

CHƯƠNG III : VẬT LIỆU DẪN TỪ

Một trong những tác dụng cơ bản của dòng điện là tác dụng từ. Đó chính là cơ sở để chế tạo các loại máy điện. Để truyền tải được năng lượng từ trường cần phải có những vật liệu có từ tính, đó chính là nhóm vật liệu dẫn từ (còn gọi là vật liệu sắt từ). Để sử dụng có hiệu quả các vật liệu dẫn từ chúng ta phải am hiểu về khái niệm, tính chất, các đặc tính của vật liệu dẫn từ và công dụng của từng loại vật liệu dẫn từ. Nội dung bài học này nhằm trang bị cho người học những kiến thức cơ bản về vật liệu dẫn từ để sử dụng chúng một cách có hiệu quả tốt nhất.

Bài 3.1: KHÁI NIỆM VÀ TÍNH CHẤT VẬT LIỆU DẪN TỪ.

1. Khái niệm:

Một trong những tác dụng cơ bản của dòng điện là tác dụng từ. Đó chính là cơ sở để chế tạo các loại máy điện. Để truyền tải được năng lượng từ trường cần phải có những vật liệu có từ tính, đó chính là nhóm vật liệu dẫn từ (còn gọi là vật liệu sắt từ). Kim loại chủ yếu có từ tính là sắt cacbon, niken và các hợp kim của chúng, bên cạnh đó còn có coban cũng được gọi là chất sắt từ đã qua quá trình tinh luyện.

2. Tính chất vật liệu dẫn từ.

Các nguyên tố có tính chất sắt từ là: sắt cacbon, niken và các hợp kim của chúng, bên cạnh đó còn có coban cũng được gọi là chất sắt từ. Nguyên nhân chủ yếu gây nên từ tính của vật liệu là các điện tích luôn chuyển động nằm theo quỹ đạo kín, tạo nên những dòng điện vòng đó là sự quay của các điện tử xung quanh trục của mình và sự quay theo quỹ đạo của các điện tử trong nguyên tử.

Hiện tượng sắt từ là do trong một số vật liệu ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ nhất định đã phân thành những vùng mà trong từng vùng ấy các điện tử đều định hướng song song với nhau. Các vùng ấy được gọi là đômen từ.

Như vậy tính chất đặc trưng cho trạng thái sắt từ của các chất là nó có độ nhiễm từ tự phát ngay khi không có từ trường ngoài. Mặc dù trong chất sắt từ có những vùng từ hóa tự phát nhưng mômen từ của các đômen lại có hướng rất khác nhau. Các chất sắt từ đơn tinh thể có khả năng từ hóa dị hướng nghĩa là theo các trục khác nhau mức từ hóa khó hay dễ cũng khác nhau. Trong trường hợp các chất sắt từ đa tinh thể có tính dị hướng thể hiện rất rõ người ta gọi chất đó là có cấu tạo thớ từ tính. Tạo được thớ từ theo ý muốn có ý nghĩa lớn, nó được sử dụng trong kỹ

thuật để nâng cao đặc tính từ của vật liệu theo hướng xác định. Quá trình từ hóa vật liệu sắt từ dưới ảnh hưởng của từ trường bên ngoài gồm có các hiện tượng sau:

+ Tăng thể tích của các đômen có mômen từ tạo với hướng từ trường góc nhỏ nhất và giảm kích thước của các đômen khác (quá trình chuyển dịch mặt phân cách của các đômen).

+ Quay các véc tơ mômen từ hóa theo hướng từ trường ngoài (quá trình định hướng).

3. Các đặc tính của vật liệu dẫn từ .

Quá trình từ hóa vật liệu sắt từ có thể đặc trưng bằng đường cong từ hóa $B = f(H)$, có dạng tương tự với tất cả các vật liệu sắt từ.

Khi từ hóa chất sắt từ đơn tinh thể thì kích thước của chúng có thay đổi.

Quá trình từ hoá lại vật liệu sắt từ trong từ trường biến đổi bao giờ cũng có tổn hao năng lượng dưới dạng nhiệt do tổn hao từ trễ và tổn hao động học.

Tổn hao động học là do dòng điện xoáy cảm ứng trong khối sắt từ và một phần còn do hiệu ứng gọi là hậu quả từ hoá hay độ nhớt từ. Tổn hao dòng điện xoáy phụ thuộc vào điện trở. Điện trở suất chất sắt từ càng cao thì tổn hao dòng điện xoáy càng nhỏ.

Công suất tổn hao dòng điện xoáy có thể tính theo công thức:

$$P_f = \xi \cdot f^2 \cdot B_{\max}^2 \cdot V$$

Trong đó: ξ : là hệ số phụ thuộc vào loại chất sắt từ (trong đó phụ thuộc vào điện trở suất) và hình dáng của nó.

f : là tần số dòng điện.

B_{\max} : cảm ứng từ lớn nhất đạt được trong một chu trình.

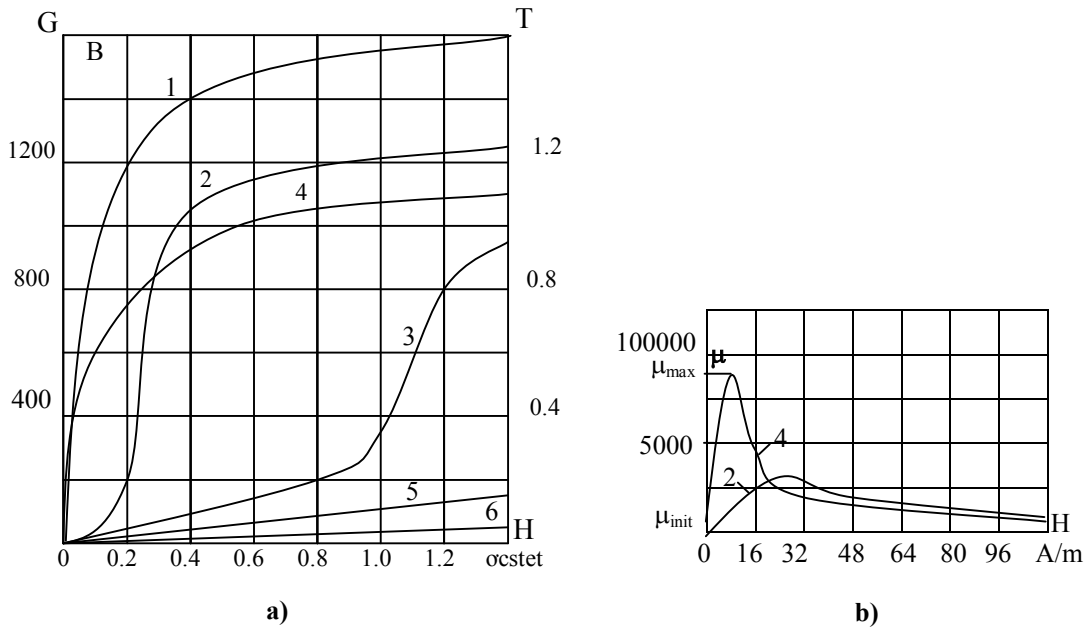
V : thể tích chất sắt từ.

Chú ý đến các tổn hao có liên quan tới hậu quả từ hoá khi chất sắt từ làm việc ở chế độ xung.

4. Đường cong từ hoá.

Độ từ thẩm là tỉ số của đại lượng cảm ứng từ B và cường độ từ trường H ở điểm xác trên đường cong từ hóa cơ bản. Trong hệ SI hằng số $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$.

Trên hình vẽ trục dọc bên trái đặt giá trị cảm ứng từ tính theo gauss, Bên phải tính theo hệ SI - tesla (T), $1 \text{gaus} = 10^{-4} \text{T}$. Trên trục ngang là cường độ từ trường H đơn vị là oerstet, theo hệ SI là A/m, $1 \text{oerstet} = 79,6 \text{ A/m} \approx 80 \text{ A/m}$. Việc tính đổi các trị số của cảm ứng từ hoặc cường độ từ trường từ thứ nguyên của một hệ đơn vị này sang hệ đơn vị khác rất đơn giản.



Hình 3.1 : Đường cong từ hóa và đường cong cường độ trường thấm từ cơ bản của một số vật liệu từ.

a) Đường cong từ hóa

b) Đường cong cường độ trường thấm từ

1. Sắt đặc biệt tinh khiết
2. Sắt tinh khiết (99,98%Fe)
3. Sắt kỹ thuật tinh khiết (99,92%Fe)
4. Pécmalô (78%Ni)
5. Niken
6. Hợp kim sắt - Niken (26%Ni)

Độ từ thấm μ_{bd} khi $H = 0$ gọi là độ từ thấm ban đầu, đó là trị số của nó trong trường yếu khoảng 0,001 ocstet. Giá trị lớn nhất của độ từ thấm gọi là độ từ thấm cực đại ký hiệu μ_{max} . ở từ trường mạnh, trong vùng bão hòa từ độ từ thấm tiến tới bằng 1.

Hệ số từ thấm động μ_{\sim} là đại lượng đặc trưng cho vật liệu sắt từ trong từ trường xoay chiều, nó là tỉ số giữa biên độ cảm ứng từ với biên độ cường độ từ trường:

$$\mu_{\sim} = \frac{B_{max}}{H_{max}}$$

Với sự tăng của tần số từ trường xoay chiều, độ từ thấm động giảm vì quán tính của các quá trình từ.

Nếu tiến hành từ hóa vật liệu sắt từ trong từ trường ngoài, sau đó bắt đầu ở một điểm nào đó trên đường cong từ hóa cơ bản, giảm cường độ từ trường thì cảm ứng từ cũng giảm, nhưng không theo đường từ hóa cơ bản mà giảm chậm hơn do hiện tượng từ trễ. Khi tăng từ trường theo chiều ngược lại thì mẫu vật liệu có thể bị khử từ và đó lại được từ hóa lại, nếu đổi chiều từ trường thì cảm ứng từ lại có thể quay lại điểm ban đầu. Ta có đường cong kín đặc trưng cho tình trạng từ hóa của mẫu, đó là vòng từ trễ của chu trình từ hóa.

Ở giai đoạn đầu khi tăng dòng điện từ hóa trong cuộn dây thì cường độ từ trường H sẽ tăng và cảm ứng từ B cũng tăng tỉ lệ thuận. Sau đó khi ta tăng H thì B tăng ít hơn. Giai đoạn gần bão hòa, hệ số giảm dần đến khi cường độ từ trường H đủ lớn thì từ cảm B hầu như không tăng nữa. Giai đoạn bão hòa từ và hệ số sẽ tiến tới 1.

Hệ số từ thẩm của chất sắt từ không phải là hằng số. Quan hệ giữa từ cảm B và cường độ từ trường H không phải là đường thẳng.

BÀI 3.2: MẠCH TỪ VÀ TÍNH TOÁN MẠCH TỪ.

Mạch từ là gồm lõi sắt từ có hay không có các khe không khí và từ thông sẽ đóng kín qua chúng. Việc sử dụng vật liệu sắt từ nhằm mục đích thu được từ trở cực tiểu, đối với từ trở này, sức từ động cần thiết để đảm bảo cảm ứng từ hay từ thông mong muốn có giá trị của nó nhỏ nhất. Mạch từ rất đơn giản bao gồm bởi lõi cuộn dây hình xuyên (hình 4.2) hoặc người ta dùng các mạch từ nối tiếp hay rẽ nhánh mà các đoạn có thể thực hiện bằng các vật liệu khác nhau, hay vật liệu cùng một bản chất (hình 4.4). Tính toán một mạch từ tức là xác định sức từ động theo các giá trị của từ thông đã cho, các kích thước của mạch và bản chất của các vật liệu được sử dụng.

1. Các công thức cơ bản

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

a, Định luật Kirchoffe 1: áp dụng cho mạch từ được phát biểu như sau.

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.

$$\sum_{i=1}^n \Phi_i = 0 \quad (4.1)$$

b, Định luật Kirchoffe 2: phát biểu như sau: đối với một mạch vòng khép kín trong mạch từ, tổng các từ áp rơi trên mạch vòng đó và các sức từ động bằng zero.

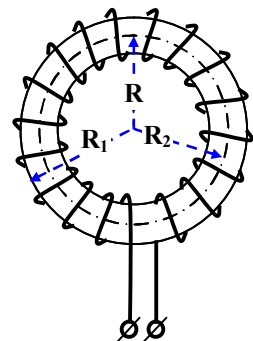
$$\sum_{i=1}^n F_i + \sum_{k=1}^m \Phi_K R_{mk} = 0. \quad (4.2)$$

c, Định luật Ohm phát biểu như sau: 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 đó.

$$\Phi_i Z_{mi} = U_{mi}. \quad (4.3)$$

Trong các công thức trên:

- Φ_i : là từ thông chảy qua các nhánh của mạch từ (wb).
- F_i : là 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 của các nhánh (1/H).
- U_{mi} : từ áp rơi trên các nhánh từ (A).



Hình 4.2: Cuộn dây hình xuyên