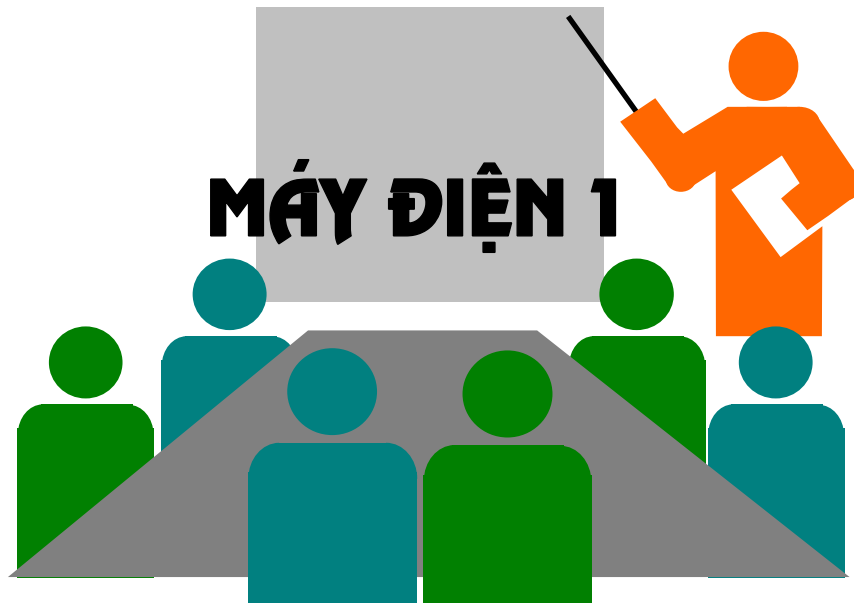


ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA ĐIỆN  
BỘ MÔN : ĐIỆN CÔNG NGHIỆP



Năm 2005

## Lời nói đầu

Máy điện nghiên cứu những ứng dụng của các hiện tượng điện từ nhằm biến đổi năng lượng. Máy điện là phần tử quan trọng nhất của bất kỳ thiết bị điện năng nào. Nó được sử dụng rộng rãi trong dân dụng, nông nghiệp, công nghiệp, giao thông vận tải, các hệ điều khiển và tự động điều chỉnh, khống chế.

Điện năng được sử dụng rộng rãi trong mọi lĩnh vực vì các ưu điểm sau:

- Điện năng được sản xuất tập trung với nguồn công suất lớn.
- Điện năng có thể truyền tải đi xa với hiệu suất cao.
- Điện năng dễ dàng biến đổi thành các dạng năng lượng khác.
- Nhờ điện năng có thể tự động hoá mọi quá trình sản xuất, nâng cao năng suất lao động.

Điện năng tuy được phát hiện chậm hơn các năng lượng khác, nhưng với việc phát hiện và sử dụng điện năng đã thúc đẩy cách mạng khoa học công nghệ tiến như vũ bão sang kỷ nguyên điện khí hoá và tự động hoá. Vào cuối thế kỷ 19, ngành kỹ thuật điện tử ra đời và giữa thế kỷ 20 chế tạo được linh kiện điện tử công suất có điều khiển, từ đó điện tử công suất phát triển đã thúc đẩy và làm thay đổi tận gốc rễ lĩnh vực kỹ thuật điện. Kỹ thuật điện và kỹ thuật điện tử hoà nhập phát triển, cùng với công nghệ thông tin đã đưa nền sản xuất xã hội sang giai đoạn kinh tế tri thức. Máy điện cũng không đứng ngoài sự phát triển đấy.

Giáo trình **Máy điện I** này gồm ba phần :

Phần I cung cấp các kiến thức về máy biến áp.

Phần II cung cấp các kiến thức chung về máy điện xoay chiều.

Phần III cung cấp các kiến thức nguyên lý, cấu tạo, đặc tính và ứng dụng của máy điện không đồng bộ.

Giáo trình Máy điện I được biên soạn dựa trên kinh nghiệm giảng dạy nhiều năm ở nhóm chuyên môn Điện Công Nghiệp - Khoa Điện - Trường Đại Học Bách Khoa - Đại Học Đà Nẵng và tham khảo giáo trình của các trường bạn. Đây là giáo trình đưa lên mạng nhằm giúp cho sinh viên chuyên ngành điện làm tài liệu tham khảo và học tập.

Do trình độ có hạn, giáo trình Máy điện I không tránh khỏi thiếu sót, xin hoan nghênh mọi sự góp ý của bạn đọc. Các ý kiến đóng góp xin gửi về tác giả ở nhóm chuyên môn Điện Công Nghiệp - Khoa Điện - Trường Đại Học Bách Khoa - Đại Học Đà Nẵng.

**Bùi Tấn Lợi**

**Đại Học Đà Nẵng - Trường Đại học Bách Khoa**  
**Khoa Điện - Nhóm Chuyên môn Điện Công Nghiệp**

**Giáo trình                    MÁY ĐIỆN 1**

**Biên soạn:    Bùi Tấn Lợi**

---

## Chương 0

# KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN

## 0.1 ĐỊNH NGHĨA VÀ PHÂN LOẠI

### 0.1.1. Định nghĩa.

Máy điện là thiết bị điện từ, nguyên lý làm việc dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ, về cấu tạo gồm mạch từ (lõi thép) và mạch điện (dây quấn), dùng để biến đổi các dạng năng lượng như cơ năng thành điện năng (máy phát điện) hoặc ngược lại như điện năng thành cơ năng (động cơ điện), hoặc dùng để biến đổi các thông số điện năng như điện áp, dòng điện, tần số, số pha ...

### 0.1.2. Phân loại máy điện.

Máy điện có nhiều loại và có nhiều cách phân loại khác nhau. Ở đây ta phân loại máy điện dựa vào nguyên lý biến đổi năng lượng như sau :

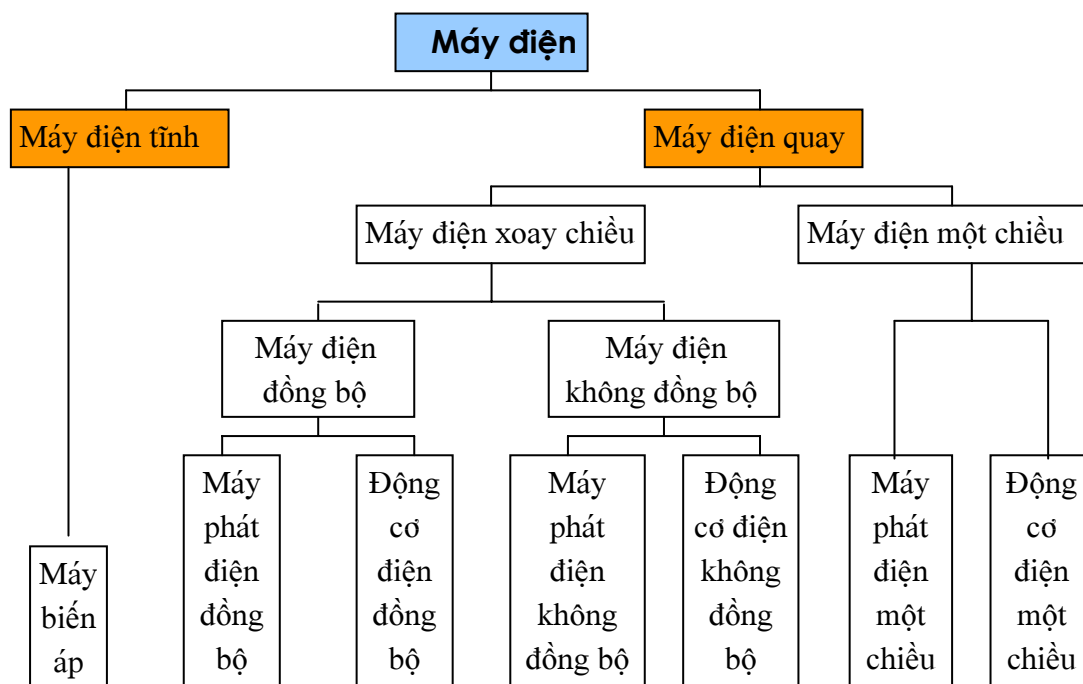
#### 1. Máy điện tĩnh :

Máy điện tĩnh làm việc dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ, do sự biến đổi từ thông trong các cuộn dây không có sự chuyển động tương đối với nhau. Máy điện tĩnh thường dùng để biến đổi các thông số điện năng như máy biến áp biến điện áp xoay chiều thành điện áp xoay chiều có giá trị khác,..

#### 2. Máy điện quay (hoặc có loại chuyển động thẳng):

Máy điện quay làm việc dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ, lực điện từ do từ trường và dòng điện trong các cuộn dây gây ra. Loại máy này dùng để biến đổi dạng năng lượng như cơ năng thành điện năng (máy phát điện) hoặc ngược lại như điện năng thành cơ năng (động cơ điện). Quá trình biến đổi năng lượng này có tính thuận nghịch nghĩa là máy điện có thể làm việc ở chế độ máy phát điện hoặc động cơ điện.

Sơ đồ phân loại máy điện thường gặp:



## 0.2 CÁC ĐỊNH LUẬT ĐIỆN TỪ CƠ BẢN DÙNG TRONG MÁY ĐIỆN

Trong nghiên cứu máy điện ta thường dùng các định luật sau: định luật cảm ứng điện từ, định luật lực điện từ và định luật mạch từ. Các định luật này đã được trình bày trong giáo trình vật lý, ở đây nêu lại những điểm chính áp dụng cho nghiên cứu máy điện.

### 0.2.1. Định luật cảm ứng điện từ

#### 1. Trường hợp từ thông xuyên qua vòng dây biến thiên.

Khi từ thông  $\Phi = \Phi(t)$  xuyên qua vòng dây biến thiên trong vòng dây sẽ cảm ứng sức điện động (sđđ)  $e(t)$ . Sđđ đó có chiều sao cho dòng điện do nó sinh ra tạo ra từ thông chống lại sự biến thiên của từ thông sinh ra nó (hình 0.1).

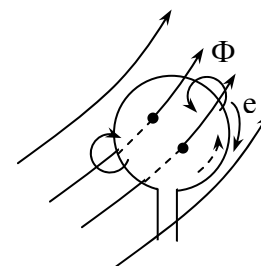
Sđđ cảm ứng trong một vòng dây được tính theo công thức Mắcxoen :

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} \quad [V] \quad (0.1)$$

Nếu cuộn dây có  $N$  vòng, sđđ cảm ứng là:

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Psi}{dt} \quad (0.2)$$

trong đó,  $\Psi = N\Phi$  [Wb] gọi là từ thông móc vòng của cuộn dây



**Hình 0.1** Chiều dương sđđ cảm ứng phù hợp với từ thông theo qui tắc vụn nút chai

## 2. Trường hợp thanh dẫn chuyển động thẳng góc với đường sức từ trường.

Khi thanh dẫn chuyển động thẳng góc với đường sức từ trường (đây là trường hợp thường gặp nhất trong máy điện), trong thanh dẫn cảm ứng sđđ có trị số là:

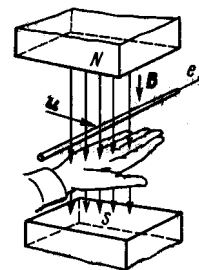
$$e = Blv \quad (0.3)$$

trong đó : B: cường độ từ cảm [T].

l : chiều dài tác dụng của thanh dẫn [m].

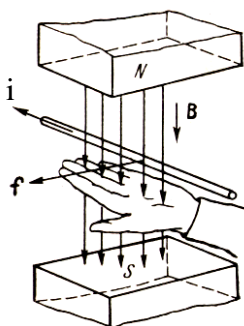
v: tốc độ dài thanh dẫn [m/s]

Còn chiều sđđ cảm ứng xác định theo qui tắc bàn tay phải (hình 0.2).



**Hình 0.2** Xác định sđđ cảm ứng theo qui tắc bàn tay phải

### 0.2.2. Định luật lực điện từ.



**Hình 0.3** Xác định lực điện từ theo qui tắc bàn tay trái

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

$$f = Bil \quad (0.4)$$

Trong đó, B : cường độ từ cảm, [T].

i : dòng điện chạy trong thanh dẫn, [A].

l : chiều dài thanh dẫn, [m].

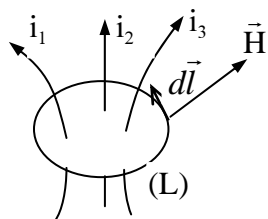
f : lực điện từ đo bằng Niuton, [N]

Chiều của lực điện từ f được xác định theo qui tắc bàn tay trái (hình 0.3).

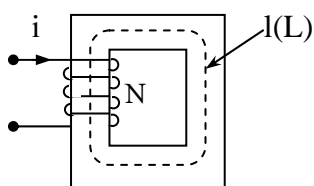
### 0.2.3. Định luật mạch từ. Tính toán mạch từ.

#### 1. Định luật mạch từ:

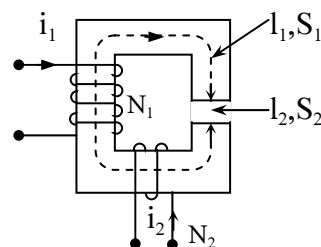
Lõi thép của máy điện là mạch từ. Mạch từ là mạch khép kín dùng để dẫn từ thông. Định luật mạch từ là định luật dòng điện toàn phần áp dụng vào mạch từ. Nội dung của định luật dòng điện toàn phần như sau:



**Hình 0.4** Minh họa định luật dòng điện toàn phần



**Hình 0.5** Mạch từ đồng nhất có một cuộn dây



**Hình 0.6** Mạch từ có khe hở không khí và hai cuộn dây

Nếu  $\vec{H}$  là vectơ cường độ từ trường do một tập hợp dòng điện  $i_1, i_2, \dots, i_k, \dots, i_n$ . tạo ra và nếu  $L$  là một đường cong kín bao quanh chúng thì:

$$\oint_{(L)} \vec{H} d\vec{l} = \sum i_k$$

Với  $d\vec{l}$  là độ dời vi phân trên  $(L)$  (hình 0.4). Dấu của  $i_k$  xác định theo qui tắc vặn nút chai: Quay cái vặn nút chai theo chiều  $d\vec{l}$ , chiều tiến của vặn nút chai trùng với chiều dòng điện  $i_k$  thì dòng điện  $i_k$  mang dấu dương, còn ngược lại lấy dấu âm.

Định luật dòng điện toàn phần áp dụng vào mạch từ đồng nhất có một cuộn dây như hình 0.5, ta có như sau:

$$H.l = Ni = F$$

Với: 
$$Hl = \frac{B}{\mu} l = \frac{1}{\mu} \frac{l}{S} \Phi = R_{\mu} \Phi$$

Vậy 
$$Hl = R_{\mu} \Phi = Ni = F \quad (0.5)$$

Trong đó:

$H$ [At/m]: Cường độ từ trường trong mạch từ.

$B = \mu H$  [T]: Từ cảm (mật độ từ thông) trong mạch từ.

$\mu = \mu_r \mu_0$  [H/m]: Độ từ thẩm tuyệt đối của mạch từ.

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  [H/m]: độ từ thẩm của không khí.

$\mu_r = \mu / \mu_0$ : Độ từ thẩm tương đối của mạch từ.

$l$ [m]: Chiều dài trung bình của mạch từ.

$N$ : Số vòng dây của cuộn dây.

$I$ [A]: gọi là dòng điện từ hóa, tạo ra từ thông cho mạch từ.

$F = Ni$  [At/m]: gọi là sức từ động (std)

$H.l$ : gọi là từ áp rơi trong mạch từ.

$S$ [m<sup>2</sup>): tiết diện ngang của mạch từ.

$$R_{\mu} = \frac{1}{\mu} \frac{l}{S} \text{ [At/Wb] từ trở của mạch từ.}$$

Cũng áp dụng định luật dòng điện toàn phần vào mạch từ gồm hai đoạn có chiều dài  $l_1$  và  $l_2$  tiết diện  $S_1$  và  $S_2$ , hình 0.6, ta có:

$$H_1.l_1 - H_2.l_2 = N_1.i_1 - N_2.i_2$$

Trong đó:

$H_1, H_2$ [At/m]: Cường độ từ trường tương ứng trong đoạn mạch từ 1, 2.

$l_1, l_2$ [m]: Chiều dài trung bình của đoạn mạch từ 1, 2.

$i_1.N_1, i_2.N_2$  [At]: Std của cuộn dây 1, 2.

Một cách tổng quát, mạch từ gồm  $m$  đoạn ghép nối tiếp định luật mạch từ được viết:

$$\sum_{j=1}^m H_j l_j = \sum_{j=1}^m R_{\mu j} \Phi = \sum_{k=1}^n N_k i_k = \sum_{k=1}^n F_k = F \quad (0.6)$$

trong đó, dòng điện  $i_k$  nào có chiều phù hợp với chiều từ thông  $\Phi$  đã chọn theo qui tắc vặn nút chai sẽ mang dấu dương, còn ngược lại sẽ mang dấu âm;  $j$  - chỉ số tên đoạn mạch từ;  $k$  - chỉ số tên cuộn dây có dòng điện.

## 2. Tính toán mạch từ:

Việc tính toán mạch từ thường gặp hai loại bài toán sau :

**Bài toán thuận :** Cho biết từ thông  $\Phi$ , tìm std  $F = Ni$  để tạo ra từ thông đó.

**Cách giải :** Tiến hành gồm ba bước sau :(xét mạch từ gồm  $j$  đoạn nối tiếp, từ thông  $\Phi$  bằng nhau ở mọi tiết diện  $S_j$  trong các đoạn mạch từ ).

**Bước 1:** Tính từ cảm mỗi đoạn mạch từ :  $B_j = \Phi/S_j$  ;  $j$  là chỉ số tên đoạn mạch từ.

Suy ra cường độ từ trường  $H_j$  như sau:

Nếu đoạn mạch từ là vật liệu sắt từ, tra đường cong từ hóa  $B = f(H)$  để tìm  $H$ .

Nếu đoạn mạch từ là khe hở không khí thì  $H_0 = B_0/\mu_0$  .

**Bước 2:** Suy ra std tổng để tạo ra từ thông  $\Phi$  từ công thức (0.6):

$$F = \sum_{j=1}^m H_j l_j \quad (0.7)$$

**Bước 3:** Tùy theo bài toán mà ta tìm được dòng điện  $i$  hoặc số vòng dây  $W$ .

**Bài toán ngược :** Biết std  $F$ , tìm từ thông  $\Phi$ .

Loại bài toán này phức tạp. Do vật liệu từ có độ từ thẩm  $\mu$  phụ thuộc từ thông  $\Phi$  nên từ trở  $R_{\mu}$  cũng phụ thuộc  $\Phi$ . Vì chưa biết  $\Phi$  nên cũng chưa biết  $R$ . Phương trình (0.6) trở thành:

$$\sum_{j=1}^m R_{\mu j}(\Phi)\Phi = F(\Phi) \quad (0.8).$$

Đây là phương trình phi tuyến, thường dùng phương pháp gần đúng để giải.

## 0.3. CÁC VẬT LIỆU CHẾ TẠO MÁY ĐIỆN

Vật liệu chế tạo máy điện gồm vật liệu cấu trúc, vật liệu tác dụng và vật liệu cách điện. Vật liệu cấu trúc là vật liệu để chế tạo các chi tiết chịu các tác động cơ học như trục, ổ trục, thân máy, nắp. Vật liệu tác dụng là vật liệu dùng để chế tạo những bộ phận dẫn điện và từ. Còn vật liệu cách điện dùng để cách điện giữa phần dẫn điện với không dẫn điện và giữa các phần dẫn điện với nhau.

### 0.3.1. Vật liệu dẫn điện

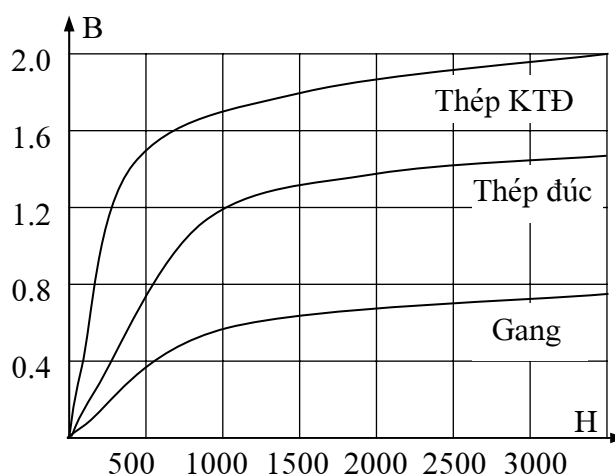
Vật liệu dẫn điện để chế tạo máy điện tốt nhất là đồng vì chúng không đắt lắm và có điện trở suất nhỏ. Ngoài ra còn dùng nhôm và các hợp kim khác như đồng

thau, đồng photpho. Dây đồng hoặc dây nhôm được chế tạo theo tiết diện tròn hoặc tiết diện chữ nhật có bọc cách điện. Với những máy có công suất nhỏ và trung bình, điện áp dưới 1000V thường dùng dây dẫn bọc êmay vì lớp cách điện của nó mỏng và đạt độ bền yêu cầu.

### 0.3.2. Vật liệu dẫn từ

Vật liệu dẫn từ trong máy điện là vật liệu sắt từ như thép kỹ thuật điện, gang, thép đúc, thép rèn ...

Ở các phần dẫn từ có từ thông biến đổi với tần số 50Hz thường dùng thép lá kỹ thuật điện dày  $0,35 \div 1\text{mm}$ , trong thành phần thép có từ  $2 \div 5\%$  silic để tăng điện trở của thép, giảm dòng điện xoáy. Thép kỹ thuật điện được chế tạo bằng phương pháp cán nóng hoặc cán nguội. Hiện nay thường dùng thép cán nguội để chế tạo các máy điện vì thép cán nguội có độ từ thẩm cao hơn và suất tổn hao nhỏ hơn thép cán nóng. Trên hình 0.7 trình bày đường cong từ hóa của một số vật liệu dẫn từ khác nhau. Cùng một dòng điện kích từ, ta thấy thép kỹ thuật điện có từ cảm lớn nhất, sau đó là thép đúc và cuối cùng là gang.



Hình 0.7 Đường cong từ hóa của một số vật liệu từ

Ở các phần dẫn từ có từ thông không đổi thường dùng thép đúc, thép rèn, hoặc thép lá.

### 0.3.3. Vật liệu cách điện

Vật liệu cách điện trong máy điện phải có cường độ cách điện cao, chịu nhiệt tốt, tản nhiệt tốt, chống ẩm và bền về cơ học. Cách điện bọc dây dẫn chịu được nhiệt độ cao thì nhiệt độ cho phép của dây dẫn càng lớn và dây dẫn chịu được dòng tải lớn.

Chất cách điện của máy điện phần lớn ở thể rắn và gồm có 4 nhóm:

- Chất hữu cơ thiên nhiên như giấy, lụa
- Chất vô cơ như amiăng, mica, sợi thủy tinh.
- Các chất tổng hợp.
- Các loại men và sơn cách điện.

Chất cách điện tốt nhất là mica nhưng đắt. Giấy, vải, sợi... rẻ nhưng dẫn nhiệt và cách điện kém, dễ bị ẩm. Vì vậy chúng phải được tẩm sấy để cách điện tốt hơn.



Căn cứ độ bền nhiệt, vật liệu cách điện được chia ra các cấp như sau:

- Cấp Y : Nhiệt độ cho phép là  $90^{\circ}\text{C}$ , bao gồm bông, giấy, vải, tơ lụa, sợi tổng hợp, không được tẩm sấy bằng sơn cách điện.
- Cấp A : Nhiệt độ cho phép là  $105^{\circ}\text{C}$ , bao gồm vải sợi xenlulô, sợi tự nhiên hoặc nhân tạo được qua tẩm sấy bằng sơn cách điện.
- Cấp E : Nhiệt độ cho phép là  $120^{\circ}\text{C}$ , bao gồm màng vải, sợi tổng hợp gốc hữu cơ có thể chịu được nhiệt độ tương ứng.
- Cấp B : Nhiệt độ cho phép là  $130^{\circ}\text{C}$ , bao gồm các vật liệu gốc mica, sợi thủy tinh hoặc amiăng được liên kết bằng sơn hoặc nhựa gốc hữu cơ có thể chịu được nhiệt độ tương ứng.
- Cấp F : Nhiệt độ cho phép là  $155^{\circ}\text{C}$ , giống như loại B nhưng được tẩm sấy và kết dính bằng sơn hoặc nhựa tổng hợp có thể chịu được nhiệt độ tương ứng.
- Cấp H : Nhiệt độ cho phép là  $180^{\circ}\text{C}$ , giống như cấp B nhưng dùng sơn tẩm sấy hoặc chất kết dính gốc silic hữu cơ hoặc các chất tổng hợp có khả năng chịu được nhiệt độ tương ứng.
- Cấp C : Nhiệt độ cho phép là  $>180^{\circ}\text{C}$ , bao gồm các vật liệu gốc mica, thủy tinh và các hợp chất của chúng dùng trực tiếp không có chất liên kết. Các chất vô cơ có phụ gia liên kết bằng hữu cơ và các chất tổng hợp có khả năng chịu được nhiệt độ tương ứng.

Ngoài ra còn có chất cách điện ở thể khí (không khí) và thể lỏng (dầu biến áp).

Khi máy điện làm việc, do tác động của nhiệt độ, chấn động và các tác động lý hóa khác cách điện sẽ bị lão hóa nghĩa là mất dần các tính bền về điện và cơ. Thực nghiệm cho biết, khi nhiệt độ tăng quá nhiệt độ làm việc cho phép  $8-10^{\circ}\text{C}$  thì tuổi thọ của vật liệu cách điện giảm đi một nửa.

#### **0.4. PHÁT NÓNG VÀ LÀM MÁT MÁY ĐIỆN**

Trong quá trình biến đổi năng lượng luôn có sự tổn hao. Tổn hao trong máy điện gồm tổn hao sắt từ (do hiện tượng từ trễ và dòng xoáy) trong thép, tổn hao đồng trong dây quấn và tổn hao do ma sát (ở máy điện quay). Tất cả các tổn hao năng lượng đều biến thành nhiệt làm cho máy điện nóng lên.

Để làm mát máy điện, phải có biện pháp tản nhiệt ra môi trường xung quanh. Sự tản nhiệt không những phụ thuộc vào bề mặt làm mát của máy mà còn phụ thuộc vào sự đối lưu không khí xung quanh hoặc của môi trường làm mát khác như dầu máy biến áp... Thường vỏ máy điện được chế tạo có các cánh tản nhiệt và máy điện có hệ thống quạt gió để làm mát.

Kích thước của máy, phương pháp làm mát phải được tính toán và lựa chọn để cho độ tăng nhiệt của vật liệu cách điện trong máy không vượt quá độ tăng nhiệt

cho phép, đảm bảo cho vật liệu cách điện làm việc lâu dài, tuổi thọ của máy khoảng 20 năm.

Khi máy điện làm việc ở chế độ định mức, độ tăng nhiệt của các phần tử không vượt quá độ tăng nhiệt cho phép. Khi máy quá tải độ tăng nhiệt của máy sẽ vượt quá nhiệt độ cho phép, vì thế không cho phép máy làm việc quá tải lâu dài.

### **0.5. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU MÁY ĐIỆN**

Việc nghiên cứu máy điện gồm các bước sau:

1. Mô tả các hiện tượng vật lý xảy ra trong máy điện.
2. Dựa vào các định luật vật lý, viết phương trình toán học mô tả sự làm việc của máy điện. Đó là mô hình toán của máy điện.
3. Từ mô hình toán thiết lập mô hình mạch, đó là sơ đồ thay thế của máy điện.
4. Từ mô hình toán và mô hình mạch, tính toán các đặc tính và nghiên cứu máy điện, khai thác sử dụng theo các yêu cầu cụ thể.

