

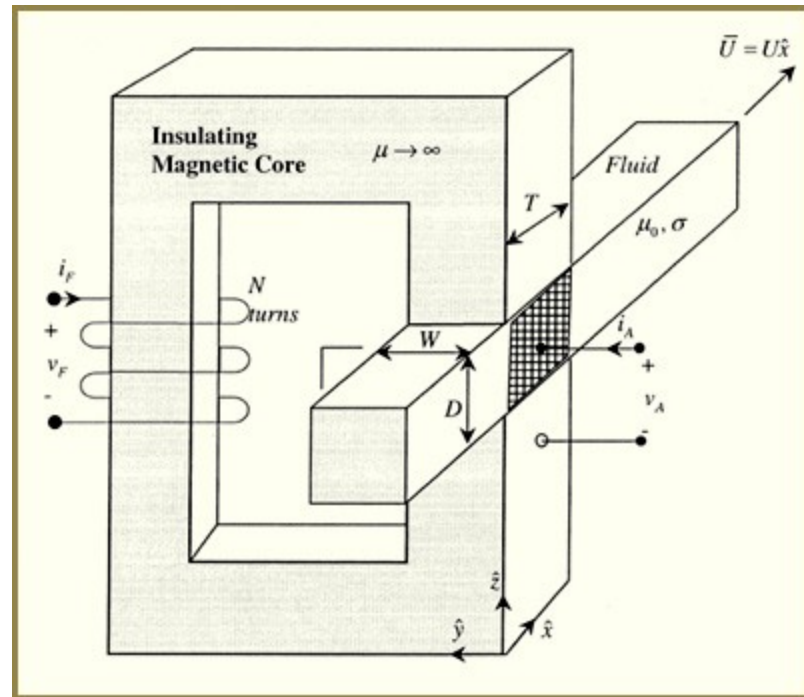
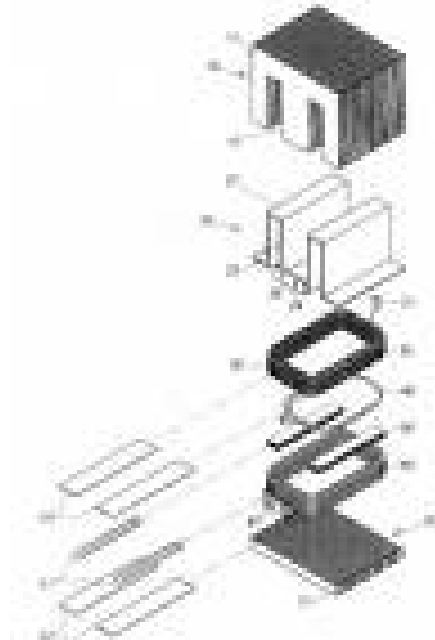
GIÁO TRÌNH

# KỸ THUẬT ĐIỆN

# CHƯƠNG 1

# MẠCH TỪ

## 1.0 GIỚI THIỆU

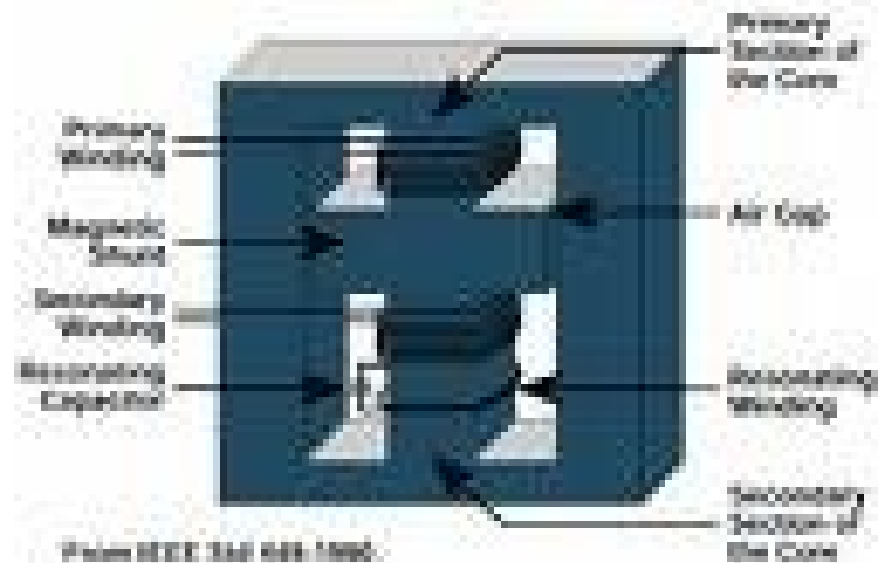
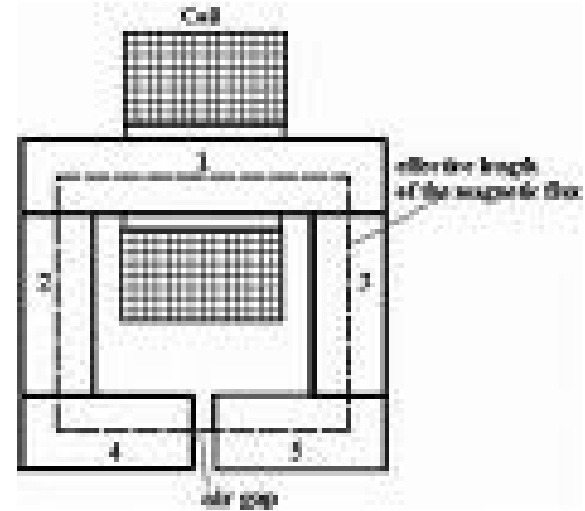


# CHƯƠNG 1

## 1.0 GIỚI THIỆU



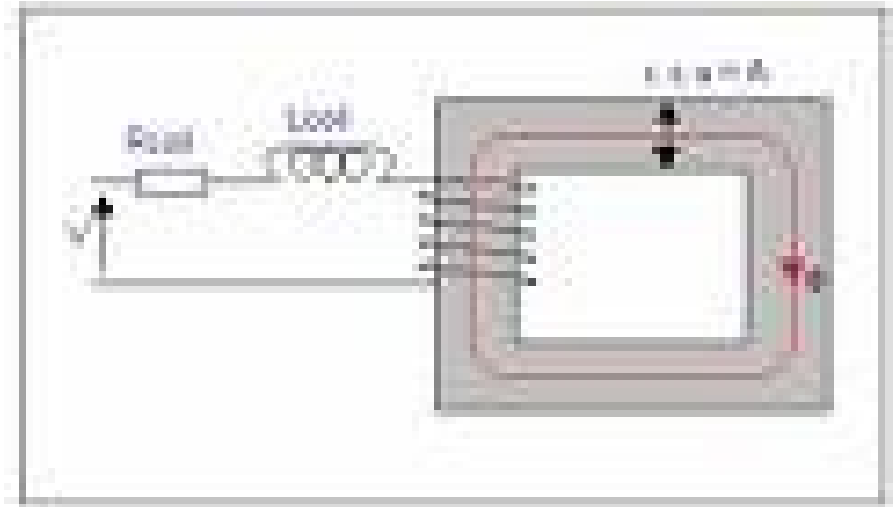
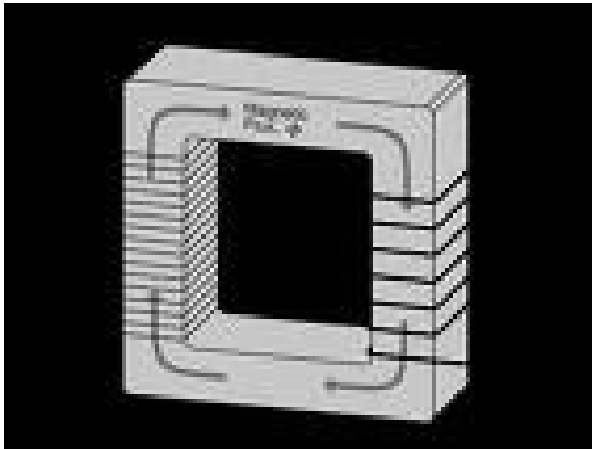
# MẠCH TỪ



# CHƯƠNG 1

# MẠCH TỪ

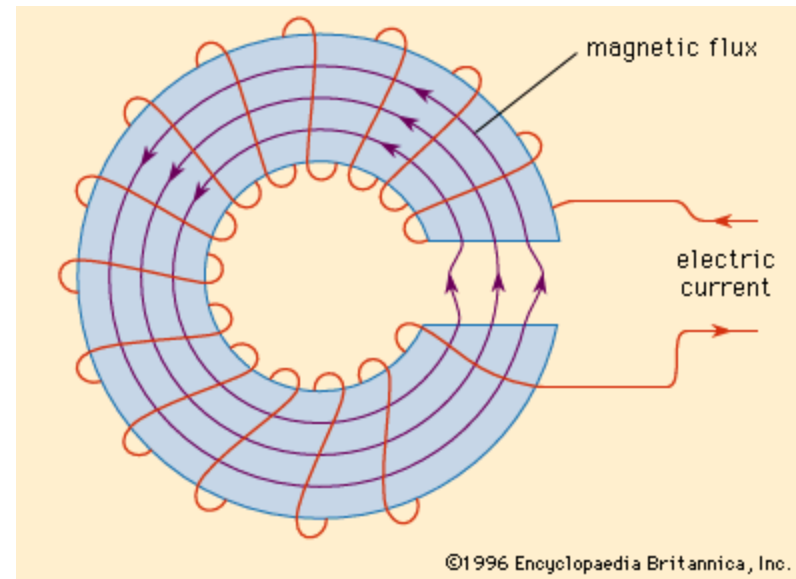
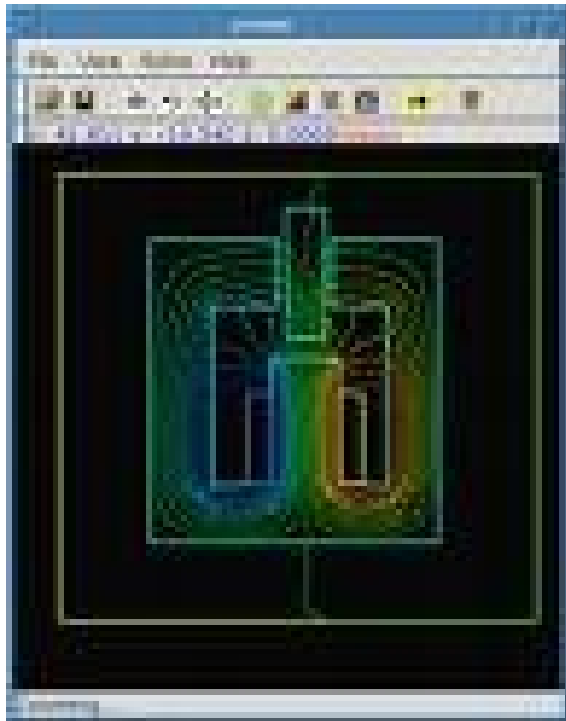
## 1.0 GIỚI THIỆU



# CHƯƠNG 1

# MẠCH TỪ

## 1.0 GIỚI THIỆU



# CHƯƠNG 1

# MẠCH TỪ

## 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

### 1.1.1 Định nghĩa và các công thức cơ bản

#### 1.1.1.1 Định nghĩa

Mạch từ trong các thiết bị kỹ thuật điện (TBKTĐ) là tập hợp các vật chất và môi trường nhằm mục đích tạo thành đường khép kín cho từ thông.

#### 1.1.1.2 Các phương trình mô tả

$$\int_C H dl = \int_S J dS \quad (1.1)$$

$$\int_S B dS = 0 \quad (1.2)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### Các nhận xét

- Từ (1.1) thấy rằng nguồn sinh ra cường độ từ trường  $H$  là mật độ dòng điện  $J$ .
- Từ (1.2) mô tả rằng mật độ từ thông  $B$  được bảo toàn, có nghĩa là tổng từ thông đi vào và đi ra khỏi một bề mặt khép kín  $S$  bất kỳ bằng zero.
- Giá trị của từ trường có thể được xác định bởi giá trị tức thời của các dòng điện nguồn.
- Tần số biến thiên của các từ trường phụ thuộc vào sự biến thiên của dòng điện nguồn.

# CHƯƠNG 1

# MẠCH TỪ

## 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

### Các nhận xét

- Khi tính toán mạch từ, có thể áp dụng các luật cơ bản của mạch điện bởi vì giữa chúng tồn tại sự tương tự qua lại.

### 1.1.1.3 Các định luật cơ bản

#### a. Định luật kirchoff I

- Đối với một nút bất kỳ trong mạch từ, tổng các từ thông đi vào (có chiều về phía điểm nút) và đi ra (có chiều đi ra khỏi điểm nút) bằng zero.

$$\sum_{i=1}^n \phi_i = 0 \quad (1.3)$$



# CHƯƠNG 1

# MẠCH TỪ

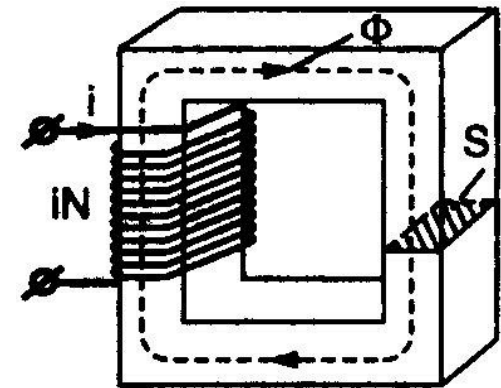
## 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

### 1.1.1.3 Các định luật cơ bản

#### b. Định luật Kirchoff II

Đối với một mạch vòng khép kín trong mạch từ, tổng các từ áp rơi trên mạch vòng đó và các sức từ động (s.t.đ) là bằng zero.

$$\sum_{i=1}^n F_i + \sum_{k=1}^m \phi_K R_{mk} = 0 \quad (1.4)$$



**Hình 1.1**

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.1.3 Các định luật cơ bản

##### c. Định luật Ohm

- Đối với một nhánh bất kỳ trong mạch từ tích số giữa từ thông chảy qua và tổng trở từ bằng từ áp rơi giữa hai đầu của nhánh từ đó.

$$\Phi_i Z_{mi} = U_{mi} \quad (1.5)$$

trong đó:  $\Phi_i$  - từ thông chảy qua các nhánh của mạch từ ( wb );

$F_i$  - sức từ động của các nhánh từ tương ứng ( A.t );

$R_{mk}$  - từ trở của nhánh từ tương ứng ( 1/H );

$Z_{mi}$  - tổng trở từ các nhánh (1/H);

$U_{mi}$  - từ áp rơi trên các nhánh từ (A)

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

- Tổng trở từ  $Z_{mi}$  của nhánh từ bao gồm hai thành phần là từ trở  $R_{mi}$  và từ kháng  $X_{mi}$ , giữa chúng có quan hệ tam giác vuông.

$$Z_{mi} = \sqrt{R_{mi}^2 + X_{mi}^2} \quad (1.6)$$

- Đối với mạch từ một chiều DC không tồn tại thành phần từ kháng  $X_{mi}$ , vì vậy trong đó chỉ bao gồm các thành phần từ trở  $R_{mi}$ .

$$R_{mi} = \frac{l_i}{\mu_i S_i} \quad (1.7)$$

- trong đó:
- $l_i$  - chiều dài của nhánh từ tương ứng (m);
  - $S_i$  - tiết diện của nhánh từ đó ( $m^2$ );
  - $\mu_i$  - là từ thẩm vật liệu từ của nhánh từ tương ứng (H/m).

# CHƯƠNG 1

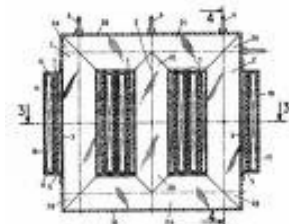
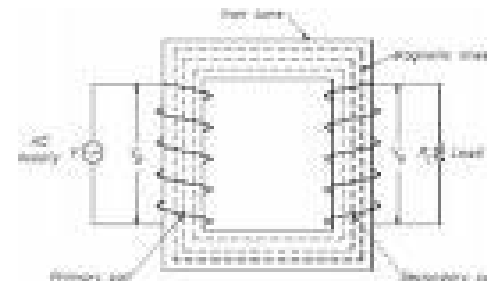
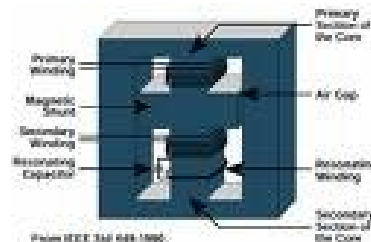
# MẠCH TỪ

## 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

### 1.1.1.4 Phân loại

Về phương diện kết cấu, mạch từ trong các thiết bị kỹ thuật điện (TBKTĐ) được phân biệt theo ba loại chính như sau:

1- **Mạch từ tĩnh**, là mạch từ thường có trong các máy biến áp, trong trường hợp lý tưởng có thể được xem như trong đó không có các khe hở không khí, mặc dù sự chuyển đổi năng lượng của nó không phải là điện - cơ, nhưng lại đóng vai trò hết sức quan trọng trong sự chuyển đổi năng lượng nói chung.

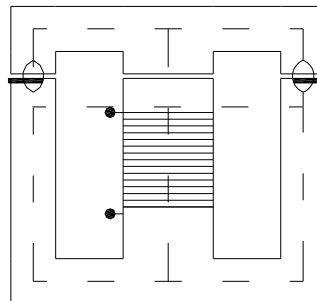


# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

2- Mạch từ có phần ứng chuyển động tịnh tiến hoặc chuyển động xoay. Đó là loại mạch từ thường có trong các thiết bị điện đóng - cắt mạch điện như contactor, aptomat, relay, máy ngắt cao áp v.v... Ở đây khe hở không khí đóng vai trò chính trong việc chuyển đổi năng lượng điện - cơ và sự chuyển đổi năng lượng điện này luôn đi kèm với sự thay đổi độ lớn của khe hở không khí.

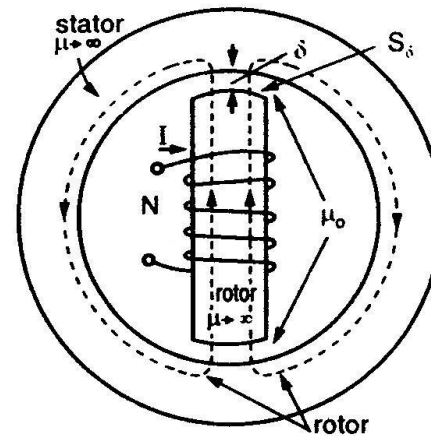


# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

3- Mạch từ có phần ứng hoặc phần cảm quay. Đó là loại mạch từ thường gặp trong các máy điện quay. Trong các mạch từ loại này, sự biến đổi năng lượng cũng diễn ra trong khe hở không khí, nhưng trong quá trình làm việc của chúng khe hở không khí hầu như không thay đổi về độ lớn.



# CHƯƠNG 1

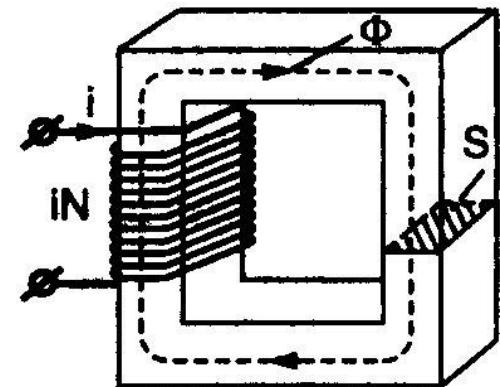
## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.1.5 Ví dụ về mạch từ

- Ví dụ đơn giản về mạch từ được trình bày trong Hình 1.1. Lõi được làm từ vật liệu từ có từ thẩm  $\mu$  lớn hơn rất nhiều so với từ thẩm của chân không  $\mu_0$  với  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  (H/m).

- Lõi có tiết diện không đổi và được kích từ bởi cuộn dây có  $N$  vòng, trong đó có dòng điện  $i$  (A) chạy qua. Cuộn dây  $N$  sẽ sinh ra từ trường trong lõi thép như được biểu diễn trong Hình 1.1.



**Hình 1.1**

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.1.5 Ví dụ về mạch từ

- Từ thông  $\Phi$  đi qua bề mặt  $S$  bằng tích phân mặt của các thành phần pháp tuyến của từ cảm  $B$ , như vậy:

$$\Phi = \int B dS \quad (\text{Wb}) \quad (1.8)$$

- Khi từ cảm là đồng nhất bên trong một mặt cắt bất kỳ của lõi thép, công thức (1.8) có thể được biểu diễn:

$$\phi_i = B_i \cdot S_i \quad (1.9)$$



# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.1.5 Ví dụ về mạch từ

- Từ (1.1), quan hệ giữa s.t.đ và cường độ từ trường  $H$  có thể được biểu diễn:

$$F = NI = \int \vec{H} d\vec{l} \quad (1.10)$$

Lõi thép có chiều dài trung bình chính bằng chiều dài khép kín của đường sức từ bất kỳ li. Kết quả là tích phân đường (1.10) trở thành tích của các đại lượng vô hướng  $H_i$  li. Từ đó phương trình (1.10) có thể viết lại:

$$F = NI = H_i L_i$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

- Chiều của  $H_i$  trong lõi thép được xác định theo quy tắc bàn tay phải, hay quy tắc vặn nút chai.

- Trong mỗi nhánh từ của mạch từ, quan hệ giữa từ cảm  $B_i(T)$  và cường độ từ trường  $H_i (A/m)$ , được biểu diễn bằng đường cong từ hóa  $B = f(H)$  của vật liệu từ, nhận được từ thực nghiệm.

- Đối với các vật liệu phi từ tính như đồng, nhôm v.v., các vật liệu cách điện như Fibre, Bakelite.... và không khí, quan hệ này được biểu diễn như sau:

$$B = \mu_0 \cdot H$$

(1.11)

Với:  $\mu_0$  - là từ thẩm của chân không (H/m).

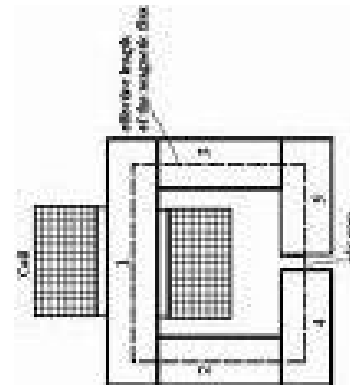
# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Trong mạch từ ta phân biệt các từ thông sau:

1. Từ thông làm việc  $\phi_{lv}$ , là từ thông đi qua khe hở không khí chính của mạch từ.
2. Từ thông rò  $\phi_{\sigma}$  là từ thông không đi qua khe hở không khí chính của mạch từ mà khép kín theo các đường khác.
3. Từ thông tổng  $\phi_0$ , là tổng của hai từ thông  $\phi_{lv}$  và  $\phi_{\sigma}$ , và thường đi qua phần gông của mạch từ Hình 1.1.



# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Tỷ số giữa từ thông tổng và từ thông làm việc được định nghĩa là hệ số rò  $\delta$  của một mạch từ cho trước.

$$\sigma = \frac{\Phi_o}{\Phi_{lv}} = \frac{\Phi_{lv} + \Phi_{\sigma}}{\Phi_{lv}} = 1 + \frac{\Phi_{\sigma}}{\Phi_{lv}} \quad (1.12)$$

Khi tính toán mạch từ thường gặp hai dạng bài toán cơ bản sau đây:

**Bài toán thuận:** cho trước từ thông  $\Phi$  hoặc từ cảm  $B$ , hình dạng, kích thước của mạch từ, cần xác định s.t.đ cần thiết để sinh ra từ thông đó.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

**Bài toán nghịch:** cho trước s.t.đ, hình dạng, kích thước và vật liệu của mạch từ, cần xác định giá trị các từ thông trong mạch từ.

Trong thực tế, có thể gặp các dạng bài toán mạch từ hơi khác một chút.

**Ví dụ:** cho trước giá trị của lực hút điện từ tác động lên phần ứng tại một vị trí xác định của khe hở không khí  $\delta$  ( $\delta$  là khoảng cách giữa nắp và lõi của mạch từ), hoặc cho trước đặc tính lực hút điện từ  $F_{dt} = f(\delta)$  và các điều kiện phụ về hình dáng, kích thước và vật liệu của mạch từ, cần xác định từ thông hoặc giá trị s.t.đ cần thiết.

- Những bài toán về mạch từ như vậy đều có thể đưa về một trong hai dạng bài toán cơ bản nêu ở trên.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Bài toán thuận có thể giải quyết như sau: đối với mỗi nhánh từ của mạch từ, có thể xem từ cảm B là không đổi trên toàn bộ chiều dài của nhánh đó, ta xác định giá trị cường độ từ trường H tương ứng dựa trên quan hệ:

$$B = \mu \cdot H$$

Trong hệ đo lường SI, B được đo Weber trên metre bình phương, hay còn gọi là Tesla (T),  $\mu$  được đo bằng Weber trên ampere-metre hoặc Henrys trên metre. Từ thẩm của sắt từ được biểu diễn bằng:

$$\mu = \mu_r \cdot \mu_0$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

với giá trị phổ biến  $\mu_r$  của các vật liệu từ, dùng để chế tạo các thiết bị điện nằm trong khoảng từ 2000 - 80.000, hoặc dựa trên quan hệ đường cong từ hóa của vật liệu cho trước.

- Tích số giữa cường độ từ trường và chiều dài nhánh từ chính là giá trị s.t.đ cần thiết:

$$F_i = H_i \cdot l_i$$

- S.t.đ cần thiết của toàn bộ mạch từ sẽ bằng tổng các s.t.đ nhánh nằm trong một mạch vòng khép kín:

$$F = \sum_{i=1}^n F_i \quad (1.13)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Dạng bài toán cơ bản thứ hai thường khó giải hơn. Để nhận được từ thông sinh ra từ s.t.đ cho trước, có thể thực hiện bài toán theo phương pháp lặp như sau:

- Đầu tiên ta chọn một cách tùy ý, một số giá trị từ thông  $\Phi$ , sau đó theo cách giải của bài toán thuận ta xác định được các giá trị tương ứng của s.t.đ.
- Kết quả nhận được cho phép xây dựng đường biểu diễn quan hệ  $\Phi_i = f(F_i)$ , từ đó ứng với s.t.đ ban đầu, ta tra ra giá trị từ thông cần thiết.



# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.2 Sơ đồ thay thế của mạch từ

Sự tương tự giữa mạch từ và mạch điện cho phép xây dựng sơ đồ thay thế của mạch từ.

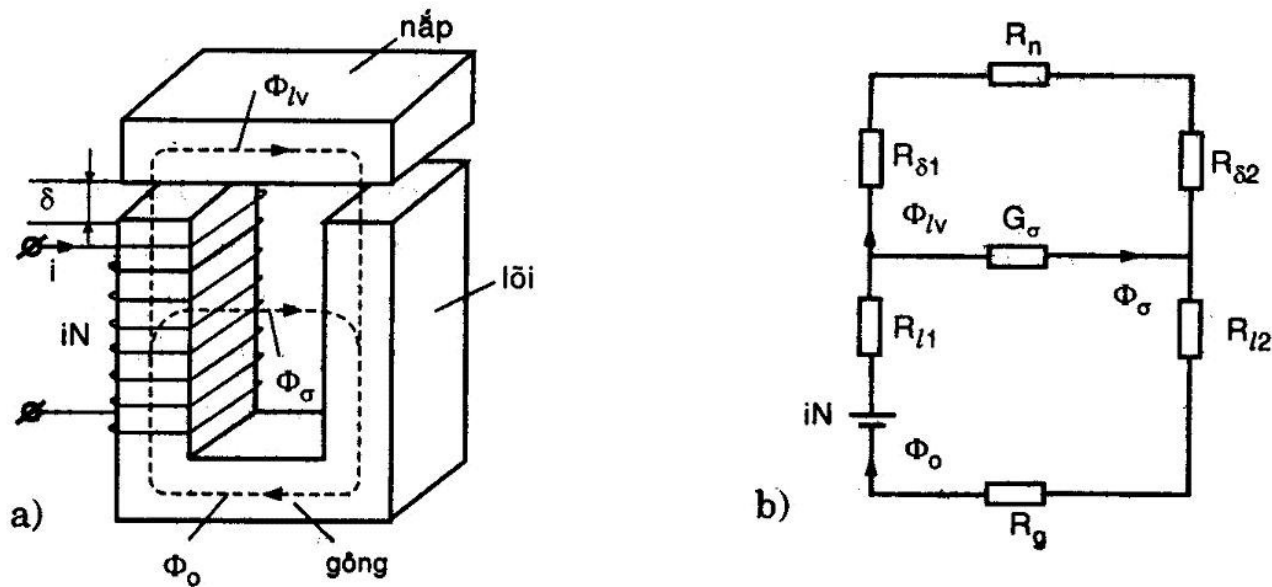
- 1/ Sức.t.đ của mạch từ sẽ tương ứng với sức điện động (s.đ.đ) của mạch điện.
- 2/ Từ thông  $\Phi$  tương tự với cường độ dòng điện  $I$ .
- 3/ Từ trở  $R_m$  tương tự với điện trở  $R$ .
- 4/ Tổng trở từ  $Z_m$  tương tự với tổng trở điện  $Z$ .

# CHƯƠNG 1

# MẠCH TỪ

## 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

### 1.1.2 Sơ đồ thay thế của mạch từ



$R_n$  - từ trở nắp mạch từ;  $R_{\delta}$  - từ trở của khe hở không khí  $\delta$

$R_{li}$  - từ trở của lõi mạch từ;  $R_g$  - từ trở của gông mạch;  $G_{\sigma} = \frac{l}{R_{\delta}}$  - từ dẫn của khe hở không khí

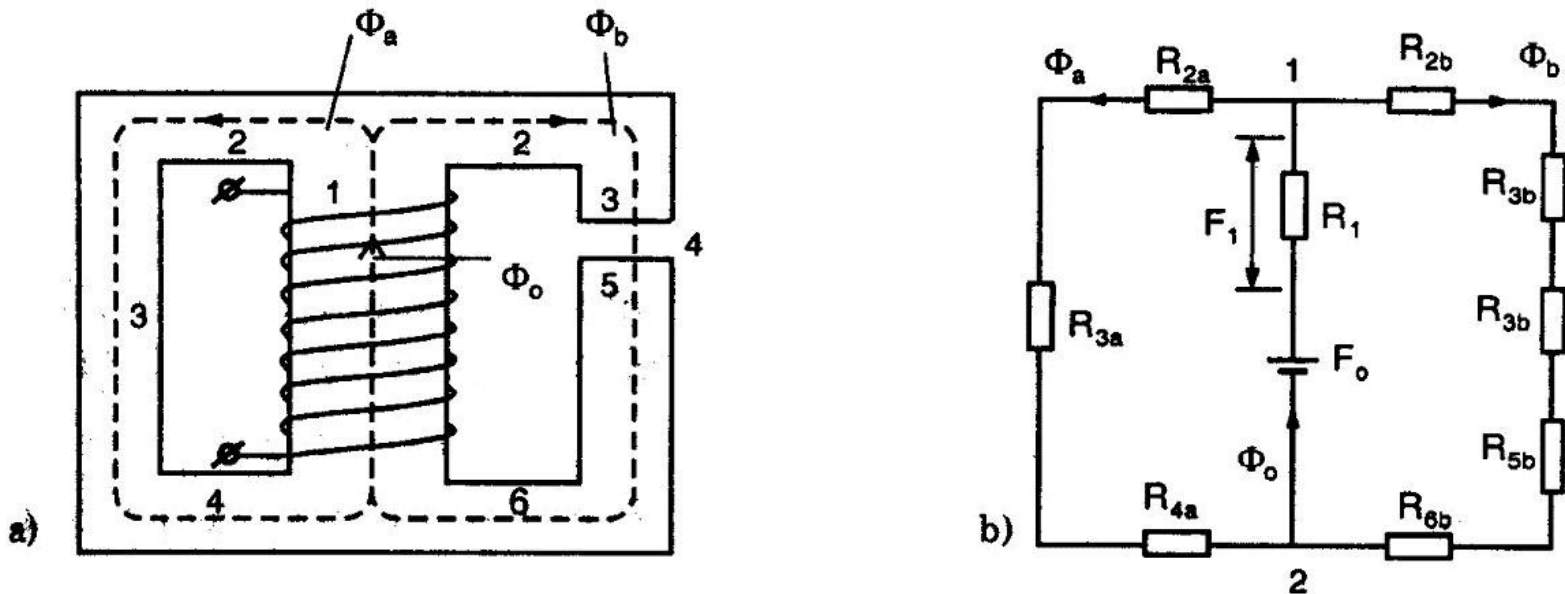
**Hình 1.2:** a) Mạch từ điển hình; b) Sơ đồ thay thế

# CHƯƠNG 1

# MẠCH TỪ

## 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

### 1.1.3 Bài toán mạch từ song song không đối xứng không xét từ thông rò



Hình 1.3

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.3 Bài toán mạch từ song song không đối xứng không xét từ thông rò

**Bài toán thuận:** cho trước từ thông  $\Phi_0$ , hình dạng, kích thước và vật liệu của mạch từ. Cần xác định s.t.đ  $F_0$  Hình 1.3b.

#### Giải

Trước hết cần phải xác định các từ thông thành phần  $\Phi_a$  và  $\Phi_b$ . Từ định luật Kirchoff II có thể viết:

$$\Phi_a (R_{2a} + R_{3a} + R_{4a}) = \Phi_b (R_{2b} + R_{3b} + R_{4b} + R_{5b} + R_{6b}) \quad (1.14)$$

Mặt khác theo định luật Kirchoff I

$$\Phi_0 = \Phi_a + \Phi_b \quad (1.15)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.3 Bài toán mạch từ song song không đối xứng không xét từ thông rò

từ các biểu thức (1.14) và (1.15) ta dễ dàng xác định được  $\Phi_a$  và  $\Phi_b$ .  
S.t.đ cần tìm  $\Phi_0$  sẽ là:

$$\begin{aligned} F_0 &= \Phi_0 R_1 + \Phi_a (R_{2a} + R_{3a} + R_{4a}) \\ &= \Phi_0 R_1 + \Phi_b (R_{2b} + R_{4b} + R_{5b} + R_{6b}) \end{aligned} \quad (1.16)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.3 Bài toán mạch từ song song không đối xứng không xét từ thông rò

**Bài toán nghịch:** cho trước  $\Phi_0$ , hình dạng và kích thước mạch từ. Cần xác định các từ thông  $\Phi_a$ ,  $\Phi_b$  và  $\Phi_0$  phân bố trong mạch từ đó.

#### Giải

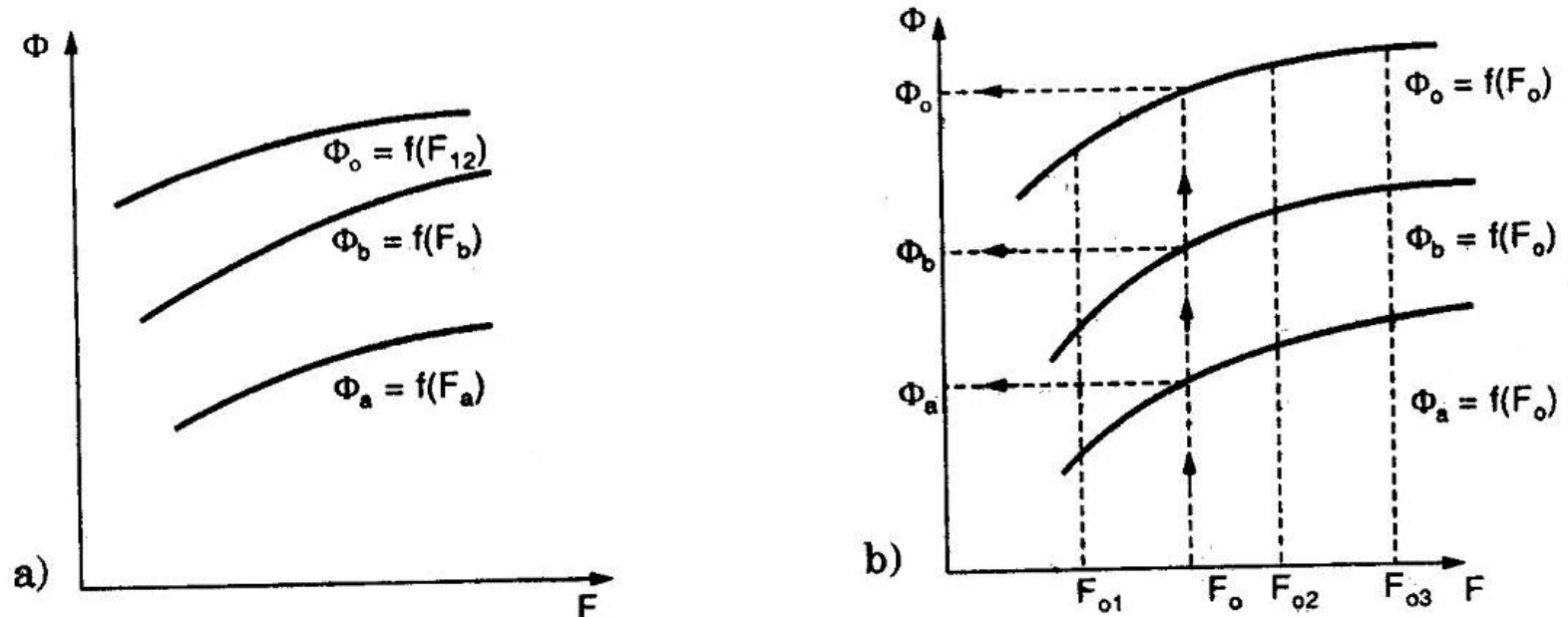
- Đối với nhánh a, ta chọn tùy ý các giá trị  $\phi_a$  khác nhau  $\Phi_{a1}$ ,  $\Phi_{a2}$ ,  $\Phi_{a3}$ ,  $\Phi_{a4}$ ... sau đó theo cách giải của bài toán thuận sẽ nhận được các giá trị tương ứng của  $F_a$  là  $F_{a1}$ ,  $F_{a2}$ ,  $F_{a3}$ ,  $F_{a4}$ ... Từ các kết quả nhận được, có thể xây dựng quan hệ  $\Phi_a = f(F_a)$  Hình 1.4a.

# CHƯƠNG 1

# MẠCH TỪ

## 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

### 1.1.3 Bài toán mạch từ song song không đối xứng không xét từ thông rò



Hình 1.4

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.3 Bài toán mạch từ song song không đối xứng không xét từ thông rò

Cũng theo cách làm tương tự, đối với nhánh b của mạch từ ta nhận được đường cong  $\Phi_b = f(F_b)$ . Sau đó bằng phương pháp cộng đồ thị ta có thể nhận được đường cong  $\Phi_0 = f(F_{12})$  (lưu ý:  $F_a = F_b = F_{12}$  đều là s.t.đ đặt giữa hai điểm 1 và 2 của mạch từ). Các thao tác này được mô tả trong Hình 1.4b.



# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.3 Bài toán mạch từ song song không đối xứng không xét từ thông rò

Từ các đồ thị dựng được có thể thành lập được bảng quan hệ (1.1).

$F_a = F_b = F_{12}$	$\Phi_a$	$\Phi_b$	$\Phi_0$	$S_{-1}$	$B_1$	$H_1$	$F_1$	$F_0 = F_1 + F_{12}$
A.t	Wb	Wb	Wb	m <sup>2</sup>	T	A/m	A.t	A.t
$F_{a1}$	$\Phi_{a1}$	$\Phi_{b1}$	$\Phi_{01}$	$S_{-1}$	$\Phi_{a1}/S_1$	$H_{11}$	$H_{11} \cdot I_{12}$	$F_{01}$
$F_{a2}$	$\Phi_{a2}$	$\Phi_{b2}$	$\Phi_{02}$	$S_{-1}$	$\Phi_{a2}/S_1$	$H_{12}$	$H_{12} \cdot I_{12}$	$F_{02}$
$F_{a3}$	$\Phi_{a3}$	$\Phi_{b3}$	$\Phi_{03}$	$S_{-1}$	$\Phi_{a3}/S_1$	$H_{13}$	$H_{13} \cdot I_{12}$	$F_{03}$
$F_{a4}$	$\Phi_{a4}$	$\Phi_{b4}$	$\Phi_{04}$	$S_{-1}$	$\Phi_{a4}/S_1$	$H_{14}$	$H_{14} \cdot I_{12}$	$F_{04}$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.3 Bài toán mạch từ song song không đối xứng không xét từ thông rò

Từ các giá trị ở bảng 1.1 có thể dễ dàng dựng được các đường cong quan hệ  $\Phi_a = f(F_0)$ ;  $\Phi_b = f(F_0)$ ;  $\Phi_0 = f(F_0)$  được biểu diễn trong Hình 1.4b. Từ đó ứng với giá trị  $F_0$  ban đầu đã cho, ta tra ra các giá trị  $\Phi_a$ ,  $\Phi_b$ ,  $\Phi_0$  tương ứng.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.4 Đặc tính của vật liệu từ

- Trong vật liệu sắt từ luôn tồn tại các vùng nhỏ, trong đó moment từ của tất cả các nguyên tử đều được sắp song song với nhau nhờ đó tổng moment từ của từng vùng riêng biệt đạt được giá trị tương đối lớn.
- Khi vật liệu từ chưa bị từ hóa, moment từ của các vùng nhỏ định hướng hỗn loạn, vì vậy moment từ tổng của vật liệu có giá trị bằng Zero.
- Khi có từ trường bên ngoài đặt lên vật liệu từ, moment từ của các vùng con có xu hướng sắp xếp lại theo chiều tác động của từ trường bên ngoài. Kết quả làm cho tổng moment từ lưỡng cực của vật liệu từ tăng lên.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.4 Đặc tính của vật liệu từ

- Điều này có nghĩa là từ cảm  $B$  trong vật liệu có xu hướng tăng lên.
- Khi toàn bộ các moment từ của các vùng con trong vật liệu được định hướng theo chiều tác động của từ trường bên ngoài thì từ cảm  $B$  trong vật liệu có xu hướng tăng lên.
- Khi toàn bộ các moment từ của các vùng con trong vật liệu được định hướng theo chiều tác động của từ trường bên ngoài thì từ cảm  $B$  không còn tăng thêm được nữa, ta kết luận rằng vật liệu từ đã bị bão hòa.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.4 Đặc tính của vật liệu từ

- Khi không có cường độ từ trường bên ngoài, các moment từ sắp xếp tự nhiên theo hướng được xác định bởi cấu trúc tinh thể của các vùng con được gọi là hướng trục dễ bị từ hóa.
- Vì vậy, khi cường độ từ trường bên ngoài tác động lên vật liệu từ giảm xuống, các moment lưỡng cực của các vùng con định hướng trở về hướng dễ bị từ hóa của mình.
- Kết quả là khi cường độ từ trường bên ngoài giảm xuống tới giá trị Zero, các moment từ lưỡng cực sẽ không còn tồn tại theo hướng của nó nữa, mà sẽ định hướng trở về hướng tự nhiên, nhưng do quán tính từ, từ cảm bên trong vật liệu sẽ đạt một giá trị nhất định.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.4 Đặc tính của vật liệu từ

- Hiện tượng này được gọi là hiện tượng từ trễ và giá trị từ cảm nhận được khi từ trường bên ngoài giảm xuống Zero được gọi là giá trị từ dư của vật liệu từ.
- Mỗi quan hệ giữa từ cảm  $B$  và cường độ từ trường  $H$  của vật liệu sắt từ là phi tuyến và phức tạp.
- Nói chung đặc tính của vật liệu sắt từ không thể mô tả được bằng biểu thức phân tích, chúng thường được giới thiệu dưới dạng đồ thị và thường chỉ là một phần đường cong quan hệ xác định từ thực nghiệm.

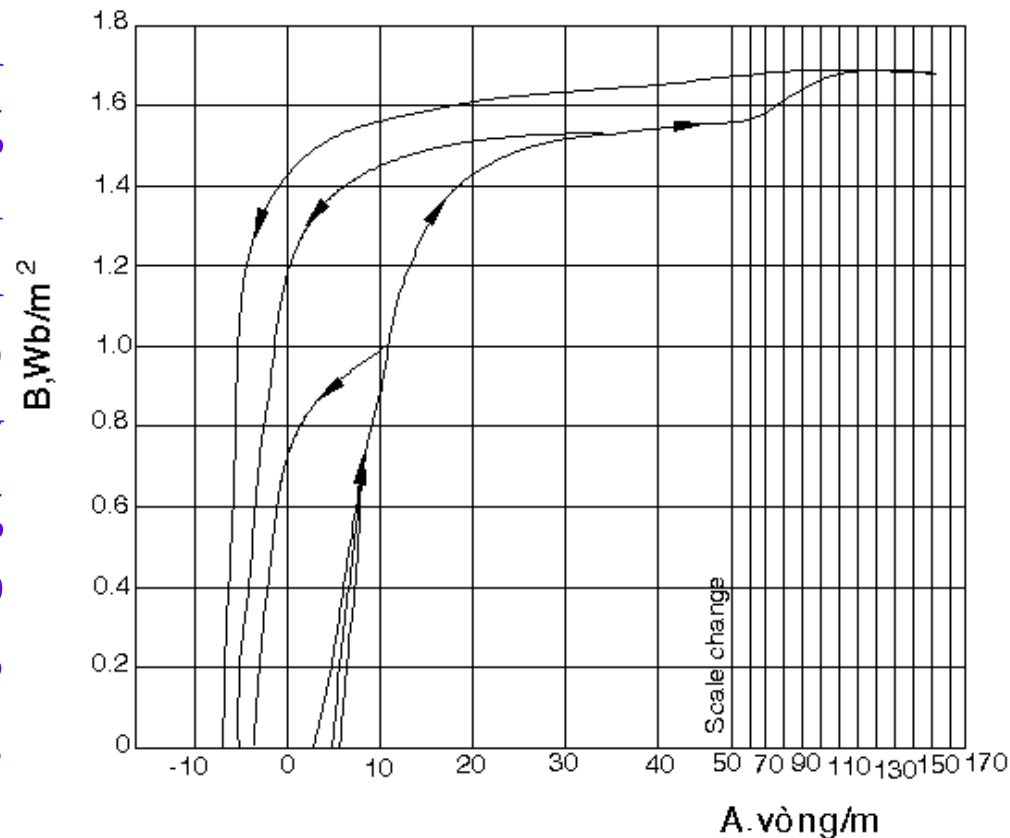
# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.4 Đặc tính của vật liệu từ

Hình 1.5: trình bày một phần của vòng từ trễ của thép M-5 dạng tấm có bề dày 0,03cm. Các mũi tên trong hình cho thấy sự biến thiên của từ cảm  $B$  khi cường độ từ trường  $H$  tăng và giảm. Lưu ý rằng khi  $H$  tăng tới giá trị tương đối lớn thì đường biểu diễn có dạng nằm ngang, có nghĩa là  $B$  không còn tăng thêm được nữa, khi đó vật liệu đã bị bão hòa.



Hình 1.5

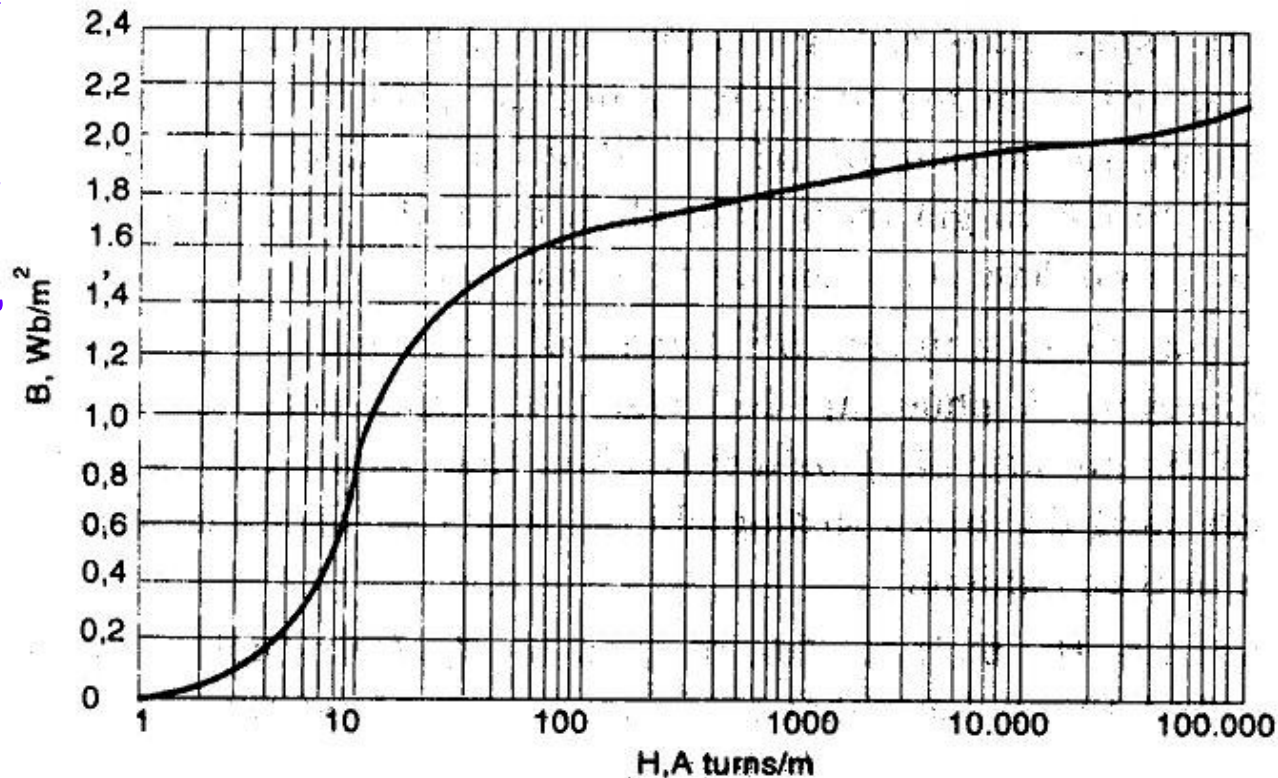
# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.4 Đặc tính của vật liệu từ

Hình 1.6: trình bày đường biểu diễn theo các đại lượng một chiều (DC) của thép M-5. Đường cong từ hóa này bỏ qua các vòng từ trễ tự nhiên của vật liệu nhưng cũng cho thấy rõ quan hệ phi tuyến giữa B và H.



**Hình 1.6**



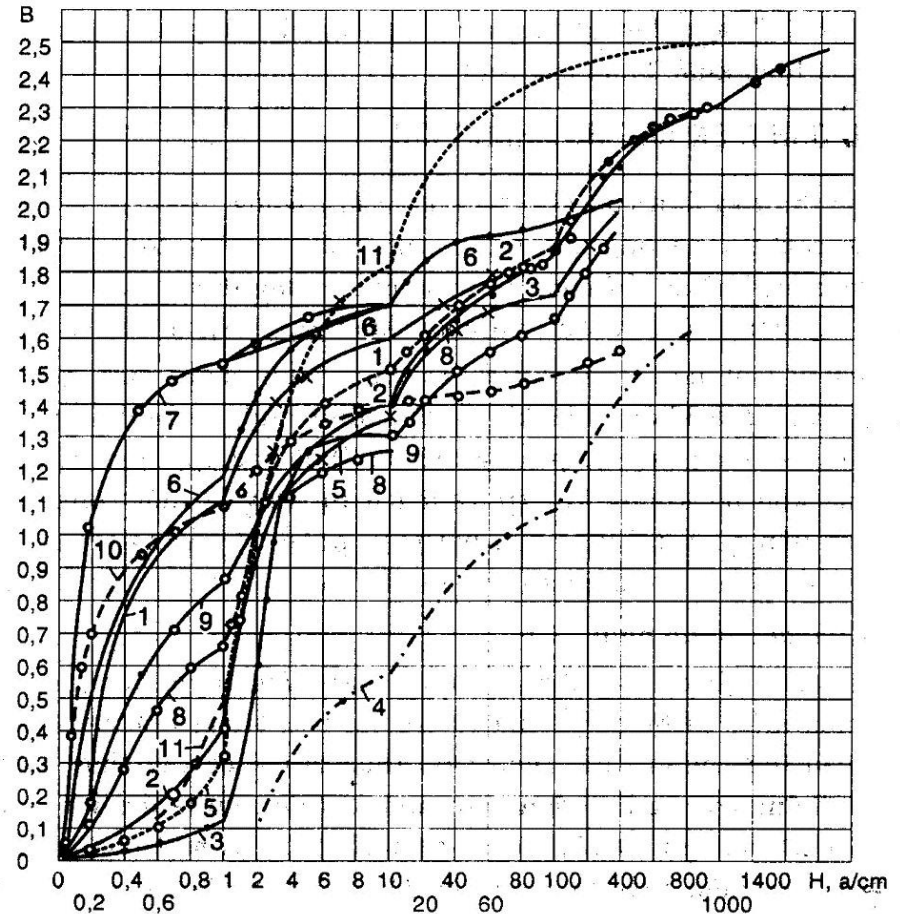
# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.4 Đặc tính của vật liệu từ

Hình 1.7: biểu diễn đường cong từ hóa của thép kỹ thuật điện với nhiều mã hiệu khác nhau của Nga.



- 1- Thép kỹ thuật điện - đúc chân không ở  $900^{\circ}C$ ; 2- Thép ít carbon; 3- Thép kết cấu mác 10; 4- Gang cán mác 00, ù; 5- Thép kỹ thuật điện mác  $\geq 11$  dày 0,5 mm; 6- Thép kỹ thuật điện cán lạnh  $\geq 330$  dày 0,35 mm; 7- Thép cán nguội định hướng  $\geq 330$  dày 0,5 mm; 8- Thép kỹ thuật điện mác  $\geq 41$  dày 0,35 mm; 9- Thép kỹ thuật điện  $\geq 48$  có độ từ thẩm tăng cứng dày 0,35 mm; 10- Hợp kim mác 50H; 11- Permaloy

Hình 1.7

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

- Xác định từ dẫn của khe hở không khí trong mạch từ là công việc hết sức cần thiết trong quá trình tính toán các bài toán về mạch từ.
- Như đã biết, không khí cũng là một môi trường dẫn từ với độ từ thẩm có thể lấy bằng độ từ thẩm của chân không  $\mu_0$ .
- Ngoài ra, khác với các vật liệu sắt từ (sắt non, thép kỹ thuật điện, nam châm vĩnh cửu...), môi trường dẫn từ là không khí không thể định hình về hình dạng, vì vậy không thể sử dụng trực tiếp công thức (1.7) để xác định giá trị từ trở (từ dẫn) của khe hở không khí trong mạch từ.
- Đây là một công việc khó khăn, có liên quan tới việc giải bài toán phân bố trường trong khu vực xem xét. Có bốn phương pháp cơ bản sau đây:

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

1.2.1 Phương pháp phân tích

1.2.2 Phương pháp phân chia từ trường (phương pháp Rauters)

1.2.3 Phương pháp đồ thị

1.2.4 Phương pháp thực nghiệm

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.1 Phương pháp phân tích

- Để xác định từ dẫn theo phương pháp này, trước hết phải có khả năng biểu diễn sự biến đổi của từ trường bên trong khe hở không khí bằng biểu thức phân tích.
- Điều này, thực tế chỉ có thể thực hiện được đối với những trường hợp đơn giản nhất. Ví dụ như đối với từ trường đều, một từ trường như vậy có thể có được giữa hai mặt phẳng đẳng thế song song có diện tích vô cùng lớn.
- Có thể xem từ trường giữa hai bề mặt cực song song (kích thước hữu hạn), với khoảng cách giữa chúng là vô cùng bé so với các kích thước khác của bề mặt cực từ, là từ trường đều.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.1 Phương pháp phân tích

Từ dẫn của một khe hở không khí đơn giản như vậy nhận được khi ta lấy tích phân biểu thức vi phân từ dẫn, trên một vi phân diện tích bề mặt cực từ:

$$dG_{\delta} = \mu_0 \frac{ds}{\delta} \quad (1.17)$$

ở đây:  $dS$  - vi phân diện tích bề mặt cực từ  
 $\delta$  - là khoảng cách giữa hai bề mặt cực

Từ đó suy ra: 
$$G_{\delta} = \mu_0 \frac{S}{\delta} \quad (1.18)$$

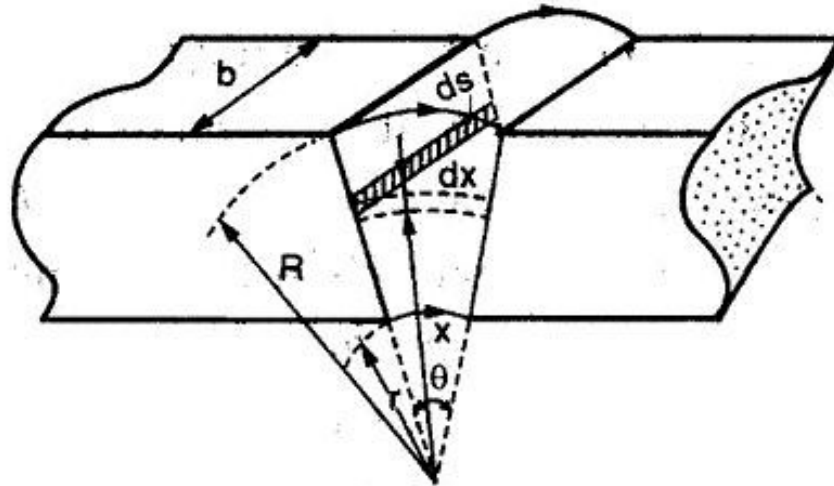
# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.1 Phương pháp phân tích

Ví dụ: xác định từ dẫn giữa hai mặt phẳng nghiêng góc như được mô tả trong Hình 1.8.



Hình 1.8

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỞ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.1 Phương pháp phân tích

#### Giải

- Từ trường bên trong các mặt phẳng nghiêng góc này có thể được xem là từ trường đều, nếu thỏa mãn các điều kiện:  $R \ll b$  và  $r \ll b$ .
- Khi đó với sai số không đáng kể, có thể cho rằng các đường sức từ giữa chúng là những cung tròn đồng tâm, có tâm chung là đỉnh của góc hợp bởi hai bề mặt trên.
- Trong trường hợp như vậy, đối với một vi phân diện tích bề mặt cực  $dS$  nằm cách đỉnh  $O$  một khoảng cách  $x$  sẽ có từ dẫn là:

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.1 Phương pháp phân tích

$$dG_{\delta} = \mu_o \frac{b \cdot dx}{\theta \cdot x} \quad (1.19)$$

trong đó:  $dS = b \cdot dx$

Tổng từ dẫn giữa hai bề mặt cực nghiêng góc sẽ là:

$$G_{\delta} = \int_r^R dG_{\delta} = \mu_o \frac{b}{\theta} \ln \frac{R}{r} \quad (1.20)$$



# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

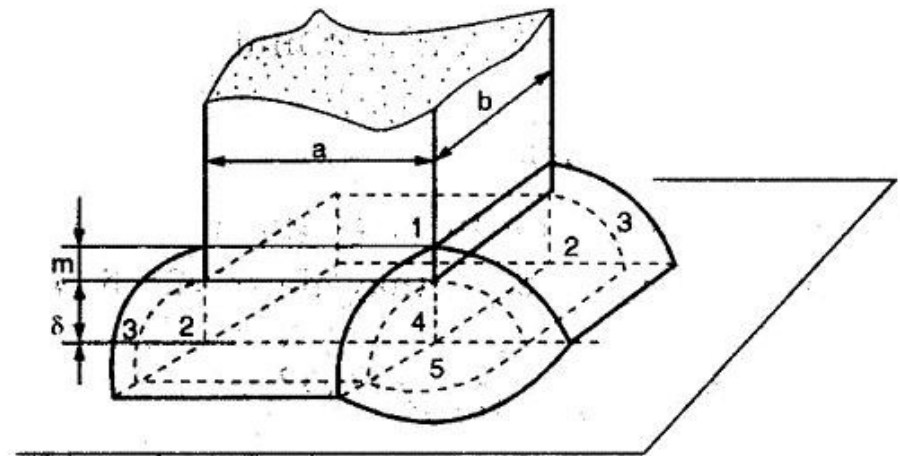
### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.2 Phương pháp phân chia từ trường (phương pháp Rauters)

- Theo Rauters, trong nhiều trường hợp, hình ảnh phức tạp của từ trường có thể biểu diễn được thành tập hợp của một số hình khối đơn giản, mà đối với chúng ta có thể dễ dàng xác định được từ dẫn.

- Từ dẫn của toàn bộ khu vực được xem xét chính bằng tổng từ dẫn của tất cả các khối đơn giản đó.

- Hình 1.9: hình ảnh của từ trường nằm giữa một bề mặt cực chủ nhật và một mặt phẳng đẳng thế song song với nó với khoảng cách bằng  $d$ .



Hình 1.9

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.2 Phương pháp phân chia từ trường (phương pháp Rauters)

- Xung quanh đầu cực từ ở một khoảng cách  $m$  tính từ bề mặt cực được bao bọc bởi một từ trường.

- Từ trường này có thể được phân chia thành những khối hình đơn giản như sau:

1. Khối hình chữ nhật.

2. Các khối hình một phần tư trụ có bán kính  $d$  và có chiều dài tương ứng với cạnh của bề mặt cực từ là  $a$  và  $b$ .

3. Các khối một phần tư trụ rỗng có bán kính  $d$ , bề dày  $m$  và có độ dài tương ứng là  $a$  và  $b$ .

4. Các khối một phần tám hình cầu có bán kính là  $d$ .

5. Các khối một phần tám cầu rỗng, bán kính  $d$ , dày  $m$ .

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.2 Phương pháp phân chia từ trường (phương pháp Rauters)

Từ dẫn của các hình khối đơn giản ở trên có thể được xác định gần đúng trên cơ sở các khảo sát lý thuyết và thực nghiệm như sau:

- Đối với mỗi một hình khối ta có thể viết biểu thức tính từ dẫn

$$G_i = \mu_o \frac{S_{tb}}{\delta_{tb}} = \mu_o \frac{S_{tb} \cdot \delta_{tb}}{\delta_{tb}^2} = \mu_o \frac{V_{tb}}{\delta_{tb}^2} \quad (1.21)$$

trong đó:

$S_{tb}$  - giá trị trung bình của tiết diện của hình khối

$\delta_{tb}$  - giá trị trung bình của khoảng cách giữa hai điểm đầu và cuối của hình khối

$V_{tb}$  - giá trị trung bình của thể tích hình khối

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.2 Phương pháp phân chia từ trường (phương pháp Rauters)

- Có thể dễ dàng xác định được thể tích trung bình của các hình khối đơn giản.
- Còn dtb chính là độ dài trung bình của đường sức từ đi xuyên qua mỗi hình khối.
- $\delta_{tb}$  thông thường được xác định từ thực nghiệm.
- Khoảng cách m có thể lấy bằng  $(1- 2)\delta$

**Ví dụ:** xác định từ dẫn của khối  $\frac{1}{4}$  hình trụ có bán kính  $\delta$  và có độ dài là a như sau:

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.2 Phương pháp phân chia từ trường (phương pháp Rauters)

$$G_{2a} = \mu_o \frac{\pi.\delta^2.a}{4\delta_{tb}^2} \quad (1.22)$$

Trong đó,  $\delta_{tb}$  được xác định từ phương pháp đồ thị thực nghiệm, ở đây nó có giá trị bằng  $\delta_{tb} = 1,22\delta$ , thay giá trị của  $\delta_{tb}$  vào biểu thức trên, ta được:

$$G_{2a} = \mu_o \frac{\pi.\delta^2.a}{4.1,22^2 \delta^2} = 0,52\mu_o a \quad (1.23)$$

Bảng 1.2 đưa ra các công thức tính từ dẫn của các hình khối đơn giản thường gặp khi tính toán từ dẫn khe hở không khí của mạch từ.

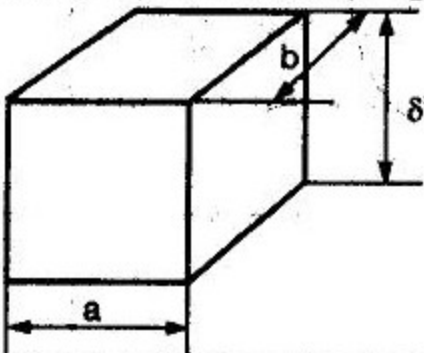
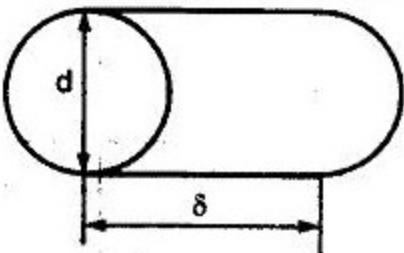
# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.2 Phương pháp phân chia từ trường (phương pháp Rauters)

**Bảng 1.2:** Các hình khối đơn giản và biểu thức tính từ dẫn của chúng

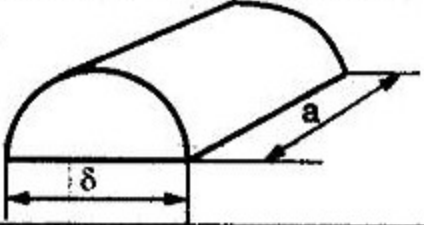
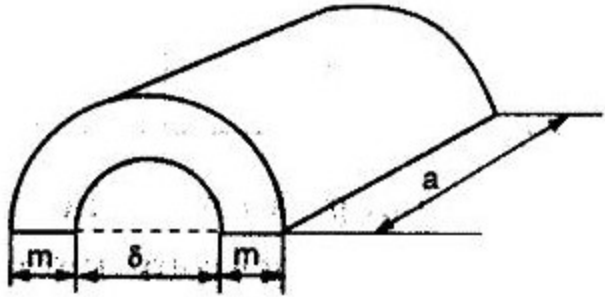
STT	Hình vẽ	Công thức
1	Hình hộp 	$G_1 = \mu_0 \frac{a \cdot b}{\delta}$
2	Hình trụ 	$G_1 = \mu_0 \frac{\pi d^2}{4\delta}$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.2 Phương pháp phân chia từ trường (phương pháp Rauters)

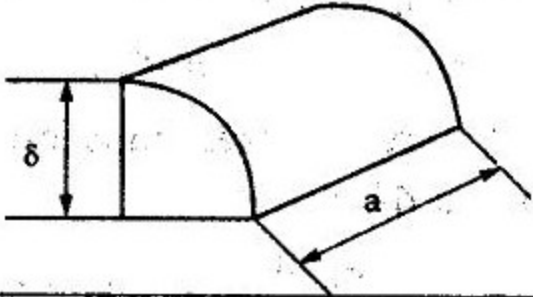
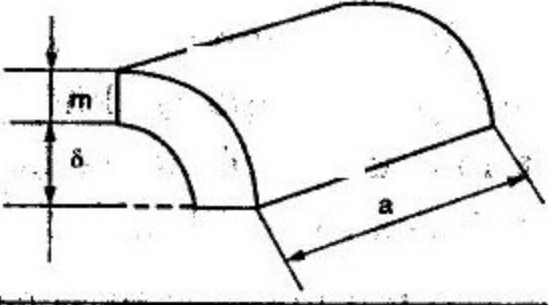
3	Hình nửa trụ 	$G_2 = 0,26\mu_0 \cdot a$
4	Hình nửa trụ rỗng 	$G_3 = \mu_0 \frac{0,64a}{(\delta/m)+1}$ $m = (1+2)\delta$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.2 Phương pháp phân chia từ trường (phương pháp Rauters)

5	Hình 1/4 trụ 	$G_2 = 0,52 \mu_0 a$
6	Hình 1/4 trụ rỗng 	$G_3 = \mu_0 \frac{1,28a}{(\delta/m)+1}$ $m = (1+2)\delta$

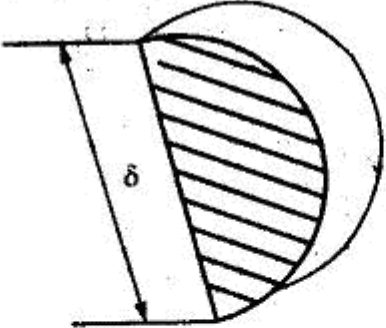
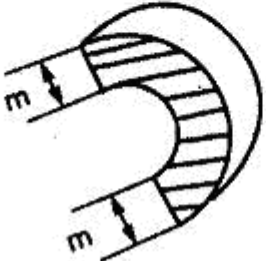


# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.2 Phương pháp phân chia từ trường (phương pháp Rauters)

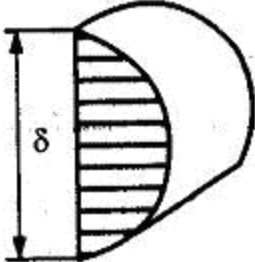
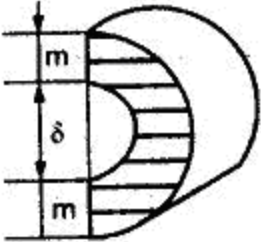
7	Hình 1/8 cầu 	$G_4 = \mu_0 \cdot 0,308\delta$
8	Hình 1/8 rỗng 	$G_5 = \mu_0 \frac{m}{2}$ $m = (1+2)\delta$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.2 Phương pháp phân chia từ trường (phương pháp Rauters)

9	Hình 1/4 cầu		$G_4 = \mu_0 \cdot 0,077 \cdot \delta$
10	Hình 1/4 rỗng		$G_5 = \mu_0 0,25m$ $m = (1+2)\delta$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.3 Phương pháp đồ thị

- Trong phương pháp này, ta phải biểu diễn được hình ảnh của từ trường ở bên trong và ở xung quanh vùng khe hở không khí.
- Từ trường ở đây được đặc trưng bằng tập hợp của các đường hoặc bề mặt sức và đẳng thế.
- Thông thường trường trong không gian được thể hiện theo ba chiều (trường 3D).
- Nếu cấu trúc của từ trường ở một trong ba chiều bất kỳ là không thay đổi ta có thể thể hiện nó trên một bề mặt phẳng.
- Từ trường như vậy được gọi là song phẳng (2D).

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.3 Phương pháp đồ thị

Việc xây dựng hình ảnh từ trường trên mặt phẳng phải tuân thủ theo những qui tắc nhất định sau đây:

1. Tất cả các đường đẳng thế và đường sức từ ở những chỗ giao nhau phải cắt vuông góc với nhau.
2. Hình ảnh từ trường sẽ là một mạng lưới bao gồm nhiều mắt lưới. Từ dẫn đơn vị ở mỗi mắt lưới phải có giá trị không đổi và bằng giá trị từ dẫn đơn vị của các mắt lưới khác, có nghĩa là phải đảm bảo tỷ số giữa các kích thước trung bình của các cạnh mắt lưới là hằng số.
3. Tại các bề mặt đẳng thế (bề mặt cực từ v.v...) các đường sức đi ra và đi vào phải cắt vuông góc với chúng.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.3 Phương pháp đồ thị

**Ví dụ:** giữa hai bề mặt đẳng thế song song ta đặt một từ áp  $F$ . Trong khoảng không gian giữa chúng có thể vẽ các đường đẳng thế phân bố đều nhau và mỗi đường đều có một từ áp  $\Delta F = F/k$ ; so với đường cạnh nó.

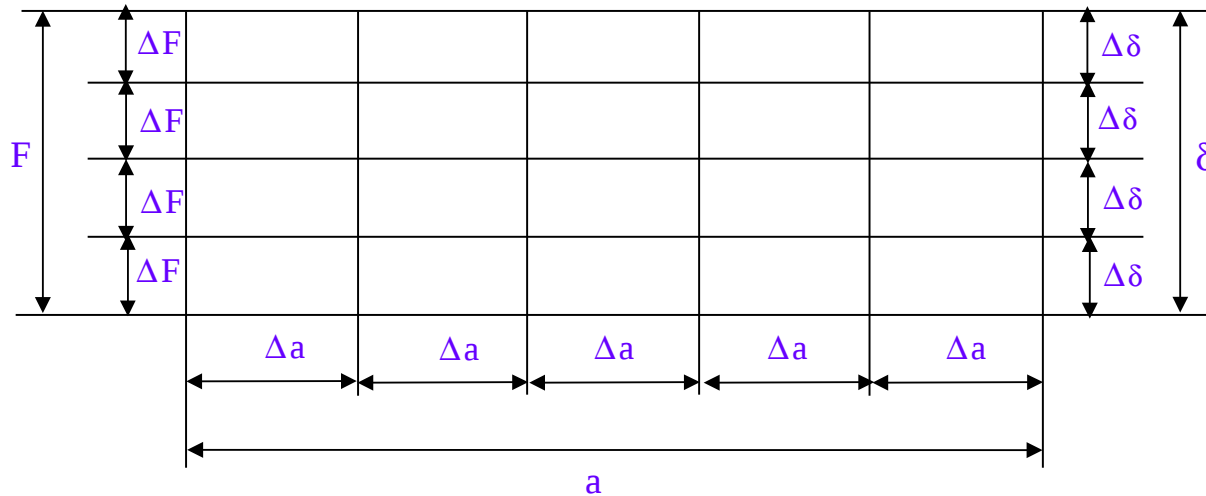
- Khoảng cách giữa các đường đẳng thế là  $\Delta\delta = \delta/k$ .
- Sau đó ta vẽ các đường sức từ cắt vuông góc với các đường đẳng thế đã vẽ. Các đường sức từ cách nhau một khoảng là:  $\Delta a = a/n$ .
- Như vậy, hình ảnh từ trường bên trong hai bề mặt đẳng thế trên là một mạng lưới bao gồm các mắt lưới có hình chữ nhật với số lượng mắt lưới là  $k.n$  Hình 1.10.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.3 Phương pháp đồ thị



Hình 1.10

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.3 Phương pháp đồ thị

Từ dẫn của mỗi một mắt lưới sẽ là:

$$\Delta G = \mu_o \frac{\Delta a.b}{\Delta \delta} \quad (1.24)$$

trong đó: b - bề rộng của mặt phẳng

nếu thay thế  $\Delta a$  và  $\Delta \delta$  bằng các giá trị theo a và  $\delta$  sẽ nhận được:

$$\Delta G = \mu_o \frac{a.b}{\delta} \cdot \frac{K}{n} \quad (1.25)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.3 Phương pháp đồ thị

Suy ra biểu thức về tổng từ dẫn của khu vực xem xét.

$$G = \Delta G \frac{n}{K} \quad (1.26)$$

- Từ trường trong trường hợp vừa mới xét là từ trường đều, hình ảnh của nó là một mạng lưới bao gồm các mắt lưới hình chữ nhật bằng nhau.
- Đối với từ trường không đều, việc xây dựng hình ảnh từ trường cũng được tiến hành theo các quy tắc đã biết. Tuy nhiên các mắt lưới của nó sẽ có dạng hình chữ nhật cong, hơn nữa các hình chữ nhật cong đó có độ lớn không bằng nhau.



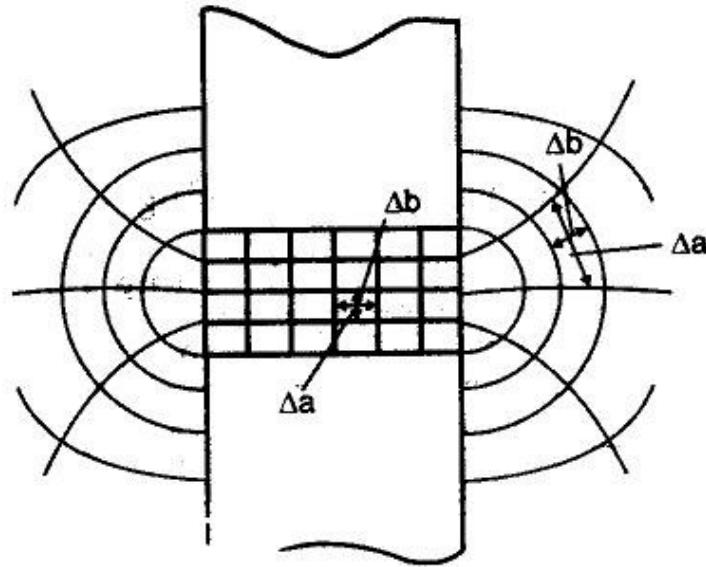
# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.3 Phương pháp đồ thị

- Điều cần thiết phải tuyệt đối đảm bảo ở trường hợp này là tỷ lệ giữa các chiều dài và rộng của các hình chữ nhật cong không thay đổi, Hình 1.11.



Hình 1.11

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.4 Phương pháp thực nghiệm

- Ở đây việc xác định từ dẫn được thực hiện nhờ các công thức thực nghiệm.
- Phương pháp này cho kết quả đối với những trường hợp xác định đã được khảo sát bằng thực nghiệm.
- Các hệ số đưa ra chỉ đúng với những trường hợp ứng với các điều kiện đưa ra.

**Ví dụ:** trường hợp mô tả trong Hình 1.12

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.4 Phương pháp thực nghiệm

Hình 1.12a: biểu diễn khe hở giữa một cực từ hình chữ nhật và một mặt phẳng. Từ dẫn của nó có thể tính được theo công thức:

$$G = \mu_0 \frac{a(1 + x_1) \cdot b(1 + x_2)}{\delta} \quad (1.27)$$



**Hình 1.12**

Hình 1.12a: biểu diễn khe hở giữa một cực từ hình chữ nhật và một mặt phẳng. Từ dẫn của nó có thể tính được theo công thức

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.4 Phương pháp thực nghiệm

Hình 1.12b: biểu diễn khe hở giữa hai cực từ hình chữ nhật, từ dẫn giữa chúng sẽ là:

$$G = \mu_o \frac{a(1 + y_1).b(1 + y_2)}{\delta} \quad (1.28)$$

trong đó:

$$x_1 = \frac{\lambda_1 \cdot \delta}{a}; \quad x_2 = \frac{\lambda_1 \cdot \delta}{b} \quad (1.29)$$

$$y_1 = \frac{\lambda_2 \delta}{a}; \quad x_2 = \frac{\lambda_2 \cdot \delta}{b} \quad (1.30)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.4 Phương pháp thực nghiệm

Các hệ số  $\lambda_1$  và  $\lambda_2$  được xác định từ thực nghiệm và cho trong bảng 1.3.

$\delta$ (mm)	1	6	8	10
$\lambda_1$	3	1,42	1,04	0,74
$\lambda_2$	1,3	1,78	0,575	0,525

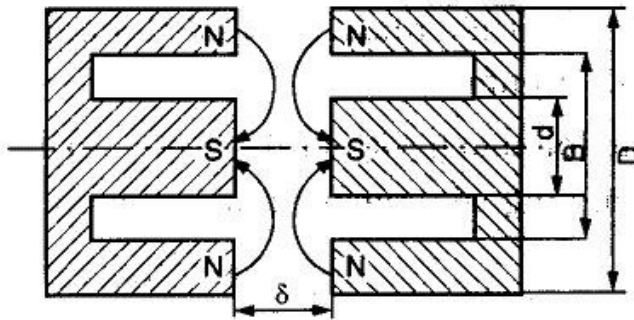
Trong Hình 1.13, bằng thực nghiệm đã xác định được từ dẫn của khe hở không khí giữa hai nửa nam châm điện hình trụ khi các cuộn dây của chúng được kích thích sao cho các cực từ đối diện có cùng cực tính.

# CHƯƠNG 1

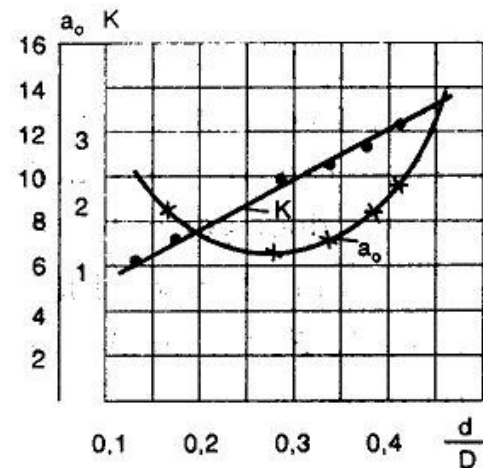
## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.4 Phương pháp thực nghiệm



Hình 1.13



Hình 1.14

$$G_1^* = \frac{G_1}{G_\infty} = 1 - \frac{1}{a \cdot \delta^* + 1} \quad (1.31)$$

với  $a = a_0 e^{K(B/D-0,7)} \quad (1.32)$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.2 TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ

#### 1.2.4 Phương pháp thực nghiệm

- Các hệ số  $K$  và  $a_0$  phụ thuộc vào các tỷ số kích thước  $d/D$  và có thể tra được từ các đồ thị Hình 1.14, còn  $\delta^* = \delta/D$

$$G_{\infty} = \mu_0 B \ln \left( 1 + 2 \frac{D-B}{B-d} \right) \quad (1.33)$$

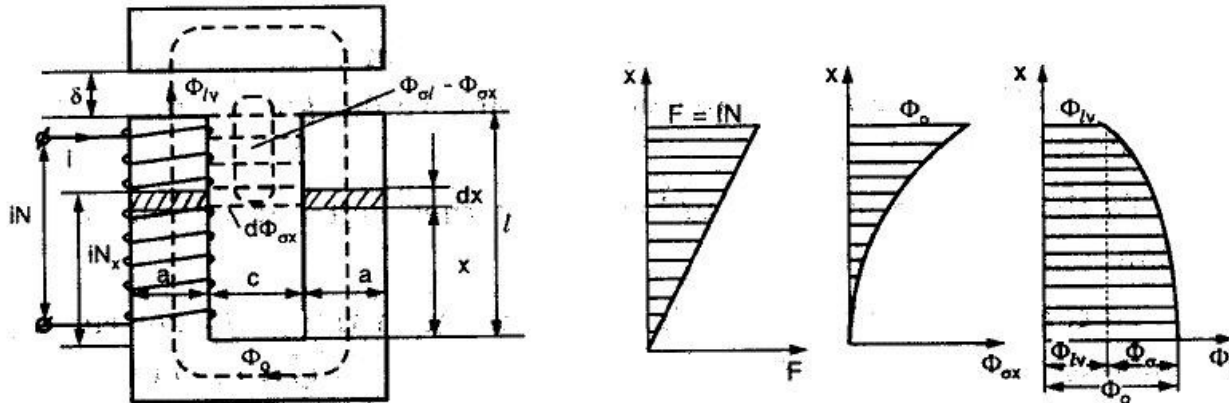
# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

1.3.1 Tính toán từ thông rò và tự cảm cuộn dây khi không xét từ trở của lõi thép

- Xét mạch từ như được mô tả trong Hình 1.15. Cuộn dây kích thích được bố trí trên lõi của nó.



Hình 1.15



# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.1 Tính toán từ thông rò và tự cảm cuộn dây khi không xét từ trở của lõi thép

- Trong trường hợp như vậy, từ thông rò dọc theo chiều cao cuộn dây sẽ có giá trị khác nhau. Một hệ thống mạch từ như vậy được gọi là hệ thống có s.t.đ phân bố rải.

- Trên một đơn vị chiều dài của lõi mạch từ, s.t.đ có giá trị  $iN/l$ . Từ áp  $F_x$  tại điểm trên lõi cách gông của mạch từ một khoảng  $x$  có giá trị bằng:

$$F_x = (iN/l).x$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

1.3.1 Tính toán từ thông rò và tự cảm cuộn dây khi không xét từ trở của lõi thép

- Khi đó vi phân từ thông rò của đoạn mạch từ  $dx$  sẽ là:

$$d\Phi_{\sigma x} = \frac{IN}{L} x \cdot g dx \quad (1.34)$$

trong đó:  $g$  – từ dẫn rò trên một đơn vị chiều dài lõi (H/m). Từ đó suy ra:

$$\Phi_{\sigma x} = \int_0^x d\Phi_{\sigma x} = \frac{IN}{L} g \frac{x^2}{2} \quad (1.35)$$

- Từ thông chạy trong phần lõi mạch từ qua tiết diện  $dx$  có giá trị:

$$\Phi_x = \Phi_{lv} + \Phi_{\sigma l} - \Phi_{\sigma x} = \Phi_{lv} + \frac{IN}{2l} g (l^2 - x^2) \quad (1.36)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.1 Tính toán từ thông rò và tự cảm cuộn dây khi không xét từ trở của lõi thép

Suy ra từ thông chạy qua gông mạch từ (tại  $x=0$ ) có giá trị:

$$\Phi_o = \Phi_{lv} + \frac{IN}{2} g.l \quad (1.37)$$

- Từ thông làm việc  $\Phi_{lv}$  khi không xét từ trở của lõi thép:

$$\Phi_{lv} = IN.G_\delta \quad (1.38)$$

suy ra:

$$\Phi_o = IN \left( G_\delta + \frac{g.l}{2} \right) \quad (1.39)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.1 Tính toán từ thông rò và tự cảm cuộn dây khi không xét từ trở của lõi thép

- Ta thấy rằng, từ áp (hoặc s.t.đ) phân bố dọc theo chiều dài lõi mạch từ biến thiên theo luật đường thẳng và đạt giá trị lớn nhất tại khe hở không khí  $\delta$ , ( $x=l$ ).
- Từ thông trong lõi mạch từ biến thiên theo luật parabol và đạt giá trị lớn nhất tại gông ( $x = 0$ ).
- Tự cảm  $L$  của cuộn dây là đại lượng rất quan trọng khi xét các chế độ quá độ của nam châm. Nó được xác định bởi tỷ số giữa từ thông móc vòng và dòng điện  $I$  chảy trong cuộn dây:

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

1.3.1 Tính toán từ thông rò và tự cảm cuộn dây khi không xét từ trở của lõi thép

$$L = \frac{\Psi}{I} = \frac{\Psi_{lv} + \Psi_{\sigma}}{I} \quad (1.40)$$

trong đó:

$$\Psi_{\sigma} = \int_0^l \frac{1}{l} N \cdot x \cdot d\Phi_{\sigma x} \quad (1.41)$$

suy ra

$$\Psi_{\sigma} = \frac{IN^2}{l^2} g \int_0^l x^2 dx = \frac{IN^2}{3} \cdot g \cdot l \quad (1.42)$$

$$L = \frac{IN^2 \cdot G\delta}{I} + \frac{IN^2}{3I} \cdot g \cdot l = N^2 \left( G\delta + \frac{g \cdot l}{3} \right) \quad (1.43)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.1 Tính toán từ thông rò và tự cảm cuộn dây khi không xét từ trở của lõi thép

- Trong các biểu thức trên các giá trị  $l/2$  và  $gl/3$  lần lượt được gọi là từ dẫn rò quy đổi theo từ thông và theo từ thông móc vòng.
- Vì sao lại gọi chúng là từ dẫn rò quy đổi? Bởi vì về hiện tượng vật lý, sự rò từ lõi này sang lõi kia của mạch từ xảy ra rải dọc theo chiều dài của lõi từ, nhưng khi thành lập sơ đồ thay thế của mạch từ, ta đã tập trung chúng về một điểm với giá trị quy đổi đúng bằng giá trị rò thực trong mạch từ.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.1 Tính toán từ thông rò và tự cảm cuộn dây khi không xét từ trở của lõi thép

- Sự khác nhau giữa các giá trị từ dẫn rò ở hai trường hợp vừa xét cho thấy từ dẫn rò phụ thuộc vào vị trí của cuộn dây đặt trong mạch từ (đặt trên lõi hay đặt trên gông), vào điều kiện làm việc (với từ thông một chiều hay với từ thông biến thiên theo thời gian).
- Trong các công thức trên đại lượng  $g$  được gọi là từ dẫn rò đơn vị của mạch từ, nó được xác định từ dạng hình học cụ thể của từng mạch từ như được mô tả trong Hình 1.16.
- Nếu trên hai lõi của mạch từ trong Hình 1.15, ta cắt một đoạn có chiều dài bằng một đơn vị dài.

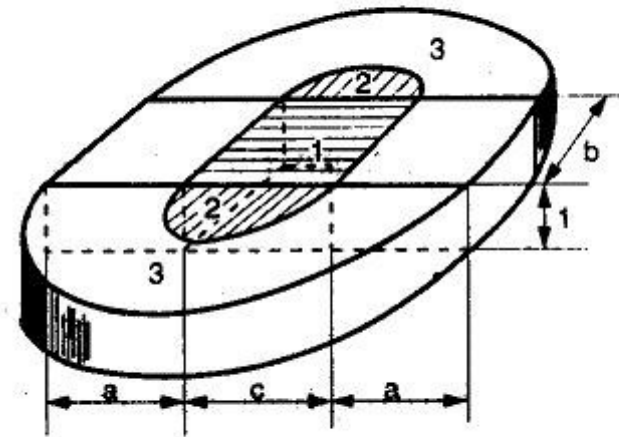
# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.1 Tính toán từ thông rò và tự cảm cuộn dây khi không xét từ trở của lõi thép

- Lấy riêng các đoạn cắt được ra bên ngoài, ta sẽ có hai cực từ hình chữ nhật đối diện nhau với khoảng cách là  $c$ .
- Từ dẫn tính được giữa hai cực từ trên chính là từ dẫn rò đơn vị  $g$  của mạch từ.



Hình 1.16



# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.1 Tính toán từ thông rò và tự cảm cuộn dây khi không xét từ trở của lõi thép

- Bằng phương pháp phân chia từ trường có thể nhận được giá trị của  $g$  theo công thức:

$$g = g_1 + 2g_2 + 2g_3 \quad (1.44)$$

trong đó:  $g_1$ ,  $g_2$  và  $g_3$  các thành phần từ dẫn được minh họa trong Hình 1.16 với:

$g_1$  - là từ dẫn của khối hình hộp.

$g_2$  - là từ dẫn của khối nửa trụ có chiều dài là 1 đơn vị, đường kính  $c$ .

$g_3$  - là từ dẫn của khối nửa trụ rỗng dài 1 đơn vị và dày  $a$ .

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.1 Tính toán từ thông rò và tự cảm cuộn dây khi không xét từ trở của lõi thép

Trường hợp mạch từ được mô tả như ở Hình 1.15 nhưng có cuộn dây đặt trên phần gông thì từ dẫn rò quy đổi sẽ có giá trị:

$$(1.45)$$

- Điều này được chứng minh một cách dễ dàng, nếu lưu ý rằng từ áp dọc theo chiều cao của lõi từ không phân bố theo quy luật tuyến tính như trong trường hợp ở Hình 1.15 nữa.

- Nếu bỏ qua từ trở của lõi thép thì nó có giá trị không đổi. Khi đó:

$$d\Phi_{\sigma x} = iN.g.dx \quad (1.46)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.1 Tính toán từ thông rò và tự cảm cuộn dây khi không xét từ trở của lõi thép

suy ra: 
$$\Phi_{\sigma x} = IN.g.x \quad (1.47)$$

trên toàn bộ chiều dài lõi từ  $l$  ( $x=l$ ):

$$\Phi_{\sigma l} = IN.g.l \quad (1.48)$$

và 
$$\Phi_0 = IN(G_\delta + g.l) \quad (1.49)$$

Thành phần thứ hai trong ngoặc của biểu thức trên chính là giá trị từ dẫn rò quy đổi theo từ thông của mạch từ.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.2 Mạch từ một chiều khi xét từ trở lõi thép và từ thông rò

- Hệ thống nam châm điện thường dùng được thiết kế sao cho khi khe hở không khí giảm xuống gần bằng Zero thì mạch từ của nó gần bảo hòa. Mục đích thiết kế như vậy là để có thể sử dụng vật liệu từ một cách tối ưu.
- Thông thường nếu từ áp rơi trên lõi thép vượt quá 10% so với giá trị s.t.đ cuộn dây thì mạch từ được xem như là gần bảo hòa. Trong trường hợp đó khi tính toán mạch từ phải xét tới giá trị từ trở của lõi thép.
- Bài toán như vậy được giải quyết nhờ phương pháp phân đoạn mạch từ.

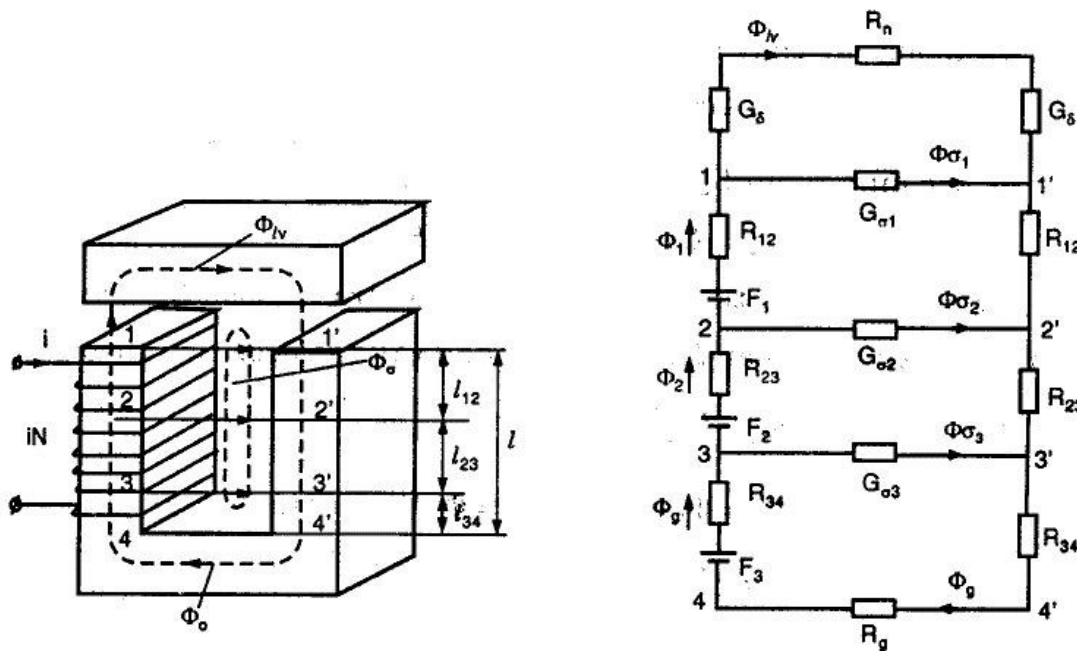
# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.2 Mạch từ một chiều khi xét từ trở lõi thép và từ thông rò

- Hình 1.17a biểu diễn mạch từ thường gặp ở nam châm điện một chiều và sơ đồ thay thế của nó được trình bày trong Hình 1.17b.



Hình 1.17

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.2 Mạch từ một chiều khi xét từ trở lõi thép và từ thông rò

Khó khăn gặp phải ở đây là để xây dựng được sơ đồ thay thế của mạch từ thì phải biết trước các giá trị s.t.đ phân bố  $F_1, F_2, F_3$ , mặt khác chúng chính là các giá trị cần phải tìm, vì vậy ở đây phải sử dụng phương pháp lặp để tìm lời giải của bài toán đặt ra.

Các số liệu cho trước là: từ thông  $\Phi_{lv}$ , vật liệu và kích thước mạch từ. Cần phải xác định giá trị s.t.đ cần thiết của cuộn dây để sinh ra từ thông  $\Phi_{lv}$ .

Giải thuật sẽ như sau: trước hết, từ giá trị  $\Phi_{lv}$  đã cho, xác định giá trị sơ bộ của s.t.đ cuộn dây  $F$  với:

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.2 Mạch từ một chiều khi xét từ trở lõi thép và từ thông rò

$$F = F_1 + F_2 + F_3 = (IN)_{cd} \approx (1,1 \div 1,3) \frac{\Phi_{lv}}{G_{\delta\Sigma}} \quad (1.50)$$

trong đó:

$$F_1 = F \frac{l_{12}}{l}$$

$$F_2 = F \frac{l_{23}}{l}$$

$$F_3 = F \frac{l_{34}}{l}$$

(1.51)

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.2 Mạch từ một chiều khi xét từ trở lõi thép và từ thông rò

Các bước tiếp theo sẽ tiến hành theo trình tự:

1. Xác định từ áp  $U_{11}$  giữa hai điểm 1 và 1' trong mạch từ

$$U_{11} = 2 \cdot \frac{\Phi_{lv}}{G\delta} + H_n \cdot l_n \quad (1.52)$$

Để tìm  $H_n$ , ta tính  $B_n = F_n/S_n$  và từ đường cong từ hóa của vật liệu từ đã cho ta có thể tra được giá trị  $H_n$ . Ở đây  $l_n$  là chiều dài trung bình của đường sức từ dọc theo phần nắp của mạch từ,  $S_n$  là tiết diện nắp.



# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.2 Mạch từ một chiều khi xét từ trở lõi thép và từ thông rò

2. Tính giá trị từ thông rò  $\Phi_{\delta 1}$

$$\Phi_{\sigma_1} = U_{11} \cdot G_{\sigma_1} = U_{11} \cdot \frac{g \cdot l_{12}}{2} \quad (1.53)$$

trong đó:  $g$  - là từ dẫn rò đơn vị của mạch từ

Từ thông  $\Phi_1$  chạy trong đoạn  $l_{12}$  là:

$$\Phi_1 = \Phi_{lv} + \Phi_{\delta 1} \quad (1.54)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.2 Mạch từ một chiều khi xét từ trở lõi thép và từ thông rò

3. Xác định từ áp  $U_{22}$  qua hai điểm 2 và 2':

$$U_{22} = U_{11} + 2H_{12}l_{12} - F_1 \quad (1.55)$$

- Để xác định  $H_{12}$  tìm  $B_{12} = F_1 / S_{12}$  sau đó tra được  $H_{12}$ ,  $S_{12}$  là tiết diện lõi mạch từ ở đoạn  $l_{12}$ . Tương tự như vậy các bước tiếp theo sẽ là

4. 
$$\Phi_{\sigma 2} = U_{22} \cdot \frac{g \cdot l_{23}}{2} \quad (1.56)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.2 Mạch từ một chiều khi xét từ trở lõi thép và từ thông rò

5.  $\Phi_2 = \Phi_1 + \Phi_{\delta 2}; B_{23} = F_2 / S_{23};$  tra được  $H_{23}$

6.  $U_{23} = U_{22} + 2H_{23} \cdot l_{23} - F_2$  (1.57)

7.  $\Phi_3 = \Phi_2 + \Phi_{\delta 3}; B_{34} = F_3 / S_{34};$  tra được  $H_{34}$

8.  $U_{44} = U_{33} + 2H_{34} \cdot l_{34} - F_3 = H_g \cdot l_g$  (1.58)

9.  $\Phi_g = U_{44} \cdot G_g = U_{44} / R_g = \Phi_0$  (1.59)

10.  $\Sigma U = U_{11} + 2H_{12} l_{12} + 2H_{23} l_{23} + 2H_{34} l_{34} + H_g l_g$  (1.60)

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.3 MẠCH TỪ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.2 Mạch từ một chiều khi xét từ trở lõi thép và từ thông rò

– $\Sigma U$  là tổng từ áp rơi trên toàn bộ mạch từ.

- Giá trị tính được của  $\Sigma U$  đem so sánh với giá trị lấy sơ bộ lúc ban đầu  $F$ , nếu chênh lệch giữa chúng lớn hơn 10% thì phải lặp lại bài toán với bước đầu tiên là hiệu chỉnh lại giá trị ban đầu  $F$ , cho đến khi kết quả so sánh đạt giá trị  $\leq 10\%$  lúc đó  $\Sigma U$  nhận được chính là giá trị s.t.đ cần tìm của cuộn dây.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

1.4.1 Mạch từ xoay chiều (AC), không xét tới từ trở của lõi thép

**Mạch từ xoay chiều có đặc điểm khác với mạch từ một chiều:**

1. Dòng điện trong cuộn dây xoay chiều phụ thuộc vào tổng trở của nó:

$$I = \frac{U}{Z} \quad (1.61)$$

với:  $Z = \sqrt{r^2 + (\omega L)^2} \quad (1.62)$

trong đó:  $r$  - là điện trở của cuộn dây ( $\Omega$ );

$\omega$  - tần số góc của nguồn điện (rad/s).

$L$  - tự cảm của cuộn dây (H).

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

1.4.1 Mạch từ xoay chiều (AC), không xét tới từ trở của lõi thép

$$L = N^2 \cdot G \quad (1.63)$$

Trong đó:  $N$  - số vòng dây của cuộn dây.

$G$  - từ dẫn tương đương mạch từ

(H)  
Khi không xét từ trở của lõi thép thì  $G \approx G_\delta$ . Vì vậy:

$$I = \frac{U \cdot \delta}{\omega \cdot N^2 \cdot S \cdot \mu_0} \quad (1.64)$$

$S$  - tiết diện lõi từ ( $m_2$ ).

Ta dễ dàng thấy rằng, trong công thức trên khi:  $U = \text{const}$  thì dòng điện  $I$  chủ yếu phụ thuộc vào độ lớn của khe hở không khí  $\delta$  và sự phụ thuộc này là theo tỷ lệ thuận.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.1 Mạch từ xoay chiều (AC), không xét tới từ trở của lõi thép

2. Đối với mạch từ xoay chiều, khi khe hở không khí  $\delta$  tăng lên, dẫn đến sự tăng lên theo của từ trở mạch từ và ngược lại. Nhưng đồng thời, dòng điện trong cuộn dây cũng tăng lên có nghĩa là s.t.đ  $F = IN$  của mạch từ tăng lên. Ta thấy rằng từ thông trong mạch từ lúc này bị tác động của hai yếu tố:

- Khi từ trở tăng nó có xu hướng bị giảm xuống
- Đồng thời khi sức từ động  $F$  tăng nó có xu hướng tăng

Tổng hợp hai yếu tố này lại, ta thấy rằng từ thông không thay đổi nhiều, khi khe hở không khí  $\delta$  biến đổi.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.1 Mạch từ xoay chiều (AC), không xét tới từ trở của lõi thép

3. Đối với mạch từ xoay chiều cuộn dây điện áp, số vòng dây  $N$  có quan hệ chặt chẽ tới giá trị từ thông  $\Phi$  trong mạch từ và điện áp  $U$ .

$$N = \frac{U}{4,44f \cdot \Phi_m} \quad (1.65)$$

trong đó:  $f$  - tần số của nguồn điện (Hz);

$\Phi_m$  – giá trị biên độ của từ thông xoay chiều trong mạch từ (Wb).

- Từ đó thấy rằng khi:  $U = \text{const}$  và  $F_m = \text{const}$  thì  $N$  là đại lượng xác định.



# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.1 Mạch từ xoay chiều (AC), không xét tới từ trở của lõi thép

- Khi cuộn dây trong mạch từ là cuộn dây dòng, dòng điện chảy qua cuộn dây phụ thuộc vào phụ tải, số vòng dây  $N$  của nó được xác định bởi:

$$N = F/I \quad (1.66)$$

4. Vì có tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch của mạch từ xoay chiều, nên từ thông  $\Phi$  không cùng pha với s.t.đ của cuộn dây.

- Từ thông tổng và các thành phần của nó chảy trong các nhánh từ khác nhau có thể lệch pha với nhau. Sự chênh lệch pha này là do tổng từ trở của mỗi nhánh có thể khác nhau.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.1 Mạch từ xoay chiều (AC), không xét tới từ trở của lõi thép

- Sự lệch pha giữa từ thông và s.t.đ cho thấy rằng trong thành phần của tổng từ trở của mạch từ xoay chiều có sự hiện diện của từ kháng X. Từ kháng là do tổn hao trong mạch từ sinh ra.

5. Lực hút điện từ xoay chiều có dạng đập mạch với tần số gấp đôi tần số của nguồn điện. Vì vậy xuất hiện hiện tượng rung nắp mạch từ xoay chiều khi nó vận hành. Để giảm hiện tượng rung này, có thể sử dụng biện pháp đặt vòng ngăn mạch ôm lấy một phần cực từ của nó.

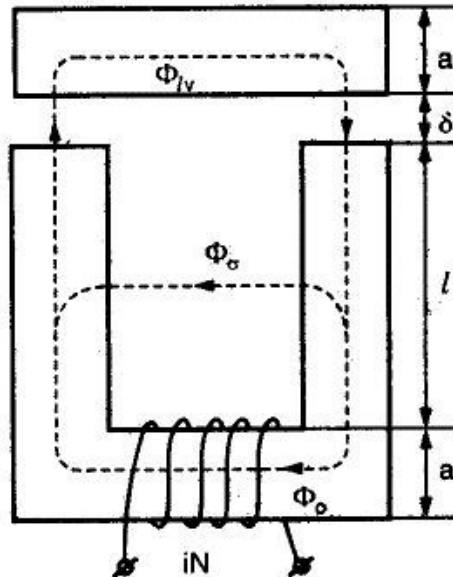
# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

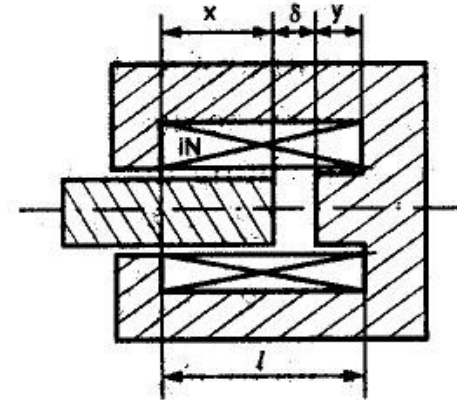
### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

1.4.1 Mạch từ xoay chiều (AC), không xét tới từ trở của lõi thép

Xét mạch từ xoay chiều có cuộn dây đặt trên gông như được mô tả trong Hình 1.18.



Hình 1.18



Hình 1.19

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.1 Mạch từ xoay chiều (AC), không xét tới từ trở của lõi thép

**Bài toán:** cho trước điện áp cuộn dây xoay chiều  $U$ , hình dạng và kích thước mạch từ, từ thông làm việc  $\Phi_{lv}$ . Hãy xác định dòng điện  $I$  chảy trong cuộn dây đó bỏ qua từ trở của lõi thép mạch từ.

**Giải**

S.t.đ của cuộn dây có thể được xác định từ:

$$\sqrt{2}I.N = \Phi_{lv} / G_{\delta} \quad (1.67)$$

Trong đó:  $G_{\delta}$  là tổng từ dẫn của hai khe hở không khí trong mạch từ Hình 1.18

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

1.4.1 Mạch từ xoay chiều (AC), không xét tới từ trở của lõi thép

Từ thông rò  $\Phi_{\sigma}$  được xác định từ giá trị từ dẫn rò quy đổi:

$$\Phi_{\sigma} = \sqrt{2}.I.N.g.l \quad (1.68)$$

Từ thông tổng: 
$$\Phi_o = \Phi_{lv} + \Phi_{\sigma} = \sqrt{2}I.N(G_{\delta} + g.l) \quad (1.69)$$

Số vòng dây N: 
$$N = \frac{U}{4,44f\Phi_{om}}$$

Từ (1.68) và (1.69) xác định được giá trị dòng điện:

$$I = \frac{4,44.f.\Phi_{om}^2}{\sqrt{2}.U.(G_{\delta} + g.l)} = \frac{\omega\Phi_{om}^2}{2U(G_{\delta} + g.l)} \quad (1.70) \quad 101$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.1 Mạch từ xoay chiều (AC), không xét tới từ trở của lõi thép

- Trong trường hợp, khi mạch từ có cuộn dây đặt trên lõi, thì trình tự giải không có gì khác, tuy nhiên cần chú ý tới việc xác định đúng giá trị từ dẫn rò quy đổi  $G_{\sigma}$ .

- Đối với mạch từ kiểu Solenoide như được mô tả trong Hình 1.19. Với bài toán cho trước giá trị từ thông  $\Phi_{lv}$ , và số vòng dây  $N$  của cuộn dây được xác định theo trình tự như sau:

1. Tính s.t.đ của cuộn dây kích thích:

$$\sqrt{2}.IN = \Phi_0 / G_{\delta} \quad (1.71)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

1.4.1 Mạch từ xoay chiều (AC), không xét tới từ trở của lõi thép

2. Từ thông tổng, móc vòng với tất cả các cuộn dây bằng:

$$\Phi_o = \Phi_{lv} + \Phi_{\sigma x} + \Phi_{\sigma y} = \sqrt{2} IN \left( G_{\delta} + g \cdot \frac{x^3 + y^3}{3l^2} \right) \quad (1.72)$$

Trong biểu thức trên x là chiều dài phần ứng tại thời điểm cho trước, tương ứng với độ lớn cho trước của khe hở không khí  $\delta$ , y là chiều dài của cực từ.

3. Số vòng dây

$$N = \frac{U}{4,44f \cdot \Phi_{om}} = \frac{U \cdot G_{\delta}}{4,44 \cdot f \Phi_{lv} \left( G_{\delta} + g \frac{x^3 + y^3}{3l^2} \right)} \quad (1.73)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

1.4.1 Mạch từ xoay chiều (AC), không xét tới từ trở của lõi thép

4. Dòng điện cuộn dây:

$$I = \frac{\Phi_{lv}}{\sqrt{2} \cdot N \cdot G_{\delta}} \quad (1.74)$$

1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

Trong lõi thép của mạch từ xoay chiều khi có sự tác động của từ thông  $\Phi$  sẽ xuất hiện hiện tượng từ hóa lõi thép theo chu kỳ, gây ra tổn hao được gọi là tổn hao từ trễ và hiện tượng dòng xoáy (dòng Foucault), gây ra tổn hao dòng điện xoáy.



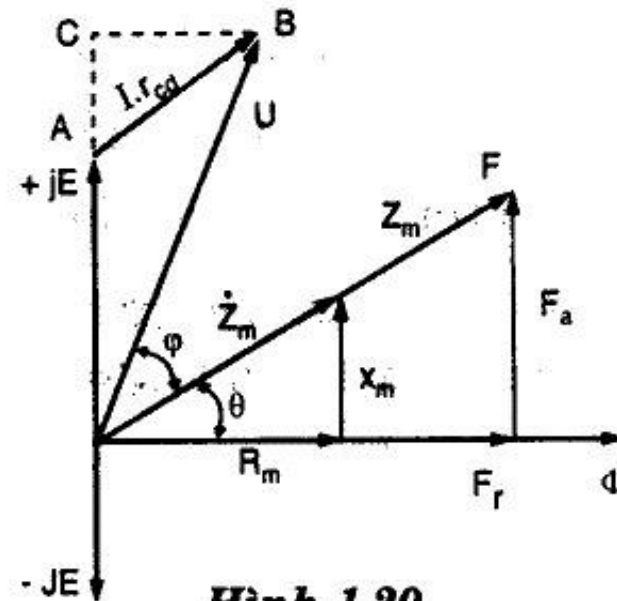
# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

- Tổn hao trong lõi thép là nguyên nhân sinh ra sự lệch pha giữa s.t.đ cuộn dây và từ thông  $\Phi$ . Hình 1.20 biểu diễn sơ đồ vectơ của các đại lượng trong mạch từ xoay chiều.



Hình 1.20

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

- S.t.đ  $F$  lệch pha so với từ thông  $\Phi$  một góc  $\theta$ , nó bao gồm hai thành phần:

1.  $F_r$  cùng pha với  $\Phi$ , là thành phần s.t.đ sinh ra từ thông  $\Phi$  chảy trong mạch từ.
2.  $F_a$  lệch pha so với  $\Phi$  một góc  $90^\circ$ , là thành phần bù đắp cho các tổn hao xoáy và trễ.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

Theo định luật Ohm áp dụng cho mạch từ, có thể viết

$$R_m = \frac{F_r}{\Phi}; \quad X_m = \frac{F_a}{\Phi}; \quad Z_m = \frac{F}{\Phi} \quad (1.75)$$

với:  $R_m$  - từ trở của lõi thép mạch từ (1/H).

$Z_m$  - tổng trở từ (1/H).

$X_m$  - từ kháng do tổn hao trong lõi thép gây ra

(1/H).

- Quan hệ giữa các đại lượng từ ở trên là quan hệ tam giác vuông.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

Ta có thể biểu diễn chúng dưới dạng số phức như sau:

$$\dot{Z}_m = R_m + jX_m$$

với modul  $Z_m = \sqrt{R_m^2 + X_m^2}$  (1.76)

- Các thành phần  $R_m$  và  $X_m$  của tổng trở từ  $Z_m$  có thể được xác định như sau:

$$R_m = \rho_R \cdot \frac{l}{S}; \quad X_m = \rho_x \frac{l}{S} \quad (1.77)$$

trong đó  $\rho_R$  và  $\rho_x$  là các thành phần tích cực và phản kháng của từ trở suất  $\rho_z$  của vật liệu từ (m/H).

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

Từ trở suất phản kháng có thể được xác định từ biểu thức:

$$\rho_x = \frac{\gamma P_0}{\pi f \cdot B_m^2} \quad (1.78)$$

trong đó:  $\gamma$  - trọng lượng riêng của vật liệu từ ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $P_0$  - tổn hao do dòng điện xoáy và từ trễ trên một đơn vị trọng lượng ( $\text{W/kg}$ ).

Từ trở suất của vật liệu từ:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_R^2 + \rho_x^2} \quad (1.79)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

- Có thể được xác định từ đường cong từ hóa của vật liệu, lấy ở dòng điện xoay chiều với tần số tương ứng.

$$\rho_z = \frac{\sqrt{2}H}{B_m} \quad (1.80)$$

Trong các công thức đưa ra:

$B_m$  - là giá trị biên độ của từ cảm xoay chiều

Trường hợp không có số liệu về đường cong từ hóa của vật liệu tương ứng,  $\rho_z$  có thể được xác định từ giá trị công suất từ hóa đơn vị.

$$\rho_z = \frac{\gamma \cdot P_H}{\pi \cdot f \cdot B_m^2} \quad (1.81)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

$P_H$  – suất tổn hao từ hóa của vật liệu (W/kg), là số liệu thường cho sẵn trong các sổ tay về vật liệu từ.

Góc lệch pha giữa s.t.đ và từ thông được xác định từ:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{X_m}{R_m} \quad (1.82)$$

- Trong các mạch từ xoay chiều người ta thường đặt vòng ngắn mạch để giảm rung nấp khi nó làm việc. Vòng ngắn mạch được đặt trên một phần của cực từ, do đó từ thông xoay chiều khi đi qua cực từ sẽ chia ra làm hai thành phần.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

**Thành phần thứ nhất:** không đi xuyên qua vòng ngắn mạch.

**Thành phần thứ hai:** đi xuyên qua vòng ngắn mạch.

- Thành phần từ thông qua vòng ngắn mạch sẽ làm cảm ứng bên trong nó một sức điện động (s.đ.đ)  $e_{nm}$  và gây ra trong vòng ngắn mạch dòng điện  $I_{nm}$ .

- Theo định luật Lenz, s.t.đ của vòng ngắn mạch  $F_{nm}$  sẽ có chiều chống lại nguyên nhân sinh ra nó, tức thành phần từ thông xoay chiều đi qua vòng ngắn mạch.



# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

- Điều này được thể hiện trong sơ đồ thay thế của mạch từ bằng một từ kháng  $X_{nm}$ . Từ kháng này sẽ làm cho thành phần từ thông đi qua nó chậm pha so với thành phần kia.
- Xét mạch từ xoay chiều có vòng ngắn mạch  $N_{nm}$  ôm toàn bộ cực từ như được mô tả trong Hình 1.21.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

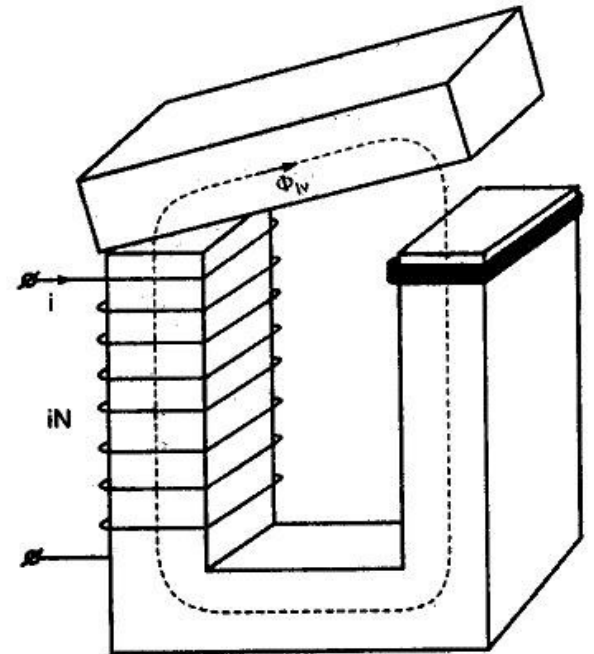
Ta có thể viết:

$$F_{nm} = -I_{nm} \cdot N_{nm} = -\frac{\dot{E}_{nm}}{r_{nm} + jX_{nm}} \cdot N_{nm} \quad (1.83)$$

trong đó:

$r_{nm}$  và  $X_{nm}$  - là điện trở và điện kháng của vòng ngắn mạch ( $\Omega$ ).

$E_{nm}$  - là s.đ.đ cảm ứng trên vòng ngắn mạch (V).



Hình 1.21

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

- Theo định luật Ohm áp dụng cho mạch từ, có thể biểu diễn  $F_{nm}$  như sau:

$$\dot{F}_{nm} = -\frac{\dot{E}_{nm}}{r_{nm} + jX_{nm}} N_{nm} = \frac{1}{\sqrt{2}} \dot{Z}_m \cdot \Phi_{lv2} \quad (1.84)$$

- Mặt khác theo định luật cảm ứng điện từ:

$$\dot{E}_{nm} = -j \frac{\omega}{\sqrt{2}} N_{nm} \cdot \Phi_{lv2} \quad (1.85)$$

- Thay (1.85) vào (1.84) nhận được:

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \dot{Z}_m \Phi_{lv2} = j \frac{\omega \Phi_{lv2} N_{nm}^2}{\sqrt{2}(r_{nm} + jX_{nm})}$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

Hay: 
$$\dot{Z}_m = X_{nm} \frac{\omega N_{nm}^2}{r_{nm}^2 + X_{nm}^2} + jr_{nm} \frac{\omega N_{nm}^2}{r_{nm}^2 + X_{nm}^2} \quad (1.86)$$

Trong các công thức trên:

$Z_m$  - là tổng từ của khu vực mạch từ có đặt vòng ngắn mạch.

$\Phi_{lv2}$  - thành phần từ thông xoay chiều đi xuyên qua vòng ngắn mạch.

$N_{nm}$  - số vòng dây của vòng ngắn mạch.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

$$\text{Ta biết: } Z_m = R_m + jX_m \quad (1.87)$$

So sánh (1.86) với (1.87) ta nhận được các biểu thức về từ trở và từ kháng của đoạn mạch từ này:

$$R_m = X_{nm} \frac{\omega N_{nm}^2}{r_{nm}^2 + X_{nm}^2} \quad (1.88)$$

$$X_m = r_{nm} \frac{\omega N_{nm}^2}{r_{nm}^2 + X_{nm}^2} \quad (1.89)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

Thông thường  $N_{nm} = 1$  vòng, vì vậy điện kháng  $x_{nm}$  rất nhỏ bé so với điện trở  $r_{nm}$  của vòng ngắn mạch, tức  $x_{nm} = 0$ , do đó:

$$R_m = 0 \text{ và } X_m = \omega/r_{nm} \quad (1.90)$$

Khi vòng ngắn mạch bị đứt, khi đó  $r_{nm} \rightarrow \infty$  dẫn đến  $X_m = 0$ .

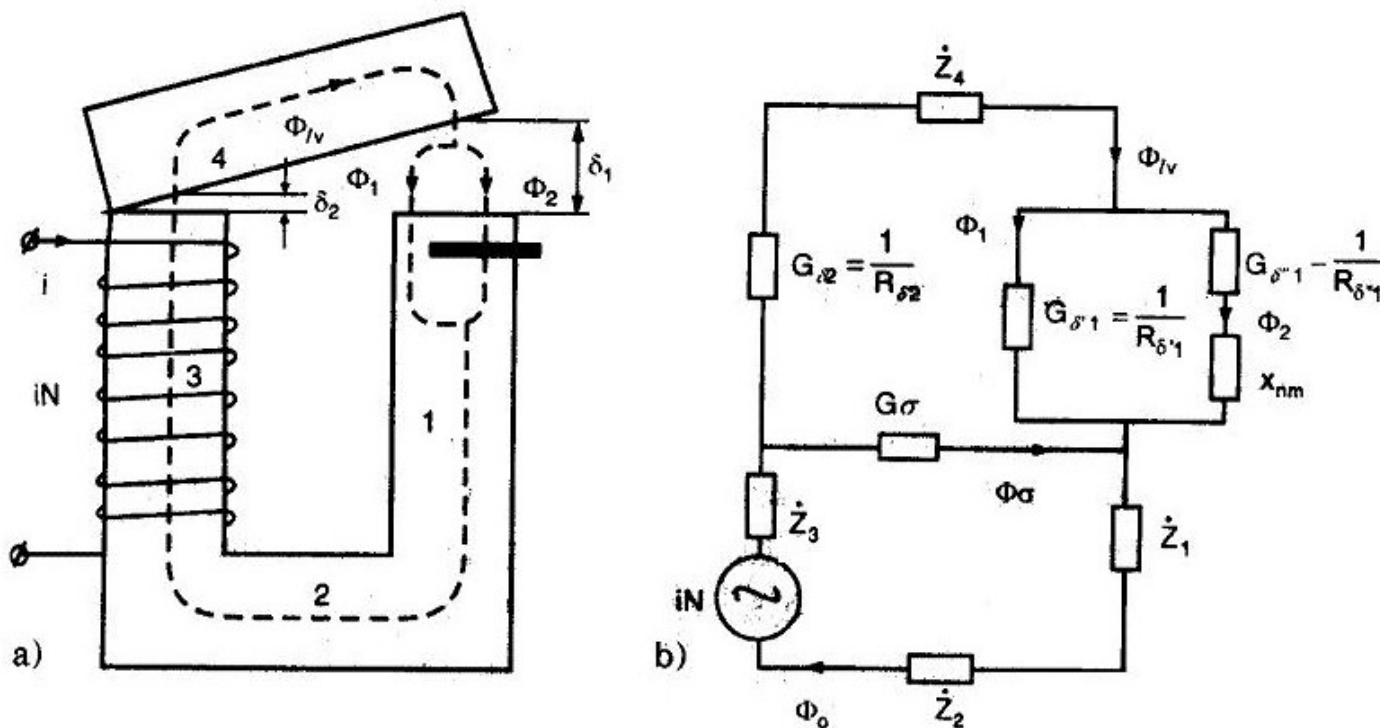
Bây giờ ta xét mạch từ có vòng ngắn mạch, ôm một phần của cực từ Hình 1.22a, sơ đồ thay thế của nó được biểu diễn như trong Hình 1.22b.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch



Hình 1.22

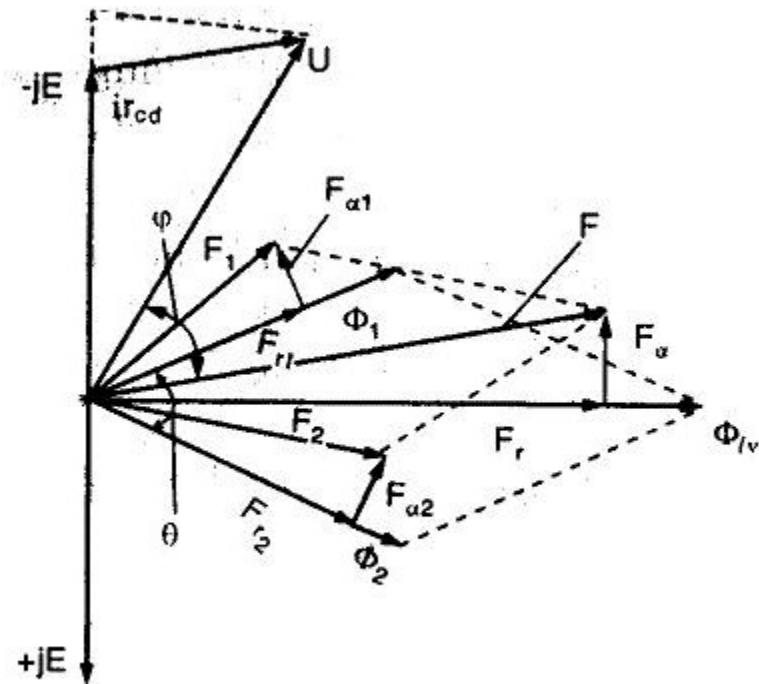
# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

Hình 1.23 là đồ thị véctơ của các đại lượng xoay chiều trong mạch từ xét. Từ đồ thị véctơ thấy rằng vòng ngắn mạch  $N_{nm}$  chia từ thông  $\Phi_{lv}$  ra thành hai phần  $\Phi$  và  $\Phi_2$  lệch pha nhau một góc  $\theta$ .



Hình 1.23



# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

#### 1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

Trong trường hợp này bài toán thuận sẽ có dạng:

- Cho trước kích thước mạch từ,  $\Phi_{lv}$ , phải xác định s.t.đ F cần thiết của cuộn dây.

Lời giải có thể nhận được nhanh chóng khi sử dụng hệ số rò từ  $\sigma$

$$\sigma = \frac{\Phi_{lv} + \Phi_{\sigma}}{\Phi_{lv}} = \frac{G_{\delta} + G_{\sigma}}{G_{\delta}} = 1 + \frac{G_{\sigma}}{G_{\delta}} \quad (1.91)$$

trong đó:  $G_{\delta}$  từ dẫn tương đương của các khe hở không khí trong mạch từ đang xét (H), bằng  $1/R_{\delta}$ .

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.4 MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

1.4.2 Mạch từ xoay chiều khi xét tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch

$$R_{\delta} = \frac{1}{G_{\delta}} = \frac{R_{\delta_1'} \cdot (R_{\delta_1''} + jX_m)}{R_{\delta_1'} + R_{\delta_1''} + jX_m} \quad (1.92)$$

S.t.đ cần thiết của cuộn dây:

$$F = \Phi_{lv} \left[ Z_{m4} + \frac{R_{\delta_1'} + (R_{\delta_1''} + jX_{nm})}{R_{\delta_1'} (R_{\delta_1''} + jX_{nm})} + R_{\delta_2} \right] + \sigma \Phi_{lv} (Z_{m2} + Z_{m1} + Z_{m3}) \quad (1.93)$$

trong đó:  $\Phi_0 = \sigma \cdot \Phi_{lv} = \Phi_{lv} + \Phi_{\sigma}$

$$(1.94)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

- Cuộn dây trong mạch từ là nguồn cung cấp s.t.đ cần thiết để sinh ra từ thông.
- Phụ thuộc vào cách đấu cuộn dây vào nguồn điện, có thể phân chúng thành: **cuộn dây điện áp** và **cuộn dây dòng điện**.
- Loại thứ nhất được đặc trưng với số vòng dây  $N$  lớn, nhưng với tiết diện dây nhỏ, ngược lại loại thứ hai thường có số vòng dây nhỏ nhưng tiết diện dây lại lớn.
- Ngoài ra có thể phân chia cuộn dây thành: cuộn dây **một chiều** và **xoay chiều**.
- Bề ngoài, cuộn dây xoay chiều này được phân biệt bởi số vòng dây **ít hơn** so với ở cuộn dây một chiều.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

- Bên trong cuộn dây, tổng tiết diện của tất cả các dây đồng luôn nhỏ hơn so với diện tích mặt cắt dọc cuộn dây, nguyên nhân là do sự hiện diện của cách điện và các khe hở bên trong các lớp dây quấn.

- Tỷ số giữa các diện tích này được đặc trưng bằng một hệ số gọi là **hệ số lấp đầy** của cuộn dây.

$$K_{ld} = S_d / S_{cd} \quad (1.95)$$

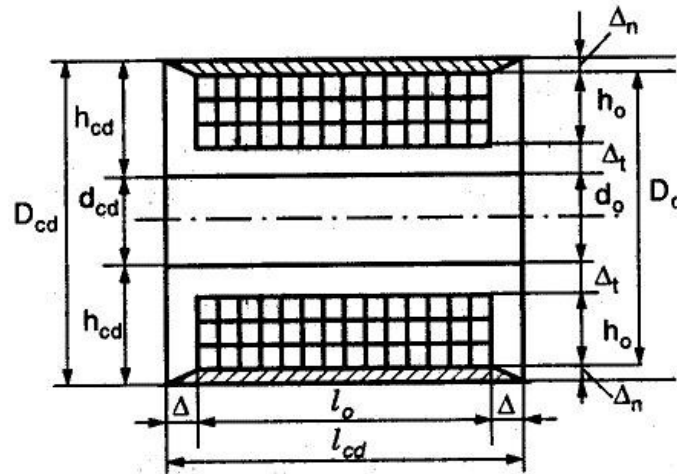
Trong đó:  $S_d$  và  $S_{cd}$  là diện tích tổng của các mặt cắt dây đồng và diện tích cuộn dây.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

Kết cấu mặt cắt dọc của cuộn dây được mô tả trong Hình 1.24.



Hình 1.24

Đối với cuộn dây hình ống được quấn bằng dây đồng tròn thì:

$$S_d = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot N \quad (1.96)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

$$S_{cd} = \frac{D_{cd} - d_{cd}}{2} \cdot l_{cd} = h_{cd} \cdot l_{cd} \quad (1.97)$$

trong đó:  $N$  - là số vòng dây.

$D_{cd}$  - đường kính ngoài cuộn dây.  
 $d_{cd}$  - đường kính trong cuộn dây.

$L_{cd}$  - chiều dài cuộn dây.

$h_{cd}$  - bề dày cuộn dây.

Hệ số lấp đầy trong trường hợp này có dạng

$$K_{ld} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{N}{h_{cd} \cdot l_{cd}} \quad (1.98)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

- Hệ số lấp đầy phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như:
  - 1 - Hình dạng tiết diện dây (tròn, chữ nhật, vuông...)
  - 2 - Cấp cách điện của cuộn dây và của dây quấn, chất lượng quấn cuộn dây và đường kính dây.
- Khi tính toán cuộn dây có thể sử dụng các giá trị  $K_{ld}$  thực nghiệm như được đưa ra trong đồ thị Hình 1.25a.
- Trong trường hợp khi cuộn dây không quấn trên lõi cách điện Hình 1.24

$$K_{ld0} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{N}{h_o \cdot l_o} \quad (1.99)$$

Ở đây:

Dn)

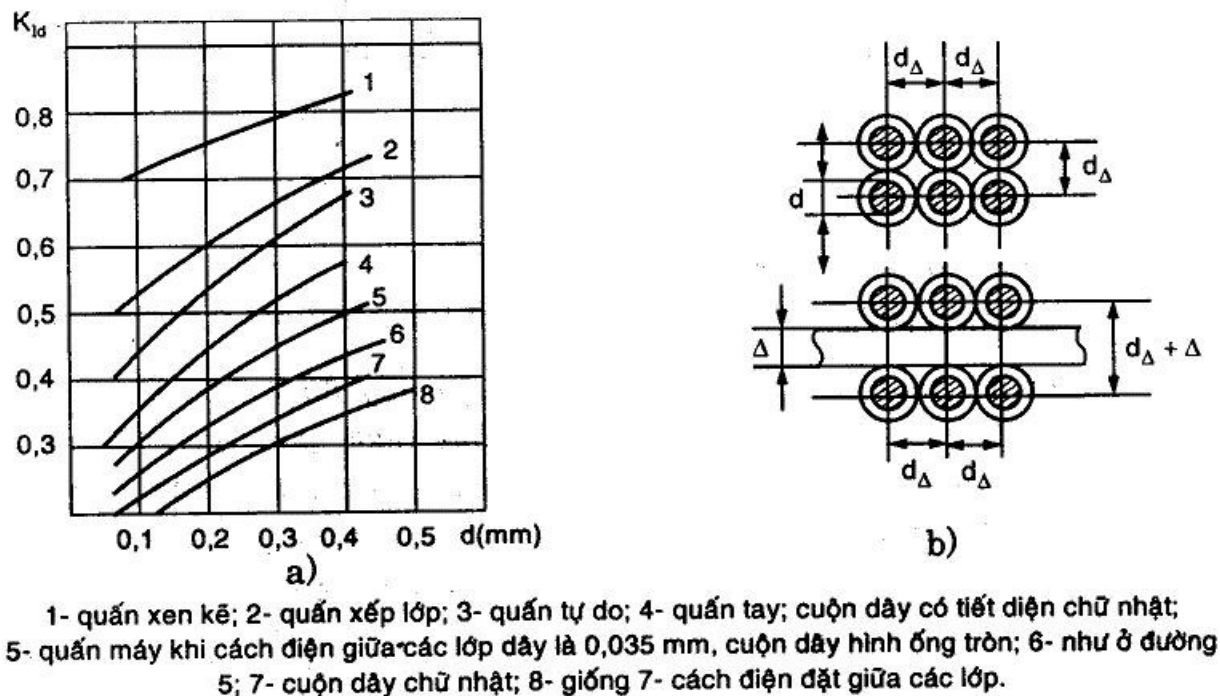
$$l_o = l_{cd} - 2 \cdot \Delta$$

$$(1.100)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ



Hình 1.25



# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

Suy ra: 
$$K_{ld} = K_{ldo} \cdot \frac{l_o \cdot h_o}{l_{cd} \cdot h_{cd}} \quad (1.101)$$

- Hệ số  $K_{ldo}$  luôn lớn hơn so với  $K_{ld}$  và phụ thuộc vào phương pháp quấn dây, đường kính dây, cách điện dây và cách điện giữa các lớp dây quấn.

- Nếu chất lượng quấn cuộn dây được đặc trưng bằng hệ số  $K_q$ , thì hệ số  $K_{ldo}$  bằng:

**1 - Đối với dây tròn, không có cách điện lớp Hình 1.25a**

$$K_{ldo} = K_q \cdot \frac{\pi d^2}{4d_{\Delta}^2} \quad (1.102)$$

trong đó:  $d_{\Delta}$  đường kính dây kể cả lớp cách điện dây (m)

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

2 - Đối với dây tròn, có cách điện lớp Hình 1.25b

$$K_{ld} = K_q \frac{\pi d^2}{4d_{\Delta}(d_{\Delta} + \Delta)} \quad (1.103)$$

Hệ số  $K_q$  phụ thuộc vào phương pháp quấn dây:

- Quấn tự do:  $K_q = 0,7 \div 0,85$
  - Quấn xếp lớp:  $K_q = 0,9 \div 0,95$
  - Quấn xen kẽ:  $K_q = 0,95 \div 1,05$
- Nhiệt độ phát nóng cho phép của cuộn dây được hạn chế bởi cấp cách điện.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

- Nó có thể tăng lên khi cuộn dây được tẩm, sấy, khi ấy các khe hở giữa các vòng dây bên trong cuộn dây được lấp đầy bởi sơn tẩm, làm cho hệ số dẫn nhiệt tăng lên.
- Ví dụ đối với cách điện cấp A, nhiệt độ cho phép của cuộn dây khi chưa tẩm sấy là  $105^{\circ}\text{C}$ , sau khi đã tẩm sấy nó có thể tăng lên đến  $120^{\circ}\text{C}$ .

#### 1.5.1 Tính toán cuộn dây một chiều (DC)

- Tính toán cuộn dây trong mạch từ một chiều chủ yếu là xác định số vòng dây và đường kính dây.
- Các số liệu ban đầu thường là điện áp và s.t.đ cần thiết (đã tính được trong phần giải bài toán mạch từ).

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

#### 1.5.1 Tính toán cuộn dây một chiều (DC)

- Ngoài ra kết cấu và kích thước cuộn dây phải đảm bảo nhiệt độ phát nóng của nó nằm trong phạm vi cho phép.
- Đối với cuộn dây một chiều, tiết diện dây dẫn được xác định từ s.t.đ cần thiết

$$IN = \frac{U}{R} \cdot N = \frac{U \cdot N}{\rho(l_{tb} / s) \cdot N} = \frac{U \cdot s}{\rho \cdot l_{tb}} \quad (1.104)$$

từ đó:

$$s = \frac{(IN)\rho \cdot l_{tb}}{U} \quad (1.105)$$

trong đó:  $\rho$  - điện trở suất của dây quấn điện từ ( $\Omega \cdot m$ ).

$l_{tb}$  - chiều dài trung bình của một vòng dây (m).

$R$  - điện trở cuộn dây ( $\Omega$ ).

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

#### 1.5.1 Tính toán cuộn dây một chiều (DC)

- Từ (1.105) thấy rằng nếu chiều dài trung bình của vòng dây không đổi và  $\rho$  là số liệu đã cho trước, thì s.t.đ (IN) chỉ phụ thuộc tích số  $U.s$ . Như vậy khi  $U = \text{const}$  thì (IN) tỷ lệ thuận với tiết diện dây  $s$ .
- Để đảm bảo nhiệt độ phát nóng cuộn dây có thể nằm trong giới hạn cho phép, mật độ dòng điện  $j$  của dây dẫn thường được lấy trong khoảng  $j = (2 \div 4) \text{ A/mm}^2$ .
- Từ việc chọn giá trị mật độ dòng  $j$ , giá trị sơ bộ của dòng điện có thể tính được:

$$I = s.j \quad (1.106)$$

Trong đó:  $s$  - tiết diện dây quấn đã tính được từ công thức (1.105).

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

#### 1.5.1 Tính toán cuộn dây một chiều (DC)

Giá trị sơ bộ của số vòng dây sẽ là:

$$N = (IN)/I$$

(1.107)

Để đảm bảo phù hợp với kích thước của mạch từ đã cho, phải kiểm tra xem với số vòng dây  $N$  tính được, cuộn dây chế ra có thể đút vừa vào trong mạch từ hay không? Điều này có thể kiểm tra bằng công thức:

$$l_o h_o = \frac{s.N}{K_{ldo}} \quad (1.108)$$

trong đó:  $K_{ldo}$  - hệ số lấp đầy cuộn dây được lựa chọn hoặc tính toán theo các điều kiện (1.99), (1.102):

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

#### 1.5.1 Tính toán cuộn dây một chiều (DC)

$l_0 \cdot h_0$  - diện tích này phải đảm bảo đủ lọt cửa sổ của mạch từ đã cho.

- Công suất tổn hao trong cuộn dây:

$$P = I^2 \cdot R = \frac{(IN)^2 \cdot \rho \cdot l_{tb} \cdot N}{s \cdot N^2} \quad (1.109)$$

Thay giá trị N của (1.107) vào (1.109) ta nhận được:

$$P = (IN)^2 \frac{\rho \cdot l_{tb}}{K_{ldo} \cdot l_0 \cdot h_0} \quad (1.110)$$

Như vậy công suất P tỷ lệ với giá trị bình phương của s.t.đ, tỷ lệ nghịch với hệ số lấp đầy và diện tích cuộn dây.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

#### 1.5.1 Tính toán cuộn dây một chiều (DC)

- Để đảm bảo cuộn dây tính ra không bị phát nóng quá giới hạn nhiệt độ cho phép sau khi có đủ các số liệu về nó, phải kiểm tra nhiệt độ phát nóng.
- Độ tăng nhiệt trên bề mặt cuộn dây so với nhiệt độ của môi trường xung quanh có thể tính được theo công thức Newton.

$$\tau = \frac{P}{K_T \cdot (S_n + \beta \cdot S_t)} \langle \tau_{cf} \quad (1.111)$$

trong đó:

$K_T$  - là hệ số tỏa nhiệt từ bề mặt cuộn dây ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ).

$P$  - công suất tổn hao của cuộn dây (W).

$S_n$  - diện tích bề mặt ngoài của cuộn dây ( $\text{m}^2$ ).



# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

#### 1.5.1 Tính toán cuộn dây một chiều (DC)

$S_t$  - diện tích bề mặt trong của cuộn dây ( $m^2$ ).

$\beta$  - hệ số tính đến sự khác nhau giữa điều kiện tỏa nhiệt của bề mặt trong và ngoài của cuộn dây.

- Từ các khảo sát thực nghiệm nhận được các giá trị của hệ số  $\beta$  như sau:

- 1 - Đối với cuộn dây quấn không có lõi cách điện:  $\beta = 0$
- 2 - Cuộn dây quấn trên lõi kim loại:  $\beta = 1,7$
- 3 - Cuộn dây quấn trực tiếp lên lõi từ:  $\beta = 2,7$
- 4 - Cuộn dây quấn trên lõi cách điện, điều kiện dẫn nhiệt tồi và cuộn dây xoay chiều:  $\beta = 0$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

#### 1.5.1 Tính toán cuộn dây một chiều (DC)

Đối với cuộn dây dòng (mắc nối tiếp với phụ tải), các số liệu ban đầu là s.t.đ F cần thiết và dòng điện I chảy qua phụ tải, số vòng dây cũng được xác định theo công thức trên. Tuy nhiên cần phải đảm bảo các giá trị mật độ dòng điện như sau:

$J = (2 \div 4) \text{ A/mm}^2$  ở chế độ dài hạn.

$J = (5 \div 12) \text{ A/mm}^2$  ở chế độ ngắn hạn lặp lại.

$J = (13 \div 30) \text{ A/mm}^2$  ở chế độ ngắn hạn.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

#### 1.5.2 Tính toán cuộn dây xoay chiều (AC)

- Số liệu ban đầu để tính toán cuộn dây điện áp xoay chiều là biên độ s.t.đ, biên độ từ thông  $\Phi_m$  và điện áp của nguồn điện xoay chiều.
- Điện áp nguồn phải cân bằng với điện áp rơi trên điện trở cuộn dây và s.d.đ cảm ứng trong cuộn dây:

$$U^2 = (IR)^2 + (4,44.fN\Phi_m)^2 \quad (1.112)$$

- Dòng điện I và điện trở cuộn dây R chỉ có thể xác định được khi đã tính được số vòng dây N, vì vậy phương trình trên không cho phép xác định ngay được tất cả các thông số của cuộn dây. Bài toán được giải theo phương pháp lặp.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

#### 1.5.2 Tính toán cuộn dây xoay chiều (AC)

- Vì điện trở cuộn dây xoay chiều rất nhỏ so với điện kháng của nó, bước tính toán đầu tiên sẽ tiến hành khi cho  $R = 0$ , lúc đó số vòng dây:

$$N = \frac{U}{4,44 \cdot f \cdot \Phi_m} \quad (1.113)$$

- Vì điện trở cuộn dây xoay chiều rất nhỏ so với điện kháng của nó, bước tính toán đầu tiên sẽ tiến hành khi cho  $R = 0$ , lúc đó số vòng dây:

$$N = (0,7 \div 0,8) \frac{U}{4,44 f \cdot \Phi_m} \quad (1.114)$$

khi đó:

$$I = \frac{(I_m N)}{\sqrt{2} N} \quad (1.115)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

#### 1.5.2 Tính toán cuộn dây xoay chiều (AC)

tiết diện dây dẫn có thể xác định sơ bộ bằng cách chọn mật độ dòng điện trong giới hạn  $j = 2 \div 4 \text{ A/mm}^2$ . Vậy:

$$s = \frac{I}{j} \quad (\text{mm}^2) \quad (1.116)$$

Sau đó chọn đường kính dây theo tiêu chuẩn phương pháp quấn dây và tính hệ số  $K_{ld0}$  từ (1.102), ta tính được diện tích mặt cắt dọc cuộn dây theo công thức (1.108). tiếp theo sau ta xác định  $l_{tb}$  và điện trở cuộn dây.

$$R = \rho \cdot \frac{l_{tb}}{s} \cdot N \quad (1.117)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

#### 1.5.2 Tính toán cuộn dây xoay chiều (AC)

- Sau khi xác định các thông số cần thiết, cần phải kiểm tra bằng cách thế chúng vào trong (1.112). Nếu hai vế của phương trình sai biệt nhau trên 10% thì phải tính lại số vòng dây và các thông số khác của nó cho đến khi nhận được các kết quả đảm bảo sự sai biệt giữa hai vế của (1.112) nhỏ hơn 10%.
- Phát nóng cuộn dây xoay chiều cũng được tính bằng công thức Newton (1.111), lưu ý rằng trong công thức tính công suất tổn hao phải nhân thêm với hệ số tổn hao phụ  $K_f$ , là hệ số do hiệu ứng bề mặt và hiệu ứng gần sinh ra. Ngoài ra diện tích tỏa nhiệt ở đây chỉ tính bằng  $S_n$  vì trong trường hợp này  $b = 0$ .

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.5 CUỘN DÂY TRONG MẠCH TỪ

#### 1.5.2 Tính toán cuộn dây xoay chiều (AC)

- Khi điện áp cuộn dây thay đổi  $U_1$  sang  $U_2$  mà cần giữ nguyên kích thước của mạch từ, trong khi s.t.đ cần thiết của cuộn dây phải đảm bảo. Các thông số của cuộn dây có thể tính lại theo các quan hệ sau:

$$\frac{U_1}{U_2} \cdot s_1 = \frac{N_1}{N_2} \cdot s_2 \quad (1.118)$$

$$(1.119)$$

- Công suất toàn phần của cuộn dây khi thay đổi điện áp phải đảm bảo

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

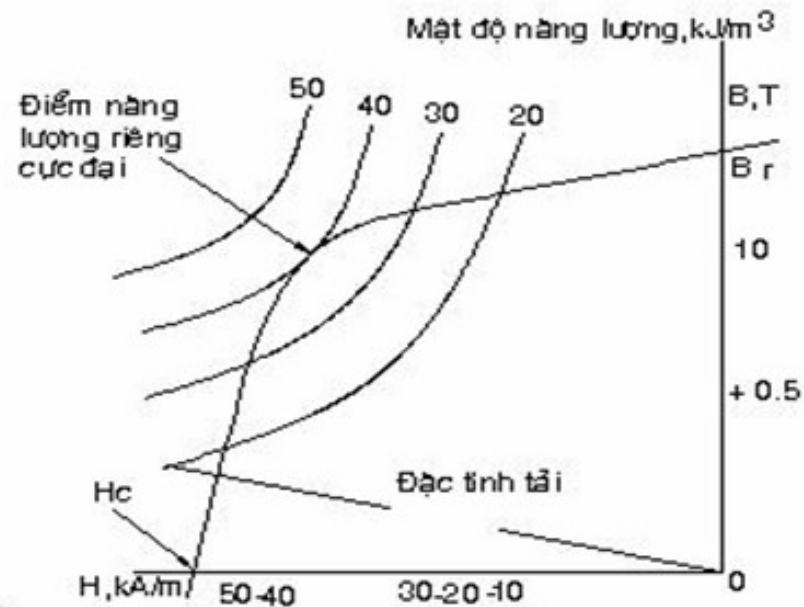
$$(1.120)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.6 NAM CHÂM VĨNH CỬU

- Hình 1.26a: trình bày góc 1 phần tư thứ hai của vòng từ trễ của vật liệu ALNICO - 5, một vật liệu làm nam châm vĩnh cửu (NCVC) khá phổ biến của USA.



a)

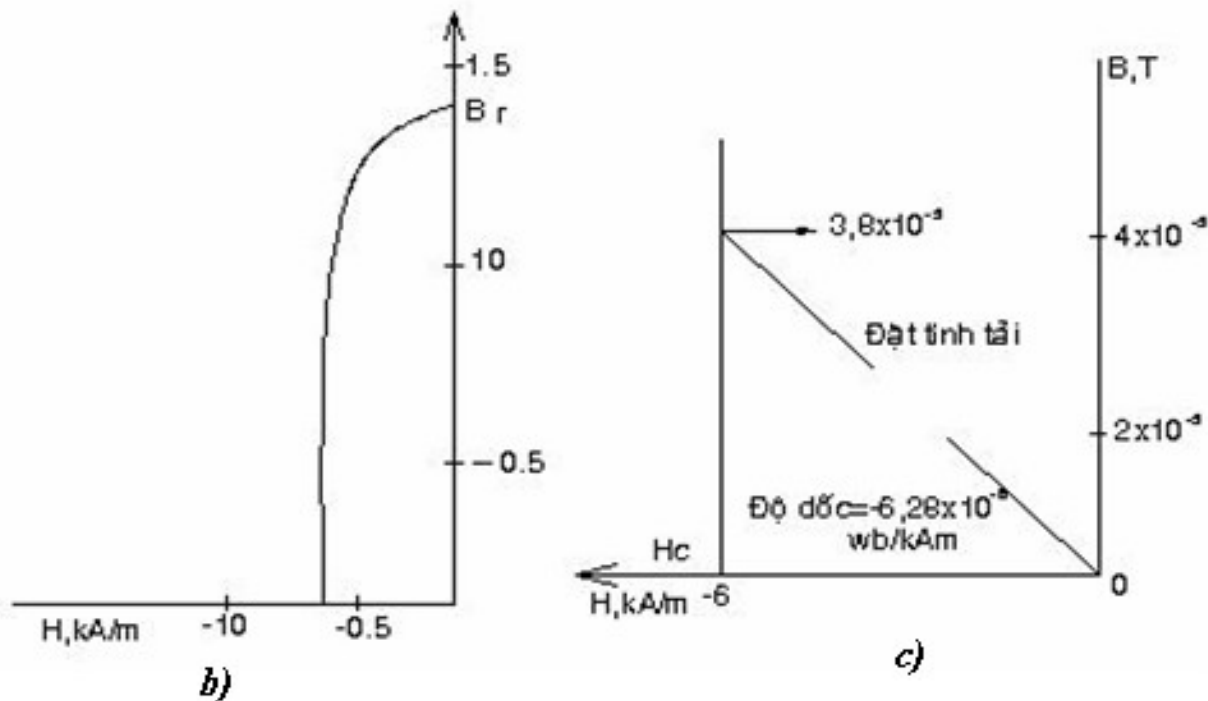


# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.6 NAM CHÂM VĨNH CỬU

- Hình 1.26b: trình bày góc phần tư thứ hai của vòng từ trễ của thép kỹ thuật điện M-5.



Hình 1.26

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.6 NAM CHÂM VĨNH CỬU

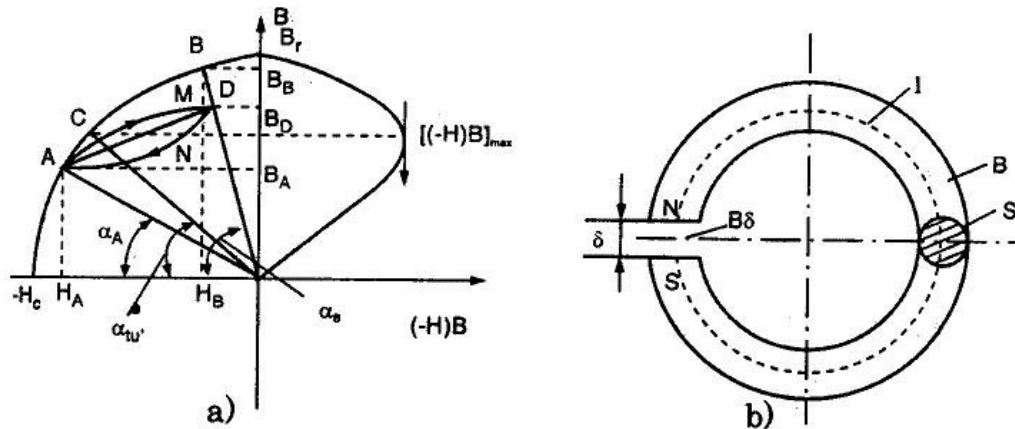
- Có thể thấy rằng, vòng từ trễ của ALNICO - 5 được đặc trưng bằng giá trị từ dư  $B_r$  tương đối lớn (khoảng  $1,22 \text{ Wb/m}^2$ ) cũng như giá trị lực kháng từ tương đối lớn (khoảng  $49 \text{ kA/m}$ ).
- Từ dư  $B_r$  nhận được trong một mạch từ khép kín, được làm từ vật liệu cùng loại, cường độ từ trường  $H$  đặt lên nó có giá trị bằng zero.
- Tuy rằng vật liệu thép kỹ thuật điện M - 5 cũng có giá trị từ dư  $B_r$  lớn (khoảng  $1,4 \text{ Wb/m}^2$ ), nhưng nó lại có giá trị lực kháng từ nhỏ ( $6 \text{ A/m}$  và  $m = 7500$ ).
- Hệ thống vật liệu NCVC của Nga cũng có nhiều loại ví dụ như: Thép - wolfram; Thép - Cobalt; hợp kim Nhôm - Nickel - Đồng - Cobalt; Thép - Nickel - Nhôm - Cobalt...

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.6 NAM CHÂM VĨNH CỬU

- Điểm làm việc của NCVC được xác định khi trong mạch từ của nó không có cuộn dây kích từ từ bên ngoài. Bên trong mạch từ vẫn chảy một từ thông do NCVC sinh ra.
- Xét các quan hệ cơ bản trong 1 NCVC có dạng xuyên và một khe hở không khí d đủ nhỏ để có thể bỏ qua từ thông rò trong mạch từ Hình 1.27.



Hình 1.27

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.6 NAM CHÂM VĨNH CỬU

- Khi khe hở  $\delta$  nhỏ, từ trường bên trong  $d$  có thể xem như là đều. Trong trường hợp bỏ qua từ thông rò, thì từ cảm  $B_\delta$  trong khe hở  $\delta$  và bên trong NCVC sẽ bằng nhau.
- Theo luật toàn phần của dòng điện, dọc theo chiều dài  $l$  của đường sức từ trung bình có thể viết:

$$H_\delta \cdot \delta + H.l = 0 \quad (1.121)$$

Suy ra: 
$$H\delta = - H.l/\delta \quad (1.122)$$

Như vậy, từ (1.122) ta thấy rằng, cường độ từ trường  $H_d$  trong khe hở không khí  $\delta$ , có chiều ngược với cường độ từ trường  $H$  bên trong vật liệu NCVC.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.6 NAM CHÂM VĨNH CỬU

Nếu:  $B_\delta = B; H_\delta = -H.l/d$

Có thể viết:  $B = -\frac{H.l}{\delta} \mu_0$  (1.123)

Nhân cả tử số và mẫu số của (1.123) với tiết diện của lõi từ S ta được:

$$B = -\frac{H.l}{\delta} \cdot \mu_0 \frac{S}{S} = -H.G_\delta \cdot \frac{l}{S} \quad (1.124)$$

trong đó:  $G_\delta$  - từ dẫn của khe hở không khí trong mạch từ Hình 1.27.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.6 NAM CHÂM VĨNH CỬU

- Phương trình (1.124) biểu diễn quan hệ giữa từ cảm B và cường độ từ trường (-H) bên trong nam châm vĩnh cửu, nó là phương trình đường thẳng đi qua điểm gốc của hệ trục tọa độ với trục tung là B, và trục hoành là (-H).
- Đường thẳng này hợp với trục (-H) một góc là  $\alpha$ , ta có thể viết:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{m_H}{m_B} \cdot \frac{G_\delta \cdot l}{S} \quad (1.125)$$

trong đó:  $m_H$  và  $m_B$  tỷ lệ xích theo H và B của các trục tọa độ.

Đường thẳng (1.124) cắt vòng từ trễ của vật liệu NCVC ở đoạn đặc tính tại góc một phần tư thứ hai của hệ trục tọa độ B-H (đoạn đặc tính này còn được gọi là đường khử từ của NCVC), tại điểm A.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.6 NAM CHÂM VĨNH CỬU

- Điểm A, xác định trạng thái làm việc của NCVC ở khe hở  $\delta$  cho trước, còn được gọi là điểm làm việc của NCVC.
- Đối với một mạch từ kín, khi  $\delta = 0$ ;  $\text{tga} = \infty$ ; góc  $\alpha = 90^\circ$ ; thì  $B = B_r$ . Khi khe hở  $\delta$  tăng lên, từ dẫn của khe hở không khí  $G_\delta$  và  $\text{tg}\alpha$  giảm xuống, từ cảm  $B_\delta$  giảm và lực kháng từ ( $-H$ ) trong NCVC tăng lên.
- Một trong các đặc tính quan trọng của NCVC là năng lượng từ trường  $W_\delta$  trong khe hở không khí. Nếu từ trường trong khe hở  $\delta$  là từ trường đều thì:

$$W_\delta = \frac{B_\delta \cdot H_\delta}{2} \cdot S \cdot \delta \quad (1.126)$$

thay:  $B = B_\delta$ ;  $H_\delta = -H \frac{1}{\delta}$  vào (1.126) ta nhận được:

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.6 NAM CHÂM VĨNH CỬU

$$W_{\delta} = \frac{B(-H)}{2} \cdot S.l = W \quad (1.127)$$

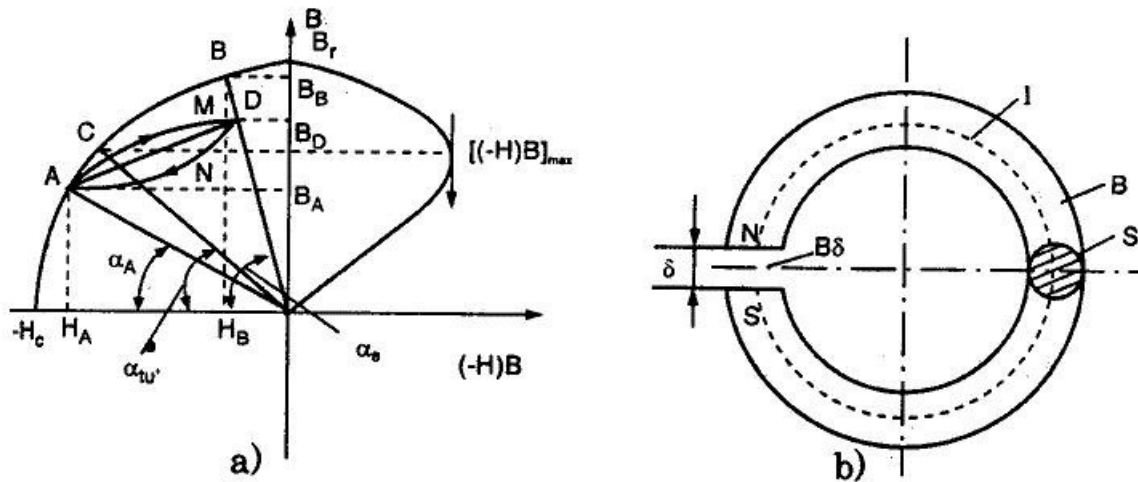
- Như vậy, năng lượng từ trường bên trong khe hở không khí chính bằng năng lượng dự trữ bên trong vật thể NCVC.
- Trong Hình 1.27a, hệ trục tọa độ với trục tung là B và trục hoành là tích số  $(-H).B$ , ta biểu diễn đường biến thiên năng lượng từ trường bên trong vật thể NCVC.
- Dễ dàng nhận thấy rằng, tại điểm C, tích  $(-H).B$  có giá trị cực đại. Như vậy nếu mạch từ NCVC được thiết kế làm việc tại điểm C, Hình 1.27a, sẽ đạt hiệu suất tối đa.



# CHƯƠNG 1

# MẠCH TỪ

## 1.6 NAM CHÂM VĨNH CỬU



Hình 1.27

- Tích số  $(-H).B$  có thứ nguyên của mật độ năng lượng cực đại là thước đo đối với chất lượng NCVC, tương ứng tại đó thể tích nam châm sẽ là nhỏ nhất.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.6 NAM CHÂM VĨNH CỬU

- Giá trị này thường được các nhà chế tạo vật liệu NCVC đưa ra trong bảng số liệu của nó. Đối với vật liệu ALNICO - 5 mật độ năng lượng cực đại là  $40\text{KJ/m}^3$  tại  $B = 1\text{Wb/m}^2$  và  $H = -40\text{KA/m}$ .
- Một đặc điểm vô cùng quan trọng cần phải lưu ý là trong hoạt động của NCVC, việc thay đổi độ lớn của khe hở không khí trong mạch từ NCVC sẽ làm cho khả năng năng lượng của nó thay đổi.
- Giả sử tại khe hở  $\delta$ , điểm làm việc của NCVC như được biểu diễn trong Hình 1.27 là điểm A nằm trên đường khử từ, ta có:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{m_H}{m_B} \cdot \frac{G\delta.l}{S} = \frac{m_H}{m_B} \cdot \frac{\mu_o.l}{\delta} \quad (1.128)$$

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.6 NAM CHÂM VĨNH CỬU

- Ứng với điểm A ta có từ cảm bên trong NCVC là B. nếu giảm khe hở tới  $\delta_1 < \delta$  thì:

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{m_H}{m_B} \cdot \frac{\mu_o \cdot l}{\delta_1} > \operatorname{tg}\alpha \quad (1.129)$$

- Như vậy, khi giảm khe hở không khí, từ cảm trong mạch từ của NCVC tăng lên. Tuy nhiên quá trình thay đổi điểm làm việc không diễn ra theo đường khử từ của vật liệu NCVC mà đi theo một đường riêng được gọi là vòng từ trễ riêng AMDNA của nó.

- Từ cảm  $B_D$  ứng với  $\delta_1$  được xác định bởi giao điểm của đường thẳng quan hệ:  $B = f(-H)$  của NCVC và vòng từ trễ riêng này. Trường hợp như trong Hình 1.27 năng lượng  $(-H).B$  của NCVC giảm xuống rõ rệt.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.6 NAM CHÂM VĨNH CỬU

- Nếu từ  $\delta_1$  ta làm tăng khe hở không khí lên tới giá trị ban đầu là  $\delta$ , khi đó từ cảm bên trong NCVC sẽ giảm từ  $B_1$  xuống  $B$  và sự biến thiên này cũng diễn ra trên vòng từ trễ riêng.
- Thông thường vòng từ trễ riêng của NCVC rất hẹp, vì vậy nó có thể được thay thế bằng đường thẳng nối trực tiếp qua hai điểm A và D. Đường thẳng này được gọi là đường phục hồi của vật liệu NCVC. Nó hợp với trục hoành một góc  $\beta$  ta có:

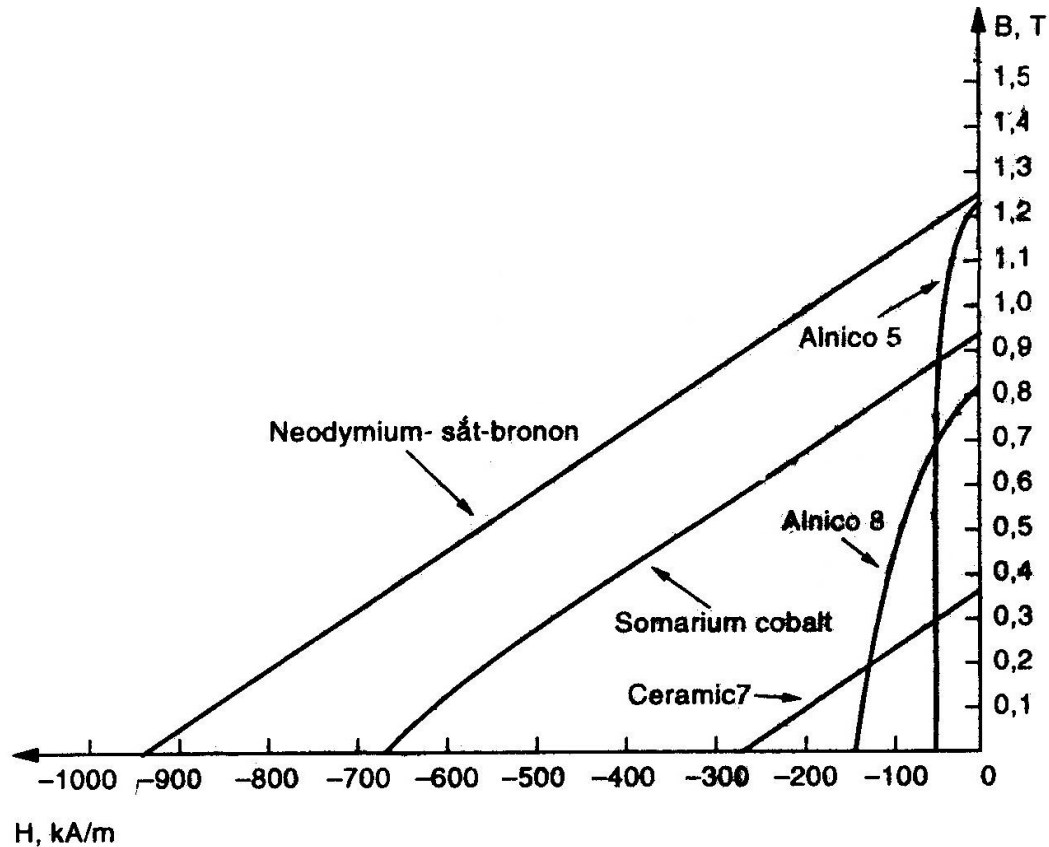
$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\Delta B}{\Delta H} = \rho \quad (1.130)$$

**trong đó:**  $\rho$  - hệ số phục hồi. Đối với các vật liệu NCVC khác nhau  $\rho$  là hệ số được các nhà sản xuất đưa ra trong bảng số liệu của chúng.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.7 ỨNG DỤNG VẬT LIỆU NAM CHÂM VĨNH CỬU



Hình 1.28: Đặc tính từ hóa của một vài loại vật liệu NCVC thường gặp

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.7 ỨNG DỤNG VẬT LIỆU NAM CHÂM VĨNH CỬU

Hình 1.28 biểu diễn đặc tính từ hóa của một vài loại vật liệu NCVC thường gặp.

1 - ALNICO-5 được sử dụng tương đối rộng rãi, thành phần của nó gồm có: sắt, Nickel, Aluminium và Cobalt. Nó được phát hiện chính thức vào năm 1931, ALNICO-5 có giá trị từ dư tương đối lớn.

2 - Trong khi đó vật liệu ALNICO-8 có giá trị từ dư thấp hơn, nhưng ngược lại có lực kháng từ lớn hơn so với của ALNICO-5.

Nhược điểm của các vật liệu ALNICO là chúng có giá trị lực kháng từ thấp và dễ bị bể.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.7 ỨNG DỤNG VẬT LIỆU NAM CHÂM VĨNH CỬU

3 - Các vật liệu NCVC là hợp kim gồm được chế tạo từ oxyde sắt và Barium hoặc Strontium carbonate, chúng có giá trị từ dư thấp hơn so với của vật liệu ALNICO, nhưng lực kháng từ của chúng lại lớn một cách rõ rệt (Ceramic-7) dẫn đến việc chúng khó bị khử từ hơn. Một trong các vật liệu loại đó là Ceramic-7 Hình 1.28. Đặc tính khử từ của nó gần như là một đường thẳng. Các vật liệu kim loại gồm có cơ tính tốt và dễ chế tạo vì vậy chúng được sử dụng rộng rãi hơn so với các vật liệu NCVC khác.

4 - Somarium Cobalt được sử dụng trong các NCVC từ những năm 60, khi người ta phát hiện ra nguyên tố đất hiếm.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.7 ỨNG DỤNG VẬT LIỆU NAM CHÂM VĨNH CỬU

Hình 1.28 có thể thấy rằng nó có từ dư lớn ngang bằng với từ dư của ALNICO đồng thời lại có giá trị lực kháng từ lớn hơn nhiều, do đó khả năng năng lượng của NCVC loại này cũng cao hơn.

5 - Vật liệu nam châm đất hiếm mới nhất là Neodimium - sắt - Boron. Đặc điểm của nó, ngoài các giá trị từ dư và lực kháng từ lớn, khả năng năng lượng cực đại cũng lớn hơn so với vật liệu Somarum - Cobalt. Đặc tính cơ của vật liệu loại này cũng rất tốt, dễ chế tạo vì vậy hy vọng rằng vật liệu này sẽ được ứng dụng ngày càng rộng rãi trong NCVC.

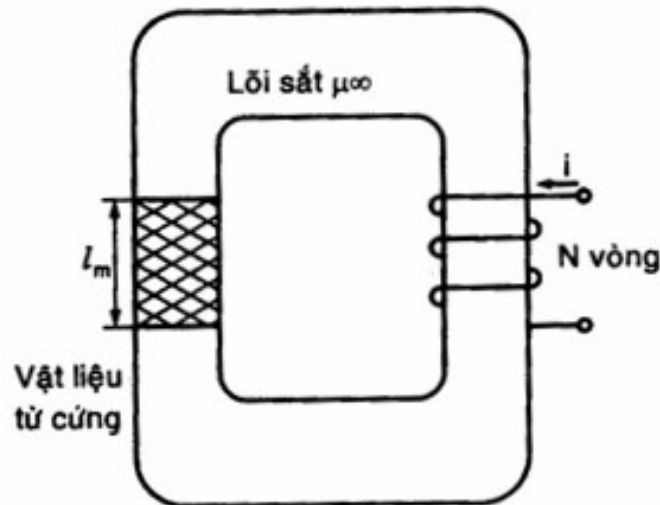


# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.7 ỨNG DỤNG VẬT LIỆU NAM CHÂM VĨNH CỬU

- Xét mạch từ trong Hình 1.29. Nó bao gồm một bộ phận làm từ vật liệu NCVC gắn vào trong một lõi thép từ mềm có độ từ thẩm lớn và có cuộn dây kích từ N vòng dây.

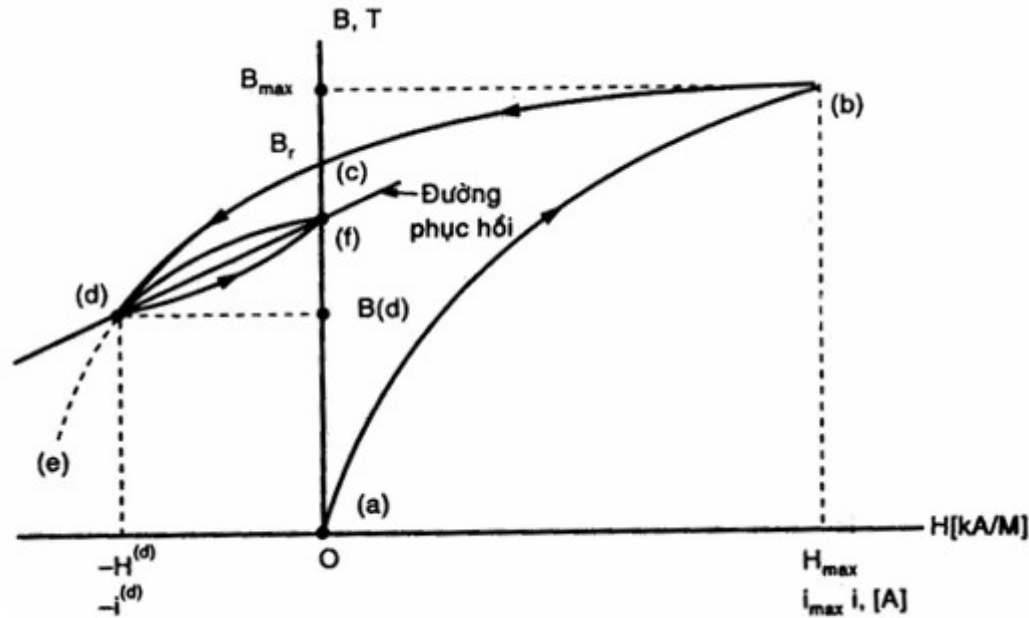


**Hình 1.29** Mạch từ vừa có nam châm vĩnh cửu và cuộn dây kích từ

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.7 ỨNG DỤNG VẬT LIỆU NAM CHÂM VĨNH CỬU



Hình 1.30

Khi tham khảo H 1.30, ta cho rằng vật liệu từ cứng trong mạch từ Hình 1.29 chưa bị từ hóa trước đó, và bây giờ ta sẽ xem xét điều gì sẽ xảy ra khi cho dòng điện chảy qua cuộn dây kích từ.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.7 ỨNG DỤNG VẬT LIỆU NAM CHÂM VĨNH CỬU

- Vì lõi thép được xem như có độ từ thẩm lớn không xác định, trục ngang trong Hình 1.30 có thể được biểu diễn cho cả hai đại lượng:

$$I=H.l/N \text{ và } H \text{ trong vật liệu NCVC.}$$

- Khi cho dòng điện  $I$  tăng lên tới giá trị cực đại, quỹ tích của  $B - H$  tăng từ điểm  $a$  trong Hình 1.30 về phía giá trị cực đại của nó tại điểm  $b$ .

- Để từ hóa hoàn toàn vật liệu ta cho rằng  $I$  đã tăng tới giá trị  $I_{\max}$  đủ lớn để vật liệu có thể chuyển sang trạng thái bão hòa tại  $b$ .

- Khi cho dòng điện từ từ giảm xuống giá trị zero, đặc tính  $B-H$  bắt đầu hình thành vòng từ trễ, và đạt tới điểm  $c$  khi dòng điện giảm xuống giá trị zero.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.7 ỨNG DỤNG VẬT LIỆU NAM CHÂM VĨNH CỬU

- Tại điểm c, lưu ý rằng H trong vật liệu là bằng zero nhưng B đạt giá trị từ dư  $B_r$ .
- Khi dòng điện bắt đầu đảo chiều (chuyển sang giá trị âm) đường B-H tiếp tục khép kín tạo ra vòng từ trễ và đạt tới điểm d.
- Tuy nhiên nếu bây giờ dòng điện lại bắt đầu giảm để trở về giá trị zero thì quỹ tích đường B-H không còn di chuyển theo đường cong từ trễ ban đầu để trở về điểm c nữa mà nó di chuyển theo đường từ trễ riêng để đạt tới điểm f khi  $I = 0$ .
- Ta thấy rằng khi vật liệu bị khử từ lần thứ nhất tới điểm d, thì từ dư trong vật liệu sẽ tương ứng với giá trị f nhỏ hơn so với giá trị từ dư ban đầu  $B_r$ . Lưu ý rằng ta có thể tiếp tục khử từ vật liệu từ dư d tới e, lúc đó tại điểm e sẽ hình thành một vòng từ trễ riêng khác và sẽ có thể thành lập đường hồi phục thứ hai.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.7 ỨNG DỤNG VẬT LIỆU NAM CHÂM VĨNH CỬU

- Hiện tượng khử từ bằng hiệu ứng kích thích âm mà ta vừa đề cập ở trên hoàn toàn tương tự như việc khử từ bằng cách thay đổi khe hở không khí. Có thể dùng mạch từ trong Hình 1.29 để làm một thiết bị khử từ cho vật liệu từ cứng. Quá trình khử từ đòi hỏi phải có kích từ ban đầu lớn và sau đó từ từ giảm về giá trị zero.

- Như vậy, vật liệu từ cứng ví dụ như ALNICO-5 có thể bị khử từ trong quá trình hoạt động. Vì vậy gắn trong mạch từ mỗi vật liệu cụ thể có thể được tính toán để làm việc ổn định trong một phạm vi khe hở không khí nhất định, ngoài phạm vi này hoặc khi vật liệu chịu một dòng điện khử từ quá lớn, thì sự ổn định có thể sẽ bị mất và vật liệu chuyển sang làm việc ở đường từ trễ riêng mới, làm cho đặc tính từ của nó bị suy giảm đáng kể.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.7 ỨNG DỤNG VẬT LIỆU NAM CHÂM VĨNH CỬU

- Tuy nhiên cũng có một vài loại vật liệu NCVC ví dụ như Somarium Cobalt, Ceramic-7 và Neodymium- Sắt - Boron Hình 1.28 có thể hoạt động ổn định không phụ thuộc vào sự biến đổi độ lớn của khe hở không khí trong mạch từ

- Điều này là do các vật liệu này có giá trị lực từ kháng lớn và có khuynh hướng đưa hai đường khử từ và phục hồi của vật liệu tiếp xúc với nhau trên một đoạn lớn trong vùng làm việc của đặc tính B-H.

- Điều này được minh họa trong Hình 1.28 trong đó trình bày đường cong từ hóa DC của Neodimium - sắt- Boron. Có thể thấy ngay rằng, vật liệu này có điểm làm việc ở 1,25 Tesla và 940 KA/m.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.7 ỨNG DỤNG VẬT LIỆU NAM CHÂM VĨNH CỬU

- Đoạn đặc tính giữa các điểm trên là đường thẳng có độ dốc bằng  $1,06\mu_0$  và có cùng giá trị độ dốc của đường hồi phục.
- Vì vậy các vật liệu loại này có thể làm việc lâu dài ở các giá trị về từ trên đường đặc tính B - H mà không phụ thuộc vào độ lớn của khe hở không khí d cũng như không yêu cầu sự từ hóa bổ sung.

# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.8 KẾT LUẬN

- Các thiết bị điện cơ hoạt động với từ trường phải sử dụng vật liệu từ (từ mềm hoặc từ cứng), để tập trung và dẫn hướng cho nó.
- Vì độ từ thẩm của sắt từ có giá trị rất lớn (có thể lên đến 10.000 lần so với độ từ thẩm của không gian bao quanh), nên hầu hết các từ thông đều chuyển động khép kín theo các đường dẫn từ do vật liệu sắt từ tạo ra.
- Hơn nữa, đối với các thiết bị ở đây, tần số hoạt động chưa đủ lớn nên từ trường có thể được xem là từ trường dừng.
- Các vật liệu sắt từ được trình bày ở đây nằm trong dãy đặc tính rộng, nói chung chúng đều được đặc trưng bằng quan hệ phi tuyến.
- Đặc tính B-H của chúng thường được cho dưới dạng các vòng từ trễ.



# CHƯƠNG 1

## MẠCH TỪ

### 1.8 KẾT LUẬN

Sự hiểu biết cơ bản về bản chất của các hiện tượng vừa nêu sẽ rất hữu ích cho việc ứng dụng các vật liệu từ vào các thiết bị thực tế.

- Tổn hao từ trễ và dòng xoáy là hàm số của mật độ từ thông và tần số hoạt động cũng như thành phần và công nghệ sản xuất vật liệu.
- Các vật liệu từ cứng được đề cập tới thường được đặc trưng bằng vòng từ trễ rộng. Các vật liệu này sinh ra từ thông đáng kể ngay cả trong các mạch từ có khe hở không khí.
- Trong các thiết bị đơn giản, chúng có thể hoạt động ổn định trong điều kiện ở đó có sự tham gia của lực và s.t.đ bên ngoài.
- NCVC được ứng dụng trong rất nhiều các thiết bị công suất nhỏ, bao gồm các động cơ một chiều và xoay chiều, loa phóng thanh, microphone và trong các dụng cụ đo analog.