

28 MẠCH CÓ R, L, C MẮC NỐI TIẾP CỘNG HƯỞNG ĐIỆN

I - MỤC TIÊU

- Biết cách vẽ và dùng giản đồ Fre-nen để nghiên cứu đoạn mạch có R, L, C mắc nối tiếp.
- Nắm được quan hệ giữa điện áp với cường độ dòng điện, biết cách tính tổng trở Z , độ lệch pha φ của đoạn mạch có R, L, C mắc nối tiếp.
- Nắm được hiện tượng và điều kiện để xảy ra cộng hưởng điện.

II - CHUẨN BỊ

Giáo viên

- Đoạn mạch có R, L, C mắc nối tiếp (bố trí trên một mặt bảng thẳng đứng).
- Nguồn điện xoay chiều.
- Vôn kế để đo điện áp hiệu dụng trên các phần tử mắc nối tiếp.

Học sinh

- Ôn lại đoạn mạch xoay chiều chỉ có tụ điện hoặc chỉ có cuộn cảm thuần.
- Phương pháp giản đồ Fre-nen.

III - NHỮNG ĐIỀU CẦN LƯU Ý

1. Trong bài này, ta dùng các kết quả thu được của các bài học trước về quan hệ giữa cường độ dòng điện và điện áp trên từng phần tử R, L, C và thừa nhận các giá trị tức thời của điện áp trong đoạn mạch xoay chiều tuân theo các công thức như đối với đoạn mạch một chiều. Các điện áp tức thời này là các điện áp biến thiên điều hoà hay điện áp dao động điều hoà (ta dùng cả hai thuật ngữ này).

2. Việc tổng hợp các điện áp dao động điều hoà cùng tần số cũng tiến hành như tổng hợp các dao động cơ cùng phương, cùng tần số. Phương pháp thuận tiện nhất để tổng hợp nhiều dao động điều hoà là dùng giản đồ Fre-nen. Để chuẩn bị cho việc vận dụng phương pháp này, HS cần nhớ lại vectơ quay biểu diễn cường độ dòng điện và điện áp từ các bài học trước. Việc vẽ giản đồ Fre-nen chỉ là sự vận dụng những điều đã học.

3. Mục đích của phép tổng hợp các điện áp xoay chiều không chỉ là tìm biểu thức của điện áp tổng hợp mà còn tìm mối quan hệ giữa các giá trị hiệu dụng và xây dựng khái niệm tổng trở của mạch. Đó là lí do để biến đổi các điện áp theo cường độ dòng điện.

4. Theo công thức $\tan \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$, $\tan \varphi$ có giá trị dương hay âm tùy thuộc

cảm kháng lớn hơn dung kháng hay ngược lại. Nếu $\omega L > \frac{1}{\omega C}$ thì $\varphi > 0$, dòng điện trễ pha đối với điện áp ở hai đầu đoạn mạch và ngược lại. Trong các bài tập

có $\omega L < \frac{1}{\omega C}$, HS có thể căn cứ vào giản đồ để tính $\tan \varphi = \frac{\frac{1}{\omega C} - \omega L}{R}$. Khi đó dấu của φ có ý nghĩa ngược lại.

5. Sự cộng hưởng điện trong mạch R, L, C mắc nối tiếp là cộng hưởng điện áp. Điều kiện cộng hưởng là cảm kháng bằng dung kháng. Cần lưu ý khi xảy ra cộng hưởng, độ lệch pha bằng không, điện áp giữa hai đầu điện trở thuần bằng điện áp giữa hai đầu đoạn mạch, điện áp giữa hai bản tụ điện và điện áp giữa hai đầu cuộn cảm triệt tiêu với nhau. Các giá trị hiệu dụng U_L và U_C vẫn khác không và có thể lớn hơn điện áp hiệu dụng U giữa hai đầu đoạn mạch.

6. Cần chú ý các công thức về tổng trở, về độ lệch pha giữa u và i nêu trong bài này chỉ dùng cho đoạn mạch có R, L, C mắc nối tiếp. Đối với đoạn mạch có R, L, C mắc song song, bằng cách áp dụng phương pháp giản đồ Fre-nen để tổng hợp cường độ dòng điện (theo phương trình $\vec{I} = \vec{I}_R + \vec{I}_L + \vec{I}_C$) và sử dụng tính chất bằng nhau về điện áp giữa các nhánh : $u_R = u_L = u_C$, ta tìm được :

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

Từ đó suy ra :

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{Z_L} - \frac{1}{Z_C}\right)^2} ; \tan \varphi = R \left(\frac{1}{Z_L} - \frac{1}{Z_C}\right)$$

với $Z_L = \omega L$; $Z_C = \frac{1}{\omega C}$.

Khi đoạn mạch R, L, C mắc song song thoả mãn điều kiện $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ hay

$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ thì trong đoạn mạch cũng xảy ra hiện tượng cộng hưởng, gọi là sự

cộng hưởng dòng. Khi đó : độ lệch pha giữa u và i bằng 0 nhưng tổng trở của đoạn mạch cực đại và bằng điện trở thuần R ; cường độ dòng điện qua cuộn dây và qua tụ điện ngược pha nhau và có giá trị hiệu dụng bằng nhau ; cường độ dòng điện qua mạch chính cực tiểu và bằng cường độ dòng điện qua điện trở R :

$$I_{\min} = I_R = \frac{U}{R}$$

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

1. Các giá trị tức thời

Trước hết cần giúp HS nhớ lại cách mắc và các công thức của mạch điện một chiều mắc nối tiếp rồi cho biết các công thức đó vẫn đúng cho các giá trị tức thời của mạch điện xoay chiều.

Phân đầu của mục này có thể tiến hành như một giờ ôn tập. GV nêu viết biểu thức của cường độ dòng điện và các thông số R, L, C rồi cho HS viết các biểu thức điện áp tức thời trên từng phần tử của mạch.

C1 Các phần tử mắc nối tiếp nếu trên chúng có cùng một dòng đi qua. Các công thức áp dụng cho đoạn mạch một chiều mắc nối tiếp là :

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

$$I = I_1 = I_2 = \dots$$

2. Giản đồ Fre-nen. Quan hệ giữa cường độ dòng điện và điện áp

Trước khi vẽ giản đồ cần chú trọng việc lập phương trình vectơ. GV hướng dẫn HS vẽ giản đồ theo một trong hai cách : theo quy tắc hình bình hành hoặc theo quy tắc đa giác. Cách vẽ thứ hai có thể để HS tự làm ở nhà. Để thiết lập các công thức liên hệ giữa các giá trị hiệu dụng, công thức tính tổng trở và tính độ lệch pha, GV cần nêu rõ mục đích, sau đó để HS có thể tự tìm các kết quả.

C2 Điện áp trên mỗi phần tử trong đoạn mạch xoay chiều RLC nối tiếp có thể lớn hơn điện áp ở hai đầu đoạn mạch. Ví dụ khi $R = 0$ thì $|U_L - U_C| = U$, phương trình này cho U_L hoặc U_C lớn hơn U .

Hướng dẫn **C3** : Nhiệm vụ nêu trong câu này để cho HS làm. Có thể một HS làm thí nghiệm và đọc số liệu, một HS khác ghi kết quả lên bảng rồi nhận xét. Cả lớp quan sát và theo dõi.

3. Cộng hưởng điện

Từ điều kiện cảm kháng bằng dung kháng, HS có thể tự tìm ra các đặc điểm của hiện tượng cộng hưởng. Nếu HS không tìm đủ, có thể gợi ý cho họ : khi nghiên cứu đoạn mạch điện xoay chiều, người ta thường quan tâm tới bốn đại lượng : tổng trở, điện áp, cường độ dòng điện, độ lệch pha : Z, U, I, φ . Việc quan sát và nhận xét đồ thị cộng hưởng là nhiệm vụ mở rộng của mục này. Khái niệm cộng hưởng nhọn dùng để chỉ sự cộng hưởng xảy ra với điện trở nhỏ.

C4 Trong trường hợp dung kháng của đoạn mạch lớn hơn cảm kháng :

$$\frac{1}{\omega C} > L\omega, \text{ nếu ta tăng } C \text{ thì } \frac{1}{\omega C} \text{ giảm, } \left(\frac{1}{\omega C} - L\omega \right) \text{ giảm,}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \text{ giảm, nên cường độ dòng điện } I \text{ tăng, sau khi vượt quá}$$

giá trị cực đại thì cường độ dòng điện I lại giảm.

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

Câu hỏi

1. Công thức tính tổng trở của các đoạn mạch :

– Chỉ có R, L nối tiếp : $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$

– Chỉ có R, C nối tiếp : $Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$

– Chỉ có L, C nối tiếp : $Z = \left| \omega L - \frac{1}{\omega C} \right|$

2. Tính tổng trở các đoạn mạch

– Đoạn mạch có hai cuộn cảm thuần với độ tự cảm L_1, L_2 mắc nối tiếp : Nếu trên đoạn mạch có dòng điện cường độ hiệu dụng I , điện áp hiệu dụng trên các cuộn cảm là $U_1 = I\omega L_1$; $U_2 = I\omega L_2$. Các điện áp tức thời u_1, u_2 biến đổi đồng pha nên điện áp hiệu dụng giữa hai đầu đoạn mạch là : $U = U_1 + U_2 = I(\omega L_1 + \omega L_2)$.

Cảm kháng đoạn mạch là : $Z = \frac{U}{I} = \omega L_1 + \omega L_2$.

– Đoạn mạch có hai tụ điện, điện dung C_1 và C_2 mắc nối tiếp. Bộ tụ có điện dung tương đương C được xác định bằng công thức : $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$. Dung kháng của bộ tụ :

$$Z = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{\omega C_1} + \frac{1}{\omega C_2}$$

3. Điều kiện để có cộng hưởng : $\omega L = \frac{1}{\omega C}$.

Đặc điểm của hiện tượng cộng hưởng đối với đoạn mạch RLC nối tiếp :

– Tổng trở cực tiểu : $Z_{\min} = R$.

– Cường độ hiệu dụng của dòng điện cực đại : $I_{\max} = \frac{U}{R}$.

– Điện áp giữa hai đầu đoạn mạch đồng pha với cường độ dòng điện, độ lệch pha : $\varphi = 0$.

– Điện áp giữa hai đầu điện trở bằng điện áp giữa hai đầu đoạn mạch. Điện áp giữa hai đầu cuộn cảm và điện áp giữa hai bản tụ điện triệt tiêu lẫn nhau.

Bài tập

1. D. Theo giả thiết $\frac{1}{2\pi fC} < 2\pi fL$. Nếu ta giảm tần số f thì $Z_C = \frac{1}{2\pi fC}$ tăng, $Z_L = 2\pi fL$ giảm cho tới khi $Z_C = Z_L$ thì xảy ra hiện tượng cộng hưởng.

2. C. Vì theo giả thiết :

$$\tan \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = \tan \frac{\pi}{4} = 1, \text{ suy ra : } \omega L - \frac{1}{\omega C} = R.$$

3. Từ giả thiết : $u = 120\cos 100\pi t$ (V) có thể suy ra : $U_0 = 120$ V ; $\omega = 100\pi$ rad/s. Có thể tính dung kháng và cảm kháng trước khi tính tổng trở của đoạn mạch :

$$Z_L = L\omega \approx 50 \Omega ; Z_C = \frac{1}{\omega C} \approx 100 \Omega$$

$$\text{Vì vậy : } Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} = 50\sqrt{2} \Omega$$

$$\tan \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = -1 ; \varphi = -\frac{\pi}{4} ; I_0 = \frac{U_0}{Z} = 1,2\sqrt{2} \text{ A}$$

$$i = I_0 \cos(100\pi t - \varphi) = 1,2\sqrt{2} \cos(100\pi t + \frac{\pi}{4}) \text{ (A)}$$

4. a) $Z_L = \omega L = 10\pi$; $Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{10^4}{\pi} > Z_L$. Vậy i biến thiên sớm pha so với u .

b) Từ điều kiện $\frac{1}{\omega C'} = \omega L$, suy ra $C' = \frac{10^{-3}}{\pi^2} \approx 1,01 \cdot 10^{-4}$ F.