

Měření odporů přímou metodou a měření měrného elektrického odporu

Teorie

Měření Ohmovou metodou

Jednou z metod používaných k měření elektrického odporu je metoda přímá, která vychází z Ohmova zákona

$$R = \frac{U}{I}, \quad (1)$$

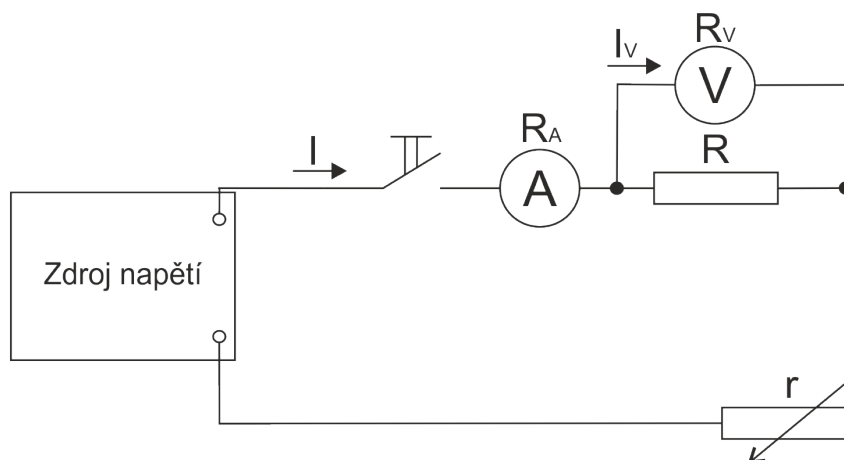
kde U je úbytek napětí na měřeném odporu, I je proud protékající odporem a R je měřený odpor. Ke zjištění neznámého odporu R_x lze použít dvou variant zapojení obr. 1a a obr. 1b. U těchto zapojení se měří přesně vždy jen jedna z veličin U nebo I . Jestliže je požadavek měřit R_x s velkou přesností je nutné předem zvážit změny v obvodu způsobené měřicími přístroji.

Při použití zapojení na obr. 1a měří voltmetr přesně napětí U_v na R_x , tj. $U_v = U_x$ a proud protékající ampérmetrem I_a je dán vztahem

$$I_a = I_x + I_v = \frac{U_v}{R_x} + \frac{U_v}{R_v},$$

kde po dosazení do (1) a úpravě dostaneme

$$\frac{U_v}{I_a} = \frac{R_x \cdot R_v}{R_x + R_v} = \frac{R_x}{1 + \frac{R_x}{R_v}}, \quad (2)$$



Obrázek 1a: Zapojení pro měření odporu přímou metodou

přičemž platí

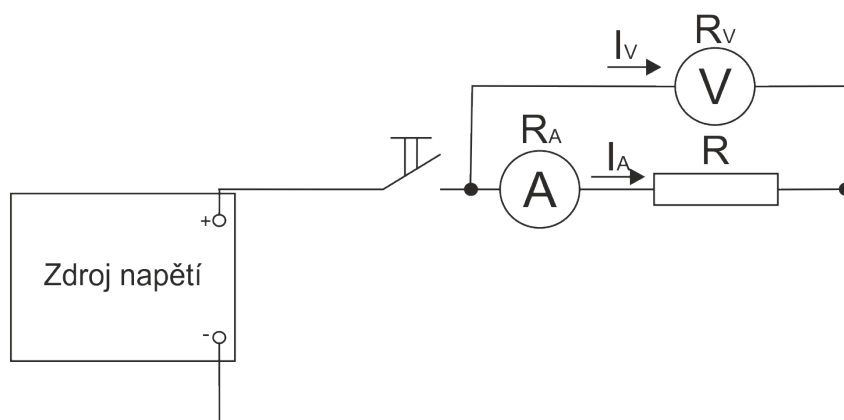
$$\frac{U_v}{I_x} > \frac{R_x}{1 + \frac{R_x}{R_v}},$$

kde I_v je proud procházející voltmetrem, R_v odpor voltmetru a I_x je proud procházející měřeným odporem. Z uvedených rovnic vyplývá, že R_x nelze určit přesně z poměru měřených hodnot U_v a I_a , pokud poměr R_x a R_v není zanedbatelný vůči 1, tzn. že $R_v \gg R_x$. Z tohoto důvodu je toto zapojení vhodné pro měření malých hodnot odporů. Další úpravou rovnice (2) získáme konečný vztah pro R_x :

$$R_x = \frac{U_v R_v}{I_a R_v - U_v}. \quad (3)$$

Naopak při použití zapojení měřících přístrojů podle obr. 1b, měří ampérmetr přesně proud protékající odporem, tj. $I_a = I_x$ a napětí měřené voltmetrem je dáno vztahem

$$U_v = U_a + U_x = I_a R_a + I_x R_x.$$



Obrázek 1b: Zapojení pro měření odporu přímou metodou

Po dosazení do vztahu (1) a po úpravě dostaneme

$$\left(\frac{U_v}{I_a} = R_x \left(1 + \frac{R_a}{R_x}\right), \quad (4)$$

přičemž platí

$$\left(\frac{U_x}{I_a} < R_x \left(1 + \frac{R_a}{R_x}\right).$$

Z této rovnice je zřejmé, že R_x nelze přesně určit přímo podílem z naměřených hodnot napětí U_x a proudu I_a . Pokud poměr R_a a R_x není zanedbatelný vůči 1, tzn. $R_a \ll R_x$. Z uvedené podmínky vyplývá, že zapojení je vhodné pro měření velkých odporů. Po úpravě rovnice (4) dostaneme vztah pro určení R_x

$$R_x = \frac{U_v}{I_a} - R_a. \quad (5)$$

Ke zjištění velikosti odporu R_x je nutné znát hodnoty vnitřních odporů použitých měřicích přístrojů pro zvolený rozsah. Elektronické měřicí přístroje, které se dnes běžně používají dosahují hodnot $R_v = 10^4 - 10^6 \Omega$. Ohmova metoda má široký rozsah použití, lze s ní měřit odpory všech velikostí, od 10^{-5} až do $10^9 \Omega$.

Měření měrného elektrického odporu

V běžné praxi se měrný elektrický odpor (materiálová konstanta) určuje z tabulek a počítá se výsledný odpor daný délkou a průřezem vodiče. V této úloze je opačný postup, kdy ze změřených hodnot se určuje měrný elektrický odpor.

Obecně platí, že měrný elektrický odpor ρ je definován jako podíl elektrické intenzity E a proudové hustoty J

$$\rho = \frac{E}{J}. \quad (6)$$

Elektrická intenzita je dána vztahem

$$E = \frac{U}{L}. \quad (7)$$

Kde $U = \varphi_1 - \varphi_2$, tj. rozdíl velikostí elektrického potenciálu na začátku a konci vodiče a L je délka vodiče.

Pak proudová hustota se vypočte jako

$$J = \frac{I}{S}. \quad (8)$$

kde I je proud procházející vodičem, a S je jeho průřez. Průřez S musí být v celé délce vodiče konstantní.

Dosazením za el. intenzitu (7) a proudovou hustotu (8) do (6) dostaneme vztah pro výpočet měrného elektrického odporu

$$\rho = \frac{U}{\frac{L}{S}} = \frac{U \cdot S}{L}. \quad (9)$$

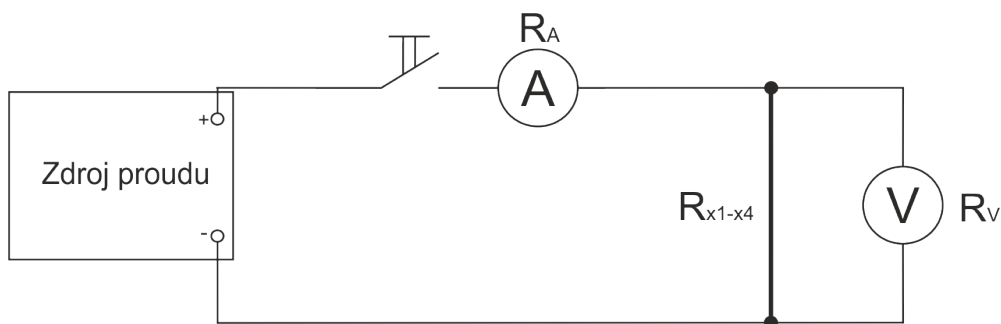
Poměr U a I určuje odpor R celého měřicího obvodu, který v sobě navíc zahrnuje i odpory propojovacích vodičů a vnitřní odpory měřících přístrojů. Aby nedocházelo ke zkreslení výsledku vlivem těchto odporů, je nutné tyto odpory odečíst dle následujícího vztahu

$$R_x = R - R_s - R_a. \quad (10)$$

Zapojení je zde obdobné jako u obr 1a, takže i výsledný odpor R se zde zjistí z (3), pokud je zde splněna podmínka, že $R_v \gg R_x$. Tehdy můžeme považovat odpor R za podíl U a I . R_s je odpor propojovacích vodičů a R_a je vnitřní odpor ampérmetru.

Výsledný vztah pro zjištění měrného elektrického odporu je

$$\rho = R_x \frac{S}{L}. \quad (11)$$



Obrázek 2: Zapojení proměření měrného odporu

Úkol

- Proměřte všechny neznámé odpory R_x dle zapojení obr. 1a a obr 1b.
- Zjistěte měrný elektrický odpor materiálů, použijte zapojení podle obr. 2.

a) Proměřte všechny neznámé odpory R_x dle zapojení obr. 1a obr.1b.

Seznam použitých pomůcek

Zdroj napětí, ampérmetr, voltmetr, měřený odpor R_x , propojovací vodiče a tabulka pro zapisování naměřených hodnot.

Postup:

- 1) Zapojte obvod dle obrázku 1a.
- 2) Proměřte každý neznámý odpor R_x při deseti různých hodnotách napětí. Toto napětí nastavujte na napěťovém zdroji. Měření začněte při 1V a postupně zvyšujte na 10 V. Hodnoty zapisujte do tabulky1.
- 3) Zapojte obvod dle obrázku 1b.
- 4) Proměřte každý neznámý odpor R_x při deseti různých hodnotách napětí. Toto napětí nastavujte na napěťovém zdroji. Měření začněte při 1V a postupně zvyšujte na 10 V. Hodnoty zapisujte do tabulky1.
- 5) Vypočítejte hodnotu R_x ze vztahu (3) při zapojení dle obr.1a a ze vztahu (5) při zapojení dle obr. 1b. Vypočítejte vždy střední hodnotu a pravděpodobnou chybu aritmetického průměru bez uvážení vnitřních odporů měřících přístrojů.
- 6) Ve vyhodnocení zdůvodněte, které zapojení bylo pro daný odpor vhodnější.
- 7) Vytvořte protokol popisující průběh vašeho měření, který bude obsahovat vámi naměřená data a výpočty. Na závěr shrňte výsledky svého snažení.

Tabulka 1: Tabulka pro zápis naměřených hodnot z obvodů na obr. 1a 1b

	Naměřeno z obvodu dle obr.1a				Naměřeno z obvodu dle obr.1b			
Číslo měření	R_{1x} (Ω)		R_{2x} (Ω)		R_{1x} (Ω)		R_{2x} (Ω)	
	I (A)	U (V)	I (A)	U (V)	I (A)	U (V)	I (A)	U (V)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

b) Zjistěte měrný odpor materiálů.**Pomůcky:**

Zdroj napětí (proudu), ampérmetr, voltmetr, ohmmetr pro proměření propojovacích šňůr, dva vodiče, u kterých zjišťujeme jejich měrný odpor, propojovací vodiče a tabulka 2

Postup:

- 1) Zapojte obvod dle obrázku 2.
- 2) Zapojení použijte postupně pro dva různé vodiče vyrobené z neznámého materiálu. A každý tento vodič proměřte pro dvě různé délky vodiče.
- 3) Na proudovém zdroji nastavte malý proud a tento proud postupně zvyšujte, než budete mít deset různých hodnot proudu a napětí pro každý materiál a délku vodiče. Naměřené hodnoty zapište do tabulky2.
- 4) Z těchto hodnot vypočtete hodnotu měrného elektrického odporu. Zjištěný měrný elektrický odpor následně vyhledejte v elektrotechnických tabulkách a ve vyhodnocení napište, z jakého materiálu byly zjišťované vodiče.
- 5) Vytvořte protokol popisující průběh vašeho měření, který bude obsahovat vámi naměřená data a výpočty. Na závěr shrňte výsledky svého snažení a diskutujte možné chyby měření.

Tabulka 2: Tabulka pro zápis naměřených hodnot z obvodů na obr. 1a 1b

	$R_s =$, $R_a =$							
Číslo měření	$L_1 =$ $d_1 =$		$L_2 =$ $d_1 =$		$L_3 =$ $d_2 =$		$L_4 =$ $d_2 =$	
	I (A)	U (V)	I (A)	U (V)	I (A)	U (V)	I (A)	U (V)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								