

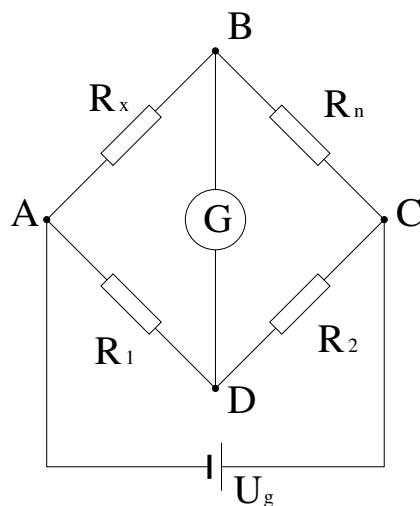
8 Wheatstonov most

NALOGA

Izmeri neznane upore z Wheatstonovim mostičem.

RAZLAGA

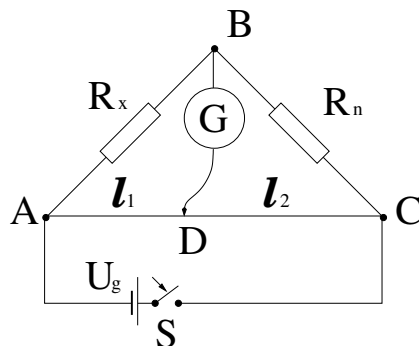
Meritev z Wheatstonovim mostičem, shematsko prikazanim na sliki 8.1, je klasična metoda za meritev uporov. Mostič je sestavljen iz štirih upornikov, povezanih v



Slika 8.1: Shema vezja v Wheatstonovem mostiču.

zanko. V eni diagonalni veji vezja je galvanometer G , v drugi pa izvor gonilne napetosti, U_g . Upornik, katerega upor R_x želimo izmeriti, je priključen v veji AB, v veji BC pa je standardni upornik, katerega upor R_n lahko spreminjamo – običajno je to uporovna dekada. Spreminjamo lahko tudi razmerje preostalih dveh uporov, R_1/R_2 . Preprosto izvedbo Wheatstonovega mostiča prikazuje slika 8.2. Vejo ADC in s tem upornika R_1 in R_2 v tem primeru nadomešča na merilu razpeta enakomerno debela uporovna žica. Razmerje uporov R_1/R_2 tako spreminjamo kar s premikanjem drsnika D po žici.

Tok, ki teče skozi galvanometer, je odvisen od uporov R_1 , R_2 , R_n in R_x . S premikanjem drsnika je moč izbrati takšno razmerje uporov R_1/R_2 , da tok skozi galvanometer ne teče. Takrat pravimo, da smo Wheatstonov mostič uravnovesili. Pri uravnovešenem mostiču sta potenciala v točkah B in D enaka, zato sta enaki tudi napetostni razliki na zgornji in spodnji veji: $U_{AB} = U_{AD}$ ter $U_{BC} = U_{DC}$. Če z I_1 označimo tok v veji ABC, z I_2 pa tok v veji ADC, lahko prejšnji enačbi



Slika 8.2: Shema Wheatstonovega mostiča, v katerem sta upora R_1 in R_2 nadomeščena z enakomerno debelo žico.

zapišemo kot:

$$U_{AB} = U_{AD} \rightarrow I_1 R_x = I_2 R_1, \quad U_{BC} = U_{DC} \rightarrow I_1 R_n = I_2 R_2. \quad (8.1)$$

Z medsebojnim deljenjem zgornjih enačb pridemo do naslednje zveze:

$$R_x = R_n \frac{R_1}{R_2}. \quad (8.2)$$

Upor kovinske žice je sorazmeren dolžini žice l in obratno sorazmeren z njenim presekom S :

$$R = \xi \frac{l}{S}, \quad (8.3)$$

sorazmernostni koeficient ξ pa se imenuje specifični upor, ki je odvisen od lastnosti snovi. Upora R_1 in R_2 lahko tako izrazimo z dolžinama l_1 in l_2 :

$$R_1 = \xi \frac{l_1}{S}, \quad R_2 = \xi \frac{l_2}{S}. \quad (8.4)$$

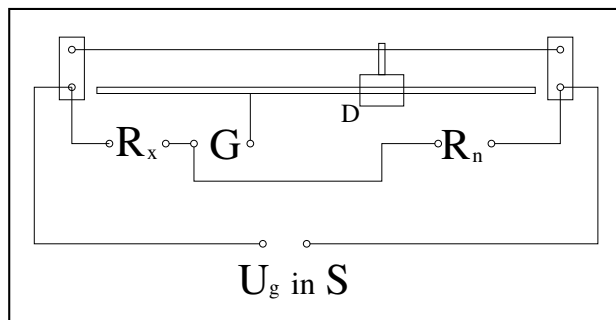
Če upoštevamo zvezo $l_1 + l_2 = l$, lahko s kombiniranjem enačb (8.2) in (8.4) izrazimo neznani upor R_x v naslednji obliki:

$$R_x = R_n \frac{l_1}{l_2} = R_n \frac{l_1}{l - l_1}. \quad (8.5)$$

V principu lahko upor R_x izmerimo pri poljubni vrednosti upora R_n . Od velikosti upora R_n je namreč odvisen le položaj drsnika, pri katerem je mostič uravnovešen, to pa vpliva le na razmerje $l_1/(l - l_1)$. Izkaže se, da je meritev neznanega upora najbolj natančna takrat, ko upor R_n izberemo tako, da dosežemo uravnovešenje mostiča v bližini sredine uporovne žice. (Glej opis v Dodatku k navodilom za to vajo.)

NAVODILO

Poveži vezje na deščici, upornik R_n , galvanometer G , stikalo S , upornik R_x in izvor gonilne napetosti U_g tako, kot kaže slika 8.3. Na mesto R_x veži nez-



Slika 8.3: Shema vezja Wheatstonovega mostiča, v katerem sta upora R_1 in R_2 nadomeščena z enakomerno debelo žico.

nani upornik in si zapiši njegovo oznako. Drsnik D na začetku nastavi na sredo uporovne žice. Preden drsnik premakneš, ga dvigni, da se pri premikanju ne dotika uporovne žice, po premiku pa ga zopet pritisni ob uporovno žico.

Izberi na uporovni dekadi določen upor, nato za kratek čas pritisni tipko na stikalu in si zapomni odklon galvanometra. Postopek ponavljaj z različnimi upori na dekadi, dokler ni odklon galvanometra najmanjši. Nato poišči z drsnikom točko na uporovni žici, v kateri je mostič uravnovešen, tako da skozi galvanometer tok ne teče. Odčitaj lego drsnika (določi dolžino l_1) in upor dekade R_{n1} . Nato spremeni upor dekade v $R_{n1}(1 \pm 5\%)$, $R_{n1}(1 \pm 10\%)$ in $R_{n1}(1 \pm 15\%)$ ter vsakič ponovno uravnovesi mostič. Po vsakem uravnovešenju mostiča odčitaj lego drsnika, l_1 , in ustrezni upor dekade, R_n . Na ta način s ponavljanjem postopka dobimo sedem parov vrednosti R_{ni} , l_{1i} , iz katerih z enačbo (8.5) izračunamo sedem neodvisnih rezultatov za neznani upor R_x . Nato izračunaj še povprečno vrednost $\langle R_x \rangle$ in standardno statistično napako σ_{R_x} .

Meritev ponovi še za en neznani upornik R_x . Tudi za tega si ne pozabi zapisati oznake.

DODATEK

Poglejmo, kako je napaka pri meritvi upora R_x odvisna od položaja drsnika, pri katerem je mostič uravnovešen. Pri računu bomo upoštevali samo vpliv napake pri meritvi položaja drsnika, Δl_1 , na izmerjeno vrednost R_x .

Z odvajanjem enačbe (8.5) dobimo:

$$\frac{\partial R_x}{\partial l_1} = R_n \frac{l}{(l - l_1)^2}, \quad (8.6)$$

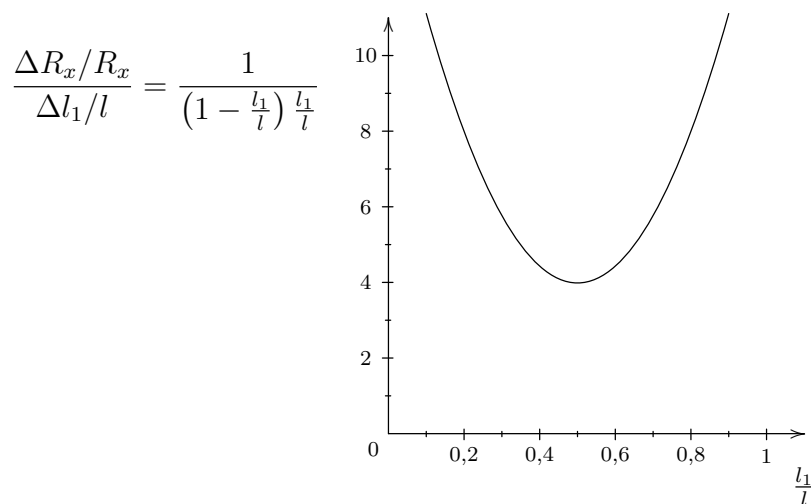
s čimer lahko izračunamo napako upora R_x :

$$\Delta R_x = \left| \frac{\partial R_x}{\partial l_1} \right| \Delta l_1 = \frac{R_n l}{(l - l_1)^2} \Delta l_1. \quad (8.7)$$

Iz enačb (8.7) in (8.5) lahko izračunamo še relativno napako:

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{l}{l_1(l - l_1)} \Delta l_1 = \frac{1}{\left(1 - \frac{l_1}{l}\right) \frac{l_1}{l}} \frac{\Delta l_1}{l}, \quad (8.8)$$

ki je pri določeni merski napaki dolžine Δl_1 odvisna le še od razmerja l_1/l . S slike 8.4, ki prikazuje odvisnost relativne napake meritve neznanega upora R_x od razmerja dolžin l_1/l , je razvidno, da je pri dani merski napaki Δl_1 relativna napaka meritve neznanega upora najmanjša takrat, ko je $l_1/l = 1/2$. To pomeni, da je pri meritvi priporočljivo izbrati upor R_n tako, da dosežemo uravnovešanje mostiča v bližini sredine uporovne žice.



Slika 8.4: Odvisnost relativne napake meritve neznanega upora R_x od razmerja dolžin l_1/l .