

# 27 MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU CHỈ CÓ TỤ ĐIỆN, CUỘN CẢM

## I - MỤC TIÊU

- Hiểu được các tác dụng của tụ điện và của cuộn cảm trong mạch điện xoay chiều.
- Nắm được khái niệm dung kháng, cảm kháng. Biết cách tính dung kháng, cảm kháng và biết cách biểu diễn  $u$  và  $i$  bằng vectơ quay cho đoạn mạch chỉ có tụ điện và đoạn mạch chỉ có cuộn cảm thuần.

## II - CHUẨN BỊ

### Giáo viên

Nên chuẩn bị tụ điện có dung kháng, cuộn dây có cảm kháng cùng bậc độ lớn với điện trở của đèn để dễ quan sát hiện tượng khi thay tụ bởi dây dẫn ở Hình 27.1 SGK hoặc khi đóng, ngắt khoá  $K$  ở Hình 27.5 SGK. Nếu không có dao động kí hai chùm tia thì GV cần vẽ trước đồ thị biểu diễn điện áp và cường độ dòng điện qua mỗi đoạn mạch theo thời gian trên giấy khổ to hoặc trên bảng.

## III - NHỮNG ĐIỀU CẦN LƯU Ý

### 1. Đoạn mạch xoay chiều chỉ có tụ điện

a) Tác dụng của tụ điện trong mạch điện xoay chiều được nghiên cứu định tính bằng TN mắc tụ nối tiếp với một đèn rồi sau đó mới chứng minh định lượng bằng giải tích. Nếu điều kiện cho phép có thể để HS tham gia làm TN để chứng tỏ hiện tượng dòng điện xoay chiều đi qua tụ điện. Việc lí giải hiện tượng dòng điện

đi qua tụ điện là yêu cầu mở rộng nên được xếp ở cột phụ. Hai tác dụng cơ bản của tụ điện nhắc đến trong bài này là có tác dụng cản trở dòng xoay chiều và làm cho cường độ dòng điện sớm pha  $\frac{\pi}{2}$  so với điện áp.

b) Khác với SGK cũ, các biểu thức điện áp và cường độ dòng điện tức thời trong chương V đều được viết dưới dạng cosin như đối với các dao động cơ. Riêng phần chứng minh điện áp giữa hai bản tụ trễ pha đối với dòng điện, ta dùng biểu thức điện áp dưới dạng sin :  $u = U_0 \sin \omega t$ . Với biểu thức này của  $u$ , cường độ dòng điện có dạng  $i = I_0 \cos \omega t$ . Do đó, trên giản đồ vectơ  $\vec{I}$  nằm trên trục pha (thường vẽ nằm ngang) đúng với vị trí của  $\vec{I}$  trên giản đồ của đoạn mạch chỉ có cuộn cảm và đoạn mạch  $RLC$  mắc nối tiếp học ở các tiết sau. Điều đó, nhằm tạo thuận lợi hơn cho HS khi vận dụng kiến thức của bài này cho bài học sau.

## 2. Đoạn mạch xoay chiều chỉ có cuộn cảm

a) Cần chú ý ở mục 1, ta dùng cuộn cảm có lõi sắt dịch chuyển được để chứng tỏ một cách định tính ảnh hưởng của độ tự cảm tới cường độ hiệu dụng của dòng điện trong mạch khi điện áp hiệu dụng của mạch không đổi. Trong TN này, khi mắc  $A$  và  $B$  với nguồn điện một chiều, ngay sau khi đóng hay ngắt khoá  $K$ , dòng điện trong cuộn dây chưa ổn định, dòng điện tự cảm có tác dụng qua đèn khi mở khoá  $K$  nhưng chỉ có tác dụng trong thời gian rất ngắn. Do vậy, cần cho HS thấy là cuộn cảm thuần chỉ có tác dụng tăng hoặc giảm dòng điện khi đóng hay ngắt mạch. Lúc ổn định, cuộn cảm chỉ có tác dụng như một dây dẫn điện trở nhỏ. Trong TN này, ta quan sát độ sáng của đèn khi dòng điện đã ổn định. Đối với dòng điện xoay chiều, cuộn cảm có tác dụng cản trở dòng điện ngay khi mạch điện đã ổn định. Trong các mục tiếp theo ta dùng cuộn cảm có độ tự cảm không đổi.

b) Các cuộn dây trong thực tế đều có điện trở. Nếu ta đặt vào hai đầu  $A$  và  $B$  của cuộn dây có độ tự cảm  $L$  và có điện trở thuần  $R$  một điện áp xoay chiều  $u = U_0 \cos(\omega t + \varphi_1)$  rồi đóng mạch lúc  $t = 0$  thì trong mạch có dòng điện cường độ  $i$  xác định bởi phương trình :  $Ri = u - L \frac{di}{dt}$  (1). Do hiện tượng tự cảm nên dòng điện qua cuộn dây biến thiên liên tục, lúc  $t = 0$  cường độ dòng điện bằng 0.

Nghiệm của phương trình (1) thoả mãn điều kiện khi  $t = 0, i = 0$  là :

$$i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_1 - \varphi) - I_1 e^{-\frac{R}{L}t}, \text{ trong đó } I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} ;$$

$$I_1 = I_0 \cos(\varphi_1 - \varphi) \text{ với } \tan \varphi = \frac{\omega L}{R}$$

Như vậy, sau thời điểm  $t = 0$  có một quá trình chuyển tiếp, trong đó dòng điện tổng hợp qua cuộn dây không biến thiên theo định luật dạng sin. Tùy theo tỉ số  $\frac{R}{L}$ ,

thành phần  $I_1 e^{-\frac{R}{L}t}$  sẽ dẫn tới 0 nhanh hay chậm và trong mạch chỉ còn dòng điện

hình sin. Nếu coi cuộn dây là cuộn cảm thuần có điện trở  $R = 0$ , thì  $e^{-\frac{R}{L}t} = 1$  và

thành phần  $I_1 e^{-\frac{R}{L}t} = I_1$  có giá trị không đổi theo thời gian. Trong thực tế không

xảy ra điều đó. Như vậy, tuy mục này học về cuộn cảm có điện trở bằng không nhưng ta lại sử dụng kết quả thu được cho cuộn cảm có điện trở nhỏ. Chỉ cần cho HS hiểu cuộn cảm thuần là cuộn dây có điện trở nhỏ không đáng kể và dòng điện mà ta đề cập tới ở đây là dòng điện ở chế độ ổn định.

c) Trong hệ thức định luật Ôm, cần lưu ý HS rằng  $U$  và  $I$  là các giá trị hiệu dụng. SGK vẽ các vectơ quay theo các biểu thức của cường độ dòng điện và điện áp nêu ở mục 2b, trong đó pha ban đầu của dòng điện bằng 0 nên vectơ  $\vec{I}$  có phương trùng với trục pha. Đây chỉ là một trường hợp riêng. Trong trường hợp tổng quát, vectơ  $\vec{I}$  có thể lập với trục pha các góc bất kì.

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

##### 1. Đoạn mạch xoay chiều chỉ có tụ điện

###### a) Thí nghiệm

Sơ đồ TN này cần bố trí trên mặt phẳng thẳng đứng có độ cao vừa đủ để HS quan sát. Có thể mắc trong mạch một ampe kế xoay chiều và quan sát số chỉ của ampe kế thay cho việc quan sát độ sáng của đèn.

###### b) Các giá trị tức thời của cường độ dòng điện và điện áp

GV có thể đặt vấn đề : cho biết điện áp giữa hai bản tụ điện có biểu thức  $u = U_0 \sin \omega t$ , điện dung tụ điện là  $C$ , với quy ước :  $u > 0$  nếu điện thế của điểm  $M$  lớn hơn điện thế của điểm  $N$ ,  $i > 0$  nếu dòng điện chạy từ  $M$  đến  $N$ , hãy tìm công thức của cường độ dòng điện trong mạch. Sau đó, GV từng bước hướng dẫn HS tìm công thức tính điện tích của một bản tụ (bản  $M$ ) rồi tìm biểu thức cường độ

dòng điện. GV cần lưu ý công thức  $i = \frac{dq}{dt}$  đúng cho cả hai chiều của dòng điện,

cả trường hợp tụ điện được tích điện cũng như phóng điện. Để so sánh pha của điện áp  $u$  với pha của cường độ dòng điện  $i$  cần biến đổi các công thức biểu diễn chúng về cùng một dạng. Đồ thị biểu diễn  $u(t)$  và  $i(t)$  trên cùng một hình là hình minh họa cho các kết quả tìm được bằng giải tích. GV có thể cho HS nhìn thấy các đồ thị này bằng TN với dao động kí hai chùm tia. Khi làm TN này GV cần chú ý mắc đúng các đầu dây. Nếu mắc ngược lại thì cường độ dòng điện lại trễ pha đối với điện áp (pha thay đổi một lượng  $\pi$ ).

c) Biểu diễn bằng vectơ quay

Với kinh nghiệm có được khi biểu diễn  $u, i$  bằng vectơ quay cho đoạn mạch chỉ có điện trở, HS có thể tự biểu diễn được  $u, i$  bằng các vectơ quay cho đoạn mạch chỉ có tụ điện dưới sự hướng dẫn của GV. Nếu HS vẽ sai, GV cần để cho họ tự phát hiện ra lỗi sai và sửa chữa.

d) Định luật Ôm đối với đoạn mạch có tụ điện. Dung kháng

Khi đã biến đổi ra công thức  $I = \frac{U}{Z_C}$ , GV yêu cầu HS so sánh nó với hệ thức

định luật Ôm cho đoạn mạch một chiều chỉ có điện trở  $R$  để HS hiểu ý nghĩa của  $Z_C$  và kết luận. GV nên hướng dẫn HS tính cụ thể ra kết quả bằng số dung kháng của một tụ (điện dung của tụ điện có giá trị cụ thể đo bằng  $\mu\text{F}$ ) để HS quen với công thức tính dung kháng và đơn vị của nó.

**C1** Cấu tạo của tụ điện : Tụ điện gồm hai vật dẫn (gọi là hai bản tụ điện) đặt gần nhau, cách điện với nhau.

Tụ điện không cho dòng điện một chiều đi qua vì giữa hai bản tụ là chất cách điện.

**C2** Điện tích trên hai bản tụ luôn bằng nhau về độ lớn và trái dấu nên trong mỗi khoảng thời gian bất kì, điện tích bản tụ  $M$  tăng lên bao nhiêu thì điện tích bản tụ  $N$  lại giảm đi bấy nhiêu. Do đó, lượng điện tích chạy trên dây nối  $A$  với  $M$  và trên dây nối  $N$  với  $B$  bằng nhau, suy ra cường độ dòng điện chạy trên hai dây nối này bằng nhau.

**C3** Nếu quy ước chiều dòng điện chạy ngược lại thì :

$$i = -I_0 \cos \omega t = I_0 \cos(\omega t - \pi)$$

Pha của cường độ dòng điện thay đổi một lượng là  $\pi$  đối với quy ước cũ, do đó trễ pha  $\frac{\pi}{2}$  so với điện áp.

**C4** Cường độ hiệu dụng của dòng điện xoay chiều chạy qua một tụ điện tỉ lệ thuận với điện áp hiệu dụng giữa hai bản tụ, tỉ lệ nghịch với dung kháng của tụ điện.

**C5** Dung kháng phụ thuộc vào điện dung  $C$  của tụ điện và tần số góc  $\omega$  của dòng điện (cũng có thể nói phụ thuộc vào điện dung  $C$  của tụ điện và tần số  $f$  hoặc chu kì  $T$  của dòng điện).

Mạng điện xoay chiều ở nước ta có tần số  $f = 50$  Hz nên tụ điện có điện dung  $C = 1 \mu\text{F}$  sẽ có dung kháng  $Z_C = \frac{1}{2\pi f C} \approx \frac{1}{2.3,14.50.10^{-6}} \approx 3185 \Omega$ .

## 2. Đoạn mạch xoay chiều chỉ có cuộn cảm

### a) Thí nghiệm

GV cần chuẩn bị cuộn dây có điện trở thuần rất nhỏ so với điện trở của đèn và chọn điện áp của nguồn xoay chiều sao cho khi  $K$  đóng, đèn không sáng quá mức bình thường. Khi mắc  $A$  và  $B$  với nguồn điện một chiều, GV cần hướng dẫn HS nhận xét độ sáng của đèn khi dòng điện trong mạch đã ổn định. Khi mắc  $A$  và  $B$  với nguồn điện xoay chiều, để hiện tượng xảy ra rõ và dễ nhận xét, GV cần hướng dẫn HS quan sát độ sáng của đèn khi lõi sắt nằm hoàn toàn trong lòng cuộn dây và khi đã rút hẳn ra khỏi cuộn dây.

### b) Các giá trị tức thời của cường độ dòng điện và của điện áp

Để tìm được biểu thức của điện áp theo biểu thức của suất điện động tự cảm trong cuộn dây (học ở lớp 11), GV yêu cầu HS nhắc lại biểu thức của suất điện động cảm ứng, công thức của định luật Ôm cho đoạn mạch có nguồn:  $u = iR_{AB} - e$ . Khi tiến hành TN với dao động kí để ghi đường biểu diễn dòng điện và điện áp, GV cần chú ý mắc đúng các đầu dây. Nếu không chú ý tới thứ tự các đầu dây thì có thể thấy trên đồ thị là dòng điện có thể không sớm pha mà trễ pha so với điện áp.

### c) Biểu diễn bằng vectơ quay

Việc vẽ giản đồ Fre-nen có thể coi là bài tập để HS làm vì HS đã quen với việc vẽ giản đồ ở bài trước.

### d) Định luật Ôm đối với đoạn mạch chỉ có cuộn cảm thuần. Cảm kháng

Trong bài này GV cần chuẩn bị một vài ví dụ tính cảm kháng và cường độ dòng điện hiệu dụng qua cuộn dây để HS luyện tập. Độ tự cảm của cuộn dây có thể chọn sao cho cảm kháng của nó có giá trị vào cỡ điện trở của các đèn.

**C6** Độ tự cảm của cuộn dây phụ thuộc vào hình dạng, kích thước, số vòng của cuộn dây và độ từ thẩm của lõi thép.

**C7** Gọi  $u$  là điện áp tức thời giữa  $A$  và  $B$  và quy ước  $i > 0$  nếu dòng điện chạy từ  $A$  tới  $B$ ,  $i < 0$  nếu ngược lại (theo quy ước chung đã nêu ở Bài 26). Áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch có điện trở  $R_{AB}$  và nguồn điện có suất điện động  $e$  (học ở lớp 11) ta có  $u = iR_{AB} - e$  (cần chú ý trong biểu thức tính  $e$  đã có dấu trừ "-" biểu diễn nội dung định luật Len-xơ về chiều dòng điện cảm ứng).

**C8** Khi dòng điện qua cuộn dây biến thiên, trong cuộn dây có một suất điện động tự cảm. Theo định luật Len-xơ, suất điện động tự cảm sinh ra dòng điện tự cảm có tác dụng chống lại sự biến thiên của dòng điện qua cuộn dây, làm dòng điện này biến thiên chậm pha hơn điện áp.

**C9** Khi rút lõi sắt ra khỏi cuộn dây trong TN nêu ở mục 2a, độ tự cảm  $L$  của cuộn dây giảm, làm  $Z_L$  giảm, do  $U$  không đổi,  $I = \frac{U}{Z_C}$  nên  $I$  tăng.

**C10** Cường độ hiệu dụng của dòng điện qua cuộn cảm thuần tỉ lệ thuận với điện áp giữa hai đầu cuộn cảm và tỉ lệ nghịch với cảm kháng của nó.

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

### Câu hỏi

1. Các tác dụng chính của tụ điện đối với dòng điện xoay chiều là :

- Làm cho điện áp biến thiên trễ pha so với cường độ dòng điện.
- Cản trở dòng điện.

2. Xem mục 2b SGK.

### Bài tập

1. B. Vì điện dung  $C = \frac{S}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9 d}$  nên dung kháng của tụ điện :

$$Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9 d}{\omega S} \text{ có giá trị tăng khi } d \text{ tăng.}$$

2. C. Cảm kháng  $Z_L = \omega L = \frac{2\pi L}{T}$  nên tỉ lệ nghịch với chu kì  $T$ .

3. B. Vì  $I = \frac{U}{Z_L}$  ;  $I = \frac{U}{Z_C}$  nên cường độ hiệu dụng tỉ lệ với điện áp hiệu dụng

giữa hai đầu đoạn mạch.

4. Trước hết cần tính dung kháng của tụ điện :  $Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \approx 1\,592 \, \Omega$ .

Áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch có tụ điện :  $I = \frac{U}{Z_C} \approx 0,14 \, \text{A}$ .

5. Vì cường độ dòng điện sớm pha  $\frac{\pi}{2}$  đối với điện áp nên có hệ thức :

$$i = I_0 \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{2}\right) = I_0 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$$

Các thời điểm  $t$  có cường độ dòng điện bằng 0 là nghiệm của phương trình :

$$i = I_0 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right) = 0$$

Suy ra :  $\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right) = \frac{\pi}{2} + k\pi \Rightarrow t = \left(\frac{1}{300} + \frac{k}{100}\right)$ (s), với  $k$  nguyên.

6. Cảm kháng của cuộn cảm là :

$$Z_L = 2\pi f L \approx 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,2 = 62,8 \, \Omega$$

Áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch chỉ có cuộn cảm thuần :  $I = \frac{U}{Z_L} \approx 3,5 \, \text{A}$ .