

Pracovní úkoly

1. Změřte metodou přímou závislost odporu vlákna žárovky na proudu, který jím protéká. K měření použijte stejnosměrné napětí v rozsahu do povolených hodnot dané žárovky.
2. Změřte substituční metodou vnitřní odpor měřicích přístrojů použitých v úkolu 1 alespoň na jednom rozsahu. Odpor použitého ampérmetru a voltmetru na dalších rozsazích změřte digitálním multimetrem. Výsledek použijte ke korekci naměřených hodnot odporů v úkolu 1.
3. Metodou substituční změřte závislost odporu vlákna žárovky na proudu v rozsahu povolených hodnot dané žárovky. 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).

Teoretická část

Měření odporu metodou přímou probíhá podle zapojení znázorněném na schématu 1. Každý z měřicích přístrojů, který se účastní měření, má nezanedbatelný vnitřní odpor. Označme odpor ampérmetru R_a , odpor voltmetru R_v a neznámý odpor R .

Pokud přepneme přepínač do polohy a, pak voltmetr měří napětí, jak na odporu R , tak na ampérmetru. V tomto případě plyne z Ohmova zákona podle [1]:

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

Pokud se přepínač nachází v poloze b, pak voltmetr měří správné napětí, ale ampérmetr měří proud procházející odporem i voltmetrem. Označme proud procházející odporem R jako I_R , poté z Ohmova zákona opět dostaneme podle [1]:

$$R = \frac{UR_v}{IR_v - U} \quad (2)$$

$$I_R = I \left(1 + \frac{R}{R_v} \right)^{-1} \quad (3)$$

Kde I a U ve všech předchozích rovnicích označují údaje indikované měřicími přístroji.

Při měření substituční metodou se používá obvod zapojený podle schématu 2. Přepínač se nastaví do polohy a, odporem R_N bude procházet proud I , který se změří ampérmetrem, poté se přepínač přepne do polohy b a na odporové dekádě se nastaví takový známý odpor R_Z , aby obvodem protékal stejně velký proud. Poté je neznámý odpor R_N roven odporu známému R_Z .

Metoda měření

Nejprve jsme měřili závislost odporu vlákna žárovky na proudu metodou přímou tak, že jsme začali nejnižším proudem, který jsme postupně zvyšovali, tak aby se vlákno nezahřálo více, než je pro daný proud nutné. Obvod byl zapojen podle schématu 1.

Poté jsme metodou substituční změřili vnitřní odpor voltmetru pro jeden rozsah, vnitřní odpory pro další rozsahy a ampérmetr jsme změřili multimetrem.

Nakonec jsme změřili závislost odporu vlákna žárovky na proudu metodou substituční. Obvod zapojen podle schématu 2.

Pomůcky

- Žárovka 2
- Voltmetr (třída přesnosti 0.2)
- Ampérmetr (třída přesnosti 0.2)
- Multimetr MY-65 (použitý jako ohmmetr)
- Vodiče
- Přepínač
- Laboratorní zdroj

Schémata

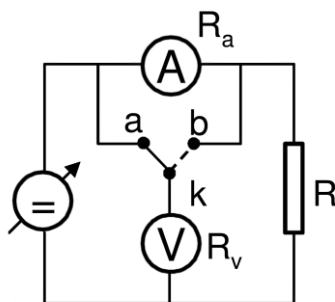


Schéma 1 [1]

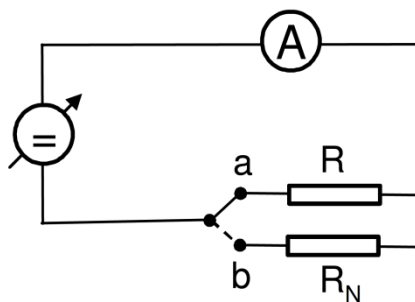
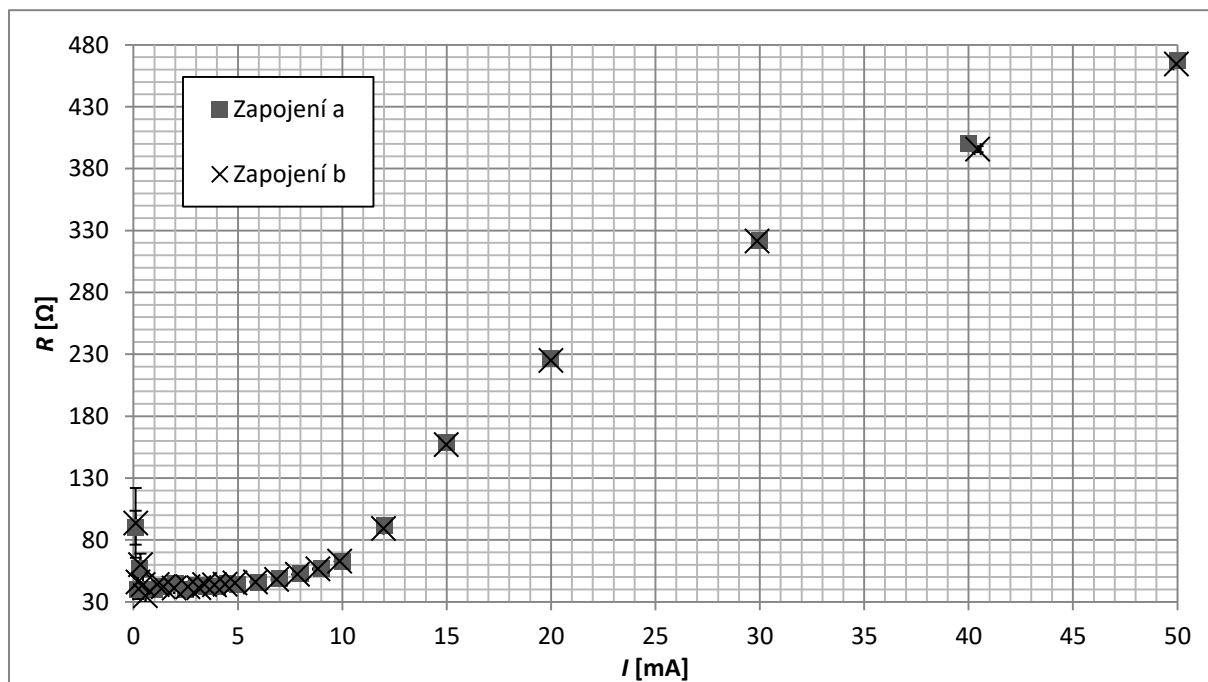


Schéma 2 [1]

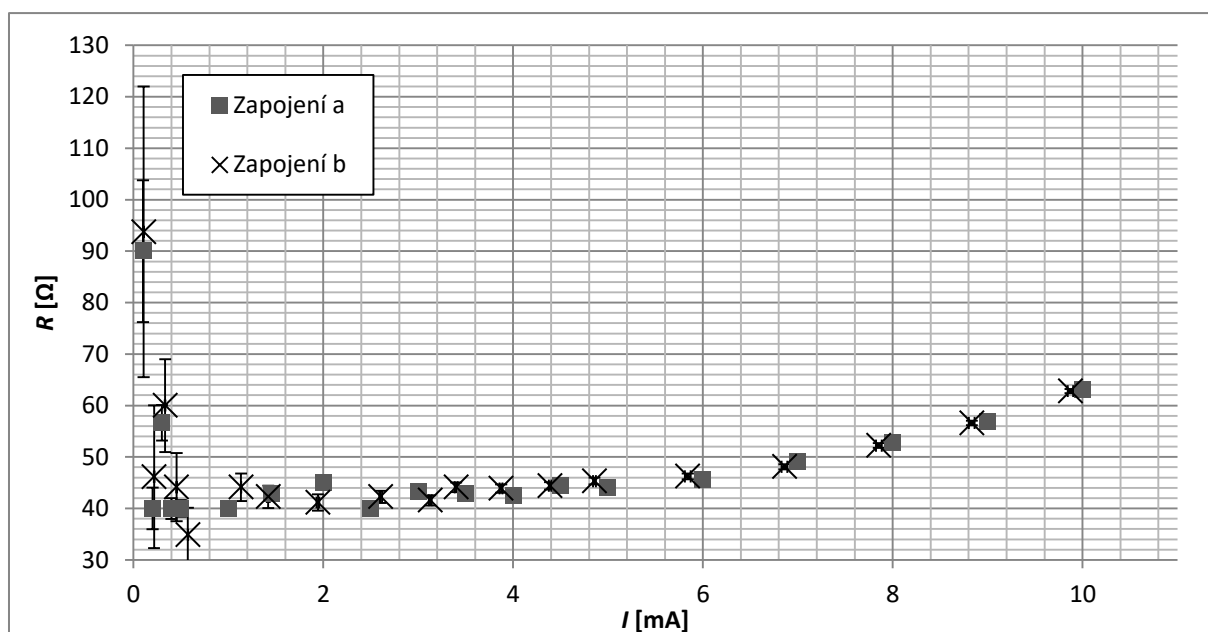
Výsledky měření

Výsledky měření by neměly být ovlivněny laboratorními podmínkami.

Grafy č. 1 a 2 znázorňují naměřenou závislost odporu vlákna žárovky na procházejícím proudu změřenou metodou přímou. Znázorněný odpor je spočítán podle vzorce (1) resp. (2). V případě zapojení b je vyneseny proud spočten podle vzorce (3). Grafy obsahují chybové úsečky, které jsme získali jako chybu nepřímého měření. Graf č. 2 ukazuje podrobněji hodnoty naměřené poblíž počátku.



Graf 1: závislost odporu vlákna na proudu, změřeno metodou přímou



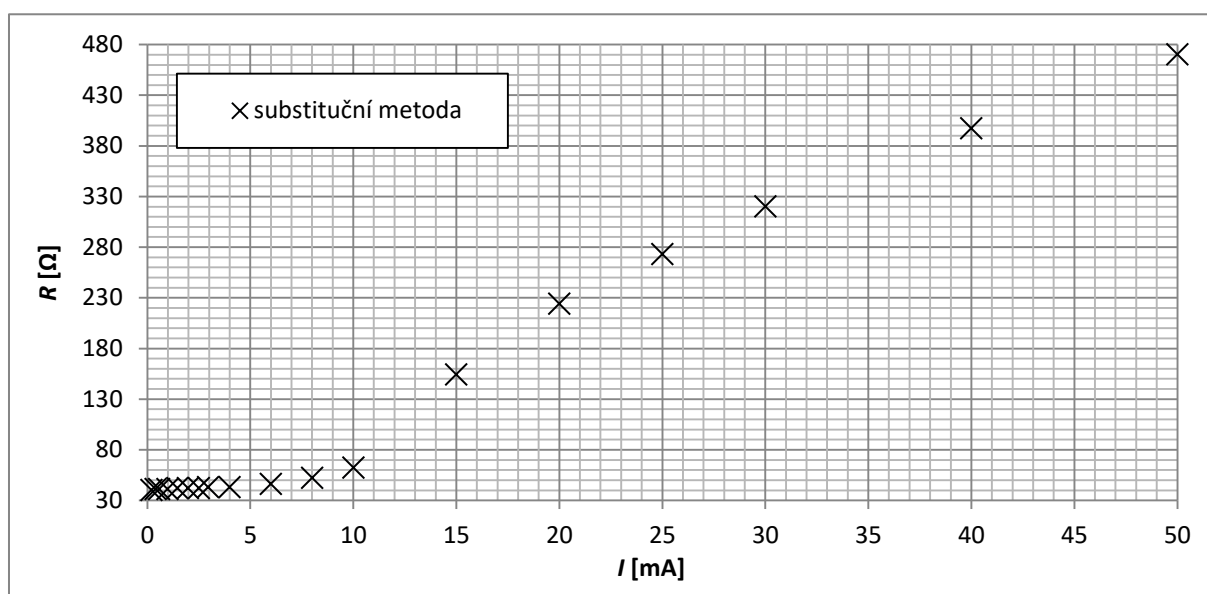
Graf 2: závislost odporu vlákna na proudu (okolí počátku)

Tabulka č. 1 obsahuje údaje o vnitřním odporu přístrojů. Rozsah 30V u voltmetru byl měřen metodou substituční. Ostatní rozsahy byly měřeny multimetrem. Tabulka také obsahuje vnitřní odpory přístrojů, tak jak je udával výrobce. Uvedené chyby jsou dané nepřesnostmi měření měřících přístrojů.

Tabulka 1: vnitřní odpory měřících přístrojů

Voltmetr	Rozsah	R_v naměřený [k Ω]	\pm [k Ω]	R_v dle výrobce [k Ω]
	30V	15.01	0.06	15
	7.5V	3.746	0.012	3.75
	1.5V	0.749	0.003	0.75
Ampérmetr	Rozsah	R_a naměřený [Ω]	\pm [Ω]	R_a dle výrobce [Ω]
	75mA	4.47	0.12	4.5
	30mA	10.9	0.2	11
	15mA	21.0	0.2	21
	7.5mA	39.7	0.3	40
	1.5mA	110.1	0.7	110

Graf č. 3 ukazuje závislost odporu vlákna žárovky na procházejícím proudu, změřenou metodou substituční.

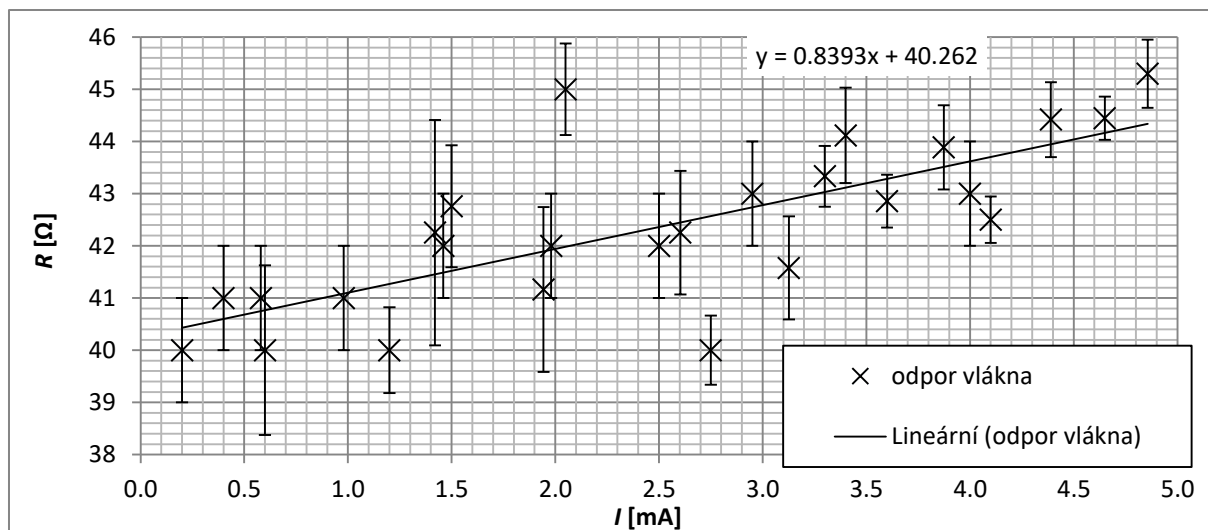


Graf 3: závislost odporu vlákna žárovky na procházejícím proudu, změřeno metodou substituční

Tabulka 2: odpor vlákna při pokojové teplotě

R_0 [Ω]	\pm [Ω]
40.3	0.4

Odpor vlákna žárovky při pokojové teplotě jsme stanovili, tak, že jsme extrapolovali naměřené hodnoty z oblasti do 5mA na hodnotu, která by odpovídala proudu 0A. K tomu jsme využili lineární regrese, jako vstupní data jsme použili data ze všech výše uvedených metod, ovšem z metody přímé jsme vyloučili první tři hodnoty, které jsou očividně špatně změřeny. Data zahrnutá do lineárního fitu jsou uvedeny v grafu č. 4 společně s lineárním fitem. Hodnota odporu při pokojové teplotě je uvedena v tabulce č. 2. Chyba uvedená v tabulce je daná chybou lineární regrese.



Graf 4: data využitá k extrapolaci na odpor při nulovém proudu

Diskuse

Při měření metodou přímou jsou chyby dané nepřesností měřících přístrojů. V oblasti, kde žárovkou teče malý proud, se dopouštíme velké nepřesnosti a měření a naměřené hodnoty ani neodpovídají fyzikální teorii (viz graf č. 2). Pro vyšší hodnoty proudu (a napětí) relativní chyba klesá a pohybuje se od 5% do 0.5%. Absolutní chyba měření se pro data použitelná pro extrapolaci pohybovala okolo $1\ \Omega$.

Při měření metodou substituční je přesnost měření daná přesností odporové dekády, ale také přesností s jakou jsme schopni odlišit změnu proudu, který protéká ampérmetrem. Chybu měření metodou přímou jsme tedy odhadli na $1\ \Omega$, protože při změně na tomto řádu bylo změnu proudu už obtížné odlišit. Ukazuje se tedy, že chyba odporové dekády je zanedbatelná.

Přesnost měření oběma metodami je srovnatelná. Metoda substituční vykazuje vyšší přesnost pro velmi malé proudy a napětí, jinde je její přesnost srovnatelná s metodou přímou.

Ukazuje se, že vliv měřících přístrojů není zanedbatelný. Nejvíce se přístroje projevují v oblasti s nízkými proudy a napětími, kde, vlivem nastavení jemného rozsahu, jsou jejich vnitřní odpory nejdále od ideálních hodnot. Zároveň v této oblasti je odpor žárovky nejnižší, tudíž je velmi ovlivněn odpory R_v a R_a (viz vzorce 1 a 2).

Závěr

Odpor žárovky na procházejícím proudu není lineární. Zpočátku až do proudu 5mA sice roste lineárně, ale poté začne prudce růst až do hodnoty přibližně 15mA, což je hodnota, při které se vlákno už pozorovatelně rozžhaví. Od této hodnoty roste opět lineárně, avšak s větší směrnici než zpočátku.

Odpor vlákna žárovky při pokojové teplotě nám vyšel:

$$R_0 = (40.3 \pm 0.4)\ \Omega$$

Literatura

- [1] Měření odporu. *Fyzikální praktikum* [online].
[cit. 28.11.2016]. Dostupné z:
http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_202.pdf