

## **33 KHUNG DÂY CÓ DÒNG ĐIỆN ĐẶT TRONG TỪ TRƯỜNG**

### **I - Mục tiêu**

- Trình bày được lực từ tác dụng lên khung dây mang dòng điện.
- Thành lập được công thức xác định momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung trong trường hợp đường sức từ song song với mặt phẳng khung dây.
- Trình bày được nguyên tắc cấu tạo và hoạt động của động cơ điện một chiều và của điện kế khung quay.

### **II - Chuẩn bị**

#### **Giáo viên**

Khung dây, bộ pin và các dây nối.

### III - Những điều cần lưu ý

1. Trong SGK chỉ thành lập biểu thức xác định momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung với ba điều giới hạn sau :

Thứ nhất là từ trường ở đây là từ trường đều. Bởi vì nếu từ trường không đều thì ngoài tác dụng làm quay khung, lực từ còn làm cho khung chuyển động về phía từ trường mạnh hơn.

Thứ hai là khung dây có dạng hình chữ nhật.

Thứ ba là các đường sức từ song song với mặt phẳng khung, đồng thời các đường sức từ song song với hai cạnh này và vuông góc với hai cạnh kia của khung như trên Hình 33.2 SGK.

Với ba điều giới hạn này momen ngẫu lực từ được xác định bằng công thức 33.1 SGK. Ngoài ra GV cũng nên nêu để HS lưu ý rằng công thức 33.1 SGK là công thức xác định momen ngẫu lực từ cực đại.

2. Công thức (33.1) SGK được rút ra với ba điều kiện giới hạn nói trên. Thực ra thì công thức (33.1) cũng đúng cả trong trường hợp khung dây có dạng bất kì miễn rằng đó là khung dây phẳng, đặt trong từ trường đều và mặt phẳng khung dây chứa các đường sức từ.

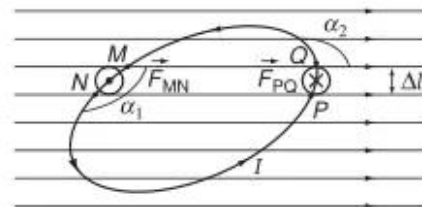
Thật vậy, hãy xét khung dây phẳng có dạng bất kì nằm trong từ trường đều, và các đường sức từ song song với mặt phẳng khung dây như Hình 33.1. Chia diện tích giới hạn bởi khung dây thành nhiều dải nhỏ. Hãy để ý đến một trong những dải đó, chẳng hạn dải  $MNPQ$ . Theo định luật Am-pe thì lực từ tác dụng lên đoạn dòng điện  $MN$ ,  $PQ$  có độ lớn là  $F_{MN} = IB l_{MN} \sin \alpha_1$ ,  $F_{PQ} = IB l_{PQ} \sin \alpha_2$ .

Từ Hình 33.1 ta thấy

$$l_{MN} \sin \alpha_1 = l_{PQ} \sin \alpha_2 = \Delta l.$$

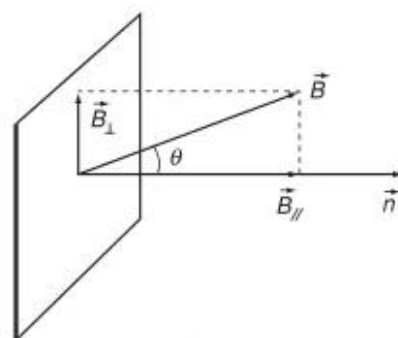
Do đó  $F_{MN} = F_{PQ} = IB \Delta l$ . Mặt khác hai lực  $\vec{F}_{MN}$ ,  $\vec{F}_{PQ}$  đều vuông góc với mặt phẳng hình vẽ và có chiều ngược nhau. Vì vậy, hai lực này tạo thành một

ngẫu lực. Gọi  $L$  là khoảng cách giữa hai vectơ lực  $\vec{F}_{MN}$  và  $\vec{F}_{PQ}$  thì độ lớn momen ngẫu lực của hai lực đó là  $\Delta M = F_{MN} L = IB \Delta l L = IB \Delta S$ , trong đó  $\Delta S$  là diện tích của dải  $MNPQ$  đang xét.



Hình 33.1

Xét các dải khác ta cũng được các kết quả tương tự. Momen ngẫu lực từ  $M$  của toàn bộ dòng điện kín bằng tổng các momen ngẫu lực từ  $\Delta M$  của tất cả các dải. Do đó ta có  $M = \Sigma \Delta M = IBS$ , trong đó  $S = \Sigma \Delta S$ , là diện tích của phần mặt phẳng giới hạn bởi dòng điện kín.



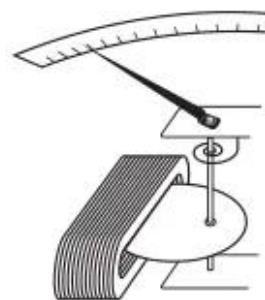
Hình 33.2

**3.** Trong trường hợp tổng quát, momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung dây được xác định bằng công thức (33.2). Đối với HS khá GV có thể hướng dẫn HS thành lập công thức đó như sau. Trước hết cần vẽ vectơ pháp tuyến  $\vec{n}$  với mặt phẳng khung dây. Chiều của vectơ  $\vec{n}$  tuân theo quy ước như đã nêu trong SGK. Giả sử khung dây được đặt trong từ trường đều mà các đường sức từ hợp với vectơ  $\vec{n}$  góc  $\theta$  (Hình 33.2).

Phân tích vectơ cảm ứng từ  $\vec{B}$  thành hai thành phần : thành phần  $\vec{B}_{//}$  song song với vectơ  $\vec{n}$  và thành phần  $\vec{B}_{\perp}$  vuông góc với vectơ  $\vec{n}$ . Chú ý rằng ở đây  $\vec{B}_{//}$  vuông góc với mặt phẳng khung dây còn  $\vec{B}_{\perp}$  nằm trong mặt phẳng khung dây. Nhưng ta đã biết, khi đường sức từ vuông góc với mặt phẳng khung dây, thì lực từ không làm quay khung. Vậy trong trường hợp này, momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung được quyết định bởi thành phần  $\vec{B}_{\perp}$ . Áp dụng công thức (33.1), trong đó  $B$  được thay bằng  $B_{\perp} = B\sin\theta$  ta được công thức (33.2).

**4.** Điện kế khung quay là loại điện kế ứng dụng ngẫu lực từ gây ra bởi nam châm vĩnh cửu tác dụng lên dòng điện trong khung. Điện kế khung quay đầu tiên do hai kĩ sư người Pháp Đơ-prê (Marcel Deprez, 1843-1918) và Đac-xông-van (J. Arsène d' Arsonval, 1851-1940) sáng chế ra. Điện kế khung quay thuộc loại máy đo kiểu từ điện. Tùy theo các mục đích đo khác nhau, mà người ta có thể mắc thêm một số bộ phận phụ để biến đổi thành các dụng cụ có thể đo cường độ dòng điện không đổi, hiệu điện thế và cả điện tích. Máy đo từ điện là loại máy đo rất nhạy. Dấu hiệu đặc trưng bên ngoài đối với các máy đo kiểu từ điện là các độ chia của thang chia độ đều bằng nhau.

Ngoài điện kế khung quay ta còn có điện kế sắt quay. Điện kế sắt quay thuộc loại máy đo kiểu điện từ. Điện kế loại này gồm một tấm sắt hình tròn đặt ở gần đầu một cuộn dây. Ngoài ra còn một lò xo được gắn với trục quay của tấm sắt (Hình 33.3).



Hình 33.3

Khi cho dòng điện vào cuộn dây thì xung quanh cuộn dây có từ trường. Khi đó lực từ tác dụng lên tấm sắt gây ra momen làm quay tấm sắt. Đồng thời lò xo sinh ra momen cản. Khi momen cản cân bằng momen quay thì tấm sắt dừng lại. Người ta chứng minh rằng momen quay tác dụng lên tấm sắt tỉ lệ với bình phương cường độ dòng điện. Vì vậy các độ chia trên thang chia độ của điện kế loại này không bằng nhau.

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

##### 1. Khung dây đặt trong từ trường

a) Trước hết, GV làm thí nghiệm như trên Hình 33.1 SGK. Mục đích của thí nghiệm này là giới thiệu với HS rằng, khung dây mang dòng điện đặt trong từ trường thì khung bị quay. Đây là thí nghiệm không khó thực hiện. Hình 33.1 SGK nêu lên thí nghiệm với trục quay của khung là trục thẳng đứng, còn các bộ thí nghiệm ở nhiều trường hiện đang sử dụng thì khung dây có trục quay nằm ngang. Các bộ thí nghiệm này đều có thể sử dụng được.

b) Sau khi làm thí nghiệm về lực từ tác dụng lên khung dây có tác dụng làm quay khung, GV cũng nên nêu lên điều giới hạn là ta chỉ xét trường hợp khung dây đặt trong từ trường đều (bởi vì nếu từ trường không đều, thì như trên đây đã nói, ngoài tác dụng làm quay khung, lực từ còn làm cho khung chuyển động về phía từ trường mạnh).

Ngoài ra, để đơn giản, SGK xét trường hợp khung dây hình chữ nhật, mặt phẳng khung dây nằm song song với các đường sức từ và có hai cạnh khung dây vuông góc với đường sức từ. Bởi vì khi đó lực từ tác dụng lên hai cạnh song song với đường sức từ bằng không và lực từ tác dụng lên hai cạnh vuông góc với đường sức từ hợp thành một ngẫu lực.

GV có thể mở rộng kết quả thu được bằng cách thông báo để HS biết thêm rằng, trong trường hợp khung dây phẳng có hình dạng bất kì và trường hợp mặt phẳng khung dây song song với các đường sức từ thì lực từ tác dụng lên khung cũng tạo thành ngẫu lực. Momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung trong trường hợp này là lớn nhất.

Gợi ý **C1** nhằm giúp HS đi đến nhận xét rằng, nếu dòng điện trong khung có chiều ngược với chiều đã vẽ trên Hình 33.2 SGK thì lực từ tác dụng lên khung cũng tạo thành ngẫu lực, nhưng ngẫu lực này làm cho khung quay theo chiều ngược lại. Chú ý rằng khi đó, chiều các lực từ tác dụng lên các cạnh  $BC$  và  $DA$  có chiều ngược với chiều đã vẽ.

c) SGK cũng xét một trường hợp trong đó lực từ không tạo thành ngẫu lực, nghĩa là lực từ không làm quay khung, đó là trường hợp khung dây vuông góc với các đường sức từ.

Tiện đây, GV nên lưu ý HS rằng đây là trường hợp duy nhất lực từ không tạo thành ngẫu lực làm quay khung.

Gợi ý **C2** nhằm giúp HS rút ra nhận xét rằng, nếu khung dây vẫn ở vị trí vuông góc với đường sức từ nhưng đường sức từ có chiều ngược với chiều đã vẽ trên Hình 33.3 SGK, thì lực từ tác dụng lên khung cũng không tạo thành ngẫu lực. Trong trường hợp này, lực từ tác dụng lên các cạnh  $AB$ ,  $BC$ ,  $CD$ ,  $DA$  đều có chiều ngược với chiều đã vẽ.

Nếu có điều kiện thì GV cũng nên chỉ cho HS thấy rằng, mặc dù trường hợp đường sức từ có chiều như Hình 33.3 SGK và trường hợp ở gợi ý **C2** lực từ đều không tạo thành ngẫu lực, nhưng lực từ trong hai trường hợp đó vẫn có tác dụng khác nhau. Trường hợp Hình 33.3 SGK, khung dây ở tư thế cân bằng bền còn nếu đường sức từ có chiều ngược lại như gợi ý **C2** thì khung dây ở vị trí cân bằng không bền.

d) Trên đây ta đã nói lực từ tác dụng lên khung dây tạo thành ngẫu lực về mặt định tính. Đến đây ta thành lập biểu thức xác định momen ngẫu lực từ. Tuy nhiên SGK cũng chỉ thành lập biểu thức momen ngẫu lực từ trong trường hợp đơn giản là trường hợp mặt phẳng khung dây nằm song song với đường sức từ như trên Hình 33.2 SGK và đi đến công thức momen ngẫu lực từ (33.1). Còn công thức (33.2) thì GV chỉ cần thông báo với HS.

## **2. Động cơ điện một chiều**

Như trên đây đã nói, động cơ điện một chiều HS đã học ở lớp 9 nên trong SGK này chỉ nhắc lại rất vắn tắt. Nội dung của mục này gồm hai vấn đề, đó là nguyên tắc cấu tạo và hoạt động của động cơ điện một chiều.

Về cấu tạo của động cơ, ngoài khung dây và nam châm, GV cũng nên chỉ ra bộ góp điện (hai vành bán khuyên bằng đồng và hai chổi quét).

Về hoạt động của động cơ, GV cũng nên lưu ý HS về vai trò của bộ góp điện. Hoạt động của động cơ về mặt nguyên lí (sự quay của khung dây khi có

dòng điện chạy qua khung) là do bộ phận khung dây và nam châm. Bộ góp điện là một bộ phận có tính chất kĩ thuật, không có bộ góp điện thì khung không thể quay liên tục được.

### 3. Điện kế khung quay

Nội dung của đoạn này gồm hai phần rõ rệt : cấu tạo của điện kế khung quay và nguyên tắc hoạt động của nó.

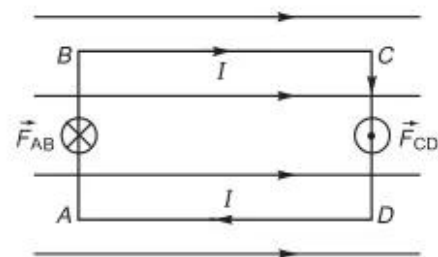
Về cấu tạo của điện kế, trước hết phải kể đến bộ phận chủ yếu là một khung dây mang dòng điện đặt trong từ trường của nam châm chữ  $U$ . Tuy nhiên, cũng không thể không kể đến những bộ phận khác là lõi sắt và lò xo. Vai trò của lõi sắt ở đây là làm cho cảm ứng từ ở khe hẹp trong đó có hai cạnh của khung dây tăng lên rất lớn. Còn vai trò của lò xo là gây ra momen lực cản cân bằng với momen lực từ.

Trong các điện kế chứng minh mà các trường đang sử dụng thì nam châm chữ  $U$  đặt thẳng đứng. Còn trong các ampe kế hay vôn kế (điện kế có mắc thêm sơn hay điện trở phụ) thì nam châm chữ  $U$  không đặt đứng mà đặt nằm.

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

### Câu hỏi

1. Giả sử khung dây và các đường sức từ nằm trong mặt phẳng hình vẽ. Lực từ tác dụng lên các cạnh  $BC$  và  $AD$  bằng không. Áp dụng quy tắc bàn tay trái ta tìm được lực từ tác dụng lên các cạnh  $AB$  và  $CD$  có chiều như trên Hình 33.4. Hai lực này hợp thành một ngẫu lực.



Hình 33.4

2.  $M = IBS$ .

3. Khi mặt phẳng khung dây vuông góc với các đường sức từ thì lực từ tác dụng lên khung không tạo thành ngẫu lực.

4. Cấu tạo của động cơ điện một chiều gồm một khung dây đặt giữa hai cực một nam châm, ngoài ra còn một bộ góp điện.

Hoạt động của động cơ điện một chiều : Khi cho dòng điện vào khung thì ngẫu lực từ làm khung quay. Khung quay đến vị trí vuông góc với đường sức từ, nếu dòng điện trong khung không tự động đổi chiều thì khung sẽ dao động rồi dừng lại. Bộ góp điện của động cơ làm cho dòng điện trong khung tự động đổi chiều, do đó khung quay liên tục.

5. Cấu tạo của điện kế khung quay gồm có một khung dây nhẹ lồng ra bên ngoài một lõi sắt hình trụ. Khung dây và lõi sắt được đặt giữa hai cực nam châm chữ U. Lõi sắt đặt cố định. Trục quay của khung dây trùng với trục lõi sắt. Ngoài ra còn có hai lò xo để giữ cho khung dây ở vị trí xác định.

Hoạt động của điện kế : Cho dòng điện chạy qua khung thì dưới tác dụng của ngẫu lực từ, khung quay xung quanh trục quay. Khi đó lò xo sinh ra momen ngẫu lực cản ngược chiều với momen ngẫu lực từ, góc quay của khung càng lớn thì momen ngẫu lực cản của lò xo cũng càng lớn, cuối cùng momen này cân bằng momen ngẫu lực từ. Góc lệch của khung ra khỏi vị trí ban đầu tỉ lệ với cường độ dòng điện qua khung.

### Bài tập

1. B. Mặt phẳng khung vuông góc với đường sức từ thì momen ngẫu lực từ bằng không.
2. A.
3. a) Áp dụng công thức (33.2) SGK, trong đó  $\sin\theta = 1$  ;  $B = 5.10^{-2}$  T ;  $I = 2$  A ;  $S = 3.5.10^{-4}$  m<sup>2</sup>. Từ đó ta tính được giá trị lớn nhất của momen ngẫu lực từ.  
b) Momen ngẫu lực từ  $M$  chỉ phụ thuộc diện tích  $S$  của khung, trong cả hai trường hợp diện tích của khung không đổi, vì vậy giá trị lớn nhất của momen ngẫu lực từ cũng như ở câu a).
4. Vẫn áp dụng công thức (33.2), trong đó  $\sin\theta = 1$  ;  $I = 200.0,2 = 40$  A ;  $S = 2.3.10^{-4}$  m<sup>2</sup> ;  $M = 24. 10^{-4}$  N.m. Từ đó suy ra  $B$ .