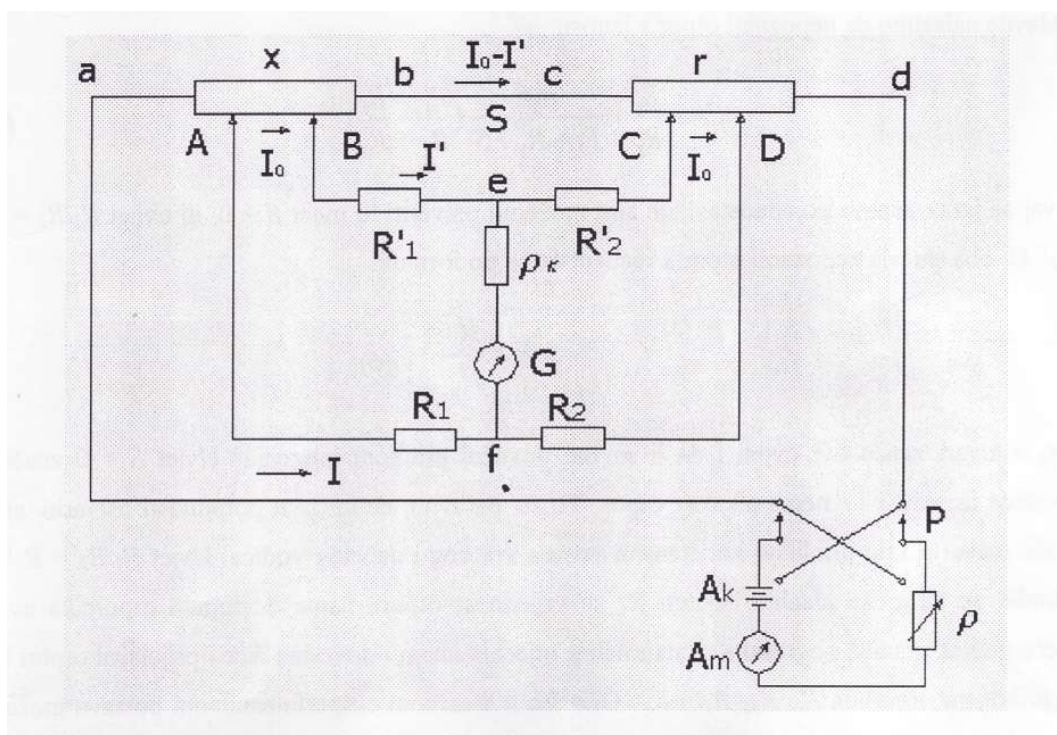


Thomsonov most

Za mjerenje vrlo malih otpora (manjih od oko $0,1 \Omega$), Wheatstoneov most postaje neprikladan jer počinju smetati prijelazni otpori na priključnicama preko kojih je nepoznati otpor spojen u most. Iznosi ovih prijelaznih otpora ovise o veličini i čistoći dodirne plohe, pritisku i drugim geometrijskim i fizičkim parametrima kontaktnog spoja i dobrom se izvedbom priključaka daju svesti na neznatne dijelove ohma. Uz prijelazne otpore, u sustavu postoje i parazitni otpori dovodnih žica koji se također ne mogu u potpunosti otkloniti. Svi se ovi mali otpori pribrajaju nepoznatom otporu i mjere se zajedno s njime, te ako je ovaj malen, dovode do velike pogreške u njegovom određivanju. Mjerenje Wheatstoneovim mostom tako postaje to nepouzdanije što je vrijednost nepoznatog otpora manja. Za mjerenje vrlo malih otpora treba koristiti posebne metode kod kojih parazitni otpori ne smetaju. Jedna od tih metoda je Thomsonov most.



Slika 1: Shema sklopa

Shema tog mosta prikazana je na Slici 1. Nepoznati otpor kojega želimo izmjeriti označen je sa x , dok je r poznati otpor s kojim se x uspoređuje. Vrijednost otpora x i r odnosi se na dio šipki između naponskih kontakata A i B , odnosno C i D . Između točaka B i C se nalazi spojica malog otpora S . Kada su potencijali u točkama e i f , galvanometrom ne teče nikakva struja pa je most u ravnoteži. Drugo Kirchhoffovo pravilo daje za taj slučaj ove dvije relacije:

$$IR_1 = I_0x + I'R'_1 \quad (1)$$

$$IR_2 = I_0 r + I' R_2' \quad (2)$$

Uz to, pad napona na otporu S mora biti jednak kao u grani mosta $BR_1' R_2' C$ što nam daje treći uvjet:

$$(I_0 - I')S = I'(R_1' + R_2') \quad (3)$$

Iz (3) izrazimo struju I' te ju uvrstimo u (1) i (2). Dijeljenjem dvaju izraza nalazimo relaciju:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{x + \frac{R_1' S}{R_1' + R_2' + S}}{r + \frac{R_2' S}{R_1' + R_2' + S}}. \quad (4)$$

Oдавде nalazimo da nepoznati otpor x iznosi:

$$x = r \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_2' S}{R_1' + R_2' + S} \left(\frac{R_1}{R_2} - \frac{R_1'}{R_2'} \right) \quad (5)$$

Ovaj se izraz znatno pojednostavljuje ako možemo ostvariti ili uvjet $S = 0$, ili uvjet $R_1/R_2 = R_1'/R_2'$. U oba slučaja nepoznati otpor x računat će se po formuli:

$$x = r \frac{R_1}{R_2}. \quad (6)$$

Što u stvari znače ovi uvjeti i da li su oni dostižni prilikom mjerenja? Uvjet $S = 0$ znači da spojnica između x i r nema nikakav otpor. To se, naravno, ne može u potpunosti ostvariti, ali se može ostvariti vrlo približno korištenjem veoma kratkog i debelog vodiča. Uvjet $R_1/R_2 = R_1'/R_2'$ također se ne može idealno ispuniti jer se vrijednost otpora nama dostupnih otpornika uvijek kreće unutar granica pogrešaka, a stanovitog utjecaja imaju i dovodne žice i prijelazni otpori koji se pribrajaju otporima R_1 , R_2 , R_1' i R_2' . Ono što u stvarnom eksperimentalnom postavu možemo postići jest učiniti obje ove veličine što je moguće manjima, tako da zadnji član relacije (5) predstavlja umnožak dviju malih veličina. Uzimanjem dobro odabrane spojnice $b - c$ i korištenjem vrlo preciznih dekadnih otpornika, Thomsonovom se metodom mogu precizno odrediti otpori i do $10^{-6}\Omega$.

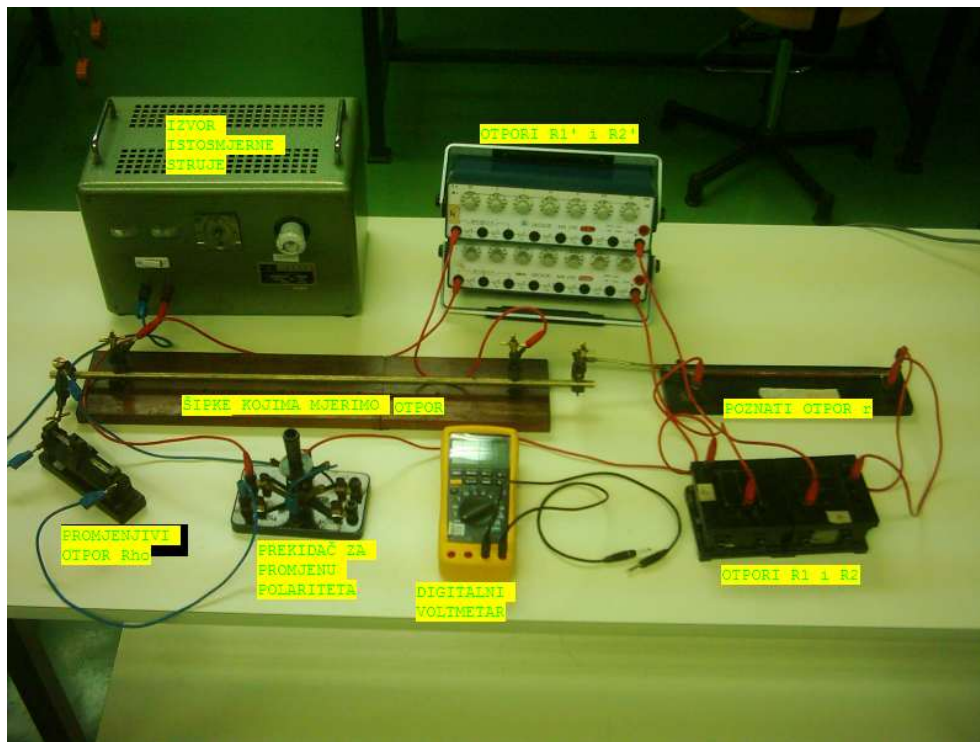
Preostaje objasniti zašto prijelazni otpori na kontaktima kod otpornika x i r kao i otpori njihovih žica ne predstavljaju znatniju smetnju točnom mjerenju. Osim utjecaja spojnice, koji smo upravo objasnili, na točnost mjerenja mogu utjecati još jedino prijelazni otpori naponskih kontakata na otporima x i r kao i otpori dovodnih žica između tih kontakata i otpornika R_1 , R_2 , R_1' i R_2' . Relacije (1) i (2) trebalo bi proširiti i uvrstiti u njih i padove napona na tim parazitnim otporima. Označimo li jednog od njih s R_p , u jed. (1) i (2) će se pojaviti članovi oblika IR_p ili $I'R_p$. No, kako je $I \ll I_0$ odnosno $I' \ll I_0$, a istovremeno je i R_p mnogo manji od R_1 , R_2 , R_1' i R_2' , isti će biti daleko manji od članova $I_0 x$ i $I_0 r$, kao i od svih ostalih članova u izrazima (1) i (2), pa ih stoga s pravom možemo zanemariti.

EKSPERIMENTALNI UREĐAJ I MJERNI POSTUPAK

Shema je prikazana na slici 1:

- A_k je akumulator od 2 V kojime se napaja glavni krug
- ρ je reostat kojim se postiže željena jakost struje, mjerena ampermetrom A_m
- P je preklopnik kojim puštamo i prekidamo struju u glavnom krugu
- G je digitalni ampermetar
- R_1 i R'_1 su dva jednaka promjenjiva otpornika koji se mogu ugoditi na 10, 100 ili 1000 Ω

Poznati mali otpor r ima oblik prikazan na slici 2, a vrijednost otpora iznosi $r = 5.67 \times 10^{-5}$.



Slika 2: Postav vježbe

Nepoznati otpor x je metalna šipka kružnog presjeka, a u krug se umeće preko dvaju metalnih noževa koji čine električne spojeve u točkama A i B . Pomoću vijaka V_1 i V_2 šipku treba lagano pritisnuti na noževe. Na krajevima šipke su pomoću vijaka V_3 i V_4 pričvršćene stežaljke a i b za dovod struje. Mjerenja se uvijek vrše uz $R_1 = R'_1$ i $R_2 = R'_2$.

MJERENJE

Staviti reostat ρ na maksimum otpora. Odabrati $R'_2 = R_2 = 1000 \Omega$. Zatvoriti prekidač P i ustanoviti smjer (predznak) otklona galvanometra (ampermetra). Mijenjati istodobno otpore $R'_1 = R_1 \dots$ sve dok galvanometrom više ne prolazi struja. Poznavajući vrijednost otpora, za koji se struja u galvanometru poništava, može se upotrijebiti jača struja I_0 , što povećava točnost mjerenja.

ZADACI

- a) Mjerenjem geometrijskih dimenzija i otpora bakrene žice odredite specifični otpor bakra.
- b) Odredite specifični otpor aluminija.
- c) Odredite specifični otpor aluminijeve slitine.
- d) Izračunajte vodljivost aluminija u postocima vodljivosti bakra.