

33

BÀI TẬP VỀ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

Bài tập 1

Đoạn mạch AB vẽ ở Hình 33.1 gồm một biến trở và một tụ điện có điện dung $C = 61,3 \mu\text{F}$ mắc nối tiếp. Đặt vào hai đầu A, B một điện áp xoay chiều $u = 120\cos 100\pi t$ (V).



Hình 33.1

1. Điều chỉnh cho điện trở của biến trở có giá trị $R_1 = 30 \Omega$.
 - a) Tính tổng trở của đoạn mạch.
 - b) Viết biểu thức của cường độ dòng điện tức thời trong đoạn mạch.
2. Cần điều chỉnh cho điện trở của biến trở đến giá trị nào để công suất trên biến trở đạt cực đại? Tính giá trị cực đại đó.

Bài giải

1. a) Dung kháng của tụ điện là : $Z_C = \frac{1}{\omega C} \approx 52 \Omega$.

Đoạn mạch gồm điện trở thuần và tụ điện mắc nối tiếp nên có tổng trở :

$$Z = \sqrt{R_1^2 + Z_C^2} \approx 60 \Omega$$

b) Dòng điện biến đổi với tần số góc bằng tần số góc của điện áp, đó là $\omega = 100\pi$ (rad/s). Do đó, để viết biểu thức $i(t)$ của cường độ dòng điện, ta còn phải tìm biên độ của cường độ dòng điện I_0 và độ lệch pha φ của u đối với i .

$$I_0 = \frac{U_0}{Z} \approx 2 \text{ A.}$$

$$\tan \varphi = \frac{-Z_C}{R} \approx -1,73 \approx -\sqrt{3}, \text{ do đó } \varphi \approx -\frac{\pi}{3}.$$

Biểu thức của cường độ dòng điện là :

$$i = I_0 \cos(100\pi t - \varphi) = 2 \cos(100\pi t + \frac{\pi}{3}) \text{ (A)}$$

2. Trước hết, ta lập công thức tính công suất tiêu thụ điện trên biến trở theo điện trở R của biến trở :

$$\mathcal{P} = RI^2 = R \frac{U^2}{R^2 + Z_C^2}$$

Có thể biến đổi :

$$\mathcal{P} = \frac{U^2}{R + \frac{Z_C^2}{R}}$$

Vì R và $\frac{Z_C^2}{R}$ là các số dương nên có thể áp dụng bất đẳng thức Cô-si :

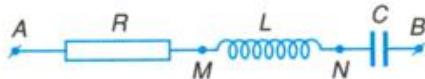
$$\left(R + \frac{Z_C^2}{R} \right) \geq 2Z_C$$

Đẳng thức xảy ra khi $R = Z_C \approx 52 \Omega$. Thay vào công thức tính công suất, ta tìm được công suất cực đại trên biến trở :

$$\mathcal{P}_{\max} = \frac{U^2}{2Z_C} \approx 69 \text{ W}$$

Bài tập 2

Một đoạn mạch điện AB gồm một điện trở thuần $R = 100 \Omega$, một cuộn cảm thuần và một tụ điện mắc nối tiếp (Hình 33.2). Biết điện áp hiệu dụng giữa hai đầu điện trở, cuộn cảm, tụ điện lần lượt là $U_R = 50 \text{ V}$; $U_L = 50 \text{ V}$; $U_C = 87,5 \text{ V}$; tần số dòng điện là 50 Hz .



Hình 33.2

a) Tính độ tự cảm của cuộn cảm và điện dung của tụ điện.

b) Tính tổng trở của đoạn mạch AB và điện áp hiệu dụng U_{AB} .

c) Vẽ giản đồ Fre-nen. Căn cứ vào giản đồ để : tìm độ lệch pha của điện áp giữa hai điểm A và N so với với điện áp giữa hai điểm M và B ; tìm lại U_{AB} .

Bài giải

a) Vì $I = \frac{U_R}{R} = \frac{U_L}{Z_L}$ nên :

– Cảm kháng : $Z_L = R \frac{U_L}{U_R} = 100 \Omega$;

– Độ tự cảm : $L = \frac{Z_L}{\omega} \approx 0,318 \text{ H}$.

Tương tự, ta có :

– Dung kháng : $Z_C = R \frac{U_C}{U_R} = 175 \Omega$;

- Điện dung của tụ điện : $C = \frac{1}{\omega Z_C} \approx 18,2 \mu F$.

b) Vì AB là đoạn mạch RLC nối tiếp, nên có tổng trở :

$$Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = 125 \Omega$$

$$U_{AB} = IZ = \frac{50}{100} \cdot 125 = 62,5 V$$

c) Giản đồ Fre-nen vẽ như Hình 33.3, trong đó :

$$\vec{U}_{AN} = \vec{U}_R + \vec{U}_L$$

$$\vec{U}_{MB} = \vec{U}_L + \vec{U}_C$$

Xét tam giác vuông OSP có $OP = U_R$, $SP = U_L$, ta có :

$$\tan \varphi_1 = \frac{U_L}{U_R} = 1 \quad ; \quad \varphi_1 = \frac{\pi}{4}$$

Góc tạo bởi hai vectơ \vec{U}_{MB} và \vec{U}_{AN} là $\varphi_1 + \frac{\pi}{2} = \frac{3\pi}{4}$.

Vectơ \vec{U}_{AN} lập với vectơ \vec{U}_{MB} một góc $\frac{3\pi}{4}$ theo chiều dương. Vậy điện áp giữa A và N sớm pha $\frac{3\pi}{4}$ so với điện áp giữa M và B.

$$U_{AB} = \sqrt{(OP)^2 + (OQ)^2} = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{50^2 + (50 - 87,5)^2} = 62,5 V$$

Bài tập 3

Một đoạn mạch chứa hai trong ba phần tử : tụ điện, điện trở thuần, cuộn cảm thuần mác nối tiếp. Biết điện áp giữa hai đầu đoạn mạch và cường độ dòng điện qua nó lần lượt có biểu thức :

$$u = 60 \cos 100\pi t \text{ (V)}$$

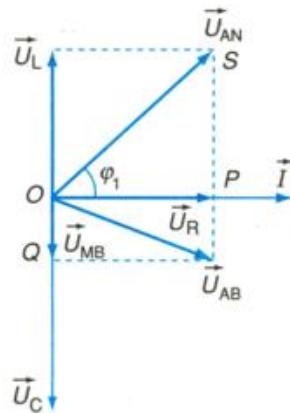
$$i = 0,5 \sin \left(100\pi t + \frac{\pi}{6} \right) \text{ (A)}$$

a) Hỏi trong đoạn mạch có các phần tử nào ? Tính dung kháng, cảm kháng hoặc điện trở tương ứng với mỗi phần tử đó.

b) Tính công suất tiêu thụ của đoạn mạch.

Bài giải

a) Trước hết, cần tìm độ lệch pha của điện áp so với cường độ dòng điện. Muốn vậy, ta biến đổi biểu thức của cường độ dòng điện :



Hình 33.3

$$i = 0,5 \sin\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right) = 0,5 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{6} - \frac{\pi}{2}\right) = 0,5 \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{3}\right) \text{ (A)}$$

So sánh các biểu thức của u và i , ta thấy điện áp sớm pha một góc $\varphi = \frac{\pi}{3}$ so với cường độ dòng điện. Đoạn mạch có tính cảm kháng nên gồm cuộn cảm thuần và điện trở thuần mắc nối tiếp.

Từ giả thiết ta có : $U_0 = 60 \text{ V}$, $I_0 = 0,5 \text{ A}$. Từ đó, suy ra các giá trị hiệu dụng :

$$U = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = \frac{60}{\sqrt{2}} \text{ (V)} ; I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{0,5}{\sqrt{2}} \text{ (A)}$$

Theo định luật Ôm, tổng trở của đoạn mạch là $Z = \frac{U}{I} = 120 \Omega$.

Gọi Z_L là cảm kháng của cuộn cảm, R là điện trở, ta có hệ phương trình sau :

$$Z = \sqrt{R^2 + Z_L^2} = 120 \Omega$$

$$\tan \varphi = \frac{Z_L}{R} = \sqrt{3}$$

Giải hệ phương trình, ta được : $R = 60 \Omega$, $Z_L = 60\sqrt{3} \Omega \approx 104 \Omega$.

b) Công suất tiêu thụ của đoạn mạch là :

$$\mathcal{P} = UI \cos \varphi = \frac{60}{\sqrt{2}} \cdot \frac{0,5}{\sqrt{2}} \cdot \cos \frac{\pi}{3} = 7,5 \text{ W}$$

Bài tập 4

Một khung dây dẫn phẳng gồm 50 vòng dây, mỗi vòng có diện tích 400 cm^2 đặt trong một từ trường đều có cảm ứng từ bằng $0,05 \text{ T}$. Lúc $t = 0$ pháp tuyến của khung dây có cùng hướng với vectơ cảm ứng từ. Cho khung dây quay với tốc độ không đổi 600 vòng/phút . Trục quay của khung vuông góc với các đường sức từ.

- a) Viết biểu thức của từ thông qua mỗi vòng dây theo thời gian.
- b) Lập biểu thức của suất điện động cảm ứng tức thời trong khung dây. Lấy $\pi = 3,14$.
- c) Nối hai đầu khung dây với điện trở thuần $R = 40 \Omega$. Điện trở của khung dây không đáng kể. Tính cường độ hiệu dụng của dòng điện qua điện trở.

Bài giải

- a) Theo giả thiết, diện tích vòng dây $S = 400 \text{ cm}^2 = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$, số vòng dây $N = 50$ vòng, cảm ứng

từ $B = 0,05 \text{ T} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ T}$, tốc độ quay của rôto $n = 600 \text{ vòng/phút} = 10 \text{ vòng/s.}$

Vào thời điểm t , góc giữa pháp tuyến khung dây và cảm ứng từ là $\alpha = 2\pi nt$, do đó từ thông qua một vòng dây là :

$$\Phi_1 = BS \cos \alpha = BS \cos 2\pi nt = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cos 2\pi \cdot 10t = 2 \cdot 10^{-3} \cos 20\pi t \text{ (Wb)}$$

b) Vì khung dây có N vòng giống nhau nên trong khung có suất điện động :

$$e = -N \frac{d\Phi_1}{dt} = NBS 2\pi n \sin 2\pi nt$$

Thay số, ta có : $e = 6,28 \sin 20\pi t \text{ (V).}$

c) Suất điện động hiệu dụng là : $E = \frac{E_0}{\sqrt{2}} = \frac{6,28}{\sqrt{2}} \approx 4,4 \text{ V.}$

Cường độ hiệu dụng là : $I = \frac{E}{R} \approx 0,11 \text{ A.}$

Bài tập 5

Một đường dây tải điện xoay chiều một pha đến nơi tiêu thụ ở xa 3 km. Giả thiết dây dẫn làm bằng nhôm có điện trở suất $\rho = 2,5 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ và có tiết diện $0,5 \text{ cm}^2$. Điện áp và công suất truyền đi ở trạm phát điện lần lượt là $U = 6 \text{ kV}$, $P = 540 \text{ kW}$. Hệ số công suất của mạch điện là $\cos \varphi = 0,9$. Hãy tìm công suất hao phí trên đường dây và hiệu suất truyền tải điện năng.

Bài giải

Dây tải điện có chiều dài tổng cộng là $l = 6 \text{ km} = 6000 \text{ m}$ nên có điện trở :

$$R = \rho \frac{l}{S} = 2,5 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{6 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 10^{-4}} = 3 \Omega$$

Cường độ dòng điện trên dây : $I = \frac{U \cos \varphi}{R} = 100 \text{ A.}$

Công suất hao phí trên dây : $\Delta P = RI^2 = 30 \text{ kW.}$

Hiệu suất truyền tải điện năng là : $H = \frac{P - \Delta P}{P} \approx 94,4 \text{ %.}$