

Zadatak 1 .

Nepoznatu struju određujemo tako da mjerimo pad napona na poznatom otporu. Kao poznati otpor rabimo shunt nazivne vrijednosti $0,2 \Omega$, kojem je umjeravanjem od 23°C i 4 A određen otpor od $0,19756 \Omega$ uz relativnu prošenu nesigurnost $5 \cdot 10^{-5}$ $k = 2$. Temperaturni koeficijent otpora u intervalu $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ iznosi $5 \cdot 10^{-5}$. Digitalni voltmetar ima unutrašnji otpor $>1\text{ G}\Omega$, a izravnim uzimanjem uzoraka izmjeren je niz od 9 očitavanja, pri čemu je dobivena aritmetička sredina od $0,80357\text{ V}$ i standardno odstupanje od $0,13\text{ mV}$. Pritom je mjereno na opsegu 1 V , na kojem proizvođač deklarira granice pogrešaka kao $\pm[0,05\% \text{ of Rdg} + 0,04\% \text{ of Range}]$ unutar $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$. Temperatura prostorije je $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$. Kolika je mjerena struja I i pripadna složena standardna nesigurnost $u_c(I)$?

Odgovor:

$$u_c^2(I_R) = \frac{1}{R^2} [u_1^2(U_{DV}) + u_2^2(U_{DV})] + \frac{U_{DV}^2}{R^4} [u_1^2(R) + u_2^2(R)]$$

$$u_1(U_{DV}) = s(u_1(\overline{U_{DV}})) = \frac{s(U_{DVk})}{\sqrt{n}} = 4,3 \cdot 10^{-5}\text{ V}$$

$$u_1(U_{DV}) = 4,3 \cdot 10^{-5}\text{ V}$$

$$u_2(U_{DV}) = \frac{a_U}{\sqrt{3}} = \frac{\pm(0,05 \cdot U_{DV} + 0,01 \cdot 1)}{\sqrt{3}}$$

$$u_2(U_{DV}) = 4,62911 \cdot 10^{-4}\text{ V}$$

$$u_1(R) = \frac{U_p(R)}{k} = \frac{U_p(R)}{R \cdot k} \cdot R$$

$$u_1(R) = 5 \cdot 10^{-6}\Omega$$

$$u_2(R) = \frac{a_r}{\sqrt{3}} = \frac{\Delta R}{\sqrt{3}} = \frac{\Delta T \cdot a}{\sqrt{3}}$$

$$u_2(R) = 2 \cdot 10^{-5}\Omega$$

$$u_c(I_R) = \sqrt{\frac{1}{R^2} [u_1^2(U_{DV}) + u_2^2(U_{DV})] + \frac{U_{DV}^2}{R^4} [u_1^2(R) + u_2^2(R)]}$$

standardna nesigurnost:

$$u_c(I_R) = 2,361275\text{ V} \quad \begin{aligned} U_p(I_R) &= k \cdot u_c(I_R) \\ U_p(I_R) &= 4,72255\text{ mA} \end{aligned}$$

Mjerena struja

$$I_R = \frac{\overline{U_{DV}}}{R}$$

$$I_R = 4,06747\text{ A}$$

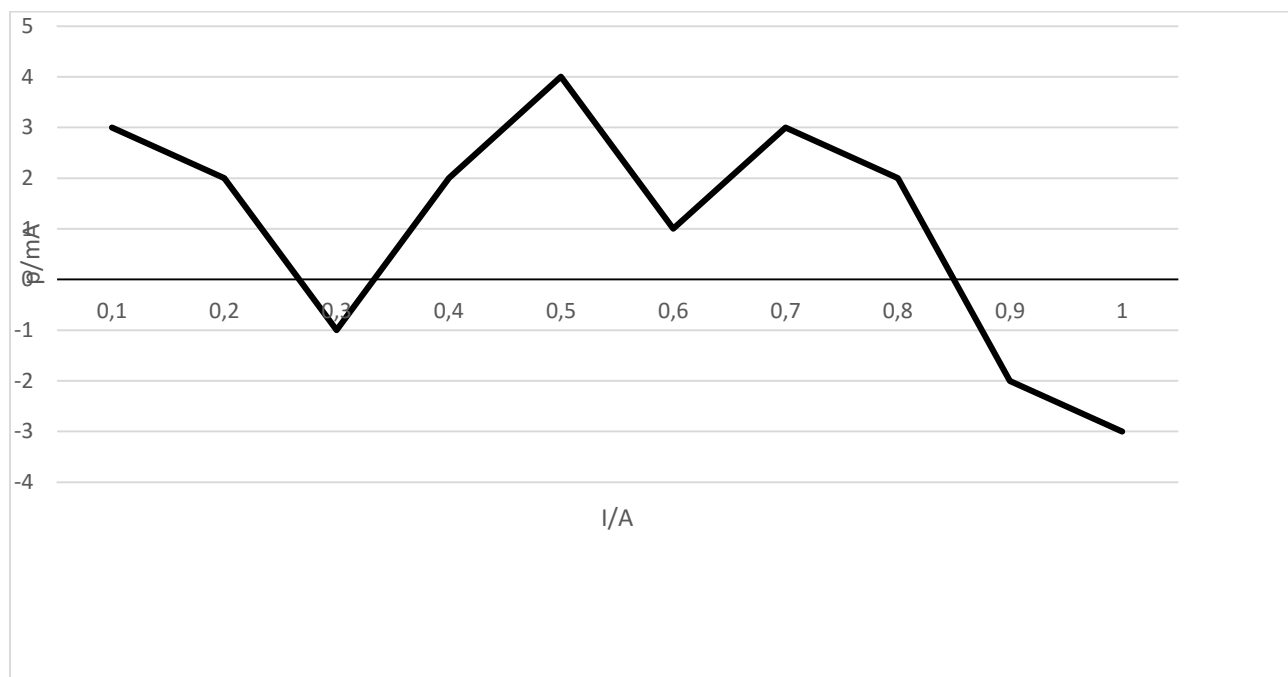
$$I = I_R \pm U_P(I_R)$$

$$I = 4.06747A \pm 4.72255mA$$

Zadatak 2.

Pri umjeravanju ampermetra na mjernom opsegu 1 A dobivene pogreške pri njegovom pokazivanju prikazane su tablično, gdje je I struja koju pokazuje ampermetar, a p je pogreška određena pri toj struji. Odredite kolika je vrijednost mjerene struje ako smo na njemu očitali 0,57 A!

Odgovor:



$$I = 0,57A$$

Vrijednost mjerene struje

$$I = I_m + p(I)$$

$$I_m = I - p(I)$$

$$I_m = 0,569A$$

Zadatak 3

Mjerenje otpora digitalnim multimetrom Keithley 2001

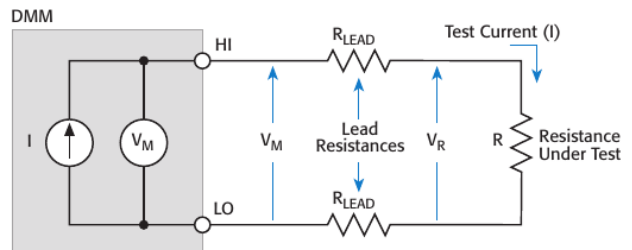
Opišite na koji način digitalni multimetar mjeri otpor uz dvožični, odnosno četverožični spoj. Ako pritom mjerimo otpor jednog otpornika nazivne vrijednosti $150\ \Omega$ na mjernom opsegu od $200\ \Omega$, odredite (prema specifikacijama navedenog instrumenta):

- S kojom relativnom mjernom nesigurnošću možemo izmjeriti navedeni otpor uz dvožični, odnosno četverožični, spoj u vremenskom intervalu od 1 godine od posljednjeg umjeravanja?
- Kolika je struja koja u tom slučaju prolazi kroz mjereni otpornik?
- Kolika je pritom relativna promjena otpora mjnotpornika uslijed prolaska struje, ako mu je temperaturni koeficijent $4 \cdot 10^{-4}\ \text{K}^{-1}$, a otpornik se zagrijao za $0,6\ ^\circ\text{C}$?

Odgovor:

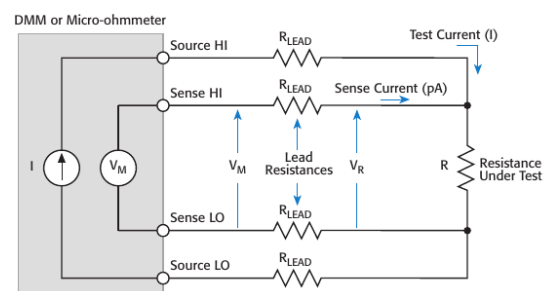
Kod 2 žičnog mjerenja otpora strujna i naponska stezaljka spojene su na istom izvodu otpornika i tada moramo uzeti u obzir i otpor vodiča. Tada dolazi do greške mjerenja gdje je

$$R_{izmjereno} = R_{mjereno} + 2R_{otporvodičo}$$



Kod 4 žičnog mjerenja otpora strujna i naponska stezaljka spojene su na različite izvode otpornika, time su otpori vodova zanemarivi i dolazi do točnijeg mjerenja.

$$R_{izmjereno} = R_{mjereno}$$



a) $R = 150 \, \Omega$, Range = $200 \, \Omega$

2 žični spoj

R

$= R$

$$\pm \frac{[(\text{ppm of reading}) \times (\text{measured value}) + (\text{ppm of range}) \times (\text{range used}) + (\text{ppm of range})]}{1000000}$$

$$R = 150 \pm \frac{[56 * 150 + 200 * 7 + 30]}{1000000}$$

$$R = [150 \pm 0.00983] \, \Omega$$

4 žični spoj

$$R = R \pm \frac{[(\text{ppm of reading}) \times (\text{measured value}) + (\text{ppm of range}) \times (\text{range used})]}{1000000}$$

$$R = 150 \pm \frac{[56 * 150 + 200 * 7]}{1000000}$$

$$R = [150 \pm 0.0098] \, \Omega$$

// treba dovršiti do kraja

b) Struja koja prolazi kroz otpornik je $I = 0.98 \text{mA}$

c) $\alpha = 4 \cdot 10^{-4} \, \text{K}^{-1}$, $R_0 = 150 \, \Omega$, $\Delta T = 0.6 \, ^\circ\text{C}$

$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$R = 150.036 \, \Omega$$