

CHÖÔNG 2

MAÏCH NIEAN XOAY CHIEAU HINH SIN

Chương 2 :

MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN

2.1. Khái niệm chung :

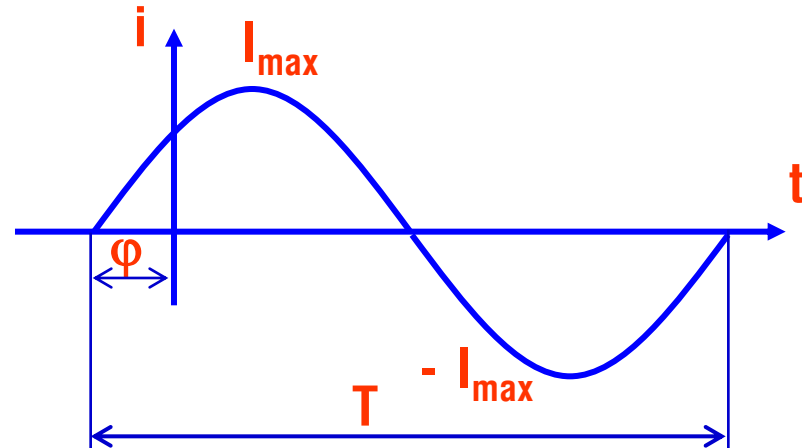
1. Định nghĩa:

Mạch điện xoay chiều xoay chiều hình sin là loại mạch điện mà trong đó dòng điện biến đổi theo quy luật hình sin

* Biểu thức :

$$* i = I_{\max} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

* Đồ thị biểu diễn :



2. Các thông số đặc trưng :

a, Biên độ :

- **Biên độ tức thời (i)** : Là giá trị của dòng điện hình sin tại bất kể thời gian nào.
- **Biên độ cực đại (I_{\max})** : Là giá trị lớn nhất mà dòng điện hình sin có thể đạt được.

b, Góc pha và pha ban đầu :

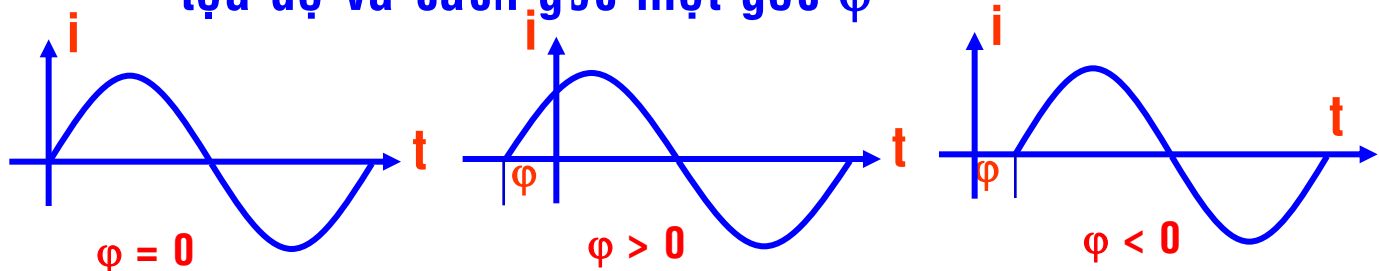
- **Góc ($\omega t + \varphi$)** : Là góc pha của dòng điện
- **Góc φ** : Là góc pha ban đầu .

Nếu :

$\varphi = 0$: điểm bắt đầu vẽ đồ thị biểu diễn từ gốc tọa độ

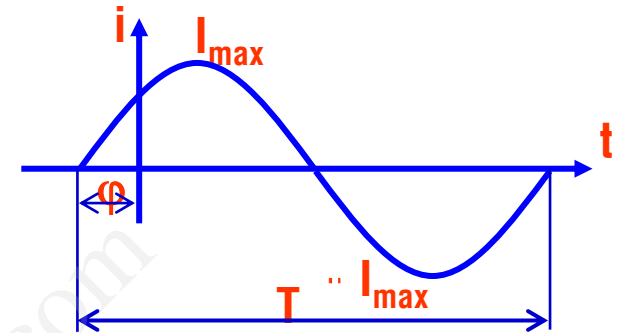
$\varphi > 0$: điểm bắt đầu vẽ đồ thị biểu diễn từ bên trái gốc tọa độ và cách gốc một góc φ

$\varphi < 0$: điểm bắt đầu vẽ đồ thị biểu diễn từ bên phải gốc tọa độ và cách gốc một góc φ



c. Chu kỳ và tần số :

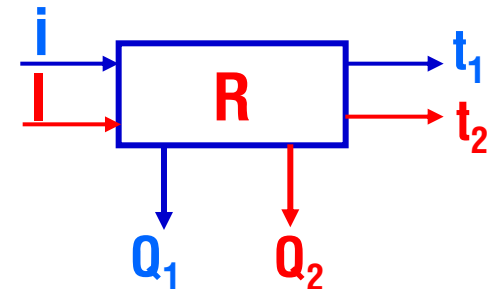
- **Chu kỳ (T) :** Là khoảng thời gian ngắn nhất để dòng điện lặp lại chiều và trị số ban đầu
- **Tần số (f) :** Là số chu kỳ trong một giây
- **Biểu thức liên hệ :** $f = 1/T$ (Hz)



3. Trị hiệu dụng :

a. Định nghĩa :

Trị hiệu dụng của dòng điện xoay chiều là giá trị tương đương với dòng điện một chiều khi đi qua cùng một điện trở, trong cùng một khoảng thời gian thì sinh ra một nhiệt lượng như nhau



Nếu : $t_1 = t_2$ mà $Q_1 = Q_2$ thì
I được gọi là trị hiệu dụng của i

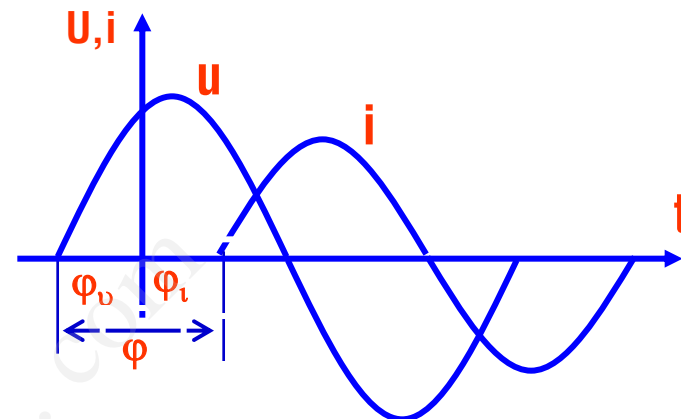
b. Biểu thức :

$$I = I_{\max} / \sqrt{2}$$

4. Hiện tượng lệch pha :

a, Định nghĩa :

Là hiện tượng các đại lượng không đạt giá trị cực đại hay cực tiểu cùng một lúc

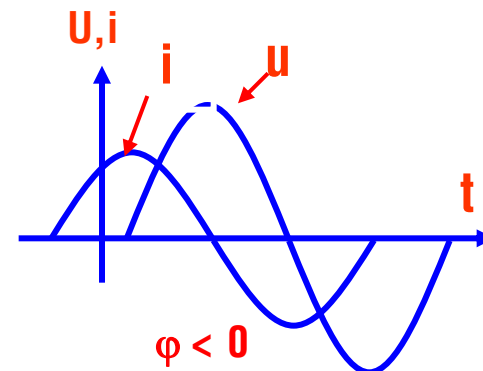
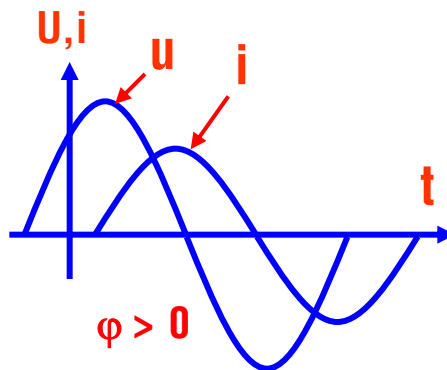
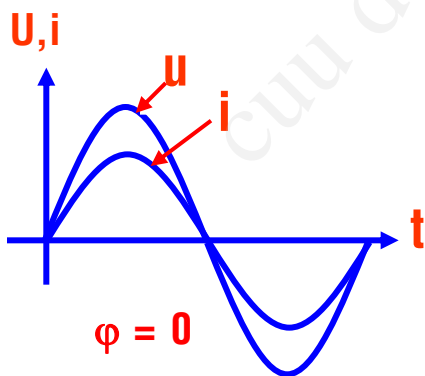


b, Góc lệch pha :

$$\varphi = \overset{\frown}{u, i} = \varphi_u - \varphi_i$$

Nếu :

- $\varphi = 0$ u cùng pha i
- $\varphi > 0$ u nhanh pha (sớm pha, vượt trước) hơn i
- $\varphi < 0$ u chậm pha (trễ pha, chậm sau) hơn i



2.2 Biểu diễn đại lượng hình sin :

1. Biểu diễn bằng véc tơ :

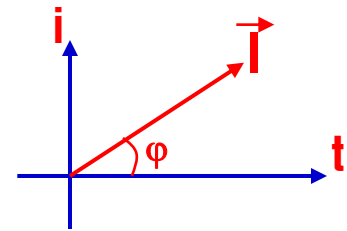
a. Cách biểu diễn :

Một véc tơ được xác định khi biết :

- Điểm đặt
- Phương, chiều
- Độ lớn

Một đại lượng hình sin có thể biểu diễn bằng một véc tơ :

Tại gốc tọa độ
Hợp với OX một góc = pha ban đầu
Bằng trị hiệu dụng



b. Áp dụng :

Cộng trừ các đại lượng hình sin có cùng tính chất và tần số

Ví dụ : $i_1 = 5.\sqrt{2} \sin(\omega t + 30^\circ)$

$$i_2 = 8.\sqrt{2} \sin(\omega t - 60^\circ)$$

Tính : $i = i_1 + i_2$

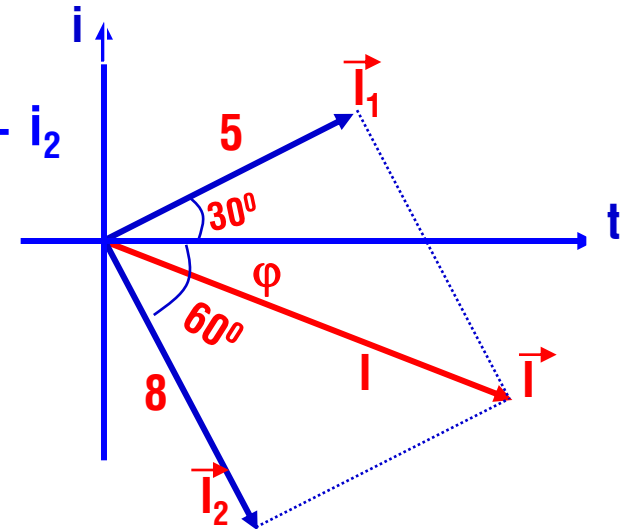
$$i_1 \rightarrow \vec{I}_1$$

$$i_2 \rightarrow \vec{I}_2$$

$$\begin{aligned}\vec{I} &= \vec{I}_1 + \vec{I}_2 \\ &= I, \varphi\end{aligned}$$

$$i = I.\sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi)$$

Với I, φ được xác định theo tỷ lệ đã vẽ



2. Biểu diễn bằng số phức :

a. Cách biểu diễn :

Một số phức : $Z = a + j.b$

- a : phần thực
- b : phần ảo

Đặc trưng bởi :

- Mô đun : $C = \sqrt{a^2 + b^2}$
- Acrmun: $\varphi = \text{Arctg } b/a$

Số phức có thể được viết dưới dạng :

Dạng đại số : $Z = C.\cos\varphi + j.C.\sin\varphi$

Dạng số mũ : $Z = C.(\cos\varphi + j.\sin\varphi) = C.e^{j\varphi} = C \angle \varphi$

Khi biểu diễn trên mặt phẳng phức là một điểm $M(a,b)$. Nếu coi OM là một véc tơ mà véc tơ này có điểm đặt tại gốc tọa độ nên véc tơ này biểu diễn một đại lượng hình sin thì một đại lượng hình sin có thể biểu diễn bằng một số phức có :

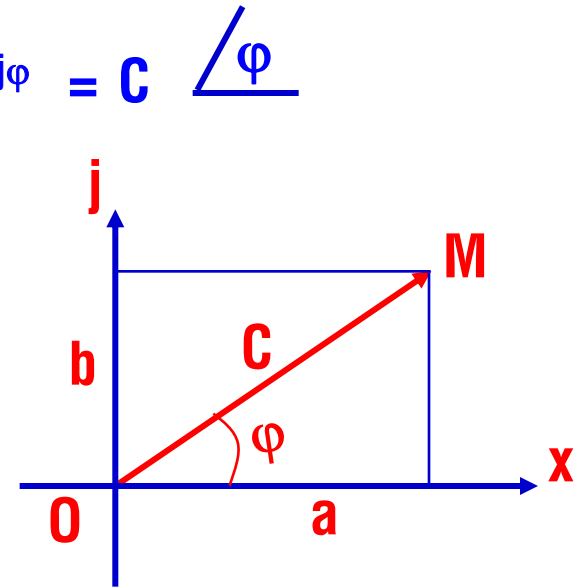
- * Mô đun $C =$ trị hiệu dụng

- * Acrmun $\varphi =$ pha ban đầu

$$i = I.\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\dot{I} = I.\cos\varphi + j.I.\sin\varphi$$

$$\dot{I} = C.e^{j\varphi} = I \angle \varphi$$



Ví dụ : Hãy biểu diễn các dòng điện hình sin sang dạng phức

$$i_1 = 6.\sqrt{2} \sin(\omega t + 30^\circ)$$

$$I_1 = 6.\cos 30^\circ + j.6.\sin 30^\circ$$

$$\begin{aligned} I_1 &= 6.0,86 + j.6.0,5 \\ &= 5,16 + j.3 \\ &= 6 \angle 30^\circ \end{aligned}$$

$$i_2 = 8.\sqrt{2} \sin(\omega t - 60^\circ)$$

$$I_2 = 8.\cos(-60^\circ) + j.8.\sin(-60^\circ)$$

$$\begin{aligned} I_2 &= 8.0,5 - j.8.0,86 \\ &= 4 - j.6,88 \\ &= 8 \angle -60^\circ \end{aligned}$$

b. Áp dụng :

* Phép cộng, trừ :

$$i_1 \longrightarrow I_1 = a_1 + j.b_1$$

$$i_2 \longrightarrow I_2 = a_2 + j.b_2$$

$$I_1 \pm I_2 \longrightarrow I = (a_1 \pm a_2) + j.(b_1 \pm b_2)$$

$$I = \sqrt{(a_1 \pm a_2)^2 + (b_1 \pm b_2)^2}$$

$$\varphi = \text{Arctg}(b_1 \pm b_2)/(a_1 \pm a_2)$$

$$i = I.\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi)$$

* Tính $i = i_1 + i_2$

$$\begin{aligned} I &= (5,16 + 4) + j(3 - 6,86) \\ &= 9,16 - j.3,86 \end{aligned}$$

$$I = \sqrt{9,16^2 + 3,86^2} = 9,4$$

$$\begin{aligned} \varphi &= \text{Arctg} -3,86/9,16 \\ &= -22^\circ 51' \end{aligned}$$

$$i = 9,4.\sqrt{2} \sin(\omega t - 22^\circ 51')$$

b, Áp dụng :

* Phép nhân, chia :

$$i_1 \longrightarrow \dot{I}_1 = \dot{I}_1 \angle \varphi_1$$

$$i_2 \longrightarrow \dot{I}_2 = \dot{I}_2 \angle \varphi_2$$

$$I_1 \cdot i_2 \longrightarrow \dot{I} = I_1 \cdot I_2 \angle \varphi_1 + \varphi_2$$

$$i_1 / i_2 \longrightarrow \dot{I} = I_1 / I_2 \angle \varphi_1 - \varphi_2$$

$$I = \dot{I} \angle \varphi$$

Ví dụ :

$$i_1 = 6 \cdot \sqrt{2} \sin(\omega t + 30^\circ)$$

$$i_2 = 8 \cdot \sqrt{2} \sin(\omega t - 60^\circ)$$

$$\dot{I}_1 = 6 \angle 30^\circ$$

$$\dot{I}_2 = 8 \angle -60^\circ$$

* Tính $i = i_1 \cdot i_2$

$$\dot{I} = I_1 \cdot I_2 = 6 \times 8 \angle 30^\circ + (-60^\circ)$$

$$\dot{I} = 48 \angle -30^\circ$$

$$i = 48 \cdot \sqrt{2} \sin(\omega t - 30^\circ)$$

* Tính $I = i_1 / i_2$

$$\dot{I} = I_1 / I_2 = 6/8 \angle 30^\circ - (-60^\circ)$$

$$\dot{I} = 0,75 \angle 90^\circ$$

$$i = 0,75 \cdot \sqrt{2} \sin(\omega t + 90^\circ)$$

3. Biểu diễn phép đạo hàm bằng số phức :

$$i = I \cdot \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi) \quad \Rightarrow \quad \dot{I} = I \cdot e^{j\varphi}$$

$$di = I \cdot \sqrt{2} \cdot \omega \cdot \cos(\omega t + \varphi) = I \cdot \sqrt{2} \cdot \omega \cdot \sin(\omega t + \varphi + 90^\circ)$$

$$\dot{I}' = \omega \cdot \dot{I} \cdot e^{j(\varphi + 90^\circ)} = j\omega \cdot \dot{I}$$

4. Biểu diễn phép tích phân bằng số phức :

$$i = I \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\int i dt = -I \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega t + \varphi) / \omega = I \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \varphi - 90^\circ) / \omega$$

$$\dot{I}' = \omega \cdot \dot{I} \cdot e^{j(\varphi - 90^\circ)} = \dot{I} / j\omega$$

2.3. Dòng điện hình sin trong các đoạn mạch :

1. Đoạn mạch thuần trở :

Cho một dòng điện i đi qua một đoạn mạch thuần trở

$$i = I \cdot \sqrt{2} \sin \omega t$$

a. Quan hệ giữa u và i :

$$u_R = i \cdot R = I \cdot \sqrt{2} \cdot R \cdot \sin \omega t$$

$$u_R = U \cdot \sqrt{2} \sin \omega t$$

Dòng điện và điện áp cùng pha

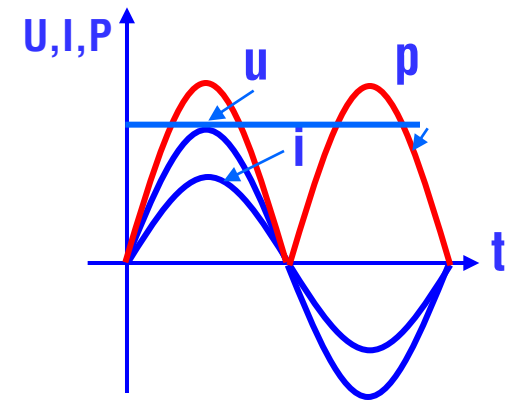
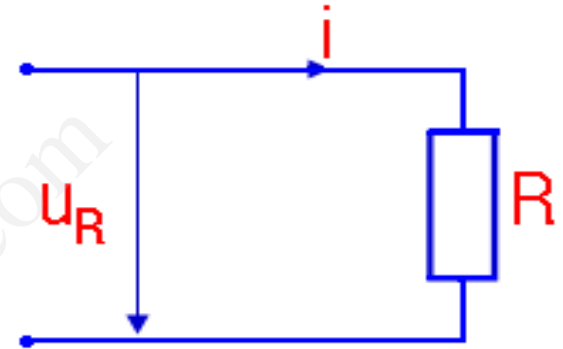
* Đồ thị véc tơ :

* Đồ thị biểu diễn :

b. Công suất :

* Công suất tức thời $p = u \cdot i$

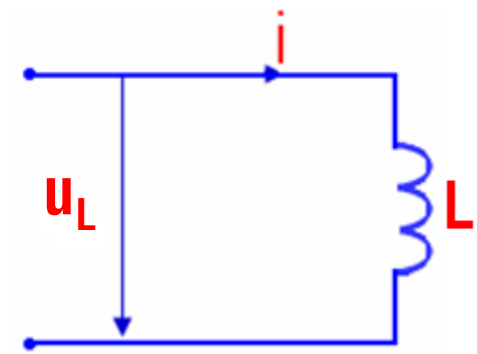
$$\begin{aligned} \text{* Công suất tác dụng: } P &= \frac{1}{T} \int_0^T p_t dt \\ &= U \cdot I = I^2 \cdot R \end{aligned}$$



(W, Kw)

2. Đoạn mạch thuần cảm :

Cho một dòng điện i đi qua một đoạn mạch thuần cảm $i = I \cdot \sqrt{2} \sin \omega t$



a. Quan hệ giữa u và i :

$$u_L = L \cdot di/dt = I \cdot L \cdot \omega \sqrt{2} \cdot \cos \omega t = I \cdot L \cdot \omega \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + 90^\circ)$$

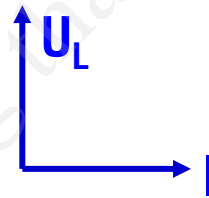
$$u_L = I \cdot X_L \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) = U \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + 90^\circ)$$

Trong đó : $X_L = \omega \cdot L$ (Ω) **Cảm kháng của mạch**

Điện áp nhanh pha hơn dòng điện một góc 90° .

* Đồ thị véc tơ :

* Đồ thị biểu diễn :



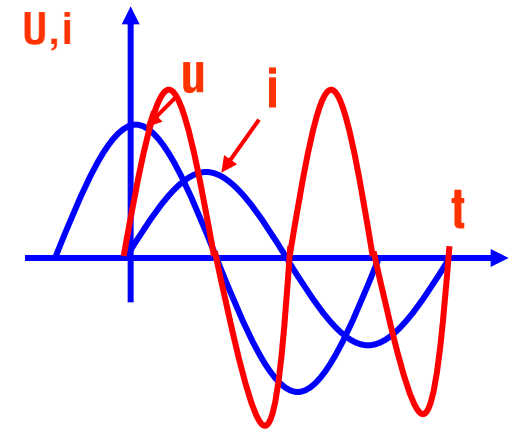
b. Công suất :

* Công suất tức thời :

$$p = u_L \cdot i$$

* Công suất tác dụng:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p_t dt = 0$$

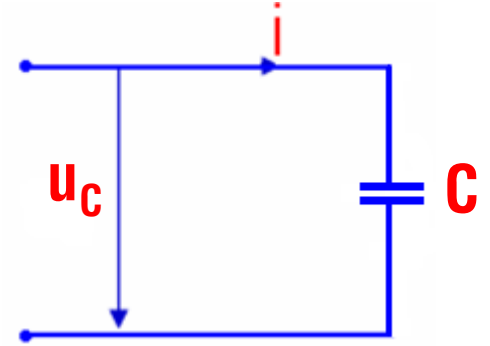


Để đặc trưng cho mức độ trao đổi năng lượng giữa nguồn và mạch người ta đưa ra khái niệm công suất phản kháng

$$Q_L = I^2 \cdot X_L \quad (\text{Var, Kvar})$$

3. Đoạn mạch thuần dung :

Cho một dòng điện i đi qua một đoạn mạch
thuần dung $i = I \cdot \sqrt{2} \sin \omega t$



a. Quan hệ giữa u và i :

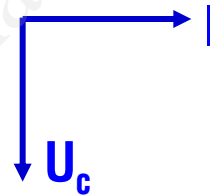
$$u_c = \frac{1}{C} \int i \cdot dt = I \cdot \sqrt{2} \cos(\omega t + 90^\circ) / \omega \cdot C$$

$$u_c = I \cdot X_c \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - 90^\circ) = U \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - 90^\circ)$$

Trong đó : $X_c = 1/\omega \cdot C$ (Ω) Dung kháng của mạch
Điện áp chậm pha hơn dòng điện một góc 90° .

* Đồ thị véc tơ :

* Đồ thị biểu diễn :



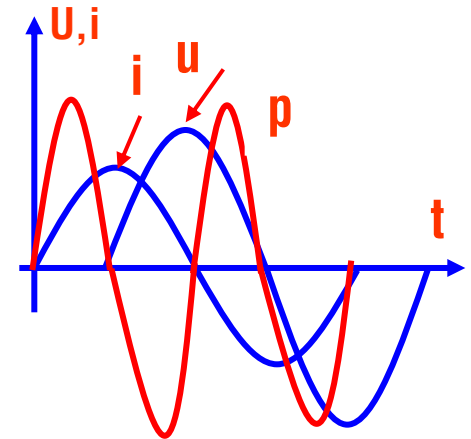
b. Công suất :

* Công suất tức thời :

$$p = u_c \cdot i$$

* Công suất tác dụng:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p_t dt = 0$$

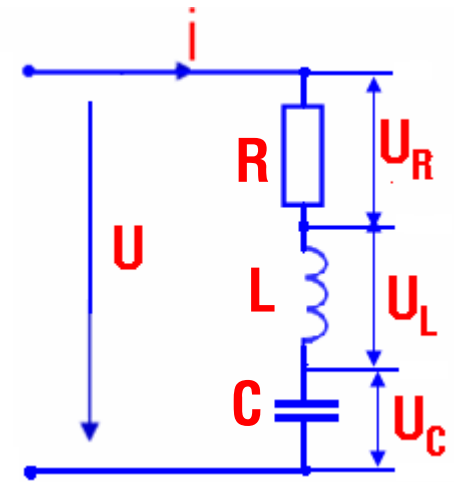


Để đặc trưng cho mức độ trao đổi năng lượng giữa nguồn và mạch
người ta đưa ra khái niệm công suất phản kháng

$$Q_c = - I^2 \cdot X_c \quad (\text{Var, Kvar})$$

4. Đoạn mạch R,L,C nối tiếp :

Cho một dòng điện i đi qua một đoạn mạch R,L,C nối tiếp.
 $i = I \cdot \sqrt{2} \sin \omega t$



a. Quan hệ giữa u và i:

* Tổng trở của mạch :

$$\dot{Z} = R + j \cdot (X_L - X_C) = R + j \cdot X$$

$$\text{với : } X_L = \omega \cdot L, \quad X_C = 1/\omega C$$

* Dòng điện chạy trong mạch :

$$I = U / Z \quad \text{với : } Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{(R^2 + (X_L - X_C)^2)}$$

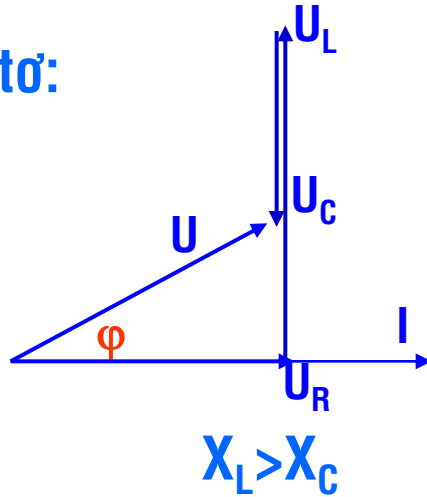
* Điện áp của mạch :

$$U = U_R + U_L + U_C = U\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \varphi) \quad \text{Với : } \begin{aligned} &- U = I \cdot Z \\ &- \varphi = \text{Arctg} X/R \end{aligned}$$

Như vậy :

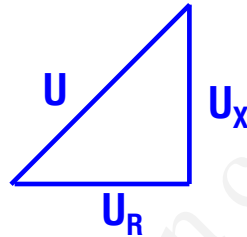
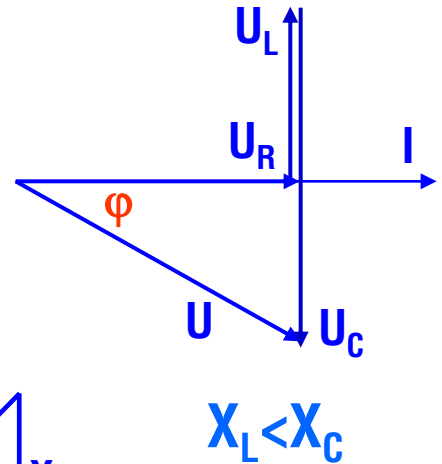
- Nếu : $X_L > X_C, X > 0, \varphi > 0$: U nhanh pha hơn I \Rightarrow Mạch có tính chất điện cảm
- Nếu : $X_L < X_C, X < 0, \varphi < 0$: U chậm pha hơn I \Rightarrow Mạch có tính chất điện dung

*** Đồ thị véc tơ:**

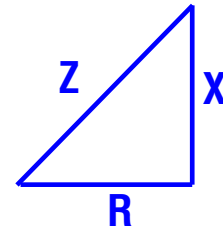


$$u = U\sqrt{2}.\sin(\omega t + \varphi)$$

$$u = U\sqrt{2}.\sin(\omega t - \varphi)$$



Tam giác điện áp



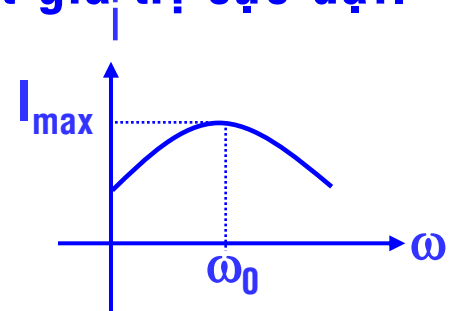
Tam giác tổng trở

*** Hiện tượng cộng hưởng của mạch :**

- Khi $X_L = X_C$, dòng điện trong mạch $I = U/Z = I_{\max}$ đạt giá trị cực đại. Người ta gọi là mạch cộng hưởng.

- Điều kiện cộng hưởng khi $X_L = X_C$, $\omega L = 1/\omega C$

Tần số cộng hưởng riêng của mạch : $\omega_0 = \sqrt{1/LC}$



Như vậy khi tần số ω của nguồn bằng tần số ω_0 của mạch thì mạch sẽ cộng hưởng và dòng điện trong mạch sẽ cực đại

b. Công suất của mạch :

* Công suất tác dụng :

$$P = I^2.R = U_R.I = U.I.\cos\varphi \quad (\text{W, Kw})$$

* Công suất phản kháng :

$$Q = I^2.X = U_X.I = U.I.\sin\varphi \quad (\text{Var, Kvar})$$

* Công suất biểu kiến :

$$S = U.I \quad (\text{VA, KVA})$$

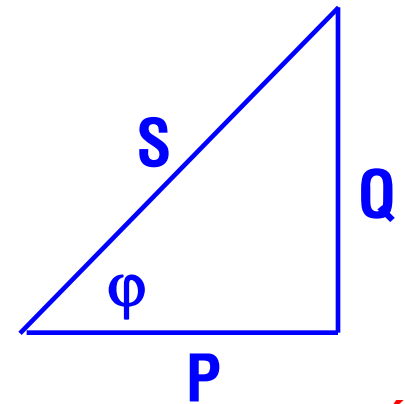
Quan hệ giữa S, P, Q qua tam giác công suất

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$$

$$P = S.\cos\varphi$$

$$Q = S.\sin\varphi$$

$$\text{tg}\varphi = Q/P$$



Tam giác công suất

2.4. Hệ số công suất :

1. Định nghĩa và ý nghĩa của hệ số công suất :

Từ tam giác công suất

$$P = S.\cos\varphi = U.I.\cos\varphi$$

Từ tam giác tổng trở : $\cos\varphi = R/Z = R / \sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$

Ý nghĩa :

Cos φ được gọi là hệ số công suất của mạch

- Mỗi máy phát điện đều được chế tạo với một công suất biểu kiến định mức. Từ đó máy có thể cung cấp một công suất tác dụng $P = S_{dm}.\cos\varphi$. Do đó muốn tận dụng khả năng của máy và thiết bị thì hệ số công suất phải lớn
- Mỗi hộ tiêu dùng yêu cầu một công suất tác dụng P xác định. Khi đó dòng điện trên đường dây $I = P/U.\cos\varphi$, nếu hệ số công suất càng bé thì :
 - . Dòng điện càng lớn phải dùng dây dẫn lớn dẫn tăng vốn đầu tư
 - . Dòng điện lớn nên tổn thất trên đường dây sẽ lớn

Như vậy hệ số công suất của mạch càng lớn sẽ tăng được khả năng sử dụng công suất nguồn và tiết kiệm dây dẫn, giảm tổn hao trên đường dây.

2. Các biện pháp nâng cao hệ số công suất :

Từ tam giác công suất $\cos\varphi = P/S = P / \sqrt{P^2 + Q^2}$

Thường $P = \text{const}$ nên muốn $\cos\varphi$ lớn thì Q phải nhỏ

Như vậy để nâng cao hệ số công suất người ta sử dụng các biện pháp :

- Giảm công suất phản kháng nơi tiêu thụ
- Sản xuất ra Q tại nơi tiêu thụ (Phương pháp bù)

Phương pháp dùng tụ điện tĩnh :

Thường tải trong thực tế thường có tính chất điện cảm nên để bù hệ số công suất, người ta dùng tụ điện tĩnh mắc song song với tải

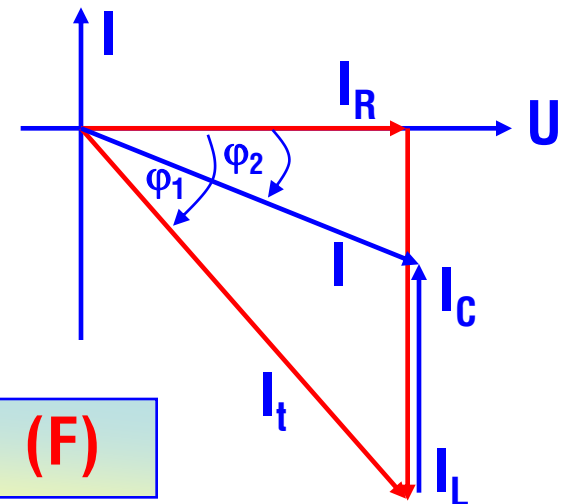
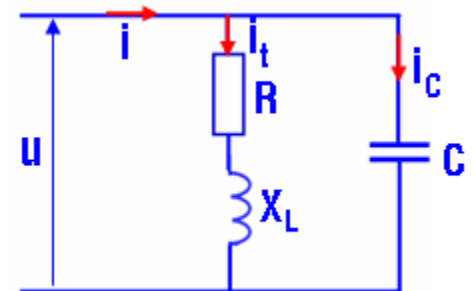
* Chưa bù : $\cos\varphi_1 = \frac{U}{U, I_t}$

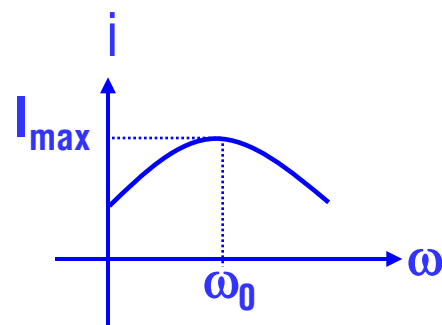
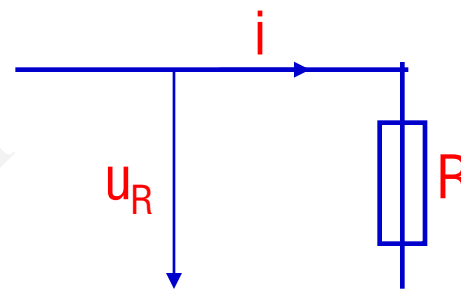
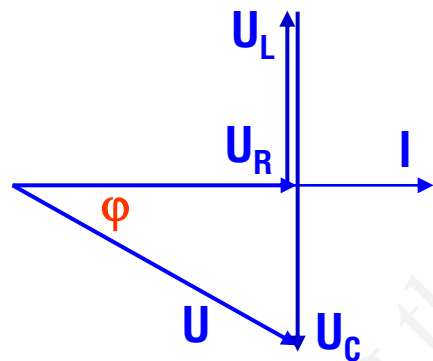
* Khi bù : $\cos\varphi_2 = \frac{U}{U, I}$

$\varphi_1 > \varphi_2$ nên $\cos\varphi_1 < \cos\varphi_2$

Để nâng hệ số công suất của mạch từ $\cos\varphi_1$ lên $\cos\varphi_2$, giá trị điện dung cần là :

$$C = P.(\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2) / \omega.U^2 \quad (\text{F})$$





4. Đoạn mạch R,L,C nối tiếp :

Cho một dòng điện i đi qua một đoạn mạch R,L,C nối tiếp.

$$i = I \cdot \sqrt{2} \sin \omega t$$

a. Quan hệ giữa u và i :

$$u = u_R + u_L + u_C$$

$$= U_R \cdot \sqrt{2} \sin \omega t + U_L \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) + U_C \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - 90^\circ)$$

* Đồ thị véc tơ :

* Từ đồ thị véc tơ ta có tam giác điện áp của mạch

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_X^2} = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$
$$= \sqrt{(I \cdot R)^2 + (I \cdot X_L - I \cdot X_C)^2} = \sqrt{(I \cdot R)^2 + (I \cdot X_L - I \cdot X_C)^2}$$

