

Đối với mạch điện một chiều, nếu dùng ampe kế đo cường độ dòng điện I và vôn kế đo điện áp U giữa hai đầu một đoạn mạch, ta xác định được công suất tiêu thụ điện của đoạn mạch theo công thức $\mathcal{P} = UI$. Đối với các đoạn mạch xoay chiều nói chung, nếu chỉ dùng vôn kế và ampe kế để thực hiện hai phép đo U và đo I , ta chưa thể xác định được công suất tiêu thụ điện của đoạn mạch. Vì sao lại có sự khác nhau đó ?

C1 Công suất tức thời biến đổi theo quy luật nào ? Đối với dòng điện tần số 50 Hz, công suất tức thời biến đổi tuần hoàn bao nhiêu lần trong một giây ?

1. Công suất tức thời

Xét một đoạn mạch xoay chiều có dòng điện $i = I_0 \cos \omega t$ chạy qua. Giả sử điện áp giữa hai đầu đoạn mạch lệch pha φ so với cường độ dòng điện và có biểu thức $u = U_0 \cos(\omega t + \varphi)$. Công suất tiêu thụ điện của đoạn mạch ở mỗi thời điểm được gọi là *công suất tức thời* :

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

Thay $U_0 = U\sqrt{2}$, $I_0 = I\sqrt{2}$ và dùng phép biến đổi lượng giác, ta có :

$$p = UI \cos \varphi + UI \cos(2\omega t + \varphi) \quad (29.1)$$

2. Công suất trung bình

Công suất trung bình của dòng điện tính trong khoảng thời gian t là đại lượng xác định bằng công thức :

$$\mathcal{P} = \frac{W}{t} \quad (29.2)$$

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

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

trong đó W là điện năng đã tiêu thụ trên đoạn mạch trong khoảng thời gian t .

Nếu t bằng chu kỳ T của dòng điện thì \mathcal{P} là công suất trung bình của dòng điện xoay chiều trong một chu kỳ, gọi tắt là công suất của dòng điện xoay chiều. Đó cũng là công suất trung bình tính trong thời gian t rất lớn so với chu kỳ.

Để tính công suất trung bình \mathcal{P} trong một chu kỳ, ta tính giá trị trung bình của từng số hạng trong vế phải của biểu thức (29.1). Số hạng thứ nhất không phụ thuộc thời gian nên sau khi lấy trung bình vẫn có giá trị không đổi, đó là $UI\cos\varphi$. Số hạng thứ hai là hàm tuần hoàn dạng sin của thời gian, nên giá trị trung bình của nó trong thời gian T bằng 0.

Công suất của dòng điện xoay chiều trong đoạn mạch là :

$$\mathcal{P} = UI\cos\varphi \quad (29.3)$$

3. Hệ số công suất

Đại lượng $\cos\varphi$ trong công thức (29.3) gọi là *hệ số công suất* của đoạn mạch xoay chiều.

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

Đối với đoạn mạch có R, L, C mắc nối tiếp, điện năng chỉ tiêu thụ trên điện trở R . Vậy công suất tiêu thụ điện trên đoạn mạch bằng công suất toả nhiệt trên R :

$$\mathcal{P} = RI^2$$

So sánh với $\mathcal{P} = UI\cos\varphi$, ta có :

$$\cos\varphi = \frac{RI^2}{UI} = \frac{RI}{U}$$

Thay $U = IZ$, ta thu được công thức tính hệ số công suất :

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} \quad (29.4)$$

Như vậy, hệ số công suất phụ thuộc vào các giá trị của R, L, C của đoạn mạch và tần số ω của dòng điện.

Nếu trong đoạn mạch xảy ra cộng hưởng hoặc đoạn mạch chỉ có điện trở thuần thì $\varphi = 0$, $\cos\varphi = 1$.

trong đó RI^2 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,...).

☞ Có thể tính hệ số công suất của đoạn mạch có R, L, C mắc nối tiếp bằng cách dùng giản đồ Fre-nen. Hãy tính theo cách đó và chứng tỏ rằng kết quả thu được cũng là $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$.

Trong các đoạn mạch tiêu thụ điện dân dụng và công nghiệp, $\cos\varphi$ có giá trị không lớn, thường do thành phần cảm kháng của đoạn mạch lớn hơn dung kháng một cách đáng kể. Để tăng hệ số $\cos\varphi$, người ta khuyến khích dùng các thiết bị có tụ điện nhằm tăng dung kháng của đoạn mạch, giảm độ lệch pha φ , sao cho $\cos\varphi > 0,85$.

C3 Có thể đo công suất của dòng điện trên một đoạn mạch xoay chiều bằng cách nào ?

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 hơn, hao phí vì nhiệt toả ra trên dây dẫn lớn hơn. Đó là điều ta cần tránh.

CÂU HỎI

1. Trong trường hợp nào, hệ số công suất của dòng điện xoay chiều có giá trị lớn nhất ? nhỏ nhất ?
2. Vì sao phải tăng hệ số công suất ở nơi tiêu thụ điện ?

BÀI TẬP

1. Công suất của dòng điện xoay chiều trên một đoạn mạch RLC nối tiếp nhỏ hơn tích UI là do
 - A. một phần điện năng tiêu thụ trong tụ điện.
 - B. trong cuộn dây có dòng điện cảm ứng.
 - C. điện áp giữa hai đầu đoạn mạch và cường độ dòng điện biến đổi lệch pha đối với nhau.
 - D. có hiện tượng cộng hưởng điện trên đoạn mạch.
2. Hệ số công suất của đoạn mạch xoay chiều bằng 0 ($\cos\varphi = 0$) trong trường hợp nào sau đây ?
 - A. Đoạn mạch chỉ có điện trở thuần.
 - B. Đoạn mạch có điện trở bằng 0.
 - C. Đoạn mạch không có tụ điện.
 - D. Đoạn mạch không có cuộn cảm.
3. Một tụ điện có điện dung $C = 5,3 \mu\text{F}$ mắc nối tiếp với điện trở $R = 300 \Omega$ thành một đoạn mạch. Mắc đoạn mạch vào mạng điện xoay chiều có điện áp 220 V, tần số 50 Hz. Hãy tính :
 - a) Hệ số công suất của đoạn mạch.
 - b) Điện năng mà đoạn mạch tiêu thụ trong một phút.
4. Một cuộn cảm khi mắc với điện áp xoay chiều 50 V thì tiêu thụ công suất 1,5 W. Biết cường độ dòng điện qua cuộn cảm là 0,2 A. Tính hệ số công suất của cuộn cảm.