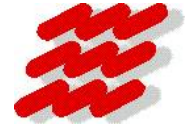




**Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za elektrotehniko**



**MERITVE  
LABORATORIJSKE VAJE  
VAJA 14**

Avtor: Tomaž Černe  
Mentor: Dušan Agrež  
Sodelavec: Gregor Babič  
Študijsko leto: 2002/2003

Datum izvedbe: 13.5.2003  
Čas: 12:15 - 14:00  
Temperatura: 23,9°C  
Vlažnost: 44 %

Seznam uporabljenih instrumentov:

- WHEATSTON AND THOMSON (KELVIN) BRIDGE
- tokovni vir: UNIS TOS TOZD EKO ISPRAVLJAČ
- ISKRA M 5054 MERILNIK UPORNOSTI
- $R_N$  – ISKRA NL 0262

inv. št.: 008024  
inv. št.: 007878  
inv. št.: 009856  
inv. št.: 4065M

Podatki:

$$R_X \approx 2 \text{ m}\Omega$$

$$l = 999,7 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$$

$$M_D = \pm 0,01 \text{ mm}$$

$$\alpha = 4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$m_{R_{dec}} = m_{R_V} = m_{R_N} = 2,0 \cdot 10^{-4}$$

$$(I_5)_q = 1 \text{ mA}$$

$$R_g = 500 \Omega$$

## MESTO PRIKLJUČITVE NEZNANE UPORNOSTI

Najprej smo približno izmerili upornost palice. Dobili smo vrednost  $R_X \approx 1,9 \text{ m}\Omega$ . Nato smo izračunali približni napaki za obe mesti priključitve. Upoštevamo  $R_g = 500 \Omega$  :

1. priključitev ( $R_X$  levo,  $R_N$  desno):

$$\delta_n = \frac{(I_5)_q}{I_0 R_X} \left[ 2R_{DEC} + R_g \left( 1 + \frac{R_{DEC}}{R_V} \right) \right]$$

$$R_V = 1000 \Omega$$

$$R_{DEC} = 190 \Omega$$

2. priključitev ( $R_X$  desno,  $R_N$  levo):

$$\delta_n = \frac{I_{5\min}}{I_0 R_X} \left[ 2R_V + R_g \left( 1 + \frac{R_V}{R_{DEC}} \right) \right]$$

$$R_V = 100 \Omega$$

$$R_{DEC} = 526,32 \Omega$$

Izberemo priključitev:

$$\frac{\delta_{n1}}{\delta_{n2}} = \frac{2R_{DEC} + R_g \left( 1 + \frac{R_{DEC}}{R_V} \right)}{2R_V + R_g \left( 1 + \frac{R_V}{R_{DEC}} \right)} \approx 1,3$$

Manjša napaka nastopi pri drugi priključitvi, zato smo izbrali slednjo.

## NEGOTOVOST KELVINOVEGA MOSTIČA ZARADI LOČLJIVOSTI

Pomagamo si z zahtevo, da naj bo standardna negotovost uravnovešenja vsaj 5 X manjša od standardne negotovosti upornosti  $\frac{u(R_X)}{R_X}$ .

$$u_\delta \leq \frac{1}{5} \sqrt{\left(\frac{u(R_N)}{R_N}\right)^2 + \left(\frac{u(R_A)}{R_A}\right)^2 + \left(\frac{u(R_B)}{R_B}\right)^2}$$

iz relativnih negotovosti dobimo:

$$\frac{u(R_N)}{R_N} = \frac{u(R_A)}{R_A} = \frac{u(R_B)}{R_B} = \frac{m}{\sqrt{3}} = \frac{2,0 \cdot 10^{-4}}{\sqrt{3}} = 1,16 \cdot 10^{-4}$$

$$u_\delta \leq 4,0 \cdot 10^{-5}$$

$$\rightarrow \delta_n = u_\delta \cdot 2 \cdot \sqrt{3} = 138,56 \cdot 10^{-6}$$

## IZRAČUN $R_X$

Znani podatki so:

$$R_V = 100 \Omega$$

$$R_N = 10 \text{ m}\Omega$$

$$\frac{u(R_N)}{R_N} = \frac{u(R_A)}{R_A} = \frac{u(R_B)}{R_B} = \frac{m}{\sqrt{3}} = \frac{2,0 \cdot 10^{-4}}{\sqrt{3}} = 1,16 \cdot 10^{-4}$$

Mostič uravnovesimo pri različnih smereh toka  $I_0$ . Dobimo

$$\begin{aligned} R_{DEC,1} &= 481,21 \Omega \\ R_{DEC,2} &= 480,76 \Omega \Rightarrow R_{DEC} = 480,98 \Omega \end{aligned}$$

Iz tega lahko izračunamo:

$$R_X = \frac{R_V}{R_{DEC}} R_N = 2,078 \text{ m}\Omega$$

$$u(R_X) = R_X \sqrt{\left(\frac{u(R_N)}{R_N}\right)^2 + \left(\frac{u(R_{DEC})}{R_{DEC}}\right)^2 + \left(\frac{u(R_V)}{R_V}\right)^2} = 2,4 \cdot 10^{-5} \Omega$$

## SPECIFIČNA UPORNOST

Izmerimo premer na treh koncih vodnikah:

$$d_1 = 4,17 \text{ mm}$$

$$d_2 = 4,24 \text{ mm}$$

$$d_3 = 4,20 \text{ mm}$$

Iz podatkov lahko izračunamo:

$$\rho = \frac{R_X A}{l}$$

$$A = \frac{1}{4}(A_1 + 2A_2 + A_3) = \frac{\pi}{16}(d_1^2 + 2d_2^2 + d_3^2)$$

$$\rho = \frac{\pi R_X}{16l}(d_1^2 + 2d_2^2 + d_3^2) = 28,98 \cdot 10^{-3} \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}^2}$$

Pri referenčni temperaturi ( $t_0=20^\circ\text{C}$ ):

$$\rho_0 = \frac{\rho}{1 + \alpha(t - t_0)} = 28,51 \cdot 10^{-3} \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$$

$$u(\rho) = \rho \sqrt{\sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial \rho}{\partial X_i} u(X_i) \right)^2} = 0,00037 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$$