

Vážení zákazníci,

dovolujeme si Vás upozornit, že na tuto ukázkou knihy se vztahují autorská práva, tzv. copyright.

To znamená, že ukáзка má sloužit výhradně pro osobní potřebu potenciálního kupujícího (aby čtenář viděl, jakým způsobem je titul zpracován a mohl se také podle tohoto, jako jednoho z parametrů, rozhodnout, zda titul koupí či ne).

Z toho vyplývá, že není dovoleno tuto ukázkou jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umístováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

redakce nakladatelství BEN – technická literatura
redakce@ben.cz



Součástky

Rezistory

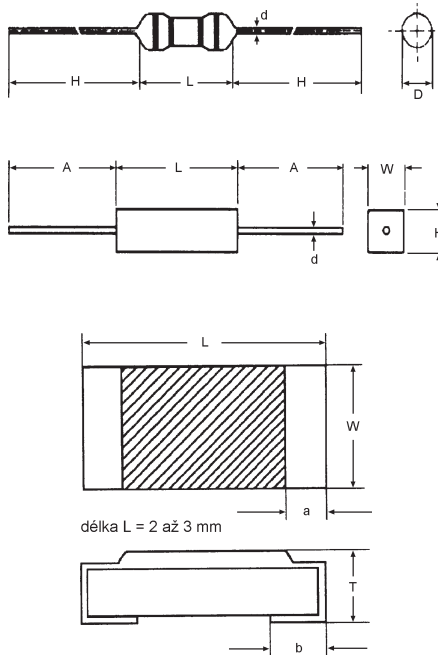
Hned z počátku jsme hovořili o tom, že dráty, kterými protéká proud (říkáme jim *vodiče*, protože vedou proud) kladou procházejícímu proudu určitý odpor. Jestliže budeme mít dva dráty stejné délky, ale různého průřezu, pak silnější vede proud lépe, má menší odpor. Pamatujte, že *kolikrát je větší průřez, tolikrát je menší odpor*. Znovu opakuji, že to ovšem platí jen pro stejný materiál. Obráceně to bude s délkou. Jestliže budeme mít drát dvojnásobné délky při stejném průřezu, bude odpor dvojnásobný. *Čím větší je délka vodiče, tím je větší jeho odpor*. Pokud budeme mít ovšem dráty stejné délky a stejného průřezu, ale každý bude z jiného materiálu, potom bude mít také každý jiný odpor.

V elektrotechnice se používá drát stříbrný (pojistky), měděný a hliníkový a pro některé účely (stará vzdušná telefonní vedení) i železný. Pro speciální účely (např. uvnitř těles vaříčů, žehliček, k vyhřívání elektrické trouby) se vyrábí dráty ze speciálních slitin, které mají poměrně vysoký odpor. Nejčastěji se setkáme s názvy slitin nikelin, konstantan, cekas nebo chromnikl. Metr drátu o průřezu 1 mm^2 ze stříbra bude mít odpor $0,016 \Omega$, z mědi $0,017 \Omega$, z hliníku $0,022 \Omega$, ze železa $0,118 \Omega$, ale z chromniklu $1,10 \Omega$. Tento odpor je závislý na teplotě – u většiny kovů odpor s teplotou vzrůstá, u některých slitin a uhlíku naopak klesá.

V praxi však nepotřebujeme pouze vodiče, které by vedly proud co nejlépe, v některých případech – např. v radiotechnice mnohdy potřebujeme pro omezení procházejícího proudu spojit dvě místa s rozdílným potenciálem přes velký odpor – třeba stovky, tisíce i více ohmů. K tomu již nemůžeme použít obyčejné vodiče, ty by musely být mnoho kilometrů dlouhé. Používáme k tomu součástky, kterým říkáme *rezistory* (nesprávně odpory). Jsou to obvykle válečky různého průměru a délky z nevodivého materiálu, na kterých je navinut tenký drátek z odporové slitiny (*drátové rezistory*), nebo je na povrchu nanášena speciální odporová vrstva a velikost odporu je nastavena vybroušením drážky do této vrstvy (*rezistory vrstvou*), případně je celé tělísko zhotoveno ze speciální odporové hmoty (*rezistory hmotové*). Dnešní moderní technologie poskytují řadu způsobů, jak vyrobit odpor požadované hodnoty. Takto vyrobené rezistory mají stálou ohmickou hodnotu. Její velikost je na tělese rezistoru napsána buď číslicemi nebo jsou označeny barevným kódem (proužky), který je normalizován na celém světě.

Mimo různých odporových hodnot se rezistory vyrábí ještě podle výkonu, kterým je můžeme zatěžovat. Při průchodu proudu se odpor pochopitelně zahřívá a při přehřátí by se mohl poškodit. Elektrický výkon se mění v tepelnou energii. Čím má rezistor větší povrch, tím větší tepelná energie se stačí v okolí rozptýlit. Výkon, pro který je rezistor vyroben (bývá to v rozmezí desetin W až desítek W) se spo-

lehlivě rozptýlí (rezistor při tomto výkonu je již velmi teplý!) v okolí, ale větším výkonem nesmí být rezistor zatěžován.



Obr. 15. Různé typy rezistorů (nahore nejběžnější typ rezistorů uhlíkových a s kovovou vrstvou (podle zatížení 0,3, 0,5 a 2 W se mění uvedené rozměry), pod ním rezistor drátový a zcela dole rezistor pro plošnou montáž (SMT))

Spojování rezistorů

Obdobně jako zdroje můžeme řadit rezistory paralelně nebo sériově, případně také v různých sérioparalelních kombinacích. Pamatujte: *při rezistorech řazených v sérii je jejich výsledný odpor roven součtu odporů jednotlivých rezistorů.*

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3$$

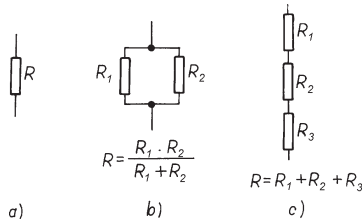
U rezistorů spojených paralelně je výpočet poněkud složitější. Zavedeme si nový pojem – vodivost (převratná hodnota odporu). Z Kirchhoffova zákona odvodíme, že výsledná vodivost paralelně zapojených odporů se rovná součtu vodivostí jednotlivých odporů. Vzoreček tedy vypadá takto:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Z tohoto základního vztahu už snadno odvodíme vzorce pro praktický výpočet:

$$\text{Pro dva rezistory } R_p = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}, \quad \text{pro tři } R_p = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}.$$

Pokud mají dva rezistory stejnou hodnotu odporu, pak při jejich sériovém spojení je jejich odpor dvojnásobný, při paralelním spojení poloviční.



Obr. 16. Rezistor (a), paralelní řazení (b), sériové řazení (c)

Pro zvláštní účely se rezistory konstruují i jako proměnné, které se nazývají *reostaty* (dnes prakticky nepoužívaný pojem) v případě, že mají vyveden jeden konec odporové dráhy a sběrač, nebo *potenciometry* pokud mají vyvedeny oba konce odporové dráhy a sběrač.

Odporový dělič napětí

Mějme za sebou spojené dva rezistory, dejme tomu s odporem 120 a 60 ohmů. Připojíme je na baterii s napětím 4,5 V a budeme měřit proudy a napětí. Předně – jaký bude tímto obvodem protékat proud? Můžeme použít Ohmův zákon, nebo (bez výpočtu) ampérmetr. Pro procvičení raději aplikujeme Ohmův zákon:

$$I = \frac{U}{R}, \quad \text{přičemž } R = R_1 + R_2 = 120 \Omega + 60 \Omega = 180 \Omega.$$

Tedy

$$I = \frac{4,5 \text{ V}}{180 \Omega} = 0,025 \text{ A}.$$

Obvodem bude protékat proud 25 mA.

Jaké budou úbytky napětí na jednotlivých rezistorech? Opět nám zde pomůže Ohmův zákon. Pro jednotlivé rezistory to bude

$$U_1 = R_1 \cdot I = 120 \Omega \cdot 0,025 \text{ A} = 3 \text{ V} \quad \text{a} \quad U_2 = R_2 \cdot I = 60 \Omega \cdot 0,025 \text{ A} = 1,5 \text{ V}.$$

U tohoto jednoduchého výpočtu bychom mohli použít i úsudku, že na rezistoru s dvojnásobně velkým odporem bude dvakrát větší úbytek napětí a došli bychom ke stejnému výsledku. Stejná čísla získáme měřením napětí na jednotlivých rezis-

torech. Původní napětí zdroje se rozdělilo na rezistorech na dvě napětí menší. Takové kombinaci rezistorů říkáme *odporový dělič napětí*.

Mezi napětím na části odporového děliče a napětím zdroje je přímá úměrnost: *napětí na části odporového děliče se má k napětí zdroje stejně, jako hodnota části odporového děliče k hodnotě celého děliče.*

Když k odporovému děliči připojíme ještě zátěž, tedy nějaký spotřebič, který má vnitřní odpor R_z např. 200Ω , předchozí věta platí rovněž, ale k rezistoru R_2 musíme ještě připočítat paralelně připojený odpor R_z . Výsledná kombinace těchto dvou paralelně spojených odporů bude

$$R_p = \frac{R_2 \cdot R_z}{R_2 + R_z} = \frac{60 \cdot 200}{60 + 200} = \frac{12000}{260} = 46,1 \quad [\Omega]$$

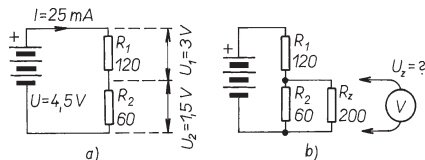
a napětí bude nižší – v daném případě je poměr odporů

$$\frac{(R_1 + R_p)}{R_p} = \frac{(120 + 46,1)}{46,1} = 3,6$$

Z toho napětí na spotřebiči vychází jen

$$U = \frac{4,5 \text{ V}}{3,6} = 1,25 \text{ V}$$

Při výpočtu jsou pochopitelně použity zaokrouhlené hodnoty.



Obr. 17. Dělič napětí (a) a dělič napětí se zátěží (b)

Výpočty související s děliči napětí se provádí často a pro zjednodušení takových výpočtů se využívá tzv. *Théveninův teorém*. Ten říká, že si dělič napětí můžeme představit tak, že jeho *oba* rezistory jsou připojeny *paralelně* ke zdroji takového napětí, jaké vzniká na rezistoru z něhož napětí odbočujeme, při nulovém zatížení děliče.

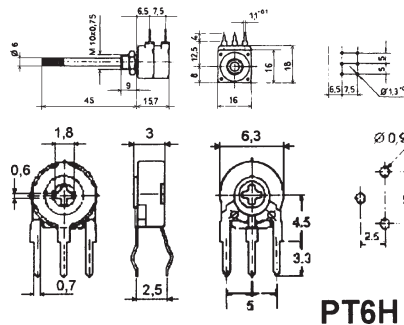
Nakonec stručný přehled: aktivní odporovou vrstvu vrstevových rezistorů tvoří obvykle pyrolyticky nanesený uhlík, nebo vakuově nanesený kov. Z hlediska použité technologie se tedy rozlišují rezistory uhlíkové a metalizované, podle způsobu nakontaktování vývodů pak rezistory čepičkové a bezčepičkové. Axiální vývody jsou nejčastěji z měděného drátu o průměru do 0,6 mm (podle typu), s povrchovou úpravou (cínované, stříbřené). Výrobci doporučují nezkracovat je při montáži na méně než 20 mm (pro pájení v plošných spojích připouští i méně). Není vhodné pravoúhlé ohýbání přímo u tělíska rezistoru. Předchozí věty platí pro součástky

obecně, nejen pro rezistory. U bezčepičkových rezistorů s menší zatžitelností může dojít k přehřátí tělíska roztavenou pájkou a k jejich poškození. Obzvláště opatrně musíme postupovat při pájení moderních součástek vyráběných pro technologii SMT (bez drátových vývodů, subminiaturní, pro přímé pájení do plošného spoje), pokud nepoužíváme speciální nástroje a pájku s nízkým bodem tání.

Laková vrstva u většiny rezistorů nemá elektroizolační účel, je použita k ochra- ně vodivé vrstvy před vlivem prostředí a před otěrem. Jednotlivé rezistory se proto nesmí přímo dotýkat jiných vodivých součástek ani vzájemně.

Potenciometry

Jak vypadá dělič napětí jsme si již řekli. Často je ale zapotřebí plynule měnit vzájemný poměr jednotlivých rezistorů zapojených v děliči, abychom tak získali na výstupu proměnné napětí. K tomu slouží *potenciometry*. Tvoří je obvykle kruhový izolant, na kterém je, obdobně jako u rezistorů, nanesena odporová vrstva, po které se pohybuje sběrač, otáčející se spolu s osou potenciometru. I potencio- metrů je celá řada typů: u některých je změna velikosti odporu přímo úměrná úhlu pootočení sběrače (lineární potenciometry), u jiných jsou průběhy složitější – např. logaritmický. Některé jsou mechanicky uzpůsobeny tak, aby se sběrač posouval přímočaře (tahové potenciometry). Pokud není osa určena pro přímé nasazení ovlá- dacího knoflíku, ale je pouze krátká a většinou uzpůsobena pro otáčení pomocí šroubováku, mluvíme o *potenciometrických trimrech*. Ty slouží k jednorázovému nastavení hodnoty výstupního napětí a mnohdy, aby nedošlo k náhodnému pooto- čení, se po nastavení otočná část zakápné barvou. Někdy se jim říká též odporové trimry – ty však ve skutečnosti mají jen dva vývody, v podstatě se jedná o rezistor s proměnným odporem.

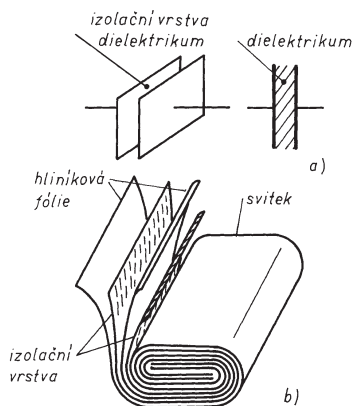


Obr. 18. Provedení běžného dvojitého (tzv. tandemového) potenciometru firmy Piher typ PC16 pro maximální zatížení 0,25 W a max. napětí 500 V (nahore) a odporového trimru stejné firmy (typ PT6H) s uhlíkovou odporovou dráhou pro max. zatížení 0,1 W a max. napětí 100 V (dole)

Kondenzátory

Kondenzátor se skládá ze dvou desek (polepů) vzájemně izolovaných dielektrikem (viz obr. 19) Již jednou jsme zde použili průměru s vodním potrubím. Ten lze použít nejen u rezistorů (v jednom místě potrubí silně zúžené místo), ale také u kondenzátorů. Představte si trubku, která má v sobě zatavenou pružnou membránu (konečně – něco podobného je u tlakových nádob v systému etážového topení) a je naplněna vodou. Membrána při vyrovnaném tlaku z obou stran přehrazuje trubku v celém průřezu (na kondenzátoru není napětí) a voda pochopitelně neprotéká. Pokud z jedné nebo druhé strany zvětšíme tlak vody, membrána se vychýlí tím více, čím je větší tlak vody a na druhé straně vytlačí určité množství vody (na kondenzátor přivádíme stejnosměrné napětí). Kdybychom tlak vody zvětšili nad mez pevnosti membrány, dojde k jejímu protržení (při zvýšení napětí nad povolené napětí dojde k průrazu dielektrika a ke zkratu v kondenzátoru). Pokud se bude tlak vody periodicky měnit, bude se pohybovat i membrána a malé pohyby vodního sloupce se budou přes membránu přenášet i na druhou stranu vodního sloupce (zapojíme-li kondenzátor do obvodu střídavého proudu, proud jím protéká).

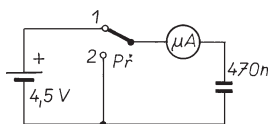
Kondenzátor je součástka, která má schopnost hromadit v sobě elektrický náboj. Této vlastnosti říkáme *kapacita*, ta je tím větší, čím mají polepy (desky kondenzátoru) větší plochu, čím jsou blíže u sebe, eventuálně čím je vyšší tzv. dielektrická konstanta použitého dielektrika. Kapacitu označujeme písmenem *C* a jednotkou kapacity je Farad [F]. Je to ovšem jednotka ohromně velká, dříve se používala jednotka centimetr, dnes výhradně jednotka přibližně stejné velikosti jako centimetr, ale mnohonásobně menší než Farad a to *pikofarad* – matematicky vyjádřeno je to miliontina miliontiny Faradu – tedy 10^{-12} F. Větší hodnoty jsou nanofarad (1000 pF, jinak 10^{-9} F) a mikrofarad (10^{-6} F).



Obr. 19. Princip kondenzátoru

Poďíváme se nyní na další část kondenzátoru, dielektrikum. Nejjednodušší je kondenzátor tvořený deskami mezi kterými je vzduch. Vzduch je velmi dobré dielektrikum, ještě lepší by bylo vakuum. Když vezmeme kondenzátor s vakuovým dielektrikem a srovnáme jej s rozměrově stejným kondenzátorem, který bude mít místo vakua jako dielektrikum, např. papír, zjistíme, že kapacita takového kondenzátoru je větší než vakuového. Číslo, které udává kolikrát je větší kapacita kondenzátoru s dielektrikem mezi deskami ve srovnání s kondenzátorem s vakuem mezi deskami, se nazývá *dielektrická konstanta*. Např. slída má dielektrickou konstantu (pode druhu) 5–7, některé speciální keramické materiály až několik tisíc.

Kondenzátor nepropouští proud. Připojíme-li na něj zdroj stejnosměrného napětí, pak v prvném momentě bude napětí na kondenzátoru nulové, ale bude do něj protékat proud – ten bude tím vyšší, čím bude vyšší kapacita kondenzátoru. Postupně proud bude klesat, ale bude se zvyšovat na kondenzátoru napětí. To bude nejvyšší v momentě, když se kondenzátor přestane nabíjet – když do něj přestane procházet proud.



Obr. 20.

Můžeme si to názorně vyzkoušet, vezmeme-li citlivý mikroampérmetr (nejlépe s nulou uprostřed), kondenzátor s hodnotou, např. 0,5 mikrofaradu, přepínač a plochou baterii. Zapojíme je podle schématu na obr. 20. Při zapojení baterie do okruhu se ukáže krátkodobě výchylka, pak mikroampérmetr zůstává na nule. Při přepojení tak, aby se náboj kondenzátoru vybil přes mikroampérmetr, ukáže ručka výchylku (ale v opačném směru) a opět klesne na nulu.

Pokud ovšem kondenzátor připojíme na zdroj střídavého napětí, bude se střídavě nabíjet a vybíjet. Navenek to bude vypadat, jako by jím proud skutečně protékal. V každé první a třetí čtvrtině periody totiž do kondenzátoru projde určité množství proudu, které se ovšem ve druhé a čtvrté čtvrtině periody zase vrací. Toto množství proudu bude v každé periodě stejné, závislé jen na velikosti kapacity kondenzátoru. Bude při stejné velikosti kondenzátoru tím větší, čím bude mít střídavý proud více period za časovou jednotku, tedy vyšší kmitočet. Závislost lze vyjádřit vzorcem

$$I = U \cdot 2\pi f \cdot C,$$

kde člen $2\pi f$ (značí se ω) je tzv. úhlový kmitočet (ve starší literatuře najdete spíše název kruhová frekvence) a převratná hodnota výrazu ωC určuje tzv. jalový odpor, čili kapacitní reaktanci

$$X = \frac{1}{\omega C}.$$

Pro sériové a paralelní spojování kondenzátorů platí obdobné vztahy jako při spojování rezistorů, jsou však aplikovány obráceně. Výslednou hodnotu dvou sériově zapojených kondenzátorů tedy vypočteme stejně jako hodnotu dvou paralelně zapojených rezistorů:

$$C_s = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2};$$

u paralelně zapojených kondenzátorů se jejich kapacity sčítají.

Druhy kondenzátorů a jejich použití

Jak jsme již naznačili, kondenzátorů je řada druhů – podle použitého dielektrika (vzduchové, slídové, keramické, papírové), podle použité technologie výroby (svitkové – dva tenké kovové pásy mezi kterými je speciální papír, vše svinuté do válečku; MP – kovová vrstva je napařena na papír, při průrazu se odpaří a nedojde ke zkratu; elektrolytické – většinou se jedná o svitky dvou tenkých kovových pásků, mezi kterými je elektrolytem napuštěný pórovitý papír, isolační vrstva je tenoučká vrstva kysličníku kovu jednoho z polepů. Mají vysokou kapacitu při malých rozměrech), dále mluvíme o kondenzátorech pevných, otočných, dolaďovacích atd. Každý kondenzátor ovšem vykazuje svody v dielektriku, jeho přívodní dráty mají určitou indukčnost, která může mít při vysokých kmitočtech nepříznivý vliv. Zcela zvláštní postavení mají kondenzátory elektrolytické; polep na kterém je dielektrická vrstva kysličníku kovu musí být vždy připojen na kladné napětí, změna polarity by znamenala zničení kondenzátoru. Tyto kondenzátory nelze bez zvláštních opatření používat v obvodech se střídavým napětím. Bohužel, v obchodech se obvykle, mimo kapacity nebo napětí, na které je možno kondenzátor připojit, o jejich vlastnostech nedozvíte nic dalšího.

Obecně lze říci, že spolu s rezistory patří kondenzátory k nejčastěji používaným součástkám. Velmi často se ale setkáváme s kondenzátory, lépe řečeno s kapacitou jako jejich vlastností, na místech kde jsou nežádoucí a pak mluvíme o parazitním prvku. Některé typy kondenzátorů, v moderních aplikacích vyžadují zcela zvláštní technologii provedení (např. kondenzátory pro spínané zdroje), neboť jejich pracovní podmínky jsou odlišné.

Keramické kondenzátory

V současnosti mají tyto prakticky největší zastoupení v elektronických přístrojích všeho druhu. Jejich vlastnosti závisí především na použité keramice. Její dielektrická konstanta se pohybuje od $\varepsilon = 10$ (čistý oxid hliníku Al_2O_3) až po více než 10 000 (bariumtitanáty). Na dielektriku je závislá i další významná vlastnost – teplotní koeficient kondenzátoru.

Teplotní závislost kapacity kondenzátoru nám říká o kolik jednotek se změní hodnota v závislosti na teplotě. Tento koeficient může mít zápornou nebo kladnou

hodnotu, obvykle kondenzátory velmi malých hodnot mají teplotní závislost (koeficient) kladnou, nebo téměř nulovou. Kondenzátory s vyššími kapacitami jsou vyrobeny obvykle z materiálů, jejichž teplotní koeficient je záporný. Pokud vůbec je teplotní koeficient vyznačen, bývá to barevnou tečkou (černá tečka u nulového teplotního koeficientu, červená u kladného, oranžová nebo fialová u záporného koeficientu).

Jaký to má vliv v obvodech, kde je takový kondenzátor zapojený? Vezměme si příklad kondenzátoru s fialovou tečkou, což znamená materiál N750. Tento kondenzátor máme zapojen v rezonančním obvodu a při zapnutí se teplota uvnitř přístroje zvýší o 20°C. Při této teplotní změně se jeho hodnota kapacity změní o 1,5 % dolů. Pokud bychom takový kondenzátor použili v obvodu, který kmitá na 10 MHz, kmitočet se zvýší o 75 kHz!!!

U kondenzátorů vysokých hodnot se kapacita zaručuje ve velmi široké toleranci – obvykle -20 až +50 % jmenovité hodnoty. V mnohých aplikacích je to výhodné, poněvadž nám (např. u blokovacích kondenzátorů) na kapacitě nezáleží. Nejčastější provedení těchto kondenzátorů jsou trubičky, nebo u vícevrstvých je to zalitá kostička z níž vyčnívají vývody. Pozor při pájení, protože pro připevnění vývodů bývá obvykle použita pájka s velmi nízkým bodem tání, takže snadno při pájení odpadnou. Také se nezdívá stane, že část napařeného kovu s přírodním drátkem se odloupne od keramiky, ale barva jej drží – kondenzátor se pak chová, jako by v obvodu nebyl vůbec zapojen a chyba se velmi těžko hledá. (Ještě horší je, když v takovém případě kontakt někdy je a někdy není.)

Slídivé kondenzátory

Jsou z hlediska vysokofrekvenčních vlastností vynikající, jsou výborné i do rezonančních obvodů. Nevýhodou je velikost, poněvadž dielektrická konstanta slídy je malá. Proto se ve většině aplikací dnes nahrazují speciálními keramickými kondenzátory.

Papírové kondenzátory

Málokdo si uvědomí, že se vlastně jedná o kondenzátory olejové, neboť papír je pouze nosičem, napuštěným vlastním dielektrikem – speciálním olejem. Dvě vrstvy papíru a hliníkových fólií jsou smotány do svitku. Zvláštní technologií jsou vyrobeny kondenzátory MP (metalizovaný papír) – u těch je kovová vrstva napařena přímo na povrch papíru. Mají jednu velmi užitečnou vlastnost – při průrazu dielektrika se kovová vrstvička v místě průrazu odpaří a kondenzátor dále plní svou funkci. Obecně špatnou vlastností papírových kondenzátorů je navlhavost, která časem zhoršuje vlastnosti dielektrika. Dále v některých aplikacích vadí velká parazitní indukčnost, kterou však lze omezit speciální technologií výroby (kovová fólie vždy na jedné straně přesahuje dielektrikum a jednotlivé závity jsou propojeny).

Fóliové kondenzátory z plastických hmot

Materiál pro dielektrikum je různý – polypropylen, polyester, styroflex aj. Mají obvykle malý teplotní koeficient a malé ztráty. Nevýhodou je malá odolnost proti průrazu a proti vyšším teplotám při pájení. I zde se používá technologie svaření kovové fólie po obvodu, čímž se velká parazitní indukčnost eliminuje.

Elektrolytické kondenzátory

Pro kapacity asi od 1 μF výše by kondenzátory vyrobené dosud popsánymi technologiemi byly příliš rozměrné. Zde mají místo elektrolytické kondenzátory. Ty mohou být „klasické“ – u kterých je dielektrikem velmi tenká vrstvička oxidu hliníku na kladné elektrodě, nebo tantalové, které mají proti hliníkovým podstatně menší průchozí proud, menší parazitní indukčnost a stabilní kapacitu, ale při náhodné změně polarity u nich dochází k trvalému průrazu. Ty vypadají nejčastěji jako kapky husté barvy (také se jim v tom případě říká kapkové).

Klasický elektrolytický kondenzátor je konstrukcí podobný papírovému svitkovému kondenzátoru. Speciální pórovitý papír mezi fóliemi je napuštěn pastovitým elektrolytem. Je třeba počítat s tím, že elektrolytickým kondenzátorem trvale protéká i při správném připojení určitý nepatrný proud. Používají se hlavně v napájecích obvodech a všude tam, kde není na závalu jejich vysoká parazitní indukčnost. Vyrábí se s kapacitami asi od 0,5 μF až do desítek tisíc mikrofaradů. Zvláštním druhem těchto kondenzátorů jsou tzv. bipolární kondenzátory, které se např. používají jako rozběhové u asynchronních motorů. Můžeme si je představit jako dva elektrolytické kondenzátory se stejnou kapacitou zapojené v sérii, ale obráceně polarizované.

Cívky

Jednou z dalších základních součástí v elektronice je cívka. Ta se vyznačuje další dosud nepoznanou vlastností, která se nazývá *indukčnost*. Indukčnost je vázána na magnetické pole, které se vytváří kolem každého vodiče, jímž protéká elektrický proud. Příčný drát má pro praktické účely indukčnost velmi malou, zvětšit ji však můžeme tím, že drát navineme do šroubovice se závitů těsně u sebe. Magnetická pole jednotlivých závitů se sčítají a navenek působí jako jedno velké magnetické pole. Tak vznikne cívka. Jednotkou indukčnosti je Henry (značka je H), v radiotechnice se však obvykle používá hodnot tisíckrát až milionkrát menších (milihenry a mikrohenry). Indukčnost lze vyjádřit jako vztah mezi magnetickým polem a proudem, který cívkou protéká:

$$L = \frac{\Phi}{I},$$

kde L je indukčnost, Φ je magnetický tok a I okamžitá hodnota proudu.