

Určenie elektrickej kapacity kondenzátora pomocou obvodu so striedavým elektrickým prúdom

Ciele práce:

1. Zhodnotiť význam korekcie pri meraní s korekciou na vnútorný odpor ampérmetra.
2. Odmerať elektrickú kapacitu kondenzátora pomocou obvodu so striedavým elektrickým prúdom.

Teoretický úvod:

Elektrický kondenzátor je sústava dvoch navzájom izolovaných vodičov. Elektrická kapacita kondenzátora (C) sa vypočíta:

$$C = \frac{Q}{U}$$

Ak zapojíme kondenzátory paralelne, napätie (U) bude a celkový náboj (Q) bude sumou všetkých nábojov, výsledná kapacita je:

$$C = \sum C_i$$

Ak ich zapojíme sériovo, náboj bude rovnaký a napätie bude sumou všetkých napätí, výslednú kapacitu vypočítame:

$$\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i}$$

Pri meraní striedavých elektrických veličín sa zaviedli pojmy efektívne elektrické napätie U_{ef} a efektívny elektrický prúd I_{ef} , tieto veličiny vypočítame:

$$I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad U_{ef} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

Nekorigované hodnoty elektrickej kapacity meraných kondenzátorov vypočítame:

$$C = \frac{I_{ef}}{2 * \pi * f * U_{ef}}$$

V prípade uváženia korekcie na vnútorný odpor ampérmetra, korigovanú hodnotu vypočítame:

$$C = \frac{I_{ef}}{2 * \pi * f * \sqrt{U_{ef}^2 - I_{ef}^2 * R_A^2}}$$

Kde $\{f\}$ je frekvencia a $\{R_A\}$ je vnútorný odpor ampérmetra pri danom rozsahu.

Prístroje a pomôcky:

Sada meraných kondenzátorov, analógový multimeter, digitálny multimeter, reostat, zdroj striedavého elektrického napätia, spojovacie vodiče, tabuľka odporov

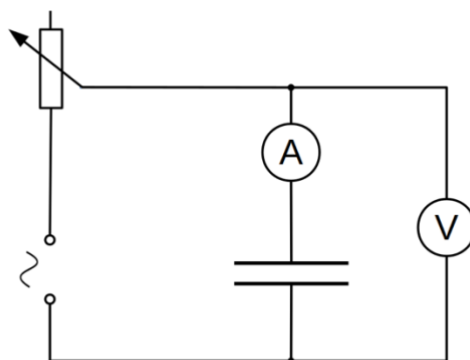
Schéma zapojenia elektrického obvodu:

Schéma č. 1: Zapojenie pre určenie elektrickej kapacity kondenzátora pomocou obvodu so striedavým elektrickým prúdom

Pracovný postup:

1. Zapojíme elektrický obvod podľa Schémy 1, kde použijeme analógový ampérmeter, digitálny voltmeter a kondenzátor s elektrickou kapacitou C_1 .
2. Pomocou reostatu sa snažíme vždy nastaviť takú hodnotu elektrického prúdu tečúceho obvodom, aby ručička analógového ampérmetra sa pre nastavený rozsah nachádzala na pravej strane jeho stupnice.
3. Výsledné hodnoty odmeraných elektrických napätí na voltmetri a elektrických prúdov na ampérmetri zapíšeme do tabuľky.
4. Určíme si maximálne absolútne chyby pre merania prúdu a napätia.
5. Zaznačíme si hodnotu vnútorného elektrického odporu ampérmetra pre dané nastavenie rozsahu z tabuľky ktorá je pri úlohe.
6. Meranie opakujeme pre kondenzátor s elektrickou kapacitou C_2 , sériové zapojenie $C_1 C_2$ a paralelné zapojenie $C_1 C_2$.

Tabuľky nameraných a vypočítaných hodnôt:Tabuľka 1: Tabuľka nameraných hodnôt I_{ef} , U_{ef} , vypočítaných chýb daných prístrojov ΔI_{ef} , ΔU_{ef} a tabuľkových hodnôt C_{tab} , R_a .

Zapojenia	$C_{tab}/\mu F$	I_{ef}/mA	$\Delta I_{ef}/mA$	U_{ef}/V	$\Delta U_{ef}/V$	R_a/Ω
Kondenzátor 1	0,93	2,6	0,075	9	0,102	290
Kondenzátor 2	3,89	2,7	0,075	2,3	0,0484	290
Sériovo	0,7506	2,6	0,075	11,14	0,11912	290
Paralelne	4,82	2,9	0,075	2,06	0,04648	290

Tabuľka 2: Tabuľka vypočítaných hodnôt kapacít kondenzátorov, korigovaných hodnôt a údajov potrebných na výpočet maximálnej absolútnej chyby merania.

Zapojenie	$C/\mu F$	$C_{kor}/\mu F$	$\delta_{rdg} / \%$	N_{dig}	N_{max}	$C_{mr}/\mu F$	$\Delta C/\mu F$	$\Delta C_{kor}/\mu F$
Kondenzátor 1	0,920	0,923	0,8	3	2000	20	0,0369	0,0373
Kondenzátor 2	3,737	3,974	0,8	3	2000	20	0,1824	0,2194
Sériovo	0,743	0,745	0,8	3	2000	20	0,0293	0,0295
Paralelne	4,481	4,909	0,8	3	2000	20	0,2169	0,2852

Vyhodnotenie nameraných údajov a vzorové výpočty:

$$C = \frac{I_{ef}}{2\pi f U_{ef}} = \frac{2.6 \cdot 10^{-3} A}{2\pi \cdot 50 Hz \cdot 9V} = 0.920 \cdot 10^{-6} F$$

$$C_{kor} = \frac{I_{ef}}{2\pi f \sqrt{U_{ef}^2 - I_{ef}^2 R_A^2}} = \frac{2.6 \cdot 10^{-3} A}{2\pi \cdot 50 Hz \cdot \sqrt{9^2 V - 2.6 \cdot 10^{-3} A \cdot 290^2 \Omega}} = 0.923 \cdot 10^{-6} F$$

Rozbor presnosti merania:

$$\Delta U_{ef,max} = \frac{\delta rdg[\%]}{100\%} \cdot hodnota + \frac{N dig}{N max} \cdot rozsah = \frac{0.8}{100} \cdot 9V + \frac{3}{2000} \cdot 20V = 0.102 V$$

$$\Delta I_{ef,max} = \frac{\delta TP[\%]}{100\%} \cdot rozsah = \frac{2.5}{100} \cdot 3 \cdot 10^{-3} A = 0.075 \cdot 10^{-3} A$$

$$\Delta C_{max} = \left| -\frac{I_{ef}}{2\pi f U_{ef}^2} \right| \cdot \Delta U_{ef,max} + \left| \frac{1}{2\pi f U_{ef}} \right| \cdot \Delta I_{ef,max} =$$

$$= \left| -\frac{0.0026 A}{2\pi \cdot 50 Hz \cdot 9^2 V} \right| \cdot 0.102 V + \left| \frac{1}{2\pi \cdot 50 Hz \cdot 9V} \right| \cdot 0.075 \cdot 10^{-3} A = 0.0369 \cdot 10^{-6} F$$

$$\Delta C_{kor,max} = \left| -\frac{I_{ef} U_{ef}}{2\pi f (U_{ef}^2 - I_{ef}^2 R_A^2)^{\frac{3}{2}}} \right| \cdot \Delta U_{ef,max} + \left| \frac{U_{ef}^2}{2\pi f (U_{ef}^2 - I_{ef}^2 R_A^2)^{\frac{3}{2}}} \right| \cdot \Delta I_{ef,max} =$$

$$\left| -\frac{0.0026 A \cdot 9V}{2\pi \cdot 50 Hz \cdot (9^2 V - 0.0026^2 A \cdot 9^2 V \cdot 290^2 \Omega)^{\frac{3}{2}}} \right| \cdot 0.102 V + \left| \frac{9^2 V}{2\pi \cdot 50 Hz \cdot (9^2 V - 0.0026^2 A \cdot 9^2 V \cdot 290^2 \Omega)^{\frac{3}{2}}} \right| \cdot 0.075 \cdot 10^{-3} A = 0.0373 \cdot 10^{-6} F$$

Zápis konečnej hodnoty nameranej veličiny:

$$C_1 = (0.92 \pm 0.04) \mu F; \delta C_1 = 4.3\%$$

$$C_{1kor} = (0.92 \pm 0.04) \mu F; \delta C_{1kor} = 4.3\%$$

$$C_1 = 0.92 \mu F; \Delta C_{tab} = -0.03 \mu F; \delta C_{1tab} = 3.3\%$$

Diskusia a Záver:

Na tomto laboratórnom cvičení sme určovali elektrické kapacity kondenzátorov pomocou obvodu so striedavým elektrickým prúdom. Z teórie vyplývalo že jednotlivé zapojenia budú mať vplyv na výslednú kapacitu.

Našou úlohou bolo zhodnotiť význam korekcie, keďže výpočet pre korigovanú hodnotu je náročnejší na výpočet. Z mojich meraní vyplynulo, že korekcia mala najväčší význam pri meraní kapacity druhého kondenzátora a paralelne zapojených kondenzátorov, no pri meraní kapacity prvého kondenzátora a sériového zapojenia nemala moc veľký význam.

Pri meraní kapacity prvého kondenzátora nám vyšla chyba merania 4.3%, čo je stále presné meranie a taktiež správne, pretože odchylka od tabuľovanej hodnoty vyšla 3.3%.

K najväčším chybám došlo pri meraní prúdu, kde chyba predstavovala 71% z celkovej chyby a zvyšok tvorila chyba z merania odporu 28%.

Použitá literatúra:

<https://ebooks.fchpt.stuba.sk/zoom/32/view?page=1&p=separate>