KỸ THUẬT ĐIỆN

CHƯƠNG V

KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

I. Định nghĩa và phân loại

1. Định nghĩa

Máy điện:

- Thiết bị điện, làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ
- Biến đổi các dạng năng lượng khác như cơ năng thành điện năng (máy phát điện) hoặc ngược lại, biến đổi điện năng thành cơ năng (động cơ điện)
- Biến đổi thông số điện năng như biến đổi điện áp, dòng điện, số pha v.v

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

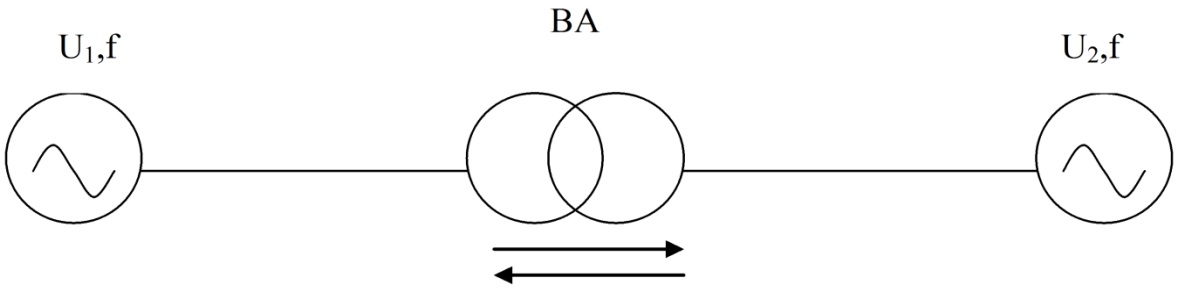
2. Phân loại

a) Máy điện tĩnh:

Sự làm việc của máy dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ do sự biến thiên từ thông giữa các cuộn dây không có sự chuyển động tương đối với nhau

Máy điện tĩnh thường dùng để biến đổi thông số điện năng. Do tính chất thuận nghịch của các quy luật cảm ứng điện từ, quá trình biến đổi của máy cũng có tính chất thuận nghịch

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

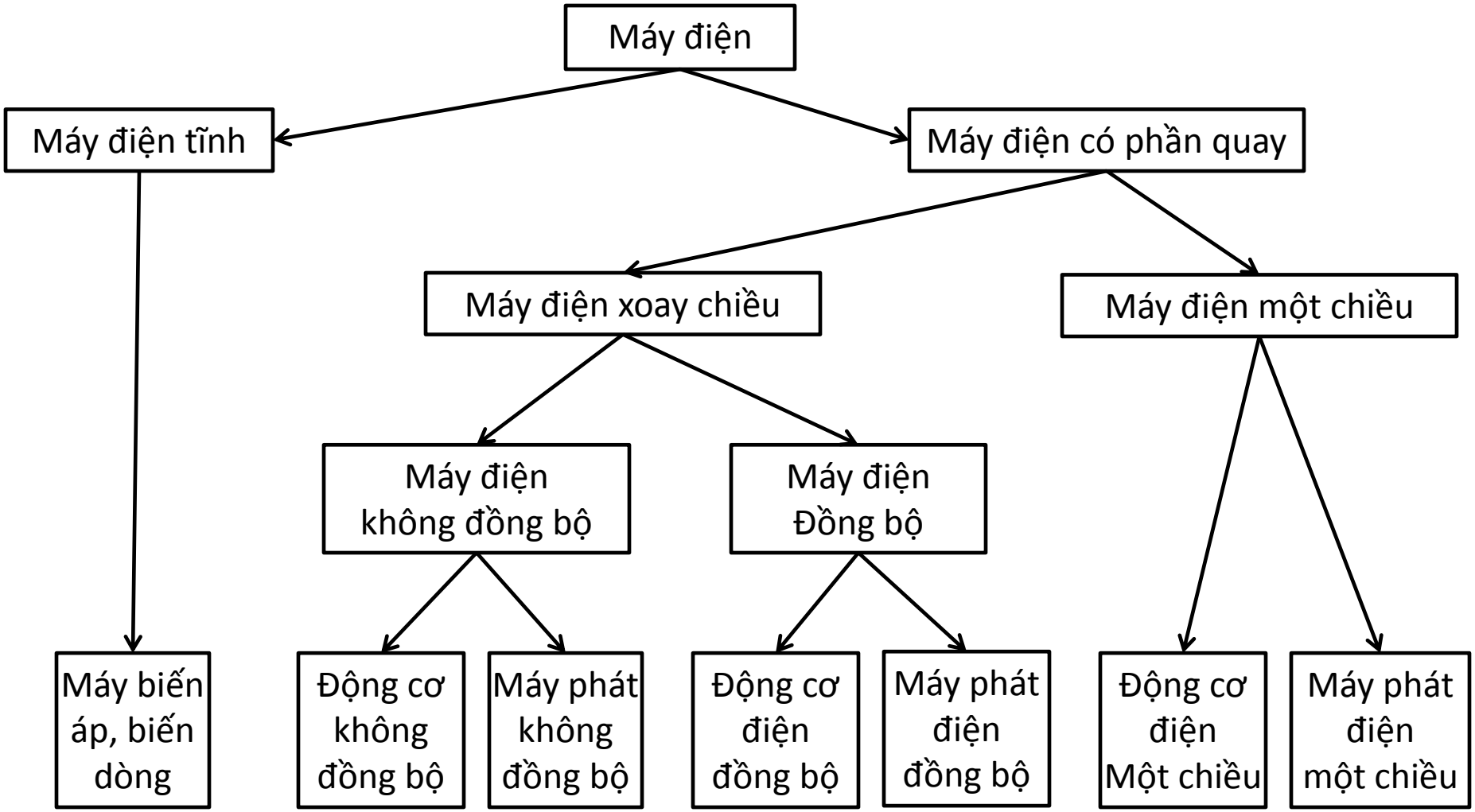


Ví dụ, máy biến áp biến đổi hệ thống điện có thông số U_1, f thành hệ thống điện có thông số U_2, f hoặc ngược lại

b) Máy điện có phần động

- Thường gọi là máy điện quay hoặc chuyển động thẳng.
- Nguyên lý làm việc dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ, lực điện từ do từ trường và dòng điện của các cuộn dây có chuyển động tương đối với nhau gây ra.
- Loại máy điện này thường dùng để biến đổi dạng năng lượng, ví dụ biến đổi cơ năng thành điện năng (máy phát điện) hoặc biến đổi điện năng thành cơ năng (động cơ điện).
- Quá trình biến đổi có tính chất thuận nghịch.

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN



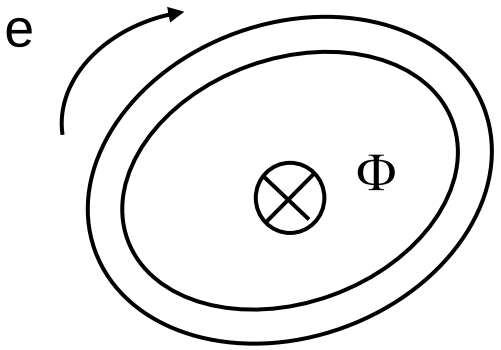
CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

II. Các định luật điện từ cơ bản dùng trong máy điện

2.1. Định luật cảm ứng điện từ

a. Trường hợp từ thông Φ biến thiên xuyên qua vòng dây

Từ thông Φ biến thiên xuyên qua một vòng dây dẫn, trong vòng dây sẽ cảm ứng một sức điện động.



Nếu chọn chiều sức điện động cảm ứng phù hợp với chiều của từ thông theo quy tắc vặn nút chai, thì sức điện động cảm ứng trong một vòng dây (theo công thức Mắcxoen):

$$e = -\frac{d\Phi}{dt}$$

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

Nếu cuộn dây có W vòng, sức điện động cảm ứng:

$$e = -w\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Psi}{dt}$$

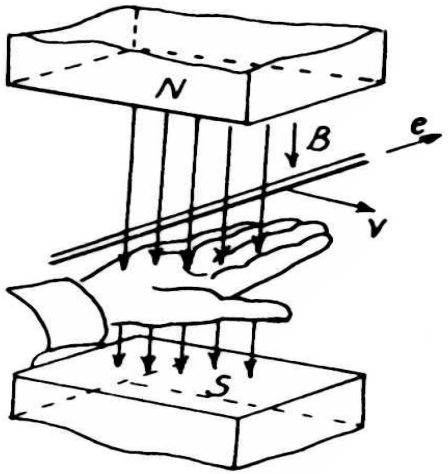
$\Psi = w\Phi$ Từ thông móc vòng

Đơn vị của từ thông là Webe (Wb), của sức điện động là vôn (V)

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

b) Trường hợp thanh dẫn chuyển động trong từ trường

Khi thanh dẫn chuyển động thẳng góc với các đường sức của từ trường, trong thanh dẫn sẽ cảm ứng sức điện động e:



$$e = B.l.v$$

B – cường độ từ cảm, đơnvị T (Tesla)

l – chiều dài hiệu dụng của thanh dẫn (phần thanh dẫn nằm trong từ trường), đơn vị (m)

v – tốc độ thanh dẫn đơn vị (m/s)

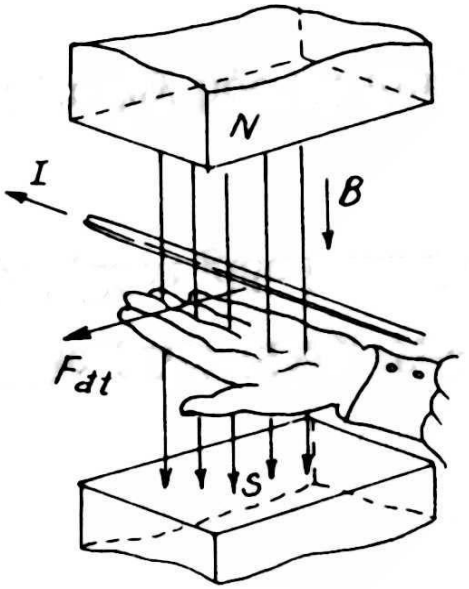
Chiều của sức điện động cảm ứng được xác định theo quy tắc bàn tay phải

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

2.2. Định luật lực điện từ

Khi một thanh dẫn có dòng điện chạy qua đặt thẳng góc với các đường sức từ trường, thanh dẫn sẽ chịu tác dụng của lực điện từ có trị số:

$$F = B.l.i$$



B - cường độ từ cảm đo bằng T

l - chiều dài hiệu dụng của thanh dẫn (m)

i - dòng điện đo bằng A

F - lực điện từ đo bằng N (Niutơn).

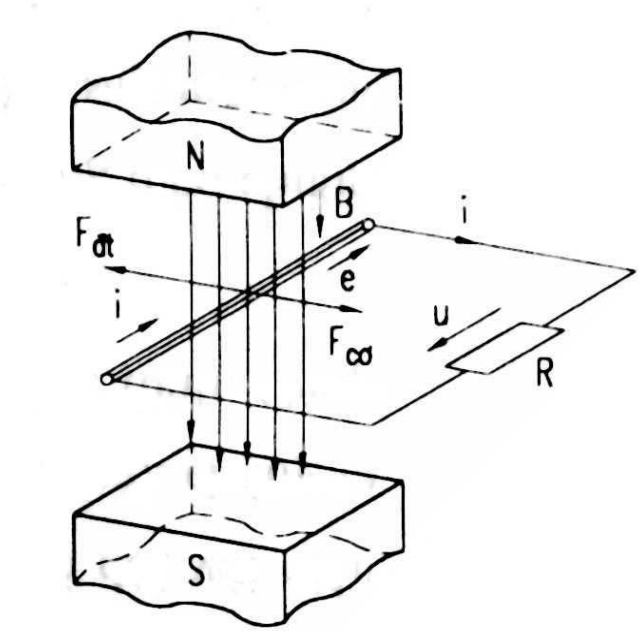
Chiều lực điện từ được xác định theo quy tắc bàn tay trái

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

III. Nguyên lý máy phát và động cơ điện - Tính thuận nghịch của máy điện

3.1. Nguyên lý làm việc của máy phát điện

- Dùng một động cơ sơ cấp tác dụng vào thanh dẫn một lực $F_{cơ}$, thanh dẫn sẽ chuyển động với tốc độ v trong từ trường của nam châm N-S,
- Trong thanh dẫn sẽ cảm ứng sức điện động e (qui tắ tay phải).
- Nếu 2 đầu thanh dẫn được nối với tải (R), sẽ có dòng điện i chạy qua thanh dẫn và tải.



CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

- Bỏ qua điện trở của thanh dẫn và dây nối, điện áp đặt vào tải

$$u = e.$$

- Công suất máy phát cung cấp cho tải:

$$p = ui = ei.$$

- Dòng điện i nằm trong từ trường của nam chân N-S lại chịu tác dụng của lực điện từ $F_{đt}$ (qui tắc tay trái)

- Khi lực điện từ cân bằng với lực cơ của động cơ sơ cấp, tức $F_{cơ} = F_{đt}$, máy sẽ quay đều.

$$F_{co}v = F_{đt}v = B.l.i.v = e.i$$

Công suất cơ của động cơ sơ cấp $P_{cơ} = F_{cơ}v$ đã được biến đổi thành công suất điện $P_{điện} = ei$, tức cơ năng đã được biến thành điện năng ở máy phát điện

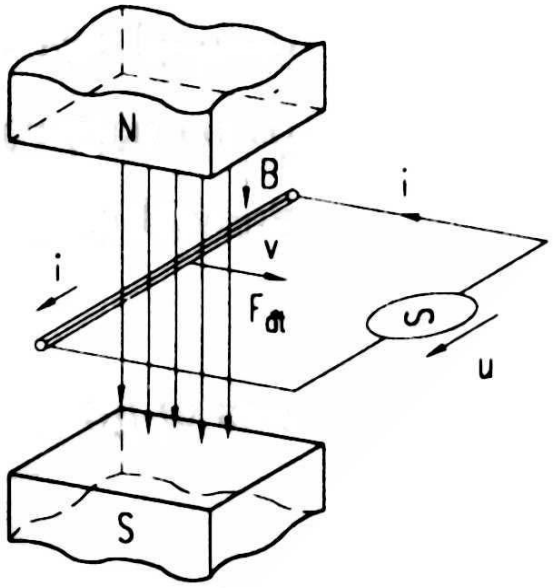
CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

3.2. Nguyên lý làm việc của động cơ điện

- Đặt một điện áp u từ nguồn điện bên ngoài vào một thanh dẫn đặt trong từ trường của nam châm N-S

- Trong thanh dẫn sẽ có dòng điện i chạy qua.

- Theo định luật lực điện từ, thanh dẫn sẽ chịu tác dụng của lực điện từ $F_{đt}$=Bli và chuyển động với vận tốc v có chiều như hình bên



CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

- Bỏ qua điện trở của thanh dẫn và dây nối, điện áp đặt vào thanh dẫn

$$u = e.$$

- Công suất điện đưa vào động cơ

$$P = u.i = e.i = B.l.v.i = F_{đt}v$$

công suất điện $P_{điện}$ = ui đưa vào động cơ đã được biến thành công suất cơ $P_{cơ} = F_{đt}v$ trên trục động cơ, tức điện năng đã biến thành cơ năng trong động cơ điện

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

3.3. Tính thuận nghịch của máy điện

- Qua nguyên lý của máy phát và động cơ điện nhận thấy, cùng một thiết bị điện từ (thanh dẫn đặt trong từ trường nam châm N-S), tuỳ theo năng lượng đưa vào (cơ năng hay điện năng) mà máy điện có thể làm việc ở chế độ máy phát điện hay động cơ điện.

➢ Khi đưa công suất cơ vào máy → Máy phát điện

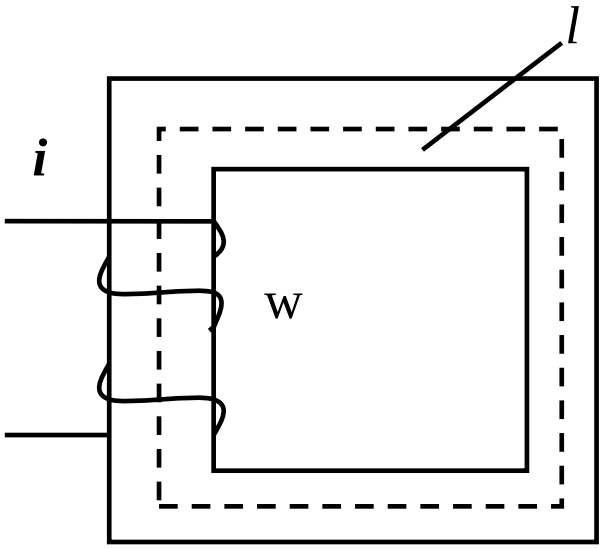
➢ Khi đưa công suất điện vào máy → Động cơ điện

- Đây chính là tính thuận nghịch của máy điện.

- Mọi loại máy điện đều có tính thuận nghịch

IV. Định luật mạch từ

- Trong các máy điện, lõi thép là mạch từ của máy.
- Mạch từ được dùng để dẫn từ thông, và là mạch khép kín.
- Xét một mạch từ đơn giản: đó là mạch từ đồng nhất bằng thép kỹ thuật điện có một dây quấn với W vòng

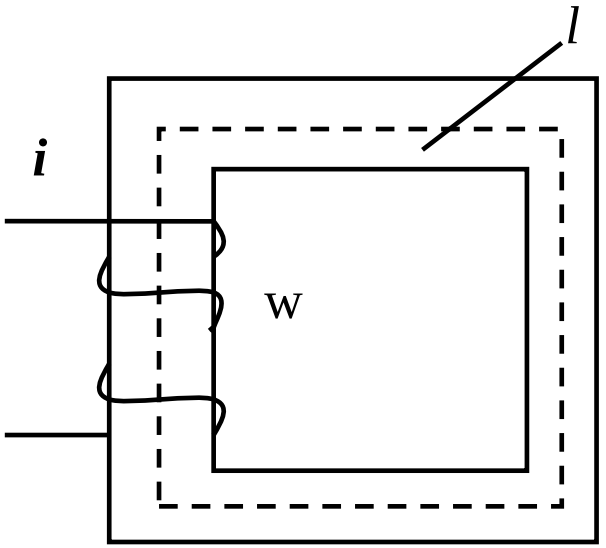


Theo định luật dòng điện toàn phần trong mạch từ

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

Theo định luật dòng điện toàn phần trong mạch từ

$$H.l = w.i$$



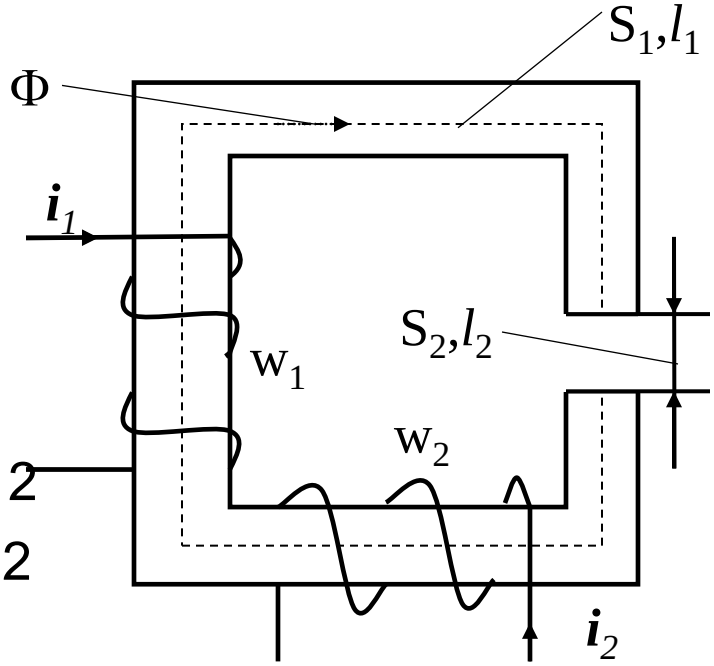
H - cường độ từ trường trong mạch từ đo bằng A/m,
l - chiều dài trung bình của mạch từ đo bằng m
W - số vòng dây của cuộn dây,
I - là dòng từ hoá (tạo ra từ thông cho mạch từ) đo bằng A

wi - sức từ động.
H*l* - từ áp rơi trong mạch từ

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

Trường hợp mạch từ gồm nhiều cuộn dây và nhiều đoạn khác nhau (tiết diện hoặc vật liệu khác nhau), thì định luật mạch từ:

$$H_1 l_1 + H_2 l_2 = w_1 . i_1 + w_2 i_2$$



H_1, H_2: cường độ từ trường đoạn 1 và 2

l_1, l_2 : chiều dài trung bình đoạn 1 và 2

$i_1 W_1$: sức từ động dây quấn W_1 vòng

$i_2 W_2$: sức từ động dây quấn W_2 vòng

s_1 : tiết diện đoạn 1 tính bằng m^2

s_2 : tiết diện đoạn 2 tính bằng m^2

Dấu trừ trước $w_2 i_2$ vì dòng i_2 không phù hợp với từ thông Φ đã chọn theo quy tắc vặn nút chai

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

Tổng quát:

Với mạch từ có n đoạn và m cuộn dây, định luật mạch từ

$$\sum_{k=1}^{n} H_k l_k = \sum_{j=1}^{m} w_j i_j$$

Trong đó: - dòng điện i_j nào có chiều phù hợp với chiều từ thông đã chọn theo quy tắc vặn nút chai sẽ lấy dấu dương, ngược lại sẽ lấy dấu âm,

- k là chỉ số đoạn mạch thứ k

- j là chỉ số cuộn dây thứ j

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

4.2. Tính toán mạch từ

a) Bài toán thuận: thôn g số biết trước là từ thông, thông số cần tính là dòng điện từ hoá (hoặc số vòng dây) sinh ra từ thông ấy

Ví dụ: Mạch từ có vật liệu có cho ở bảng sau:

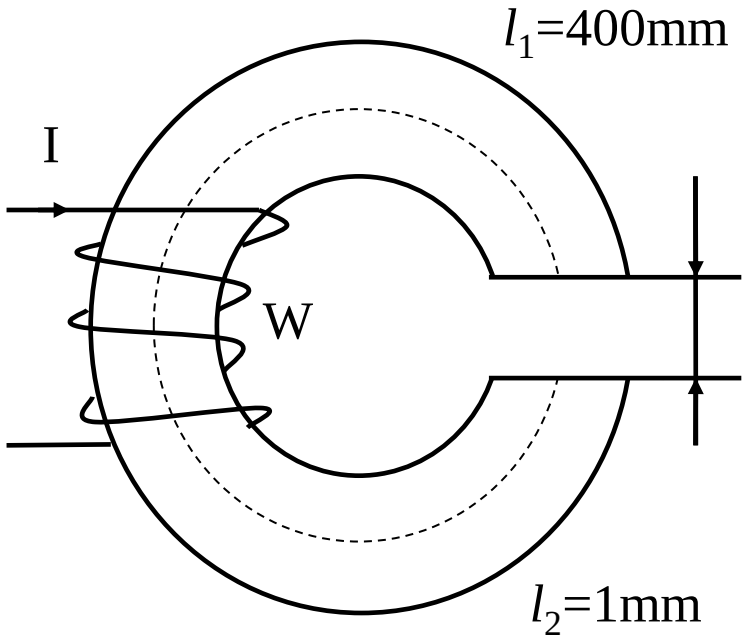
Cho biết từ cảm trong khe hở B_2 = 1,3T và cuộn dây có W = 1000 vòng.

Tính dòng điện trong cuộn dây.

B(T)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
H(A/m)	58	65	76	90	110	132	165
B(T)	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	
H(A/m)	220	300	600	900	1200	3000	

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

Bài giải:



Áp dụng định luật mạch từ:

$$H_1 l_1 + H_2 l_2 = w.i$$

Cường độ từ trường trong khe hở không khí (đoạn l_2)

$$H_2 = \frac{B_2}{\mu_0} = \frac{1{,}3}{4\pi 10^{-7}} = 1034507 \ A/m$$

Cường độ từ trường trong đoạn thép từ B_1=1,3 T, tra bảng ta có H_1=600 A/m

Thay các giá trị vào phương trình mạch từ:

$$H_1 l_1 + H_2 l_2 = w.i$$

$$600.400.10^{-3} + 1034507.1.10^{-3} = 1000.i$$

$$i = 1,275\,A$$

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

Thuật giải của bài toán thuận:

- Khi biết từ cảm B (hoặc biết từ thông Φ thì B = Φ / S)

- Tính cường độ từ trường H

  + Với đoạn mạch khe hở không khí: $$H = \frac{B}{\mu_0}$$

  + Với đoạn mạch từ là vật liệu sắt từ, ta phải tra đường cong từ hoá B=f(H) hoặc tra bảng ứng với các loại thép.

- Tính từ áp tổng của mạch $$\sum_{k=1}^{n} H_k l_k = H_1 l_1 + H_2 l_2 + ... + H_n l_n$$

- Tính dòng điện hoặc số vòng dây:

$$i = \frac{\sum_{k=1}^{n} H_k l_k}{w} \qquad w = \frac{\sum_{k=1}^{n} H_k l_k}{i}$$

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

a) Bài toán thuận:

Thông số biết trước: số vòng dây, dòng điện

Thông số cần tính: từ thông (từ cảm)

Loại bài toán này phức tạp hơn nhiều so với bài toán thuận.

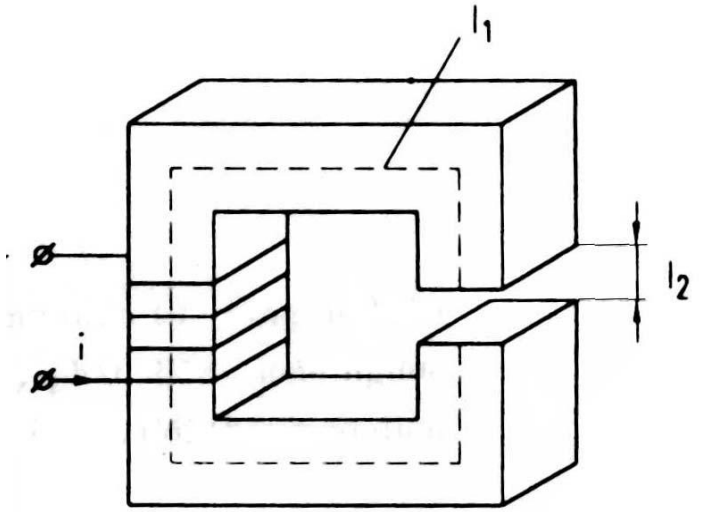
Để giải bài toán này, người ta thường dùng phương pháp dò hoặc các phương pháp đồ thị, phương pháp số giải mạch phi tuyến.

Do vậy, trong giáo trình này, ta chỉ hạn chế ở bài toán thuận

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

VI. Bài tập

Bài số 5.1.



Mạch từ của một nam châm điện gồm 2 đoạn:

Đoạn 1 bằng thép có độ dài l_1.

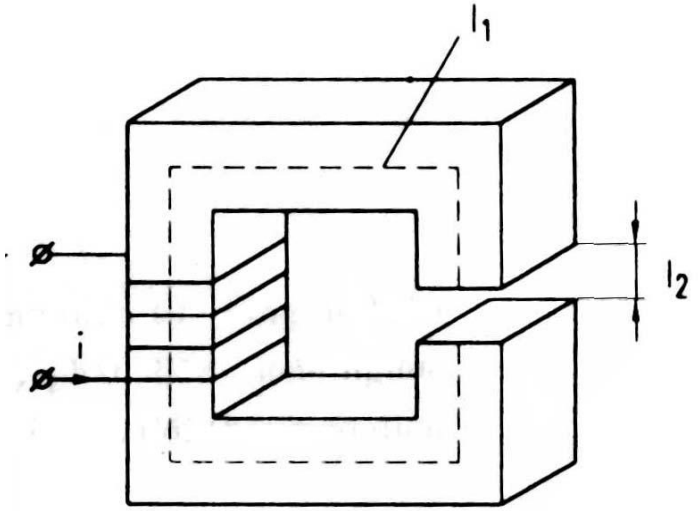
Đoạn 2 là khe hở không khí có độ dài l_2.

Cuộn dây có w vòng và có dòng i đi qua như hình.Giả thiết hệ số từ thẩm của thép vô cùng lớn.

Tính từ cảm B_2 trong khe hở

Bài giải:

Vì từ thẩm của thép vô cùng lớn nên từ áp của đoạn mạch 1 rất nhỏ, từ áp của mạch chỉ tập trung tại khe hở không khí.



$$H_2 l_2 = i.w$$

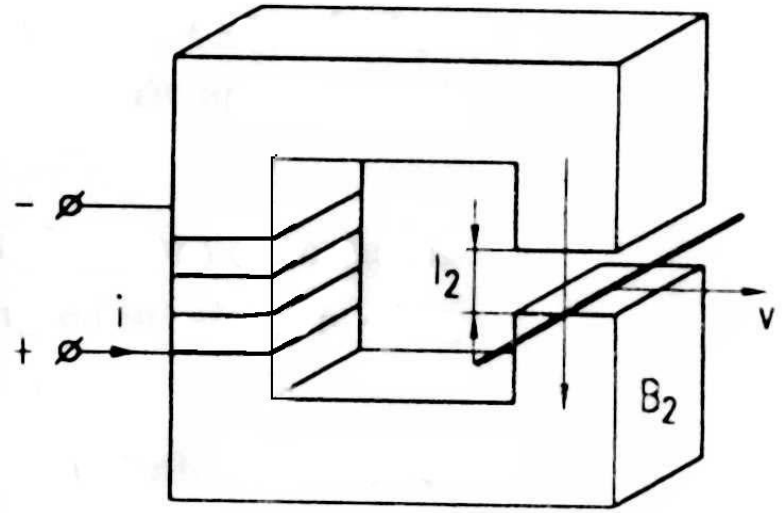
$$\frac{B_2}{\mu_0} l_2 = i.w$$

$$B_2 = \mu_0 \frac{i.w}{l_2}$$

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

Bài số 5.2

Một thanh dẫn có chiều dài l nằm trong khe hở của một nam châm điện như hình bên. Thanh dẫn chuyển động thẳng góc với từ trường với tốc độ v. Cuộn dây có w vòng và có dòng I đi qua. Coi lõi thép của nam châm có độ từ thẩm vô cùng lớn.

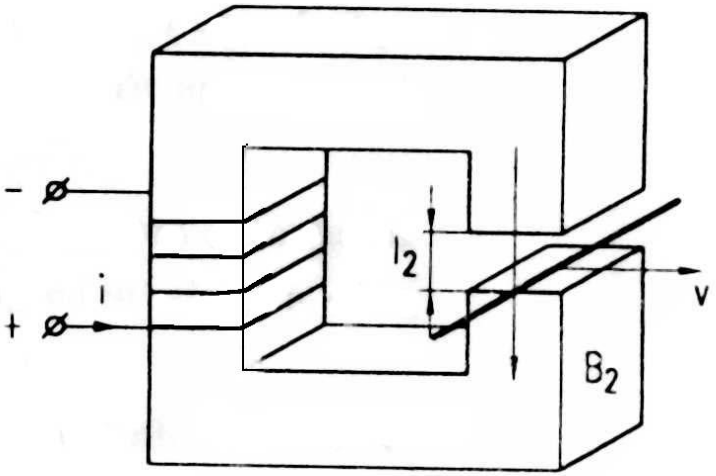


a) Xác định trị số và chiều của sức điện động cảm ứng e.

b) Xác định trị số và chiều của lực điện từ tác dụng lên thanh dẫn (khi thanh dẫn vẫn đứng yên và có dòng điện i)

Bài giải:

Vì từ thẩm của thép vô cùng lớn nên từ áp của đoạn mạch 1 rất nhỏ, từ áp của mạch chỉ tập trung tại khe hở không khí.



$$H_2 l_2 = i.w \qquad \frac{B_2}{\mu_0} l_2 = i.w$$

$$B_2 = \mu_0 \frac{i.w}{l_2}$$

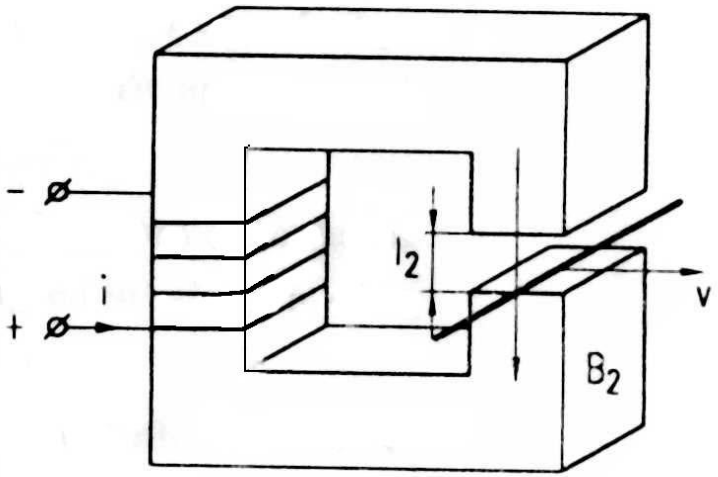
Trị số của sđđ cảm ứng trên thanh dẫn

$$e = B_2.l.v = \mu_0 \frac{i.w}{l_2} l.v$$

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

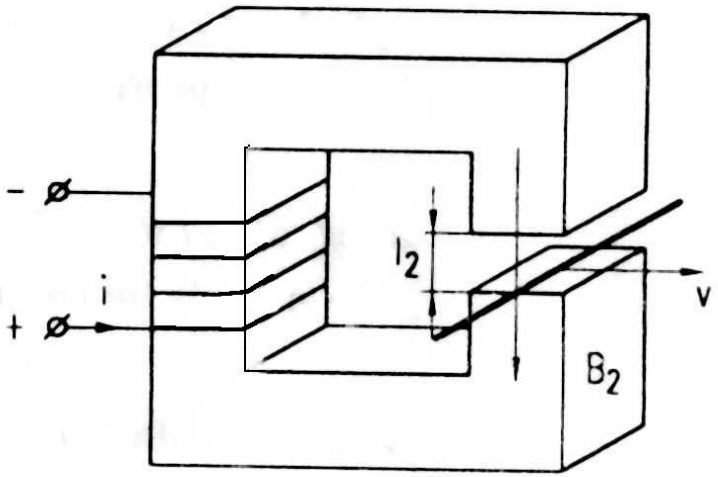
Căn cứ vào chiều của dòng điện trong cuộn dây, chiều của từ thông trong khe hở không khí hường từ trên xuống.

Theo qui tắc bàn tay phải ta tìm được chiều của sđ đ cảm ứng trong thanh dẫn



CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

Theo qui tắc bàn tay trái ta tìm được chiều của lực điện từ tác động lên thanh dẫn



Trị số của lực điện từ

$$F_{đt} = B_2.l.i = \mu_0 \frac{i.w}{l_2} l.i$$

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

Bài số 5.3

Một mạch từ như hình bên

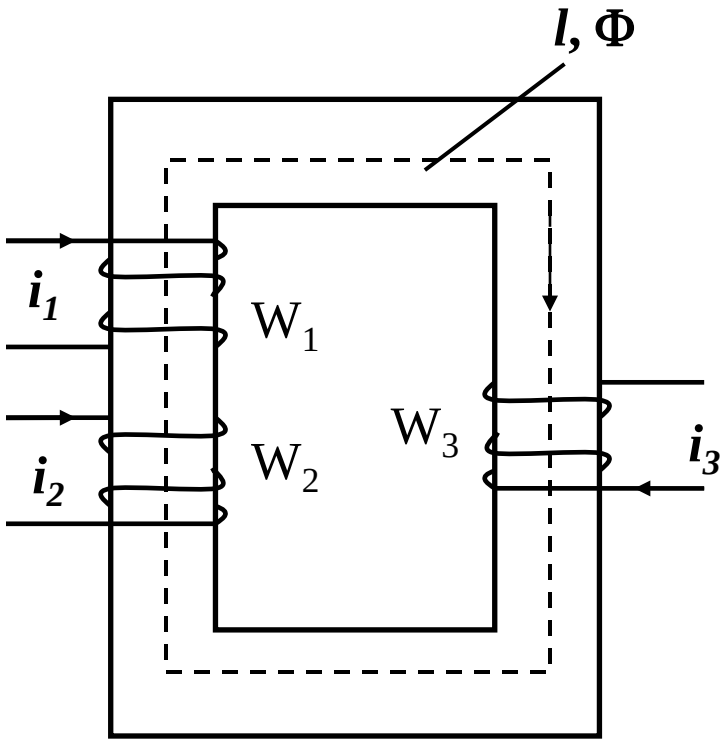
W_1 = 200 vòng, i_1 = 0,5 A

W_2= 400 vòng, i_2 = 1 A

W_3= 1000 vòng,

Chiều dài mạch: l = 50 cm

Tiết diện: S = 10 cm^2



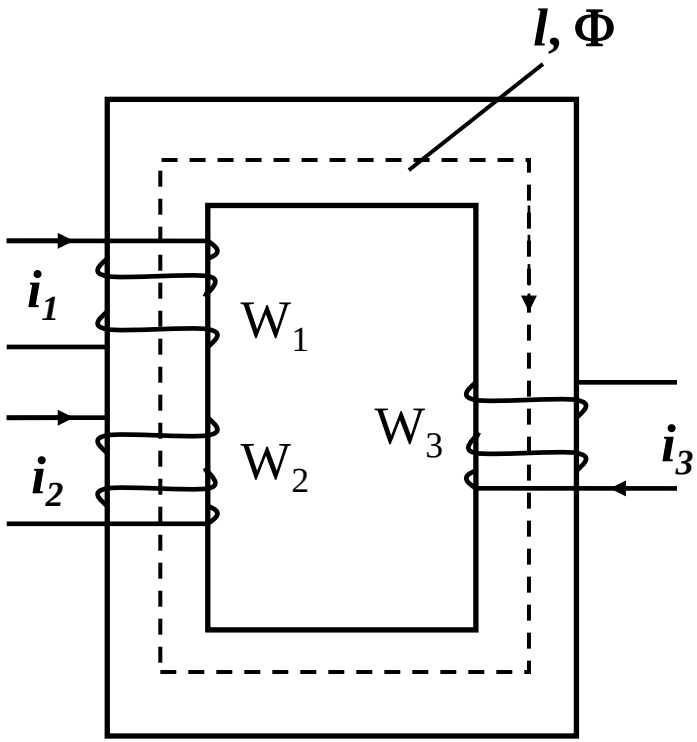
Đường cong từ hoá của vật liệu từ B=f(H) cho như bảng ở ví dụ bài toán thuận. Biết từ thông trong lõi thép Φ=1,5. 10^{-3}Wb.

Xác định dòng điện i_3.

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

Bài giải:

Lõi thép có tiết diện không đổi, nên từ cảm trong lõi thep không đổi theo chiều dài.



$$B = \frac{\Phi}{S} = \frac{1{,}5.10^{-3}}{10.10^{-4}} = 1{,}5(T)$$

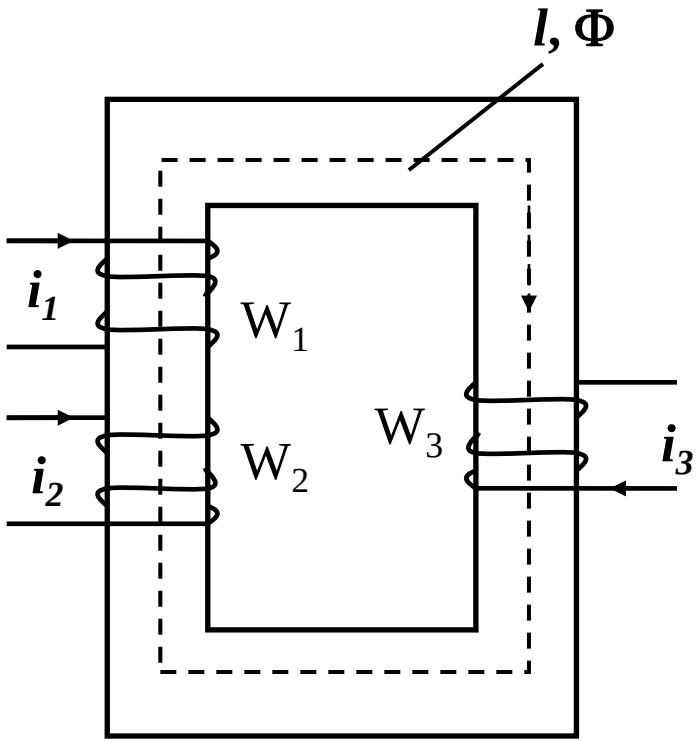
Tra bảng B=f(H) tìm được H=1200 A/m

Từ áp của mạch từ

$$H.l = 1200.50.10^{-2} = 600$$

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

Theo chiều dòng điện trong các cuộn dây và qui tắc vặn nút chai, stđ của mạch từ:



$$i_1 w_1 - i_2 w_2 + i_3 w_3$$

Vậy ta có phương trình

$$H.l = i_1 w_1 - i_2 w_2 + i_3 w_3$$

$$i_3 = \frac{H.l - i_1 w_1 + i_2 w_2}{w_3}$$

$$i_3 = \frac{600 - 0{,}5.200 + 1.400}{1000} = 0{,}9(A)$$

CHƯƠNG V : KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN