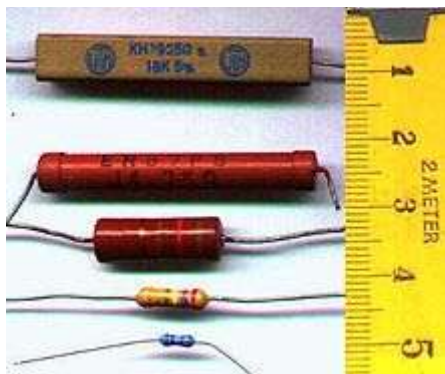


Rezistor



Různé druhy rezistorů

Rezistor je pasivní elektrotechnická součástka projevující se v elektrickém obvodu v ideálním případě jedinou vlastností - elektrickým odporem. Důvodem pro zařazení rezistoru do obvodu je obvykle snížení velikosti elektrického proudu nebo získání určitého úbytku napětí.

Tato součástka bývá běžně označována jako **odpor**, což ale může vést k nejednoznačnostem kvůli možné záměně se stejnojmennou veličinou (tj. s elektrickým odporem). Pro odlišení se začal používat pojem **odporník** (dnes velmi zastaralý) a později **rezistor**.

Elektrotechnická značka



Schematické značky rezistoru

Schématická značka rezistoru není celosvětově sjednocena. V Evropě se používá symbol ve tvaru obdélníčku, zatímco ve Spojených státech a Japonsku se používá symbol vytvořený z lomené čáry.

Ideální a reálný rezistor

Ideální rezistor by měl mít jediný parametr, tedy svůj odpor, a tento parametr by neměl být závislý na jakýchkoliv vnějších vlivech. Podle Ohmova zákona by se tedy proud protékající rezistorem s odporem **R** a přiloženým napětím **U** měl rovnat:

$$I = \frac{U}{R}$$

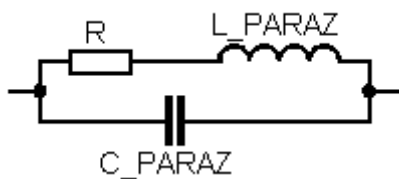
nebo naopak napěťový úbytek vzniklý na témže rezistoru, kterým protéká proud I :

$$U = I \cdot R$$

Výkon daný vztahem:

$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$$

rezistor promění v teplo, to znamená, že se procházejícím proudem ohřívá. Není-li rezistor používán jako topné odporové těleso, jedná se o ztrátové teplo.



Náhradní schéma reálného rezistoru

Reálný rezistor je ovšem vyroben z reálného materiálu vykazujícího elektrický odpor a má určitou geometrii. Z toho vyplývá:

1. Hodnota jeho odporu je závislá na teplotě.
2. Dokáže v teplo proměnit jen určitý výkon, při větším zatížení, než na které je určen, se zničí přehřátím.
3. Hodnota bývá odlišná od jmenovité, uvedené na pouzdře (při výrobě dochází k nepřesnosti a rozptylu parametrů)
4. Má omezenou elektrickou pevnost, při aplikaci vyššího napětí může dojít k průrazu nebo poškození.
5. Mimo reálný odpor vykazuje také sériovou indukčnost a paralelní kapacitu (viz náhradní schéma). Tyto parazitní veličiny se zdatelně projevují až při vyšších frekvencích procházejícího proudu.
6. Při velmi vysokých frekvencích na něm navíc dochází k tzv. skin efektu.
7. Rezistor vykazuje elektrický šum.
8. Podle materiálu použitého k výrobě je hodnota odporu závislá i na přiloženém napětí

Parametry udávané u rezistorů

- Elektrický odpor v ohmech. Hodnoty běžně vyráběných rezistorů vybírají z řady vyvolených čísel E6, E12 nebo E24. Nejpoužívanější je řada E12, která obsahuje následujících 12 hodnot, které se dále násobí mocninou desítky:

1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2; 2,7; 3,3; 3,9; 4,7; 5,6; 6,8; 8,2

- Používané mocniny desítky jsou typicky od 10^0 do 10^6). Např. sada rezistorů v řadě E12 od 1Ω do $8,2 \text{ M}\Omega$ by obsahovala $7 \cdot 12$ hodnot. Příklad běžných hodnot rezistorů:
 - $R_1 = 0,1 \Omega$

- $10R = 10J = 1 \times 10^1 \Omega$
 - $4M7 = 4,7 \times 1M\Omega = 4,7 \times 10^6 \Omega$
 - $k1 = 0k1 = 0,1 \cdot 1 k\Omega = 0,1 \times 10^3 \Omega = 1 \times 10^2 \Omega = 100 \Omega = 100R = 100J$
 - $222 = 22 \cdot 10^2 \Omega = 2200 \Omega$
- Maximální příkon ve wattech.
Hodnoty např. 0,6 Watt; 1 Watt, 2 Watt,
 - Tolerance hodnoty odporu udané na rezistoru v procentech
Typické hodnoty: 0,5 %; 1 %; 5 %; 10 %; 20 % na součástkách vyznačené písmenem.

Konstrukce rezistoru

Základem rezistoru je vodič s požadovanou hodnotou odporu, které lze dosáhnout použitím látky s určitou rezistivitou, určitou délkou a obsahem průřezu vodiče. Vodič se používá buďto ve formě drátu nebo ve formě tenké vrstvy.

Kvůli úspoře místa se dlouhý drát obvykle navíjí kolem izolačního tělíska, tento druh rezistoru se nazývá **drátový rezistor**.

Častějším způsobem výroby je ovšem nanesení elektricky vodivé vrstvy (například grafitu) na izolační tělíska a vyfrézování drážky, tento druh se nazývá **uhlíkový rezistor**.

Dalším způsobem vytvoření tenké vrstvy je vakuové napaření kovu na keramické tělíska. Tyto rezistory se nazývají metalické.

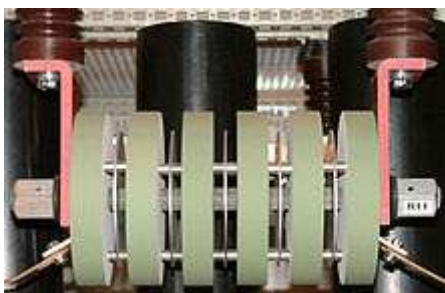
Každá z konstrukcí rezistoru má své výhody a nevýhody. Například drátový rezistor je vhodnější pro vyšší výkony, ale má vysokou sériovou indukčnost, která vadí ve vysokofrekvenční technice.

Pro velké výkony existují speciální typy rezistorů, které mají často velké a účinné chladiče, aby dokázaly velký tepelný výkon odvést do okolního prostředí. Takové rezistory se používají například u elektrických lokomotiv při brzdění vlaku. Jeho kinetická energie se tak promění v teplo.

Jiným příkladem jsou tzv. vodní odpory, které jsou k vidění například u kolotočů, kterým zajišťují plynulý rozjezd. U těchto rezistorů proud prochází vodou s přídavkem malého množství kyseliny nebo soli. Hodnota odporu se mění velikostí zasunutí kovových desek do lázně.

Průřez vodiče je závislý na předpokládaném zatížení, aby teplo vznikající v rezistoru průchodem elektrického proudu nezpůsobilo roztavení vodiče. Za materiál rezistoru je vhodné vzít látku s nízkým teplotním součinitelem odporu, aby odpor rezistoru nezáležel příliš na teplotě (manganin, konstantan). U některých typů odporů se ale naopak jejich teplotní závislosti využívá (tzv. termistory).

Druhy rezistorů



Ukázka výkonového vzduchem chlazeného rezistoru vhodného pro velké proudové rázy. Délka rezistoru je cca 40 cm

Rezistory se rozlišují podle konstrukce, podle velikosti odporu a dovoleného zatížení. Rezistory, jejichž odpor lze měnit, se nazývají reostaty, potenciometry nebo trimry.

Pro povrchovou montáž se vyrábí rezistory v miniaturním provedení ve tvaru hranolku bez vývodů označované jako SMD.

Využití rezistorů

- Rezistory jsou nejpoužívanějšími slaboproudými elektronickými součástkami, jejich základní funkcí je omezení protékajícího proudu nebo získání napěťového úbytku.
- Pro měření proudu (bočník)
- Do série zapojený malý odpor může sloužit i jako ochrana proti zkratu v obvodech s vysokou impedancí (například při přenosu signálu po sériové lince)
- Pro vytápění (topná tělesa)
- Maření výkonu u elektrodynamických brzd
- Pro regulaci výkonu (viz odporová regulace výkonu a rozjezdový odporník)
- Pro tlumení kmitavých obvodů
- Jako nabíjecí odpor (pro omezení proudového nárazu při nabíjení nebo vybíjení kondenzátorů)
- Zatížení signálových linek pro zvýšení odolnosti proti rušení
- Zakončení signálových linek proti odrazům

Značení rezistorů



Odporů na pásku, s barevným značením hodnoty.

Základní jednotkou pro značení rezistorů je 1Ω (1 ohm). Pokud je jasné, že se jedná o rezistor, znak Ω se obvykle nepíše. Např. rezistor označený „100k“ má hodnotu 100 k Ω . Značka řádu (k, M, G...) slouží současně jako desetinná tečka, takže např. odpor „6k8“ má

hodnotu 6,8 k Ω , odpor „k100“ má hodnotu 0,1 k Ω . Hodnota rezistorů se dnes často označuje barevným proužkovým kódem, který je na miniaturních součástkách lépe čitelný, než nápis. V poslední době se častěji používá třímístné značení např. 102, kde 10 značí hodnotu a třetí místo představuje počet nul za hodnotou. Takže tato hodnota je jinak 1000 ohmů.

U SMD rezistorů se užívá značení formou tří nebo čtyř číslic, např. 102 je odpor 1000 ohmů v toleranci 5%. Čtyři číslice označují rezistory v toleranci hodnoty odporu 1%.

Charakteristické vlastnosti rezistorů

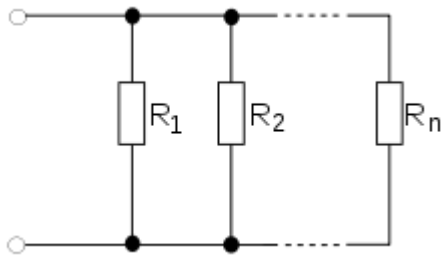
- **Jmenovitý odpor rezistoru** - předpokládaný odpor součástky v ohmech.
- **Tolerance jmenovitého odporu rezistoru** - Označuje se jí dovolená odchylka od jmenovité hodnoty.
- **Jmenovité zatížení rezistoru** - Výkon, který se smí za určitých normou stanovených podmínek přeměnit v teplo, aniž by teplota jeho povrchu překročila přípustnou velikost.
- **Provozní zatížení rezistorů** - Největší přípustné provozní zatížení rezistoru, které je určeno nejvyšší teplotou součástky, při které ještě nenastávají trvalé změny jejího odporu ani podstatné zkracování doby její životnosti.
- **Největší dovolené napětí** - Největší dovolené napětí mezi vývody součástky, při jehož překročení by mohlo dojít k jejímu poškození.
- **Teplotní součinitel odporu rezistoru** - Určuje změnu odporu rezistoru způsobenou změnou jeho teploty. Udává největší poměrnou změnu odporu součástky odpovídající vzrůstu o 1 °C v rozsahu teplot, ve kterých je změna odporu vratná.
- **Šumové napětí** - Vzniká vlivem nerovnoměrného pohybu elektronů uvnitř materiálu součástky. Projevuje se malými, časově nepravidelnými změnami potenciálu. Příčinou šumu je šumové napětí, které má dvě hlavní složky:
 - **tepelné šumové napětí** - je závislé na teplotě a šířce kmitočtového pásma, ve kterém se rezistor používán.
 - **povrchové šumové napětí** - závisí na velikosti stejnosměrného napětí U přiloženého na rezistor.

Sériové a paralelní řazení rezistorů

Rezistory je možné spojovat (neboli řadit) sériově (za sebou) nebo paralelně (vedle sebe).

Paralelní řazení rezistorů

Při paralelním řazení je na všech rezistorech stejné napětí a proud se dělí podle Ohmova zákona. Celkový odpor R_c je dán součtem vodivosti (admittance) tedy převrácených hodnot jednotlivých odporů ($1/R$).



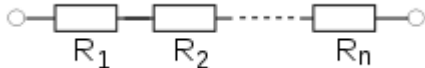
$$\frac{1}{R_c} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

Jako symbol paralelního spojení rezistorů se používají dvě čárky „||“. Pro dva rezistory spojené paralelně lze použít zjednodušený vztah:

$$R_c = R_1 || R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Sériové řazení rezistorů

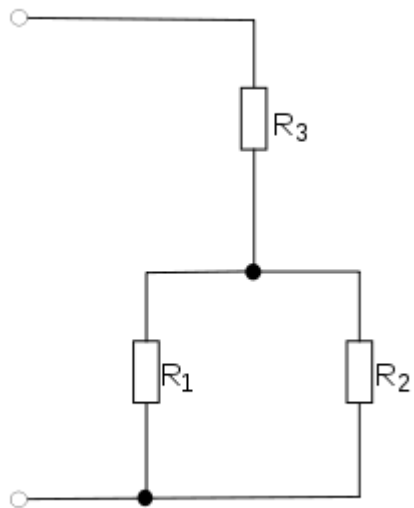
Při sériovém řazení teče všemi rezistory stejný proud a napětí se rozloží na každý rezistor podle Ohmova zákona. Celkový odpor R_c je tedy dán součtem jednotlivých odporů.



$$R_c = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$$

Sériově-paralelní spojení rezistorů

Pro výpočet kombinace sériového a paralelního řazení použijeme oba předchozí vztahy. Například celkový odpor R_c tohoto zapojení je dán:



$$R_c = (R_1 \parallel R_2) + R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$