

4. Úlohy z elektřiny

Část praktik Elektřina a magnetismus obsahuje úkoly, které svým obsahem pouze průřezově pokrývají danou problematiku: oblast stejnosměrného proudu, střídavého proudu a elektroniky. V nich by měli posluchači prokázat a uplatnit elementární znalosti získané dosavadním studiem a především se prakticky seznámit s elektrickými zařízeními, zásadami práce s elektrickými obvody, s metodami měření a měřicími přístroji základních elektrických veličin.

Při měření elektrických veličin vznikají vedle chyb uvedených v úvodní kapitole o měření, také chyby způsobené elektrickými přístroji. Ty mají určitou třídu přesnosti uvedenou na přístroji a zároveň určuje relativní chybu δ_p způsobenou přístrojem a jsou normovány v hodnotách od 0,1 (nejpřesnější přístroje), do 2,5.

Třída přesnosti neurčuje přesnost jednotlivého měření, ale kolik procent zvoleného rozsahu činí *odchylka* dané veličiny ΔX (maximální možná chyba), k jeho jmenovité hodnotě X_{\max} (nejvyšší hodnota, která může být na přístroji naměřena).

Relativní chyba způsobená přístrojem je dána

$$\delta_p = \frac{\Delta X}{X_{\max}} \cdot 100 \, \%.$$

Z toho určíme odchylku měření ΔX

$$\Delta X = \frac{X_{\max}}{100 \, \%} \cdot \delta_p.$$

Použijeme-li obecnou definici relativní chyby, obdržíme pro relativní odchylku měření elektrickým přístrojem vztah

$$\delta X = \frac{\Delta X}{X} \cdot 100 \, \% = \delta_p \frac{X_{\max}}{X},$$

kde X je jmenovitá (odečtená) hodnota veličiny z přístroje. Výsledek měření zapisujeme v obecném tvaru

$$X = \bar{X} \pm \Delta X \quad \text{s relativní chybou } \delta X$$

platný pro měřené veličiny napětí a proudu v obvodu

$$\Delta I = \frac{I_{\max}}{100 \%} \cdot \delta_p \quad \delta I = \frac{I_{\max}}{I} \cdot \delta_p \quad \text{a} \quad \Delta U = \frac{U_{\max}}{100 \%} \cdot \delta_p \quad \delta U = \frac{U_{\max}}{U} \cdot \delta_p$$

Chceme-li, aby relativní chyba byla co nejmenší a měření co nejpřesnější, dbáme aby ručka u analogových přístrojů zasahovala do horní třetiny stupnice.

Příklad

Na voltmetru třídy přesnosti 2,5 je odečteno na stupnici 45 V. Rozsah voltmetru je nastaven na 60 V. Určete odchylku měření a relativní odchylku.

$$\Delta U = \frac{U_{\max}}{100 \%} \cdot \delta_p = \frac{60 \text{ V}}{100 \%} \cdot 2,5 = 1,5 \text{ V}$$

$$\delta U = \frac{U_{\max}}{U} \cdot \delta_p = \frac{60 \text{ V}}{45 \text{ V}} \cdot 2,5 = 3,3 \%$$

Zápis

$U = (45 \pm 1,5) \text{ V}$ s relativní chybou 3,3 %

Relativní chyba veličiny získané výpočtem z naměřených hodnot napětí a proudu se určuje podle pravidel uvedených v části 1.1 Měření fyzikálních veličin.

Digitální měřicí přístroje obsahují analogově-digitální převodník a číslicový LCD panel. Pokud měřená veličina nekolísá, poskytují pohodlné odečítání celé řady hodnot (kromě napětí, proudu, odporu, kapacity, lze zjišťovat i typ tranzistorů), proto se také tento přístroj označuje jako multimetr.

Chyba měření oproti analogovým přístrojům je stanovena odlišně u každého výrobce konkrétního přístroje. Tyto údaje bývají uvedeny na zadní straně přístroje nebo v manuálu. Vesměs bývají používány následující dvě zkratky:

<i>rdg.</i> (reading)	měřená hodnota
<i>f.s.</i> (full scale)	plná výchylka (použitý měřicí rozsah)

Příklady zápisu

$0,5 \% \text{ rdg.} + 0,5 \% \text{ f.s.}$ Při nastavení rozsahu 20 V je změřeno 15,65 V. Maximální chyba měření bude

$$\Delta U = 0,005 \cdot 15,65 + 0,005 \cdot 20 = 0,17825 \approx 0,18 \text{ V}$$

0,8 % *rdg.* + 3 *Digits*

Při rozsahu 2 V je naměřeno 0,958 V. Maximální chyba měření se stanoví

$$\Delta U = 0,008 \cdot 0,958 + 0,003 = 0,010664 \approx 0,011 \text{ V}$$

Pro úplnost uvedme další používané symboly a zkratky:

⊥; COM	společná zdířka pro všechna měření („zem“)
V; A; Ω ; \rightarrow	zdířka pro měření napětí, proudu, odporu, zkoušečka diod
DC	měření stejnosměrných hodnot (napětí a proudu)
AC	měření střídavých hodnot

4.1. Měření vnitřního odporu zdroje. Ověření Ohmova zákona

Prostudujte



BROŽ, J. *Základy fyzikálních měření*. 1. vyd. Praha: SPN, 1983, čl. 4.3. 5.7.

1. Měření vnitřního odporu zdroje přímou metodou

Princip měření

Jedním z charakteristických parametrů zdroje elektrického napětí je jeho vnitřní odpor. Ten se projevuje a souvisí se skutečností, že elektrický proud protéká i zdrojem. Vnitřní odpor zdroje se nejčastěji měří přímou nebo můstkovou metodou. Příímá metoda je vhodná pro zdroje stejnosměrného a střídavého proudu, které mají větší vnitřní odpor, řádově několik ohmů.

Není-li ke zdroji připojen žádný spotřebič, pak hovoříme o nezatíženém zdroji a v důsledku neuzavřeného obvodu zdrojem neprochází elektrický proud. Napětí které bychom

naměřili přímým připojením voltmetru na póly zdroje, je označováno jako svorkové napětí U .

Pak můžeme uvažovat, že hodnota svorkového napětí se blíží velikosti elektromotorického napětí U_e

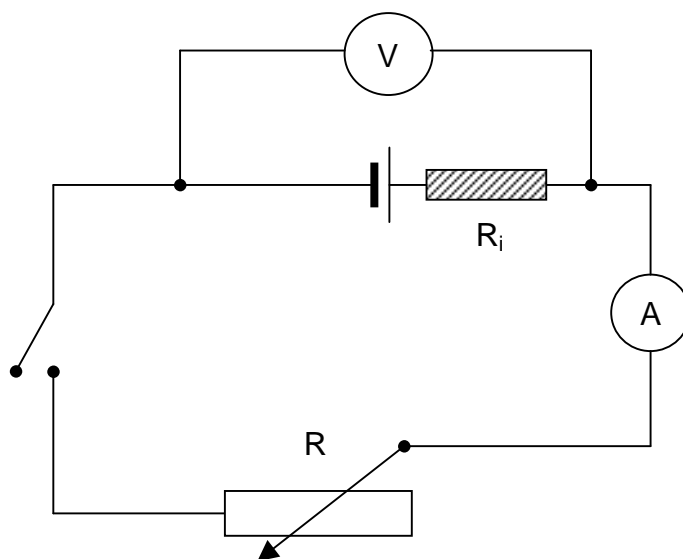
$$U \rightarrow U_e. \quad (1)$$

Zapojíme-li do obvodu zatěžovací odpor R podle obr. 4.1, rozdíl mezi elektromotorickým a svorkovým napětím bude tím větší, čím větší bude proudové zatížení zdroje a platí

$$U_e = U + I \cdot R_i, \quad (2)$$

kde I je proud procházející obvodem se zatěžovacím odporem R a R_i je vnitřní odpor zdroje.

Zapojení obvodu ukazuje následující schéma



Obr. 4.1: Schéma zapojení obvodu pro určení vnitřního odporu zdroje

Pro určení vnitřního odporu zdroje úpravou pak použijeme vztah:

$$R_i = \frac{U_e - U}{I}. \quad (3)$$

Poznámky



O něco spolehlivějšího výsledku bychom dosáhli, pokud budeme velikost zatěžovacího odporu měnit. Použijeme-li jako zatěžovací odpor odporovou dekádu se známými velikostmi odporů R_1 a R_2 , nemusíme do obvodu zapojovat voltmetr. Při velikosti odporu R_1 bude jím protékat proud I_1 a úbytek napětí bude činit U_1 . Při velikosti R_2 to bude obdobně proud I_2 a úbytek napětí U_2 . Proud I_1 a I_2 pak také protékají zdrojem a podle druhého Kirchhoffova zákona součet úbytků napětí na odporech R_1 , R_2 , R_i v obou případech je roven elektromotorickému napětí $U_e = R_1 I_1 + R_i I_1$; $U_e = R_2 I_2 + R_i I_2$. Za předpokladu, že elektromotorické napětí během měření zůstává konstantní, pro vnitřní odpor zdroje obdržíme vztah

$$R_i = \frac{R_2 I_2 - R_1 I_1}{I_1 - I_2}.$$

Pokud budeme měřit napětí na zatěžovacím odporu s proměnnou velikostí, použijeme vztah s úbytky napětí

$$R_i = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2}. \quad (4)$$

Vnitřní odpor zdroje a elektromotorické napětí pro naši potřebu považujeme za konstantní veličiny.

Úkoly

1. Určete vnitřní odpor těchto zdrojů:
 - a) plochá baterie,
 - b) oceloniklový akumulátor.
2. Pokud je vnitřní odpor zdroje závislý na odebíraném proudu, sestrojte zatěžovací charakteristiku zdroje – závislost svorkového napětí na odebíraném proudu.

Kontrolní otázky



- Jaký bude mít vliv stav úrovně nabití zdrojů elektrického napětí na vnitřní odpor?
- Jaké parametry vnitřních odporů by měly mít měřicí přístroje, aby co nejméně ovlivňovaly naměřené hodnoty?
- Vypočítejte ve všech případech velikost proudu v případě, kdyby byl zdroj spojený nakrátko.

Potřeby

Zdroje napětí – plochá baterie, oceloniklový akumulátor, voltmetr, ampérmetr, posuvný reostat 9,8 Ω/8 A, 13 Ω/6 A; 2×6 Ω/10 A; 105 Ω/ 2,5 A, (popřípadě odporovou dekádu 22 Ω, 220 Ω, 2,2 k Ω), spínač.

Postup měření

1. Obvod zapojte podle obr. 4.1. Posuvný reostat nastavte na nejvyšší hodnotu odporu.
2. Při rozpojeném spínači odečtěte na voltmetru přibližnou hodnotu elektromotorického napětí.
3. Po sepnutí spínače voltmetr ukazuje svorkové napětí, ampérmetr proud procházející obvodem.
4. Každý zdroj měřte desetkrát při různém nastavení proudu.
5. Pro jedno vybrané měření určete relativní chybu způsobenou použitými měřicími přístroji.

Poznámky

- Metoda se užívá především při měření zdrojů s malými vnitřními odpory.
- U akumulátoru proměřujte pouze jeho jeden článek a proud limitujte vybíjecím proudem akumulátoru.
- Plochou baterii zatěžujte proudem do 0,2 A, akumulátor 0,5 – 4 A.

2. Ověření Ohmova zákona

Ohmův zákon platí pro libovolnou část vodiče, tedy i pro celý nevětvený obvod. Pro ověření Ohmova zákona použijeme zapojení podle obr. 4.2. a ověřujeme platnost vztahu

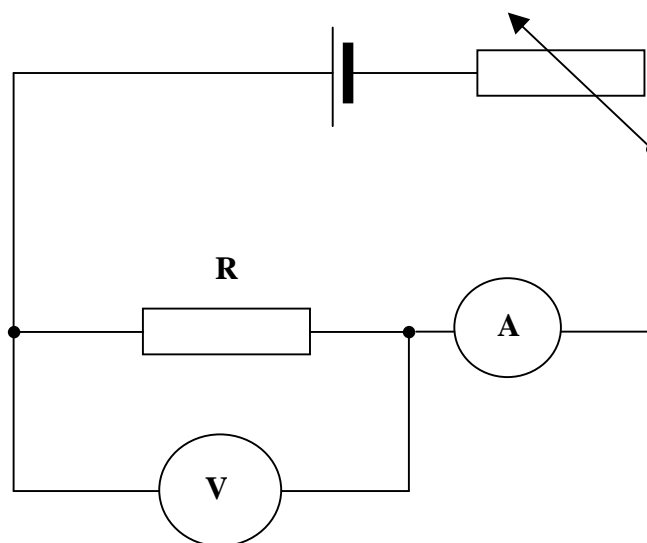
$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow R = \frac{U}{I} = \text{konst}$$

Úkol

1. Ověřte Ohmův zákon v následujících případech:
 - a) v obvodu s konstantním odporem. Určete závislost napětí na rezistoru na zatěžovacím proudu,
 - b) v obvodu s konstantním napětím. Měřte odpory a měřte závislost proudu na velikosti odporu.

Potřeby

Zdroj napětí, voltmetr, ampérmetr, posuvný reostat $9,8 \Omega/8 \text{ A}$, $11 \Omega/5,5 \text{ A}$; $2 \times 6 \Omega$; $105 \Omega/2,5 \text{ A}$, (popřípadě odporovou dekádu 22Ω , 220Ω , $2,2 \text{ k}\Omega$).



Obr. 4.2: Schéma zapojení obvodu

Kontrolní otázky

- V této úloze není přihlíženo k vnitřním odporům přístrojů zapojených v obvodu. Jaké podmínky musí být pro tento případ splněny?
- Odvoďte vztahy, které budou platit, pokud budeme přihlížet i k vnitřním odporům přístrojů.

Postup

a)

1. Obvod zapojte podle obr. 4.2.
2. Změnou odporu posuvného reostatu měňte proud I a úbytek napětí U na odporu R v obvodu.
3. Měření proveďte desetkrát, pro každé zapojení tří různých odporů.

b)

1. Pro splnění druhého úkolu udržujte pomocí posuvného reostatu konstantní úbytek napětí na rezistoru a měňte odpory.
2. Měření proveďte pro pět hodnot napětí se dvěma odpory 22Ω a 220Ω .