

# Měření odporů

**Jakub Dvořák**

20.11.2020

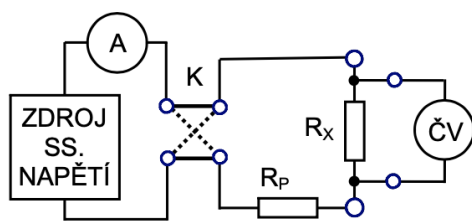


**FACULTY OF  
ELECTRICAL ENGINEERING**

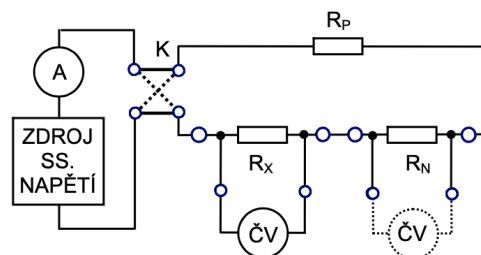
# 1 Úkol měření

1. a) Měření malých odporů Ohmovou metodou. Sestavte měřicí obvod dle obr. 1. Vhodnou metodikou měření vylučte vliv termoelektrických napětí. Z naměřených hodnot napětí a proudu vypočtete velikost neznámého odporu  $R_X$  a stanovte rozšířenou nejistotu měření (pro  $k_R = 2$ ).
- b) Měření malých odporů sériovou srovnávací metodou. Zapojte měřicí obvod dle obr. 2. Změřte napětí na etalonu  $R_N$  a napětí na měřeném odporu  $R_X$ . Vhodnou metodikou měření vylučte vliv termoelektrických napětí. Vypočtete velikost neznámého odporu  $R_X$  a odvoďte vztah pro nejistotu měření.
- c) Měření středních odporů převodníkem  $R \rightarrow U$ . Sestavte převodník odpor-napětí s OZ ( $U_R = 10 \text{ V}$ ,  $R_{N1} = 10 \text{ k}\Omega$ ) dle obr. 3. Odvoďte přenos převodníku a ověřte jeho funkci. Jako odpor  $R_X$  použijte odporovou dekádu. Zdůvodněte, do jaké hodnoty odporu může uvedený převodník měřit.

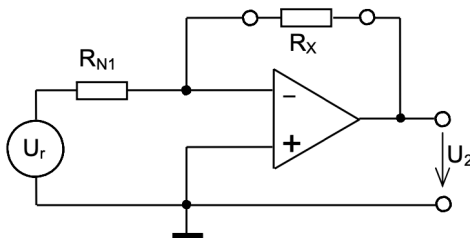
## 2 Schéma zapojení



Obrázek 1: Měření malého odporu Ohmovou metodou



Obrázek 2: Měření malého odporu sériovou metodou



Obrázek 3: Převodník  $R \rightarrow U$

### 3 Seznam použitých přístrojů

1. Laboratorní zdroj Agilent Proud  $< 0,2 \%$  z hodnoty  $+ 10 \text{ mA}$
2. Digitální voltmetr HP 34401A  $\pm 0,0050 \%$  údaje  $\pm 0,0035 \%$  rozsahu

### 4 Teoretický úvod

Při měření malých odporů se uplatňuje i přechodový odpor mezi zdrojem proudu a měřeným odporem. Pro eliminaci tohoto jevu se používá tzv. *čtyřsvorková* metoda. Pro vyloučení jevu termoelektrických jevů, jejich velikost je závislá na směru proudu, měříme oba směry. Následně výsledný odpor vypočítáme jako aritmetický průměr naměřených hodnot.  $R_X = \frac{(R_{X1} + R_{X2})}{2}$ . Pro měření ohmovou metodou použijeme vzorec  $R_X = \frac{U}{I}$  a pro měření srovnávací metodou využijeme vzorec  $R_X = \frac{U_{RX}}{U_{RN}} \cdot R_N$ .

### 5 Naměřené hodnoty

Naměřené hodnoty jsou níže v tabulkách:

Sériová srovnávací metoda		
$U_{RN} \text{ (V)}$	$U_{RX} \text{ (V)}$	$R_X \text{ (m}\Omega\text{)}$
0,876	10,082	11,509
0,896	10,251	11,441
$R_X = 11,475 \text{ m}\Omega$		

(a) Odpor vypočtený srovnávací metodou

Ohmova metoda		
$I \text{ (A)}$	$U \text{ (V)}$	$R \text{ (m}\Omega\text{)}$
1	11,3	11,3
-1	11,7	11,7
$R_X = 11,5 \text{ m}\Omega$		

(b) Odpor vypočtený Ohmovou metodou

Měření převodníkem $U \rightarrow I$		
$U_{out} \text{ (V)}$	$U_{in} \text{ (V)}$	$R_X \text{ (k}\Omega\text{)}$
5	-5,99	11,980
$R_X = 11,980 \text{ k}\Omega$		

(c) Odpor změřený převodníkem  $U \rightarrow I$

### 6 Zpracování naměřených hodnot

$$u_{U_{1,2}} = \frac{\frac{\delta_1}{100} \cdot X + \frac{\delta_2}{100} \cdot M}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{0,005}{100} \cdot 10,082 + \frac{0,0035}{100} \cdot 100}{\sqrt{3}} = 2,3 \mu\text{V} \quad (1)$$

$$u_{I_{1,2}} = \frac{\frac{\delta_1}{100} \cdot X + \frac{\delta_2}{100} \cdot M}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{0,2}{100} \cdot 1 + 10 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 6,9 \text{ mA} \quad (2)$$

$$u_{R_{X_1}} = \sqrt{\left(\frac{\partial R_X}{\partial I} \cdot u_{I_{1,2}}\right)^2 + \left(\frac{\partial R_X}{\partial U} \cdot u_{U_{1,2}}\right)^2} = \sqrt{\left(-\frac{U}{I} \cdot u_{I_{1,2}}\right)^2 + \left(\frac{1}{I} \cdot u_{U_{1,2}}\right)^2} = 7,8 \cdot 10^{-5} \Omega \quad (3)$$

Můžeme předpokládat, že nejistoty měření budou velice podobné pro oba směry proudu. Výsledná nejistota tedy vyjde

$$u_{R_X} = \frac{u_{R_{X_1}}}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

Výsledná nejistota s koeficientem rozšíření poté bude

$$U_{R_X} = k_r \cdot \frac{7,8 \cdot 10^{-5}}{\sqrt{2}} = 1,1 \cdot 10^{-4} \Omega \quad (5)$$

Pro odvození vztahu pro výpočet nejistoty v případě sériové srovnávací metody zvolíme následující postup.

$$\begin{aligned} u_{R_{X_1}} &= \sqrt{\left(\frac{\partial R_X}{\partial R_{N_1}} \cdot u_{R_N}\right)^2 + \left(\frac{\partial R_X}{\partial U_{R_{X_1,2}}} \cdot u_{U_{R_{X_1,2}}}\right)^2 + \left(\frac{\partial R_X}{\partial U_{R_{X_1}}} \cdot u_{U_{R_{N_1,2}}}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{U_{R_{X_1}}}{U_{R_{N_1}}} \cdot u_{R_N}\right)^2 + \left(\frac{R_N}{U_{R_{N_1}} \cdot u_{U_{R_{X_1,2}}}}\right)^2 + \left(-\frac{U_{R_{X_1}} \cdot R_N}{U_{R_{N_1}}^2} \cdot u_{U_{R_{N_1,2}}}\right)^2} \end{aligned} \quad (6)$$

## 7 Závěrečné vyhodnocení

Výsledek měření Ohmovou metodou je  $(11,50 \pm 0,11) \text{ m}\Omega$ . Hodnota pro sériovou srovnávací metodu vyšla  $R_X = 11,475 \text{ m}\Omega$ . Z měření jsme ověřili, že při měření malých odporů se uplatňuje vliv termoelektrických napětí a proto je nutné měřit hodnoty elektrického odporu v obou směrech proudu a následně udělat aritmetický průměr.

## **Seznam použité literatury a zdrojů informací**

### **Seznam použitých internetových zdrojů**

[1] Návod k laboratorní úloze