

4. MĚŘENÍ ODPORŮ VOLTMETREM A AMPĚRMETREM

Tato metoda měření odporů je založena na Ohmově zákonu. Velikost měřeného odporu R_x se rovná naměřenému napětí U_x na svorkách tohoto odporu, dělenému proudem I_x , který tímto odporem prochází.

$$R_x = \frac{U_x}{I_x} \quad [\Omega; V, A]$$

Touto metodou se měří malé i velké odpory. Měření se provádí stejnosměrným proudem a používá se měřicích přístrojů soustavy magnetoelektrické. Při měření je nutno volit vhodné rozsahy přístrojů a vhodné zapojení.

Můžeme použít dvou zapojení.

4.1 Měření malých odporů

Potřebná zařízení:

zdroj stejnosměrného napětí (např. akumulátor),
voltmetr V,
ampérmetr A,
posuvný odpor R,
neznámý odpor R_x ,
spínač S.

Zapojení je na obr. 29.

Tato metoda se hodí pro měření malých odporů, menších než je odpor voltmetru R_v . Ampérmetr ukazuje totiž proud, který teče nejen měřeným odporem, ale také paralelně připojeným voltmetrem.

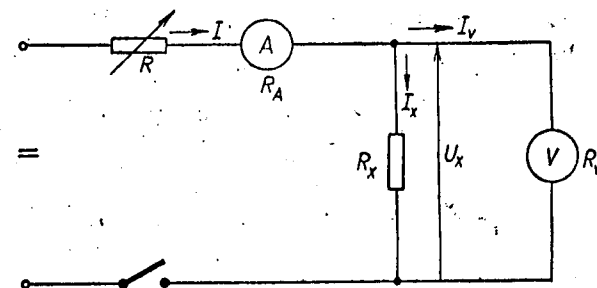
Při menší přesnosti technického měření můžeme proud jdoucí voltmetrem zanedbat, jestliže měřený odpor je daleko menší než odpor

voltmetru. Pak téměř celý proud naměřený ampérmetrem poteče prakticky neznámým odporem a bude přibližně platit

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

Při přesném měření je nutno vliv voltmetru respektovat. Pro R_x pak platí

$$R_x = \frac{U_x}{I - I_v} = \frac{U_x}{I - \frac{U_x}{R_v}} =$$



Obr. 29. Zapojení pro měření malých odporů

Chyba měření v tomto případě tedy závisí na tom, že místo proudu I_x v měřeném odporu měříme proud celkový $I = I_x + I_v$.

Pro poměrnou chybu δ vyjádřenou v procentech platí

$$\delta = \frac{I - I_x}{I_x} 100 = \frac{I_x + I_v - I_x}{I_x} 100 = \frac{I_v}{I_x} 100 \quad [\%]$$

Jestliže za I_x a I_v dosadíme

$$I_x = \frac{U_x}{R_x} \quad I_v = \frac{U_x}{R_v}$$

po úpravě dostaneme vztah

$$\delta = \frac{\frac{U_x}{R_v}}{\frac{U_x}{R_x}} 100 = \frac{R_x}{R_v} 100 \quad [\%]$$

Z této rovnice lze zjistit, jaký musí mít voltmetr odpor, chceme-li připustit určitou chybu měření. Např. připustíme-li chybu 1 %, pak musí mít voltmetr odpor

$$R_v = \frac{R_x}{\delta} 100 = \frac{100}{1} R_x = 100 R_x$$

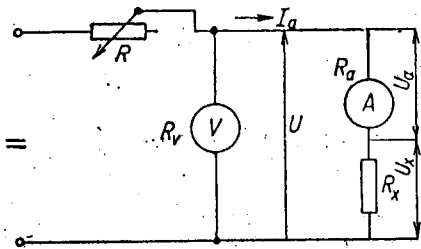
4.2 Měření velkých odporů

Potřebné zařízení k měření je stejné jako v úloze 4.1.

Zapojení je podle obr. 30.

Při tomto zapojení měříme voltmetrem též úbytek napětí na ampérmetru. Jestliže odpor ampérmetru R_a je zanedbatelně malý vůči velikosti měřeného odporu, pak přibližně platí

$$R'_x = \frac{U}{I_x}$$



Obr. 30. Zapojení pro měření velkých odporů

Při přesném měření musíme provést opět opravu

$$R_x = \frac{U_x}{I_x} = \frac{U - U_a}{I_x}$$

$$U_a = R_a I_x$$

Chyba, jež vznikne zanedbáním úbytku napětí na cívice ampérmetru, je dána vztahem

$$R'_x = \frac{U}{I_x}$$

$$R_x = \frac{U - R_a I_x}{I_x} = R'_x - R_a$$

$$R'_x = R_x + R_a$$

Absolutní chyba je tedy dána odporem ampérmetru $R_a = R'_x - R_x$. Od naměřené hodnoty R'_x je tedy nutné odečíst odpor ampérmetru.

Relativní chyba je

$$\delta = \frac{R'_x - R_x}{R_x} 100 = \frac{R_a}{R_x} 100 \quad [\%]$$

Připustíme-li chybu 1 %, pak musí mít ampérmetr odpor

$$R_a = \frac{\delta}{100} R_x = \frac{1}{100} R_x$$

Naměřené údaje zapisujeme do tabulky podle vzoru tab. 2. Provedeme alespoň pět měření a vypočteme průměrnou hodnotu.

Tab. 2. Vzor tabulek pro měření velkých odporů

a)

R_v Ω	I A	U_x V	R_x Ω
součet			
průměr			

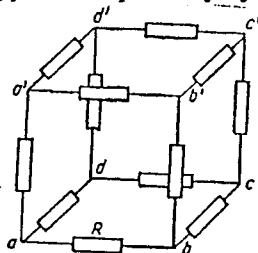
b)

R_a Ω	U V	I_x A	R_x Ω

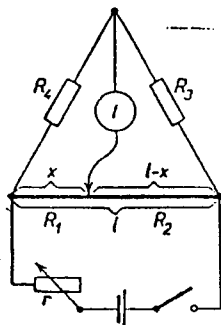
2. Můstková metoda měření odporů. Wheatsonův můstek. Měření závislosti odporu termistoru na teplotě můstkovou metodou.

Pracovní úkoly

1. Změřte hodnoty R_{ab} , R_{ac} , $R_{ac'}$ odporové krychle (dle obr.3) pomocí drátového můstku.
2. Hodnoty odporů R_{ab} , R_{ac} , $R_{ac'}$ určete též výpočtem a porovnejte je s naměřenými hodnotami.



3. Určete citlivost drátového můstku pro tři různé rovnovážné polohy.
4. Změřte odpory R_{ab} , R_{ac} , $R_{ac'}$ pomocí můstku Omega a porovnejte přesnost měření s přesností předchozího měření.
5. Změřte závislost odporu termistoru R_{te} na teplotě T pomocí přesného laboratorního můstku. Znázrněte graficky závislost $\ln(R_{te})$ na $\frac{1}{T}$, a určete (např. pomocí lin. regrese) konstantu B , změnu aktivační energie ΔW a hodnotu teplotního součinitele odporu α .



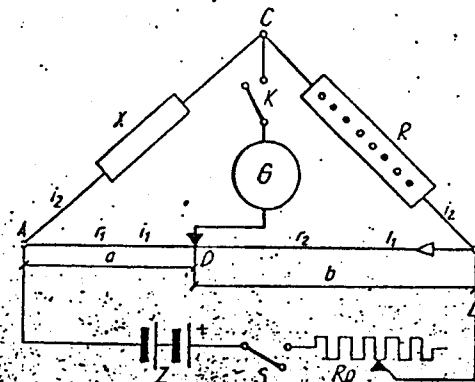
Úloha 45. Měření elektrických odporů metodou Wheatstoneova můstku

Literatura: N (str. 424), II (str. 572—576, 615—620)

Potřeby: baterie článků
můstek
spínač
galvanometr
reostat
kolečkový reostat
klíč
neznámý odpor

Výklad:

Měření pomocí tohoto můstku (obr. 77) je srovnávání neznámého odporu x se známým odporem R , neukazuje-li zapojený galvanometr G žádný proud. Tu spojuje galvanometr místa C , D stejného potenciálu, a proto jím neprochází proud. Je tedy



Obr. 77. Wheatstoneův můstek

svorkové napětí mezi uzlem A a bodem C stejné jako napětí mezi uzlem A a bodem D na můstku. Podobně je tomu i pro druhou stranu:

$$e_{AC} = e_{AD} \quad \text{čili} \quad x i_2 = r_1 i_1, \quad (45,1)$$

$$e_{CB} = e_{DB} \quad \text{čili} \quad R i_2 = r_2 i_1. \quad (45,2)$$

Dělením obou rovnic dostaneme vztah

$$x : R = r_1 : r_2, \quad (45,3)$$

t. j. poměr odporů o společném uzlu se rovná poměru stejnohlých odporů u druhého uzlu můstku.

Protože jsou odpory r_1 , r_2 úseky téhož drátu, o němž předpokládáme, že má ve všech místech stejný průřez S i stejný specifický odpor ρ , přepíšeme nalezený vztah takto:

$$x : R = \rho \frac{a}{S} : \rho \frac{b}{S}. \quad (45,4)$$

a po zkrácení činitelem ρ/S máme

$$x : R = a : b; \quad (45,5)$$

a , b jsou vzdálenosti běžce od obou uzlů můstku.

Drát můstku je natažen mezi dvěma svorkami A , B na délkovém měřítku, které

6. MĚŘENÍ ODPORŮ SROVNAVACÍ METODOU

Tato metoda je vhodná pro měření malých odporů pod 1Ω .

Potřebná zařízení:

zdroj stejnosměrného proudu (akumulátor) U ,
ampérmetr A ,
voltmetr V ,
posuvný odpor R ,
odporová dekáda nebo odporový normál R_n ,
měřené odpory R_x ,
přepínací klíč.

Zapojení se provede podle obr. 33.

Při měření odporu se musí udržovat stálý proud v obvodu, a proto je zapojen do série s měřeným a přesným odporem také ampérmetr s posuvným odporem. Voltmetrem měříme úbytek na napětí, vzniklý průchodem tohoto proudu jednak na měřeném odporu R_x , jednak na odporovém normálu nebo odporové dekádě R_n .

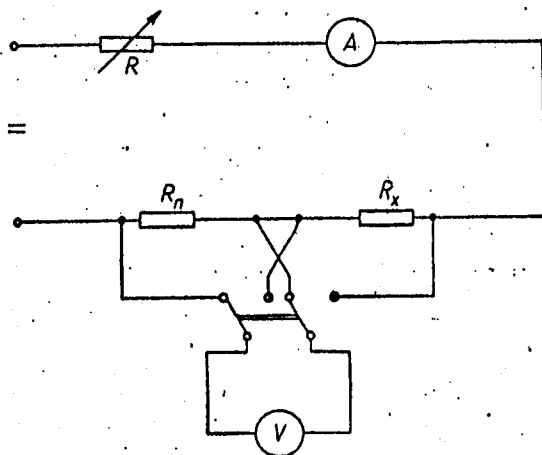
Na odporu R_x naměříme napětí U_x a na odporu R_n napětí U_n .

$$U_x = IR_x$$

$$U_n = IR_n$$

z toho

$$R_x = R_n \frac{U_x}{U_n}$$



Obr. 33. Měření odporů srovnávací metodou

Nejpřesněji měříme, je-li odpor R_n přibližně stejně velký jako měřený odpor R_x . Použijeme-li dekády a nařídíme-li ji tak, aby $U_x = U_n$ platí, že

$$R_x = R_n$$

Měření touto metodou je nezávislé na spotřebě přístrojů. Nestačí-li nám přesnost dělení dekády pro požadovanou přesnost určení odporu R_x , použijeme interpolace.

Tato metoda je vhodná pro měření malých odporů, protože můžeme zanedbat část proudu jdoucí voltmetrem, a protože větší část proudu prochází malým odporem, na němž napětí měříme. Připojením voltmetru na odpor se proud rozvětjuje a oběma odpory pak neprochází stejný proud, čímž se dopouštíme určité chyby měření. Proto musí být odpor voltmetru značně větší než měřené odpory. Pro větší citlivost lze použít milivoltmetru, popř. galvanometru.

Odpory řádu 10^{-4} až 1Ω lze měřit s přesností až desítky procenta.

Kdybychom místo voltmetru použili kompenzátoru a místo R_n normálního odporu, můžeme dosáhnout velké přesnosti, a to i při měření odporů kolem $10^{-5} \Omega$.

Naměřené a vypočtené hodnoty pro jeden odpor zapisujeme do tabulky podle vzoru tab. 4.

Tab. 4. Vzor tabulky pro měření odporů srovnávací metodou

Měření	$I = k$ A	U_n V	U_x V	R_n Ω	R_x Ω
1					
Výsledný odpor $R_x = \dots \Omega$					