

Trong mạch điện xoay chiều, điện áp tức thời, cường độ tức thời,... luôn biến thiên theo thời gian t . Vậy tính toán công suất tiêu thụ trong mạch theo cách nào ?

I - CÔNG SUẤT CỦA MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU

1. Biểu thức của công suất

Ta hãy xét một mạch điện xoay chiều hình sin (H.15.1) :

Điện áp tức thời hai đầu mạch :

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

Cường độ dòng điện tức thời trong mạch :

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

C1

Tại một thời điểm t , dòng điện trong mạch chạy theo một chiều nào đó. Áp dụng công thức tính công suất của dòng điện – công suất tiêu thụ trong mạch tại thời điểm đó – ta được :

$$p = ui$$

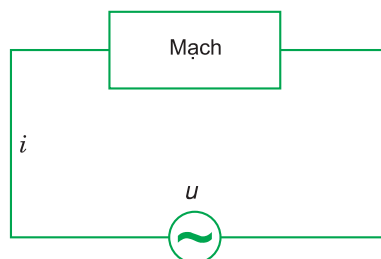
Đại lượng p này được gọi là *công suất tức thời của mạch điện xoay chiều* :

$$\begin{aligned} p = ui &= 2UI\cos\omega t\cos(\omega t + \varphi) \\ &= UI[\cos\varphi + \cos(2\omega t + \varphi)] \end{aligned}$$

Ta hãy tính giá trị trung bình (trung bình cộng) của công suất điện tiêu thụ trong một chu kỳ T .

$$\mathcal{P} = \bar{p} = UI[\overline{\cos\varphi} + \overline{\cos(2\omega t + \varphi)}]$$

C1 Nhắc lại các công thức tính công suất điện tiêu thụ trong một mạch điện không đổi.



Hình 15.1

Vì $\cos\varphi$ không đổi nên $\overline{\cos\varphi} = \cos\varphi$; còn $\cos(2\omega t + \varphi)$ là một hàm tuần hoàn của t với chu kì $\frac{2\pi}{2\omega} = \frac{T}{2}$, $\left(T = \frac{2\pi}{\omega}\right)$. Trong từng khoảng thời gian $\frac{T}{2}$ hoặc T , hàm $\cos(2\omega t + \varphi)$ luôn có những giá trị bằng nhau về trị tuyệt đối, nhưng trái dấu tại các thời điểm $t, t + \frac{T}{4}$.

$$\begin{aligned}\cos\left[2\omega\left(t + \frac{T}{4}\right) + \varphi\right] &= \cos\left[\left(2\omega t + \frac{2\omega T}{4}\right) + \varphi\right] \\ &= \cos(2\omega t + \pi + \varphi) = -\cos(2\omega t + \varphi)\end{aligned}$$

Vậy giá trị trung bình của $\cos(2\omega t + \varphi)$ trong khoảng thời gian T bằng không.

Kết quả, giá trị trung bình của công suất điện tiêu thụ trong một chu kì sẽ là :

$$\mathcal{P} = UI\cos\varphi \quad (15.1)$$

Nếu thời gian dùng điện t rất lớn so với T ($t \gg T$) thì \mathcal{P} cũng là công suất điện tiêu thụ trung bình của mạch điện trong thời gian đó (nếu U và I không thay đổi).

2. Điện năng tiêu thụ của mạch điện

Điện năng tiêu thụ của mạch điện trong thời gian t sẽ là :


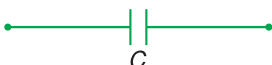



$$W = \mathcal{P}t \quad (15.2)$$


II - HỆ SỐ CÔNG SUẤT

1. Biểu thức của hệ số công suất

Trong công thức (15.1), thừa số $\cos\varphi$ được gọi là *hệ số công suất*. Vì góc φ có giá trị tuyệt đối không vượt quá 90° , nên $0 \leq \cos\varphi \leq 1$.

Bảng 15.1. Vài ví dụ về $\cos\varphi$:

Mạch	$\cos\varphi$
	1
	0
	$\frac{R}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}}$
	?
	?

 Hãy điền đầy đủ thông tin vào ô còn trống trong Bảng 15.1.



2. Tầm quan trọng của hệ số công suất trong quá trình cung cấp và sử dụng điện năng

Một nhà máy công nghiệp cần được cung cấp điện năng để chạy các động cơ, máy móc sản xuất. Khi vận hành ổn định, công suất trung bình được giữ không thay đổi. Trong các động cơ điện của nhà máy bao giờ cũng có các cuộn dây, do đó cường độ i nói chung lệch pha so với điện áp u . Công suất tiêu thụ trung bình của các thiết bị điện trong nhà máy cho bởi :

$\mathcal{P} = UI\cos\varphi$, với $\cos\varphi > 0$

Cường độ dòng điện hiệu dụng : $I = \frac{\mathcal{P}}{U\cos\varphi}$

được dẫn đến từ nhà máy phát điện, qua các đường dây tải điện. Nếu r là điện trở của đường dây tải điện, với \mathcal{P} xác định thì công suất hao phí trên đường dây tải điện là :

$$\mathcal{P}_{hp} = rI^2 = r \frac{\mathcal{P}^2}{U^2 \cos^2\varphi}$$

Nếu hệ số công suất $\cos\varphi$ nhỏ thì công suất hao phí trên dây \mathcal{P}_{hp} sẽ lớn ; kết quả đó ảnh hưởng đến sản xuất kinh doanh của công ti điện lực. Vì vậy,

Trong công thức $\mathcal{P} = UI\cos\varphi$, đại lượng $\mathcal{P}_{bk} = UI$ được gọi là *công suất biểu kiến*. Để phân biệt, công suất \mathcal{P} được tính ra đơn vị oát (W), còn công suất biểu kiến được tính ra đơn vị vôn - ampe (VA).

Về mặt ý nghĩa, công suất $\mathcal{P}_{bk} = UI$ nêu lên khả năng cung cấp điện năng cho mạch (tùy thuộc vào các thiết bị truyền tải và cung cấp), công suất $\mathcal{P} = UI\cos\varphi$ gọi là *công suất tác dụng* – công suất thực sự tiêu thụ trong mạch.

các cơ sở tiêu thụ điện năng phải bố trí các mạch điện sao cho hệ số công suất $\cos\varphi$ lớn (nghĩa là φ nhỏ). Do đó, người ta thường quy định hệ số $\cos\varphi$ trong các cơ sở sử dụng điện năng phải lớn hơn một giá trị tối thiểu nào đó.

3. Tính hệ số công suất của mạch điện RLC nối tiếp

Giả sử điện áp hai đầu mạch điện là :

$u = U\sqrt{2} \cos\omega t$, cường độ dòng điện tức thời trong mạch cho bởi :

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

Từ các giản đồ Hình 14.2 hay 14.3, dễ dàng suy ra :

$$\cos\varphi = \frac{U_R}{U} \quad \text{hay} \quad \cos\varphi = \frac{R}{Z}$$

Công suất trung bình tiêu thụ trong một mạch điện xoay chiều bất kì được tính bởi :

$$\mathcal{P} = UI\cos\varphi = U \frac{U}{Z} \frac{R}{Z} = R \left(\frac{U}{Z} \right)^2 = RI^2$$

Vậy, công suất tiêu thụ trong mạch điện có R, L, C mắc nối tiếp bằng công suất tỏa nhiệt trên R .

Công suất trung bình tiêu thụ trong một mạch điện xoay chiều bất kì :

$$\mathcal{P} = UI\cos\varphi$$

trong đó, φ là độ lệch pha giữa i và u .

Trường hợp mạch RLC nối tiếp : $\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$ và $\mathcal{P} = RI^2$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Công suất điện tiêu thụ trong một mạch điện xoay chiều phụ thuộc những đại lượng nào ?



Trong các bài toán sau đây, cuộn dây được giả thiết là thuần cảm.

2. Hãy chọn câu đúng.

Hệ số công suất của một mạch điện RLC nối tiếp bằng :

- A. RZ ; B. $\frac{Z_L}{Z}$; C. $\frac{R}{Z}$; D. $\frac{Z_C}{Z}$.

3. Hãy chọn câu đúng.

Hệ số công suất trong mạch điện xoay chiều gồm R, L, C mắc nối tiếp với $Z_L = Z_C$:

- A. bằng 0 ; B. bằng 1 ;
C. phụ thuộc R ; D. phụ thuộc $\frac{Z_C}{Z_L}$.

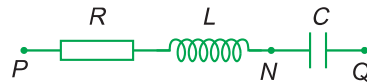
4. Hãy chọn câu đúng.

Mạch điện xoay chiều nối tiếp $R = 10 \Omega; Z_L = 8 \Omega; Z_C = 6 \Omega$ với tần số f . Giá trị của tần số để hệ số công suất bằng 1 :

- A. là một số $< f$; B. là một số $> f$;
C. là một số $= f$; D. không tồn tại.

5. Cho mạch điện trên Hình 15.2, trong đó L là một cuộn cảm thuần, điện áp hai đầu mạch $u_{PQ} = 60\sqrt{2} \cos 100\pi t$ (V), các điện áp hiệu dụng $U_{PN} = U_{NQ} = 60$ V. Hệ số công suất của mạch là bao nhiêu ?

- A. $\frac{\sqrt{3}}{2}$; B. $\frac{1}{3}$;
C. $\frac{\sqrt{2}}{2}$; D. $\frac{1}{2}$.



Hình 15.2

6. Mạch điện xoay chiều nối tiếp gồm có : $R = 30 \Omega$;

$$L = \frac{5,0}{\pi} \text{ mH} ; C = \frac{50}{\pi} \text{ } \mu\text{F}$$

cung cấp bởi điện áp hiệu dụng 100 V, $f = 1$ kHz. Hãy xác định công suất tiêu thụ và hệ số công suất.