

29 CÔNG SUẤT CỦA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

HỆ SỐ CÔNG SUẤT

I - MỤC TIÊU

- Nắm được đặc điểm của công suất tức thời, công suất trung bình và khái niệm hệ số công suất.
- Biết cách tính công suất của dòng điện xoay chiều.

II - CHUẨN BỊ

Học sinh

Ôn lại công thức tính công suất tiêu thụ điện của đoạn mạch một chiều.

III - NHỮNG ĐIỀU CẦN LƯU Ý

1. SGK đưa ra khái niệm công suất tức thời và công suất trung bình nhằm mục đích giúp HS hiểu rõ hơn ý nghĩa của khái niệm công suất của dòng điện xoay chiều và tạo cơ sở để chứng minh công thức $\mathcal{P} = UI \cos \varphi$. HS cần biết không chỉ công suất tức thời của dòng điện xoay chiều biến đổi theo thời gian mà còn phải biết công suất này biến đổi theo thời gian theo quy luật nào. Việc dùng phép tính lượng giác biến đổi biểu thức công suất tức thời về dạng $p = UI \cos \varphi + UI \cos(2\omega t + \varphi)$ nhằm giúp HS đạt yêu cầu đó và chuẩn bị cho việc tìm biểu thức công suất trung bình ở mục sau.

2. Khái niệm giá trị trung bình của một đại lượng vật lí đã được HS làm quen ở các lớp dưới, nhưng ở bài này vẫn nhắc lại để củng cố thêm. Cần khẳng định công suất trung bình là điện năng tiêu thụ trung bình trong một đơn vị thời gian, tránh nhầm lẫn với nhiệt lượng trung bình toả ra trong một đơn vị thời gian. Trong mục này không đề cập đến sự sai lệch không đáng kể giữa công suất trung bình tính trong một chu kì với công suất trung bình tính trong khoảng thời gian rất dài so với chu kì vì lí do tương tự đã nêu trong phần công suất toả nhiệt trung bình (bài 26). Công suất trung bình tính trong một chu kì không thay đổi nếu dòng điện xoay chiều chạy qua đoạn mạch ở chế độ ổn định.

3. Việc tìm biểu thức công suất trung bình theo biểu thức công suất tức thời tiến hành như sau : dùng phép tính lượng giác để biến đổi công suất tức thời về dạng tổng của số hạng không đổi và số hạng bậc nhất của sin hoặc cosin theo thời gian t , xác định giá trị trung bình của từng số hạng rồi cộng lại. Ở đây, không dùng phép tính tích phân vì HS chưa học phép tính này.

4. SGK không đưa ra định nghĩa khái niệm hệ số công suất mà chỉ nêu tên gọi và ý nghĩa của hệ số này. Có các cách khác nhau để chứng minh hệ số công suất của đoạn mạch RLC nối tiếp bằng $\frac{R}{Z}$. SGK nêu phương pháp dùng định luật bảo toàn năng lượng chỉ là một ví dụ. Với cách này ta không cần phải vẽ lại giản đồ Fre-nen của đoạn mạch RLC nối tiếp. Việc vẽ lại giản đồ này cũng mất thêm thời gian. Cần chú ý rằng độ lệch pha giữa cường độ dòng điện và điện áp tức thời có giá trị từ $-\frac{\pi}{2}$ đến $+\frac{\pi}{2}$ nên $\cos\varphi$ luôn có giá trị không âm. Trong các đoạn mạch mà $\cos\varphi = 0$ không có sự toả nhiệt và đoạn mạch không tiêu thụ điện năng nhưng vẫn có sự trao đổi năng lượng điện từ trường giữa nguồn điện với tụ điện và cuộn cảm. Đó là quá trình tích lũy năng lượng dưới dạng điện trường hoặc từ trường (trong 1/4 chu kì) rồi lại giải phóng chúng về nguồn (trong 1/4 chu kì tiếp theo).

Cũng cần chú ý rằng, công thức $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$ chỉ đúng đối với đoạn mạch RLC nối tiếp, không đúng đối với các loại đoạn mạch khác. Ví dụ, đối với đoạn mạch RLC song song thì $\cos\varphi = \frac{Z}{R}$. Tuy nhiên, chương trình chỉ giới hạn học loại mạch RLC nối tiếp nên khi nói tới biểu thức tính $\cos\varphi$ của đoạn mạch xoay chiều là nói tới $\frac{R}{Z}$.

5. Công suất trung bình của dòng điện xoay chiều $\mathcal{P} = UI\cos\varphi$ còn gọi là *công suất tác dụng*. Đó là công suất tiêu thụ điện trung bình của đoạn mạch trong một chu kì. Đại lượng $\mathcal{P}_{pk} = UI\sin\varphi$ gọi là *công suất phản kháng*, đặc trưng cho sự trao đổi năng lượng giữa các bộ phận trong mạch điện ; đại lượng $\mathcal{P}_{bk} = UI$ gọi là *công suất biểu kiến*, cho ta biết khả năng cung cấp điện năng của đoạn mạch. Để phân biệt, công suất tác dụng \mathcal{P} được tính ra đơn vị W (oát), còn công suất biểu kiến \mathcal{P}_{bk} được tính ra đơn vị V.A (vôn ampe).

Trong mỗi nửa chu kỳ của dòng điện xoay chiều, năng lượng từ nguồn xoay chiều chuyển thành năng lượng điện trường trong tụ điện và năng lượng từ trường trong cuộn cảm, rồi tụ điện và cuộn cảm lại truyền toàn bộ năng lượng mà chúng đã tích trữ dưới dạng trường về nguồn. Tính trung bình trong một chu kỳ, năng lượng trao đổi giữa các phần tử này với nguồn bằng 0. Phần năng lượng truyền từ nguồn điện đến điện trở thuần được chuyển thành nhiệt mà không truyền trở lại nguồn.

IV - GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

1. Công suất tức thời

GV cho HS thừa nhận công suất tức thời của dòng điện xoay chiều cũng bằng tích số của cường độ dòng điện và điện áp tức thời giống như đối với dòng điện một chiều không đổi và hướng dẫn HS tự viết các công thức này. Nếu HS không phát hiện ra quy luật biến đổi của công suất tức thời, GV có thể gợi ý cho HS dùng đến phép biến đổi lượng giác.

2. Công suất trung bình

Về khái niệm công suất trung bình, GV nêu định nghĩa rồi yêu cầu HS tìm hiểu, so sánh các công suất trung bình tính trong thời gian $\Delta t = T$ và tính trong thời gian $\Delta t \gg T$.

Để tìm biểu thức của công suất trung bình, GV hướng dẫn HS xác định giá trị trung bình của từng số hạng trong công thức $p = UI \cos \varphi + UI \cos(2\omega t + \varphi)$ để có $\mathcal{P} = \bar{p} = UI \cos \varphi + UI \overline{\cos(2\omega t + \varphi)} = UI \cos \varphi$. Có thể chứng minh $\overline{UI \cos(2\omega t + \varphi)} = 0$ bằng cách hướng dẫn để HS thấy rằng trong mỗi chu kỳ biến đổi $T = \frac{2\pi}{2\omega} = \frac{\pi}{\omega}$, hàm $\cos(2\omega t + \varphi)$ nhận các giá trị đối nhau tại các thời điểm t và $\left(t + \frac{T}{2}\right)$ nên tổng của chúng :

$$\cos(2\omega t + \varphi) + \cos\left[2\omega\left(t + \frac{\pi}{2\omega}\right) + \varphi\right] = \cos(2\omega t + \varphi) + \cos(2\omega t + \varphi + \pi) = 0$$

Tuy nhiên, cũng cần cho HS biết công thức $\mathcal{P} = UI \cos \varphi$ được chứng minh chặt chẽ nhờ phép tính tích phân.

3. Hệ số công suất

GV thông báo đại lượng $\cos \varphi$ trong công thức $\mathcal{P} = UI \cos \varphi$ được gọi là hệ số công suất và hướng dẫn HS tìm hiểu ý nghĩa của hệ số này. Việc chứng minh hệ số

công suất $\cos \varphi = \frac{R}{Z}$ được tiến hành bằng cách dùng định luật bảo toàn năng lượng và có thể do HS thực hiện từng bước dưới sự hướng dẫn của GV. Việc chứng minh công thức này bằng phương pháp dùng giản đồ Fre-nen có thể coi như một bài tập giao cho HS tự làm ở nhà.

C1 Công suất tức thời của dòng điện xoay chiều biến đổi tuần hoàn quanh giá trị trung bình $UI \cos \varphi$ với tần số bằng hai lần tần số dòng điện. Đối với dòng điện tần số 50 Hz, công suất này biến đổi tuần hoàn 100 lần trong một giây.

C2 Vẽ giản đồ Fre-nen cho đoạn mạch RLC nối tiếp (Hình 28.2 SGK) căn cứ vào giản đồ, ta có $\cos \varphi = \frac{U_R}{U} = \frac{IR}{IZ} = \frac{R}{Z}$.

C3 Có thể đo công suất của dòng điện trên một đoạn mạch xoay chiều bằng các cách sau :

– Đo U, I và đo $\cos \varphi$.

– Đo điện năng tiêu thụ A và thời gian t , từ đó tính được : $\mathcal{P} = \frac{A}{t}$.

V - HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ GIẢI BÀI TẬP

Câu hỏi

1. Hệ số công suất của dòng điện xoay chiều lớn nhất bằng 1 : $\cos \varphi = 1, \varphi = 0$ nếu đoạn mạch chỉ có điện trở thuần R hoặc đoạn mạch có xảy ra cộng hưởng $\omega L = \frac{1}{\omega C}$. Hệ số công suất nhỏ nhất bằng 0 : $\cos \varphi = 0 ; \varphi = \pm \frac{\pi}{2}$ nếu điện trở đoạn mạch bằng 0.

2. Cùng với công suất truyền đi \mathcal{P} và điện áp nơi truyền điện U , nếu hệ số công suất ở nơi tiêu thụ lớn thì hệ số công suất của cả hệ thống truyền tải điện là $\cos \varphi$ cũng lớn, cường độ dòng điện trên dây $I = \frac{\mathcal{P}}{U \cos \varphi}$ sẽ nhỏ, công suất điện hao phí trên dây nhỏ. Đó là lí do cần tăng $\cos \varphi$ ở nơi tiêu thụ điện.

Bài tập

1. C. Nếu có sự lệch pha giữa i và u thì $\cos \varphi < 1, \mathcal{P} = UI \cos \varphi < UI$.

2. B. Nếu $R = 0$ thì $\cos \varphi = \frac{R}{Z} = 0$.

3. Áp dụng các công thức cho đoạn mạch có R và C mắc nối tiếp :

$$Z_C = \frac{1}{2\pi fC} \approx 600 \Omega ; Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi fC}\right)^2} = 300\sqrt{5} \Omega ;$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{1}{\sqrt{5}} \approx 0,447$$

Theo định luật Ôm : $I = \frac{U}{Z}$; $A = RI^2t = 1934 \text{ J}$.

4. Công suất tiêu thụ của cuộn cảm là RI^2 . Theo giả thiết $U = 50 \text{ V}$; $I = 0,2 \text{ A}$; $RI^2 = 1,5 \text{ W}$. Do vậy, hệ số công suất của cuộn cảm là :

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{RI^2}{UI} = 0,15$$