

Ústav fyzikální elektroniky
Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno

Fyzikální praktikum 1

Úloha č. 2: Měření odporu rezistoru

jarní semestr 2015

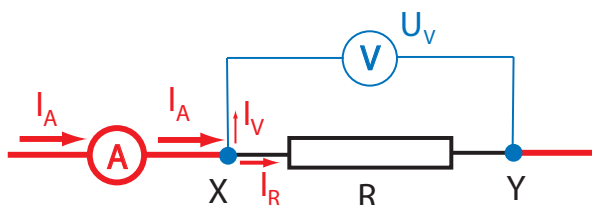
Elektrický odpor rezistoru můžeme stanovit z Ohmova zákona

$$R = \frac{U_R}{I_R}, \quad (1)$$

kde U_R je napětí na odporu R a I_R proud, který odporem protéká. Současně tedy potřebujeme měřit napětí a proud.

1 Metoda A

Toto lze uskutečnit například podle zapojení z obr. 1 (zapojení budeme v dalším textu nazývat metodou A).



Obrázek 1: Měření odporu z Ohmova zákona metodou A

Napětí, které naměří voltmetr, je skutečně správné napětí na odporu R , tedy $U_R = U_V$. Ovšem ampérmetr měří proud I_A , který není roven proudu I_R tekoucímu odporem R , protože v uzlových bodech X a Y se proud dělí na proud tekoucí odporem a proud tekoucí voltmetrem.

Hodnoty, které zjistíme měřicími přístroji, tedy nelze přímo dosadit do rovnice. Pokud bychom tak učinili, dopustili bychom se systematické chyby, která trvale posune měřenou hodnotu k vyšším nebo nižším hodnotám.

Kontrolní otázka

Jak je tomu v případě měření odporu metodou A při dosazení přímo měřených hodnot do vztahu? Bude námi spočtený odpor systematicky větší nebo menší než odpor skutečný?

Při výpočtu skutečné hodnoty měřeného odporu R musíme vzít do úvahy, že i voltmetr má vnitřní odpor R_V , a tedy hodnota proudu tekoucího rezistorem se liší od hodnoty proudu tekoucího

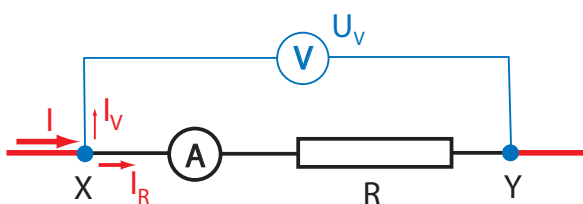
ampérmetrem o $I_V = \frac{U_V}{R_V} : I_R = I_A - I_V = I_A - \frac{U_V}{R_V}$. Známe-li vnitřní odpor voltmetru R_V , můžeme podle vztahu 1 z naměřených hodnot proudu I_A a napětí U_V určit hodnotu odporu rezistoru jako

$$R = \frac{U_V}{I_A - \frac{U_V}{R_V}}. \quad (2)$$

Odpor, takto změřený a spočítaný metodou A, není zatížen výše zmíněnou systematickou chybou.

2 Metoda B

Metoda A není jedinou možností, jak současně zapojit ampérmetr a voltmetr. Problém, kdy ampérmetr neměří skutečný proud procházející odporem, snadno vyřešíme tak, že ampérmetr zapojíme přímo do odporové větve dle obr. 2. Pak ampérmetr skutečně měří správný proud,



Obrázek 2: Měření odporu z Ohmova zákona metodou B

protože mezi přístrojem a odporem R již není žádný uzel, kde by se mohl proud dělit. Ovšem jeden problém jsme vyřešili a druhý způsobili. Nyní voltmetr neměří napětí na odporu, ale měří součet napětí na odporu a ampérmetru $U_V = U_A + U_R$.

Kontrolní otázka

Jaké je znaménko systematické chyby při vyhodnocení metody B bez korekce vlivu ampérmetru?

Napětí na ampérmetru určíme ze známého vnitřního odporu přístroje R_A jako $U_A = R_A I_A$ a z rovnice 1 dostaneme pro hodnotu odporu nezatíženého systematickou chybou

$$R = \frac{U_V - R_A I_A}{I_A}. \quad (3)$$

3 A nebo B?

Teď se nabízí důležitá otázka: Která metoda, A nebo B, je pro měření odporu výhodnější? Při prvním pohledu by se zdálo, že je to lhostejné. Oba vztahy jsou přesné a při jejich odvození nebyly učiněny žádné aproximace.

Pro minimalizaci chyby měření odporu je však důležité, aby druhý (korekční) člen v rozdílu byl mnohem menší, než člen první. Pokud totiž počítáme výslednou veličinu jako rozdíl veličin měřených, může chyba výsledku dramaticky narůst.

Metoda A bude výhodnější, pokud proud tekoucí voltmetrem bude mnohem menší než proud tekoucí měřeným odporem (nebo-li vnitřní odpor voltmetru bude mnohem větší než měřený odpor). Metoda B bude výhodná v případě, že napětí na ampérmetru bude mnohem menší než napětí na měřeném odporu (tj. vnitřní odpor ampérmetru bude mnohem menší než měřený odpor). Ve většině případů nám jako rozhodující kritérium postačí následující jednoduché pravidlo: **malé odpory měříme metodou A a velké odpory metodou B.**

Úkoly

1. Změřte v zapojení A a B odpory dvou rezistorů R_1 , R_2 . Na zdroji nastavte napětí do 20 V. U každého měření si запиšte měřené hodnoty proudu a napětí, použité rozsahy voltmetru a ampérmetru, nejistoty měření napětí a proudu a vnitřní odpor přístrojů na těchto rozsazích (liší se). Naměřená data vyhodnoťte vždy z 1 a podle metody i z rovnice 2 nebo 3. Ke každé výsledné hodnotě odporu určete i její nejistotu.
2. Změřte voltampérovou charakteristiku žárovky. Napětí měňte v rozsahu 0–24 V. **Věnujte pozornost volbě proudového rozsahu. Nižší rozsah je obvykle jištěn pojistkou kolem 400 mA!** Jaké zapojení pro měření využijeme? Jaké zapojení bychom použili při měření voltampérové charakteristiky diody v propustném a v závěrném směru?

A Příklad vyhodnocení odporů rezistoru a systematické chyby měření

Rezistor	Metoda A		Metoda B	
	$R = \frac{U_V}{I_A}$	$R = \frac{U_V}{I_A - \frac{U_V}{R_V}}$	$R = \frac{U_V}{I_A}$	$R = \frac{U_V}{I_A} - R_A$
R_1	(±) Ω	(±) Ω	(±) Ω	(±) Ω
R_2	(±) k Ω	(±) k Ω	(±) k Ω	(±) k Ω