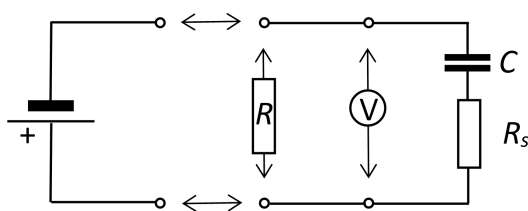


Určenie elektrického odporu rezistora vybíjaním elektrického kondenzátora

-
- Úlohy**
1. Určte hodnotu elektrického odporu rezistora metódou vybíjania elektrického kondenzátora
 2. Vyjadrite maximálnu neistotu merania.
 3. Experimentálne overte, že vybíjanie kondenzátora sa riadi exponenciálnou závislosťou.
-

Siemensova metóda merania elektrických odporov

V tejto metóde sa využíva elektrický obvod pozostávajúci zo zdroja jednosmerného elektrického napätia, kondenzátora so známou elektrickou kapacitou C a meraného rezistora s neznámym elektrickým odporom R (obrázok 1).



Obr. 1: Schéma zapojenia Siemensovej metódy

Po nabití kondenzátora zo zdroja jednosmerného napätia sa elektrický zdroj odpojí. Pripojením meraného elektrického odporu R sa kondenzátor začne vybíjať. Počas merania sledujeme časové zmeny elektrického napätia na kondenzátore pomocou voltmetra.

Doba, počas ktorej sa bude elektrický kondenzátor vybíjať (aj nabíjať), závisí od jeho kapacity a od hodnoty elektrického odporu rezistora R . Na to, aby sa kondenzátor nabíjal a vybíjal aspoň niekoľko sekúnd, treba použiť kondenzátor s väčšou kapacitou. Počas merania prejde rezistorom za infinitezimálny časový interval dt elektrický náboj dQ , ktorého úbytok na kondenzátore vyjadruje vzťah

$$dQ = -I dt \quad (1)$$

Dosadením za elektrický prúd z definície odporu (v prípade ohmických rezistorov Ohmovho zákona)

$$I = \frac{U}{R}$$

a vyjadrením elektrického náboja z definície kapacity ako $Q = CU$ nadobudne rovnica (1) tvar

$$C dU = -\frac{U}{R} dt$$

Túto rovnicu riešime metódou separácie premenných:

$$\frac{dU}{U} = -\frac{dt}{RC}$$

a jej integráciou s príslušnými hranicami

$$\int_{U_0}^U \frac{dU}{U} = -\int_0^t \frac{dt}{RC}$$

dostávame výsledok

$$\ln \frac{U}{U_0} = -\frac{t}{RC} \quad (2)$$

kde U_0 je maximálne napätie na kondenzátore v čase $t = 0$ s. Pri Siemsenovej metóde meriame hodnoty elektrického napätia v jednotlivých časových okamihoch. Lineárnu závislosť $\ln(U/U_0) = f(t)$ vyhodnotíme metódou najmenších štvorcov a hodnotu elektrického odporu R určíme z jej smernice.

Na určenie hodnoty elektrického odporu rezistora R musíme poznať presnú hodnotu kapacity kondenzátora. Tiež je potrebné zistiť, či môžeme považovať vnútorný odpor voltmetra za nekonečne veľký. Ak to nie je možné, zahrnieme jeho príspevok do výpočtu. Rovnica (2) tiež naznačuje, že s rastúcou kapacitou kondenzátora a s rastúcim elektrickým odporom rezistora sa doba nabíjania a vybíjania predlžuje. Naopak, čas potrebný na nabitie a vybitie kondenzátora klesá spolu s poklesom kapacity kondenzátora a elektrického odporu rezistora. Kratší celkový čas merania vedie k tomu, že meranie je zaťažené väčšou chybou.

Prístroje a pomôcky

Kondenzátor s vysokou hodnotou kapacity, spojovacie vodiče, ochranný rezistor, meraný rezistor s neznámym odporom, digitálny voltmeter, stopky, zdroj jednosmerného elektromotorického napätia.

Postup merania

1. Elektrický obvod zložený zo zdroja jednosmerného napätia, kondenzátora, ochranného rezistora, meraného rezistora, a digitálneho voltmetra je pripravený na zapojenie podľa schémy na obrázku.
2. Pomocou vodičov prepojíme zdierky zdroja elektromotorického napätia (AA akumulátora alebo baterky) so zdierkami nabíjania kondenzátora. *Dbáme pritom na dodržanie polarity, pretože prepólovanie elektrolytického kondenzátora by ho mohlo nenávratne poškodiť (červené vodiče do červených konektorov, čierne vodiče do čiernych).* Doba nabíjania nerozhoduje, odporúčame približne minútu.
3. Nabíjanie kondenzátora prerušíme vytiahnutím káblov zo zdierok. Rovnaké káble použijeme na pripojenie digitálneho voltmetra do zdierok v pripravenom obvode. Hodnotu napätia si poznačíme do tabuľky ako prvé meranie (U_0) v čase 0 s.

4. Následne do zdierok na pripojenie testovacích odporov pripojíme zvolený meraný odpor a súčasne spustíme stopky.
5. V pravidelných intervaloch, približne každých 10 sekúnd, odčítame hodnotu napätia z voltmetra a poznačíme si ju do pripravenej tabuľky. Meranie ukončíme vtedy, keď merané napätie poklesne pod $1/10U_0$.
6. Poznačíme si hodnotu kapacity kondenzátora C a odpor ochranného odporu R_s .

Vyhodnotenie merania

1. Tabuľku s experimentálnymi údajmi doplníme o vypočítané stĺpce s hodnotami U/U_0 a $\ln(U/U_0)$.
2. Závislosť $\ln(U/U_0)$ od času zakreslíme do grafu.
3. Pretože táto závislosť je podľa vzťahu (2) lineárna, vyhodnotíme jej smernicu lineárnou regresiou metódou najmenších štvorcov napríklad použitím funkcie `linest` v tabuľkovom procesore MS Excel.
4. Parametre preloženej priamky, smernicu k a posunutie q , ako aj ich smerodajné odchýlky σ_k a σ_q si poznačíme. Ako ďalej vyplýva z teórie, hodnotu neznámeho elektrického odporu R vypočítame ako zápornú prevrátenu hodnotu súčinu smernice a známej kapacity použitého kondenzátora, teda

$$R = -\frac{1}{kC} \quad (3)$$

Rozbor presnosti merania

Pomocou zaznamenatej smerodajnej odchýlky σ_k smernice určíme neistotu merania. Výpočet uskutočníme pre 95-percentný interval spoľahlivosti, preto použijeme pri hodnotu $3\sigma_k$. Maximálnu neistotu elektrického odporu $\Delta R_{\max}$ určíme deriváciou vzťahu (3):

$$\Delta R_{\max} = \left| \frac{\partial}{\partial k} \left(-\frac{1}{kC} \right) \right| 3\sigma_k = \frac{3\sigma_k}{k^2 C} \quad (4)$$

pričom kapacitu použitého kondenzátora považujeme za presnú hodnotu. Relatívnu neistotu δR , ktorá už nezávisí od prípadnej nepresnosti kapacity použitého kondenzátora, vyjadríme v percentách:

$$\delta R = \frac{\Delta R_{\max}}{R} = \left| \frac{3\sigma_k}{k} \right| 100 \% \quad (5)$$

Meno:

Krúžok:

Dátum merania:

Protokol laboratórnej úlohy č. 20

Určenie elektrického odporu rezistora vybíjaním elektrického kondenzátora

Stručný opis metódy merania

Vzťahy, ktoré sa používajú pri meraní

Prístroje a pomôcky

Schéma experimentu

Záznam merania, výpočty a výsledky

	$C =$		$R_s =$	
Meranie	t (s)	U (mV)	U/U_0	$\ln(U/U_0)$
1	0		1,00	0,00
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Lineárna regresia	
smernica závislosti $\ln(U/U_0)$ od času	$k =$
smernicová odchýlka smernice	$\sigma_k =$
konštantný člen	$q =$
smernicová odchýlka q	$\sigma_q =$

Výpočet odporu rezistora podľa vzťahu (3)

$$R =$$

Výpočet maximálnej neistoty merania podľa vzťahu (4)

$$\Delta R =$$

Výpočet relatívnej neistoty merania podľa vzťahu (5)

$$\delta R =$$

Výsledky	
odpor meraného rezistora	$R =$
maximálna neistota merania	$\Delta R =$
relatívna neistota merania	$\delta R =$

Prílohy

- Graf závislosti $\ln(U/U_0)$ od času.

Zhodnotenie výsledkov

Dátum odovzdania protokolu:

Podpis študenta:

Hodnotenie a podpis učiteľa: