

CHƯƠNG IV: DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

CHUYÊN ĐỀ 1. NGUYÊN TẮC TẠO RA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

A. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Suất điện động xoay chiều

Cho một khung dây dẫn phẳng gồm N vòng dây có diện tích S (m^2) quay đều với tốc độ góc ω (rad/s) quanh một trục vuông góc với các đường sức từ của một từ trường đều có cảm ứng từ \vec{B} .

Từ thông gửi qua khung dây: giả sử tại $t = 0$, $(\vec{n}, \vec{B}) = \varphi$ là:

$$\Phi = NBS \cos(\omega t + \varphi) = \Phi_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

Trong đó: $\Phi_0 = NBS$ là từ thông cực đại

Theo định luật cảm ứng điện từ, trong khung dây xuất hiện một suất điện động biến đổi theo thời gian:

$$e = -\dot{\Phi} = \omega \Phi_0 \sin(\omega t + \varphi) = E_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

Với $E_0 = NBS\omega$ là suất điện động cực đại.

Đó là suất điện động biến đổi theo thời gian theo định luật dạng sin nên gọi là *suất điện động xoay chiều*.

Chu kì và tần số biến đổi của suất điện động liên hệ với tần số góc ω bởi các công thức:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}; f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

2. Điện áp xoay chiều – Dòng điện xoay chiều

Biểu thức điện áp tức thời: Nếu nối hai đầu khung dây với mạch ngoài thành mạch kín thì biểu thức điện áp tức thời ở mạch ngoài là:

$$u = e - ir$$

Xem khung dây có $r \approx 0$ thì $u = e = E_0 \cos(\omega t + \varphi)$

Trong trường hợp tổng quát, biểu thức của điện áp tức thời và dòng điện trong mạch là:

$$u = U_0 \cos(\omega t + \varphi_u)$$

$$i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i)$$

Với u và i là điện áp và cường độ dòng điện tức thời (tại thời điểm t), U_0 và I_0 là điện áp cực đại và cường độ dòng điện cực đại, φ_u và φ_i là pha ban đầu của điện áp và cường độ dòng điện.

Đại lượng: $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ gọi là độ lệch pha của u so với i .

Nếu $\varphi > 0$ thì u sớm pha so với i .

Nếu $\varphi < 0$ thì u trễ pha so với i .

Nếu $\varphi = 0$ thì u và i đồng pha.

Chú ý: Phương trình điện áp đặc biệt

Điện áp $u = U_1 + U_0 \cos(\omega t + \varphi)$ được coi gồm một điện áp không đổi U_1 và một điện áp xoay chiều $u = U_0 \cos(\omega t + \varphi)$ đồng thời đặt vào đoạn mạch.

B. MỘT SỐ DẠNG BÀI TẬP CƠ BẢN

Dạng 1. Cách tạo ra dòng điện xoay chiều

Thông thường bài tập thuộc dạng này yêu cầu ta tính từ thông, suất điện động cảm ứng xuất hiện trong khung dây quay trong từ trường. Ta sử dụng các công thức sau để giải:

- Tần số góc: $\omega = 2\pi n_0$ (đơn vị: rad/s)

- Tần số của suất điện động cảm ứng trong khung bằng tần số quay của khung:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = n_0 \quad (\text{Đơn vị: Hz}) \quad (\text{Với } n_0 : \text{số vòng quay/giây})$$

- Chu kỳ quay của khung dây: $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$ (đơn vị: s)

- Biểu thức từ thông: $\Phi = \Phi_0 \cos(\omega t + \varphi)$ với $\Phi_0 = NBS$ và $\varphi = (\vec{B}, \vec{n})$ tại $t = 0$

- Biểu thức suất điện động: $e = -\Phi' = E_0 \sin(\omega t + \varphi)$ với $E_0 = \omega NBS$ (đơn vị: V)

BÀI TẬP

Bài 1. Một khung dây có diện tích $S = 60 \text{ cm}^2$ quay đều với vận tốc 20 vòng trong một giây. Khung đặt trong từ trường đều $B = 2 \cdot 10^{-2} \text{ T}$. Trục quay của khung vuông góc với các đường cảm ứng từ, lúc $t = 0$ pháp tuyến khung dây \vec{n} có hướng của \vec{B} .

1. Viết biểu thức từ thông xuyên qua khung dây.

2. Viết biểu thức suất điện động cảm ứng xuất hiện trong khung dây.

Đáp số: 1. $\Phi = 12 \cdot 10^{-5} \cos 40\pi t \text{ Wb}$

2. $e = 1,5 \cdot 10^{-2} \cos(40\pi t - \frac{\pi}{2}) \text{ V}$

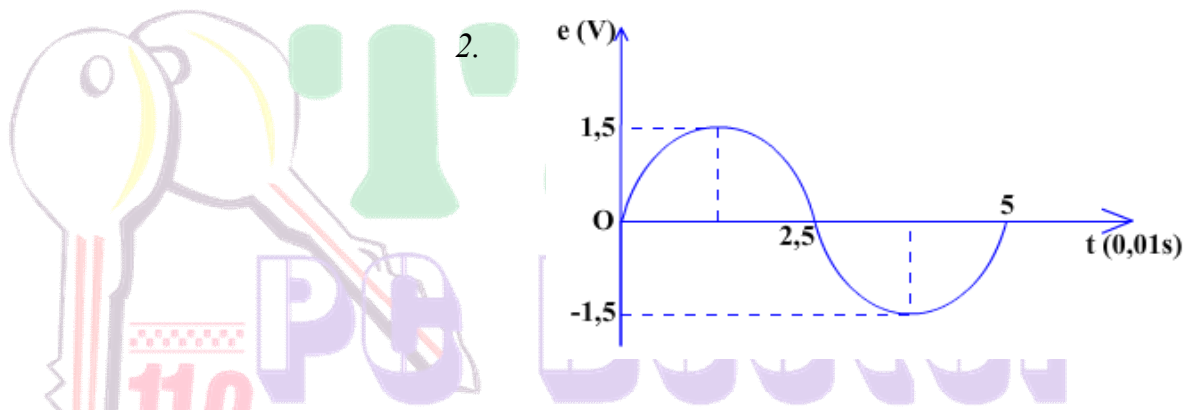
Bài 2. Một khung dây diện tích S , điện trở R quay đều với tốc độ góc ω trong từ trường đều với vectơ cảm ứng từ \vec{B} , khung quay xung quanh trục vuông góc với đường sức từ. Bỏ qua độ tự cảm của khung. Tính nhiệt lượng tỏa ra khi khung quay được n vòng.

Đáp số: $Q = \frac{\pi n B^2 S^2 \omega}{R}$.

Bài 3. Một khung dây dẫn gồm $N = 100$ vòng quấn nối tiếp, diện tích mỗi vòng dây là $S = 60 \text{ cm}^2$. Khung dây quay đều với tần số 20 vòng/s, trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 2 \cdot 10^{-2} \text{ T}$. Trục quay của khung vuông góc với \vec{B} .

1. Lập biểu thức của suất điện động cảm ứng tức thời.
2. Vẽ đồ thị biểu diễn suất điện động cảm ứng tức thời theo thời gian.

Đáp số: 1. $e = 1,5 \cos(40\pi t - \frac{\pi}{2}) \text{ V}$



Bài 4. Một khung dây dẫn có $N = 100$ vòng dây quấn nối tiếp, mỗi vòng có diện tích $S = 50 \text{ cm}^2$. Khung dây được đặt trong từ trường đều $B = 0,5 \text{ T}$. Lúc $t = 0$, vectơ pháp tuyến của khung dây hợp với \vec{B} góc $\varphi = \frac{\pi}{3}$. Cho khung dây quay đều quanh trục Δ (trục Δ đi qua tâm và song song với một cạnh của khung) vuông góc với \vec{B} với tần số 20 vòng/s. Chứng tỏ rằng trong khung xuất hiện suất điện động cảm ứng e và tìm biểu thức của e theo t .

Đáp số: $e = 31,42 \cos(40\pi t - \frac{\pi}{6}) \text{ V}$

Bài 5. Khung dây gồm $N = 250$ vòng quay đều trong từ trường đều có cảm ứng từ $B = 2 \cdot 10^{-2} \text{ T}$. Vectơ cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với trục quay của khung. Diện tích của mỗi vòng dây là $S = 400 \text{ cm}^2$. Biên độ của suất điện động cảm ứng trong khung là $E_0 = 4\pi \text{ (V)} \approx 12,56 \text{ (V)}$.

Chọn gốc thời gian ($t = 0$) lúc pháp tuyến của khung song song và cùng chiều với \vec{B} .

1. Viết biểu thức của suất điện động cảm ứng e theo t .

- Xác định giá trị của suất điện động cảm ứng ở thời điểm $t = \frac{1}{40}$ s.
- Xác định thời điểm suất điện động cảm ứng có giá trị $e = \frac{E_0}{2} = 6,28$ V.

Đáp số: 1. $e = 12,56 \cos(20\pi t - \frac{\pi}{2})$ V

2. 12,56 V

3.
$$\begin{cases} t = \frac{1}{120} + \frac{k}{10} \text{ s} \\ t = \frac{1}{24} + \frac{k}{10} \text{ s} \end{cases}$$

Bài 6. Một con lắc đơn gồm một dây kim loại nhẹ có đầu trên I cố định, đầu dưới treo quả cầu nhỏ C bằng kim loại. Chiều dài của dây là $l = 1$ m.

- Kéo C ra khỏi vị trí cân bằng góc $\alpha_0 = 0,1$ rad rồi buông cho C dao động tự do. Lập biểu thức tính góc α hợp bởi dây treo và phương thẳng đứng theo thời gian t .
- Con lắc dao động trong từ trường đều có \vec{B} vuông góc với mặt phẳng dao động của con lắc. Cho $B = 0,5$ T, chứng tỏ giữa I và C có một hiệu điện thế u . Lập biểu thức của u theo thời gian t .

Đáp số: 1. $\alpha = 0,1 \cos(\pi t)$ rad

2. - Diện tích hình quạt: $S = \frac{\alpha_0 l^2}{2}$

- Biểu thức: $u = e = 0,079 \sin \pi t$ V

CHUYÊN ĐỀ 2. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU KHÔNG PHÂN NHÁNH

A. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Biểu thức u, i

Trong một đoạn mạch xoay chiều MN nào đó, biểu thức của điện áp giữa hai đầu đoạn mạch và cường độ dòng điện qua nó có dạng:

$$u = U_0 \cos(\omega t + \varphi_u) \text{ (V)}$$

$$i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i) \text{ (A)}$$

Trong đó, u là điện áp tức thời giữa hai điểm M và N, i là cường độ dòng điện tức thời, với quy ước chiều dương là chiều tính điện áp tức thời (từ M đến N), ω là tần số góc; U_0, I_0 là các biên độ; φ_u, φ_i là các pha ban đầu tương ứng của điện áp và cường độ dòng điện.

Tần số f và chu kỳ T của dòng điện xoay chiều có mối liên hệ với tần số góc ω giống như ở các dao động cơ học.

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

Đại lượng $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ gọi là độ lệch pha của u so với i .

Nếu $\varphi > 0$ thì u sớm pha hơn i .

Nếu $\varphi < 0$ thì u trễ pha hơn i .

Nếu $\varphi = 0$ thì u đồng pha với i .

2. Các giá trị hiệu dụng

- Hiệu điện thế hiệu dụng: $U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$

- Cường độ dòng điện hiệu dụng: $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$

- Suất điện động hiệu dụng: $E = \frac{E_0}{\sqrt{2}}$

Các giá trị hiệu dụng của dòng điện xoay chiều được đo bằng các dụng cụ đo: Vôn kế đo hiệu điện thế hiệu dụng, Ampe kế đo cường độ dòng điện hiệu dụng. Các chỉ số trên các thiết bị điện hay dụng cụ điện hay đồ dùng điện là các giá trị hiệu dụng (chỉ số trên dây điện, bóng đèn... là các giá trị hiệu dụng).

3. Biểu diễn u và i bằng vectơ quay (Giản đồ Fre - nen)

Tương tự đối với các dao động cơ học, người ta cũng biểu diễn các dao động điện từ bằng các vectơ quay. Cường độ dòng điện i và điện áp u được biểu diễn bằng các vectơ quay tương ứng:

$$u = U_0 \cos(\omega t + \varphi_u) \leftrightarrow \vec{U}$$

$$i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i) \leftrightarrow \vec{I}$$

Các vectơ \vec{U} và \vec{I} có độ dài tương ứng tỉ lệ với các giá trị hiệu dụng U, I và quay ngược chiều kim đồng hồ (quy ước là chiều dương) quanh gốc O với tốc độ góc bằng tần số góc ω của dòng điện. Ở thời điểm $t = 0$, chúng có phương hợp với trục Ox (trục pha) một góc bằng pha ban đầu của đại lượng tương ứng. Góc hợp bởi vectơ \vec{U} và \vec{I} bằng độ lệch pha φ của u và i tương ứng.

4. Dòng điện xoay chiều trong đoạn mạch chỉ có R, L, C

a. Mạch điện xoay chiều chỉ có điện trở thuần

Đặt điện áp $u_R = U_{0R} \cos \omega t$ (V) vào hai đầu đoạn mạch chỉ có điện trở thuần R như hình vẽ:

Khi đó dòng điện chạy trong mạch biến thiên cùng pha, cùng tần số với điện áp: $i = \frac{u_R}{R} = I_{0R} \cos \omega t$ (A).

Trong đó: $I_{0R} = \frac{U_{0R}}{R}$; $I = \frac{U_R}{R}$

- Giảm đồ vector:

Độ lệch pha giữa u_R và i : $\varphi = \varphi_{u_R} - \varphi_i = 0$

- Định luật Ôm:

$$\text{Dạng tức thời: } i = \frac{u_R}{R}$$

$$\text{Dạng cực đại: } I_{0R} = \frac{U_{0R}}{R}$$

$$\text{Dạng hiệu dụng: } I = \frac{U_R}{R}$$

Chú ý: bóng đèn có dây tóc nóng sáng, bếp điện, dây nung, bàn là điện thường được coi là điện trở thuần khi mắc vào mạch điện xoay chiều.

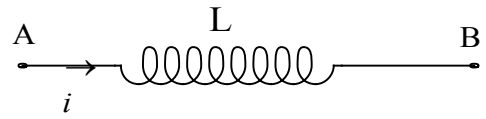
Đoạn mạch có điện trở thuần cho dòng điện không đổi (dòng điện một chiều) đi qua, với giá trị của dòng điện là $I = \frac{U}{R}$.

b. Mạch điện xoay chiều chỉ có cuộn dây thuần cảm

Đặt điện áp $u_L = U_{0L} \cos \omega t$ (V) vào hai đầu đoạn mạch chỉ có cuộn dây thuần cảm có độ tự cảm L như hình vẽ:

Cảm kháng: $Z_L = L\omega$

Khi đó dòng điện chạy trong mạch biến thiên cùng tần số, trễ pha hơn điện áp một góc $\frac{\pi}{2}$:



$$i = I_{0L} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ (A)}$$

Trong đó: $I_{0L} = \frac{U_{0L}}{Z_L}$; $I_L = \frac{U_L}{Z_L}$

- Giản đồ vector:

Độ lệch pha giữa u_L và i : $\varphi = \varphi_{u_L} - \varphi_i = \frac{\pi}{2}$ (u_L sớm pha hơn i một góc $\frac{\pi}{2}$).

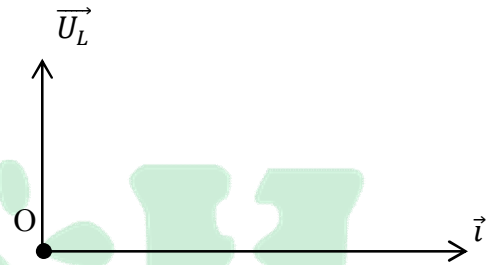
- Định luật Ôm:

Dạng cực đại: $I_{0L} = \frac{U_{0L}}{Z_L}$

Dạng hiệu dụng: $I_L = \frac{U_L}{Z_L}$

- Hệ thức độc lập thời gian giữa u_L và i

Ta có:
$$\begin{cases} u_L = U_{0L} \cos \omega t \\ i = I_{0L} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = I_{0L} \sin \omega t \end{cases}$$



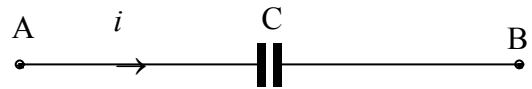
Khử t, ta được phương trình độc lập thời gian: $\frac{u_L^2}{U_{0L}^2} + \frac{i^2}{I_{0L}^2} = 1$

Chú ý: Cuộn thuần cảm L cho dòng điện không đổi đi qua hoàn toàn (không cản trở - khi có dòng điện không đổi đi qua, cuộn dây như một dây dẫn bình thường). Trong mạch điện xoay chiều, cuộn dây có tác dụng cản trở dòng điện có tần số cao đi qua.

c. Mạch điện xoay chiều chỉ có tụ điện

Đặt điện áp $u_C = U_{0C} \cos \omega t$ (V) vào hai đầu đoạn mạch chỉ có tụ điện có điện dung C như hình vẽ:

Dung kháng: $Z_C = \frac{1}{C\omega}$



Khi đó dòng điện chạy trong mạch biến thiên cùng tần số, sớm pha hơn điện áp một góc $\frac{\pi}{2}$:

$$i = I_{0C} \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (A)}$$

Trong đó: $I_{0C} = \frac{U_{0C}}{Z_C}$; $I_C = \frac{U_C}{Z_C}$

- Giản đồ vector:

Độ lệch pha giữa u_C và i : $\varphi = \varphi_{u_C} - \varphi_i = -\frac{\pi}{2}$ (u_C trễ pha hơn i một góc $\frac{\pi}{2}$).

- Định luật Ôm:

Dạng cực đại: $I_{0C} = \frac{U_{0C}}{Z_C}$

Dạng hiệu dụng: $I_C = \frac{U_C}{Z_C}$

- Hệ thức độc lập thời gian giữa u_C và i

Ta có:
$$\begin{cases} u_C = U_{0C} \cos \omega t \\ i = I_{0C} \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = -I_{0C} \sin \omega t \end{cases}$$

Khử t , ta được phương trình độc lập thời gian: $\frac{u_C^2}{U_{0C}^2} + \frac{i^2}{I_{0C}^2} = 1$

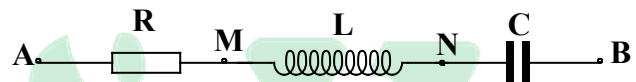


Chú ý: Tụ điện C không cho dòng điện không đổi đi qua (cản trở hoàn toàn). Trong mạch điện xoay chiều, tụ điện có tác dụng cản trở dòng điện có tần số thấp đi qua.

5. Đoạn mạch RLC không phân nhánh

Xét đoạn mạch như hình vẽ.

Đặt vào hai đầu A, B của đoạn mạch một điện áp xoay chiều u có tần số góc ω . Khi đó trong mạch có dòng điện i chạy qua, giả sử i có biểu thức $i = I_0 \cos \omega t$. Khi đó, dựa vào tính chất của các đoạn mạch chỉ có R, L, C ta viết được biểu thức điện áp tức thời giữa hai đầu mỗi phần tử như sau:



$$u_R = u_{AM} = U_{oR} \cos \omega t$$

$$u_L = u_{MN} = U_{oL} \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

$$u_C = u_{NB} = U_{oC} \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

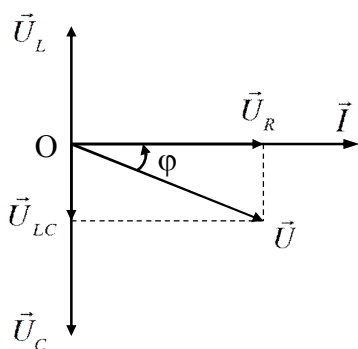
Vì các phần tử trong mạch mắc nối tiếp nên điện áp tức thời giữa hai đầu A, B là:

$$u = u_R + u_L + u_C$$

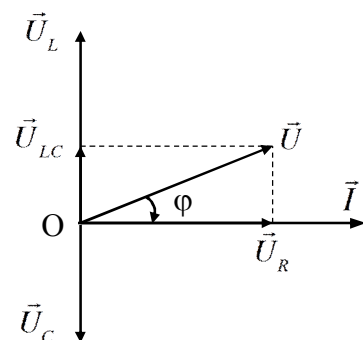
Vì các điện áp thành phần là dao động điều hoà với tần số góc ω nên u cũng là một dao động điều hoà. Dùng phương pháp vector quay ta biểu diễn phương trình trên dưới dạng:

$$\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$$

Giản đồ Fre-nen:



Với $U_C > U_L$ ($Z_C > Z_L$)



Với $U_C < U_L$ ($Z_C < Z_L$)

Dựa vào giản đồ ta được:

- Điện áp: $U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$
- Tổng trở: $Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}$
- Công thức định luật Ôm: $I = \frac{U}{Z} = \frac{U_R}{R} = \frac{U_L}{Z_L} = \frac{U_C}{Z_C} = \frac{U_{MN}}{Z_{MN}}$

Độ lệch pha giữa u và i : $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$

$$\tan\varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{U_L - U_C}{U_R} \quad \text{với } -\frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$$

+ Khi $Z_L > Z_C$ (Mạch có tính cảm kháng) hay $\omega > \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \varphi > 0$ thì u nhanh pha hơn i .

+ Khi $Z_L < Z_C$ (Mạch có tính dung kháng) hay $\omega < \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \varphi < 0$ thì u chậm pha hơn i .

+ Khi $Z_L = Z_C$ hay $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \varphi = 0$ thì u cùng pha với i . Lúc đó $I_{max} = \frac{U}{R}$ gọi là hiện tượng cộng hưởng điện.

6. Cộng hưởng điện

- Nếu giữ nguyên điện áp hiệu dụng U giữa hai đầu đoạn mạch và thay đổi tần số góc ω đến giá trị sao cho $\omega L = \frac{1}{LC}$ thì có hiện tượng đặc biệt xảy ra trong mạch, gọi là hiện tượng cộng hưởng điện. Khi đó:

- + Tổng trở của mạch đạt giá trị cực tiểu: $Z_{min} = R$
- + Cường độ dòng điện trong mạch đạt cực đại: $I_{max} = \frac{U}{R}$
- + Các điện áp giữa hai bản tụ điện và hai đầu cuộn cảm có biên độ bằng nhau nhưng ngược pha nhau nên triệt tiêu lẫn nhau. Điện áp giữa hai đầu điện trở R bằng điện áp giữa hai đầu đoạn mạch.
- + Cường độ dòng điện trong mạch và điện áp giữa hai đầu đoạn mạch biến đổi đồng pha nhau ($\varphi = 0$).
- + Công suất tiêu thụ của mạch đạt giá trị cực đại: $P_{max} = I_{max}^2 R$; hệ số công suất $\cos\varphi = 1$
- Điều kiện xảy ra hiện tượng cộng hưởng là: $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

7. Công suất của dòng điện xoay chiều. Hệ số công suất

- Công suất tức thời: Cho dòng điện xoay chiều $i = I_0 \cos \omega t$ chạy qua mạch RLC nối tiếp. Điện áp hai đầu đoạn mạch có biểu thức: $u = U_0 \cos(\omega t + \varphi_u)$ thì công suất tiêu thụ của đoạn mạch ở thời điểm bất kì gọi là công suất tức thời:

$$p = u \cdot i = U_0 I_0 \cos \omega t \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

Thay $U_0 = U\sqrt{2}$ và $I_0 = I\sqrt{2}$ và biến đổi ta được:

$$p = UI\cos\varphi + UI\cos(2\omega t + \varphi)$$

- Công suất trung bình: $\mathcal{P} = \bar{p} = UI\cos\varphi$

Với $\cos\varphi$ là hệ số công suất: $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$

Công suất trung bình có thể viết là: $\mathcal{P} = UI\cos\varphi = I^2R$

Đối với đoạn mạch chỉ có cuộn cảm thuần ($\varphi = \frac{\pi}{2}$), hoặc chỉ có tụ điện ($\varphi = -\frac{\pi}{2}$), hoặc mạch gồm cuộn cảm thuần mắc với tụ điện, thì $\cos\varphi = 0$, công suất $\mathcal{P} = 0$. Các mạch này không tiêu thụ công suất.

Đối với đoạn mạch có R, L, C mắc nối tiếp, điện năng chỉ tiêu thụ trên điện trở R.

Trong đoạn mạch xoay chiều bất kì, điện năng tiêu thụ chuyển một phần thành nhiệt, một phần thành các dạng năng lượng khác (cơ năng, hoá năng...) nên biểu thức của định luật bảo toàn năng lượng có dạng:

$$UI\cos\varphi = I^2R + \mathcal{P}'$$

Trong đó I^2R là công suất điện năng chuyển thành nhiệt năng trên điện trở thuần, \mathcal{P}' là công suất điện năng chuyển thành các dạng năng lượng khác nhiệt năng (như cơ năng, hoá năng...).

Ý nghĩa của hệ số công suất $\cos\varphi$ trong mạch điện xoay chiều R, L, C:

Hệ số công suất $\cos\varphi$ có giá trị từ 0 đến 1 và có ý nghĩa quan trọng. Với cùng một điện áp U và cường độ dòng điện I , nếu đoạn mạch có $\cos\varphi$ càng lớn thì công suất \mathcal{P} của dòng điện càng lớn. Nếu $\cos\varphi$ nhỏ, để công suất cũng vẫn bằng \mathcal{P} , điện áp là U thì cường độ dòng điện $I = \frac{\mathcal{P}}{U\cos\varphi}$ phải có giá trị lớn, khi đó hao phí vì nhiệt toả ra trên dây dẫn lớn hơn. Đó là điều nên tránh.

B. MỘT SỐ DẠNG BÀI TẬP CƠ BẢN

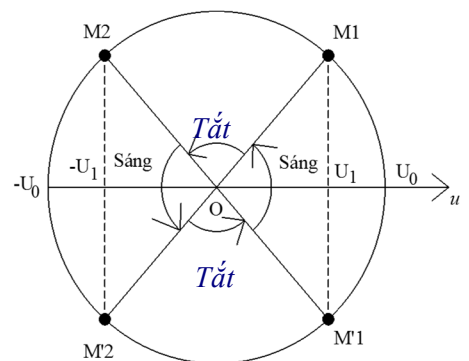
Dạng 1. Thời gian đèn huỳnh quang sáng trong một chu kỳ

Khi đặt điện áp $u = U_0\cos(\omega t + \varphi_u)$ vào hai đầu bóng đèn huỳnh quang, đèn chỉ sáng lên khi hiệu điện thế giữa hai đầu bóng đèn không nhỏ hơn một giá trị U_1 nào đó.

Khi đó ta có: $|u| \geq U_1$.

$$\Delta t = \frac{4\Delta\varphi}{\omega} \text{ Với } \cos\Delta\varphi = \frac{U_1}{U_0}, (0 < \Delta\varphi < \pi/2)$$

Để xác định thời gian đèn sáng trong thời gian t bất kì, ta xét xem trong khoảng thời gian t đó, dòng điện thực hiện được bao nhiêu chu kỳ.



BÀI TẬP

Bài 1. Một đèn ống mắc vào mạng điện xoay chiều 200 V – 50 Hz. Đèn sáng khi hiệu điện thế tức thời giữa hai đầu đèn $|u| \geq 100\sqrt{2}$ V. Xác định khoảng thời gian đèn sáng trong một chu kì.

Đáp số: $t_s = \frac{1}{75}$ s.

Bài 2. Một đèn Neon được đặt dưới hiệu điện thế xoay chiều có dạng $u = 100\cos 100\pi t$ (V). Đèn sẽ tắt nếu hiệu điện thế tức thời đặt vào đèn có giá trị nhỏ hơn hoặc bằng $50\sqrt{2}$ V. Tính thời gian đèn tắt trong mỗi nửa chu kì của dòng điện xoay chiều.

Đáp số:

Bài 3. Một đèn ống mắc vào mạng điện xoay chiều 100 V – 50 Hz. Đèn sáng khi hiệu điện thế tức thời giữa hai đầu đèn có giá trị $|u| \geq 50$ V. Tính tỉ lệ thời gian đèn sáng và tắt trong một chu kì?

Đáp số:

Bài 4. Một đèn Neon mắc với mạng điện xoay chiều có điện áp hiệu dụng 220 V và tần số 50 Hz. Biết đèn chỉ sáng khi điện áp giữa hai cực không nhỏ hơn 155 V.

1. Trong một giây, bao nhiêu lần đèn sáng? Bao nhiêu lần đèn tắt?
2. Tính tỉ số giữa thời gian đèn sáng và thời gian đèn tắt trong một chu kì của dòng điện?

Đáp số: 1. 100 lần đèn sáng, 100 lần đèn tắt.

2. 2/3

Bài 5. Một đèn ống huỳnh quang được đặt dưới hiệu điện thế xoay chiều có giá trị cực đại là 127 V và tần số 50 Hz. Biết đèn chỉ sáng lên khi hiệu điện thế tức thời đặt vào đèn $|u| \geq 90$ V. Tính trung bình thời gian đèn sáng trong mỗi phút.

Đáp số: 30 s

Dạng 2. Viết biểu thức hiệu điện thế và cường độ dòng điện

Mạch điện xoay chiều gồm các phần tử R, L, C mắc nối tiếp.

- Biểu thức của u: $u = U_0 \cos(\omega t + \varphi_u)$

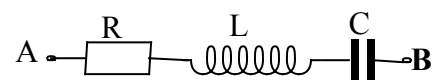
- Biểu thức của i: $i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i)$

- Các công thức liên hệ:

Cảm kháng: $Z_L = L\omega = 2\pi fL$;

Dung kháng: $Z_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{2\pi fC}$

Tổng trở: $Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}$



Định luật Ôm:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U_R}{R} = \frac{U_L}{Z_L} = \frac{U_C}{Z_C} = \frac{U_{MN}}{Z_{MN}}$$

Với U_{MN} là hiệu điện thế giữa hai điểm M, N bất kì; Z_{MN} là tổng trở của đoạn M, N đó.

Hiệu điện thế hiệu dụng:

$$U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}; U_R = \frac{U_{0R}}{\sqrt{2}}; U_L = \frac{U_{0L}}{\sqrt{2}}; U_C = \frac{U_{0C}}{\sqrt{2}}.$$

Liên hệ giữa các hiệu điện thế:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

$$U_0 = \sqrt{U_{0R}^2 + (U_{0L} - U_{0C})^2}$$

Độ lệch pha giữa u và i là: $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$; với:

$$\tan \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{U_L - U_C}{U_R}$$

+ Khi $Z_L > Z_C$ (Mạch có tính cảm kháng) hay $\omega > \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \varphi > 0$ thì u nhanh pha hơn i.

+ Khi $Z_L < Z_C$ (Mạch có tính dung kháng) hay $\omega < \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \varphi < 0$ thì u chậm pha hơn i.

+ Khi $Z_L = Z_C$ hay $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \varphi = 0$ thì u cùng pha với i. Lúc đó $I_{\max} = \frac{U}{R}$ gọi là hiện tượng cộng hưởng điện.

- Trong đoạn mạch điện xoay chiều, nếu thiếu phần tử nào (R, L hoặc C) khi tính tổng trở hoặc độ lệch pha thì cho trở kháng của phần tử đó bằng 0: Thiếu R cho $R = 0$; thiếu L thì cho $Z_L = 0$; thiếu C thì cho $Z_C = 0$.

- Các công thức cần nhớ:

$$\tan \varphi = 0 \Rightarrow \varphi = 0 \text{ (rad)}$$

$$\tan \varphi = +\infty \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2} \text{ (rad)}$$

$$\tan \varphi = -\infty \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2} \text{ (rad)}$$

- Nếu bài toán cho biểu thức của u (hay i) viết biểu thức của i (hay u) thì ta làm bình thường, nếu bài toán cho biểu thức u_{MN} của đoạn MN bất kì bắt viết i thì ta áp dụng các công thức trên với:

$$I_0 = \frac{U_{0MN}}{Z_{MN}}; \text{ Với } Z_{MN} = \sqrt{R_{MN}^2 + (Z_L - Z_C)_{MN}^2}; Z_L = L\omega; Z_C = \frac{1}{C\omega}$$

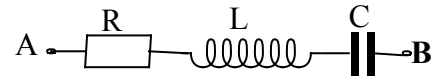
Độ lệch pha giữa u_{MN} và i là: $\varphi_{MN} = \varphi_{u_{MN}} - \varphi_i$ với $\tan \varphi_{MN} = \frac{(Z_L - Z_C)_{MN}}{R_{MN}}$

- Bài toán có thể cho biểu thức u_{MN} rồi yêu cầu viết u: Ta viết i trước sau đó viết u.

- Trong mọi trường hợp: Để viết biểu thức của u_{MN} bất kì ta đều phải viết biểu thức của i trước.

BÀI TẬP

Bài 1. Cho mạch điện như hình vẽ:



Điện trở thuần $R = 50 \Omega$, cuộn dây thuần cảm có độ tự cảm $L = \frac{1}{\pi} H$ và tụ điện $C = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{\pi} F$. Biết dòng điện đi qua mạch có biểu thức $i = \sqrt{2} \cos 100\pi t A$.

1. Tính tổng trở của đoạn mạch.
2. Viết biểu thức hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch A, B.
3. Viết biểu thức hiệu điện thế giữa hai đầu mỗi phần tử R, L, C.

Đáp số: 1. $Z = 50\sqrt{2} \Omega$

2. $u = 100 \cos \left(100\pi t + \frac{\pi}{4} \right) V$

3. $u_R = 50\sqrt{2} \cos(100\pi t) V$

$u_L = 1000\sqrt{2} \cos \left(100\pi t + \frac{\pi}{2} \right) V$

$u_C = 50\sqrt{2} \cos \left(100\pi t - \frac{\pi}{2} \right) V$

Bài 2. Đặt một hiệu điện thế $u = 120\sqrt{2} \cos 100\pi t (V)$ vào hai đầu đoạn mạch gồm một bóng đèn chỉ có điện trở thuần $R = 300 \Omega$ và một tụ điện có điện dung $C = 7,95 (\mu F)$ mắc nối tiếp với nhau. Viết biểu thức:

1. Cường độ dòng điện trong mạch.
2. Hiệu điện thế giữa hai đầu bóng đèn và hai đầu tụ.

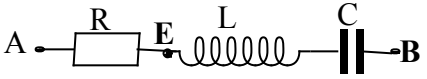
Lấy $\frac{1}{\pi} = 0,318$ và $\tan 53^\circ = \frac{4}{3}$.

Đáp số: 1. $i = 0,24\sqrt{2} \cos \left(100\pi t + \frac{53\pi}{180} \right) A$

2. $u_d = 72\sqrt{2} \cos \left(100\pi t + \frac{53\pi}{180} \right) V$

$u_C = 96\sqrt{2} \cos \left(100\pi t - \frac{37\pi}{180} \right) V$

Bài 3. Cho mạch điện như hình vẽ:

Điện trở $R = 30 \Omega$; cuộn dây thuần cảm $L = \frac{0,2}{\pi} (H)$; 

tụ điện có điện dung $C = \frac{10^{-3}}{6\pi} (F)$. Biết hiệu điện thế giữa hai đầu E, B là:

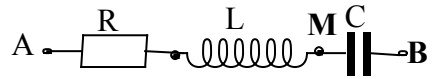
$$u_{EB} = 80 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{4}\right) (V).$$

- Viết biểu thức cường độ dòng điện chạy trong mạch.
- Lập biểu thức hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch.

Đáp số:

- $i = 2 \cos\left(100\pi t + \frac{3\pi}{4}\right) A$
- $u = 100 \cos\left(100\pi t + \frac{82\pi}{180}\right) V$

Bài 4. Giữa hai điểm A, B có điện trở thuần $R = 100 \Omega$, cuộn dây chỉ có $L = \frac{1}{\pi} H$ và tụ $C = \frac{10^{-4}}{2\pi} F$ mắc nối tiếp như hình vẽ:



Biểu thức hiệu điện thế tức thời giữa A và M là: $u_{AM} = 200 \cos 100\pi t V$.

Viết biểu thức hiệu điện thế u_{AB} .

Đáp số: $u = 200 \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right) V$

Bài 5 (ĐH Thủy Sản Nha Trang – 1997). Một đoạn mạch gồm điện trở thuần R , cuộn dây thuần cảm L và tụ điện C được mắc nối tiếp. Biểu thức cường độ dòng điện qua mạch là $i = I_0 \cos 100\pi t A$.

Cho $U_R = 100 V$; $U_L = 120 V$; $U_C = 20 V$ lần lượt là hiệu điện thế hiệu dụng giữa hai đầu điện trở R , cuộn cảm L và tụ điện C . Viết biểu thức u giữa hai đầu đoạn mạch.

Đáp số: $u = 200 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{4}\right) V$

Bài 6. Cho mạch điện xoay chiều hình sin:

$$\begin{cases} R = 70 \Omega \\ L = \frac{1,2}{\pi} H \approx \frac{1,2}{\pi} H, r = 90 \Omega \\ u_{AB} = 200\sqrt{2} \cos(100\pi t) (V) \end{cases}$$

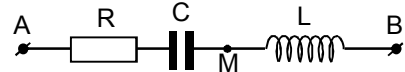
Hãy lập biểu thức của:

- Cường độ tức thời trong mạch.
- Điện áp tức thời giữa hai đầu cuộn dây.

Đáp số:

- $i = \sqrt{2} \cos\left(100\pi t - \frac{37\pi}{180}\right) A$
- $u_d = 150\sqrt{2} \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right) V$

Bài 7. Cho mạch điện xoay chiều hình sin R, L, C mắc nối tiếp: $R = 10 \Omega$, cuộn dây có $r = 0 \Omega$. Cho điện áp hai đầu đoạn mạch: $u = 100\sqrt{2} \cos 100\pi t (V)$. Dòng điện trong mạch chậm pha hơn u_{AB} góc $\frac{\pi}{4}$ và nhanh pha hơn u_{AM} góc $\frac{\pi}{4}$.



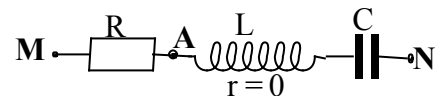
1. Lập biểu thức i .
2. Lập biểu thức u_{AM} .

Đáp số: 1. $i = 10 \cos \left(100\pi t - \frac{\pi}{4} \right) A$

2. $u_{AM} = 100\sqrt{2} \cos \left(100\pi t - \frac{\pi}{2} \right) A$

Bài 8. Cho mạch điện như hình vẽ:

$\cos \varphi = \frac{\sqrt{3}}{2}$; $u_{MN} = 100\sqrt{2} \cos \left(100\pi t + \frac{\pi}{6} \right) (V)$;



$Z_L = 100\Omega$.

Viết biểu thức u_{AN} ?

Đáp số: $u_{AN} = 50\sqrt{2} \cos \left(100\pi t + \frac{\pi}{2} \right) V$

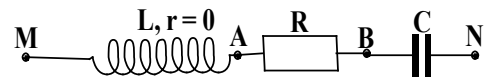
Hoặc:

$u_{AN} = 50\sqrt{2} \cos \left(100\pi t - \frac{\pi}{6} \right) V$

Bài 9. Cho vào mạch điện như hình vẽ, một dòng điện xoay chiều có cường độ $i = I_0 \cos 100\pi t (A)$. Khi đó u_{MB} và u_{AN} vuông pha nhau, và

$u_{MB} = 100\sqrt{2} \cos \left(100\pi t + \frac{\pi}{3} \right) (V)$.

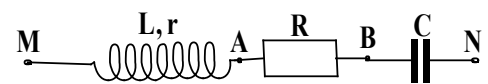
Hãy viết biểu thức u_{AN} và tìm hệ số công suất của mạch MN?



Đáp số: $u_{AN} = 100 \sqrt{\frac{2}{3}} \cos \left(100\pi t - \frac{\pi}{6} \right) (V)$; $\cos \varphi = \sqrt{\frac{3}{7}}$

Bài 10. Cho mạch điện như hình vẽ:

$\cos \varphi = \frac{1}{2}$; $u_{AB} = 100\sqrt{2} \cos 100\pi t (V)$;



$u_{MA} = 200\sqrt{2} \cos \left(100\pi t + \frac{\pi}{3} \right) (V)$.

Viết biểu thức u_C ?

Đáp số: $u_C = 300\sqrt{6} \cos \left(100\pi t - \frac{\pi}{2} \right) (V)$