# 41 HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

## I - Mục tiêu

– Nêu được bản chất của hiện tượng tự cảm khi đóng mạch, khi ngắt mạch.

– Vận dụng được các công thức xác định hệ số tự cảm của ống dây, công thức xác định suất điện động tự cảm.

– Vận dụng được công thức xác định năng lượng từ trường trong ống dây và công thức xác định mật độ năng lượng từ trường.

## II - Chuẩn bị

**Giáo viên**

Bộ thiết bị thí nghiệm về dòng điện khi đóng mạch và bộ thiết bị thí nghiệm về dòng điện khi ngắt mạch.

## III - Những điều cần lưu ý

Trong SGK cũ không có công thức tính hệ số tự cảm của ống dây, do đó không thể đưa ra công thức tính năng lượng trong ống dây và không thể đưa ra công thức tính mật độ năng lượng từ trường. Vì vậy, trong SGK này có đưa vào công thức tính hệ số tự cảm của ống dây dưới dạng thừa nhận. Do đó, có thể rút ra công thức tính mật độ năng lượng từ trường.

## IV - Gợi ý về phương pháp và tổ chức hoạt động dạy học

**1.** *Hiện tượng tự cảm*

Trong mục này SGK đưa ra hai thí nghiệm về hiện tượng tự cảm. Đây là hai thí nghiệm có tính kinh điển. Hình 41.1 SGK là sơ đồ thí nghiệm về hiện tượng tự cảm khi đóng mạch ; Hình 41.2 SGK là sơ đồ thí nghiệm về hiện tượng tự cảm khi ngắt mạch.

Đối với thí nghiệm trên Hình 41.1 SGK, GV cần nhấn mạnh để HS chú ý rằng hai bóng đèn ở hai nhánh giống nhau và điện trở thuần của cả hai nhánh cũng bằng nhau. Mặc dù vậy, khi đóng mạch, bóng đèn ở nhánh có cuộn dây vẫn sáng lên chậm hơn.

Trong thiết bị thí nghiệm, để có hai bóng đèn ở hai nhánh giống nhau ta có thể chọn trước, nhưng muốn điện trở thuần của hai nhánh bằng nhau thì GV phải điều chỉnh. Muốn vậy, ta đóng mạch điện cho hai bóng đèn ở hai nhánh đều sáng rồi di chuyển con chạy của biến trở cho đến khi nhận thấy độ sáng của hai bóng đèn ở hai nhánh như nhau thì điện trở thuần ở hai nhánh lúc đó được coi là bằng nhau.

Sau khi đã làm thí nghiệm theo sơ đồ trên Hình 41.1 SGK, để thí nghiệm có tính thuyết phục hơn, GV có thể đổi vị trí hai bóng đèn cho nhau rồi lại đóng mạch điện như trên. Khi đó ta vẫn thấy bóng đèn ở nhánh có ống dây sáng lên chậm hơn bóng đèn ở nhánh kia. Điều đó khẳng định rõ ràng rằng ống dây chính là nguyên nhân ngăn cản không cho dòng điện trong nhánh đó tăng lên nhanh chóng.

Trên đây ta nói bóng đèn ở nhánh có ống dây sáng lên chậm hơn bóng đèn ở nhánh kia, nhưng có điều là khoảng thời gian diễn ra sự chậm hơn đó rất ngắn. Tuy thế HS vẫn có thể phân biệt được sự nhanh, chậm đó.

Đến đây GV có thể dùng gợi ý C1.

Trả lời C1 : Sau khi đóng mạch một thời gian ngắn độ sáng của hai bóng đèn ở hai nhánh lại như nhau. Hai bóng đèn sáng như nhau chứng tỏ suất điện động cảm ứng trong ống dây khi đó bằng không. Điều đó có thể giải thích là khi dòng điện trong các nhánh đạt đến giá trị không đổi thì từ thông qua ống dây cũng có giá trị không đổi. Vì vậy suất điện động cảm ứng trong ống dây bằng không.

Việc tiến hành thí nghiệm theo sơ đồ Hình 41.2 SGK đơn giản hơn thí nghiệm trước. Sau khi ngắt mạch ta thấy bóng đèn loé sáng lên một chút rồi mới tắt. Thí nghiệm đó chứng tỏ, khi ngắt mạch ống dây cũng sinh ra dòng cảm ứng. Để tăng tính thuyết phục của thí nghiệm, GV có thể tiến hành một thí nghiệm phụ như sau. Sau khi đã làm thí nghiệm theo sơ đồ như Hình 41.2 SGK, GV thay ống dây bằng một điện trở thuần $R_1$, nghĩa là bằng điện trở thuần của ống dây, rồi lại ngắt mạch như trên. Khi đó ta sẽ thấy bóng đèn không loé sáng như khi trong mạch có ống dây.

Cũng nên nói thêm rằng, tuy các động tác trong việc tiến hành thí nghiệm thì đơn giản nhưng việc nhận ra rằng, khi ngắt mạch, bóng đèn loé sáng lên một chút thì lại không đơn giản, bởi vì ống dây trong bộ thiết bị thí nghiệm vẫn dùng ở nhà trường có độ tự cảm bé, nên sự loé sáng của bóng đèn thường là không rõ ràng lắm. Vì vậy ở thí nghiệm này, GV phải nhắc trước để HS hết sức chú ý thì mới nhận ra được sự loé sáng của bóng đèn.

Đến đây, dựa vào hai thí nghiệm trên GV có thể đưa ra định nghĩa về hiện tượng tự cảm. Cần nói rõ rằng, bản chất của hiện tượng tự cảm cũng là hiện tượng cảm ứng điện từ. Chỉ có điều khác là ở chỗ nguyên nhân gây ra hiện tượng tự cảm nằm ngay trong mạch điện đang khảo sát.

**2.** *Suất điện động tự cảm*

Vì bản chất của hiện tượng tự cảm là hiện tượng cảm ứng điện từ nên để thành lập công thức tính suất điện động tự cảm có thể xuất phát từ công thức xác định suất điện động cảm ứng. Tuy nhiên, nguyên nhân trực tiếp gây ra hiện tượng tự cảm là do sự biến thiên của dòng điện trong mạch. Vì thế, hợp lí hơn cả là biểu diễn suất điện động tự cảm qua sự biến đổi của dòng điện trong mạch. Muốn vậy, rõ ràng là cần phải thiết lập mối liên hệ

giữa từ thông Φ và cường độ dòng điện $i$ trong mạch để có thể suy ra mối liên hệ giữa $\Delta\Phi$ và $\Delta i$. Đó là lí do vì sao trước khi nói về biểu thức của suất điện động tự cảm ta cần nói về hệ số tự cảm như SGK đã trình bày.

Để mở đầu mục này GV cần nói về hệ số tự cảm, một đại lượng được nhắc đến lần đầu tiên.

Để đưa ra định nghĩa về hệ số tự cảm, GV yêu cầu HS nhắc lại các công thức xác định cảm ứng từ của dòng điện tròn, dòng điện trong ống dây và gợi cho HS nhận xét về mối liên hệ giữa $B$ và $i$. Các công thức vừa nhắc đến chứng tỏ rằng $B$ tỉ lệ với $i$. Điều đó cho thấy có thể rút ra nhận xét là từ thông Φ qua diện tích giới hạn bởi mạch điện cũng tỉ lệ với $i$ ; $\Phi = Li$, $L$ là một hệ số tỉ lệ.

Đến đây, GV thông báo là hệ thức $\Phi = Li$ không chỉ đúng đối với hai trường hợp nói trên mà nó đúng đối với dòng điện trong các mạch có dạng khác nhau. Hệ số $L$ trong hệ thức đó gọi là hệ số tự cảm của mạch điện đang xét.

Hệ số tự cảm của một mạch điện phụ thuộc vào dạng của mạch điện đó. GV thông báo về công thức xác định hệ số tự cảm của mạch điện có dạng một ống dây, đó là công thức (41.2) SGK.

Sau khi đã thiết lập được mối liên hệ giữa Φ và $i$ thì việc tìm ra công thức xác định suất điện động tự cảm không còn gặp khó khăn đáng kể.

Gợi ý C2 nêu lên vấn đề tương đối khó đối với những HS dưới trung bình. Vì vậy, GV có thể giới thiệu C2 đối với những HS khá.

Trả lời C2 : Từ công thức (41.1) ta rút ra $L = \dfrac{\Phi}{i}$ (*).

Nếu ống dây có $N$ vòng dây và diện tích mỗi vòng dây bằng $S$ thì $\Phi = NBS$. Gọi $l$ là chiều dài ống dây thì $\Phi = nlBS = nBV$. Theo (29.3) ta có $B = 4\pi.10^{-7}ni$. Thay các biểu thức của Φ và $B$ vừa viết vào (*) ta thu được công thức (41.2).

Để lưu ý HS khi vận dụng công thức (41.2) GV có thể dùng câu gợi ý C3.

Trả lời C3 : (41.2) chỉ áp dụng cho trường hợp ống dây không có lõi sắt, nghĩa là chỉ áp dụng cho ống dây trên Hình 41.3a.

## V - Hướng dẫn trả lời câu hỏi và giải bài tập

### Câu hỏi

**1.** Ít nhất là HS có thể nêu được thí nghiệm trong SGK.

**2.** Thí nghiệm chứng tỏ rằng, từ thông qua diện tích giới hạn bởi mạch điện tỉ lệ với cường độ dòng điện trong mạch điện đó, $\Phi = Li$, từ đó suy ra $L = \frac{\Phi}{i}$, đó là công thức định nghĩa hệ số tự cảm của mạch điện.

**3.** Đó là công thức (41.3), $e_{tc} = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}$.

**4.** Công thức (41.2), $L = 4\pi.10^{-7}n^2 V$.

**Bài tập**

**1.** B. Trong cả hai trường hợp $\Delta i$ như nhau, nhưng $\Delta t_2 = 2\Delta t_1$.

**2.** Áp dụng công thức (41.2) $L = 4\pi.10^{-7}n^2 V$, trong đó ta có

$$n = \frac{1000}{0,5} = 2\,000\ \text{m}^{-1}\ ;\ V = 0,5.\ 10.10^{-4} = 5.10^{-4}\text{m}^3.$$

Từ đó tính được $L$.

**3.** a) Từ công thức $e_{tc} = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}$ ta suy ra $|e_{tc}| = L\left|\frac{\Delta i}{\Delta t}\right|$. Theo giả thiết ta có $L = 4\pi.10^{-7}n^2 V$, trong đó $n = 2\,000\ \text{m}^{-1}$ ; $V = 500.10^{-6} = 5.10^{-4}\ \text{m}^3$.

Từ Hình 41.5 SGK ta suy ra $\Delta i = i = 5$ A, $\Delta t = t = 0,05$ s. Từ đó tính được $|e_{tc}|$.

b) Từ thời điểm $t = 0,05$ s về sau thì $\Delta i = 0$. Do đó $e_{tc} = 0$.