

2A) Elektrický odpor

- výpočet elektrického odporu
- elektrická vodivost
- rezistor (provedení, výrobní řady, značení)
- řazení rezistorů

Rezistory a rezistivita

rezistor je pasivní elektronická součástka, lineárně a frekvenčně nezávislá.

vlastností rezistoru je elektrický odpor (rezistence vodiče) a vyjadřuje velikost odporu, kterou klade součástka procházejícímu elektrickému proudu.

Definice jednoho Ohmu:

vodič má elektrický odpor 1Ω, jestliže při napětí 1V prochází vodičem proud 1A

$$R = U/I \text{ [}\Omega\text{]}$$

Měrný odpor (rezistivita)

Elektrický odpor je charakteristickou vlastností vodiče. Závisí na materiálu a rozměrech. Různé materiály kladou pohybu elektronů různě velký odpor. Odpor vodiče jehož průřez S je konstantní, je přímo úměrný délce vodiče l a nepřímo úměrný průřezu S.

Odpor vodiče $R = \zeta \cdot l / S$ ζ - měrný odpor, l - délka vodiče, S - průřez vodiče

Druhy rezistorů

se dvěma vývody - vrstevné - uhlíkové nebo metalizované
- drátové

s více vývody - s pevnou odbočkou
- s plynule nastavitelnou odbočkou (potenciometry)

Specifikace rezistoru

specifikací rezistoru, neboli stanovení jeho základních vlastností se určují tyto parametry:

jmenovitý odpor - (Ohm) - výrobcem předpokládaný odpor součástky. Jmenovitá hodnota rezistoru se označuje buď barevným kódem, kombinací čísel a písmen nebo číselným označením. Jmenovité hodnoty jejich odporu odpovídají číslům z geometrických řad E12, E24, E48, E96 a E192. Číslo za písmenem E udává počet hodnot v dekádě.

řada	hodnota																							
E6	1				1,5				2,2				3,3				4,7			6,8				
E12	1		1,2		1,5		1,8		2,2		2,7		3,3		3,9		4,7		5,6	6,8	8,2			
E24	1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,7	3	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1

dále se používají řady E48, E96 a E192 a dále násobky těchto hodnot, běžné řady se vyrábějí v hodnotách 1Ω až 10MΩ.

barva	1. proužek	2. proužek	3. proužek	násobitel	tolerance
černá	0	0	0	1	
hnědá	1	1	1	10	F (±1%)
červená	2	2	2	100	G (±2%)
oranžová	3	3	3	1 000	
žlutá	4	4	4	10 000	
zelená	5	5	5	100 000	D (±0,5%)
modrá	6	6	6	1 000 000	C (±0,25%)
fialová	7	7	7	10 000 000	B (±0,1%)
šedá	8	8	8		
bílá	9	9	9		
zlatá				0,1	J (±5%)
stříbrná				0,01	K (±10%)
žádná					M (±20%)

V tabulce jsou možné typy zápisu a to kombinace písmen a čísel a číselný zápis. V případě kombinací čísel a písmen lze zápis upravit ještě tak, že písmeno určující násobek umístíme před hodnotu a tím se nám výsledná hodnota rezistoru zmenší o jeden řád (např. M120 = 120k).

0R1 = $(10^{-1}) = 0,1\Omega$	1k = $10^3 (10^3) = 1000\Omega$	1M = $10^6 (10^6) = 1\,000\,000\Omega$
1R = $100 (10^0) = 1\Omega$	10k = $10^4 (10^4) = 10\,000\Omega$	10M = $10^7 (10^7) = 10\,000\,000\Omega$
10R = $10^1 (10^1) = 10\Omega$	100k = $10^5 (10^5) = 100\,000\Omega$	
100R = $10^2 (10^2) = 100\Omega$		

předpona	značka	hodnota	předpona	značka	hodnota
tera	T	10^{12}	deci	d	10^{-1}
giga	G	10^9	centi	c	10^{-2}
mega	M	10^6	mili	m	10^{-3}
kilo	k	10^3	micro	μ	10^{-6}
hecto	h	10^2	nano	n	10^{-9}
deka	da	10	piko	p	10^{-12}

zatížitelnost - (W) - tzn. trvalý ztrátový výkon, který rezistor snese, ten je závislý na okolní teplotě. Při provozní teplotě nad 60°C je nutné ztrátový výkon rezistoru omezit.
základní řada 0,05; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10W

přesnost (tolerance)- (%) - rezistory se většinou vyrábějí v toleranci 1% a lepší, toho lze dosáhnout přesným výběrem součástek a přesným nastavením laserového paprsku ve výrobě.

Pracovní teplota většiny rezistorů při jmenovitém zatížení je 150°C . Rezistory jsou na přehřátí odolnější než polovodiče, ale i přesto platí zásada, že trvalé přetěžování a tím i větší teplotní zatížení zkracuje životnost rezistoru. Ke zlepšení chlazení rezistorů pro výkonovou ztrátu do 1 až 2 W lze využít vhodně navržený plošný spoj (odvod tepla přes vývody do velkého obrazce plošného spoje). Ztrátovým teplem z větších (výkonově) rezistorů nesmí být zbytečně namáhány další součástky (elektrolytické kondenzátory, polovodiče, plošný spoj). Tolerance rezistoru se označuje barevným proužkem pokud je hodnota značena barevným kódem, pokud je hodnota označena čísly, udává se tolerance také číslem nebo písmenem. (0,5% - 1% - 5% - 10% - 20%)

B = $\pm 0,1\%$	C = 0,25%	D = $\pm 0,5\%$
F = $\pm 1\%$	G = $\pm 2\%$	
J = $\pm 5\%$	K = $\pm 10\%$	L = $\pm 20\%$

Konduktivita, elektrická vodivost

značka: G jednotka: 1S (1 Siemens)

$$G = 1/R \text{ [S, } \Omega]$$

Elektrická vodivost je převrácená hodnota odporu.

vodič má vodivost 1 Siemens právě tehdy, má-li odpor 1 Ohm

Závislost elektrického odporu na teplotě, teplotní součinitel

Velikost el. odporu závisí na teplotě, je to tím, že se vzrůstající teplotou kmitají atomy a molekuly okolo své střední polohy. U vodičů je pak pohyb volných elektronů spojen s větším počtem srážek a el. odpor se zvětší. U metalizovaných rezistorů je teplotní součinitel typicky ± 50 ppm. To znamená změnu $50 \cdot 10^{-4}$ z hodnoty při změně teploty o 1°C

U nevodivců způsobí větší kmitání molekuly buď její roztržení na ionty nebo uvolnění vnějších elektronů takže se el. odpor spíše zmenší.

Teplotní závislost měrného odporu na teplotě udává koeficient α - teplotní součinitel odporu (K^{-1}). Číselně vyjadřuje poměr změny odporu při ohřátí o 1K k jeho původní velikosti. Velikost odporu v závislosti na oteplení bude $R = R_{20} (1 + \alpha(t - 20^\circ\text{C}))$, kde R_{20} je velikost odporu při teplotě 20°C .

Nejlepšími vodiči jsou stříbro, měď a hliník. Nejpoužívanější je měď, stříbro je příliš drahé. Hliník je sice levnější než měď, ale snadno se láme a vlivem tlaku deformuje (uvolnění kontaktů na svorkovnici, špatně se pájí. Zlato se používá k povrchové úpravě kvalitních konektorů.

Napěťový součinitel odporů

vyjadřuje poměrnou změnu odporu rezistoru při změně napětí o 1V (u lakovaných rezistorů je to $1 \cdot 10^4 \cdot \text{V}^{-1}$). Maximální provozní napětí rezistorů je 350 až 500V.

Každý rezistor vytváří šum, což je malý rušivý výkon v celém pásmu elektronů. Jeho příčinou je tepelný pohyb elektronů a jeho velikost závisí na přiloženém vnějším napětí a jmenovité hodnotě odporu. Pro hodnoty nad 100k Ω velikost šumu vzrůstá.