

Měření odporu Wheatstoneovým můstkem a substituční metodou

Teorie

Měření Wheatstoneovým můstkem

Jedním z častých způsobů měření el. veličin je měření pomocí můstků. V praxi se můžeme setkat s nejrůznějšími typy můstkových zapojení, kde se konkrétní můstek volí podle druhu měřené el. veličiny. V našem případě se budeme zabývat můstkem pro měření el. odporů. K tomuto účelu se používá můstek Wheatstoneův nebo Thomsonův. Velkou předností můstkové metody je, že měření není ovlivňováno samotným měřicím přístrojem. Je to dáno tím, že při správném vyvážení můstku neprochází přes měřicí přístroj žádný proud. Měřicí přístroj zde slouží jen jako indikátor nulového proudu. Díky tomuto jsou můstková zapojení velmi přesná.

V této úloze je použito zjednodušené zapojení Wheatstoneova můstku, viz obr. 1. Zapojení, které se skládá z neznámého odporu R_x , známého odporu R , ampérmetru, kalibrovaného odporového drátu a zdroje napětí. Kalibrovaný drát je rozdělen jezdcem na dvě části l_1 a l_2 . Za předpokladu, že je můstek vyvážen, tj. ampérmetrem neprochází žádný proud, $I_0 = 0$ A platí, že elektrický potenciál mezi uzly 2 a 4 je stejný. Podle II. Kirchhoffova zákona pro naznačené smyčky, viz obr1 platí:

smyčka I

$$R_x I_1 - R_{l1} I_2 = 0 \quad (1)$$

smyčka II

$$R I_1 - R_{l2} I_2 = 0. \quad (2)$$

Kde R_{l1} a R_{l2} je odpor kalibrovaného drátu dané délky l_1 a l_2 . Po dosazení do (1) a (2) dostaneme pro smyčku I

$$R_x I_1 - \frac{\rho l_1}{S} I_2 = 0 \quad (3)$$

a pro smyčku II

$$R I_1 - \frac{\rho l_2}{S} I_2 = 0. \quad (4)$$

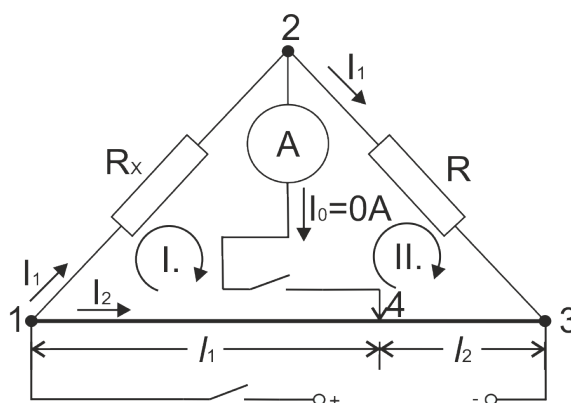
Tyto dvě rovnice se řeší jako soustava rovnic o dvou neznámých. Z rovnice (4) se vyjádří I_2 a dosadí do rovnice (3). Získáme tak

$$R_x I_1 - \frac{\rho l_1}{s} \frac{R S I_1}{\rho l_2} = 0, \quad (5)$$

z které po formální úpravě se dostáváme výsledný vztah pro výpočet

$$R_x = R \frac{l_1}{l_2}. \quad (6)$$

Závěrem lze tedy konstatovat, že měření velikosti odporu je převedeno na měření délky.



Obr. 1. Schéma zapojení pro měření odporu Whetstoneovým můstkem

Měření odporu substituční metodou

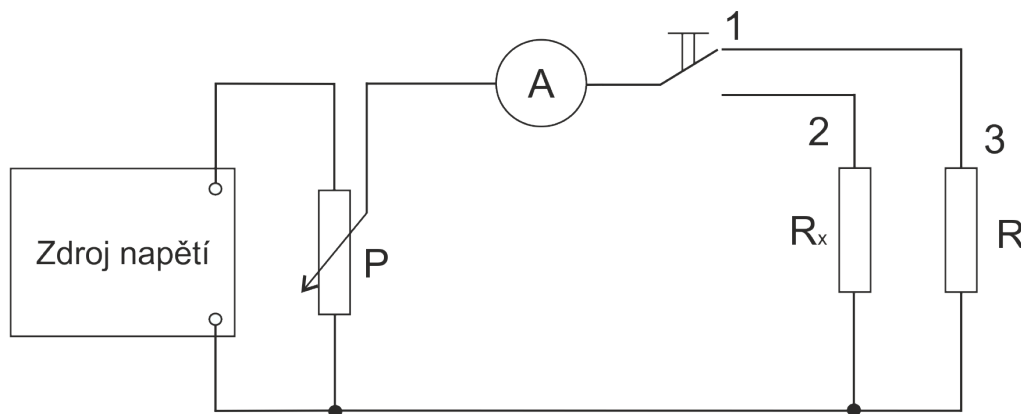
Substituční metoda je pro svou jednoduchost velmi často používána. Metoda spočívá v tom, že do elektrického obvodu, viz obr. 2. se zapojí měřený rezistor R_x a potenciometrem se nastaví proud I_x (měřený ampérmetrem) na požadovanou velikost. Pak se měřený rezistor R_x nahradí zpravidla odporovou dekádou a nastaví se taková hodnota odporu R_d , aby procházející proud obvodem I_d měl stejnou velikost jako proud I_x . Za podmínky, že platí $I_x = I_d$, musí platit, že měřený odpor se rovná odporu nastavenému

$$R_d = R_x. \quad (7)$$

Aby byla metoda dostatečně citlivá, je nutné, aby odpor ampérmetru R_a a potenciometru R_d byl co nejmenší, tj R_a a $R_d \ll R_x$. Z tohoto důvodu je tato metoda omezena jen pro měření větších hodnot odporů. Vlastní přesnost měření není dána jen přesností odporu R_x a přesností měření proudu v obvodu, ale i teplotní závislostí odporů R_x a R_d . Dále by se při měření měly používat stejné délky vodičů mezi uzly 1-2 a 1-3 a to z toho důvodu, že i délka l ovlivňuje odpor vodiče. V případě, že nelze na odporové dekádě nastavit R_d tak, aby výchylka na ampérmetru byla stejná, tj. $I_x \neq I_d$, musí se R_x určit lineární interpolací. Na dekádě se nastaví odpor R_{d1} tak, že velikost proudu na ampérmetru

I_{d1} , je jen o málo menší než hodnota I_x , která byla změřená s R_x . V dalším kroku následuje zvětšení odporu dekády na hodnotu $R_{d2} > R_x$, a odečtení proudu I_{d2} na ampérmetru. Výsledný odpor R_x se pak určí z rovnice:

$$R_x = R_{d1} + \frac{I_{d1} - I_x}{I_{d1} - I_{d2}} (R_{d1} - R_{d2}). \quad (8)$$



Obr. 2. Schéma zapojení pro měření odporu substituční metodou

Úkol

- Zjistěte pomocí můstkové metody velikost elektrického odporu.
- Určete elektrický odpor pomocí substituční metody.

a) Zjistěte pomocí můstkové metody velikost elektrického odporu.

Seznam použitých pomůcek

Zdroje stejnosměrného napětí, multimetry, rezistor (10 Ω), odporový můstek, neznámé rezistory, vodiče, tabulka pro zapisování naměřených hodnot.

Postup:

- Zapojte obvod dle obrázku 1. Nastavte na zdroji napětí cca 1 V a posouvejte jezcem u odporového můstku tak, aby hodnota na ampermetru byla nulová. Zaznamenejte polohu jezce do tabulky 1. Měření opakujte i pro napětí cca 2 a 3 V.
- Podle bodu 1) postupně zjistěte velikost neznámých odporů R_1 , R_2 a R_3 . Dále zjistěte velikost odporů R_1 , R_2 zapojených seriově a velikost odporů R_1 a R_3 zapojených paralelně.
- Vypočítejte ze vztahu (6) neznámé odpory a poté i chyby naměřených veličin.

b) Určete elektrický odpor pomocí substituční metody.

Seznam použitých pomůcek

Zdroje stejnosměrného napětí, multimetry, potenciometr, neznámé rezistory, odporová dekáda, vodiče, páčkový přepínač, tabulka pro zapisování naměřených hodnot.

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

Měřené odpory	Měření Wheatstnovým můstkem		Měření substituční metodou		
	U (V)	l_1 (cm)	U (V)	I (A)	R_d (Ω)
R_1					
R_2					
R_3					
Seriově R_1 a R_2					
Paralelně R_1 a R_3					

Postup:

- 1) Zapojte obvod dle obrázku 2. Dbejte na to, aby délky vodičů mezi uzly 1 – 2 a 1 – 3 byly stejné, viz teorie. Sepněte klíč tak, aby proud procházel neznámým rezistorem. Nastavte na zdroji napětí cca 1 V, zaznamenejte do tabulky 1 velikost proudu na ampermetru.
- 2) Sepněte klíč tak, aby proud procházel odporovou dekádou. Nastavte takovou hodnotu odporu na odporové dekádě, aby proud na ampermetru byl stejný, jako v případě proudu procházející neznámým

rezistorem. Zaznamenejte nastavenou hodnotu odporu do tabulky 1. Měření opakujte i pro napětí cca 2 a 3 V.

- 3) Podle bodu 1) a 2) postupně zjistěte velikost neznámých odporů R_1 , R_2 a R_3 . Dále zjistěte velikost odporů R_1, R_2 zapojených seriově a velikost odporů R_1 a R_3 zapojených paralelně.
- 4) Vytvořte protokol popisující průběh vašeho měření, který bude obsahovat vámi naměřená data a výpočty měřených veličin i jejich chyb. Na závěr shrňte výsledky svého snažení.