

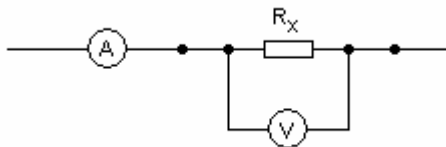
3A. Mjerenje istosmjernog napona i struje - metoda 4 kontakta

Zadaci

Izmjerite metodom četiri kontakta otpore četiriju žica od konstantana različitih promjera (poprečnih presjeka). Izračunate otpore prikažite u obliku $x = (\bar{x} \pm M_x)$. Nacrtajte graf ovisnosti logaritma otpora ($\log R$) o logaritmu polumjera žice ($\log r$). Metodom najmanjih kvadrata uz pomoć računala provjerite ovisi li otpor žice o inverznom kvadratu njezina polumjera i tako dobiveni pravac ucrtajte na $\log R - \log r$ graf. Poslužite se programskim paketom Mathematica. ([UputeMathematica.pdf](#))

Teorijski uvod

Za (precizno) mjerenje nepoznatog otpora često rabimo metodu četiri kontakta. Princip te metode prikazan je na slici 1.



Slika 1: Princip mjerenja metodom četiri kontakta

Na nepoznati otpor postave se 4 kontakta. Dva kontakta (vanjska) služe za dovod i odvod struje, a unutarnji kontakti služe za mjerenje razlike potencijala. Kroz sklop teče struja I koja na otporu R stvara pad napona U . Napon mjerimo voltmetrom koji se spaja **paralelno** s nepoznatim otporom. Voltmetar je instrument velikog unutarnjeg otpora. Zbog tako velikog otpora kroz njega teče zanemarivo mala struja (u odnosu na struje kroz ostale elemente strujnog kruga) pa on ne remeti odnose struja i napona u strujnom krugu. Struju mjerimo ampermetrom koji se spaja **serijski** s nepoznatim otporom. Ampermetar je instrument veoma malog unutarnjeg otpora te se zbog toga na njemu stvara zanemarivo mali pad napona (u odnosu na padove napona na ostalim elementima strujnog kruga). Tako ni ampermetar ne remeti odnose struja i napona u strujnom krugu.

Nepoznati otpor se, mjereći napon i struju, može izračunati iz Ohmovog zakona:

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

I ampermetar i voltmetar mijenjaju svoj unutarnji otpor ovisno o mjernom području na koje su postavljeni. Oba instrumenta je prije mjerenja potrebno postaviti na najmanje osjetljivo mjerno područje (najveća vrijednost na skali mjernih područja).

Kombiniranje otpornika

Spajanjem više otpornika u seriju, dobivamo zbroj otpora:

$$R_u = \sum_i R_i. \quad (2)$$

Ako otpornike spojimo u paralelu, ukupan otpor manji je od svakoga pojedinog otpora:

$$\frac{1}{R_u} = \sum_i \frac{1}{R_i}. \quad (3)$$

Otpornost

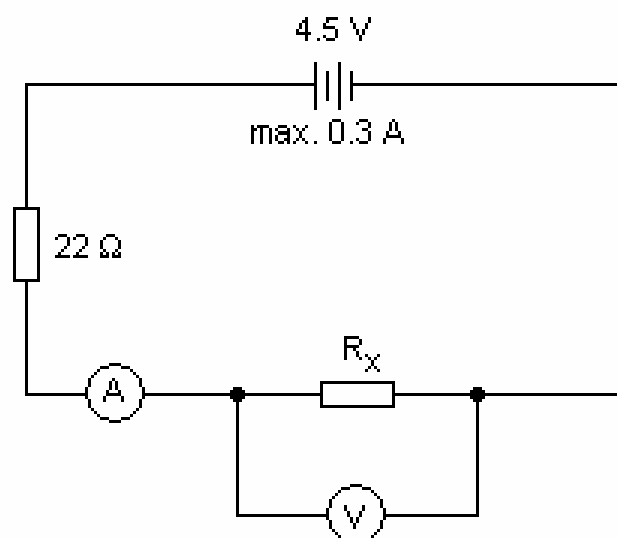
Otpor neke žice ovisi o njezinoj duljini l , poprečnom presjeku S i vrsti materijala, prema relaciji

$$R = \rho \frac{l}{S}. \quad (4)$$

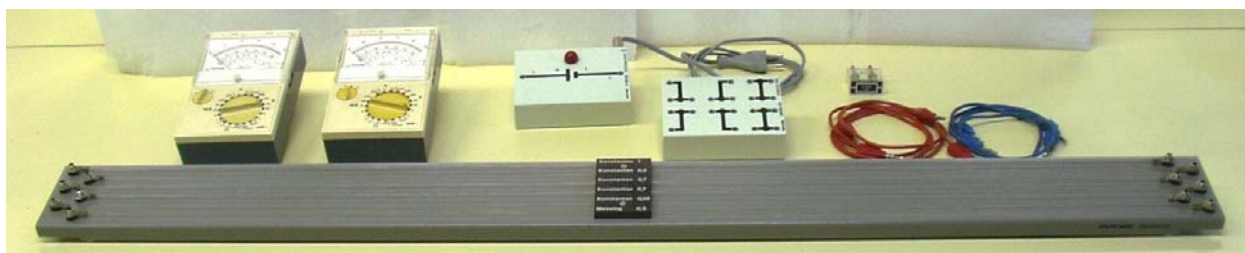
gdje je ρ otpornost danog materijala, a $S = r^2 \pi$ poprečni presjek žice.

Mjerni uređaj i mjerenje

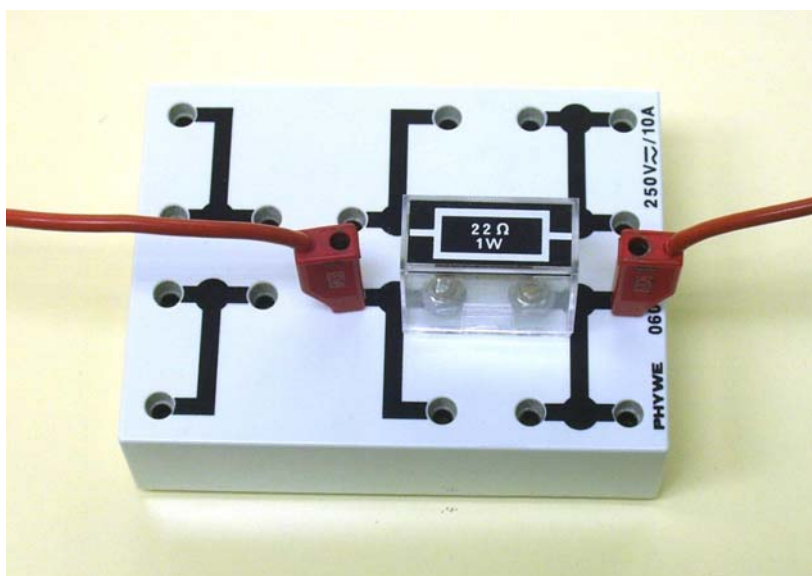
Na raspolaganju su nam: izvor istosmjernog napona (4.5 V), otpornik od 22 Ω , mjerni instrumenti te 4 žice od konstantana različitih promjera ($2r = 0.35, 0.5, 0.7$ i 1 mm) čije otpore trebamo izmjeriti. Na slici 2 je shema sklopa za mjerenje nepoznatog otpora dok su na slici 3 elementi potrebni za njegovo sastavljanje. Vidimo da je, u seriji s nepoznatim otporom, spojen i otpornik od 22 Ω . Tako je ograničena maksimalna struja koja može proteći kroz krug, a da se ne uništi izvor. Čak i kada nema nepoznatog otpora ($R_x = 0 \Omega$), kroz krug može poteći najviše 0.205 A, što je znatno manje od maksimalno dopuštene struje izvora (0.3 A). Spajanjem otpornika nepoznatog otpora (R_x), ukupan otpor u krugu se, prema izrazu (2), povećava pa se struja koja teče krugom smanjuje (izraz (1)) te ne postoji opasnost od oštećenja izvora.



Slika 2. Shema sklopa za mjerenje nepoznatog otpora metodom četiri kontakta



Slika 3. Elementi mjernog postava za mjerenje otpora metodom četiri kontakta

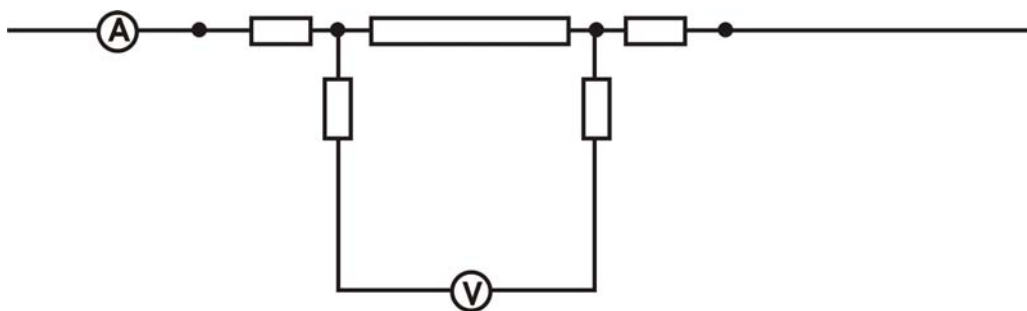


Slika 4. Kutija za spajanje otpornika s otpornikom od $22\ \Omega$

Priložena je i kutija za spajanje otpornika na kojoj su crnom crtom povezane točke u kratkom spoju. Pomoću te kutije spojite otpornik od $22\ \Omega$ u seriju s nepoznatim otporom prema shemi na slici 2.

NAPOMENA: Prilikom svake promjene nekog elementa u strujnom krugu, treba isključiti izvor elektromotorne sile. Prije svakog uključivanja provjerite da je mjerni instrument postavljen na najmanju osjetljivost. Nakon uključivanja, postupno povećavajte osjetljivost radi točnijeg mjerenja. Međutim, tada se više ne smiju praviti promjene strujnog kruga jer kazaljka instrumenta brzo izlazi iz mjernog područja, a može doći i do oštećenja instrumenta. Na završetku svakog mjerenja najprije vratite instrument na najmanju osjetljivost, isključite izvor, a zatim mijenjajte elemente u krugu.

Zašto metoda 4 kontakta?



Slika 5. shema realnog spoja s kontaktnim otporima

U shemi na slici 1 pretpostavljeno je da žice i kontakti nemaju otpora, tj. da su točke povezane crtom na istom potencijalu. Međutim, u stvarnim mjerenjima otpora u modernim laboratorijima, moramo uzeti u obzir činjenicu da postoje nezanemarivi kontaktni otpori. Stoga je stvarna slika bolje prikazana shemom na slici 5. Veliki otpornik predstavlja otpor uzorka koji želimo mjeriti, a mali otpornici predstavljaju kontaktne otpore. Struja prolazi kroz uzorak i kroz dva kontakta. Ovi kontakti ne predstavljaju problem jer se radi o serijskom spoju pa ampermetar mjeri struju kroz uzorak. I naponski kontakti imaju otpor, no on je zanemariv prema unutarnjem otporu voltmetra. Unutarnji otpor voltmetra puno je veći i od otpora uzorka pa kroz voltmetar teče zanemariva struja i očitani napon odgovara padu napona zbog protjecanja struje kroz uzorak.