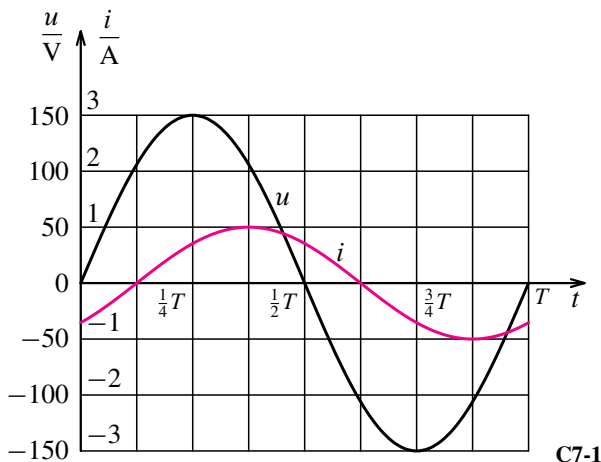


Cvičení 7 STŘÍDAVÝ PROUD V ENERGETICE

Příklad 1

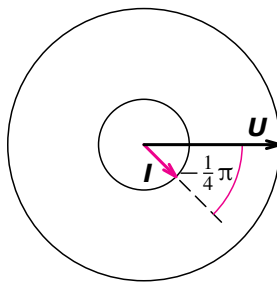
Podle časového diagramu na obr. C7-1 určete fázové posunutí střídavého napětí a proudu, nakreslete fázorový diagram obou veličin, napište rovnice pro okamžité hodnoty napětí a proudu, určete efektivní hodnoty proudu a napětí a činný výkon střídavého proudu v obvodu. Frekvence střídavého napětí je 50 Hz.



Řešení

$$f = 50 \text{ Hz}; \varphi = ?, U = ?, I = ?, P = ?$$

Z časového diagramu napětí u je patrné, že v počátečním okamžiku $t = 0$ je $u = 0$. To znamená, že počáteční fáze napětí $\varphi_u = 0$. Okamžitá hodnota proudu je v počátečním okamžiku záporná, takže i počáteční fáze bude záporná. Proud $i = 0$ v okamžiku $t = \frac{1}{8}T$ a počáteční fáze proudu $\varphi_i = -\omega t = -\frac{1}{4}\pi$. Fázové posunutí napětí a proudu $\varphi = \varphi_u - \varphi_i = \frac{1}{4}\pi$.



C7-2

Z časového diagramu určíme amplitudy obou veličin: $U_m = 150 \text{ V}$, $I_m = 1 \text{ A}$. Z těchto údajů zkonstruujeme fázorový diagram (obr. C7-2).

Rovnice pro okamžitě hodnoty napětí a proudu budou mít tvar:

$$u = 150 \sin(100\pi t) \text{ V}, \quad i = \sin\left(100\pi t - \frac{\pi}{4}\right) \text{ A}.$$

Efektivní hodnoty napětí a proudu:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{150}{\sqrt{2}} \text{ V} = 106 \text{ V} \approx 110 \text{ V},$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ A} \approx 0,7 \text{ A}.$$

Činný výkon

$$\begin{aligned} P &= UI \cos \varphi = \frac{U_m I_m}{2} \cos \varphi = \\ &= \frac{150 \cdot 1}{2} \cos \frac{\pi}{4} \text{ W} = \frac{150\sqrt{2}}{4} \text{ W} \approx 50 \text{ W}. \end{aligned}$$

Střídavý proud má efektivní hodnotu napětí přibližně 110 V, efektivní hodnotu proudu přibližně 0,7 A a činný výkon přibližně 50 W.

Příklad 2

Dokažte, že v trojfázové soustavě střídavého proudu zapojené do hvězdy je sdružené napětí větší než napětí fázové.

Řešení

Fázová napětí u_1 a u_2 jsou popsána rovnicemi

$$u_1 = U_m \sin \omega t, \quad u_2 = U_m \sin\left(\omega t - \frac{2}{3}\pi\right).$$

V soustavě zapojené do hvězdy je

$$u_{12} = u_1 - u_2 = U_m \sin \omega t - U_m \sin\left(\omega t - \frac{2}{3}\pi\right).$$

Použijeme vztah

$$\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$$

a dostaneme

$$\begin{aligned} u_{12} &= 2U_m \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) \sin \frac{\pi}{3} = \\ &= U_m \sqrt{3} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) = U_m \sqrt{3} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right). \end{aligned}$$

Odtud $U_{m12} = U_m \sqrt{3}$.

Ke stejnému výsledku dospějeme snadno také pomocí fázorového diagramu (viz **R8.1**).

Příklad 3

Primární cívka transformátoru s transformačním poměrem 0,1 je připojena ke zdroji síťového napětí 230 V. Sekundární vinutí má odpor $1,2 \Omega$ a prochází jím proud 5 A. Určete napětí na svorkách sekundární cívky transformátoru. Ztráty v primárním vinutí neuvažujeme.

Řešení

$$k = 0,1, U_1 = 230 \text{ V}, R_v = 1,2 \Omega, I_2 = 5 \text{ A}; U = ?$$

Pro transformaci napětí platí vztah

$$\frac{U_2}{U_1} = k,$$

z něhož pro napětí U_2 na sekundárním vinutí vyplývá

$$U_2 = kU_1 = 0,1 \cdot 230 \text{ V} = 23 \text{ V}.$$

Při proudu I_2 vzniká na vinutí o odporu R_v úbytek napětí

$$\Delta U = I_2 R_v = 5,0 \cdot 1,2 \text{ V} = 6,0 \text{ V}.$$

Na svorkách sekundárního vinutí je napětí

$$U = U_2 - \Delta U = (23 - 6,0) \text{ V} = 17 \text{ V}.$$

Úlohy

První úlohu řešte samostatně ve skupinách.

- 1** Pro okamžité hodnoty napětí a proudu v obvodu střídavého proudu platí rovnice:

Skupina A

$$u = 325 \sin 100 \pi t \text{ V}$$

$$i = 0,7 \sin \left(100 \pi t + \frac{\pi}{3} \right) \text{ A}$$

Určete:

- efektivní hodnoty napětí a proudu,
- frekvenci střídavého proudu,
- činný výkon střídavého proudu.

Skupina B

$$u = 170 \sin 100 \pi t \text{ V}$$

$$i = 2,8 \sin \left(100 \pi t + \frac{\pi}{3} \right) \text{ A}$$

Doplňující úloha

Nakreslete fázorový diagram napětí a proudu v obvodu (zvolte $50 \text{ V} \approx 1 \text{ cm}$; $0,2 \text{ A} \approx 1 \text{ cm}$). Rozhodněte, zda v obvodu střídavého proudu převažují vlastnosti indukance nebo kapacitance. Provedte společnou diskusi výsledků a odpovědi zdůvodněte.

- 2 Spotřebič v obvodu střídavého proudu má vlastnosti obvodu s RLC v sérii. Jak se bude měnit účinník obvodu při zvyšování frekvence (při přechodu přes rezonanční frekvenci)?

- 3 Napětí a proud v cívce se mění podle rovnic:

$$u = 230 \sin 100\pi t \text{ V}, \quad i = 6 \sin\left(100\pi t - \frac{\pi}{3}\right) \text{ A}.$$

Určete činný výkon střídavého proudu.

- 4 Voltmetr v obvodu střídavého proudu ukazuje napětí 230 V , ampérmetr 10 A a wattmetr činný výkon 2 kW . Určete fázové posunutí napětí a proudu v obvodu.

- 5 Na štítku elektromotoru jsou údaje: $U = 230 \text{ V}$, $I = 4 \text{ A}$, $\cos \varphi = 0,65$. Určete činný výkon motoru.

- 6 Dokažte početně, že pro trojfázové napětí platí $u_1 + u_2 + u_3 = 0$.

- 7 Transformátor, kterým se transformuje napětí 100 V na 300 V , má uzavřené jádro, na němž vytvoříme pomocí vodiče jediný závit. Voltmetrem zjistíme, že napětí na tomto závitě je $0,5 \text{ V}$. Kolik závitů mají cívky transformátoru?

- 8 Výkon transformátoru je 5 kW . Jak velké proudy procházejí cívkami transformátoru připojeného k síťovému napětí 230 V , jestliže $k = 0,3$ a účinnost transformátoru je 1 ?

- 9 Primární cívkou transformátoru prochází při napětí 230 V proud $0,2 \text{ A}$. Sekundární cívkou současně prochází proud 6 A a napětí na svorkách cívky je $6,3 \text{ V}$. Určete účinnost transformace.

- 10 Primární vinutí transformátoru pro transformaci dolů ($k = 0,1$) je připojeno ke zdroji střídavého napětí 120 V . Odpor sekundárního vinutí transformátoru je 1Ω , sekundárním vinutím prochází proud 5 A . Určete napětí na sekundárním vinutí transformátoru. Ztráty v primárním vinutí neuvažujte.

- 11** Vedením přenosové soustavy jednofázového střídavého proudu je přenášen výkon zdroje 33 MW. Odpor vedení je $0,12 \, \Omega$. Určete ztráty ve vedení při napětí zdroje 6,6 kV a 110 kV.
- 12** Transformátor chlazený olejem transformuje výkon 10 MW s účinností 98 %. Určete teplotu oleje na výstupu z transformátoru, je-li jeho vstupní teplota $18 \, ^\circ\text{C}$. Olej má hustotu $960 \, \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, měrnou tepelnou kapacitu $2,09 \, \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ a objemový tok oleje pláštěm transformátoru je $2,1 \, \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$.