

Měření elektrického odporu

Elektrický odpor

- vlastnost prostředí, kterým prochází elektrický proud, projevující se úbytkem napětí mezi dvěma body tohoto prostředí
- jednotkou odporu je Ω [Ohm]
- k měření odporu vždy užíváme stejnosměrné napětí
- u nelineárních prvků (např. polovodičových součástek) se hodnota odporu mění s hodnotou napětí a proudu \Rightarrow V-A charakteristikou není přímka - v daném bodě se určuje diferenciální odpor R_d

$$R_d = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

- u teplotně závislých rezistorů se hodnota odporu vyjadřuje graficky - závislost R na teplotě (t)

Ohmmetry

- přístroje pro přímé měření elektrického odporu
- výhodou je jednoduché použití - hlavně digitálních
- **nevýhody:**
 - malá přesnost - u digitálních je lepší, ale přesto horší než měření napětí
 - **omezený rozsah použití** - např. u digitálních multimetrů je měří přesně pro střední hodnoty odporů (cca 20Ω až $10M\Omega$)
 - podmínky měření se značně odlišují od stavu, v kterém se daná součástka používá - např. digitální multimetr měří malým proudem cca 1mA
- vhodné pouze pro orientační provozní měření

Metody měření elektrického odporu

Umožňují přesnější a věrohodnější určení odporu:

- Ohmova metoda - voltmetrem a ampérmetrem
- Voltmetrem
- Porovnávací - komparační
- Náhradní - substituční
- Můstkové

Vzhledem k vlastnostem použitých přístrojů (voltmetrů a ampérmetrů) používá většina metod zapojení pro velké a malé odpory

Ohmova metoda

- měření odporu voltmetrem a ampérmetrem

Vychází z Ohmova zákona:

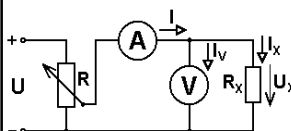
$$R_x = \frac{U_x}{I_x}$$

U_x – úbytek napětí na měřeném odporu,
 I_x – proud procházející měřeným odporem.

Měření je zatíženo vlastní spotřebou přístrojů = systematickou chybou metody – za určitých podmínek ji lze zanedbat.

V praxi se dělí na měření malých a velkých odporů.

Ohmova metoda pro měření malých odporů



ampérmetr měří i proud voltmetru = chyba metody
 při znalosti odporu voltmetru lze provést korekci:

$$I_V = U_x / R_V$$

U analogového více rozsahového voltmetru lze odpor určit:

$$R_V = X_V \cdot r_i$$

X_V - napěťový rozsah

r_i - odpor na 1V rozsahu

$$I = I_x + I_V$$

$$R_x = \frac{U_x}{I - I_V}$$

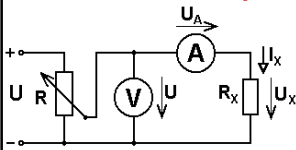
$$I_V = \frac{U_x}{R_V}$$

Pro malé odpory - kdy je $R_V \gg R_x$ lze proud I_V (chybu metody)

zanedbat - obvyklý je minimální mezní poměr $R_V : R_x = 100 : 1$

Pro analogové voltmetry je mezní odpor 1kΩ, pro dig. 100kΩ.

Ohmova metoda pro měření velkých odporů



$$U = U_X + U_A$$

$$R_X = \frac{U - U_A}{I_X}$$

$$R_X = \frac{U}{I_X} - R_A$$

Voltmetr měří i úbytek napětí na ampérmetru = chyba metody
Při znalosti úbytku napětí na ampérmetru při plné hodnotě rozsahu lze jeho odpor určit:

$$R_A = U_A / I_A$$

U analogových ampérmetrů se mění odpor s teplotou proto se jeho hodnota neudává
Neudává se ani hodnota odporu většiny digitálních ampérmetrů

Pro velké odpory - kdy je $R_A \ll R_X$ lze napětí U_A (chybu metody) **zanedbat** - obvyklý je minimální mezní poměr $R_A : R_X = 1 : 100$
Za velké odpory se považuje hodnota nad $1k\Omega$

Relativní chyby Ohmových metod

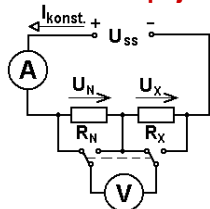
Pro malé odpory - proud voltmetru

$$\delta_R = \frac{I_V}{I_X} 100 = \frac{R_V}{\frac{U_X}{R_X}} 100 = \frac{R_X}{R_V} 100$$

Pro velké odpory - úbytek napětí na ampérmetru

$$\delta_R = \frac{U_A}{U_X} 100 = \frac{R_A \cdot I_A}{R_X \cdot I_A} 100 = \frac{R_A}{R_X} 100$$

Porovnávací (komparační) metody zapojení pro malé odpory



Měření je přesné pro:

- a) $R_X \cong R_N$
- b) $R_V \gg R_X$ a $R_V \gg R_N$

kdy obvodem protéká obvodem konstantní proud:

$$I_{konst.} = \frac{U_X}{R_X} = \frac{U_N}{R_N} \Rightarrow R_X = R_N \frac{U_X}{U_N}$$

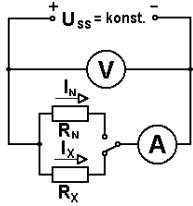
Při měření na stejném rozsahu porovnááme hodnoty výchylek:

$$R_X = R_N \frac{\alpha_X}{\alpha_N}$$

Chybu metody způsobuje proud voltmetru (jeho omezený odpor):

$$\delta_R = \frac{R_N - R_X}{R_N + R_V} \cdot 100$$

Porovnávací (komparační) metody zapojení pro velké odpory



Měření je přesné pro:

- a) $R_X \cong R_N$
- b) $R_A \ll R_X$ a $R_A \ll R_N$

kdy je na obou rezistoroch konstantní napětí:

$$U_{konst.} = R_X \cdot I_X = R_N \cdot I_N \Rightarrow R_X = R_N \frac{I_N}{I_X}$$

Při měření na stejném rozsahu porovnáваме hodnoty výchylek:

$$R_X = R_N \frac{\alpha_N}{\alpha_X}$$

Chybu metody způsobuje úbytek na ampérmetru (jeho nenulový odpor):

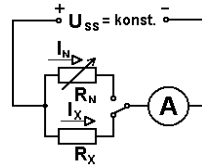
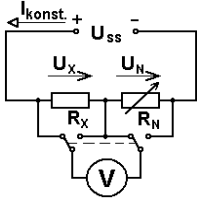
$$\delta_m = \frac{\frac{1}{R_X} - \frac{1}{R_N}}{\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_N}} \cdot 100$$

Náhradní (substituční) metody

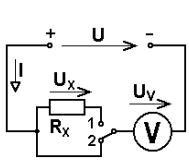
- vychází z porovnávacích metod
- odporové normály jsou nahrazeny dekádami, na kterých se nastavují stejné výchylky potom $R_N = R_X$.
- měření není zatíženo chybou metody, ale přesnost měření je ovlivněna citlivostí přístrojů

Zapojení pro malé odpory

Zapojení pro velké odpory



Měření odporu voltmetrem



Podmínkou je znalost odporu voltmetru R_V a tvrdý napájecí zdroj ($R_{zdroje} \rightarrow 0$)

- v poloze přepínače 2 změříme napětí zdroje
- v poloze 1 je proud přes R_X i voltmetr stejný a voltmetr měří rozdíl napětí mezi zdrojem a úbytkem na R_X

$$I = \frac{U_X}{R_X} = \frac{U_V}{R_V} \Rightarrow R_X = R_V \frac{U_X}{U_V} = R_V \frac{U - U_V}{U_V} = R_V \left(\frac{U}{U_V} - 1 \right)$$

- pro $R_X = R_V$ je v poloze 2 výchylka poloviční než v poloze 1 a současně je přesnost měření největší
- metoda vhodná $R_X \cong R_V$
- pro hodnoty větší i menší dochází k velkému poklesu přesnosti
- metoda se používá v analogových ohmmetrech
