lze ji však nízkotavitelnou pájkou (např. vizmutocínovo-olovnatou slitinou PL 90) opět spojit a po odstranění závady transformátor dále používat.

Pět typizovaných transformátorů pokryje asi 85 % typů potřebných pro napájecí síťové zdroje. Dávají anodové napětí 250 až 280 V při odběru usměrněného proudu 60 až 160 mA. Primární vinutí je ve dvojitěm provedení

Tabulka 103. Rozměry dílců cívkových tělísek pro jádra C

Typ jádra	Rozměry [mm]									
	a	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	e	f	r	t
08001	12,5	24	20	10	12,5	11,5	8,5	7,5	2	0,5
08003	13,5	24	20	10	18,5	11,5	14,5	12,5	2	1
10001	13,5	30	26	12	18,5	11,5	14,5	12,5	2	1
10003	18,5	30	26	12	18,5	16,5	14,5	12,5	2	1
12003	24	37	32	16	19,5	22	14,5	12,5	2,5	1
12004	24	37	32	16	24,5	22	19,5	17,5	2,5	1
16003	24	48	43	20	19,5	22	14,5	12,5	2,5	1
16004	24	48	43	20	24,5	22	19,5	17,5	2,5	1
16005	24	48	43	20	29,5	22	24,5	22,5	2,5	1
20002	24,5	59	53	26	26	22,5	20	18	3	1
20004	35,5	59	53	26	27	32,5	21	18	3	1,5
20005	35,5	59	53	26	32	32,5	26	23	3	1,5
26001	35,5	76	70	35	27	32,5	21	18	3	1,5
26002	35,5	76	70	35	32	32,5	26	23	3	1,5
26004	45,5	76	70	35	32	42,5	26	23	3	1,5
26005	45,5	76	70	35	42	42,5	36	33	3	1,5
26006	45,5	76	70	35	52	42,5	46	43	3	1,5
31001	45,5	94	88	45	32	42,5	26	23	3	1,5
31002	45,5	94	88	45	42	42,5	36	33	3	1,5
31003	45,5	94	88	45	52	42,5	46	43	3	1,5
31006	55,5	94	88	45	62	52,5	56	53	3	1,5

— pro domácí trh s vývody pro síťové napětí 120 a 220 V, pro export s vývody 110, 125, 150, 200, 220 a 240 V. Hlavní druhy typizovaných napájecích transformátorů určených pro domácí trh jsou v tab. 105. Jsou vinuty na jádrech tvaru EI. Kategorie odolnosti je 25/100/04 a při okolní teplotě do +35°C je lze zatěžovat plným jmenovitým výkonem. Zkušební střídavé napětí mezi vinutím a kostrou i mezi vinutími navzájem je 2 kV. Jako usměrňovací elektronky jsou vhodné — podle odebraného proudu — novalové typy EZ80 (popř. heptalová 6Z31) nebo EZ81.

Mimo typizovanou řadu se také používal úsporný síťový transformátor

9 WN 661 20 pro malé elektronkové přijímače, zejména amatérské konstrukce. Primární vinutí na jádru EI 20 × 20 mm s vývody 0, 110, 130, 220 a 250 V se v části 0 až 250 V používalo jako autotransformátor pro jednocestné usměrnění (pozor — kostra přístroje je pod napětím sítě!). Oddělené vinutí 6,3 V/1,6 A sloužilo pro žhavení elektronek.

Tabulka 104. Rozměry tělísek pro feritová jádra Ef

Typ (b × v)	Rozměry [mm]										
	$v_1$ +0,2	$b_1$ +0,1	$c$ -0,2	$f$ -0,3	$g$ -0,2	$v_2$ -0,2	$b_2$ -0,1	$r$	$s$	$t$	$e$
Ef 3 × 3	3	3,2	6,8	10	8,8	4,2	4,2	1,6	0,4	0,6	1
Ef 5 × 5	5	5,2	10,8	16	14,8	6,4	6,4	2,5	0,5	0,7	1,2
Ef 6 × 6	6	6,3	13,7	20	18,7	7,5	7,5	4	0,5	0,7	1,2
Ef $\frac{8 \times 8}{8 \times 12}$	$\frac{8}{12}$	8,3	16,7	$\frac{25}{29}$	23,7	$\frac{9,7}{13,7}$	9,7	4	0,6	0,8	1,2

Tabulka 105. Typizované napájecí transformátory

Typ	$U_{p \sim 1}$ [V]	$U_{s1 \sim}$ [V]	$U_{o \sim 2}$ [V]	$I_{o \sim 3}$ [mA]	$U_{s2 \sim}$ [V]	$I_{s2 4} \sim$ [A]	Hmotnost [kg]
a) dvojcestné							
9WN 663 01	120/220	248	2 × 250	67	6,3	3,5	1,38
663 02		256		80		4,25	1,50
663 03		244		100		4,75	1,63
663 04		250		125		5,3	1,98
663 05		258		150		6,3	2,43
b) jednoduché <sup>5)</sup>							
9WN 663 15	120/220	245	280	67	6,3	3,5	1,38
663 16		247		80		4,25	1,50
663 17		250		100		4,75	1,63
663 18		253		125		5,3	1,98
663 19		255		150		6,3	2,43

1) Sítové napětí; 2) Usměrněné napětí; 3) Usměrněný proud; 4) Žhavicí proud; 5) Pro stykový nebo polovodičový usměrňovač v můstkovém zapojení.

## *Jiné síťové transformátory*

V uvedené řadě typizovaných napájecích transformátorů nejsou typy s malým napětím, např. pro tranzistorové zařízení. V katalogu n. p. ŽVŠ Dubnica n. Váhom jsou sice některé podobné typy uvedeny, je ovšem nutné uvážit, jak je pro tento účel použít. Jsou to např.:

Typ 9 WN 661 18 pro síť 120/220 V na jádru EI 12 × 16 mm, sekundární vinutí 22 V/0,025 A. Je vhodné pro stabilizaci usměrněného napětí stabilizační diodou na 11 až 12,5 V k napájení tranzistorových anténních předzesilovačů a televizních konvertorů. (Byl použit v laditelném konvertoru TESLA pro 2. televizní program.)

Typ 9WN 661 22 na jádru EI 20 × 25 mm pro síť 220 V má dvě samostatná vinutí po 14 V/0,4 A a jedno 9 V/0,4 A. Vhodná kombinace dovoluje široké použití (dvoucestné usměrnění apod.).

Typ 2PN 661 23 na jádru EI 16 × 20 mm pro síťové napětí 120/220 V má dvě samostatná vinutí po 24 V/0,08 A a jedno 6 V/0,08 A.

Typ 6AN 661 09 na jádru M 20 × 20 mm pro síťové napětí 120/220 V obsahuje dvě samostatná vinutí po 15 V/0,25 A.

Typ 9WN 663 68 na jádru EI 20 × 20 mm pro síťové napětí 120/220 V dává sekundární napětí 2 × 25 V/0,06 A (např. pro dvojcestné usměrnění diodami).

Podobných transformátorků je více; možnost jejich běžného nákupu v maloobchodní síti však nelze zaručit.

## *Převodní transformátory výkonové*

Často potřebujeme zapojit větší spotřebič (televizor, zesilovač) určený na 220 V, zatímco v domovní síti máme napětí 120 V nebo opačně. Při tom se osvědčuje převodní autotransformátor. Má sice vodivé spojení výstupní části se sítí, ale při dodržení bezpečnostních předpisů ESČ je u zařízení stejně určených pro napájení ze sítě lze používat.

Převodní přenosné autotransformátory v ochranném fenoplastovém krytu s příslušnou pryžovou síťovou připojovací šňůrou délky 2 m a bezpečnostní výstupní zásuvkou s nulovacím kolíkem vyrábí družstvo Mechanika, Praha. Běžně dodává tyto tři typy:

ATP 3 B pro výkon 300 W, hmotnost asi 6 kg,

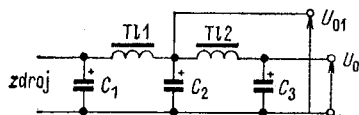
ATP 5 B pro výkon 500 W, hmotnost asi 8 kg,

ATP 10 B pro výkon 1000 W, hmotnost 10,5 kg.

Transformátory se dodávají podle požadavku odběratele s převodem ze 120 V na 220 V nebo z 220 na 120 V.

## 2.4.9. Typizované vyhlazovací tlumivky

Typizovaná řada vyhlazovacích (filtračních) tlumivek n. p. ZVS Dubnica nahrazuje dříve vyráběné tlumivky, určené do napájecích zdrojů elektronkových zařízení (tab. 106). Stačí pro všechny běžné účely a pro stejnosměrné proudy od 50 do 150 mA. Pro zvětšení vyhlazovacího účinku lze zapojit dvě tlumivky za sebou (s příslušnými kondenzátory) podle obr. 81. Vhodné



Obr. 81. Vyhlazovací obvod s dvěma typizovanými tlumivkami

Tabulka 106. Typizované tlumivky

Typ	Indukčnost [H]	Odpor [Ω]	Proud [mA]	Jádro [mm]	Hmotnost [kg]
9WN 651 10	5	270	67	16 × 16	0,26
651 11	4	240	80	16 × 16	0,26
651 12	6	245	100	20 × 20	0,50
651 13	4	157	125	20 × 20	0,50
651 14	4	145	150	20 × 25	0,57

kombinace jsou přehledně uspořádány v tab. 107. Za první tlumivkou se může odebírat vyšší usměrněné napětí a silnější proud, ovšem poněkud méně vyhlazený.

Pro jednoduché anodové vinutí transformátoru byl uveden jako usměrňovač selenový článek B 250 C 100 pro 250 V/100 mA. Nyní by bylo nutné použít několik výkonových křemíkových diod v můstkovém zapojení.

## 2.4.10. Výstupní a převodní transformátory

Výstupní transformátory převádějí impedanci mezi koncovými elektronkami a kmitací cívkou reproduktoru. Elektronkové koncové stupně bývají většinou jednoduché, s jednou elektronkou, jen výjimečně jsou dvojitě pro dosažení většího výkonu a menšího zkreslení. N. p. ZVS Dubnica vyrábí řadu typizovaných výstupních transformátorů určených především pro rozhlasové přijímače a malé gramofonové zesilovače. Typizovaná řada



Tabulka 107. Vyhlašovací obvody s tlumivkami

Transformátor	Usměrňovač		$C_1$ [ $\mu\text{F}$ ]	Tl <sub>1</sub> typ	$C_2$ [ $\mu\text{F}$ ]	Tl <sub>2</sub> typ	$C_3$ [ $\mu\text{F}$ ]
	Elektronka	Selenový usměrňovač <sup>2)</sup>					
9WN 663 01 9WN 663 15	EZ80 —	— B250C100	32 <sup>1)</sup>	9WN 651 10	32 <sup>1)</sup>		
9WN 663 02 9WN 663 16	EZ80 —	— B250C100	50	9WN 651 11	50		
9WN 663 03 9WN 663 17	EZ81 —	— B250C100	50	9WN 651 12	50		
9WN 663 04 9WN 663 18	EZ81		32 <sup>1)</sup>	9WN 651 13	32 <sup>1)</sup>	9WN 651 10	32 <sup>1)</sup>
9WN 663 05 9WN 663 19	EZ81		50	9WN 651 14	32 <sup>1)</sup>	9WN 651 11	32 <sup>1)</sup>

- 1) Kondenzátor 32  $\mu\text{F}$  se již nevyrábí. (Nahradit 20 nebo 50  $\mu\text{F}$  podle účelu).  
 2) nebo křemíkové diody v můstkovém zapojení.

výstupních transformátorů se vyrábí v trojím provedení podle jakosti. Typ A je určen pro přenos kmitočtového pásma od 40 do 16 000 Hz, typ B pro rozsah 60 až 15 000 Hz a typ C pro 100 až 10 000 Hz. Sekundární vinutí má vždy impedanci 5  $\Omega$  s odbočkou pro 4  $\Omega$  (tab. 108).

Z výstupních transformátorů netylizovaných uveďme alespoň typ 1 PN 676 45 s často potřebnou primární impedancí 7000  $\Omega$  a sekundární 4  $\Omega$  pro výkon 1,5 W, s jádrem EI 16  $\times$  16 mm. Má kmitočtový rozsah 80 až 10 000 Hz. Je doporučen např. pro sdruženou elektronku PCL 86 v nf části televizorů.

Z ostatních výstupních transformátorů se často používají transformátory pro připojení na vedení rozhlasu po drátě, v místním rozhlase apod. Tyto transformátory zároveň oddělují toto stovoltové vedení od poměrně vysokého napájecího napětí zesilovače. Převodní transformátory ze stovoltové linky na třicetivoltový rozvod nebo pro reproduktory místního rozhlasu jsou např. typy 2AN 673 11 nebo 2AN 673 56 či 57 s převodem 100 V/5  $\Omega$  pro výkon 0,75 W na jádru EI 12  $\times$  16 mm. U rozhlasu po drátě se používá transformátor s odbočkami na sekundární vinutí, jejichž zapojováním (obvykle otočným přepínačem) se nastavuje hlasitost reprodukce.

Tabulka 108. Typizované výstupní transformátory

Typový znak	Provedení	Výkon [W]	Impedance [ $\Omega$ ]		Stejnoseměrný proud [mA]	Pro elektronky
			primární vinutí	sekundární vinutí		
9WN						
676 01	A	3	4500	4/5	50	EL84
676 02 <sup>1)</sup>	C	5	4500	4/5	50	EL84
676 03	A	3	5600	4/5	35	EL84, ECL82
676 04	C	3	5600	4/5	35	PL82
676 05	A	3	4000	4/5	45	PL82
676 06	C	3	4000	4/5	45	EL84, PL84
676 07	A	10	2 × 4000	4/5	—	2 × EL84 (2 × PL84)
676 08	A	3	2400	4/5	70	PL84, EL86
676 11	B	3	4500	4/5	50	EL84
676 13	B	3	5600	4/5	35	EL84
676 15	B	3	4000	4/5	45	ECL82, PCL82
676 16	B	3	2400	4/5	70	PL84, EL86

<sup>1)</sup> Druhy označené B a C jsou také v provedení s typovým znakem — 675 — např. 9WN 675 04 apod. Liší se jen způsobem upevnění.

Výstupní transformátorky pro tranzistory v přijímačích a zesilovačích jsou typizovány — bylo by jich mnoho druhů. Výrobci přijímačů si je zhotovují podle své potřeby a v maloobchodní síti se vyskytují pouze občas jako výprodejní materiál. Dnes se i dvojčinné tranzistorové stupně konstruují převážně bez transformátorů; použitím komplementárních (doplňkových) tranzistorů se ušetří nejen výrobní náklady, ale zmenší se i rozměry a hmotnost přístroje.

Potřebujeme-li nějaký speciální transformátor, nezbyvá než si jej navrhnout a zhotovit. Pro informaci uvádíme tabulku vlastností jader typu EI (tab. 109). Návrh a výpočet se vymyká z rámce této příručky, je však podrobně uveden v literatuře [8] nebo [3].

Pro dynamické mikrofony někdy potřebujeme převodní transformátorek na vstup elektronkového nebo tranzistorového zesilovače. Pro mikrofony s impedancí cívky 200  $\Omega$  je to typ 2AN 673 34 n. p. ZVS Dubnica n. Váhom s převodem 200/200 000  $\Omega$  pro zesilovače elektronkové nebo typ 2AN 673 66 s převodem 200/2000  $\Omega$  pro zesilovače tranzistorové. Výrobce mikrofonů, n. p. TESLA Valašské Meziříčí, dodává také malý mikrofonní transformátorek v hrníčkovém stínícím krytu s převodem 200/100 000  $\Omega$  pod označením ATM 103.

Tabulka 109. Typizovaná jádra EI (výběr)

Typ	1) Stah [mm]	Počet plechů tloušťky		Vý- kon [W]	Skut. průřez [cm <sup>2</sup> ]		Počet závitů		l <sub>Fe</sub> <sup>2</sup> [cm]
		0,5 mm	0,35 mm		0,5 mm	0,35 mm	0,5 mm	0,35 mm	
EI 10	8	16	22	1	0,76	0,68	59,2	66,2	5,2
	10	20	28	2	0,95	0,85	47,5	53,0	
	12,5	25	35	3	1,19	1,06	37,8	42,5	
EI 12	10	20	28	3	1,14	1,02	39,4	44,0	7,1
	12,5	25	35	4	1,43	1,28	31,5	35,2	
	16	32	45	5	1,82	1,63	24,8	27,6	
EI 16	12,5	25	35	5	1,90	1,70	23,7	26,5	8,9
	16	32	42	6	2,43	2,18	18,5	20,6	
	20	40	55	8	3,00	2,72	14,8	16,5	
EI 20	16	32	45	8	3,00	2,72	14,8	16,5	11,1
	20	40	55	10	3,80	3,40	11,8	13,3	
	25	50	60	20	4,70	4,40	9,6	10,2	
EI 25	20	40	55	20	4,70	4,40	9,6	10,2	13,9
	25	50	69	40	5,90	5,30	7,7	8,50	
	32	64	89	60	7,60	6,80	5,9	6,60	
EI 32	25	50	69	60	7,60	6,80	5,9	6,6	17,8
	32	64	89	100	9,70	8,70	4,6	5,2	
	40	80	110	150	12,2	10,9	3,7	4,1	
EI 40	32	64	89	150	12,2	10,9	3,7	4,1	22,3
	40	80	110	200	15,2	13,6	3,0	3,3	
	50	100	139	350	19,0	17,0	2,4	2,7	
EI 50	40	80	110	350	19,0	17,0	2,4	2,7	27,8
	50	100	139	500	23,8	21,8	1,9	2,1	
	64	128	178	800	30,2	27,2	1,5	1,7	
EI 64	50	100	139	800	30,2	27,2	1,5	1,7	35,6
	64	128	178	1 500	39,0	34,8	1,2	1,3	
	80	160	224	2 100	48,5	43,5	0,93	1,0	

1) Výška svazku (paketu).

2) Délka střední magnetické siločáry.

Tabulka 109. (pokračování)

$l_{ca}^3$ [cm] při plnění		Plocha okénka [cm <sup>2</sup> ]	Prostor pro vinutí [cm <sup>2</sup> ]		Součin $LI^2$ [J]	Chladičí plocha [cm <sup>2</sup> ]	Hmot- nost jádra [kg]	Účín- nost [%]									
50%	100%		abso- lutní	<sup>4)</sup> skutečný <sup>5)</sup>													
4,7 5,1 5,6	5,3 5,7 6,2	0,75	0,44	0,30	0,23	0,0025 0,0032 0,0040	24 26 29	0,04 0,05 0,06	60								
5,8 6,3 7,0	6,6 7,1 7,8									1,23	0,82	0,56	0,46	0,0059 0,0074 0,0095	38 42 46	0,07 0,08 0,11	65
7,3 8,0 8,9	8,3 9,0 9,9																
9,1 10,0 11,1	10,4 11,3 12,4	3,0	2,34	1,80	1,45	0,035 0,044 0,055	95 104 115	0,27 0,35 0,45	75								
11,4 12,5 13,9	13,1 14,2 15,6									4,7	3,63	2,75	2,30	0,08 0,10 0,13	148 162 181	0,52 0,65 0,85	80
14,5 15,9 17,6	16,8 18,2 19,9																
18,4 20,1 22,2	21,0 22,8 24,9	12,0	9,6	8,0	7,2	0,42 0,51 0,64	380 416 460	2,1 2,6 3,4	87								
22,9 25,0 27,9	26,4 28,4 31,4									18,7	15,4	13,3	12,4	0,95 1,2 1,5	595 650 727	4,2 5,2 6,7	90
29,1 32,0 35,4	33,5 36,4 39,8																

<sup>3)</sup> Délka středního závitu. <sup>4)</sup> Při vývodech na jedné straně cívky.

<sup>5)</sup> Při vývodech na obou stranách.

## 2.5. Odrušovací prostředky

Častým průvodním jevem příjmu rozhlasu nebo televize je rušení. To může pocházet z jiného vlnově blízkého vysílače, z přírodních zdrojů (např. atmosférické poruchy při bouřce), ale nejčastěji je to tzv. průmyslové rušení, vznikající při činnosti jiskřících zařízení, jako jsou komutátory motorů, domácí spotřebiče s motorky, vypínače, termostaty, zapalování u motorových vozidel atd., popř. rušení elektroléčebnými přístroji (diatermie, rentgeny).

Rušivé signály se šíří ze zdroje dvoji cestou — po vedení a přímým vyzařováním. Na kmitočtech nižších než 30 MHz převládá šíření po vedení, na vyšších vyzařování. Oba druhy se však mohou kombinovat.

Rušení je nutné odstraňovat na místě vzniku, tedy potlačením jiskření, oddělením zařízení od napájecí sítě vhodným filtrem atd. (Nové, továrně vyrobené zařízení samozřejmě odrušil podle platných předpisů již výrobce.) Vyzařující rušení se odstraňuje uložením přístroje do stínícího krytu, větší lékařské zařízení se ukládá do klece z kovového pletiva apod.

Rušivé napětí, které se šíří po vedení, má dvě složky — symetrickou (souměrnou), šířící se mezi oběma vodiči, a nesymetrickou, která se zpravidla šíří mezi kterýmkoliv z vodičů a zemí. Silnější rušení působí nesymetrická složka a přímé vyzařování.

K potlačení rušení u zdroje se nejčastěji používá kapacitní zkrat — odrušovací kondenzátory — pro jejich malé rozměry a jednoduchost zapojení. Složitější odrušovací prostředky se používají jen v případech, kdy samotný kondenzátor nestačí.

Běžně vyráběné odrušovací prostředky se dělí na:

- a) odrušovací kondenzátory,
- b) odrušovací tlumivky,
- c) kombinace obou — odrušovací filtry.

Podle napájecího napětí se rozlišují odrušovací prostředky na stejnosměrný proud (např. automobilové a bateriové motorky) a na střídavý proud.

Podle spolehlivosti v provozu se rozlišují kondenzátory běžné třídy X a bezpečnostní třídy Y. Bezpečnostní typy se označují u vývodu na výrobku písmenem Y nebo znakem b v kroužku, zvláště bezpečnostní se označují znakem zb. Mají-li vývodní kablík, je vždy zelené barvy.

Pro zvětšení účinku se používá kombinace kondenzátorů X a Y ve společném pouzdru jako dvojitě a trojitě odrušovací kondenzátory širokopásmové a kombinace kondenzátorů a vf tlumivek ve společném pouzdru — odrušovací filtry (obr. 82).

Dále uvedeme hlavní druhy odrušovacích prostředků vyráběných n. p. TESLA Lanškroun pro běžné použití (kromě druhů pro motorová vozidla).

1. Odrušovací kondenzátory jednoduché jsou v tab. 110. Mají papírové dielektrikum v hliníkovém pouzdře, uzavřeném po stranách záhlvkou z epoxidové pryskyřice (kromě typu TC 250, jehož pouzdro je z plastické hmoty). Vývody jsou provedeny lankem s černým povlakem z PVC; vývod

Tabulka 110. Odrušovací kondenzátory jednoduché

Typ	Kapacita	Jmenovité napětí střídavé [V]	Rozměry průměr × délka [mm]	Poznámka
TC 250	5000 pF Y	250	10 × 30	obal z plastu
TC 251	0,05 μF		16 × 32	kovové pouzdro
TC 252	0,1 μF		16 × 32	
TC 253	0,25 μF		25 × 50	těsné provedení
WK 724 51	0,1 μF		18 × 51	



Obr. 82. Některé odrušovací prostředky

Tabulka 111. Odrušovací kondenzátory průchodkové

Typ	Kapacita [μF]	Stejnoseměrné napětí [V]	Proud [A]	Rozměry průměr × délka [mm]	Kategorie
WK 713 00	0,1	250	10	14 × 31	40/100/56
WK 713 01	0,05	500	10	16 × 35	
WK 713 02	0,1	500	10	20 × 35	
WK 713 03	0,05	1200	10	20 × 35	
WK 713 20	1	25	10	16 × 35	
WK 713 21	0,05	1000	10	16 × 35	40/070/56
WK 713 22	1	25	50	16 × 35	40/100/56
WK 713 31	2500 pF Y*)	250 střídavé	5	11 × 28	55/055/56

\*) Provedení bezpečnostní (b) nebo zvlášť bezpečnostní (zb).

Tabulka 112. Kondenzátory dvojité a trojité širokopásmové

Typ	Kapacita	Jmenovité napětí střídavé [V]	Rozměry průměr × délka [mm]	Poznámka
WK 724 72	0,02 $\mu$ F + 2 × 2 500 pF Y	250	10 × 18 × 33	Hranolové pouzdro z plastu
TC 242 TC 243 TC 255255*) TC 260	0,05 + 5 000 pF Y 0,02 + 2 × 2 500 pF Y 0,1 + 2 × 2 500 pF Y 0,1 + 2 × 2 500 pF Y	250	14 × 55 14 × 35 18 × 47 18 × 47	Kovové pouzdro válcové

\*) Vývody ukončeny kabelovými očky.

Tabulka 113. Odrušovací tlumivky

Typ	Indukčnost [mH]	Střídavé napětí [V]	Proud [A]	Rozměry průměr × délka [mm]
WN 682 00 WN 682 11 12 13	2 × 2,5 2 × 4 2 × 10 2 × 10	250	1 2,5 1,6 1,6	20 × 58 35 × 12*)

\*) Tloušťka kotouče.

bezpečnostního kondenzátoru Y je zelený. Kategorie odolnosti je 10/070/21. Kondenzátory se připojují paralelně ke svorkám odrušovaného zařízení. Typy průchodkové jsou v tab. 111.

2. Kondenzátory dvojité a trojité širokopásmové jsou v tab. 112. Mají papírové dielektrikum s vývody izolovanými kablíky, vývod bezpečnostního kondenzátoru Y je zelený nebo označený písmenem b v kroužku. Tolerance je  $\pm 20\%$ .

3. Odrušovací tlumivky mají indukčnost několik mikrohenry (pro vyšší vf kmitočty) až několik milihenry (pro nižší kmitočty). Jsou navinuty na feritovém jádře, buď otevřeném, nebo toroidním, popř. složeném ze dvou částí tvaru E. Tlumivky s otevřeným jádrem jsou vloženy do trubky z tvrdého papíru a zality po stranách epoxidovou pryskyřicí. Tlumivky s toroidním jádrem mají dvě samostatná vinutí, jejichž konce jsou opatřeny izolační trubičkou. Zevně je vinutí ovinuto izolační páskou napuštěnou lakem. U obou druhů je tolerance indukčnosti  $+20 - 10\%$ , kategorie odolnosti je 10/055/04. Hodnoty běžných odrušovacích tlumivek jsou v tab. 113.

4. Odrušovací filtry tvoří kombinaci širokopásových kondenzátorů a dvou nebo čtyř vf tlumivek na feritovém jádře. Odrušovací širokopásmový filtr WN 852 02 je neprodyšně uzavřen v hranolovitém zinkohliníkovém odlitku s těsnícími přírubami pro zavedení třížilového kabelu průměru 12 mm z obou podélných stran. Kategorie odolnosti je 25/040/10. Soubor odrušovacích filtrů uvádí tab. 114.

Tabulka 114. Odrušovací filtry

Typ	Indukčnost	Kapacita	Střídavé napětí [V]	Proud [A]	Rozměry [mm]
WK 050 05	$2 \times 2,5 \text{ mH}$	$0,1 \mu\text{F} + 2 \times 2\,500 \text{ pF Y}$	250	1,6	$\varnothing 45 \times 70$
WN 852 02	$2 \times 6,3 \text{ mH}$ $+ 2 \times 10 \mu\text{H}$	$0,1 \mu\text{F} + 2 \times 2\,500 \text{ pF Y}$	250	40	$58 \times 43 \times$ $\times 143^1)$
TC 241	$2 \times 10 \mu\text{H}$	$0,1 \mu\text{F} + 2 \times 2\,500 \text{ pF Y}$	250	2,5	$18 \times 21 \times$ $\times 45^2)$

1) Hranolový odlitek ze zinkové slitiny.

2) Pouzdro z plastu.

Typ WK 050 05 je uložen do válcového plechového pouzdra zalitého epoxidovou pryskyřicí. Vývody tvoří izolovaná lanka (vývod bezpečnostního kondenzátoru je zelený), procházející krycím víčkem z tvrzeného papíru s čísly vývodů. Kategorie tohoto typu je 40/040/04.

Zvláštní označení má typ TC 241. Je označen jako kondenzátor, ačkoliv obsahuje i dvě vf tlumivky o malé indukčnosti pro pásmo vkv. Kategorie tohoto filtru je 10/070/21.

Lze samozřejmě popsané odrušovací prostředky použít i u jiných síťových zařízení a také u rozhlasových přijímačů, televizorů apod. Zabrání to někdy vnikání rušení do přístroje síťovou napájecí cestou, popř. ze síťového vedení na přijímací anténu a také naopak — brání vyzářování rušivých kmitočtů z přístroje do sítě (např. u televizoru z generátoru rozkladového kmitočtu obrazu, který má značný výkon). U nových zařízení správně vyrobených podle předpisů jsou ovšem odrušovací členy vestavěny. Je však dobře jejich stav občas překontrolovat, např. zjistit, není-li některý kondenzátor přerušen nebo odpojen apod.



## 2.6. Elektronky

Elektronky donedávna byly — a v některých oborech dosud jsou — nejpodstatnější aktivní součástí elektrotechnických zařízení (televizorů, vysílačů atd.) jako zesilovací, oscilační nebo usměrňovací členy.

Zpočátku byly elektronky přímo žhavené, katodu tvořilo elektricky vyhřívané vlákno. Přímé žhavené elektronky se dosud zachovaly jako miniaturní bateriové typy (např. u meteorologických radiosond) a jako některé usměrňovací elektronky v síťových zdrojích.

Dnes se však převážně používají elektronky nepřímé žhavené (i usměrňovací), u nichž dutou trubičku katody vyhřívá zevnitř izolované topné vlákno.

Kdysi byla pro každou funkci samostatná elektronka — dioda, trioda, zesilovací nebo výkonová pentoda apod. Dnes se pro úsporu místa a mnohdy i žhavicí energie sdružují dva systémy nebo i více systémů v jedné baňce (tzv. sdružené elektronky). Tak vznikla trioda — hexoda, duodioda — pentoda nebo trioda — koncová pentoda.

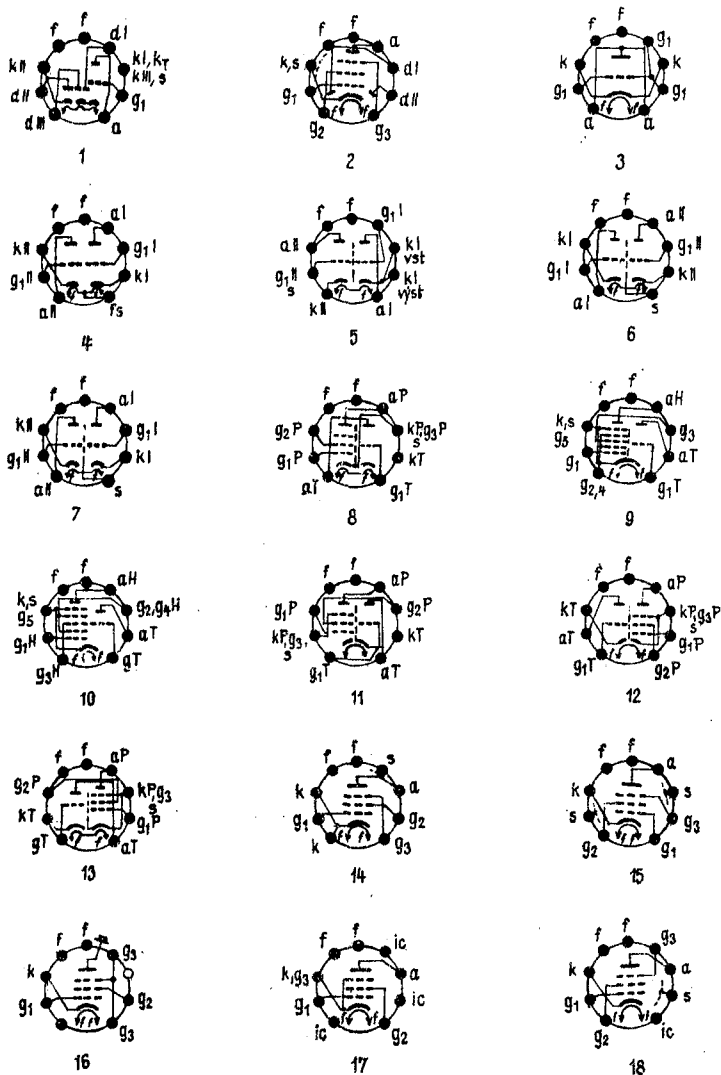


Obr. 83. Běžné síťové elektronky TESLA a POLAM

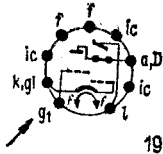
Baňky elektronek, dnes opět většinou skleněné (obr. 83), jsou opatřeny patičí pro zasunutí do vhodné objímky v přístroji. Zpočátku byly patice čtyřnožičkové nebo pětinožičkové, později tento počet vývodů nestačil a se stoupajícími požadavky bylo nutné množství nožek nebo kolíků zvětšovat. Vznikly patice sedmikolíkované neboli heptal, osminožičkové — oktál, devítikolíkované — noval, dnes již i desetikolíkované — dekal a dokonce dvanáctikolíkované — duodekal (obr. 84).

Nevýhodou elektronek je potřeba žhavicí energie, která u výkonových druhů není zanedbatelná a mění se v teplo. Teplota nepřímé žhavené katody je asi  $+800\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Přidá-li se k tomu oteplení vzniklé z anodové ztráty, dosáhne teplota i menších výkonových elektronek v přijímači nebo televizoru  $+150$

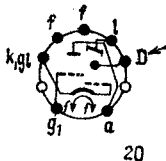
až  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$  a to neprospívá okolním pasívním součástkám. Kde je to možné, nahrazujeme elektronky tranzistory. Ale všude tranzistory zatím nelze použít, např. místo výkonových elektronek velkých vyslačů o výkonu několika set kilowattů, ani místo mikrovlnných elektronek pro vř kmitočty řádu desítek gigahertzů.



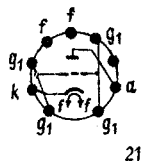
Obr. 84a. Zapojení patič elektronek — I (noval)



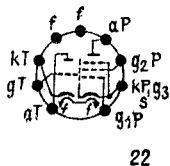
19



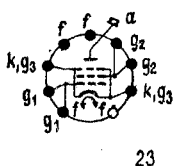
20



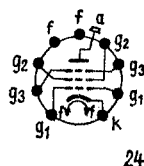
21



22

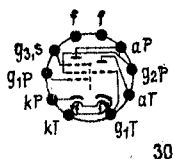


23

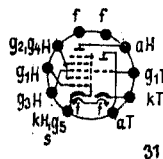


24

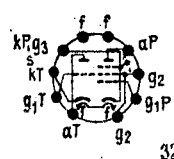
Obr. 84b. Zapojení patic elektronek — II (noval a magnoval)



30

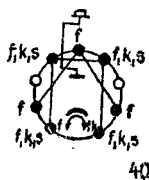


31

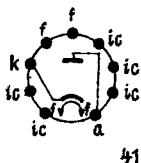


32

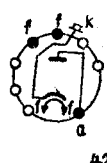
Obr. 84c. Zapojení patic elektronek — III (dekal)



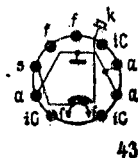
40



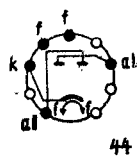
41



42



43



44

Obr. 84d. Zapojení patic usměrňovacích elektronek — IV (noval)

Dnes se ve spotřební elektronice používají pouze novalové nepřímo žhavané elektronky dvou druhů

a) pro paralelní napájení se žhavicím napětím 6,3 V (řada E), podle výkonu s různě velkým žhavicím proudem,

b) pro sériové napájení žhavicím proudem 0,3 A (řada P) s různě vysokým žhavicím napětím.

Ovšem i elektronky řady E, pokud mají žhavicí proud právě 0,3 A (např. EF80, EF183 aj.), se používají v televizorech v sériovém zapojení s elektronkami řady P.

## 2.6.1. Typové označení

Označení elektronek prodělalo mnoho změn. Původně každý výrobce označoval elektronky po svém (např. Philips B 409, A 442 apod., kdežto firma Telefunken označovala přibližně stejné elektronky RE 134 a RES 094). Později se přešlo na jednotné označení, v němž první písmena označovala žhavicí napětí a systém elektronky, např. AF7 — vf pentoda, ECL11 — trioda — koncová pentoda. U nás se po druhé světové válce začalo používat označení obdobné sovětskému a americkému (1F33, 35L31), v němž první číslice udávaly žhavicí napětí a písmeno systém (druh) elektronky.

Dnes se používá i u nás tzv. jednotné evropské označení, z něhož se vlastně před druhou světovou válkou vyšlo.

Jednotné evropské označení se skládá ze dvou písmen a ze dvou až tří připojených číslic, které jsou většinou určitým pořadovým číslem série a nemají technický význam. Některé skupiny těchto číslic však udávají druh patice, např. 90 až 99 heptal, 80—89, 180 až 189 a 800 až 899 noval, 200 až 209 dekal, 500 až 599 magnoval (noval většího průměru).

První písmeno znaku udává žhavicí napětí nebo proud

A — napětí 4 V, paralelní napájení (střídavým nebo stejnosměrným proudem),

D — napětí 1,2 až 1,4 V, paralelní napájení (z baterií),

E — napětí 6,3 V, paralelní napájení (střídavým nebo stejnosměrným proudem),

F — napětí 12,6 V (z automobilové baterie),

P — proud 0,3 A, sériové napájení střídavé (ze sítě),

U — proud 0,1 A, sériové napájení střídavé (ze sítě).

Poznámka: Z řady jsou vypuštěny znaky hodnot, které se již nepoužívají, např. B — stejnosměrný proud 180 mA, sériové napájení; C — stejnosměrný i střídavý proud 200 mA, sériové napájení; K — bateriové napájení z akumulátoru 2 V; V — proud 50 mA, sériové napájení apod.

V současné době se používají jen síťové elektronky řady E pro paralelní napájení ze síťového transformátoru a řady P pro sériové napájení do přístrojů bez síťového transformátoru (televizory apod.).

Druhé písmeno udává druh nebo funkci elektronky

A — jednoduchá (demodulační) dioda,

B — dvojitá dioda (duodioda),

C — trioda (nevýkonová),

D — trioda koncová (výkonová),

E — tetroda,

F — pentoda zesilovací (vf i nf),

H — hexoda, heptoda,

L — pentoda koncová (výkonová),

M — elektronový indikátor vyladění,

N — tyratron,

W — jednoduchá usměrňovací dioda plněná plynem,

X — dvojitá usměrňovací dioda plněná plynem,

Y — jednoduchá vakuová usměrňovací dioda,

Z — dvojitá vakuová usměrňovací dioda.

Také z této řady jsou vypuštěny znaky pro některé speciální a nepoužívané druhy, např. K — oktoda (pentagrid), P — násobič elektronů, Q — enioda apod.

Sdružené elektronky jsou — kromě druhu žhavení — označovány písmenovými znaky všech systémů obsažených v baňce.

*Příklady:* PCC88 je dvojitá trioda se žhavicím proudem 0,3 A pro sériové napájení, s novalovou patičí. PL504 je výkonová pentoda se žhavicím proudem 0,3 A pro sériové napájení s patičí magnoval. EABC80 je sdružená dioda + duodioda a zesilovací trioda se žhavicím napětím 6,3 V pro paralelní napájení, s novalovou patičí. PCF82 je sdružená trioda — vř pentoda se žhavicím proudem 0,3 A pro síťové napájení, s novalovou patičí.

V následujících tabulkách jsou uvedeny hodnoty nejpoužívanějších elektronek řady E a P a zapojení jejich patič.

Na elektronky poskytuje výrobce záruku šest měsíců ode dne koupě, za stejných podmínek jako u polovodičových součástek. Výrobní datum — měsíc a rok, které ovšem nemusí souhlasit s počátkem záruční lhůty, se označuje dvěma písmeny na baňce elektronky obdobně jako na jiných součástkách TESLA. Příslušný písmenový kód je uveden v tab. 115.

Tabulka 115. Označení výrobního data na součástkách TESLA

Měsíc	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
1.	DW	XU	BM	FE	ZA	JD	AX	MJ	CA	QM	SP	NG	KA	ED	XJ
2.	DX	XV	BN	FF	ZB	JE	AY	MK	CB	QN	SQ	NH	KB	EE	XK
3.	DY	XW	BO	FG	ZC	JF	AZ	ML	CC	QO	SR	NI	KC	EF	XL
4.	XD	AJ	KD	RK	QX	UL	NA	VG	FW	BG	LK	BX	WL	IU	OA
5.	XE	AK	KE	RL	QY	UM	NC	VH	FX	BH	LL	BY	WM	IV	OB
6.	XF	AL	KF	RM	QZ	UN	NE	VJ	FY	BJ	LM	BZ	WN	IW	OC
7.	KR	MX	YG	SM	DG	EA	HK	TN	XQ	ZU	PE	MM	RG	LX	UV
8.	KS	MY	YH	SN	DH	EB	HL	TO	XR	ZV	PF	MN	RH	LY	UW
9.	KT	MZ	YJ	SO	DJ	EC	HM	TP	XS	ZW	PG	MO	RI	LZ	UX
10.	QA	TA	OU	GG	NR	WU	RA	GU	UD	JX	DA	IR	TK	GO	QD
11.	QB	TB	OV	GH	NS	WV	RB	GV	UE	JY	DB	IS	TL	GP	QE
12.	QC	TC	OW	GJ	NT	WW	RC	GW	UF	JZ	DC	IT	TM	GQ	QF

Tabulka 116. Hodnoty přijímacích elektronek TESLA  
Paralelní žhavení

Typ	Žhavení		Druh	Provozní			
	$U_t$ [V]	$I_t$ [A]		$U_a$ [V]	$U_{g2}$ [V]	$U_{g1}$ [V]	$I_a$ [mA]
EABC80	6,3	0,45	trojitá dioda, nf trioda	250	—	— 3	1
EBF89	6,3	0,3	dvojitá dioda, vf řízená pentoda	250	100	— 2/— 20	9
EC86	6,3	0,18	strmá vf trioda	175	—	— 1,5	12
ECC82	6,3 <sup>1)</sup>	0,3	dvojitá trioda	250	—	— 8	10,5
ECC83	6,3 <sup>1)</sup>	0,3	dvojitá trioda	250	—	— 2	1,25
ECC84	6,3	0,33	dvojitá trioda	90	—	— 1,5	12
ECC85	6,3	0,43	dvojitá trioda	250	—	— 2,3	10
ECC88	6,3	0,38	dvojitá trioda	90	—	— 1,3	15
ECF82	6,3	0,45	vf trioda vf pentoda	150 250	— 110	— 1 — 1	18 10
ECH81	6,3	0,3	trioda heptoda	100 250	— 100	0 — 2	13,5 6,5
ECH84	6,3	0,3	trioda heptoda	50 135	— 15	0 0	3 1,7
ECL82	6,3	0,78	konepová pentoda nf trioda	200 100	200 —	— 16 0	35 3,5
ECL84	6,3	0,72	trioda konecová pentoda	200 220	— 220	— 1,7 — 3	3 18
ECL86	6,3	0,7	trioda konecová pentoda	250 250	— 250	— 1,9 — 7	1,2 36
EF80	6,3	0,3	strmá vf pentoda	170	170	— 2	10
EF86	6,3	0,2	nf pentoda	250	140	— 2	3
EF183	6,3	0,3	strmá vf řízená pentoda	200	90	— 2/— 10	12
EF184	6,3	0,3	strmá vf pentoda	200	200	— 2,5	10
EL81	6,3	1,0	konecová pentoda	200	200	— 28	40
EL82	6,3	0,8	konecová pentoda	170	170	— 10,5	53
EL83	6,3	0,7	konecová pentoda	200	200	— 3,5	36
EL84	6,3	0,76	konecová pentoda	250	250	— 7,5	48
EL86	6,3	0,76	konecová pentoda	170	170	— 12,5	70
EM80	6,3	0,3	indikátor vyladění	250	$U_1=250$	— 2/— 10	
EM81	6,3	0,3	indikátor vyladění	250	$U_1=250$	— 2/— 18	
EM84	6,3	0,21	indikátor vyladění	250	$U_1=250$	0/— 22	

<sup>1)</sup> Obě poloviny vlákna paralelně. Při jejich spojení v sérii je žhavicí napětí 12,6 V při proudu 0,15 A.

Tabulka 116. (pokračování)

hodnoty					Mezní hodnoty				Pati- ce
$I_{g2}$ [mA]	$S$ [mA/ V]	zesilo- vací činitel $\mu$	$R_1$ [k $\Omega$ ]	(zesílení) výkon $P_0$ [W]	$P_a$ [W]	$P_{g2}$ [W]	$I_k$ [mA]	$R_{g1}$ [M $\Omega$ ]	
—	1,2	70	58,2	(51)	1	—	5	3	1
2,7	3,8/0,2	20 <sup>3)</sup>	1 000		2,25	0,45	16,5	3	2
—	14	70	5		2,2	—	20	1	3
—	2,2	17	7,7	(16)	2,75	—	20	1	4
—	1,6	100	62,5	(70)	1	—	8	2	4
—	6	24	4		2	3,5 <sup>2)</sup>	18	I=0,5 II=0,02	5
—	5,9	57	9,7		2,5	4,5 <sup>2)</sup>	15	1	6
	12,5	33	2,6		1,8		25	1	7
—	8,5	40	4,7		2,7		20	1	
3,5	5,2	35 <sup>3)</sup>	400		2,8	0,5	20	1	8
—	3,7	22	6	(12,5)	0,8		6,5	3	
3,8	2,4	20	700		1,7	1	12,5	3	9
	3,7	50			0,8		7	3	
0,9	2,2				1,7	0,8	12,5	3	10
7	6,4	9,5	20	3,5	7	1,8	50	2	
	2,5	70			1		15	3	11
	4	65			1		12	3	
3,1	10	36 <sup>3)</sup>	150		4	1,7	40	2	12
	1,6	100			0,5		4	2	
6	10	21 <sup>3)</sup>	48	4	9	1,5	55	1	13
2,5	7,4	50 <sup>3)</sup>	500		2,5	0,7	15	1	14
0,5	2	38 <sup>3)</sup>	2 500		1	0,2	6	3	15
4,5	12,5		500		2,5	0,65	20	1	14
4,1	15	60 <sup>3)</sup>	380		2,5	0,9	25	1	14
2,8	6	5,5 <sup>3)</sup>	11		8	4,5	180	0,5	16
10,8	9	10 <sup>3)</sup>	20	4	9	2,5	75	1	17
5	10,5	24 <sup>3)</sup>	100		9	2	70	1	18
4,1	10	19 <sup>3)</sup>	30	4,3	12	1,5	75	1	17
5	10	8 <sup>3)</sup>	23	5,6	12	1,8	100	1	17
$\alpha=25/45^\circ$		$R_a=500$ k			0,2	$U_1>160$ V	4	3	19
$\beta=80/3^\circ$		$R_a=470$ k			0,8	$U_1>200$ V	10	3	19
$l_1 21/0$ mm		$R_a=500$ k			0,5	$U_1>170$ V	3	3	20

<sup>2)</sup> Souhrnný ztrátový výkon obou triodových systémů.

<sup>3)</sup> Zesilovací činitel  $\mu_{g2, g1}$ .

Tabulka 117. Hodnoty přijímacích elektronek TESLA  
Sériové žhavení

Typ	Žhavení		Druh	Provozní			
	$U_t$ [V]	$I_t$ [A]		$U_a$ [V]	$U_{g2}$ [V]	$U_{g1}$ [V]	$I_a$ [mA]
PABC80	9,5	0,3	trojitá dioda, nf trioda	250		-3	1
PC86	3,8	0,3	strmá vf trioda	175		-1,5	12
PC88	3,8	0,3	strmá vf trioda	160		-1,25	12,5
PCC84	7,2	0,3	dvojitá trioda	90		-1,5	12
PCC85	9	0,3	dvojitá trioda	170		-1,5	10
PCC88	7	0,3	dvojitá trioda	90		-1,3	12
PCF82	9,5	0,3	vf trioda vf pentoda	150 250	110	-1,0 -0,9	18 10
PCL82	16	0,3	nf trioda koncová pentoda	100 200	200	0 -16	3,5 35
PCL84	15	0,3	nf trioda koncová pentoda	200 200	200	-1,7 -2,9	3 18
PCL85 PCL805	18	0,3	trioda pentoda	100 50 <sup>1)</sup>	170	0 -1	6 200 <sup>1)</sup>
PCL86	14,5	0,3	nf trioda koncová pentoda	230 230	230	-1,7 -5,7	1,2 39
PL81	21,5	0,3	koncová pentoda	200	200	-28	40
PL82	16,5	0,3	koncová pentoda	170	170	-10	53
PL83	15	0,3	strmá pentoda	200	200	-3,5	36
PL84	15	0,3	nf výkonová pentoda	170	170	-12,5	70
PL500	27	0,3	výkonová pentoda	75 <sup>1)</sup>	200	-10	440 <sup>1)</sup>
PL504	27	0,3	výkonová pentoda	50 <sup>1)</sup>	200	-10	420 <sup>1)</sup>
PL509	40	0,3	výkonová pentoda pro barevnou televizi	160 <sup>2)</sup>	160	-100	1000 <sup>2)</sup>
PM84	4,5	0,3	indikátor vyladění	170	$U_1 =$ $=170$	0/-15	0,3/0,04

1) Impulsový provoz — řádkové vychylování v televizních přijímačích.

2) Impulsový provoz — řádkové vychylování v přijímačích pro barevnou televizi.



Tabulka 117. (pokračování)

hodnoty					Mezní hodnoty				Pa- tice		
$I_{g2}$ [mA]	$S$ [mA/V]	zesilovací činitel $\mu$	$R_1$ [k $\Omega$ ]	(zesílení) výkon $P_0$ [W]	$P_a$ [W]	$P_{g2}$ [W]	$I_k$ [mA]	$R_{g1}$ [M $\Omega$ ]			
	1,2	70	58	(50)	1		5	3	1		
	14	70	4		2,2		20	1	3		
	13,5	65	4,9		2		13	0,5	21		
	6	24	4		2	3,5 <sup>3)</sup>	15	I-0,5 II-0,02	5		
	6,2	50	9,7		2,5	4,5 <sup>3)</sup>	15	1	6		
	12,5	33	2,6		1,8		25	1	7		
	8,5	40	4,7		2,7		20	1	8		
3,5	5,2	25 <sup>3)</sup>	400		2,8	0,5	20	1			
	2,5	70			1		15	3	11		
8	7,5	9,5 <sup>3)</sup>	16	3,3	7	1,8	50	2			
	4	65			1		12	3			
3,1	10,4	36 <sup>3)</sup>	130		4	1,7	40	2	12		
	5,5	50	9		0,5		15	3			
45	7,5			3	7	1,5	75	2,2	22		
	1,6	100	62,5	3,25	0,5		4	2	13		
6,5	10,5	21 <sup>3)</sup>	45		9	1,5	55	1			
	2,8	5,5 <sup>3)</sup>	11		8	4,5	180	0,5	16		
10	9	10 <sup>3)</sup>	20	4	9	2,5	75	1	17		
	5	10,5	24 <sup>3)</sup>	100	9	2	70	1	18		
	5	10	8 <sup>3)</sup>	33	12	1,75	100	1	17		
30					17	5	250	0,5	23 <sup>4)</sup>		
37					17	6,3	250	0,5	23 <sup>4)</sup>		
45					30	7,2	1 200	0,5	24 <sup>4)</sup>		
$l_1 = 20/0 \text{ mm}$					$R_a =$ $= 500 \text{ k}\Omega$		0,5	$U_1 >$ $> 70 \text{ V}$	3	3	20

 3) Zesilovací činitel  $\mu_{g2/g1}$ 

4) Patice mangoval.

5) Souhrnný ztrátový výkon obou triodových systémů.

Tabulka 118. Hodnoty přijímacích elektronek TESLA (patice dekal)

Paralelní žhavení

Typ	Žhavení		Druh	Provozní			
	$U_f$ [V]	$I_f$ [A]		$U_a$ [V]	$U_{g2}$ [V]	$U_{g1}$ [V]	$I_a$ [mA]
ECF200	6,3	0,41	trioda pentoda	170 160	120	-1 -1,7	8,5 13
ECF201	6,3	0,41	trioda řízená pentoda	100 160	110	-2 -1,4/-8	14 13/0,1
ECH200 <sup>1)</sup>	6,3	0,435	trioda heptoda	100 14	14	-1 0	9 0,75
ECL200	6,3	0,74	trioda pentoda	200 150	220	-1,5 -2,1	8,5 40

1) Jako oddělovací stupeň a zesilovač synchronizačních impulsů v televizních přijímačích.

2) zesilovací činitel  $\mu_{g2/g1}$ .

## 2.6.2. Hodnoty elektronek

používaných v současné době v rozhlasových a televizních přijímačích, zesilovačích a magnetofonech.

Tabulky 116 a 117 obsahují elektrony s devítikólkovou (novalovou) patičí, tab. 118 a 119 obsahují elektrony s desetikólkovou (dekalovou) patičí (ty se používaly převážně v dovážených přístrojích, zejména v televizech z MLR). V tab. 120 jsou usměrňovací a spínací diody s novalovou patičí.

Význam symbolů v tabulkách

Napětí

$U_f$  — žhavicí napětí,

$U_a$  — anodové stejnosměrné napětí,

$U_{g2}$  — napětí stínící mřížky,

$U_{g2,4}$  — napětí spojených mřížek  $g2 + g4$ ,

$U_{g1}$  — předpětí řídicí mřížky,

$U_1$  — napětí stínítka indikátoru vyladění,

$U_{inv}$  — inverzní napětí usměrňovacích elektronek.

Tabulka 118. (pokračování)

hodnoty					Mezní hodnoty				Pati- ce
$I_{g2}$ [mA]	$S$ [mA/V]	zesilova- cí činitel $\mu$	$R_1$ [k $\Omega$ ]	(zesílení) výkon $P_0$ [W]	$P_a$ [W]	$P_{g2}$ [W]	$I_k$ [mA]	$R_{g1}$ [M $\Omega$ ]	
5	5,2 14	57 53 <sup>2</sup> )			1,5 2,1	0,75	18 20	1 1	30
5,3	4,8 12,6	17,5 45 <sup>2</sup> )			1,5 2,1	0,75	18 20	1 1	30
1,3	8,8	50			1,5 0,5	0,5	20 8	3 3	31
8	5,2 28	55	22		1,7 6	2,5	15 85	0,5 0,5	32

### Proudy

- $I_f$  — žhavicí proud,
- $I_a$  — anodový stejnosměrný proud,
- $I_{g2}$  — proud stínící mřížky,
- $I_{g2,4}$  — proud spojených mřížek  $g2 + g4$ ,
- $I_k$  — katodový proud.

### Výkon nebo příkon

- $P_0$  — výstupní střídavý výkon (hodnota v závorce označuje zesílení),
- $P_a$  — anodový příkon (ztrátový výkon anody),
- $P_{g2}$  — příkon (ztrátový výkon) stínící mřížky,
- $P_{g2,4}$  — příkon spojených mřížek  $g2 + g4$ .

### Odpory

- $R_a$  — odpor v anodovém obvodu,
- $R_1$  — vnitřní odpor elektronky,
- $R_{g1}$  — odpor v obvodu mřížky  $g1$ ,
- $R_{g2}$  — odpor v obvodu mřížky  $g2$ ,
- $R_k$  — odpor v katodě.

Tabulka 119. Hodnoty přijímacích elektronek TESLA

Sériové žhavení

Typ	Žhavení		Druh	Provozní			
	$U_f$ [V]	$I_f$ [A]		$U_a$ [V]	$U_{g2}$ [V]	$U_{g1}$ [V]	$I_a$ [mA]
PCF200	8	0,3	trioda pentoda	170 160	130	-1 -1,7	8,5 13
PCF201	8	0,3	řízená pentoda trioda	160 100	110	-1,4/-9 -2	13/0,1 14
PCH200 <sup>1)</sup>	9,2	0,3	trioda heptoda	100 14	14	-1 0	9 0,75
PCL200	15,5	0,3	trioda pentoda	200 150	220	-1,5 -2,1	8,5 40

1) Jako oddělovací stupeň a zesilovač synchronizačních impulsů v televizních přijímačích.

2) zesilovací činitel  $\mu_{g2/g1}$ .

Ostatní znaky

- $S$  — statická strmost elektrony,  
 $\mu$  — zesilovací činitel mezi mřížkou a anodou,  $\mu_{a/g1}$ ,  
 $\mu_{g2/g1}$  — zesilovací činitel mezi mřížkami  $g_2$  a  $g_1$ ,  
 $\alpha$  — úhel svítící části indikátoru,  
 $\beta$  — úhel nesvítící části indikátoru,  
 $l_1$  — délka světelného sloupce.

*Poznámka:* U pentod, heptod a podobných elektronek s více mřížkami se uvádí zesilovací činitel mezi stínicí a řídicí mřížkou  $\mu_{g2/g1}$ . Ten se přibližně rovná zesilovacímu činiteli této elektrony v tzv. triodovém zapojení, kdy stínicí mřížka je spojena s anodou. Zesilovací činitel anoda — řídicí mřížka  $\mu_{a/g1}$  má u těchto elektronek velikost řádově několik tisíc, např. u pentody EF80 je  $\mu = 3700$ , EF84 má  $\mu = 5700$ . Prakticky tento zesilovací činitel nemá význam, a proto se většinou neuvádí. Lze ho ovšem vypočítat z obměny Barkhausenovy rovnice

$$\mu = R_1 S \quad [\text{k}\Omega, \text{mA/V}]$$

Tabulka 119. (pokračování)

hodnoty					Mezní hodnoty				Pati- ce
$I_{g2}$ [mA]	$S$ [mA/V]	zesilova- cí činitel $\mu$	$R_{i1}$ [k $\Omega$ ]	(zesílení) výkon $P_0$ [W]	$P_a$ [W]	$P_{g2}$ [W]	$I_k$ [mA]	$R_{g1}$ [M $\Omega$ ]	
5	5,2	57 53 <sup>2)</sup>			1,5	0,75	18	1	30
	14				2,1		20	1	
5,3	12,0	45 <sup>2)</sup> 17,5			2,1	0,7	20	1	30
	4,8				1,5		18	1	
1,3	8,8	50			1,5	0,5	20	3	31
					0,5		8	3	
8	5,2	55	22		1,7	2,5	15	0,5	32
	28				6		85	0,5	

Poznámka: Některé hodnoty, např.  $R_{i1}$ ,  $P_0$  aj. výrobce neuvádí vzhledem ke speciálnímu použití a provozním podmínkám. Zesilovací činitelem  $\mu$  pentod nebo heptod je míněn poměr  $\mu_{g2/g1}$  — tedy zesilovací činitel mezi stínicí mřížkou a řídicí mřížkou.

V tabulkách nejsou uvedeny elektronky pro průmyslové použití a speciální typy, označené např. ECC803S, EF800 nebo E88CC apod. Ty se vyznačují velkou provozní spolehlivostí, dlouhou dobou života (výrobce zaručuje 10 000 provozních hodin), malými tolerancemi veličin, popř. speciálními technologiemi emisního povrchu katody, ale jinak mají stejné hodnoty a zapojení patice jako odpovídající typy běžné jakosti.

Např. elektronka ECC802S odpovídá typu ECC82, je však otřesuvzdorná, s dlouhou dobou života, velkou spolehlivostí v provozu a má přesně dané tolerance hodnot. Proti údajům u elektronky ECC82 v tab. 116  $I_a = 10,5$  mA nebo  $S = 2,2$  mA/V se udává pro typ ECC802S  $I_a = 10,6 \pm 1,9$  mA,  $S = 2,2 \begin{smallmatrix} +0,5 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$  mA/V atd. Běžné elektronce EF80 odpovídá speciální typ EF800, nízkofrekvenční zesilovací pentodě EF86 odpovídá typ EF806S, která nemá takový sklon k mikrofoničnosti.

Tabuška 120. Usměrňovací a spínací diody

Typ	Druh	Žhavení		Největší střídavé napětí	Největší stejnosem- ný proud [mA]	Pati- ce
		$U_t$ [V]	$I_t$ [A]			
DY86 DY87 <sup>1)</sup>	jednocestný usměrňovač	1,4	0,55	22 kV	0,8/402 <sup>5)</sup>	40
EY82	jednocestný usměrňovač	6,3	0,9	280 V	180/1 100 <sup>3)</sup>	41
EY83	spínací dioda	6,3	0,95	5 kV <sup>6)</sup>	175/500 <sup>5)</sup>	42
EY86 EY87 <sup>1)</sup>	jednocestný usměrňovač	6,3	0,09	22 kV	0,8/402 <sup>5)</sup>	40
EY88	spínací dioda	6,3	1,3	6 kV <sup>6)</sup>	220/550 <sup>5)</sup>	42
EY500	spínací dioda	6,3	2,1	7 kV <sup>6)</sup>	440/800 <sup>5)</sup>	43
EZ80	dvojcestný usměrňovač	6,3	0,6	2 × 350 V	90/270 <sup>5)</sup>	44
EZ81	dvojcestný usměrňovač	6,3	1,0	2 × 350 V	150/450 <sup>5)</sup>	44
PY82	jednocestný usměrňovač	19	0,3	250 V	180 <sup>4)</sup>	41
PY83	spínací dioda	20	0,3	5 kV <sup>6)</sup>	175/500 <sup>5)</sup>	42
PY88	spínací dioda	30	0,3	6 kV <sup>6)</sup>	220/550 <sup>5)</sup>	42
PY500	spínací dioda	42	0,3	7 kV <sup>6)</sup>	440/800 <sup>5)</sup>	43

<sup>1)</sup> S povlakem proti přeskokům při vyšší vlhkosti vzduchu.

<sup>2)</sup> Maximální výstupní stejnosměrné napětí 18 kV, proud 0,15 mA.

<sup>3)</sup> Stejnosemné výstupní napětí 260 V, proud 350 mA (2 elektronky, dvojcestně).

<sup>4)</sup> Stejnosemné výstupní napětí 250 V, proud 180 mA.

<sup>5)</sup> Vrcholová hodnota.

<sup>6)</sup> Nejdéle po dobu 18  $\mu$ s.

## 2.7. Polovodičové součástky

### 2.7.1. Materiály a technologie

Možnost výběru vhodného typu polovodičových diod nebo tranzistorů ze současného výrobního sortimentu je bohatá a vyráběné řady polovodičových součástek se stále rozšiřují. Víceletý rozvoj v mnohém připomíná podobný vývoj elektrovakuových prvků, kdy např. nové typy elektronek předstihovaly stávající typy v dosažené strmosti, anodových ztrátách, mezních kmitočtech atd. Jak v oboru elektronek, tak i v oboru polovodičů často nový typ vycházel z nového, dokonalejšího technologického výrobního postupu, který umožnil zlepšení některých parametrů součástky. Rozhodující úlohu hrál i výchozí polovodičový materiál.

Používá se některý ze čtyřmocných chemických prvků, nejčastěji germanium (Ge) nebo křemík (Si). Tyto prvky jsou však v dokonale čistém stavu a při teplotě blízké absolutní nule nevodivé. Požadovaná hodnota a typ elektrické vodivosti (PNP nebo NPN) se dosahují přidáváním příměsí atomů vhodných chemických prvků v tak nepatrném množství, že neporuší strukturu krystalu základního polovodiče, ale ovlivní jeho elektrické vlastnosti.

Přidáním některého z pětimocných prvků, např. arsenu, fosforu nebo antimonu se některé atomy původního polovodiče nahradí atomy použitého příměšového prvku. V krystalické mřížce vznikají volné elektrony, které pak vlivem působení elektrického pole postupují krystalem polovodiče a přenášejí elektrický náboj. Vzniká tzv. elektronová vodivost, označovaná také jako vodivost N. Přidáním některého trojmocného chemického prvku, např. india, galia, boru apod. se v původním polovodiči vytvářejí pohyblivá volná místa, tzv. díry. Vlivem elektrického pole mohou do nich přejít elektrony z okolních atomů a tak se poloha děr mění jako kdyby krystalem postupovala kladně nabitá částice. Hovoříme o děrové vodivosti neboli o vodivosti P.

Střídáním vrstev P a N vznikají polovodičové součástky s různou strukturou a tím i s různými elektrickými vlastnostmi.

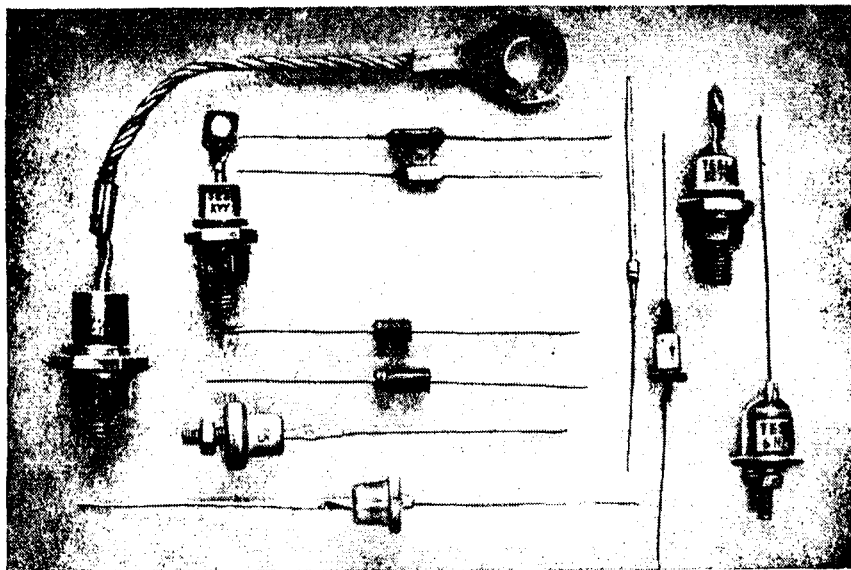
- A. Struktura se dvěma vrstvami — P a N — má jeden přechod PN (oblast, kde se mění vodivost typu P na N). Tento přechod má usměrňovací vlastnosti, tj. různou elektrickou vodivost v propustném a závěrném směru procházejícího proudu. To je základem polovodičových diod.
- B. Struktura PNP nebo NPN (se třemi vrstvami) má dva přechody a tvoří základ plošných tranzistorů.
- C. Struktura PNPN a NPNP (4 vrstvy) má dva přechody zapojené proti sobě a je základem diodového tyristoru.
- D. Struktura PNPNP nebo NPNNP (5 vrstev) je základem polovodičového spínače, podle konstrukce diodového, triodového nebo tetradového typu.

Elektrickou vodivost polovodičových součástek lze navíc ovlivňovat různými druhy energie, např. teplem, elektrickým nebo magnetickým polem,

elektromagnetickým zařízením, světlem atd. Toho se využívá ke konstrukci speciálních polovodičových součástek, např. fotonek, termoelektrických článků atd.

A. Technologie výroby hrotových diod (dodnes používaných) a původních hrotových tranzistorů (dnes jen historicky významných) byla jednoduchá. Velmi malé destičky germania s vodivostí typu N se u diody dotýká jeden wolframový hrot, zpravidla pozlacený, u hrotového tranzistoru dva zahrocené drátky v malé vzdálenosti od sebe. Hroty se zpravidla přivařují a celek je vestavěn do ochranného vakuově těsného pouzdra s potřebným počtem vývodů. U diody se v místě dotyku hrotu vytvoří přechod PN s velmi malou ploškou, takže může vést jen malý proud. Výhodou je však nepatrná kapacita, a proto schopnost provozu na velmi vysokých kmitočtech, krátká doba zotavení a tím vhodnost pro velmi rychlé spínání. Pro tyto vlastnosti a pro velkou životnost a odolnost proti mechanickým a klimatickým vlivům se hrotové diody používají dodnes.

Vývojově pozdější typy plošných diod vznikly při potřebě usměrňování velkých proudů a vysokých napětí v závěrném směru, což mohla poskytnout jedině velká plocha přechodu PN. S tím je však nutně spojena i velká kapacita přechodu a dlouhá doba zotavení (několik desítek mikrosekund), takže plošné diody se uplatňují jako usměrňovače pro proudy řádu až několik set



Obr. 85. Hrotové, plošné a stabilizační diody



ampérů, ale na nízkých kmitočtech. Provedení hrotových, plošných a stabilizačních diod je na obr. 85.

B. Po hrotovém tranzistoru s četnými nevýhodnými vlastnostmi následoval velmi brzy plošný tranzistor. Jeho základem je v podstatě krystal germania nebo křemíku s třemi vrstvami (dvěma přechody) v uspořádání PNP nebo NPN. Elektrické vlastnosti obou druhů jsou přibližně stejné, liší se především polaritou napájecích napětí (proto pozor, kde je ve schématech  $+U_B$  a  $-U_B$ ). Bázi plošného tranzistoru tvoří střední vrstva, emitorem a kolektorem jsou krajní vrstvy. Vlastnosti tranzistorů závisejí především na jakosti přechodů PN. Plošné tranzistory se vyrábějí třemi základními technologickými postupy podle vytváření přechodu.

1. *Tažení.* Při tažení vzniká přechod PN změnou rychlosti tažení zárodečného krystalu z taveniny, která obsahuje příměsí pro oba typy vodivosti, P i N. Tak se vyráběly tažené tranzistory typu NPN. (Nyní je tažení nahrazeno jinými technologickými postupy.)

2. *Slévání.* Při slévání (legování) se na jedné straně tenké polovodičové destičky (s vodivostí P nebo N) vytvoří z polovodiče opačné vodivosti oblast emitoru, na druhé straně oblast kolektoru. Základní destička tvoří bázi. Slitinné tranzistory lze vyrábět jak se strukturou PNP, tak NPN.

3. *Difúze.* To je postup, při kterém se základní polovodičový materiál (kolektor) obohacuje atomy příměsí za vysoké teploty.

Při dalším rozvoji polovodičové techniky byly tyto tři základní technologické metody různé kombinovány nebo se používaly jejich varianty.

Např. tranzistor difúzně slitinnový má bázi vytvořenou difúzí příměsí s vodivostí opačnou, než má základní polovodičový materiál (kolektor). Emitor a kontakt s difundovanou bází je vytvořen sléváním.

Pro speciální funkce byl vyvinut např. tranzistor s povrchovou bariérou nebo tranzistor s nehomogenní bází (zvaný také driftový), v jehož bází má koncentrace příměsí určitý spád; příměs má elektrickou vodivost téhož typu jako základní polovodičový materiál.

Tranzistor mikroslitinnový má miniaturní slitinné přechody vytvořené sléváním elektrolyticky nanesené vrstvy india při dodatečném ohřátí.

Mezi variantami technologických postupů je nejznámější technika mesa, nazvaná podle polovodičového přechodu ve tvaru vyvýšené plošky („mesa“ je španělský název náhorní roviny). Tento tvar se získá odleptáváním okolního materiálu z povrchu základní polovodičové destičky, která byla původně opatřena vrstvou s vodivostí typu P nebo N, popř. P i N a byla vytvořena postupnou difúzí a sléváním.

V posledních letech se rozvinula zejména výroba planárních a epitaxních tranzistorů a typů vyráběných kombinací stejnojmenných technologií.

Planární technologie vytváří oblasti s vodivostí typu P nebo N v otvorech ochranné povrchové vrstvy na základním polovodičovém materiálu. K zakrytí určitých částí materiálu se používá fotomaskovací technika nebo pasivace povrchu.

Epitaxe je v podstatě orientovaný růst nebo nanášení monokrystalické

vrstvy na podložku. Monokrystalická podložka a nanesená vrstva mohou mít stejnou nebo odlišnou krystalovou strukturu.

Nověji se používá také tzv. iontová implantace, při které se oblasti s vodivostí P nebo N vytvářejí v polovodičové podložce implantací urychlených iontů ve vakuu.

Volba určité výrobní technologie i vlastní konstrukce tranzistoru se řídí požadavky hlavního oboru jeho použití. Velikost mezního kmitočtu rozhoduje, zda určitý typ tranzistoru je vhodný pro nízkofrekvenční nebo vysokofrekvenční aplikaci, popř. pro spínací funkce. Dosažený ztrátový výkon určuje, zda je tranzistor vhodný pro zesilování nebo spínání malých nebo velkých výkonů.

Všechny dosud zmíněné druhy a typy tranzistorů se označují souhrnně jako tranzistory bipolární.

Jako tranzistor unipolární bývá označován tranzistor řízený elektrickým polem neboli FET (z angl. Field Effect Transistor). Tento tranzistor se často používá v elektronice zejména pro svůj značně velký vstupní odpor, ekvivalentní vstupnímu odporu elektronek. Pracuje na základě působení elektrického pole na vodivý kanál v polovodičovém materiálu. Má tři elektrody na základní destičce; označují se — odlišně od bipolárních tranzistorů — podle anglických názvů:

D (drain) = kolektor, G (gate) = hradlo, S (source) = emitor.

Změnou předpětí přechodu PN se řídí vodivost kanálu a tím proud procházející mezi elektrodami S a D. Někdy se tranzistory řízené elektrickým polem dělí na tři typy

- a) tranzistor s plošným přechodem PN,
- b) tranzistor typu MOS, což je zkratka z angl. názvu použitých materiálů Metal — Oxide — Semiconductor (kov — kysličník — polovodič), popř. MOSFET (tranzistor řízený polem s hradlem izolovaným dielektrickou vrstvou),
- c) tranzistor typu TFT (z angl. Thin Film Transistor, tenkovrstvý tranzistor).

C. Mezi struktury se čtyřmi vrstvami a třemi přechody patří především diodový tyristor. Je to bistabilní dioda, zpravidla z křemíku, se dvěma elektrodami. Je řízena napěťovým impulsem, jímž se napětí na diodě zvýší nad hodnotu spínacího napětí podobně jako u výbojky. Připojením další elektrody k jedné z vnitřních vrstev lze vytvořit triodový tyristor, označovaný zkráceně tyristor. Diodový tyristor se používá ve funkci bezkontaktního spínače v klopných obvodech, v generátorech impulsů atd.

Tyristor má stejnou strukturu jako diodový tyristor, ale má tři elektrody — anodu, katodu a řídicí elektrodu, vyvedenou z vnitřní vrstvy. Rozsah spínacích napětí je asi od 20 do 1000 V, rozsah spínacího nebo řízeného proudu od 1 A do několika set ampérů. Pro krátkou spínací dobu, mimořádně velkou spolehlivost a dlouhou životnost se tyristory

používají jako řízené usměrňovače a ve výkonových aplikacích podobných jako u diodového tyristoru.

- D. Struktura s pěti vrstvami v uspořádání PNPNP nebo NPNNP se uplatňuje jako bezkontaktní polovodičový spínač. Vznikl spojením dvou čtyřvrstvových struktur do jediné souměrné struktury (diak), která nahrazuje dva tyristory v antiparalelním zapojení. Další spínač — triak — je určen pro dvoucestné spínání střídavého proudu velkých výkonů.

### 2.7.2. Zacházení s polovodičovými součástkami

Některé pokyny pro zacházení s polovodičovými součástkami jsme uvedli již dříve (kap. 1.4.).

Na zakoupené polovodičové součástky — právě tak jako na elektronky — poskytuje výrobce záruku šest měsíců ode dne prodeje. Ten potvrzuje prodejna na záručním lístku nebo obalu; je dobře uschovat si také příslušný pokladní blok (paragon) pro případ reklamace.

Upozornění: Jakýkoli zásah na zakoupené součástce — např. zkrácení vývodů, jejich pájení (i když nebyly zkráceny) ruší záruku! Výrobce pak není povinen vadnou součástku nahradit! Doporučujeme tedy zakoupenou polovodičovou součástku vyzkoušet nebo změřit bez pájení a zkracování vývodů.

Kromě opatrného pájení lze diody, tranzistory a integrované obvody připojovat zasunutím do vhodných objímek, které jsou v prodeji. Usnadní to i případnou výměnu. Naproti tomu zhoršení dotyků v četných kontaktních místech vlivem otřesů a koroze může zhoršit činnost přístroje a způsobit poruchy, šum, praskoty i vynechání činnosti, jejichž původ se velmi obtížně hledá. Náročná a profesionální zařízení proto používají pájení přímo do desek s plošnými spoji — což ovšem zase ztěžuje jejich demontáž, zvláště domácími prostředky.

Některé součástky, jako tranzistory MOSFET s velkým vstupním odporem, diody pro centimetrové vlny a některé integrované obvody jsou choulostivé i na poškození elektrickým výbojem, který na ně může přejít nejen ze síťové elektrické páječky, ale i z ruky pracovníka nebo pracovníce, která např. třením pracovního pláště z umělých vláken o sedadlo může získat značně velký elektrostatický potenciál! Ten se pak při dotyku s choulostivou polovodičovou součástkou vybije a může ji i zničit. Ve výrobě takových přístrojů jsou proto učiněna opatření, aby nedošlo ke vzniku statického náboje nebo aby se tento náboj zneškodnil dříve, než by mohlo dojít k výboji.

Na ochranu hradla tranzistorů MOSFET doporučoval čs. výrobce použití trubičkové doutnavky TESLA FN2. Ta je však poněkud rozměrná a není vždy k dostání. (V zahraničních přístrojích se k tomu účelu používají speciální miniaturní diody, popř. vestavěné přímo do pouzdra tranzistoru).

### 2.7.3. Značení polovodičových součástek

Podobně jako elektronky se i diody a tranzistory označují podle určitého systému, složeného obvykle ze dvou písmen a tří číslic.

První písmeno udává polovodičový materiál

- G — germanium,
- K — křemík.

Druhé písmeno určuje druh polovodičové součástky

- A — dioda demodulační, směšovací apod.,
- B — dioda s proměnnou kapacitou (varikap),
- C — nízkofrekvenční tranzistor zesilovací,
- D — nízkofrekvenční tranzistor výkonový,
- E — tunelová (Esakiho) dioda,
- F — vysokofrekvenční tranzistor,
- H — Hallova sonda na měření magnetického pole,
- L — vysokofrekvenční tranzistor výkonový,
- P — fotonka, fotodioda,
- S — tranzistor pro spínací obvody,
- T — tyristor
- U — výkonový spínací tranzistor,
- Y — výkonová usměrňovací dioda,
- Z — stabilizační nebo referenční dioda.

Někdy se používá ještě třetí písmeno, které většinou označuje součástku speciálních vlastností pro průmyslové účely. Pak je výsledná skupina číslic dvojmístná (10 až 99).

Skupina číslic v druhé části znaku bývá u součástek pro spotřební elektroniku trojmístná (100 až 999).

Příklady: GA204 je germaniová demodulační dioda pro spotřební elektroniku. KY705F je křemíková usměrňovací dioda pro střídavé napětí 220 V a proud 0,7 A. KZ721 je (křemíková) stabilizační dioda pro stabilizaci napětí asi 6,8 V/280 mW.

GC515 je germaniový nf tranzistor PNP s kolektorovou ztrátou  $P_c = 125$  mW. KP508 je vf křemíkový tranzistor s mezním kmitočtem asi 100 MHz. KF272 je křemíkový planární epitaxní tranzistor pro kmitočty ukv do 800 MHz. GD608 je germaniový výkonový vf tranzistor 4 W. KU607 je křemíkový výkonový spínací tranzistor o kolektorové ztrátě 70 W, KUY12 je stejný tranzistor pro průmyslové účely.

Poznámka: Vzhledem k velkému počtu již existujících a stále rozšiřovaných typů polovodičových součástek čs. výroby a z dovozu nemůžeme zde uvádět všechny. Dále proto uvádíme jen reprezentativní výběr k objasnění směrnych hodnot a činnosti. Podrobné údaje jsou uvedeny v doporučené literatuře, jejíž seznam je na konci této příručky (např. [14]).

## 2.7.4. Diody

Princip a konstrukce různých druhů diod byly popsány v kapitole 2.7.1. Hlavní skupiny jsou:

### Hrotové diody

Běžně slouží k detekci nebo demodulaci vř kmitočtů podle typu do 38 až 100 MHz. Speciální druhy pro radarovou techniku a centimetrové vlny pracují s kmitočty řádu 2 až 13 GHz (1 GHz = 1000 MHz).

Hrotové germaniové diody TESLA byly dříve skleněné, o průměru 7 mm a (podle staršího systému TESLA) byly označeny 1NN41 až 7NN41. Rozlišovaly se barevným proužkem, umístěným na straně krystalu (katody).

Dnes se dodávají miniaturní hrotové diody TESLA v pouzdru z černého plastu, o průměru 2,7 a délce 7,6 mm s axiálními vývody. Hodnoty a barevné označení jsou v tab. 121. Typ GA206 se dodává párováný (2-GA206) pro poměrové detektory. Křemíkové a malé stabilizační diody se od r. 1975 vyrábějí také se skleněným pouzdrem a s označením barevnými proužky podle zvláštního kódu.

Tabulka 121. Hrotové germaniové diody

Typ	$I_{AK}$ při $U_{AK}$		$I_{KA}$ při $U_{KA}$		$U_{KAmax}$ [V]	$\theta_a$ [°C]	$I_0$ [mA]	Barva
	[mA]	[V]	[ $\mu$ A]	[V]				
GA200	2,5	1	1 600	50	50	+25	15	hnědá
GA201	5	1	200	15	15	+25 až +60	15	bílá
GA202	5	1	100	10	30	+25 až +60	15	žlutá
GA203	5	1	25	50	75	+25	20	modrá
GA204	5	1	25	10	120	+25	20	zelená
GA205	5	1	100	10	15	+25 až +60	15	červená
2GA206	5	1	25	10	30	+25 až +60	2,5	fialová
GA207	1,5	1	0,1 $I_{AK}$	1	20	+25	—	khaki
Diody se zlatým hrotem								
OA5	10	0,55	6	10	100			
OA9	10	0,42	7	10	25			
GAZ51	10	0,5	3	25	25			
4GAZ51*)								

\*) Čtveřice diod pro kruhové modulátory.

Poznámka: Podle sdělení výrobce se od roku 1976 dodávají některé hrotové diody (KA206, KA207, KA221 až KA225 aj.) také ve skleněném pouzdru max. průměru 2 mm a délky asi 4,2 mm s axiálními vývody délky 25 mm, označené 3 až 4 barevnými proužky podle zvláštního kódu. Stejně tak i některé stabilizační diody s novým označením např. KZ260/5V6 tj. se Zenerovým napětím od 5,2 do 6 V a další.

## Význam symbolů v tabulkách polovodičových součástek

$\alpha$	— proudový zesilovací činitel tranzistoru v zapojení se společnou bází (SB),
$\beta$	— proudový zesilovací činitel tranzistoru v zapojení se společným emitorem (SE),
$f, f_{\beta}$	— mezní kmitočet tranzistoru v zapojení SB,
$f_T$	— mezní kmitočet tranzistoru v zapojení SE, <sup>1)</sup>
$I_{AK}$	— proud diody v propustném směru,
$I_{AKM}$	— vrcholová hodnota tohoto proudu,
$I_C$	— kolektorový proud tranzistoru,
$I_{CBO}$	— zbytkový proud mezi kolektorem a bází při $I_E = 0$ ,
$I_{KA}$	— proud diody v závěrném směru,
$I_0$	— usměrněný proud,
$I_P$	— proud vrcholu <sup>2)</sup> ,
$I_V$	— proud sedla <sup>2)</sup> ,
$P_C$	— kolektorová ztráta,
$r_d, r_{KA}$	— dynamický odpor stabilizační diody,
$R_0$	— ochranný odpor v sérii s diodou,
$R_s$	— sériový odpor kapacitních diod,
$U_{acf}$	— efektivní střídavé napětí (na anodě diody),
$U_{AK}$	— napětí na diodě v propustném směru,
$U_{CB}$	— napětí mezi kolektorem a bází,
$U_{CE}$	— napětí mezi kolektorem a emitorem,
$U_{KA}$	— napětí diody v závěrném směru,
$U_0$	— usměrněné napětí,
$U_P$	— napětí vrcholu <sup>2)</sup> ,
$U_V$	— napětí sedla <sup>2)</sup> ,
$U_Z$	— stabilizační napětí.

1)  $f_T = f_{\beta} \cdot |h_{21E}|$ , kde  $f_{\beta}$  je mezní kmitočet v zapojení SE,  $|h_{21E}|$  absolutní hodnota zesilovacího činitele.

2) Pro charakteristiky tunelových diod.

### Plošné diody

Plošné diody mají ve srovnání s hrotovými diodami daleko větší plochu polovodičového přechodu (odtud i jejich název). Vzhledem k tomu je lze zatěžovat daleko větším proudem, a proto se používají k usměrňování střídavého napětí v napájecích zdrojích místo usměrňovacích elektronek. Zpočátku se vyráběly plošné diody germaniové, v současné době se dodávají usměrňovací plošné diody výhradně křemíkové. I když mají o něco větší odpor v propustném směru, snesou daleko vyšší oteplení při provozu, takže je u nich přípustné větší zatížení. Mohou však pracovat jen do několika kilohertzů. Plošné usměrňovací diody mají oproti usměrňovacím elektronkám mnoho výhod: mají mnohem menší rozměry (křemíková dioda pro 250 V a proud 0,7 až 1 A má průměr jen maximálně 10 mm a délku 8,5 až 12 mm,

se šroubem k upevnění na chladičí desku nebo drátovými axiálními vývody), nemají žhavou katodu, a proto nepotřebují žhavicí příkon atd. Proti elektronkám mají ovšem určitý zpětný proud (i když u křemíkových diod zanedbatelný), který je závislý na teplotě, jako u všech polovodičů. N. p. TESLA Rožnov dodává plošné diody pro napětí od 24 do 250 V a proud 0,3 až 20 A — kromě bloků sestavených z většího počtu diod pro usměrňování střídavého napětí od 200 do 4250 V a pro malé proudy i více.

Tabulka 122. Křemíkové diody

Typ	$I_{AK}$ při $U_{AK}$		$I_{KA}$ při $U_{KA}$		$U_{KA}$ [V]	$I_0$ [mA]	Barevné označení
	[mA]	[V]	[ $\mu$ A]	[V]			
40NQ70 <sup>1)</sup>	max 3	2,5	—	—	2,5	0,45	—
KA501	min 9	1	< 50	50	50	30	—
KA501 výběr	9	1	3	100	115	50	bílé
KA502	9	1	1	100	115	50	žluté
KA503	9	1	1,5	200	215	50	modré
KA504	9	1	1	100	115	50	zelené

1) Detekční dioda pro kmitočty 8,2 až 12,4 GHz.

Tabulka 123. Křemíkové usměrňovací diody

Typ	$I_{AK}$ při $U_{AK}$		$I_{KA}$ při $U_{KA}$		$U_{aet}^{1)}$ [V]	$U_{KA}$ [V]	$R_0$ [ $\Omega$ ]
	[A]	[V]	[ $\mu$ A]	[V]			
KY701F, KY701R	0,7	1,1	50	80	30	30	0,4
KY702F, KY702R	0,7	1,1	50	150	60	150	0,6
KY703F, KY703R	0,7	1,1	50	250	125	300	1,2
KY704F, KY704R	0,7	1,1	50	400	250	600	2,5
KY705F, KY705R	0,7	1,1	50	700	380	900	4
KY706F, KY706R	0,7	1,1	50	900	500	1 000	5
KY721F	1	1,15	50	80	30	80	0,4
KY722F	1	1,15	50	150	60	150	0,6
KY723F	1	1,15	50	250	125	300	1,2
KY724F	1	1,15	50	400	250	600	2,5
KY725F	1	1,15	50	700	380	900	4
KY726F	1	1,15	50	900	500	1 000	5
KA220/05 <sup>2)</sup>	0,5	5	< 80	600	220 <sup>3)</sup>	700	7

1) Pro odporovou zátěž. Při kapacitní zátěži smí být  $U_{aet}$  jen asi poloviční.

2) Usměrňovač staršího označení z několika diod v sérii pro síťové zdroje.

3)  $U_{aet}$  pro kapacitní zátěž.

Poznámka: Typy KY701R až KY706R mají ve srovnání s typy KY701F až KY706F obrácenou polaritu vývodů; typy s označením R jsou neperspektivní.

Tabulka 123a. Křemíkové usměrňovací diody z plastu

Typ	$U_F^1)$ při $I_F$ max		$I_R^3)$ při $U_R^3)$		$U_{aef(R)}$ [V]	$U_{aef(C)}$ [V]	$R_0^4)$ min [Ω]	Barevný znak katody
	[V]	[A]	[μA]	[V]				
KY130/80	1	0,3	10	80	30	15	2	zelená
KY130/150	1	0,3	10	150	60	30	4	modrá
KY130/300	1	0,3	10	300	125	60	8	červená
KY130/600	1	0,3	10	600	250	125	16	bílá
KY130/900	1	0,3	10	900	380	190	27	žlutá
KY130/1 000	1	0,3	10	1 000	500	250	35	šedá
KY132/80	1,15	1 <sup>2)</sup>	10	80	—	15	1	zelená
KY132/150	1,15	1	10	150	—	30	1,15	modrá
KY132/300	1,15	1	10	300	—	60	2,5	červená
KY132/600	1,15	1	10	600	—	125	4	bílá
KY132/900	1,15	1	10	900	—	200	7	žlutá
KY132/1 000	1,15	1	10	1 000	—	230	8	šedá
KY132/1 250	1,15	1	10	1 250	—	260	6	

1) Úbytek napětí na diodě v propustném směru.

2) Hodnoty pro odporovou zátěž. Při kapacitním vstupu filtru pouze 0,8 A (pro všechny typy).

3) Hodnoty pro závěrný směr.

4) Ochranný sériový odpor.

Poznámka:  $U_{aef(R)}$  znamená střídavé napětí pro diodu s odporovou zátěží.

$U_{aef(C)}$  znamená střídavé napětí pro diodu s filtrem začínajícím kondenzátorem.

Tabulka 123b. Křemíkové usměrňovače vysokého napětí

Typ	$U_F^1)$ při $I_F$		$I_R^3)$ při $U_R^3)$		Rozměr a provedení průměr × délka [mm]	Použití
	[V]	[A]	[μA]	[kV]		
KY173	26	0,015	10 100	18 25	axiální vývody 8,2 × 46	Usměrňovač 18 kV pro televizní přijímač
KYX29/75 KYX29/155	85 250	0,05 0,05	5 5	75 155	16 × 142 vývody 16 × 205 na čepičkách	Usměrňovače pro průmyslové účely, 75 a 155 kV

Význam poznámek jako pod tabulkou 123a.



Jakýmsi přechodem mezi hrotovými a plošnými diodami jsou diody s přivařeným hrotem. Pro svou menší vnitřní kapacitu pracují sice do vyšších kmitočtů než plošné diody, ale s malými proudy. Používají se ke spínacím účelům.

Přehled hlavních křemíkových diod je v tab. 122.

Křemíkové usměrňovací diody výkonové jsou uvedeny v tab. 123 a 123a.

Hlavní křemíkové diody pro vysoké napětí jsou v tab. 123b.

### *Kapacitní, stabilizační, tunelové a referenční diody*

Dále uvádíme několik skupin speciálních diod podle účelu, k němuž jsou určeny.

#### a) *Kapacitní diody*

Polovodičové diody, u kterých se využívá napěťová závislost kapacity přechodové vrstvy PN, patří do skupiny kapacitních diod. Pracují-li jako proměnné kondenzátory, nazývají se také varikapy, slouží-li k násobení kmitočtu, nazývají se varaktory. Diody používáme v zapojení polarizovaném v závěrném směru, tj. vrstva typu P je zapojena na záporný pól a vrstva typu N na kladný pól zdroje. Se zvyšujícím se napětím se kapacita diody zmenšuje. Nejmenší dosažitelná kapacita je omezena maximálním přípustným napětím na přechodu v závěrném směru. Výkon potřebný k ovládnutí kapacity je nepatrný, protože v rozsahu řídicího napětí prochází přechodem jen velmi malý závěrný proud.

Kapacita diody je od několika pikofaradů do několika set pikofaradů a závisí na napětí. Teplotní závislost kapacity je malá a lze ji srovnat s teplotní závislostí vzduchových kondenzátorů.

Vedle kapacity je důležitým parametrem kapacitní diody ztrátový činitel  $tg \delta$ , resp. činitel jakosti  $Q$ , převrácená hodnota ztrátového činitele. Činitel jakosti kapacitní diody je tím menší, čím vyšší je sériový odpor diody  $R_s$ . Ten se skládá z odporu přívodů, kontaktu a odporu polovodičového materiálu. Sériový odpor  $R_s$  jednotlivých typů kapacitních diod výrobce udává. Aby kapacitní dioda pracovala i při vyšších kmitočtech, musí být jeho hodnota co nejmenší.

Kapacitní diody nacházejí použití v nejrůznějších oborech elektroniky jak spotřební, tak i investiční. Používají se místo ladičích kondenzátorů v rozhlasových a televizních přijímačích a lze je použít v oscilátorech na do ladování. Varaktory se uplatňují v reaktančních zesilovačích a násobičích kmitočtu. Proměnným prvkem je potenciometr, odkud se přivádí napětí na kapacitní diodu.

Typy kapacitních diod, které vyrábí TESLA, jsou v tab. 124.

Kapacitní diody KA201 až KA202 mají celoskleněné miniaturní provedení. Systém je hermeticky uzavřen. Katoda je označena barevným proužkem.

Typ KB105A až KB105C je křemíková planárně epitaxní dioda — varikap — s napěťově závislou kapacitou přechodu pro obvody samočinného

Tabulka 124. Kapacitní diody TESLA

Typ	KA201	KA202
kapacita $C_{KA1}$ [pF] ( $U_{KA1} = 4 \text{ V}$ ; $f = 0,5 \text{ MHz}$ ) $C_{KA1}$ [pF] ( $U_{KA1} = 3 \text{ V}$ ; $f = 1 \text{ MHz}$ )	22 (15 až 30)	36 (25 až 50)
Poměr kapacit $C_{KA1} : C_{KA2}$ ( $U_{KA1} : U_{KA2} = 4 \text{ V} : 10 \text{ V}$ ) $f = 0,5 \text{ MHz}$ $C_{KA1} : C_{KA2}$ ( $U_{KA1} : U_{KA2} = 3 \text{ V} : 30 \text{ V}$ ) $f = 1 \text{ MHz}$	0,69 —	0,68 —
Teplota okolí [°C]	-65 až +100	

Typ	KB105A	KB105B	KB105C
Kapacita $C_{KA1}$ [pF] ( $U_{KA1} = 3 \text{ V}$ ; $f = 0,5 \text{ MHz}$ ) $C_{KA2}$ [pF] ( $U_{KA2} = 25 \text{ V}$ ; $f = 0,5 \text{ MHz}$ )	11,5 2,3 až 2,8	11,5 2,0 až 2,3	11,5 1,8 až 2,8
Poměr kapacit $\frac{C_{KA1}}{C_{KA2}}$	4 až 5	4,5 až 6	4 až 6
Teplota okolí [°C]	-55 až +100		

dolaďování kmitočtu, ladění obvodů apod. Systém je uzavřen v pouzdru z plastu. Katodový vývod je označen barevnou tečkou, a to

KB105A — bílá,

KB105B — červená,

KB105C — zelená.

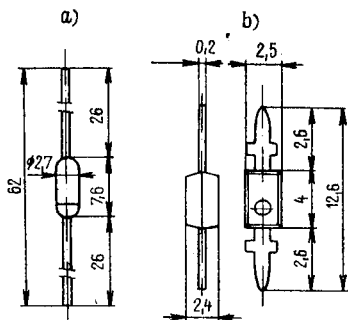
Mechanické provedení kapacitních diod je na obr. 86.

### b) Stabilizační diody

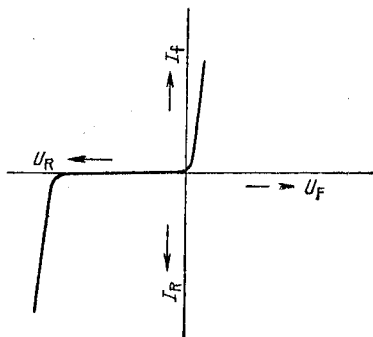
Pracovní oblastí stabilizačních diod je oblast za průrazným napětím zá-  
věrné charakteristiky. Vhodnou úpravou krystalu se dosáhne toho, že napětí  
na diodě je zde téměř konstantní v širokém rozsahu proudů. Výchozím ma-  
teriálem je křemík. Na obr. 87 je voltampérová charakteristika stabilizační  
diody.

V propustném směru se stabilizační dioda chová stejně jako běžné usměr-  
ňovací diody. Stabilizační diody zapojené v propustném směru se však v ob-  
vodech využívají jen zřídka.

V závěrném směru má stabilizační dioda značný vnitřní odpor a tedy malý závěrný proud. Při překročení závěrného napětí začne stabilizační dioda vést velký proud, její vnitřní odpor se zmenší asi o 7 i více řádů, přibližně z  $10^8$  až na  $10 \Omega$ . Průběh charakteristiky diody v této oblasti se definuje Zenerovým napětím. Dochází přitom k elektrickému průrazu přechodu PN. Při tomto průrazu nedojde ke zničení diody, pokud proud nepřesáhne hodnotu danou největším dovoleným ztrátovým výkonem, který je dioda schopna vyžárit jako teplo. Z charakteristiky vidíme, že i při velkých změnách proudu zůstává napětí na diodě konstantní. Právě této vlastnosti stabilizační diody se využívá ke stabilizaci napětí.



Obr. 86. Kapacitní diody TESLA:  
a) KA 201, b) KB 105



Obr. 87. Voltampérová charakteristika stabilizační diody

Dnes předpokládáme, že k vlastnímu průrazu dochází jen u diod se stabilizačním napětím  $-5$  až  $-6$  V. Teplotní součinitel stabilizačního napětí těchto diod je záporný. Je tím větší, čím je stabilizační napětí menší.

U diod se stabilizačním napětím větším než  $-6$  V dochází k lavinovému průrazu. Teplotní součinitel stabilizačního napětí diody s lavinovým průrazem je kladný. Jeho hodnota je tím větší, čím je větší stabilizační napětí.

Existují i stabilizační diody s nulovým teplotním součinitelem napětí. Jejich stabilizační napětí se pohybuje v intervalu  $-5$  až  $-7$  V. Závažnou veličinou pro výběr diody pro stabilizační účely je dynamický odpor  $R_{KA}$  nebo  $r_d$ , stanovený podílem přírůstku stabilizačního napětí a stabilizačního proudu. Dynamický odpor závisí zejména na stabilizačním napětí a proudu, na teplotě a tepelném odporu. Udává se v tabulkách parametrů stabilizačních diod.

Praktické použití nacházejí stabilizační diody především v obvodech pro stabilizaci stejnosměrného napětí, dále se používají jako vyhlazovací a vazební členy, omezovače amplitudy apod. TESLA vyrábí několik řad stabilizačních diod s napětím 5 až 96 V a ztrátovým výkonem 280 mW až 10 W.

Stabilizační diody se ztrátovým výkonem 280 mW jsou v tab. 125.

Tabulka 125. Stabilizační diody TESLA 280 mW

Typ	Charakteristické hodnoty				Mezní hodnoty	
	Stabilizační napětí $U_z$ [V]	Dynamický odpor $r_{KA}$ [ $\Omega$ ]	Stabilizační proud $I_z$ [mA]	Teplotní součinitel při $I_z$ $TK$ [ $1/^\circ\text{C}$ ]	$I_z$ [mA]	$P_d$ [mW]
KZ721	5,8 až 7,8	$\leq 10$	5	$+7 \cdot 10^{-4}$	36	280
KZ722	7,0 až 9,4	$\leq 10$	5	$+8 \cdot 10^{-4}$	30	280
KZ723	8,6 až 11,8	$\leq 20$	5	$+8 \cdot 10^{-4}$	23	280
KZ724	10,2 až 14	$\leq 50$	5	$+10 \cdot 10^{-4}$	20	280
KZZ71	5,8 až 7,5	$\leq 8$	5	$-1$ až $+7 \cdot 10^{-4}$	36	280
KZZ72	7,0 až 8,5	$\leq 6$	5	0 až $+7 \cdot 10^{-4}$	33	280
KZZ73	8,0 až 9,5	$\leq 10$	5	$+2$ až $+8 \cdot 10^{-4}$	30	280
KZZ74	9,0 až 10,5	$\leq 12$	5	$+4$ až $+9 \cdot 10^{-4}$	26	280
KZZ75	10 až 12	$\leq 15$	5	$+4$ až $+9,5 \cdot 10^{-4}$	23	280
KZZ76	11 až 14	$\leq 18$	5	$+5$ až $+9,5 \cdot 10^{-4}$	20	280

Diody jsou uzavřeny v kovovém pouzdru se skleněnou průchodkou. Katoda je vyvedena na kovové pouzdro, anoda na vývod, izolovaný průchodkou.

Miniaturní stabilizační diody 1,4 W ve skleněné trubce jsou v tab. 126.

Stabilizační diody se ztrátovým výkonem 1,25 W, popř. 5 W s chladičí plochou z hliníku  $60 \times 60 \times 2$  mm jsou v tab. 126a.

Diody jsou v kovovém pouzdru se skleněnou průchodkou. Katoda je vyvedena na pouzdro, anoda na vývod, izolovaný průchodkou (obr. 88).

Stabilizační diody se ztrátovým výkonem 2,6 až 3 W, popř. 10 W, s chladičí hliníkovou deskou rozměrů  $100 \times 100 \times 2$  mm pro maximální teplotu okolí  $+25^\circ\text{C}$  nebo  $160 \times 160 \times 2$  mm pro teplotu okolí do  $+60^\circ\text{C}$  jsou v tab. 127.

Systém je hermeticky uzavřen v kovovém pouzdru se skleněnou průchodkou. Katoda je vyvedena na pájecí očko, anoda na závit pouzdra (obr. 89).

### c) Tunelové diody

Tunelová dioda, nazývaná podle svého autora také Esakiho dioda, je vytvořena přechodem PN mezi dvěma oblastmi v polovodiči. Podíl nečistot cizích atomů v polovodičovém materiálu přesahuje  $10^{19}/\text{cm}^3$ . Voltampérová

Tabulka 126. Miniaturní stabilizační diody 1,4 W<sup>1)</sup>

Typ	Stabilizační napětí $U_z$ [V]	Dynamický odpor $r_{KA}$ [ $\Omega$ ]	Stabilizační proud $I_z$ [mA]	Teplotní činitel při $I_z$ $TK$ [ $1/^\circ\text{C}$ ]	Barevný kód <sup>2)</sup>	
					3. pruh	4. pruh
KZ 260/5V1	4,8 až 5,4	2 až 5	100	-6 až $+5 \cdot 10^{-4}$	černý	modrý
5V6	5,2 až 6,0	1 až 2	100	-3 až $+5 \cdot 10^{-4}$	hnědý	hnědý
6V2	5,8 až 6,6	1 až 2	100	-1 až $+6 \cdot 10^{-4}$	hnědý	žlutý
6V8	6,4 až 7,2	1 až 2	100	0 až $+7 \cdot 10^{-4}$	hnědý	zelený
7V5	7,0 až 7,9	1 až 2	100	0 až $+7 \cdot 10^{-4}$	hnědý	modrý
8V2	7,7 až 8,7	1 až 2	100	+3 až $+8 \cdot 10^{-4}$	žlutý	hnědý
9V1	8,5 až 9,6	2 až 4	50	+3 až $+8 \cdot 10^{-4}$	žlutý	žlutý
10	9,4 až 10,6	2 až 4	50	+5 až $+9 \cdot 10^{-4}$	žlutý	zelený
11	10,4 až 11,6	3 až 7	50	+5 až $+10 \cdot 10^{-4}$	žlutý	modrý
12	11,4 až 12,7	3 až 7	50	+5 až $+10 \cdot 10^{-4}$	zelený	hnědý
13	12,4 až 14,1	4 až 9	50	+5 až $+10 \cdot 10^{-4}$	zelený	žlutý
15	13,8 až 15,8	4 až 9	50	+5 až $+10 \cdot 10^{-4}$	zelený	zelený
16	15,3 až 17,1	5 až 10	25	+6 až $+11 \cdot 10^{-4}$	zelený	modrý
18	16,8 až 19,1	5 až 11	25	+6 až $+11 \cdot 10^{-4}$	modrý	hnědý

<sup>1)</sup> Bez chladičí plochy, teplota okolí max. 45°C.

<sup>2)</sup> Diody jsou v bílém válečkovém pouzdru průměru 2,5 mm a délky 4,2 mm s axiálními drátovými vývody.

Typ je označen čtyřmi proužky, počínaje od strany katodového vývodu. U všech typů je však 1. proužek červený a 2. černý; v tabulce jsou uvedeny jen barvy 3. a 4. proužku.

Tabulka 120a. Stabilizační diody TESLA 1,25 W

Typ	Charakteristické hodnoty				Mezní hodnoty			
	Stabilizační napětí $U_z$ [V]	Dynamický odpor $r_{KA}$ [ $\Omega$ ]	Stabilizační proud $I_z$ [mA]	Teplotní činitel při $I_z$ $T_K$ [ $1/^\circ\text{C}$ ]	$I_z$ [mA] bez chladič. plochy	$I_z$ [mA] s chladič. plochou*)	$P_d$ [W] bez chladič. plochy	$P_d$ [W] s chladič. plochou*)
1NZ70	5 až 6	1 až 2	100	-3 až +5.10 <sup>-4</sup>	230	790	1,25	5
2NZ70	6 až 7	1 až 2	100	0 až +6.10 <sup>-4</sup>	200	700	1,25	5
3NZ70	7 až 8	1 až 2	100	+2 až +7.10 <sup>-4</sup>	180	640	1,25	5
4NZ70	8 až 9	1 až 2	100	+4 až +7.10 <sup>-4</sup>	170	590	1,25	5
5NZ70	8,8 až 11	2 až 4	50	+4 až +8.10 <sup>-4</sup>	130	460	1,25	5
6NZ70	11 až 13,5	4 až 7	50	+4 až +8.10 <sup>-4</sup>	110	340	1,25	5
7NZ70	13,5 až 16,5	6 až 11	50	+5 až +9.10 <sup>-4</sup>	90	300	1,25	5
8NZ70	16,2 až 20	10 až 18	25	+5 až +9.10 <sup>-4</sup>	70	250	1,25	5
KZ799	30 $\pm$ 1,8		25		70	250	1,25	5

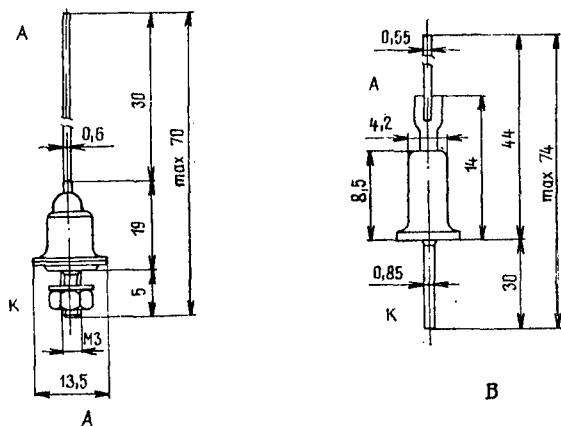
\*) Chladič. plocha o velikosti 60  $\times$  60  $\times$  2 mm (hliníková)

Tabulka 127. Stabilizační diody TESLA 3 W

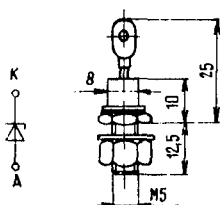
Typ	Charakteristické hodnoty				Mezní hodnoty			
	Stabilizační napětí $U_z$ [V]	Dynamic- ký odpor $r_{KA}$ [ $\Omega$ ]	Stabilizační proud $I_z$ [mA]	Teplotní činitel při $I_z$ $TK$ [ $1/^\circ C$ ]	$I_z$ [mA] bez chlad. plochy	$I_z$ [mA] s chlad. plochou	$P_d$ [W] bez chlad. plochy	$P_d$ [W] s chlad. plochou
KZ703	6 až 7,8	<1	1000	+5.10 <sup>-4</sup>	320	1300	2,6	10
KZ704	7 až 9,2	<1	1000	+5.10 <sup>-4</sup>	270	1100	2,6	10
KZ705	8 až 10,2	<2	500	+7.10 <sup>-4</sup>	240	970	2,6	10
KZ706	9,4 až 11,6	<2	500	+7.10 <sup>-4</sup>	210	850	2,6	10
KZ707	10,6 až 13,2	<2	500	+7.10 <sup>-4</sup>	190	750	2,6	10
KZ708	12 až 14,8	<2	500	+8.10 <sup>-4</sup>	170	670	2,6	10
KZ709	13,6 až 16,8	<3	500	+8.10 <sup>-4</sup>	150	600	2,6	10
KZ710	15,2 až 19	<3	500	+8.10 <sup>-4</sup>	135	530	2,6	10
KZ711	16,8 až 21	<3	250	+9.10 <sup>-4</sup>	120	470	2,6	10
KZ712	19 až 23,6	<3	250	+9.10 <sup>-4</sup>	105	420	2,6	10
KZ713	21,6 až 26,6	<3	250	+9.10 <sup>-4</sup>	95	370	2,6	10
KZ714	24,2 až 29,8	<4	250	+9.10 <sup>-4</sup>	85	330	2,6	10
KZ715	27 až 33	<4	250	+9.10 <sup>-4</sup>	75	300	2,6	10
KZ751	58 až 66	80	10	+10.10 <sup>-4</sup>	38	150	3	10
KZ752	64 až 72	80	10	+10.10 <sup>-4</sup>	34	138	3	10
KZ753	71 až 79	80	10	+10.10 <sup>-4</sup>	31	125	3	10
KZ754	77 až 88	80	10	+10.10 <sup>-4</sup>	28	110	3	10
KZ755	85 až 96	80	10	+10.10 <sup>-4</sup>	26	100	3	10

charakteristika tunelové diody je na obr. 90. Pro srovnání je zároveň zakreslena charakteristika normální diody (čerchovaně).

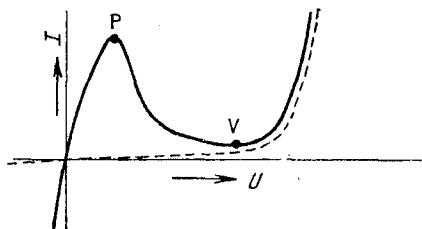
Tunelová dioda má vlivem nečistot v obou oblastech (P i N) malý odpor jak pro malá záporná napětí, tak pro malá kladná napětí. Vlivem tunelového jevu vzniká na propustné části charakteristiky oblast, ve které dioda představuje napěťově řízený odpor. Maxima dosáhne proud ve vrcholu P, potom se vzrůstajícím napětím klesá a v sedle V je minimální. Dále se zvyšujícím se



Obr. 88. Rozměrový náčrtek stabilizačních diod:  
a) 1,25 W, b) 280 mW



Obr. 89. Rozměrový náčrtek stabilizačních diod 3 W



Obr. 90. Voltampérová charakteristika tunelové diody

napětím opět stoupá. V této oblasti se už tunelová dioda ztotožní s charakteristikou normální polovodičové diody. V oblasti mezi vrcholem P a sedlem V (tj. v oblasti se záporným odporem) se tunelová dioda používá jako zesilovač, oscilátor a spínací obvod. Tunelová dioda může pracovat až do kmitočtů řádu gigahertzů.

Hodnoty tunelových diod TESLA jsou uvedeny v tab. 127a.



Tabulka 127a. Tunelové diody TESLA

	GE131	GE132	GE133	GE134	GE130
Proud vrcholu $I_p$ [mA]	$1 \pm 0,2$	$2 \pm 0,2$	$3 \pm 0,4$	$4 \pm 0,4$	$10 \pm 1$
Proud sedla $I_v$ [mA]	$\leq 0,2$	$\leq 0,4$	$\leq 0,6$	$\leq 0,8$	$\leq 2$
Kapacita v sedle $C_{tot}$ [pF]	$4,5 < 7$	$7 < 10$	$8,5 < 15$	$10 < 20$	$30 < 50$
Sériový odpor $r_s$ [ $\Omega$ ]	1 až 3	1 až 2,8	1 až 2,4	1 až 2,0	1 až 1,6
Poměr proudu vrcholu k proudu sedla $I_p/I_v$	$> 5$	$> 5$	$> 5$	$> 5$	$> 5$
Barevný kód	hnědý	červený	oranžový	žlutý	černý

#### d) Referenční diody

Jak jsme uvedli v části b) této kapitoly, blíží se teplotní součinitel stabilizačního napětí u diod s napětím  $U_z = -5$  až  $-7$  V nule. Není však nulový v celém závěrném rozsahu charakteristiky, nýbrž jen při určitém proudu. Této vlastnosti stabilizačních diod je využito pro výběr referenčních diod, které se používají pro přesné zdroje referenčního napětí.

Je-li třeba větší napětí, lze řadit i několik diod do série. U referenčních diod pro napětí větší než  $-5$  až  $-7$  V se využívá i dalších vlastností diod. Teplotní součinitel stabilizačního napětí diody s  $U_z$  větším než  $-7$  V je kladný. Teplotní součinitel napětí přechodu PN u diody zapojené v propust-

Tabulka 128. Referenční diody TESLA typu KZZ45 až 47

Typ	KZZ45	KZZ46	KZZ47
Referenční napětí $U_z$ [V] $I_z =$ v rozsahu 5 až 10 mA	$10,8 \pm 0,5$	—	—
$I_z = 10$ mA	—	$10,8 \pm 0,5$	$10,8 \pm 0,5$
Teplotní součinitel pro referenční napětí $TK$ [ $1/^\circ\text{C}$ ]	$\leq 10^{-5}$	$\leq 5 \cdot 10^{-5}$	$\leq 10^{-4}$

ném směru je záporný. Takto lze volbou vhodných diod a jejich sériovým zapojením dosáhnout nulového teplotního součinitele výstupních napětí při stanoveném proudu.

Podobně jsou uzpůsobeny referenční diody TESLA.

Referenční diody KZZ45 až KZZ47 jsou v tab. 128.

Jsou určeny jako zdroje referenčního napětí 10,8 V s velkou teplotní stabilitou. Diody jsou uzavřeny v plochém pouzdru z plastické hmoty se dvěma vývody. Kladný pól je vyznačen na pouzdru.

U diody KZZ45 je hodnota pracovního proudu uvedena na štítku každé diody a může se pohybovat v rozsahu 5 až 10 mA.

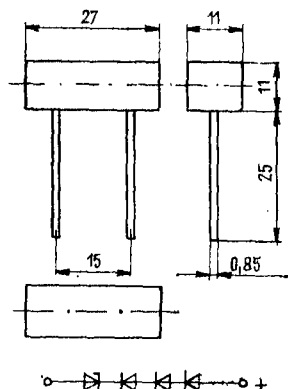
Vývody diody se nesmějí ohýbat v menší vzdálenosti než 2 mm od okraje pouzdra. Zkrátit se smějí až na délku 2,5 mm.

Zapojení diody a mechanické provedení typů KZZ45 až KZZ47 je na obr. 91.

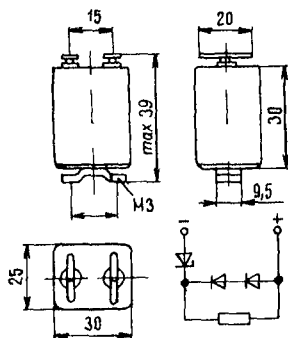
Referenční diody KZZ81 až KZZ83 jsou v tab. 129.

Tabulka 129. Referenční diody KZZ81 až 83

Typ	KZZ81	KZZ82	KZZ83
Referenční napětí $U_z$ [V] $I_z = 20$ až 100 mA	7,5 až 9	7,5 až 9	7,5 až 9
Teplotní součinitel pro referenční napětí $TK$ [ $1/^\circ\text{C}$ ]	$< 10^{-7}$	$< 10^{-6}$	$< 10^{-5}$



Obr. 91. Rozměrový náčrtek referenčních diod KZZ45 až KZZ47



Obr. 92. Rozměrový náčrtek referenčních diod KZZ81 až KZZ83

Diody KZZ81 až KZZ83 jsou teplotně kompenzované, vhodné s předstabilizátorem jako napěťový etalon, popř. jako zdroj referenčního napětí s možností zátěže.

Diody jsou v kovovém pouzdru se dvěma skleněnými průchodkami a pájecími očky.

Hodnota pracovního proudu je uvedena na štítku každé diody s příslušným napětím  $U_z$ . Hodnota pracovního proudu se může u jednotlivých kusů pohybovat mezi 15 až 100 mA.

Zapojení a mechanické provedení referenčních diod typů KZZ81 až KZZ83 je na obr. 92.

### *Tyristor, diak, triak*

V poslední době nacházejí stále větší uplatnění spínací křemíkové součástky jako tyristor, diak a triak. Používají se v průmyslových zařízeních a začínají se uplatňovat i ve spotřební elektronice, u elektrických přístrojů pro domácnost a u náradí. Jsou vhodné např. k regulaci výkonů strojů, počtu otáček motorů vrtaček, k ovládání intenzity osvětlení, k regulaci nabíjení automobilových baterií apod.

V provozu mají tyto součástky dva stabilní stavy. Jeden stav má velký odpor a chová se jako rozepnutý spínač a druhý má malý odpor a chová se jako sepnutý spínač. Tyristory se vyznačují velkou provozní spolehlivostí a protože nemají pohyblivé části, mají velkou dobu života.

#### a) *Triodový tyristor*

Triodový tyristor je čtyřvrstvá spínací součástka se třemi vývody. Čtyři velmi tenké vrstvy střídavého typu vodivosti jsou vyrobeny difúzí na destičce z monokrystalického křemíku. Schematické uspořádání tyristoru PNPN a jeho značka jsou na obr. 93.

Sled vrstev: Anodová vrstva má vodivost P a je k ní připojen anodový vývod A. Následuje blokovací vrstva vodivosti N. Řídicí vrstva vodivosti P má vývod řídicí elektrody G. Ke katodové vrstvě vodivosti N je připojen katodový vývod K. Tyristor má tři přechody, a to anodový, řídicí a katodový.

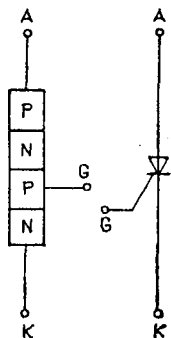
Zůstane-li řídicí elektroda G odpojena, chová se triodový tyristor jako diodový tyristor.

Aby tyristor přešel do sepnutého stavu, je nutné odstranit blokovací schopnost řídicího přechodu. Tyristor lze sepnout třemi způsoby:

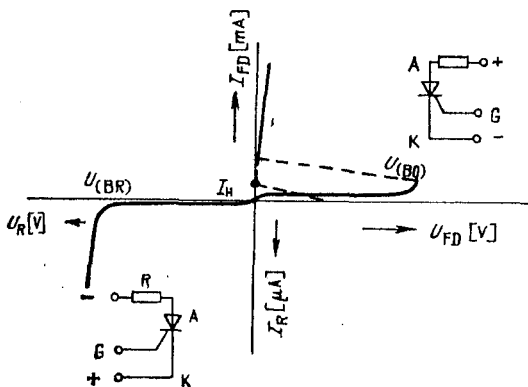
1. Přivedeme-li na anodu napětí kladné vzhledem ke katodě, je prostřední přechod uzavřen. Teprve přesáhne-li hodnota anodového napětí průraznou hodnotu napětí řídicího přechodu, dostane se tyristor do vodivého stavu. Tento způsob zapínání tyristoru se však běžně nepoužívá.
2. Přivedeme-li na řídicí elektrodu kladný proud, dojde k průrazu prostředního přechodu a tyristor sepne při menším anodovém napětí, než je průrazné napětí naprázdno  $U_{BO}$  při  $i_g = 0$ . Čím je kladný proud řídicí elektrody větší, tím je menší spínací anodové napětí. Tento způsob spínání tyris-

toru je běžný. Ve výstupním obvodu prochází proud od anody ke katodě — tyristor se chová jako jednocestný usměrňovač.

3. Kapacitním proudem. Přechody vrstev tyristoru mají kapacitní charakter a přivedeme-li na tyristor napětí s velkou strmostí (např. sepnutím tlačítka), začne tyristorem procházet kapacitní proud. Bude-li se rovnat zapínacímu proudu, dojde k sepnutí tyristoru. Spínání kapacitním proudem je však ve většině případů nežádoucí. U tyristorů se někdy udává odolnost proti sepnutí vlivem nárůstu napětí.



Obr. 93. Schéma uspořádání vrstev a znak tyristoru PNPN



Obr. 94. Voltampérová charakteristika tyristoru

Po sepnutí prochází tyristorem proud, jehož velikost již nelze ovlivňovat řídicím proudem. Procházející proud je dán velikostí napájecího napětí a odporem zátěže.

Tyristor lze vypnout zmenšením proudu (ve vnějším obvodu) pod přídržnou hodnotu ( $I_H$ ) nebo krátkodobou komutací tyristoru vnějším zdrojem do závěrného směru.

Voltampérová charakteristika tyristoru je na obr. 94.

Závěrná charakteristika má průběh jako u diody. Až do závěrného průrazného napětí  $U_{BR}$  je proud procházející tyristorem velmi malý a s napětím se téměř nemění. Pak se ale závěrný proud rychle zvětšuje a hrozí nebezpečí zničení tyristoru.

Při zvyšování kladného anodového napětí tyristor sepne. Zmenšením anodového proudu pod přídržnou hodnotu ( $I_H$ ) tyristor vypne.

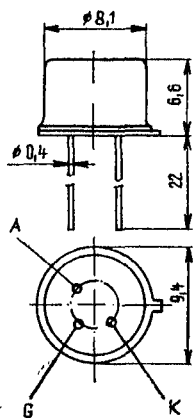
TESLA vyrábí tyristory PNPN KT501 až KT505 pro proud 1 A (tab. 130 a obr. 95).

System je v kovovém pouzdru K 505/P 203 (TO-5) se třemi drátovými vývody. Katodový a řídicí vývod je izolován od pouzdra skleněnou průchodkou. Anodový vývod je vodivě spojen s pouzdrům.

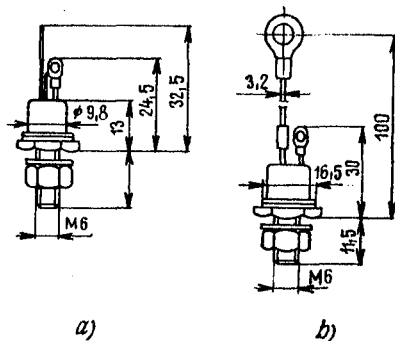
Rozsah provozních teplot je  $-65$  až  $+125$  °C.

Tabulka 130. Tyristory TESLA — 1A

	Typ					Poznámka
	KT501	KT502	KT503	KT504	KT505	
Propustné napětí vrcholové periodické $U_{FD}$ [V]	50	100	200	300	400	
Závěrné napětí vrcholové periodické $U_R$ [V]	50	100	200	300	400	
Usměrněný proud střední $I_T$ [A]	1					
Vrcholový proud periodický $I_{Timp}$ [A]	15					jeden impuls, doba trvání 10 ms
Spínací proud řídicí elektrody $I_{GT}$ [mA]	10 (max. 100)					



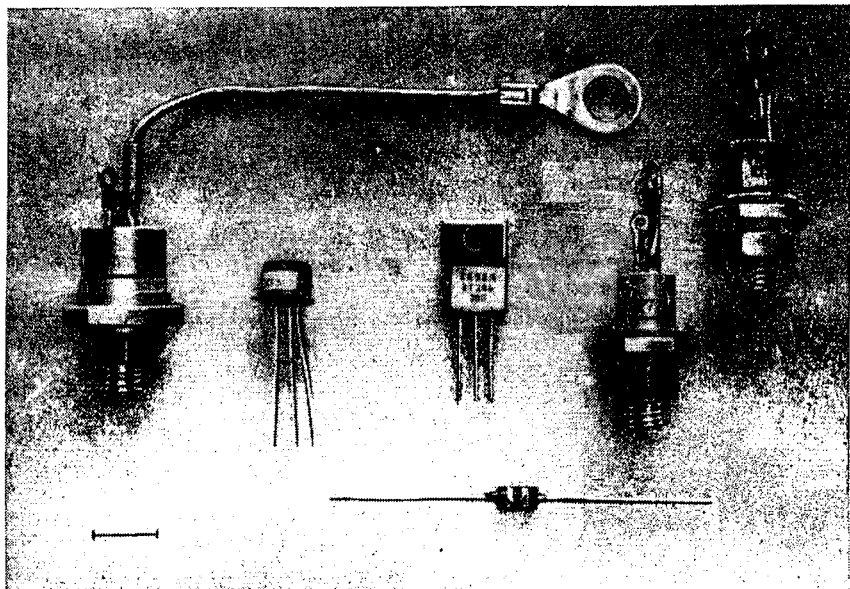
Obr. 95. Rozměrový náčrtek tyristorů KT501 až KT505



Obr. 96. Rozměrový náčrtek tyristorů:  
a) KT710 až KT714 b) KT701až KT705

Tabulka 131. Tyristory TESLA 3 a 15 A

	Typ									
	KT710	KT711	KT712	KT713	KT714	KT701	KT702	KT703	KT704	KT705
Propustné napětí vrcholové periodické $U_{FD}$ [V]	50	100	200	300	400	50	100	200	300	400
Závěrné napětí vrcholové periodické $U_R$ [V]	50	100	200	300	400	50	100	200	300	400
Usměrněný proud střední $I_T$ [A]	3									
Spínací proud řídicí elektrody $I_{CT}$ [mA]	15 (max. 200)									
	40 (max. 2 A)									



Obr. 97. Diak, triák a několik tyristorů TESLA

Vývody se při montáži nesmějí ohýbat v menší vzdálenosti než 3 mm od okraje pouzdra. Zkrátit se smějí až na délku 6 mm.

Při pájení je nutné dodržet doporučení pro zacházení s polovodičovými prvky.

Tyristory KT710 až KT714 pro proud 3 A a KT701 až 705 pro proud 15 A jsou v tab. 131 a na obr. 96.

Tyristory KT710 až 714 jsou v kovovém pouzdra K 707 se šroubem v základně, na který je vyvedena anoda. Katodový vývod a vývod řídicí elektrody je izolován od pouzdra skleněnou průchodkou.

Tyristory KT701 až 705 jsou v podobně uspořádaném kovovém pouzdra K 712. Rozsah provozních teplot je  $-65$  až  $+125$  °C.

Některé diaky, triaky a tyristory TESLA jsou na obr. 97.

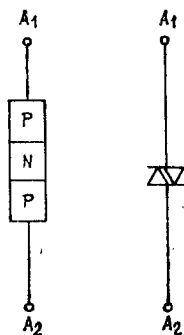
#### b) Diak

Diak je třívrstvová (PNP) dvouelektrodová polovodičová součástka se symetrickými spínacími vlastnostmi. Používá se k zapínání tyristorů a triaků, pro přepětové ochrany apod.

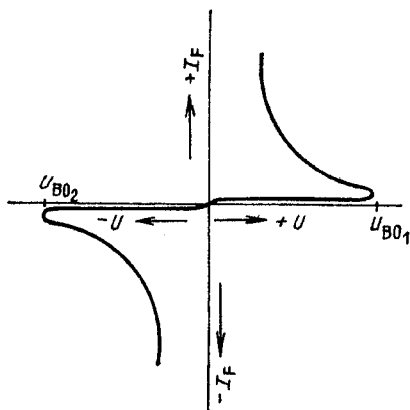
Při připojení na napětí je jeden přechod v propustném směru a druhý přechod v závěrném směru. Zvyšováním napětí dojde k průrazu závěrného přechodu. Proud závěrně polarizovaným přechodem začne prudce narůstat

a napětí poklesne. Spínací napětí  $U_{BO}$  se pohybuje v mezích  $\pm 20$  V až  $\pm 40$  V. Schematické uspořádání a schematická značka jsou na obr. 98.

Podobné vlastnosti má i pětivrstvá spínací součástka — triak. Její odpor v sepnutém stavu je však velmi malý. Hodí se proto ke spínání velkých proudů. Třívrstvá dioda — diak — má v sepnutém stavu odpor jednotky až desítky kiloohmů, a je proto vhodná k ovládání spínacích součástek. Dále se používá ke generování pilových kmitů, ke stabilizaci napětí apod. Voltampérová charakteristika diaku je na obr. 99.



Obr. 98. Schéma uspořádání vrstev a znak diaku



Obr. 99. Voltampérová charakteristika diaku

Tabulka 132. Diaky TESLA

Typ	KR205	KR206	KR207
Spínací napětí $U_{BO}$ [V]	$26 \pm 4$	$32 \pm 4$	$38 \pm 4$
Spínací proud $I_{BO}$ [mA]	< 1		
Napětí na diodě $\Delta U$ [V]	> 6		
Proud diodou $I_F$ [mA]	10 (impulsní až 1 A)		
Ztrátový výkon $P_{tot}$ [mW]	300		



Typy, které vyrábí TESLA, jsou v tab. 132. Platí pro ně:

Rozsah provozních teplot  $\vartheta_a$  -65 až +125 °C.

Teplota při skladování  $\vartheta_s$  -65 až +150 °C.

Vývody se při montáži nesmějí ohýbat v menší vzdálenosti než 3 mm od okraje pouzdra. Zkrátit se smějí nejvíce na délku 6 mm.

Mechanické provedení je na obr. 100.

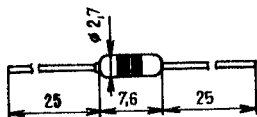
Barevné označení vyráběných typů

KR205 — černá — zelená,

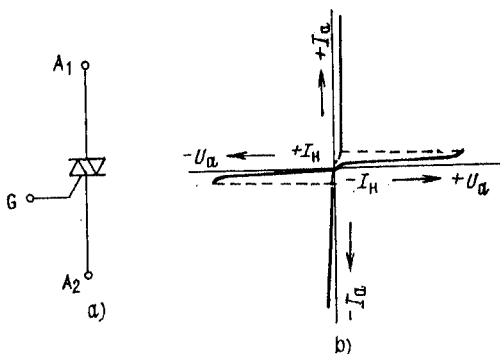
KR206 — černá — modrá,

KR207 — černá — fialová.

Vyráběné typy jsou v celoskleněném pouzdru DO - 7 s axiálními drátovými vývody.



Obr. 100. Rozměrový náčrtek diaku



Obr. 101. Znak a voltampérová charakteristika triaku

### c) Triak

Nevýhodou tyristoru je, že může spínat jen při jedné polaritě anodového napětí. Triak tento nedostatek nemá. Triak je pětivrstvá polovodičová součástka, sloužící k spínání nebo řízení střídavého výkonu. Představujeme si ji jako dva paralelně zapojené tyristory s obrácenou polaritou. Každý tyristor propustí jednu půlvlnu střídavého proudu, a tak lze dosáhnout plynulé regulace při malých ztrátách. Oba paralelně zapojené tyristory mají jedinou řídicí elektrodu.

Schematická značka a voltampérová charakteristika triaku jsou na obr. 101.

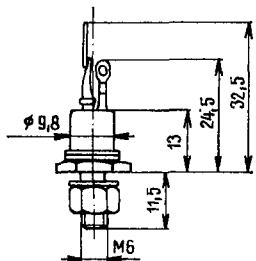
Vzhledem k symetrickému uspořádání tyristorů v triaku mají obě části voltampérové charakteristiky stejný průběh jak v propustné, tak i v závěrné části.

Na obou částech propustné charakteristiky si všimněme hodnoty přídržného proudu ( $I_H$ ).

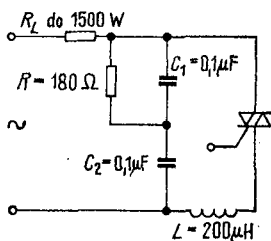
Jak jsme uvedli, nahradí triak dva tyristory. Další výhoda je v tom, že se

zjednoduší řídicí obvody. U dvou tyristorů potřebujeme dva diaky, u triaku stačí ke spínání jeden diak. Tím je řídicí obvod lacinější, jednodušší a má větší provozní spolehlivost. Pracuje-li triak s indukční zátěží (motor, transformátor apod.), zapojujeme k jeho výstupu (anody  $A_2$  a  $A_1$ ) sériový člen RC, který snižuje vysoké strmosti nárůstu napětí. Člen RC je složen např. z rezistoru  $100 \Omega$  a kondenzátoru  $0,1 \mu\text{F}$ .

Základní vlastnosti triaků TESLA jsou v tab. 133 a na obr. 102.



Obr. 102. Rozměrový náčrtek triaku KT772 až KT784



Obr. 103. Zapojení obvodu pro omezení rušení

Tabulka 133. Triaky TESLA

Typ	KT77 2	KT77 3	KT77 4	KT78 2	KT78 3	KT78 4
Blokovací napětí $U_D$ [V]	200	400	600	200	400	600
Propustný proud $I_T$ [A]	6			10		
Úbytek napětí v propustném směru ( $I_T = 10 \text{ A}$ ) $U$ [V]	1,9			1,5		
Zapínací proud $I_{GT}$ [mA]	< 80			80		
Přidržený proud $I_H$ [mA]	50			50		
Kritická strmost nárůstu blokovacího napětí [V/ $\mu\text{s}$ ]	10			10		
Propustný vrcholový proud ( $t = 10 \text{ ms}$ ) $I_{TM}$ [A]	50			60		

Triaky KT772 až KT774 a KT782 až KT784 jsou v kovovém pouzdru K 707 se šroubem M6 v základně, na který je vyvedena anoda  $A_2$ . Anoda  $A_1$  je vyvedena na pájecí očko většího průměru, izolované od pouzdra skleněnou průchodkou.

Rozsah provozních teplot je  $-40$  až  $+100$  °C.

### *Odrůšení spínacích obvodů s tyristorem nebo triakem*

Provoz výkonových spínacích prvků tyristorů nebo triaků je provázen nepříjemnou vlastností — rušením. Skoková změna proudu v obvodu se zátěží z nuly na hodnotu danou napájecím napětím a odporem zátěže vyvolá rozsáhlé spektrum vyšších kmitočtů. To překrývá všechna rozhlasová pásma a způsobuje jejich rušení. Navíc stroje řízené tyristorovými nebo triakovými součástkami se mohou vzájemně ovlivňovat — rušit, takže jejich činnost není spolehlivá. Rušení spínacích obvodů může mít také negativní vliv např. na počítačí stroje a další zařízení s impulsním provozem, např. telefonní přenosové systémy s pulsně kódovou modulací a podobně. Je proto nutné obvody řízené tyristory nebo triaky odrůšit.

Při odrůšení je třeba dodržet zejména tyto zásady:

a) Obvody obsahující tyristory nebo triaky uzavřeme do kovového krytu, který uzemníme. Tím podstatně omezíme přímé vyzařování rušících kmitočtů. Je-li to možné, provedeme vývody z krytu stíněnými vodiči.

b) Šíření rušivých signálů vedením po napájecí síti omezíme zapojením filtru mezi síť a obvod (např. podle obr. 103).

c) Při montáži filtru k rušícímu zdroji je třeba dbát zásady co nejkratších spojů.

## **2.7.5. Tranzistory**

O základech tranzistorů a jejich typech podle použité technologie jsme již mluvili v kapitole 2.7. Popis zapojení a činnosti tranzistorů nepatří do této knihy, existuje o tom obsáhlá všeobecná i speciální literatura. Proto uvedeme v tabulkách jen některé parametry tranzistorů a všimneme si zapojení koncových stupňů s doplňkovými neboli komplementárními tranzistory a způsobu chlazení výkonových tranzistorů.

Přehled nízkofrekvenčních germaniových tranzistorů je v tab. 134.

Výběr vysokofrekvenčních germaniových tranzistorů je v tab. 135.

Nízkofrekvenční germaniové tranzistory středního výkonu jsou v tab. 136.

Nízkofrekvenční křemíkové tranzistory jsou v tab. 137.

Vysokofrekvenční křemíkové tranzistory jsou v tab. 138.

Výkonové a spínací křemíkové tranzistory jsou v tab. 139.

Poznámka: Germaniové tranzistory se postupně nahrazují křemíkovými.

Tabulka 134. Nizkofrekvenční germaniové tranzistory

Typ	$I_{CBO}$ při $U_{CB}$		$h_{21B}$ při $U_{CB}$		$I_C$ ( $I_B$ ) [mA]	$F_{max}$ [dB]	$f_T$ ( $f_{min}$ ) [MHz]	$P_C$ [mW]
	[ $\mu$ A]	[V]		[V]				
<b>NPN</b>								
GC525	12	6	20 až 150	6	(1)	10	(1,2)	125
GC526	12	6	20 až 150	6	(1)	10	(1,2)	125
GC527	12	6	20 až 150	6	(1)	6	(1,4)	125
<b>PNP</b>								
GC507	-10	-6	45 až 120	-6	(10)	15	0,3	125
GC508	-10	-6	65 až 220	-6	(10)	—	0,3	125
GC509	-10	-6	> 45	-6	(10)	—	0,3	125
GC515	-10	-6	20 až 40	-6	(1)	12	0,3	125
GC516	-10	-6	30 až 60	-6	(1)	12	0,3	125
GC517	-10	-6	50 až 100	-6	(1)	12	0,3	125
GC518	-10	-6	75 až 150	-6	(1)	12	0,3	125
GC519	-10	-6	125 až 250	-6	(1)	12	0,3	125
<b>PNP středního výkonu</b>								
GC510	-10	-10	60 až 175	0	300		1	200
GC511	-15	-10	100 až 500	0	300		1	200
GC512	-15	-10	> 25	0	300		0,6	200
GC510K	-10	-10	60 až 175	0	300		1	300
GC511K	-15	-10	100 až 500	0	300		1	300
GC512K	-15	-10	> 25	0	300		0,6	300
<b>NPN středního výkonu</b>								
GC520	35	10	60 až 175	0	300		1	200
GC521	35	10	100 až 500	0	300		1	200
GC522	35	10	> 25	0	300		1	200
GC520K	35	10	60 až 175	0	300		1	300
GC521K	35	10	100 až 500	0	300		1	300
GC522K	35	10	> 25	0	300		1	300

Vybrané dvojice stejných hodnot GC510/GC520, GC511/GC521, GC510K/GC520K a 511K/521K se používají jako komplementární

### Komplementární tranzistory

Již v kapitole o výstupních transformátorech pro tranzistorové koncové stupně jsme se zmínili, že se často používá dvojitě zapojení bez transformátorů. To je nejnázřejší možné právě v tranzistorové technice. Dvojitě koncový stupeň je osazen dvěma doplňkovými neboli komplementárními tranzistory stejných parametrů, ale opačné elektrické vodivosti, tedy jeden NPN a druhý PNP. Jsou sice ještě jiná řešení beztransformátorových kon-

Tabulka 135. Vysokofrekvenční germaniové tranzistory

Typ	$I_{CBO}$ při $U_{CB}$		$h_{21E}$ při $U_{CE}$		$I_C$ ( $I_E$ ) [mA]	$f_T$ [MHz]	$P_C$ [mW]
	[ $\mu$ A]	[V]	( $ h_{21e} $ )	( $U_{CB}$ ) [V]			
PNP							
GF501	-18	-15	40 až 10	-9	(10)	100	300
GF502	-18	-15	40 až 10	-9	(10)	100	300
GF503	-18	-15	70 až 10	-9	(10)	100	300
GF504	-18	-15	40 až 10	-9	(10)	100	300
GF505	-10	-12	70 až 25	-12	(1)	170	60
GF506	-10	-12	20 až 10	-12	(1)	170	60
GF507	-8	-20	30 až 40	-12	(1,5)	250	60
GF507 <sup>1)</sup>	-8	-15	(5 až 2,5)	(-20)	10	800	60
GF507R <sup>2)</sup>	-8	-15	50	(-20)	10	800	60

<sup>1)</sup> Výběrový pro vkv. Pro oscilátor a směšovač (zelená značka).

<sup>2)</sup> Pro řízené a předzesilovací stupně (bílá značka). Pozn.: Oba typy jsou neperspektivní, náhrada z dovozu.

Tabulka 136. Nízkofrekvenční germaniové tranzistory středního výkonu

Typ	$I_{CBO}$ při $U_{CB}$		$h_{21E}$ při $U_{CB}$		$I_E$ [A]	$f_T$ [MHz]	$P_C$ [W]
	[ $\mu$ A]	[V]		[V]			
NPN							
GD607	35	10	40 až 230	0	-0,5	1	4
GD608	35	10	100 až 360	0	-0,5	1	4
GD609	35	10	40 až 360	0	-0,5	0,6	4
PNP							
GD617	25	-10	40 až 230	0	0,5	1	4
GD618	25	-10	100 až 360	0	0,5	1	4
GD619	25	-10	40 až 360	0	0,5	0,6	4

Typy NPN jsou komplementární s typy PNP (např. GD608/GD618).

cových stupňů, ale použití doplňkových tranzistorů je nejjednodušší. Komplementární dvojice pro různé výkony dodává již výrobce. Jsou to např. dvojice GC510 — GC520 nebo GC512 K — GC522 K o kolektorové ztrátě 200 až 300 mW nebo výkonnější druhy jako GD607 — GD617 s kolektorovou ztrátou 4 W apod. Vlastnosti obou tranzistorů se však nesmějí lišit více než asi o 10 až 15 %.

Tabulka 137. Nizkofrekvenční křemíkové tranzistory (NPN)

Typ	$I_{CBO}$ při $U_{CB}$		$h_{21E}$ při $U_{CB}$		$I_{Cmax}$ [mA]	$\theta_j$ [°C]	$f_T$ [MHz]	$P_C$ [mW]
	[nA]	[V]		[V]				
KC147	15	45	125 až 500	5	100 <sup>1)</sup>	+125	150	200
KC148	15	20	125 až 900	5	100	+125	150	200
KC149	15	20	240 až 900	5	100	+125	150	200
KC507	15	45	125 až 500	5	100	+175	150	300
KC508	15	20	125 až 900	5	100	+175	150	300
KC509	15	20	240 až 900	5	100	+175	150	300

<sup>1)</sup> Provozní proud  $I_C = 2$  až 10 mA.

Tabulka 138. Vysokofrekvenční křemíkové tranzistory

Typ	$I_{CBO}$ při $U_{CB}$		$h_{21E}$ při $U_{CB}$		$I_{Cmax}$ [mA]	$\theta_j$ [°C]	$f_T$ [MHz]	$P_C$ [mW]
	[ $\mu$ A]	[V]	$\langle  h_{21e}  \rangle$	[V]				
NPN								
KF124	0,0008	10	67 až 220	10	30	+125	350	220
KF125	0,0008	10	37 až 125	10	30	+125	250	220
KF167	0,3	30	>26	9	25	+175	250	130
KF173	0,3	30	>38	9	25	+175	400	200
KF503	0,5	50	100 (3)	10	50	+175	150	700 <sup>1)</sup>
KF504	0,1	40	100 (3)	10	50	+175	150	700 <sup>1)</sup>
KF506	0,01	60	35 až 125	10	500 <sup>3)</sup>	+200	60	800, 2600 <sup>2)</sup>
KF507	0,5	30	>35	10	500 <sup>3)</sup>	+200	60	800, 2600 <sup>2)</sup>
KF508	0,01	60	90 až 300	10	500 <sup>3)</sup>	+200	70	800, 2600 <sup>2)</sup>
PNP								
KF 272 <sup>4)</sup>	50nA	10	60 (>30)	10	20	+175	900 (>700)	150

<sup>1)</sup> S ideálním chlazením 2500.

<sup>2)</sup> S ideálním chlazením.

<sup>3)</sup> Provozní  $I_C = 10$  mA bez chlazení.

<sup>4)</sup> Nahrazen typem BF272 z dovozu

### Chlazení polovodičových součástek

Výkonnější polovodičové součástky — usměrňovací diody, tranzistory, tyristory atd. se za provozu zahřívají. Teplo z nich je nutné odvádět, aby nedošlo k přetížení součástky. Nejjednodušší způsob je přirozené chlazení sáláním a vedením. Nucené chlazení, např. ventilátorem nebo kapalinou je sice účinnější, ale komplikované při konstrukci i provozu zařízení.

Tabulka 139. Výkonové a spínací křemíkové tranzistory NPN

Typ	$I_{CBO}$ při $U_{CB}$		$h_{21E}$ ( $ h_{21e} $ )	$U_{CEmax}$ [V]	$I_{Cmax}$ [A]	$f_T$ [MHz]	$\vartheta_j$ [°C]	$P_{Cmax}$ [W]
	[mA]	[V]						
KU611	0,05	30	>20	50	3	10	+155	10
KU612	0,05	30	>20	80	3	10	+155	10
KD602			15 až 50	110	8	>0,5	+155	35
KU605	<1	50	>10	80	10	>10	+155	50
KU606	<1	50	(5)	60	8	>10	+155	50
KD605	0,5	40	>30	40	10	>2	+155	70 <sup>1)</sup>
KD606	0,5	60	>30	60	10	>2	+155	70 <sup>1)</sup>
KD607	0,5	80	30	80	10	>2	+155	70 <sup>1)</sup>
KD501	0,5	40	40	40	20	2	+155	150 <sup>2)</sup>
KD502	0,5	60	40	60	20	2	+155	150 <sup>2)</sup>
KD503	0,5	80	40	80	20	2	+155	150 <sup>2)</sup>

1) Při  $U_{CE} = 30$  V,  $P_C = 70$  W a  $\vartheta_c = +25^\circ\text{C}$  nesmí dojít k druhému průrazu.

2) Při  $U_{CE} = 30$  V,  $P_C = 65$  W a  $\vartheta_c = +100^\circ\text{C}$  nesmí dojít k druhému průrazu.

Od krystalového přechodu uvnitř součástky do okolních vrstev je v cestě několik tepelných odporů, které se řadí za sebou; jejich hodnoty se sčítají a tím se odvod tepla zhoršuje, a to jak u součástek bez chlazení, tak i u součástek s přidavným chlazením.

### a) Polovodičové součástky bez přidavného ochlazení

Celkový tepelný odpor tvoří:

Vnitřní tepelný odpor, reprezentovaný přestupem tepla z polovodičového krystalu na pouzdro součástky.

Vnější tepelný odpor, reprezentovaný přestupem tepla z pouzdra do okolního prostředí.

Vnitřní tepelný odpor je

$$K_1 = \frac{\vartheta_j - \vartheta_c}{P} \quad [^\circ\text{C}/\text{W}; ^\circ\text{C}, \text{W}] \quad (45a)$$

kde  $K_1$  je vnitřní tepelný odpor,

$\vartheta_j$  teplota přechodu,

$\vartheta_c$  teplota pouzdra (z angl. case),

$P$  stejnosměrný elektrický příkon.

Teplota pouzdra je

$$\vartheta_c = \vartheta_j - K_1 P \quad [^\circ\text{C}; ^\circ\text{C}, ^\circ\text{C}/\text{W}, \text{W}] \quad (45b)$$

(Malé příkony se udávají v [mW], tepelný odpor ve [°C/mW]).

Vnější tepelný odpor je

$$K_2 = \frac{\vartheta_c - \vartheta_a}{P} \quad [^\circ\text{C}/\text{W}; ^\circ\text{C}, \text{W}] \quad (45\text{c})$$

kde  $K_2$  je vnější tepelný odpor,  
 $\vartheta_a$  teplota okolí.

Celkový tepelný odpor je součtem obou složek

$$K_{\text{tot}} = K_1 + K_2 = \frac{\vartheta_j - \vartheta_a}{P} \quad [^\circ\text{C}/\text{W}; ^\circ\text{C}, \text{W}] \quad (45\text{d})$$

Vnitřní tepelný odpor polovodičové součástky určuje polovodičový materiál a konstrukce. Proto jej udává výrobce v katalogových hodnotách. Dovolená teplota přechodu závisí na materiálu krystalu. Obecně je pro germanium  $\vartheta_j = +75$  až  $+100^\circ\text{C}$ , pro křemík  $\vartheta_j = +125$  až  $200^\circ\text{C}$ .

(Hodnoty pro jednotlivé typy polovodičových součástek udává rovněž výrobce.)

Ze vztahu (45d) lze stanovit největší dovolený příkon  $P_{\text{max}}$  pro danou teplotu okolí a vnitřní tepelný odpor, aby nedošlo k poškození polovodičové součástky tepelným přetížením

$$P_{\text{max}} = \frac{\vartheta_j - \vartheta_a}{K_{\text{tot}}} \quad [\text{W}; ^\circ\text{C}, ^\circ\text{C}/\text{W}] \quad (45\text{e})$$

Pro ustálenou teplotu přechodu platí vztah

$$\vartheta_j = \vartheta_a + PK_{\text{tot}} \quad [^\circ\text{C}; ^\circ\text{C}, \text{W}, ^\circ\text{C}/\text{W}] \quad (45\text{f})$$

Při kolísání okolní teploty je vždy nutné počítat s její nejvyšší možnou hodnotou.

Příklady: 1. Křemíkový tranzistor KF517 má dovolenou teplotu přechodu  $\vartheta_j = +200^\circ\text{C}$  a tepelný odpor  $K_{\text{tot}} = 220^\circ\text{C}/\text{W}$ . Jaký je největší dovolený příkon při okolní teplotě  $\vartheta_a = +45^\circ\text{C}$ ?

$$\text{Podle vztahu (45e)} \quad P_{\text{max}} = \frac{200 - 45}{220} = \frac{155}{220} = 0,7 \text{ W}$$

2. Pro germaniový tranzistor GC520 udává výrobce tepelný odpor  $K_{\text{tot}} = 0,2^\circ\text{C}/\text{W}$  a teplotu přechodu  $\vartheta_j = +90^\circ\text{C}$ . Jaká bude teplota přechodu při příkonu tranzistoru  $P = 200 \text{ mW}$  a okolní teplotě  $+40^\circ\text{C}$ ?

Dosazením do vzorce (45f) zjistíme teplotu přechodu

$$\vartheta_j = 40 + (200 \cdot 0,2) = 40 + 40 = +80^\circ\text{C}$$

b) *Přídavné chlazení polovodičových součástek*

Při přídavném chlazení je pouzdro polovodičové součástky přímo spojeno s přídavným chladicím zařízením, jehož tepelný odpor je mnohem menší než vnější tepelný odpor samotné součástky. Pro malé příkony se někdy (zvláště u válečkových tranzistorů) používají plechová křídélka, popř.



přípevněná na větší kovovou plochu, nebo se součástka zasouvá do otvoru v kovové chladičí desce.

Součástky většího výkonu se buď přípevňují na chladič šroubem, který je součástí pouzdra (diody, tyristory), nebo se z nich teplo odvádí přímým stykem s chladičem (ploché výkonové tranzistory). Záleží na materiálu chladiče, na tepelné vodivosti, ale i na jeho povrchu a poloze v prostoru. Běžně se používá dostupný hliník o tepelné vodivosti asi  $2,1^{\circ}\text{C}/\text{W cm}$ . Tepelný odpor se dále zmenšuje (až na polovinu) černěním povrchu a vertikální (svislou) polohou, která umožňuje lepší proudění vzduchu kolem desky.

Nejvhodnější je chladičí deska čtvercového tvaru nebo žebrovaný odlietek, popř. radiátor složený z několika plechů tvaru písmene U, vložených do sebe. Stykové plochy musí na sebe co nejlépe dosedat, popř. jsou zabroušeny a staženy.

Je-li pouzdro prvku připojeno na napětí (např. kolektor tranzistoru), je nutné jej od chladiče izolovat, např. lístkem slídy tloušťky asi  $0,05$  mm neboli  $50 \mu\text{m}$ , popř. teflonovou fólií. Samozřejmě se musí izolovat i upevňovací šroubky. Vložením izolace se však přestup tepla zhoršuje — uvedený list slídy má tepelný odpor asi  $0,3^{\circ}\text{C}/\text{W}$ . Lepšího přenosu tepla se dosahuje potřením slídy z obou stran silikonovou vazelínou nebo olejem.

### Výpočet chladiče

Přesný výpočet je velmi složitý a přitom nelze některé veličiny, např. závislost styčných ploch na hladkosti povrchu, tepelné vyzařování aj. přesně určit. Proto v praxi vystačíme s empirickými vzorci korigovanými podle výsledků měření.

Tepelný odpor přídatného chladiče je

$$K_2 = C_1 \left( 1,73 + \frac{7,6 \cdot 10^2 \cdot C_2}{S_r} \right) \quad [^{\circ}\text{C}/\text{W}; \text{cm}^2] \quad (45\text{g})$$

kde  $K_2$  je tepelný odpor,

$C_1$  materiálová konstanta,

$C_2$  konstanta tepelného záření,

$S_r$  plocha chladiče (radiátoru).

Materiálová konstanta je pro hliník  $C_1 = 1$ , pro měď  $C_1 = 0,75$ .

Vyzařovací konstanta je pro svislou hliníkovou desku tloušťky 2 až 3 mm s černým (mořeným) povrchem  $C_2 \doteq 0,43$ , pro stejnou vodorovnou desku  $C_2 \doteq 0,5$ .

Úpravou vztahu (45g) určíme plochu chladiče (jedné strany)

$$S_r = \frac{C_1 \cdot 7,6 \cdot 10^2 \cdot C_2}{K_2 - 1,73} \quad [\text{cm}^2; ^{\circ}\text{C}/\text{W}] \quad (45\text{h})$$

*Příklad výpočtu:* Germaniový tranzistor GD607 má udanou teplotu přechodu  $\vartheta_j = +90^{\circ}\text{C}$ , vnitřní tepelný odpor  $K_1 = 7,5^{\circ}\text{C}/\text{W}$  a kolektorovou

ztrátu  $P = 4 \text{ W}$ . Na jak velkou hliníkovou chladičskou desku jej musíme připevnit bez izolační podložky, aby nebyl přetížen při okolní teplotě  $+45^\circ\text{C}$ ?

Teplota pouzdra bude

$$\vartheta_c = 90 - (7,5 \cdot 4) = 90 - 30 = 60^\circ\text{C}$$

Potřebný tepelný odpor chladiče je (45c)  $K_2 = \frac{60 - 45}{4} = \frac{15}{4} = 3,75$

$^\circ\text{C}/\text{W}$ . Plochu svisle umístěné černěné desky tloušťky 2,5 mm ( $C_2 = 0,43$ ) vypočítáme podle vzorce (45h)

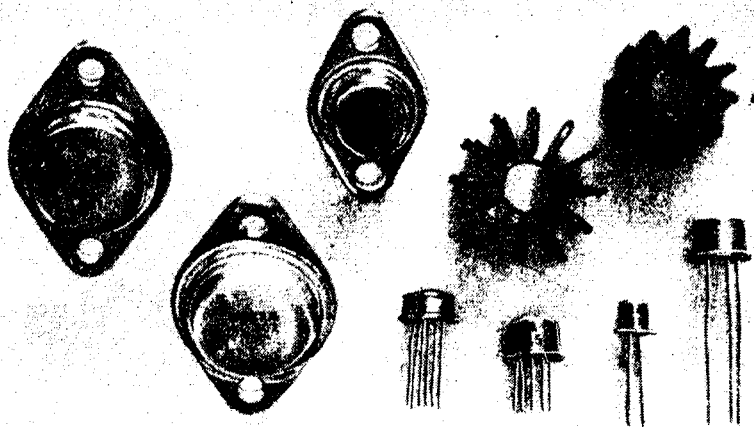
$$S_r = \frac{7,6 \cdot 10^2 \cdot 0,43}{3,75 - 1,73} = \frac{327}{2,02} = 162 \text{ cm}^2$$

Použijeme tedy čtvercovou desku o straně  $\sqrt{S_r} = \sqrt{162} = 12,7 \text{ cm}$  a tranzistor umístíme do jejího středu. Kdyby bylo nutné tranzistor izolovat slidovou podložkou, zvětší se tepelný odpor o  $0,3^\circ\text{C}/\text{W}$  a byla by zapotřebí chladičská plocha asi  $190 \text{ cm}^2$  neboli deska rozměrů  $138 \times 138 \text{ mm}$ .

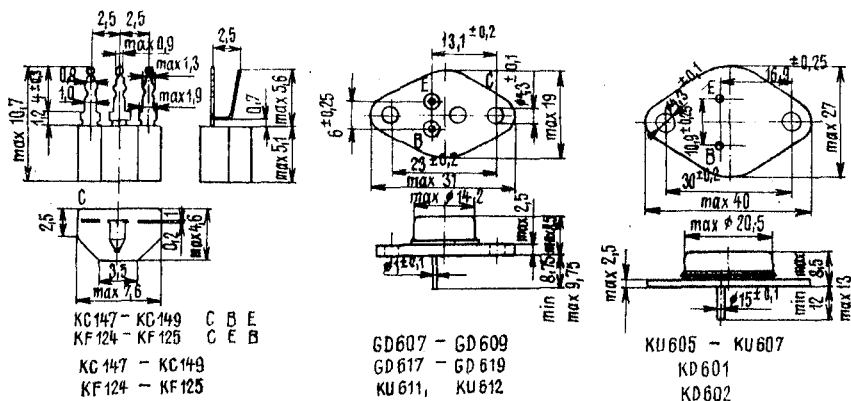
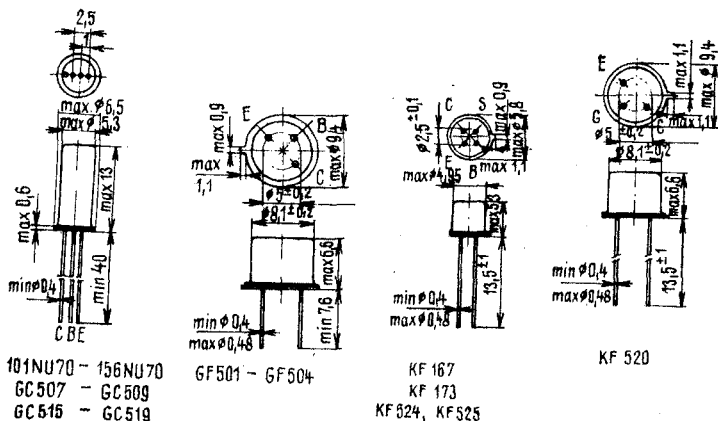
Některá chladičská žebra, vzhled tranzistorů a integrovaných obvodů jsou na obr. 104.

Rozměry a vývody tranzistorových pouzder ukazuje obr. 105.

Poznámka: Hliníkové žebrované odlitky vyrábí Kovohutě, n. p. Děčín a Závod Slovenského národního povstania, Žiar nad Hronom [16].



Obr. 104. Tranzistory, integrované obvody a chladičská žebra



Obr. 105. Rozměry pouzder a vývody některých tranzistorů

## 2.7.6. Integrované obvody

### *Integrované obvody a jejich rozdělení*

Sdružování aktivních a pasivních radiotechnických a elektronických součástí (tj. tranzistorů, diod, odporů, kondenzátorů, cívek atd.) do větších celků nebo struktur nazýváme integrace. Není to nový pojem, používal se již v době rozvoje miniaturizace a polovodičové techniky, kdy se objevily první sdružené a hybridní obvody, kombinované z většího počtu diskretních (tj. oddělených, samostatných) součástí a integrovaných obvodů (IO), např. ve tvaru mikromodulů a minimodulů. Celý obor dostal název mikroelektronika; lze do ní řadit i další, technologicky stále dokonalejší vývojové typy integrovaných obvodů ve tvaru tzv. mikrostruktur. Jejich vývoj není

ještě ani dnes dokončen, avšak z hlediska technologie, parametrů a vlastností je lze již dělit do dvou základních skupin:

1. Mikrostruktury s velkou hustotou aktivních a pasivních součástek, které jsou však konstruovány a také zkoušeny před sestavením obvodu a jeho zapouzdřením odděleně. Tyto tzv. hybridní integrované obvody jsou sice vývojově starší, málo vhodné pro masovou výrobu a další podstatné zvětšování hustoty součástek, ale uplatňují se jako jednocelové integrované obvody, ekonomicky vyráběné ve větších až velkých sériích pro speciální aplikace. Lze je popř. kombinovat s obvody z tlustých i tenkých vrstev a vytvářet tak různorodá složitá zapojení (např. zesilovače s šířkou pásma několik set megahertzů apod.).
2. Integrované obvody monolitické (také v pevné fázi nebo hmotové), jejichž stavební prvky — součástky — jsou neoddělitelně spojeny, popř. sdruženy na povrchu nebo uvnitř základní destičky z polovodičového materiálu, většinou z křemíku. K výrobě monolitických integrovaných obvodů, plnících ucelené elektronické funkce, se používá soubor technologií a postupů (např. planární technologie pro vytváření přechodů PN), které umožňují vytvářet obvody z tlustých i tenkých vrstev, nanášených na základní pevné podložce s rozměry  $1,2 \times 1,2$  mm až  $2 \times 3$  mm, popř. i většími (u integrovaných obvodů s velkou hustotou integrace). Obvody v pevné fázi umožnily značně zvětšit spolehlivost a pronikavě snížit výrobní náklady (při velkosériové až masové výrobě) i zmenšit hmotnost, objem a spotřebu energie.

Hustota integrace je kromě vhodnosti aplikace integrovaných obvodů důležitým praktickým hlediskem členění integrovaných obvodů.

Protože se integrované obvody s různou složitostí označují v literatuře běžně zkratkami angl. názvů, bude užitečné je alespoň heslovitě uvést. Zkratka SSI (Small Scale Integration) označuje integrované obvody s malou hustotou integrace, tj. s desítkami obvodových součástek na jedné destičce, MSI (Medium SI) označuje obvody se střední hustotou součástek, nad jedno sto, LSI (Large SI) označuje obvody s velkou hustotou integrace — několik set součástek, ELSI (Extra Large SI) obsahují tisíce obvodových součástek na základní desce a vývoj těchto integrovaných obvodů s velmi velkou hustotou integrace stále pokračuje. Počítá se perspektivně s počtem 100 000 až 1 milión součástek na destičce.

Pro uživatele je daleko důležitější členění integrovaných obvodů podle aplikace. Rozlišujeme dvě základní skupiny — lineární a číslicové integrované obvody. Kromě nich existují speciální integrované obvody, např. integrované sestavy součástek, číslicově analogové převodníky apod., které tvoří obvody smíšeného typu a patří do zvláštní skupiny.

Podrobnější členění obou základních skupin probereme v odstavcích popisujících čs. typy a jejich aplikace.

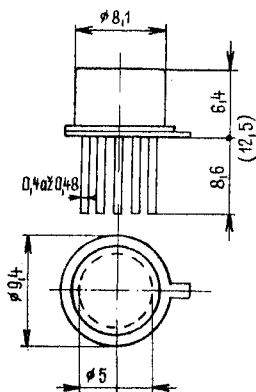
## Pouzdra a montáž integrovaných obvodů

Pouzdra lineárních i číslicových čs. typů integrovaných obvodů jsou buď kovová, nebo z plastu.

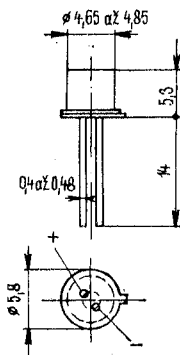
Kovová pouzdra jsou válcová, s vývody umístěnými v kruhu v základně válce; jejich orientace je podle vylisovaného klíče při pohledu zdola. Většina lineárních integrovaných obvodů používá pouzdra typu TO - 5, některé i TO - 18 (podobně jako čs. řada tranzistorů).

Pouzdra z plastu se používají pro číslicové integrované obvody a pro jeden typ lineárních obvodů (zvláštní provedení MA 0403A). Jsou charakteristická uspořádáním vývodů ve dvou řadách podél delších stěn hranolovitého pouzdra (tzv. dvouřadé „dual-in-line“). Používají se dvě rozměrová provedení (K 301 neboli TO 116 a KA 402) se 14 a 16 vývody, jejichž orientace je opět podle vylisované značky.

Přehled o základních rozměrech pouzder integrovaných obvodů lze získat z obr. 106 až 110 i z dalších obr. 112 až 120.



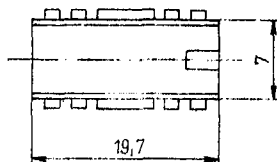
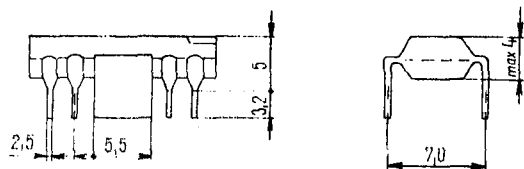
Obr. 106. Pouzdro TO-5 s volnými vývody pro většinu lineárních integrovaných obvodů



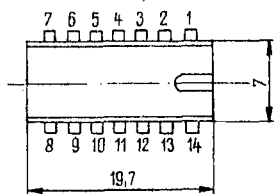
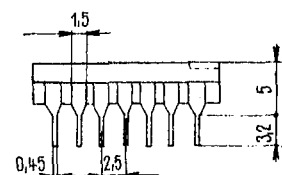
Obr. 107. Pouzdro TO-18 s 2 vývody pro monolitický integrovaný obvod typu MAA 550

Integrované obvody se montují — podobně jako u tranzistorů a diod — upevněním za vývody, a to buď zasunutím do odpovídající objímky, nebo připájením. Objímek se s výhodou používá všude tam, kde se předpokládá výměna (v laboratorních modelech, funkčních vzorcích atd.), nebo při montáži v kovových pouzdrech (např. pro válcové TO-5 je vhodná objímka 6AF 497 37, výrobce TESLA Liberec n. p.). Pro zacházení s vývody platí totéž, co pro drátové vývody tranzistorů. V sériově vyráběných zařízeních (počítačích apod.) se používá levnějšího pájení (odpadá cena objímky). Při pájení integrovaných obvodů s plastickými pouzdry je nutné vyvarovat se jakéhokoli ohýbání nebo kroucení vývodů a pájení provádět

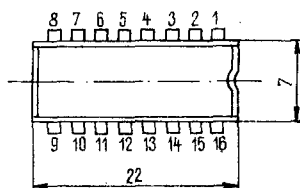
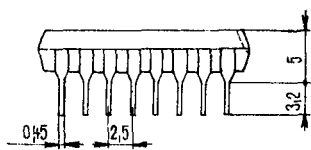
rychle a kvalitně vhodnou miniaturní páječkou. Nekvalitní („studená“) pájená místa znamenají velké a nestabilní přechodové odpory a zejména u číslicových integrovaných obvodů vedou při průchodu proudů řádově 10 mA k poruše jejich základní funkce (nevhodná napětí pro úroveň



Obr. 108. Zvláštní provedení pouzdra pro zesilovač MA0403 (A)



Obr. 109. Pouzdro většiny integrovaných obvodů se 14 vývody (TO-116). Podle IEC má označení PA 31, podle RVHP K 301



Obr. 110. Pouzdro se 16 vývody pro některé číslicové integrované obvody

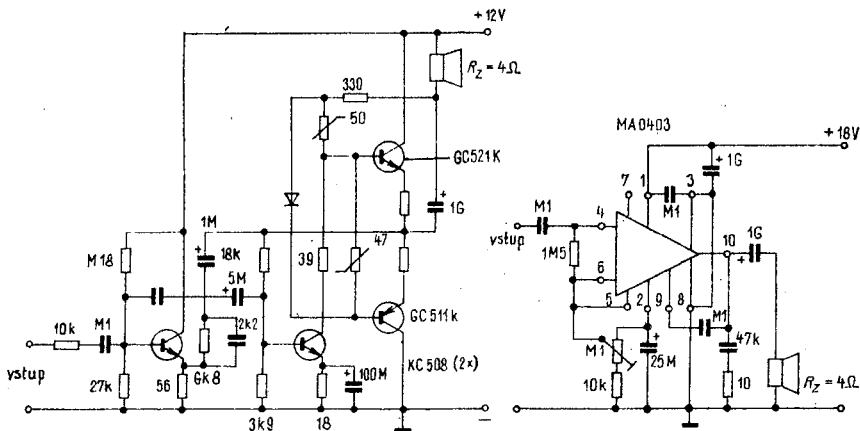
logického signálu nula). Připájený obvod se však bez zvláštního přípravku a bez nebezpečí porušení obtížně vyjímá. Vždy se musí dbát na nebezpečí tepelného přetížení a zničení; pro pájení je přípustná doba maximálně 4 s.

Také integrované obvody v hranolovém pouzdru typu DIL (dual-in-line), s vývody po obou podélných stranách pouzdra lze upevňovat jak připájením na plošné spoje, tak i pomocí objímek. Pro základní typy obvodů se 14 vývody (K402) se používá objímka 6AF497 70, pro obvody MSI se 16 vývody (K404) objímka 6AF497 69, obě vyrábí n. p. TESLA Liberec.

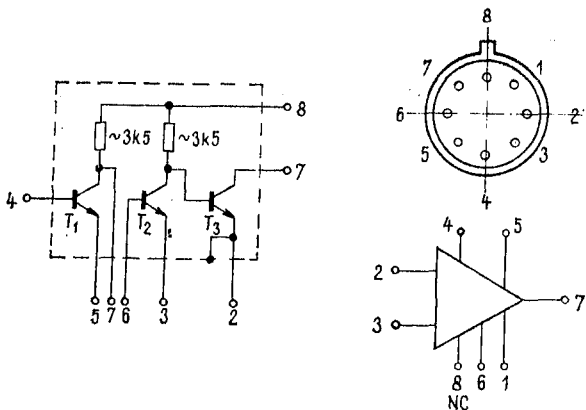
Integrované obvody se většinou nechladí, s výjimkou nf zesilovačů, např. MA 0403 a MA 0403A, MBA 810 nebo MBA 810A.

### Lineární integrované obvody

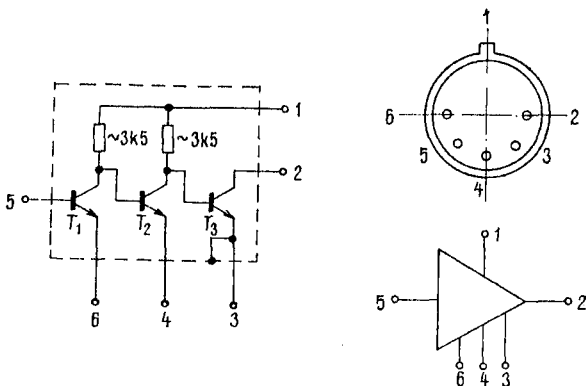
Lineární integrované obvody mohou v četných aplikacích nf, mf, a vf obvodů, v různých druzích zesilovačů, stabilizátorů napětí apod. nahradit kombinovaná zapojení s větším počtem diskretních (tj. oddělených) aktivních a pasivních součástek. Úspora součástek šetří nejen materiál a pracnost a tím výrobní náklady, ale poskytuje uživateli levné kompaktní obvody nepatrných rozměrů a hmotnosti, s jednotnými a přezkoušenými vlastnostmi, s velkou spolehlivostí a mechanickou i klimatickou odolností. Odpadají pájená místa — příčiny častých obtížně hledaných závad zapojení; montáž do desek s plošnými spoji je jednoduchá a rychlá. Zesilovač — např. s obvodem TESLA MA 0403A — lze včetně pasivních součástek kompenzačních obvodů a obvodů pro nastavení pracovního bodu umístit na plošném spoji s rozměry asi 30 × 30 mm, při výkonu zesilovače 1 W bez chladicí desky. Úspora součástek je zřejmá např. z porovnání schémat téhož nf zesilovače 2,5 W na obr. 111, kdy vlevo jsou použity tranzistory a klasické diskretní součástky, vpravo MA 0403A.



Obr. 111. Porovnání zesilovače s diskretními součástkami a s integrovaným obvodem



Obr. 112. Pouzdro a vývody integrovaných obvodů typu MAA115, MAA125 a MAA145



Obr. 113. Zapojení vývodů integrovaných obvodů typu MAA225 a MAA245

Lineární integrované obvody TESLA lze dělit podle základních možných aplikací (funkčního určení) do několika skupin:

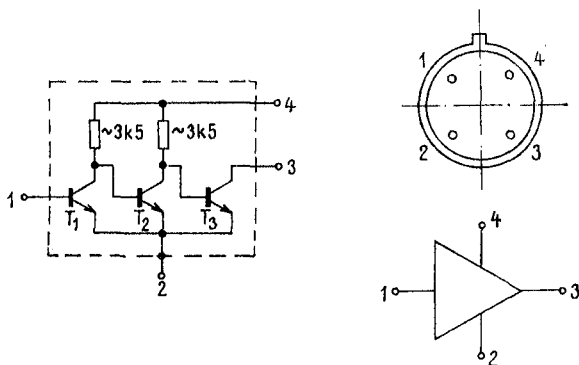
1. Lineární, určené pro funkce nf zesilovačů, multivibrátorů, omezovačů signálů, nízkofrekvenčních oscilátorů a pro mnoho dalších podobných nf aplikací.
2. Lineární, se dvěma symetrickými vstupy, vhodné zejména pro rozdílové zesilovače, zpracovávající dva signály.
3. Operační zesilovače (také nazývané počítač zesilovače), používané v mnoha aplikacích analogové techniky, např. jako stejnosměrné a různé speciální nf přístrojové zesilovače, diferenciální zesilovače, dále jako osci-



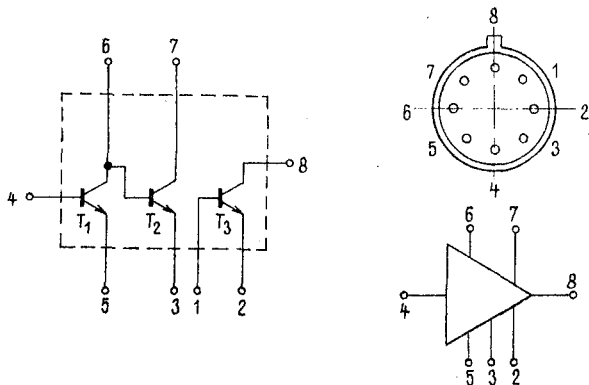
látory, omezovače signálu, derivační a integrované obvody a také v technice aktivních filtrů.

4. Lineární, určené především pro vysokofrekvenční obvody, např. v rozhlasových a televizních přijímačích.
5. Lineární, vhodné pro nf zesilovače středního výkonu asi do 3,5 W v zařízeních spotřební elektroniky, kde reprezentant této skupiny MA 0403A nebo MBA 810 může být použit buď bez předzesilovače, nebo s předzesilovačem.

Vyráběné a běžně dostupné typy lineárních integrovaných obvodů TESLA jsou uvedeny v tab. 140, obsahující základní popis, mezní hodnoty a zapojení patice. Tabulka je informativní a nemůže samozřejmě obsahovat veškeré provozní parametry.



Obr. 114. Pouzdro a vývody třístupňového zesilovače MAA325 a 345



Obr. 115. Zapojení a vývody lineárního integrovaného obvodu MAA 435

Tabulka 140. Přehled lineárních integrovaných obvodů TESLA

Typ IO	Popis a použití; mezní hodnoty
<p>MAA115 MAA125 MAA145</p>	<p>Třístupňový lineární integrovaný zesilovač určený pro nízkofrekvenční a mezifrekvenční zesilovače (obr. 112). Jednotlivé typy se liší ve jmenovitých hodnotách (napětové zesílení, zkreslení, vstupní odpor) a v těchto mezních hodnotách:</p> <p>Napájecí napětí <math>U_{Bmax}</math> je 4 V (MAA115), 7 V (MAA125) a 12 V (MAA145)</p> <p>Typy mají společné: <math>I_{max} = 50</math> mA, <math>P_{max} = 300</math> mW</p>
<p>MAA225 MAA245</p>	<p>Třístupňový lineární integrovaný zesilovač se samostatně vyvedenými emitory, určený pro nízkofrekvenční a mezifrekvenční zesilovače (obr. 113).</p> <p>Napětové zesílení je 70 dB (u MAA245 je 78 dB)</p> <p>Napájecí napětí <math>U_{Bmax}</math> 7 V (u MAA245 je 12 V)</p> <p>Maximální proudy: <math>I_2, I_3 = 40</math> mA, <math>I_4, I_5 = 5</math> mA, <math>P_{max} = 300</math> mW</p>
<p>MAA325 MAA345</p>	<p>Třístupňový lineární integrovaný zesilovač se samostatně vyvedenými emitory, samostatným vývodem kolektoru a báze druhého tranzistoru. Je určen pro nízkofrekvenční a mezifrekvenční zesilovače (obr. 114).</p> <p>Minimální napětové zesílení je 70 dB. Napájecí napětí <math>U_{Bmax} = 7</math> V (resp. 12 V u MAA345)</p> <p>Maximální proudy: <math>I_1, I_2 = 40</math> mA, <math>I_5, I_7 = 20</math> mA, <math>I_4, I_6 = 10</math> mA, <math>I_8 = 5</math> mA</p> <p><math>P_{max} = 300</math> mW</p>
<p>MAA435</p>	<p>Třístupňový lineární integrovaný obvod se samostatně vyvedenými emitory a kolektory všech tranzistorů. Vhodný pro nízkofrekvenční, mezifrekvenční a stejnosměrné zesilovače. Minimální zesilovací činitel každého tranzistoru je 40, <math>U_{Bmax} = 7</math> V (obr. 115).</p> <p>Maximální napětí: <math>U_{8/2} = 9</math> V, <math>U_{6/4}</math>, <math>U_{8/1} = 15</math> V, <math>U_{2/1}</math>, <math>U_{5/6}</math>, <math>U_{2/1} = 6</math> V</p> <p>Maximální proudy: <math>I_2 = 40</math> mA, <math>I_3, I_5 = 20</math> mA, <math>I_1, I_4 = 10</math> mA</p> <p><math>P_{max} = 300</math> mW.</p>
<p>MAA525</p>	<p>Lineární integrovaný obvod se třemi samostatně vyvedenými tranzistory pro nízkofrekvenční a stejnosměrné zesilovače (obr. 116).</p> <p>Minimální zesilovací činitel každého tranzistoru je 20, <math>U_{Bmax} = 7</math> V</p> <p><math>U_{EBOmax} = 5</math> V, <math>I_c(T_3) = 40</math> mA, <math>I_c(T_2) = 20</math> mA, <math>I_c(T_{1max}) = 10</math> mA.</p> <p><math>P_{max} = 300</math> mW, <math>h_{21E} = 20</math></p>

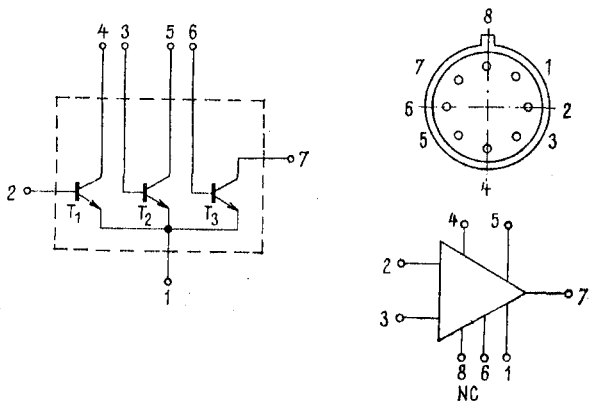
Tabulka 140. Pokračování

Typ IO	Popis a použití; mezní hodnoty
MBA225 MBA245	<p>Dvojitý třístupňový lineární integrovaný zesilovač, určený pro nízkofrekvenční, mezifrekvenční a stejnosměrné zesílení (obr. 117). Napěťové minimální zesílení je 60 dB, <math>U_B = 7\text{ V}</math> (resp. 12 V u MBA245). Celkový proud <math>I_{\max} = 50\text{ mA}</math>, <math>P_{\max} = 300\text{ mW}</math></p>
MA0403 MA0403A	<p>Lineární integrovaný obvod pro nízkofrekvenční a koncové zesilovače se ztrátovým výkonem 3,5 W; vhodný pro zesilovače a rozhlasové přijímače (obr. 118). <math>U_{B\max} = 20\text{ V}</math>, <math>I_{\text{výst. max}} = 1,25\text{ A}</math>, <math>P_{\max} = 3,5\text{ W}</math> s přidavným chlazením; bez chlazení 1,25 W</p>
MBA810 MBA810A	<p>Monolitický lineární integrovaný obvod pro nízkofrekvenční a výkonové zesilovače se ztrátovým výkonem 5 W. Je vhodný pro rozhlasové a televizní přijímače, pro gramofony a magnetofony atd. Svým větším ztrátovým výkonem nahrazuje typ MA0403. <math>U_{B\max} = 20\text{ V}</math>, <math>I_{\text{výst. max}} = 3\text{ A}</math>, <math>P_{\max} = 5\text{ W}</math> (při <math>\theta_0 = 90^\circ\text{C}</math>)</p>
MBA125 MBA145	<p>Lineární integrovaný obvod určený pro rozdílové zesilovače, kaskádní rozdílové zesilovače, předzesilovače a multivibrátory (obr. 119). Rozdílový napěťový zisk min. 50 <math>U_{B\max} = \pm 7\text{ V}</math> (resp. <math>\pm 12\text{ V}</math> u MBA145) Vstupní napěťový rozsah <math>\pm 4\text{ V}</math>; maximální napětí <math>U_{1/4}</math>, <math>U_{7/4}</math>, <math>U_{4/3} = 7\text{ V}</math> <math>I_{s/3\max} = 20\text{ mA}</math>, <math>P_{\max} = 300\text{ mW}</math></p>
MA3000	<p>Lineární integrovaný obvod v zapojení kompenzačního diferenciálního zesilovače; vhodný pro vf zesilovače až do 30 MHz, oscilátory, směšovače, modulátory, omezovače, klopné obvody aj. s možností řízení zisku (obr. 120). Napájecí napětí <math>U_{cc}</math> (<math>U_{EE}</math>) = +10 V (-10 V) Vstupní napětí pro symetrický i nesymetrický vstup <math>\pm 2\text{ V}</math> <math>P_{\max} = 300\text{ mW}</math></p>
MAA3005	<p>Lineární integrovaný obvod vhodný pro vf zesilovače se symetrickým nebo nesymetrickým vstupem a výstupem. Po připojení laděných obvodů nebo zátěží mohou pracovat jako laděné nebo širokopásmové zesilovače, oscilátory, směšovače, detektory, modulátory, a to jak analogové tak i číslicové. Napětí zdroje <math>U_{cc\max} = +12\text{ V}</math>, <math>U_{EE\max} = -12\text{ V}</math> Vstupní napětí na nesymetrickém vstupu <math>\pm 3,5\text{ V}</math> na symetrickém vstupu -2,5 V až +3,5 V <math>P_{\max} = 300\text{ mW}</math></p>

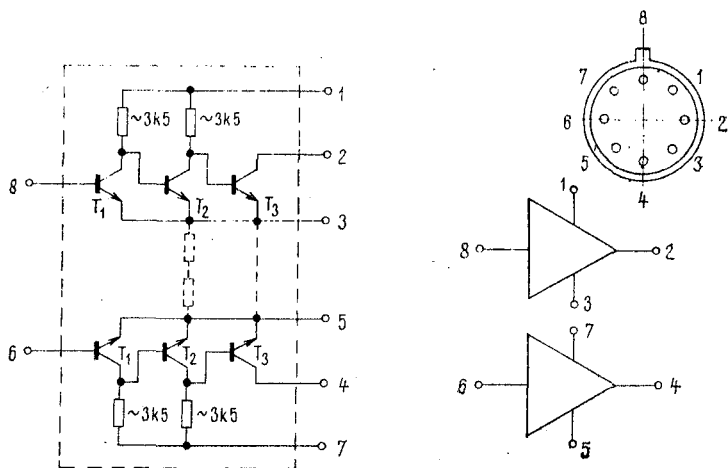
Typ IO	Popis a použití; mezní hodnoty
MAA550	Monolitický integrovaný obvod vhodný pro stabilizované zdroje ladičního napětí 33 V (konstantního a teplotně stabilizovaného) v kanálových voličích s kapacitními diodami v rozhlasových a televizních přijímačích. Provozní proud 15 mA
MAA661	Lineární sdružený integrovaný obvod s několika funkčními celky: mezifrekvenční zesilovač pro kmitočtově modulovaný signál, omezovač šumu a amplitudové modulace, koincidenční a detektor kmitočtově modulovaného signálu, nízkofrekvenční předzesilovač a stabilizátor napětí. Použití v rozhlasových a televizních přijímačích do 60 MHz. $U_{cc} = +15$ V, napětí mezi vstupy $U^{5/6} = \pm 4$ V, $P_{max} = 600$ mW
MAA723 MAA723H	Lineární obvod vhodný jako zdroj přesně stabilizovaného napětí pro elektronické přístroje. Je složen z teplotně kompenzovaného zdroje a zesilovače referenčního napětí, zesilovače regulační odchylky, z omezovacích obvodů odebraného proudu a z koncového tranzistoru. Maximální vstupní napětí (nastavitelné) 50 V (impulsní) Maximální výstupní proud 150 mA. $P_{max} = 80$ mW (resp. 700 mW u MAA723H)
MAA501 MAA502 MAA503 MAA504	Lineární integrovaný obvod (křemíkový, vyrobený planární epitaxní technologií) vhodný jako operační zesilovač s velkým ziskem, vstupním odporem a výstupním rozkmitem s velkou šířkou přenášeného pásma a s malým příkonem. Použití v stejnosměrných aplikacích, v analogových počítačích, generátorech kmitů a funkcí apod. $U_{Bmax} = \pm 18$ V, $U_{vstmax} = \pm 10$ V, $P_{max} = 300$ mW typy MAA501–504 se liší v některých charakteristických údajích
MAA725 (MAA725B, C, H, J, K)	Lineární monolitický integrovaný obvod vyrobený z křemíku planární epitaxní technologií, vhodný jako operační zesilovač pro nízkofrekvenční a stejnosměrné zesilovače (přístrojové) Napájecí napětí $U_{Bmax} = \pm 3$ až $\pm 22$ V (MAA725,B,C) $\pm 3$ až $\pm 15$ V (MAA725H,J,K) $U_{vstmax} = \pm 20$ V; $U_{vstdifmax} = \pm 22$ V. Napětí mezi vývody 1 a 7, 8 a 7 je maximálně $\pm 0,5$ V, $P_{max} = 500$ mW Písmena u typových znaků odlišují tepelnou odolnost: + 125°C u MAA725H, MAA725 + 85°C u MAA725J, MAA725B + 70°C u MAA725K, MAA725C

Konstruktoři obvodů musí mít k dispozici další detailní údaje a charakteristiky, nutné pro přesný a podrobný návrh. Tyto údaje uvádí výrobce n. p. TESLA Rožnov v katalogích a lze je nalézt také v citované literatuře.

Zájemce o aplikace speciálních integrovaných obvodů se občas setká ve výrobcích komerční elektroniky s tzv. hybridními integrovanými obvody. Tyto speciální obvody nejsou běžně v prodeji, a proto je do skupin možných aplikací nezahrnujeme. Hybridní obvody se vyrábějí pouze na zvláštní objednávky velkých výrobních sérií. Jsou určeny pro jednoúčelové aplikace. Je to kombinace integrovaných obvodů a vsazených diskrétních součástek.



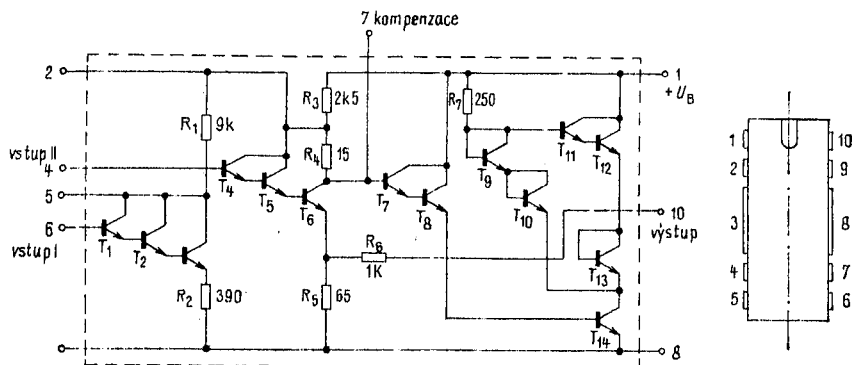
Obr. 116. Zapojení a vývody lineárního integrovaného obvodu MAA525



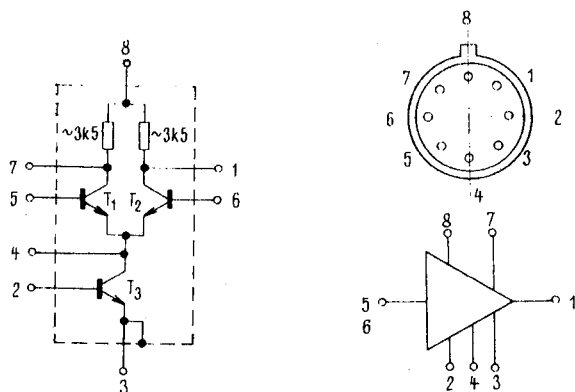
Obr. 117. Zapojení a vývody dvojitého integrovaného obvodu MBA 225 a MBA245

V tab. 140 jsou také uvedeny operační zesilovače, které pro jejich odlišné použití uvádíme v samostatné kapitole.

N. p. TESLA Rožnov vyrábí také 2 integrované obvody typu MNOS pro senzorové ladění čili bezkontaktní zapínání předem nastavených vlnových kanálů v televizorech a přijímačích v pásmu vkv. Žádaný kanál se zapojuje jen přiložením prstu na plošku čidla (tzv. senzor). Nepoužívá se



Obr. 118. Zapojení a pouzdro nízkofrekvenčního zesilovače 3,5 W MA0403 (A)

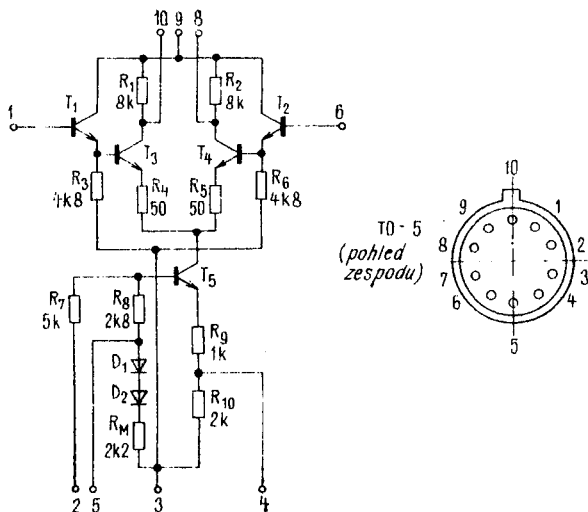


Obr. 119. Pouzdro a zapojení diferenciálního zesilovače MBA125, MBA145

tedy mechanických kontaktů — spínání se děje kapacitně, popř. galvanicky. Číslo zapojeného kanálu se indikuje buď prosvětlovací žárovčkou, nebo elektroluminiscenční zobrazovací soustavou. Obvody nejsou jednoduché — např. každá žárovčka se rozsvěcuje přes samostatný tranzistor, číslicová zobrazovací soustava má integrovaný dekodér, každý kanál vyžaduje

nulovací zařízení atd. Oba typy mají přednostní zapínání kanálů č. 1, které však lze popř. zrušit.

Integrovaný obvod MAS 560 pro bezkontaktní spínání 4 televizních kanálů má pouzdro z plastu, typ K402 se 14 vývody.



Obr. 120. Pouzdro a zapojení integrovaného obvodu MAA3000

Integrovaný obvod MAS 561 pro bezkontaktní spínání 6 kanálů vkv má pouzdro K404 se 16 vývody. Počet přepínaných kanálů lze zvětšit paralelním přiřazením dalšího IO stejného typu.

Hodnoty platné pro oba typy:

Napětí  $U_{DD} = +0,3 \text{ V}$  až  $-30 \text{ V}$ .

Vstupní napětí  $U_{vst1} \leq -6 \text{ V}$ .

Svodový proud vstupu  $I_{vst} < 1 \mu\text{A}$ .

Vstupní kapacita  $C_{vst}$  (při  $U_{vst1} = -6 \text{ V}$ ,  $f = 100 \text{ kHz}$ )  $< 20 \text{ pF}$ .

Výstupní proud  $I_{výst} = -10 \text{ mA}$ .

Výstupní odpor  $R_{výst}$  (při  $I_{výst} = -1 \text{ mA}$ )  $< 500 \Omega$ .

Teplotní součinitel výstupního odporu  $TKR_{výst} < 3 \Omega/^\circ\text{C}$ .

Doporučená hodnota provozních teplot  $\vartheta = 0$  až  $+70^\circ\text{C}$ .

Skladovací teplota  $\vartheta_s = -25$  až  $+125^\circ\text{C}$ .

### Operační zesilovače

Ideální operační zesilovač by měl splňovat požadavky dříve uvedených aplikací, tj. jeho vstupní odpor  $R_{vst1}$ , napěťové zesílení  $A_u$  a svodová impedance  $R_{svod}$  by měly být co největší, výstupní odpor  $R_{výst}$  by se měl blížit nule.

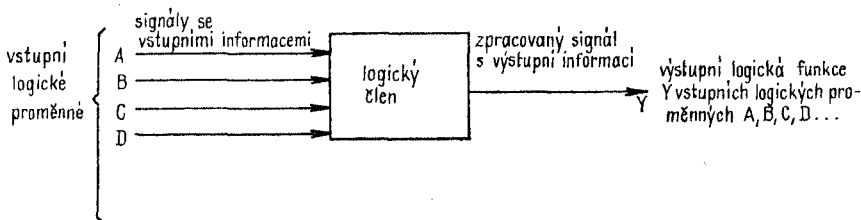
Lineární integrované obvody, uvedené v přehledové tabulce, se těmto prakticky nesplnitelným absolutním hodnotám pouze přibližují. V závislosti na konstrukci a zapojení prvků má např.  $R_{vst}$  hodnotu minimálně 50 až 250 k $\Omega$ ,  $R_{výst}$  50 až 150  $\Omega$ . Napěťové zesílení  $A_u$  mívá hodnoty  $10^4$  až  $10^7$  a svodový odpor  $R_{svod}$  dosahuje řádově  $10^7$  až  $10^{10}$   $\Omega$ .

V praxi se nejvíce používají operační zesilovače se souměrným vstupem a nesouměrným výstupem. Existují i jiná možná zapojení a jejich kombinace. Potřebné podrobné údaje pro návrhy praktických aplikací jsou často publikovány v odborné literatuře (včetně časopisů). Elektrická schémata operačních zesilovačů jsou již značně složitá a jejich publikování by přesáhlo zaměření této příručky.

### Číslicové integrované obvody

Číslicová technika se v posledních letech uplatňuje stále více v různých oborech elektrotechniky (regulace a automatizace), v elektronice a sdělovací technice, v oblasti číslicových počítačů a při sběru a zpracování dat.

Základní prvky číslicových zařízení jsou především číslicové obvody, známé také pod názvy digitální nebo logické obvody. Číslicové obvody jsou konstruovány tak, že na rozdíl od analogových pracují pouze se dvěma stavy (např. sepnuto — vypnuto). Rozlišují proto jen dvě hodnoty signálu (např. jmenovité napětí — nulové napětí). To umožňuje použít v číslicové technice dvojkovou číselnou soustavu a signály nesoucí vstupní informace zpracovávat pomocí dvojkových logických operací. Nositeli vstupních informací jsou logické proměnné, které logický obvod zpracovává tzv. logickou operací na výstupní signál, jímž je logická funkce  $Y$  vstupních logických proměnných  $A, B, C, D, \dots$ . Tuto definici činnosti logických obvodů (členů) názorněji vysvětlí schéma na obr. 121.



Obr. 121. Obecný princip logického obvodu

Logickou operací rozumíme zpracování vstupních logických proměnných (tj. veličin s konečným počtem hodnot) podle zákonů logické algebry.

Při dvojkové logické operaci mohou logické proměnné (a rovněž všechny funkce a konstanty) nabývat jen dvou diskrétních (tj. určitých, obvykle číselných) hodnot, které nazýváme signály pro logickou hodnotu (0 nebo 1), popř. úrovněmi (horní, H; dolní, L).

V číslicové technice se používá dvouhodnotová logická tzv. Booleova



algebra, ve které je systém základních logických funkcí tvořen logickým součtem, logickým součinem a negací.

1. Logický součin (konjunkce) se označuje AND („i“).

Hodnota této funkce se rovná 1 tehdy, má-li každá vstupní nezávisle proměnná hodnotu 1.

2. Logický součet (disjunkce) se označuje OR („nebo“).

Hodnota funkce je 1, má-li alespoň jedna nezávisle proměnná hodnotu 1.

3. Negace se označuje INVERT.

Hodnota funkce je 1, má-li nezávisle proměnná hodnotu 0 a naopak.

Pro názornější pochopení a zapamatování významu logických funkcí se často používá analogie s elektrickým obvodem s vřazeným jedním nebo více kontakty. Sepnutý kontakt proud propouští (signál 1), rozpojený kontakt nepropouští (signál 0).

Logický člen AND je pak analogií k elektrickému obvodu se dvěma kontakty v sérii, z nichž oba musí být sepnuty, aby proud procházel. Je-li rozpojen jeden kontakt nebo oba kontakty, proud neprochází.

Logický člen OR se přirovnává k elektrickému obvodu se dvěma paralelně řazenými kontakty. Proud obvodem neprochází jedině tehdy, když oba kontakty jsou současně rozpojeny; v ostatních případech proud prochází buď oběma, nebo jednou z paralelních větví obvodu (sepnutým kontaktem).

Logický člen INVERT z hlediska funkce se dá znázornit jednostupňovým zesilovačem, obracejícím fázi vstupního signálu o  $180^\circ$ .

Tyto základní logické funkce v Booleově algebře doplňují ještě tzv. složené logické funkce; lze je rozložit na základní logické funkce.

4. Negovaný logický součin se označuje NAND.

Hodnota této funkce je 1, má-li alespoň jedna nezávisle proměnná této funkce hodnotu 0.

5. Negovaný logický součet se označuje NOR.

Hodnota funkce je 1, má-li každá nezávisle proměnná hodnotu 0.

6. Výhradní logický součet se označuje EXCLUSIVE — OR.

Hodnota funkce je 1 tehdy, je-li hodnota jedné nezávisle proměnné rovna 0.

7. Jestliže se označuje IF.

Hodnota funkce je 1 tehdy, jsou-li hodnoty nezávisle proměnných této funkce současně rovny 1 nebo 0.

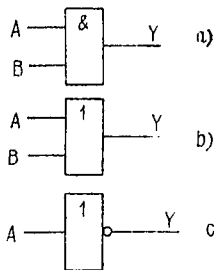
Uvedené základní i složené logické funkce jsou tzv. kombinační funkce; hodnota jejich výstupní závisle proměnné je dána pouze okamžitou kombinací vstupních nezávisle proměnných. Někdy pracujeme i s tzv. sekvenčními logickými funkcemi, jejichž hodnoty výstupních závisle proměnných jsou dány nejen okamžitou kombinací hodnot vstupních proměnných, ale také sledem předchozích hodnot, alespoň jedné z nich.

Tím jsme se dostali k pojům, které se vyskytují v syntéze a návrzích praktických logických obvodů a jejichž znalost je nutná při výběru vhodných logických členů.

Logický člen je takový člen, který uskutečňuje některou z popsaných kombinačních popř. sekvenčních logických funkcí (tedy např. logický člen AND, OR, INVERT atd.). Někdy se v literatuře nebo v katalogu setkáváme s názvem hradlo. Funkci hradla může plnit jen takový logický člen, jehož činnost (obvykle průchodnost) ovládá řídicí signál na zvláštním řídicím vstupu. To platí výhradně pro funkci logického členu AND (se dvěma vstupy), který můžeme nazývat také hradlo AND. U jiných logických členů je použití pojmu „hradlo“ nesprávné.

Spojením několika logických členů do skupiny nebo souboru vznikne logický obvod. Prvky nebo části zařízení číslicové techniky (obvykle mikroelektronické součástky) tvoří tedy logické obvody. Z dalších pojmů se zmíníme o dvou v praxi nejpoužívanějších — o logickém schématu a o pravdivostní tabulce.

Logické schéma je grafické znázornění logické operace pomocí standardních grafických symbolů. Základní logické symboly jsou na obr. 122.



Obr. 122. Symboly základních logických členů, a) logický součin, b) logický součet, c) negace

Pravdivostní tabulka má tvar podobný matici a přiřazuje jednoznačně hodnotu výchozí logické funkce pro každou ze všech možných kombinací hodnot vstupních nezávisle proměnných (stavů). V Booleově algebře je počet kombinací (stavů)  $n$  vstupních proměnných roven  $2^n$ . Snad nejlépe nám to ukáže následující souhrnná tabulka důležitých základních logických členů, logických funkcí, schémat a příslušných pravdivostních tabulek (tab. 141).

U všech logických členů musíme rozlišovat přiřazení určité fyzikální veličiny, nejčastěji napětí logickým proměnným 1 a 0. U tzv. pozitivní logiky je logické proměnné 1 přiřazeno kladnější napětí než logické proměnné 0. U negativní logiky je tomu naopak. V praxi se většinou používá logika pozitivní, přesto si však všimněme zajímavosti, že tytéž logické členy mohou plnit odlišné logické funkce právě podle druhu přiřazení napětí. Na předešlém přehledu, platném pro pozitivní logiku, má člen AND určitou pravdivostní tabulku. Změníme-li druh logiky na negativní, tj. změníme-li význam úrovně 0 a 1, dostaneme pravdivostní tabulku platnou pro člen OR. Obdobně to platí mezi členy NAND a NOR.

U dosud probíraných logických členů kombinačního typu zaniká výstupní

Tabulka 141. Základní logické členy, funkce a schémata

Logické funkce	Značka logického členu	Pravdivostní tabulka																																																																																					
Logický součin, AND $Y = AB$		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	A	B	Y	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1																																																																						
A	B	Y																																																																																					
0	0	0																																																																																					
1	0	0																																																																																					
0	1	0																																																																																					
1	1	1																																																																																					
Logický součin, AND (se 3 vstupy) $Y = ABC$		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	Y	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1																																																	
A	B	C	Y																																																																																				
0	0	0	0																																																																																				
0	0	1	0																																																																																				
0	1	0	0																																																																																				
0	1	1	0																																																																																				
1	0	0	0																																																																																				
1	0	1	0																																																																																				
1	1	0	0																																																																																				
1	1	1	1																																																																																				
Logický součet OR $Y = A + B$		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	A	B	Y	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1																																																																						
A	B	Y																																																																																					
0	0	0																																																																																					
1	0	1																																																																																					
0	1	1																																																																																					
1	1	1																																																																																					
Negace (INVERT) $A = \bar{A}$		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	A	0	1	1	0																																																																															
A	A																																																																																						
0	1																																																																																						
1	0																																																																																						
Negace logického součinu NAND $Y = \overline{AB}$		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	B	Y	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0																																																																						
A	B	Y																																																																																					
0	0	1																																																																																					
1	0	1																																																																																					
0	1	1																																																																																					
1	1	0																																																																																					
Negace logického součtu NOR $Y = \overline{A + B}$		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	B	Y	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0																																																																						
A	B	Y																																																																																					
0	0	1																																																																																					
1	0	0																																																																																					
0	1	0																																																																																					
1	1	0																																																																																					
Negace logického součtu dvou logických součtů AND OR INVERT $Y = \overline{AB \cdot CD}$		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	D	Y	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
A	B	C	D	Y																																																																																			
0	0	0	0	1																																																																																			
0	0	0	1	1																																																																																			
0	0	1	0	1																																																																																			
0	0	1	1	0																																																																																			
0	1	0	0	1																																																																																			
0	1	0	1	1																																																																																			
0	1	1	0	1																																																																																			
0	1	1	1	0																																																																																			
1	0	0	0	1																																																																																			
1	0	0	1	1																																																																																			
1	0	1	0	1																																																																																			
1	0	1	1	0																																																																																			
1	1	0	0	0																																																																																			
1	1	0	1	1																																																																																			
1	1	1	0	0																																																																																			
1	1	1	1	0																																																																																			

informace v okamžiku, kdy se změnil vstupní stav. Kombinační logické členy pracují tedy bez paměti.

V číslicových zařízeních jsou nutné i takové součástky, které zachovávají výstupní informaci i po změně vstupního stavu. Tyto tzv. paměťové obvody nerealizují žádnou logickou funkci, využíváme je pouze jako paměťové obvody (členy) nebo jako pomocné obvody.

Jedním z často používaných paměťových obvodů je bistabilní klopný obvod. Lze jej sestavit nejméně ze dvou kombinačních logických členů nebo zhotovit jako integrovaný obvod v četných variantách. Např. v bistabilním klopném obvodu se dvěma symetrickými vstupy provádějí tyto vstupy totožnou funkci. Výstup se pak buď změní, nebo zůstává v předchozím původním stavu podle toho, jaký signál se připojí na vstupy. Totéž platí u bistabilního klopného obvodu s jedním vstupem.

U synchronizovaného klopného obvodu může signál na vstupu (popř. několika vstupech) působit jedině v určitém okamžiku, daném signálem připojeným na synchronizačním vstupu. Existuje také klopný obvod s možností nastavení základního výstupního stavu na zvláštním vstupu (popř. několika vstupech), a to bez ohledu na stav synchronních vstupů.

Základním principům číslicových obvodů jsme přes snahu o maximální stručnost věnovali trochu více místa. Bylo to nutné jednak pro pochopení vlastností a využití integrovaných obvodů, jednak proto, že jsou to stavební součástky velmi perspektivní.

### *Přehled vlastností a použití číslicových integrovaných obvodů TESLA*

Existuje řada druhů číslicových integrovaných obvodů, které se používají k realizaci logických funkcí. Z nich nejznámější jsou např. obvody s odporovými vazbami (zkr. RTL), s diodovými vazbami (DTL), s vazbou přes emitor (ECL popř. ECTL) a tranzistorovými vazbami (TTL). Obvody TTL jsou vhodné pro různé oblasti použití, byly zvoleny v ČSSR jako základ pro řadu integrovaných obvodů TESLA. V první etapě byly vyvinuty a jsou vyráběny logické členy NAND, AND — NOR a 2 typy bistabilních klopných obvodů. V druhé etapě byly realizovány integrované obvody se střední hustotou integrace (MSI). Tato řada se stále rozšiřuje.

Všechny integrované obvody TTL vycházejí v podstatě ze společného základního uspořádání, které se liší počtem emitorů u několikaemitorového tranzistoru nebo provedením výstupního obvodu. Složitější integrované obvody jsou sestaveny z několika těchto součástí. Integrované obvody TTL TESLA se dnes vyrábějí ve třech řadách — MH 74, MH 84 a MH 54.

Tyto řady se v základních hodnotách statických a dynamických parametrů liší (až na výjimky) jen nepatrně; rozdílly jsou pouze v mechanické a klimatické odolnosti.

Hodnoty uváděné pro řadu MH 74 platí tedy v rozsahu příslušných teplot okolí a rozsahu napájecího napětí i pro ostatní řady. Elektrické parametry integrovaných obvodů můžeme popsat mezními charakteristickými hodnotami.

Mezní napětí zdroje  $U_{cc}$  je obecně 7 V. Pro provoz se doporučuje použít napětí nižší, a to

u řady MH 74 a MH 84  $U_{cc} = 5 \text{ V} \pm 5 \%$ ,  
u řady MH 54  $U_{cc} = 5 \text{ V} \pm 10 \%$ .

Mezní napětí vstupů  $U_{vst}$  je u všech tří řad minimálně 0 V a maximálně 5,5 V.

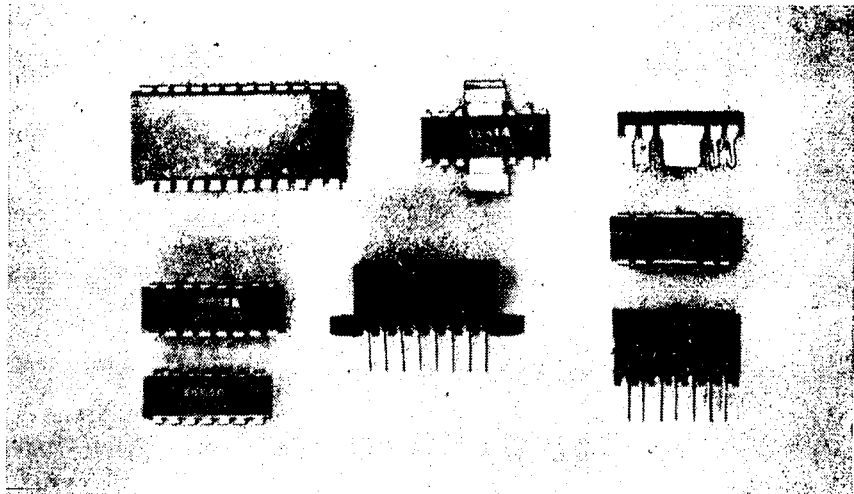
Rozsah teplot okolí (pracovních teplot při zaručení parametrů)

je u řady MH 74 0 až  $+70^{\circ}\text{C}$ ,  
MH 84  $-25$  až  $+85^{\circ}\text{C}$ ,  
MH 54  $-55$  až  $+125^{\circ}\text{C}$ .

Rozsah skladovacích teplot je jednotný,  $-55$  až  $+155^{\circ}\text{C}$ .

Charakteristické parametry se dělí na statické a dynamické. Mezi statické parametry, uváděné v přehledných tabulkách (např. v katalogích), patří údaje o vstupních a výstupních napětích, popř. proudech pro logické signály 1 a 0 a údaje o spotřebě proudu ze zdroje  $U_{cc}$ , údaje o logickém zisku  $N$  (charakterizuje zatížitelnost integrovaného obvodu) a o odolnosti proti rušení (náhodným změnám napájecího napětí nebo potenciálu zemnicího vodiče).

Dynamické parametry definují doby zpoždění průchodu signálu při přechodu ze signálu 1 do 0 a naopak. Většina těchto statických a dynamických parametrů není při jednoduchých aplikacích zapotřebí a návrh složitějších zapojení již vyžaduje daleko hlubší studium a znalost integrovaných obvodů, než může tato přehledová kapitola poskytnout. Připojené tabulky uvádějí proto jen typové označení číslíkových obvodů TESLA (logických



Obr. 123. Pouzdra logických a analogových integrovaných obvodů

Tabulka 142. Přehled číslicových integrovaných obvodů TTL TESLA

Typ IO	Popis a funkce
MH7400	Čtveřice dvouvstupových logických členů NAND; každý realizuje funkci $Y = \overline{AB}$
MH7403	Čtveřice dvouvstupových logických členů NAND s otevřeným kolektorem. Logické členy realizují funkci $Y = AB$
MH7410	Trojice třívstupových logických členů NAND, která plní funkci $Y = \overline{ABC}$
MH7420	Dvojice čtyřvstupových logických členů NAND. Logická funkce je $Y = \overline{ABCD}$
MH7430	Osmivstupový logický člen NAND, realizující logickou funkci $Y = \overline{ABCDEFGH}$
MH7440	Dvojice čtyřvstupových logických členů NAND s funkcí $Y = \overline{ABCD}$ Logický zisk $N = 30$
MH7450	Dvojitý dvouvstupový pozitivní logický člen AND-NOR (AND-OR-INVERT) s jednou sekcí rozšiřitelnou maximálně o 4 expanderů MH7460. Realizuje logickou funkci $Y = (\overline{AB}) \cdot (\overline{CD}) + X$ kde $X = \overline{ABCD}$ pro MH7460
MH7453	Rozšiřitelný logický člen AND-NOR (AND-OR-INVERT); na oba vstupy pro expander se připojuje MH7460 (v počtu max. 4). Realizuje funkci $Y = \overline{(\overline{AB}) + (\overline{CD}) + (\overline{EF}) + (\overline{GH}) + X}$ $X = \overline{ABCD}$ pro MH7460
MH7460	Dvojice čtyřvstupových expanderů pro rozšíření logických členů MH7450 a MH7453. Realizuje funkci $X = \overline{ABCD}$

Typ IO	Popis a funkce																		
MH7472	<p>Dvojjinný bistabilní klopný obvod J—K. Realizuje logickou funkci vyjádřenou pravdivostní tabulkou</p> <table border="1" data-bbox="259 219 461 378"> <thead> <tr> <th><math>t_n</math></th> <th colspan="2"><math>t_{n+1}</math></th> </tr> <tr> <th>J</th> <th>K</th> <th>Q</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td><math>Q_n</math></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>I</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>0</td> <td>I</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>I</td> <td><math>Q_n</math></td> </tr> </tbody> </table> <p>kde <math>t_n</math> je časový okamžik před příchodem hodinového pulsu  <math>t_{n+1}</math> — časový okamžik po skončení hodinového pulsu  <math>Q_n</math> — stav na výstupu Q v čase <math>t_n</math></p>	$t_n$	$t_{n+1}$		J	K	Q	0	0	$Q_n$	0	I	0	I	0	I	I	I	$Q_n$
$t_n$	$t_{n+1}$																		
J	K	Q																	
0	0	$Q_n$																	
0	I	0																	
I	0	I																	
I	I	$Q_n$																	
MH7474	<p>Dvojitý bistabilní klopný obvod D. Logická funkce je dána pravdivostní tabulkou (pro jeden klopný obvod)</p> <table border="1" data-bbox="259 536 631 657"> <thead> <tr> <th><math>t_n</math></th> <th colspan="2"><math>t_{n+1}</math></th> </tr> <tr> <th>vstup D</th> <th>výstup Q</th> <th>výstup <math>\bar{Q}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>I</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>I</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Význam symbolů jako u MH7472</p>	$t_n$	$t_{n+1}$		vstup D	výstup Q	výstup $\bar{Q}$	0	0	I	I	I	0						
$t_n$	$t_{n+1}$																		
vstup D	výstup Q	výstup $\bar{Q}$																	
0	0	I																	
I	I	0																	
MH7475	<p>Monolitický obvod MSI pro čtyřbitové střadače dvojkové informace, dvojitý bistabilní klopný obvod D. Je sestaven ze dvou dvojic klopných obvodů D, které plní logickou funkci podle pravdivostní tabulky (jako u typu MH7474); každý klopný obvod má vyveden vstup D a komplementární výstup Q a <math>\bar{Q}</math>.</p>																		
MH7490	<p>Monolitický obvod MSI pro desítkové čítače v kódu BCD, pro symetrické děliče deseti, dvěma a pěti. Je sestaven ze čtyř dvojjinných bistabilních klopných obvodů, které jsou propojeny tak, že realizují funkci děliče dvěma a pěti.</p>																		
MH7493	<p>Monolitický obvod MSI určený pro funkci dvojkového čítače o čtyřech nebo o třech bitech a pro funkci děliče kmitočtu. Je sestaven ze čtyř dvojjinných bistabilních, klopných obvodů, vzájemně propojených tak, že realizují funkci děliče dvěma a děliče osmi.</p>																		
MH7441	<p>Monolitický převodník z kódu BCD (1 2 4 8) na kód 1 z deseti. Je vybaven spínači pro ovládání číslicových indikačních výbojek plněných plynem.</p>																		

Mezní hodnoty integrovaných obvodů TTL TESLA

Napětí zdroje  $U_{cc\ max} = +7\ V$ . Napětí vstupů  $U_{vst\ max} = +5,5\ V$

Doporučené pracovní hodnoty

Napájecí napětí  $U_{cc} = 4,75$  až  $5,25\ V$  (u řady MH74, MH84)

$4,5$  až  $5,5\ V$  (u řady MH54)

Ztrátový výkon logických členů  $P = 10\ mW$

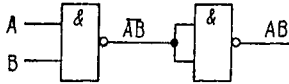
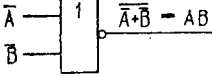
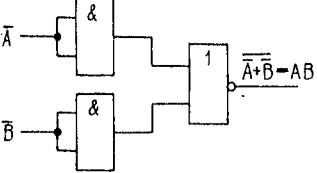
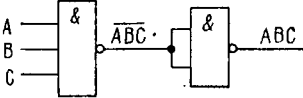
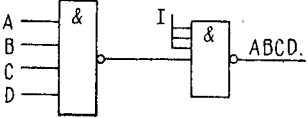
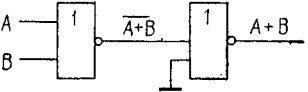
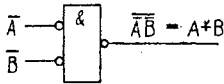
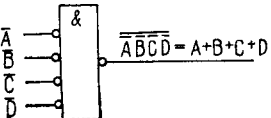
Ztrátový výkon klopných obvodů  $P = 60\ mW$

Ztrátový výkon obvodů MSI  $P = 160\ mW$

Šumová odolnost

1 V

Tabulka 143. Vybrané příklady vytváření logických funkcí AND a OR

Realizovaná logická funkce	Typ použitého integrovaného obvodu	Vstupy	Zapojení
(AND) $Y = AB$	1/2 MH7500	normální	
(AND) $Y = AB$	1/4 MH7402	inverzní	
(AND) $Y = AB$	1/2 MH7450	inverzní	
(AND) $Y = ABC$	2/3 MH7410	normální	
(AND) $Y = ABCD$	MH7420	normální	
(OR) $Y = A + B$	1/2 MH7402	normální	
(OR) $Y = A + B$	1/4 MH7400	inverzní	
(OR) $Y = A + B + C + D$	1/2 MH7420	inverzní	



Tabulka 143. (pokračování)

Realizovaná logická funkce	Typ použitého integrovaného obvodu	Vstupy	Zapojení
(OR) $Y = A + B + C + D$	MH7453 1/4 MH7400	normální	

členů), jejich heslovitý popis a realizovanou logickou funkcí. Elektrická schémata číslicových integrovaných obvodů a zapojení jejich patič nalezne zájemce v katalogích výrobce nebo v doporučené literatuře [9], [10].

Provedení číslicových integrovaných obvodů a tvar pouzder je na obr. 123.

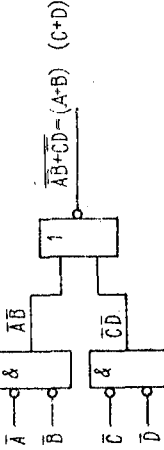
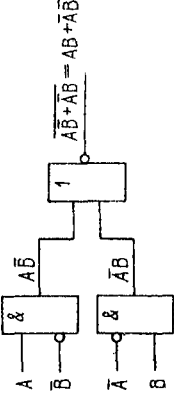
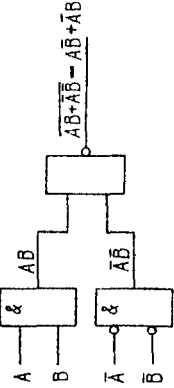
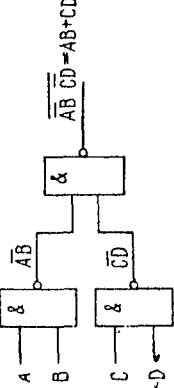
Přehled vybraných číslicových obvodů TESLA je v tab. 142.

### Vytváření jednoduchých logických funkcí pomocí různých logických členů

V přehledové tabulce číslicových integrovaných obvodů TESLA jsou uvedeny základní vyráběné logické členy, které mohou přímo realizovat logické funkce NAND a AND — NOR pro různé počty vstupů, s možností rozšíření jejich počtu expandery. Pomocí těchto kombinačních logických členů lze pak vytvořit jakékoli jiné kombinační funkce.

Metody návrhu s požadavkem použití nejmenšího počtu výchozích členů — tzv. minimalizací jsou různé (použití map apod.), avšak poměrně náročné a nutné jen pro složitá řešení. Jednodušší logické funkce lze navrhnout přímo podle známých vlastností výchozích členů nebo podle základních vztahů Booleovy algebry. Protože účelem této kapitoly není probírat základy teorie číslicové techniky, uvedeme jen několik obecných zásad tvorby jednoduchých logických funkcí a přehledné tabulky jejich zapojení (tab. 143, 144).

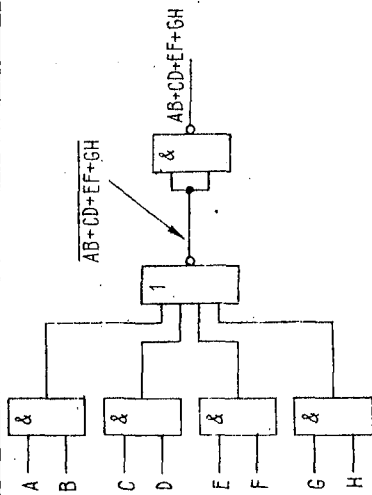
a) Omezíme-li počet vstupů logického členu, např. použijeme-li jen jediný, získáme z členu NAND invertor. Podobně využitím jediného vstupu

Realizovaná logická funkce	Typ použitého integrovaného obvodu	Vstupy	Zapojení
(AND-OR) $Y = AB + CD$	2/3 MH7400	normální	
(AND-OR) $Y = AB + CD + EF + GH$	MH7453 1/4 MH7400	normální	
(AND-OR) $Y = ABC + DEF$	MH7410	normální	
(OR-AND) $Y = (A + B) \cdot (C + D)$	3/4 MH7402	normální	

(OR-AND)  
 $Y = (A + B) \cdot (C + D)$

1/2  
 MH7450

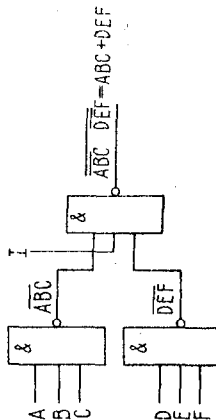
inverzní



(IF)  
 $Y = AB + \bar{A}\bar{B}$

1/2

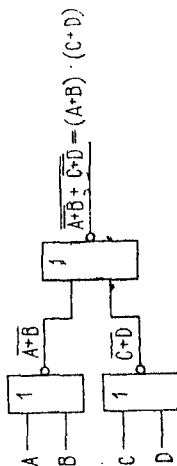
normální  
 a inverzní



(EXCLUSIVE-OR)  
 $Y = A\bar{B} + \bar{A}B$

1/2  
 MH7450

normální  
 a inverzní



- každé sekce AND logického členu AND — NOR získáme člen NOR apod.
- b) Využitím negativní logiky (tj. inverzních hodnot vstupních logických proměnných) lze např. s využitím členu NAND realizovat logický součet NOR.
  - c) Řazením logických členů do série lze využít k negaci logické funkce určitého členu invertoru. Např. NAND + invertor realizuje člen (funkci) AND apod.
  - d) Řazením logických členů paralelně (členů s otevřeným kolektorem) se realizuje dodatečný logický součet (montážní logický člen).

## 2.8. Teplotně závislé rezistory (termistory)

Termistory jsou nelineární elektrické součástky s velkou závislostí odporu na teplotě. Teplotní součinitel je u termistorů pětikrát až padesátkrát větší než u metalových vodičů.

### 2.8.1. Vlastnosti, druhy, použití

- Podle charakteru teplotního součinitele odporu dělíme termistory na
- a) termistory negativní (Termistory NTC — Negative Temperature Coefficient) — s negativním teplotním součinitelem odporu,
  - b) termistory pozitivní (Termistory PTC — Positive Temperature Coefficient) — s pozitivním teplotním součinitelem odporu.

Teplotně závislé rezistory se zhotovují spékáním práškových kysličníků kovů do tvaru tyčinek a destiček s drátovými vývody, takže jsou konstrukčně podobné vrstvomým rezistorům. Pro zvláštní účely se používají termistory ve tvaru malých perliček, nejčastěji zatavených ve skleněné baňce.

Pro vztah mezi hodnotou odporu a teplotou u termistorů NTC platí

$$R = Ae^{\frac{B}{\theta}} \quad [\Omega; \Omega, K] \quad (46)$$

kde  $R$  je odpor termistoru při absolutní teplotě  $\theta$ ,

$A$  konstanta (její velikost závisí na vlastnostech materiálu a tvaru termistorového tělíska),

$e$  základ přirozených logaritmů ( $e = 2,718$ ),

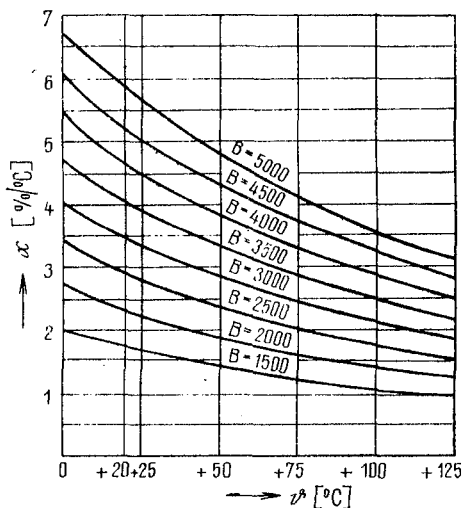
$B$  materiálová konstanta (v praxi 1500 až 6000).

Teplotní součinitel  $\alpha$  je dán vztahem

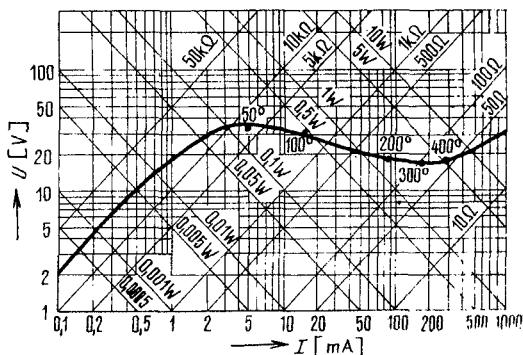
$$\alpha = -\frac{B}{\theta^2} \quad [K]$$

Hodnota  $\alpha$  v závislosti na teplotě  $\theta$  [ $^{\circ}C$ ] u termistorů NTC s různou velikostí  $B$  je uvedena na obr. 124.

Statická voltampérová charakteristika vyjadřuje změny elektrických vlastností termistoru při ohřátí působením Jouleova tepla průchodem proudu za konstantní teploty okolí. Statické voltampérové charakteristiky termistoru jsou nelineární s výjimkou počáteční části, kdy ještě nedochází ke znatelnému ohřátí termistoru Jouleovým teplem. V dalším průběhu tyto charakteristiky vykazují s rostoucím proudem maximum napětí. Dále napětí klesá, popř. může po dosažení určitého minima opět dojít ke vzrůstu (obr. 125).



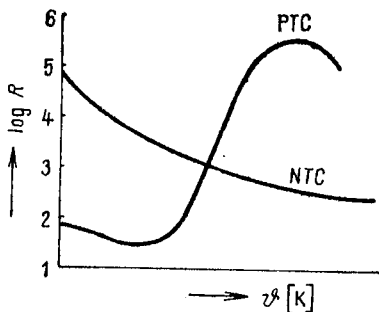
Obr. 124. Závislost teplotního součinitele na teplotě u termistorů s různou величи-  
nou  $B$



Obr. 125. Statická voltampérová charakteristika termistoru

Jako jiné součástky podléhají i termistory vlivu stárnutí. Dochází přitom ke změně veličin, především elektrického odporu. Změny závisí nejen na čase, ale i na zatěžování termistorů a na prostředí, v němž termistory pracují. Aby nedocházelo k největším změnám u spotřebitele (dochází k nim v prvním období činnosti), jsou termistory podrobovány umělému stárnutí již ve výrobě. (Přesto se doporučuje provést u zákazníka další stárnutí po dobu asi 1000 h u termistorů pro náročnější obvody, ale za přísnějších podmínek než odpovídá provozním poměrům.)

Termistory NTC nacházejí praktické použití v celé řadě obvodů, zejména při měření teploty v průmyslových a lékařských aplikacích, měření proudění plynů (anemometrie), teploty vodního chlazení v automobilech, průtoku tekutin, měření vlhkosti a vakua, při ochraně vláken elektronek proti nárazu zapínaného proudu, tepelné ochraně spotřebičů, zpožděném přitahu relé, tepelné kompenzaci v tranzistorových obvodech, kompenzaci zisku v zesilovačích atd.



Obr. 126. Závislost odporu termistorů NTC a PTC na teplotě

Termistory PTC (pozistory) jsou termistory s velkým pozitivním teplotním součinitelem odporu. Vztah mezi odporem pozistoru a teplotou je podstatně složitější než u termistorů NTC. Pro srovnání jsou na obr. 126 uvedeny průběhy odporu v závislosti na teplotě u termistorů NTC a PTC.

Termistor PTC má na začátku teplotní stupnice teplotní součinitel nulový nebo negativní. Pak se stoupající teplotou teplotní součinitel odporu prudce vzrůstá přibližně o 3 až 4 řády do teploty asi  $+150^{\circ}\text{C}$ . Nad touto teplotou se teplotní součinitel odporu termistoru PTC opět stává negativním.

Termistory PTC nacházejí uplatnění v obvodech přepěťových ochran a jako ochrana proti zkratu, s paralelně připojeným odporem v obvodech proudové stabilizace, jako zhášecí ochrana na spínacích kontaktech, jako zpožďovací obvod relé, jako teplotní ochrana vinutí elektrických motorů, v obvodech pro indikaci hladiny tekutiny, jako termostat v pračkách, jako teplotní kompenzace tranzistorových obvodů atd.

## 2.8.2. Jednotlivé vyráběné typy termistorů NTC a jejich označení

Všimněme si zejména tyčinkových termistorů NTC. Termistor má metalizované konce, na něž jsou připájeny vývody z měděného pocínovaného drátu. Proti atmosférickým vlivům je termistor chráněn lakovou vrstvou.

U termistorů NTC se v katalozích setkáváme s těmito údaji:

$R_{\text{provozní}}$  je odpor termistoru v normálním prostředí při průchodu provozního proudu;

$I_{\text{provozní}}$  je proud procházející za provozu přímo zahříváním termistorem;

$D$  je příkon [mW/°C], potřebný ke stálému zahřátí termistoru o 1°C nad teplotu okolí. Termistor je umístěn v normálním prostředí;

$B$  je základní konstanta, charakterizující velikost teplotních změn odporu termistorů a termistorových materiálů;

Vratný čas je čas, který potřebuje termistor v normálním prostředí zahřátý provozním proudem (nebo vnějším ohřevem) po vypnutí, aby jeho odpor stoupl na polovinu hodnoty jmenovitého odporu [s];

$R_{+25^{\circ}\text{C}}$  je odpor termistoru změřený v normálním prostředí, přičemž měřicí proud je volen tak, aby nedocházelo ke zratelnému ohřátí termistoru.

Vyráběné typy termistorů a jejich parametry jsou v následujících tabulkách:

*Tyčinkový termistor řady NR 001 (tab. 145)*

Termistory mají válcovitý tvar, průměr 8 mm, délka 19 mm, s radiálními vývody. Používají se především pro ochranu vláken univerzálních elektronek.

Tabulka 145. Tyčinkový termistor řady NR 001

Typ	NR 001—750	NR 001—2 500
$R_{+25^{\circ}\text{C}} [\Omega]$	500 až 1 000	1 750 až 3 250
$R_{\text{provozní}} [\Omega]$	60 až 90	180 až 250
$I_{\text{provozní}} [\text{mA}]$	$150 \pm 5 \%$	$100 \pm 5 \%$
vratný čas [s]	60 až 150	80 až 200
maximální dovolené zatížení [W]	3	3
$D_{+25 \text{ až } +125^{\circ}\text{C}} [\text{mW}/^{\circ}\text{C}]$	20	20
$B_{+25 \text{ až } +125^{\circ}\text{C}}$	$2\,700 \pm 10 \%$	$2\,700 \pm 10 \%$
základní barva	zelená	modrá

*Termistor řady NR 002 (tab. 146)*

Termistory mají válcovitý tvar, průměr 12 mm, délka 19 mm, s radiálními vývody. Používají se pro omezení zapínacích proudů sériových elektronek, rozběh malých motorků apod.

*Tabulka 146. Termistor řady NR — 002*

Typ	NR 002—350	NR 002—750	NR 002—1 100
$R_{+25\text{ °C}}$ [ $\Omega$ ]	200 až 500	500 až 1 000	800 až 1 400
$R_{\text{provozní}}$ [ $\Omega$ ]	25 až 40	35 až 60	40 až 60
$I_{\text{provozní}}$ [mA]	$300 \pm 5\%$	300	300
vratný čas [s]	$350 \pm 100$	200 až 400	200 až 400
maximální dovolené zatížení [W]	4	5,5	5,5
$B_{+25\text{ až }+125\text{ °C}}$	$2\,000 \pm 10\%$	$2\,700 \pm 10\%$	$2\,700 \pm 10\%$
$D_{+25\text{ až }+125\text{ °C}}$ [mW/°C]	27	27	27

*Tabulka 147. Termistor NR 003*

Typ	NR 003—1 900
$R_{+25\text{ °C}}$ [ $\Omega$ ]	$1\,900 \pm 800$
$R_{\text{provozní}}$ [ $\Omega$ ]	$75 + 15$ $- 7$
$I_{\text{provozní}}$ [mA]	300
vratný čas [s]	500
maximální dovolené zatížení [W]	7,5
$B_{+25\text{ až }+125\text{ °C}}$	$2\,700 \pm 10\%$
$D_{+25\text{ až }+125\text{ °C}}$ [mW/°C]	35



### Termistor řady NR 003 (tab. 147)

Termistor má válcovitý tvar o průměru 10 mm, délce 37 mm, s axiálními vývody. Jsou určeny převážně pro ochranu žhavicích vláken elektronek.

### Termistor řady NR 005 (tab. 148)

Termistory mají válcovitý tvar, průměru 5 mm, délku 12,5 mm, s radiálními vývody. Používají se pro měření teplot, kompenzaci odporů s kladnou teplotní závislostí.

Tabulka 148. Termistor řady NR 005

Typ	NR 005-10	NR 005-20
$R_{+25} \text{ } ^\circ\text{C}$ [ $\Omega$ ]	$10 \pm 5$	$20 \pm 5$
maximální dovolené zatížení [W]	1,5	1,5
$B_{+20}$ až $+125^\circ\text{C}$	$1\,200 \pm 10\%$	$1\,200 \pm 10\%$
$D_{+25}$ až $+125^\circ\text{C}$ [mW/ $^\circ\text{C}$ ]	10	10
teplotní rozsah použití	-60 až $+80^\circ\text{C}$	-60 až $+80^\circ\text{C}$
základní barva	červená	zelená

### Termistory řady NR - N2 (tab. 149)

Termistory mají válcovitý tvar, průměr 5,5 mm, délku 18 mm, s radiálními vývody.

Proti účinkům atmosféry jsou termistory chráněny vrstvou laku. Barevná tečka označuje hodnotu jmenovitého odporu.

Tolerance jmenovitého odporu  $R_{+25^\circ\text{C}}$

$\pm 20\%$ ,

$D_{25}$  až  $\pm 125^\circ\text{C}$

13 mW/ $^\circ\text{C}$ .

$P_{\text{max}}$  při teplotě okolí

do  $+50^\circ\text{C}$  trvale

0,8 W,

do  $+25^\circ\text{C}$  krátkodobě až

1,6 W.

Termistory řady NR-N1 jsou výběrovou jakostí termistorů řady NR-N2 s tolerancí jmenovitého odporu  $\pm 10\%$ . Barevné označení odpovídá označení řady NR-N2 se dvěma tečkami (tab. 149).

Pro teplotní kompenzaci elektronických součástí a pro použití v obvodech regulační a měřicí techniky se vyrábějí destičkové termistory. Kruhová polovodičová destička průměru 5 až 8 mm s postříbřenými čely má

Tabulka 149. Termistory řady NR N2

Typ	$R_{+25} \text{ } ^\circ\text{C}$ [ $\Omega$ ]	$B_{+25}$ až $+125 \text{ } ^\circ\text{C}$	$R$ [ $\Omega$ ] při $P_{\text{max}}$	$I$ [A] při $P_{\text{max}}$	Základní barva	Barva tečky
NR-N2 (N1) -33	33	1 650	7	500	krém. žlutá	modř návěštní
NR-N2 -47	47	1 750	9	400	krém. žlutá	červeň višňová
NR-N2 -68	68	1 850	12	350	krém. žlutá	černá
NR-N2 -100	100	1 950	16	300	žlut. chrom.	oranž. návěštní
NR-N2 -150	150	2 050	22	270	žlut. chrom.	zeleň střední
NR-N2 -220	220	2 150	30	230	žlut. chrom.	hněd kávnová
NR-N2 -330	330	2 250	40	200	žlut. chrom.	modř návěštní
NR-N2 -470	470	2 350	50	180	žlut. chrom.	červeň višňová
NR-N2 -680	680	2 450	65	150	žlut. chrom.	černá
NR-N2 -1k	1 000	2 500	90	130	zeleň. pas- tel. světlá	oranž návěštní
NR-N2 -1k5	1 500	2 550	130	110	zeleň pas- tel. světlá	zeleň střední
NR-N2 -2k2	2 200	2 600	190	90	zeleň pas- tel. světlá	hněd kávnová
NR-N2 -3k3	3 300	2 650	250	80	zeleň pas- tel. světlá	modř návěštní
NR-N2 -4k7	4 700	2 700	300	70	zeleň pas- tel. světlá	červeň višňová
NR-N2 -6k8	6 800	2 750	500	60	zeleň pas- tel. světlá	černá

Typ	$R_{+25} \text{ } ^\circ\text{C}$ [ $\Omega$ ]	$B_{+25}$ až $+125 \text{ } ^\circ\text{C}$	$R$ [ $\Omega$ ] při $P_{\max}$	$I$ [A] při $P_{\max}$	Základní barva	Barva tečky
NR-N2 - 10k	10 000	2 800	700	50	modř. pastel.	oranž návěštní
NR-N2 - 15k	15 000	2 850	—	—	modř pastel.	zeleň střední
NR-N2 - 22k	22 000	2 900			modř pastel.	hněd kávová
NR-N2 - 33k	33 000	2 950			modř pastel.	modř návěštní
NR-N2 - 47k	47 000	3 000			modř pastel.	červeň návěštní
NR-N2 - 68k	68 000	3 050			modř pastel.	černá
NR-N2 - M1	100 000	3 100			černá	oranž návěštní

připájené vývody z měděného pocínovaného drátu. Tyto termistory se označují

NR — E2

NR — E1 (výběrová jakost předešlého typu)

NR — F2

NR — D3 a další.

K řízení zisku vř zesilovačů, měření střídavých nízkofrekvenčních a vysokofrekvenčních výkonů a šumu, ke stabilizaci napětí, k dálkovému ovládání elektrických obvodů apod. se používají zvláštní perličkové termistory.

#### Perličkové termistory řady NR — 01

Přímo žhavená polovodičová perlička s přívody ze slitiny platiny o průměru 0,025 mm je zatavena ve vyčerpané skleněné baňce o průměru 16 mm a délce 40 mm. Vývody z baňky jsou z pocínovaného drátu slitiny Fe-Ni průměru 0,45 mm.

Vlastnosti: výkonová citlivost (1/D)

90 °C/mW,

teplotní rozsah použití

—40 až +70 °C.

Hodnoty termistorů jsou uvedeny v tab. 150.

Tabulka 150. Perličkové termistory řady NR 01

Typové označení	$R_{+25\text{ °C}}$ [kΩ]	$B_{+25\text{ až }-25\text{ °C}}$
10NR01	0,3 až 1	2 200 až 3 000
11NR01	1 až 3	2 400 až 3 200
12NR01	3 až 10	2 600 až 3 400
13NR01	10 až 30	2 800 až 3 600
14NR01	30 až 100	3 000 až 3 800
15NR01	100 až 300	3 200 až 4 000
16NR01	300 až 1 000	3 400 až 4 200

Tabulka 151. Perličkové termistory řady NR 10

Typové označení	$R_{+25\text{ °C}}$ [kΩ]	$B_{+25\text{ až }-25\text{ °C}}$
10NR10	0,3 až 1	2 200 až 3 000
11NR10	1 až 3	2 400 až 3 200
12NR10	3 až 10	2 600 až 3 400
13NR10	10 až 30	2 800 až 3 600
14NR10	30 až 100	3 000 až 3 800
15NR10	100 až 300	3 200 až 4 000
16NR10	300 až 1 000	3 400 až 4 200

### Perličkové termistory řady NR – 10

Přímo žhavená polovodiivá perlička s přívody o průměru 0,025 mm je zatavená ve skleněné trubičce o průměru 3 mm a délce 10 mm. Baňka je opatřena vývody z pocínovaného drátu slitiny Cr-Fe o průměru 0,75 mm.

Vlastnosti: výkonová citlivost 5 až 18 °C/mW,  
teplotní rozsah použití -60 až +70 °C.

Hodnoty parametrů termistorů jsou uvedeny v tab. 151.

### Perličkové termistory řady NR – 11

Perlička s přívody ze slitiny platiny o průměru 0,025 mm je obalená izolační hmotou, na níž je navlečena topná šroubovice. Celek je zataven do evakuované skleněné baňky o průměru 16 mm a délce 40 mm. Vývody jsou z pocínovaného drátu slitiny Fe-Ni o průměru 0,45 mm.

Vlastnosti: výkonová citlivost 7,5 °C/mW,  
teplotní rozsah použití -40 až +70 °C,  
maximální trvalé zatížení 20 mW,  
odpor topné šroubovice 100 Ω,  
izolační odpor mezi termistor-  
em a šroubovicí  $\geq 10^8 \Omega$ .

Hodnoty parametrů termistorů jsou v tab. 152.

Tabulka 152. Perličkové termistory řady NR 11

Typové označení	$R_{+25} \text{ °C}$ [kΩ]	$R$ [kΩ] při $I_S = 10 \text{ mA}^*)$	$B_{+25 \text{ až } -25 \text{ °C}}$
10NR11	0,3 až 1	$\leq 0,2$	2 200 až 3 000
11NR11	1 až 3	$\leq 0,5$	2 400 až 3 200
12NR11	3 až 10	$\leq 1,3$	2 600 až 4 300
13NR11	10 až 30	$\leq 3$	2 800 až 3 600
14NR11	30 až 100	$\leq 10$	3 000 až 3 800
15NR11	100 až 300	$\leq 15$	3 200 až 4 000
16NR11	300 až 1 000	$\leq 75$	3 400 až 4 200

\*)  $I_S$  = proud procházející topným vinutím.

Do výroby se připravuje i perličkový nepřímý žhavený tremistor uzavřený do tranzistorového pouzdra ( $\varnothing = 8$  mm,  $l = 9,5$  mm) s vlastnostmi:

teplotní rozsah použití	-40 až +100 °C,
$R_{+25}$ °C	1000 až 3000 $\Omega$ ,
$B_{+25}$ až +85 °C	2500 až 3500,
odpor topné šroubovice	170 až 230 $\Omega$ ,
maximální zatížení topné šroubovice	100 mW.

## 2.9. Zobrazovací součástky a zobrazovací soustavy (displeje)

Indikační prvky používáme k předávání zpráv o chodu zařízení a o jeho stavu a k zobrazení výsledků pracovního postupu, zejména elektronických přístrojů.

V poslední době v souvislosti s přechodem na číslicový způsob zpracování informací nachází číslicová indikace široké uplatnění. Číslicové indikátory se používají v počítačích, elektronických hodinách, v měřicí technice atd. Nebývalý rozvoj umožnila moderní fyzika vývojem nových zobrazovacích prvků jako indikátorů s diodami emitujícími světlo a indikátorů s kapalnými krystaly.

Jednotlivé zobrazovací součástky jsou slučovány do soustav a vytvářejí zobrazovací panely.

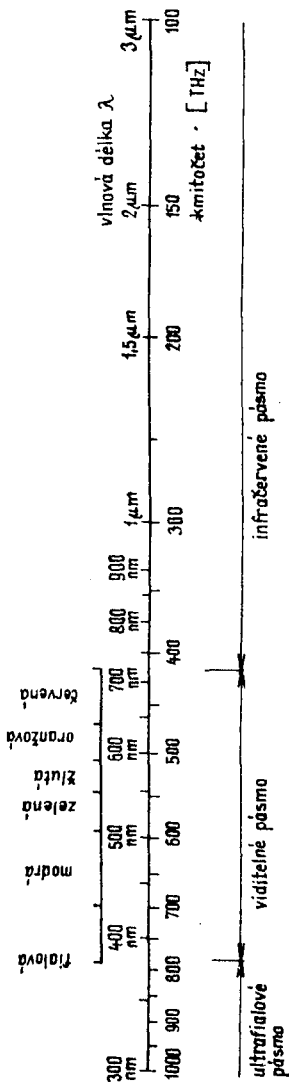
Protože údaje zobrazovacích prvků pozorujeme okem, je nutné zmínit se o hlavních vlastnostech lidského oka. Na obr. 127 jsou uvedeny kmitočty a vlnová délka záření v okolí viditelného pásma.

Citlivost lidského oka se mění s kmitočtem dopadajícího záření. Spektrální závislost citlivosti oka je na obr. 128. Z grafu je zřejmé, že maximální citlivost lidského oka je v zelené oblasti spektra 535 nm (100 %). V červené oblasti poblíž 650 nm je citlivost pouze asi 10 % a v červené oblasti kolem 700 nm již jen asi 1 %.

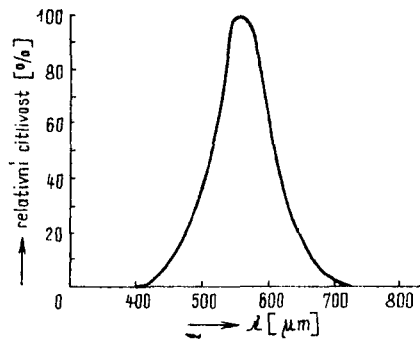
### 2.9.1. Luminiscenční diody a zobrazovací prvky

Použití zobrazovacích výbojek u moderních elektronických zařízení osazených jen polovodičovými součástkami bylo obtížné. Uvedli jsme, že zobrazovací výbojky potřebují pracovní napětí kolem 180 V, tedy podstatně vyšší než polovodičové součástky. Bylo proto nutné vyvinout indikační součástku slučitelnou s polovodiči. Problém se podařilo vyřešit návrhem zobrazovacích soustav složených z polovodičových elektroluminiscenčních diod. V literatuře se tyto diody označují také LED (Light Emitting Diode).

Elektroluminiscenční diody v sobě slučují výhody polovodičů (dlouhou dobu života — až stovky tisíc provozních hodin, velkou spolehlivost polovodičových součástek, nízké napájecí napětí — pouze několik voltů, malou



Obr. 127. Kmitočty a vlnová délka záření



Obr. 128. Kmitočtová závislost citlivosti lidského oka

spotřebu — řádově desítky miliampérů) s velkým jasem indikačních žárovek.

V diodách dochází při polarizaci v propustném směru k tzv. elektroluminiscenci. Je to jev, jehož podstatou není žhavení vlákna jako u žárovky; jde o „studené světlo“. Vlnová délka i další vlastnosti záření závisejí na vlastnostech použité látky.

K nejlépe propracovaným patřít elektroluminiscenční diody z arzenidu galia (GaAs). Diody září v infračervené oblasti spektra. Maximálního rozšíření dosáhly proto, že spektrum záření těchto diod leží v oblasti 900 nm, což odpovídá také maximu spektrální křivky citlivosti většiny křemíkových fotodiod. Soustava vytvořená z obou zmíněných polovodičových součástí slouží pak také jako vazební optoelektrický člen.

V červené oblasti viditelného spektra září sériově vyráběné diody z GaAlAs a GaAsP.

Zobrazovací panely osazené červeně zářícími diodami však po dlouhodobém čtení způsobují únavu oka. Byly proto vyvinuty diody, jejichž záření je příznivější lidskému zraku — diody se zelenou, popř. žlutou barvou. V zelené oblasti viditelného spektra září sériově vyráběné diody z fosfidu galia — GaP. V oranžové oblasti viditelného spektra září diody z (GaAsP).

Ve žluté oblasti spektra září diody vyráběné z fosfidu galia (GaP), zpracované zvláštní technologií, popř. diody z karbidu křemíku (SiC).

Kromě jiných pouzder se pro elektroluminiscenční diody používají i kovové patice TO-18. Dioda je zalita průhlednou epoxidovou pryskyřicí. Pouzdro má dva drátové vývody. Při pouzdření červeně zářících diod se s výhodou používá červeně zbarvená zalévací hmota ke zvětšení kontrastu vyzářeného světla proti pozadí. Diody, které se používají v náročných klimatických podmínkách, se pouzdří do kovových patic uzavřených kovovým víčkem se zataveným skleněným okénkem.

U komerčních elektroluminiscenčních diod bývá největší přípustný proud v propustném směru 5 až 50 mA. Napětí na diodě při těchto proudech bývá 1,5 V u diod z GaAsP a 2 až 3 V u diod z GaP. Protože sériový odpor elektroluminiscenčních diod bývá malý (jednotky ohmů), je vhodnější kontrolovat při jejich provozu procházející proud než napětí na diodě.

Jednotlivě pouzdřené elektroluminiscenční diody s viditelným zářením se používají zejména jako indikátory stavu elektronických zařízení nejrůznějších druhů. V některých případech lze využívat i lineární závislost jasu diody na procházejícím proudu k nastavování elektrických veličin (např. v indikátoru vyladění vysokofrekvenčního dílu rozhlasového přijímače).

Monolitické zobrazovací panely se používají pro číslicovou indikaci zejména v kapesních a stolních kalkulačkách.

Jako příklad uveďme sedmissegmentový číslicový zobrazovací panel firmy Philips, označený CQY 81. Pro každý segment je použita jedna dioda. Vyrábí se s červeně nebo žlutě zářícími diodami. Rozměr číslice je 5,2 (šířka)  $\times$  7,6 mm (výška). Charakteristická spotřeba je 20 mA při napětí 3 V na diodě (obr. 129).

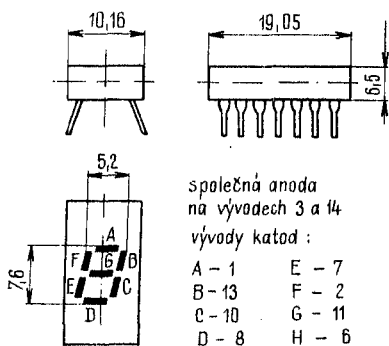
TESLA vyrábí světelnou diodu GaAsP, označenou LQ 100, vyzářující červené světlo v oblasti 660 nm. Dioda je montovaná do pouzdra obdobného typu TO-18, uzavřeného transparentní čočkou. Charakteristická spotřeba je 20 mA při napětí max. 2 V na diodě.

Do výroby jsou připraveny další diody obdobného typu s označením LQ 110, LQ 111 a LQ 112. Systémy jsou zapouzdřeny v lisovaném červeném

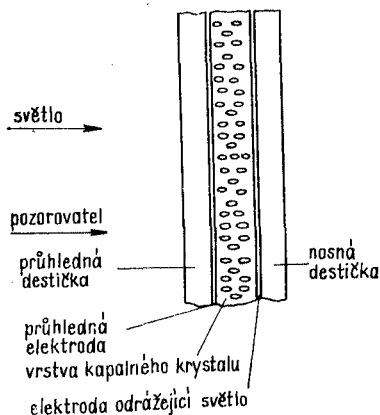


transparentním pouzdrú o průměru základny 5,5 mm a výšce 5,5 až 8,5 mm podle typu.

TESLA má vyvinuty a zavádí do výroby sedmisegmentové světelné číslice, a to buď jednomístné LQ 410 nebo vícemístné (např. 9 LQ 450). Je opět použito světelných diod GaAsP, které vyzařují červené světlo s vlnovou délkou maxima záření 660 nm. U jednomístného provedení jsou rozměry číslice 4,5 × 7 mm a celek je uzavřen do polyamidového pouzdra se 14 vývody typu DIL. U vícemístného provedení jsou polovodičové systémy mechanicky chráněny čirým termoplastickým krytem, který současně opticky zvětšuje svítící číslice.



Obr. 129. Sedmisegmentový číslicový displej Philips CQY 81



Obr. 130. Zobrazovací prvek s kapalnými krystaly

## 2.9.2. Kapalné krystaly

Názvem kapalný krystal se označují takové chemické látky, které se na venek chovají jako kapaliny, avšak v určitém teplotním intervalu vykazují optické vlastnosti krystalických látek. Teplotní interval bývá od nuly do několika desítek [°C].

Kapalné krystaly jsou složeny z podlouhlých molekul. Podle molekulárního uspořádání dělíme kapalné krystaly na tři druhy:

1. Smektické krystaly mají podlouhlé molekuly, které jsou uspořádány v rovnoběžných vrstvách s delší osou kolmou na plochu vrstvy.
2. Cholesterické krystaly mají tyčinkové molekuly uspořádány do vrstev, směr jejich delší osy je v jednotlivých vrstvách posunut.
3. Nematické krystaly jsou tvořeny podlouhlými molekulami, jejichž delší osy jsou uspořádány navzájem rovnoběžně. Nejsou však uspořádány do vrstev.

Hlavní uplatnění v elektronice je u zobrazovacích prvků, kde se využívá dynamického rozptylu světla. Tento jev vzniká při natočení molekul kapalného krystalu vlivem přiloženého elektrického pole. Pro zobrazovací prvky s kapalnými krystaly se v současné době používají zejména nematické krystaly. Znázornění zobrazovacího prvku je na obr. 130. Existují zobrazovací prvky pracující s průchodem světla a zobrazovací prvky pracující s odrazem světla.

Kapalný krystal je umístěn mezi dvěma rovnoběžnými deskami, na kterých jsou nanесeny elektrody. Elektroda na destičce bližší pozorovateli se skládá ze sedmi samostatných segmentů ve tvaru stylizované číslice 8 s desetinnou čárkou. Zadní elektroda pokrývá celou plochu destičky a bývá černá. Pracuje-li zobrazovací soustava s průchodem světla, jsou obě elektrody průhledné.

Kapalný krystal je bez přiloženého elektrického pole průhledný. Po zapojení elektrického napětí na elektrody vznikne elektrické pole, jehož vlivem se molekuly natočí a tím se kapalina zakalí. Po zániku elektrického pole se molekuly vrátí do původního stavu. Přechod trvá několik milisekund.

Zobrazovací soustavy s kapalnými krystaly neemitují vlastní světlo, a proto jsou závislé na vnějším osvětlení buď denním světlem, nebo světlem z umělého zdroje. Čím je osvětlení zobrazovací soustavy s kapalnými krystaly intenzivnější, tím kontrastnější jsou symboly. Energie k ovládní zobrazovacího prvku slouží pouze k vytváření elektrického pole a její velikost ve srovnání např. s polovodičovými systémy je o několik řádů menší (do  $1 \mu\text{A}$  pro číslici 8).

U některých typů kapalných krystalů bylo již dosaženo ovládacího napětí 5 V a tím i slučitelnosti s integrovanými obvody. Nevýhodou je malá doba života, udávaná asi 10 000 provozních hodin. Zobrazované číslice ve tvaru segmentů jsou málo vzhledné — barva kapalných krystalů bývá špinavě bílá. Na odstranění těchto nevýhod i na zvýraznění čitelnosti (např. pomocí polarizačních filtrů) se intenzivně pracuje.

### 2.9.3. Obrazovky

Obrazovky jsou elektronické zobrazovací prvky. Na jejich stínítku se světelně zobrazují průběhy sledovaných křivek při různém měření, lékařském vyšetřování apod. (elektronky osciloskopické), televizní obraz černobílý nebo barevný (televizní obrazovky). Jiné druhy slouží k zaměřování a identifikaci vzdálených předmětů (radiolokační obrazovky, které se však svou specializací vymykají obsahu této knížky).

Zdrojem elektronového paprsku v obrazovce je elektronová tryska, zhašená katoda obklopená elektrodami různých tvarů. U osciloskopických a televizních obrazovek pro černobílý obraz bývá jediná tryska, pro speciální druhy se někdy používá dvou (dvoupaprsková obrazovka). Obrazovky pro barevnou televizi sdružují vlastně tři v jedné, a mají proto tři trysky.

Tabulka 153. Osciloskopické obrazovky

	B7S1	B7S2	BI0S3	B1S3 <sup>3)</sup>	B1S36 <sup>4)</sup>	5L038I	8L039V	13L036V
$U_t$ [V]	4	6,3	4	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
$I_t$ [A]	0,7	0,34	0,7	0,45	0,45	0,6	0,6	0,6
$U_a, U_{g4}$ [V]	2000	500		2000	2000	1000	4000	4000
$U_{g3}$ [V]	150 až 300	30 až 120	450 až 650	480 až 630	480 až 630	140 až 300	400 ± 80	532 ± 158
$U_{g2}$ [V]		500	400				2000	2000
$U_{g1-z}^1)$ [V]	--25 až --75	--30 až --55	--25 až --85	--25 až --85	--25 až --85			
Vychylovací činitel <sup>2)</sup>	$d_1$ 100	15	56	15,5	20	90	62	36
	$d_2$ 125	20	67	28,5	25	75	60	30
Průměr stínítka [mm]	71	78	103	133	133	53	78	136
Patice (obr. 131a)	1	2	3	4	5	6	7	8

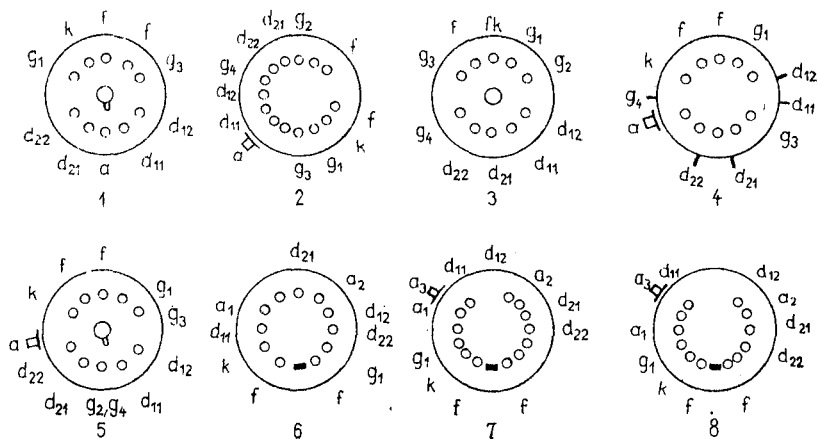
1) Závěrné napětí do zhasnutí paprsku. 2)  $d_1$  — první pár,  $d_2$  — druhý pár vychylovacích destiček. 3) Světí modře s dlouhým dosvitem. 4) Pro standardní osciloskopy.

Stínítka, čelní stěna s fluorescenční vrstvou sloučenin některých kovů, např.  $ZnS$ ,  $ZnCdS$ ,  $Zn_2SiO_4$  nebo  $CaWO_4$  září v místě dopadu elektronového paprsku žlutozeleně nebo modře (obrazovky osciloskopické). Televizní obrazovky mají stínítka svítící bíle; obrazovky pro barevný obraz mají zvláštní mozaikové stínítka s velkým počtem bodů svítících ve třech základních barvách. Zaostření paprsku na stínítka obstarává tzv. elektronová optika, soustava plechových clonek s otvory a různých mřížek, které podle připojeného stejnosměrného napětí elektronový paprsek tvarují.

K vychylování paprsku po stínítku ve vodorovném a svislém směru slouží u osciloskopických obrazovek dva páry vychylovacích destiček. To je elektrostatické vychylování. U velkých (televizních) obrazovek by k tomu bylo zapotřebí velkých napětí, nehledě na tvarové zkreslení. Proto se u nich používá elektromagnetické vychylování pomocí vychylovacích cívek navlečených na válcové části (hrdle) obrazovky.

#### a) Osciloskopické obrazovky

Mají kruhové stínítka menšího průměru (řádově 10 cm). Vychylování paprsku je převážně elektrostatické, takže lze pozorovat jevy až do kmitočtu řádu desítek MHz. Katoda je nepřímě žhavená, anodové napětí je poměrně nízké, 500 až 2000 V. Systém je většinou stíněn tuhovým povlakem (akvadakem) uvnitř baňky.



Obr. 131. a. Zapojení patic osciloskopických obrazovek

Osciloskopické obrazovky (kromě typu 7QR20 a 7QR20S) již n. p. TESLA nevyrobí a dovážejí se z NDR, MLR a SSSR. Údaje a zapojení hlavních osciloskopických obrazovek z dovozu jsou v tab. 153 a na obr. 131a. Vychylovací činitel v tab. 154 je převrácená hodnota citlivosti v  $[cm/V]$ ; např. vychylovací činitel 20 V/cm odpovídá citlivosti  $1/20 = 0,05 cm/V$ .

Tabulka 154. Televizní obrazovky

	A31—120W	A50—120W	A59—23W	A61—120W	59LK3C <sup>1)</sup>
$U_t$ [V]	$11 \pm 1$	6,3	6,3	6,3	6,3 <sup>2)</sup>
$I_t$ [A]	0,07	0,3	0,3	0,3	0,9
$U_{g3,5}, U_a$ [kV]	11 (> 8,5)	20 (> 13)	20 (> 13)	20	$U_a$ 25 (> 20)
$U_{g4}$ [V]	0 až 350	0 až 400	0 až 400	0 až 400	$U_{g3}$ 4,7 až 5,5 kV
$U_{g2}$ [V]	250	400	400	400 až 500	250 až 750
$U_{gt-z}$ [V]	-35 až 70	-40 až -77	-40 až 77	-50 až 92	-100 až -190
$I_k$ [ $\mu$ A]	50	100	100	100	$I_a$ 500
$Z_{kr}^{3)}$ [M]	0,1	0,1	0,1	0,1	
úhlopříčka [cm]	31	50	59	61	59
plocha stínítka [cm]	195 × 257	308 × 394	385 × 489	375 × 489	380 × 480
vychylo- vací úhel	110°	110°	110°	110°	90°
patice	9	10	10	10	11

<sup>1)</sup> Barevná obrazovka sovětské výroby; <sup>2)</sup> 5,7 až 6,9 V; <sup>3)</sup> Impedance vlákno-katoda při 50 Hz.

Poznámka: U obrazovky 59LK3C jsou elektrody jednotlivých trysek označeny podle základních barev, např.  $g_{1z}$  a pod. č — značí červená, z — zelená, m — modrá.

Kolíky vícenožičkových patic jsou vývody příslušných elektrod. Anodou bývá čepička po straně skleněné baňky, vychylovací destičky (čárky vně kruhu patice) u obrazovek z NDR jsou vyvedeny na kovové kolíčky po straně válcové části nad patiči.

Označování osciloskopických obrazovek není zatím jednotné. Druhy TESLA (používané dosud jako náhradní díly) byly označeny např. 7QR20; výrobce RFT z NDR používá pro podobnou obrazovku znak B7S1, výrobek z MLR je označen DG7-123 a ze SSSR 8LO39V.

## b) Televizní obrazovky

Televizní obrazovky mají velké ploché stínítko obdélníkového tvaru, dnes výhradně neimplozní (antiimplozní) se silnou přední skleněnou stěnou. Jsou metalizované, tj. vlastní stínítko je zevnitř pokryto vrstvičkou hliníku v tloušťce zlomků mikronu. Metalizace zlepšuje kontrast obrazu a omezuje vliv okolního světla, takže dovoluje lepší pozorování i za denního světla (někdy spolu s kouřově zabarveným sklem apod.). Anoda je vyvedena do zdířky v dutině baňky.

Televizní obrazovky mají podle rozměrů anodové napětí 15 až 18 kV při anodovém proudu kolem 100  $\mu$ A. Akvadakový povlak je na povrchu baňky. Některé sovětské obrazovky mají kovový plášť.

Barevné televizní obrazovky vyžadují vyšší anodové napětí, 25 až 27 kV při celkovém anodovém proudu 0,5 až 1 mA.

Televizní obrazovky rozlišujeme podle délky úhlopříčky obrazové plochy (např. 31 nebo 59 cm) a podle vychylovacího úhlu (nejčastěji 90 a 110°). Vychylování paprsku je elektromagnetické, ostření je většinou elektrostatické.

Velké rozměry a silná přední skleněná stěna způsobují značnou hmotnost televizních obrazovek — 10 až 15 kg, u barevných dokonce 18 kg. Proto při přenášení, montáži apod. nesmíme obrazovky brát za hrdlo; mohlo by se ulomit a došlo by k implozi, která se svými následky příliš neliší od exploze, zde navíc s nebezpečím skleněných střepin, které mohou způsobit nejen hmotnou škodu v okolí, ale i vážné nebo životu nebezpečné zranění žil a tepen, zraku apod. Proto při práci s televizními obrazovkami je předepsáno používání bezpečnostních pomůcek, jako průhledný štít z plexiskla před obličejem, kožené rukavice s manžetou a hustá šála kolem krku. (K implozi může ovšem dojít i v televizoru, ačkoli se to stává velmi zřídka. Proto mají obrazovky tlustou přední stěnu a u starších televizorů se používalo ochranné sklo před obrazovkou, aby nedošlo k případnému zranění diváků.)

Evropské označování televizních obrazovek je jednotné, složené ze tří částí — skupiny dvou písmen a dvou skupin číslic, oddělených pomlčkou, např. AW 43 — 88. Z katalogu [14] však vidíme, že se u nás (a v PLR) používá verze poněkud pozměněná — druhé písmeno se uvádí až za poslední skupinou číslic, např. A50 — 120 W.

### *Význam symbolů*

První písmeno: A znamená magnetické vychylování, elektrostatické ostření,

M magnetické vychylování i ostření.

Druhé písmeno udává barvu stínítka a dosvit (obraz doznívá zlomky sekundy po zaniknutí elektrického signálu:)

B barva modrá, dosvit krátký,

G barva zelená, dosvit středně krátký,

W barva bílá, dosvit střední.

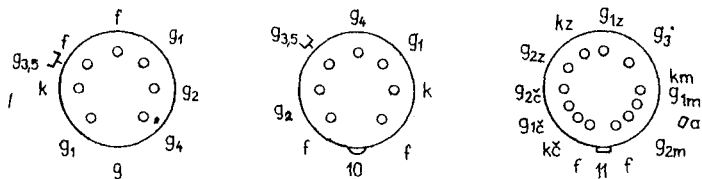
(První dvě barvy se používají na stínítka osciloskopických obrazovek.

První dvojčíslicí udává přibližně průměr stínítka (kruhového) nebo přibližnou délku úhlopříčky obrazové plochy v cm.

Druhé dvojčíslicí za pomlčkou znamená provedení nebo výrobní typ.

Kromě malých přenosných televizorů se dnes používají převážně obrazovky s úhlopříčkou 50, 59 nebo 61 cm, barevná má úhlopříčku 59 cm a připravuje se typ s úhlopříčkou 61 cm.

Hlavní typy televizních obrazovek jsou v tab. 154, zapojení jejich patič na obr. 131b. U některých obrazovek je anoda označena symbolem příslušných mřížek, tedy místo  $a_1$  nebo  $a_2$  najdeme  $g_{3,5}$  apod.



Obr. 131 b. Zapojení patič televizních obrazovek.

### Zacházení s obrazovkami

Kromě mechanické opatrnosti při zacházení s televizními obrazovkami je nutné věnovat určitou péči i provozu osciloskopů a televizorů. Především zbytečně nezvyšujeme jas — kromě fotografování z obrazovky; zkracuje to život katody i fluorescenční hmoty stínítka. Zvláště nebezpečné jsou ostré svítící bod nebo vodorovná čára (časová základna u osciloskopu bez měřené signálu). V místě dopadu elektronů se stínítko zahřívá a to porušuje jeho schopnost záření (tzv. vypálení stínítka). K vypálení dochází i v případě, kdy na osciloskopu paprsek kreslí dlouhou dobu stále stejný obrazec. Proto nastavujeme vždy jen potřebný jas a nesledujeme-li právě nějaké měření, zmenšíme jas na minimum.

U televizních obrazovek s velkým jasnem a vysokým anodovým napětím by bylo nebezpečí vypálení — např. při vysazení rozkladových generátorů — daleko větší. Naštěstí v moderních televizorech se vysoké napětí získává z vychylovacích impulsů, takže při vysazení řádkového generátoru zanikne i vysoké napětí a paprsek zmizí.

Stínítku obrazovek rovněž nesvědčí dlouhodobé osvětlení zvenčí, zvláště slunečními paprsky (i když u televizních obrazovek tento vliv mírní metalizace). Proto obrazovky v televizorech i osciloskopech raději přikrýváme neprůsvitnou látkou nebo krytem a nestavíme je tam, kde by na ně mohly působit přímé sluneční paprsky.

## 2.10. Fotoelektrické součástky

Pro měření intenzity osvětlení (jako luxmetry a expozimetry pro fotografické účely), pro regulaci, měření nebo v kinech ke snímání zvukového záznamu z filmu a ve výpočetních stanicích ke snímání dat z děrných štítků se používají fotorezistory, fotodiody a fototranzistory. (Někdejší vakuové nebo plynem plněné emisní fotonky se vzhledem k rozměrům a nutnému napájecímu napětí řádu 100 V již v praxi téměř nepoužívají.)

### 2.10.1. Fotorezistory

Plošné fotorezistory tvoří aktivní vrstva siričiku kademnatého (CdS), hermeticky uzavřeného ve skleněném nebo kovovém pouzdru (popř. v pouzdru z plastické hmoty) se skleněným okénkem, kterým dopadá světlo na citlivou vrstvu.

Fotorezistory TESLA buď mají plochý knoflíkový tvar, nebo jsou umístěny ve skleněné trubce válcového tvaru. Ploché tvary jsou označeny WK

Tabulka 155. Fotorezistory TESLA

Značení	Zatížení [W]	Napětí [V]	Proud [mA]	Odpor při 100 lx [kΩ]	Odpor ve tmě [MΩ]	
WK 650 36	1	350	80	1,8 až 8,5	3,8	Skleněné válcové pouzdro $\varnothing$ 22,5 × × 53 mm s novalovou patičí.
650 37	0,15	150	20	0,4 až 4	1	Pouzdro z plastu $\varnothing$ 17 × 9 mm, průměr okénka 8,5 mm.
650 38	0,03	10	3	0,4 až 2,5	1	Plechové pouzdro $\varnothing$ 8 × 6 mm, okénko na čelní stěně.
650 49	0,1	350	2	5 až 40	10	Skleněné válcové pouzdro $\varnothing$ 5,7 × × 16,5 mm.
650 60	0,05	50		0,52 až 3,3	0,5	Kovové pouzdro s okénkem na čelní stěně; $\varnothing$ 9 mm, výška 3,7 mm.
650 61	0,05	50		0,19 až 0,8*)	0,5	*) Při 3 000 lx.



650 37, WK 650 38, WK 650 60 a WK 650 61. Válcové jsou označeny WK 650 36 a WK 650 49. Hlavní hodnoty jsou uvedeny v tab. 155.

Jmenovitá hodnota zatížení platí pro  $+25^{\circ}\text{C}$ . Při vyšší teplotě je nutné zatížení snížit, při  $+50^{\circ}\text{C}$  asi na polovinu.

Kategorie: WK 650 36 — 10/070/21; WK 650 37, 650 38 — 10/055/21; WK 650 49 — 25/055/21; WK 650 60 a 650 61 — 10/070/21.

## 2.10.2. Fotodiody

Vzhledem k účelu — snímání dat z děrných pásek světelným paprskem a snímání fotografického záznamu zvuku z filmu — mají malé rozměry, zvláště průměr. Okénko propouštějící světlo je na vrcholu válečkového pouzdra; pro zvukový film je obdélníkové snímací okénko po straně.

TESLA vyrábí germaniové subminiaturní fotodiody typu 10PN40 (snímač děrné pásky) s těmito parametry:

napětí  $U_{KA}$  10 až 50 V,

maximální proud v přímém směru  $I_{AK} =$  maximálně 10 mA, ve zpětném směru  $I_{KA} = 10$  až  $50 \mu\text{A}$ ;

fotoelektrický proud  $I_F > 6 \cdot 10^{-3} \mu\text{A/lx}$  (lux), měřeno při  $U_{KA} = 45$  V a zatěžovacím odporu  $R_Z = 100 \text{ k}\Omega$ ,

osvětlení  $E = 20\,000 \text{ lx}$ .

Kovové válcové pouzdro má průměr 2,15 mm, délku 20 mm a hmotnost asi 1 g. Má drátové vývody, z nichž kladný je označen.

Dovolená teplota okolí  $-40$  až  $+70^{\circ}\text{C}$ , jmenovité zatížení 40 mW při  $+25^{\circ}\text{C}$ .

Občas se ještě vyskytne germaniová fotodioda s označením 10PP70 až 12PP70 (nyní jsou nahrazeny křemíkovými). Pouzdro  $\varnothing 5 \times 16$  mm má na boku okénko asi  $3 \times 4$  mm. Vývody jsou rovněž drátové, kladný pól je označen červeně.

Výhodou fotodiody je, že pracují bez napájecího napětí. Provozní fotoelektrický proud  $I_F$  je 10 až  $50 \mu\text{A}$  podle osvětlení, kolektorová ztráta je maximálně 10 mW při teplotě  $+25^{\circ}\text{C}$ ; pracovní teplota  $-40$  až  $+45^{\circ}\text{C}$ . Ostatní hodnoty jsou podobné jako u křemíkových fotodiody.

Křemíková fotodioda 1PP75, citlivá na světelné záření od 0,4 do 1,1  $\mu\text{m}$ , je určena pro snímání zvuku z filmu, měření a regulační účely. Pouzdro je hranolovité, rozměrů  $3,5 \times 6,8 \times 11$  mm s drátovými vývody; kladný má červenou značku. V širší stěně je přibližně čtvercové okénko  $4 \times 4,5$  mm.

Výstupní napětí při osvětlení 1000 lx je naprázdno až 0,3 V, při doporučeném zatěžovacím odporu  $R_Z = 4 \text{ k}\Omega$  asi 3,8 až 8 mV (světlo modulované kmitočtem 1 kHz). Dovolená teplota okolí je  $-25$  až  $+85^{\circ}\text{C}$ .

### 2.10.3. Fototranzistory

Jsou kombinací fotodiody s tranzistorem, který získaný fotoelektrický proud zesiluje. Světlo dopadá na polovodičový přechod v křemíkové bázi, která není vyvedena. Fotoelektrický jev vybudí pohyb elektronů tranzistorem. Emitor a kolektor jsou vyvedeny z pouzdra, kolektor je označen červenou barvou. Planární křemíkový fototranzistor KP101 vodivosti NPN slouží ke snímání dat z děrné pásky. Vývod kolektoru je kratší. Pouzdro má průměr 2 mm a délku 10 mm se snímací čočkou na vrcholu. Fototranzistor se zapojuje a napájí jako jiné nf tranzistory. Udávají se tyto hodnoty:

Maximální závěrné napětí kolektor—emitor  $U_{CEO} = 32 \text{ V}$ .

Maximální kolektorový proud  $I_C = 50 \text{ mA}$ .

Kolektorová ztráta tranzistoru  $P_C = 50 \text{ mW}$ .

Dovolená teplota přechodu  $\vartheta_j = +125 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Teplota okolí  $\vartheta_a = -40 \text{ až } +100 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Strmost fototranzistoru KP101 je  $S = 1,8 \text{ až } 3 \mu\text{A/lx}$  při osvětlení  $E = 2500 \text{ až } 4000 \text{ lx}$  a napětí  $U_{CE} = 2 \text{ až } 10 \text{ V}$ .

Mezní kmitočet je až 2 MHz.

Doba dosvitu (zániku fotoelektrického proudu po přerušení osvětlení)  $t_D < 30 \mu\text{s}$ .

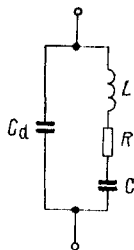
### 2.11. Piezoelektrické krystalové jednotky

V přesných a velmi stabilních oscilátorech vyslaďů, v kmitočtových zdrojích mnohokanálových telefonních systémů, v oscilátorech a mezifrekvenčních filtrech profesionálních přijímačů, u přenosných komunikačních rádiových stanic, v ultrazvukových generátorech atd. se setkáváme s piezoelektrickými krystalovými výbrusy. Využívá se u nich piezoelektrického jevu. Při mechanickém namáhání některých krystalů nebo jejich výbrusů tlakem, tahem, ohybem nebo krutem se na jejich plochách objevují elektrické náboje. V tomto případě hovoříme o přímém piezoelektrickém jevu. U vratného piezoelektrického jevu dochází naopak k deformaci krystalu, přivedeme-li na jeho povrch elektrický náboj.

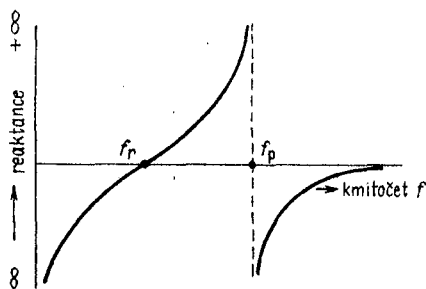
Piezoelektrický výbrus tvoří tyčinka nebo destička z piezoelektrického materiálu opracovaná do přesného tvaru. Přitom je rozhodující orientace destičky nebo tyčinky v pravouhlém systému os, přiřazeném přesně definovaným způsobem k výchozímu krystalu. Na povrchu piezoelektrického výbrusu jsou nanášeny kovové elektrody s vývody. Vhodnou úpravou elektrod a upevněním výbrusu v držáku se dosáhne toho, že po zapojení do elektrického obvodu např. oscilátoru se tento piezoelektrický rezonátor rozkmitá na vlastním rezonančním kmitočtu a elektrické kmitý obvodu s velkou přesností udržuje. Piezoelektrický krystalový rezonátor se montuje do hermetického nebo vakuového drážku různého tvaru a provedení a tvoří tak piezoelektrickou krystalovou jednotku — PKJ.

Elektrické vlastnosti piezoelektrické krystalové jednotky v blízkém okolí rezonance zobrazujeme tzv. elektrickým náhradním obvodem naznačeným na obr. 132.

Elektrický náhradní obvod lze uvažovat jako dvojpól, jehož jedna větev je tvořena sériovou kombinací kapacity  $C$ , indukčnosti  $L$  a odporu  $R$ , druhá je tvořena paralelní statickou kapacitou  $C_d$  (kapacitou držáku), která je dána (podobně jako u kondenzátoru) rozměry elektrod, jejich vzdáleností a dielektrikem.



Obr. 132. Náhradní obvod piezoelektrické krystalové jednotky



Obr. 133. Průběh reaktance krystalového rezonátoru

Krystalový rezonátor má dva rezonanční kmitočty, sériový  $f_r$  (rezonance) a paralelní  $f_p$  (antirezonance), které se od sebe liší jen nepatrně (obr. 133).

Krystalový rezonátor se chová jako laděný obvod s velmi velkým činitelem jakosti  $Q$ . Ten se u křemenných krystalových rezonátorů pohybuje od několika desítek tisíc až do několika miliónů (s vysoce leštěnými výbrusy, umístěnými ve vakuu).

Rezonanční kmitočet krystalového rezonátoru je závislý pouze na jeho geometrických rozměrech; změny rezonančního kmitočtu v závislosti na teplotě se mohou v určitém teplotním rozmezí snížit téměř na nulu vhodnou orientací krystalového řezu vzhledem ke třem skupinám os krystalu (optická osa  $Z$ , elektrické osy  $X$  a mechanické osy  $Y$ ).

Důležitým parametrem krystalových rezonátorů je jejich zatížitelnost. Udává největší výkon, který se může trvale rozptýlit na výbrusu krystalové jednotky, aniž se zásadně změní jeho parametry. Dovolené zatížení závisí na provedení rezonátoru a na jeho kmitočtu. Bývá v rozmezí  $0,1 \mu\text{W}$  až  $20 \text{ mW}$ . Kmitočet oscilátoru řízeného krystalovým rezonátorem je tím stabilnější, čím nižší je úroveň buzení.

Význačným parametrem pro přesná elektrická zařízení je dlouhodobá stabilita kmitočtu rezonátoru. Udává relativní odchylku kmitočtu vztahenou na časovou jednotku. Největší stabilita dosahovaná dnes ve světě se udává  $1 \cdot 10^{-9}/\text{týden}$ .

## 2.11.1. Řídicí krystaly pro oscilátory

Křemenové krystalové rezonátory se vyrábějí pro rozsah kmitočtů od několika set Hz do asi 200 MHz. Pro pokrytí celého kmitočtového rozsahu se používá řada řezů a druhů kmitů.

Řez XY. — Bimorfní tyčinka je slepena ze dvou křemenných výbrusů XY podélně kmitajících a sestavených tak, aby výsledným pohybem byl ohyb. Teplotní součinitel kmitočtu pro rozsah teplot +20 až +50 °C bývá  $5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  až  $10 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . Používá se v rozsahu kmitočtů 0,5 až 5 kHz.

Řez XY. — Tyčinka ohybově kmitající. Závislost změny kmitočtu na teplotě má parabolický tvar, pracují při kmitočtech 2 až 30 kHz.

Řez NT. — Ohybově kmitající výbrus. Závislost změny kmitočtu na teplotě je parabola. Polohu vrcholu paraboly lze nastavit změnou úhlu řezu (o desítky minut) v rozsahu teplot 0 až +50 °C. Používají se v rozsahu kmitočtů 10 až 100 kHz.

Řez MT. — Podélně kmitající výbrus. Závislost změny kmitočtu na teplotě je parabola. Vrcholem paraboly lze pohybovat v rozmezí 0 až +80 °C. Pracují při kmitočtech 45 až 500 kHz.

Řez GT. — Podélné kmitající výbrusu. Řezem GT lze dosáhnout nulového teplotního součinitele kmitočtu v oboru teplot 0 až +100 °C. Jsou vhodné pro kmitočty 90 až 250 kHz.

Řez DT. — Plošně střížné kmitující výbrusu. Závislost změny kmitočtu na teplotě je parabola, jejíž vrchol lze úhlem řezu nastavit maximálně do teploty +50 °C. Pracují při kmitočtech 100 až 250 kHz.

Řez CT. — Plošně střížné kmitující výbrusu. Závislost změny kmitočtu na teplotě je parabola. Vrcholem lze pohybovat podle úhlu řezu maximálně do teploty +40 °C. Jsou vhodné pro kmitočty 150 až 500 kHz.

Řez FT. — Křemenný výbrus kmitá plošně střížně. Závislost změny kmitočtu na teplotě je parabola. Vrcholem lze pohybovat změnou poměru šířka/délka destičky. Pracují při kmitočtech 200 až 600 kHz.

Řez ET. — Plošně střížné kmitující výbrusu. Závislost změny kmitočtu na teplotě je parabola. Vrcholem lze pohybovat podle úhlu řezu. Pracují při kmitočtu 400 až 800 kHz.

Řez AT. — Tloušťkově střížné kmitující výbrusu. Závislost změny kmitočtu na teplotě má tvar kubické paraboly. Jsou vhodné pro kmitočty 500 kHz až 20 MHz.

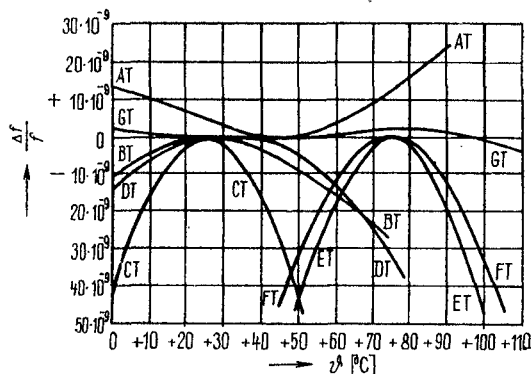
Řez BT. — Křemenný výbrus kmitá tloušťkově střížnými kmitujícími. Závislost změny kmitočtu na teplotě je parabola. Vrchol paraboly lze nastavit změnou úhlu řezu v rozmezí 0 až +60 °C. Jsou vhodné pro kmitočty 3 až 30 MHz.

Pro nejvyšší kmitočty v pásmu 15 až 200 MHz se používají krystalové rezonátory řezu AT kmitající na třetí, páté, sedmé, popř. vyšší liché har-

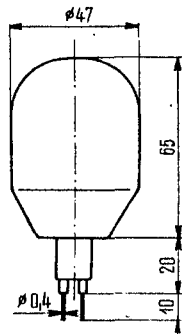
monické střížných kmitů. Teplotní závislosti poměrné změny kmitočtu krystalových rezonátorů různých řezů jsou znázorněny na obr. 134.

Aby se vyloučil vliv kolísání okolní teploty na piezoelektrické krystalové jednotky oscilátorů, na jejichž přesnost a stálost jsou kladeny nejvyšší požadavky, uzavírají se do termostatů. Pracovní teplota termostatu je vždy vyšší než nejvyšší teplota v okolí. Obvyklé provozní teploty termostatů jsou +60 až +80 °C. Kolísání teploty v termostatu bývá 1 až 0,001 °C.

Křemenné krystaly pro oscilátory a filtry vyrábí n. p. TESLA Hradec Králové v různých provedení. Jsou opatřeny držáky několika druhů, nejdůležitější jsou:



Obr. 134. Závislost změny kmitočtu na teplotě krystalového rezonátoru



Obr. 135. Držák krystalového rezonátoru SD 2/60  
— 74

### Držák SD 2/60 -- 47 (obr. 135)

Krystalový rezonátor je namontován ve vyčerpáném skleněném držáku. Pracuje na páté harmonické a je určen pro nejpřesnější oscilátory. Předpokládá se provoz v termostatu s nastavitelnou teplotou v rozmezí +50 až +70 °C.

Kmitočet krystalového rezonátoru je 2,5 MHz. Využívá se sériová rezonance. Maximální zatížení je 2 μW.

Minimální  $Q = 3 \cdot 10^6$ . Dlouhodobá stabilita  $\pm 5 \cdot 10^{-9}/6$  měs.

### Držák SK 8/I -- 30 (obr. 136)

Krystalový rezonátor je namontován ve skleněném vyčerpáném držáku. Teplotní závislost rezonančního kmitočtu má tvar paraboly s vrcholem uvnitř teplotního rozsahu.

Kmitočtový rozsah od 1 do 600 kHz je pokryt rezonátory různých řezů.

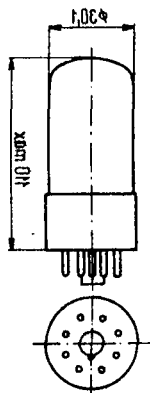
Rozsah pracovních teplot je -10 až +55 °C, některé typy -20 až +70 °C. Celková tolerance kmitočtu u výbrusů 1 až 1,6 kHz =  $\pm 1000 \cdot 10^{-6}$ , u ostatních až  $\pm 75 \cdot 10^{-6}$ .

### Držák SD 4/24 – 9 (obr. 137)

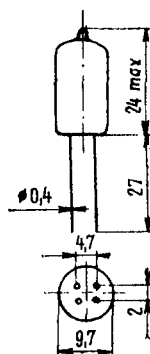
Krystalový rezonátor je namontován ve skleněném vyčerpáném držáku. Jsou určeny pro použití s požadovanou lepší dlouhodobou stabilitou rezonančního kmitočtu. Řez je AT. Kmitočtový rozsah je 10 až 150 MHz.

Pásmo pracovních teplot je  $-20$  až  $+70$  °C.

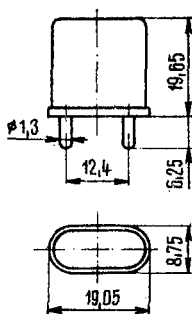
Celková tolerance kmitočtu  $\pm 35 \cdot 10^{-6}$  až  $\pm 20 \cdot 10^{-6}$ .



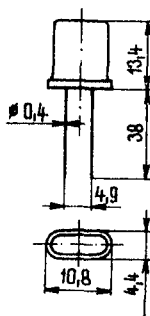
Obr. 136. Držák krystalového rezonátoru SK 8/L – 30



Obr. 137. Držák krystalového rezonátoru SD 4/24 – 9



Obr. 138. Držák krystalového rezonátoru KK 2/19



Obr. 139. Držák krystalového rezonátoru KD 2/13

### Držák KK 2/19 (obr. 138)

Krystalový rezonátor je namontován v kovovém hermetickém držáku. Tyto PKJ jsou určeny pro běžné použití.

Kmitočtový rozsah je 0,3 až 120 MHz.

Pásmo pracovních teplot je  $-10$  až  $+55$  °C, některé typy až  $-40$  až  $+70$  °C.

Celková tolerance kmitočtů  $\pm 50 \cdot 10^{-6}$ , u nejnižších kmitočtů až  $\pm 100 \cdot 10^{-6}$ .

### Držák KD 2/13 (obr. 139)

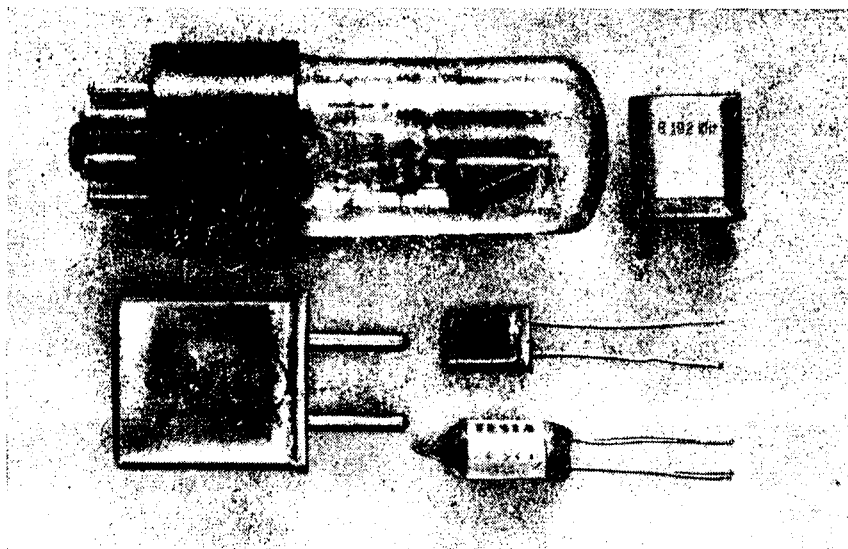
Krystalový rezonátor je namontován v kovovém hermetickém držáku s drátovými vývody. Řez výbrusu je AT. Jsou určeny pro běžné použití.

Kmitočtový rozsah je 8 až 120 MHz.

Pásmo pracovních teplot je až  $-20$  až  $+70$  °C.

Celková tolerance kmitočtu je  $\pm 50 \cdot 10^{-6}$ .

Provedení některých držáků je na obr. 140.



Obr. 140. Provedení některých držáků PKJ

## 2.11.2. Krystalové filtry

Požadavek malé teplotní závislosti kmitočtu a vysokého činitele jakosti  $Q$  u výbrusu pro oscilátory se u krystalových rezonátorů pro elektrické filtry rozšiřuje o nutnost teplotně nezávislé indukčnosti.

Splnění uvedené podmínky je obtížné zejména u náročných krystalových filtrů, např. pro telekomunikační zařízení nebo selektivní měřicí přístroje. Tyto filtry jsou složité, objemné a nelze je tedy jednoduše uzavírat do termostatu. Přitom teplotní pracovní rozsah zařízení bývá široký.

Filtr je složen z řady cívek o vysokém činiteli jakosti ( $Q$ ), kondenzátorů (obvykle s polystyrenovým dielektrikem) a několika piezoelektrických krystalových jednotek.

Pro frekvenčně modulované přijímače nebo jiná velmi selektivní zařízení vyrábí n. p. TESLA Hradec Králové piezoelektrické krystalové filtry pro mezifrekvenční kmitočty 10,7 MHz s označením PKF 10,7 — 1,7/A, PKF 10,7 — 3,1/A nebo PKF 10,7 — 9/A aj., pro stereofonní přijímače např. PKF 10,7 — 250/A.

Konstrukčně je krystalový filtr 10,7 MHz řešen jako uzavřená jednotka o délce 36,85 mm, šířce 27 mm a výšce 19,9 mm. Základní parametry krystalových filtrů PKF 10,7:

jmenovitý kmitočet	10,7 MHz,
šířka propustného pásma (pro 3 dB)	$\pm 7,5$ kHz; $\pm 4,5$ kHz; $\pm 1,5$ kHz a $\pm 870$ Hz,
útlum v potlačeném pásmu	60 dB,
rozsah pracovních teplot	-20 až +55 °C.

### 2.11.3. Elektromechanické filtry

Kromě krystalových filtrů, které se vyznačují velkou přesností a stálostí kmitočtu, se pro méně náročné účely používají (např. mezifrekvenční stupně amplitudově modulovaných přijímačů) elektromechanické filtry. Mají malé rozměry, snadno se montují, a proto jsou zvláště vhodné do tranzistorových superhetů.

Výrobce n. p. TESLA Lanškroun dodává dva typy těchto filtrů:

WK 850 02 s možností doladění vstupní indukčnosti,

WK 850 03 bez možnosti doladění vstupní indukčnosti.

Tyto elektromechanické filtry se vyrábějí s třemi šířkami pásma (pro 6 dB)

$$B_6 = 3 \text{ kHz}, \quad B_6 = 6 \text{ kHz} \quad \text{a} \quad B_6 = 9 \text{ kHz}.$$

Zvlnění v propustném pásmu je maximálně 3 dB.

Hodnoty obou typů elektromechanických filtrů TESLA:

rezonanční kmitočet  $455 \pm 2,5$  kHz,

základní tlumení  $\leq 4$  dB,

vstupní impedance (generátoru) 10 k $\Omega$ ,

kapacita generátoru 270 pF,

výstupní impedance (zátěže) 2,2 k $\Omega$

kapacita zátěže 1200 pF.

Oba typy jsou uzavřeny v trubičkovém pouzdru průměru 10,5 mm a délky 26 mm. Vývody tvoří vždy dva axiální drátové vývody na každé straně pouzdra. Vstupní část filtru je označena červeně.



## 2.12. Spínače. Přepínače

Spínače, vypínače a přepínače se v elektronice používají hojně, ať již v obvodech napájených ze sítě nebo jako přepínače funkce, vlnových nebo měřicích rozsahů apod.

### 2.12.1. Síťové spínače

Jsou většinou páčkové, někdy tlačítkové. Bývaly na každém zařízení napájeném ze sítě. Dnes se často sdružují s potenciometry nebo s přepínačem funkcí tlačítkového tvaru. Kontakty musí snést proud 2 až 6 A/250 V.

Pro telekomunikační účely se používají prosvětlovací tlačítka, která obsahují žárovku, jež při stisknutí tlačítka svítí.

Přepínače jsou nejčastěji otočné, ovládané hřídelem. Mohou být i mnohopolohové a sdružovat více přepínacích systémů (paketů). Zvláštním druhem jsou tzv. řadiče, které pomocí sběrače zapínají postupně různý počet kontaktů. Používají se často v měřicích přístrojích.

V radiotechnice se setkáváme s přepínači vlnových rozsahů. Dříve to byly tzv. hvězdicové přepínače deskové, které bylo možné sestavit do jednoduché konstrukce z několika desek, s různým odstupem, popř. vloženým stíněním. Smykové kontakty zaručovaly dobré spojení. Tyto přepínače (systém Philips a TESLA) se dlouho udržely a dodávaly se často ve spojení s příslušnými cívkami upevněnými na nosné destičce jako oblíbené cívkové soupravy pro jednoobvodové přijímače i superhety.

S požadavkem zmenšení rozměrů, zvětšování počtu vlnových rozsahů a „modernějšího“ vzhledu přijímače se přešlo na přepínače klapkové, které tvoří na přijímači jakousi klaviaturu, a tlačítkové. Nyní je k dostání zajímavý tlačítkový systém ISOSTAT z dovozu (PLR). Vyznačuje se stavebnicovou formou, z níž lze sestavit libovolné kombinace. Obsahuje také mžikový síťový spínač. Kromě přijímačů se hodí pro magnetofony, telefony, interkomunikační zařízení a jiné účely. S nosnou destičkou s vf cívkami z nich lze sestavit i cívkovou soupravu.

### 2.12.2. Miniaturní otočné přepínače

Miniaturní otočné přepínače se skládají z aretační části a z jednotlivých paketů — přepínacích rovin. Obvykle lze přepínače vybudovat do maximálního počtu pěti paketů. Úhel spínání 30° používaný u velkých typů byl zvolen i pro miniaturní otočné přepínače. Umožňuje vytvořit 12 spínacích poloh. Při přepínání dochází k přerušování mezi sousedními polohami, nikoliv k jejich (byť krátkodobému) spojení. Spínají se 1 × 12, 2 × 6, 3 × 4, nebo 4 × 3 kontakty. Podle toho jsou rotory jednoduché, dvojité až čtyřnásobné. Mi-

niaturní otočné přepínače mají nejčastěji válcovité provedení s radiálním uspořádáním pájecích vývodů. Jiné konstrukční provedení je hranolovité.

Aretační část obsahuje mechanické vymezení jednotlivých poloh, nastavitelné dorazy, centrální matici pro upevnění přepínače do panelové desky, ložisko hřídele a hřidel pro ovládací knoflík.

U miniaturních otočných přepínačů typu WK 533 00 až WK 533 48 se každá přepínací rovina skládá ze dvou statorových kotoučků z plastu se zalisovanými stříbrnými kontakty. Do statorů jsou zasunuty rotory rovněž z plastu se spínacími stříbrnými kontakty. Ty tvoří odpružený propojovací můstek.

U staršího hranolovitého provedení miniaturních otočných přepínačů je spínací systém jiný. Přepínače mají typové označení APM 1102 až APM 3503, kde první číslice znamená počet pólů přepínače, druhá počet bloků a poslední dvojčíslí udává počet přepínacích poloh.

Sběrací kontakty tvoří stříbrné drátky, které se dotýkají rotorových kotoučků se zalisovanými jednoduchými až třídílnými plochými kontakty. Vývody sběracích stříbrných drátků jsou zesíleny pájecími vývody.

Pro zacházení s miniaturními přepínači platí několik zásad. Při přepínání dbáme, abychom násilím neporušili mechanický doraz. Přepínač pájíme opatrně. Pájecí vývody jsou miniaturní a jsou umístěny blízko sebe. Pájíme krátce a dáváme pozor, aby stékající cín nevytvořil trvalý můstek.

U miniaturních přepínačů typu APM... nesmějí pájecí prostředky (cínová pájka, kalafuna, Eumetol) zatéci dovnitř přepínače. Neopatrné pájení by vedlo k trvalému zničení přepínače.

### *Vlastnosti miniaturních otočných přepínačů*

Typy WK 533 00 až WK 533 33 (rotor jednoduchý nebo dvojitý)	
jmenovité provozní napětí (vrcholové)	100 V,
jmenovitý proud	0,05 A,
přechodový odpor kontaktů	$\leq 20 \text{ m}\Omega$ ,
izolační odpor	$\geq 10^5 \text{ M}\Omega$ ,
kapacita při 800 Hz	maximálně 1,5 pF,
mechanická trvanlivost	20 000 cyklů,
kategorie	40/070/21.

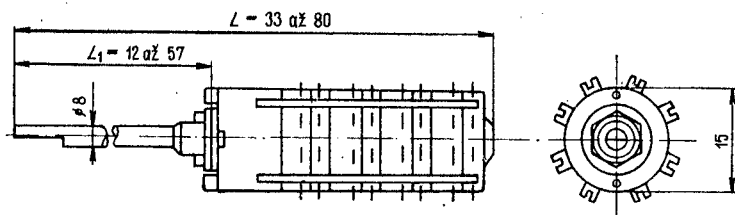
Typy WK 533 35 až WK 533 44 (rotor jednoduchý nebo dvojitý) a	
WK 533 45 až WK 533 48 (rotor trojitý a čtyřnásobný)	
jmenovité provozní stejnosměrné napětí	250 V,
jmenovitý proud	15 mA,
přechodový odpor kontaktů	$\leq 10 \text{ m}\Omega$ ,
izolační odpor	$> 10^5 \text{ M}\Omega$ ,
kapacita při 800 Hz	maximálně 3 pF;
	u typů WK 533 45 až 48 maximálně 2 pF,
mechanická trvanlivost	60 000 cyklů,
kategorie	40/070/21.

Typy APM 1102 až APM 3503 (hranolovité provedení)  
 maximální provozní stejnosměrné napětí 250 V,  
 přechodový odpor kontaktů  $\leq 25 \text{ m}\Omega$ ,  
 izolační odpor  $> 10^2 \text{ M}\Omega$ ,  
 mechanická trvanlivost 10 000 cyklů.

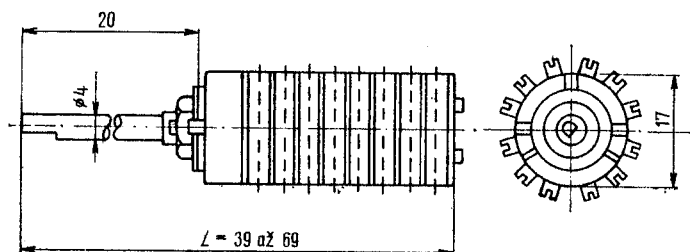
Na obr. 141 je rozměrový náčrtek miniaturního otočného přepínače WK 533 00 až 33.

Na obr. 142 je rozměrový náčrtek miniaturního otočného přepínače WK 533 35 až 44.

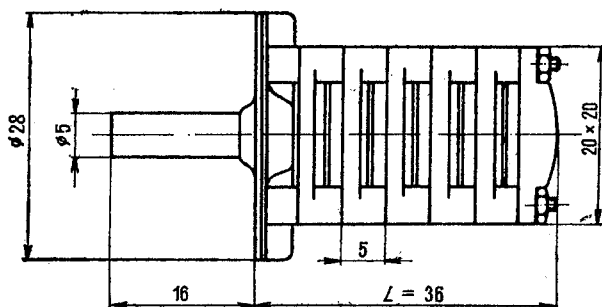
Na obr. 143 je rozměrový náčrtek přepínače typu APM.



Obr. 141. Rozměrový náčrtek miniaturního přepínače WK 533 00 – 33



Obr. 142. Rozměrový náčrtek miniaturního přepínače WK 533 35 – 44



Obr. 143. Rozměrový náčrtek přepínače typu APM

## 2.12.3. Tlačítkové ovládače a přepínače pro cívkové soupravy

Důležitým elektromechanickým spínacím prvkem zůstává stále tlačítko. V tlačítku lze upevnit celou řadu kontaktů, a tak ovládat nebo kontrolovat elektrické obvody.

Pro potřeby nízkofrekvenční techniky se vyrábějí různé druhy tlačítek s kontakty dlouhými několik centimetrů (3 až 7 cm), nejrůznějších spínacích kombinací. Pro vysokofrekvenční techniku nejsou tato tlačítka vhodná pro velkou kapacitu mezi kontakty.

Do Československa se však dovážejí tlačítka a tlačítkové soupravy vyráběné polským závodem ELTRA Bydhošť podle licence francouzské firmy ISOSTAT, vhodné pro nejrůznější účely spotřební elektroniky.

Tlačítkové soupravy jsou buď s tlačítky posuvnými, nebo sklopnými. Jednotlivá tlačítka se vyrábějí jako

- nezávislá; po stisknutí zůstává tlačítko ve stlačené poloze, do výchozí polohy se vrací opětným stisknutím,
- závislá; tlačítko zůstává po stisknutí ve stlačené poloze, do výchozí polohy se vrátí stisknutím kteréhokoliv jiného závislého tlačítka, které je ve výchozí poloze,
- bez aretace; tlačítko je bez jakékoliv aretace, po uvolnění tlaku se tlačítko ihned vrátí zpět do výchozí polohy.

Tlačítka s kontaktním systémem se dodávají jako: dvoupólová, čtyřpólová, šestipólová, osmipólová a síťová.

Přívodní vodiče se pájejí na pájecí očka tlačítek.

Tlačítka se používají buď samostatná, nebo jsou montována do souprav. Maximální počet tlačítek v jedné soupravě je až 19 kusů.

Pro ovládání jsou tlačítka opatřena hmatníky z plastické hmoty v bílé, černé, červené, modré, světle šedé, tmavě šedé, kávové a zelené barvě. Hmatník má tvar hranolku o rozměrech (délka × šířka × výška v mm)

$$10 \times 5,5 \times 10,8$$

$$14,7 \times 7,4 \times 11$$

$$19,8 \times 8,2 \times 14$$

nebo válečku o průměru 12 mm a výšce 12 mm.

Technické parametry tlačítek ISOSTAT

- Tlačítko v běžném provedení:

jmenovité provozní napětí	250 V,
jmenovitý stejnosměrný proud	0,08 A,
jmenovitý střídavý proud	0,12 A,
zkušební napětí	1000 V,
přechodový odpor	$\leq 15 \text{ m}\Omega$ ,
izolační odpor	$\geq 2000 \text{ M}\Omega$ ,
kapacita mezi vývody a kostrou	$\leq 3 \text{ pF}$ ,
kapacita mezi vývody	$\leq 1,5 \text{ pF}$ ,
mechanická trvanlivost	20 000 cyklů.

Přepínač pracuje spolehlivě v teplotě okolí  $-25$  až  $+70^\circ \text{C}$ .

b) Síťové tlačítko:

jmenovité provozní střídavé napětí  
 jmenovitý proud  
 zkušební střídavé napětí  
 přechodový odpor  
 izolační odpor  
 mechanická trvanlivost

250 V,  
 maximálně 2 A  
 2500 V,  
 $\leq 60 \text{ m}\Omega$ ,  
 $\geq 2000 \text{ M}\Omega$ ,  
 20 000 cyklů.

Přepínač pracuje spolehlivě v teplotě okolí  $-25$  až  $+70$  °C.

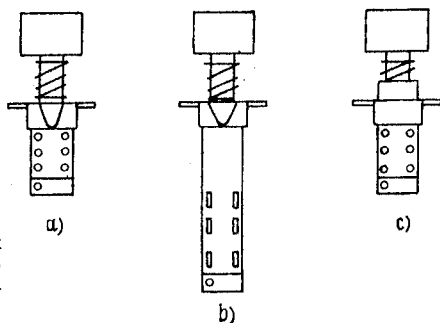
Tlačítková souprava složená ze síťového tlačítka a řady vícepólových tlačítek ISOSTAT a opatřená destičkou plošných spojů s cívkami pro vstupní a oscilátorové obvody (alternativně i pro pásmový filtr) vlnových rozsahů dlouhých, středních, krátkých a velmi krátkých vln může sloužit v každém rádiovém přijímači. Lze jen litovat, že podobné cívkové soupravy nejsou běžně k dostání.

Na obr. 144 je schematický náčrtek

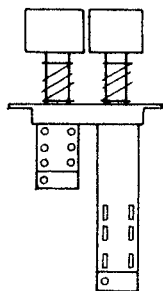
a) nezávislého tlačítka, b) nezávislého síťového tlačítka, c) tlačítka bez aretace.

Na obr. 145 je schematický náčrtek závislých tlačítek ISOSTAT.

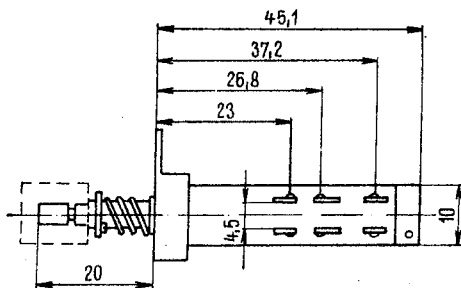
Na obr. 146 je rozměrový náčrtek síťového tlačítka ISOSTAT.



Obr. 144. Schematický náčrt tlačítek ISOSTAT: a) nezávislého tlačítka, b) nezávislého síťového, c) tlačítka bez aretace



Obr. 145. Schematický ná-kres závislých tlačítek ISOSTAT



Obr. 146. Rozměrový náčrtek síťového tlačítka ISOSTAT

## 2.12.4. Tlačítkový mikrospínač

Mikrospínač WK 559 00 je jednopólový přepínač, vestavěný do bakelitového pouzdra rozměrů  $l = 14,6$  mm,  $š = 6,1$  mm,  $v = 7,3$  mm. Pouzdro má dva montážní otvory. Působením potřebné síly dojde pomocí citlivého mechanismu k mžikovému přepnutí. Návrat do původní polohy je samočinný po uvolnění tlačítka.

Zdvih tlačítka má být ovládán v minimálních mezích, tj. nedoporučuje se využívat celého zdvihu tlačítka až k vnitřnímu dorazu. Tak se prodlouží životnost mikrospínače. Stříbrné kontakty přepínacího systému jsou vyvedeny na tři páječí vývody.

Základní elektrické vlastnosti:

maximální střídavé napětí	12 V; 50 Hz,
maximální proud	0,05 A,
kombinace střídavého napětí a proudu	12 V, 50 Hz; 0,05 A, 6 V, 50 Hz; 0,25 A,
kombinace stejnosměrného napětí a proudu	12 V; 0,2 A, 12 V; 1 A, 12 V; 5 A,
spínaný vysokofrekvenční výkon	25 W, umělá zátěž 70 $\Omega$ , $f = 30$ MHz,
přechodový odpor	maximálně 50 m $\Omega$ ,
izolační odpor	minimálně $3 \cdot 10^9 \Omega$ ,
elektrická pevnost	1000 V; 50 Hz,
elektrická životnost	$10^6$ cyklů,
pro 12 V; 1 A	$5 \cdot 10^5$ cyklů,
pro 12 V; 5 A	$1,5 \cdot 10^4$ cyklů,
ve vysokofrekvenčních obvodech při výkonu 25 W do umělé zátěže 70 $\Omega$ při 30 MHz	$5 \cdot 10^5$ cyklů,
maximální ovládací síla	2 N,
minimální zpětná ovládací síla	0,3 N,
kategorie odolnosti	25/085/04.

## 2.13. Relé

K ovládání a spínání elektrických obvodů se v elektrotechnice stále používají převážně elektromechanické spínací prvky. Mezi nimi zaujímá přední místo relé. Relé může mít velký počet kontaktů, kterými lze ovládat několik elektrických obvodů. Přitom poměr odporu v rozepnutém a sepnutém stavu kontaktů je velmi velký — přechodový odpor v sepnutém stavu je malý a odpor při rozepnutí je velký.

Podle použití a podle provedení lze tyto spínací prvky rozdělit na několik druhů:

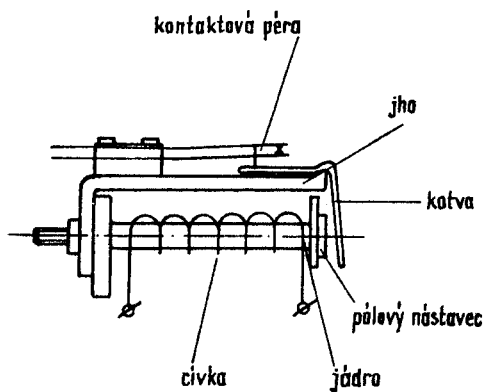
1. telefonní relé,
2. polarizovaná relé,
3. relé v miniaturním nebo hermetizovaném provedení,
4. jazýčková relé,
5. silnoproudá relé.

### 2.13.1. Telefonní relé

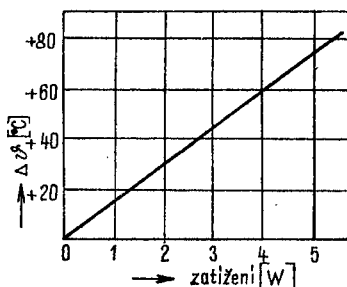
Toto relé tvoří dosud základní součástku všech telefonních ústředěn (odtud jeho pojmenování).

U nás bylo vyvinuto a hromadně se vyrábí tzv. neutrální relé TESLA. Neutrální se nazývá proto, že kotva relé přitáhne při průchodu proudem vinutím bez ohledu na polaritu (v protikladu k polarizovanému relé).

Každé relé se skládá z elektromagnetu tvořeného cívkou na železném jádru kotvy, která se otáčí kolem břitu jha. Kotva svým pohybem působí na párový svazek, kterým se uzavírají nebo otevírají kontakty. Princip neutrálního nezpěžděného telefonního relé je na obr. 147.



Obr. 147. Návrh neutrálního telefonního relé TESLA



Obr. 148. Oteplení cívky relé TESLA při normální teplotě okolí v závislosti na zatížení

Odpor vinutí cívky bývá různý podle účelu. Relé, jež jsou cívkou zapojena v obvodech do série a na nichž nemá vznikat zbytečný úbytek napětí, mají odpor řádu ohmů. Naproti tomu relé připojená na vedení nesmějí zeslabovat telefonní proudy a mají proto odpor řádu tisíce ohmů. Proudů procházející cívkou se pohybují v mezích 10 mA až 1 A.

Kontaktní pára bývají z niklové mosazi; jsou na jednom konci rozříznuta a opatřena dvojicí kontaktů, nejčastěji ze stříbra nebo slitin platina — stříb-

ro, zlato — nikl, palladium — stříbro apod. Zdvojením kontaktů jednoho péra se zvětší spolehlivost kontaktů.

Důležitou veličinou u telefonního relé je součin počtu závitů a procházejícího proudu v ampérech (dříve tzv. ampérvávitý — Az). U relé se udávají ampérvávity pro spolehlivý přitah relé, pro přidržení a ampérvávity, při kterých kotva relé odpadá. Z těchto hodnot je nutné vycházet při návrhu obvodu, ve kterém bude relé pracovat.

Telefonní relé TESLA je válcové elektromagnetické relé. Jeho magnetický obvod tvořený kostrou relé, pólovým nástavcem a kotvou je z aremanentní oceli (materiál s nízkým zbytkovým magnetismem — remanencí). Lomená kotva pohybuje ovládacím rámečkem pérového svazku. Distanční doraz z plastické hmoty brání lepení kotvy na pólový nástavec.

Cívka má termoplastovou kostru se šesti pájecími vývody, takže na ni lze umístit až tři samostatná vinutí. Pro zpoždění pracovních časů relé se někdy používají měděné trubky s různou tloušťkou stěny jako závity nakrátko.

Kontaktní svazek relé TESLA tvoří bloky z plastu se zalisovanými plochými kontaktními péry. Pérový svazek má maximálně 24 kontaktních per, uspořádaných do 8 přepínačích nebo 12 zapínacích kontaktů. Péra stejné funkce jsou zalisována po čtyřech vedle sebe do destiček. Při plné výstavbě je 6 takových destiček nad sebou. Jmenovitá kontaktní síla je asi 0,2 N. Relé s největším počtem kontaktních per (tj. 8 přepínačů nebo 12 zapínačů) zaujímá bez pájecích vývodů prostor  $22 \times 48 \times 67$  mm, relé s polovičním počtem kontaktních per (4 přepínače) má rozměry  $22 \times 39 \times 67$  mm.

Přípustný provozní výkon na kontaktech bez zhášení (zhášení elektrického oblouku mezi kontakty — a to nejen u relé — se provádí paralelním připojením zhášecího obvodu z kondenzátoru a sériového odporu nebo vhodné polovodičové diody) je stanoven napětím 125 V a proudem 1 A s omezením výkonu na 30 W v obvodech bez indukčnosti a  $10^8$  pracovních cyklů. Přípustné zatížení budicí části je 4 W. Oteplení cívky po ustálení teploty v závislosti na zatížení je na obr. 148.

Citlivost relé s plně navinutou cívkou se pohybuje (podle velikosti pérového svazku) kolem 20 mW na jeden přepínač.

Jmenovité hodnoty přitahových a odpadových ampérvávitů relé s hlavními typy pérových svazků a distančním dorazem 0,1 mm jsou v tab. 156.

Průměrná hmotnost telefonního relé je asi 150 g.

Telefonní relé TESLA je určeno pro činnost za normálních klimatických podmínek. Pájecí vývody jsou očíslovány na spodní části čela cívky.

Římské číslice na štítku relé určují pořadí, ve kterém jsou vinutí uspořádána, počínaje od jádra relé. Začátek každého vinutí je vždy připojen na pájecí vývody s menším pořadovým číslem než jeho konec.

Cívka s jedním vinutím je tedy připojena na vývody I a 6, cívka se dvěma vinutími na vývody I a 2 u vinutí I a na 5 a 6 u vinutí II.

Cívka se třemi vinutími na špičky 1 a 2 u vinutí I, na 3 a 4 u vinutí II a na vývodech 5 a 6 u vinutí III.

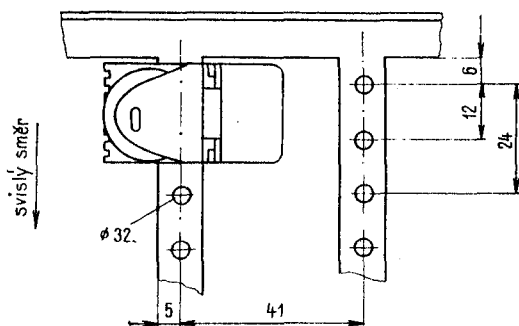
Doporučené pracovní uložení relé je: vodorovná poloha, kotva na levé



Tabulka 156. Hlavní parametry telefonních relé

Relé s kontaktním svazkem	$NI$ pro nepřitažení	$NI$ pro přitažení	$NI$ pro přidržení	$NI$ pro odpad
4 přepínače	108	160	46	28
8 přepínačů	170	254	89	52
12 přepínačů	134	240	77	50

Poznámka:  $NI$  znamená součin počtu závitů  $N$  a proudu  $I$  [A].



Obr. 149. Upevnění relé TESLA

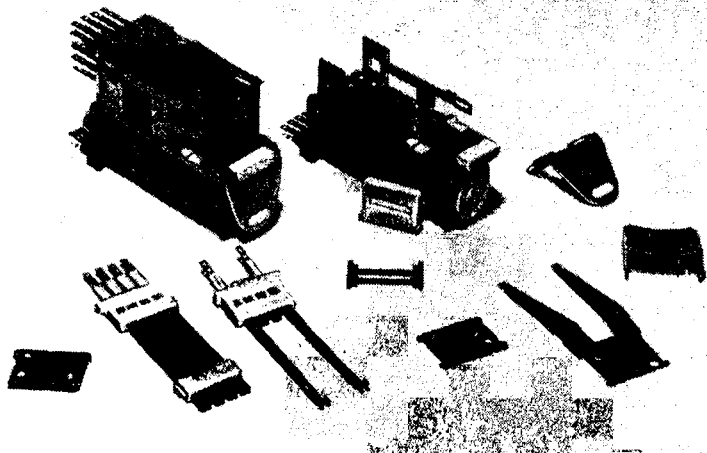
straně, svazek na pravé straně (při pohledu zepředu). Relé se upevňuje dvěma šrouby M3 (obr. 149).

Dodávaná relé TESLA jsou rozdělena do tří skupin:

1. Relé s jedním vinutím s označením např. HT 100 ... až HT 190 ...  
Relé s jedním vinutím a měděnou trubkou pro zpožděný odpad (tlumení 1, 2 a 3 mm) HT 410 ... až HT 485 ... a HT 710 ... až HT 750 ...
  2. Relé se dvěma vinutími s označením např. HT 210 ... až HT 295 ...  
Relé se dvěma vinutími a tlumením 1, 2 a 3 mm např. HT 510 ..., HT 560 ... a HT 810 ...
  3. Relé se třemi vinutími s označením např. HT 310 ... až HT 385 ...  
Relé se třemi vinutími a tlumením 1 mm HT 645 200.
- Provedení telefonních relé TESLA a jeho díly jsou na obr. 150.

### Relé na střídavý proud

V signálních a kontrolních obvodech se střídavým proudem nelze použít neutrální relé, protože by se kotva rozechvěla dvojnásobným kmitočtem



Obr. 150. Telefonní relé TESLA a jeho díly

procházejícího proudu a kontakty by nebyly spolehlivě uzavřeny. Bylo by možné použít diodu připojenou paralelně k vinutí, relé by pak drželo kotvu klidně.

Jinak se používá telefonní relé upravené tak, aby se vytvořily dva magnetické toky stejně velké, ale vzájemně posunutě o  $90^\circ$ . Na kotvu pak působí výsledná přitahová síla, která způsobí, že relé zůstává trvale přitaženo. U relé TESLA je konec jádra přivrácený ke kotvě rozdělen. Na jednu část je naražen měděný zkratovací závit, obdobně jako pólový nástavec u neutrálního relé. Tím je v této části jádra magnetický tok zpožděn proti toku protékajícímu druhou částí jádra.

Relé TESLA na střídavý proud má pérový svazek s nejvíce osmi pery. Citlivost relé je přibližně  $0,2 \text{ VA}$  na jeden přepínač při kmitočtu  $25 \text{ Hz}$  a  $0,3 \text{ VA}$  na jeden přepínač při kmitočtu  $50 \text{ Hz}$ .

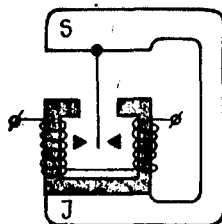
### 2.13.2. Polarizované relé

Na kotvu polarizovaného relé působí dvě magnetická pole — pole permanentního magnetu a pole způsobené procházejícím proudem. Polarizované relé nacházejí hlavní uplatnění v telegrafní technice a ve speciálních elektronických přístrojích pro svoji velkou citlivost.

Schematické znázornění polarizovaného relé je na obr. 151.

### 2.13.3. Miniaturní a hermetizovaná relé

Elektromagnetické relé v miniaturním a hermetizovaném provedení je určeno převážně pro tranzistorové obvody a pro montáž na deskách plošných spojů. Cívka má pro úspory ploch jen dva vývody. Počet kontaktů je také omezen. Vývody z krytu jsou u relé v hermetizovaném provedení vyvedeny skleněnými zátavami. Podle kategorie klimatické odolnosti jsou tato relé vhodná i pro speciální účely.



Obr. 151. Schematické znázornění polarizovaného relé

#### Miniaturní elektromagnetické relé typu 15 N 599

Elektromagnetické neutrální miniaturní relé v hermetizovaném provedení má dva páry přepínacích kontaktů. Mechanická konstrukce všech čtyř vyráběných typů tohoto relé je shodná a liší se pouze vinutím cívky. Běžně se dodává v provedení s osmi vývody (kolíky  $\cdot \varnothing 1$  mm, výšky 3,7 mm). Na zvláštní přání zákazníka lze dodat relé také se dvěma upevňovacími svorníky pro mechanické uchycení. Do zařízení se relé montuje postupným pájením jednotlivých vývodů nebo pájením cínovou vlnou. Pájet je nutné rychle, vývody se nesmějí zbytečně přehřívat, aby nepraskly zátavy. Při individuál-

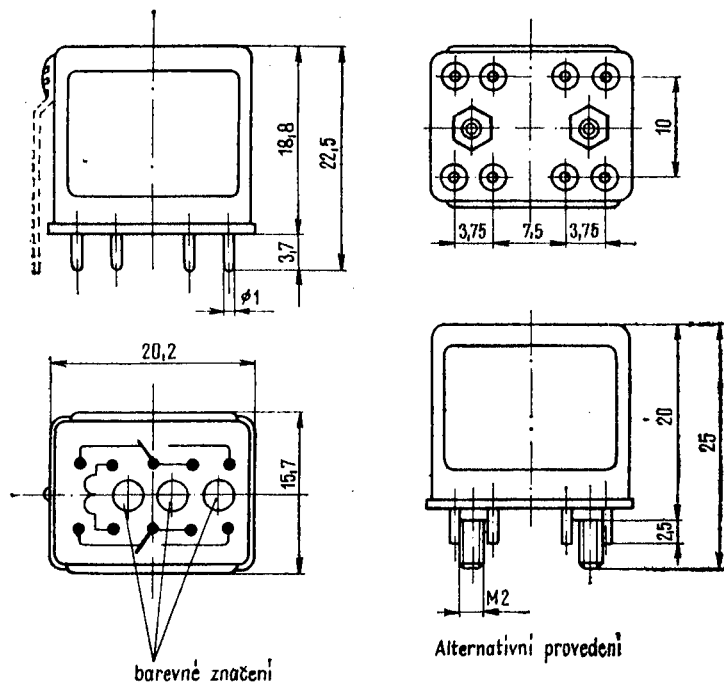
Tabulka 157. Barevný kód relé 15N599

Číselné označení typu	Stejnoseměrné napětí [V]	Barevné označení (tečka)
15N599 13	9	hnědá
15N599 14	12	červená
15N599 16	17	modrá
15N599 19	27	zelená

ním pájení se doporučuje používat nízkotavnou kadmiovou pájku. Doba pájení je  $2 \pm 0,5$  s při teplotě pájky  $+230^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ .

Relé lze demontovat jen současným zahřátím všech vývodů vhodně tvarovaným tělesem pájedla.

Výkres relé je na obr. 152.



Obr. 152. Výkres miniaturního relé 15 N 599 ...

Tato relé vyrábí MECHANIKA, výrobní družstvo Teplice. Technické parametry relé jsou v tab. 154.

Každé relé má schéma zapojení na horní straně krytu a označení typu barevným kódem podle tab. 157.

Písmeno A za číselným označením typu znamená provedení se svorníky M2, B znamená provedení umožňující uzemnění krytu.

### Miniaturní relé LUN

Relé LUN je miniaturní neutrální relé na stejnosměrný proud o jmenovitém napětí cívek 6 V, 12 V, 24 V až 28 V a 48 V. Je určeno do slaboproudých obvodů s maximálním napětím 300 V.

Vyrábí se ve dvou provedeních, a to jako relé

LUN 2621.4 se dvěma svazky přepínacích kontaktů a relé

LUN 2621.5 se čtyřmi svazky přepínacích kontaktů.

Tabulka 158. Elektrické parametry relé LUN

Druh kontaktového materiálu	Přechodový odpor [mΩ]	Napětí [V] stejnosměrné i střídavé	Proud [A]	Výkon [VA]	Zaručený počet sepnutí
Bronz zlacený	50	$1 \cdot 10^{-5}$ až 10	do $1 \cdot 10^{-2}$	0,1	$10^7$
Stříbro Ag 100 %	50	10 až 300 = 10 až 200	0,01 až 1,5	30	$10^6$
Ag 90 % Cu 10 %	50	10 až 100	0,5 až 2,5	75	$10^5$
Ag 70 % Pd 30 %	50				
Au 95 % Ni 5 %	50	0 až 25	0 až 0,2	5	$3 \cdot 10^7$

Materiál kontaktů je buď zlacený bronz, nebo stříbro, popř. kontaktní slitiny.

Výkon, který lze kontakty sepnout nebo rozepnout při stejnosměrném nebo střídavém napětí a proudu v obvodech bez indukčnosti, je uveden v tab. 158. Velikosti napětí a proudu nesmějí být při tom překročeny.

Technické údaje relé jsou v tab. 159.

Má-li zátěž indukční nebo kapacitní složku, zkracuje se doba života a je nutné připojit mezi kontakty zhasací obvody.

Relé pracuje spolehlivě za těchto podmínek:

1. Teplota okolí  $-60$  až  $+80$  °C.
2. Relativní vlhkost okolí do 95 % při teplotě  $+20 \pm 5$  °C.
3. Nadmořská výška do 15 000 m.
4. Rázy o kmitočtu 60 až 100 rázů/min při zrychlení 4 g.
5. Odolnost proti vibracím 20 až 80 Hz při 2,5 g.

Miniaturní relé LUN se skládá z vlastního relé a zásuvkové objímky. Relé je chráněno krytem z průhledné hmoty. Rozměry relé LUN jsou na obr. 153.

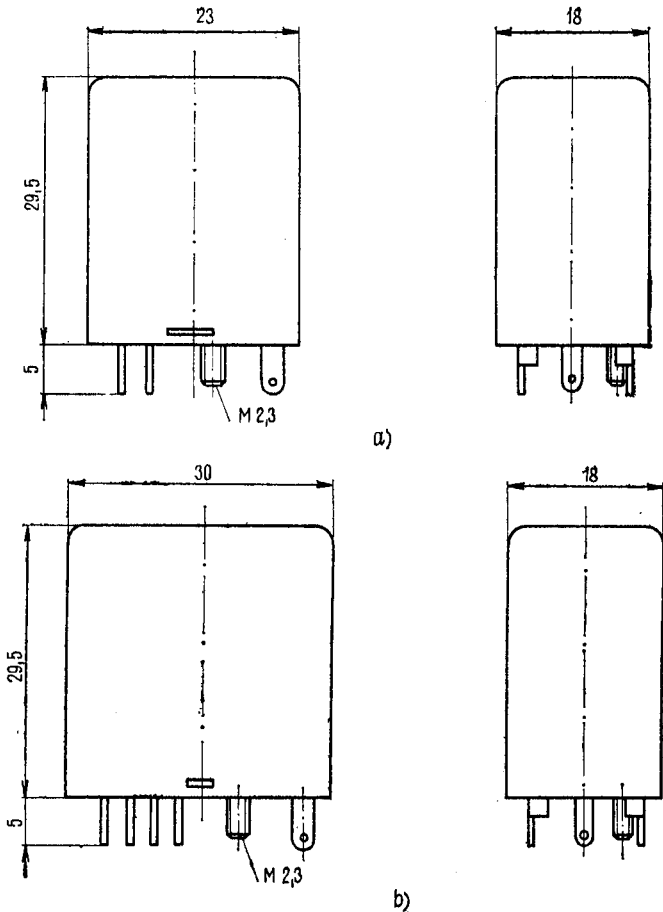
## 2.13.4. Jazyčková relé

Tato nová součástka je přizpůsobena tranzistorovým obvodům; má malé rozměry a je konstrukčně vhodná pro montáž na desky s plošnými spoji. Velká spolehlivost a malé výrobní náklady doplňují vlastnosti tohoto prvku.

Jazyčkové relé je jednoduchý elektromagneticky ovládaný prvek se spínacími kontakty, které jsou zataveny do skleněné trubičky naplněné inertním plynem. Základní součástí relé je jazyčkový kontakt. Dva jazyčky

Tabulka 159. Technické údaje relé

Číselné značení	15N599 13	15N599 14	15N599 16	15N599 19
Jmenovité stejnosměrné napětí [V]	9	12	17	27
Hodnota minimálního stejnosměrného napětí pro přepnutí [V]	5,5	8	10,5	15
Proud přitahu [mA]	$42 \pm 2$	$30 \pm 2$	$21 \pm 2$	$14 \pm 2$
Maximální stejnosměrné napětí [V]	10,5	15	21	30
Maximální napětí na kontaktech [V]	125			
Odpor vinutí [ $\Omega$ ] odchylka $\pm 10\%$	125	250	500	1 000
Zatížení vinutí [W]	0,9			
Přechodový odpor kontaktů [ $\Omega$ ]	$\leq 50 \cdot 10^{-3}$			
Maximální zatížení kontaktů [W] (v obvodech bez indukčnosti)	15, proud 1 A			
Minimální stejnosměrné napětí pro odpad [V]	1,0	1,5	2	2,5
Doba přitahu a odpadu při jmenovitém napětí [s]	$\leq 50 \cdot 10^{-3}$			
Izolační odpor jednotlivých částí sestavy proti sobě [ $\Omega$ ]	$\geq 5 \cdot 10^7$			
Počet sepnutí (pro přechodový odpor kontaktů 100 m $\Omega$ ) při proudu	0,1 A $5 \cdot 10^6$ 0,5 A $0,5 \cdot 10^6$ 1 A $3 \cdot 10^5$			
Rychlost spínání (1 : 1)	10 c/s			
Hmotnost relé	20 g			
Přípustný rozsah teplot	-40 °C až +70 °C			
Kategorie	40/070/21			



Obr. 153. Náčrtek relé LUN a) LUN 2621.4, b) LUN 2621.5

z magneticky měkkého materiálu jsou zataveny do trubice z olovnatého skla tak, že se nepatrně překrývají. Překrývající se plošky jsou pokryty kontaktní vrstvou — galvanicky nanesenou vrstvou zlata s malým obsahem niklu. Jazýčky jsou uloženy v ose cívky. V jejím magnetickém poli se zmagnetují a na jejich kontaktních volných koncích se objeví opačné póly. Tím se jazýčky přitáhnou, spojí a uzavřou kontakt. Princip jazýčkového kontaktu je na obr. 154.

Budící cívky jsou navinuty na kostičkách z plastické hmoty. Rozměry cívky byly navrženy tak, aby relé mělo dostatečnou citlivost při malé spotřebě mědi.

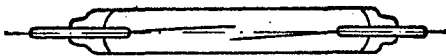
Jazýčkové relé tvoří jeden nebo několik jazýčkových kontaktů umístěných

v ose cívky. Vyrábí se řada relé s jedním, dvěma a třemi jazýčkovými kontakty v cínce vedle sebe a řada se čtyřmi a šesti jazýčkovými kontakty ve dvou vrstvách. Přes navinutou cívku je nasunut železný stínicí kryt, opatřený patkami pro uchycení na desku plošných spojů. Všechny vývody mají rozteče odpovídající rastru plošných spojů (2,5 × 2,5 mm). Základní parametry jazýčkových relé jsou v tab. 160. Citlivost jazýčkových relé je přibližně 100 mW na jeden zapínací kontakt.

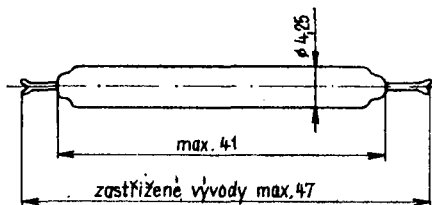
Tabulka 160. Hodnoty jazýčkových relé TESLA

Počet kontaktů	1	2	3	4	6
Relé přitáhne při $NI$	66	82	100	110	130
Relé odpadá při $NI$	20	20	20	20	20
Dovolené trvalé zatížení cívky [W]	1	1,4	1,5	1,5	1,7
Čas přitahu [ms]	2				
Čas odpadu [ms]	0,5				

Poznámka:  $NI$  znamená součin počtu závitů  $N$  a proudu  $I$  [A]



Obr. 154. Znárodnění jazýčkového kontaktu



Obr. 155. Jazýčkový kontakt délky 40 mm

Jazýčková relé mají malou kapacitu mezi kontakty, větší odolnost proti otřesům a především větší spolehlivost v náročných podmínkách prostředí. Tyto vlastnosti z nich činí součástku, která nachází široké použití v nových spojovacích systémech, v dálkovém měření a ovládnání, v elektronických počítačích a dalších oborech.

Nevýhodou jazýčkových relé je, že obsahují pouze zapínací kontakty. Vytvoření rozpínacích kontaktků nebo kontaktů s vlastním přidržením by vyžadovalo zvláštní úpravu s permanentními magnety.

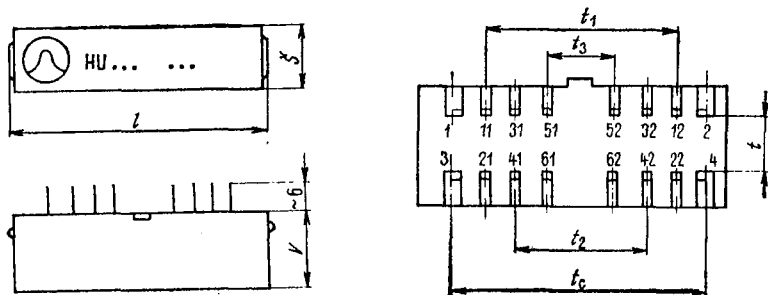
Nákres jazýčkového kontaktu je na obr. 155.



Výrobce jazýčkových relé n. p. TESLA Karlín dodává jak jazýčkové kontakty, tak celá jazýčková relé (zakrytované jazýčkové kontakty s cívkou).

Výrobní označení jazýčkových kontaktů TESLA je FF 482 02...; označení jazýčkových relé TESLA je HU ...

Parametry jazýčkových relé jsou uvedeny v tab. 157.



Obr. 156. Výkres jazýčkového relé TESLA

Rozměrový náčrtek jazýčkového relé TESLA HU ... je na obr. 156.

Umístění vývodů kontaktů a vinutí je následující:

- |                              |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| 11, 12 — vývody 1. kontaktu  | 1 — začátek 1. vinutí |
| 21, 22 — vývody 2. kontaktu  | 2 — konec 1. vinutí   |
| 31, 32 — vývody 3. kontaktu  | 3 — začátek 2. vinutí |
| 41, 42 — vývody 4. kontaktu  | 4 — konec 2. vinutí   |
| 51, 52 — vývody 5. kontaktu  |                       |
| 61, 62 — vývody 6. kontaktu. |                       |

Tabulka 161. Rozměry jazýčkových relé TESLA

Počet kontaktů	Rozměry [mm]							
	$l$	$v$	$\delta$	$t$	$t_c$	$t_1$	$t_2$	$t_3$
1 kontakt	51,5	16	13,8	7,5	40	25	—	—
2 kontakty	51,5	16	18	10	40	25	—	—
3 kontakty	51,5	16	22,5	15	40	25	10	—
4 kontakty	51,5	20	18	10	40	25	10	—
6 kontaktů	51,5	20	22,5	15	40	30	20	10

Rozměry jazýčkových relé TESLA jsou v tab. 161 a jejich parametry jsou v tab. 162.

Pracovní poloha jazýčkového relé je libovolná.

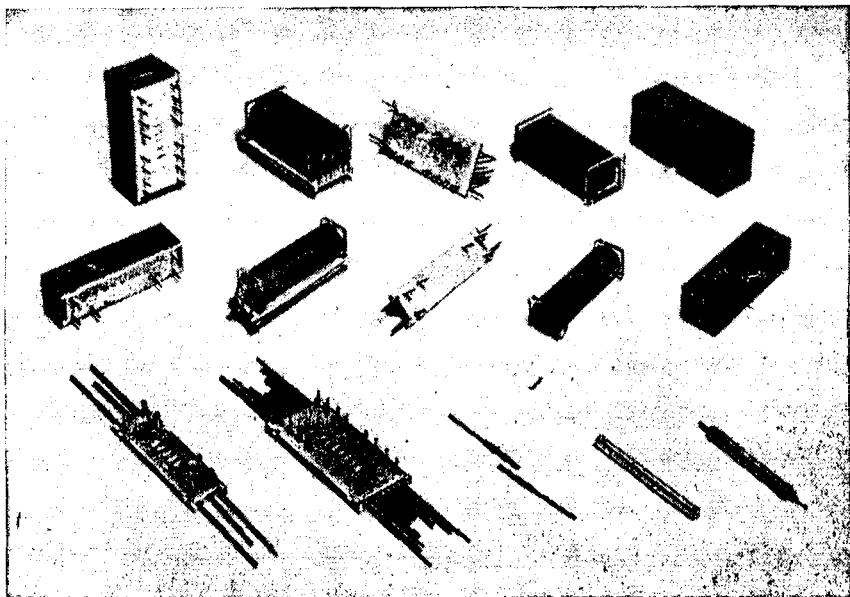
V přehledu vyráběných typů jsou relé rozdělena do hlavních skupin podle počtu jazýčkových kontaktů. V každé hlavní skupině je ještě další členění podle napětí, např.:

HU 180 101 — relé se čtyřmi jazýčkovými kontakty a dvěma vinutími pro 60 V.

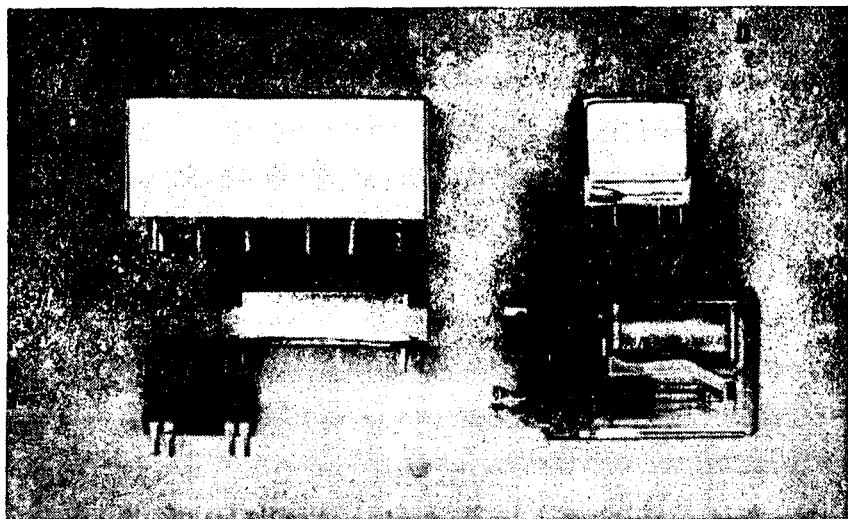
Tabulka 162. Parametry jazýčkových relé TESLA

Označení jazýčkového kontaktu FF 482 02...	10	20	30	40	50	91	92
Maximální spínaný výkon [W]	6					3	
Maximální spínané napětí [V]	50	125				50	
Spínaný proud [A]	0,2					0,2	
Maximální spínaný proud (menší život.) [A]	0,4					0,4	
Přechodový odpor [ $m\Omega$ ]	<75					200	
Doba přitahu [ms]	<2					—	
Doba odtahu [ms]	<0,5						
Přítah při NI	33 až 47	43 až 54	50 až 61	57 až 68	40 až 90	35 až 75	50 až 90
Počet sepnutí	10 <sup>5</sup> až 10 <sup>7</sup> (podle zatížení)						
Izolační odpor [M $\Omega$ ]	10 <sup>2</sup>						
Provozní teplota	-10°C až +40°C						

Poznámka: NI znamená součin počtu závitů  $N$  a proud  $I$  [A]



*Obr. 157. Jazýčkové relé TESLA a jeho díly*



*Obr. 158. Miniaturní relé*

V současné době se u nás vyvíjejí jazýčková relé s délkou jazýčkového kontaktu 26 mm. Relé umožní další miniaturizaci elektronických zařízení.

V zahraničí se vyrábějí také jazýčková relé zastříknutá do izolační hmoty. Rozměrově a také vnějším provedením odpovídají logickým integrovaným obvodům v pouzdru "Dual-in-Line". Provedení jazýčkového relé je na obr. 157, provedení miniaturních relé je na obr. 158.

### 2.13.5. Silnoproudá relé

Pro úplnost je nutné uvést pomocné elektromagnetické relé na stejnosměrný nebo střídavý proud, které je schopno svými kontakty spínat vyšší proudy. Relé se používá pro řídicí obvody a okruhy automatiky. Lze jím přímo ovládat různé servomotory, větší stykače apod.

RP 92 — Univerzální pomocné relé střídavé. Vyznačuje se dlouhou dobou života a velkou provozní spolehlivostí. Kontakty jsou tvrdě zlacené.

Relé je určeno pro obvody se střídavým napětím normalizované řady, tj. 12, 24, 42, 48, 100, 110, 127, 220 V. Přednostně mají být používány pro 24, 110 a 220 V.

Kontakty: 3 nebo 4 přepínače.

Proud přes kontakty: zapínací 10 A, trvalý 6 A; vypínací při 220 V 0,2 A (stejnosměrný) nebo 1,5 A (střídavý).

Počet sepnutí:  $10 \cdot 10^6$ .

Rozměry:  $34 \times 62 \times 71$  mm.

RP 92 S — Jde o zvláštní provedení pomocného relé RP 92. Lepší izolace mezi jednotlivými kontakto­vými sadami umožňuje spínat střídavé napětí do  $3 \times 380$  V. Relé je vhodné pro spouštění, popř. reverzaci menších třífázových motorů.

RP 102 — Univerzální pomocné relé stejnosměrné. Dlouhá doba života, velká četnost spínání a spolehlivost kontaktů (jsou tvrdě zlacené) je předností tohoto relé. Používá se pro stejnosměrná napětí, normalizované řady, tj. 12, 24, 60, 110 a 220 V. (Napětí 12 V jen výjimečně.)

Kontakty: 3 nebo 4 přepínače.

Proudy přes kontakty: zapínací 10 A, trvalý 6 A; vypínací při 220 V 0,2 A (stejnosměrný) nebo 1,5 A (střídavý).

Počet sepnutí:  $> 20 \cdot 10^6$ .

Rozměry:  $35 \times 58 \times 81$  mm.

RP 102 S9 — Zvláštní provedení pomocného relé s malým příkonem (asi 25 W).

Kontakty: 2 přepínače.

Relé je určeno zejména pro tranzistorové obvody.

Uvedená silnoproudá relé vyrábějí Závody průmyslové automatizace, Trutnov.

## 2.14. Přístrojové trubičkové pojistky

K jištění napájecích obvodů síťových i bateriových i celých zařízení (např. rozhlasových přijímačů, magnetofonů, televizorů apod.) se používají tavné pojistky, popř. oddělené pro různé obvody (žhavicí, anodový atd.). Bývají vestavěny na přístupném místě uvnitř zařízení nebo u síťových přístrojů zevně v krytém pouzdru, většinou spojeném s přepínačem síťového napětí.

Vlastní pojistky tvoří skleněné trubičky s kovovými vývodními čepičkami na obou koncích; středem trubičky prochází tavné kovové vlákno nebo drátek — podle velikosti jištěného proudu. Držák pojistek, určený k zabudování do přístroje, tvoří obvykle destičku z izolantu s přinýtovanými plochými kontaktními péry se zahnutými konci, pod něž se trubičková pojistka kontaktními čepičkami zasune. Pojistky jsou dvojího rozměru.

### 2.14.1. Tavné pojistky podle ČSN 35 4731

Vyrábějí se pro střídavé napětí do 250 V. Mají průměr 5,2 mm a délku 20 mm.

Jmenovité jistící proudy [A]: (0,06) — 0,08 — 0,1 — 0,12 — 0,16 — 0,2 — 0,25 — 0,3 — 0,4 — 0,5 — 0,6 — 0,8 — 1,0 — 1,25 — 1,6 — 2 — 2,5 — 4.

### 2.14.2. Tavné pojistky podle ČSN 35 4732

Vyrábějí se pro střídavé napětí do 500 V, o průměru 7,2 mm a délce 30 mm.

Jmenovité jistící proudy [A]: (0,06) — 0,08 — 0,1 — 0,12 — 0,16 — 0,2 — 0,25 — 0,3 — 0,4 — 0,5 — 0,6 — 0,8 — 1,0.

Polotučné typy jsou přednostní; hodnoty uvedené v závorce se nedoporučují.

ČSN 35 4730 udává vypínací dobu uvedených tavných trubičkových pojistek, a to jak pro typy s normální vypínací charakteristikou, tak i pro pojistky pro rychlé vypínání — označují se červeným proužkem na skle — a pro zpomalené vypínání — pojistky označené zeleně.

Běžně jsou v prodeji jen trubičkové pojistky s normální vypínací charakteristikou, bez barevného označení, jejichž vypínací doby pro různé hodnoty jmenovitého jisticího proudu jsou uvedeny v tab. 163.

Tabulka 163. Vypínací proud tavných pojistek

Jmenovitý proud*) pojistky [A]	Přetaví se proudem [A]	
	do jedné hod.	do 10 s
0,1	0,21	0,28
0,16	0,34	0,50
0,25	0,52	0,77
0,4	0,84	1,10
0,6	1,26	1,64
1,0	2,10	2,75
1,6	3,36	4,96
2,5	5,25	7,75
4,0	8,40	11,0

\*) Vybrány přednostní hodnoty, kromě 4 A.

## 2.15. Doutnavky a digitrony

Kromě žárovek se často ke kontrole používají doutnavky. Jsou vhodné spíše k signalizaci vyšších napětí (síťového, anodového). Na rozdíl od žárovek totiž doutnavky vyžadují zápalné napětí 75 až 110 V.

### 2.15.1. Signalizační doutnavky

Při napájení stejnosměrným napětím září u doutnavek jen záporná elektroda; při střídavém napětí jsou obě elektrody obaleny oranžovou září. Výhodou doutnavek je velmi malá spotřeba — běžně je jejich proud 0,5 až 3 mA. Doutnavky určené přímo k indikaci síťového napětí mívají uvnitř patice vestavěn ochranný odpor, který má zabránit vzniku výboje (plazmy), jímž by se doutnavka zničila. Ionizace obsaženého plynu, většinou neonu, nastává tím spíše, čím (do jisté míry) jsou elektrody vzdálenější, takže — zdánlivě protismyslně — jsou elektrody doutnavky na 120 V dále od sebe než elektrody doutnavky na 220 V.

N. p. TESLA Holešovice vyrábí kontrolní doutnavky na síť 110 až 130 V a 210 až 230 V, a to ve dvou provedeních.

a) s miniaturní válcovou baňkou, rozměrů  $\varnothing 12 \times 13$  mm, celkové délky 32 mm. Vrcholek baňky tvoří čočka k optickému zvětšení jasu.

b) s větší válcovou baňkou, rozměrů  $\varnothing 17 \times 30$  mm, celkové délky 54 mm.

Obě mají patici E 14 (závit Edison průměru 14 mm), (obr. 161).

Doutnavky se používají v síťových vypínačích, které pak ve tmě snadno najdeme, jako kontrolky u elektrických sporáků, praček a podobných elektrických spotřebičů.

### 2.15.2. Stabilizační výbojky

Výboj v ionizovaném plynu doutnavek připojených na zdroj přes odpor udržuje na jejich elektrodách téměř stálé napětí, i když se proud mění. Toho se využívá ke stabilizaci vyšších stejnosměrných napětí (např. anodového).

Stabilizační výbojky mají zápornou elektrodu o velké ploše. Zápalné napětí má být o 25 až 50 % vyšší než napětí výboje (stabilizované). Jeho hodnotu však nelze volit libovolně — podle konstrukce výbojky bývá 75, 150 V apod.

Katalog n. p. TESLA Rožnov uvádí dva druhy menších stabilizátorů tvaru miniaturních elektronek se sedmikolíkovou (heptalovou) paticí (všechny kolíky ovšem nejsou využity), rozměrů  $\varnothing 19 \times 70$  mm

a) 11TA31 má stabilizační napětí 150 až 155 V při proudu 5 až 30 mA. Zápalné napětí  $U_{zap} = 185$  V.

b) 14TA31 má stabilizační napětí 75 V při proudu 5 až 30 nebo 5 až 40 mA. Zápalné napětí  $U_{zap} = 105$  V.

Zmíněný výrobce je však již nedodává. Stabilizátor 11TA31 se nahrazuje typem StR 150/30, popř. StR 150/60 a 14TA31 typem StR 75/60 z dovozu (NDR).

### 2.15.3. Digitrony

Pro elektronické hodiny, číslicové měřicí přístroje a počítače se používají buď doutnavkové, nebo polovodičové (elektroluminiscenční) zobrazovací soustavy číslicové, popř. s početními znaménky nebo písmeny.

Doutnavkové digitrony jsou dvojího tvaru — svítící číslice jsou umístěny buď na vrcholu ploché baňky, nebo po straně válcové baňky. Číslice od 0 do 9 jsou samostatně vyvedeny jako katody na kontaktní kolíky. Anoda je společná; někdy jsou dvě pro sudé a liché číslice, čímž se zmenší počet vývodů.

Digitron ZM1020 má nízkou skleněnou baňku o průměru 30 mm a výšce 26,5 mm se speciální třináctikolíkovou paticí. Výška číslic je 15 mm. Vývody, uspořádané v neuzavřeném kruhu, mají při pohledu zespodu — počínaje zleva ve směru hodinových ručiček — toto pořadí:  $i_c$  (nezapojeno) — a —  $k_0$  —  $k_9$  —  $k_8$  —  $k_7$  —  $k_6$  —  $i_c$  —  $k_5$  —  $k_4$  —  $k_3$  —  $k_2$  —  $k_1$ .

Napájecí napětí  $U_B = 170$  až 300 V, zápalné napětí  $U_{zap} = 160$  V. Anodový odpor  $R_a = 15$  k $\Omega$ , proud anody  $I_a = 2$  až 2,2 mA. Zhášecí napětí

$U_{zh} > 120$  V. Čelo baňky je mírně zaobleno, číslice leží rovnoběžně s čelem. Baňka má červený kontrastní filtr. Digitron s čírou baňkou (bez filtru) má označení ZM1022. Přípustná teplota okolí je  $-15$  až  $+70$  °C.

Digitron ZM1030 je číslicová výbojka s číslicemi 0 až 9 a dvěma anodami, pro suché a liché číslice. Napájecí napětí  $U_B = 200$  až  $300$  V, anodový odpor podle napětí 20 až 39 k $\Omega$ . Zápalné napětí  $U_{zap} > 170$  V, zhášecí napětí  $U_{zh} > 110$  V, proud anody 3 mA. Průměr baňky je 22,2 mm, výška 49 mm, výška číslic 15,5 mm. Číslice jsou rovnoběžné s podélnou stěnou baňky. Novalová patice má zleva ve směru hodinových ručiček vývody  $i_c - a_1$  (sudá) —  $k_{8,9} - k_{6,7} - k_{4,5}$  — stínítko —  $k_{2,3} - k_{0,1} - a_2$  (lichá). Baňka je buď s červeným povlakem, nebo čírá (ZM 1032). Teplota okolí může být  $-15$  až  $+70$  °C.

K číslicové výbojce ZM1030 lze použít indikační výbojku ZM1031/01 stejných rozměrů se znaky +, — a ~, s povlakem červeným nebo čírou (ZM1033/31).

Digitron ZM1080T je indikační výbojka pro zobrazení číslic 0 až 9 a desetinné tečky vlevo a vpravo dole. Výbojka má 13 volných drátových vývodů, uspořádaných na neuzavřené kružnici, při pohledu zespodu zleva počínaje:  $k_1 - k_2 - k_3$  — levá tečka —  $k_4 - k_5 - k_6 - k_7 - k_8$  — pravá tečka —  $k_9 - k_0 - a$ .

Průměr baňky je 19 mm, délka 49 mm, délka vývodů 38 mm; výška číslic je 13 mm. Napájecí napětí je 200 až 300 V, zápalné napětí  $U_{zap} > 170$  V, zhášecí napětí  $U_{zh} > 115$  V. Anodový odpor je 15 k $\Omega$ , u teček 100 k $\Omega$ , proud katod je asi 2 mA, u tečky 0,6 mA. Baňka má buď červený povlak, nebo je čírá (typ ZM1082T).

K číslicové výbojce ZM1080T lze používat indikační výbojku ZM1081 stejných rozměrů, se znaky +, — a ~ se čtyřmi drátovými vývody.

Digitron ZM1041S v baňce o průměru 30 mm a délce 62 mm s červeným povlakem má světelné znaky +, — a písmena U, W, X, Y, Z, na 13 vývodních kolíčkách.  $U_{zap} > 170$  V, proud katod  $I_k$  je minimálně 3 mA,  $U_{zh} > 120$  V. Je určen pro číslicové elektrické měřicí přístroje. Obdobný digitron bez červeného povlaku má označení ZM1043S.

Tyto digitrony mají 13 kolíkových vývodů v neuzavřeném kruhu průměru 16,6 mm v pořadí (od leva ve směru hodinových ručiček):

anoda — anoda — Y — X — + — W — U —  $i_c - i_c$  — Z — — —  $i_c - i_c$ .

## 2.16. Žárovky

Žárovky jsou dostatečně známy jako každodenně používané zdroje světla v zaměstnání nebo v domácnosti a není třeba je funkčně ani konstrukčně podrobně popisovat. Zmíníme se proto jen krátce o vlastnostech a zvláštnostech těch typů malých žárovek pro nízká napětí, které jsou v ČSN 36 0152



uváděny pod společným názvem trpasličí žárovky. Podle použití se dělí do těchto skupin:

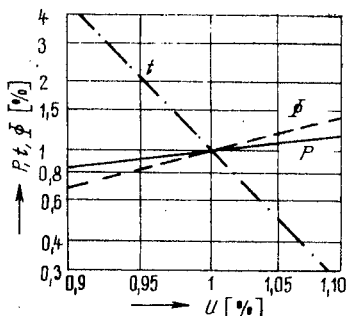
- žárovky pro osvětlování stupnic (přijímačů, měřicích přístrojů apod.), které jsou v radiotechnické praxi nejvíce používány,
- žárovky pro kapsní svítilny,
- žárovky pro jízdní kola; některé typy s vhodnými napětovými nebo proudovými hodnotami lze rovněž využít v radiotechnice,
- žárovky pro akumulátorové svítilny.

Než uvedeme přehledové tabulky vyráběných čs. typů jednotlivých skupin, zmíníme se o společných základních požadavcích na trpasličí žárovky.

### 2.16.1. Trpasličí žárovky

Mají patici E 10 (tj. závit Edison s průměrem 10 mm), kromě návěštních žárovek pro motorová vozidla, které mají většinou bajonetové patice (BA, BAY) nebo jsou v provedení žárovek sufitových (ČSN 36 0341 — Patice žárovek). Trpasličí žárovky se označují číslem přídružené rozměrové normy, kterým je jednoznačně definován typ žárovky. Posledním číslem lze vyznačit tvar baňky, provedení vlákna apod. (např. soustředěné vlákno v ose žárovky určené pro použití v reflektoru).

Jmenovitá napětí trpasličích žárovek jsou v řadě 2 — 2,2 — 2,5 — 3,5 — 3,8 — 4 — 6 — 6,3 — 7 — 8 — 12 — 14 a 24 V.

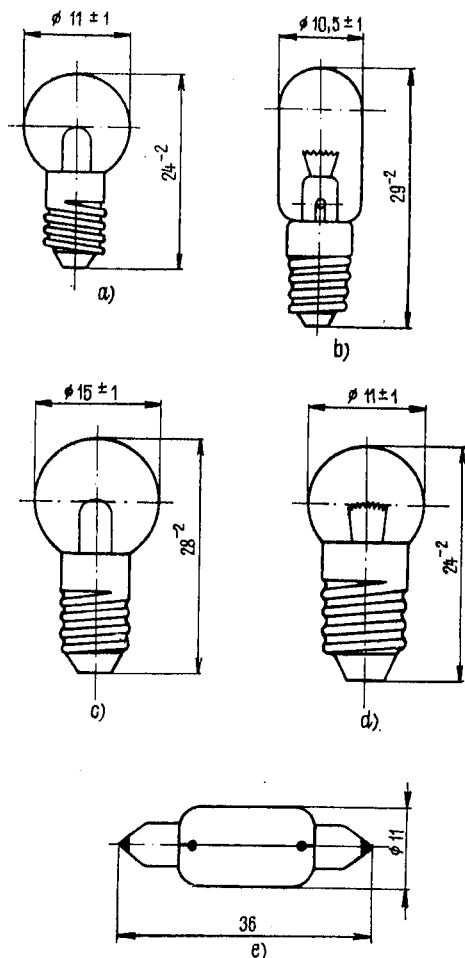


Obr. 159. Závislost doby života žárovky ( $t$ ), světelného toku ( $\Phi$ ) a příkonu ( $P$ ) na napětí

Jmenovitá napětí trpasličích žárovek, proud a rozměry musí vyhovovat ČSN. Proud procházející žárovkou nesmí přesahovat 110 % jmenovité hodnoty podle ČSN, neboť pak se sice zvětšuje světelný tok žárovky, ale snižuje se její doba života. Vzájemné vztahy jsou dobře patrné z grafu na obr. 159. Je v něm znázorněn vliv zvětšení napájecího napětí. Např. při zvětšení o 5 % (na hodnotu 1,05) se zvětší světelný tok  $\Phi$  o 17,5 %, příkon  $P$  o 7,5 %, ale zkrátí se doba života žárovky o 50 %!

Z grafu vyplývají tyto důležité a v praxi často využívané poznatky:

1. Pro přístroje a zařízení, kde má použita žárovka důležitou funkci (signalizace havarijního stavu, indikace správné činnosti určitého obvodu apod.), se doporučuje použít žárovku s jmenovitým napětím nejméně takové hodnoty, jaká se při kolísání napětí může skutečně vyskytnout jako maximální. Např. pro obvody s napětím kolísajícím v tolerancích  $2,5 \text{ V} \pm \pm 20 \%$ , tj. od 2,0 do 3,0 V, volíme žárovku s jmenovitým napětím 4 V nebo nevadí-li zmenšený světelný tok dokonce s jmenovitým napětím 6 V. Životnost žárovky a spolehlivost se tím zvětší a v mnohých případech, např. u měřicích přístrojů, současně zabráníme nepřijemnému osl-



Obr. 160. Rozměrové náčrtky žárovek: a) trpasličí pro kapsní svítilny, b) trubkové pro osvětlení stupnic, c,d) pro jízdní kola a akumulátorové svítilny, e) sufitové



Obr. 161. Několik druhů žárovek a doutnavek

ňování indikační žárovkou chodu (zapnutí) přístroje. Totéž platí pro osvětlování stupnic.

2. U žárovek pro kapselní svítilny se naopak počítá s tím, že počáteční napětí suché baterie (monočlánků) brzy rychle klesá a je až do okamžiku před úplným vybitím téměř stabilní. Proto se např. pro baterie 4,5 V (3 monočlánky) volí žárovka s jmenovitým napětím 3,5 V a pro baterii 3 V se volí žárovka s napětím 2,2 V nebo 2,5 V.
3. Ve zvláštních případech, kdy potřebujeme naopak dosáhnout značně velkého světelného toku (až několikanásobného), použijeme zvýšeného napětí. V každém případě má, však žárovka velmi krátkou dobu života, popř. se po krátkém zablesknutí přepálí.

Vždy se počítá s údajem ČSN, podle kterého musí žárovky vydržet bez poškození 5 minut v provozu s napětím zvětšeným na 115 % jmenovitého napětí.

Pracovní podmínky trpasličích žárovek jsou dány rozsahem teplot okolí  $-40$  až  $+80$  °C, odolností proti vlivu prostředí s relativní vlhkostí 95 % a odolností proti otřesům, kterým jsou vystaveny při běžném používání.

Pro úplnost je třeba se zmínit o netypickém používání žárovek v elektro-nice. Využívá se jednak jejich nelineární voltampérové charakteristiky a jednak různého odporu wolframového vlákna za studena (nerozsvícená žárovka při běžné teplotě místnosti) a za tepla (při jmenovitých elektrických hodnotách).

Tabulka 164. Žárovky pro kapesní svítilny

Objednáací číslo	Napětí [V]	Proud [A]	Patice	Ø baňky [mm]
211 3111	2,2	0,18	E 10/13	K 11
211 3123	3,5	0,2	E 10/13	K 11
211 3134	3,8	0,3	E 10/13	K 11
211 3102	2,5	0,1	E 10/13	K 11
211 3122	2,5	0,2	E 10/13	K 11
211 3132	2,5	0,3	E 10/13	K 11

Provedení: Baňka čirá. Patice mosazná. Průměrná doba života 15 h.  
Světelný tok od 1,5 do 5,5 lm.  
Použití: do bateriových ručních svítilen.  
Norma: ČSN 36 0152

Tabulka 165. Žárovky pro osvětlení stupnic

Objednáací číslo	Napětí [V]	Proud [A]	Patice	Ø baňky [mm]
212 2152	4	0,5	E 10/13	R 10,5
212 1133	6,3	0,3	E 10/13	R 11
212 2133	6,3	0,3	E 10/13	R 10,5
212 1134	7	0,3	E 10/13	K 11
212 1105	12	0,1	E 10/13	K 11
212 1121	1,5	0,2	E 10/13	K 11

Provedení: Baňka čirá. Patice mosazná. Průměrná doba života 1000 h.  
Světelný tok pod 10 lm. Typy 0,5 A; 4 V a 0,3 A; 6,3 V mají baňku trubkovou (R), ostatní typy kuličkovou (K)  
Norma: ČSN 36 0152

Odpor wolframových vláken za studena je asi o řád menší než odpor vyplývající z podílu napětí a proudu za provozu. Toho se využívá ve funkci žárovky jako předřazeného odporu, např. při zahořování elektronek, kdy vhodná žárovka automaticky přizpůsobuje provozní podmínky emisi katódy.

Nelineární voltampérová charakteristika žárovek se využívá např.

- ve vazebních členech v různých druzích generátorů,
- v měřicí technice, kde žárovka působí jako čtyřpól s výrazně nelineární charakteristikou,
- ve stabilizátorech napětí k zesílení změn.

- jako náhrada variátorů (železovodíkových odporů) např. v nabíječích akumulátorů apod.,
- jako proměnná zátěž, např. v expandorech dynamiky v elektroakustických zařízeních apod.

Rozměry různých miniaturních žárovek jsou na obr. 160.

Trpasličí žárovky a některé doutnavky jsou na obr. 161.

Žárovky pro kapesní svítilny a zvláštní osvětlení jsou v tab. 164.

Žárovky pro akumulátorové svítilny a ostatní jsou v tab. 165 až tab. 171.

Tabulka 166. Žárovky pro jízdní kola

Objednací číslo	Napětí [V]	Proud [A]	Patice	Ø baňky [mm]
213 1107	6	0,1	E 10/13	K 11
213 2103	6	0,3	E 10/13	K 15
213 2105	6	0,45	E 10/13	K 15
213 2106	6	0,5	E 10/13	K 15

Provedení: Baňka čirá. Patice mosazná. Průměrná doba života 75 h.  
Světelný tok pod 10 lm, u typu 213 2106 je 13 lm.  
Norma: ČSN 36 0153

Tabulka 167. Žárovky trpasličí ostatní

Objednací číslo	Napětí [V]	Proud [A]	Patice	Ø baňky [mm]
219 1334	4	0,3	BA 9s	K 11
219 4361	4	0,6	BA 9s	R 10,5
219 4461	4	0,6	BA 10s	R 10,5
219 1156	1	0,55	E 10/13	K 11
219 1110	2,5	0,075	E 10/13	K 11
219 1145	2,5	0,45	E 10/13	K 11
219 1105	6	0,05	E 10/13	K 11
219 2121	6	0,15	E 10/13	K 15
219 1131	6	0,25	E 10/13	K 11
219 1125	20	0,2	E 10/13	K 11
219 2118	24	0,1	E 10/13	K 15
219 4118	24	0,1	E 10/13	R 10,5
219 2126	24	0,2	E 10/13	K 15
219 1210	2,5	0,075	E 10/19	K 11
219 1205	6	0,05	E 10/19	K 11
219 5205	6	0,05	E 10/19	K 11
219 1217	12	0,1	E 10/19	K 11

Provedení: Baňka čirá. Patice mosazná. Typ 0,1 A, 24 V má baňku trubkovou (R), ostatní typy baňku kuličkovou (K).

Tabulka 168. Žárovky pro akumulátorové svítliny

Objednací číslo	Napětí [V]	Proud [A]	Patice	Ø baňky [mm]
219 2151	2,5	0,5	E 10/13	K 15
219 2134	4	0,3	E 10/13	K 15
219 2141	4	0,4	E 10/13	K 15
219 2152	4	0,5	E 10/13	K 15
219 2135	6	0,3	E 10/13	K 15
219 2153	6	0,5	E 10/13	K 15
219 2165	6	0,8	E 10/13	K 15
219 2136	8	0,3	E 10/13	K 15
219 2132	12	0,25	E 10/13	K 15

Použití: do různých přístrojů a zařízení a pro akumulátorové svítliny (ČSN 36 0154).

Tabulka 169. Pomocné žárovky evropské řady podle doporučení EHK

Objednací číslo	Napětí [V]	Příkon [W]	Patice	Ø baňky [mm]
224 1554	6	4	BA 9s	R 8,7
224 2554	12	4	BA 9s	R 8,7
224 3554	24	4	BA 9s	R 8,7
224 1315	6	5	BA 15s	18
224 2315	12	5	BA 15s	18
224 3315	24	5	BA 15s	18

## 2.16.2. Telefonní žárovky

Pro signalizaci v obvodech telefonních zařízení se používají zvláštní žárovky — telefonní. Používají se nejen k návěštění ve velkých ústřednách a ředitelských soupravách, ale také v elektronických přístrojích jako odpory s kladnou teplotní závislostí, např. pro expandory a komandory dynamiky ve zvukových zesilovačích, ve zpětnovazebních smyčkách oscilátorů, jako stabilizátory malých střídavých napětí atd.

Žárovky jsou opatřeny zvláštní paticí z termosetu se dvěma plochými dotykovými plísky, které slouží jako kontakty. Telefonní žárovka se do objímky zasouvá.

V současné době se dodávají polské telefonní žárovky POLAM ve dvojím

Tabulka 170. Sufitové žárovky

Objednací číslo	Napětí [V]	Příkon [W]	Patice	Ø baňky [mm]
226 1323	6	5	SV 8,5	11 × 36
226 2323	12	5	SV 8,5	11 × 36
226 3323	24	5	SV 8,5	11 × 36
226 1324	6	5	SV 8,5	15 × 41
226 1424	6	10	SV 8,5	15 × 41
226 2324	12	5	SV 8,5	15 × 41
220 2424	12	10	SV 8,5	15 × 41
226 3324	24	5	SV 8,5	15 × 41
226 3424	24	10	SV 8,5	15 × 41
226 1524	6	15	SV 8,5	15 × 41
226 2524	12	15	SV 8,5	15 × 41

Pozn.: žárovky označené <sup>1)</sup> budou postupně nahrazeny následujícími typy

226 1325	6	5	SV 8,5	11 × 36
226 2325	12	5	SV 8,5	11 × 36
226 3325	24	5	SV 8,5	11 × 36

Tabulka 171. Kontrolní žárovky

Objednací číslo	Napětí [V]	Příkon [W]	Patice	Ø baňky [mm]
225 1113	6	1,2	BA 7s	R 7
225 1324	6	2	BA 9s	R 9,2
225 2113	12	1,2	BA 7s	R 7
225 2313	12	2	BA 7s	R 7
225 2324	12	2	BA 9s	R 9,2
225 2432	12	3	E 10/13	K 11
225 3324	24	2	BA 9s	R 9,2
225 3332	24	2	E 10/13	K 11
225 3432	24	3	E 10/13	K 10
225 2424	12	3	BA 9s	R 9,2
225 3222	24	1,5	BA 9s	K 11
225 9324	28	2	BA 9s	R 9,2

Baňka čirá. Patice mosazná.

Tabulka 172. Parametry telefonních žárovek POLAM

Jmenovité napětí [V]	Jmenovitý proud [A]	Patice
6	0,04	T 5,5
12	0,05	
24	0,02	
24	0,05	
48	0,025	
60	0,02	
6	0,05	
6	0,14	
12	0,05	
12	0,10	
24	0,05	
24	0,10	
30	0,05	
32	0,05	
36	0,05	
48	0,02	
48	0,03	
48	0,05	
60	0,02	
60	0,03	
60	0,05	



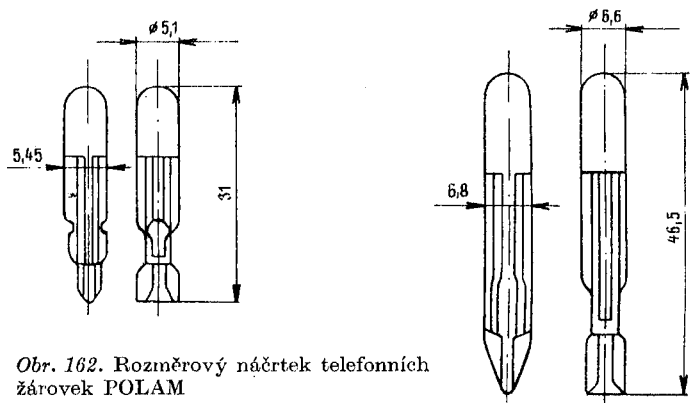
provedení. Kratší žárovky o průměru 5,1 mm a délce 31 mm včetně patice T 5,5 a delší o průměru 6,6 mm a délce 46,5 mm s patičí T 6,8 (obr. 162).

Telefonní žárovky jsou určeny pro paralelní zapojení na jmenovité napětí od 6 do 60 V.

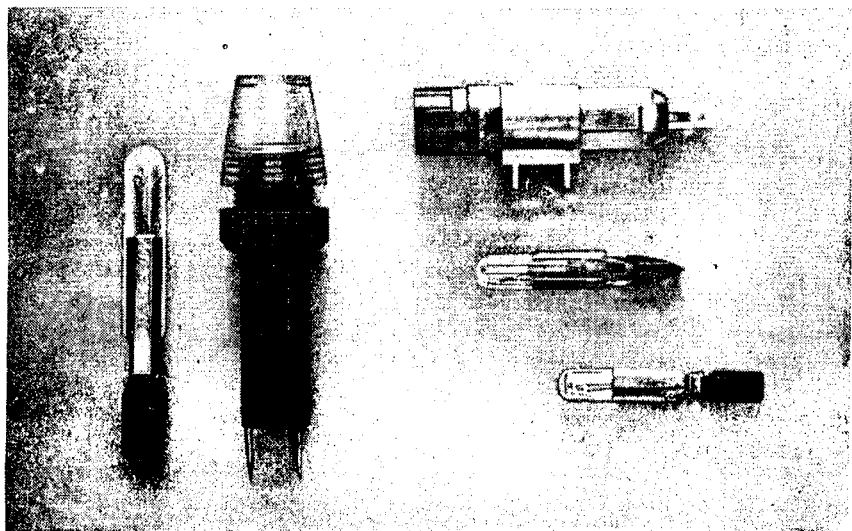
Parametry telefonních žárovek jsou v tab. 172.

Doba života telefonních žárovek je 1500 h. Telefonní žárovky musí spolehlivě pracovat v okolní teplotě až  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  a v prostředí s relativní vlhkostí až 95 %.

Provedení telefonních žárovek a objímek je na obr. 163.



Obr. 162. Rozměrový náčrtek telefonních žárovek POLAM



Obr. 163. Telefonní žárovky a jejich objímky

### 3. Elektroakustické měniče

V elektroakustickém přenosovém řetězu jsou základním článkem zařízení, která mění akustickou energii — zvuk — na energii elektrickou (nebo obráceně). Takovým členům obecně říkáme elektroakustické měniče. K nim řadíme mikrofony, gramofonové přenosky, reproduktorové systémy, magneto-fonové hlavy apod.

Elektroakustické měniče jsou

a) reciproké, které mohou pracovat buď jako akustické přijímače (mikrofony), nebo jako akustické vyslače (reproduktory); rozeznáváme reciproké měniče elektrodynamické, elektromagnetické, elektrostatické, piezoelektrické a magnetostrikční.

b) nereciproké, které se uplatňují pouze ve funkci akustických přijímačů, např. uhlíkové a polovodičové měniče v mikrofonech.

#### 3.1. Mikrofony

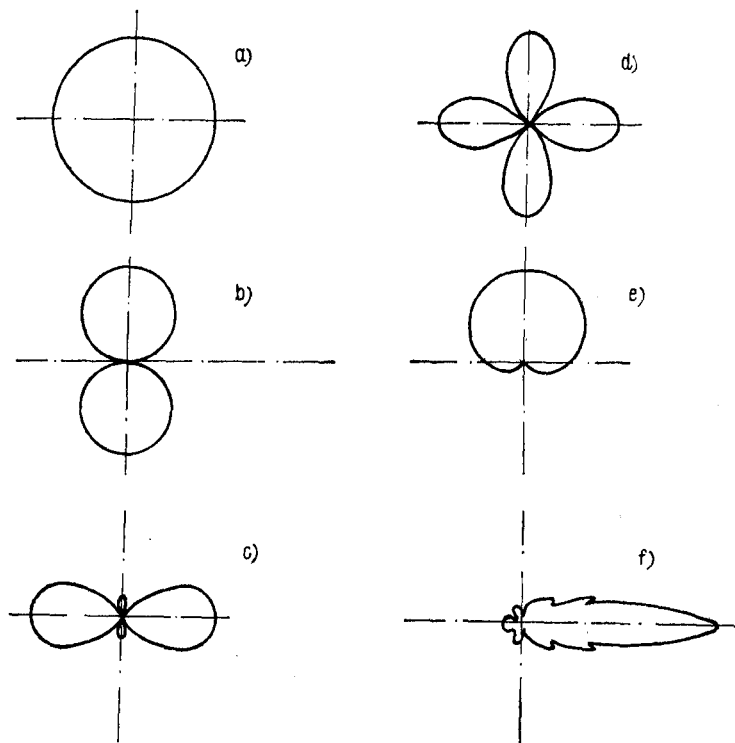
Každý mikrofon přijímá energii z okolního akustického pole pomocí akusticko-mechanického prvku, který přenáší tlak nebo chvění na vlastní elektromechanický měnič. Je to většinou membrána z různého materiálu (tzv. membránové mikrofony), některé mikrofony jsou bezmembránové. Podle principu a konstrukce měniče můžeme usuzovat i na některé jeho elektrické a přenosové vlastnosti; např. na výstupní impedanci mikrofону, na jeho kmitočtový průběh, citlivost aj.

Pro posuzování elektrických vlastností mikrofónu mají kromě uvedených mechanických hledisek největší význam hlediska akustická, např. směrovost.

Směrovost se vyjadřuje graficky tzv. směrovou charakteristikou. Kreslí se obvykle v polárních souřadnicích. Udává závislost citlivosti mikrofónu na úhlu, který svírá jeho osa se směrem dopadu akustických vln na mikrofon. Nejčastěji se setkáváme s grafy směrových charakteristik v jedné rovině, obvykle vodorovné, popř. svislé. Ve skutečnosti je ovšem směrová charakteristika trojrozměrná, prostorová.

Směrové charakteristiky mikrofónů mají různý tvar (obr. 164). Nejjednodušší je směrová charakteristika všesměrového mikrofónu. Je kulová, protože citlivost takového mikrofónu je pro všechny směry stejná. Jejím obrazem ve vodorovné rovině je tedy kruh (křivka a).

Gradientní mikrofon prvního řádu má charakteristiku osmičkovou — má tedy největší citlivost ze dvou protilehlých směrů (b). Gradientní mikrofon



Obr. 164. Směrové charakteristiky mikrofonů

druhého řádu má směrovost rozdílnou podle závislosti na geometrickém uspořádání vstupů (křivky c, d).

Dále je uvedena charakteristika kardioidního mikrofonu (e) a charakteristika ostře směrového vlnového mikrofonu (f).

Mikrofony můžeme rozdělit na tři základní typy

1. Gradientní mikrofony.
2. Směrové mikrofony.
3. Vlnové mikrofony.

(Vlnové mikrofony jsou rovněž směrové, ale s ostře směrovanou dálkovou citlivostí).

1. Gradientní mikrofony mají výstupní napětí úměrné gradientu akustického tlaku ve směru šíření zvuku, tedy rozdílu akustických tlaků mezi dvěma body pole. Platí to pro oblast kmotočtů, ve které je délka akustické vlny mnohokrát větší než geometrické rozměry mikrofonu. Gradientní mikrofony mohou být nultého, prvního a druhého řádu.

Gradientní mikrofon nultého řádu reaguje na tlak v jediném místě akustic-

kého pole, jeho napětí je úměrné nulté derivaci, tedy přímo akustickému tlaku. Proto se také nazývá tlakový mikrofon. Jeho základní prostorová směrová charakteristika je kulová, při vyšších kmitočtech se mění. Tlakový mikrofon je vhodný pro přenos z akusticky utlumených prostorů, popř. z exteriéru. Nevýhodou je značná citlivost na okolní rušivé hluky, kterou zmenšujeme přiblížením zdroje zvuku k mikrofonu.

Gradientní mikrofon prvního řádu má výstupní napětí úměrné první derivaci akustického tlaku, tj. akustické rychlosti. Proto jej nazýváme také rychlostní mikrofon. Má vždy dva akustické vstupy (je to ekvivalentní soustavě dvou tlakových mikrofonů malých rozměrů) a jeho směrová charakteristika je osmičková. Používá se pro přenos řeči z hlučného prostředí, protože při malé konstantní vzdálenosti úst od mikrofonu (2 až 5 cm) potlačuje signál vznikající z hluku okolí.

Gradientní mikrofon druhého řádu má čtyři akustické vstupy, což je rovnocenné soustavě čtyř tlakových mikrofonů nebo dvou rychlostních mikrofonů. Geometrické uspořádání vstupů ovlivňuje tvar směrové charakteristiky. Tento mikrofon je vhodný pro přenos řeči z velmi hlučného prostředí za stejných podmínek, jaké platí pro přenos rychlostním mikrofonem.

2. Směrové mikrofony mají citlivost znatelně závislou na směru dopadající akustické vlny; přitom citlivost přední je výrazně větší než zadní. Podle tvaru směrové charakteristiky známe např. mikrofon kardioidní, který bývá konstruován jako kombinace tlakového a rychlostního mikrofonu; oba mají stejnou citlivost. Používá se tam, kde je nutné potlačit vliv nežádoucích signálů z určitého směru. Závislost tvaru směrové charakteristiky na vzdálenost od zdroje zvuku je důležitá při praktickém použití.

3. Vlnové mikrofony využívají interference akustických vln k získání výrazně ostré směrovosti. Typickým příkladem je kombinace tlakového mikrofonu umístěného v ohnisku parabolického reflektoru. Používá se pro zvláštní akustické efekty (loveci zvuků zvířat v přírodě apod.).

Tyto základní typy mikrofonů mohou používat libovolné druhy měničů.

Možná přeměna mechanických kmitů membrány na střídavé napětí je dvojnásobná, takže všechny druhy měničů a tedy i mikrofony lze členit do dvou skupin. Měniče první skupiny dávají napětí úměrné rychlosti membrány, a nazývají se proto rychlostní (nebo indukční), do druhé skupiny řadíme měniče výchylkové (nebo kapacitní), jejichž výstupní napětí je úměrné výchylce membrány.

### 3.1.1. Mikrofony s rychlostním měničem

Do této skupiny patří

1. Elektrodynamický mikrofon, v němž dopadající zvuková vlna rozkmitává vodič umístěný v silném magnetickém poli, čímž se v něm indukují napětí úměrné rychlosti pohybu vodiče.

Vyskytuje se ve dvojnásobném provedení

a) Páskový mikrofon, jehož membránu tvoří úzký pásek z příčně zvlněné hliníkové fólie tloušťky 0,5 až 2  $\mu\text{m}$ . Pásek kmitá v magnetickém poli. Výstupní impedance je řádově 0,3  $\Omega$ , proto se obvykle předem zvětšuje výstupním transformátorem.

Páskový mikrofon je rychlostní; má osmičkovou směrovou charakteristiku, rovnoměrný kmitočtový průběh a dostatečnou dynamiku ( $\sim 80$  dB). Vyniká nepatrným šumem. Jeho citlivost je malá.

b) Cívkový mikrofon, jehož aktivní část má tvar duté cívky, spojené pevně s membránou. Cívka kmitá působením akustického tlaku axiálně v silném magnetickém poli.

Cívkový mikrofon je tlakový, s kulovou, popř. kardioidní (srdecovitou) charakteristikou. Má malou výstupní impedanci řádu 50 až 200  $\Omega$ .

2. Elektromagnetický mikrofon je rovněž tlakový; pohybem kotvy spojené s membránou se mění vzduchová mezera magnetického obvodu a tím i magnetický tok, který indukuje střídavé napětí v cínce umístěné na pólovém nastavci magnetu. Mezi jeho výhody patří malá cena a značná citlivost; podstatnou nevýhodou pro běžné aplikace je však omezený kmitočtový rozsah a nepříliš dobrá kvalita zvuku.

### 3.1.2. Mikrofony s výchylkovým měničem

a) Elektrostatický neboli kondenzátorový mikrofon využívá vzniku střídavého signálu změnou kapacity mezi pevnou a pohyblivou elektrodou, kterou tvoří tenká kovová membrána, kmitající vlivem zvukových vln. Vzdálenost mezi elektrodami bývá 15 až 40  $\mu\text{m}$ . Mezi obě elektrody je nutné zavádět tzv. polarizační stejnosměrné napětí řádu 100 V. Malá změna kapacity mikrofonu vyžaduje veliký vazební odpor (několik desítek megaohmů).

Mikrofon, na jehož membránu (s rezonančním kmitočtem v horní části akustického pásma) působí akustický tlak z přední strany, pracuje jako tlakový. Působí-li na membránu s nízkým rezonančním kmitočtem tlak z obou stran, pracuje kondenzátorový mikrofon jako rychlostní. Vzhledem k velké výstupní impedanci se u kondenzátorových mikrofonů používají co nejkratší příklady nebo přímo napojený předzesilovač, který s ním tvoří jednotný celek. Nelineární zkreslení je velmi malé, citlivost několik desítek mV/Pa. Kmitočtová charakteristika je velmi rovnoměrná, dynamický rozsah je značný. Této kvalitě odpovídá ovšem i cena.

b) Piezoelektrický neboli krystalový mikrofon používá jako měnič krystalový výbrus, např. z monokrystalu vlnanu sodnodraselného (Seignettovy soli) nebo ze speciální keramiky, opatřený vodivými elektrodami. Na protilehlých stěnách se objevují opačné elektrické náboje, úměrné deformaci krystalu vlivem akustického tlaku. Použitím dvou spojených výbrusů, tzv. krystalového dvojčete, lze využít podobného napětí, vznikajícího ohybem

nebo zkrutem krystalu. Má-li krystalové dvojče přímo funkci membrány, jde o piezoelektrický tlakový mikrofon bezmembránový. Jeho citlivost je menší, asi 5 mV/Pa, ale má vyrovnanou charakteristiku a velkou výstupní impedanci — několik megaohmů.

Piezoelektrický mikrofon membránový může mít buď jednu membránu a ohybové dvojče, nebo dvě membrány a zkrutové (torzní) dvojče. Má citlivost až 30 mV/Pa, ale nerovnoměrnější charakteristiku a je vhodný pro kmitočty nejvíce do 7 až 8 kHz. Výstupní impedance je rovněž velká.

c) Mikrofon s magnetostrikčním měničem se používá pro oblast ultrazvukových kmitů, tedy jen pro speciální účely; pro přenos zvuku se nepoužívá.

Všechny popsané mikrofony používají měniče reciproké, které mohou pracovat také jako reproduktor (i když se takto vzhledem k mechanické konstrukci nepoužívají).

### 3.1.3. Mikrofony s nereciprokými měniči

a) Kontaktní neboli odporový mikrofon využívá změny velikosti odporu, způsobené akustickým tlakem na prvek, měnící elektrický stejnosměrný proud, dodávaný z vnějšího zdroje. Vzniklý signál zde tedy není přímým výsledkem přeměny akustické energie na elektrickou a mikrofon také nemůže mít funkci vysílače zvuku.

Dlouho byl znám jen kontaktní mikrofon uhlíkový, v němž změnu odporu působilo různě velké stlačování zrněk uhlíkového prachu, uzavřeného v komůrce s membránou, která se prohýbá vlivem akustického tlaku zvuku; procházející stejnosměrný proud se zvlíní střídavou složkou, která se po oddělení transformátorem dále zpracovává.

Uhlíkový mikrofon je tlakový, má velkou citlivost, až 300 mV/Pa, ale také značný šum a velké nelineární zkreslení, omezenou dynamiku a značně nevyrovnanou kmitočtovou charakteristiku. V počátcích rozhlasu se používal speciální typ velkoplochých uhlíkových mikrofonů, dnes se používají levné mikrofonní vložky jen v telefonních přístrojích pro kmitočtový rozsah asi 300 až 3500 Hz.

Principu změny odporu se nověji také využívá v polovodičovém měniči mikrofonu, v němž je krystal germania vlivem zvukových vln namáhán mechanickým smykovým napětím.

Bližší uvádíme jen hlavní mikrofony čs. výroby, u nás běžně prodávané. Jsou cenově přístupné a mají dobré mechanické i elektrické vlastnosti.

### 3.1.4. Provedení mikrofonů

Mikrofony pro všeobecné použití, vyráběné n. p. TESLA Valašské Meziříčí, mají převážně dynamické elektroakustické měniče. Pouze velmi jakostní studiový typ AMC 470 je kondenzátorového typu. Krystalové mikrofony se dnes pro běžné účely používají málo. Nesnášejí totiž větší teplotu ani vlhkost, protože nevratně poškozují krystalový výbrus ze Seignetovy soli. Kromě toho mají velkou výstupní impedanci, nevhodnou pro tranzistorová zařízení a nedovolující použití dlouhého spojovacího kabelu.

Dynamické mikrofony mají malou impedanci, která umožňuje použití i velmi dlouhého kabelu a kromě toho ji lze převádět na téměř libovolnou výstupní impedanci převodním transformátorem.

Typ AMD 622 je dynamický mikrofon tvaru válcové kapesní svítilny. Známe jej z veřejných dopravních prostředků, kde slouží k hlášení stanic. Má spirálově stočenou šňůru délky 2 m s konektorem. Výstupní impedance se zabudovaným transformátorem je 100 k $\Omega$ , jmenovitě střídavé výstupní napětí při frekvenci zblízka asi 6 mV. Jmenovitá citlivost na kmitočtu 1 kHz je 20 mV/Pa, kmitočtový rozsah je 200 až 8000 Hz. Směrová charakteristika je kardioidní. Mikrofon je vybaven spínačem pro zapínání.

Podobný typ AMD 626 má výstupní impedanci 200  $\Omega$ .

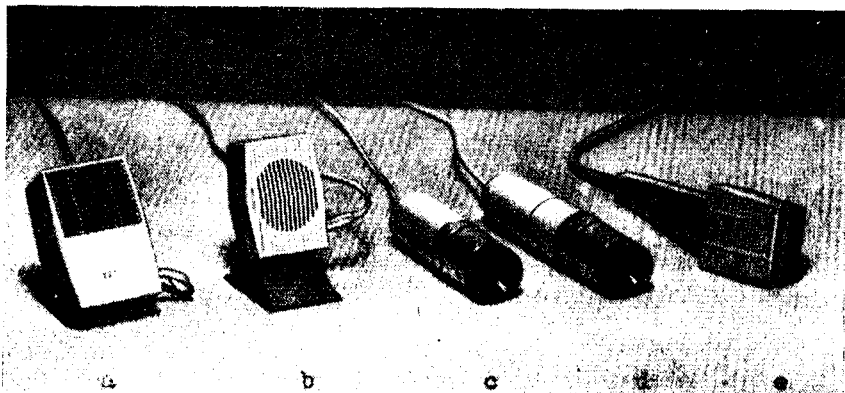
Typ AMD 905 je určen pro diktafon. Je z plastu s delší rukojetí, v níž je také třípolohový přepínač funkce a světelná signalizace. Tento mikrofon se využívá v obou funkcích reciprokého měniče — jako mikrofon pro záznam diktátu i jako reproduktor pro poslech. Jako mikrofon má citlivost 1,5 mV/Pa, kmitočtový rozsah 250 až 3500 Hz. Jako reproduktor má charakteristickou citlivost 73 dB (při výkonu 250 mW a vzdálenosti 0,5 m). Impedance je v obou případech 75  $\Omega$ .

Typ AMD 105 a AMD 107 jsou mikrofony malého rozměru, krabičkového tvaru, z plastu. Liší se jen délkou šňůry. AMD 105 má dvoumetrovou, AMD 107 pětimetrovou šňůru. Oba typy mají výstupní impedanci 100 k $\Omega$ . Jsou určeny k magnetofonům, pro místní rozhlas apod. Průměrná citlivost je 40 mV/Pa, kmitočtový rozsah 100 až 12 000 Hz. Směrová charakteristika je kulová, průměrné výstupní napětí je asi 12 mV. Mikrofon má sklopný podpěrný stojánek.

Typ AMD 108 je podobný předchozím a slouží stejnému účelu. Schránka z plastu je na stojánku z téhož materiálu. Mikrofon má impedanci 200  $\Omega$ . Je vhodný pro použití s dlouhou šňůrou a k zařízením s malou impedancí. Průměrná citlivost je 1,5 mV/Pa, kmitočtový rozsah 100 až 12 000 Hz, výstupní napětí 0,45 mV. Směrová charakteristika je kulová.

Řada AMD 200 jsou moderní mikrofony, válcové, k držení v ruce (pro zpěváky, konferenciéry) i pro stolní a výsuvné stojánky. Jsou vhodné pro poloprofesionální účely, pro místní a závodní rozhlas, k magnetofonům aj. Doporučuje se teplota pracovního prostředí +5 až +35°C a maximální relativní vlhkost 75 %.

Směrová charakteristika je vždy kardioidní, poměr citlivosti pro přední



Obr. 165. Dynamické mikrofony TESLA: a) AMD 105, AMD 107, b) AMD 108, c) AMD 200, AMD 202, d) AMD 210, e) AMD 905

a zadní směr je 12 dB; výstup je nesymetrický (jeden pól je spojen s uzemněným stíněním).

Typ AMD 200 má vestavěn převodní transformátor s výstupní impedancí 2 k $\Omega$  (pro tranzistorové zesilovače); průměrné výstupní napětí je 0,75 mV. Přívodní šňůru lze prodloužit až na 25 m. Průměrná citlivost je 2,5 mV/Pa, pro řeč z blízka 3,2 mV/Pa; kmitočtový rozsah je 80 až 12 000 Hz.

Typ AMD 202 je vzhledově stejný, nemá však vestavěný transformátor; výstupní impedance je 200  $\Omega$ . Průměrná citlivost je 1 mV/Pa, kmitočtový rozsah 80 až 12 000 Hz. Přívodní šňůru lze prodloužit až na 100 m. S transformátorem ATM 103 (200  $\Omega$ /100 k $\Omega$ ) je vhodný i pro elektronkové přístroje.

Provedení dynamických mikrofonů TESLA ukazuje obr. 165.

Pro jednoduché mikrofony jsou vhodné stolní stojánky AYM 113 nebo AYM 301 s kovovým podstavečkem AYM 103.

Typ AMD 210, tvarově podobný předchozím typům, vyhovuje i náročným požadavkům. Má vestavěn přepínač „M — S“ (hudba — řeč), který pootočením do polohy S zeslabuje kmitočty u 50 Hz o 10 dB, čímž se zlepší přenos mluveného slova. V poloze M není přenášeno kmitočtové pásmo 50 až 12 000 Hz nijak omezeno. V mikrophonu je vestavěn transformátor s výstupní impedancí 2000  $\Omega$  pro použití mikrophonu s tranzistorovým zesilovačem. Průměrná citlivost je 2,5 mV/Pa, charakteristika je kardioidní, poměr citlivosti pro přední a zadní směr je 12 dB. Prodloužení přípojné šňůry je možné až na 25 m.

Stereofonní souprava AMD 270. Mikrofony typu AMD 210 jsou svou jakostí vhodné pro poloprofesionální stereofonní přenosy intenzitním systémem X — Y, zasunou-li se dva mikrofony do objímek společného držáku



AYM 351 nebo AYM 352. Použité mikrofony musí být vybrané, aby rozdíly charakteristické citlivosti nebyly větší než 3 dB. Nastavnými kabely opatřenými konektory lze prodloužit přívodní šňůry do 25 m.

Pro stereofonní přenos hudby je vhodný velký výsuvný stojan AYM 202 s minimální výškou 980 mm a maximální výškou 1800 mm.

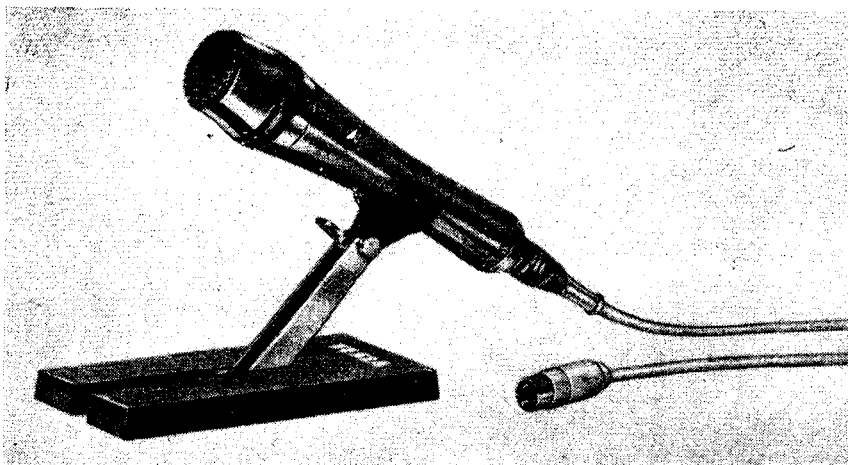
Prodlužovací kabely, vhodné ke všem dynamickým mikrofonům TESLA, ať s velkou nebo malou impedancí, mají bílý nebo šedý povlak z PVC a na obou koncích mají konektory z plastu. Prostým zasunutím konektorů do sebe lze přívodní kabel k mikrofonu libovolně prodlužovat. Dodávají se dvoužilové kabely pro souměrný výstup s velkou i malou impedancí a jednožilové nesouměrné pro mikrofony s malou impedancí.

Dvoužilové: AYM 503 — délka 3 m; AYM 505 — délka 5 m; AYM 510 — délka 10 m.

Jednožilové: AYM 515 — délka 15 m a AYM 25 — délka 25 m.

Kondenzátorový mikrofon typ AMC 470 je určen pro studiový provoz a profesionální techniku. Je krátkým kabelem spojen s tranzistorovým předzesilovačem, obsahujícím i napájecí zdroj — niklokadmiový akumulátor 12 V, který lze dobít ze sítě 220 V. Jmenovitá citlivost mikrofonu je 10 mV/Pa na kmitočtu 1 kHz, vnitřní impedance je 60  $\Omega$ . Mikrofon je opatřen korekcí kmitočtové charakteristiky (rovnoměrný průběh v rozmezí 50 až 15 000 Hz) a používá mikrofonní vložky MMC 420 s kardioidní směrovou charakteristikou. Kvalitě a složitosti ovšem odpovídá i cena zařízení s doplňky.

Snímek kondenzátorového mikrofonu TESLA AMC 470 je na obr. 166.



Obr. 166. Kondenzátorový mikrofon TESLA AMC 470

## 3.2. Reprodukory

Reproduktor je elektroakustický měnič, který přeměňuje elektrickou energii na akustickou. Jeho mechanický kmitavý systém je tvořen membránou.

Pro dokonalou reprodukci musí mít reproduktor pro každý přenášený kmitočet stejnou účinnost. Čím je tato účinnost rovnoměrnější a čím širší kmitočtový rozsah obsáhne, tím je reprodukce dokonalejší. V reproduktoru nesmějí vznikat parazitní kmitý, které by způsobily zkreslení.

V katalogu se udává u jednotlivých typů reproduktorů tzv. charakteristická citlivost [dB]. Podle ČSN 36 8261 — Reprodukory — je charakteristická citlivost průměrný akustický tlak ve stanoveném kmitočtovém pásmu, v akustické ose reproduktoru a ve vzdálenosti 1 m od referenčního bodu při standardním příkonu 1 VA. Může být vyjádřena také úrovní charakteristické citlivosti v [dB] nad základní hladinou  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa.

Reproduktor je tím citlivější, čím je udávaná hodnota charakteristické citlivosti vyšší.

Prostorová vyzářovací charakteristika se u moderních reproduktorů s pístovým pohybem membrány mění v závislosti na kmitočtu. Při nízkých kmitočtech, kdy je délka zvukové vlny větší než polovina obvodu membrány, je charakteristika kulová. Akustický tlak je ve stejné vzdálenosti od membrány ve všech směrech stejný. Při vyšších kmitočtech již membrána vyzářuje směrově.

Reprodukory podle principu dělíme na elektromagnetické, elektrodynamické, piezoelektrické, popř. elektrostatické.

### 3.2.1. Reprodukory přímo vyzářující

K nim lze zařadit reprodukory

a) Elektromagnetické. S původními elektromagnetickými reproduktory se již v dnešní době nesetkáváme. Byly to dvoupólové nebo čtyřpólové reprodukory, které se nevyznačovaly příliš věrnou reprodukcí. Skládaly se z permanentního magnetu, nad jehož pólovými nástavci byl železný jazýček, procházející cívku. Procházel-li cívku střídavý proud akustických kmitočtů, jazýček se rozechvěl. Chvění se pak přenášelo táhlem na membránu.

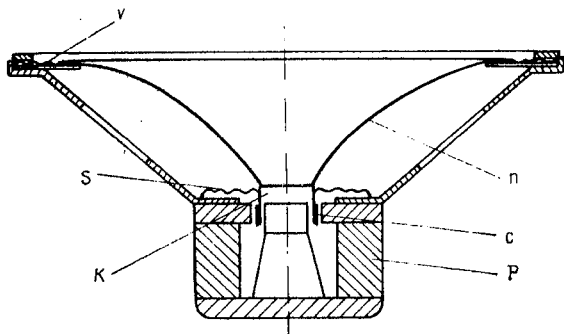
b) Elektrodynamické. Dnes se používají výlučně reprodukory dynamické. Princip elektrodynamického reproduktoru je na obr. 167.

Papírová membrána (M) je u starších provedení kuželová, u nových má tvar nerozvinuté plochy. Tento tvar je výhodnější z hlediska vzniku parazitních kmitů. Axiální pístový pohyb membrány je umožněn jednak poddajnými okraji membrány (V) na vnějším okraji a jednak poddajným uchycením.

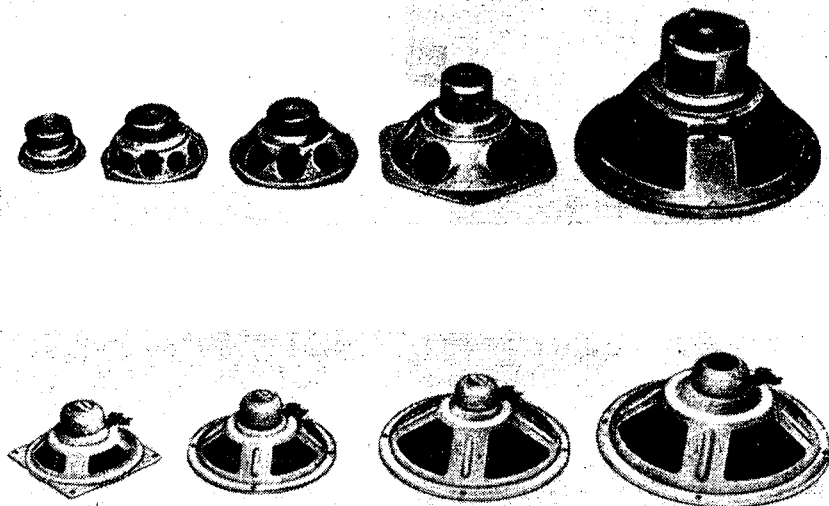
Na membránu je pevně přilepeno těleso kmitající cívky (C). Na cívce bývají navinuty obvykle dvě vrstvy závitů (při impedanci kmitačky 4 až

8  $\Omega$ ). Pro větší impedanci mívá cívka čtyři vrstvy. Hmotnost kmitajících částí musí být co nejmenší. Cívka je ponořena ve vzduchové mezeře tvaru mezikruží, vytvořené v magnetové kostře reproduktoru.

Směr magnetických silových čar, které prostupují mezeru paprskovitě, je kolmý na vodiče cívky. Prochází-li cívkou střídavý proud akustických kmitočtů, pohybuje se cívka ve směru osy. Pohyb se přenáší na membránu, která rozechvívá okolní vzduch a tím dává vznik zvuku.



Obr. 167. Názrtek elektro-dynamického reproduktoru



Obr. 168. Kruhové reproduktory TESLA: a) s válcovým magnetem, b) s bezrozptylovým magnetem

Permanentní magnet (P) je zhotoven ze speciálních slitin, zejména oceli, hliníku, niklu a kobaltu, nebo z magneticky tvrdého feritu.

Poddajné uchycení a zároveň středění membrány u kmitací cívky se provádí nejčastěji středící membránou (S) nebo vnějším středěním „brýlemi“, popř. vnitřním středěním „pavoučkem“.

Účinnost dynamických reproduktorů je malá, bývá 0,5 až 4 %. Abychom z reproduktoru dostali maximální zvukový výkon, je nutné přizpůsobit impedanci reproduktoru impedanci koncového stupně zesilovače. U elektronkových zesilovačů je tato impedance několik kiloohmů a přizpůsobuje se impedanci reproduktoru (řádově ohmy) výstupním transformátorem. Ten navíc zamezuje průchodu stejnosměrného proudu koncové elektronky cívku reproduktoru. Podobné poměry jsou i u tranzistorových zařízení.

U dobrých přijímačů, resp. zesilovačů se prosazuje zapojení reproduktoru do výstupních obvodů přímo, tj. bez výstupního transformátoru.

V tabulce 173 jsou uvedeny přímo vyzauřující elektrodynamické reproduktory různého provedení pro kapesní a kabelkové přijímače, gramofony a zesilovače, jak je vyrábí n. p. TESLA Valašské Meziříčí.

V tabulce 174 jsou sestaveny reproduktory pro univerzální použití. Podle normy ČSN 36 8261. — Reproduktory — musí reproduktory určené pro provoz v normálních klimatických podmínkách spolehlivě pracovat v rozmezí teplot  $-10$  až  $+55^{\circ}\text{C}$  v prostředí s relativní vlhkostí 45 až 85 %.

Provedení kruhových dynamických reproduktorů ukazuje obr. 168a, b.

### 3.2.2. Hlubokotónové a vysokotónové reproduktory

Dobrý dynamický reproduktor pracuje v dostatečně širokém kmitočtovém pásmu a poslech je uspokojující. Např. typ TESLA ARO 589 (reproduktor pro univerzální použití) s magnetickým materiálem PERMAG — AOK má kmitočtový rozsah 90 až 12 000 Hz.

Pro větší nároky na věrný přednes není uvedený kmitočtový rozsah dostatečný. Podstatně lepších výsledků dosáhneme, rozdělíme-li kmitočtové pásmo na dvě části a každou přeneseme zvláštním reproduktorem. Těmto účelům slouží hlubokotónové a vysokotónové dynamické reproduktory.

Při ještě větších nárocích na kvalitu přednesu rozdělíme akustické pásmo na tři části a použijeme kombinaci hlubokotónového, středotónového a vysokotónového reproduktoru.

V tabulkách 175 až 178 jsou uvedeny parametry vysokotónových a hlubokotónových reproduktorů a reproduktoru středotónového.

Poznámka: Tabulky jsou informativní -- v rámci inovace se některé typy nevyrobějí.

Tabulka 173. Reprodukory pro kapesní a kabelkové přijímače do gramofonů a magnetofonů

Velikost [mm]	Impedance [ $\Omega$ ]	Obehodní označení	Maximální příkon [W]	Vrcholový příkon [W]	Vlastní rezonance [Hz]	Kmitočtový rozsah [Hz]	Charakteristická citlivost [dB]	Druh magnet. materiálu	Magnetická indukce [T]	Hmotnost [kg]
Ø 38	8	ARZ 087	0,15	0,20	400 až 560	400 až 8 000	81	PERMAG-AOK	0,7	0,034
Ø 38	75	ARZ 098	0,15	0,20	400 až 560	400 až 8 000	79	PERMAG-AOK	0,7	0,034
Ø 50	8	ARZ 085	0,25	0,35	360 až 530	350 až 5 000	85	PERMAG-AOK	0,7	0,04
Ø 65	8	ARZ 081	0,25	0,35	350 až 500	350 až 5 000	85	PERMAG-AOK	0,7	0,045
Ø 65	8	ARZ 082	0,60	0,70	480 až 700	480 až 4 500	84	PERMAG-AOK	0,7	0,045
Ø 165	4	ARZ 572	3	3	80 až 120	80 až 10 000	92	D 270	1,0	0,50
180 × 80	8	ARZ 488	1,50	2	130 až 180	130 až 6 000	86	PERMAG-AOK	0,7	0,45
180 × 80	25	ARZ 486	1,50	2	130 až 180	130 až 6 000	85	PERMAG-AOK	0,7	0,45
280 × 80	4	ARZ 689	2	3	95 až 145	95 až 15 000	87	PERMAG-AOK	0,7	0,28
280 × 80	8	ARZ 688	2	3	95 až 145	95 až 15 000	87	PERMAG-AOK	0,7	0,28

Reproduktor ARZ 081 má zdůraznění kmitočtu mezi 2 až 3 kHz.

Tabulka 174. Reprodukční univerzálního použití

Velikost [mm]	Impedance [Ω]	Obchodní označení	Maximální příkon [W]	Vehlový příkon [W]	Vlastní rezonance [Hz]	Kmitočtový rozsah [Hz]	Charakteristická citlivost [dB]	Druh magnet. materiálu	Magnetická indukce [T]	Hmotnost [kg]
125 × 80	4	ARE 389	1,5	3	160 až 270	160 až 15 000	86	PERMAG-AOK	0,7	0,19
125 × 80	8	ARE 388	1,5	3	160 až 270	160 až 15 000	86	PERMAG-AOK	0,7	0,19
125 × 80	4	ARE 367	1,5	3	160 až 270	160 až 15 000	89	D 270	1,0	0,34
160 × 100	4	ARE 489	2	3	110 až 160	110 až 15 000	87	PERMAG-AOK	0,7	0,21
160 × 100	8	ARE 485	2	3	110 až 160	110 až 15 000	86	PERMAG-AOK	0,7	0,21
160 × 100	4	ARE 467	2	3	110 až 160	110 až 15 000	90	D 270	1,0	0,36
160 × 100	8	ARE 466	2	3	110 až 160	110 až 15 000	89	D 270	1,0	0,36
205 × 130	4	ARE 589	3	4	80 až 120	80 až 14 000	88	PERMAG-AOK	0,7	0,23
205 × 130	4	ARE 588	3	4	80 až 120	80 až 14 000	88	PERMAG-AOK	0,7	0,23
205 × 130	4	ARE 567	3	4	80 až 120	80 až 14 000	91	D 270	1,0	0,39
205 × 130	4	ARE 568	3	4	80 až 120	80 až 14 000	91	D 270	1,0	0,39
255 × 160	4	ARE 689	5	6	60 až 90	60 až 10 000	90	PERMAG-AOK	0,85	0,46
255 × 160	4	ARE 667	5	6	60 až 90	60 až 10 000	93	D 270	1,1	0,79
255 × 160	8	ARE 668	5	6	60 až 90	60 až 10 000	92	D 270	1,1	0,79

Tabulka 174 (pokračování)

Velikost [mm]	Impedance [Ω]	Obchodní označení	Maximální příkon [W]	Vřehový příkon [W]	Vlastní rezonance [Hz]	Kmitočtový rozsah [Hz]	Charakteristická citlivost [dB]	Druh magnet. materiálu	Magnetická Indukce [T]	Hmotnost [kg]
∅ 100	4	ARO 389	1,5	3	150 až 220	150 až 15 000	86	PERMAG-AOK	0,7	0,18
∅ 100	8	ARO 388	1,5	3	150 až 220	150 až 15 000	86	PERMAG-AOK	0,7	0,18
∅ 100	16	ARO 387	1,5	3	150 až 220	150 až 15 000	85	PERMAG-AOK	0,7	0,18
∅ 100	4	ARO 367	1,5	3	150 až 220	150 až 15 000	88	D 270	1,0	0,34
∅ 127	4	ARO 467	2	3	90 až 140	90 až 12 000	88	D 270	1,0	0,36
∅ 127	8	ARO 461	2	3	90 až 140	90 až 12 000	88	D 270	1,0	0,36
∅ 165	4	ARO 589	3	4	80 až 120	80 až 12 000	90	PERMAG-AOK	0,7	0,23
∅ 165	4	ARO 567	3	4	80 až 120	80 až 12 000	93	D 270	1,0	0,39
∅ 165	8	ARO 568	3	4	80 až 120	80 až 12 000	92	D 270	1,0	0,39
∅ 203	4	ARO 689	5	6	60 až 90	60 až 10 000	92	PERMAG-AOK	0,85	0,45
∅ 203	8	ARO 687	5	6	60 až 90	60 až 10 000	91	PERMAG-AOK	0,85	0,45
∅ 203	15	ARO 685	5	6	60 až 90	60 až 10 000	90	PERMAG-AOK	0,85	0,45
∅ 203	4	ARO 667	5	6	60 až 90	60 až 10 000	95	D 270	1,1	0,84
∅ 203	8	ARO 666	5	6	60 až 90	60 až 10 000	94	D 270	1,1	0,84

Tabulka 176. Středotónové reproduktory

Velikost [mm]	Impedance [ $\Omega$ ]	Obchodní označení	Maximální příkon [W]	Vrcholový příkon [W]	Vlastní rezonance [Hz]	Kmitočtový rozsah [Hz]	Charakteristická citlivost [dB]	Druh magnet. materiálu	Magnetická indukce [T]	Hmotnost [kg]
$\varnothing$ 203	15	ARO 664	5	10	60 až 95	100 až 6 000	90	D 270	1,1	0,34

Tabulka 177. Hlubokotónové reproduktory

Velikost [mm]	Impedance [ $\Omega$ ]	Obchodní označení	Maximální příkon [W]	Vrcholový příkon [W]	Vlastní rezonance [Hz]	Kmitočtový rozsah [Hz]	Charakteristická citlivost [dB]	Druh magnet. materiálu	Magnetická indukce [T]	Hmotnost [kg]
$\varnothing$ 340	4	ARO 835	10	15	30	30 až 4 000	96	PERMAG-A	1,0	5,15
$\varnothing$ 390	15	ARO 932	15	30	24	24 až 4 000	98	PERMAG-A	1,35	10,20
$\varnothing$ 390	30	ARO 942	15	30	24	24 až 4 000	98	PERMAG-A	1,35	10,20



Tabulka 175. Vysokotónové reproduktory

Velikost [mm]	Impedance [ $\Omega$ ]	Obchodní označení	Maximální příkon [W]	Vřeholový příkon [W]	Vlastní rezonance [Hz]	Kmitočtový rozsah [Hz]	Charakteristická citlivost [dB]	Druh magnet. materiálu	Magnetická indukce [T]	Hmotnost [kg]
75 × 50	5,5	ARV 081	2	3	—	1 000 až 16 000	87	PERMAG-A	0,75	0,18
75 × 50	8	ARV 088	2	3	—	1 000 až 16 000	87	PERMAG-A	0,75	0,18
75 × 50	15	ARV 160	5	7	—	2 500 až 20 000	92	D 270	1,2	0,30
∅ 90	4	ARV 161	5	7	—	1 500 až 20 000	92	D 270	1,2	0,34
∅ 90	8	ARV 168	5	7	—	1 500 až 20 000	92	D 270	1,2	0,34
	0,6	ART 481	5	7	—	3 000 až 18 000	93	PERMAG-A	1,3	1

Tabuška 178. Hlubokotónové reproduktory s nízkou rezonancí

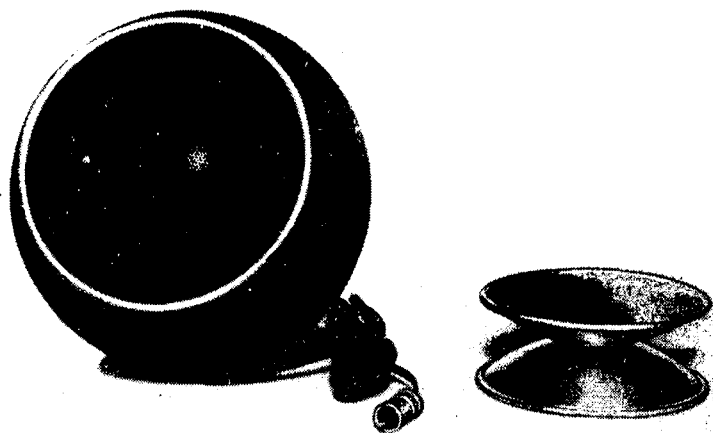
Velikost [mm]	Impedance [ $\Omega$ ]	Obchodní označení	Maximální příkon [W]	Vřeholový příkon [W]	Vlastní rezonance [Hz]	Kmitočtový rozsah [Hz]	Charakteristická citlivost [dB]	Druh magnet. materiálu	Magnetická indukce [T]	Hmotnost [kg]
∅ 100	4	ARZ 369								0,66
∅ 100	8	ARZ 368	3	10	65	65 až 5 000	85	D 270	1,0	
∅ 165	4	ARN 567								1
∅ 200	8	ARN 568	10	15	28	28 až 5 000	87	D 330	1,0	
∅ 200	4	ARN 664								
∅ 270	8	ARN 668	15	20	25	25 až 3 500	90	D 330	1,0	1,1
∅ 270	4	ARN 734								
∅ 390	8	ARN 738	20	30	22	22 až 2 000	90	PERMAG-A	1,0	3,5
∅ 390	15	ARN 930	25	50	18	18 až 1 000	87	PERMAG-A	1,25	10

Poznámka: Vřeholová hodnota maximálního příkonu je měřena v uzavřeném ozvučnici.

### 3.2.3. Oválné reproduktory

Eliptické (oválné) reproduktory mají ve srovnání s běžnými kruhovými typy několik předností. Jejich kmitočtový průběh je lepší a kmitočtový rozsah široký. Navíc umožňují daleko lépe využít místa než reproduktor kruhový. Další vlastnosti, jako účinnost a zkreslení jsou stejné. Nevýhodou je obtížnější výroba nástrojů pro reproduktorové díly.

Provedení oválných reproduktorů TESLA je na obr. 169a.



Obr. 169. Reproduktory TESLA: a) oválné, b) sférické

### 3.2.4. Piezoelektrické reproduktory

Ohybové, popř. torzní kmity piezoelektrických výbrusů, způsobené napětím přivedeným na jejich elektrody, se využívá k reprodukci vysokých kmitočtů. Výbrusy jsou stmeleny ve dvojče. Vedle krystalů ze Seignettovy soli, které jsou nevýhodné pro velkou teplotní závislost, se ve vysokotónových reproduktorech používají měniče z titaničitanu barnatého.

### 3.2.5. Kulový reproduktor TESLA

Akustický výkon kazetových magnetofonů, přenosných přijímačů nebo gramofonů nebývá veliký a hlasitost i jakost poslechu v místnosti často nestačí. Pak používáme druhý (vnější) reproduktor, který lze umístit kdekoli.

N. p. TESLA Valašské Meziříčí dodává kulový (sférický) reproduktor ARS 575 velmi pěkného vzhledu, který lze umístit např. do nábytkové stěny, na knihovnu apod. (obr. 169b).

Tvarově je řešen jako černá kovová koule s vnitřním objemem asi 3 l. Obsahuje reproduktor ARX 368, který zaručuje věrný přednes širokého kmitočtového pásma. Vnitřek schránky je vyplněn akustickým tlumením pro zabránění vzniku stojatého vlnění a pazvuků. Zvuk vystupuje kruhovým otvorem krytým kulovým vrchlíkem z černého perforovaného plechu. Otvor je obrouben eloxovaným hliníkovým kruhovým rámečkem.

Reproduktor ARS 575 je uložen na podnožce tvaru hliníkové eloxované dvojnisky, která zajišťuje bezpečné postavení a dovoluje i snadné natočení reproduktoru do žádaného směru vyzařování. Přívodní šňůra je 5 m dlouhá, zakončená normalizovanou reproduktorovou vidlicí.

Charakteristické vlastnosti reproduktoru ARS 575:

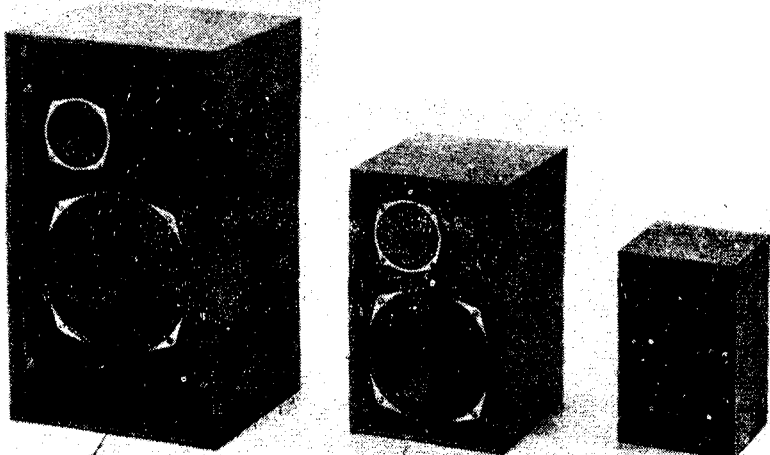
jmenovitá impedance	8 Ω,
jmenovitý příkon	5 W,
vrcholový krátkodobý příkon	8 až 10 W,
kmitočtový rozsah	100 až 15 000 Hz,
průměr kulové části	190 mm,
výška s podnožím	228 mm,
hmotnost	asi 1,6 kg.

### 3.2.6. Reproduktorové soustavy

Intenzita zvuku je dána velikostí přetlaků a podtlaků, které při kmitání vznikají před a za membránou. Protože při hlubokých tónech je střídání přetlaků a podtlaků před a za membránou, která pracuje jako píst, tak pomalé, že by se stačily vyrovnávat přes okraje reproduktoru, je nutné cestu k vyrovnání tlaků uměle zvětšit. Proto se reproduktor připevňuje na ozvučnou desku rozměrů minimálně 1 m × 1 m nebo se zabudovává do skříně, která desku nahrazuje. Ozvučná deska slouží k umělému zvětšení akustické impedance při hlubokých tónech.

TESLA vyrábí a dodává pro zájemce o věrnou reprodukci řadu skříňových reproduktorových soustav. Jsou osazeny moderními a účinnými reproduktory. Reproduktorové soustavy se vyrábějí s impedancí 4 Ω a 8 Ω pro menší typy (do 40 l) a s impedancí 15 Ω pro objem 40 až 100 l. Vzhled reproduktorových soustav je přizpůsoben moderním požadavkům (obr. 170).

Zájemce, kteří si reproduktorovou soustavu zhotovují sami, upozorňu-



Obr. 170. Dvoupásmové reproduktorové kombinace TESLA

jeme, aby skříň provedli dostatečně tuhou, aby stěny nemohly kmitat. U větších skříní musí být vnitřní stěny obloženy tlustou vrstvou materiálu, který dobře pohlcuje zvuk (plsti, vaty, skelné vaty apod.). Reproduktor musí být ve stěně ozvučnice namontován tak, aby přední část membrány byla v úrovni přední strany reproduktorové desky.

Reproduktorové soustavy TESLA jsou uvedeny v tabulce 179.

### 3.2.7. Reproduktory nepřímo vyzařující (tlakové)

Kromě popisovaných přímo vyzařujících reproduktorů s plochou membránou se pro speciální účely používají také druhy nepřímo vyzařujících neboli tlakových reproduktorů. Ty byly vlastně prvními dynamickými reproduktory — pro účely začínajícího zvukového filmu se používaly již asi před 50 lety. Jejich předností je poměrně velká účinnost — 10 až 30 %. Nevýhodou, pro kterou byly později vytlačeny, jsou velké rozměry nutného trychtýře zvukovodu, který se z malého počátečního průměru postupně rozšiřuje, takže u původních typů pro kina mělo vyústění zvukovodu (ponejvíce čtvercového) rozměry  $1 \times 1$  až  $1,5 \times 1,5$  m při značné délce zvukovodu, aby byly reprodukovány i hluboké tóny.

Tlakové reproduktory využívají transformaci tlaku zvukových vln vzniklých chvěním membrány malého průměru na poměrně značný zvu-

Tabulka 179. Reprodukční soustavy TESLA

Typ	Impedance	Maximální příkon [W]	Kmitočtový rozsah [Hz]	Vnitřní obsah [l]	Rozměry soustavy: výška × šířka × hloubka [mm]	Hmotnost [kg]	Hlubokotónový reproduktor		Středotónový reproduktor		Vysokotónový reproduktor		Dělicí kmitočty [Hz]
							Rozměry [mm]	Frekvence [Hz]	Typ a počet reproduktorů	Rozměry [mm]	Typ a počet reproduktorů	Rozměry [mm]	
ARS 810	4	20	50 až 20 000	3	240 × 150 × 153	2,6	Ø 100	65	ARZ 369 1 ×	—	75 × 50	ARV 081 1 ×	4000
ARS 811	8	20	50 až 20 000	3	240 × 150 × 153	2,6	Ø 100	45	ARZ 368 1 ×	—	75 × 50	ARV 088 1 ×	4000
ARS 820	4	30	45 až 20 000	10	330 × 205 × 217	4,5	Ø 165	28	ARN 567 1 ×	—	Ø 89	ARV 161 1 ×	2000
ARS 821	8	30	45 až 20 000	10	330 × 205 × 217	4,5	Ø 165	28	ARN 568 1 ×	—	Ø 89	ARV 168 1 ×	2000
ARS 830	4	50	40 až 20 000	20	495 × 285 × 252	8	Ø 203	25	ARN 664	—	Ø 89	ARV 161 1 ×	2000
ARS 840	15	75	35 až 20 000	40	630 × 360 × 315	18	Ø 273	22	ARN 730 1 ×	—	Ø 203	ARO 664 1 ×	650 4000
ARS 850	15	100	20 až 20 000	100	960 × 560 × 368	46	Ø 390	18	ARN 930 1 ×	—	Ø 203	ARO 664 1 ×	650 4000

kový výkon. (To se využívalo již dávno u tzv. trychtýřových gramofonů.) Podle tvaru zvukovodu lze dosáhnout různé směrovosti vyzářování.

Základem nepřímě vyzářujících reproduktorů je nízká uzavřená komůrka nad pólovými nástavci magnetu, v níž je umístěna vlastní membrána. Na otvor proti středu membrány navazuje rourový zvukovod. Membrána je vyztužena a má tvar kulového vrchlíku. Pro vysokotónové reproduktory je z tvrdé hliníkové fólie, pro ostatní reproduktory je ze skelného laminátu nebo plastu.

Podstatný je malý průměr membrány — u výškového typu jen 25 až 35 mm (pro výkonové hlásné reproduktory poněkud větší). Membrána je lehká a je upevněna zvlněným okrajem, který dovoluje její pístový pohyb. Kmitací cívka je většinou upevněna na obvodu membrány. Magnetický systém je proveden stejně jako u reproduktorů přímo vyzářujících.

Obsah zvukové komůrky musí být minimální — u vysokotónových reproduktorů je mezi stěnami komůrky a membránou mezera jen 0,2 až 0,3 mm, u výkonových druhů pro hlásné účely asi 0,35 až 1 mm.

K velké účinnosti přispívá také úzká mezera mezi pólovými nástavci magnetu. Do ní se ale vejde jen jedna vrstva vinutí kmitací cívky, takže impedance reproduktoru je malá (u reproduktoru TESLA ART 481 pouze 0,6  $\Omega$ ; pro spojení s běžnými reproduktory do soustavy vyžaduje převodní transformátor).

Dnes se vhodné tlakové reproduktory používají jako výškové v soustavách pro kina, malé se používají i pro reprodukci v bytech.

**Provedení:**

U vysokotónového typu je na magnetický systém nasazena tlaková komůrka, z níž vede zploštělý kónický trychtýř obdélníkového ústí z plastu. U reproduktorů pro hlásné účely (megafony, místní a nádražní rozhlas apod.) se používá plechový zvukovod s kruhovým průřezem.

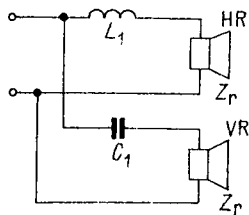
Pro reprodukci hudby je nejvhodnější tlakový reproduktor TESLA ART 481 o impedanci 0,6  $\Omega$ , určený pro příkon 5 W (vrcholový 8 až 10 W). Je vhodný pro třípásmové soustavy vysoké kvality. Má kmitočtový rozsah 3000 až 18 000 Hz a charakteristickou citlivost 93 dB. Magnet z materiálu Permag A má v mezeře maximální indukci 1,3 T.

Průměr magnetu je 60 mm, otvor ústí zvukovodu má rozměry 26  $\times$  127 mm; celková délka reproduktoru je 146 mm. Při zařazení do reproduktorové soustavy doporučuje výrobce dělicí kmitočet výhybky 6000 Hz. Pro nejlepší vyzářování v horizontální rovině je nutné ústí zvukovodu umístit vsíle.

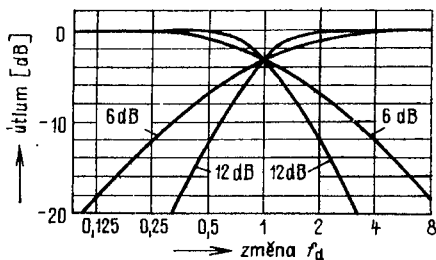
Typy ART 581 a ART 582 jsou podobné, až na impedanci (15 a 8  $\Omega$ ). Jsou určeny zvláště pro kina. Dělicí kmitočet je 2000 až 3000 Hz.

### 3.2.8. Reproduktorové výhybky

Reproduktorové soustavy však nelze k výstupům zesilovače připojit přímo jako jednoduchý reproduktor. Spojením několika reproduktorů — ať již do série nebo paralelně — se totiž podstatně změní výsledná impedan- ce, což by velmi narušilo správné přizpůsobení i výkon. Hluboké tóny mají kromě toho značnou energii, která působí velkou výchylku membrány, kdežto výškové reproduktory snesou jen malé výchylky a značnější energie by je poškodila, nehledě na silné zkreslení zvuku. Proto se celé reproduk-ované pásmo kmitočtů (obvykle 30 až 20 000 Hz) rozdělí elektrickými čtyř- póly, zvanými reproduktorové výhybky, na dvě (nebo tři) pásma. Repro- duktorová soustava se skládá ze dvou (nebo tří) reproduktorů; elektrické výhybky propustí do každého jen tu část kmitočtového pásma, kterou je reproduktor schopen nejlépe zpracovat. Při správné volbě hodnot součástek výhybky je výsledná impedance soustavy stejná jako impedance jednoho reproduktoru (výhybky s konstantní impedancí). Kmitočet, u něhož pře- stává působit hlubokotónový reproduktor a začíná pracovat vysokotónový reproduktor, nazýváme dělicí kmitočet ( $f_d$ ).



Obr. 171. Schéma jedno- duché reproduktorové vý- hybky



Obr. 172. Průběh útlumu jednoduché a dvojitě výhybky

Jednoduchá výhybka pro dva reproduktory, složená z jedné tlumivky a jednoho kondenzátoru (obr. 171), má útlum 6 dB na oktávu od dělicího kmitočtu (tj. zeslabení na polovinu při dvojnásobném nebo polovičním kmitočtu). Dvojitá výhybka s dvěma tlumivkami a dvěma kondenzátory má útlum 12 dB/okt. Průběh útlumu pro obě výhybky je na obr. 172. Z grafu je patrné, že u dělicího kmitočtu je účinnost reproduktorů zmenšena o 3 dB, což není sluchem příliš patrné, zato sklon dolní části křivek dokazuje, že oba reproduktory v určitém pásmu kmitočtů působí současně. Proto mají být všechny reproduktory zapojeny soufázově, tj. tak, aby jejich membrány kmitaly stejným směrem. (Některé druhy mají začátek vinutí kmitací cívky označen barevnou tečkou.)

Na obrázcích jsou oba reproduktory zapojeny paralelně; lze je však také zapojit do série.



Třípásmová soustava má tři reproduktory — hlubokotónový, středotónový a vysokotónový. Hlubokotónové reproduktory TESLA mají membránu velkého průměru (250 až 400 mm), velmi poddajně uchycenou. Vlastní rezonance systému leží u dolního reprodukovatelného kmitočtu. Hlubokotónové reproduktory mají kmitočtový rozsah asi od 30 Hz (u typů se zvláště nízkou rezonancí již od 18 Hz) do 2000 až 5000 Hz.

Středotónové reproduktory mají menší rozměry (průměr asi 200 mm) a přenášené kmitočtové pásmo od 1000 do 6000 Hz.

Vysokotónové reproduktory TESLA mají buď kruhový průřez o průměru 90 mm, nebo oválný o rozměrech  $75 \times 50$  mm, s kmitočtovým rozsahem od 1000 do 16 000 až 20 000 Hz.

Dvoupásmová reproduktorová soustava je nejjednodušší a pro běžné požadavky na jakost reprodukce vyhovuje. Lze ji sestavit i z běžných reproduktorů na společné ozvučné desce nebo lépe v uzavřené skříni (boxu) o objemu (podle rozměrů reproduktorů a koncového výkonu zesilovače) 3 až 100 l. Čistý vnitřní objem po odečtení prostoru, který zabírá kostra skříně, reproduktory, výhybka, tlumicí materiál atd., je o několik desítek procent menší než vnější rozměry skříně.

Zapojení dvoupásmové soustavy s jednoduchou výhybkou je na obr. 171. Výhybku tvoří tlumivka  $L_1$  a kondenzátor  $C_1$ . Jejich reaktance (střídavý odpor) musí být při dělicím kmitočtu stejné a rovné impedanci reproduktoru. Proto jejich velikost odvodíme ze základního vztahu

$$\frac{1}{\omega C} = \omega L = Z_r \quad [\text{Hz, F, H; } \Omega] \quad (47)$$

kde  $\frac{1}{\omega C}$  je kapacitní reaktance,

$\omega L$  indukční reaktance,

$\omega$  úhlový kmitočet ( $2\pi f$ ),

$Z_r$  impedance reproduktoru.

Po úpravě pro běžně používané jednotky určíme indukčnost tlumivky

$$L = \frac{Z_r \cdot 10^3}{2\pi f_d} = \frac{0,16 Z_r \cdot 10^3}{f_d} \quad [\text{mH; } \Omega, \text{ Hz}] \quad (48)$$

kde  $f_d$  je dělicí kmitočet

a kapacita kondenzátoru

$$C = \frac{10^6}{2\pi f_d Z_r} = \frac{0,16 \cdot 10^6}{f_d Z_r} \quad [\mu\text{F; Hz, } \Omega] \quad (49)$$

Dvoupásmová reproduktorová soustava s dvojitou výhybkou je zapojena podle obr. 173. Výhybka se skládá ze dvou tlumivek  $L_2$  a dvou kondenzátorů  $C_2$ . Má strmější průběh, 12 dB/okt a tedy užší rozsah překrývání kmitočtových pásem. Obvykle se volí o něco větší indukčnost tlumivek a úměr-

ně menší kapacita kondenzátorů, což je rozměrově výhodnější. Každá z tlumivek má indukčnost

$$L = \frac{Z_r \sqrt{2} \cdot 10^3}{2\pi f_d} \doteq \frac{0,226 Z_r \cdot 10^3}{f_d} \quad [\text{mH}; \Omega, \text{Hz}] \quad (50)$$

a každý z kondenzátorů má kapacitu

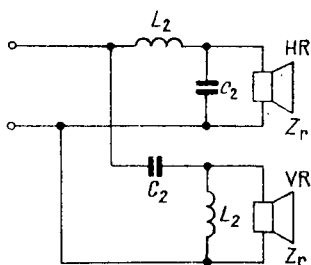
$$C = \frac{10^6}{2\pi f_d \sqrt{2} Z_r} \doteq \frac{0,113 \cdot 10^6}{Z_r f_d} \quad [\mu\text{F}; \text{Hz}, \Omega] \quad (51)$$

**Příklad:** Máme navrhnout dvoupásmovou reproduktorovou soustavu pro výkon asi 30 W ve skříni o objemu 20 l, s impedancí 8 Ω a kmitočtovým rozsahem 40 až 20 000 Hz, s dvojitou výhybkou podle obr. 173. Z tabulek zvolíme reproduktory: hlubokotónový např. ARN 668 o průměru 203 mm, výškový ARV 168 o průměru 89 mm. Vzhledem k jeho dolnímu kmitočtu použijeme pro jistotu vyšší dělicí kmitočet 2500 Hz. Potřebná indukčnost je

$$L = \frac{0,226 \cdot 8 \cdot 10^3}{2500} \doteq \frac{1,81}{2,5} = 0,73 \text{ mH}$$

a kapacita kondenzátorů

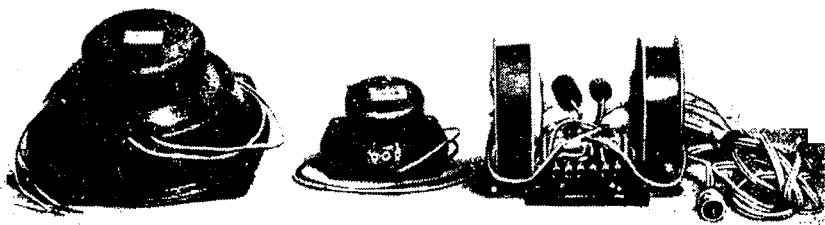
$$C = \frac{0,113 \cdot 10^6}{2500 \cdot 8} \doteq \frac{11,3}{2} = 5,6 \mu\text{F}$$



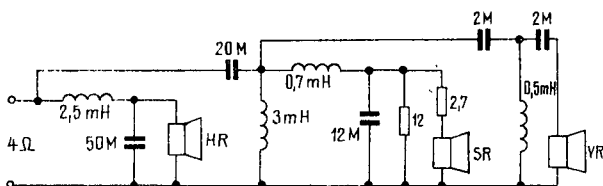
Obr. 173. Schéma dvojitě reproduktorové výhybky

Kondenzátory volíme krabicové s dielektrikem MP, z nichž složíme potřebnou kapacitu. Nejsou vhodné kondenzátory elektrolytické, a to ani v bipolárním zapojení (dva kondenzátory navzájem spojené stejnými póly v sérii). Jak bylo již řečeno, ztrácejí elektrolytické kondenzátory bez stejnosměrné polarizace časem kapacitu; kromě toho mají značně velký činitel ztrát a velké tolerance kapacity.

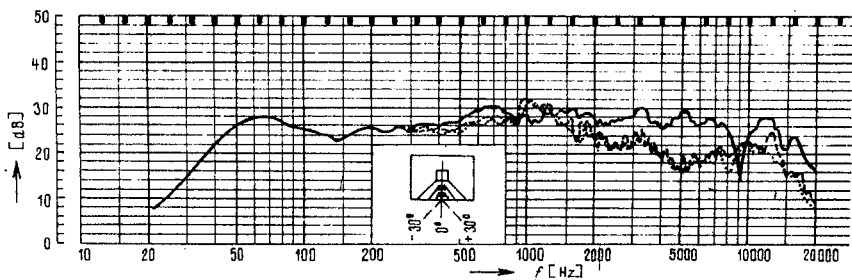
Pozornost si zaslouží také tlumivky. Jejich činný odpor nemá přesáhnout 10 % impedance reproduktoru, aby se v nich neztrácela velká část energie a nezvětšovalo se tlumení reproduktoru. To znamená, že vinutí musí být z izolovaného drátu o průměru asi 1 mm. A tak i poměrně malá indukčnost dá dost rozměrnou cívku. Obvykle se používá „divoké“ vinutí bez jádra (krátká vzduchová válcová cívka o mnoha vrstvách, navinutá na šabloně



Obr. 174. Stavebnice dvoupásmové reproduktorové soustavy TESLA



Obr. 175. Schéma třípásmové reproduktorové soustavy



Obr. 176. Kmitočtový průběh třípásmové soustavy TESLA ARS 850

z lepenky nebo z plastu). Výpočet závitů je obdobný jako u křížového vnitř (34), (35). Závity se nekříží, ale kladou se hladce vedle sebe. Proto se výpočtem nebudeme zabývat. Pro informaci uvádíme výsledek. Tlumivka pro výhybku s indukčností 1,7 mH měla vnitřní průměr šablony 30 mm, šířku 16 mm a na ní 212 závitů drátu 0,95 mm, takže vnější průměr čel šablony vyšel asi na 60 mm. Rozměry takové tlumivky lze ostatně posoudit ze snímku stavebnice reproduktorové soustavy TESLA na obr. 174.

Třípásmová reproduktorová soustava se skládá z hlubokotónového reproduktoru (pro skříň o obsahu 40 l podle žádané impedance např. typ ARN

734), středotónového reproduktoru (ARO 667), vysokotónového reproduktoru (např. ARV 160) a dvou výhybek. Názory na dělicí kmitočty se v literatuře různí. Uvádí se první dělicí kmitočet mezi 500 až 800 Hz, druhý 3000 až 6000 Hz i více. N. p. TESLA Valašské Meziříčí doporučuje pro své reproduktory kmitočty 650 a 4000 Hz. Pro stereofonní reprodukci se však používá dolní kmitočet nižší, kolem 300 Hz, druhý mezi 3000 a 5000 Hz s ohledem na prostorový dojem přednesu.

Na obr. 175 je pro informaci zapojení třípásmové reproduktorové soustavy TESLA o impedanci  $4 \Omega$  s příslušnými odpory pro vyrovnání citlivosti jednotlivých reproduktorů a výhybkové členy pro dělicí kmitočty 650 a 4000 Hz. Na obr. 176 je kmitočtový průběh této soustavy.

### 3.3. Sluchátka

Stejně jako v reproduktoru se i ve sluchátkách přeměňuje elektrická energie na zvukovou. I když se již sluchátka všeobecně v radiotechnice nepoužívají, nacházejí dosud velké uplatnění v různých odposlechových službách a v poslední době i při stereofonním poslechu hudby.

#### 3.3.1. Náhlavní sluchátka s velkou impedancí

V podstatě se podobají Bellovu telefonu. Na pólech permanentního magnetu ve tvaru ploché podkovy jsou upevněny pólové nástavce z měkkého železa s nasazenými cívkami. Cívky mají velký počet závitů drátu o průměru asi 0,03 až 0,05 mm. Těsně nad pólovými nástavci je membrána ze slabého železného plechu. Membrána je na svém okraji upevněna a vypjata svou pružností. V klidu ji permanentní magnet sluchátka mírně přitahuje a prohýbá dovnitř. Prochází-li cívkou sluchátka střídavý proud akustických kmitočtů, zeslabuje magnetický tok stálého magnetu. V rytmu těchto změn membrána kmitá.

Impedance sluchátek bývá různá. Pro telefonní účely je malá, 50 až 200  $\Omega$ , pro rádiové je 2000 až 4000  $\Omega$  i více.

Nevýhodou popsaných sluchátek je jejich omezený kmitočtový rozsah. Nepřenášejí ani nízké, ani vysoké tóny. Jsou vhodná pro přenos řeči (pásmo asi 300 až 3400 Hz) a nestačí k dobrému přenosu hudby.

#### 3.3.2. Náhlavní stereofonní sluchátka s malou impedancí

Pro stereofonní poslech hudby ze zařízení s věrnou reprodukcí se používají stereofonní dynamická sluchátka. Elektroakustické měniče jsou provedeny podobně jako u dynamických reproduktorů. Na mušle sluchátek se nasazují náušníky s měkkou vložkou z plastu. Ty umožňují i dlouhodobé příjemné

nošení sluchátek. Takto upravená sluchátka také dokonale izolují posluchače od vnějšího hluku. Proto se také používají v prodejnách gramofonových desek.

Kmitočtový rozsah dobrých stereofonních sluchátek bývá udáván v rozsahu 20 až 20 000 Hz. Harmonické zkreslení je menší než 1 %, citlivost 100 dB/1 mW. Impedance bývá řádově desítky ohmů.

Jednotlivé systémy pro pravý i levý kanál jsou vyvedeny na jeden konektor typu 6 AF 896 41 (u stereofonních sluchátek TESLA) nebo bývají vyvedeny na dva reproduktorové konektory. Technické hodnoty stereofonních sluchátek TESLA — ARF 210:

kmitočtový rozsah 50 až 15 000 Hz,

citlivost při 1 kHz větší než 105 dB/1 mW,

impedance  $2 \times 75 \Omega$ .

### 3.3.3. Miniaturní sluchátka (sluchátka do ucha)

K naslouchacím přístrojům pro nedoslýchavé, ke kontrolnímu poslechu a k malým tranzistorovým přijímačům se používají miniaturní sluchátka. Sluchátka (bez zvláštních nároků na kvalitu poslechu) lze zasunout do ušního otvoru nebo se dodávají se zvláštním závěsem na ucho.

K přístrojům se připojují různě provedenými dvoupólovými miniaturními konektory.

Jejich impedance bývá asi 10 až 200  $\Omega$ .

## 3.4. Gramofonové přenosky

Jiným druhem elektroakustických měničů jsou přenosky k přehrávání gramofonových desek. Některé přenosky jsou reciproké měniče a používají se jak při nahrávání, tak i při reprodukci. Pro nás mají význam jen přenosky přehrávací. Budeme se zabývat jen vlastními systémy, tzv. vložkami přenosek. Konstrukci ramének, pohonů atd. řeší totiž výrobce — TESLA Litovel, n. p. nebo Gramofonové závody.

Gramofonové desky dělíme na tzv. standardní (starý druh) se 78 ot/min a dlouhohrající s 33 a 45 ot/min. (Frekvence otáček 16 ot/min se používá málo, pouze u desek s mluveným slovem, např. pohádkami). Dosud se hojně používají gramofony pro oba druhy desek, ale novější přístroje — i monofonní — se již stavějí pro desky pouze s úzkou drážkou, protože standardní desky se nadále nevyrábějí. Zato jsou běžné gramofony stereofonní, zčásti i kvadrofonní.

Hlavní druhy dnes používaných přenosek jsou krystalové neboli piezoelektrické a dynamické. Dříve se používaly elektromagnetické přenosky s výměnnými ocelovými jehlami. Byly vhodné jen pro standardní desky s 78 ot/min. Pro nepřilíši jakostní reprodukci se již nevyrábějí. Také jiné

soustavy, např. elektrostatické nebo elektrooptické se pro komplikace v provozu používají jen výjimečně a u nás se rovněž nevyrábějí.

Vložky nebo jejich vývody jsou označeny pro rozlišení takto: Pro 78 ot/min zeleně nebo písmenem N, pro 33 a 45 ot/min červeně nebo písmenem M a stereofonní bíle nebo znakem dvou protínajících se kroužků.

a) Elektromagnetické přenosky byly první elektrické snímače zvuku z gramofonových desek. Objevily se asi před 50 lety. Kotvička s ocelovou jehlou se pohybovala v dutině cívečky mezi pólovými nástavci magnetu. Hlavice byla dost těžká a jehlu bylo nutné po každé desce vyměnit. Impedance těchto přenosek byla několik málo kiloohmů a citlivost (výstupní napětí) řádu desetin voltů. Kmitočtový rozsah byl asi od 80 do 6000 Hz.

b) Piezoelektrické neboli krystalové přenosky jsou pro svou jednoduchost a jiné výhody dodnes nejrozšířenější. Základem je výbrus krystalu jako u krystalového mikrofону (dvojče), většinou torzního typu, na jednom konci upevněný. Na druhém konci se jej dotýká chvějka se safírovým nebo i diamantovým hrotem. Hlavice krystalové přenosky je malá a lehká (např. oblíbený starší tvar přenosky PK 3 zvaný „hadí hlava“). Jsou to přenosky výhylkového typu.

c) Dynamické přenosky mají systém s otočnou cívečkou umístěnou v poli permanentního magnetu. Jsou to přenosky rychlostního typu. Po akustické stránce jsou to nejlepší přenosky. Mají však malou impedanci a dávají nízké výstupní napětí, které je nutné zvyšovat jakostním transformátorem.

### 3.4.1. Snímací hroty

U novodobých přenosek se místo jehel používají safírové nebo diamantové hroty. Zpočátku byly reklamou označovány za věčné jehly, ale to nesmíme brát doslova. I tyto tvrdé hroty se obušují a je nutné je po čase vyměnit. Náhradní hroty s celou chvějkou se prodávají v prodejnách Supraphonu nebo je vymění příslušné opravny. Důležitá je tloušťka a zaoblení hrotu, které se volí podle druhu desky. Pro standardní desky (78 ot/min) je povoleno zaoblení hrotu 50 až 60  $\mu\text{m}$ , pro monofonní desky s úzkou drážkou (33 a 45 ot/min) v rozmezí 15 až 25  $\mu\text{m}$  a pro stereofonní desky jen 13 až 18  $\mu\text{m}$ . Přenoskou pro stereofonní desky lze tedy přehrávat i monofonní desky s úzkou drážkou, a to i čs. druh označený „supralong“.

Starší přenosky a vložky jsou opatřeny dvěma hroty — pro standardní a dlouhohrající desky — umístěnými buď na dvou chvějkách vedle sebe (přenoska PK3), nebo na jedné chvějce za sebou. Žádaný hrot se nastaví proti drážce desky buď otočným knoflíčkem (PK3), nebo nakloněním vložky kolem čepu páčkou do polohy označené příslušnou barvou nebo značkou.

Je nutné dodržovat svislou sílu na hrot (nesprávně tlak na hrot), která je různá podle druhu přenosky a doporučuje ji výrobce. Tyto tlaky jsou totiž překvapivě velké — vzhledem k malé dosedací plošce hrotu je to u běžné

přenosky asi  $42 \text{ N/cm}^2$ . Sílu nastavujeme u jednoduchých ramének napí-  
nací pružinou, u těžších dynamických hlav protizávažím na opačném konci  
raménka.

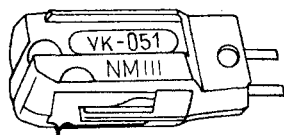
Výměna safírového hrotu u vložek se svislou silou  $0,05$  až  $0,07 \text{ N}$  (běžné  
komerční gramofony) se doporučuje asi po  $100$  provozních hodinách, což  
odpovídá  $350$  až  $400$  stranám desek o průměru  $25 \text{ cm}$  nebo  $750$  až  $800$   
stranám malých desek o průměru  $17 \text{ cm}$ . Pro stereofonní desky, které mají  
v jedné drážce dvě informace (tzv. pravý a levý kanál), doporučujeme pro  
jistotu výměnu po poloviční době. (Směrodatné by bylo pozorování opo-  
třebenění hrotu pod mikroskopem).

Diamantové hroty jsou zatím vzácné a opatřují se jimi jen přenosky  
vrcholových parametrů. Vydrží mnohem delší hrací dobu, až  $2000$  provoz-  
ních hodin.

### 3.4.2. Krystalové vložky

Uveďme si stručně vlastnosti monofonních i stereofonních vložek čs.  
výroby podle údajů n. p. TESLA Litovel:

VK051 (obr. 177) je monofonní vložka starší výroby (používaná mj. ve  
zminěném raménku PK3 „hadí hlava“). Má rozměry  $12 \times 13 \times 28 \text{ mm}$   
a dva safírové hroty na dvou chvějkách vedle sebe — pro standardní desky



Obr. 177. Monofonní krysta-  
lová vložka VK 051

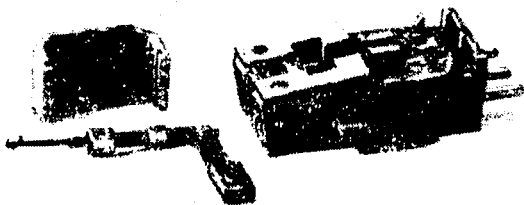
(zelené označení) a pro desky s úzkou drážkou (červené označení). Vývod  
„živé“ elektrody je označen vylisovaným trojúhelníkem. Žádaný hrot se  
nastavuje natočením tělíska vložky. Kmitočtový rozsah je  $50$  až  $12\,000 \text{ Hz}$   
 $\pm 12 \text{ dB}$ ; výstupní napětí na  $1 \text{ kHz}$  je asi  $180 \text{ mV}$ . Svislá síla na hrot je  
 $0,06$  až  $0,08 \text{ N}$ , zatěžovací impedance  $1 \text{ M}\Omega$  (pro elektronkové zesilovače;  
pro tranzistorové by bylo nutné volit zapojení s velkým vstupním odporem  
nebo lépe s tranzistorem MOS-FET).

VK311MS je krystalová vložka s dvěma hroty na společné chvějce, pro  
standardní a dlouhohrající desky i desky stereofonní. Kmitočtový rozsah  
je  $50$  až  $12\,000 \text{ Hz}$   $\pm 10 \text{ dB}$ , výstupní napětí asi  $250 \text{ mV}$ . Přeslech stereo-  
fonních kanálů je  $14 \text{ dB}$ , svislá síla na hrot  $0,05$  až  $0,07 \text{ N}$ . Zatěžovací  
impedance je  $1 \text{ M}\Omega$ . Jednotlivé hroty se zařazují naklápěním vložky kolem  
příčné osy.

VK311NMS má podobné vlastnosti jako typ VK311MS. Je však opatřena  
hroty pro stereofonní a úzkou drážku, které se rovněž zařazují sklopením  
vložky.

VK5305 (obr. 178) je stereofonní krystalová vložka, která může snímat také

standardní a dlouhohrající desky s úzkou drážkou. Výstupní napětí je asi 150 mV, kmitočtový rozsah je 40 až 14 000 Hz  $\pm 8$  dB, svislá síla na hrot 0,04 až 0,05 N, přeslechy při stereofonním poslechu 14 dB. Zatěžovací impedance rovněž 1 M $\Omega$ .



Obr. 178. Stereofonní krystalová vložka VK 5305



Obr. 179. Stereofonní i monofonní vložka VK 4301

VK4301 (obr. 179) je stereofonní krystalová vložka se safírovým hrotem, určená pro stereofonní a monofonní desky s úzkou drážkou. Kmitočtový rozsah je 50 až 12 000 Hz  $\pm 10$  dB, výstupní napětí asi 120 mV. Svislá síla na hrot je 0,05 až 0,065 N, přeslechy při stereofonní reprodukci 14 dB, zatěžovací impedance 1 M $\Omega$ . Stereofonní krystalové vložky mají tři vývody — dva signálové pro pravý a levý kanál, třetí je stínění (opletení) šňůry.

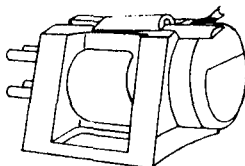
VK4202 a VK4302 jsou stereofonní vložky se safírovým hrotem, použitelné i pro desky s úzkou drážkou. U obou je kmitočtový rozsah 40 až 14 000 Hz  $\pm 8$  dB, výstupní napětí asi 180 mV, přeslechy 14 dB, zatěžovací impedance 1 M $\Omega$ . Svislá síla na hrot u typu VK4202 je 0,04 až 0,06 N, u typu VK4302 je 0,045 až 0,065 N.



### 3.4.3. Dynamické vložky

Nejkvalitnější — ale také nejdražší — jsou dynamické přenosky. Mají široké kmitočtové pásmo, ale malý výkon a malou impedanci. Jsou poměrně těžké, a proto se jejich hmotnost musí zmenšovat protizávažím na raménku, aby svislá síla na hrot nepoškozovala drážky desek.

VM2101 (obr. 180) a VM2102 jsou dynamické přenoskové vložky pro kvalitní stereofonní reprodukci. Jsou jakostní třídy I, opatřené diamantovými hroty. Vložky mají čtyři vývody.



Obr. 180. Magnetodynamická vložka VM 2101

Technické údaje: Kmitočtový rozsah je 20 až 20 000 Hz  $\pm$  6 dB, přeslech na 1 kHz je maximálně 20 dB, citlivost na 1 kHz při rychlosti 1 cm/s je asi 1,5 mV, rozdíl v citlivosti obou kanálů nejvíce 2 dB, svislá síla na hrot 0,02 až 0,025 N, zatěžovací impedance 50 k $\Omega$ .

Upozornění:

Vzhledem k mezinárodně doporučenému průběhu nahrávacích charakteristik pro standardní a dlouhohrající desky, které přijala i ČSSR a vtělila do ČSN 36 8412 a ČSN 36 8413, podle nichž se nahrávají čs. gramofonové desky, jsou nízké kmitočty potlačovány (jejich drážky by zabraly mnoho místa), a to u desek s úzkou drážkou na 40 Hz o  $-17,8$  dB při referenčním kmitočtu 1000 Hz (0 dB), kdežto vysoké kmitočty jsou vyzvedávány (např. u 12 000 Hz o 15,2 dB). Pro zlepšení jakosti a pro potlačení šumu vyžadují všechny přenosky zapojení přes korekční filtr, který kmitočtovou charakteristiku při reprodukci vyrovná. Jejich zapojení a stavba přesahuje rámec této příručky. Chceme jen zdůraznit, že u všech druhů krystalových přenosek jsou tyto korekce zahrnuty v mechanismu vložek, takže krystalové přenosky nepotřebují žádné elektrické filtry!

### 3.4.4. Magnetofonové hlavy

Profesionální magnetofony s poměrně velkou rychlostí posuvu pásku (38 a 19 cm/s i větší), které se používají v rozhlasu a v televizi, mají většinou tři hlavy: nahrávací, snímací neboli reprodukční a mazací. Oddělením funkce nahrávání a reprodukce se má dosáhnout co nejlepšího přizpůsobení každé hlavy provozním podmínkám při co nejmenším zkreslení. U komerčních magnetofonů s menšími rychlostmi posuvu (4,75, 9,53, popř. 19 cm/s)

Tabulka 180. Magnetofonové hlavy TESLA

Typ	Druh	Indukčnost [mH] při měřicím kmitočtu [kHz]	Záznamový proud při $f = 1$ kHz [ $\mu$ A]	Předmagne- tizační proud [mA] při kmitočtu [kHz] <sup>(4)</sup>	Mazací proud [mA] a kmitočet [kHz] <sup>(4)</sup>	Pro magnetofony typu
ANH 105	mazací půlstopá	0,8/1	—	—	60/70	A 5
ANP 900		4 000/0,4 <sup>(1)</sup>				
ANP 904	univerzální půlstopá	1 000/0,4 <sup>(2)</sup>	80	2/50	—	Sonet, Sonet Duo
ANP 905	mazací půlstopá	10/0,4	—	—	<70/50	Sonet, Sonet Duo
ANP 907	mazací půlstopá	1,85/0,4	—	—	<100/60	B 41
ANP 908	univerzální půlstopá	100/0,4	150	1,5/50	—	Uran, Pluto, B 41, B 44, Echo- lana (snímací)
ANP 909	záznamová půlstopá	12/0,4	350	3/85	—	dozvukové zařízení Echolana
ANP 911	mazací půlstopá	1,85/0,4	—	—	<60/80	Uran, Pluto, B 41, B 44, Echo- lana
ANP 935	univerzální čtvrtstopá	35/0,4	180	2,2/85	—	B 3, B 4, B 5, B 42, B 43, B 45, B 46, B 54, B 57, B 58, B 70, B 90, B 100, B 100A
ANP 937	záznamová čtvrtstopá	23/1	180	1,1/80	—	B 73, B 115
ANP 938	snímací čtvrtstopá	330/1	—	—	—	B 73, B 115

ANP 939	mazací čtvrtstopá	2,2/0,4	—	—	50/70	B 3, B 4, B 42, B 43, B 93, B 100, B 100A
ANP 940	mazací čtvrtstopá <sup>3)</sup>	2,2/1	—	—	50/70	B 43, B 73
ANP 945	mazací půlstopá	1/1	—	—	<70/80	} stereofonní magnetofony se zvláště kvalitní reprodukcí (pro Hi-Fi kluby)
ANP 946	univerzální půlstopá	115/1	160	2,2/80	—	
ANP 954	mazací čtvrtstopá	1,2/1	—	—	60/70	B 5, B 54, B 57, B 58, B 70, B 90, B 115, B 700
ANP 956	mazací čtvrtstopá	2,2/1	—	—	50/70	B 46
ANP 958	univerzální čtvrtstopá	39/1	180	1,9/85	—	B 93, B 700
ANP 960	univerzální půlstopá	90/1	120	0,7/70	—	A 3
ANP 961	mazací půlstopá	0,8/1	—	—	60/70	A 3, A 3 vkv, B 60, B 200
ANP 964	univerzální půlstopá	110/1	115	0,4/70	—	B 60, B 200
ANP 967	univerzální půlstopá	90/1	120	0,4/70	—	A 3, A 3 vkv
ANP 969	univerzální půlstopá	110/1	115	0,4/70	—	A 5

1) celé vinutí, 2) polovina vinutí, 3) kombinovaná mezera, 4) proud při kmitočtu udaném za lomící čarou.

a menšími nároky se používá výhradně jedna univerzální kombinovaná hlava pro nahrávání i reprodukci. Mazací hlava má za úkol smazat předchozí záznam, což se děje těsně před novou nahrávkou vysokofrekvenčním proudem o kmitočtu řádu desítek kilohertzů.

Hlavní typy čs. magnetofonových hlav nahrávacích, reprodukčních, kombinovaných a mazacích uvádí tab. 180. Místo impedance se udává indukčnost hlavy při určitém měřicím kmitočtu, např. 90/1 znamená indukčnost 90 mH při kmitočtu 1 kHz. U mazacích hlav je důležitá i velikost mazacího proudu, nutná k dokonalému smazání předchozích záznamů, a jeho kmitočet.

Předmagnetizační proud (tab. 174a) se obvykle odebírá z mazacího generatoru. Záleží však do značné míry také na druhu použitého magnetofonového pásku.

Nakonec jsou v tabulce uvedeny hlavní typy komerčních čs. magnetofonů, v nichž se tyto hlavy používají.

## 4. Měřicí přístroje ručkové

### 4.1. Všeobecně

V elektronice se dosud převážně používají měřicí přístroje ručkové, i když se stále více prosazují měřidla digitální, která udávají měřenou hodnotu číslicemi. Nejčastěji jde o ručkové přístroje panelové, většinou jednorozsahové, umístěné na panelu napájecích zdrojů, vysílačů apod.

#### *Měřicí přístroje panelové*

Panelové měřicí přístroje mají typizované pouzdro z izolační hmoty se čtvercovým průřelím. Výrobce n. p. Metra Blansko je donedávna dodával pod označením DHR s přidanou číslicí, udávající průměr otvoru v panelu [cm], ve třech rozměrech: DHR 3, DHR 5 a DHR 8.

Tyto přístroje se již nevyrábějí, nahradily je typy MP s průhledným krytem na celé přední ploše. Jsou v rozměrové řadě MP 40, MP 80 a MP 120 a číslice zde udává rozměr průřelí [mm]. Panelové přístroje obsahují magnetoelektrický systém s otočnou cívkou. Jsou určeny pro stejnosměrný proud a napětí. Ručka je nožová. Pouzdro, které chrání vlastní měřicí ústrojí, je z plastické hmoty, válcového tvaru. Zapouští se do kruhového otvoru panelu a připevňuje přelchytkami. Vliv materiálu panelu je zanedbatelný. Pracovní poloha je svislá, přístroje mohou pracovat za okolní teploty  $-40$  až  $+50^{\circ}\text{C}$  a při relativní vlhkosti 90 %. Základní měřicí rozsahy napětí i proudu jsou v řadě 1 — 1,5 — 2,5 — 4 — 6 — 10 a dekadických násobcích. Pro střídavé proudy o kmitočtu 30 až 10 000 Hz se používají přístroje se stykovým usměrňovačem (popř. s polovodičovými diodami) označené MuP. Silnější vysokofrekvenční proudy a nesinusový průběh měří přístroj s termoelektrickým článkem MtP. Speciálně upraveným přístrojem MkP lze měřit teplotu, jinými obrátky apod.

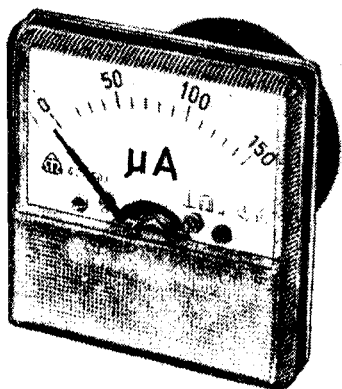
Přístroj MP 40 (obr. 181) má čelní rozměr  $40 \times 40$  mm, délka ručky je asi 30 mm, výchylka  $90^{\circ}$ , hmotnost asi 35 g. Třída přesnosti je 2,5. Průměr potřebného otvoru v panelu je 32 mm.

Přístroj MP 80. Přední rozměr je  $80 \times 80$  mm, výchylka ručky  $80^{\circ}$ , hmotnost asi 200 g. Třída přesnosti 1,5, u ořemesuvzdorného provedení 2,5. Průměr otvoru v panelu je 67 mm.

Přístroj MP 120. Rozměr průřelí  $120 \times 120$  mm, výchylka ručky  $80^{\circ}$ , hmotnost asi 300 g. Potřebný otvor v panelu je 67 mm. Přesnost jako u typu MP 80.

Všechny tři typy mohou pracovat při teplotě  $-40$  až  $+45^{\circ}\text{C}$  a relativní vlhkosti 90 % (krátkodobě 95 %).

K oběma posledním typům se dodává přídatné prosvětlovací zařízení se žárovkou 12 V/3 W (TESLA 5472). Bočnisky a transformátory pro silnější proudy jsou v samostatných oddělených pouzdrech; je nutné brát v úvahu odpor připojovacího vedení, udaný výrobcem.



Obr. 181. Panelové ručkové měřidlo  
METRA MP 40

Tabulka 181. Vnitřní odpor panelových měřicích přístrojů (informativní)

Rozsah	Vnitřní odpor [ $\Omega$ ]		Rozsah	Vnitřní odpor [ $\Omega$ ]	
	MP 40	MP 80, MP 120		MP 40	MP 80, MP 120
10 $\mu\text{A}$	—	6000	10 mV	5	100
15 $\mu\text{A}$	—	6000	15 mV	8	100
25 $\mu\text{A}$	—	6000	25 mV	14	150
40 $\mu\text{A}$	—	6000	40 mV	22	160
60 $\mu\text{A}$	4000	6000	60 mV	33	240
100 $\mu\text{A}$	1800	1800	100 mV	55	400
150 $\mu\text{A}$	800	850	150 mV	80	600
250 $\mu\text{A}$	800	260	250 mV	140	1000
400 $\mu\text{A}$	500	850	400 mV	220	1600
600 $\mu\text{A}$	330	750	600 mV	330	2400
1 $\mu\text{A}$	330	185	1 V	550	1000
1,5 mA	80	125	1,5 V		1500
2,5 mA	33	50	2,5 V		2500
4 mA	18	33			
6 mA	7	15			
10 mA	3,5	3			

## Změna měřicího rozsahu

Základní rozsahy lze podle potřeby měnit, známe-li vnitřní odpor systému měřidla. Toho se používá k rozšíření napěťového rozsahu voltmetru nebo zvětšení proudového rozsahu, při konstrukci univerzálního několikarozsahového měřicího přístroje (volt-ampér-ohmmetru) apod.

V tabulce 181 jsou uvedeny vnitřní odpory přístrojů MP 40 a MP 80/120 pro nejčastěji používané nižší rozsahy. (Hodnoty jsou směrné, výrobce připouští toleranci  $\pm 20\%$ .)

### 1. Zvětšení proudového rozsahu

K přístroji se připojí paralelní odpor (bočník).

$$R_b = \frac{R_i}{n - 1} \quad [\Omega; \Omega] \quad (52)$$

kde  $R_b$  je odpor bočníku,

$R_i$  vnitřní odpor měřidla,

$n$  poměr žádaného rozsahu k proudu měřidla.

### 2. Zvětšení napěťového rozsahu

K přístroji se do série zapojí předřadník

$$R_p = R_i (n - 1) \quad [\Omega; \Omega] \quad (53)$$

kde  $R_p$  je předřadník,

$R_i$  vnitřní odpor voltmetru,

$n$  poměr obou napětí.

3. Voltmetr z mikroampérmetru (popř. z miliampérmetru) získáme připojením sériového předřadníku pro žádaný rozsah. Vlastní odpor měřidla musíme odečíst, není-li zanedbatelný.

Předřadník vypočteme

$$R_p = \frac{U \cdot 10^6}{i_0} \quad [\Omega; V, \mu A] \quad (54)$$

kde  $R_p$  je předřadník,

$U$  požadované napětí pro plnou výchylku,

$i_0$  proud měřidla.

(Při proudu  $i_0$  v mA bude v čitateli mocnina  $10^3$ .)

Ve všech případech je nutné také respektovat proud, procházející přidaným předřadníkem nebo bočníkem — a podle toho s rezervou volit jeho zatížení ve W!

*Příklady:* 1. Měřicí rozsah miliampérmetru MP 40 chceme rozšířit z 1 mA na 6 mA. Jaký odpor bude mít připojený bočník?

Z tabulky zjistíme vnitřní odpor měřidla  $R_i = 330 \Omega$ . Poměr měřicích rozsahů  $n = \frac{6}{1} = 6$ . Podle vzorce (52) bude potřebný bočník

$$R_b = \frac{330}{6 - 1} = \frac{330}{5} = 66 \Omega$$

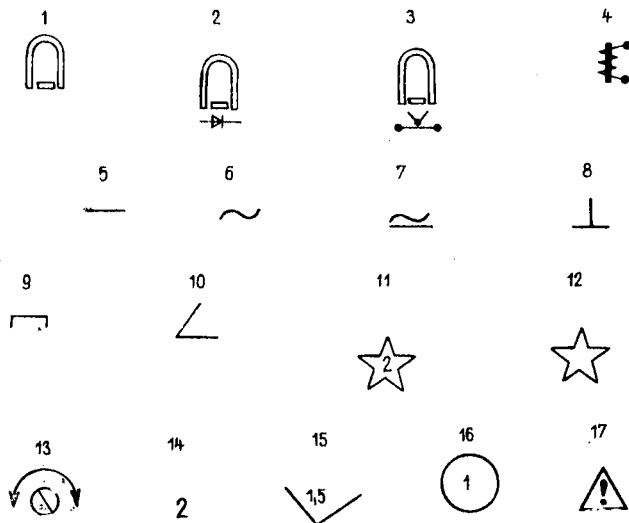
2. Měřidlo MP 80 s rozsahem  $250 \mu\text{A}$  chceme přeměnit na voltmetr do 5 V. Jaký potřebujeme předřadník?

Dosazením do vzorce (54) určíme  $R_p = \frac{5 \cdot 10^6}{250} = \frac{5000 \cdot 10^3}{250} = 20 \cdot 10^3 = 20\,000 \Omega$ . (Správně bychom měli odečíst odpor systému  $R_i = 260 \Omega$ , takže by byl odpor  $R_p = 20\,000 - 260 = 19\,740 \Omega$ . Ovšem při 20 % toleranci vnitřního odporu a dovolené odchylce odporu bude stejně nutné nové nastavení).

Upozornění. N. p. Metra Blansko sdělil, že některé měřicí přístroje již nevyrabí (např. odporové můstky Omega I až III, nahrazené přístroji dovezenými z PLR; DU 10 a DU 20, které částečně nahrazují přístroje Metra řady PU nebo dovoz; Icomet, místo kterého se dodává přístroj RLC 10 atd.). To platí do budoucna i o panelových měřidlech MP, za něž bude náhradní dovoz z PLR (Metronex Varšava) a SSSR (Mašpriborintorg) — v době pořizování rukopisu však nebylo ještě konkrétně rozhodnuto o jmenovitých náhradních typech.

## 4.2. Značky na měřicích přístrojích

Ručková měřidla mají kromě stupnice, označení měřicího oboru (V,  $\Omega$ , mA apod.) a jména nebo značky výrobního podniku obvykle i několik značek, které je nutné znát a respektovat. Určují totiž druh měřidla (magnetoelektrický, tepelný aj.), jeho pracovní polohu, třídu přesnosti, zkušební



Obr. 182. Značky na měřicích přístrojích



napětí atd. Hlavní z těchto značek používaných na přístrojích popisovaných dále jsou uvedeny na obr. 182. Symboly označují

a) Druh měřidla: 1-magnetoelektrické (s otočnou cívku, deprézké); 2-magnetoelektrické s usměrňovačem; 3-magnetoelektrické s termoelektrickým článkem; 4-feromagnetické (elektromagnetické, nesprávně „se železem“).

b) Druh proudu nebo napětí: 5-stejnosměrný; 6-střídavý; 7-stejnosměrný i střídavý (univerzální měřidlo);

c) Pracovní poloha přístroje: 8-svislá (panelové měřidlo); 9-vodorovná (stolní měřidlo); 10-šikmá, popř. s údajem úhlu sklonu;

d) Zkušební napětí: 11-v pěticípé hvězdičce je vyznačeno zkušební napětí v kV; 12-černá hvězdička bez číslice znamená zkušební napětí 500 V. (U starších přístrojů, zvláště zahraniční výroby, bývala i zelená nebo červená hvězdička podle výšky zkušebního napětí);

e) Korekce nulové polohy ručky: 13-oblouček kolem stavěcího šroubku označuje místo mechanického nastavování ručky šroubovákem;

f) Třída přesnosti: 14-přesnost měřidla se udává číslicí, která znamená přesnost v procentech maximální hodnoty rozsahu, např. 2 znamená  $\pm 2\%$ . Rozlišujeme přístroje laboratorní s přesností 0,1, 0,2 a 0,5. Třidu přesnosti 1; 1,5; 2 nebo 2,5 mají přístroje dílenské nebo provozní. Některé univerzální měřicí přístroje mají rozdílnou přesnost pro stejnosměrné a střídavé hodnoty. (Např. někdejší Avomet Metra měl pro stejnosměrné rozsahy přesnost 1, pro střídavé přesnost 1,5.); 15-značka udává přesnost v procentech délky stupnice; 16-číslice v kroužku udává přesnost v procentech skutečně měřené hodnoty.

17-vykríčník v trojúhelníčku zdůrazňuje nutnost zacházení s měřidlem podle návodu k obsluze, aby nedošlo k jeho poškození, zvláště u složitějších přístrojů, např. Metra PU 120.

Údaje přesnosti platí obvykle při teplotě okolí  $+20^{\circ}\text{C}$ , při střídavých veličinách pro sinusový kmitočet 50 Hz. Chyby vzniklé odchylkou teploty o  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  nebo kmitočtu o  $\pm 10\%$  nemají přesáhnout udanou hodnotu přesnosti přístroje.

### 4.3. Univerzální měřicí přístroje

Jde spíše o pomocné zařízení než o součástky, ale protože se bez nich neobejdou dílny, opravny ani radioamatéři a protože ve skladbě sortimentu došlo k závažným změnám, uvádíme alespoň hlavní z těchto přístrojů.

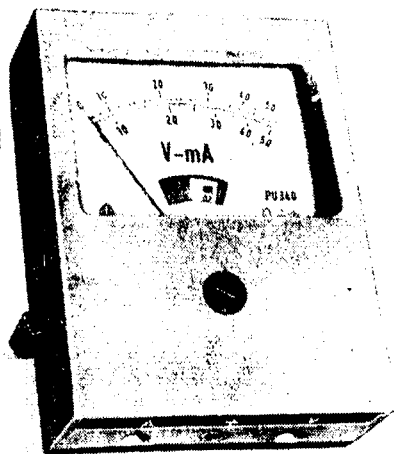
Jsou to většinou příruční několikaúčelové přístroje (např. volt-ampér-ohmmetr) s několika rozsahy, malých rozměrů, pro rychlé měření s dostatečnou přesností. Z celé řady, kterou vyrábí n. p. Metra Blansko, vyjímáme několik typů.

PU 340 (obr. 183) je kapesní univerzální přístroj vhodný pro dílenskou a radioamatérskou praxi. Po straně je opatřen páčkovým řadičem; zapo-

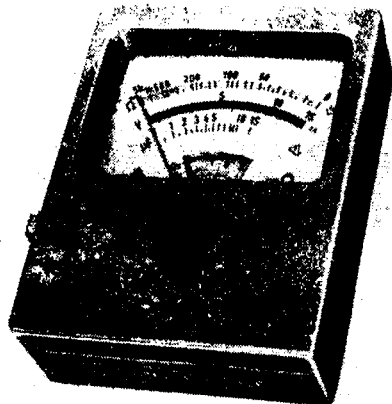
jený rozsah a násobitel se ukáže v okénku pod stupnicí, která má dvojí dělení. Přívody se zasunou do zdířek na spodní hraně krytu; společná je +, levá V pro měření napětí, pravá A pro měření proudů. K usměrnění slouží diody s přivařeným hrotem. Skříňka je dvoubarevná z plastické hmoty se skleněným okénkem.

Rozsahy: napětí stejnosměrné i střídavé 10 — 50 — 250 — 500 V, proudy stejnosměrné i střídavé 0,5 — 5 — 50 — 500 mA.

Vnitřní odpor 2 k $\Omega$ /V, třída přesnosti 2,5. Úbytek napětí při měření proudů 0,6 až 1,3 V. Protože jsou na vstupu připojeny diody, nezáleží ani při měření stejnosměrného proudu a napětí na polaritě přívodů. Střídavé napětí do 50 V lze měřit do kmitočtu 10 kHz s přídatnou chybou maximálně 2,5 %.



Obr. 183. Kapesní univerzální měřicí přístroj PU 340



Obr. 184. Kapesní ohmmetr a měřič kapacit Mx 20

Rozměry skříňky jsou 75 × 102 × 34 mm, hmotnost 180 g. K přístroji se dodává ochranné pouzdro a šňůry s měřicími hroty.

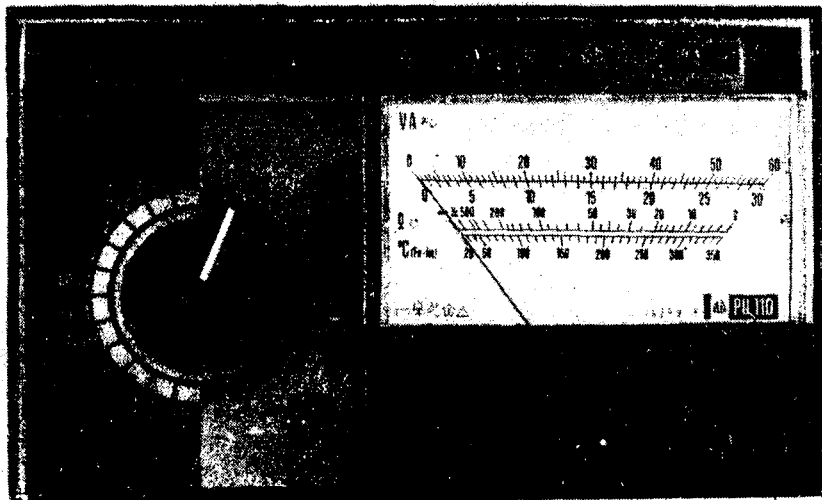
Mx 20 (obr. 184) je kapesní přístroj třídy 2,5 pro rychlé měření odporů, napětí a velkých kapacit (čs. patent). Skříňka je stejná jako u přístroje PU 340. Postranní páčkový přepínač zařazuje měřicí rozsahy. Stupnice jsou rozlišeny barvou. Přívodní zdířky jsou na spodní straně; společná je označena šipkou, prostřední je pro napětí, pravá pro odpory a kapacity.

Nula ohmmetru se nastavuje knoflíkovým potenciometrem na boku při zkratovaných zdírkách.

Napájení: 2 tužkové monočlánky 5081 nebo 154 (IEC R6).

Rozměry: 75 × 102 × 34 mm, hmotnost 200 g.

Měřicí rozsahy: stejnosměrné napětí 0 až 15 V, odpory 5 Ω až 1 MΩ a kapacity 15 až 15 000 μF. Dílčí rozsahy: v poloze 1 x — 0 až 1 kΩ nebo 0 až 15 000 μF; 10 x — 0 až 10 kΩ nebo 0 až 1500 μF; 100 x — 0 až 100 kΩ nebo 0 až 150 μF; 1000 x — 0 až 1 MΩ nebo 0 až 15 μF. (Údaje kapacity jsou informativní a závisejí na stavu baterie.) Při používání je nutné držovat návod.



Obr. 185. Volt-ampér-ohmmetr a měřič teplot PU 110

PU 110 (obr. 185) je univerzální přístroj pohlednicového formátu, který oproti dřívějšímu přístroji Avomet I má přidáný ohmmetr s možností měřit i teploty. V levé části je velký otočný přepínač rozsahů a nastavení nuly ohmmetru, vpravo vlastní měřidlo s vývodními zdírkami. Nahoře je přidavná zdířka pro střídavý proud 12 A. Ohmmetr se napájí z tužkového monočlánku 154 nebo 5081 (IEC R6) 1,5 V. Podrobnosti jsou v návodu k obsluze, přiloženém k přístroji.

Třída přesnosti 2,5, vnitřní odpor pro stejnosměrné veličiny 1 kΩ/V, pro střídavé 333 Ω/V.

Rozsahy: stejnosměrné napětí 60 mV — 3 V — 6 V — 30 V — 60 V — 300 V; spotřeba 1 mA,  
střídavé napětí 30 — 300 — 600 V; spotřeba 3 mA,

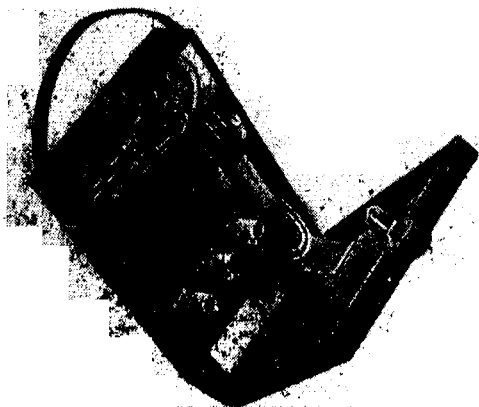
stejnoseměrné proudy (v závorce úbytek napětí) 30 mA (1 V) — 60 mA (750 mV) — 300 mA (130 mV) — 600 mA (120 mV) — 3 A (150 mV) — 6 A (250 mV) — 12 A (60 mV).

Odpory  $\times 1 \Omega : 0 - 50 \Omega - 1 \text{ k}\Omega$ ;  
 $\times 10 \Omega : 0 - 500 \Omega - 10 \text{ k}\Omega$ .

Teplota 0 až  $+350^\circ\text{C}$  se měří přídavným termočlávkovým čidlem SU 10 rozměrů  $\varnothing 25 \times 240 \text{ mm}$  s přívodním kabelem délky 1 m; hmotnost 100 g.

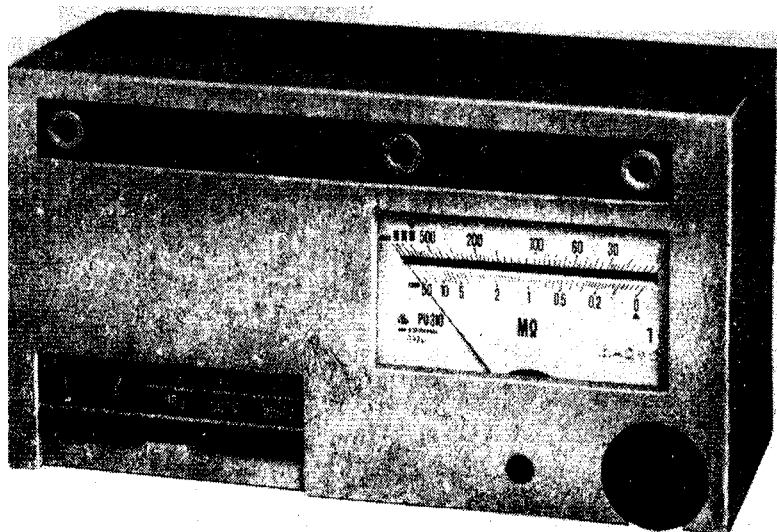
Rozměry skříňky PU 110 jsou  $150 \times 91 \times 37 \text{ mm}$ , hmotnost 350 g.

Souprava QU 110 (obr. 186) obsahuje v příručním kufříku měřicí přístroj PU 110 s příslušnými šňůrami a měřicími hroty, krokosvorky, kabel s oky atd., bočník BU 10 pro stejnosměrný proud 30 a 120 A (úbytek napětí 60 mV) rozměrů  $150 \times 40 \times 60 \text{ mm}$ , měřicí transformátor SM pro střídavý proud 15 — 25 — 50 A (při provlečení měřeného kabelu dvakrát nebo jednou středem transformátoru 100 a 300 A) k připojení na rozsah 6 A; hmotnost 1,5 kg. Hmotnost celé soupravy je asi 2,6 kg.



Obr. 186. Měřicí souprava QU 110

PU 310 (obr. 187) je tranzistorový měřič izolačních odporů. Může nahradit i dřívější typy Megmet 500 a Megmet 1000 s klikovým induktorem; je však mnohem lehčí a nevyžaduje pracné otáčení klikou. Tento ohmmetr měří izolace slaboproudých vedení elektrické instalace a zařízení podle ČSN. Lze jím ale měřit také izolační odpor kondenzátorů nebo kabelů o velké kapacitě. Vysoké měřicí napětí dodává tranzistorový měnič z baterie. Měřený objekt se připojuje do krajních zdírek  $R_x$ , prostřední zdířka S slouží k měření na komplikovaných sítích. Pro kontrolu, zda měřené vedení není pod napětím, slouží zabudovaná doutnavka pro napětí 110 až 500 V. Stupnice dlouhá 70 mm je cejchována v  $[\text{M}\Omega]$ . Třída přesnosti je 2,5. Rozsahy se zařazují tlačítky vlevo dole. Napájecí zdroj tvoří 2 ploché ba-



Obr. 187. Tranzistorový měřič izolačních odporů PU 310

terie typu 313 nebo 314 (IEC 3R12), dodávající podle zapojení proud 100 až 300 mA jen po dobu vlastního měření, což prodlouží jejich životnost až na 5000 měření.

Rozsahy:

Měřicí rozsah	100 V	500 V	1000 V
1	0 až 10 MΩ	0 až 50 MΩ	0 až 100 MΩ
2	2 až 1000 MΩ	10 až 5000 MΩ	20 až 10 000 MΩ

Rozměry přístroje PU 310 jsou 200 × 110 × 85 mm, hmotnost 1,2 kg.

PU 120 je velmi praktický univerzální přístroj pro opravy, dílny a radioamatéry. Má velký vnitřní odpor, dovoluje kromě měření stejnosměrného a střídavého napětí, stejnosměrného proudu a odporů také měření tranzistorů a s přidavnou sondou i měření vysokého napětí do 30 kV v televizorech.

V levé části panelu je otočný přepínač rozsahů, vpravo přístroj s několika stupnicemi. Nahoře vlevo vyčnívá knoflík potenciometru kompenzace  $I_{CBO}$ , vedle je regulátor budicího proudu báze  $I_B$ , uprostřed přepínací držák pro tranzistory PNP nebo NPN, vpravo knoflík nastavení nuly ohmmetru. Vnitřní odpor pro rozsahy stejnosměrného napětí je 20 000 Ω/V, pro střídavé napětí 8000 Ω/V, třída přesnosti 2,5. Mezi jinými značkami je

na stupnici i vykřičník v trojúhelníku, což znamená, že při používání je nutné přísně dodržovat návod k použití!

Měřicí rozsahy: stejnosměrné napětí 100 mV — 300 mV — 1 V — 3 V — 10 V — 30 V — 300 V, spotřeba 50  $\mu$ A,  
střídavé napětí 10 V — 30 V — 100 V — 300 V, spotřeba 125  $\mu$ A,  
stejnsměrný proud (a úbytek napětí) 50  $\mu$ A (100 mV) — 300  $\mu$ A (300 mV) — 3 mA (300 mV) — 30 mA (300 mV) — 300 mA (300 mV) — 3 A (450 mV).  
Odporů:  $\times 1$  — 0 až 1 k $\Omega$ ;  $\times 10$  — 0 až 10 k $\Omega$ ;  $\times 100$  — 0 až 100 k $\Omega$ ;  $\times 1000$  — 0 až 1 M $\Omega$ .

Tranzistory: Lze měřit typy NPN i PNP do kolektorové ztráty 150 mW (podle autorových zkušeností i značně větší, netrváme-li na měření za předepsaných pracovních podmínek). Proudový zesilovací činitel  $\beta$  má dvě stupnice — 0 až 100 a 0 až 250, přesnost  $\pm 10\%$ . Zbytkový proud  $I_{CBO}$  se zjišťuje na nejhořejší stupnici v rozsahu 0 až 50  $\mu$ A. U diody lze zkoušet podle návodu i proudy v propustném a závěrném směru.

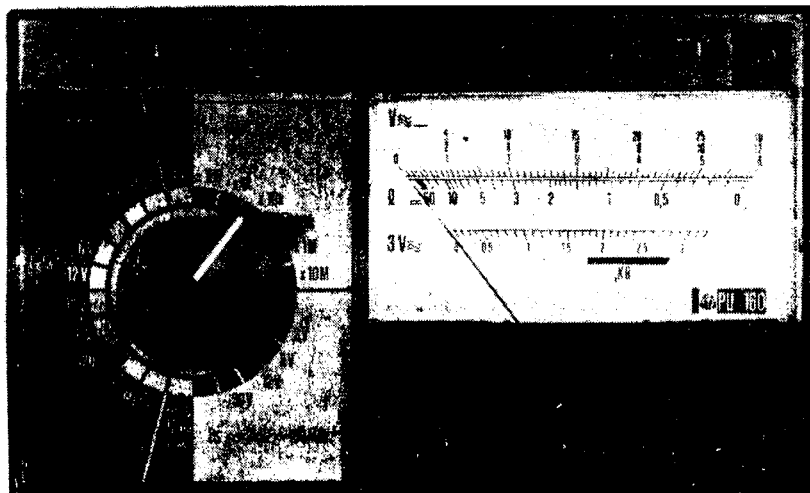
Napájecí zdroj tvoří 3 tužkové články 5081 nebo 154 (IEC R6). Rozměry skřínky jsou 151  $\times$  91  $\times$  44 mm, hmotnost 350 g.

Příslušenství tvoří ochranné pouzdro s víkem, šňůry se zkušebními hroty a banánky, dvě krokodýlové svorky aj. Zvláště se dodává bočník rozměrů 150  $\times$  40  $\times$  60 mm pro proud do 30 A (úbytek napětí 300 mV) a předřadný odpor RU 31 v izolované sondě  $\varnothing$  25  $\times$  300 mm do 30 kV. K přístroji se připojuje kabelem s banánky, „živý“ bod je na hrotu sondy. Zemní vodič je ukončen krokodýlovou svorkou se značkou uzemnění. Tento předřadný odpor je určen pouze pro měření stejnosměrného napětí na měkkých zdrojích, např. vysokého napětí televizních obrazovek, při spotřebě 50  $\mu$ A. Přístroj PU 120 se nyní již nevyrábí, je však vzhledem i použitím podobný přístroji PU 160 na obr. 188.

PU 160 (obr. 188) je malý univerzální volt-ohmmetr pro pracovníky ve slaboproudé elektrotechnice, servisní opravny a radioamatéry. Podobá se přístroji PU 120 (až na možnost zkoušení tranzistorů), má však ještě větší vnitřní odpor (30 M $\Omega$  pro stejnosměrná napětí), protože se v něm používají tranzistory MOSFET, takže v mnoha případech nahradí elektronkový voltmetr. Lze s ním měřit odporů od 10  $\Omega$  do 500 M $\Omega$ . Kromě toho lze měřit vysokofrekvenční napětí do kmitočtu 100 MHz s přídavnou vř sondou.

Měřicí šňůry s hroty a přídavné sondy se připojují do dvou zdířek pod stupnicovou částí přístroje. Vpravo nahoře je zdířka pro měření odporů a vedle ní konfík potenciometru k nastavení nuly odporové stupnice. Uprostřed nahoře je vypínač baterií s označením poloh vypnuto-zapnuto (v poloze zapnuto se objeví v levé části výřezu červená ploška). Potenciometr vlevo nahoře slouží k nastavení měřicího můstku (po zapnutí přístroje) před vlastním měřením.

Třída přesnosti po nastavení je  $\pm 2,5\%$ . Drift nuly za 10 minut po zapnutí nepřesáhne  $\pm 2,5\%$ . Při delším měření se doporučuje občas zkontrolovat vynulování.



Obr. 188. Univerzální přístroj PU 160 s velkým vnitřním odporem

Měřicí odpory a rozsahy se zařazují otočným přepínačem vlevo uprostřed. Měřicí rozsahy: stejnosměrné napětí 0,6 — 1,2 — 3 — 6 — 12 — 30 — 60 — 300 a 600 V při konstantním vnitřním odporu 30 M $\Omega$ . Měřicí rozsah lze rozšířit předřadníkem RU 21 do 1200 V.

Odpory (s přesností 2,5 % o délky stupnice):

- V poloze  $\times 100$  — 0 až 5 k $\Omega$  (střed stupnice 150  $\Omega$ ),
- $\times 1$  k — 0 až 50 k $\Omega$  (střed 1,5 k $\Omega$ ),
- $\times 10$  k — 0 až 500 k $\Omega$  (střed 15 k $\Omega$ ),
- $\times 100$  k — 0 až 5 M $\Omega$  (střed 150 k $\Omega$ ),
- $\times 1$  M — 0 až 50 M $\Omega$  (střed 1,5 M $\Omega$ ),
- $\times 10$  M — 0 až 500 M $\Omega$  (střed 15 M $\Omega$ ).

Ve spodní části skříňky jsou pod víčkem 3 tužkové baterie. Jejich stav se kontroluje přepínačem v poloze KB.

Vysokofrekvenční napětí se měří pomocí přídavné sondy SU 20 ( $\varnothing$  25 mm a délka 147 mm). Vývodní kabel dlouhý 1 m končí banánky, z nichž červený se zapojuje do zdířky + přístroje. Měří se hrotem na vrcholu sondy. Rozsahy napětí 3 — 6 — 12 — 30 V; pro rozsah 3 V je zvláštní stupnice. Přesnost měření od 2 kHz do 50 MHz je  $\pm 5$  %, od 50 do 100 MHz je  $\pm 10$  %.

Vysoké napětí do 30 kV se měří sondou RU 30 ( $\varnothing$  25  $\times$  175 mm). Kabel dlouhý 0,75 m končí banánky a krokodýlovou svorkou. Přesnost měření je  $\pm 10$  %.

RLC 10 (obr. 189) je tranzistorový můstek k rychlému měření odporů, kapacit a indukčností v rozsahu nejčastěji používaných hodnot. Nahrazuje

dřívější Icomet s větší přesností měření kapacit a indukčností a bez sluchátka, neboť indikaci nuly i při měření střídavým proudem udává ručkový galvanometr.



Obr. 189. Tranzistorový můstek RLC 10 k měření odporů, indukčností a kapacit

Délka stupnice potenciometru je 250 mm. Napájení obstarává malá kulatá třívoltová baterie typu 223 nebo 224 (IEC 2R10). Měrné rozsahy přístroje:

Odporů 0,05 až 2  $\Omega$  — 0,5 až 20  $\Omega$  — 5 až 200  $\Omega$  — 50 až 2000  $\Omega$  — 500  $\Omega$  až 20 k $\Omega$  — 5 až 200 k $\Omega$  — 50 k $\Omega$  až 2 M $\Omega$ .

Přesnost při měření malých a velkých odporů je  $\pm 2,5\%$ , v rozsahu 1  $\Omega$  až 10 k $\Omega$   $\pm 1,5\%$ . Neindukční odporů od 50 k $\Omega$  do 2 M $\Omega$  lze měřit také střídavým proudem.

Kapacity 50 pF až 2 nF — 500 pF až 20 nF — 5 nF až 200 nF — 50 nF až 2  $\mu$ F — 0,5 až 20  $\mu$ F. Přesnost měření je  $\pm 2,5\%$ .

Indukčností 5 až 200 mH — 50 mH až 2 H — 0,5 až 20 H. Přesnost měření je  $\pm 2,5\%$ . Vliv odporové složky vinutí se vyrovnává potenciometrem, zapuštěným ve spodní stěně skříňky.

Z přístroje lze také odebírat střídavé napětí 0,3 V o kmitočtu asi 1 kHz. Skříňka má rozměry 120  $\times$  200  $\times$  92 mm, hmotnost 1,4 kg.

Metra Blansko, n. p. vyrábí také malé indikátory úrovně a vybuzení pro magnetofony a celou řadu speciálních měřicích přístrojů, např. luxmetry, expozimetry, soupravy pro revizi elektrických sítí, wattmetry, zkoušeče elektrických spotřebičů, klešťové transformátory a fázoměry, servisní přístroje pro motoristy, hledače vedení atd., ale pojednání o nich by značně přesáhlo osnovu této příručky.



## 4.4. Zacházení s měřicími přístroji

Přístroje panelové nebo rozváděčové nevyžadují celkem žádnou obsluhu. V radiotechnice a elektronice používáme většinou univerzální měřicí přístroje vícerozsahové. Ty bývají přenosné, a proto je nutné dávat pozor, aby nám neupadly. Jednak se může rozbít křehké pouzdro z plastické hmoty, jednak nárazy mohou poškodit vlastní měřicí systém, zvláště hroty otočné cívky, čímž se zvětší tření v ložisku a zmenší se citlivost a přesnost přístroje — pokud se nárazem nedeformuje celá cívka, takže drhne o díly magnetického obvodu. Taková oprava je drahá a trvá dlouho.

Přístroj lze také poškodit nebo zničit elektricky. Proto před použitím přístroje, který dokonale a ve všech funkcích neznáme, pečlivě prostudujeme příslušný návod. U některých výrobků je to dokonce předepsáno značkou — vykřičník v trojúhelníčku — natištěnou na stupnicové části přístroje.

Před zapojením přístroje zkontrolujeme, je-li při správné poloze (podle druhu měřidla vodorovné, šikmé nebo svislé) ručka v klidu na nule stupnice, popř. její polohu upravíme stavěcím šroubkem. U ohmmetrů také nastavíme potenciometrem (nebo magnetickým bočnickem, je-li jím přístroj vybaven) při zkratovaných přívodních šňůrách ručku na plnou výchylku neboli na nulu odporové stupnice.

Před měřením uvažujeme, jaké asi napětí nebo proud budeme měřit a podle toho nastavíme přepínač rozsahů. Nejlépe je začít pro jistotu s největším rozsahem a teprve je-li výchylka ručky příliš malá, přejdeme na menší rozsah. Na začátku stupnice je přesnost měření menší, proto k měření využíváme (pokud je to možné) poslední třetinu stupnice.

Záleží také na druhu měřeného napětí nebo proudu. Na střídavém rozsahu bude i stejnosměrný proud ukazovat nějakou (i když nesprávnou) výchylku. Ale střídavé hodnoty na stejnosměrném rozsahu u běžných přístrojů ručka neukazuje, i když systém je přetížen až ke zničení!

Nebezpečí poškození nebo úplného zničení přístroje také hrozí, chceme-li měřit napětí tvrdého zdroje (sít, akumulátor, transformátor) a přitom je bude přístroj omylem zapojen na měření proudu. Malým odporem přístroje ze zdroje procházejí tak silný proud, že se přístroj zaručeně vážně poškodí.

U několikaoborových přístrojů s otočným přepínačem bez zarážky (např. PU 110, PU 120) nesmíme při zapojeném přístroji přetáčet přepínač přes ohmické rozsahy nebo přes zkoušeč tranzistorů! I tak by došlo k poškození choulostivého měřicího systému.

U přístrojů obsahujících články nebo baterie zkontrolujeme občas jejich stav a napětí. Slabé články vyměníme — měření by nebylo správné — a staré mokvající články odstraníme — mohou zničit pérové kontakty a okolní součástky.

Samozřejmě udržujeme přístroj v čistotě a ukládáme jej v suché místnosti s teplotou — 10 až +40°C. Po přenesení přístroje ze zimy do teplé místnosti jej hned nezapínáme. Vzniklé orosení zhoršuje správnost měření a izolaci přístroje, což by mohlo ohrozit přístroj při měření vysokého napětí.

## 5. Elektrochemické zdroje

Rychlý rozvoj sdělovací techniky a elektrotechniky vyžaduje malé, lehké a vždy pohotové napájecí zdroje pro elektronková i tranzistorová zařízení. Po léta se osvědčují stále zdokonalované elektrochemické zdroje, které vyrábějí elektrickou energii chemickými pochody v galvanických článcích a bateriích nebo akumulátorech.

V naší příručce se omezíme jen na baterie běžně používané.

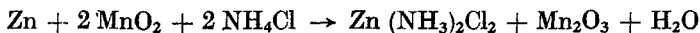
Elektrochemické zdroje dělíme na články primární a sekundární. Primární mohou dodávat elektrickou energii ihned po sestavení (popř. naplnění tekutinou u tzv. nálevných článků), ale po vyčerpání jsou nepotřebné. Jsou to zdroje nevratné neboli zdroje s jedním pracovním cyklem (vybití). To jsou všechny běžné suché články a baterie do kapesních svítilen, holicích strojků atd., i když se někdy prodlužuje jejich pracovní schopnost dobíjením, jak ještě uvedeme.

Sekundární články neboli akumulátory je nutné před používáním nabít, dodat jim určitou elektrickou energii. To jsou články vratné. Po vyčerpání je totiž lze znovu nabít a dále používat. Životnost akumulátorů je většinou několik set pracovních cyklů nabití — vybití. Pouze miniaturní zapouzdrěné akumulátorky niklokadmiové mají životnost o něco kratší.

### 5.1. Suché články a baterie

K napájení rozhlasových přijímačů, sluchových protéz pro nedoslýchavé, k pohonu magnetofonů apod., ale i jako žhavicí a anodové baterie pro přenosná zařízení s elektronkami se používají výhradně suché články Leclanchéova typu. Tvoří je elektrody ze zinku a uhlu a mezi nimi je rosolovitý salmiakový elektrolyt. Zinek — záporná elektroda — tvoří většinou válcový pohárek, uvnitř kterého je kladná elektroda, což je uhlová tyčinka, obalená sáčkem s burelem ( $MnO_2$ ) a jinými přísadami. Prostor mezi nimi je vyplněn roztokem chloridu amonného neboli salmiaku ( $NH_4Cl$ ), zahuštěného škrobem do kašovitě konzistence, takže nemůže vytéci. Článek je zhora zalit asfaltovou hmotou, a proto jej lze používat v každé poloze.

Při vybití probíhá v článku chemická reakce



Stárnutím a vybitím článků může po delší době dojít k proděravění zinkového kalíšku. Vnější papírový obal pak navlhne žíravým roztokem, který může z článku vytékat a porušit okolní choulostivé součástky.

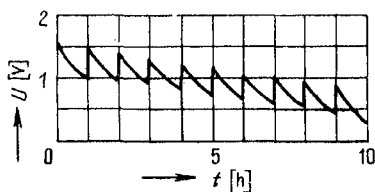
Proto se vyrábějí bezsalmiakové články (např. s kyslíčnickem hořečnatým) nebo se běžné články obalují savým papírem a uzavírají plechovým pouzdr-rem, aby elektrolyt neprosakoval. To je provedení „leak-proof“ (líkprůf, neprosakující).

Většina článků a baterií však toto opatření nemá, a proto po vybití článků nebo při delší přestávce v používání přijímače musíme baterie vyjmout. Totéž platí o kapesních svítilnách, které mohou vyteklé články zcela zničit korozí.

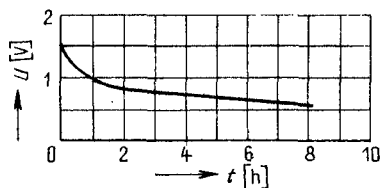
### Kapacita

Kapacita se u článků a akumulátorů udává v ampérhodinách (Ah), součinu proudu v [A] a doby v [h]. Bývá udávána pro určitý optimální proud s ohledem na dobu života; rozhodně nemůžeme chtít na baterii o kapacitě 2 Ah dodávku proudu 2 A po celou hodinu! Takový proud je pro tuto baterii téměř zkratový; baterie by se silně zahřála a v krátké době by dodávka proudu ustala vůbec. V ČSN nebo Technických podmínkách výrobce se většinou udává vhodný zatěžovací odpor a tomu příslušná doba, řidčeji vybíjecí proud.

Na obr. 190 je graficky zachycen průběh napětí a životnost suchého článku typu 110 při přerušovaném vybíjení do odporu  $5 \Omega$  vždy po 1 hodinu denně a 23 hodiny odpočinku. Obr. 191 znázorňuje pokles napětí článku při stálém vybíjení bez přerušování.



Obr. 190. Průběh napětí suchého článku, vybíjeného přerušovaně



Obr. 191. Průběh napětí suchého článku při nepřerušovaném vybíjení

### Napětí

Jmenovité napětí suchého článku Leclanchéova typu je 1,5 V (ve zcela čerstvém stavu až 1,65 V). Vybíjením napětí klesá. Podle ČSN je dovolený pokles obecně do 0,6 V, to však platí jen pro krátkodobé používání s delšími přestávkami, kdy se článek zotavuje, např. u kapesních svítilen. Pro delší souvislé vybíjení slabším proudem (např. u tranzistorových přijímačů) je mez vybíjení obvykle 0,9 V. Jinak by se výkon zařízení rychle zmenšoval, popř. by přijímač přestal vůbec pracovat vysazením kmitů oscilátoru.

Vybíjením (ale i skladováním) článků a baterií se zvětšuje jejich vnitřní odpor, na němž se při zatížení ztrácí část napětí. Při měření článků naprázd-

no, tj. článků nezatížených odběrem proudu, ukáže voltmetr téměř plné napětí, které ovšem při zatížení rychle klesne. Proto se má napětí měřit jen při zatížených člancích a bateriích.

### *Skladovatelnost*

Provozní teplota běžných suchých článků je v rozmezí  $-20$  až  $+50^{\circ}\text{C}$ . ČSN doporučuje skladování v suché místnosti při teplotě  $+15$  až  $+25^{\circ}\text{C}$  a relativní vlhkosti 65 %. Články mají stát svise, mimo dosah tepelného záření z kamen, teplometů apod. V takových podmínkách vydrží — podle typu a velikosti — skladování od 13 týdnů do více než 2 let (doba pro jednotlivé druhy je v ČSN nebo Technických podmínkách výrobce). Články se označují datem, a to normalizované typy (podle ČSN) datem ukončení skladovací lhůty (někdy s dodatkem „Zapni do . . . .“). Výrobky nenormalizované (vyráběné podle TP apod.), ale určené pro vnitřní trh se označují stejně. Ostatní nenormalizované výrobky se označují datem výroby, od něhož začíná skladovací doba uvedená v příslušných TP. Články a baterie uvedené dále mají mít skladovací dobu označenou nátiskem data.

### *Spojování článků v baterie*

Jednotlivé články, obecně zvané monočlánky (ačkoli většina spotřebitelů si pod tímto názvem představuje jen jeden druh článků, o průměru 32 mm a výšce 61 mm), lze spojovat do baterie buď v sérii, nebo paralelně popř. obojím způsobem (smíšené spojení). Totéž platí o akumulátorech.

Baterie sériově zapojených článků má výsledné napětí rovné součtu napětí jednotlivých článků. Příkladem je např. plochá baterie, která obsahuje 3 články typu 110 po 1,5 V a má mezi vývody napětí  $3 \times 1,5 = 4,5$  V.

Spojované články mají mít stejný vnitřní odpor a kapacitu; článek s větším vnitřním odporem se při vybíjení může i zahřívát a snižuje napětí celé baterie. Při nestejně kapacitě článků se baterie využije jen podle nejslabšího článku (což se vztahuje také na akumulátory). Zvláště důležité je to u malých zapouzdřených akumulátorků niklo-kadmiových typu NiCd 225. Z těch se totiž snadno sestaví baterie různého napětí pouhým složením článků na sebe. Celek se uzavře např. tzv. smršťovací hadicí z PVC, která se ohrátím smršťí, stiskne články těsně k sobě a baterie je hotova. Ovšem k jednotlivým článkům pak není přístup pro zjišťování jejich stavu. Články mohou být různého stáří nebo z nestejně výrobní série, slabší články se mohou předčasně vybit a okolní dobré články je pak přepólují, čímž se nejen zvětší vnitřní odpor a klesne napětí celé baterie, ale může dojít i k explozi nebo alespoň deformaci vadných článků.

## 5.2. Běžné typy suchých článků a baterií

Suché články čs. výroby (n. p. Bateria Slaný) se označují podle rozměrů a účelu použití číselným znakem podle ČSN, např. tužkový článek 150, monočlánek 140, velká kulatá baterie 233, plochá baterie 310 apod. V po-

Tabulka 182. Suché články válcové

Označení podle ČSN	110 <sup>1)</sup>	120 <sup>2)</sup>	130 <sup>3)</sup>	140 <sup>4)</sup>	150 <sup>5)</sup>
Označení podle IEC	R 12	R 10	R 14	R 20	R 6
Jmenovité napětí [V]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Minimální napětí při zatížení (v čerstvém stavu) [V]	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Vybíjecí odpor [Ω]	5	5	5	5	5
Vybíjecí doba [min]	300	120	300	720	75
Konečné napětí [V]	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Skladovatelnost počet týdnů	20	15	20	30	10
Napětí při zatížení po skladování [V]	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Vybíjecí doba po skladování [min]	240	90	240	600	45
Maximální nárazový proud [mA]	500	300	500	700	200
Rozměry: průměr [mm]	21	22	26	33	14
výška [mm]	61	37	48	61	50
Hmotnost [g]	35	25	45	92	17

### Poznámky:

- 1) Stejně rozměry má typ 113.
- 2) Také 123, 124.
- 3) Také 133 a 83 (v plechovém obalu).
- 4) Také žhavicí článek 5044 a 87 (v plechovém obalu).
- 5) Také 154, 155 a 5081.

Baterie: Malá kulatá 223 (2 R 10), velká kulatá 233 (2 R 14).  
Plochá baterie 310 (3 R 12) se skládá ze 3 článků 110.

slední době se vedle toho používá i mezinárodního označení podle doporučení Mezinárodní elektrotechnické komise IEC (International Electrotechnical Commission). Ovšem všechny baterie nemají ekvivalentní označení v IEC. Např. n. p. Bateria Slaný vyrábí tužkové články typu 150 (základní), 154, 155, 5081 aj., které mají stejné rozměry jako IEC typ R6, ale liší se vlastnostmi a účelem použití. (Také u dovážených výrobků se setkáváme s podobným dělením; např. hůlková baterie VÁTRA 2R10 má v několika jazycích poznámku „Přednostně pro kapesní svítilny“ nebo monočlánek R20 má na obalu symboly pohonu, noty a žárovíčky, přičemž šipka ukazuje, pro jaký účel je článek nejvhodnější.)

Baterie složená z jednotlivých článků má před typovým označením IEC počet článků sdružených v baterii; např. malá kulatá baterie 2R10, plochá 3R12 atd.

V tab. 182 jsou uvedeny základní typy čs. suchých článků a baterií s rozměry, hlavními parametry a ekvivalentním označením IEC.

### 5.3. Jiné druhy baterií

Z válcových monočlánků jsou sestaveny i běžné typy baterií, např. zvonkové, mřížkové a anodové. Jsou normalizovány.

#### Zvonková baterie

Typ 340 nebo 343 (podle IEC 3R20) je hranatá, s rozměry  $103 \times 78 \times 36$  mm a hmotností asi 380 g. Obsahuje 3 monočlánky typu 140 nebo 144 (R20) zapojené v sérii. Vývody tvoří kabílky s pryžovou izolací. Je určena pro napájení zvonků a malých signalizačních zařízení; pouzdro je opatřeno otvorem k zavěšení. Jmenovité napětí je 4,5 V, vybíjecí proud 0,3 A nárazově až 0,7 A s delšími přestávkami pro zotavení. Skladovatelnost má 30 týdnů.

Životnost se zkouší podle ČSN připojením vybíjecího odporu  $15 \Omega$ . Vybíjí se přerušovaně denně, pět po sobě jdoucích dnů v týdnu. Má vydržet 690 min provozu do vybití na 2,7 V.

#### Mřížkové baterie

Jsou určeny jako zdroj mřížkového předpětí výkonových elektronek. Jejich výhodou je, že všechny články jsou vyvedeny (do zdířek s otvorem o průměru 3,5 mm), takže z nich lze odebírat libovolné napětí ve stupních po 1,5 V. Jsou sestaveny z článků velikosti 110 (IEC R12). Mřížkové baterie jsou dvou typů: MB9 o jmenovitém napětí 9 V, rozměrech  $137 \times 73 \times 24$  mm a hmotnosti 290 g a MB15 o napětí 15 V, rozměrech  $109 \times 73 \times 47$  mm o hmotnosti 490 g. Skladovatelnost je 26 týdnů. Ačkoli jsou tyto baterie určeny pro mřížkové předpětí bez odběru proudu, hodí se (vzhledem ke kapacitě článků a množství odboček) i pro experimentální práce s tranzistorovými obvody. (Vybíjecí proud při tom volíme do 20 až 30 mA.)

## *Anodové baterie*

Používají se pro napájení přístrojů s bateriovými elektronkami anodovým napětím. Vyrábějí se jednak ze suchých válcových článků 110 (IEC R12) a jednak pro novější úsporná zařízení z tzv. destičkových článků (viz dále). Ty jsou sice mnohem menší a lehčí, ale mohou dodávat také jen menší proud.

Hlavní typy anodových baterií z válcových článků jsou AB60 (IEC 42R12) o napětí 60 V, AB90 (IEC 60R12) o napětí 90 V a AB120 (IEC 84R12) o napětí 120 V. Při pětidenním vybíjení proudem asi 28 mA po dobu 4 h denně je život všech typů 60 provozních hodin. Skladovatelnost podle ČSN je 26 týdnů.

Rozměry a hmotnosti jednotlivých typů jsou: AB60 — 133 × 155 × 78 mm, 1,75 kg; AB90 — 197 × 155 × 78 mm, 2,64 kg; AB120 — 259 × 155 × 78 mm, 3,57 kg.

Všechny anodové baterie typu AB mají kromě kladného a záporného pólu vyvedena napětí +3 V, +4,5 V, +6 V a +10,5 V. Baterie AB60 má navíc vývod +40 V, typ AB90 +50 a +70 V a typ AB120 +30, +60, +80, +100 a +110 V.

## **5.4. Speciální články a baterie**

Kromě dosud popsaných proudových zdrojů se ještě setkáme s některými speciálními druhy.

Článek typu 5105 je zapouzdřený burelový článek knoflíkového tvaru do miniaturních přívěskových svítlen (zvaných také „klíčenky“), které slouží ke krátkodobému osvětlení klíčové dírky u dveří nebo auta apod. Jmenovité napětí je 1,5 V, konečné 0,75 V při vybíjení proudem miniaturní žárovky po několik sekund s dlouhodobými přestávkami pro zotavení. Celková vybíjecí doba je 20 min, skladovatelnost 3 měsíce. Rozměry: průměr 15,5 mm, výška 6,5 mm, hmotnost 2,5 g.

Destičkové baterie pro tranzistorové přijímače.

Typ 51D (podle IEC 6P22) je miniaturní hranolová baterie rozměrů 26 × 17,5 × 48,5 mm o hmotnosti 35 g. Jmenovité napětí je 9 V, vybíjecí proud 10 mA do konečného napětí 5,4 V; provozní doba je 25 h při přerušovaném vybíjení po 4 h denně. Tato baterie má neprosakující plechový obal. Skladovatelnost je 6 měsíců. Pólové vývody jsou provedeny stiskacími knoflíčky. Byla určena pro miniaturní starší přijímače T60, Zuzana aj., kde však byla přetížena.

Typ 71D (nemá ekvivalentní označení podle IEC). Má podobný tvar jako typ 51D. Má rozměry 33 × 24 × 57 mm a hmotnost 65 g. Jmenovité napětí je 6 V, dovolený vybíjecí proud 20 mA s přerušením po 6 h denně do konečného napětí 3,6 V. Celková vybíjecí doba je 32 h, skladovatelnost 6 měsíců. Baterie 71D má jen lepenkový obal; pólové vývody tvoří stiskací knoflíčky. Byla určena pro kapesní tranzistorové přijímače (např. Doris) jako náhrada za 4 tužkové články ve zvláštním držáku.

### Zvláštní baterie z válcových článků

Jsou obdobou uvedených destičkových baterií se stiskacími knoflíčky, mají ovšem delší dobu života i větší rozměry. Jsou vhodné pro napájení tranzistorových zařízení a také jako náhrada baterií 51D a 71D při umístění mimo přijímač do chaty, v domácnosti apod.

Typ 5102 je plochá baterie v lepenkovém obalu. Má jmenovité napětí 6 V, rozměry 87 × 24 × 68 mm a hmotnost 160 g. Je sestavena ze článků velikosti 110. Dovolенý vybíjecí proud je 20 mA po 4 h denně do konečného napětí 3,6 V, po celkovou vybíjecí dobu 60 h. Skladovatelnost je 30 týdnů. Stiskací knoflíčky vývodů jsou na malé izolační destičce spojené s baterií kablíkovým dvojvodičem délky 300 mm.

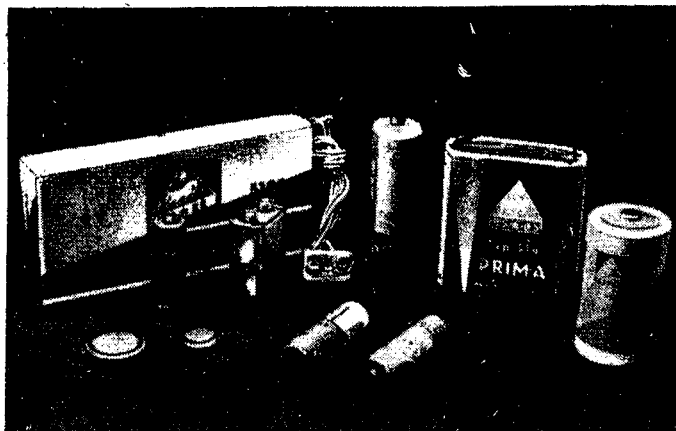
Typ 5100 je podobného provedení jako 5102, ale má jmenovité napětí 9 V. Obsahuje 6 článků velikosti 110. Rozměry baterie jsou 126 × 24 × 68 mm, hmotnost 250 g. Při čtyřhodinovém denním vybíjení proudem 20 mA je provozní doba 60 h, při proudu 10 mA celkem 150 h. Skladovatelnost je 30 týdnů. Stiskací knoflíčky pólových vývodů jsou rovněž na dvojvodičovém kablíku délky 300 mm.

### Destičkové baterie

Málo místa zabírají suché destičkové články obdélníkového tvaru. Vyrábějí se v několika normalizovaných velikostech a z nich se sestavují baterie o různém napětí a kapacitě. Tyto baterie mají pólové vývody nejčastěji z izolovaných kablíků nebo stiskacích knoflíčků.

Uvedeme jen nejběžnější druhy anodových baterií pro přenosná elektronická zařízení a starší typy přijímačů. Baterie o malém napětí jsou určeny převážně pro tranzistorové radiopřijímače.

Anodové destičkové baterie mají šestimístné číslicové označení, v němž



Obr. 192. Suché články, baterie a těsné niklokadmiové akumulátorky



je zahrnut typ (rozměry) destičkových článků, provedení vývodů a zaokrouhlená hodnota jmenovitého napětí, např. 922060. Destičkové baterie nízkého napětí se označují dvojcíslím s přidaným písmenem D, např. 71D.

Hlavní druhy destičkových anodových baterií pro elektronkové přístroje jsou:

a) 932045 (podle IEC 30F50) má jmenovité napětí 45 V a rozměry  $67 \times 41 \times 95$  mm. Hmotnost je 445 g. Dovolенý vybíjecí proud je 20 mA s přestávkami po 4 h denně. Konečné napětí je 27 V, celková vybíjecí doba 32 h. Skladovatelnost je 6 měsíců. Vývody tvaru stiskacích knoflíčků jsou na vrchní stěně obalu. Tato baterie se používala jako anodový zdroj v elektronkových přijímačích Minor apod.

b) 922067 (podle IEC 45F40) je destičková baterie jmenovitého napětí 67,5 V. Má rozměry  $70 \times 35 \times 95$  mm, hmotnost 360 g. Smí se vybíjet maximálně proudem 10 mA po 4 h denně; celková provozní doba je 32 h. Konečné napětí má 40 V, skladovatelnost je 6 měsíců. Pólové vývody tvoří stiskací knoflíčky. Baterie je určena pro elektronkové zařízení.

Některé suché články, baterie a těsné niklokadmiové akumulátorky jsou na obr. 192.

## 5.5. Ostatní druhy článků

Vedle dosud popisovaných suchých článků existuje ještě řada jiných typů, z nichž uvedeme alespoň tři nejběžnější.

### *Články se vzdušnou depolarizací (průmyslové)*

Jsou to v podstatě polosuché články se zahuštěným salmiakovým nebo louhovým elektrolytem, u nichž se jako depolarizátor využívá vzdušný kyslík, pohlcovaný aktivní hmotou (koks nebo dřevěné uhlí s tuhou a sazemí) kladné elektrody. Proto je vrchní asfaltový zálev opatřen 2 až 4 otvory, uzavřenými zátkami. V činnost se uvedou prostým odstraněním některých nebo všech zátek (podle předpokládaného odběru). Jsou to články hranolové, větších rozměrů a výkonů, s dlouhou provozní i skladovací dobou. Vývody tvoří různobarevné kablíčky. Články se hodí pro domácí telefonní ústředny, k pohonu elektrických hodin, k signalizaci apod. Lze je také používat ke žhavení miniaturních bateriových elektronek.

Články se vzdušnou depolarizací se vyrábějí ve 4 velikostech s označením S1 až S4 (podle IEC: S1 = AS1, S2 = AS4, S3 = AS8, S4 = AS10). Obal je z černé lisovací hmoty. Jmenovité napětí je 1,4 V, konečné 0,9 V, skladovatelnost čerstvých uzavřených článků je (podle katalogu n. p. Baterie) 52 týdnů (1 rok). Nejnižší provozní teplota salmiakových článků je  $-15^{\circ}\text{C}$ . Vybíjecí proud trvale / nárazově [mA]: U článku S1 — 100/300; S2 — 150/500; S3 — 150/600; S4 — 300/1200. Rozměry a hmotnost článků: S1 —  $38 \times 38 \times 98$  mm, 155 g; S2 —  $55 \times 55 \times 115$  mm, 410 g; S3 —

80 × 80 × 180 mm, 1,55 kg; S4 — 100 × 100 × 185 mm, 2,39 kg. Jsou určeny k trvalému vybíjení (bez zotavení) po dobu: S1 — 110 h, S2 — 500 h, S3 — 400 h, S4 — 1200 h.

### *Rtuťové články*

Tyto články, vyvinuté za druhé světové války, mají při menších rozměrech podstatně větší kapacitu na jednotku hmotnosti než suché salmiakové články. Např. typ MR6 (tvaru a rozměrů suchého článku 150 neboli R6) má i při nepřetržitém vybíjení provozní dobu 31 h, což je 3krát více než článek tužkový, a při vybíjení s přestávkami dosahuje až desetinásobné doby života. Také průběh napětí při vybíjení je daleko rovnoměrnější a po největší část doby života se pohybuje nad hodnotou 1 V. Jmenovité napětí je 1,34 V, brzy po zapojení klesne asi na 1,2 V a na této hodnotě dlouho setrvává. Konečné napětí je 0,9 V. Články mají skladovatelnost 16 týdnů.

Rtuťové články čs. výroby jsou v několika velikostech. Nejmenší je typ MR01 o průměru 11,8 mm a výšce 15 mm. Používá se do sluchových protéz. Při denním vybíjení do odporu 300 Ω, 12 h denně po 7 dnů v týdnu je celková vybíjecí doba 60 h. 2MR01 je kulatá baterie ze 2 článků MR01 v sérii. Má stejné parametry jako článek MR01 až na napětí, které je v čerstvém stavu 2,68 V, konečné 1,8 V. Vybíjení odporem 600 Ω po 12 h denně a 7 dnů týdně dá celkovou vybíjecí dobu rovněž 60 h.

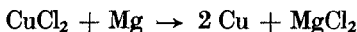
Článek MR6 je rozměrový ekvivalent suchého tužkového článku 150 nebo 154 (podle IEC R6), má ale hmotnost 31 g. Při vybíjení odporem 20 Ω nepřetržitě do napětí 0,9 V má vybíjecí dobu asi 30 h, při vybíjení odporem 300 Ω po 12 h denně a 7 dnů v týdnu 450 h.

Je nutné dát pozor, aby se rtuťové články (ani vybité) nezahřívaly příliš nad +50°C nebo dokonce aby nepřišly do styku s ohněm. Teplem se totiž uvolňují jedovaté rtuťové páry!

### *Nálevné články*

Speciálním druhem článků jsou tzv. nálevné články. Uvedeme pouze typ hořčíkový, používaný jako zdroj v malých vysílačích meteorologických sond, které se s balónem vypouštějí do atmosféry. Vysílač sděluje do pozemní stanice střídavě výšku, tlak, teplotu, vlhkost, směr větru atd. kódovými značkami.

Hořčíkové články mají kladnou elektrodu stříbrnou, obklopenou chloridem stříbrným. Levnější, ale o něco méně výkonné jsou články s měděnou elektrodou obklopenou chloridem měďným. Záporná elektroda je u obou typů z čistého hořčíku (magnézia). Při vybíjení probíhá u měďného typu chemická reakce



doprovázená vývinem tepla. (Proto články pracují dobře i v silném mrazu.)

Hořčíkové články jsou opravdu suché. Nosičem chemikálií pro elektrolyt je buničitý savý papír mezi elektrodami. Proto sestavený článek, uzavřený

v neprodyšném obalu a skladovaný ve vhodném prostředí, vydrží i několik let. Článek se aktivuje pouhým namočením do vody a plné aktivity dosáhne (podle typu) za 20 až 30 min.

Hořčíkové články nebo baterie se používají i k jiným účelům (světelné bójy, radiosondy), popř. se kombinují v jeden celek jako žhavicí i anodové baterie vysílače meteorologických sond. Spodní mez provozní teploty je  $-60^{\circ}\text{C}$ , což je výhodné, protože v atmosféře se při výstupu sonda setká s velmi nízkými teplotami.

Bateria Slaný, n. p. vyrábí několik druhů hořčíkových baterií. Z nich uvedeme pouze kombinovanou žhavicí a anodovou baterii RS3/75. Dodává žhavicí napětí 2,6 V při proudu 0,14 A (konečné napětí 2,3 V) a anodové napětí 70 V při proudu asi 3 mA (konečné napětí 60 V) po dobu nepřetržitého vybíjení asi 150 min. Skladovatelnost baterie je minimálně 6 měsíců. Rozměry jsou  $82 \times 84 \times 62$  mm a hmotnost asi 200 g. Vývodní třípramenný kablík je zakončen speciální třípólovou zástrčkou.

Tyto speciální baterie se však běžně neprodávají.

## 5.6. Regenerace suchých článků

Ačkoliv jsme řekli, že chemické děje v galvanickém článku jsou nevratné, a proto je článek po vybití nepoužitelný, přece existuje možnost jejich určité regenerace. Je to především zahřátí článků (na kamnech, v troubě apod.), které se využívalo zejména za světové války. Zatemnění vyžadovalo použití svítilen, ale baterií byl nedostatek. Tehdy se používaly velmi úsporné žárovky, např. pro plochou baterii typ 3,8 V/0,05 A — nebylo třeba silné světlo a baterii to velmi šetřilo a usnadňovalo zmíněnou primitivní regeneraci. Výsledky však byly nevalné.

Ještě ne zcela vybité, nevyschlé, nevlhnuocí uhlozinkové články a baterie lze však regenerovat stejnosměrným proudem. Tento způsob má své zastánce i odpůrce, ale většinou životnost baterií skutečně prodlouží. Daří se to však jen u článků, jejichž napětí vybíjením nekleslo při zatížení pod 1 V (zvláště u článků bezsalmiakových a se vzdušnou depolarizací) a jež nebyly před použitím dlouho skladovány.

Při regeneraci (nabíjení) baterií je nutné — stejně jako u akumulátorů — připojit kladný pól zdroje na kladný pól článků; podobně se spojují póly záporné.

„Nabíjení“ zde není přiléhavý výraz. Ani dodáváním stejnosměrného proudu nenastanou v člancích vratné chemické reakce. Články se ale vyrábějí s přebytkem proudotvorných látek. Voda, hromadící se při vybíjení kolem kladné uhlové elektrody, se z části vrací k zinku a tam rozpouští vzniklé pevné zplodiny; cestou regeneruje zbylé chemikálie. Stejnosměrný proud také brzdí vnitřní vybíjení („samovybíjení“) článku a tím prodlužuje jeho život. Např. článek typu 110 o kapacitě 1,2 Ah snesl při zkouškách 32 nabíjecích cyklů proudem  $0,15 \text{ mA/cm}^2$ , čímž se z něho získalo asi 3,7 Ah,

takže jeho původní kapacita se zvětšila třikrát [2]. Také podle sovětských pramenů zvětšilo deset nabíjení kapacitu určité baterie až o 100 %.

Regenerační proud však musí být jen slabý, aby nedošlo k rozkladu chemikálií nebo k zahřívání článků. Udává se hodnota 0,1 až 0,2 mA na 1 cm<sup>2</sup> účinné plochy zinku (která je ve styku s elektrolytem) podle druhu a velikosti článku. Naproti tomu nabíjecí doba musí být dostatečně dlouhá, aby se článkům dodala energie, předtím z nich odčerpaná. V tab. 183 jsou uvedeny směrné hodnoty stejnosměrného regeneračního proudu pro nejpožívanější články a baterie podle autorových zkušeností.

Tabulka 183. Regenerační proudy suchých článků

Baterie	Proud [mA]	Baterie	Proud [mA]
51D	0,8 až 1	Velká kulatá 233	7
71D	1,5	článek 110	8
tužkový článek 154	~ 4	plochá baterie	8
malá kulatá 223	4 až 5	monočlánek 140	10 až 12

Poznámka: Platí i pro rozměrově stejné typy jiného označení, např. tužkový článek 150, 155, 5081 nebo ploché baterie 313, 314 apod.

Malé články a baterie (např. 51D) se regenerují s menším úspěchem a snesou méně regeneračních cyklů než články a baterie větší. Je-li to možné, dobíjíme vždy brzy po použití (např. přes noc) a dbáme, aby jejich napětí (při zatížení) bylo co nejvíce nad hodnotou 1 V. Ale i za těchto podmínek lze některé baterie mnohokrát regenerovat se zdarem, jiné jen s malým úspěchem. Záleží to na jejich stavu, době skladování před použitím, čistotě chemikálií aj. Před dalším použitím se mají dobíjené články ponechat alespoň 5 hodin v klidu.

## 5.7. Akumulátory

Vedle suchých baterií nacházejí v elektronice široké uplatnění akumulátory. Používají se zejména k napájení přenosných zařízení s větším odběrem (dnes většinou tranzistorovaných) — rozhlasových nebo televizních přijímačů, vyslačů, zesilovačů, měřicích přístrojů, počítačích strojů, elektronických hodinek, ale také lékařských přístrojů apod., všude, kde jsou zapotřebí napěťové zdroje s větší kapacitou.

U všech napájených zařízení se s výhodou využívá schopnost opětného nabití po vypotřebování nahromaděné energie, kterou má akumulátor jako sekundární článek.

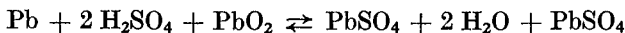
### 5.7.1. Olověné akumulátory

Největšího rozšíření zejména díky motorismu dosáhly právě olověné akumulátory.

Hlavními částmi akumulátorů vůbec jsou elektrody — desky — a elektrolyt. Do elektrod — desek — se chemickou reakcí ukládá a z nich se vydává elektrická energie.

Činnou hmotou u olověných akumulátorů je na kladné desce kysličník olovičitý ( $\text{PbO}_2$ ) a na záporné desce houbovitě olovo ( $\text{Pb}$ ). Elektrolytem je zředěná kyselina sírová ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Vybíjení akumulátorů probíhá podle chemické rovnice, ze které je zřejmé, že vybíjením se činná hmota obou elektrod mění na síran olovnatý ( $\text{PbSO}_4$ )



Při nabíjení je postup obrácený. Síran olovnatý ( $\text{PbSO}_4$ ) se mění na kladné desce v kysličník olovičitý ( $\text{PbO}_2$ ) a na záporné desce v olovo ( $\text{Pb}$ ). Při chemické reakci dochází k uvolňování kyseliny sírové ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Hustota kyseliny sírové se proto při nabíjení zvětšuje a při vybíjení se zmenšuje, a to úměrně s velikostí náboje. Proto také měřením hustoty elektrolytu hustoměrem se u olověného akumulátoru přesvědčujeme o stavu akumulátoru. Hustota elektrolytu používaná v praxi se pohybuje od 1,15 do 1,3  $\text{g/cm}^3$ . Hustotu elektrolytu olověného akumulátoru je nutné sledovat v zimě ještě z dalšího důvodu. U vybitého akumulátoru je totiž v zimě ne-

Tabulka 184. Body tuhnutí vodných roztoků kyseliny sírové

Hustota [ $\text{g/cm}^3$ ]	Kyselina mrzne při teplotě [ $^{\circ}\text{C}$ ]
1,000	0
1,050	-3,3
1,100	-7,7
1,150	-15,0
1,200	-27,0
1,250	-52,0
1,300	-70,0
1,350	-49,0
1,400	-36,0

bezpečí poškození mrazem. Běžná akumulátorová kyselina mrzne při značně nízké teplotě — u nás by ani k zamrznutí nedošlo, kdyby se akumulátorová kyselina vybíjením nezředovala. Při normálním vybití se zmenší hustota kyseliny až k hodnotě 1,1, při delším ponechání ve vybitém stavu řídne kyselina ještě více a pak mrzne již při teplotách blízkých nule. Přitom se za mrazu roztrhne nádoba akumulátoru a baterie se zničí (tab. 184).

### *Konstrukce olověných akumulátorů*

V praxi se setkáváme s dvojím provedením olověných akumulátorů, a to s akumulátory startovacími a akumulátory motocyklovými. U obou typů se používají výlučně mřížkové pastované desky. Účinná hmota se nanáší do olověných mřížek ve formě past. Pasty mají takové složení, aby se po krátkém formování proměnily na kladných deskách v kysličník olovičitý a na záporných deskách v houbovité olovo. V poslední době se začínají používat i desky vytvořené z olověného prachu sintrováním — spékáním.

V akumulátoru obklopují záporné desky desky kladné. Vzájemně jsou desky odděleny separátory z plastické hmoty. Každý systém desek je propojen olověným můstkem. Desky různé polarit u sousedních článků jsou propojeny olověnou spojkou. Články baterie jsou vestavěny do nádob z tvrzené pryže. Nádoba obsahuje tři komory nebo šest komor pro jednotlivé články spojené do série, takže baterie má obvykle 6 nebo 12 V.

Elektrolyt se pro olověné akumulátory připravuje zředěním koncentrované kyseliny sírové ( $H_2SO_4$ ) vodou ( $H_2O$ ). Přitom dochází k značnému zahřívání roztoku a zmenšování objemu. Při ředění doléváme vždy kyselinu do vody anikoliv obráceně!

Dobrý chod akumulátoru je podmíněn zejména vlastnostmi elektrolytu, který musí být chemicky čistý. Nečistoty vyvolávají škodlivé pochody v akumulátoru, např. nadměrné vnitřní vybíjení.

Desky olověného akumulátoru musí být vždy ponořeny v elektrolytu celé, obvykle 5 až 12 mm pod hladinou elektrolytu. Houbovité olovo desek se na vzduchu rychle okysličuje a vyčnívající části desky by se zničily (do 15 min po obnažení).

Vypařováním a rozkladem při nabíjení ubývá z elektrolytu voda. Je proto nutné akumulátor občas dolévat destilovanou vodou. Naprosto nevhodná je obyčejná voda nebo sodovka. Akumulátor doplňujeme kyselinou (předepsané hustoty pro daný typ) pouze tehdy, když jí ubylo vylitím apod.

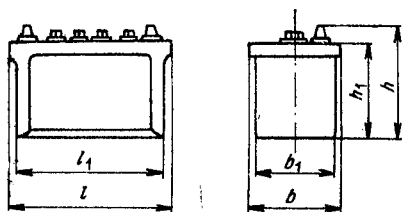
Je-li akumulátor ponechán delší dobu vybitý nebo vybíjí-li se nedostatečně, vzniká na deskách působením kyseliny sírové bílý krystalický síran olovnatý. Působením proudu se také vytváří síran, ale beztvary — amorfní, měkký. Krystalický síran se však proudem nemění a deska, na které se vytvořil, ztrácí schopnost vnímat proud. Hovoříme o sulfataci desek. Je-li sulfatace pokročilá, nelze ji už napravit a desky neakumulují. Proto je nutné vybitý olověný akumulátor ihned nabít.

Startovací baterie je u motorového vozidla zdrojem energie pro spuštění motoru a pro elektrická zařízení vozu. Akumulátorová baterie musí dovést krátkodobě odběr proudu až několik set ampérů. Čím větší jsou u startovací baterie nároky na spotřebu proudu, tím větší musí být povrch desek. Dosáhne se toho zvětšením počtu desek v článku a zmenšením jejich tloušťky.

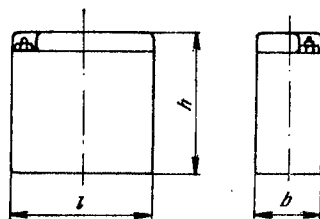
Proti tomu u motocyklové baterie se klade hlavní důraz na mechanickou pevnost a nikoliv na velký odběr proudu. Desky jsou tlustší a v nádobě bývají vestavěny pevně. Rozměrově je motocyklová baterie mnohem menší než startovací.

Na obr. 193 a 194 jsou rozměrové náčrtky startovacích automobilových baterií a motocyklových baterií AKUMA — Pražská akumulátorka, n. p. Mladá Boleslav.

Parametry hlavních typů olověných akumulátorů AKUMA jsou v tab. 185 a 186.



Obr. 193. Rozměrový náčrtek olověných automobilových baterií AKUMA



Obr. 194. Rozměrový náčrtek olověných motocyklových baterií AKUMA

### Nabíjení olověných akumulátorů

Běžný nabíjecí proud určíme podle jmenovité kapacity nabíjeného olověného akumulátoru

$$I = \frac{\text{Jmenovitá kapacita}}{10} \quad [A; Ah] \quad (55)$$

Např. pro startovací akumulátor 6N50 je běžný nabíjecí proud

$$I = \frac{50}{10} = 5 \text{ A}$$

Nabíjíme-li akumulátor menším proudem, musíme náležitě prodloužit nabíjecí čas.

Průklad: Úplné nabití startovací baterie 6N50 trvá při nabíjecím proudu 5 A asi 13,5 h. Budeme-li baterii nabíjet polovičním proudem (2,5 A), bude nabíjení trvat asi 26 h.

Nabíječ, který je schopný dát vypočítaný stejnosměrný proud, připojíme k nabíjenému olověnému akumulátoru tak, že propojíme kladný pól nabíječe s kladným pólem akumulátoru. Podobně propojíme záporný pól nabíječe se záporným pólem akumulátoru. Před zapojením nabíječe od-

šroubujeme zátky akumulátoru, aby mohl unikat plyn vznikající při nabíjení, a popř. do článků doplníme chybějící destilovanou vodu.

Doporučujeme nabíjet ve dvou fázích. Zpočátku se nabíjí běžným na-

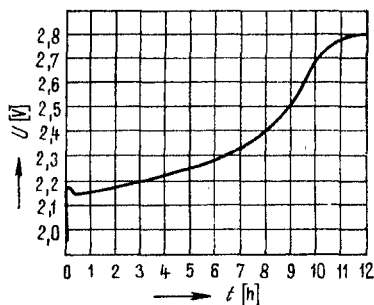
Tabulka 185. Parametry olověných startovacích automobilových baterií AKUMA

Typ	Jmenovité napětí [V]	Kapacita [Ah]	Rozměry						Hmotnost	
			$b \pm 2$ [mm]	$b_1 \pm 2$ [mm]	$l \pm 2$ [mm]	$l_1 \pm 2$ [mm]	$h \pm 3$ [mm]	$h_1 \pm 3$ [mm]	bez elektrolýtu [kg]	s elektrolýtem [kg]
3 N 75	6	75	170	168	220	200	225	200	16	20
3 T 150	6	150	170	161	330	328	235	210	28	34
6 N 35	12	37(35)	166	158	209	199	214	194	13,3	16,4
6 N 50	12	50	168	159	260	262	217	196	15,6	20
6 N 62	12	62	170	168	307	300	218	200	20	26
6 N 75	12	75	170	168	381	348	225	200	24	32
6 N 88	12	88	170	168	435	403	225	200	28	37
6 N 100	12	100	170	168	483	450	225	200	32	41
6 T 125	12	125	515	484	196	195	238	213	39,5	49
6 T 137	12	137	515	485	216	215	238	213	45	55
6 T 150	12	150	515	485	236	230	238	213	50,5	62
6 T 175	12	175	515	485	268	256	241	216	61,5	74
6 T 200	12	200	521	492	311	296	242	217	73	87



Tabulka 186. Parametry olověných motocyklových baterií AKUMA

Typ	Napětí [V]	Kapa- cita [Ah]	Rozměry				Hmotnost	
			$k$ [mm]	$l$ [mm]	$l_1$ [mm]	$h$ [mm]	bez elektro- lytu [kg]	s elek- troly- tem [kg]
3 MO 8	6	8	$52 \pm 1$	$127 + 1$ $-2$	—	$127 + 1$ $-2$	1,5	1,9
3 MS 12	6	12	$78 + 0$ $-3$	$144 \pm 2$	$120 + 0$ $-3$	$163 \pm 3$	2,8	3,4
3 M 14	6	14	$78 + 0$ $-3$	$144 \pm 2$	$120 + 0$ $-3$	$163 \pm 3$	2,8	3,5
3 MO 14	6	14	$78 + 2$ $-1$	$128 \pm 2$	$120 + 2$ $-1$	$160 + 2$ $-1$	2,8	3,5



Obr. 195. Průběh napětí olověného akumulátoru při nabíjení stálým proudem

bíjecím proudem. Sledujeme napětí článků nebo celého akumulátoru. Napětí se měří při nabíjení bez zatěžovacího odporu. Při napětí článku 2,45 V (tj. u baterie 12 V při napětí 14,7 V), kdy oba druhy desek rozkladem vody začnou vytvářet plyny a akumulátor je nabit na 70 až 75 %, se intenzita nabíjecího proudu sníží na 50 % a nabíjí se dále do konce. Výhodou takového nabíjení je, že se na konci procesu nevytvářejí plyny a sníží se nebezpečí přehřátí baterie.

Měříme-li napětí vybitého akumulátoru připojeného k nabíjecímu zdroji, zjistíme, že napětí zpočátku prudce vzroste, potom se opět rychle sníží, aby pak pozvolna rovnoměrně vzrůstalo, a to v rozmezí napětí nabíjeného akumulátoru 2,15 až 2,45 V.

Dosáhne-li napětí akumulátoru 2,45 V, začne se kromě síranu rozkládat i voda na kyslík a vodík. Když se rozloží všechny síran, vzroste napětí akumulátoru na 2,7 až 2,8 V. Voda se rozkládá bouřlivě. Veškerá dodaná ener-

gie se spotřebuje jen k rozkladu vody. Napětí se přestává zvyšovat. Jednotlivé fáze nabíjení vidíme na obr. 195, kde je znázorněn průběh napětí olověného akumulátoru při nabíjení.

Akumulátor je plně nabitý, nemění-li se v průběhu asi 2 h napětí na článcích. Ustálené napětí na článek se pohybuje mezi 2,7 a 2,8 V (tj. u baterie 12 V mezi 16,2 a 16,8 V).

Po ukončení nabíjení odpojíme nabíječ od baterie a tu necháme asi 2 h odplynovat. Potom zašroubujeme zátky a můžeme akumulátor uvést do provozu.

### 5.7.2. Alkalické akumulátory

Velká hmotnost olověných akumulátorů, jejich malá mechanická pevnost, samovolné vybíjení a zejména nebezpečné následky delších prostojů akumulátorů ve vybitém stavu vedly k návrhu nových, zlepšených typů.

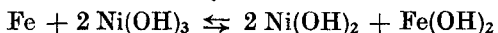
Byla vyvinuta celá řada nových akumulátorů, které našly praktické použití. Akumulátory dostaly název alkalické, podle elektrolytu, kterým je vodný roztok hydroxidu draselného (KOH — louh draselný), popř. hydroxidu sodného (NaOH — louh sodný).

#### *Oceloniklové akumulátory*

Elektrody jsou vytvářeny velmi složitým postupem. Záporná je z železného prášku s příměsí kyslíčnicku rtuťnatého. Sypký prášek jako účinná hmota se uzavírá do pásků z děrovaného niklovaného ocelového plechu. Hmota kladných desek — hydroxid nikelnatý s přidávkem niklových šupin — se umísťuje v dírkovaných plechových trubkách, zachycených v rámu z ocelového plechu.

Elektrolytem oceloniklového akumulátoru je asi 20% vodný roztok hydroxidu draselného (KOH) s přidávkem hydroxidu litného (LiOH). Litium způsobuje zvětšení kapacity článku asi o 10 % a prodlužuje dobu, během které článek podrží plný náboj.

Průběh elektrochemické reakce je



Hustota alkalického elektrolytu se při nabíjení a vybíjení nemění. Nelze

*Tabulka 187.* Vliv teploty na kapacitu oceloniklového akumulátoru

Teplota [°C]	+15	+5	-5	-15
Kapacita oceloniklového akumulátoru [Ah]	50	39	26	8

proto měřením hustoty elektrolytu určit konec nabíjení. Ani napětí akumulátoru se během nabíjení výrazně nemění, takže také není ukazatelem stavu. Akumulátor plynuje od samého začátku nabíjení, ale vývoj plynu nelze v neprůhledných nádobách ocelových akumulátorů pozorovat tak jako u olověných akumulátorů. Akumulátory bývají vestavěny do svařovaných poniklovaných ocelových nádob. Jmenovité napětí jednoho článku je 1,3 až 1,35 V.

Oceloniklový akumulátor je málo odolný proti nízkým teplotám (tab. 187).

Nabíjecí napětí u oceloniklového akumulátoru se pohybuje od 1,55 do 1,8 V. Akumulátory se musí nabíjet poměrně velkým proudem.

### Niklokadmiové akumulátory

Proti oceloniklovému akumulátoru má niklokadmiový akumulátor jiné složení záporné elektrody. Je tvořena směsí železa, kadmia a jejich kyslíčků.

Při nabíjení se niklokadmiový akumulátor chová jinak než oceloniklový. Nabíjecí napětí kadmiového článku je nižší a vývoj plynů nastává až ke konci nabíjení (podobně jako u olověného akumulátoru). Nabíjecí napětí kadmiového článku se pohybuje v mezích 1,35 až 1,50 V. Nabíjecí proud může být i velmi malý.

Elektrolytem je opět vodný roztok hydroxidu draselného (KOH) s přídavkem malého množství hydroxidu litného (LiOH). Alkalický elektrolyt v koncentraci používané v akumulátorech mrzne asi při  $-25^{\circ}\text{C}$ . Na rozdíl od olověného akumulátoru, který nesnese zmrazení bez vážného poškození desek a nádoby, nezpůsobí mráz u alkalického akumulátoru jiné změny než snížení napětí a později ztrátu kapacity. Po rozmrazení jsou alkalické akumulátory opět schopny činnosti. Vliv okolní teploty na kapacitu niklokadmiového akumulátoru ukazuje tab. 188.

Tabulka 188. Vliv teploty na kapacitu niklokadmiového akumulátoru

Teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]	+15	+5	-5	-15
Kapacita niklokadmiového akumulátoru [Ah]	50	48	46	37

Průběh elektrochemické reakce u niklokadmiového akumulátoru je

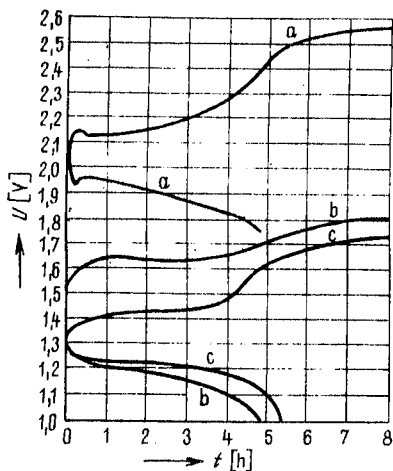


Na obr. 196 jsou pro srovnání uvedeny průběhy nabíjecích a vybíjecích napětí olověného akumulátoru a alkalických akumulátorů.

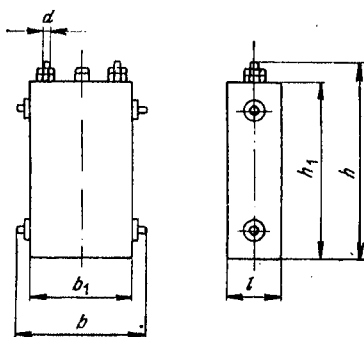
Na obr. 197 je rozměrový náčrtek niklokadmiových akumulátorů FERAK — Pražská akumulátorka, n. p., Mladá Boleslav.

V tab. 189 jsou parametry některých niklokadmiových akumulátorů FERAK.

Nevýhodou alkalických akumulátorů je jejich menší energetická účinnost, která je asi 55 % (olověné mají účinnost až 75 %). Nevýhodná je také vysoká cena. Alkalické akumulátory ale mají řadu výhod, např. dlouhou



Obr. 196. Průběhy napětí při nabíjení a vybití a) olověného, b) oceloniklového, c) niklokadmiového akumulátoru



Obr. 197. Rozměrový náčrtek niklokadmiových akumulátorů FERAK

dobu života. Zatímco olověný akumulátor vydrží v provozu 3 až 4 roky a snese asi 300 cyklů nabití a vybití, vydrží alkalický akumulátor 10 až 20 let a snese až 2000 pracovních cyklů. Velkou výhodou je také jednoduchá a tedy levná údržba.

Upozornění: Není dovoleno používat jeden a tentýž hustoměr pro olověné a alkalické akumulátory! Nedoporučujeme ani nabíjet oba druhy akumulátorů současně vedle sebe, protože výpary kyselin a louhu navzájem znečišťují elektrolyty. Louh trpí i pohlčováním kyslíčnicku uhličitého ze vzduchu (nenechávat dlouho otevřené články, občasná výměna celé náplně článků).

### Niklokadmiové akumulátory v těsném provedení

Je to zvláštní typ niklokadmiových akumulátorů. Využívají výhodných vlastností sintrovaných elektrod, oddělených od sebe tkaninou ze syntetických vláken, odolných proti alkáliím. Obsluha takových akumulátorů je jednoduchá — stav elektrolytu není třeba kontrolovat.

Ani při přebíjení akumulátoru nemůže nastat jeho zničení, protože aktivní hmota záporné desky niklokadmiového akumulátoru absorbuje kyslík uvolňovaný na kladné desce. Navíc se při absorpci kyslíku zápornou deskou

Tabulka 189. Parametry některých niklokadmiových akumulátorů FERAK

Typ	Jmenovité napětí [V]	Kapacita [Ah]	Rozměry						Hmotnost	
			<i>b</i> [mm]	<i>b</i> <sub>1</sub> [mm]	<i>l</i> [mm]	<i>h</i> [mm]	<i>h</i> <sub>1</sub> [mm]	<i>d</i>	bez elektrolytu [kg]	s elektrolytem [kg]
NKN 10	1,2	10	100	80	30	122	110	M5	0,52	0,66
NKN 22	1,2	22	125	105	30	212	200	M5	1,12	1,45
NKN 45	1,2	45	125	105	48	212	200	M5	1,90	2,26
NKN 60	1,2	60	148	128	35	350	330	M10	2,70	3,60
NKNU 6	1,2	6	86	—	21	113	100	M5	0,23	0,30
NKNU 16	1,2	16	86	—	37	126	112	M5	0,50	0,70
2 NKNU24	2,4	24	120	—	68	203	183	M5	1,90	2,40

zabraňuje vzniku vodíku, a proto se ani při přebíjení neobjevují plynné zplodiny.

Akumulátory téměř netrpí samovolným vybíjením a snesou bez poškození i déle trvající nabíjení nebo vybíjení větším proudem. Krátkodobě lze z těchto článků odebírat proud rovný až dvacetinásobku jejich jmenovité kapacity (Ah).

Akumulátory jsou těsně zapouzdřeny, výtok elektrolytu není možný. Jsou schopny funkce a nabíjení v jakékoli poloze.

Těsné niklokadmiové akumulátory mohou pracovat při teplotě od  $-25$  do  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Baterie Slaný, n. p. vyrábí a dodává celou řadu zapouzdřených niklokadmiových akumulátorů, z nichž uvádíme

Typ NiCd 225 a NiCd 226

(U typu NiCd 226 jsou vývody článku provedeny pájecími očky.)

Jmenovité napětí	1,2 V
Vybíjecí proud	22,5 mA
Vybíjecí doba celkem	10 h
Konečné vybíjecí napětí	1,1 V
Kapacita	225 mAh
Počet vybíjecích a nabíjecích cyklů	60
Rozměry: průměr	25 mm
výška	8,9 mm
Hmotnost	11 g

Akumulátor nabíjíme stejnosměrným proudem 1/10 jmenovité kapacity, tj. 22,5 mA po dobu 16 h. Nedoporučuje se překračovat velikost nabíjecího proudu. Uvedený způsob nabíjení lze bez ohledu na stupeň vybití článku použít. Akumulátor je nutné nabíjet v běžných podmínkách při teplotě kolem +20°C.

Při nabíjení akumulátoru připojíme záporný pól článku (víčko opatřené firemním označením a záporným znaménkem) na záporný pól nabíječe. Kladný pól akumulátoru (nádobka s kladným znaménkem, typovým označením a výrobním číslem) spojíme s kladným pólem nabíječe. V opačném případě dojde k naprostému znehodnocení akumulátoru. Akumulátor NiCd 225 se používá zejména jako zdroj energie v kapesních svítilnách, přenosných rozhlasových přijímačích, měřicích přístrojích, holicích strojcích a v elektrických hračkách.

Podobný typ NiCd 50 má kapacitu 50 mAh. Vybíjecí a nabíjecí proud je 5 mA. Rozměry: průměr 15,5 mm a výška 6 mm.

Typ NiCd 100 o kapacitě 100 mAh. Vybíjecí a nabíjecí proud je 10 mA. Rozměry: průměr 25 mm, výška 6 mm.

Články se používají v přístrojích pro nedoslýchavé (ve sluchových protézách). V běžném prodeji se vyskytují zřídka.

Typ NiCd 450 a NiCd 451

Rozměrově odpovídá tužkovému článku IEC R6 — našemu typu 154 nebo 155.

U typu 450 jsou vývody provedeny pájecími očky, u typu 451 čepičkou a nádobkou.

Jmenovité napětí	1,2 V
Vybíjecí proud	45 mA
Vybíjecí doba	10 h
Konečné napětí	1,1 V
Kapacita	450 mAh
Počet vybíjecích a nabíjecích cyklů	100
Rozměry: průměr	15 mm
výška	50 mm
Hmotnost.	23 g

Akumulátor nabíjíme stejnosměrným proudem 45 mA po dobu 16 h. Platí upozornění uvedené u typu NiCd 225. Akumulátor NiCd 450 a 451 se používá zejména jako zdroj energie pro pohon motorků filmovacích přístrojů, tranzistorových rozhlasových přijímačů, holicích strojků, v měřicích přístrojích apod. a všude tam, kde lze používat suché tužkové články typu 154 nebo 155.

Podobný je typ NiCd 150 o kapacitě 150 mAh. Vybíjecí a nabíjecí proud je 15 mA. Rozměry: průměr 12 mm, výška 30 mm. Typ NiCd 900 a NiCd 901 má kapacitu 900 mAh. U typu 900 jsou vývody provedeny pájecími

očky. Vybíjecí a nabíjecí proud je 90 mA. Rozměry: průměr 15 mm, výška 90,5 mm.

### Typ NiCd 2000

Rozměrově odpovídá monočládku typu 87, 140, 143 a 144 (IEC R20).

Jmenovité napětí	1,2 V
Vybíjecí proud	200 mA
Vybíjecí doba	10 h
Konečné napětí	1,1 V
Kapacita	2000 mAh (2 Ah)
Počet vybíjecích a nabíjecích cyklů	100
Rozměry: průměr	34 mm
výška	62 mm
Hmotnost	150 g

Akumulátor nabíjíme stejnosměrným proudem 200 mA po dobu 16 h. Platí upozornění uvedené u typu NiCd 225. Akumulátor NiCd 2000 se používá jako zdroj energie pro přenosná svítidla, pro pohon motorků mechanických hraček, přenosných magnetofonů atd. a všude tam, kde lze použít monočládku typu 87, 140, 143 a 144.

### *Stříbrozinkové akumulátory*

Zvláštním typem alkalických akumulátorů jsou stříbrozinkové akumulátory, vyznačující se malými rozměry, malou hmotností a velkou kapacitou na kg hmoty (Ah/kg). V tab. 191 jsou pro názornost uvedeny rozměry a hmotnost některých stříbrozinkových akumulátorů.

Stříbrozinkové akumulátory mají kladné desky ze sintrovaného stříbrného prachu. Jejich pórovitost je až 50 %. Záporné desky se zhotovují lisováním práškového kysličníku zinečného (ZnO) do ok ze stříbrného drátu. Mezi desky se vkládá filtrační papír odolný proti alkáliím, napuštěný elektrolytem. Sady desek se slisují do bloků a uzavřou do nádobek z průhledné plastické hmoty.

Elektrolytem je 40% vodný roztok chemicky čistého draselného louhu (KOH) s přídatkem asi 8% kysličníku zinečného (ZnO). Snižováním provozní teploty se kapacita stříbrozinkového akumulátoru zmenšuje. Mez praktické použitelnosti je teplota  $-40^{\circ}\text{C}$ . Při teplotě  $-70^{\circ}\text{C}$  přestává stříbrozinkový akumulátor pracovat.

Akumulátor dobře snáší nečinnost ve vybitém stavu. Nepoškodí se mrazem, zkratem ani mechanickými vlivy. Nejvhodnější nabíjení je dvacetihodinové. Plnicí zátky se při nabíjení z článků nevyjímají. Nabíjení je nutné ukončit, dosáhne-li napětí jednotlivých článků 2,1 V! Nabíjení nad 2,1 V totiž akumulátoru škodí. Jeho napětí naprázdno je zpočátku asi 1,85 V, jmenovité napětí je asi 1,5 V.

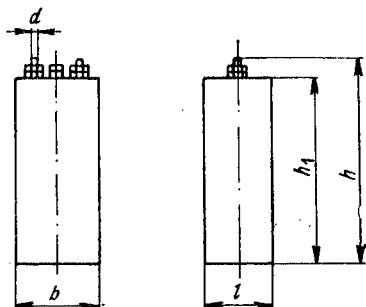
Stříbrozinkový akumulátor nachází použití tam, kde záleží na malé hmotnosti a velké kapacitě. Především u různých lékařských přístrojů, v měřicích

Tabulka 190. Parametry stříbrozinkových akumulátorů ELAK

Typ	Jmenovité napětí [V]	Kapacita [Ah]	Rozměry					Hmotnost	
			$b$ [mm]	$l$ [mm]	$h$ [mm]	$h_1$ [mm]	$d$	bez elektrolytu [kg]	s elektrolytem [kg]
SZ 3,5	1,5	3,5	40	14	70	62	M 4	0,052	0,062
SZ 6,5	1,5	6,5	40	23	70	62	M 4	0,080	0,105
SZ 13	1,5	13	50,3	23,3	101	92	M 5	0,160	0,210
SZ 25 H	1,5	25	40	38	116	107	M 5	0,270	0,340
SZ 50	1,5	50	92,5	44,5	109	92,5	M 8	0,560	0,730

Tabulka 191. Hodnoty stříbrozinkových akumulátorů

Kapacita [Ah]	Rozměry [mm]	Hmotnost [kg]	Poměr $\frac{Ah}{kg}$
10	107 × 58 × 19	0,23	48
40	93 × 91 × 41	0,76	53
100	180 × 100 × 48	1,95	55



Obr. 198. Rozměrový náčrtek stříbrozinkových akumulátorů ELAK

technice, v letectví, ve fotografické technice a u přenosných zařízení sdělovací techniky. Je ale poměrně drahý.

Na obr. 198 je rozměrový náčrtek stříbrozinkových akumulátorů ELAK — Pražská akumulátorka, n. p. Mladá Boleslav.

V tab. 190 jsou parametry stříbrozinkových akumulátorů ELAK.



## 6. Spojovací součástky

V elektronice nachází použití široký sortiment konstrukčních součástek, z nichž velká část se používá ke spojování a rozpojování. Umožňují rozebíratelné spojení jednotlivých částí zařízení nebo obvodů. S postupným zaváděním do provozu stále složitějších elektronických systémů je z hlediska výstavby, ale zejména údržby nutné členit zařízení na malé celky a ty rozebíratelně spojit. Při poruše zařízení se vadný díl vymění.

Rozebíratelné spojení je vytvořeno konektory. Ty se skládají ze zásuvkové části. Hlavní požadavky na konektory jsou

- a) malý a konstantní přechodový odpor obou dílů v zasunutém stavu,
- b) velký izolační odpor mezi jednotlivými kontakty a proti krytu nebo kostře,
- c) velká elektrická pevnost,
- d) malá vysouvací a zasouvací síla při dostatečném kontaktním tlaku,
- e) stálost parametrů při mnohonásobném vysunutí a zasunutí dílů konektoru.

Vývody z konektorů, a to jak na vidlicové, tak na zásuvkové části bývají opatřeny čísly. Vývody jsou přizpůsobeny buď pro pájení, nebo ovíjení, nebo ve výjimečných případech pro přichycení vodiče šroubováním pod matici. Číslování vývodů na vidlici a zásuvce je stejné, takže vodič upevněný na kontaktu č. 1 na vidlici a vodič na kontaktu č. 1 u zásuvky jsou spojeny přes kontakty konektoru.

Většina izolačních tělísek konektorů je z termoplastické hmoty, proto přívody pájíme opatrně. Obezřetnost je zapotřebí i při pájení konektorů s mnoha kontakty, abychom sousední přívody nezkratovali, např. kapkou činu.

### 6.1. Konektory válcové (pro mikrofony, magnetofony, zesilovače, přenosky a reproduktory)

Patří k nim i spojovací prvky nejčastěji používané v amatérské praxi — kolík a panelová zdířka.

Kolík — tzv. banánek — umožňuje spojení se zdířkou zasunutím. Má kovové jádro zašroubované do tělesa z termoplastické hmoty různé barvy. Vodič se na jádro buď připájí, nebo se uchytlí sklíčidlovým způsobem.

Kolík TESLA WK 459 00 02 snese provozní napětí 1000 V a proud 4 A.

Panelová zdířka mívá opět kovové jádro zalísované do termoplastu různé barvy. Na panel se zdířka upevňuje kovovou maticí. Vodič se k pa-

nelové zdírce připájí. Panelová zdírka TESLA WK 454 04 snese provozní napětí 1000 V a proud 2,5 A.

K propojení přenosných zařízení s oddělenými napájecími zdroji používáme kontakty složené z

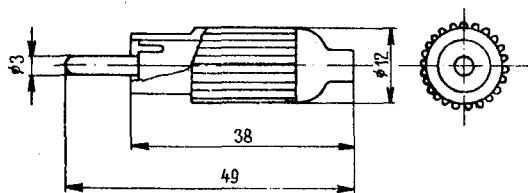
- a) dvoupólové vidlice TESLA 6 AF 895 41;  
kontakty jsou uloženy v izolační tvrditelné hmotě,  
plášť vidlice je z polyetylénu a je zakončen vstupním otvorem pro kabel

jmenovité napětí 34 V,  
jmenovitý proud 1,6 A,  
kategorie odolnosti 10/070/04;

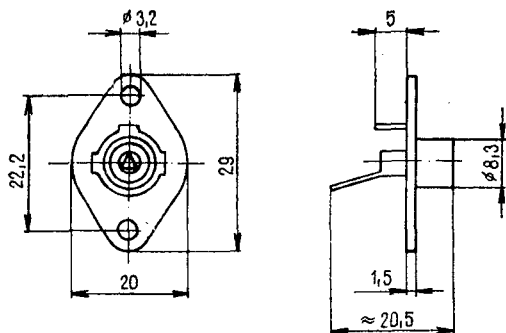
- b) dvoupólové zásuvky TESLA 6 AF 280 00;  
kontakty jsou zalisovány v tělísku z tvrzeného papíru,  
dvoupólové zásuvky TESLA 6 AF 282 61,  
kontakty jsou upevněny v tělísku z termosetu a jsou stříbrné,  
dvoupólové zásuvky TESLA 6 AF 282 09;  
kontakty jsou upevněny v tělísku z termosetu, na prodloužené části izolačního tělíska je upevněn přepínací pérový svazek, přepínač lze s výhodou použít k přepínání napájení např. z bateriového provozu na provoz ze síťového napáječe při zasunuté vidlici (tzv. rozpojovací zdírka),

jmenovité napětí 34 V,  
jmenovitý proud 1,6 A,  
kategorie odolnosti 10/070/04.

Některé z konektorů jsou na obr. 199 a 200.



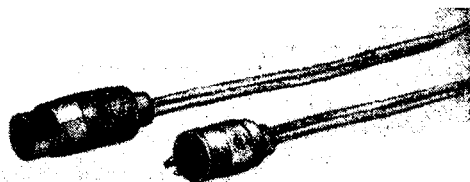
Obr. 199. Dvoupólová vidlice TESLA 6 AF 895 41



Obr. 200. Dvoupólová zásuvka TESLA 6 AF 280 00



Obr. 201. Rozměry reproduktorového konektoru: a) vidlice 6 AF 897 51, b) zásuvka 6 AF 282 28



Obr. 202. Reproduktorový konektor

Reproduktory s malou impedancí připojujeme k rozhlasovému přijímači, zesilovači, gramofonu se zesilovačem, popř. k magnetofonu pomocí konektoru skládajícího se z

- a) vidlice s jedním nožovým a jedním kolíkovým kontaktem; kontakty jsou upevněny v tělísku z termosetu, kryt vidlice je z termoplastu a je zakončen výstupním otvorem pro přívodní kablík, kryt se s izolačním tělískem spojí zamáčknutím,  
označení vidlice

6 AF 895 57 a

6 AF 897 51,

34 V,

2 A,

jmenovité napětí  
jmenovitý proud

spínaný výkon  
provozní kmitočet  
kategorie odolnosti

5 W,  
20 kHz,  
20/070/04;

b) dvoupólové pevné zásuvky;

kontakty jsou uloženy v izolačním tělísku z termosetu černé barvy, kontakty jsou označeny číslicemi, kontakt č. 2 je navíc označen znaménkem +,

označení zásuvky

6 AF 282 28 a  
6 AF 282 29 s rozpojova-  
cím kontaktem a  
6 AF 282 30 s rozpojova-  
cím kontaktem, dvou-  
polohová,

jmenovité napětí  
jmenovitý proud  
spínaný výkon  
provozní kmitočet  
kategorie odolnosti

34 V,  
2A,  
5 W,  
20 kHz,  
25/070/04.

Reproduktorový konektor je na obr. 201 a 202.

Ke všeobecnému použití ve sdělovací technice, zejména pro přístroje spotřebního charakteru (např. pro propojení zesilovačů, mikrofonů, magnetofonů, gramofonů apod.) je určen konektor složený z:

- a) vidlice třípólové 6 AF 896 14, 15, 16,  
pětipólové 6 AF 896 19, 20, 21,  
sedmipólové 6 AF 896 86;

kontakty jsou uloženy v izolačním tělísku a jsou označeny číslicemi, jsou izolovány vzájemně a také od ostatních částí, vidlice je opatřena kovovým stíněním, které přechází v naváděcí nátrubek, chránící kontakty před poškozením; izolační plášť je z termoplastu a je opatřen výstupním otvorem pro kabel,

jmenovité napětí  
jmenovitý proud  
kategorie odolnosti

140 V,  
1,6 A,  
25/070/04;

vidlice třípólové 6 AF 896 37, 38, 39  
pětipólové 6 AF 896 41, 42, 43;

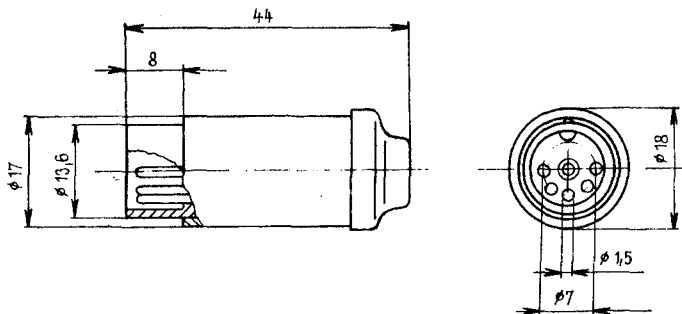
kontakt 2 je vodivě spojen se stíněním vloženým dovnitř izolačního pláště, ostatní kontakty jsou vzájemně izolovány; izolační plášť je z termoplastu, na jedné straně navazuje na naváděcí izolační nátrubek chránící kontakty, na druhé je zakončen výstupním otvorem pro kabel.

Provedení vidlic je na obr. 203.

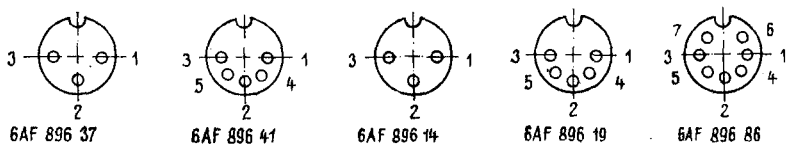
Zapojení vidlic je na obr. 204.

- b) pevné zásuvky třípólové 6 AF 282 05, 06 a  
pětipólové 6 AF 282 13, 14;

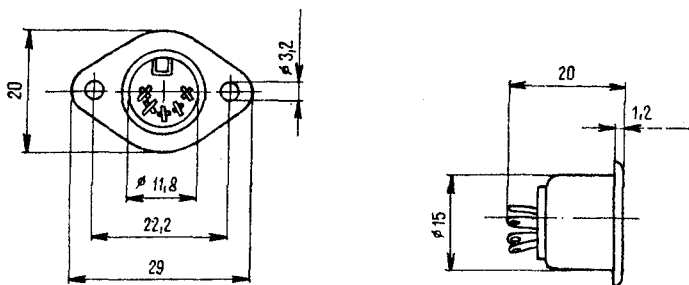
kontakty jsou uloženy v izolačním tělísku a jsou označeny číslicemi; zásuvka má kovový plášť, který zároveň tvoří upevňovací přírubu; uzem-



Obr. 203. Vidlice 6 AF 896 41



Obr. 204. Zapojení a číslování kontaktů vidlic



Obr. 205. Pevná zásuvka 6 AF 282 13

ňovací kontakt je označen značkou uzemnění a je vodivě spojen s pláštěm zásuvky; kontakty jsou izolovány vzájemně i od ostatních kovových částí,

jmenovité napětí

140 V,

jmenovitý proud

1,6 A,

kategorie odolnosti

25/070/04;

pevné zásuvky třípólové 6 AF 280 04,

pětipólové 6 AF 280 05

sedmipólové 6 AF 280 51,

kontakty jsou uloženy v izolačním tělisku, které zároveň tvoří upevňovací přírubu, jsou vzájemně izolovány a označeny číslicemi, uzemňovací kontakt je opatřen značkou uzemnění.

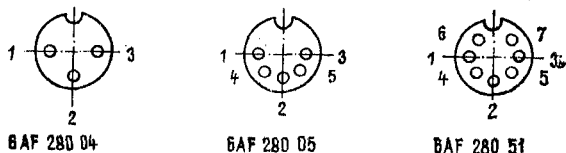
Elektrické parametry jsou shodné se zásuvkou 6 AF 282 ..

Provedení pevných zásuvek je na obr. 205.

Zapojení zásuvek je na obr. 206.

c) pohyblivé zásuvky třípólové 6 AK 180 20 a  
pětípólové 6 AK 180 25;

Isolační tělísko s kontakty je uloženo mezi stínění a vsunuto do izolačního pláště z termoplastu zakončeného výstupním otvorem pro kabel. Elektrické parametry jsou shodné s pevnou zásuvkou.



Obr. 206. Zapojení a číslování kontaktů zásuvek



Obr. 207. Pětípólový spojovací konektor

Pětípólová zásuvka a vidlice je na obr. 207.

d) spojovací zásuvky třípólové 6 AF 280 43 a  
pětípólové 6 AF 280 45;

Kontakty jsou uloženy ve dvou izolačních tělíscích a vodivě spojeny tak, aby byly propojeny shodné kontakty na obou stranách zásuvky. Kontakty jsou vzájemně izolovány, uzemňovací kontakty jsou vzájemně propojeny a vodivě spojeny se stíněním. Celek je zakryt izolačním pláštěm. Zásuvka tvoří propojovací prvek. Elektrické parametry jsou shodné s pevnou zásuvkou.

Pro popsané kontakty se doporučuje používat jednotné zapojení. Dále uvádíme doporučené zapojení u zařízení novějšího provedení. Připojujeme-li na konektory stíněný vodič, vyvádíme stínění na kontakt 2. Použije-li se více stíněných vodičů a jsou-li stínění vzájemně izolována, propojují se na kontakt 2 stínění pouze na jedné straně kabelu.

U gramofonů při monofonním provozu připojujeme přenosku s velkou impedancí (piezoelektrická) na kontakt 3. Přenosku s malou impedancí (dynamická, magnetická) při monofonním provozu připojujeme na kontakt 1.

Stereofonní přenosku vyvádíme na kontakt 3 (levý kanál) a na kontakt 5 (pravý kanál).

Mikrofony monofonní s malou impedancí připojujeme při nesouměrném zapojení na kontakt 3, při souměrném zapojení na kontakty 3 a 1.

Mikrofony stereofonní s malou impedancí vyvádíme při nesouměrném zapojení na kontakt 3 (levý kanál) a na kontakt 5 (pravý kanál). Při souměrném stereofonním zapojení připojujeme levý kanál na kontakty 1 a 3, pravý na kontakt 4 a 5.

Mikrofony monofonní s velkou impedancí připojujeme při nesouměrném zapojení na kontakt 1, při souměrném zapojení na kontakty 1 a 3.

Mikrofony stereofonní s velkou impedancí vyvádíme při nesouměrném zapojení na kontakt 1 (levý kanál) a na kontakt 4 (pravý kanál). Při souměrném stereofonním zapojení připojujeme levý kanál na kontakty 1 a 3, pravý kanál na kontakty 4 a 5.

U magnetofonů s monofonním provozem přivádíme vstup na kontakt 1 a výstup (např. k nf zesilovači) na kontakt 3. Kontakt 2 pro stínění je společný.

U magnetofonů se stereofonním provozem přivádíme při nahrávání levý kanál na kontakt 1 a pravý na kontakt 4. Výstup ze stereofonního magnetofonu je na kontaktu 3 pro levý kanál a na kontaktu 5 pro pravý kanál.

Stereofonní sluchátka bývají připojena levým sluchátkem na kontakty 3 a 2, pravým na kontakty 5 a 2 (viz oborová norma TESLA ONT 36 7008 z roku 1975).

## 6.2. Konektory řadové ploché

Používají se k rozebíratelnému propojení dílů zařízení. Vyrábějí se v nejrůznějším provedení. Vidlicová část má kontakty (obvykle nože) pevně uchycené v tělese z plastu. Zásuvky bývají upevněny ve výlisku volně. Při zasouvání se tak usnadňuje navádění obou částí. Vývody bývají upraveny nejčastěji pro pájení přívodních vodičů nebo také pro ovíjení.

Patří sem např. zásuvky typu WF 282 ... a vidlice WF 462 .. Kontaktní systém je tvořen dutinkami z beryliového bronzu, do nichž se zasouvá nožový kontakt z bronzového plechu. Vyrábějí se s 8, 12, 20 kontakty (obr. 208). Používají se buď jako samostatné pro montáž na panel, nebo zakrytované, popř. i v provedení s kabelovými vývodkami.

Parametry konektorů:

Jmenovité napětí

380 V, 50 Hz (440 V  
stejnoseměrné)

Jmenovitý proud

5 A

Izolační odpor

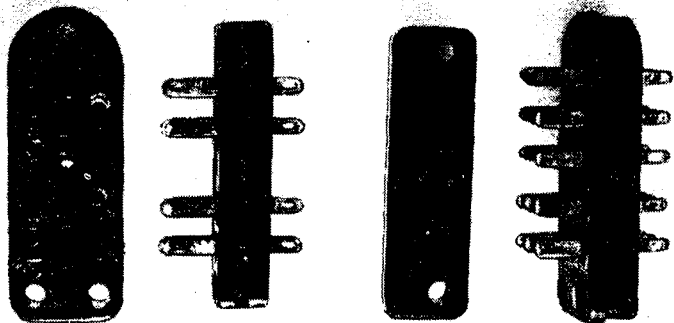
$> 10^{10} \Omega$

Přechodový odpor

$< 12,5 \text{ m}\Omega$

Mechanická trvanlivost

5000 cyklů



Obr. 208. Plochý nožový konektor

### 6.3. Konektory pro plošné spoje

Pro jednoduchou montáž a zejména pro snadnou údržbu se desky plošných spojů propojují se zařízením pomocí konektorů. Konektory pro plošné spoje rozdělujeme na přímé a nepřímé.

U přímých konektorů se vytvářejí nože vidlicové části vyleptáním měděné fólie na desce, a to buď jednovrstvové, nebo dvouvrstvové. Měděné pásky — nože — se pak niklují, popř. zlatí nebo se jinak povrchově upravují.

Zásuvková část bývá upevněna na zařízení a skládá se z výlisku z plastické hmoty, ve kterém jsou volně vloženy kontakty.

Nepřímé konektory pro plošné spoje tvoří vidlicová část připevněná obvykle na desce a zásuvková část uchycená v zařízení. Pro oba typy konektorů platí zásadní požadavky na kontakty, uvedené v bodě 3.8.

Přímý konektor pro plošné spoje WK 465 46—49:

Těleso konektoru je z termoplastu a obsahuje  $2 \times 40$  kontaktů zásuvkové části. Mechanickým dělením lze konektor upravovat na menší počet kontaktů. Rozteč mezi kontakty je 3,8 mm.

Konektor se používá ve sdělovacích obvodech, které nejsou přímo spojeny se silovou sítí. Je vhodný jak pro jednovrstvové (40 kontaktů), tak pro dvouvrstvové desky ( $2 \times 40$  kontaktů) plošných spojů tloušťky  $1,5 \pm 0,2$  mm.

Parametry přímého konektoru:

Jmenovité napětí	400 V
Jmenovitý proud	5 A
Izolační odpor	$> 5 \cdot 10^4 \Omega$
Přechodový odpor	$< 10 \text{ m}\Omega$
Kategorie odolnosti	55/100/21



Plochý šestipólový a dvanáctipólový konektor.

Kontakty konektoru jsou z postříbřených nebo pozlacených pásků. Konektor se dodává jako nepřímý pro plošné spoje (vývody z vidlice lze připájet do desek) nebo jako řadový. Tělíska vidlic a zásuvek jsou z termoplastu.

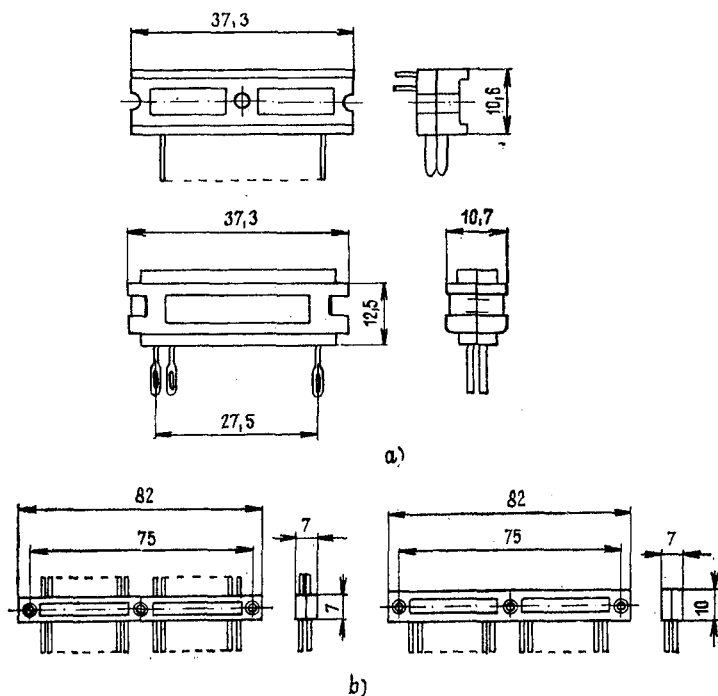
Šestipólový konektor s postříbřenými kontakty se používá pro připojení síťového napětí 220 V, 50 Hz.

Dvanáctipólový konektor je určen pro obvody, které nejsou přímo spojeny se síťovým rozvodem. Nelze jej použít v obvodech s přísnějšími bezpečnostními požadavky.

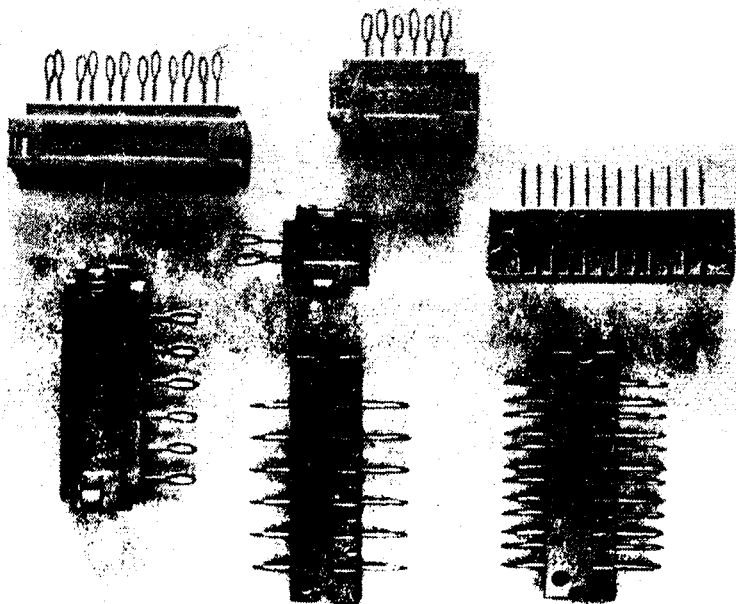
Vidlice se upevňují na desky plošných spojů ocelovými páskami a trubičkovými nýty.

Ploché šestipólové a dvanáctipólové konektory jsou na obr. 209a.

Provedení těchto konektorů je na obr. 210.



Obr. 209. Řadové konektory pro plošné spoje: a) 6pólový a 12pólový, b) 24pólový a 36pólový



Obr. 210. Provedení konektorů pro plošné spoje

#### Označení konektorů a parametry

Vidlice šestipólové

WK 462 08

kontakty postříbřené

WK 462 41

WK 462 40

kontakty pozlacené

WK 462 44

Vidlice dvanáctipólové

WK 462 06

kontakty postříbřené

WK 462 42

WK 462 05

kontakty pozlacené

WK 462 43

Zásuvky šestipólové

WK 465 18

kontakty postříbřené

WK 465 38

WK 465 36

kontakty pozlacené

WK 465 37

Zásuvky dvanáctipólové

WK 465 16

kontakty postříbřené

WK 465 40

WK 465 15

kontakty pozlacené

WK 465 39

Jmenovité vrcholové napětí je 250 V. U šestipólových konektorů postříbřených je efektivní napětí 250 V, 50 Hz.

Jmenovitý proud 5 A u postříbřených kontaktů,

1,6 A u pozlacených kontaktů.

Přechodový odpor maximálně 10 mΩ u postříbřených kontaktů,

maximálně 8 mΩ u pozlacených kontaktů.

Izolační odpor  $\geq 10^{12} \Omega$ .

Minimální napětí

na kontaktech 0,2 mV u pozlacených typů.

Mechanická trvanlivost 1000 cyklů.

Kategorie odolnosti 25/070/21.

Plochý 24pólový a 36pólový konektor

Konektor se dodává buď jako nepřímý pro zapájení vidlicové části do desek plošných spojů, nebo jako běžný řadový.

Kontakty jsou z postříbřených nebo pozlacených pásků. Tělíska vidlic a zásuvek jsou z termoplastu. Konektory jsou určeny pro použití v obvodech, které nejsou přímo spojeny se sítí.

Parametry jsou obdobné jako u 6pólového a 12pólového typu. Konektory jsou na obr. 209b (rozměrový náčrtek).

*Konektory FRB*

TESLA vyrábí také nepřímé konektory pro plošné spoje podle francouzské licence FRB.

Má dvě řady hyperboloidních kontaktů. Tělesa jak zásuvek, tak i vidlic jsou vylisována z plastu.

Kontakty jsou pozlacené, a to podle prostředí a účelu použití třemi různými tloušťkami zlaté vrstvy.

Konektor se navádí pomocí vodiček — kolíků a dutinek. Naváděcí kolíky mají kódovací výstupek a naváděcí dutinky odpovídající drážku. Výstupek a drážka mohou být orientovány do šesti poloh po 60° otočením vodiček kolem osy. Kombinace šesti možných kódů každého krajního vodička dovoluje celkem 36 možných kódů pro každý konektor.

Konektory jsou určeny pro použití v obvodech, které nejsou přímo spojeny se silovou sítí. Konektory nelze také použít v obvodech s přísnějšími bezpečnostními požadavky.

Vyrábějí se jako 20, 30, 48, 62, 72 a 94pólové.

Jmenovité efektivní napětí 120 V (mezi sousedními kontakty v jedné řadě),

250 V (mezi řadami kontaktů a mezi kontakty v jedné řadě, pokud je střídavě jeden kontakt vynechán).  
3 A/ kontakt. Při teplotě +125°C pouze 0,3 A/ kontakt.

Jmenovitý proud

3 A/ kontakt. Při teplotě +125°C pouze 0,3 A/ kontakt.

Jmenovitý průměr kolíku 0,6 mm.

Mechanická trvanlivost 10 000 cyklů.

Přechodový odpor  $\leq 4 \text{ m}\Omega$ .

Izolační odpor  $\geq 10^{12} \Omega$ .

Kapacita mezi kontakty 5 pF.

Kategorie odolnosti 55/125/56.

Konektory vyráběné podle licence FRB jsou pro své parametry vhodné zejména pro zařízení investičního charakteru a pro speciální zařízení.

Je přirozené, že celý rozsáhlý soubor dnešních součástek pro elektroniku nebylo možné stěsnat do jedné příručky přijatelných rozměrů. Proto jsme se snažili uvést — pokud možno úplně — alespoň nejčastěji používané klasické diskrétní součástky a nové, technické veřejnosti často ještě málo známé druhy. K detailnějšímu poznání mnohdy odkazujeme na doporučenou literaturu, kde mohou být vlastnosti příslušných součástek probrány podrobněji.

Mnohé údaje a podklady jsme mohli uvést jen díky výrobním podnikům, z nichž uvedme alespoň n. p. TESLA Valašské Meziříčí, n. p. TESLA Lanškroun, n. p. TESLA Holešovice, n. p. TESLA Litovel, n. p. TESLA Rožnov, n. p. Metra Blansko, n. p. Gramofonové závody (Supraphon) a další, jimž na tomto místě srdečně děkujeme za pochopení a dodání technických podkladů. Informace o sortimentu jsme získali také díky Obchodnímu podniku TESLA, oblastní středisko Praha.

Doufáme, že tato příručka pomůže prohloubit znalosti pracovníků z oboru elektroniky i ostatních zájemců, jak profesionálních, tak i amatérských.

*Autoři*

# Literatura

- [1] *Novák, K.*: Slabikář radioamatéra. (2. vyd.), Praha, SNTL, 1975.
- [2] *Bělov, A. — Čupr, V. — List, Vl.*: Články galvanické, akumulární, palivové a fyzikální. Praha, SNTL, 1968.
- [3] *Nečásek, S.*: Radiotechnika do kapsy. Praha, SNTL, 1972.
- [4] *Syrovátko, M.*: Nízkofrekvenční tranzistorová zapojení. Praha, SNTL, 1972.
- [5] *Čermák, J. — Navrátil, J.*: Tranzistorová technika. Praha, SNTL, 1967.
- [6] *Niemczewicz, L.*: ABC polovodičové elektroniky. Bratislava, Alfa, 1974.
- [7] *Vašíček, A.*: Typizované napájecí transformátorky a vyhlazovací tlumivky. (2. vyd.), Praha, SNTL, 1975.
- [8] *Kadlec, R. — Jakubík, I.*: Návrh síťového transformátorku. Praha, SNTL, 1969.
- [9] *Stach, H. a kol.*: Československé integrované obvody. Praha, SNTL, 1975.
- [10] *Syrovátko, M. — Černocho, B.*: Zapojení s integrovanými obvody. Praha, SNTL, 1975.
- [11] *Bednařík, J. a kol.*: Elektronická zařízení. Zásady pro navrhování. Praha, SNTL, 1967.
- [12] *Krejčík, M. — Veselka, J.*: Elektrotechnické tabulky. Praha, SNTL, 1970.
- [13] *Svoboda, L. — Štefan, M.*: Reprodukory a reproduktorové soustavy. (2. vyd.), Praha, SNTL, 1976.
- [14] Příruční katalog elektronek, obrazovek a polovodičových prvků. TESLA Rožnov, 1976–1977.
- [15] Součástky pro elektroniku (katalog). TESLA Lanškroun, 1976.
- [16] Periodika: Ročenky sdělovací techniky. Praha, SNTL.  
Amatérské rádio, řada A a B. Praha, Magnet.  
Sdělovací technika. Praha, SNTL.  
Radiový konstruktér. Praha, Magnet.  
Slaboproudý obzor, Praha, SNTL.

- Akumulátory niklokadmiové 395
  - — těsné 396
  - oceloniklové 394
  - olověné 389
  - stříbrozinkové 399
- Autotransformátory převodní 183
- Baterie anodové 383
  - destičkové 384
  - mřížkové 382
  - speciální 383
- Cívky jednovrstvové válcové 152
  - (kostříčky) pro vinutí 175
  - křížově vinuté 153
  - vysokofrekvenční feritové 164
- Články nálevné 386
  - průmyslové 385
  - rtuťové 386
  - speciální 383
  - suché, běžné typy 381
- Diak 231
- Diody elektroluminiscenční 287
  - hrotové 213
  - kapacitní 217
  - plošné 214
  - referenční 225
  - stabilizační (Zenerovy) 218
  - tunelové 220
  - vysokonapěťové 216
- Délky hřidelů potenciometrů 72
- Digitrony 319
- Dobíjení článků a baterií 387
- Doutnavky signalizační 318
  - stabilizační 319
- druhy potenciometrů 70
- držáky krystalových výbrusů 293
- Elektronky novalové 193
- Ferity a feritové součástky 155
- Filtry elektromechanické 296
  - krystalové 295
- Fotodiody 289
- Fotorezistory 288
- Fototranzistory 290
- Hlavy magnetofonové 361
- Hodnoty elektronek 195
- Hroty přenoskové 358,
- Chlazení polovodičových součástek 238
  - přídatné 240
- Jádra feritová hrníčková 160
  - — typu E (Ef) 166
  - — — X a RM 160
  - transformátorová typu C 172
  - — — EI 173
  - — — M 173
- Jakost součástek běžná 13
  - — speciální 13
- Kategorie odolnosti 15
- Kód barevný 27
- výrobního data součástek 197
- Kombinace reproduktorové 348
- Kondenzátory dolaďovací 150
  - elektrolytické hliníkové 125
  - — s patičovým šroubem 135
  - — miniaturní 128
  - vícenásobné pro plošné spoje 138
  - tantalové kapkové 143
  - — válečkové 143
  - keramické 117
  - krabicové MP 109
  - papírové MP 104
  - proměnné 145
  - průchodkové 124
  - s dielektrikem z plastů 113
  - slídové 101
- Konektory pro plošné spoje 408
  - řadové ploché 407
  - válcové 401
- Krystaly kapalné 281
  - piezoelektrické 290
- Materiály polovodičové 207
- Mikrofon dynamický 332
  - kondenzátorový 333
  - krystalový 334
  - páskový 333
- Mikrofony s rychlostním měničem 332
  - s výchylkovým měničem 333
- Mikrospínač tlačítkový 302
- Obrazovky osciloskopické 284

- televizní 286
- Obvody integrované číslicové 256**
  - — lineární 247
- Odchyšky od jmenovitých hodnot 25**
- Ovládače tlačítkové 300**
- Označování dovolených odchylek 25**
  - elektronik 196
  - obrazovek 285, 286
  - polovodičových součástek 212
  - potenciometrů 70
  - výrobního data součástek 197
- Pájení součástek 16**
- Potenciometry drátové 87**
  - dvojité a tandemové 85
  - knoflíkové 84
  - otočné 76
  - posuvné 76
  - se spínačem 87
- Prostředky odrušovací 189**
- Průběh odporové dráhy 69**
- Prvky zobrazovací (displeje) 287**
- Přepínače otočné 297**
  - tlačítkové 300
- Přenosky gramofonové 357**
- Přístroje měřicí ručkové 365**
- Regenerace článků a baterií 387**
- Relé 302**
  - jazýčkové 309
  - miniaturní 307
  - polarizované 306
  - silnoproudé 316
  - telefonní 303
- Reproduktory hlubokotónové 340**
  - kulové (sférické) 348
  - oválné 347
  - přímo vyzářující 338
  - středotónové 353
  - tlakové 349
  - vysokotónové 344
- Rezistory bezindukční 59**
  - destičkové přesné 65
  - drátové 62
  - napěťově závislé 67
  - s kovovou vrstvou 56
  - speciální 59
  - s velkým odporem 59
  - vrstvévé uhříkové 53
- Řady jmenovitých hodnot 18**
  - — odchylek 18
- Sluchátka náhlavní 356**
  - stereofonní 356
- Součástky aktivní 13**
  - pasivní 13
- Soustavy reproduktorové 348**
- Spínače otočné 297**
  - tlačítkové 297
- Spojení rezistorů paralelně 30**
  - kondenzátorů v sérii 30
- Spolehlivost zařízení 42**
- Technologie výroby tranzistorů 207**
- Termistory 208**
- Těliška cívková pro vinutí 175**
- Tlumivky vyhlazovací 184**
- Transformátory síťové napájecí 179**
  - výstupní 184
- Tranzistory 235**
  - komplementární 236
- Triak 233**
- Trimry kapacitní 150**
  - odporové 77
- Tyče anténní feritové 159**
- Tyristory 277**
- Varikap 217**
- Vložky přenoskové dynamické 361**
  - — krystalové 359
- Volba součástek 14**
- Výbojky stabilizační 319**
- Výhybky k reproduktorům 352**
- Výpočet bočníku k ampérmetru 367**
  - indukčnosti vf cívek 153
  - předřadníku k voltmetru 367
  - reproduktorových výhybek 353
- Vytváření jednoduchých logických funkcí 265**
- Zacházení s měřicími přístroji 377**
  - s polovodičovými součástkami 211
- Zakončení hřídelů potenciometrů 72**
- Zatížení rezistorů napěťové 34**
  - — proudové 32
- Zesilovač operační 255**
- Změny vlastností součástek 41**
- Značení jmenovitých hodnot 23**
  - — odchylek 25
  - průběhů odporové dráhy 70
- Značky na měřicích přístrojích 368**
- Zobrazovací soustavy (displeje) 278**
- Zvětšení spolehlivosti 38**
- Žárovky pro osvětlování stupnic 324**
  - telefonní 326
  - trpasličí 321

**PRAKTICKÉ  
ELEKTROTECHNICKÉ  
PŘÍRUČKY**  
svazek 82

---

SLÁVA NEČÁSEK  
Ing. JAN JANEČEK  
Ing. JAROSLAV RAMBOUSEK

**ELEKTRONICKÉ  
A ELEKTROAKUSTICKÉ  
SOUČÁSTKY**  
Jejich volba a použití

DT 621.396.69

Vydalo SNTL — Nakladatelství technické literatury, n. p., Spálená 51, 113 02 Praha 1 jako společné vydání s n. p. ALFA, vydavatelství technické a ekonomické literatury, Hurbanovo nám. 3, 893 31 Bratislava v roce 1980 jako svou 8649. publikaci. Redakce elektrotechnické literatury. Odpovědný redaktor Ing. Emanuel Prager, CSc. a Svatoslav Neužil. Vazbu navrhl Milan Míšek. Grafická úprava a technická redakce Jan Šulc. Vytiskl Tisk, n. p., knižní výroba, n. p., Brno, závod 3, Český Těšín, 416 stran, 210 obrázků, 191 tabulek. Typové číslo L26-EI-IV-85/52 338 Vydání první Náklad 22 200 výtisků 25,35 AA, 27,48 VA

05/38

Cena vázaného výtisku Kčs 34,—  
505/21,856

Publikace je určena pro širší vrstvy spotřebitelů elektronických a elektroakustických součástek a přístrojů a poslouží hlavně radioamatérům

04-523-80 Kčs 34,—