

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 1

Zpracoval: Jan Beran

Naměřeno: 3. května 2018

Obor: UF

Skupina: F2180/06

Testováno:

Úloha č. 2: Měření odporu rezistoru

$$T = 22.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$p = 966.1 \text{ hPa}$$

$$\varphi = 24.2 \text{ \%}$$

1. Teorie

Elektrický odpor rezistoru můžeme stanovit z Ohmova zákona (1), kde U_R je napětí na odporu R a I_R je proud, které protéká odporem.

$$R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_V}{I_A} \quad (1)$$

1.1. Měření odporu metodou A

Na obrázku 1 je znázorněné měření odporu metodou A. Měření napětí je v pořádku, ale ampérmetr měří špatný proud, protože v bodě X část proudu odteče do voltmetru. odpor spočítáme podle vztahu (2).

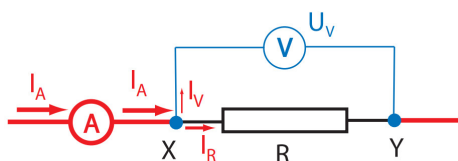
$$R = \frac{U_V}{I_A - \frac{U_V}{R_V}} \quad (2)$$

1.2. Měření odporu metodou B

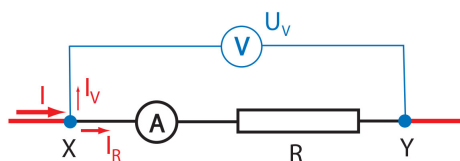
Na obrázku 2 je znázorněné měření odporu metodou B. Měření proudu je tentokrát v pořádku, ale při tomto zapojení měříme špatné napětí. odpor vyhodnotíme pomocí rovnice (3).

$$R = \frac{U_V}{I_A} - R_A \quad (3)$$

Metoda A se používá k měření malých odporů a metoda B k měření velkých odporů.



Obrázek 1: Měření odporu metodou A



Obrázek 2: Měření odporu metodou B

2. Postup měření

Měření jsem prováděl pomocí multimetrů Keysight U3401A a Escort 119. Keysight jsem použil jako ampérmetr (dále jen ampérmetr) a Escort jako voltmetr (dále jen voltmetr). Zapojil jsem voltmetr i ampérmetr podle schématu na obrázku 1, tedy metodou A. Nejdříve jsem zapojil vodič do svorky pro větší proud - až 10 A - aby nedošlo k poškození přístroje vysokým proudem. Proměřil jsem hodnoty napětí od 3 V do 24 V pro první i druhý rezistor.

Poté jsem zapojil voltmetr i ampérmetr podle schématu na obrázku 2, tedy metodou B. Nejdříve jsem zapojil vodič do svorky pro větší proud - až 10 A - aby nedošlo k poškození přístroje vysokým proudem. Proměřil jsem hodnoty 3 V až 24 V pro první i druhý rezistor.

Nakonec jsem znovu zapojil metodou A, podle obrázku 1, voltmetr i ampérmetr. Proměřil jsem hodnoty napětí od 3 V do 24 V pro žárovku.

3. Naměřené hodnoty

Metoda A			Metoda B	
První odpor			První odpor	
č.	V	mA	V	mA
1	3,132	31,180	3,124	30,715
2	6,900	49,063	4,934	48,360
3	7,080	70,925	6,968	68,380
4	9,000	90,139	8,804	86,710
5	12,14	121,76	10,83	106,88
6	14,00	140,41	12,44	119,84
7	16,07	161,21	13,96	137,81
8	17,98	180,31	16,16	159,51
9	19,41	194,61	17,75	175,14
10			19,27	190,14
11			20,47	202,01
Druhý odpor			Druhý odpor	
č.	V	μ A	V	μ A
1	3,314	3,270	3,136	3,120
2	4,966	5,412	5,036	5,000
3	6,943	7,565	7,043	7,020
4	8,961	9,764	8,800	8,820
5	11,08	12,41	10,69	10,63
6	13,21	14,44	12,75	12,67
7	15,05	16,44	14,07	14,87
8	16,86	18,42	17,02	16,89
9	18,61	20,64	19,11	18,98
10	20,14	22,01	20,44	20,21

Tabulka 1: Měření odporu

Žárovka (A)		
č.	V	mA
1	5,035	48,551
2	7,016	59,370
3	9,356	67,850
4	10,82	75,310
5	12,97	83,750
6	15,13	91,640
7	16,73	98,120
8	19,01	104,720
9	20,01	107,870

Tabulka 2: Volt-ampérová charakteristika žárovky

4. Zpracování měření

4.1. Obecné vztahy pro zpracování měření

Střední hodnota se přímo rovná naměřené hodnotě. Střední hodnotu budu značit \bar{x} a naměřenou hodnotu \check{x} .

$$\bar{x} = \check{x} \quad (4)$$

Krajní nejistotu typu B stanovíme podle rovnice (5), kde reading je hodnota na displeji a count je příspěvek k nejistotě udaný v jednotkách nejnižšího zobrazeného místa (digit/resolution).

$$U_c = U_b = \pm(x \% \text{ of reading} + \text{count}) \quad (5)$$

Nerozšířenou nejistotu stanovíme podle rovnice (6).

$$u_B(x) = \frac{U_b}{k}, \quad \text{kde } k \begin{cases} 3 & \text{Normální rozdělení} \\ \sqrt{3} & \text{Odhad nejmenšího dílku} \\ 1 & \text{Třída přesnosti u analog. el. měřidel} \end{cases} \quad (6)$$

Zákon přenášení nejistot, kde $u_c(f)$ je nerozšířená kombinovaná nejistota měření.

$$u_c(f) = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 \cdot u_c^2(x_1) + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 \cdot u_c^2(x_2) + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 \cdot u_c^2(x_n)} \quad (7)$$

4.2. Konkrétní vztahy pro zpracování měření v této úloze

Krajní nejistotu voltmetru určuje rovnice (8), kde U je naměřená hodnota napětí.

$$U_c(U) = U_b(U) = \pm(0,1 \cdot 10^{-2} \cdot U + 2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ V}) \quad (8)$$

Krajní nejistotu ampérmetru určuje rovnice (9), kde I je naměřená hodnota proudu.

$$U_c(I) = U_b(I) = \pm(0,05 \cdot 10^{-2} \cdot I + 4 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \text{ A}) \quad (9)$$

Nerozšířenou nejistotu typu B pro proud I nebo napětí U stanovíme podle rovnice (10).

$$u_c(I, U) = u_b(I, U) = \frac{U_b(I, U)}{3} \quad (10)$$

Podle zákona přenášení nejistot, který udává rovnice (7), určíme nejistotu odporu pro metodu A, metodu B a pro vztah, kde bychom nebrali v úvahu korekce.

Pro vztah bez korekcí:

$$u_c(R) = \sqrt{\frac{U_V^2 \cdot u_c^2(I_A) + u_c^2(U_V)}{I_A^2}} \quad (11)$$

Pro metodu A:

$$u_c(R) = \sqrt{\frac{R_V^4 (I_A^2 \cdot u_c^2(U_V) + U_V^2 \cdot u_c^2(I_A))}{(I_A \cdot R_V - U_V)^4}} \quad (12)$$

Pro metodu B:

$$u_c(R) = \sqrt{\frac{I_A^2 \cdot u_c(U_V)^2 + U_V^2 \cdot u_c(I_A)^2}{I_A^4}} \quad (13)$$

Odpor voltmetru a ampérmetru jsem našel ve specifikacích přístrojů. Udává je tabulka 3.

R_A	R_V
1Ω	$10 \text{ M}\Omega$

Tabulka 3: Odpor voltmetru a ampérmetru

4.3. Dosazení hodnot do vztahů

K dosazení hodnot si vybereme poslední měření prvního odporu metodou A. Střední hodnota je rovna přímo hodnotě naměřené. Pro metodu A tedy platí:

$$\bar{I} = \check{I} = 194,61 \text{ mA}$$

$$\bar{U} = \check{U} = 19,41 \text{ V}$$

Krajní nejistotu voltmetru spočteme podle rovnice (8), kde za U dosadíme největší naměřenou hodnotu, protože bude odpovídat největší nejistotě. Tudíž budeme dosazovat poslední měření druhého odporu metodou A.

$$U_c(U) = U_b(U) = \pm(0,1 \cdot 10^{-2} \cdot 19,41 \text{ V} + 2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ V}) \doteq \pm 0,04 \text{ V}$$

$$U_c(I) = U_b(I) = \pm(0,05 \cdot 10^{-2} \cdot 194,61 \text{ mA} + 4 \cdot 10 \text{ mA}) \doteq \pm 0,99 \text{ mA}$$

Nerozšířenou nejistotu dostaneme podle rovnice (10), kde $k = 3$.

$$u_b(U) = \frac{U_b(U)}{3} = \frac{0,04 \text{ V}}{3} \text{ V} \doteq 0,013 \text{ V}$$

$$u_b(I) = \frac{U_b(I)}{3} = \frac{0,99 \text{ mA}}{3} = 0,33 \text{ mA}$$

Nyní dosadíme do vztahu pro přenášení nejistot pro metodu A.

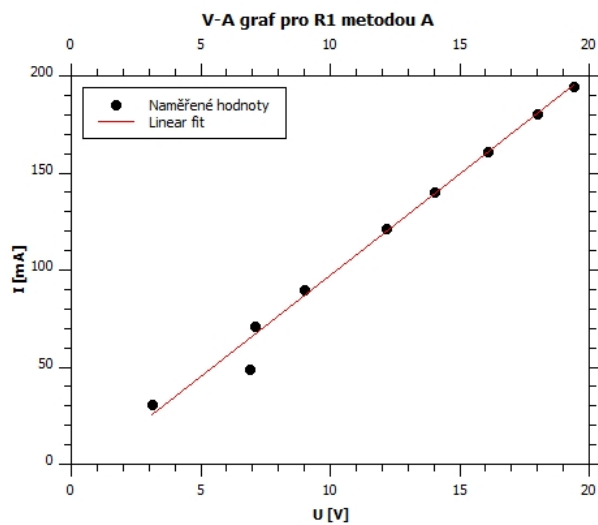
$$u_c(R) = \sqrt{\frac{(10 \cdot 10^6)^4 \cdot ((194,61 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (0,013)^2 + 19,41^2 \cdot (0,33 \cdot 10^{-3})^2)}{((194,41 \cdot 10^{-3}) \cdot 10 \cdot 10^{-6} - 19,41)^4}} \doteq 0,2 \Omega$$

5. Výsledky měření

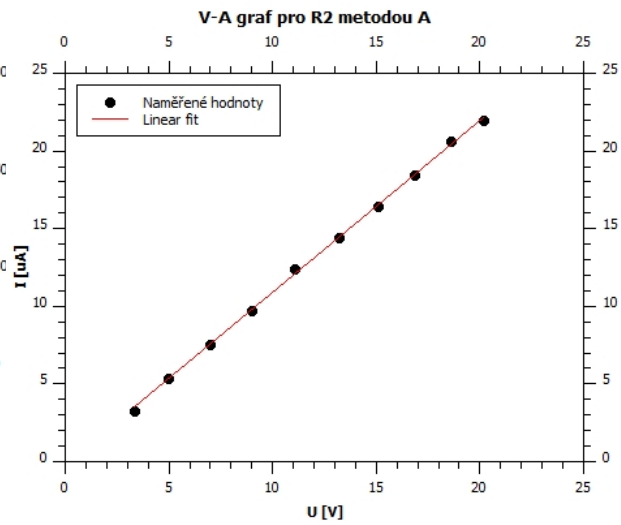
5.1. Odpor rezistorů

Rezistor	Metoda A		Metoda B	
	$R = \frac{U_V}{I_A}$	$R = \frac{U_V}{I_A - \frac{U_V}{R_V}}$	$R = \frac{U_V}{I_A}$	$R = \frac{U_V}{I_A} - R_A$
R_1	$(101,686 \pm 0,075) \Omega$	$(101,7 \pm 0,2) \Omega$	$(101,631 \pm 0,075) \Omega$	$(100,6 \pm 0,03) \Omega$
R_2	$(913,9 \pm 0,6) \text{ k}\Omega$	$(1006,8 \pm 337,6) \text{ k}\Omega$	$(999,04 \pm 0,67) \text{ k}\Omega$	$(999,0 \pm 335,6) \text{ k}\Omega$

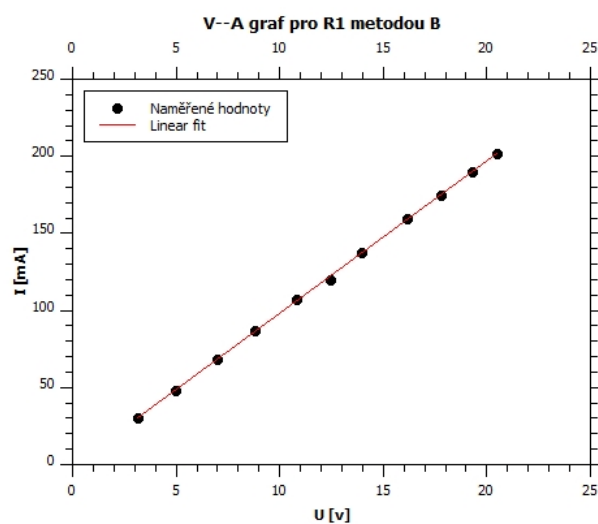
Tabulka 4: Výsledky odporů rezistorů



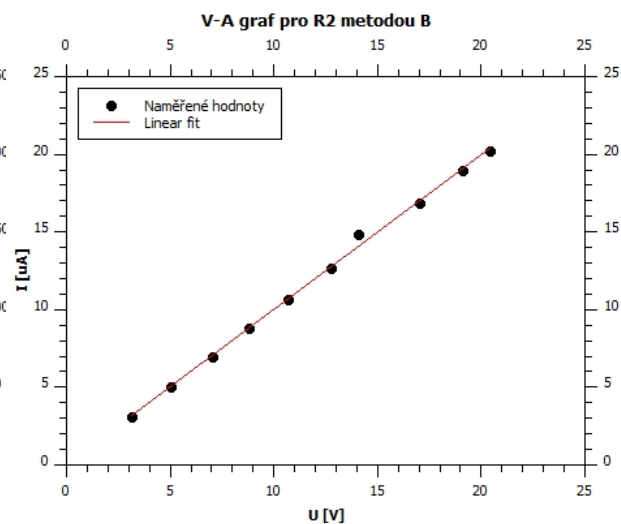
Obrázek 3: V-A charakteristika R1 metodou A



Obrázek 4: V-A charakteristika R2 metodou A



Obrázek 5: V-A charakteristika R1 metodou B

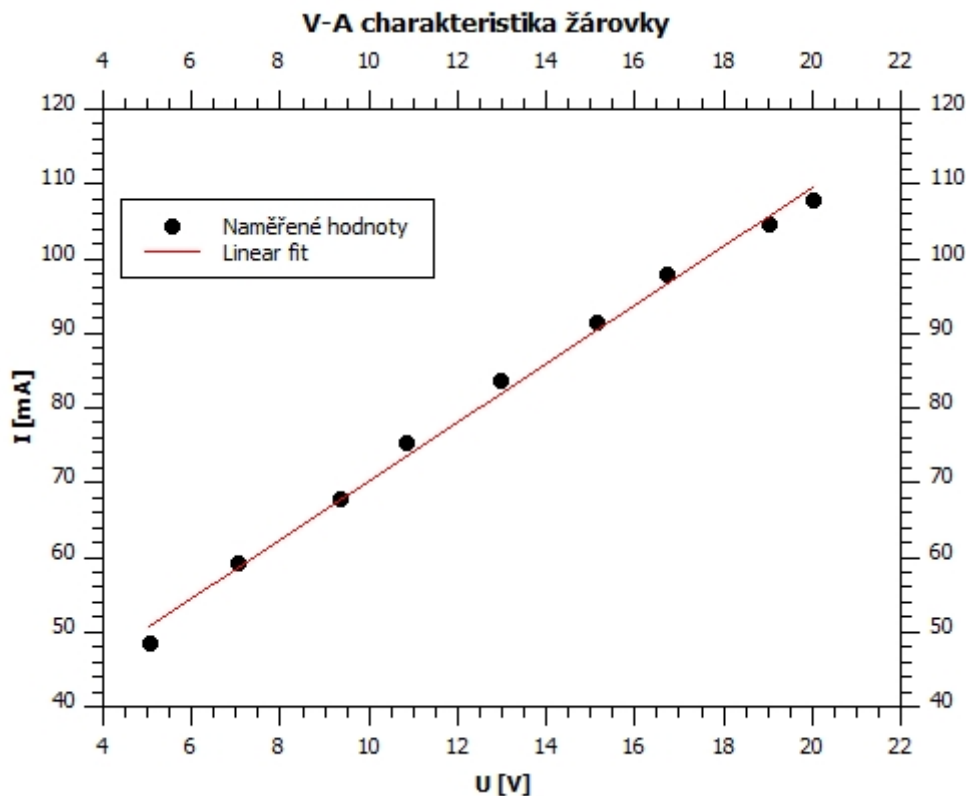


Obrázek 6: V-A charakteristika R2 metodou B

5.2. Volt-ampérová charakteristika žárovky

Rovnice lineární regrese V-A charakteristiky žárovky.

$$y = 3,9222222 \cdot x + 31,322377 \quad (14)$$



Obrázek 7: Graf volt-ampérové charakteristiky žárovky

6. Závěr

Z naměřených hodnot proudu a napětí jsem zjistil elektrický odpor obou rezistorů. V tabulce 4 jsou uvedeny výsledné odpory i nejistoty jejich určení. Udělal jsem volt-ampérovou charakteristiku žárovky. Hodnoty nanesl do grafu a proložil přímkou, protože přímka nejlépe vystihovala závislost proudu na napětí. Graf 7, který je volt-ampérovou charakteristikou žárovky ukazuje lineární závislost napětí na proudu.