

Fyzikální praktikum FJFI ČVUT v Praze

Rozšíření rozsahu miliampérmetru a voltmetru, cejchování kompenzátozem

Číslo úlohy:	7
Jméno:	Vojtěch HORNÝ
Spolupracoval:	Jaroslav Zeman
Datum měření:	5. 10. 2009
Číslo kroužku:	pondělí 13:30
Číslo skupiny:	6
Klasifikace:	

Zadání

1. V přípravě se odvoďte vztah 4. – viz [1].
2. Rozšířte rozsah miliampérmetru dvakrát a spočítejte vnitřní odpor R_0 miliampérmetru. Každé měření proveďte pro čtyři hodnoty stupnice přístroje (na různých místech).
3. Rozšířte rozsah voltmetru a spočítejte vnitřní odpor voltmetru. Měřte opět pro čtyři hodnoty stupnice.
4. Proveďte ocejchování osmi hodnot stupnice voltmetru s předřadným odporem do 10 V kompenzátozem. Sestrojte kalibrační křivku a zanešte ji do grafu.
5. Proveďte ocejchování osmi hodnot stupnice miliampérmetru s bočníkem do 1mA kompenzátozem. Sestrojte kalibrační křivku a zanešte ji do grafu.
6. Proveďte ocejchování osmi hodnot odporů na dekádě kompenzátozem. Volte rozsah (100 – 1000) Ω . Doporučená hodnota reostatu je 23 000 Ω . (viz obr. 6 [1]).

Základní pojmy a vztahy

Ampérmetr se k měřené části obvodu zapojuje v sérii. Abychom zvýšili jeho rozsah, je nutné přidat paralelně zapojený boční odpor. Rozsah ampérmetru se zvýšíme n -krát, je-li velikost odporu bočníku $R_B = \frac{R_0}{n-1}$. R_0 je vnitřní odpor ampérmetru.

Voltmetr se k měřené části obvodu zapojuje paralelně, jelikož napětí mezi dvěma uzly je vždy stejné. Přístroj nesmí být přetížen, proto je při vysokých napětích k voltmetru přidat v sérii předřadný odpor. Pro n -násobné zvýšení rozsahu voltmetru je nutné připojit předřadník o odporu $R_p = (n-1)R_0$.

Kompenzační metoda je založena na skutečnosti, že je mnohem snadnější a přesnější ověřovat, že obvodem proud neprotéká, než měřit jeho velikost.

Westonův normální článek je rtuťokadmiový galvanický článek, jehož elektromotorické napětí se s časem mění velmi málo, a proto je používán jako normál elektrického napětí. Při teplotě 20 °C má elektromotorickou sílu 1,01865 V. Tato síla závisí na teplotě podle vztahu (1), kde t značí teplotu ve stupních Celsia.

$$U(t) = U_{20} - 4,06 \cdot 10^{-5} (t - 20) - 0,95 \cdot 10^{-6} (t - 20)^2 + 1 \cdot 10^8 \cdot (t - 20)^3 \quad (1)$$

Pomůcky

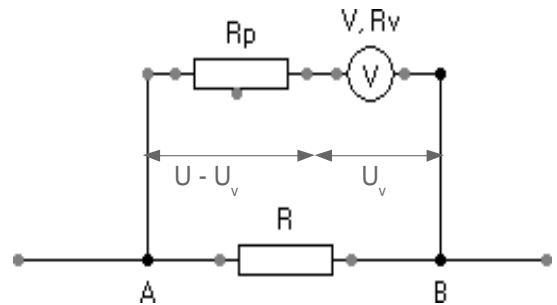
Miliampérmetr, voltmetr, avomet, odporová dekáda, Westonův normální článek, kompenzátor, reostaty $23\ 000\Omega$ a 130Ω , odporové normály 100Ω a $1\ 000\Omega$, přepínače, zdroj napětí $13,8V$, baterie, vodiče, teploměr.

Postup měření

1. Nejprve odvodíme vztah $R_p = (n - 1)R_v$ pro předřadný odpor. Nechť je napětí na voltmetru U_V a celkové napětí mezi body A a B U . Stav je zakreslen na obrázku č. 1. Voltmetrem i předřadným odporem pak prochází proud I_V . Požadujeme dále, aby se poměr U/U_V se rovnal n . Máme tedy:

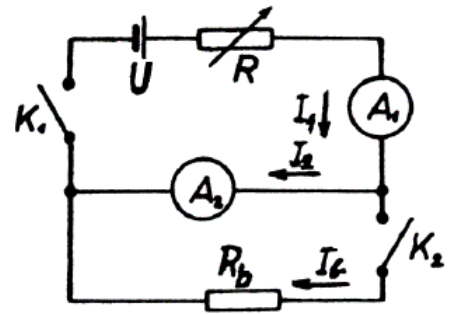
$$I_V = \frac{U_V}{R_V} = \frac{U - U_V}{R_p}$$

$$R_p = R_V \frac{U - U_V}{U_V} = R_V (n - 1)$$



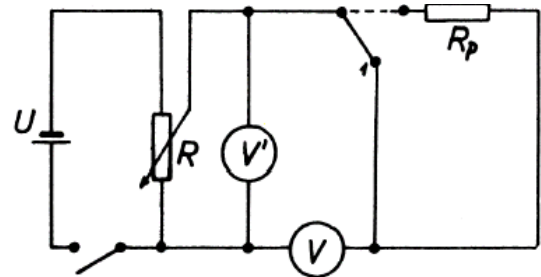
Obr. 1 - K odvození vztahu pro předřadný odpor

2. Zapojili jsme obvod pro zvýšení rozsahu ampérmetru podle obrázku č. 2. Odpor R_b značí odporovou dekádu. Měřili jsme proud procházející ampérmetrem A_2 při spojeném i rozpojeném vypínači K_2 . Odpor na dekádě jsme měnili tak, aby při sepnutí vypínače K_2 klesla hodnota proudu na ampérmetru A_2 přesně na polovinu.



Obr. 2 – Obvod používaný k rozšíření rozsahu ampérmetru

3. Pro zvýšení rozsahu voltmetru jsme využili schématu na obrázku č. 3. Na odporové dekádě nastavovali odpor tak, aby voltmetr V' ukazoval dvakrát větší napětí, než voltmetr V .



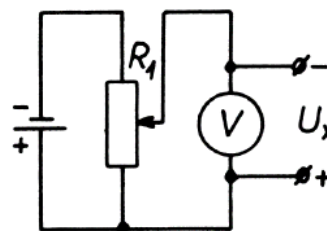
Obr. 3 – Obvod používaný k rozšíření rozsahu voltmetru

4. Před samotným cejchováním jsme kompenzátor kalibrovali Westonovým kalibrovacím článkem. Odečetli jsme na teploměru teplotu v místnosti a po připojení článku k normovacím svorkám

j jsme vynulovali galvanometr na kompenzátoru. Podle obr. 4 jsme sestavili obvod. Potenciometrem

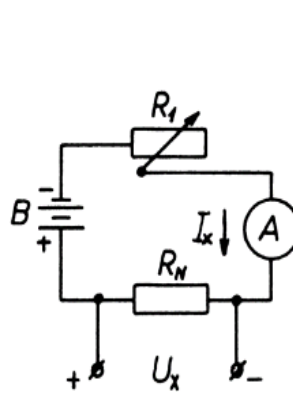
j jsme nastavovali napětí U_x , které jsme pak vyrovnávali kompenzátozem.

5. Ampérmetr se cejchuje využitím obvodu na obr. 5. Reostatem jsme opět měnili napětí. Odečítali jsme proud na ampérmetru A . R_N značí odporový normál, používali jsme normály o hodnotách 100Ω a 1000Ω . Napětí na kompenzátoru se rovnalo součinu normálového odporu a proudu jím procházejícího.

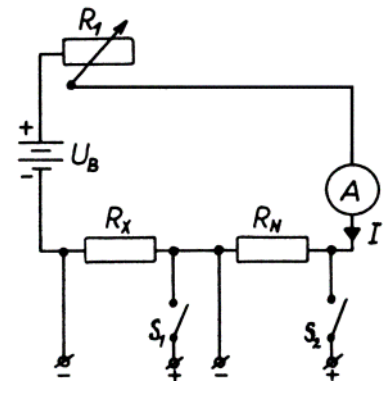


Obr. 4 – Schéma zapojení pro cejchování voltmetru

6. Kompenzátor jsme střídavě přikládali k dekádě a k normovému odporu (obr. 6). Na ampérmetru A jsme ověřovali stálost proudu. Odečítali jsme napětí normálu, napětí na dekádě a celkový odpor dekády.



Obr. 5 – Schéma zapojení pro cejchování ampérmetru



Obr. 6 – Schéma zapojení pro cejchování odporů

Experimentální data a výsledky měření

V tabulce č. 1 jsou uvedeny zjištěné hodnoty proudů a odporů při rozšiřování rozsahu ampérmetru.

číslo měření	I_{zap} [mA]	I_{odp} [mA]	R_0 [Ω]	$R - \bar{R}_0$ [Ω]
1	0,40	0,20	40,0	-2,25
2	0,60	0,30	43,0	0,75
3	0,80	0,40	43,0	0,75
4	0,70	0,35	43,0	0,75
\bar{R}_0			42,2	

Tab. 1 - Zvýšení rozsahu ampérmetru

I_{zap} – proud protékající ampérmetrem A2, je-li vypínač K2 zapnutý (Obr. 1)

I_{odp} – proud protékající ampérmetrem A2, je-li vypínač K2 vypnutý (Obr. 1)

R_0 – odpor bočníku, rovný vnitřnímu odporu ampérmetru, určený odporovou dekádou

$$R_0 = (42,2 \mp 0,7)\Omega$$

Z tabulky č. 2 se dozvíte naměřené a vypočítané hodnoty napětí a odporů při zvyšování rozsahu voltmetru.

číslo měření	U_1 [V]	U_2 [V]	R_p [Ω]	$(R_p - \bar{R}_p)$ [Ω]
1	44	22	8140	-148
2	34	17	8320	32
3	28	14	8410	122
4	20	10	8330	42
5	40	20	8240	-48
\bar{R}_p			8288	

Tab. 2 - Zvýšení rozsahu voltmetru

U_1 – napětí na voltmetru V, je-li přepínač v poloze 1 (Obr. 2)

U_2 – napětí na voltmetru V, je-li přepínač v poloze 2 (Obr. 2)

R_p – odpor předřadníku, rovný vnitřnímu odporu voltmetru, určený odporovou dekádou

$$R_p = (8290 \mp 90)\Omega$$

Před cejchováním jsme vyladili kompenzátor pomocí Westonova normálního článku. Teplota v místnosti byla 25°C. Napětí na článku činilo 1,08142V. Data získaná při cejchování voltmetru jsou znázorněna v tabulce č. 3 a na obrázku č. 8.

Pokusil jsem se navrhnout kalibrační křivku, v našem případě vyšla $U_x(U) = 1,00U$.

V tabulce č. 4. a v obrázku č. 7 jsou hodnoty z úlohy cejchování ampérmetru. Ampérmetr již nebyl tolik přesný, je nutno hodnotu na ampérmetru opravit vztahem $I_x(I) = 0,93I$.

číslo měření	U [V]	U _x [V]
1	1,00	1,0736
2	2,00	2,0214
3	4,80	4,7408
4	3,00	2,9832
5	4,00	3,9636
6	7,40	7,3550
7	9,00	8,8700
8	6,00	5,9190
9	3,60	3,5432

Tab. 3 - Cejchování voltmetru

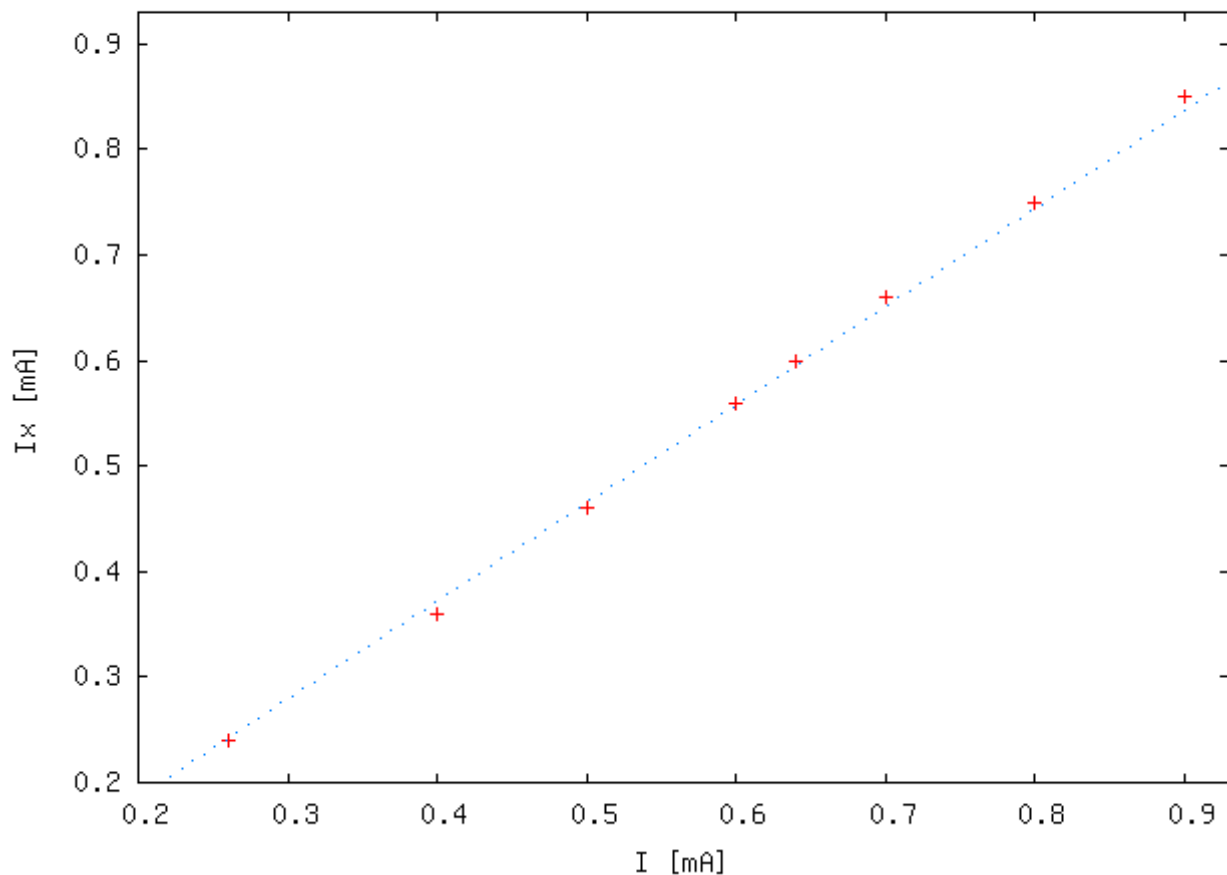
číslo měření	I [mA]	U _x [V]	R _N [Ω]	I _x [mA]
1	0,26	0,2389	1000	0,24
2	0,40	0,3641	1000	0,36
3	0,60	0,5564	1000	0,56
4	0,80	0,7540	1000	0,75
5	0,70	0,0656	100	0,66
6	0,90	0,0845	100	0,85
7	0,50	0,0460	100	0,46
8	0,64	0,0596	100	0,60

Tab. 4 - Cejchování ampérmetru

U_v – napětí naměřené voltmetrem
 U_k – napětí určené kompenzátorem

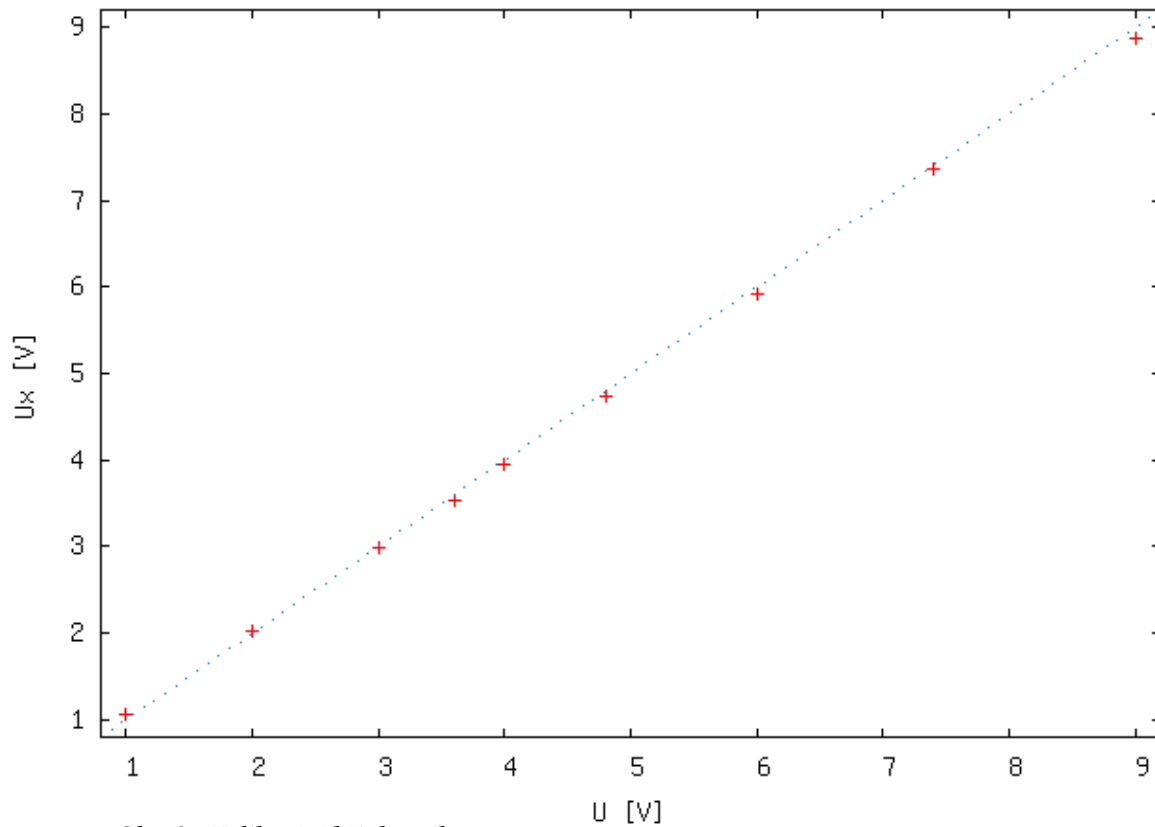
I – proud na ampérmetru A (Obr. 4)
 U_x – napětí zjištěné na kompenzátoru
 R_N – normálový odpor
 I_x – vypočtený proud dle vztahu $I_x = \frac{U_x}{R_N}$

Cejchování ampérmetru kompenzátorem



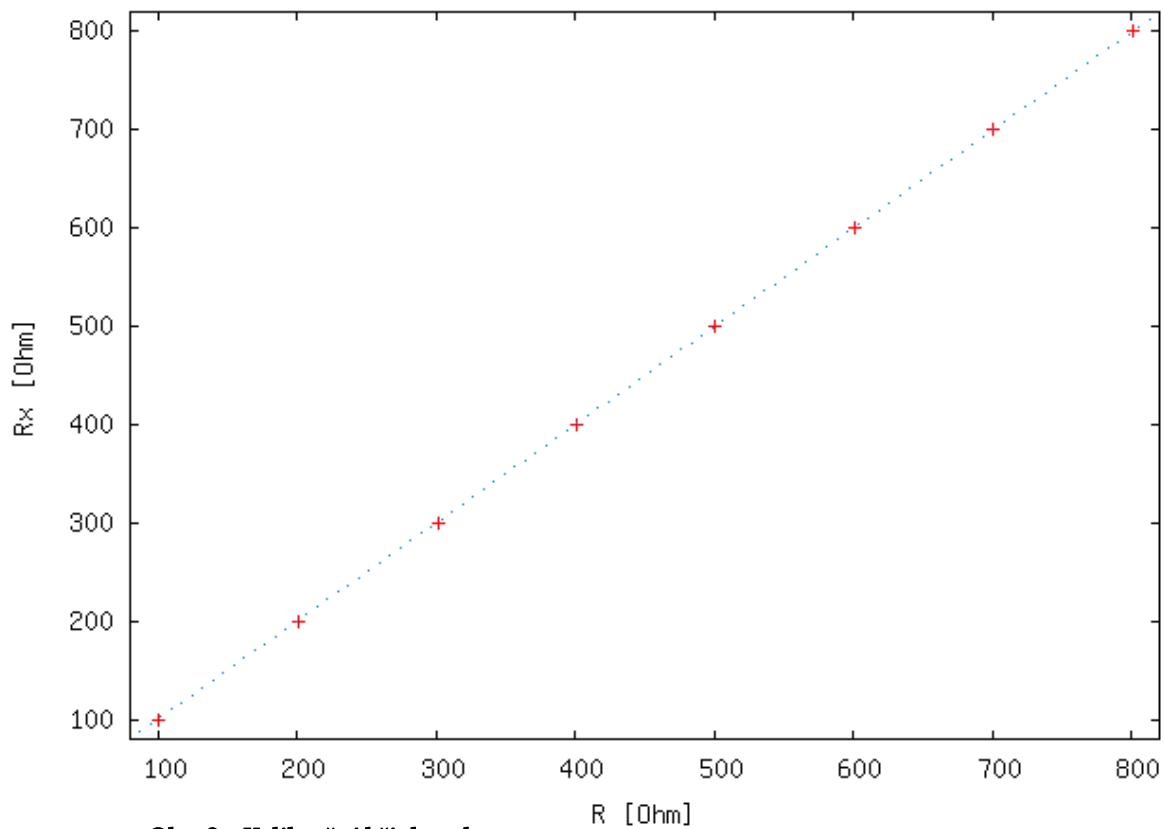
Obr. 7 - Kalibrační křivka ampérmetru

Cejchování voltmetru kompenzátorem



Obr. 8 - Kalibrační křivka voltmetru

Cejchování odporu kompenzátorem



Obr. 9 - Kalibrační křivka odporu

Výsledky z úlohy cejchování odporů jsou shrnuty v tabulce č. 5 a na obrázku č. 9. Odpor je velmi přesný, kalibrační křivka má rovnici $R_x(R) = 1,00R$.

Číslo měření	R_N [Ω]	R_x [Ω]	U_N [V]	U_x [V]	R [Ω]
1	1000	100	0,5240	0,0525	100,2
2	1000	200	0,5189	0,1042	200,8
3	1000	300	0,5168	0,1556	301,1
4	1000	400	0,5150	0,2065	401,0
5	1000	500	0,5131	0,2570	500,9
6	1000	600	0,5113	0,3072	600,8
7	1000	700	0,5093	0,3570	701,0
8	1000	800	0,5075	0,4062	800,4

Tab. 5 - Cejchování odporu

R_x – naměřená hodnota odporu určeného dekádou

R_N – hodnota odporového normálu

U_x – napětí určené kompenzátozem na dekádě

U_N – napětí určené kompenzátozem na odporovém normálu

I – proud protékající ampérmetrem

R – vypočtená hodnota odporu určeného dekádou

Závěr

Rozsah příslušného ampérmetru zvýšíme dvakrát, připojíme-li k němu paralelně rezistor o odporu $R_0 = (42,2 \pm 0,7) \Omega$, což je také hodnota vnitřního odporu ampérmetru. Relativně vysoká chyba je způsobena poměrně nepřesností používaného ampérmetru, kterou jsme odhalili při jeho cejchování.

Odvodili jsme vztah $R_p = (n - 1)R_v$.

Dvojnásobné zvýšení rozsahu používaného voltmetru umožní sériové připojení předřadného rezistoru o odporu $R_v = (8290 \mp 90)\Omega$. Tato hodnota je také rovna vnitřnímu odporu voltmetru. U voltmetru je výsledek měření přesnější. Chyba by se dala ještě snížit pečlivějším odečítáním hodnot z měřících přístrojů.

Cejchování voltmetru a ampérmetru nás upozornilo na vady používaných přístrojů. Hodnoty zanesené do kalibračního grafu sice neleží na ose prvního kvadrantu, nicméně k docela přesnému měření lze alespoň voltmetr použít. Střední kvadratická chyba voltmetru činí $\sigma = 0,023V$, ampérmetru $\sigma = 0,17mA$.

Kalibraci odporu hodnotím velice kladně, naměřené hodnoty takřka souhlasí s vypočítanými. Střední kvadratická chyba je $\sigma = 0,31\Omega$. Rozdíly (tedy i chyby měření) mohou být způsobeny tím, že vodiče v obvodech mají vlastní odpory.

Použitá literatura

[1] <http://praktika.fjfi.cvut.cz>

[2] Bedřich Sedlák; Ivan Štoll. *Elektřina a magnetismus*, 2. vydání. Academia, 2002.