

1 Úkol

1. Změřte metodou přímou závislost odporu vlákna žárovky na proudu, který jím protéká. K měření použijte stejnosměrné napětí v rozsahu do 24 V.
2. Změřte substituční metodou vnitřní odpor měřicích přístrojů použitých v úkolu 1. Výsledek použijte k případné korekci naměřených hodnot odporů v úkolu 1.
3. Metodou substituční změřte závislost odporu vlákna žárovky na proudu od nejmenších proudů (0,2 mA) až do 25 mA. Porovnejte přesnost výsledků s přesností dosaženou v úkolu 1.
4. Výsledky zpracujte graficky a diskutujte vliv měřicích přístrojů.
5. Stanovte odpor vlákna žárovky při pokojové teplotě. K extrapolaci odporu vlákna na pokojovou teplotu použijte graf závislosti odporu vlákna na příkonu žárovky (do grafu vyznačte chybu měření).

2 Teorie

2.1 Ohmův zákon

Základní vztah vystupující celým měřením je Ohmův zákon

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

kde I je proud, U napětí a R odpor. Z něj snadno odvodíme vztahy pro výpočet odporu, který je využíván v úkolu 1.

2.2 Přímá metoda měření

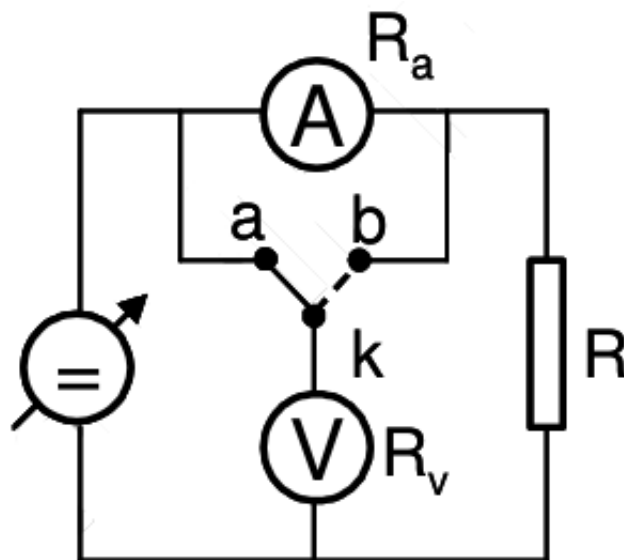
Měříme v zapojení dle obrázku 2.2, kdy napětí odečítáme při přepínači v poloze b a proud v poloze a. Tak měříme pouze napětí na rezistoru a proud jím protékající. Výsledný odpor následně dopočítáme využitím vztahu 1. Přesto musíme uplatnit korekce na vliv měřicích přístrojů. Pro výsledný proud rezistorem platí

$$I_R = I \left(1 + \frac{R}{R_V}\right)^{-1}, \quad (2)$$

kde I je naměřený proud, R odpor rezistoru a R_V odpor voltmetru. Podobná korekce platí pro odpor rezistoru

$$R = \frac{U}{I} - R_a, \quad (3)$$

kde R_a je odpor ampérmetru.



Obrázek 1: Schéma pro přímou metodu.

2.3 Substituční metoda měření

Měření probíhá v zapojení dle schématu 2. V tomto případě naměříme proud protékající vyšetřovaným rezistorem, který následně nahradíme odporovou dekádou, na které nastavíme odpor tak, aby byl proud stejný jako v předchozím případě. U této metody již výsledek neovlivňuje odpor samotného ampérmetru, ale pouze přesnost, se kterou jsme schopni určit odpor dekády a schodu proudů.

2.4 Chyby

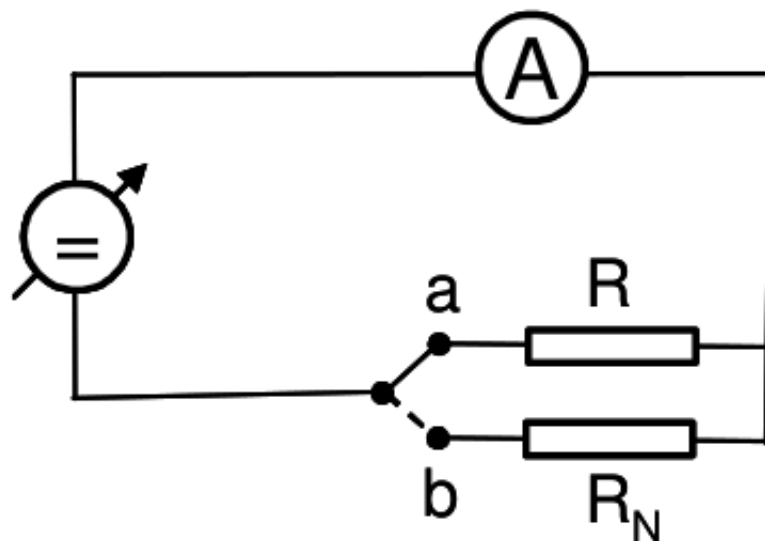
Při měření byly použity pouze analogové měřicí přístroje. Jejich chyba je dána vztahem

$$\sigma = k \frac{R}{100}, \quad (4)$$

kde k je třída přesnosti daného přístroje a R rozsah, na kterém měříme.

Odporová dekáda má procentuální chybu odpovídající řádu odporu, který používáme. Použitá dekáda měla chybu

Dále se vyskytuje přenos chyb. V tomto případě si vystačíme s chybou podílu a součinu, kde se relativní chyby veličin sčítají, a podílu a rozdílu, kdy se sčítají chyby absolutní.



Obrázek 2: Schéma pro substitční metodu.

3 Měření

3.1 Přímá metoda

Nejprve jsem sestavil obvod dle 2.2. Změnu proudu jsem stimuloval změnou napětí na proudu. Podle toho, kterou veličinu jsem odečítal jsem měnil polohu přepínače. Naměřené hodnoty jsou v tabulce 1 spolu s dopočtenou hodnotou odporu žárovky. Výsledná závislost odporu na proudu je na obrázku 3.

3.2 Odporů měřících přístrojů

Následně jsem sestavil obvod dle 2, kde jsem místo rezistoru postupně zapojil přístroje použité k měření v úkolu 1. Dle postupu jsem stanovil jejich odpor v závislosti na rozsahu. Odporů voltmetru je v tabulce 2 a miliampérmetru v 3. Tyto hodnoty jsem použil ke korekci hodnot v úkolu 1. Výsledkem je tabulka 4. Pro názornost jsem nové hodnoty vynesl s původními do stejného grafu (tedy grafu 3) a oboje hodnoty proložil obecným polynomm.

3.3 Substituční metoda

R ve schématu 2 jsem nahradil žárovkou a následně změřil její odpor v závislosti na proudu. Hodnoty jsou v tabulce 5 a na obrázku 4, kde jsou opět pro názornost proloženy obecným polynomm. Z tohoto grafu jsem též extrapoloval velikost odporu žárovky pro nulový proud, která byla

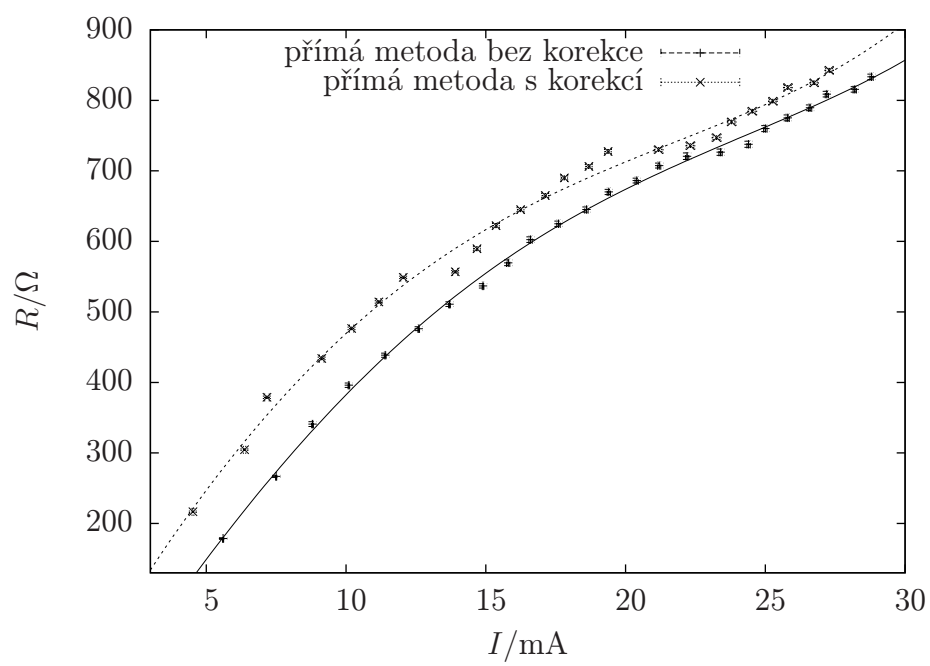
$$R_0 = (118.8 \pm 0.8)\Omega \quad (5)$$

U/V	I/mA	R/Ω
1.000 ± 0.003	5.600 ± 0.020	179 ± 1
2.000 ± 0.006	7.500 ± 0.020	267 ± 2
3.00 ± 0.02	8.80 ± 0.03	341 ± 3
4.00 ± 0.02	10.10 ± 0.03	396 ± 3
5.00 ± 0.02	11.40 ± 0.03	439 ± 3
6.00 ± 0.02	12.60 ± 0.03	476 ± 3
7.00 ± 0.03	13.70 ± 0.03	511 ± 3
8.00 ± 0.03	14.90 ± 0.03	537 ± 3
9.00 ± 0.03	15.80 ± 0.06	570 ± 4
10.00 ± 0.03	16.60 ± 0.06	602 ± 4
11.00 ± 0.03	17.60 ± 0.06	625 ± 4
12.00 ± 0.03	18.60 ± 0.06	645 ± 4
13.00 ± 0.03	19.40 ± 0.06	670 ± 4
14.00 ± 0.03	20.40 ± 0.06	686 ± 3
15.00 ± 0.03	21.20 ± 0.06	708 ± 3
16.00 ± 0.06	22.20 ± 0.06	721 ± 5
17.00 ± 0.06	23.40 ± 0.06	726 ± 4
18.00 ± 0.06	24.40 ± 0.06	738 ± 4
19.00 ± 0.06	25.00 ± 0.06	760 ± 4
20.00 ± 0.06	25.80 ± 0.06	775 ± 4
21.00 ± 0.06	26.60 ± 0.06	789 ± 4
22.00 ± 0.06	27.20 ± 0.06	809 ± 4
23.00 ± 0.06	28.20 ± 0.06	816 ± 4
24.00 ± 0.06	28.80 ± 0.06	833 ± 4

Tabulka 1: Výsledky měření přímou metodou bez korekcí.

Rozsah/V	R_v/Ω
30	15000 ± 20
15	7500 ± 8
7.5	3725 ± 4
3	1500 ± 2
1.5	750 ± 0.8

Tabulka 2: Odpor voltmetru v závislosti na rozsahu.



Obrázek 3: Graf závislosti odporu na proudu měřený přímou metodou.

Rozsah/mA	R_v/Ω
30	9.400 ± 0.009
15	20 ± 0.02
7.5	38 ± 0.04

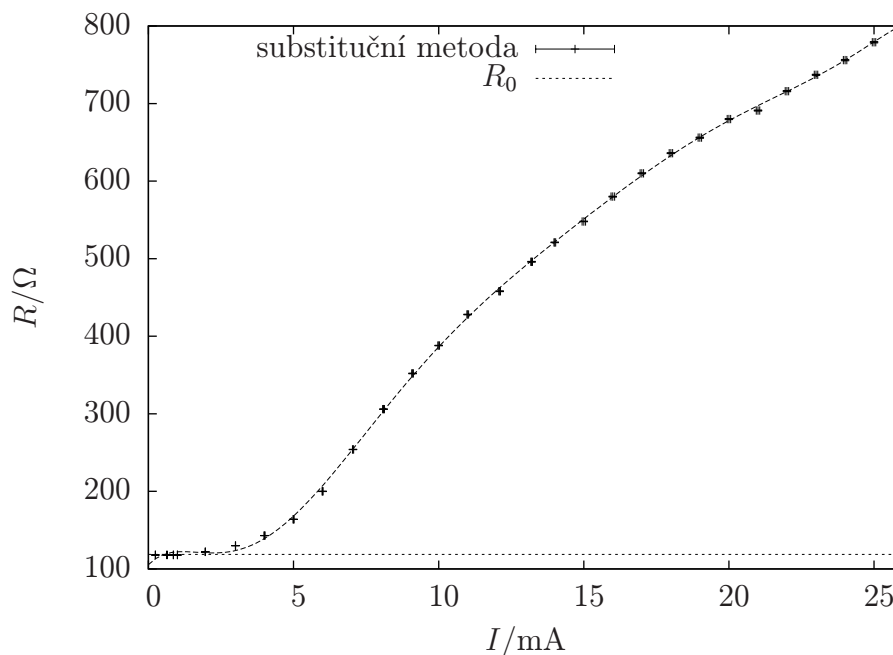
Tabulka 3: Odpor miliapérmetru v závislosti na rozsahu

I/mA	R/Ω
4.52 ± 0.03	217 ± 1
6.37 ± 0.04	305 ± 1
7.17 ± 0.08	379 ± 2
9.13 ± 0.08	434 ± 2
10.20 ± 0.08	477 ± 2
11.17 ± 0.08	514 ± 2
12.05 ± 0.09	549 ± 2
13.90 ± 0.09	557 ± 2
14.7 ± 0.1	590 ± 3
15.4 ± 0.1	622 ± 3
16.2 ± 0.1	645 ± 3
17.1 ± 0.1	665 ± 3
17.8 ± 0.1	690 ± 3
18.7 ± 0.1	706 ± 3
19.4 ± 0.1	728 ± 3
21.2 ± 0.2	730 ± 3
22.3 ± 0.2	736 ± 3
23.3 ± 0.2	747 ± 3
23.8 ± 0.2	769 ± 3
24.5 ± 0.2	785 ± 3
25.3 ± 0.2	799 ± 3
25.8 ± 0.2	818 ± 3
26.7 ± 0.2	825 ± 3
27.3 ± 0.2	843 ± 3

Tabulka 4: Výsledky měření přímou metodou s použitím korekcí.

I/mA	R/Ω
0.240 ± 0.003	118.0 ± 0.1
0.640 ± 0.003	118.0 ± 0.1
0.860 ± 0.003	118.0 ± 0.1
1.000 ± 0.003	118.0 ± 0.1
1.960 ± 0.003	122.0 ± 0.1
3.000 ± 0.003	130.0 ± 0.1
4.00 ± 0.02	143.0 ± 0.1
5.00 ± 0.02	164.0 ± 0.2
6.00 ± 0.02	200.0 ± 0.2
7.05 ± 0.02	254.0 ± 0.3
8.10 ± 0.03	306.0 ± 0.3
9.10 ± 0.03	352.0 ± 0.4
10.00 ± 0.03	388.0 ± 0.4
11.00 ± 0.03	428.0 ± 0.4
12.10 ± 0.03	458.0 ± 0.5
13.20 ± 0.03	496.0 ± 0.5
14.00 ± 0.03	521.0 ± 0.5
15.00 ± 0.06	548.0 ± 0.5
16.00 ± 0.06	580.0 ± 0.6
17.00 ± 0.06	610.0 ± 0.6
18.00 ± 0.06	636.0 ± 0.6
19.00 ± 0.06	656.0 ± 0.7
20.00 ± 0.06	680.0 ± 0.7
21.00 ± 0.06	691.0 ± 0.7

Tabulka 5: Výsledky měření substituční metodou.



Obrázek 4: Graf závislosti odporu na proudu měřený substituční metodou.

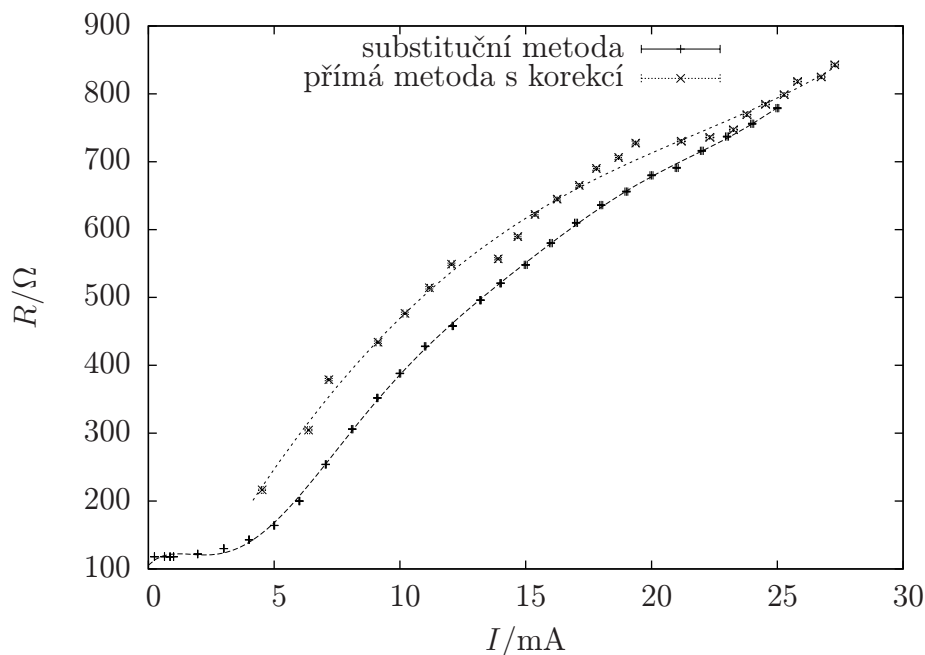
Nakonec jsem vynesl do grafu společně závislost odporu na proudu měřenou přímou metodou s korekturami a metodou substituční. Výsledek je obrázek 5.

4 Dikuze

Nejmenší chybu měla jednoznačně substituční metoda a to díky malé chybě odporové dekády a tomu, že při měření nebyl potřeba voltmetr. Ten byl totiž největším zdrojem chyby díky velikosti odporu uvnitř. Výsledky obou metod by však měli být až na chybu podobné, což zjevně nenastalo. Hodnoty se k sobě začli blížit až při větších proudech. Tato chyba je podle mě způsobena rozdílným ohříváním žárovky. U přímé metody totiž žárovkou tekla téměř neustále proud, zatímco u substituční metody žárovka chladla při hledání správného odporu na dekádě. To bylo vidět zejména při opětovném zapnutí proudu žárovkou, kdy ručička miliampérmetru po chvíli znatelně poklesla.

Korekce přímé metody jistě zpřesnili výsledky, protože bez nich by byl rozdíl mezi metodami ještě větší.

Odpor vlákna žárovky za pokojové teploty jsem mohl stanovit pouze ze substituční metody, protože u přímé se mi nepodařilo stimulovat dostatečně malý proud k možné extrapolaci.



Obrázek 5: Graf závislosti odporu na proudu měřený substituční a přímou metodou.

5 Závěr

Změřil jsem přímou metodou závislost odporu vlákna žárovky na proudu. Výsledky jsou v tabulce 1 a na obrázku 3.

Změřil jsem substituční metodou odpory měřících přístrojů použitých v úkolu 1. Výsledky jsou v tabulkách 2 a 3.

Použil jsem odpory měřících přístrojů ke korekci hodnot z úkolu 1. Výsledky jsou v tabulce 4 a na obrázku 3.

Substituční metodou jsem změřil závislost odporu vlákna na proudu. Výsledky jsou v tabulce 5 a na obrázku 4. Dále jsem extrapoloval velikost odporu vlákna při pokojové teplotě, která byla

$$R_0 = (118.8 \pm 0.8)\Omega. \quad (6)$$

Reference

- [1] **Studijní text na praktikum II**
http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt_202.pdf (26. 11. 2011)
- [2] *J. English: Zpracování výsledků fyzikálních měření*
 LS 1999/2000