

Cvičení 6 STŘÍDAVÝ PROUD

Příklad 1

Každá skutečná cívka má vedle indukčnosti L také určitý odpor R . To způsobuje, že fázové posunutí střídavého proudu a napětí v obvodu s cívkou není $\frac{1}{2}\pi$, ale je vždy menší. Určete odpor cívky o indukčnosti 0,6 H, jestliže fázový posun napětí a proudu v cívce je $\frac{2}{5}\pi$. Frekvence střídavého proudu je 50 Hz.

Řešení

$$L = 0,6 \text{ H}, \varphi = \frac{2}{5}\pi, f = 50 \text{ Hz}; R = ?$$

Skutečnou cívku můžeme považovat za obvod s RL v sérii, jehož fázorový diagram je na obr. C6-1 (viz **Ř7.1**). Z něho vyplývá, že

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L}{U_R} = \frac{IX_L}{IR} = \frac{\omega L}{R}.$$

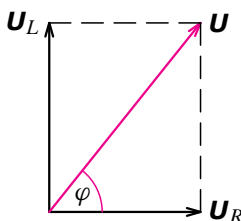
Odtud dostaneme vztah

$$R = \frac{2\pi fL}{\operatorname{tg} \varphi}$$

a po dosazení ($\operatorname{tg} \frac{2}{5}\pi = \operatorname{tg} 72^\circ \approx 3,1$)

$$R = \frac{2\pi \cdot 50 \cdot 0,6}{3,1} \Omega \approx 61 \Omega.$$

Cívka má odpor přibližně 61 Ω .



C6-1

Příklad 2

Cívka je připojena ke zdroji střídavého napětí 9 V a prochází jí proud 5,7 mA. Frekvence střídavého napětí je 50 Hz. Jakou kapacitu musí mít kondenzátor, který sériově připojíme k cívce, aby nastala rezonance? Odpor cívky neuvažujeme.

Řešení

$$U = 9,0 \text{ V}, I = 5,7 \text{ mA} = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ A}, f = 50 \text{ Hz}; C = ?$$

Aby nastala rezonance obvodu LC v sérii, musí být splněna podmínka

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}. \quad (1)$$

Indukčnost cívky určíme ze vztahu

$$X_L = \frac{U}{I} = \omega L,$$

čili

$$L = \frac{U}{I\omega}.$$

Dosadíme do rovnice (1) a po úpravě dostaneme

$$C = \frac{I}{U\omega} = \frac{5,7 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 2\pi \cdot 50} \text{ F} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 2 \mu\text{F}.$$

Kondenzátor musí mít kapacitu $2 \mu\text{F}$.

Příklad 3

V oscilačním obvodu, jehož cívka má indukčnost $0,20 \text{ mH}$, probíhá elektromagnetické kmitání, při němž amplituda proudu v cívce je $5,0 \text{ mA}$ a amplituda napětí na kondenzátoru je 20 mV . Určete frekvenci kmitání oscilačního obvodu a kapacitu kondenzátoru. Tlumení elektromagnetických kmitů neuvažujte.

Řešení

$$L = 0,2 \text{ mH} = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ H}, \quad I_m = 5,0 \text{ mA} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ A}, \quad U_m = 20 \text{ mV} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ V}; \quad f = ?, \quad C = ?$$

Jestliže kmitání elektromagnetického oscilátoru není tlumené, je energie E_m magnetického pole cívky největší v okamžiku, kdy energie E_e elektrického pole kondenzátoru je nulová a naopak. To znamená, že největší hodnoty těchto energií v průběhu periody kmitání se navzájem rovnají a platí (viz čl. 1.6 a 6.4)

$$\frac{1}{2} C U_m^2 = \frac{1}{2} L I_m^2.$$

Obě strany rovnice vynásobíme L a po úpravě dostaneme pro úhlovou frekvenci kmitání oscilačního obvodu vztah

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} = \frac{U_m^2}{L^2 I_m^2},$$

ze kterého určíme frekvenci elektromagnetického kmitání oscilátoru

$$f_0 = \frac{U_m}{2\pi L I_m} = \frac{2,0 \cdot 10^{-2}}{2\pi \cdot 2,0 \cdot 10^{-4} \cdot 5,0 \cdot 10^{-3}} \text{ Hz} \approx 3,2 \text{ Hz}.$$

Kapacitu kondenzátoru vypočítáme ze vztahu

$$C = L \frac{I_m^2}{U_m^2} = 2,0 \cdot 10^{-4} \frac{(5,0 \cdot 10^{-3})^2}{(2,0 \cdot 10^{-2})^2} \text{ F} \approx 12 \mu\text{F}.$$

Oscilační obvod kmitá s frekvencí přibližně 3,2 kHz a jeho kondenzátor má kapacitu přibližně 12 μF .

Úlohy

První tři úlohy řešte samostatně ve skupinách a výsledky řešení porovnejte s výsledky druhé skupiny.

Skupina A

- 1** Určete indukanci cívky o indukčnosti 500 mH v obvodu střídavého proudu o frekvenci 50 Hz.
- 2** Jakou kapacitu musí mít kondenzátor, aby při jeho sériovém spojení s cívkou v obvodu z předcházející úlohy nastala rezonance?
- 3** Oscilační obvod je tvořen kondenzátorem o kapacitě 2 μF a cívkou o indukčnosti 12 mH. O kolik procent se změní frekvence oscilačního obvodu, jestliže ke kondenzátoru obvodu připojíme paralelně ještě jeden kondenzátor o stejné kapacitě?
- 4** Cívkou v obvodu stejnosměrného proudu prochází při napětí 4 V proud 0,5 A. V obvodu střídavého proudu o amplitudě napětí 9 V jí prochází

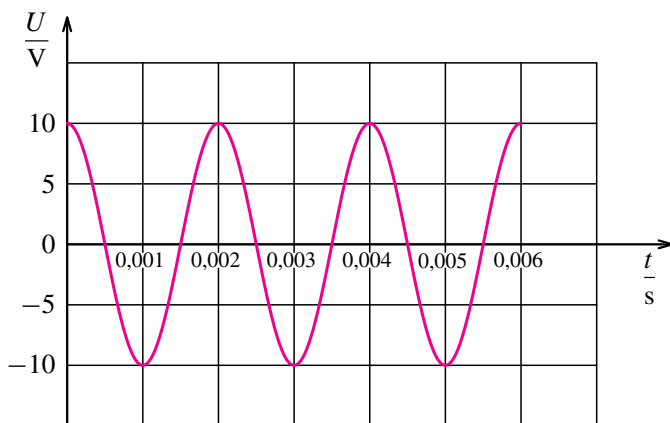
Skupina B

- 1** Určete kapacitanci kondenzátoru o kapacitě 20 μF v obvodu střídavého proudu o frekvenci 50 Hz.
- 2** Jakou indukčnost musí mít cívka, aby při jejím sériovém spojení s kondenzátorem v obvodu z předcházející úlohy nastala rezonance?
- 3** Oscilační obvod je tvořen cívkou o indukčnosti 2,5 mH a kondenzátorem o kapacitě 20 μF . O kolik procent se změní frekvence oscilačního obvodu, jestliže ke kondenzátoru připojíme sériově ještě jeden kondenzátor o stejné kapacitě?

proud o amplitudě 180 mA. Frekvence střídavého napětí je 50 Hz. Určete indukčnost cívky.

- 5 Cívka má odpor $15\ \Omega$ a indukčnost 63 mH. Určete impedanci cívky v obvodu střídavého proudu o frekvenci 50 Hz.
- 6 Tlumivka o indukčnosti 2 H a odporu vinutí $20\ \Omega$ je připojena nejprve ke zdroji stejnosměrného napětí 20 V a potom ke zdroji střídavého napětí o stejné hodnotě efektivního napětí a frekvenci 50 Hz. Určete proud v obvodu v obou případech.
- 7 Kondenzátor je zařazen do obvodu střídavého proudu o efektivním napětí 230 V a frekvenci 50 Hz. Obvodem prochází proud 2,5 A. Určete kapacitu kondenzátoru.
- 8 Kondenzátor o kapacitě $2\ \mu\text{F}$ je sériově spojen s cívkou o indukčnosti 40 mH (odpor cívky neuvažujeme). Obvod je připojen ke zdroji střídavého napětí měnitelné frekvence. Určete, v jakém poměru jsou napětí na obou prvcích při frekvencích 200 Hz a 800 Hz. Rozhodněte, v kterém případě v obvodu převládá
 - a) induktance,
 - b) kapacitance.
- 9 Do obvodu střídavého proudu o efektivním napětí 200 V a frekvenci 50 Hz je připojen obvod tvořený sériovým spojením kondenzátoru o kapacitě $16\ \mu\text{F}$ a rezistoru o odporu $150\ \Omega$. Určete impedanci obvodu, proud v obvodu a napětí na kondenzátoru a rezistoru.
- 10 Ke zdroji střídavého napětí o frekvenci 1 kHz je připojen kondenzátor o kapacitě $0,1\ \mu\text{F}$ spojený sériově s cívkou o indukčnosti 0,5 H. Určete reaktanci obvodu. Při jaké frekvenci bude reaktance nulová?
- 11 V obvodu střídavého proudu o frekvenci 50 Hz je sériově zapojena žárovka, kondenzátor o kapacitě $20\ \mu\text{F}$ a cívka, která má bez jádra indukčnost 0,1 H a se zasunutým jádrem 1 H. Jak se bude měnit svítivost vlákna žárovky při zasunování jádra? Při které indukčnosti bude největší?
- 12 Do obvodu střídavého proudu o frekvenci 400 Hz je zařazena cívka o indukčnosti 0,1 H. Jaká musí být kapacita kondenzátoru připojeného do obvodu, aby nastala rezonance?

- 13** Oscilační obvod s cívkou o indukčnosti 0,1 mH kmitá netlumeně podle časového diagramu na obr. C6-2. Určete kapacitu kondenzátoru. Napište rovnici okamžitého napětí na oscilačním obvodu.



C6-2

- 14** V oscilačním obvodu s kondenzátorem o kapacitě 1 μF nastala rezonance při frekvenci 400 Hz. Ke kondenzátoru byl paralelně připojen další kondenzátor. Určete jeho kapacitu C_2 , jestliže se rezonanční frekvence snížila na polovinu původní hodnoty.