

Téma č. 18

Elektrický odpor a vodivost, měrný elektrický odpor, závislost odporu na teplotě, odpor vodiče, rezistory

- elektrický odpor, příčina vzniku
- Kovový vodič obsahuje velký počet atomů uspořádaných do krystalových mřížek. Společným znakem všech atomů je jejich kmitání kolem rovnovážné polohy.
- Volné elektrony při svém pohybu narážejí do jednotlivých atomů a mění tak svůj směr. Dokud vodičem neprochází proud, je pohyb elektronů *neuspořádaný*.
- Připojí-li se konce vodiče ke zdroji napětí, uvedou se volné elektrony do *uspořádaného pohybu*, kdy na jedné straně do vodiče elektrony vstupují a na druhé straně z něj vystupují.
- Srážky elektronů s atomy brzdí pohyb elektronů. Projevuje se **ELEKTRICKÝ ODPOR** vodiče, zkráceně **ODPOR** (R).
- Jednotkou odporu je ohm (Ω).

- rezistivita, konduktivita, rezistance, konduktance – vzájemné vztahy, jednotky

- **Rezistivita** – měrný elektrický odpor

$$\rho \left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}}{\text{m}} \right] \quad \text{v praxi se častěji používá} \quad \rho \left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right] \quad \rho = \frac{1}{\gamma}$$

- **Konduktivita** – měrná elektrická vodivost

$$\gamma \left[\frac{\text{S}}{\text{m}} \right] \quad \text{v praxi se častěji používá} \quad \gamma \left[\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \right] \quad \gamma = \frac{1}{\rho}$$

- **Rezistance** – elektrický odpor

$$R \left[\Omega \right] \quad R = \frac{1}{G}$$

- **Konduktance** – elektrická vodivost

$$G \left[\text{S} \right] \quad G = \frac{1}{R}$$

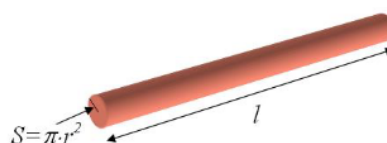
- elektrický odpor vodiče
 - Velikost elektrického odporu závisí na:
 - **délce vodiče (přímo úměrně)**
 - **průřezu vodiče (nepřímo úměrně)**
 - **na materiálu vodiče (měrný elektrický odpor)**
 - **na teplotě.**

- Elektrický odpor má vždy kladnou hodnotu. Dobré vodiče kladou malý odpor, špatné vodiče kladou velký odpor.

- Převrácená hodnota elektrického odporu se nazývá **elektrická vodivost G [S]** .

Slovem *odpor* se označuje také pasivní elektrotechnická součástka, jejíž správný název je *rezistor*, a která se vyznačuje jedinou vlastností - elektrickým odporem.

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$



R=[Ω] elektrický odpor (rezistance)
 ρ =[$\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$] měrný odpor (rezistivita)
 ℓ =[m] délka vodiče
 s =[mm^2] průřez vodiče

Rezistivita mědi = 0,0178 $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$

- teplotní součinitel odporu, výpočet odporu při určité teplotě
- **Vliv teploty na odpor vodiče vyjadřuje tzv. teplotní součinitel odporu α .**
- Teplotní součinitel odporu α udává, o kolik se změní odpor 1 Ω při změně teploty o 1 Kelvin) případně 1°C.

teplotní součinitel odporu = α [K⁻¹]

- Teplotní součinitel odporu se v tabulkách udává pro teplotu 20°C. S nepatrnými odchylkami však platí i pro ostatní běžné teploty.
- Při velmi nízkých teplotách, které se blíží 0 K (-273°C) u některých kovů odpor náhle mizí. Vodivost takto podchlazených kovů je vysoká a nazývá se **supravodivost**. Supravodivost podstatně snižuje ztráty při přenosu energie.

Např. pro olovo je teplota supravodivosti 7 K (-266°C), pro slitinu niobu a cínu je 18 K (-255 °C) a pod.

Kladný teplotní součinitel PTC (Positiv Temperature Coefficient)

- Odpor s rostoucí teplotou narůstá - **vodiče, kovy**
- Vodič má při vyšší teplotě větší odpor.

Při vyšší teplotě vzrůstá vnitřní energie látky, jednotlivé atomy mají větší rozkmit, a tím se zvětšuje počet jejich srážek s volnými elektrony. To znesnadňuje uspořádaný pohyb elektronů vodičem, a proto se při zvýšení teploty zvětšuje odpor vodiče.

- Pro závislost odporu vodiče na teplotě platí vztah: $R_{\vartheta} = R_0 (1 + \alpha \cdot \Delta\vartheta)$

kde:

R_0 – odpor při počáteční teplotě (20°C),

R_{ϑ} – odpor při zvýšené teplotě,

$\Delta\vartheta$ – teplotní rozdíl (oteplení), $\Delta\vartheta = \vartheta - \vartheta_0$

α – teplotní součinitel odporu.

Ze změny odporu vodiče můžeme zjistit jeho teplotu

Záporný teplotní součinitel NTC (Negative Temperature Coefficient)

- Odpor s rostoucí teplotou klesá - **uhlík, polovodiče, kapaliny a plyny.**

Zvýšení teploty způsobí nárůst počtu volných elektronů, a tím se zvětší vodivost – zmenší odpor.

Látka	α (K ⁻¹)
Železo	6,57.10 ⁻³
Cín	4,6.10 ⁻³
Olovo	4,2.10 ⁻³
Zlato	3,98.10 ⁻³
Měď	3,9.10 ⁻³
Hliník	4,0.10 ⁻³
Mosaz	1,5.10 ⁻³
Konstantan	0,04.10 ⁻³
Zinek	4,2.10 ⁻³
Stříbro	4,1.10 ⁻³
Manganin	0,01.10 ⁻³
Uhlík	- 0,45.10 ⁻³

Př.: Cívka má 9850 závitů a je navinuta z měděného vodiče s průměrem 0,55mm, střední délka závitu je 125mm. Určete odpor cívky při teplotě 20°C a při teplotě 45°C.

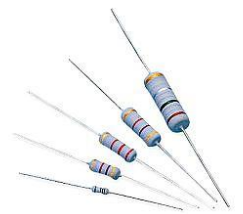
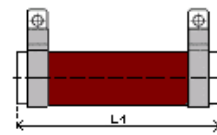
Z průměru si musíme vypočítat průřez $S = \pi \frac{d^2}{4}$

$$R_{20} = \rho \frac{l}{S} = \frac{0,0178 \cdot 10^{-6} \cdot 9850 \cdot 0,125}{0,237 \cdot 10^{-6}} \Omega = 92,47 \Omega$$

$$R = R_0 [1 + \alpha(\vartheta - \vartheta_0)]$$

$$R_{45} = 92,47 [1 + 0,00392(45 - 20)] \Omega = 99,71 \Omega$$

- druhy rezistorů
- Vrstvové (odporový materiál ve formě vrstvy)
- uhlíkové (odporovým materiálem je zde uhlík s vhodným plnidlem)
 - metalizované (odporovým materiálem jsou zde kysličníky kovů nebo slitin)
 - SMD – pro miniaturní sériově vyráběné elektronické výrobky "pro povrchovou montáž"
 - Válcové rezistory pro povrchovou montáž typu MELF



Drátové (vinuté odporovým drátem)
Bifilární (plošné)



Rezistory s více než dvěma vývody

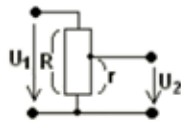
- Vrstvové potenciometry

- ztrátový výkon rezistoru
- rezistory s více než dvěma vývody

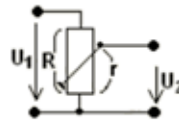
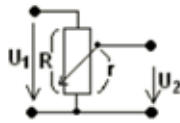
Rezistory s více než dvěma vývody

Rezistory s více než dvěma vývody pracují jako napěťové děliče. Lze je rozdělit na dvě skupiny :

1. děliče s pevným, popřípadě nastavitelným dělicím poměrem (rezistory s odbočkou)



2. děliče s plynule proměnným dělicím poměrem (potenciometry a odporové trimry)



Dělicí poměr **A** lze v obou případech určit ze stejného vztahu :

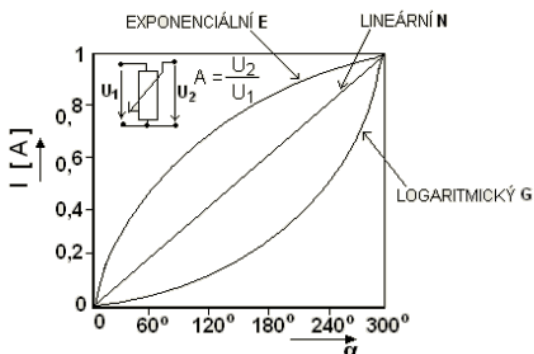
$$A = \frac{U_2}{U_1} = \frac{r}{R}$$

Vrstvové potenciometry se vyrábějí z tzv. *cermetu* (ceramic – metal), je to speciální sklo v němž je rozptýlen prášek z drahých kovů, nebo je dráha vyrobena z tzv. *tvrdého uhlíku*.

- Vyrábějí se jako jednoduché (mono) nebo jako dvojité (dva systémy ovládané jednou hřídelí – stereo)



Podle závislosti dělicího poměru **A** na úhlu α natočení osy otočných potenciometrů nebo na poloze unašeče posuvných potenciometrů, rozlišujeme různé průběhy.



Potenciometry s logaritmickým průběhem (**G**) se používají pro regulaci hlasitosti.

- rezistorové řady
- Rezistory se vyrábí v **normalizovaných řadách** hodnot odporů

E6, E12, E24, E48, E96, E192.

- Nejběžnější je řada **E12**, která v jedné dekádě obsahuje tyto hodnoty:
1 1,2 1,5 1,8 2,2 2,7 3,3 3,9 4,7 5,6 6,8 8,2
- značení rezistorů klasické

Drátové, nebo větší vrstevné rezistory mají hodnotu **zapsanou kódem**, ve kterém písmena představující násobky **R K M** nahrazují desetinnou čárku:

R10 = 0,1 Ω	1K = 1 kΩ
R33 = 0,33 Ω	1K5 = 1,5 kΩ
1R = 1 Ω	M1 = 100 kΩ
3R3 = 3,3 Ω	100K = 100 kΩ
10R = 10 Ω	1M = 1 MΩ

- značení rezistorů SMD
- **SMD** rezistory mají hodnotu **zapsanou kódem** složeným ze tří (nebo čtyř) číslic.
- **Poslední** číslice vždy určuje **exponent** (počet nul)
- **První** dvě číslice (nebo první tři číslice) **hodnotu** v Ohmech .
- Malé odpory pod 10 Ω používají písmeno **R** místo **desetinné čárky**:

0R15 = 0,15 Ω

8R2 = 8,2 Ω

270 = 27 Ω

391 = 390 Ω

105 = 10 00000 = 1 MΩ

476 = 47 000000 = 47 MΩ

1623 = 162 000 = 162 kΩ

1782 = 178 00 = 17,8 kΩ

