

[www.mientayvn.com](http://www.mientayvn.com)

Dịch tiếng anh chuyên ngành khoa học tự nhiên và kỹ thuật.

Dịch các bài giảng trong chương trình học liệu mở của học viện MIT, Yale.

Tìm và dịch tài liệu phục vụ cho sinh viên làm seminar, luận văn.

Tại sao mọi thứ đều miễn phí và chuyên nghiệp ???

Trao i tr c tuy n t i:

[www.mientayvn.com/chat\\_box\\_li.html](http://www.mientayvn.com/chat_box_li.html)

# Chương 14

## CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

### § 14.1 CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN VỀ CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

#### 1 – Hiện tượng cảm ứng điện từ:

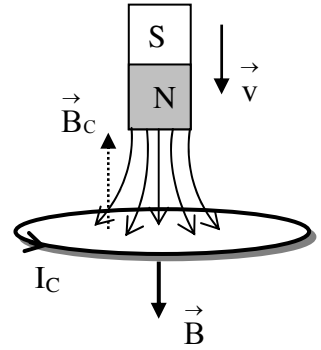
Ta đã biết dòng điện sinh ra từ trường. Ngược lại, từ trường có sinh ra dòng điện không? Bằng các thí nghiệm của mình, Nhà Bác học Faraday đã phát hiện ra rằng: *mỗi khi từ thông qua mạch kín biến thiên thì trong mạch xuất hiện dòng điện*. Dòng điện đó được gọi là *dòng điện cảm ứng* và hiện tượng phát sinh ra dòng điện cảm ứng gọi là *hiện tượng cảm ứng điện – từ*.

#### 2 – Định luật Lenz:

*Dòng điện cảm ứng có chiều sao cho từ trường mà nó sinh ra chống lại sự biến thiên của từ thông sinh ra nó.*

Định luật Lenz cho phép xác định chiều của dòng điện cảm ứng xuất hiện trong mạch kín bất kì khi từ thông qua mạch đó biến thiên.

Ví dụ để xác định chiều của dòng điện cảm ứng xuất hiện trong vòng dây ở hình 14.1, ta phân tích như sau: Do nam châm đi xuống nên từ thông qua vòng dây tăng lên, làm xuất hiện dòng điện cảm ứng  $I_C$ . Từ trường  $\vec{B}_C$  do dòng  $I_C$  gây ra phải chống lại sự



**Hình 14.1:** chiều của dòng điện cảm ứng

tăng của từ thông. Muốn vậy  $\vec{B}_C$  phải ngược chiều với  $\vec{B}$ . Suy ra  $\vec{B}_C$  hướng lên. Dùng qui tắc cái đinh ốc suy ra dòng  $I_C$  ngược chiều kim đồng hồ.

Nếu nam châm chuyển động ra xa vòng dây thì từ thông giảm, khi đó  $\vec{B}_C$  cùng chiều  $\vec{B}$ , kết quả dòng  $I_C$  cùng chiều kim đồng hồ.

**Vậy:** Nếu  $\Phi_m$  tăng thì  $\vec{B}_C \uparrow \downarrow \vec{B}$ ; Nếu  $\Phi_m$  giảm thì  $\vec{B}_C \uparrow \uparrow \vec{B}$

#### 3 – Định luật Faraday về suất điện động cảm ứng:

Sự xuất hiện dòng điện cảm ứng trong mạch kín, chứng tỏ trong mạch phải tồn tại một suất điện động  $\xi_C$  gọi là *suất điện động cảm ứng*. Bằng cách phân tích các kết quả thực nghiệm của mình, Faraday đã tìm được biểu thức của suất điện động cảm ứng:

$$\xi_C = -\frac{d\Phi_m}{dt} \quad (14.1)$$

Suất điện động cảm ứng bằng về trị số và trái dấu với tốc độ biến thiên của từ thông qua mạch.

Nếu mạch kín, dòng điện cảm ứng trong mạch sẽ có cường độ:

$$I_C = \frac{\xi_C}{R_{tm}} \quad (14.2)$$

với  $R_{tm}$  là điện trở của toàn mạch.

Nếu mạch hở, thì không có dòng  $I_C$  nhưng hai đầu mạch có hiệu điện thế  $U = \xi_C$ .

Ta biết rằng, từ thông  $d\Phi_m = BdS\cos\alpha$ . Kết hợp với (14.1) và (14.2) suy ra, để xuất hiện dòng điện cảm ứng trong một mạch điện kín thì hoặc mạch kín đó đứng yên trong từ trường biến thiên; hoặc mạch kín chuyển động trong từ trường. Dưới đây ta khảo sát vài trường hợp đặc biệt về suất điện động cảm ứng:

#### a) Trường hợp khung dây quay đều trong từ trường:

Quay đều khung dây với vận tốc góc  $\omega$  trong từ trường đều có cảm ứng từ

$\vec{B}$  vuông góc với trục quay  $xx'$  của khung dây. Từ thông qua khung dây là:

$$\Phi = NBS\cos\alpha = NBS\cos(\omega t + \varphi) \quad (14.3)$$

Với  $N$  là số vòng dây,  $S$  là diện tích khung

dây và  $\alpha$  là góc giữa  $\vec{B}$  và pháp tuyến  $\vec{n}$  của khung dây ở thời điểm  $t = 0$ . Theo (14.1), suất điện động cảm ứng xuất hiện trong khung dây

$$\text{là: } \xi = -\frac{d\Phi}{dt} = NBS\omega\sin(\omega t + \varphi)$$

$$\text{Hay: } \xi = \xi_0\sin(\omega t + \varphi) \quad (14.4)$$

$$\text{trong đó: } \xi_0 = NBS\omega \quad (14.5)$$

là suất điện động cực đại. Biểu thức (14.4)

chứng tỏ suất điện động trong khung biến

thiên điều hòa. Dựa vào nguyên tắc này, người ta chế tạo ra các máy phát điện xoay chiều.

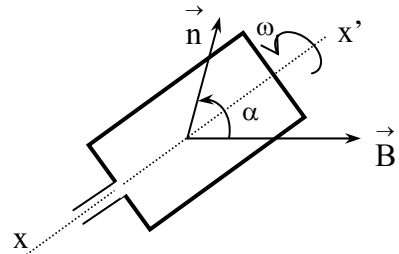
#### b) Trường hợp đoạn dây chuyển động trong từ trường đều:

Xét đoạn dây  $MN = \ell$  chuyển động đều với vận tốc  $\vec{v}$  trong từ trường đều

$\vec{B}$  như hình 14.3. Trong thời gian  $dt$ , diện tích mạch do  $MN$  quét được là  $dS = \ell v dt$  và do đó, độ biến thiên của từ thông qua mạch là:

$$d\Phi = BdS\cos\alpha = Bv\ell\sin\theta dt$$

với  $\alpha$  là góc giữa pháp tuyến của  $dS$  với  $\vec{B}$ ; còn  $\theta$  là góc giữa  $\vec{v}$  và  $\vec{B}$ .



**Hình 14.2:** Sự cảm ứng xuất hiện trong khung dây

Suy ra suất điện động xuất hiện trong mạch có độ lớn là:

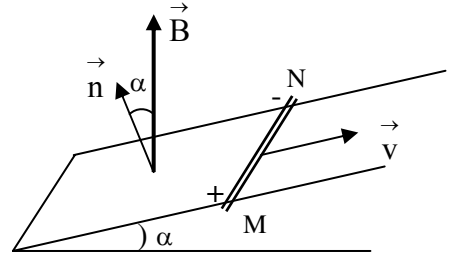
$$\xi_C = \frac{d\Phi_m}{dt} = Bv\ell \sin \theta \quad (14.6)$$

Nếu mạch hở thì hai đầu đoạn MN có hiệu điện thế:  $U = Bv\ell \sin \theta$  (14.7)

Dùng qui tắc bàn tay trái, ta xác định được các điện tích (+) bị lực Lorentz kéo về đầu M.

Vậy, một đoạn dây dẫn thẳng chuyển động cắt các đường sức từ thì tương đương như một nguồn điện có suất điện động tính theo (14.6). Nếu đoạn dây chuyển động vuông góc với đường cảm ứng từ thì :

$$\xi_C = Bv\ell \quad (14.8)$$



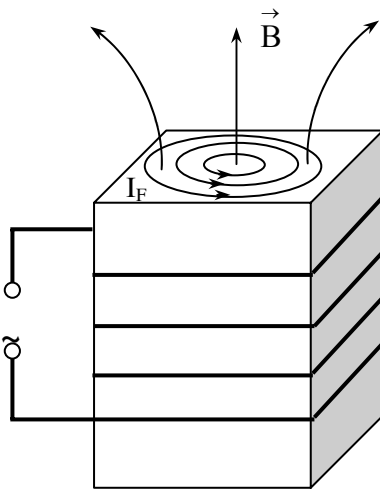
**Hình 14.3:** Đoạn dây chuyển động trong từ trường

**4 – Dòng điện Foucault:**

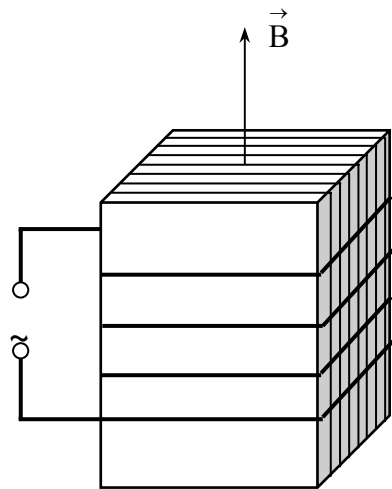
Khi đặt một khối vật dẫn trong từ trường biến thiên thì trong lòng vật dẫn xuất hiện các dòng điện cảm ứng khép kín gọi là dòng điện xoáy hay dòng điện Foucault (hình 14.4). Vì khối vật dẫn có điện trở nhỏ nên cường độ của các dòng

Foucault  $I_F = \frac{\xi_C}{R}$  là rất lớn, nhất là khi từ trường biến thiên nhanh.

Dòng Foucault có thể làm vật dẫn nóng lên rất nhanh. Trong công nghiệp luyện kim, người ta ứng dụng hiện tượng này để nấu chảy kim loại.



**Hình 14.4:** Dòng điện Foucault



**Hình 14.5:** Cách làm giảm dòng điện Foucault

Ngược lại, muốn hạn chế dòng Foucault, cần làm cho điện trở vật dẫn tăng lên. Vì thế các lõi thép của máy biến thế, động cơ điện, ... phải được làm bằng các lá thép mỏng ghép cách điện với nhau (hình 14.5).

Khi vật dẫn chuyển động trong từ trường cũng xuất hiện dòng Foucault. Dòng Foucault vừa sinh ra lập tức bị lực từ tác dụng, làm cản trở chuyển động của vật. Hiện tượng này được ứng dụng để hãm các dao động trong các dụng cụ đo điện.

## § 14.2 HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM VÀ HỖ CẢM

### 1 – Hiện tượng tự cảm:

Ta biết rằng xung quanh dòng điện có từ trường. Vậy khi dòng điện chạy trong một mạch kín thì có từ thông do chính dòng điện này gởi qua mạch kín đó. Nếu cường độ dòng điện trong mạch biến thiên thì từ thông qua mạch cũng biến thiên và trong mạch sẽ xuất hiện suất điện động cảm ứng. Ta gọi đó là hiện tượng tự cảm.

Vậy hiện tượng tự cảm là hiện tượng xuất hiện suất điện động cảm ứng trong một mạch điện kín khi dòng điện trong mạch biến thiên.

Suất điện động cảm ứng trong trường hợp này được gọi là suất điện động tự cảm. Hiện tượng tự cảm chính là một trường hợp riêng của hiện tượng cảm ứng điện từ, do đó nó tuân theo các định luật tổng quát về cảm ứng điện từ.

Vì mạch kín nên trong mạch xuất hiện dòng điện cảm ứng, gọi là dòng điện tự cảm. Chiều của dòng điện tự cảm tuân theo định luật Lenz, nghĩa là nó luôn có xu hướng làm cho dòng điện trong mạch đạt trạng thái ổn định.

Suất điện động tự cảm được tính bởi công thức (14.1): 
$$\xi_{tc} = -\frac{d\Phi_m}{dt}$$

Mà từ thông  $d\Phi_m$  tỉ lệ với cảm ứng từ B; cảm ứng từ B lại tỉ lệ với cường độ dòng điện trong mạch (nếu mạch điện đặt trong môi trường không sắt từ). Do đó ta có:

$$\Phi_m = LI \quad (14.9)$$

Trong đó hệ số tỉ lệ L được gọi là hệ số tự cảm hay độ tự cảm của mạch điện.

Từ đó ta có suất điện động tự cảm: 
$$\xi_{tc} = -L \frac{dI}{dt} \quad (14.10)$$

Công thức (14.10) chỉ đúng trong trường hợp mạch điện đặt trong môi trường không có tính sắt từ (trong môi trường sắt từ, L là hàm số theo I).

Công thức (14.9) cho phép ta tính độ tự cảm của một mạch điện bất kì khi mạch đó đặt trong môi trường không sắt từ. Từ (14.10) suy ra, nếu L càng lớn thì  $\xi_{tc}$  càng lớn và mạch có khả năng chống lại sự biến thiên của dòng điện trong mạch càng nhiều, hay nói cách khác, “quán tính” của mạch càng lớn.

**Vậy:** Độ tự cảm của một mạch điện là đại lượng đặc trưng cho mức quán tính của mạch đối với sự biến đổi của dòng điện, có trị số bằng từ thông do chính dòng điện

trong mạch gói qua diện tích của mạch khi dòng điện trong mạch có cường độ bằng một đơn vị. Trong hệ SI, đơn vị đo độ tự cảm là henry (H). Ta có  $1H = 1Wb/A$ .

Hệ số tự cảm của một mạch điện phụ thuộc vào hình dạng, kích thước của bản thân mạch điện đó và phụ thuộc vào môi trường đặt mạch điện. Đối với ống dây thẳng dài, từ trường trong ống dây là đều và có cảm ứng từ  $B = \mu\mu_0 nI$ . Nếu gọi S là diện tích một vòng dây thì từ thông gói qua cả ống dây là :

$$\Phi_m = NBS = N\mu\mu_0 nIS = N\mu\mu_0 \frac{N}{\ell} IS = \mu\mu_0 \frac{N^2}{\ell} IS.$$

Vậy độ tự cảm của ống dây là: 
$$L = \frac{\Phi_m}{I} = \frac{\mu\mu_0 N^2 S}{\ell} \tag{14.11}$$

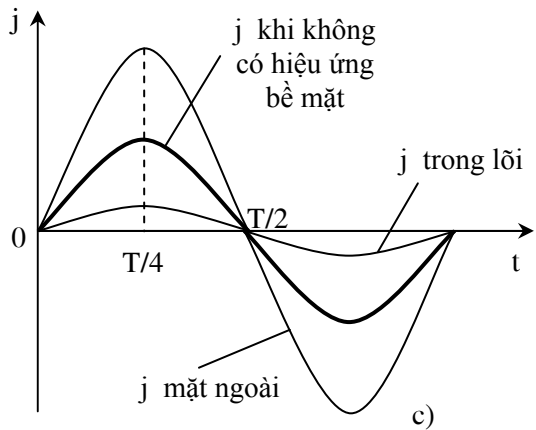
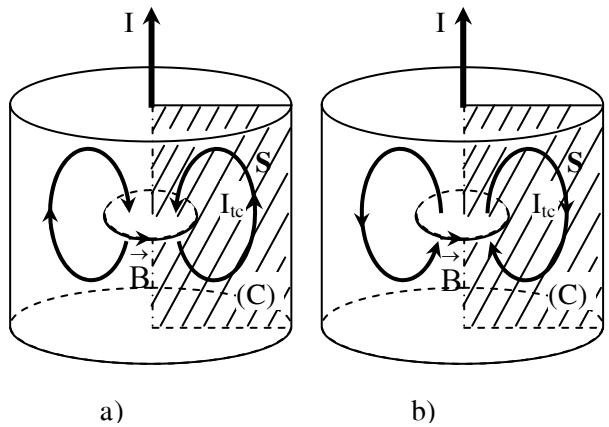
trong đó  $\ell$  là chiều dài ống dây, N là số vòng quấn trên ống dây và  $\mu$  là hệ số từ thẩm của môi trường trong lòng ống dây ( $\mu = \text{const}$ ).

**2 – Hiệu ứng bề mặt:**

Hiện tượng tự cảm không những xảy ra trong một mạch điện mà còn xảy ra ngay trong lòng một dây dẫn có dòng điện biến đổi chạy qua. Kết quả, đối với dòng điện cao tần chạy trong dây dẫn thì mật độ dòng điện ở bề mặt ngoài dây dẫn là rất lớn, còn trong lõi dây dẫn mật độ dòng là rất nhỏ. Hiệu ứng này được gọi là hiệu ứng bề mặt.

Để chứng tỏ điều này, ta xét dòng điện cao tần I chạy trong một dây dẫn hình trụ. Giả sử dòng điện đang có chiều từ dưới lên trên như hình (14.6). Dòng điện này sinh ra trong lòng dây dẫn một từ trường mà các đường

cảm ứng từ  $\vec{B}$  có chiều như hình vẽ. Xét một diện tích S bất kì chứa trục đối xứng của dây dẫn thì từ thông gói qua diện tích này luôn biến thiên.



**Hình 14.6:** Hiệu ứng bề mặt

- a) Cường độ dòng cao tần đang tăng;
- b) Cường độ dòng cao tần đang giảm;
- c) Đồ thị biểu diễn mật độ dòng ở lớp ngoài và trong lõi dây dẫn

Kết quả trong diện tích  $S$  xuất hiện các dòng điện tự cảm  $I_{tc}$  khép kín như dòng (C).

Trong  $\frac{1}{4}$  chu kì đầu, cường độ dòng điện  $I$  đang tăng dần, từ thông qua  $S$  cũng tăng dần. Theo định luật Lenz, dòng điện tự cảm phải có chiều như mô tả trên hình 14.6a. Kết quả ở phía bề mặt ngoài của dây dẫn, dòng  $I_{tc}$  cùng chiều với dòng  $I$  nên làm mật độ dòng điện ở bề mặt dây dẫn tăng lên; còn ở phía trục dây dẫn, dòng  $I_{tc}$  ngược chiều dòng  $I$  nên làm giảm mật độ dòng điện ở lõi dây dẫn.

Trong  $\frac{1}{4}$  chu kì tiếp theo, cường độ dòng điện  $I$  đang giảm dần, từ thông qua  $S$  cũng giảm dần, dòng điện tự cảm phải có chiều như mô tả trên hình 14.6b. Kết quả ở phía bề mặt ngoài của dây dẫn, dòng  $I_{tc}$  ngược chiều với dòng  $I$  nên làm mật độ dòng điện ở bề mặt dây dẫn giảm nhanh; còn ở phía trục dây dẫn, dòng  $I_{tc}$  cùng chiều dòng  $I$  nên giảm mật độ dòng điện ở lõi dây dẫn giảm chậm.

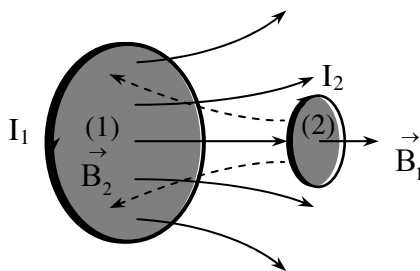
Lập luận tương tự đối với nửa chu kì còn lại, khi chiều của dòng điện từ trên xuống dưới, ta cũng có kết quả tương tự trên. Từ đó ta có đồ thị hình (14.6).

Vậy, do hiện tượng tự cảm mà dòng điện cao tần chỉ tập trung ở vỏ ngoài dây dẫn, còn ở phần lõi mật độ dòng điện càng giảm khi tần số của dòng điện càng cao. Lí thuyết và thực nghiệm đã chứng tỏ rằng, với tần số dòng điện là 1000Hz thì dòng điện chỉ chạy ở một lớp bề mặt dày 2mm; còn đối với dòng điện 100000Hz thì dòng điện chỉ chạy ở một lớp bề mặt dày 0,2mm. Chính vì vậy, người ta thường dùng các dây dẫn rỗng để tải các dòng điện cao tần, nhằm tiết kiệm vật liệu.

Một ứng dụng của hiệu ứng bề mặt là để *tôi kim loại ở lớp bề mặt*. Trong nhiều các chi tiết máy đòi hỏi lớp bề mặt phải cứng để giảm độ mài mòn, nhưng bên trong phải có độ dẻo thích hợp để không bị gãy, nứt. Muốn vậy, người ta cho dòng điện cao tần chạy qua cuộn dây bên trong có chi tiết cần tôi. Khi đó, trong chi tiết máy sinh ra những dòng điện cảm ứng có tần số biến đổi cao. Do hiệu ứng bề mặt, những dòng điện cảm ứng này chỉ phân bố ở lớp mặt ngoài của chi tiết cần tôi, làm lớp này nóng đỏ lên đến mức cần thiết. Khi đó người ta nhúng chi tiết đó vào nước tôi và như vậy ta được một lớp bề mặt ngoài cứng, còn bên trong thì vẫn dẻo.

### 3 – Hiện tượng hồ cảm:

Giả sử có hai mạch điện kín đặt gần nhau, có các dòng điện  $I_1, I_2$  chạy qua như hình 14.7. Như vậy, mỗi dòng điện này đều sinh ra từ thông gò qua diện tích giới hạn bởi dòng điện kia. Do đó, nếu một trong hai dòng điện thay đổi thì từ thông gò qua cả hai mạch đều thay đổi, kết quả là trong cả hai mạch đều xuất hiện các dòng điện cảm ứng. Hiện tượng này được gọi là *hiện tượng hồ cảm* và các dòng điện cảm ứng xuất hiện trong các mạch được gọi là *dòng điện hồ cảm*.



Hình 14.7: Hiện tượng hồ cảm

Hiện tượng hồ cảm cũng là một trường hợp riêng của hiện tượng cảm ứng điện từ. Do đó suất điện động hồ cảm cũng được tính theo (14.1). Lập luận tương tự như trong phần hiện tượng tự cảm, người ta cũng chứng minh được rằng, nếu các mạch điện đặt trong môi trường không sắt từ thì suất điện động hồ cảm xuất

hiện trong mạch này sẽ tỉ lệ với tốc độ biến thiên của cường độ dòng điện ở mạch

kia: 
$$\xi_{hc1} = -\frac{d\Phi_{m1}}{dt} = -M \frac{dI_2}{dt} \tag{14.12a}$$

$$\xi_{hc2} = -\frac{d\Phi_{m2}}{dt} = -M \frac{dI_1}{dt} \tag{14.12b}$$

Trong đó  $\xi_{hc1}$  và  $\xi_{hc2}$  là suất điện động cảm trong mạch (1) và mạch (2);

$\Phi_{m1}$  là từ thông do dòng  $I_2$  gửi qua mạch (1) ;

$\Phi_{m2}$  là từ thông do dòng  $I_1$  gửi qua mạch (2);

M là hệ số cảm giữa hai mạch (1) và (2), có đơn vị đo là henry (H).

### § 14.3 NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG

#### 1 – Năng lượng từ trường trong ống dây:

Xét một mạch điện như hình 14.8. Lúc đầu khóa K chưa tiếp xúc với tiếp điểm nào. Trong mạch không có dòng điện.

Cho khóa K tiếp xúc với tiếp điểm (1), có dòng điện chạy qua cuộn dây và số chỉ của ampe kế cho biết dòng điện trong mạch tăng dần từ giá trị không đến giá trị ổn định I. Nguyên nhân của hiện tượng đó là do trong mạch có suất điện động tự cảm làm cho dòng điện không tăng độ ngột.

Bây giờ ta hãy tính năng lượng mà nguồn điện đã cung cấp cho mạch kể từ lúc đóng khóa K đến khi dòng điện trong mạch đạt giá trị ổn định I

Gọi R là điện trở của cuộn dây, r là điện trở nội của nguồn và  $\xi_{tc}$  là suất điện động tự cảm sinh ra trong mạch (bỏ qua điện trở các dây nối và điện trở của ampe kế). Tại thời điểm t bất kì, cường độ dòng điện trong mạch là i. Theo định luật Ohm mạch kín, ta có: 
$$\xi + \xi_{tc} = i(R + r) \tag{14.13}$$

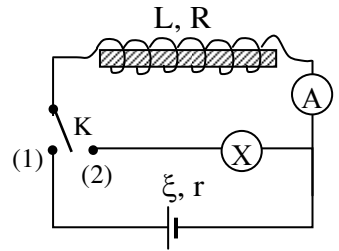
Nhân hai vế (14.13) với idt và thay  $\xi_{tc} = -L \frac{di}{dt}$ , rồi chuyển số hạng này sang vế

phải, ta có: 
$$\xi idt = i^2(R + r)dt + Lidi \tag{14.14}$$

Vế trái của (14.14) chính là năng lượng mà nguồn điện đã cung cấp cho mạch trong thời gian dt, ta kí hiệu đại lượng này là dA. Số hạng thứ nhất ở vế phải của (14.14) là năng lượng nhiệt tỏa ra trong thời gian dt, ta kí hiệu số hạng này là dQ. Ta có:

$$dA = dQ + Lidi \tag{14.15}$$

Lấy tích phân trong khoảng thời gian từ lúc ban đầu đến khi dòng điện trong mạch đạt giá trị ổn định I, ta được: 
$$A = Q + \frac{1}{2} LI^2 \tag{14.16}$$



Hình 14.8: Tính năng lượng từ trường

(14.16) cho biết, năng lượng mà nguồn điện cung cấp một phần chuyển hóa thành nhiệt và một phần chuyển hóa thành dạng năng lượng khác xác định bởi biểu thức  $\frac{1}{2}LI^2$ . Năng lượng đó chắc chắn không phải là các dạng năng lượng quen thuộc như cơ năng, hóa năng, .... Vậy nó là năng lượng gì? Phân tích các đại lượng liên qua đến mạch điện ta thấy, khi có dòng điện xuất hiện trong mạch thì có từ trường do dòng điện trong mạch tạo ra. Vì thế buộc ta phải thừa nhận rằng biểu thức  $\frac{1}{2}LI^2$  chính là năng lượng của từ trường.

Với mạch điện trên, từ trường định xứ trong ống dây là chủ yếu. Vậy biểu thức tính năng lượng từ trường của ống dây là:  $W_m = \frac{1}{2}LI^2$  (14.17)

Cần nói thêm rằng, năng lượng từ trường trong ống dây chỉ được tạo ra trong khoảng thời gian dòng điện trong mạch tăng từ không đến giá trị ổn định I. Vì kể từ sau thời điểm đó, dòng điện trong mạch không còn biến thiên nữa, từ trường cũng đạt trạng thái ổn định và  $di = 0$  nên (14.15) trở thành:  $dA = dQ$ , nghĩa là năng lượng nguồn điện cung cấp chuyển hóa hoàn toàn thành nhiệt.

Để chứng tỏ sự tồn tại của năng lượng từ trường trong ống dây, ta chuyển khóa K sang chốt (2) thì thấy đèn lóe sáng một lúc rồi tắt. Khi khóa K chuyển sang tiếp điểm (2) thì mạch điện đã cô lập với nguồn điện. Vậy năng lượng ở đâu cung cấp làm đèn lóe sáng? Chỉ có thể giải thích được đó là do năng lượng từ trường trong ống dây đã chuyển hóa thành điện năng làm lóe sáng đèn.

## 2 – Năng lượng và mật độ năng lượng từ trường:

Cũng như điện trường, năng lượng từ trường định xứ ở vùng không gian có từ trường. Để tìm biểu thức tính năng lượng tổng quát của từ trường, ta biến đổi biểu thức (14.17) bằng cách thay:  $L = \frac{\mu\mu_0 N^2 S}{\ell} = \frac{\mu\mu_0 N^2}{\ell^2} \ell S = \mu\mu_0 n^2 V$ , với n là mật độ vòng dây và  $V = \ell S$  là thể tích của ống dây, cũng là thể tích không gian có từ trường, ta có:  $W_m = \frac{1}{2} \mu\mu_0 n^2 I^2 V$ . Mà:  $B = \mu\mu_0 n I$ , suy ra:  $W_m = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu\mu_0} V$

$$\text{Đặt: } \omega_m = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} = \frac{BH}{2} \quad (14.18)$$

gọi là mật độ năng lượng từ trường thì biểu thức tính năng lượng từ trường trong ống dây là:  $W_m = \omega_m V$  (14.19)

Trong trường hợp tổng quát, nếu từ trường không đều thì năng lượng từ trường được tính bởi công thức:  $W_m = \int_V \omega_m dV = \frac{1}{2} \int_V BH dV$  (14.20)

với V là thể tích không gian có từ trường.

**BÀI TẬP CHƯƠNG 14**

**14.1** Thanh kim loại dài 1m quay với vận tốc góc không đổi  $\omega = 20\text{rad/s}$  trong từ trường đều  $B = 5 \cdot 10^{-2} \text{ (T)}$ . Trục quay vuông góc với thanh và song song với các đường cảm ứng từ. Tính hiệu điện thế xuất hiện giữa hai đầu thanh trong các trường hợp:

a) Trục quay đi qua một đầu thanh.

Trục quay đi qua điểm O cách một đầu thanh là  $x = 25\text{cm}$ .

**14.2** Khung dây kim loại hình chữ nhật, kích thước 10cm x 20cm, quay đều trong từ trường đều  $B = 1\text{T}$  với vận tốc 10 vòng/s, quanh trục vuông góc với các đường cảm ứng từ và đi qua trung điểm của hai cạnh đối diện. Lấy  $\pi^2 = 10$ . Tính:

a) Giá trị cực đại của suất điện động trong khung dây.

b) Từ thông gởi qua khung dây ở thời điểm bất kì, biết lúc đầu mặt phẳng của khung dây vuông góc với các đường cảm ứng từ.

**14.3** Máy bay có sải cánh 12m đang bay trên bầu trời gần Bắc cực, theo phương song song với mặt đất với vận tốc không đổi  $v = 1500\text{km/h}$ . Từ trường của Trái Đất trong vùng đó là  $B = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ T}$  và có đường cảm ứng từ vuông góc với mặt đất. Tính hiệu điện thế giữa hai đầu cánh của máy bay? Đầu cánh nào có điện thế cao hơn?

**14.4** Một ống dây có 1000 vòng, đặt trong từ trường đều, trục ống dây song song với các đường cảm ứng từ. Tiết diện ngang của ống là  $S = 40\text{cm}^2$ . Từ trường biến thiên đều với tốc độ  $10^{-3} \text{ T/s}$ .

a) Hai đầu ống dây được nối với nhau tạo thành mạch kín có điện trở là  $R = 160\Omega$ . Tính công suất toả nhiệt trong ống dây

b) Nếu hai đầu ống dây được nối với tụ điện có điện dung  $C = 10\mu\text{F}$  thì điện tích của tụ là bao nhiêu?

**14.5** Một khung dây có diện tích  $S = 100\text{cm}^2$ , có 1000 vòng. Hai đầu khung dây nối với mạch ngoài là điện trở  $R = 20\Omega$ . Khung dây quay đều trong từ trường đều  $B = 0,1\text{T}$ , với tốc độ 8 vòng/s. Tính giá trị cực đại của dòng điện trong mạch, biết điện trở của khung dây là  $r = 12\Omega$ .

**14.6** Một đoạn dây dẫn thẳng dài 40cm chuyển động với vận tốc 5m/s theo phương vuông góc với các đường cảm ứng từ của từ trường đều. Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn dây là  $U = 0,6\text{V}$ . Tính cảm ứng từ B.

**14.7** Hai thanh kim loại Ax và By rất dài, đặt song song, cách nhau một khoảng  $a = 20\text{cm}$ . Hai đầu A, B của hai thanh được nối vào hai cực của một nguồn điện có suất điện động  $E = 0,5\text{V}$ . Hai thanh kim loại này được đặt trong từ trường đều  $B = 1,5\text{T}$  và vuông góc với mặt phẳng chứa hai thanh. Một đoạn dây dẫn MN trượt trên hai thanh kim loại này dưới tác dụng của lực từ. Biết điện trở của đoạn dây MN là  $R = 0,02\Omega$ . Bỏ qua điện trở của hai thanh kim loại và điện trở trong của nguồn điện. Hãy xác định:

a) Suất điện động cảm ứng trong mạch.

b) Lực từ tác dụng lên đoạn dây dẫn.

c) Cường độ dòng điện trong mạch.

d) Công suất  $P_1$  làm đoạn dây dẫn chuyển động.

e) Công suất  $P_2$  làm nóng đoạn dây dẫn.

f) Công suất của nguồn điện.

**14.8** Một vòng dây dẫn tròn có đường kính  $D$  được đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ  $B$ , trục của vòng dây trùng với phương của đường cảm ứng từ. Hai thanh kim loại xuất phát từ tâm của vòng tròn còn đầu kia nằm trên vòng tròn (do đó chúng tiếp xúc điện với nhau và tiếp xúc với vòng tròn). Một thanh cố định, còn thanh kia quay đều quanh tâm vòng dây với vận tốc góc  $\omega$ . Hãy xác định cường độ dòng điện qua hai thanh kim loại và qua vòng dây dẫn, biết điện trở của mỗi đơn vị dài của thanh kim loại và vòng dây đều bằng  $r$ .