



UNIVERZA V MARIBORU



FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO,  
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO  
2000 Maribor, Smetanova ul. 17

Študij. leto: 2011/2012

Skupina: 9

## MERITVE

### LABORATORIJSKE VAJE

**Vaja št.:** 6.1 Določanje notranje upornosti instrumenta z Wheatstonovim mostičem

**Datum:** 15.12.2011

**Priimek in ime:** NIKOLIĆ GREGOR

**BESEDILO NALOGE:** Univerzalnemu instrumentu z vrtljivo tuljavico izmerite notranjo upornost na merilnem območju 1,2 mA. Mostiček sestavite tako, da bo imel največjo občutljivost.

Poraba mostiča naj bo manjša kot 1 W.

Pregledal: \_\_\_\_\_

Ocena: \_\_\_\_\_

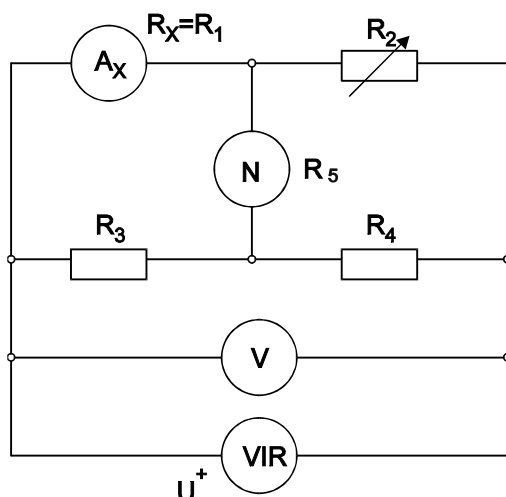
Datum: \_\_\_\_\_

POROČILO NAJ VSEBUJE

1. besedilo naloge
2. vezalni načrt
3. popis instrumentov, naprav in elementov
4. vplivne veličine
5. opis poteka meritev in izračunov
6. prikaz merilnih rezultatov (tabele, grafi)
7. komentar



## 1. Vezalni načrt



## 2. Popis instrumentov, naprav in elementov

$A_X$	univerzalni instrument, UNIVO 382345
$N$	galvanometer, MSZ 808, VTŠ inv. št.: 2865
$V$	univerzalni instrument, HAMEG, HM-8011-3
$R_2$	dekadni upor, VEB schlotheim, Mod. No.: 270 – 275
$R_3$	dekadni upor, VEB schlotheim, Mod. No.: 270 – 275
$R_4$	dekadni upor, VEB schlotheim, Mod. No.: 270 – 275
$\Omega$	miliohm meter, HAMEG, HM-8014
$VIR$	enosmerna napetost.

## 3. Vplivne veličine

Temperatura prostora..... 24,5 °C  
Tlak v prostoru..... 1008 hPa  
Vlažnost zraka v prostoru... 40 %

## 4. Potek meritev in izračunov

Znane so naslednje vrednosti:

- notranja upornost merjenca  $R_X = R_1$  (odčitamo jo na instrumentu),
- tok skozi merjenec (meri ga merjenec sam) in
- notranja upornost galvanometra  $R_5$ .

Upornost  $R_5$  in  $R_1$  določita faktor  $q$ :

$$q = \frac{R_5}{R_1}$$

Iz teh podatkov lahko iz tabele določite vrednost  $m$  in  $n$  za maksimalno občutljivost mostiča. Preostale upornosti so:

$$R_2 = mR_1$$

$$R_3 = nR_1$$

$$R_4 = mnR_1$$



Tabela za določitev vrednosti  $m$  in  $n$ .

št.	dano	$m$	$n$	$q$
1	$R_1, U, q$	$\sqrt{\frac{q}{1+n+q}}$	$\approx 0,01$	$q$
2	$R_1, I, q$	$\approx 100$	$\sqrt{1+q\left(1+\frac{1}{m}\right)}$	$q$
3	$R_1, I_1, q$	$\approx 100$	$\approx 0.01$	$q$
4	$R_1, P, q$	$\frac{q + \sqrt{9q^2 + 8q(1+n)}}{2(1+n+q)}$	$-\frac{1}{4} + \sqrt{\frac{9}{16} + \frac{1}{2}q\left(1+\frac{1}{m}\right)}$	$q$
5	$R_1, U, P_0$	0,5	$\approx 0,01$	0,336
6	$R_1, I, P_0$	$\approx 100$	2	2,97
7	$R_1, I_1, P_0$	$\approx 100$	$\approx 0,01$	1
8	$R_1, P, P_0$	1	1	1

Pri tem so:

- $R_1$  merjena upornost,
- $U$  napetost mostiča,
- $I$  tok mostiča,
- $I_1$  tok skozi  $R_1$  in  $R_2$ ,
- $P$  porabljena moč na mostiču in
- $P_0$  potrebna moč za odklon enega delca na ničelnem indikatorju.

Napetost mostiča določite iz pogoja porabe mostiča:

$$P = \frac{U^2}{R_{nad}} \quad \text{oz.} \quad U = \sqrt{PR_{nad}},$$

pri lemer je  $R_{nad}$  nadomestna upornost mostiča v ravnotežju:

$$R_{nad} = \frac{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}.$$

Iz znanih vrednosti  $R_1, I_1$  in  $q$  iz tabele določimo parametra  $n$  in  $m$  ter izračunamo preostale upore mostiča. Iz danih uporov  $R_3$  in  $R_4$  izberemo tiste, ki so najbližji izračunanim.

Na galvanometru izberemo zaradi zaščite instrumenta eno izmed večjih tokovnih območij, ki ga med približevanjem ravnotežju postopoma zmanjšujemo do najmanjšega. Na uporovni dekadi nastavimo izračunano vrednost  $R_2$ , nakar mostič priklopimo na napetost, ki smo jo izračunali. Mostič uravnatežimo s spreminjanjem  $R_2$ .

Izračun  $R_1$ :

$$R_1 = R_2 \frac{R_3}{R_4}.$$

Meja pogreška mostiča pri dejanskih vrednostih uporov je:

$$e_m = \pm \frac{I_{5\min}}{U} \cdot R_1 \cdot \left( 1 + m + n + m \cdot n + q \left( m + 2 + \frac{1}{m} \right) \right).$$



Tok  $I_{5\min}$  (najmanjši tok, ki ga na ničelnem indikatorju lahko odčitamo) določite s podatki za uporabljen ničelni indikator, parametre  $m$ ,  $n$  in  $q$  ponovno izračunajte iz vrednosti upornosti, ki veljajo, ko je mostič v ravnovesju.

Meja pogreška upora  $R_1$  z upoštevanjem znanega razreda uporovne dekade, tehniškega Wheatstonovega mostiča in meja pogreška mostiča je:

$$e_{R_1} = \pm (|e_{R_2}| + |e_{R_3}| + |e_{R_4}| + |e_m|)$$

$$R_1 = R_1 (1 \pm e_{R_1})$$

#### 4.1 Izračun elementov mostiča

$$I_1 = 1,2 \text{ mA} \quad R_1 = R_X = 850 \ \Omega \quad R_5 = 1150 \ \Omega$$

$$q = \frac{R_5}{R_1} = \frac{1150}{850} = 1,353$$

$$R_2 = m \cdot R_1 = 100 \cdot 850 = 85000 \ \Omega = 85 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = n \cdot R_1 = 0,01 \cdot 850 = 8,5 \ \Omega$$

$$R_4 = m \cdot n \cdot R_1 = 100 \cdot 0,1 \cdot 850 = 850 \ \Omega$$

$$R_{nad} = \frac{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{(850 + 85000)(8,5 + 850)}{850 + 85000 + 8,5 + 850} = 850 \ \Omega$$

$$P = \frac{U^2}{R_{nad}} = 1 \text{ W} \quad \text{oz.} \quad U = \sqrt{PR_{nad}} = \sqrt{1 \cdot 850} = 29,15 \text{ V}$$

$$I_{5\min} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ A}$$

Pri tem so:

- $I_1$  - tok skozi  $R_1$  in  $R_2$ .
- $R_1$  - neznana upornost.
- $R_5$  - upornost ničelnega indikatorja.
- $q$  - faktor  $q$  (razmerje uporov  $R_5$  in  $R_1$ ).
- $R_2$  - nastavljen upor (uporovna dekada) za uravnovešanje merilnega mostiča.
- $R_3$  - stalen upor mostiča.
- $R_4$  - stalen upor mostiča.
- $R_{nad}$  - nadomestna upornost mostiča.
- $I_{5\min}$  - najmanjši tok, ki ga lahko odčitamo na ničelnem indikatorju.

#### 4.2 Izračun upornosti $R_X=R_1$ , ko je mostič uravnotežen

$$R_1 = R_2 \frac{R_3}{R_4} = \frac{73430 \cdot 8,5}{850} = 734,30 \ \Omega$$



#### 4.3 Določitev meje pogreška upora $R_x=R_1$

$$q = \frac{R_5}{R_1} = \frac{1150}{734,300} = 1,353 \quad m = \frac{R_2}{R_1} = \frac{73430}{734,300} = 100 \quad n = \frac{R_3}{R_1} = \frac{8,5}{734,300} = 0,0116$$

$$e_m = \pm \frac{I_{5\min}}{U} \cdot R_1 \cdot \left( 1 + m + n + m \cdot n + q \cdot \left( m + 2 + \frac{1}{m} \right) \right)$$

$$e_m = \pm \frac{5 \cdot 10^{-7}}{29,15} \cdot 734,30 \cdot \left( 1 + 100 + 0,0116 + 100 \cdot 0,0116 + 1,353 \cdot \left( 100 + 2 + \frac{1}{100} \right) \right) = \pm 0,00303$$

$$e_{R_2} = e_{R_4} = \pm \frac{0,1 \%}{100 \%} = \pm 0,001$$

$$e_{R_3} = \pm \frac{0,5 \%}{100 \%} = \pm 0,005$$

$$e_{R_1} = \pm \left( |e_{R_2}| + |e_{R_3}| + |e_{R_4}| + |e_m| \right) = \pm \left( \left| \frac{0,1}{100} \right| + \left| \frac{0,5}{100} \right| + \left| \frac{0,1}{100} \right| + |0,00303| \right) = \pm 0,01003$$

$$R_1 = R_1 (1 \pm e_{R_1}) = 734,30 \cdot (1 \pm 0,011) \Omega$$

Pri tem so:

- $e_m$  - pogrešek merilnega mostiča.
- $e_{R_{2,3,4}}$  - pogrešek uporabne dekade.
- $e_{R_1}$  - pogrešek merjenja neznane upornosti.
- $q$  - faktor  $q$  (razmerje uporov  $R_5$  in  $R_1$ ).
- $R_1$  - neznana upornost.

#### 4.4 Meritev upornosti $R_x=R_1$ s precizijskim $\Omega$ -metrom

$$e_{R_1} = \pm \frac{E}{R_1} = \pm \frac{0,25 \% \cdot R_1 + 1 \text{ digit}}{R_1} = \pm \frac{0,0025 \cdot 738 + 1 \cdot 1}{738} = \pm 0,00386$$

$$R_1 = R_1 (1 \pm e_{R_1}) = 738 \cdot (1 \pm 0,004) \Omega$$



## 5. Prikaz merilnih rezultatov

**Tabela 1:** Tabela izračunanih vrednosti.

$I_1$ (mA)	$R_1$ ( $\Omega$ )	$R_5$ ( $\Omega$ )	$R_2$ ( $\Omega$ )	$R_3$ ( $\Omega$ )	$R_4$ ( $\Omega$ )	$R_{nad}$ ( $\Omega$ )	$U$ (V)
1,2	850	1150	85000	8,5	850	850	29,15

**Tabela 2:** Dejanske vrednosti mostiča in meja pogreškov.

$I_1$ (mA)	$q$	$m$	$n$	$e_m$
1,2	1,353	100,00	0,0100	0,00303

**Tabela 3:** Izmerjene in izračunane vrednosti.

	izmerjeno ( $\Omega$ -meter)		odčitano					
$I_1$ (mA)	$R_1$ ( $\Omega$ )	$e_{R_1}$	$R_2$ ( $\Omega$ )	$e_{R_2}$	$R_3$ ( $\Omega$ )	$e_{R_3}$	$R_4$ ( $\Omega$ )	$e_{R_4}$
1,2	738	0,00385	73430	0,001	8,5	0,0050	850	0,001

izračunano	
$R_1$ ( $\Omega$ )	$R_1(1 \pm e_{R_1})$ ( $\Omega$ )
734,3	734,3 (1 $\pm$ 0,011)

## 6. Komentar

Univerzalnemu merilnemu instrumentu katerega podana upornost pri merilnem dosegu 1,2 mA je 850  $\Omega$ , smo pri merjenju upornosti z merilnim mostičem prišli do rezultata meritve, da ima instrument upornost 738  $\Omega$  z mejo pogreška  $\pm 0,011 \Omega$  (1,1 %). Pri meritvi s preciznim Ohm-metrom smo prišli do rezultata, da ima instrument notranjo upornost 734,3  $\Omega$  z mejo pogreška  $\pm 0,004 \Omega$  ( $\pm 0,4$  %). Pri obeh meritvah pridemo do skupnega zaključka, da se izmerjena upornost instrumenta bistveno razlikuje od podane upornosti za kar približno 113,85<sup>1</sup>  $\Omega$ .

Če primerjamo točnosti meritve upornosti z Ohm-metrom in merilnim mostičem vidimo, da je pri meritvi z Ohm-metrom meja pogreška le  $\pm 0,4$  % napram merilnemu mostiču z mejo pogreška  $\pm 1,1$  % a vendar, je kljub temu pogrešku meritev še vedno relativno točna.

<sup>1</sup> Aritmetična sredina med vsoto razlik podane upornosti instrumenta, izmerjeno upornostjo z Ohm-metrom in merilnim mostičem.

