

# 14

## MẠCH CÓ $R, L, C$ MẮC NỐI TIẾP

Bài 13 nghiên cứu các mạch điện xoay chiều sơ cấp chỉ gồm một loại phần tử (điện trở, tụ điện hay cuộn cảm). Trong bài này, chúng ta nghiên cứu các mạch điện xoay chiều gồm các phần tử khác loại mắc nối tiếp với nhau.

### I - PHƯƠNG PHÁP GIẢN ĐỒ FRE-NEN

#### 1. Định luật về điện áp tức thời

Tại một thời điểm xác định, dòng điện trong mạch xoay chiều chạy theo một chiều nào đó, nghĩa là tại thời điểm ấy dòng điện là dòng một chiều. Vì vậy ta có thể áp dụng các định luật về dòng điện một chiều cho các giá trị tức thời của dòng điện xoay chiều. Cụ thể là *trong mạch xoay chiều gồm nhiều đoạn mạch mắc nối tiếp thì điện áp tức thời giữa hai đầu của mạch bằng tổng đại số các điện áp tức thời giữa hai đầu của từng đoạn mạch ấy.*


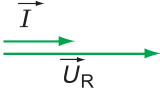

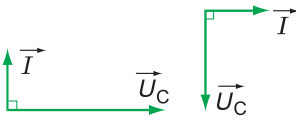

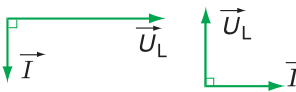


**C1** Hãy nhắc lại định luật về hiệu điện thế trong mạch điện một chiều gồm nhiều điện trở mắc nối tiếp.

#### 2. Phương pháp giản đồ Fre-nen


Theo các quy tắc nêu ở trên, khi giải các mạch điện xoay chiều, ta phải cộng (đại số) các điện áp tức thời. Chúng đều là những đại lượng xoay chiều hình sin cùng tần số. Theo phương pháp giản đồ Fre-nen đã trình bày ở bài 5, ta có thể biểu diễn các đại lượng  $u, i$  đối với từng đoạn mạch ở bài 13 như Bảng 14.1.

**Bảng 14.1**

Mạch	Các vectơ quay $\vec{U}$ và $\vec{I}$	Định luật Ôm
 $u, i$ cùng pha		$U_R = RI$
 $u$ trễ $\frac{\pi}{2}$ so với $i$ $i$ sớm $\frac{\pi}{2}$ so với $u$		$U_C = Z_C I$
 (thuần) $u$ sớm $\frac{\pi}{2}$ so với $i$ $i$ trễ $\frac{\pi}{2}$ so với $u$		$U_L = Z_L I$

Phép cộng đại số các đại lượng xoay chiều hình sin (cùng tần số) được thay thế bằng *phép tổng hợp các vectơ quay tương ứng*.

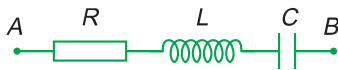
Các thông tin về tổng đại số phải tính (giá trị hiệu dụng, độ lệch pha) được hoàn toàn xác định bằng các tính toán trên giản đồ Fre-nen tương ứng.

 Hãy giải thích vị trí tương hỗ của các vectơ quay  $\vec{U}$  và  $\vec{I}$  trong Bảng 14.1.



## II - MẠCH CÓ $R, L, C$ MẮC NỐI TIẾP

### 1. Định luật Ôm cho đoạn mạch có $R, L, C$ mắc nối tiếp. Tổng trở



Hình 14.1

Ta hãy tìm hệ thức giữa  $U$  và  $I$  của một mạch gồm một điện trở  $R$ , một cuộn cảm thuần  $L$  và một tụ điện  $C$  mắc nối tiếp (H.14.1). Cho biết điện áp tức thời giữa hai đầu đoạn mạch :

$$u = U\sqrt{2}\cos\omega t.$$

Hệ thức giữa các điện áp tức thời trong mạch :

$$u = u_R + u_L + u_C$$

Nếu biểu diễn các điện áp tức thời bằng các vectơ quay thì hệ thức đại số ở trên sẽ chuyển thành hệ thức vectơ :

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

trong đó :  $U_R = RI$  ;  $U_L = Z_L I$  ;  $U_C = Z_C I$

và  $\vec{U}_R // \vec{I}$  ;  $\vec{U}_L \perp \vec{I}$  ;  $\vec{U}_C \perp \vec{I}$

Ta nhận thấy hai vectơ  $\vec{U}_L$  và  $\vec{U}_C$  cùng phương (cùng vuông góc với vectơ  $\vec{I}$ ) và ngược chiều nhau, vậy ta tổng hợp hai vectơ đó trước :

$$\text{Đặt : } \vec{U}_{LC} = \vec{U}_L + \vec{U}_C$$

$$\text{Ta có : } U_{LC} = |Z_L - Z_C| I$$

Giả sử  $U_C > U_L$  hay  $Z_C > Z_L$ , ta có giản đồ Fre-nen vẽ ở Hình 14.2. Theo giản đồ này, ta có :

$$\begin{aligned} U^2 &= U_R^2 + U_{LC}^2 \\ &= \left[ R^2 + (Z_L - Z_C)^2 \right] I^2 \end{aligned}$$

nghĩa là :

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}} = \frac{U}{Z} \quad (14.1)$$

$$\text{với } Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} \quad (14.2)$$

gọi là *tổng trở* của mạch.

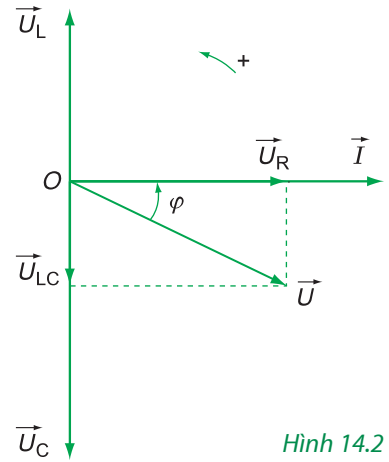
Nếu  $U_L > U_C$  hay  $Z_L > Z_C$ , thì ta có giản đồ Fre-nen vẽ ở Hình 14.3 và các công thức (14.1), (14.2) vẫn đúng.

### C3

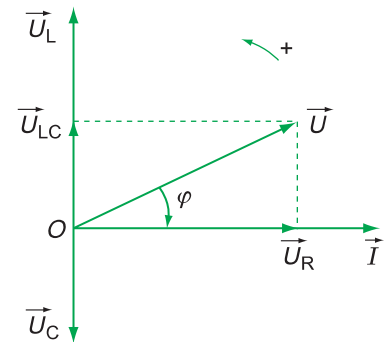
Công thức (14.1) diễn tả định luật Ôm trong mạch có  $R, L, C$  mắc nối tiếp.

**Cường độ hiệu dụng trong một mạch điện xoay chiều có  $R, L, C$  mắc nối tiếp có giá trị bằng thương số của điện áp hiệu dụng của mạch và tổng trở của mạch :**

$$I = \frac{U}{Z} \quad (14.3)$$



Hình 14.2



Hình 14.3

**C3** Chứng minh các hệ thức (14.1), (14.2) cho trường hợp  $U_L > U_C$ .

## 2. Độ lệch pha giữa điện áp và dòng điện

Góc lệch pha  $\varphi$  giữa điện áp và cường độ dòng điện được vẽ trên các Hình 14.2 và 14.3. Căn cứ vào các hình vẽ này, ta có ngay kết quả :

$$\tan |\varphi| = \frac{U_{LC}}{U_R}$$

Nếu chú ý đến dấu của  $\varphi$  hoặc  $\tan \varphi$ , ta có thể viết :

$$\tan \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{Z_L - Z_C}{R} \quad (14.4)$$

trong đó,  $\varphi$  là độ lệch pha của  $u$  đối với  $i$ .

Nếu  $Z_L > Z_C$  thì  $\varphi > 0$  : Điện áp  $u$  sớm pha so với dòng điện  $i$  một góc  $\varphi$ . Đó là trường hợp ở Hình 14.3.

Nếu  $Z_L < Z_C$  thì  $\varphi < 0$  : Điện áp  $u$  trễ pha so với dòng điện  $i$  một góc  $\varphi$ . Đó là trường hợp ở Hình 14.2.

*Ghi chú* : Nếu ta kí hiệu  $\varphi$  là độ lệch pha của  $i$  đối với  $u$  thì :

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

## 3. Cộng hưởng điện

Nếu  $Z_L = Z_C$  thì  $\tan \varphi = 0$ , suy ra  $\varphi = 0$ . Dòng điện cùng pha với điện áp.

Lúc đó tổng trở của mạch sẽ là  $Z = R$ . Cường độ dòng điện hiệu dụng trong mạch sẽ có giá trị lớn nhất và bằng :

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow L\omega = \frac{1}{C\omega}$$

Đó là hiện tượng *cộng hưởng điện*.

Điều kiện để có cộng hưởng điện là :

$$Z_L = Z_C \Rightarrow L\omega = \frac{1}{C\omega} \text{ hay}$$

$$\omega^2 LC = 1 \quad (14.5)$$

- **Tổng trở của mạch  $R L C$  nối tiếp :**  $Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}$
- **Định luật Ôm cho đoạn mạch xoay chiều có  $R, L, C$  mắc nối tiếp :**  $I = \frac{U}{Z}$
- **Công thức tính góc lệch pha  $\varphi$  giữa điện áp và dòng điện :**  $\tan \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R}$   
 Nếu  $Z_L > Z_C$  : Điện áp  $u$  sớm pha so với dòng điện  $i$ .  
 Nếu  $Z_L < Z_C$  : Điện áp  $u$  trễ pha so với dòng điện  $i$ .
- **Cộng hưởng điện xảy ra khi  $Z_L = Z_C$  hay  $\omega^2 LC = 1$ .**  
 Khi đó  $I$  sẽ lớn nhất :  $I = \frac{U}{R}$ .

## CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Phát biểu định luật Ôm đối với mạch điện xoay chiều có  $R, L, C$  mắc nối tiếp.
2. Dòng nào ở cột A tương ứng với dòng nào ở cột B ?

A

1. Mạch có  $R$
2. Mạch có  $R, C$  mắc nối tiếp
3. Mạch có  $R, L$  mắc nối tiếp
4. Mạch có  $R, L, C$  mắc nối tiếp ( $Z_L > Z_C$ )
5. Mạch có  $R, L, C$  mắc nối tiếp ( $Z_L < Z_C$ )
6. Mạch có  $R, L, C$  mắc nối tiếp ( $Z_L = Z_C$ )

B

- a)  $u$  sớm pha so với  $i$
- b)  $u$  sớm pha  $\frac{\pi}{2}$  so với  $i$
- c)  $u$  trễ pha so với  $i$
- d)  $u$  trễ pha  $\frac{\pi}{2}$  so với  $i$
- e)  $u$  cùng pha so với  $i$
- f) cộng hưởng

3. Trong mạch điện xoay chiều nối tiếp, cộng hưởng là gì ? Đặc trưng của cộng hưởng là gì ?
4. Mạch điện xoay chiều gồm có  $R = 20 \Omega$  nối tiếp với tụ điện  $C = \frac{1}{2000\pi}$  F. Tìm biểu thức của cường độ dòng điện tức thời  $i$ , biết  $u = 60\sqrt{2}\cos 100\pi t$  (V).
5. Mạch điện xoay chiều gồm có  $R = 30 \Omega$  nối tiếp với cuộn cảm thuần :  $L = \frac{0,3}{\pi}$  H. Cho điện áp tức thời giữa hai đầu mạch  $u = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t$  (V). Viết biểu thức của  $i$ .
6. Mạch điện xoay chiều gồm điện trở  $R = 30 \Omega$  nối tiếp với một tụ điện  $C$ . Cho biết điện áp hiệu dụng giữa hai đầu mạch bằng 100 V, giữa hai đầu tụ điện bằng 80 V, tính  $Z_C$  và cường độ hiệu dụng  $I$ .

7. Mạch điện xoay chiều gồm điện trở  $R = 40 \Omega$  ghép nối tiếp với cuộn cảm thuần  $L$ . Cho biết điện áp tức thời hai đầu mạch  $u = 80\cos 100\pi t$  (V) và điện áp hiệu dụng hai đầu cuộn cảm  $U_L = 40$  V.

a) Xác định  $Z_L$ .

b) Viết biểu thức của  $i$ .

8. Mạch điện xoay chiều gồm có :

$$R = 30 \Omega, C = \frac{1}{5000\pi} \text{ F}, L = \frac{0,2}{\pi} \text{ H}.$$

Biết điện áp tức thời hai đầu mạch

$$u = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t \text{ (V)}.$$

Viết biểu thức của  $i$ .

9. Mạch điện xoay chiều gồm có :

$$R = 40 \Omega, C = \frac{1}{4000\pi} \text{ F}, L = \frac{0,1}{\pi} \text{ H}.$$

Biết điện áp tức thời hai đầu mạch

$$u = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t \text{ (V)}.$$

a) Viết biểu thức của  $i$ .

b) Tính  $U_{AM}$  (H.14.4).



Hình 14.4

10. Cho mạch điện xoay chiều gồm  $R = 20 \Omega$ ,

$$L = \frac{0,2}{\pi} \text{ H và } C = \frac{1}{2000\pi} \text{ F. Biết điện áp tức thời}$$

hai đầu mạch  $u = 80\cos \omega t$  (V), tính  $\omega$  để trong mạch có cộng hưởng. Khi đó viết biểu thức của  $i$ .

11. Chọn câu đúng.

Đoạn mạch có  $R, L, C$  mắc nối tiếp có  $R = 40 \Omega$  ;

$$\frac{1}{\omega C} = 20 \Omega ; \omega L = 60 \Omega. \text{ Đặt vào hai đầu mạch}$$

điện áp  $u = 240\sqrt{2}\cos 100\pi t$  (V). Cường độ dòng điện tức thời trong mạch là :

A.  $i = 3\sqrt{2}\cos 100\pi t$  (A)

B.  $i = 6\cos(100\pi t + \frac{\pi}{4})$  (A)

C.  $i = 3\sqrt{2}\cos(100\pi t - \frac{\pi}{4})$  (A)

D.  $i = 6\cos(100\pi t - \frac{\pi}{4})$  (A)

12. Chọn câu đúng.

Đoạn mạch có  $R, L, C$  mắc nối tiếp có  $R = 40 \Omega$  ;

$$\frac{1}{\omega C} = 30 \Omega ; \omega L = 30 \Omega. \text{ Đặt vào hai đầu mạch}$$

điện áp  $u = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t$  (V). Biểu thức của dòng điện tức thời trong mạch là :

A.  $i = 3\cos(100\pi t - \frac{\pi}{2})$  (A)

B.  $i = 3\sqrt{2}$  (A)

C.  $i = 3\cos 100\pi t$  (A)

D.  $i = 3\sqrt{2}\cos 100\pi t$  (A)