

CHƯƠNG 1 KHÁI NIỆM VỀ VẬT LIỆU ĐIỆN

Mục đích chương này nhắc lại một số kiến thức cơ bản đã được học ở phổ thông trung học cần thiết về cấu tạo vật chất trước khi nghiên cứu những vật liệu kỹ thuật điện cụ thể.

1.1.KHÁI NIỆM VỀ VẬT LIỆU ĐIỆN

1.1.1. KHÁI NIỆM

Vật liệu điện là tất cả những chất liệu dùng để sản xuất các thiết bị sử dụng trong lĩnh vực ngành điện. Thường được phân ra các vật liệu theo đặc điểm, tính chất và công dụng của nó, thường là các vật liệu dẫn điện, vật liệu cách điện, vật liệu bán dẫn và vật liệu dẫn từ.

1.1.2.CẤU TẠO NGUYÊN TỬ CỦA VẬT LIỆU

Nguyên tử là phần tử cơ bản nhất của vật chất. Mọi vật chất đều được cấu tạo từ nguyên tử và phân tử theo mô hình nguyên tử của Bo.

Nguyên tử được cấu tạo bởi hạt nhân mang điện tích dương (gồm proton p và nơtron n) và các điện tử mang điện tích âm (electron, ký hiệu là e) chuyển động xung quanh hạt nhân theo một quỹ đạo xác định.

Nguyên tử : Là phần nhỏ nhất của một phân tử có thể tham gia phản ứng hoá học, nguyên tử gồm có hạt nhân và lớp vỏ điện tử hình 1.1

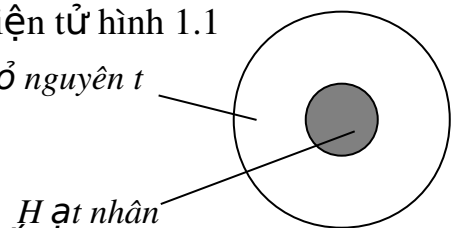
- Hạt nhân : gồm có các hạt Proton và Nơtron

- Vỏ hạt nhân gồm các electron chuyển động

xung quanh hạt nhân theo quỹ đạo xác định.

Tùy theo mức năng lượng mà các điện tử được xếp

Thành lớp.



Hình 1.1. Cấu tạo nguyên tử

Ở điều kiện bình thường, nguyên tử trung hòa về điện, tức là:

$$(+)\text{hạt nhân} = (-)\text{e}$$

Khối lượng của e rất nhỏ: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ (Kg)

$$q_e = 1,601 \cdot 10^{-19}$$
 (C)

Do điện tử có khối lượng rất nhỏ cho nên độ linh hoạt của tốc độ chuyển động khá cao. Ở một nhiệt độ nhất định, tốc độ chuyển động của electron rất cao. Nếu vì nguyên nhân nào đó một nguyên tử bị mất điện tử e

thì nó trở thành Ion (+), còn nếu nguyên tử nhận thêm e thì nó trở thành Ion (-).

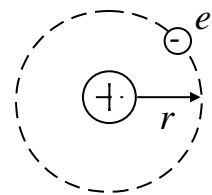
Quá trình biến đổi 1 nguyên tử trung hòa trở thành điện tử tự do hay Ion (+) được gọi là quá trình Ion hóa.

Để có khái niệm về năng lượng của điện tử xét trường hợp đơn giản của nguyên tử Hydro, nguyên tử này được cấu tạo từ một proton và một điện tử e (hình 1.2).

Khi điện tử chuyển động trên quỹ đạo có bán kính r bao quanh hạt nhân, thì giữa hạt nhân và điện tử e có 2 lực:

$$\text{Lực hút (lực hướng tâm): } f_1 = \frac{q^2}{r} \quad (1-1)$$

$$\text{và lực ly tâm: } f_2 = \frac{mv^2}{r} \quad (1-2)$$



Hình 1.2. Mô hình nguyên tử H

trong đó:

m - khối lượng của điện tử,

v - vận tốc dài của chuyển động tròn

$$\text{Ở trạng thái trung hòa, hai lực này cân bằng: } f_1 = f_2 \text{ hay } mv^2 = \frac{q^2}{r} \quad (1-3)$$

Năng lượng của điện tử sẽ bằng:

$$W_e = T + U \text{ (Động năng T + Thế năng U)}$$

$$\text{trong đó: } T = \frac{mv^2}{2}, U = -\frac{q^2}{r}.$$

$$\text{Vậy } W_e = T + U = \frac{q^2}{2r} - \frac{q^2}{r} = -\frac{q^2}{2r} \text{ hay } W_e = -\frac{q^2}{2r} \quad (1-4)$$

Biểu thức trên chứng tỏ mỗi điện tử của nguyên tử đều tương ứng với một mức năng lượng nhất định và để di chuyển nó tới quỹ đạo xa hơn phải cung cấp năng lượng cho điện tử,... Năng lượng của điện tử phụ thuộc vào bán kính quỹ đạo chuyển động. Điện tử ngoài cùng có mức năng lượng thấp nhất do đó dễ bị bứt ra và trở thành trạng thái tự do. Năng lượng cung cấp cho điện tử e để nó trở thành trạng thái tự do gọi là năng lượng Ion hóa (W_i).

Để tách một điện tử trở thành trạng thái tự do thì phải cần một năng lượng $W_i - W_e$. Khi $W_i - W_e$ chỉ kích thích dao động trong một khoảng thời gian rất ngắn, các nguyên tử sau đó lại trở về trạng thái ban đầu.

Năng lượng Ion hóa cung cấp cho nguyên tử có thể là năng lượng nhiệt, năng lượng điện trường hoặc do va chạm, năng lượng tia tử ngoại, tia cực tím, phóng xạ.

Ngược lại với quá trình Ion hóa là quá trình kết hợp:

Nguyên tử + e Ion (-).

Ion (+) + e nguyên tử, phân tử trung hòa.

1.1.3. CẤU TẠO PHÂN TỬ CỦA VẬT LIỆU

Là phần nhỏ nhất của một chất ở trạng thái tự do nó mang đầy đủ các đặc điểm, tính chất của chất đó, trong phân tử các nguyên tử liên kết với nhau bởi liên kết hóa học. Vật chất được cấu tạo từ nguyên, phân tử hoặc ion theo các dạng liên kết dưới đây:

1.1.3.1. Liên kết đồng hóa trị

Liên kết này đặc trưng bởi sự kiện là một số điện tử đã trở thành chung cho các nguyên tử tham gia hình thành phân tử.

Lấy cấu trúc của phân tử clo làm ví dụ: phân tử này gồm 2 nguyên tử clo và như đã biết, nguyên tử clo có 17 điện tử, trong đó 7 điện tử ở lớp ngoài cùng (điện tử hoá trị). Hai nguyên tử clo liên kết bền vững với nhau bằng cách sử dụng chung hai điện tử như trên hình 1.3. Lớp vỏ ngoài cùng của mỗi nguyên tử được bổ sung thêm một điện tử của nguyên tử kia.



Hình 1.3.

Phân tử liên kết đồng hoá trị có thể là trung tính hoặc cực tính. Phân tử clo thuộc loại trung tính vì các trung tâm điện tích dương và điện tích dương trùng nhau.

Axit clohydric HCl là ví dụ của phân tử cực tính. Các trung tâm điện tích dương và âm cách nhau một khoảng và như vậy phân tử này được xem như một lưỡng cực điện.

Tùy theo cấu trúc các phân tử đối xứng hay không đối xứng mà chia các phân tử ra làm hai loại

- Phân tử không phân cực là phân tử mà trọng tâm điện tích âm trùng với trọng tâm điện tích dương

- Phân tử phân cực là phân tử mà tâm điện tích âm cách trọng tâm điện tích dương một khoảng l

Để đặc trưng cho sự phân cực người ta dùng mô men lưỡng cực

$$\vec{P}_e = q \cdot \vec{l}$$

Trong đó:

q: là điện tích

\vec{l} : có chiều -q đến +q và có độ lớn bằng l (khoảng cách giữa trọng tâm điện tích dương và trọng tâm điện tích âm)

1.1.3.2. Liên kết Ion

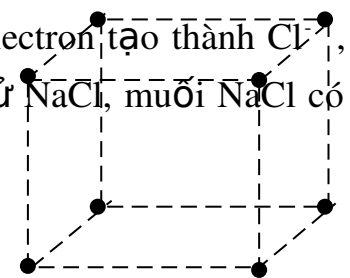
Liên kết ion được xác lập bởi lực hút giữa các Ion (+) và Ion(-). Liên kết này chỉ xảy ra giữa các nguyên tử của các nguyên tố hóa học có tính chất khác nhau.

Đặc trưng cho dạng liên kết kim loại là liên kết giữa các kim loại và phi kim để tạo thành muối, cụ thể là Halogen và kim loại kiềm gọi là muối Halogen của kim loại kiềm.

Liên kết này khá bền vững. Do vậy nhiệt độ nóng chảy của các chất có liên kết Ion rất cao

Ví dụ: liên kết giữa Na và Cl trong muối NaCl là liên kết ion (vì Na có 1 electron ở lớp ngoài cùng cho nên dễ nhường 1 electron tạo thành Na⁺, Cl có 7 electron ở lớp ngoài cùng cho nên dễ nhận 1 electron tạo thành Cl⁻, hai ion này hút nhau sẽ hình thành phân tử NaCl, muối NaCl có tính hút ẩm cực cao ở nhiệt độ thường ngoài ra còn có các điện tử tự do. Do đó, kim loại có tính chất dẫn điện, dẫn nhiệt tốt.

Khi không kể đến chuyển động nhiệt thì các hạt (gồm nguyên tử, phân tử hoặc ion) ở một vị trí xác định gọi là nút. Các nút được sắp xếp theo một trật tự xác định hợp thành mạng tinh thể.



Hình 1.4. Mạng tinh thể cơ bản của kim loại

Khi không kể đến chuyển động nhiệt thì các hạt (gồm nguyên tử, phân tử hoặc ion) ở một vị trí xác định gọi là nút. Các nút được sắp xếp theo một trật tự xác định hợp thành mạng tinh thể.

Hình 1.4 là mạng tinh thể lập phương (cơ bản) của kim loại.
 Dạng liên kết này giải thích được những tính chất đặc trưng của kim loại:
 - Tính nguyên khối (rắn): Lực hút giữa các ion âm và các điện tử tạo nên tính nguyên khối, kim loại thường ở dạng mạng tinh thể
 - Tính dẻo: do sự dịch chuyển và trượt lên nhau của các ion
 - Do tồn tại các điện tử tự do nên kim loại thường có ánh kim, dẫn điện và dẫn nhiệt cao.

1.1.3.4. Liên kết VanDerVan:

Tương tự như liên kết kim loại nhưng là liên kết yếu, do vậy nhiệt độ nóng chảy thấp (Ví dụ: parafin).

1.1.4. NHỮNG KHUYẾT TẬT TRONG CẤU TẠO VẬT RẮN

Thực tế các mạng tinh thể có kết cấu đồng đều hay không đồng đều, tuy nhiên trong kỹ thuật người ta thường sử dụng các những vật liệu có cấu trúc đồng đều. Sự phá hủy các kết cấu đều và tạo nên các khuyết tật trong vật rắn thường gặp nhiều trong thực tế. Những khuyết tật có thể được tạo

Các tạp chất
 Lỗ trống
 Khuyết tật trong vật rắn
 Các dạng khuyết tật trong vật rắn
 Tinh thể lý
 Các tạp chất
 Các dạng khuyết tật trong vật rắn thường gặp nhiều trong thực tế. Những khuyết tật có thể được tạo nên bằng sự ngẫu nhiên xảy ra trong quá trình công nghệ chế tạo vật liệu.
 Khuyết tật trong vật rắn là tất cả những hiện tượng làm cho trạng thái điện của mạng tinh thể không hoàn hảo.
 Các dạng khuyết tật trong vật rắn thường là: tạp chất, lỗ trống, khe rãnh.
 Tinh thể lý
 Các tạp chất
 Các dạng khuyết tật trong vật rắn thường tạo ra những tính chất vật lý đặc biệt, được ứng dụng trong công nghệ vật liệu và dụng cụ khác nhau.
 Ví dụ: các bán dẫn p-n là hợp kim của tử...
 Chèn nguyên tử vào giữa
 Dịch chuyển
 5

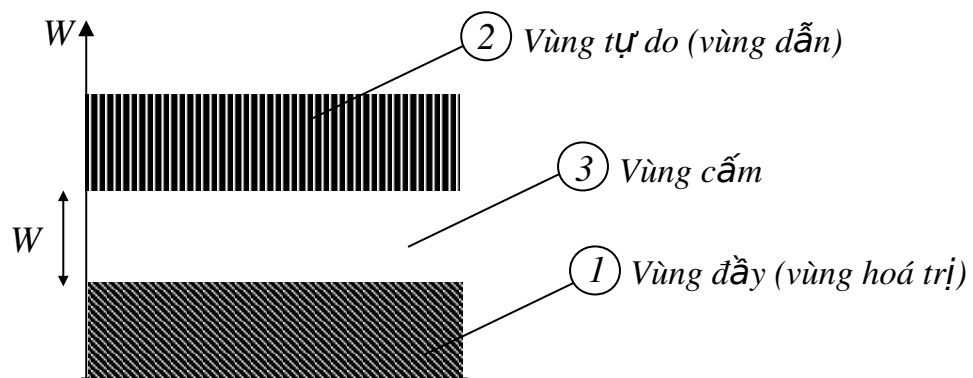
1.1.5. LÝ THUYẾT PHÂN VÙNG NĂNG LƯỢNG VẬT CHẤT

Trên hình 1.5 cho sơ đồ phân bố vùng năng lượng của vật rắn ở nhiệt độ tuyệt đối 0°K .

Mỗi một điện tử đều có một mức năng lượng nhất định. Các điện tử hóa trị của lớp ngoài cùng ở nhiệt độ 0°K chúng tập trung lại thành một vùng, gọi là vùng hóa trị hay vùng đầy (1).

Các điện tử tự do có mức năng lượng cao hơn tập hợp lại thành dải tự do gọi là vùng tự do hay vùng dẫn (2).

Giữa vùng đầy và vùng tự do có một vùng trống gọi là vùng cấm (3).



Hình 1.5. Sơ đồ phân bố vùng năng lượng của vật rắn ở 0°K

Để một điện tử hóa trị ở vùng đầy trở thành trạng thái tự do cần cung cấp cho nó một năng lượng W đủ để vượt qua vùng cấm:

$$W > W_g \quad (W_g: \text{năng lượng vùng cấm}).$$

Khi điện tử từ vùng đầy vượt qua vùng cấm sang vùng tự do nó tham gia vào dòng điện dẫn. Tại vùng đầy sẽ xuất hiện các lỗ trống (hình dung như một điện tích dương) do điện tử nhảy sang vùng tự do tạo ra. Các lỗ trống liên tục thay đổi vì khi một điện tử của một vị trí bứt ra tạo thành một lỗ trống thì một điện tử của nguyên tử ở vị trí lân cận lại nhảy vào lấp đầy lỗ trống đó và lại tạo ra một lỗ trống mới khác, ... cứ như vậy dẫn đến các lỗ trống liên tục được thay đổi tạo thành những cặp “điện tử lỗ” trong vật chất. Khi có tác động của của điện trường các lỗ sẽ chuyển động theo chiều của điện trường giống như các điện tích dương, còn các điện tử sẽ chuyển động theo chiều ngược lại. Cả hai chuyển động này hình thành tính dẫn điện của vật chất.

Số lượng điện tử trở thành trạng thái tự do tùy theo mức độ năng lượng từ cao xuống thấp.

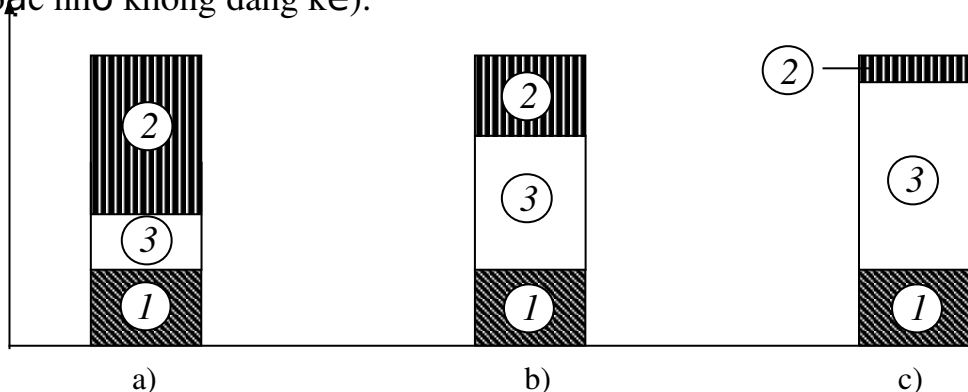
Dựa vào lý thuyết phân vùng năng lượng, người ta chia ra vật liệu kỹ thuật điện thành: vật liệu dẫn điện, vật liệu cách điện và vật cách điện (chất điện môi).

- Đối với vật liệu cách điện (hình 1.6c): Vùng dẫn (2) rất nhỏ.

Vùng cấm (3) rộng tới mức ở điều kiện bình thường các điện tử hoá trị tuy được cung cấp thêm năng lượng của chuyển động nhiệt vẫn không thể di chuyển tới vùng dẫn (2) để trở thành tự do.

Năng lượng W của vùng (3) lớn, $W_{CB} = 1,5$ eV

Như vậy trong điều kiện bình thường vật liệu có điện dẫn bằng không (hoặc nhỏ không đáng kể).



7 Hình 1.6

a) Vật liệu dẫn điện

b) Vật liệu bán dẫn

c) Vật liệu cách điện

- Đối với vật liệu bán dẫn có vùng hoá trị (1) nằm sát hơn vùng dẫn (2) so với vật liệu cách điện (hình 1.6b). Năng lượng vùng cấm (3) lớn hơn so với vật liệu cách điện:

$$W_{BD} = 1,2 \quad 1,5 \text{ eV.}$$

nên ở điều kiện bình thường một số điện tử hoá trị trong vùng (1) với sự tiếp sức của chuyển động nhiệt đã có thể chuyển tới vùng (2) để hình thành tính dẫn điện của vật liệu.

- Đối với vật liệu dẫn điện (hình 1.6a): có vùng hoá trị (1) nằm sát hơn vùng dẫn (2) so với vật liệu bán dẫn, với mức năng lượng vùng cấm:

$$W_{DD} < 0,2 \text{ eV.}$$

Các điện tử hoá trị trong vùng (1) có thể di chuyển một cách không điều kiện tới vùng (2) và do đó loại vật liệu này có điện dẫn rất cao.

§ Vật liệu dẫn điện tốt: $W = 0$.

§ Vật liệu siêu dẫn: $W < 0$.

Chú ý: Vật liệu điện không phải cố định hoàn toàn. Chúng có thể chuyển đổi từ vật dẫn sang bán dẫn hoặc cách điện hoặc ngược lại... tùy thuộc vào năng lượng tác động giữa chúng hay phụ thuộc vào điều kiện tác động của môi trường. Ở điều kiện này có thể là vật cách điện nhưng ở điều kiện khác nó lại trở thành vật dẫn điện.

Ngoài cách phân loại vật liệu nêu trên, dựa vào độ từ thẩm người ta còn phân loại vật liệu theo từ tính.

Những chất có độ từ thẩm:

> 1: gọi là vật liệu thuận từ.

<1: gọi là vật liệu nghịch từ.

>>1: gọi là vật liệu dẫn từ.

1.2. PHÂN LOẠI VẬT LIỆU ĐIỆN

1.2.1. Phân loại theo khả năng dẫn điện

Trên cơ sở giản đồ năng lượng người ta phân loại theo vật liệu cách điện (điện môi), bán dẫn và dẫn điện

1. **Điện môi:** là chất có vùng cấm lớn đến mức ở điều kiện bình thường sự dẫn điện bằng điện tử không xảy ra. Các điện tử hóa trị tuy được cung cấp thêm năng lượng của chuyển động nhiệt vẫn không thể duy chuyển tới vùng tự do để tham gia vào dòng điện dẫn. Chiều rộng vùng cấm của điện môi W nằm trong khoảng từ 1,5 đến vài điện tử von (eV).

2. **Bán dẫn:** là chất có vùng cấm hẹp hơn so với điện môi, vùng này có thể thay đổi nhờ tác động năng lượng từ bên ngoài. Chiều rộng vùng cấm chất bán dẫn bé ($W=0,5-1,5eV$), do đó ở nhiệt độ bình thường một số điện tử hóa trị ở vùng đầy được tiếp sức của chuyển động nhiệt có thể di chuyển tới vùng tự do để tham gia vào dòng điện dẫn.

3. **Vật dẫn:** là chất có vùng tự do nằm sát với vùng đầy thậm chí có thể chồng lên vùng đầy ($W < 0,2eV$). Vật dẫn điện có số lượng điện tử tự do lớn, ở nhiệt độ bình thường các điện tử hóa trị trong vùng đầy có thể chuyển sang vùng tự do rất dễ dàng, dưới tác dụng của lực điện trường các điện tử này tham gia vào dòng điện dẫn, chính vì vậy vật dẫn có tính dẫn điện tốt.

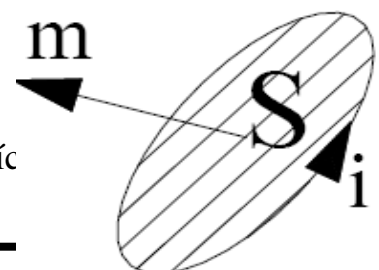
1.2.2. Phân loại theo từ tính

Nguyên nhân chủ yếu của vật liệu gây nên từ tính là do các điện tích chuyển động ngẫu nhiên theo quỹ đạo kín tạo nên những dòng điện vòng. Cụ thể hơn đó là do sự quay của các điện tử xung quanh trục của chúng – spin điện tử và sự quay theo quỹ đạo của các điện tử trong nguyên tử.

- Các điện tử chuyển động xung quanh hạt nhân tạo nên dòng điện cơ bản mà nó được đặc trưng bởi mômen từ M . Mômen từ M tính bằng tích của dòng điện cơ bản với một diện tích S được giới hạn bởi đường viền cơ bản:

$$M = i.S$$

Chiều véc tơ M được xác định theo quy tắc vặn nút chai. hình 1.7 và theo phương thẳng góc với diện tích Mômen từ của vật thể là kết quả tổng hợp của tất



Hình 1. Biểu diễn chiều mômen từ

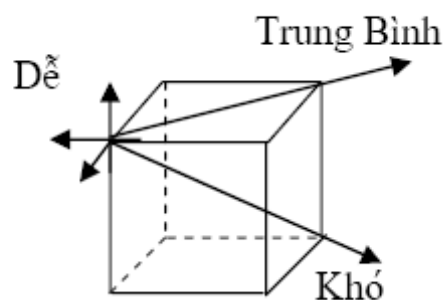
cả các mômen từ cơ bản đã nêu trên.

- Ngoài các mômen quỹ đạo đã nêu trên, các điện tử này còn quay xung quanh các trục của nó, do đó

còn tạo nên các mômen gọi là mômen Spin. Các spin này đóng vai trò quan trọng trong việc từ hóa vật liệu sắt từ.

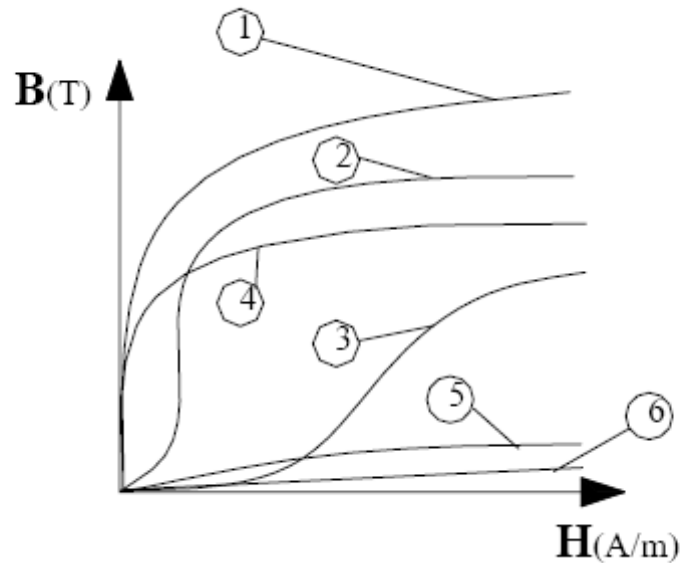
- Khi nhiệt độ dưới nhiệt độ curri, việc hình thành các dòng xoay chiều này có thể nhìn thấy được bằng mắt thường, được gọi là vùng từ tính, vùng này trở nên song song thẳng hàng cùng một hướng. Như vậy vật liệu sắt từ thể hiện chủ yếu sự phân cực từ hóa tự phát khi không có các từ trường đặt bên ngoài.

- Quá trình từ hóa của vật liệu sắt từ dưới tác dụng của từ trường ngoài dẫn đến làm tăng những khu vực mà mômen từ của nó tạo góc nhỏ nhất với hướng của từ trường, giảm kích cỡ các vùng khác và sắp xếp thẳng hàng các mômen từ tính theo hướng từ trường bên ngoài. Sự bão hòa từ tính sẽ đạt được khi nào sự tăng lên của khu vực dùng từ lại và mômen từ tính của tất cả các phần tinh thể nhỏ nhất được từ tính hóa tự sinh trở thành cùng hướng theo hướng của từ trường



Hình 1.8 Hướng từ hóa khó và dễ trong đơn tinh thể Sắt

- Khi từ hóa dọc theo cạnh hình khối, nó mở rộng theo hướng đường chéo, nghĩa là co lại theo hướng từ hóa, hiện tượng đó gọi là hiện tượng từ giãn.



Hình 1.9. Đường cong từ hóa của vật liệu sắt từ

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

Theo từ tính người ta phân vật liệu thành nghịch từ, thuận từ và dẫn từ

1. Nghịch từ : là những chất có độ từ thẩm < 1 và không phụ thuộc vào cường độ từ trường bên ngoài . Loại này gồm có Hydro, các khí hiếm, đa số các hợp chất hữu cơ, muối mỏ và các kim loại như : đồng, kẽm, bạc, vàng, thủy ngân...

2. Thuận từ : là những chất có độ từ thẩm > 1 và cũng không phụ thuộc vào cường độ từ trường bên ngoài. Loại này gồm có oxy, nitơ oxit, muối sắt, các muối coban và niken, kim loại kiềm, nhôm, bạch kim

3. Chất dẫn từ : là các chất có > 1 và phụ thuộc vào cường độ từ trường bên ngoài. Loại này gồm có : sắt, niken, coban, và các hợp kim của chúng hợp kim crom và mangan ...

1.2.3. Phân loại theo trạng thái vật thể

- Vật liệu điện theo trạng thái vật rắn
- Vật liệu điện theo trạng thái vật lỏng

- Vật liệu điện theo trạng thái thể khí

CÂU HỎI CHƯƠNG 1

1. Trình bày cấu tạo nguyên tử, phân tử, phân biệt chất trung tính và chất cực tính ?
2. Trình bày nguyên nhân gây ra những khuyết tật trong vật rắn ?
3. Phân loại vật liệu theo lý thuyết phân vùng năng lượng của vật chất
4. Tính lực hút hướng tâm và lực hút ly tâm một nguyên tử biết $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ (Kg), $q_e = 1,601 \cdot 10^{-19}$ (C), $v = 1,26 \cdot 10^5$ m/s
5. Tính năng lượng một nguyên tử biết $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ (Kg), $q_e = 1,601 \cdot 10^{-19}$ (C), $v = 1,24 \cdot 10^6$ m/s
6. Trình bày cách phân loại vật liệu điện ?

CHƯƠNG 2

VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN

2.1. KHÁI NIỆM VÀ TÍNH CHẤT CỦA VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN

2.1.1. Khái niệm về vật liệu dẫn điện

Vật liệu dẫn điện là vật chất mà ở trạng thái bình thường có các điện tích tự do. Nếu đặt chúng vào trong một điện trường, các điện tích sẽ chuyển động theo một hướng nhất định của trường và tạo thành dòng điện. Người ta gọi vật liệu có tính dẫn điện.

1. Vật liệu có tính dẫn điện tử: là vật chất mà sự hoạt động của các điện tích không làm biến đổi thực thể đã tạo thành vật liệu đó. Vật dẫn có tính dẫn điện tử bao gồm những kim loại ở trạng thái rắn hoặc lỏng, hợp kim và một số chất không phải kim loại như than đá. Kim loại và hợp kim có tính dẫn điện tốt được chế tạo thành dây dẫn điện, như dây cáp, dây quấn dẫn điện trong các máy điện và khí cụ điện....

Kim loại và hợp kim có điện trở suất lớn (dẫn điện kém) được sử dụng trong các khí cụ điện dùng để sưởi ấm, đốt nóng, chiếu sáng, làm biến trở....

2. Vật liệu có tính dẫn Ion: là những vật chất mà dòng điện đi qua sẽ tạo nên sự biến đổi hóa học. Vật dẫn có tính dẫn Ion thông thường là các dung dịch: dung dịch axit, dung dịch kiềm và các dung dịch muối.

Vật liệu dẫn điện có thể ở thể rắn, lỏng và trong một số điều kiện phù hợp có thể là thể khí hoặc hơi.

Vật liệu dẫn điện ở thể rắn gồm các kim loại và hợp kim của chúng (trong một số trường hợp có thể không phải là kim loại hoặc hợp kim).

Vật liệu dẫn điện ở thể lỏng bao gồm các kim loại lỏng và các dung dịch điện phân. Vì kim loại thường nóng chảy ở nhiệt độ rất cao trừ thủy ngân (Hg) có nhiệt độ nóng chảy ở -39°C do đó trong điều kiện nhiệt độ bình thường chỉ có thể dùng vật liệu dẫn điện kim loại lỏng là thủy ngân.

Các chất ở thể khí hoặc hơi có thể trở nên dẫn điện nếu chịu tác động của điện trường lớn.

Vật liệu dẫn điện được phân thành 2 loại: vật liệu có tính dẫn điện từ và vật liệu có tính dẫn Ion.

2.2.2. Tính chất của vậtk liệu dẫn điện

2.2.2.1. Điện trở R

Là quan hệ giữa hiệu điện thế không đổi đặt lên vật dẫn và dòng điện chạy qua vật dẫn đó.

Điện trở của dây dẫn được xác định theo biểu thức:

$$= R \cdot \frac{S}{l} \quad (2.1)$$

Trong đó: R- Điện trở ()

- Điện trở suất (mm²/m)

S- tiết diện dây dẫn (mm²)

l- Chiều dài dây dẫn(m)

2.2.2.2. Điện dẫn G

Điện dẫn G của một dây dẫn là đại lượng nghịch đảo của điện trở R

$$G = \frac{1}{R} \quad (2.2)$$

Điện dẫn G được tính với đơn vị là (1/) = (S) - Simen

2.2.2.3. Điện trở suất

Là điện trở của dây dẫn có chiều dài là một đơn vị chiều dài và tiết diện là một đơn vị diện tích.

Dòng điện đi trong vật dẫn được cho bởi công thức:

$$i = n_o \cdot S \cdot v_{tb} \cdot e \quad (2.3)$$

trong đó:

n_o : nhiệt độ phần tử mang điện.

S : tiết diện vật dẫn

v_{tb} : tốc độ chuyển động trung bình của điện tử dưới tác dụng của điện trường E.

e : điện tích của phần tử mang điện.

Thay $v_{tb} = uE$ (u - độ di chuyển của phần tử mang điện) vào (2.3), ta được dạng tổng quát của định luật ôm:

$$i = n_o \cdot e \cdot u \cdot E = E \quad (2.4)$$

với $= n_o \cdot e \cdot u$ được gọi là điện dẫn suất.

2.2.2.4. Điện dẫn suất

Đại lượng nghịch đảo của điện dẫn suất gọi là điện trở suất

$$= \frac{1}{\sigma} \quad (2.5)$$

Với một vật dẫn có tiết diện S và độ dài l không đổi thì được xác định bởi biểu thức:

$$= R \cdot \frac{S}{l} \quad (2.6)$$

R là điện trở dây dẫn.

Đơn vị của điện trở suất là mm^2/m hoặc cm hoặc m hoặc cm ,

$$1 \text{ cm} = 10^6 \text{ mm}^2/\text{m} \quad \text{cm} = 10^4 \text{ mm}^2/\text{m} = 10^{-2} \text{ m.}$$

Từ (2.4), ta có:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = \frac{l}{\sigma S} \quad (2.7)$$

2.2.3. Các tác nhân môi trường ảnh hưởng đến tính dẫn điện của vật liệu

a. Ảnh hưởng của nhiệt độ:

Điện trở suất của đa số kim loại và hợp kim đều tăng theo nhiệt độ, riêng điện trở suất của cacbon và của dung dịch điện phân giảm theo nhiệt độ.

Thông thường, điện trở suất ở nhiệt độ sử dụng t_2 được tính toán xuất phát từ nhiệt độ t_1 (t_1 thường là 20°C) theo công thức:

$$\rho_{t_2} = \rho_{t_1} [1 + \alpha (t_2 - t_1)] \quad (2.8)$$

- là hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ ($1/^\circ\text{C}$).

Qua nghiên cứu, người ta thấy: Các kim loại tinh khiết thì hệ số gần như giống nhau và được lấy bằng:

$$= 4 \cdot 10^{-3} (1/^\circ\text{C}) \quad (2.9)$$

Đối với khoảng chênh lệch nhiệt độ ($t_2 - t_1$) thì trung bình là:

$$= \frac{\rho_{t_2} - \rho_{t_1}}{t_2 - t_1} \quad (2.10)$$

Bảng 2.1 đưa ra nhiệt độ nóng chảy, điện trở suất và hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ của một số kim loại hay dùng trong kỹ thuật điện.

Bảng 2.1 Các đặc tính vật lý chủ yếu của kim loại (ở 20°C) dùng trong kỹ thuật điện

Kim loại	Nhiệt độ nóng chảy (°C)	Điện trở suất () ở 20°C (mm ² /m)	Hệ số (1/°C)
Vàng	1063	0,0220 - 0,0240	0,00350 - 0,00398
Bạc	961	0,0160 - 0,0165	0,00340 - 0,00429
Đồng	1083	0,0168 - 0,0182	0,00392 - 0,00445
Nhôm	657	0,0262 - 0,0400	0,00350 - 0,00398
Vônfram	3380	0,0530 - 0,0612	0,00400 - 0,00520
Kẽm	420	0,0535 - 0,0630	0,00350 - 0,00419
Niken	1455	0,0614 - 0,1380	0,00440 - 0,00692
Sắt	1535	0,0918 - 1,1500	0,00450 - 0,00657
Platin	1770	0,0866 - 0,1160	0,00247 - 0,00398
Thiếc	232	0,1130 - 0,1430	0,00420 - 0,00465
Chì	327	0,2050 - 0,2220	0,00380 - 0,00480
Thủy ngân	-39	0,9520 - 0,9590	0,00090 - 0,00099

Ở gần nhiệt độ 0°K (nhiệt độ tuyệt đối), điện trở suất của kim loại tinh khiết giảm đột ngột, chúng thể hiện tính siêu dẫn. Về phương diện lý thuyết, ở nhiệt độ 0°K, kim loại có điện trở bằng 0.

Khi bị chảy dẻo thì điện trở suất của kim loại tăng. Nhưng nếu tiến hành nung để cho nó kết tinh lại thì điện trở suất có thể giảm (giảm do tác dụng của sự biến dạng làm cho kết cấu của kim loại được chặt chẽ và do sự phá huỷ các màn oxit...).

b. Ảnh hưởng của áp suất:

Khi kéo hoặc nén (áp suất thay đổi) thì điện trở suất của vật dẫn biến đổi theo biểu thức:

$$= \rho_0 (1 + k \epsilon) \tag{2-11}$$

trong đó: ρ_0 : điện trở suất ban đầu của mẫu.

ϵ : ứng suất cơ khí của mẫu.

k : hệ số thay đổi của điện trở suất theo áp suất.

dấu (+) tương ứng với biến dạng do kéo

dấu (-) tương ứng với biến dạng do nén

Sự thay đổi của khi kéo hoặc nén là do sự thay đổi biên độ dao động của mạng tinh thể kim loại: khi kéo thì tăng, khi nén thì giảm.

c. Các yếu tố ảnh hưởng khác:

- Tạp chất phi kim có trong kim loại cũng có thể làm tăng.
- Thực nghiệm cho thấy điện trở suất còn chịu ảnh hưởng của trường từ và ảnh hưởng của ánh sáng.

2.2.4. Hiệu điện thế tiếp xúc và sức nhiệt động

Khi hai kim loại khác nhau tiếp xúc với nhau thì giữa chúng có một hiệu điện thế gọi là hiệu điện thế tiếp xúc. Nguyên nhân phát sinh hiệu điện thế tiếp xúc là do công thoát của mỗi kim loại khác nhau do đó số điện tử tự do trong các kim loại (hoặc hợp kim) không bằng nhau. hình 2.1

Theo thuyết điện tử, hiệu điện thế tiếp xúc giữa hai kim loại A và B bằng

$$U_{AB} = U_B - U_A = \frac{KT}{e} \ln \frac{n_{oA}}{n_{oB}} \quad (2-12)$$

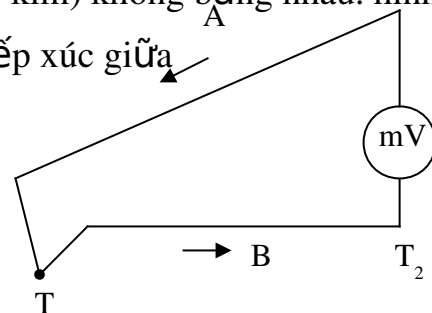
Trong đó: U_A và U_B - điện thế tiếp xúc của kim loại A và B

n_{oA} và n_{oB} - mật độ điện tử trong kim loại A và B

Hiệu điện thế tiếp xúc của các cặp kim loại dao động vài phần mười đến vài vôn, nếu nhiệt độ của cặp bằng nhau, tổng hiệu điện thế trong mạch kín bằng không. Nhưng khi một phần tử của cặp có nhiệt độ là T_1 còn cặp kia là T_2 thì trong trường hợp này sẽ phát sinh sức nhiệt điện động(s.n.đ.đ)

$$\begin{aligned} U &= U_{AB} + U_{BA} \\ &= U_B - U_A - \frac{KT_1}{e} \ln \frac{n_{oA}}{n_{oB}} + U_A - U_B + \frac{KT_2}{e} \ln \frac{n_{oB}}{n_{oA}} \end{aligned} \quad (2-13)$$

Từ đó ta có:



Hình 2.1. Sơ đồ cấu tạo cặp nhiệt điện

$$U = \frac{K}{e} (T_1 - T_2) \ln \frac{n_{oA}}{n_{oB}} = A(T_1 - T_2) \quad (2-14)$$

Biểu thức (2-14) chứng tỏ s.n.đ.đ là hàm số của hiệu nhiệt độ

Sự xuất hiện hiệu điện thế tiếp xúc đóng vai trò quan trọng ở hiện tượng ăn mòn điện hóa và được ứng dụng trong một số khí cụ đo lường, đặc biệt là ứng dụng để chế tạo các cặp nhiệt ngẫu dùng để đo nhiệt độ. Bảng thế điện hóa của các kim loại so với Hyđrô bảng 2.2

Bảng 2.2 Bảng thế điện hóa của các kim loại so với Hyđrô bảng 2.2

Kim loại	Thế điện hóa	Kim loại	Thế điện hóa
Vàng	+1,500	Thiếc	- 0,100
Bạc	+0,081	Chì	- 0,130
Đồng	+0,345	Sắt	- 0,440
Hyđrô	+0,000	Kẽm	- 0,760

Sức nhiệt điện động sinh ra của hai kim loại khác nhau khi tiếp xúc được ứng dụng để chế tạo cặp nhiệt ngẫu.

Giá trị của sức nhiệt điện động tiếp xúc:

$$E_{AB} = 2,87 \cdot 10^{-7} \cdot \ln n_A/n_B \quad (2-15)$$

Trong đó:

E_{AB} sức nhiệt điện động tiếp xúc tác dụng giữa 2 thanh kim loại A và B

n_A và n_B số lượng điện tử tự do trong một đơn vị phân khối (1cm^3) của 2 kim loại A và B

Nhiệt độ tuyệt đối của chỗ tiếp xúc

2.2.5. Hệ số nhiệt độ dẫn nở dài của vật dẫn kim loại

Hệ số dẫn nở nhiệt theo chiều dài của vật dẫn kim loại:

$$\alpha_l = TK_l \cdot \frac{1}{l_l} \frac{dl}{dT} \text{ (độ}^{-1}\text{)} \quad (2-14)$$

Trong kỹ thuật cần phải chú ý đến hệ số α_l để tính toán hệ số nhiệt độ của vật dẫn:

$$\alpha_R = \alpha_l - \alpha_1 \quad (2-15)$$

Giữa các trị số của hệ số dẫn nở dài theo nhiệt độ và nhiệt độ nóng chảy của kim loại có quan hệ với nhau theo tỷ lệ nhất định. Kim loại có giá trị α_1

cao nóng chảy ở nhiệt độ thấp, còn kim loại có hệ số α nhỏ sẽ khó nóng chảy bằng 2.2

Bảng 2.3

Kim loại	Khối lượng riêng (g/cm ³)	Nhiệt độ nóng chảy °C	Hệ số nhiệt độ dẫn nở dài $\cdot 10^6, \text{độ}^{-1}$	Hệ số nhiệt điện trở suất dài độ^{-1}
Sắt	7,8	1535	11	0,006
Niken	8,9	1455	13	0,0065
Coban	8,7	1492	12,5	0,006
Chì	11,4	327	29	0,0037
Thiếc	7,3	232	23	0,0044
Kẽm	7,1	420	31	0,004
Cadmi	8,6	321	30	0,0042

2.2. TÍNH CHẤT CHUNG CỦA KIM LOẠI VÀ HỢP KIM

2.2.1. Tầm quan trọng của kim loại của kim loại và hợp kim

Đến ngày nay, loài người đã biết được trên một trăm nguyên tố hóa học, tất cả các nguyên tố được chia làm hai loại : kim loại và không kim loại trong đó kim loại chiếm tới 79 nguyên tố. Kim loại chứa nhiều nhất trong vỏ trái đất là nhôm 7% sau đó là sắt 5%

Trong kỹ thuật điện kim loại và hợp kim của nó là chất liệu không thể thiếu, nó được sử dụng phổ biến để sản xuất các thiết bị khí cụ điện.

2.2.2. Tính chất của kim loại của kim loại và hợp kim

a. Tính chất lý học

Tính chất lý học của kim loại và hợp kim là vẻ sángmặt ngoài, tính chảy loãng, tính dẫn dài khi đốt nóng tính dẫn nhiệt, nhiệt dung độ dẫn điện, độ thấm từ (tính nhiễm từ)

- Vẻ sáng của kim loại: Theo vẻ sáng bề ngoài của kim loại có thể chia thành kim loại đen và kim loại màu. Kim loại đen là các hợp kim của sắt tức là gang và thép, còn kim loại màu là tất cả các kim loại và hợp kim còn lại. Kim loại không trong suốt, ngay cả những tấm kim loại được cán dẹt rất mỏng cũng không để cho ánh sáng xuyên qua nó được, tuy vậy kim loại lại có độ phản chiếu ánh sáng ở mặt ngoài của nó. mỗi kim loại phản

chiều ánh sáng theo một màu sắc ánh sáng riêng mà ta quen gọi là màu của kim loại, thí dụ đồng có màu đỏ, thiếc màu trắng bạc, kẽm màu xám v.v... Đôi khi trên mặt ngoài của thép có màu khác nhau như: vàng, xanh, tím những màu đó không phải là màu của thép, mà là màu của mặt ngoài thép bị phủ một lớp oxít, lớp này tạo nên do nhiệt cắt gọt nhiệt, ở mỗi nhiệt độ khác nhau, lớp oxít này có màu sắc khác nhau. Chính nhờ sự biến màu của bề mặt ngoài của thép mà ta có thể phán đoán được nhiệt độ đốt nóng của thép khi nhiệt luyện hay rèn.

- Tính nóng chảy: Kim loại có tính chảy loãng khi đốt nóng và đông đặc khi làm nguội. Nhiệt độ kim ứng với kim loại chuyển từ thể đặc sang thể lỏng hoàn toàn gọi là điểm nóng chảy. Điểm nóng chảy có ý nghĩa rất quan trọng trong công nghệ đúc, vì khi đúc ta phải nấu chảy loãng kim loại ra để rót vào đầy khuôn, trong công nghệ điểm nóng chảy cũng có ý nghĩa quan trọng. Điểm nóng chảy của nhiều hợp kim lại khác điểm nóng chảy của từng kim loại tạo nên hợp kim đó.

- Tính dẫn nhiệt: là tính chất truyền nhiệt của kim loại khi bị đốt nóng hoặc làm lạnh, kim loại có tính chất dẫn nhiệt tốt thì càng dễ đốt nóng nhanh và đồng đều, cũng như càng dễ nguội nhanh. Các vật có tính dẫn nhiệt kém muốn đốt nóng hoàn toàn phải mất nhiều thời gian và nếu làm nguội quá nhanh có thể gây nên nứt, vỡ.

- Tính dẫn nở nhiệt: Chỉ có một số kim loại có tính nhiễm từ, tức là nó bị từ hóa sau khi được đặt trong một từ trường. Sắt và hầu hết các hợp kim của sắt đều có tính nhiễm từ. Niken và Côban cũng có tính nhiễm từ và được gọi là chất sắt từ. Còn hầu hết các kim loại khác không có tính nhiễm từ.

b. Tính chất hóa học

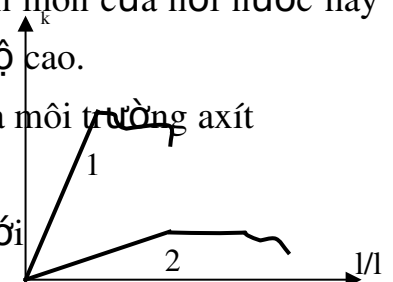
Tính chất hóa học biểu thị khả năng của kim loại và hợp kim chống lại tác dụng hóa học và các môi trường có hoạt tính khác nhau. Tính chất hóa học của kim loại và hợp kim biểu thị ở hai dạng:

- Tính chống ăn mòn: Là khả năng chống lại sự ăn mòn của hơi nước hay oxy của không khí ở nhiệt độ thường hoặc nhiệt độ cao.

- Tính chịu axit: là khả năng chống lại tác dụng của môi trường axit

c. Tính chất cơ học

Thông thường đặc tính cơ được đặc trưng bằng giới



Hình 2.2. Quan hệ giữa ứng suất cơ khí kéo dây dẫn với độ giãn nở dài tương đối

hạn bền kéo và độ giãn nở dài tương đối khi đứt 1/1.

Trên hình 2.2 trình bày hai đường cong của dây dẫn làm bằng vật dẫn bị kéo: đường 1 ứng với dây sản xuất bằng cách kéo nguội, đường 2 ứng với dây đã được ủ, ảnh hưởng của việc ủ dây làm giảm giới hạn bền kéo 1,5 - 2 lần và tăng độ giãn dài tương đối khi đứt lên 15 - 20 lần

2.3. NHỮNG HƯ HỎNG THƯỜNG GẶP VÀ CÁCH CHỌN VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN

2.3.1. Những hư hỏng thường gặp

Trong vật liệu dẫn điện thường gặp những hiện tượng hư hỏng sau:

- Tính dẫn điện của chúng giảm đi đáng kể sau thời gian là việc lâu dài
- Hay bị gãy hoặc bị biến dạng do chịu tác dụng của lực cơ khí, lực điện động và nhiệt độ cao gây ra
- Bị ăn mòn hóa học do tác dụng của môi trường hoặc của các dung môi

2.3.2. Cách chọn vật liệu dẫn điện

Chọn vật liệu dẫn điện phải đảm bảo được các yêu cầu về tính chất lý hóa, phải phù hợp cho việc sử dụng vật liệu, thông thường phải đảm bảo được các yêu cầu sau:

- Độ dẫn điện phải tốt
- Có sức bền cơ khí, đảm bảo được điều kiện ổn định động và ổn định nhiệt
- Có khả năng kết hợp được với các kim loại khác thành hợp kim
- Phải đảm bảo được tính chất lý học như: tính nóng chảy, tính dẫn nhiệt, tính dẫn nở nhiệt
- Đảm bảo được tính chất hóa học: tính chống ăn mòn do tác dụng của môi trường và các dung môi gây ra.
- Đảm bảo được tính chất cơ học

2.4. MỘT SỐ VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN THÔNG DỤNG

Kim loại có điện trở suất nhỏ (hay điện dẫn suất lớn) là vật dẫn điện tốt. Đồng, nhôm, sắt, kẽm, vàng, bạc... và hợp kim của chúng là những chất dẫn điện tốt.

2.4.1. Đồng và hợp kim của đồng

1. Đồng (Cu)

Đồng là vật liệu dẫn điện quan trọng nhất trong tất cả các vật liệu dẫn điện dùng trong kỹ thuật điện vì nó có những ưu điểm nổi trội so với các vật liệu dẫn điện khác

- Đặc tính chung:

- Là kim loại có màu đỏ nhạt sáng rực
- Điện trở suất ρ_{Cu} nhỏ (chỉ lớn hơn so với bạc Ag nhưng do bạc đắt tiền hơn nên ít được dùng so với đồng).
- Có sức bền cơ giới đủ lớn.
- Trong đa số trường hợp có thể chịu được tác dụng ăn mòn (có sức đề kháng tốt đối với sự ăn mòn).
- Dễ gia công: cán mỏng thành lá, kéo thành sợi.
- Dễ uốn, dễ hàn.
- Có khả năng tạo thành hợp kim tốt.
- Là kim loại hiếm chỉ chiếm khoảng 0,01% trong lòng đất

Đồng dùng trong kỹ thuật điện phải được tinh luyện bằng điện phân, tạp chất lẫn trong đồng dù một lượng rất nhỏ thì tính dẫn điện của nó cũng giảm đi đáng kể.

Qua nghiên cứu, người ta thấy rằng: nếu trong đồng có 0,5% Zn, Ni hay Al thì điện dẫn suất của nó (ρ_{Cu}) giảm đi 25% - 40% và nếu trong đồng có 0,5% Ba, As, P, Si thì có thể giảm đến 55%.

Vì vậy để làm vật dẫn, thường chỉ dùng đồng điện phân chứa trên 99,9% Cu.

- Điện trở suất và các yếu tố ảnh hưởng đến điện trở suất

Đồng được tiêu chuẩn hóa trên thị trường quốc tế ở 20°C có:

- $\rho = 1,7241 \cdot 10^{-6}$ ($\Omega \cdot \text{cm}$)
- $\alpha = 0,58 \cdot 10^{-6}$ ($1/\text{cm}$)
- $\beta = 0,00393$ ($1/^\circ\text{C}$)

Các yếu tố ảnh hưởng đến điện trở suất

- ảnh hưởng của các tạp chất
- ảnh hưởng của gia công cơ khí

- ảnh hưởng của quá trình sử lý nhiệt

Nhìn chung các ảnh hưởng trên đều giảm điện dẫn suất của đồng.

-Phân loại:

- Đồng khi kéo nguội được gọi là đồng cứng: nó có sức bền cao, độ giãn dài nhỏ, rắn và đàn hồi (khi uốn).

- Đồng được nung nóng rồi để nguội gọi là đồng mềm: nó ít rắn hơn đồng cứng, sức bền cơ giới kém, độ giãn khi đứt rất lớn và có điện dẫn suất cao.

- Đồng được sử dụng trong công nghiệp là loại đồng tinh chế, nó được phân loại trên cơ sở các tạp chất có trong đồng tức là mức độ tinh khiết, bảng 2.4

Bảng 2.4

Ký hiệu	CuE	Cu9	Cu5	Cu0
Cu%	99,95	99,90	99,50	99,00

Trong kỹ thuật người ta sử dụng đồng điện phân CuE và Cu9 để làm dây dẫn điện.

- Tính chất cơ học và các yếu tố ảnh hưởng:

- ảnh hưởng của chất thêm vào : Các kim loại thêm vào : Al, Zn, Ni, ... sẽ làm tăng sức bền cơ khí. Do đó người ta sử dụng nhiều hợp kim của đồng.

- ảnh hưởng của gia công cơ khí:

+/ ở trạng thái ủ nhiệt (mềm) độ bền đứt khi kéo: $\sigma_k = 22kG/cm^2$

+/ Khi kéo thành sợi (nguội) : $\sigma_k = 45kG/cm^2$

Vì vậy, để dễ dàng khi sử dụng nên gia nhiệt vật liệu đồng

Lưu ý: Vì sức bền cơ khí của đồng giảm khi nhiệt độ 77°C từ 45kG/cm² xuống 35kG/cm² sau khoảng thời gian là 80 ngày, nên những quy định về phương diện kỹ thuật phải làm sao cho giới hạn nung nóng bình thường của dây dẫn trần sao cho nhiệt độ của chúng không vượt quá 70°C.

- Các đặc tính hóa học và sự đề kháng đối với sự ăn mòn:

- ở nhiệt độ thường , đồng là vật liệu có sức đề kháng tốt với sự ăn mòn (do Đồng có điện hóa lớn +0,340 so với H là +0,000)

- Đồng có khả năng đề kháng tốt với tác động của nước và những khi thời tiết xấu và có tạo thành lớp ôxit đồng có tác dụng bảo vệ.

- Ứng dụng:

- Đồng cứng được dùng ở những nơi cần sức bền cơ giới cao, chịu được mài mòn như làm cổ góp điện, các thanh dẫn ở tủ phân phối, các thanh cái các trạm biến áp, các lưỡi dao chính của cầu dao, các tiếp điểm của thiết bị bảo vệ...

- Đồng mềm được dùng ở những nơi cần độ uốn lớn và sức bền cơ giới cao như: ruột dẫn điện cáp, thanh góp điện áp cao, dây dẫn điện, dây quấn trong các máy điện.

Bảng 2.5 Các tính chất vật lý hóa học chính của đồng điện phân

Đặc tính	Đơn vị đo lường	Chỉ tiêu
Trọng lượng riêng	Kg/dm ³	8,90
Điện trở suất ở nhiệt độ 20 ⁰ C	mm ² /m	
- Dây mềm	-	0,01748
- Dây cứng	-	0,01786
- Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ (ở 0 ⁰ C - 150 ⁰ C)	1/ ⁰ C	0,00393
- Nhiệt dẫn suất	W/cm.grd	3,92
- Nhiệt độ nóng chảy	Calo/cm.s.grd ⁰ C	0,938
- Nhiệt lượng riêng trung bình ở 25 ⁰ C	⁰ C	1083
- Điểm sôi ở 760mm cột thủy ngân	Kcal/kg.grd	0,0918
- Hệ số giãn nở dài trung bình ở 20 ⁰ C	⁰ C	2325
- Nhiệt độ kết tinh lại	1/độ (grd)	16,42.10 ⁻⁶
- Modun đàn hồi, E	⁰ C	200
- Sức bền đứt khi kéo	kG/mm ²	13000
- Dây mềm	kG/mm ²	
- Dây cứng		21
Thế điện hóa so với H		45
	V	+0,34

2. Hợp kim của đồng

Hợp kim trong đó vật liệu đồng là thành phần cơ bản, có đặc điểm là sức bền cơ khí lớn, độ cứng cao, có độ dai tốt, màu đẹp và có tính chất dễ nóng chảy.

Hợp kim của đồng có thể đúc thành các dạng bình phức tạp; người ta dễ dàng gia công trên máy công cụ và có thể phủ lên bề mặt của các kim loại khác theo phương pháp mạ điện. Những hợp kim chính của đồng được sử

dùng trong kỹ thuật điện là: Đồng thanh, đồng thau, các hợp kim dùng làm điện trở.

Ngoài việc dùng đồng tinh khiết để làm vật dẫn, người ta còn dùng các hợp kim của đồng với các chất khác như: thiếc, silic, photpho, bêrili, crôm, mangan, cadmi..., trong đó đồng chiếm vị trí cơ bản, còn các chất khác có hàm lượng thấp. Căn cứ vào lượng và thành phần các chất chứa trong đồng, người ta chia hợp kim của đồng thành các dạng chủ yếu như sau:

- Đồng thanh (đồng đỏ):

Đồng thanh là một hợp kim của đồng, có thêm một số kim loại khác để tăng cường độ cứng, sức bền và dễ nóng chảy.

Tuỳ theo các vật liệu thêm vào, người ta phân biệt:

- o Đồng thanh với thiếc.
- o Đồng thanh với thiếc và kẽm.
- o Đồng thanh với nhôm.
- o Đồng thanh với Bêrili.

Đồng thanh được dùng để chế tạo các chi tiết dẫn điện trong các máy điện và khí cụ điện; để gia công các chi tiết nối và giữ dây dẫn, các ốc vít, đai cho hệ thống nối đất, cổ góp điện, các giá đỡ và giữ,...

Bảng 2.... Tính chất vật lý của đồng thanh

Đặc tính	Đơn vị đo lường	Chỉ tiêu
-Trọng lượng riêng	Kg/dm ³	7,2- 8,9
-Điện trở suất ở nhiệt độ 20 ⁰ C	cm.10 ⁻⁶	1,92-11,1
-Điện dẫn suất	⁻¹ cm ⁻¹ .10 ⁶	0,52-0,09
- Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ	- 1/ ⁰ C	0,004
- Nhiệt dẫn suất	W/cm.grd	0,54- 0,43
- Nhiệt độ nóng chảy bình thường	⁰ C	900-1200
- Nhiệt lượng riêng trung bình ở 25 ⁰ C	Kcal/kg.grd	0,10
- Hệ số giãn nở dài trung bình 0-100 ⁰ C	1/độ (grd)	16,6.10 ⁻⁶
- Nhiệt độ xử lý nhiệt (ủ)	⁰ C	630-750
- Modun đàn hồi, E	kG/mm ²	9000-13000
- Sức bền đứt khi kéo	kG/mm ²	50 - 85
- Độ dẫn dài riêng khi kéo đứt		3-30

	%	
--	---	--

Bảng 2.... Các đặc tính cơ của đồng thanh- Nhôm được sử dụng trong kỹ thuật điện

Ký hiệu	Mức độ cứng	Sức bền khi Kéo:Kg/mm ² (tối thiểu)	Độ dẫn dài tương đối Khi đứt % (tối thiểu)	Độ cứng Brinell H _B (tối thiểu)	Trọng lượng riêng Kg/cm ²
BzAl ₅	- Mềm	35-45	30	70	8,2
	- ½ cứng	42-45	15	110	8,2
	- Cứng	50-63	8	140	7,6

- Đồng thau:

Đồng thau là một hợp kim đồng với kẽm, trong đó kẽm không vượt quá 46%. Ở nhiệt độ cao, sức bền của đồng thau đối với sự ăn mòn do oxyt hóa sẽ giảm. Tốc độ oxyt hóa của đồng thau càng nhỏ (so với đồng tinh khiết) khi tỷ lệ phần trăm của kẽm càng lớn.

Nếu tỷ lệ phần trăm của kẽm lớn hơn 25%, thì lớp bảo vệ của oxyt kẽm tạo nên trên bề mặt của vật liệu càng nhanh khi nhiệt độ càng lớn.

Còn nếu tỷ lệ phần trăm của kẽm nhỏ thì trên bề mặt của vật liệu sẽ tạo một lớp màu hơi đen giàu oxyt đồng. Tính chất này của đồng thau với tỷ lệ lớn hơn 25% kẽm tạo thành một lớp bảo vệ ở 300°C và đôi khi được sử dụng để bảo vệ các chi tiết chống lại sự ăn mòn của không khí có Amôniac nếu không sử dụng một phương pháp bảo vệ nào khác.

Để tăng sức đề kháng đối với sự ăn mòn điện hoá, người ta thường tẩm thiếc hay tráng kẽm khi đồng thau còn nóng

Đồng thau được dùng trong kỹ thuật điện để gia công các chi tiết dẫn dòng như ổ cắm điện, các phích cắm, đui đèn, các đầu nối đến hệ thống tiếp đất, các ốc, vít...

2.4.2. Nhôm và hợp kim của nhôm

1. Nhôm (Al)

- Đặc tính chung:

Sau đồng, nhôm là vật liệu dẫn điện quan trọng thứ hai được sử dụng trong kỹ thuật điện

Là kim loại màu trắng bạc, rất mềm, rất ít đẽ kháng khí va chạm và xây xát, có trọng lượng riêng nhỏ (nhẹ). Chiếm 7,5% trong vỏ trái đất (nhiều nhất trong các kim loại)

- Có điện dẫn suất và nhiệt dẫn cao, chỉ sau Ag và Cu
- Gia công dễ dàng khi nóng và khi nguội
- Có sức bền đối với sự ăn mòn do có lớp oxit rất mỏng tạo ra khi tiếp xúc với không khí.

- Sức bền cơ khí tương đối bé

- Lớp oxit có điện dẫn lớn nên khi khó khăn cho việc tiếp xúc

Bảng2.... Các hằng số vật lý hóa học chính của dây dẫn nhôm(99,5%Al)

Đặc tính	Đơn vị đo lường	Chỉ tiêu
-Trọng lượng riêng ở 20 ⁰ C	Kg/dm ³	2,7
-Điện trở suất ở nhiệt độ 20 ⁰ C	cm.10 ⁻⁶	2,94
-Điện dẫn suất ở 20 ⁰ C	⁻¹ cm ⁻¹ .10 ⁶	0,34
- Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ ở 20 ⁰ C	-	0,004
- Nhiệt dẫn suất	W/cm.grd	2,1
- Nhiệt độ nóng chảy bình thường	⁰ C	93
- Nhiệt lượng riêng trung bình ở 25 ⁰ C	Kcal/kg.grd	0,2259
- Điểm sôi ở 760mm cột thủy ngân	⁰ C	2270
- Hệ số giãn nở dài trung bình 20-100 ⁰ C	1/độ (grd) ⁰ C	23,81.10 ⁻⁶ 630-750
- Nhiệt độ xử lý nhiệt (ủ)	kG/mm ²	9000-13000
- Modun đàn hồi, E	kG/mm ²	50 - 85
- Sức bền đứt khi kéo	%	3-30
- Độ giãn dài riêng khi kéo đứt		

- Điện trở suất và các yếu tố ảnh hưởng đến điện trở suất

Điện trở suất của nhôm ở 20⁰C là 2,941.10⁻⁶(.cm). Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ = 0,004- 0,0049 (1/⁰C) tùy thuộc vào mức độ tinh khiết, điện dẫn suất = 0,34.10⁶ (1/ .cm)

So sánh với đồng, nhôm có tính chất cơ và điện ít thuận lợi hơn. Trọng lượng nhẹ (trọng lượng Al nhỏ hơn Cu 3.5 lần), tính dẻo cao. So với đồng,

nhôm kém hơn về các mặt điện và cơ. Với dây dẫn có cùng tiết diện và độ dài thì dây bằng nhôm có điện trở lớn hơn đồng khoảng $0,0295/0,0175 = 1,68$ lần. Do đó nếu có hai dây dẫn bằng nhôm và đồng có điện trở như nhau thì dây nhôm phải có tiết diện lớn hơn 1,669 lần so với dây đồng (hay đường kính của dây nhôm lớn hơn so với dây đồng là $\sqrt{1,68} = 1,3$ lần).

Vì vậy, nếu bị ràng buộc bởi kích thước thì không thể thay đồng bằng nhôm được.

Các yếu tố ảnh hưởng đến điện trở suất

- ảnh hưởng của các tạp chất
- ảnh hưởng của gia công cơ khí
- ảnh hưởng của quá trình xử lý nhiệt

Nhìn chung các ảnh hưởng trên đều làm tăng điện trở suất và thay đổi hệ số của nhôm.

Bảng 2.... ảnh hưởng phụ của sắt và Silic đối với điện trở suất của nhôm

Nhôm đã được xử lý (ủ nhiệt)	Các chất thêm vào, %		Điện trở suất ở 20°C	Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ ở 20°C
	Fe	Si		
-Nhôm tinh	0,0005	0,0023	2,63	$4,33 \cdot 10^{-6}$
khiết	0,34	0,1	2,767	$4,10 \cdot 10^{-6}$
- Al 99,5%	0,56	0,32	2,78	$4,13 \cdot 10^{-6}$
- AL 99,0%	0,96	0,41	2,835	$4,10 \cdot 10^{-6}$
- Al 98,5%				

-Phân loại:

Nhôm dùng trong công nghiệp được phân loại trên cơ sở tỷ lệ phần trăm của kim loại tinh khiết và tạp chất. Nhôm được sử dụng làm dây dẫn điện trong kỹ thuật điện thường phải đảm bảo tinh khiết, tối thiểu 99,5% Al, các tạp chất khác như sắt, silic tối đa là 0,45%, đồng và kẽm tối đa là 0,05%.

Ở nhiệt độ thường, khi để trong không khí, nhôm sẽ được bọc một lớp mỏng, chắc nịch oxit, lớp này có điện trở lớn và nó ngăn ngừa việc oxyt hóa tiếp tục, do vậy nó đảm bảo là một lớp bảo vệ tốt đối với sự ăn mòn,

ngay cả trong điều kiện môi trường khí hậu ẩm ướt và hay thay đổi. Song trong trường hợp tồn tại các khí khác trong khí quyển như CO₂, NH₃, SO₂... và độ ẩm lớn có thể phát sinh ăn mòn điện hóa. Hiện tượng ăn mòn điện hóa có thể xảy ra ở mối tiếp xúc giữa kim loại cơ bản và tùy theo tình hình cụ thể, có thể dẫn đến sự liên hệ từng phần tử nhỏ của chúng. Trong sự tồn tại của độ ẩm và các tạp chất có trong không khí sẽ tạo lên hàng loạt những phần tử điện Ganvanic bé nhỏ dẫn đến sự ăn mòn dây dẫn. Những liên hệ ấy có thể làm mất tính tinh khiết của nhôm và do đó dễ dàng tạo nên sự ăn mòn nhanh, đặc biệt ở những vị trí tiếp xúc trong quá trình lắp đặt điện.

Thông qua các thí nghiệm thực hiện trên bờ biển trong không khí với gió mạnh, bụi cát và không khí ẩm của biển, đối với dây dẫn nhôm có độ tinh khiết khác nhau, người ta thấy rằng: nhôm với độ tinh khiết 99,5% được gia công và lắp ráp dù cho sự chăm sóc cẩn thận nó vẫn bị ăn mòn nhiều hơn đồng.

Đặc biệt trong kỹ thuật điện hay phải nối điện đồng với nhôm. Nếu chỗ tiếp xúc bị ẩm thì ở đây sẽ có một sức điện động có chiều đi từ nhôm sang đồng, do đó phần nhôm ở chỗ tiếp xúc bị ăn mòn rất nhanh. Vì vậy chỗ tiếp xúc giữa nhôm và đồng cần được chú ý bảo vệ chống ẩm (ví dụ như quét sơn).

Nhôm được sử dụng trong công nghiệp được phân loại trên cơ sở tỷ lệ % của kim loại tính khiết và tạp chất, bảng 2.5

Bảng 2.6

Ký hiệu	AB1	AB2	A-00	A-0	A-1	A-2	A-3
Nhôm%	99,90	99,85	99,70	99,60	99,50	99,00	98,00

Theo tiêu chuẩn nước ngoài thì nhôm được sử dụng trong kỹ thuật để làm dây dẫn điện phải có độ tinh khiết > 99,5%

- Tính chất cơ học và các yếu tố ảnh hưởng:

+ ảnh hưởng của những chất thêm vào: các kim loại thêm vào : Fe, Zn, Si, Mg..... sẽ làm tăng sức bền cơ khí

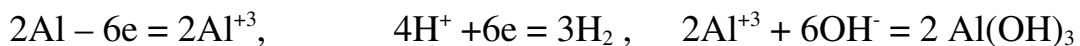
+ ảnh hưởng của gia công cơ khí: khi gia công cơ khí tính chất cơ của nhôm phụ thuộc vào tạp chất: Nhôm tinh khiết thì $\sigma_k = 6kG/cm^2$, khi có tạp chất 0,5% thì $\sigma_k = 11kG/cm^2$

- Các đặc tính hóa học và sự đề kháng đối với sự ăn mòn:

Nhôm tác dụng mạnh với oxi, trong không khí ngay ở nhiệt độ thường nhôm được bọc một lớp mỏng, chắc nịch oxit. Lớp này có điện trở cao và nó ngăn cản việc oxi hóa tiếp tục. Do vậy nó đảm bảo sẽ có một lớp bảo vệ tốt đối với sự ăn mòn ngay cả trong điều kiện môi trường khí hậu ẩm ướt

Song trong trường hợp có tồn tại trong khí quyển các loại khí như CO_2 , NH_3 , SO_2 Và độ ẩm ướt lớn có thể phát sinh ăn mòn điện hóa, vì nhôm có thế điện hóa gần như ít nhất so với H (-1,34) và sự tiếp xúc với các kim loại khác có điện hóa lớn hơn thì sẽ nguy hại đối với nhôm, ví dụ như Cu (+0,34), trong trường hợp này sẽ phát sinh dòng điện từ nhôm về đồng làm cho nhôm bị hư hại nặng.

Trong không khí có hơi nước, nên có các ion H^+ , OH^- , HCO_3^- , nên đồng và nhôm và dung dịch điện tạo thành 1 pin cực dương là Cu cực âm là Al, Cực Al bị mòn dần vì Al^{+3} chạy vào dung dịch do lực hóa học của các phân tử nước. Các điện tử thừa trong nhôm sẽ chạy sang cực đồng và khử điện thế của các ion H^+ , trong dung dịch các ion Al^{+3} kết hợp OH^- tạo thành $\text{Al}(\text{OH})_3$,



Vì thế nhôm bị ăn mòn khá mạnh

- Ứng dụng:

Trong kỹ thuật điện, nhôm được sử dụng phổ biến để chế tạo:

- o Dây dẫn điện đi trên không để truyền tải điện năng.
- o Ruột cáp điện.
- o Các thanh ghép và chi tiết cho trang thiết bị điện.
- o Dây quấn trong các máy điện.
- o Các lá nhôm để làm tụ điện, lõi dẫn từ máy biến áp, các rôto của động cơ điện,...

2. Hợp kim của nhôm:

Nhôm có nhiều hợp kim dùng để đúc và để kéo dây dẫn điện.

Các hợp kim chính của nhôm dùng để đúc có thể là những loại sau:

Al-Zn-Cu, Al-Cu, Al-Cu-Ni, Al-Si, Al-Si-Cu, Al-Si-Mg, Al-Mg, Al-Mg-Mn.

Một hợp kim được dùng phổ biến để chế tạo dây dẫn là hợp kim "aldrey". Chúng là hợp kim của nhôm với (0,3 – 0,5)%Mg, (0,4 – 0,7)% Si, (0,2 – 0,3)% Fe. Tổ hợp làm cho hợp kim có tính chất cơ khí tốt. Dây dẫn bằng hợp kim loại "aldrey" nhận được thông qua việc tôi hợp kim (nung nóng đến 500 – 600°C), kéo nó thành sợi ở kích thước mong muốn và làm già hóa nhân tạo bằng nung nóng 150 – 200°C. Sức bền của dây dẫn "aldrey" lớn gấp khoảng 2 lần so với dây dẫn Al tinh khiết. Vì vậy, khi dùng dây dẫn "aldrey" có thể tăng khoảng cách giữa các cột của đường dây trên không, giảm chi phí xây dựng đáng kể.

2.4.3. Chì và hợp kim của chì

Chì được tinh luyện từ các mỏ có trong tự nhiên như: Galen (PbS), Xezurit (PbCO₃), Anglezit (PbSO₄)...Có thể thu được chì ở mức độ tinh khiết (92 – 99,94%).

Chì là kim loại có màu tro sáng, rất mềm, có thể uốn cong, dát mỏng dễ dàng hoặc cắt bằng dao cắt công nghiệp, nhiệt độ nóng chảy thấp.

Chì có điện trở suất cao $\rho = 0,21 \text{ mm}^2/\text{m}$ và nhiệt dẫn suất nhỏ. Nó là vật liệu bảo vệ tốt nhất đối với sự xuyên thủng của tia X (tia Röntgen). Một lớp chì dày 1mm ở 200 – 300kV có tác dụng bảo vệ như một lớp thép dày 11,5mm hay một lớp gạch có chiều dày 110mm.

Chì và hợp kim của nó được dùng để làm lớp vỏ bảo vệ ở cáp điện nhằm chống lại ẩm ướt.

Chì còn được dùng để chế tạo các bản cực của acquy, dùng để làm dây chảy bảo vệ các đường dây dẫn điện và các thiết bị điện.

Chì được tinh luyện từ các mỏ có trong tự nhiên như: Galen (PbS), Xezurit (PbCO₃), Anglezit (PbSO₄)...Có thể thu được chì ở mức độ tinh khiết (92 – 99,94%).

Chì là kim loại có màu tro sáng, rất mềm, có thể uốn cong, dát mỏng dễ dàng hoặc cắt bằng dao cắt công nghiệp, nhiệt độ nóng chảy thấp.

Chì có điện trở suất cao $\rho = 0,21 \text{ mm}^2/\text{m}$ và nhiệt dẫn suất nhỏ. Nó là vật liệu bảo vệ tốt nhất đối với sự xuyên thủng của tia X (tia Röntgen).

Một lớp chì dày 1mm ở 200 – 300kV có tác dụng bảo vệ như một lớp thép dày 11,5mm hay một lớp gạch có chiều dày 110mm.

Chì và hợp kim của nó được dùng để làm lớp vỏ bảo vệ ở cáp điện nhằm chống lại ẩm ướt.

Chì còn được dùng để chế tạo các bản cực của acquy, dùng để làm dây chảy bảo vệ các đường dây dẫn điện và các thiết bị điện.

Bảng2.... Các hằng số vật lý hóa học chính của Chì

Đặc tính	Đơn vị đo lường	Chỉ tiêu
-Trọng lượng riêng ở 20 ⁰ C	Kg/dm ³	11.34
-Điện trở suất ở nhiệt độ 20 ⁰ C	cm.10 ⁻⁶	20,8
-Điện dẫn suất ở 20 ⁰ C	⁻¹ cm ⁻¹ .10 ⁶	0,048
- Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ ở 20 ⁰ C	-	
- Nhiệt dẫn suất	1/ ⁰ C	0,00428
- Nhiệt độ nóng chảy bình thường	W/cm.grd	0,35
- Nhiệt lượng riêng trung bình ở 25 ⁰ C	⁰ C	327,3
- Điểm sôi ở 760mm cột thủy ngân	Kcal/kg.grd	0,00309
- Hệ số giãn nở dài trung bình 20-100 ⁰ C	⁰ C	1740
- Modun đàn hồi, E	1/độ (grad)	29,3.10 ⁻⁶
- Sức bền đứt khi kéo	kG/mm ²	1700
- Thế điện hóa so với H	kG/mm ²	1,5
	V	- 0,13

2.4.4. Sắt và hợp kim của sắt

- Trong vỏ quả đất, sắt là kim loại có nhiều thứ hai, sau Al (khoảng 5%).

Sắt được sản xuất tương đối dễ dàng nên giá thành hạ so với các kim loại khác. Trên cơ sở tỷ lệ Cacbon chứa trong sắt mà người ta phân thành:

- Gang: là sắt chứa tỷ lệ (1,7 – 4,5)% C
- Thép: là sắt chứa tỷ lệ (0,5 – 1,7)% C
- Sắt rèn: là sắt chứa tỷ lệ dưới 0,5% C

Sắt tinh khiết (99,7 – 99,9)% Fe trong kỹ thuật thực tế rất ít được sử dụng.

Bảng 2.... Các hằng số vật lý hóa học chính của sắt tinh khiết

Đặc tính	Đơn vị đo lường	Chỉ tiêu
-Trọng lượng riêng ở 20 ⁰ C	Kg/dm ³	7,86
-Điện trở suất ở nhiệt độ 20 ⁰ C	cm.10 ⁻⁶	10
-Điện dẫn suất ở 20 ⁰ C	⁻¹ cm ⁻¹ .10 ⁶	0,10
- Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ ở 0-100 ⁰ C	- 1/ ⁰ C	0,00657
- Nhiệt dẫn suất	W/cm.grd	0,75
- Nhiệt độ nóng chảy bình thường	⁰ C	1535
- Nhiệt lượng riêng trung bình ở 20-100 ⁰ C	Kcal/kg.grd ⁰ C	0,111 2740
- Điểm sôi ở 760mm cột thủy ngân	1/độ (grad)	12,3.10 ⁻⁶
- Hệ số giãn nở dài trung bình 20-100 ⁰ C	%	50
- Độ dẫn dài riêng khi đứt	kG/mm ²	21070
- Modun đàn hồi, E	kG/mm ²	22
- Sức bền đứt khi kéo	V	0,44
- Thê điện hóa so với H		

- Thép được dùng làm vật dẫn thường dùng loại thép có hàm lượng Cacbon (0,10 – 0,19)%C, có giới hạn chịu kéo (70 – 75)kg/mm², độ giãn khi đứt (5 – 8)%, điện trở suất lớn hơn đồng (6 – 7) lần.

Nhược điểm của thép là dễ bị ăn mòn thông qua hiện tượng rỉ ngay ở nhiệt độ bình thường và đặc biệt là rỉ rất nhanh ở nhiệt độ cao và ở môi trường ẩm ướt. Để khắc phục hiện tượng này, bề mặt tiếp xúc của sắt thường được phủ một lớp vật liệu ổn định hơn như Cadmi, Zn,...Mặc dù vậy, nó cũng có một số ưu điểm nổi trội so với các kim loại khác nên được sử dụng phổ biến làm vật dẫn:

Thép có sức bền cơ khí lớn gấp 2 – 2,5 lần so với đồng và do đó dây dẫn thép có thể dùng ở những khoảng cột lớn, những tuyến vượt sông rộng...(có thể sử dụng với khoảng cột từ 1500 – 1900m).

Sự phong phú của thép trong quặng thiên nhiên và giá thành hạ tạo cho dây dẫn hoặc thanh dẫn điện bằng thép có giá thấp hơn nhiều so với bằng đồng hoặc nhôm.

Đối với đường dây dẫn truyền tải điện năng, người ta sử dụng dây dẫn bằng thép nhiều sợi hoặc bện thành chảo hoặc sử dụng chảo thép-nhôm, với thép được tráng kẽm được đặt ở giữa.

Để dùng thép làm thanh dẫn thường là thép cacbon dất mỏng khi nóng (C = 0,74%, Mn = 0,71%, S = 0,002%, Si = 0,25%, P = 0,03%) có điện trở suất = 0,135 mm²/m.

Thép hay được dùng làm dây dẫn, thanh dẫn để bảo vệ quá điện áp (chống sét) và các trang thiết bị bảo vệ nối đất.

Ngoài ra, thép còn được dùng để chế tạo các điện trở phát nóng với nhiệt độ thích ứng 300 - 500°C...

2.4.5. Kẽm

2.4.5.1. Sản xuất và chế tạo

Kẽm được thấy trong tự nhiên dưới dạng hợp chất ZnS, các bonnat kẽm (ZnCO₃), Silicat (Zn₂SiO₄), oxyt ZnO v.v...

Các phương pháp lấy kẽm từ hợp chất là :

- Phương pháp lấy kẽm bằng cách làm khô thông qua sự sần lọc bằng lưới ở nhiệt độ 850- 900°C và làm giảm oxyt nhờ sự giúp đỡ của cacbon ở 1300-1500°C trong phòng đóng kín để ngăn cản oxyt hóa. Sau đó kẽm thô được tinh chế theo phương pháp khô trong lò có ngọn lửa hoặc theo phương pháp điện phân dung dịch sulfat ZnSO₄. Chúng ta sẽ thu được kẽm với độ tinh khiết 99.9%

- Phương pháp lấy kẽm thông qua điện phân từ mỏ calci và có sunfat chịu điện phân như ZnSO₄ trong bình bằng gỗ bọc chì.

Theo tiêu chuẩn một số nước kẽm được phân loại tùy theo đặc tính của kẽm, mức độ tạp chất v.v...và có những loại sau: loại phẩm chất L, loại phẩm chất O, và loại phẩm chất Z sự cấu thành của những loại kẽm các thành phẩm trên được giới thiệu **bảng 2.7..**

Bảng 2.... Sự cấu thành của kẽm luyện kim

Phẩ m	Ký hiệu	Zn% (min)	Hàm lượng tạp chất %(max)							
			Pb	Cd	Fe	As	Sb	Cu	Sn	Tạp chất

VẬT LIỆU ĐIỆN

chất										khác
L	ZnL	98,6	1,50	0,1	0,0	0,00	0,01	0,00	0,00	Còn lại
O	ZnO	98,6	1,25	0,2	4	5	5	5	2	Còn lại
Z	ZnZ	97,5	2,00	0,2	0,0	0,00	0,01	0,05	0,00	Còn lại
					4	5	5	0,05	2	
					0,1	0,01	0,01		0,05	
					0	0	5			

Giữa các tạp chất trên, thì Pb tạo cho kẽm dễ dát dát, còn sắt Fe làm cho kẽm dễ vỡ (dòn), kẽm luyện kim được đúc thành các khối có trọng lượng 20 – 2kg. Kẽm được dùng trong kỹ thuật điện cho các phần tử galvanic, phải có tỉ lệ phần trăm tối đa 1%Pb và 0,02%Fe

2.4.5.2. Hằng số vật lý và hóa

Hằng số vật lý cho trong bảng 2.8....

Bảng 2.... Hằng số vật lý và hóa học chính của kẽm

Đặc tính	Đơn vị đo lường	Chỉ tiêu
-Trọng lượng riêng ở 20 ⁰ C	Kg/dm ³	7,14
-Điện trở suất ở nhiệt độ 20 ⁰ C	cm.10 ⁻⁶	5,92
-Điện dẫn suất ở 20 ⁰ C	⁻¹ cm ⁻¹ .10 ⁶	0,17
- Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ ở 20 ⁰ C	- 1 ⁰ C	0,00419
- Nhiệt dẫn suất ở 20 ⁰ C	W/cm.grd	1,128
- Nhiệt độ nóng chảy bình thường	⁰ C	419,5
- Nhiệt lượng riêng trung bình ở 25 ⁰ C	Kcal/kg.grd	0,0946
- Điểm sôi ở 760mm cột thủy ngân	⁰ C	907
- Hệ số giãn nở dài trung bình 20-100 ⁰ C	1/độ (grd) ⁰ C	39,5.10 ⁻⁶ 630-750
- Nhiệt độ xử lý nhiệt (ủ)	kG/mm ²	13000
- Modun đàn hồi, E	kG/mm ²	11,2 – 13,3
- Sức bền đứt khi kéo	%	35-45
- Độ giãn dài riêng khi kéo đứt	V	- 0,76
- Thế điện hóa so với H		

2.4.5.2. Đặc tính

Kẽm là kim loại có màu tro xám hơi ngả màu trắng. Nó có tính chiếu sáng và sau một thời gian nó trở nên màu mờ đục do vì tác dụng của không khí, không khí dễ tạo cho kẽm một lớp oxít bảo vệ, sau đó lớp này chuyển thành kiem cacbonnat, chính lớp này bảo vệ cho kẽm không bị ăn mòn. Kẽm có cấu trúc tinh thể, ở nhiệt độ bình thường ít chịu dát mỏng, song nếu nung nóng ở 100 -150⁰C thì tính dát mỏng tăng lên, và do vậy người ta có thể dát mỏng, rèn và kéo thành sợi. ở nhiệt độ 200 – 250⁰C thì kẽm trở nên giòn vì vậy có thể đập vỡ thành bột. ở trạng thái lỏng, nó chảy dễ dàng và có thể rót đầy vào khuôn dễ dàng. Nó dễ bị tác dụng của axit và chất kiem với những chất đó nó tạo thành tổ hợp chất độc. Các đặc tính của kẽm dùng làm dây dẫn so với kim loại khác được giới thiệu **bảng 2..**

Bảng2.... Tính chất của kẽm và magiê dùng làm dây dẫn so sánh với đồng và nhôm

Vật liệu	Trọng lượng riêng Kg/dm ³	Điện dẫn suất m/ mm ²	Sức bền đứt khi kéo Kg/mm ²	Độ dẫn dài %	Quan hệ ở đồng tương đương	
					Đường kính dây dẫn. Đường kính đồng	Trọng lượng dây dẫn trọng lượng đồng
- Đồng mềm	8,9	56	26	45	1	1
- Nhôm	2,7	36	8	20	1,25	0,47
- Magiê 99,7%	1,7	21,7	20	10	1,6	0,44
- Kẽm 99,9%	7,1	16,2	20	30	1,83	2,67
- Kẽm với 0,13% Fe	7,1	15,5-15,8	18	40-43	1,89	2,86
- Kẽm với 6,4%Al và 0,21% Cu	6,8	16,8	24,6	47,9	1,82	2.54

Từ bảng 2... chúng ta có nhận xét là: Dây dẫn bằng kẽm, ở nhiệt độ bình thường, tính chất cơ khí có thể so sánh với tính chất cơ khí của đồng mềm. Khi tăng nhiệt độ, sức bền khi kéo của kẽm sẽ giảm rất nhiều (ở 100⁰C giảm đến 60- 70% trong khi đó, sức bền khi kéo của đồng ở cùng nhiệt độ sẽ chỉ giảm đến 9%, còn nhôm chỉ giảm 10%

2.4.5.3. Ứng dụng

Những ứng dụng chính của kẽm trong kỹ thuật điện là :

- Dây dẫn bằng kẽm khi thêm thành phần đồng hay nhôm vào, đôi lúc được dùng thay thế cho dây dẫn bằng đồng hay bằng nhôm.

- Dây dẫn ZnAl-1 (**bảng 2...**) cho phẩm chất tốt vì nó không tạo nên đường nứt nẻ. Tương tự như vậy, dây dẫn với 0,13%Fe có thể kéo thành sợi nhỏ khi nguội mà không bị nứt nẻ.
- Các thanh góp bằng kẽm cho phép áp suất 20-50kG/cm²
- Các điện cực dùng cho các phần tử galvanic
- Các lá kẽm dùng làm cầu chì nóng chảy, sản xuất theo phương pháp điện phân(99,95%)

bảng 2...

Vật liệu	Sức bền đứt kG/mm ²	Độ dẫn dài %	Điện dẫn suất m/ mm ²
- Zn 99,99	14	60	16,5
- Zn 99,90	23	15	16,0
- Zn 98,50	29	19	16,0
- Zn Al- 1	20	30	16,7
- Zn Al-4	22	68	16,9
- Zn Al- 10	30	50	18,6

2.4.6. Một số kim loại và hợp kim khác

2.4.5.1. Wofram (W)

Wofram (Tungsten) tìm thấy trong tự nhiên dưới dạng mỏ: Woframit (FeOMnO)WO₃, quặng selit (CaOWO₃), thông qua các phản ứng hóa học khác nhau, các quặng này chuyển thành Trioxyt Wofram (WO₃) rồi điều chế từ đây được Wofram (W) thông qua điện phân ở nhiệt độ cao 1050 1300°C.

Wofram là một kim loại có sức bền đứt và độ cứng rất cao, nhiệt độ nóng chảy cao nhất trong số tất cả các kim loại được sử dụng trong kỹ thuật điện, được chế tạo thành sợi tóc trong các bóng đèn điện sợi đốt, chế tạo các điện trở phát nóng cho các lò điện,...Tuy nhiên, để cản trở sự oxyt hóa dây tóc và sự bay hơi của nó, các bóng đèn nung sáng được thực hiện trong chân không hay với môi trường khí trơ (argon, nitơ), khi đó có thể làm việc ở 2300°C.

Wofram tinh khiết (99,5 99,8%) còn được dùng để chế tạo các tiếp điểm điện có dòng điện nhỏ. Đối với tiếp điểm điện ở công suất lớn (dòng

điện lớn), người ta dùng hợp kim của Wofram với bạc hay Wofram với đồng nén lại.

Bảng 2.... Các hằng số vật lý hóa học chính của Wofram

Đặc tính	Đơn vị đo lường	Chỉ tiêu
-Trọng lượng riêng ở 20 ⁰ C	Kg/dm ³	19,3
-Điện trở suất ở nhiệt độ 20 ⁰ C	cm.10 ⁻⁶	5,55
-Điện dẫn suất ở 20 ⁰ C	⁻¹ cm ⁻¹ .10 ⁶	0,18
- Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ ở 20 ⁰ C	-	
- Nhiệt dẫn suất	1/ ⁰ C	0,00468
- Nhiệt độ nóng chảy bình thường	W/cm.grd	1,99
- Nhiệt độ nóng chảy bình thường	⁰ C	3380
- Nhiệt lượng riêng trung bình ở 25 ⁰ C	Kcal/kg.grd	0,0338
- Điểm sôi ở 760mm cột thủy ngân	⁰ C	5000
- Hệ số giãn nở dài trung bình 20-100 ⁰ C	1/độ (grd)	4,5.10 ⁻⁶
- Modun đàn hồi, E	kG/mm ²	37000-40000
- Sức bền đứt khi kéo	kG/mm ²	350
- Thế điện hóa so với H	V	- 0,58

2.4.5.2. Niken (Ni)

Niken còn được gọi là kền, tồn tại dưới dạng mỏ trong thiên nhiên:

- o Sulfua đa kim loại: quặng Milerit (NiS), Penlandit ((FeNi)₂S₈).
- o Silicat: Canarit (2NiO₃SiO₂.H₂O), Gac-ni-erit (NiMgSiO₃)
- o Sulfua và Asenua - Nikelen: NiAs, NiAs₂.

Qua hàng loạt các phản ứng người ta có thể chế tạo được Niken với độ tinh khiết 99,9%.

Niken là kim loại màu trắng-xám tro, nó không bị oxyt hóa trong không khí và trong nước ở điều kiện bình thường (chỉ bị oxyt hóa ở nhiệt độ trên 500⁰C) là kim loại bền, dễ dát mỏng và vượt giãn được cả khi nguội và khi nóng.

Niken được dùng để chế tạo các nhiệt ngẫu đo nhiệt độ (Ni-Fe, Ni-Cr); chế tạo các tiếp điểm điện làm việc trong môi trường Cacbua Hydro đối với dòng điện nhỏ và điện áp lớn (đối với công suất lớn, tiếp điểm

dùng hợp kim Ni-Ag) ; chế tạo các điện trở phát nóng, đến 900°C ; dùng để mạ bảo vệ cho những chi tiết bằng sắt thép thông qua phương pháp điện phân, dùng để chế tạo các máy điện cực dương (anot) của các acquy kiềm.

Bảng 2.... Các hằng số vật lý hóa học chính của Niken

Đặc tính	Đơn vị đo lường	Chỉ tiêu
-Trọng lượng riêng ở 20°C	Kg/dm ³	8,9
-Điện trở suất ở nhiệt độ 20°C	cm.10 ⁻⁶	8,69 ủ nhiệt mềm 9,52 cứng
-Điện dẫn suất ở 20°C	- ¹ cm ⁻¹ .10 ⁶	0,15 ủ nhiệt mềm 0,105 cứng
- Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ ở 20°C	1/°C	0,0044- 0,0069
- Nhiệt dẫn suất	W/cm.grd	0,593
- Nhiệt độ nóng chảy bình thường	°C	1453
- Nhiệt lượng riêng trung bình ở 25°C	Kcal/kg.grd	0,1086
- Điểm sôi ở 760mm cột thủy ngân	°C	3000
- Hệ số giãn nở dài trung bình 20-100°C	1/độ (grad)	13.10 ⁻⁶
- Modun đàn hồi, E	kG/mm ²	20500
- Sức bền đứt khi kéo	kG/mm ²	40 ủ nhiệt mềm 80 cứng
- Thế điện hóa so với H	V	- 0,25

2.4.5.3. Bạc (Ag)

Bạc được điều chế từ các mỏ trong tự nhiên: Acgentit (Ag₂S), Pira-Acgirit (Ag₃SbS₃), Kera-Acgerit [(AgCl)Ag₂Sb]... ngoài ra còn tìm thấy Ag trong nước biển (0,001mg/1lit).

Thông qua điện phân tinh chế có thể thu được bạc tinh khiết (99,80 99,999)%.

Bạc là kim loại có điện trở suất nhỏ = 0,016 mm²/m nên dẫn điện tốt nhất trong tất cả các kim loại. Nó có màu trắng và chiếu sáng, chiếu sáng này không bị mất đi trong môi trường không khí. Ở nhiệt độ bình

thường, thậm chí cả ở nhiệt độ cao bạc vẫn không bị oxyt hóa do vậy Ag được liệt vào nhóm kim loại quý.

Trong kỹ thuật điện, bạc được sử dụng

- Làm dây dẫn, dây quấn, tiếp điểm trong kỹ thuật thu thanh, vô tuyến, làm dây chảy bảo vệ.
- Hợp kim với Mangan hay Niken được dùng làm dây dẫn trong các máy đo.
- Để mạ cho các kim loại khác, ngăn oxyt hóa, để tráng gương, tráng kim loại cho các dụng cụ chiếu sáng,...

Bảng 2.... Các hằng số vật lý hóa học chính của Bạc

Đặc tính	Đơn vị đo lường	Chỉ tiêu
-Trọng lượng riêng ở 20 ⁰ C	Kg/dm ³	10,5
-Điện trở suất ở nhiệt độ 20 ⁰ C	cm.10 ⁻⁶	1,6
-Điện dẫn suất ở 20 ⁰ C	⁻¹ cm ⁻¹ .10 ⁶	0,0625
- Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ ở 20 ⁰ C	-	0,0036-0,0041
- Nhiệt dẫn suất	W/cm.grd	4,58
- Nhiệt độ nóng chảy bình thường	⁰ C	960,8
- Nhiệt lượng riêng trung bình ở 25 ⁰ C	Kcal/kg.grd	0,0575
- Điểm sôi ở 760mm cột thủy ngân	⁰ C	2177
- Hệ số giãn nở dài trung bình 20-100 ⁰ C	1/độ (grd)	19,68.10 ⁻⁶
- Modun đàn hồi, E	kG/mm ²	8200
- Sức bền đứt khi kéo	kG/mm ²	16 ở nhiệt mềm 29 kéo
- Thế điện hóa so với H	V	0,808

2.4.5.4. Vàng (Au)

Vàng được tìm thấy trong thiên nhiên dưới dạng hạt, lá, bụi bột...bằng cách đãi theo phương pháp đặc biệt rồi chưng cất, tinh luyện thông qua điện phân hoặc thông qua kết tủa chọn lọc có thể thu được vàng tinh khiết (99,88 - 99,998%).

Vàng là kim loại có màu vàng đặc trưng, sáng rực. Màu sáng này không bị mất đi trong không khí hay trong axit, không bị oxyt hóa ở nhiệt độ cao.

Trong kỹ thuật điện, vàng được sử dụng:

- Để làm các tiếp điểm điện, thường dưới dạng hợp kim: 70% Au + 24%Ag + 6% Pt.
- Để mạ các vật liệu khác chống ăn mòn điện.
- Làm dây dẫn (hợp kim Au + 20% Cr), các điện trở trong điện kế, vì chúng có hệ số biến đổi điện trở suất theo nhiệt độ rất nhỏ.

Bảng2.... Các hằng số vật lý hóa học chính của Vàng

Đặc tính	Đơn vị đo lường	Chỉ tiêu
-Trọng lượng riêng ở 20 ⁰ C	Kg/dm ³	19,29
-Điện trở suất ở nhiệt độ 20 ⁰ C	cm.10 ⁻⁶	2,20
-Điện dẫn suất ở 20 ⁰ C	⁻¹ cm ⁻¹ .10 ⁶	0,045
- Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ ở 20 ⁰ C	-	
	1/ ⁰ C	0,00365
- Nhiệt dẫn suất	W/cm.grd	3,12
- Nhiệt độ nóng chảy bình thường	⁰ C	1063
- Nhiệt lượng riêng trung bình ở 25 ⁰ C	Kcal/kg.grd	0,031
- Điểm sôi ở 760mm cột thủy ngân	⁰ C	2700
- Hệ số giãn nở dài trung bình 20-100 ⁰ C	1/độ (grd)	14,3.10 ⁻⁶
	kG/mm ²	7900
- Modun đàn hồi, E	kG/mm ²	14
- Sức bền đứt khi kéo	V	15
- Thế điện hóa so với H		

2.4.5.5. Thiếc (Sn)

Thiếc là kim loại có ánh sáng bạc, sức bền đối với ảnh hưởng của môi trường, là kim loại rất mềm (sau chì), dễ dát mỏng và dễ uốn dẻo.

Thiếc được dùng trong kỹ thuật điện để chế tạo đồng thanh, làm lớp vỏ bọc bên ngoài để bảo vệ các vật liệu dễ bị ăn mòn bởi môi trường, để làm chất hàn,...

Bảng2.... Các hằng số vật lý hóa học chính của Thiếc

VẬT LIỆU ĐIỆN

Đặc tính	Đơn vị đo lường	Chỉ tiêu
-Trọng lượng riêng ở 20°C	Kg/dm ³	7,3
-Điện trở suất ở nhiệt độ 20°C	cm.10 ⁻⁶	11,4
-Điện dẫn suất ở 20°C	⁻¹ cm ⁻¹ .10 ⁶	0,087
- Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ ở 20°C	- 1/°C	0,0044
- Nhiệt dẫn suất	W/cm.grd	0,16
- Nhiệt độ nóng chảy bình thường	°C	231,9
- Nhiệt lượng riêng trung bình ở 25°C	Kcal/kg.grd	0,0548
- Điểm sôi ở 760mm cột thủy ngân	°C	2300
- Hệ số giãn nở dài trung bình 20-100°C	1/độ (grd)	27,03.10 ⁻⁶
- Modun đàn hồi, E	kG/mm ²	1150
- Sức bền đứt khi kéo	kG/mm ²	2,75
- Thế điện hóa so với H	V	- 0,10

2.4.5.7. Thủy ngân (Hg)

Thủy ngân là kim loại duy nhất ở thể lỏng và có thể bay hơi trong điều kiện thường.

Thủy ngân tinh khiết có màu trắng bạc, chiếu sáng. Ở nhiệt độ – 38,87°C, nó đông rắn lại, tạo thành một khối tinh thể dễ dát mỏng và vượt giãn được. Thủy ngân có sức bền đối với sự tác động của không khí khô. Khi nung nóng trong không khí nó bị oxyt hoá (ở nhiệt độ 350°C, nó bị oxyt hóa rất dễ dàng).

Thủy ngân được sử dụng trong các đèn chiếu sáng, đèn chỉnh lưu, đèn chiếu đặc biệt dùng trong y tế, máy chiếu, máy in,... Ngoài ra còn được dùng làm các tiếp điểm trong kỹ thuật đo, trong Rơle và các khí cụ điện.

Bảng 2.... Các hằng số vật lý hóa học chính của thủy ngân

Đặc tính	Đơn vị đo lường	Chỉ tiêu
-Trọng lượng riêng ở 20°C	Kg/dm ³	13,546
-Điện trở suất ở nhiệt độ 20°C	cm.10 ⁻⁶	95,8
-Điện dẫn suất ở 20°C	⁻¹ cm ⁻¹ .10 ⁶	0,010438
- Hệ số thay đổi điện trở suất theo	-	0,90.10 ⁻³

VẬT LIỆU ĐIỆN

nhiệt độ ở 20°C	1/°C	
- Nhiệt dẫn suất	W/cm.grd	0,103
- Nhiệt độ nóng chảy bình thường	°C	-38,87
- Nhiệt lượng riêng trung bình ở 25°C	Kcal/kg.grd	0,0332
- Điểm sôi ở 760mm cột thủy ngân	°C	356,95
- Hệ số giãn nở dài trung bình 20-100°C	1/độ (grd)	18,2.10 ⁻⁵
- Modun đàn hồi, E	kG/mm ²	8200
- Sức bền đứt khi kéo	kG/mm ²	16 Ủ nhiệt mềm 29 kéo
- Thế điện hóa so với H	V	0,86

2.5. HỢP KIM CÓ ĐIỆN TRỞ CAO

Hợp kim có điện trở cao được dùng trong kỹ thuật điện để chế tạo các dụng cụ đo lường, điện trở mẫu, biến trở, dụng cụ nung nóng.

Đối với tất cả các thiết bị ấy đều yêu cầu dây dẫn có điện trở suất cao và hệ số biến đổi của điện trở suất đối với nhiệt độ nhỏ so với các phần tử hợp thành.

Hiện nay thường dùng các hợp kim có gốc là đồng: Manganin, Constantan và Nikennin, Niken-Crôm, Niken-Nhôm.

2.5.1. Hợp kim Manganin (86% Cu, 2% Ni, 12% Mn)

Hợp kim Manganin là hợp kim chủ yếu dùng trong thiết bị nung và điện trở mẫu (điện trở chính xác). Sở dĩ được dùng làm điện trở mẫu là bởi nó không làm sai lệch kết quả đo lường ở những dòng điện khác nhau cũng như ở những nhiệt độ môi trường xung quanh khác nhau.

2.5.2. Hợp kim Constantan (60% Cu, 40% Ni)

Constantan dễ hàn và dính rất chặt, hệ số biến đổi điện trở suất theo nhiệt độ rất nhỏ (Constantan với nghĩa của nó là hằng số), có trị số âm.

Constantan được dùng làm biến trở và phân tử nung nóng, Constantan không được dùng ở nhiệt độ trên 450°C vì lúc đó nó sẽ bị oxyt hóa.

Constantan ghép với đồng hay sắt có sức nhiệt điện động lớn. Đó là nhược điểm khi dùng điện trở bằng Constantan trong các sơ đồ đo. Do có sự chênh lệch nhiệt độ ở chỗ tiếp xúc nên có sức nhiệt điện động xuất hiện, đó là nguồn sai số. Đặc biệt trong các cầu đo chỉ không và sơ đồ phân điện áp.

Constantan được dùng nhiều làm cặp nhiệt ngẫu để đo nhiệt độ đến 700°C.

2.5.3. Hợp kim Nikenin [(25 – 35)%Ni, (2 – 3)%Mn, 67%Cu]

Hợp kim Nikenin rẻ tiền hơn Constantan, dễ gia công, có điện trở suất nhỏ hơn và hệ số biến đổi của điện trở suất đối với nhiệt độ lớn hơn Constantan.

Người ta thường dùng hợp kim Nikenin làm biến trở khởi động và điều chỉnh.

2.5.4. Hợp kim Crôm-Niken (Nicrom)

Hợp kim *Nicrom* [1,5% Mn, (55 – 78)%Ni, (15 – 23)%Cr, còn lại là Fe] có sức bền tốt ở nhiệt độ cao, điện trở suất và hệ số biến đổi của điện trở suất theo nhiệt độ nhỏ.

Hợp kim này được dùng để làm các phân tử nung bằng điện như bếp điện, mỏ hàn,... với nhiệt độ đến 1000°C.

2.5.5. Hợp kim Crôm - Nhôm

Hợp kim Crôm - Nhôm là hợp kim rất rẻ được dùng để chế tạo các thiết bị nung lớn và lò điện lớn dùng trong công nghiệp.

Bảng 2.6. Tổng hợp hành phần và các tính chất cơ bản của một số hợp kim có điện trở cao hay dùng trong kỹ thuật điện.

Bảng 2.6

Tên hợp kim	Thành phần % có trong hợp kim						Tính chất cơ bản			
	Cu	Mn	Ni	Cr	Al	Fe	(mm ² /m)	(10 ⁻⁶ /°C)	Sức nhiệt điện động với đồng (mV/grad)	Giới hạn nhiệt độ làm việc (°C)
Mangan	86	12	2				0,42 0,8	10-15	1-2	100-200
Constantan	60		40				0,43 0,52	-5	0,5	400-500
Nikenin	67	23	2535				0,4	20		250
Crôm-Niken		1,5	5578	1523		còn lại	1,0 1,2	0,00013		1100
Crôm-Nhôm				30	4	còn lại	1,2 1,5	0,00014		1200

2.6. VẬT LIỆU LÀM ĐIỆN TRỞ

2.6.1. Khái niệm và phân loại

2.6.1.1 Khái niệm

Vật liệu dùng để chế tạo các điện trở phải có:

+ Điện trở suất lớn

+ Có hệ số biến đổi theo điện trở suất phải nhỏ để đảm bảo sự ổn định đối với sự biến đổi của nhiệt độ (R lớn dẫn tới P lớn dẫn tới T⁰ lớn làm cho thay đổi và thay đổi)

2.6.1.2. Phân loại

- Vật liệu dùng làm điện trở chính xác sử dụng ở những dụng cụ đo lường điện và điện trở chuẩn. Loại này có các yêu cầu là đặc tính không được thay đổi theo thời gian để nó không tạo ra sai số trong các phép đo

- Vật liệu dùng làm bộ biến trở khởi động, loại này có yêu cầu: Phải có sức bền trong quá trình nung nóng và sức bền đối với sự ăn mòn.

- Vật liệu được sử dụng ở những khí cụ điện sưởi nóng và đun nóng, yêu cầu phải có sức bền đối với thời gian kéo dài khi nhiệt độ cao.

Lưu ý: Những kim loại tinh khiết ít được dùng làm biến trở vì: Điện trở suất nhỏ hơn hợp kim của chúng, của hợp kim tinh khiết >> của hợp kim, bị ăn mòn ở nhiệt độ cao.

2.6.2. Hợp kim dùng làm điện trở

2.6.2.1. Hợp kim dùng làm điện trở chính xác và dùng làm bộ biến trở

- Hợp kim loại Mangan, thành phần: 86% Cu, 2% Ni, 12% Mn

Đặc điểm: có sức nhiệt điện động nhỏ

Ứng dụng: Chế tạo các điện trở chính xác vì nó không làm sai lệch kết quả đo lường ở những nhiệt độ khác nhau và những dòng điện khác nhau.

- Hợp kim loại Constantan, thành phần: 60% Cu, 40% Ni,

Đặc điểm: Hệ số biến đổi theo điện trở suất rất nhỏ

Ứng dụng: Dùng làm biến trở và phần tử nung nóng

2.6.2.2. Hợp kim dùng làm biến trở sưởi nóng và nung nóng

- Hợp kim trên cơ sở Niken và Crôm

Thành phần hợp kim được tạo thành theo cách hòa tan rắn Niken và Crôm

Đặc điểm: có sức bền tốt ở nhiệt độ cao, điện trở suất lớn và hệ số biến đổi theo điện trở suất nhỏ

- Ngoài ra còn có các loại hợp kim

+ Hợp kim trên cơ sở Ni, Fe, Crôm

+ Hợp kim trên cơ sở Fe, Crôm, Al

+ Dây làm điện trở trên cơ sở Cacbua Silic, Fe, Crôm

2.7. VẬT LIỆU DÙNG LÀM TIẾP ĐIỂM VÀ CỔ GÓP

2.7.1. Yêu cầu đối với vật liệu làm tiếp điểm

- Có sức bền cơ khí và độ răn tốt (tuổi thọ cao)
- Có điện dẫn suất và dẫn nhiệt tốt để không nóng quá nhiệt độ cho phép khi những tiếp điểm này có dòng điện định mức đi qua
- Có sức bền đối với sự ăn mòn do các tác nhân bên ngoài (Nước, không khí ẩm)
- Có nhiệt độ nóng chảy và hóa hơi cao, ôxi của nó phải có điện dẫn suất lớn (tức là để có thể chịu được dòng ngắn mạch cao, R_{tx} nhỏ)
- Gia công dễ dàng giá thành hạ

Bên cạnh những điểm nêu trên, nó phải thỏa mãn các điều kiện tùy thuộc và dạng tiếp điểm (có 3 dạng tiếp điểm cố định, di động và trượt)

+ Với tiếp điểm cố định: Phải có sức bền nén để có thể chịu được áp suất lớn, (lực ấn lớn), phải có điện trở ổn định trong thời gian làm việc lâu dài (R_{tx} ổn định)

+ Với tiếp điểm di động: Chúng làm việc theo cách ấn (đóng và mở các MC điện, Công tắc tơ, Role điện ...) , phải có sức bền đối với sự ăn mòn do tác động cơ khí khi đóng mở, phải có sức bền đối với sự tác động của hồ quang không bị hàn chặt.

+ Với tiếp điểm trượt: Chúng làm việc theo cách trượt như: Cổ góp máy điện, DCL... Phải có sức bền đối với sự mài mòn cơ khí do ma sát

2.7.2. Sức bền của các tiếp điểm và các yếu tố ảnh hưởng tới sức bền

2.7.2.1. Bản chất bề mặt

- Điện trở của tiếp điểm càng lớn khi điện trở suất của vật liệu càng lớn và điện trở càng nhỏ khi ứng suất của vật liệu càng nhỏ, vì vật liệu càng mềm thì sự biến dạng của vật liệu càng dễ dàng và số lượng điểm tiếp xúc càng lớn, tức là tổng bề mặt tiếp xúc càng tăng lên
- Khi phụ tải thay đổi hay ngắn mạch, sẽ sinh ra ứng suất rất lớn sẽ làm yếu tiếp điểm
- Bản chất của vật liệu và những điều kiện làm việc ảnh hưởng đến sự ăn mòn các tiếp điểm (Tác động của không khí, nước, hóa chất ...) tạo nên trên bề mặt tiếp xúc lớp làm xấu tính chất dẫn điện, do đó R_{tx} tăng lên

Để tránh ăn mòn, người ta ngăn không cho không khí ẩm xâm nhập hay bảo vệ các tiếp điểm bằng phương pháp mạ điện (mạ thiếc hay bạc đối với đồng)

2.7.2.2. Lực ấn

Là yếu tố rất quan trọng ảnh hưởng đến điện trở tiếp điểm. Khi cùng một diện tích tiếp xúc, nếu lực ấn càng lớn thì diện tích tiếp xúc càng lớn vì diện tích tiếp xúc thực tế phụ thuộc vào lực ấn

Lực ấn ở những tiếp điểm cố định được ghép bằng Bulông cần phải tương đối lớn để đảm bảo R_{tx} nhỏ. Song cũng không được quá lớn vì sẽ tạo nên ứng suất lớn trong vật liệu sẽ làm mất tích đàn hồi sẽ làm xấu mối tiếp xúc.

2.7.2.3. Nhiệt độ của tiếp điểm

- Nhiệt độ từ nhiệt độ bình thường đến 250°C , do điện trở suất tăng theo nhiệt độ vì thế điện trở mà dòng điện đi qua tiếp điểm sẽ tăng
- Nhiệt độ từ 250°C đến 400°C sức bền cơ học của vật liệu giảm làm tăng diện tích tiếp xúc sẽ làm giảm điện trở mà dòng điện đi qua.
- Nhiệt độ lớn hơn 400°C , điện trở mà dòng điện đi qua sẽ tăng lại cho đến lúc nóng chảy và khi đó điện trở sẽ giảm đột ngột.

2.7.2.4. Trạng thái của bề mặt lúc tiếp xúc

Diện tích tiếp xúc càng lớn bao nhiêu thì càng tốt bấy nhiêu (bản chất của tiếp xúc mặt là tiếp xúc điểm)

2.7.3. Vật liệu làm tiếp điểm

2.7.3.1. Vật liệu làm tiếp điểm cố định

thường sử dụng đồng, nhôm, sắt ...

- Đồng và hợp kim của nó có phẩm chất cứng nên có thể sử dụng ở điều kiện bình thường. để có sức bền đối với sự ăn mòn được tốt, người ta bọc Ni tấm Silic mạ Ag
- Nhôm có sức bền cơ giới thấp, nên không dùng ở nơi có dòng điện ngắn mạch lớn.
- Thép có lớn do đó chỉ dùng khi Công suất bé và điện áp lớn (dòng điện bé)

2.7.3.2. Vật liệu làm tiếp điểm di động

- Platin: Có tính ổn định cao đối với sự ăn mòn trong không khí do không tạo màng oxit nên đảm bảo độ ổn định cho tiếp điểm dẫn tới R_{tx} nhỏ
- Bạc: Bạc tinh khiết ít dùng làm tiếp điểm vì bị hồ quang ăn mòn. Tiếp điểm hợp kim Ag và Cu có độ cứng cao và ăn mòn nhỏ thường được sử dụng.
- Ngoài ra còn dùng W, Mo, làm vật liệu tiếp điểm.

2.7.3.3. Vật liệu làm tiếp điểm trượt

- Cu và hợp kim của nó: dùng ở tiếp điểm DCL, tiếp điểm MCD, CĐ góp KCD: máy khoan, máy điện một chiều...
- Al dùng làm tiếp điểm của các phương tiện vận tải bằng điện (xe điện)
- C dùng trong các chi tiết KCD, các phương tiện vận tải bằng điện vì nó không ăn mòn dây dẫn điện và có tuổi thọ khá cao.

2.7.3.4. Vật liệu làm tiếp điểm có công suất lớn (MCD có U cao)

- Là các vật liệu tổng hợp, chúng được tạo nên từ những kim loại khó nóng chảy với kim loại dẫn điện tốt, một kim loại dẫn điện tốt còn kim loại kia có sức bền cơ khí lớn. Những vật liệu này gồm Ag- W, Ag- Ni, Cu- Ni.
- Được sử dụng ở những tiếp điểm có công suất lớn, áp suất tiếp xúc lớn và có độ cứng cao.

2.8. LƯỠNG KIM LOẠI

2.8.1. Khái niệm

Người ta gọi những sản phẩm dùng vật liệu lưỡng kim loại là những sản phẩm kỹ thuật được chế tạo bằng nhiều cách để tạo thành một khối liên hệ chặt của hai kim loại.

2.8.2. Dây dẫn và thanh góp bằng lưỡng kim- Thép - Đồng

Quanh hệ giữa điện trở ở dòng điện xoay chiều với tần số $f = 5000\text{Hz}$ và điện trở ở dòng điện một chiều đối với dây dẫn đồng có đường kính 5mm là:

$$\frac{R_{xc}}{R_{mc}} = 3,9$$

Dòng điện chạy qua lớp mặt ngoài có chiều dày 0,5-0,6mm, còn trung tâm của tiết diện trở thành mất tác dụng việc dẫn điện. Kết quả cho thấy : lõi của dây dẫn có thể được làm bằng thép, như vậy sẽ tiết kiệm đồng mà vẫn không hề ảnh hưởng đến điện trở ở dòng điện xoay chiều. Điều này

sẽ là biện pháp tốt để làm tăng sức bền cơ khí của dây dẫn, và lớp đồng ở bên ngoài cũng sẽ là lớp bảo vệ rất tốt đối với sự ăn mòn.

Do vậy, người ta đã thực hiện dây dẫn bằng vật liệu lưỡng kim thép-đồng đối với đường dây thông tin liên lạc có đường kính 1- 4mm. Dây dẫn bằng vật liệu lưỡng kim loại trong một số trường hợp dùng làm dây dẫn điện trong mạch nhị thứ ở tần số 50Hz. Và được chế tạo thành các thanh góp trong các trạm thiết bị dùng để nối.

2.8.3. Dây dẫn lưỡng kim - Đồng- Nhôm

Tổ hợp lưỡng kim đồng- nhôm được chế tạo đặc biệt dưới dạng các tấm có một mặt hay cả hai mặt và dùng trong các cấu trúc phản chiếu, lò sưởi điện hoặc các chi tiết dùng để nối vv...

Các tấm lưỡng kim- đồng – nhôm được dùng làm các con nối dây dẫn điện , con nối dây đồng và dây nhôm. Do thuận lợi là có thể dễ dàng hàn dính bằng hợp kim dính chặt dựa trên vật liệu cơ bản là thiếc , vật liệu lưỡng kim này có thể dùng để chế tạo các chi tiết trong thiết bị thu và phát thanh như làm cuộn dây ăngten bộ cảm biến vv...

CÂU HỎI CHƯƠNG 2

1. Nêu tính chất cơ bản của vật liệu dẫn điện, giải thích cụ thể từng tính chất đó.
2. Trình bày đặc tính chung, phân loại, tính chất cơ học và các ứng dụng của kim loại Đồng, Nhôm, Bạc và Sắt.
3. Trình bày khái niệm và phân loại vật liệu làm điện trở.
4. Trình bày khái niệm và phân loại vật liệu làm tiếp điểm.

CHƯƠNG 3 VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN

3.1. KHÁI NIỆM VÀ PHÂN LOẠI VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN

3.1.1 KHÁI NIỆM

Vật liệu dùng làm cách điện (còn gọi là chất điện môi) là các chất mà trong điều kiện bình thường điện tích xuất hiện ở đâu thì ở nguyên ở chỗ đấy, tức là ở điều kiện bình thường, điện môi là vật liệu không dẫn điện, điện dẫn của chúng bằng không hoặc nhỏ không đáng kể.

Vật liệu cách điện có vai trò quan trọng và được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật điện, Việc nghiên cứu vật liệu cách điện để tìm hiểu các tính chất, đặc điểm, để từ đó chọn lựa cho phù hợp.

3.1.2. PHÂN LOẠI VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN

3.1.2.1. Phân loại theo trạng thái vật lý

Theo trạng thái vật lý, có:

- Vật liệu cách điện thể khí,
- Vật liệu cách điện thể lỏng,
- Vật liệu cách điện thể rắn.

Vật liệu cách điện thể khí và thể lỏng luôn luôn phải sử dụng với vật liệu cách điện ở thể rắn thì mới hình thành được cách điện vì các phần tử kim loại không thể giữ chặt được trong không khí.

Vật liệu cách điện rắn còn được phân thành các nhóm: cứng, đàn hồi, có sợi, băng, màng mỏng.

Ở giữa thể lỏng và thể rắn còn có một thể trung gian gọi là thể mềm nhão như: các vật liệu có tính bôi trơn, các loại sơn tẩm.

3.1.2.2. Phân loại theo thành phần hóa học

Theo thành phần hoá học, người ta phân ra: vật liệu cách điện hữu cơ và vật liệu cách điện vô cơ.

1. Vật liệu cách điện hữu cơ: chia thành hai nhóm: nhóm có nguồn gốc trong thiên nhiên và nhóm nhân tạo.

- Nhóm có nguồn gốc trong thiên nhiên sử dụng các hợp chất cơ bản có trong thiên nhiên, hoặc giữ nguyên thành phần hóa học như: cao su, lụa, phíp, xenluloit,...
- Nhóm nhân tạo thường được gọi là nhựa nhân tạo gồm có: nhựa phenol, nhựa amino, nhựa polyeste, nhựa epoxy, xilicon, polyetylen, vinyl, polyamit,....

2. Vật liệu cách điện vô cơ: gồm các chất khí, các chất lỏng không cháy, các loại vật liệu rắn như gốm, sứ, thủy tinh, mica, amiăng...

3.1.2.3. Phân loại theo tính chịu nhiệt

Phân loại theo tính chịu nhiệt là sự phân loại cơ bản, phổ biến vật liệu cách điện dùng trong kỹ thuật điện. Khi lựa chọn vật liệu cách điện, đầu tiên cần biết vật liệu có tính chịu nhiệt theo cấp nào. Người ta đã phân vật liệu theo tính chịu nhiệt như bảng 3.2.

Bảng 3.2

Cấp cách điện	Nhiệt độ cho phép (°C)	Các vật liệu cách điện chủ yếu
Y	90	Giấy, vải sợi, lụa, phíp, cao su, gỗ và các vật liệu tương tự không tẩm nhựa, các loại nhựa polyetylen, PVC, polistinol, anilin, abomit
A	105	Giấy, vải sợi, lụa trong dầu, nhựa polyeste, cao su nhân tạo, các loại sơn cách điện có dầu làm khô

E	120	Nhựa trắng Polyvinylphocman, poliamit, epoxi. Giấy ép hoặc vải ép có nhựa phendfocmandehit (gọi chung là Bakelit giấy). Nhựa Melaminfocmandehit có chất độn xenlulo. Vải có tẩm thấm Polyamit. Nhựa Polyamit. Nhựa Phenol-Phurphurol có độn xenlulo.
B	130	Nhựa Polyeste, amiang, mica, thủy tinh có chất độn. Sơn cách điện có dầu làm khô dùng ở các bộ phận tiếp xúc với không khí. Sơn cách điện alkit, sơn cách điện từ nhựa phenol. Nhựa PhenolPhurol có chất độn khoáng, nhựa epoxi, sợi thủy tinh, nhựa Melaminfocmandehit.
F	155	Sợi amiang, sợi thủy tinh có chất kết dính
H	180	Xilicon, sợi thủy tinh, mica có chất kết dính
C	>180	Mica không có chất kết dính, thủy tinh, sứ, Polytetraflotylen, Polymonoclortrifloetylen.

3.6. TÍNH CHẤT CHUNG CỦA VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN

Khi lựa chọn, sử dụng vật liệu cách điện cần phải chú ý đến không những các phẩm chất cách điện của nó mà còn phải xem xét tính Ổn định của những phẩm chất này dưới các tác dụng cơ học, hóa lý học, tác dụng của môi trường xung quanh,...gọi chung là các điều kiện vận hành tác động đến vật liệu cách điện. Dưới tác động của điều kiện vận hành, tính chất của vật liệu cách điện bị giảm sút liên tục, người ta gọi đó là *sự lão hóa* vật liệu cách điện. Do vậy, tuổi thọ của vật liệu cách điện sẽ rất khác nhau trong những điều kiện khác nhau.

Bởi thế cần phải nghiên cứu về tính chất cơ lý hoá, nhiệt của vật liệu cách điện để có thể ngăn cản quá trình lão hoá, nâng cao tuổi thọ của vật liệu cách điện.

3.6.1. Tính hút ẩm của vật liệu cách điện

Các vật liệu cách điện với mức độ khác nhau đều có thể hút ẩm (hút hơi nước từ môi trường không khí) và thấm ẩm (cho hơi nước xuyên qua).

Nước là loại điện môi cực tính mạnh, hằng số điện môi tương đối $\epsilon = 80$ 81, độ điện dẫn $\sigma = 10^{-5} \cdot 10^{-6}$ (1/cm) nên khi vật liệu cách điện bị ngấm ẩm thì phẩm chất cách điện bị giảm sút trầm trọng.

Hơi ẩm trong không khí còn có thể ngưng tụ trên bề mặt điện môi, đó là nguyên nhân khiến cho điện áp phóng điện bề mặt có trị số rất thấp so với điện áp đánh thủng.

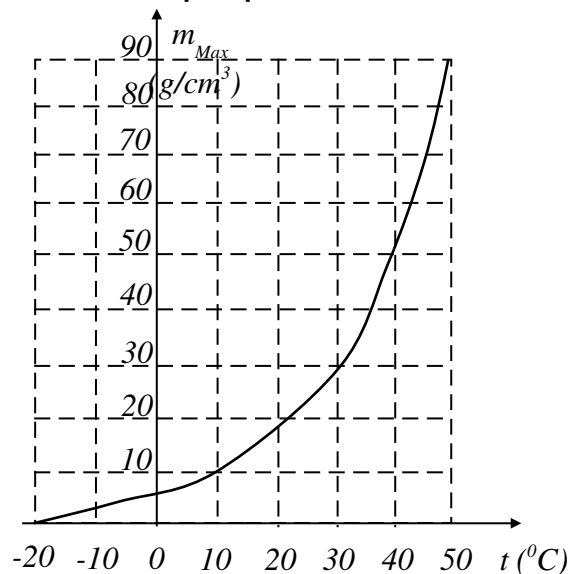
1. Độ ẩm của không khí

Trong không khí luôn chứa hơi ẩm, lượng ẩm trong không khí được xác định bởi tham số gọi là độ ẩm của không khí. Độ ẩm gồm có độ ẩm tuyệt đối và độ ẩm tương đối.

a. Độ ẩm tuyệt đối:

Độ ẩm tuyệt đối là khối lượng hơi nước trong 1 đơn vị thể tích không khí (g/m^3). Ở nhiệt độ xác định, độ ẩm tuyệt đối không thể vượt qua m_{\max} (m_{\max} được gọi là độ ẩm bão hòa). Nếu khối lượng nước nhiều hơn giá trị m_{\max} thì hơi nước sẽ rơi xuống dưới dạng sương.

Quan hệ giữa độ ẩm bão hòa và nhiệt độ cho trên hình 3.6.



Hình 3.6. Quan hệ giữa độ ẩm bão hòa m_{\max} theo nhiệt

b. Độ ẩm tương đối, %

Độ ẩm tương đối là tỷ số:
$$\% = \frac{m}{m_{\max}} \cdot 100\% \quad (3-12)$$

Ở trạng thái bão hòa của hơi nước trong không khí sẽ có $\% = 100\%$. Thường các ẩm kế chỉ cho số liệu về độ ẩm tương đối $\%$ nên khi cần xác định độ ẩm tuyệt đối sẽ phải tính theo công thức:

$$m = \frac{\% \cdot m_{\max}}{100} \quad (3-13)$$

và do m_{\max} là hàm của nhiệt độ môi trường không khí (t) nên $m = f(\%, t)$.

Như vậy, từ các số liệu về độ ẩm tương đối và nhiệt độ của không khí có thể xác định được độ ẩm tuyệt đối m (bằng cách tính toán, tra bảng số, đồ thị...).

Theo quy ước quốc tế, điều kiện khí hậu chuẩn của không khí được qui định:

Áp suất $p = 760 \text{ mmHg}$.

Nhiệt độ $t = 20^{\circ}\text{C}$.

Độ ẩm tuyệt đối $m = 11\text{g/m}^3$ (độ ẩm tương đối $\%$ khoảng 60-70%).

Khí hậu Việt Nam khác xa với khí hậu chuẩn. Khí hậu Việt Nam thuộc vùng khí hậu nhiệt đới. Ở miền Bắc, nhiệt độ trung bình hàng năm là $22,7^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ cực đại có thể đạt tới $42,8^{\circ}\text{C}$. Độ ẩm thường xuyên cao là một trong các đặc điểm nổi bật của khí hậu nước ta. Độ ẩm tuyệt đối trung bình hàng năm ở đồng bằng Bắc bộ là $m = 24 - 26 \text{ g/m}^3$, trong các tháng hè có thể lên tới $30 - 33\text{g/m}^3$ và trong các tháng mùa đông cũng tới mức $13 - 17\text{g/m}^3$.

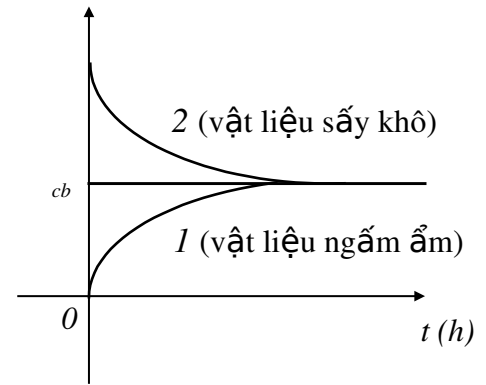
2. Độ ẩm của vật liệu

Độ ẩm của vật liệu là lượng hơi nước trong một đơn vị trọng lượng của vật liệu.

Khi đặt mẫu vật liệu cách điện trong môi trường không khí có độ ẩm $\%$ và nhiệt độ $t (^{\circ}\text{C})$ thì sau một thời gian nhất định, độ ẩm của vật liệu sẽ đạt tới giới hạn được gọi là độ ẩm cân bằng ($\%_{cb}$).

Nếu mẫu vật liệu vốn khô ráo được đặt trong môi trường không khí ẩm (vật liệu có độ ẩm ban đầu $< \%$ _{cb}) thì vật liệu sẽ bị ẩm, nghĩa là nó hút hơi ẩm trong không khí khiến cho độ ẩm sẽ tăng dần tới trị số cân bằng $\%_{cb}$ như đường 1 trên hình 3.7 (vật liệu bị ngấm ẩm).

Ngược lại, khi mẫu vật liệu đã bị ẩm trầm trọng (có độ ẩm ban đầu $> c_b$) thì độ ẩm mẫu sẽ giảm tới trị số c_b như đường 2 trên hình 3.7. (vật liệu sấy khô).



Hình 3.7

Đối với vật liệu xốp, loại vật liệu có khả năng hút ẩm rất mạnh, người ta đưa ra độ ẩm quy ước. Đó là trị số c_b khi vật liệu được đặt trong không khí ở điều kiện khí hậu chuẩn.

3. Tính thấm ẩm

Tính thấm ẩm là khả năng cho hơi ẩm xuyên thấu qua vật liệu cách điện. Khi vật liệu bị thấm ẩm thì tính năng cách điện của nó giảm:

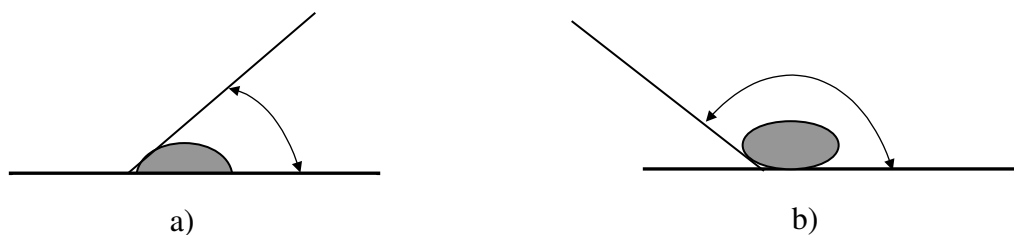
$$(\quad), \quad , \text{tg} \quad E_{dt} .$$

Nếu vật liệu không thấm nước sẽ hấp thụ trên bề mặt một lượng nước hoặc hơi nước.

Căn cứ vào góc biên dính nước của giọt nước trên bề mặt phẳng của vật liệu (hình 3.6), người ta chia vật liệu cách điện hấp phụ tốt và hấp phụ yếu.

$< 90^\circ$: vật liệu hấp phụ tốt (hình 3.8a).

$> 90^\circ$: vật liệu hấp phụ yếu (hình 3.8b).



Hình 3.8

Vật liệu hấp phụ tốt sẽ dễ bị phóng điện, dòng dò lớn do (). Sự hấp phụ của vật liệu cách điện phụ thuộc vào loại vật liệu, kết cấu vật liệu, áp suất, nhiệt độ, độ ẩm,...của môi trường.

4. Nhận xét

Qua phân tích, ta thấy rằng tính hút ẩm của vật liệu cách điện không những phụ thuộc vào kết cấu và loại vật liệu mà nó còn phụ thuộc vào nhiệt độ, áp suất, độ ẩm...của môi trường làm việc. Nó sẽ làm biến đổi tính chất ban đầu của vật liệu dẫn đến lão hóa và làm giảm phẩm chất cách điện của vật liệu, $tg \delta$, có thể dẫn đến phá hỏng cách điện. Đặc biệt là đối với các vật liệu cách điện ở thể rắn.

Để hạn chế nguy hại do hơi ẩm đối với vật liệu cách điện cần sử dụng các biện pháp sau đây:

- Sấy khô và sấy trong chân không để hơi ẩm thoát ra bên ngoài.
- Tẩm các loại vật liệu xốp bằng sơn cách điện. Sơn tẩm lấp đầy các lỗ xốp khiến cho hơi ẩm một mặt thoát ra bên ngoài, mặt khác làm tăng phẩm chất cách điện của vật liệu.
- Quét lên bề mặt các vật liệu rắn lớp sơn phủ nhằm ngăn chặn hơi ẩm lọt vào bên trong.
- Tăng bề mặt điện môi, thường xuyên vệ sinh bề mặt vật liệu cách điện, tránh bụi bẩn bám vào làm tăng khả năng thấm ẩm có thể gây phóng điện trên bề mặt.

3.6.3. Tính chất cơ học của vật liệu cách điện

Trong nhiều trường hợp thực tế, vật liệu cách điện còn phải chịu tải cơ học, do đó khi nghiên cứu vật liệu cách điện cần xét đến tính chất cơ học của nó.

Khác với vật liệu dẫn điện kim loại có độ bền kéo σ_k , nén σ_n và uốn σ_u hầu như gần bằng nhau, còn vật liệu cách điện, các tham số trên chênh lệch nhau khá xa. Căn cứ các độ bền này, người ta tính toán, chế tạo cách điện phù hợp với khả năng chịu lực tốt nhất của nó.

Ví dụ: Thủy tinh có độ bền nén $\sigma_n = 2.10^4 \text{ kG/cm}^2$ trong khi độ bền kéo $\sigma_k = 5.10^2 \text{ kG/cm}^2$. Vì thế thủy tinh thường được dùng vật liệu cách điện đỡ.

Ngoài ra, khi chọn vật liệu cách điện cũng cần phải xét đến khả năng chịu va đập, độ rắn, độ giãn nở theo nhiệt của vật liệu. Đặc biệt chú ý khi gắn các loại vật liệu cách điện với nhau cần phải chọn vật liệu có hệ số giãn nở vì nhiệt gần bằng nhau.

3.6.2. Tính hóa học của vật liệu cách điện

Tính chịu nhiệt của vật liệu cách điện là khả năng chịu tác dụng của nhiệt độ cao và sự thay đổi đột ngột của nhiệt độ. Mỗi loại vật liệu cách điện chỉ chịu được một nhiệt độ nhất định (tức là có độ bền chịu nhiệt độ nhất định). Độ bền chịu nhiệt được xác định theo nhiệt độ làm thay đổi tính năng của vật liệu cách điện.

Đối với vật liệu cách điện vô cơ, độ bền chịu nhiệt được biểu thị bằng nhiệt độ mà nó bắt đầu có sự biến đổi rõ rệt các phẩm chất cách điện như tổn hao tg tăng, điện trở cách điện giảm sút...

Đối với vật liệu cách điện hữu cơ, độ bền chịu nhiệt là nhiệt độ gây nên các biến dạng cơ học, những biến dạng này đương nhiên sẽ dẫn đến sự suy giảm các phẩm chất cách điện của nó.

Về mặt hóa học, nhiệt độ tăng sẽ dẫn đến tốc độ của các phản ứng hóa học xảy ra trong vật liệu cách điện tăng (thực nghiệm cho thấy tốc độ phản ứng hóa học tăng dạng hàm mũ theo nhiệt độ). Vì vậy, sự giảm sút phẩm chất cách điện của vật liệu gia tăng rất mạnh khi nhiệt độ tăng quá mức cho phép.

Bởi thế, Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế IEC (International Electrical Commission) đã phân loại vật liệu cách điện theo nhiệt độ làm việc lớn nhất cho phép (đã nêu ở bảng 3.2).

3.1. HIỆN TƯỢNG ĐANH THÙNG ĐIỆN MÔI VÀ ĐỘ BỀN CÁCH ĐIỆN

Mục đích của việc sử dụng vật liệu cách điện trong kỹ thuật điện là để duy trì khả năng cách điện của chúng trong điện trường. Bởi vậy, khi nghiên cứu vật liệu cách điện không thể không xét đến ảnh hưởng của điện môi trong điện trường.

3.1.1. Khái niệm về điện trường

Sở dĩ các điện tích có tác dụng lực tương tác với nhau vì điện tích tạo ra trong không gian quanh nó một điện trường.

Để đặc trưng cho sự mạnh yếu của điện trường, người ta đưa ra khái niệm cường độ điện trường E:

$$E = \frac{F}{q}, \quad (\text{V/m}) \quad (3-1)$$

trong đó:

F: lực điện tác dụng lên điện tích thử tại điểm ta xét (N).

q: điện tích thử dương (C).

Cường độ điện trường tại một điểm là đại lượng vật lý đặc trưng cho điện trường về phương diện tác dụng lực, được đo bằng thương số của lực điện trường tác dụng lên một điện tích thử đặt tại điểm đó và độ lớn của điện tích thử đó.

3.1.2. Điện môi

Điện môi là những chất không không dẫn điện vì trong điện môi không có hoặc có rất ít các điện tích tự do.

Hằng số điện môi: từ công thức

$$D = \epsilon_0 \cdot E \quad (3-2)$$

D: là cảm ứng điện thường gọi là véc tơ dịch chuyển điện tích

E: là điện trường

ϵ_0 : là hằng số điện môi

ϵ_0 : hằng số điện môi trong chân không $\epsilon_0 = 1/4 \cdot 9 \cdot 10^{11} \text{ (F/m)}$

Trong chân không - thực tiễn- trong không khí

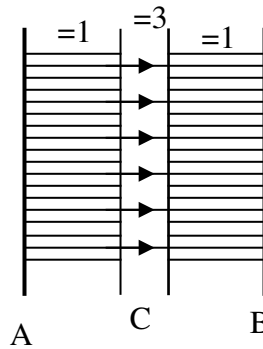
$$D = \epsilon_0 \cdot E \quad (3-3)$$

Còn trong môi trường có hằng số điện môi thì

$$D = \epsilon_0 \cdot E \quad (3-4)$$

Khi ta đặt giữa hai điện cực một tấm cách điện hình 3.1 thì có sự khác nhau giữa điện trường trong không khí và điện trường trong tấm cách điện. Trong không khí số đường sức điện trường và số đường dịch chuyển bằng nhau, và từ công thức(3-3) điện trường là:

$$E = D / \epsilon_0 \quad (3-5)$$



Hình 3.1. Tấm cách điện nằm giữa điện môi

Trong cách điện C có hằng số điện môi ϵ , điện trường giảm tỷ lệ nghịch với ϵ . Trên hình 3.1 cho thấy với $\epsilon = 3$ số đường sức điện trường bằng $1/\epsilon = 1/3$ số đường sức trong không khí. Điện tích dịch chuyển đến bề mặt của cách điện C, thì một số điện tích bị giữ lại, còn lại số điện tích tự do chuyển động qua được cách điện. Số điện tích tự do này tạo ra điện trường trong cách điện.

Nếu khe hở E_0 là điện trường trong không khí theo công thức(3.3) ta có:

$$D = \epsilon_0 \cdot E = E_0$$

Còn trong cách điện C với hằng số điện môi ϵ , thì điện trường giảm ϵ lần tức là $E = E_0 / \epsilon$

3.1.3. Đặc điểm điện môi đặt trong điện trường

Khác với kim loại và các chất điện phân, trong điện môi không có các hạt mang điện tự do. Sự phân bố điện tích âm và điện tích dương trong phân tử thường đối xứng, các trọng tâm điện tích dương và điện tích âm trùng nhau. Người ta gọi các phân tử đó là loại phân tử không phân cực.

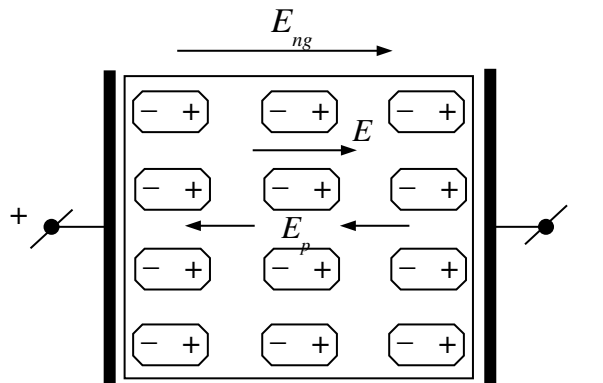
Khi đặt điện môi thuộc loại không phân cực trong điện trường (hình 3.2), điện trường sẽ chuyển các phân tử thành các lưỡng cực điện. Các lưỡng cực điện đầu dương hướng về phía cực âm của điện trường, đầu âm hướng về phía cực dương của điện trường. Kết quả là trong điện môi

hình thành điện trường mới gọi là điện trường phân cực E_p , ngược chiều với điện trường ngoài. Cường độ điện trường phân cực E_p nhỏ hơn cường độ điện trường ngoài E_{ng} nên cường độ điện trường tổng hợp E trong chất điện môi có chiều cùng với chiều của điện trường ngoài và có trị số cường độ điện trường nhỏ hơn cường độ điện trường ngoài cho trước.

Nếu cường độ điện trường trong chân không là E_0 thì khi đặt điện môi vào, cường độ điện trường sẽ là:

$$E = \frac{E_0}{\epsilon} \quad (3-6)$$

- gọi là hằng số điện môi tương đối của chất điện môi .

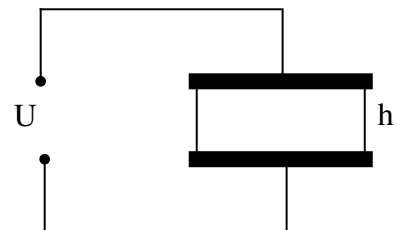


Hình 3.2 Sự phân cực của điện môi

Tuy nhiên khi điện môi đặt trong điện trường thì có những biến đổi cơ bản khi đó điện môi chịu tác dụng của cường độ điện trường E được xác định như sau:

$$E = \frac{U}{h} \quad (3-7)$$

Trong đó: U là điện áp đặt lên hai cực điện môi
 h là chiều dày khối điện môi



Hình 3.3. Điện môi khi đặt trong điện trường

Điện môi trong điện trường phụ thuộc vào:

- Cường độ điện trường (mạnh, yếu, xoay chiều , một chiều)
- Thời gian điện môi nằm trong điện trường (dài, ngắn)
- Yếu tố môi trường: nhiệt độ, độ ẩm, áp suất ...

Về cơ bản dưới tác dụng của điện trường có thể xảy ra bốn hiện tượng cơ bản sau:

- Sự dẫn điện của điện môi
- Sự phân cực điện môi
- Tổn hao điện môi
- Phóng thủng điện môi

3.1.4. Độ bền cách điện

Trong điện môi có lẫn tạp chất có khả năng tạo ra một số điện tử tự do. Trong điều kiện bình thường độ dẫn điện của điện môi rất thấp, dòng điện qua điện môi gọi là dòng điện rò, trị số rất bé.

Khi cường độ điện trường đủ lớn, lực tĩnh điện tác dụng lên điện tử, có thể bứt điện tử ra khỏi mối liên kết với hạt nhân trở thành điện tử tự do. Độ dẫn điện của điện môi tăng lên. Dòng điện qua điện môi tăng lên đột ngột, điện môi trở thành vật dẫn. Đó là hiện tượng đánh thủng cách điện.

Cường độ điện trường đủ để gây ra hiện tượng đánh thủng điện môi gọi là cường độ đánh thủng E_{dt} . Điện môi có E_{dt} càng lớn thì độ bền cách điện càng tốt. Vì thế cường độ đánh thủng được gọi là độ bền cách điện.

Cường độ đánh thủng của điện môi phụ thuộc vào trạng thái của vật liệu cách điện như: độ ẩm, nhiệt độ, tác dụng của các tia bức xạ,...

Để đảm bảo cho điện môi làm việc tốt, cường độ điện trường đặt vào điện môi không vượt quá trị số giới hạn gọi là cường độ cho phép E_{cp} . Thông thường chọn trị số E_{cp} nhỏ hơn E_{dt} từ hai đến ba lần:

$$E_{dt} = k_{at} E_{cp} \quad (3-9)$$

(k_{at} - hệ số an toàn, thường lấy $k_{at} = 2-3$).

Căn cứ vào độ dày (d) của điện môi có thể xác định trị số điện áp đánh thủng U_{dt} và điện áp cho phép U_{cp} của thiết bị:

$$U_{dt} = E_{dt} . d \quad (3-10)$$

$$U_{cp} = E_{cp}.d \quad (3-11)$$

Bảng 3.1 nêu lên thông số đặc trưng của một số vật liệu cách điện thường gặp.

Ví dụ: Xác định điện áp cho phép và điện áp đánh thủng của một tấm cách điện có bề dày $d = 0,15$ cm áp sát vào hai điện cực, cho biết hệ số an toàn bằng 3.

Giải

Tra bảng (3-1), được cường độ đánh thủng của cách điện lấy trung bình $E_{dt} = 100$ kV/cm. Ta có điện áp đánh thủng theo (3-10):

$$U_{dt} = E_{dt}.d = 100. 0,15 = 15 \text{ kV}$$

$$\text{Điện áp cho phép: } U_{cp} = U_{dt}/ k_{at} = 15/3 = 5 \text{ kV}$$

Bảng 3.1

Vật liệu	$E_{dt}, \text{ kV/cm}$, cm
Giấy tẩm dầu	100 250	3,6	
Không khí	30	1	
Vải sơn	100 400	3 4	10^{11} 10^{13}
Đá hoa	30 50	7 8	10^8 10^{11}
Paraphin	200 250	2 2,2	10^{16} 10^{17}
Polietylen	500	2,25	10^{14} 10^{16}
Cao su	150 200	3 6	10^{13} 10^{14}
Thủy tinh	100 150	6 10	10^{14}
Thủy tinh hữu cơ	400 500	3	10^{14} 10^{16}
Vải thủy tinh	300 400	3 4	5.10^{13}
Mica	500 1000	5,4	5.10^{-3} 10^{14}
Dầu Xovon	150	5,3	5.10^{14} 5.10^{15}
Dầu biến áp	50 180	2 2,5	10^{14} 10^{15}
Sứ	150 200	5,5	10^{15} 10^{16}
Ebonit	600 800	3 3,5	10^8 10^{10}
Cách điện	80 120	3 3,5	10^{11} 10^{13}

3.2. ĐIỆN DẪN ĐIỆN MÔI

Xác định bởi cách điện có hướng của các điện tích tự do tồn tại trong các chất điện môi dưới tác dụng của điện trường ngoài đặt lên điện môi.

Dưới tác dụng của lực điện trường $F = E \cdot q$ các điện tích dương cách điện theo chiều điện trường, các điện tích âm cách điện ngược lại. Như vậy trong điện môi xuất hiện một dòng điện gọi là dòng điện dịch, dòng điện này phụ thuộc vào mật độ điện tích tự do trong điện môi, dòng điện dịch còn gọi là dòng điện rò (thường có giá trị rất nhỏ)

Điện dẫn điện môi gồm :

- Điện dẫn điện tử : Thành phần mang điện là các điện tử tự do
- Điện dẫn ion : Thành phần mang điện là các ion dương và ion âm
- Điện dẫn điện ly : Thành phần mang điện là các nhóm các phần tử

tích điện, các tạp chất tồn tại trong điện môi.

3.3. PHÂN CỰC ĐIỆN MÔI

3.3.1. Hiện tượng phân cực điện môi

Khi đưa một thanh điện môi vào trong điện trường của một vật mang điện, thì trên các mặt giới hạn của thanh điện môi sẽ xuất hiện các điện tích trái dấu. Mặt đối diện được tích điện trái dấu, mặt còn lại tích điện cùng dấu

Hiện tượng trên thanh điện môi, khi đặt trong điện trường có xuất hiện các điện tích gọi là hiện tượng phân cực điện môi. Hiện tượng này trông bề ngoài giống như hiện tượng điện trường trong kim loại, nhưng về bản chất thì khác hẳn nhau. Trong hiện tượng phân cực điện môi, ta không thể tách riêng các điện tích để chỉ còn lại một loại điện tích. Trên thanh điện môi điện tích xuất hiện ở đâu thì sẽ định hướng ở đó, không dịch chuyển tự do được, vì vậy chúng được gọi là các điện tích liên kết.

3.3.2. Phân tử phân cực và phân tử không phân cực

Mỗi phân tử hay nguyên tử gồm có hạt nhân mang điện tích dương còn các điện tử mang điện tích âm.

Khi xét tương tác của mỗi electron với các điện tích bên ngoài coi một cách gần đúng như e đứng yên tại một điểm nào đó

Tác dụng của e trong phân tử tương đương với tác dụng của một điện tích tổng cộng $-q$ của chúng tại một điểm nào đó trong phân tử, điểm này gọi là trọng tâm của điện tích âm.

Tương đương như vậy, tác dụng của hạt nhân tương đương với tác dụng của điện tích tổng cộng $+q$ của chúng đặt tại trọng tâm của điện tích dương.

Phân tử không phân cực là loại phân tử có phân bố các e đối xứng xung quanh hạt nhân, tức là tâm điện tích dương trùng với tâm điện tích âm, phân tử không phải là lưỡng cực điện có mô men điện của nó bằng không.

Phân tử phân cực là loại phân tử có phân bố các e không đối xứng xung quanh hạt nhân, tức là tâm điện tích dương không trùng với tâm điện tích âm, phân tử là lưỡng cực điện có mô men điện của nó khác không.

3.3.3. Phân cực điện môi

***/ Trường hợp điện môi cấu tạo bởi phân tử phân cực**

- Khi chưa đặt điện môi trong điện trường ngoài, do chuyển động nhiệt các lưỡng cực phân tử cách điện hỗn loạn nên tổng mô men điện của lưỡng cực bằng không.

- Khi đặt điện môi trong điện trường ngoài, các lưỡng cực phân tử trong điện môi quay theo hướng điện trường ngoài, nên tổng mô men điện của lưỡng cực khác không

***/ Trường hợp điện môi cấu tạo bởi phân tử không phân cực**

- Khi chưa đặt điện môi trong điện trường ngoài, phân tử điện môi chưa phải là một lưỡng cực (vì tâm của chúng trùng nhau)

- Khi đặt điện môi trong điện trường ngoài, các phân tử trong khối điện môi trở thành các lưỡng cực điện do sự biến dạng của lớp vỏ e của phân tử (sự dịch chuyển trong tâm điện tích âm)

***/ Trường hợp điện môi tinh thể**

- Điện môi tinh thể ion có mạng tinh thể ion lập phương, có thể coi tinh thể như một (phân tử khổng lồ) các mạng ion âm và dương trùng nhau.

- Dưới tác dụng của điện trường các mạng ion dương dịch chuyển theo chiều điện trường, các mạng ion âm dịch chuyển theo chiều ngược lại gây ra hiện tượng phân cực điện môi gọi là phân cực ion.

Kết luận: Như vậy phân cực là quá trình xê dịch trong phạm vi nhỏ của các điện tích ràng buộc hoặc sự xoay hướng của các phân tử lưỡng cực dưới tác dụng của điện trường ngoài.

Trong chất điện môi tồn tại rất ít các điện tích tự do, còn lại đa số các điện tích có liên kết chặt chẽ với những phân tử bên cạnh gọi là những điện tích ràng buộc.

Dưới tác dụng của điện trường, chúng không thể cách điện xuyên suốt qua điện môi để tạo thành dòng điện, mà chỉ có thể xê dịch rất ít hoặc xoay hướng theo chiều điện trường.

*/ Các dạng phân cực chính của điện môi

- Phân cực điện tử : là dạng phân cực do sự xê dịch có giới hạn của các quỹ đạo chuyển động của các điện tử dưới tác dụng của E ngoài.
- Phân cực ion: là dạng phân cực do sự xê dịch của các ion liên kết dưới tác dụng của E ngoài.
- Phân cực lưỡng cực : là dạng phân cực gây nên bởi sự định hướng của các lưỡng cực (các phân tử có cực tính)
- Phân cực kết cấu: là dạng phân cực đặc trưng cho điện môi có kết cấu không đồng nhất.
- Phân cực tự phát: là dạng phân cực đặc trưng cho các sécnhét điện (điện môi séc nhét có đặc điểm nổi bật là phân cực khi E ngoài bằng không).

3.4. TỔN HAO ĐIỆN MÔI

Trong điện môi xảy ra quá trình phân cực, phía cực dương xuất hiện điện tích âm, phía cực âm xuất hiện điện tích dương. Điện môi sẽ tạo thành tụ điện. Hai quá trình điện dẫn và phân cực nói trên tác động lên điện môi làm cho nó phát nóng gây tổn hao điện môi.

Phần điện năng tiêu hao để các hạt điện tích thắng lực liên kết khi chuyển động trong điện môi dưới tác dụng của điện trường bên ngoài E_{ng} gọi là tổn hao điện môi.

Khi khai thác các thiết bị điện, vấn đề tổn hao điện môi cần được chú ý đến, đặc biệt khi chúng làm việc ở điện áp cao hoặc tần số cao. Bởi trong điện trường, tổn hao điện môi có thể phá vỡ sự cân bằng nhiệt hoặc phá vỡ các liên kết hóa học trong điện môi, có thể dẫn đến phá hỏng cách điện dẫn đến điện môi mất hẳn khả năng cách điện.

Tổn hao điện môi có thể đặc trưng bởi suất tổn hao điện môi, đó là công suất tổn hao tính trong một đơn vị thể tích của điện môi.

Ở điện áp xoay chiều, người ta thường dùng góc tổn hao điện môi và ứng với nó là $\text{tg} \delta$. Góc tổn hao điện môi là góc phụ của góc lệch pha giữa dòng điện i và điện áp u trong điện môi.

Để đơn giản, ta xét tổn hao điện môi của chất điện môi giữa hai bản cực của một tụ điện.

Biết hằng số điện môi là ϵ , tụ được nối vào một điện áp xoay chiều U .

Khi đó: Dòng điện tích điện cho tụ điện I_t sẽ gồm hai thành phần (hình 3.2):

- Dòng tích điện thực sự, I_C sớm pha 90° so với điện áp đặt vào tụ mang tích chất điện dung có trị số:

$$I_C = \epsilon \cdot C \cdot U, \quad (A) \quad (3-12)$$

$$\text{hay } I_C = 2 \pi f \cdot C \cdot U, \quad (A) \quad (3-13)$$

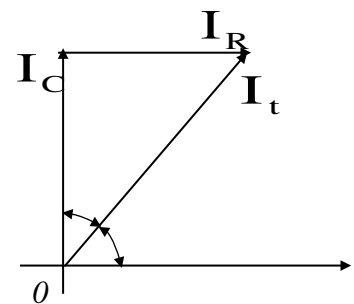
trong đó

C : điện dung của tụ (F)

f : tần số dòng điện (Hz)

U : điện áp đặt vào tụ (V)

ω : tần số góc, $\omega = 2 \pi f$ (rad/s)



Hình 3.4. Sơ đồ phức của dòng điện và điện áp trên tụ điện

- Dòng điện I_R gây tổn hao, làm nóng điện môi, đồng pha với điện áp U .

Dòng tích điện:

$$I_t = \sqrt{I_C^2 + I_R^2} \quad (3-14)$$

trong đó:

$$I_C = I_t \cos \delta$$

$$I_R = I_t \sin \delta$$

$$\frac{I_R}{I_C} = \text{tg} \delta \quad \text{hay} \quad I_R = I_C \text{tg} \delta = \epsilon \cdot C \cdot U \cdot \text{tg} \delta \quad (3-15)$$

Công suất tổn hao điện môi:

$$P = U \cdot I_R = \epsilon \cdot C \cdot U^2 \cdot \text{tg} \delta \quad (W) \quad (3-16)$$

nếu thay: $C = \epsilon \cdot C_0$

C_0 : điện dung của tụ điện với chất điện môi là không khí

: hằng số điện môi tương ứng

vào (3-10), ta được:

$$P = \dots .C_0.U^2.tg \quad (3-17)$$

Với:

: góc tổn hao điện môi

$tg \delta$: hệ số tổn hao điện môi, $tg \delta = \frac{I_R}{I_C}$.

I_R : số tổn hao.

Từ (3-17) ta thấy P thay đổi tỷ lệ thuận theo $tg \delta$.

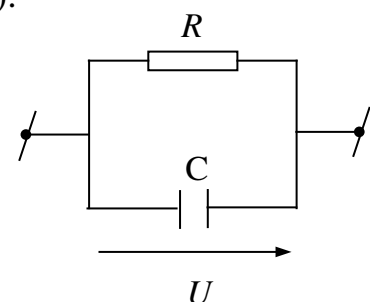
Sự thay đổi thành phần I_C chứng tỏ cách điện bị xuống cấp (sự thay đổi của I_C có thể do điện môi: bị ẩm hoặc có các lớp bị ngắn mạch, kích thước hình học thay đổi). Thành phần I_R đặc trưng cho tổn hao công suất trong điện môi do dòng điện rò.

Để tính tổn hao điện môi, có thể sử dụng sơ đồ thay thế khác nhau của điện môi phụ thuộc vào yêu cầu và mục đích tính toán. Dùng sơ đồ thay thế sẽ cho phép giải tích hóa một cách đơn giản các quá trình xảy ra trong điện môi (tổn hao, phân cực,...) và còn để mô hình hóa chúng trên các mô hình mạch điện.

Sơ đồ thay thế gồm hai thành phần điện dung C và điện trở R. Các sơ đồ thay thế cần được chọn sao cho thỏa mãn điều kiện công suất tổn hao của sơ đồ thay thế phải bằng công suất tổn hao trong điện môi và góc lệch pha của chúng cũng phải bằng nhau ở cùng một điện áp và cung một tần số.

Một sơ đồ thường hay dùng trong các mô hình mạch điện là sơ đồ đơn giản đấu song song phần tử R và C (hình 3.5).

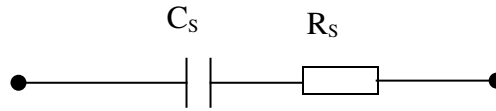
Hình 3.5. Sơ đồ thay thế của điện môi đặt trong điện trường.



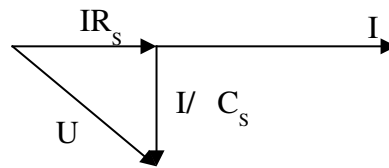
*/Cách tính tổn thất điện môi

- Dù sơ đồ thay thế ở dạng bất kỳ cũng đưa về hai dạng sơ đồ chính là sơ đồ song song và sơ đồ nối tiếp
- Vẽ đồ thị véc tơ
- Xác định góc lệch pha, góc tổn hao điện môi

*/ Tính tổn hao điện môi trong sơ đồ nối tiếp



Vẽ giản đồ véc tơ:



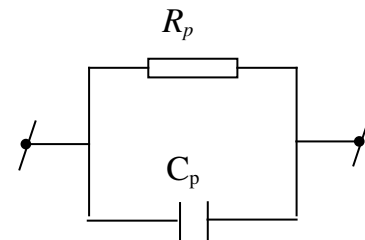
Từ giản đồ véc tơ ta có

$$\operatorname{tg} \frac{I.R_s}{I/(.C_s)} = R_s.C_s.$$

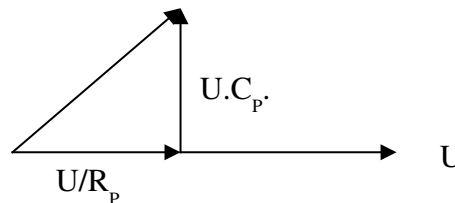
Công suất tổn hao điện môi

$$P_s = R_s.I^2 = R_s \frac{U^2}{(R_s^2 + C_s^{-2})} = R_s.(C_s)^{-2} \frac{U^2}{(R_s C_s)^2 + 1} = C_s U^2 \frac{\operatorname{tg}}{1 + \operatorname{tg}^2}$$

*/ Tính tổn hao điện môi trong sơ đồ song song



Vẽ giản đồ véc tơ:



$$\operatorname{tg} \frac{U}{U.C_p} = \frac{1}{R_p C_p}$$

Công suất tổn hao điện môi

$$P_s = R_p \cdot I^2 = R_p \frac{U^2}{R_p} = \frac{U^2}{R_p} \frac{C_p}{C_p} = C_p U^2 \operatorname{tg}$$

Vì vậy trong hai sơ đồ tổn hao điện môi đều phụ thuộc tg

*/ Mỗi quan hệ giữa hai sơ đồ

Do hai sơ đồ đều thay thế cho cùng một khối điện môi nên cho nên tổn hao điện môi và góc tổn hao điện môi trong hai sơ đồ phải bằng nhau

Tổn hao điện môi trong hai sơ đồ:

$$P_s = P_p \text{ nên } C_s U^2 \frac{\operatorname{tg}}{1 - \operatorname{tg}^2} = C_p U^2 \operatorname{tg}$$

$$\text{ nên } C_p = \frac{C_s}{1 - \operatorname{tg}^2}$$

góc tổn hao điện môi bằng nhau:

$$\operatorname{tg} = R_s \cdot C_s \cdot \frac{1}{R_p C_p}$$

$$\text{thế } C_p \text{ vào ta có: } \frac{1 - \operatorname{tg}^2}{R_p C_p} = R_s C_s$$

$$\text{Vì vậy: } R_p = R_s \frac{1 - \operatorname{tg}^2}{(R_p C_p)^2} = R_s \frac{1 - \operatorname{tg}^2}{\operatorname{tg}^2}$$

*/ suất tổn hao điện môi

$$P = \dots \cdot C_0 \cdot U^2 \cdot \operatorname{tg}$$

$$C_0 = \frac{1}{4 \cdot 9 \cdot 10^9} F/m$$

$C_0 = \frac{S}{d}$ với d là khoảng cách giữa hai bản cực (m), S diện tích bề mặt bản cực (m²)

U=E/d, E cường độ điện trường trong khe hở (V/m)

=2 f là tần số đặt vào

$$P = C U^2 \operatorname{tg} = \frac{1}{4 \cdot 9 \cdot 10^9} \cdot \frac{S}{d} \cdot 2 \cdot f \cdot E^2 \cdot d^2 \cdot \operatorname{tg} = \frac{1}{18 \cdot 10^9} \cdot f \cdot E^2 \cdot S \cdot d \cdot \operatorname{tg}$$

*/ Các nguyên nhân gây ra tổn hao điện môi

- Tổn hao điện môi do phân cực: Tổn hao này do hiện tượng phân cực gây ra, thường thấy ở các chất có cấu tạo lưỡng cực và cấu tạo ion rỗng buộc không chặt chẽ. Tổn thất này gây ra do sự chuyển động nhiệt của

các ion hoặc các phân tử lưỡng cực dưới tác dụng của điện trường, sự phá hủy trạng thái này làm mất mát năng lượng và làm cho điện môi bị nóng lên. Tổn hao do phân cực tăng theo tần số điện áp đặt vào điện môi. Tổn hao do phân cực phụ thuộc vào nhiệt độ, tổn hao đạt cực đại tại một nhiệt độ nhất định đặc trưng cho mỗi chất điện môi.

- Tổn hao do dòng điện rò: Trong bất kỳ điện môi nào luôn tồn tại các điện tử tự do, dưới tác dụng của điện trường các điện tử tự do này sẽ dịch chuyển theo chiều tác dụng của điện trường, tạo nên dòng điện rò. Dòng điện rò này kết hợp với điện trở điện môi gây nên tổn thất nhiệt. Tổn hao do dòng điện rò được xác định theo biểu thức sau đây:

$$P = \frac{1,8 \cdot 10^{12}}{f} \cdot \epsilon''$$

Trong đó: ϵ'' - là hằng số điện môi

f - là tần số điện áp

ϵ'' - là điện trở suất của khối điện môi

Khi nhiệt độ tăng thì tổn hao điện môi càng tăng

$$P = P_0 \cdot e^{-T}$$

Trong đó P_0 là tổn hao điện môi ở nhiệt độ 20°C,

T là hệ số nhiệt

T là độ chênh nhiệt so với 20°C

- Tổn hao do ion hóa: Tổn hao này thường gặp trong các chất khí, khi trong môi trường có xảy ra ion hóa, Tổn hao này được xác định theo biểu thức:

$$P_i = A_i \cdot f(U-U_0)^3$$

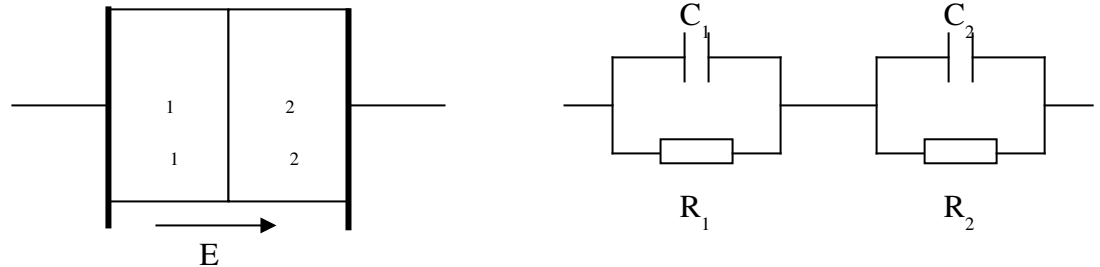
Trong đó: A_i là hằng số đối với từng chất khí

f là tần số đặt vào

U_0 là điện áp bắt đầu gây ion chất khí

Trị số U_0 phụ thuộc vào từng loại chất khí, nhiệt độ và áp suất làm việc của từng chất khí, tuy nhiên còn phụ thuộc vào mức độ đồng nhất của điện trường, Cùng một giá trị điện áp đặt vào nhưng điện trường đều sẽ khó gây ion hóa hơn so với điện trường đều.

- Tổn hao do cấu tạo không đồng nhất: Tổn hao này xảy ra trong các vật liệu có cấu tạo không đồng nhất, để xác định tổn hao điện môi trong trường hợp này ta phải xem điện môi gồm hai điện môi ghép nối tiếp nhau.



Góc tổn hao điện môi

$$tg \frac{2.n}{M} \frac{m}{3N}$$

Với $m = R_1 + R_2$

$$n = C_2^2 R_2^2 R_1 + C_1^2 R_1^2 R_2$$

$$M = C_1 R_1^2 + C_2 R_2^2$$

$$N = C_2^2 R_2^2 C_1 R_1^2 + C_1^2 R_1^2 C_2 R_2^2$$

3.7. VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN THỂ KHÍ

- Điện môi gần bằng 1, là hằng số
- Điện trở cách điện rất lớn
- Tổn hao điện môi nhỏ

Các khí cách điện thường dùng trong kỹ thuật điện là: không khí, sunfua hexaflu (SF₆), Hyđrô (H₂), Nitơ (N₂)...

3.7.1. Không khí

Trong số vật liệu cách điện ở thể khí vừa nêu, trước tiên phải kể đến không khí bởi nó được sử dụng rất rộng rãi để làm cách điện trong các thiết bị điện, phối hợp với chất cách điện rắn và lỏng, trong một số trường hợp nó là cách điện chủ yếu (Ví dụ: đường dây tải điện trên không). Nếu lấy cường độ cách điện của không khí là đơn vị thì một số loại khí được dùng trong kỹ thuật điện cho ở bảng 3.3

Bảng 3.3

Tính chất	Khôg khí	N ₂	CO ₂	H ₂
Tỷ trọng	1	0,97	1,52	0,07
Hệ số tản nhiệt	1	1,03	1,13	1,51
Cường độ cách điện	1	1,00	0,90	0,60

Nhận xét: Đa số chất khí có cường độ cách điện kém hơn không khí tuy nhiên chúng vẫn được sử dụng nhiều: Ví dụ: N₂ vì nó không có oxi nên nó không bị oxi hóa các kim loại tiếp xúc với nó.

Trong thực tế điện áp đánh thủng của không khí được xác định như sau: Với U xoay chiều có f =50 Hz thì cứ 1cm khoảng cách không khí chịu được 3,2 đến 3,5Kv (ứng với trường hợp điện trường rất không đồng nhất) như vậy khoảng cách a cần thiết để khỏi bị đánh thủng là :

$$a \approx \frac{U}{3,2} \text{ cm} \quad (3-14)$$

3.7.2. Sunfua haxaflo (SF6)

SF6 còn có tên gọi êlêgaz là chất khí nặng hơn không khí 5 lần, hóa lỏng ở nhiệt độ -18°C. Ở trạng thái bình thường, SF6 không mùi, không vị, không độc, không ăn mòn, không cháy và rất trơ. Cường độ cách điện của nó cao hơn cường độ cách điện của không khí 2 - 3 lần, có độ ổn định cao, có khả năng dập tắt hồ quang tốt.

Nó được dùng làm môi trường cách điện chủ yếu trong các máy cắt cao áp, trung áp. Ngoài ra còn được dùng trong tụ điện, cáp điện lực,....

Tuy nhiên, khi sử dụng cần chú ý: SF₆ là khí tự phục hồi. Đó là do khí hấp thụ các điện tử tự do do hồ quang tạo ra làm ion hóa khí. Các ion tái hợp lại tạo khí SF6. Không phải tất cả ion và nguyên tử tự do tái hợp lại, vì vậy khí SF6 bị hồ quang tạo nên các sản phẩm độc hại, thường là sunfua.

Sau nhiều lần thao tác khí có mùi trứng thối, nếu có mùi này cần tiến hành các bước sau:

- Tháo khí khỏi thiết bị.
- Mở cửa, thông gió cưỡng bức.
- Tách các sản phẩm hồ quang (thể rắn) trước khi đưa vào thiết bị

- Các sản phẩm hồ quang phải chứa trong thùng chất dẻo và đặt trong thùng kín để đảm bảo an toàn.

3.7.3. Nitơ (N₂)

Nitơ đôi khi được dùng để thay không khí trong các tụ điện khí do nó có cường độ cách điện gần không khí (Nếu lấy cường độ cách điện của không khí là 1 thì của Nitơ cũng khoảng gần 1). Mặt khác, vì nó không chứa oxy O₂ nên không có hiện tượng oxyt hóa các kim loại nó tiếp xúc.

3.7.4. Hydrô (H₂)

Hydro là một loại khí rất nhẹ (nếu lấy tỷ trọng của không khí là 1 thì tỷ trọng của H₂ là 0,07) lại có hệ số tản nhiệt cao (nếu không khí 1 thì H₂ là 1,51) cho nên nó được dùng nhiều để làm mát các máy điện thay cho không khí. Do không có oxy nên nó sẽ làm chậm được tốc độ lão hóa vật liệu cách điện hữu cơ và khử được sự cố cháy cuộn dây khi có ngắn mạch ở bên trong máy điện. Khi làm việc trong môi trường H₂ cách điện, chổi than được cải thiện hơn.

Song khi dùng H₂ để cách điện cần phải bọc kín máy điện lại và phải giữ cho áp suất của khí H₂ lớn hơn áp suất khí quyển để không cho không khí lọt vào tránh xảy ra cháy nổ.

3.7.5. Các khí khác

Ngoài các khí kể trên người ta còn dùng các khí như Argon, Nêon, hơi thủy ngân, hơi Natri, ... trong các dụng cụ chân không. Chẳng hạn các loại đèn điện dùng chiếu sáng trong kỹ thuật và đời sống sinh hoạt.

3.8. VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN Ở THỂ LỎNG

Trong số vật liệu cách điện ở thể lỏng, dầu mỏ và các loại dầu khác có nguồn gốc từ dầu mỏ được dùng nhiều trong kỹ thuật điện.

Dầu mỏ được khai thác trong thiên nhiên. Sau khi qua các biện pháp lọc đơn giản để khử nước và bùn rồi qua các biện pháp tinh luyện tương đối phức tạp sẽ được loại dầu tốt được sử dụng nhiều trong công nghiệp.

Dầu mỡ là hợp chất của các cacbua hydro (hàm lượng C khoảng 85 – 87% còn H là 11 – 14%), ngoài ra còn có một số hợp chất khác của oxy, hợp chất sunfua, hợp chất Nitơ...).

Trong dầu mỡ có nhiều loại cacbua hydro, ví dụ parafin C_nH_{2n+2} , loại cacbua không no C_nH_{2n} , loại cacbua thơm C_nH_{2n-6} ...

Hợp chất của oxy chủ yếu là các loại axit, ví dụ axit naptic $C_6H_{11}COOH$, các chất keo, hắc ín,... làm cho dầu có màu sẫm và có cặn.

Hợp chất sunfua có nhiều loại như từ sunfit hydro (khí sunfur H_2S) đến bisunfit cao phân tử.

Ngoài ra do quá trình tinh luyện trong dầu mỡ còn có thêm một số chất khác, ví dụ sunfit sodium (SO_4Na), các hạt cao lanh rất nhỏ và chưa lọc được hết.

Như vậy, trong dầu mỡ có nhiều thành phần và hàm lượng của mỗi thành phần khác nhau, vì thế ảnh hưởng của chúng đến tính chất của dầu cũng khác nhau.

Dưới đây ta xét một số loại dầu mỡ phổ biến thường dùng trong kỹ thuật điện.

3.8.1. Dầu máy biến áp

Dầu máy biến áp là hỗn hợp của cacbua hydro ở thể lỏng, có màu sẫm khác nhau.

Loại dầu này được dùng trong các máy biến áp với mục đích:

- Lắp kín các lỗ xỏ của vật liệu cách điện sợi, lắp kín các khoảng trống giữa các cuộn dây, giữa các cuộn dây và vỏ để làm tăng khả năng cách điện của vật liệu.
- Cải thiện điều kiện tản nhiệt do tổn hao công suất trong cuộn dây và lõi máy biến áp (dầu tản nhiệt tốt hơn không khí trung bình khoảng 28 lần).
- Ngoài ra, dầu máy biến áp còn được dùng trong các máy cắt điện có dầu, tụ điện, cáp điện lực,...

- Dầu biến thế có ưu điểm sau:

+/ Độ bền cách điện cao: khoảng 160kV/cm với dầu mới

+/ Hằng số điện môi = 2,2 – 2,3 gần bằng một nửa điện môi chất

rắn

+/ Sau khi đánh thủng, khả năng cách điện khả năng cách điện của dầu phụ hồi trở lại.

+/ Có thể xâm nhập vào các khe rãnh hẹp, vừa có tác dụng cách điện vừa có tác dụng làm mát.

+/ Có thể sử dụng làm môi trường dập tắt hồ quang trong MCD (máy cắt dầu hiện nay ít dùng)

- Dầu biến thế có nhược điểm sau:

+/ Khả năng cách điện của dầu biến đổi lớn khi dầu bị bẩn, sợi bông, giấy nước, muội than...

Với dầu MBA sạch, độ bền cách điện: 20-25 kV/mm, nhưng nếu hàm lượng nước trong dầu lớn hơn 0,05% thì độ bền cách điện chỉ còn 4-5kV/mm.

+/ Khi có nhiệt độ cao, dầu có sự thay đổi về hóa học, sự thay đổi đó là có hạn, đó là sự hóa già của dầu.

+/ Dễ nổ, dễ cháy.

- Dầu biến thế có các tính chất sau:

+/ Điện trở suất lớn $10^{14} - 10^{16}$ cm

+/ Hằng số điện môi = 2,2 - 2,3 gần bằng một nửa điện môi chất rắn

+/ Nhiệt độ làm việc ở chế độ dài hạn 90- 95⁰C không bị hóa già nhiều

+/ Độ bền cách điện rất cao

Quy định cường độ cách điện và tổn hao điện môi ở các cấp điện áp:

Tiêu chuẩn về cường độ cách điện của dầu máy biến áp ở các cấp điện áp cho ở bảng 3.4

Bảng 3.4

Cấp điện áp (kV)	Cường độ cách điện của dầu mới (kV/mm)	Cường độ cách điện của dầu trong vận hành (kV/mm)
Đến 6 kV	12	8
6 kV - 35 kV	12	10
Trên 35 kV	16	14

Nước, khí ẩm có ảnh hưởng nhiều đến cường độ cách điện của dầu. Càng xấu hơn nữa khi trong dầu có các sợi vải, giấy là các vật liệu dễ hút ẩm. Vì vậy nếu kết quả thí nghiệm thấp hơn các trị số nêu ở bảng 3.3 thì cần phải thay thế dầu hoặc lọc và tái sinh.

+/ Tổn hao điện môi bé:

tg không được vượt quá 0,003 khi ở nhiệt độ 20⁰C.

tg không được vượt quá 0,025 khi ở nhiệt độ 70⁰C.

Độ nhớt cũng quan trọng đối với khả năng làm mát của dầu biến thế < 6,63 E(Engler) ở nhiệt độ là 20 C hoặc < 1,8 E ở nhiệt độ 50⁰ C

$$n = \frac{T_d}{T_n} ({}^0E) \quad (3-15)$$

T_d : thời gian chảy của 200ml dầu ở nhiệt độ thí nghiệm

T_n : thời gian chảy của 200ml nước cất ở nhiệt độ 20⁰ C

Đường kính lỗ chảy = 2,8mm, chiều dài lỗ chảy l=2mm vật liệu là thép trắng

+/ Nhiệt độ chớp cháy: là nhiệt độ tối thiểu tại đó ngọn lửa xuất hiện khi hơi dầu tiếp xúc với ngọn lửa trần sau đó lại tắt ngay gọi là nhiệt độ chớp cháy, nhiệt độ chớp cháy của dầu MBA > 135 C

+/ Trị số axit (mg KOH /G dầu) hàm lượng nước : Nhỏ hơn quy định tùy từng loại dầu .

Trong quá trình vận hành, dầu thường bị sấu đi, phẩm chất của nó giảm đó là sự già cuối của dầu. Khi dầu bị già cuối, thương có mầu tối hoặc đặc, đó là dầu hình thành nhiều màng keo, nhựa hắc ín ...tốc độ lão hóa của dầu tăng khi

- Có sự xâm nhập của không khí lỏng: ẩm, ôxi ...

- Có nhiệt độ cao

- Có tiếp xúc với các kim loại: Đồng, sắt, chì ...

Khi dầu bị già cuối, để dùng lại thì phải tái sinh nó bằng cách lọc và hấp thụ nhằm loại bỏ nước và tạp chất

- Việc lọc được tiến hành trong các trường hợp: trước khi cho dầu mới vào TB hay khi phát hiện trong dầu có nước cặn hay các chỉ tiêu kỹ thuật vượt quá quy định.

- Để lọc bỏ nước người ta dùng phương pháp lọc ly tâm để lọc bỏ cặn người ta dùng giấy lọc, để lọc các thành phần khác người ta dùng các chất hấp thụ như: Silicagen – kiềm, Silicagen – cao lanh...

- **Xác định điện áp đánh thủng:**

+/ Trường hợp điện trường đồng nhất (hai điện cực phẳng hoặc điện cực trụ và điện cực phẳng)

$$U_{dt} = 40.a - 25(kV) \quad (3-16)$$

a: là khoảng cách điện cực với $a = 3 - 40\text{cm}$ và bán kính điện cực hình trụ lớn hơn 25cm
 +/- Trường hợp điện trường rất không đồng nhất (giữa hai điện cực nhọn)

$$U_{dt} = 40\sqrt[3]{a^2} \text{ (kV)} \quad (3-17)$$

+/- Trường hợp điện trường không đồng nhất (điện cực nhọn và điện cực phẳng)

$$U_{dt} = 19\sqrt[3]{a^4} \text{ (kV)} \quad (3-18)$$

- Một số điểm cần lưu ý khi sử dụng dầu máy biến áp

a. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự lão hóa của dầu:

Trong quá trình vận hành, dầu thường bị xấu đi, phẩm chất cách điện của nó giảm. Đó là sự lão hóa của dầu. Khi dầu bị lão hóa thường có màu tối và đặc, điều đó là do trong dầu hình thành nhiều keo, nhựa, hắc ín... gọi chung là bị nhiễm bẩn trong quá trình vận hành. Tốc độ lão hóa của dầu tăng nhanh khi:

- Không khí xâm nhập vào dầu,

Trong không khí chứa nhiều hơi nước và dầu lại rất nhạy cảm với độ ẩm. Mặt khác, quá trình lão hóa của dầu còn liên quan đến sự oxyt hóa bởi oxy có trong không khí.

- Nhiệt độ cao.

Dầu có sự thay đổi về hóa, sự thay đổi này có hại và tạo bọt trong dầu, làm cho độ nhớt giảm và làm nghẹt các khe hở trong cuộn dây và trong các bộ phận của máy biến áp.

- Tiếp xúc với ánh sáng, một số kim loại như Cu, Fe, Pb... và một số hóa chất khác có tác dụng như chất xúc tác của sự lão hóa dầu khi dầu tiếp xúc với ánh sáng.

b. Biện pháp khắc phục lão hóa dầu:

Để giảm sự lão hóa dầu máy biến áp, cần có cách làm hạn chế các yếu tố ảnh hưởng đã nêu ở trên trong quá trình sử dụng, làm tăng tuổi thọ thiết bị.

Khi dầu đã bị lão hoá, có thể thay thế dầu mới hoặc muốn sử dụng lại cần phải tái sinh lại nó (tức là khử các sản phẩm do sự già cỗi cách điện sinh ra và khôi phục tính chất ban đầu).

Trong việc tái sinh dầu, có thể dùng các biện pháp:

- Lọc bằng xiphông nhiệt.
- Dùng các hỗn hợp hay các chất hấp thụ để tái sinh như: hỗn hợp axit sunfuaric-kiềm-caolanh, hỗn hợp axit sunfuaric-caolanh, hỗn hợp silicagen-kiềm, hỗn hợp silicagen-caolanh.

3.8.2. Dầu tổng hợp

Dầu máy biến áp đã nêu ở trên có nhiều ưu điểm: có thể sản xuất với giá thành rẻ, sau khi bị đánh thủng do lão hóa, khả năng cách điện có thể phục hồi trở lại. Khi được làm sạch tốt thì tg bé nên cường độ cách điện cao (có thể đạt tới 200 – 250 kV/cm). Tuy nhiên, nó cũng có một số khuyết điểm, đó là: dễ cháy, khi cháy phát sinh khói đen, hơi bốc lên hòa lẫn với không khí làm thành hỗn hợp nổ, ít ổn định hóa học khi nhiệt độ cao và tiếp xúc với không khí, hằng số điện môi nhỏ ($\epsilon = 2,2 - 2,5$ tương đương một nửa vật liệu cách điện rắn).

Vì vậy, trong những năm gần đây, người ta đã nghiên cứu, chế tạo được các loại dầu tổng hợp có một số đặc điểm tốt hơn so với dầu mỏ.

1. Dầu Xôvôn: Loại này là do sự clo hóa cacbua, nghĩa là thay bớt một số nguyên tử H bằng nguyên tử Cl.

Dầu Xôvôn là do sự clo hóa cacbua hydro diphenyl ($C_{12}H_{10}$ thay 5 nguyên tử Cl được $C_{12}H_5Cl_5$).

Ở nhiệt độ bình thường và tần số thấp, hằng số điện môi của nó $\epsilon = 5$ (nghĩa là lớn hơn dầu mỏ khoảng 2 lần) và quan hệ với nhiệt độ ổn định hơn so với dầu mỏ khi đặt trong điện trường.

Vì hằng số ϵ lớn hơn dầu máy biến áp nên dầu Xôvôn thường được dùng thay cho dầu máy biến áp để làm điện môi trong các tụ điện. Lúc đó, thể tích của tụ có thể giảm đi 2 lần mà công suất phản kháng không đổi.

Dầu *Xôvôn* cũng có một số nhược điểm: độ nhớt lớn, khó thâm nhập vào các khe, rãnh hẹp nên không dùng được trong các máy biến áp và đất hơn dầu mỡ nhiều.

2. Dầu Xôtôn: Dầu Xôtôn là dầu Xôvôn được pha loãng bằng triclobenzen $C_6H_3Cl_3$ để có thể sử dụng được trong các máy biến áp. Song cũng như dầu Xôvôn, nó chịu nhiệt độ tốt nhưng không dùng trong các máy cắt điện có dầu vì khi bị huỳnh quang đốt cháy sinh ra nhiều bồ hóng ăn mòn kim loại. Mặt khác nó rất độc hại đối với con người.

3.8.3. Dầu thực vật

Ngoài dầu mỡ và dầu tổng hợp, người ta còn dùng dầu thực vật làm vật liệu cách điện. Dầu thực vật được lấy từ một số loại cây trong thiên nhiên.

1. Dầu tự khô (dầu gai)

Là loại dầu mà dưới tác dụng nhiệt, ánh sáng và tiếp xúc với không khí, nó sẽ chuyển sang trạng thái rắn có cường độ cách điện cao và có thể chịu được tác dụng của dung môi. Sự khô của nó không phải là do sự bốc hơi của dung môi mà là một quá trình phức tạp có liên quan đến sự hấp thụ một lượng oxy, vì thế trọng lượng của nó tăng lên khi khô.

Có thể dùng loại dầu này để ngâm tẩm các cuộn dây trong các máy điện và thiết bị điện.

2. Dầu thầu dầu

Loại này không phải là dầu tự khô, nó khô rất chậm hoặc không khô nên không có giá công hóa học. Thường được dùng để tẩm giấy tụ điện.

3.9. VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN Ở THỂ RẮN

Vật liệu cách điện ở thể rắn đóng vai trò rất quan trọng trong kỹ thuật cách điện. Không thể nào làm cách điện cho thiết bị điện mà không dùng vật liệu cách điện thể rắn. Có nhiều chủng loại vật liệu cách điện thể rắn, với nhiều cấu tạo lý hóa khác nhau. Do đó ngoài những hiểu biết các tính chất và quy luật khái quát, cần thiết phải có những hiểu biết chi tiết về loại vật liệu được sử dụng.

Dưới đây giới thiệu một số vật liệu cách điện thể rắn hay được dùng trong kỹ thuật điện.

3.9.1. Mica và sản phẩm gốc mica

Mica là loại vật liệu khoáng sản cách điện rất quan trọng, bởi nó có nhiều tính chất tốt như: cường độ cách điện, tính chịu nhiệt, chịu ẩm rất tốt so với các vật liệu khác. Ngoài ra, mica có cường độ cơ giới, độ uốn cao nên nó được sử dụng để làm cách điện trong các thiết bị quan trọng, đặc biệt để làm cách điện của các máy điện có điện thế cao, công suất lớn và làm điện môi của tụ điện.

Trong thiên nhiên, mica ở dạng tinh thể, có thể bóc thành từng miếng mỏng. Theo thành phần hóa học, mica được chia thành hai loại:

- Mica mutscôvit có thành phần biểu thị bằng công thức: $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$, ở dạng mỏng trong suốt không màu (màu trắng) hoặc có màu hồng hoặc xanh, bề mặt nhẵn và bóng, độ bền cơ giới cao, tổn hao điện môi tg nhỏ.
- Mica flogopit: với thành phần $K_2O \cdot 6MgO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$, có màu vàng sáng, nâu hoặc xanh lá cây, đôi khi cả màu đen, bề mặt sù sù, có đường vân chằng chịt.

So sánh theo tính chất về điện thì loại mica mutscôvit có tính năng điện môi tốt hơn loại mica flogopit. Ngoài ra nó còn rắn hơn, chắc hơn, đàn hồi và dễ uốn hơn so với loại mica flogopit.

Tuy nhiên, ở nhiệt độ 600 – 700°C, mutscôvit đã bị mất nước tinh thể, mất tính trong suốt và trở nên dòn (hóa vôi). Còn flogôppit thì đến 900 – 1000°C vẫn còn giữ nguyên được các tính năng, trừ khả năng cách điện thì đến 700 – 800°C đã mất hẳn.

Khi mica bị nóng lên đến nhiệt độ nào đó thì nước trong mica bắt đầu bốc hơi. Khi đó, mica không còn trong suốt, độ dày của nó tăng lên (do bị phồng) và các tính chất cơ điện sẽ giảm. Mica chảy ở nhiệt độ khoảng 1250 – 1300°C. Không được sử dụng mica trong dầu vì nó sẽ bị phân huỷ và nhão ra.

Mica được sử dụng chủ yếu để làm cách điện cổ góp và cách điện các cuộn dây trong máy điện. Ngoài ra nó còn được dùng trong kỹ thuật vô tuyến để làm các tụ điện và các chi tiết cách điện trong thiết bị vô tuyến...

Gần đây, để nâng cao phẩm chất cách điện của mica, người ta đã chế tạo được mica nhân tạo có kết cấu giống mica tự nhiên nhưng chịu nhiệt tốt hơn, có nguồn gốc từ mica, đó là: micanit và micalec.

1. Micanit

Micanit là do mica dán lên các vật liệu sợi (giấy hoặc vải) bằng keo hoặc nhựa. Micanit có ưu điểm hơn so với mica thuần túy ở chỗ: nhẹ hơn, chịu nén tốt hơn, ít cứng hơn cho nên dễ gia công hơn, không có bọt khí...do đó, độ bền cách điện lớn hơn.

Tùy theo thành phần và công dụng, người ta có các loại micanit khác nhau:

- *Micanit dùng cho vành góp máy điện:* ở dạng tấm cứng, được đặt xen vào giữa các phiến đồng của vành góp trong máy điện để cách điện giữa các phiến ấy.
- *Micanit dùng để tạo hình:* ở nhiệt độ bình thường, loại micanit này cứng nhưng khi đốt nóng lại có thể dập được theo một hình dáng nào đó mà nó vẫn giữ nguyên sau khi nguội hẳn. Loại micanit này được dùng để chế tạo vòng đệm của vành góp (lớp cách điện giữa các vành góp và trục của máy điện, khung cuộn dây,...).
- *Micanit dùng để đệm lót:* Loại này dùng để làm những tấm lót cách điện theo những những hình dạng khác nhau và dùng làm vòng đệm (long đen).
- *Micanit mềm:* Loại này uốn được ở nhiệt độ bình thường, dùng làm lớp cách điện trong các rãnh máy điện và các thiết bị điện

khác để cách điện giữa các cuộn dây dẫn điện với vỏ máy và giữa các phần dẫn điện với nhau.

2. Micaltec: Là loại vật liệu gốc mica có phẩm chất rất cao, tính chịu nhiệt, khả năng chịu va đập và chịu hồ quang tốt, có tổn hao điện môi nhỏ (nhỏ hơn so với vật liệu sứ cách điện từ 4 – 5 lần).

Thành phần của micaltec gồm 60% mica và 40% thủy tinh dễ cháy (có BaO) và được ép mỏng ở nhiệt độ 600°C với áp lực 500 – 700 kG/cm² trong khuôn thép thành bán sản phẩm có màu xám sáng trông như đá.

Micaltec được dùng làm buồng dập hồ quang trong máy cắt điện, tay nắm cách điện, phích cắm, các giá đèn công suất lớn, bảng panen trong kỹ thuật vô tuyến điện...

3.9.2. Thủy tinh

Thủy tinh là vật liệu vô cơ có kết cấu vô định hình dạng nhiệt dẻo (chất mà khi nung nóng chảy, dần dần mềm ra, bắt đầu loang ra và dần dần trở nên trạng thái lỏng, khi làm lạnh, nó dần dần rắn lại và ta không thể phát hiện thấy một dấu vết nào của tinh thể ở chỗ vỡ của chúng).

Thủy tinh là hỗn hợp phức tạp của các loại oxyt như: Na₂O, K₂O, CaO, BaO, PbO, ZnO, Al₂O₃,..., SiO₂, P₂O₅,... trong đó thành phần chủ yếu là SiO₂.

Tính chất của thủy tinh phụ thuộc nhiều vào thành phần các oxyt và quá trình gia công nhiệt của nó. Theo công dụng, có các loại thủy tinh như sau:

- *Thủy tinh tụ điện:* loại thủy tinh này được dùng làm điện môi trong các tụ điện (thường là tụ dùng trong các bộ lọc cao thế, trong các máy phát điện áp xung kích và các mạch dao động cao tần).
- *Thủy tinh định vị:* dùng để chế tạo sứ cách điện: sứ đỡ, sứ xuyên, sứ chuỗi.
- *Thủy tinh làm đèn chiếu sáng:* dùng làm bóng hoặc làm chân của các đèn chiếu sáng. Yêu cầu của loại thủy tinh này là phải có tính liên kết với kim loại.

- *Men thủy tinh*: là thủy tinh dễ chảy, có màu đục dùng để phủ mặt ngoài các sản phẩm, có tác dụng bảo vệ chống ăn mòn và làm tăng vẻ đẹp mặt ngoài.

Sợi thủy tinh: là thủy tinh được kéo thành sợi mềm dùng để chế tạo vật liệu dệt và các mục đích khác nhau. Thủy tinh ở dạng tấm là loại vật liệu giòn dễ vỡ nhưng nếu làm thành sợi càng mảnh thì có độ uốn càng cao nên được dùng để dệt. Từ các sợi thủy tinh có thể dệt thành vải và băng thủy tinh. Vải và băng thủy tinh làm cách điện thường dày 0,025 – 0,28 mm.

Sợi thủy tinh được dùng làm cách điện cho các cuộn dây.

Ưu điểm của sợi thủy tinh có tính chịu nhiệt cao, có sức bền tốt, ít hút ẩm so với các sợi hữu cơ khác. Vì vậy cách điện thủy tinh được dùng để làm việc trong môi trường có nhiệt độ và độ ẩm cao.

Khuyết điểm của sợi thủy tinh là ít đàn hồi, độ uốn kém, ít chịu được mài mòn hơn so với sợi hữu cơ. Vì thế cách điện thủy tinh rất dễ bị hỏng khi bị va đập vào mép nhọn.

3.9.3. Vật liệu cách điện gốm sứ

1. Giới thiệu

Vật liệu gốm sứ cách điện là vật liệu vô cơ, dùng để chế tạo các chi tiết cách điện có hình dáng khác nhau.

Trước kia, vật liệu gốm được tạo thành chủ yếu từ đất sét và được nung ở nhiệt độ cao để được các chi tiết có một số tính chất cần thiết. Hiện nay còn có nhiều vật liệu gốm khác có hàm lượng đất sét ít, thậm chí không chứa đất sét nữa.

Trong kỹ thuật điện, thường dùng loại gốm cách điện, trong đó loại vật liệu sứ có nhiều ý nghĩa quan trọng trong kỹ thuật cách điện. Cho đến nay, sứ vẫn là loại vật liệu cách điện chủ yếu, đặc biệt là cách điện ở điện cao áp.

Vật liệu sứ có thành phần từ: cao lanh ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), fenspat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{K}_2\text{O}$ hoặc $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O}$) và thạch anh (SiO_2). Chất cao

lạnh chịu nhiệt, fenspat đảm bảo độ bền cách điện và thạch anh đảm bảo tính cơ.

Để chế tạo sứ, đem hỗn hợp này nghiền thật nhỏ, khử hết các tạp chất và hòa vào nước tạo nên một chất dẻo. Khối chất dẻo ấy sau khi đã khử hết nước được đưa vào khuôn theo các hình dáng, chi tiết mong muốn. Sau đó chúng được tráng men và nung nóng từ từ đến nhiệt độ khoảng 1300 – 1350°C (nếu dùng cho cao áp cần nhiệt độ nung đến 1300 – 1410°C) trong thời gian từ 20 – 70 giờ.

Vì sứ có tính xốp và khi nung nóng, bề mặt của nó không bóng, do đó cần phải tráng men để các lỗ xốp và các chỗ lõm trên bề mặt sứ được lấp kín sẽ ngăn cản được tính hút ẩm của sứ, làm cho sứ cách điện có thể làm việc ở ngoài trời. Ngoài ra men còn làm cho mặt ngoài của sứ đẹp hơn, ít bám bụi, ít bị rò điện và nâng cao được điện áp phóng điện mặt ngoài.

2. Phân loại theo công dụng

Trong kỹ thuật điện, sứ được dùng để chế tạo các loại sứ cách điện cho đường dây tải điện cao áp và hạ áp, cho các trạm biến áp, các máy cắt điện, dao cách ly, thiết bị chống sét (chống sét ống, chống sét van) và các chi tiết bằng sứ. Căn cứ vào công dụng của nó, người ta chia sứ thành một số loại như sau:

- *Sứ đỡ*: có chân đế bằng kim loại (thường là sắt) để bắt chặt vào giá đỡ hoặc tường. Sứ đỡ dùng để đỡ và giữ chặt các phần dây dẫn trên các cột đường dây tải điện và các dây dẫn, thanh dẫn trong các trạm biến áp phân phối điện (ở cấp điện áp dưới 35 kV).
- *Sứ xuyên*: dùng để đưa dây dẫn điện cao áp từ trong máy biến áp ra ngoài và làm cách điện cho dây dẫn qua tường.
- *Sứ treo*: sứ cách điện treo thường gồm hàng chuỗi các bát, dùng để treo và giữ chặt dây dẫn trên các đường dây tải điện điện áp 35kV và trên 35kV trên không. Số lượng các bát cách điện phụ thuộc vào điện áp đường dây.

Ví dụ: Đối với đường dây 35 kV: trong chuỗi có 2 – 3 bát sứ.

Đối với đường dây 110 kV: trong chuỗi có 6 – 7 bát sứ.

Đối với đường dây 220 kV: trong chuỗi có 12 – 14 bát sứ.

- *Sứ kẹp dây*: dùng để giữ và kẹp chặt dây dẫn, chủ yếu dùng trong các mạng điện hạ áp.

3.9.4. Nhựa

Nhựa là nhóm vật liệu có nguồn gốc và tính chất khác nhau rất nhiều. Chúng là một hỗn hợp hữu cơ phức tạp, chủ yếu ở dạng cao phân tử.

Nhựa được dùng trong kỹ thuật điện là loại nhựa không hòa tan trong nước, ít hút ẩm. Theo nguồn gốc của nhựa, người ta chia ra làm hai loại:

1. Nhựa thiên nhiên: nhựa thiên nhiên là sản phẩm của một số loài động vật và thực vật.

a. Nhựa cánh kiến: là loại nhựa do một loại côn trùng sống ở vùng nhiệt đới sinh ra. Về hình thức, nó là các vảy mỏng dòn màu nâu hoặc hơi đỏ.

Thành phần cơ bản của cánh kiến là các axit hữu cơ có thành phần hóa học phức tạp. Nó dễ bị hòa tan trong rượu hoặc cồn nhưng không hòa tan trong cacbua hydro. Nhựa cánh kiến có:

$\epsilon = 10^5 - 10^6$ (m) $\rho = 3,5$ tg $\delta = 0,01$ $E_{dt} = 20 - 30$ kV/mm.

Ở nhiệt độ 50 – 60°C thì dễ uốn, khi nhiệt độ cao hơn nó sẽ bị mềm và chảy, nhưng nếu tiếp tục nung nóng thì nó đông lại.

Nhựa cánh kiến được sử dụng trong kỹ thuật điện để chế tạo sơn dán, vecni và đặc biệt là để chế tạo micanit.

b. Nhựa thông: là loại nhựa có được khi chưng cất dầu thông, có màu vàng hoặc nâu đen. Nhựa thông có:

$\epsilon = 10^{14} - 10^{15}$ (m) $E_{dt} = 10 - 15$ kV/mm.

Nhựa thông bị hòa tan trong dầu mỡ, đặc biệt khi nung nóng. Vì vậy, trong kỹ thuật điện nó được dùng để tạo nên các dung dịch dùng với dầu mỡ để ngâm, tẩm các vật liệu khác.

2. Nhựa nhân tạo

Nhựa nhân tạo là sản phẩm của sự trùng hợp, chúng là một hỗn hợp hữu cơ phức tạp dạng cao phân tử.

Sau đây sẽ giới thiệu một số loại nhựa nhân tạo hay được dùng trong kỹ thuật điện.

a. Nhựa phenol-focmandehyt (bakelit): đây là sản phẩm của sự ngưng tụ phenol (C_6H_5OH) và focmandehyt (H_2CO) với chất xúc tác thường là amoniac.

Nhựa bakelit được sử dụng rất rộng rãi và vào loại quan trọng nhất trong kỹ thuật điện từ khi chế tạo được (1907). Bột bakelit ép thành cuộn dây, hộp, vỏ cách điện. Những ống cách điện có hình dạng, kích thước khác nhau được ép từ giấy bakelit có công dụng rất đa dạng.

Nhựa bakelit dùng để tinh chế các chất dẻo, vải tẩm nhựa, giấy tẩm nhựa, sơn, keo. Đặc biệt nó có thể chịu được tác dụng của hồ quang điện nên hay được dùng trong các thiết bị đóng cắt điện, các thiết bị chống sét,...

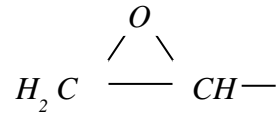
b. Nhựa polyeste: là loại nhựa được chế tạo từ sự trùng hợp, ngưng tụ của các loại rượu, cồn nhiều hóa trị (Etylenglycol, glycerin,...) và axit hữu cơ khác nhau (hoặc các anhydric của chúng).

Trong số này có nhựa gliptan và nhựa lapxan hay được dùng trong kỹ thuật điện:

- Nhựa Gliptan được chế tạo từ ptalicyenhydrit ($C_8H_4O_3$) và glycerin ($C_3H_8O_3$). Nhựa này có độ bám tốt, chịu được ẩm, dầu và chịu được tác dụng của hồ quang điện. Người ta dùng nhựa gliptan để chế tạo sơn, keo để dán mica, để tẩm cách điện của động cơ và các thiết bị điện khác.
- Nhựa Lapxan (polyetylen-terafatalat): có công thức $(-CH_2-CH_2-O-CO-C_6H_4-CO-)$ và được chế tạo từ glucol [$CH_2(OH)-CH_2(OH)$] và axit terafatalat ($COOH-C_6H_4-COOH$). Loại nhựa này được dùng

để làm cách điện giữa các lớp dây trong cuộn dây của máy biến áp, của cuộn cảm kháng điện, để chế tạo các tụ điện có nhiệt độ làm việc cao (đến 150°C).

c. *Nhựa epoxy*: là loại nhựa đặc trưng bởi nhóm epoxy trong thành phần của nó:



Ưu điểm của loại nhựa này là có độ dính cao và sau khi đông lại có đặc tính cơ cao, tính chống ẩm tốt. Để nhựa epoxy tăng độ bền cơ giới thường cho thêm vào nó các chất độn như mica, thạch anh, bioxyt-tian,...

Nhựa epoxy được dùng nhiều để chế tạo các hỗn hợp cách điện để tẩm ngâm các bộ phận của các thiết bị điện tử vô tuyến điện, để chế tạo các loại sơn bảo vệ, keo có độ dính cao, các chất dẻo cách điện. Đặc biệt trong những năm gần đây, người ta còn chế tạo các epoxy có thể dùng thay các loại sứ đứng (sứ đặt), sứ xuyên tường, sứ cách điện đỡ. Sử dụng nó cho phép giải quyết đơn giản các vấn đề về hình dáng, cấu trúc và độ bền cách điện. Ở Mỹ, người ta dùng hàng loạt các vật liệu cách điện bằng nhựa epoxy trên các đường dây tải điện đến 110 kV. Trong tương lai, vật liệu cách điện này có thể dùng để treo đỡ các đường dây, các thanh dẫn ở cấp điện áp cao hơn.

Một nhược điểm lớn của epoxy là độc hại đối với cơ thể người, do vậy cần có các biện pháp đề phòng khi tiếp xúc với nó.

d. *Nhựa xilicon*: có lịch sử chế tạo năm 1944, được coi là một trong những nhựa mới nhất dùng trong kỹ thuật điện. Nó có tính chống nước, chịu nhiệt cao (đến 180°C), có độ bám tốt, đàn hồi. Nhựa này dùng để bọc cách điện dây dẫn, dùng để tẩm các cuộn dây trong máy điện. Ngoài nhựa xilicon còn có dầu xilicon.

e. *Nhựa Polyetylen (PE)* có công thức cấu tạo $(-CH_2-CH_2-)_n$ là vật liệu cách điện dẻo, nóng chảy ở nhiệt độ thấp (110°C), hệ số dẫn nhiệt cao,

đặc tính cơ điện tốt, chịu ẩm, chịu được tác dụng của axit và bazơ, dễ chế tạo, giá thành hạ. Nhiệt độ làm việc đến 75°C , thường dùng được sử dụng làm cách điện cho cáp điện lực hạ áp và cao trung áp. Ngoài ra còn được dùng làm các điện cho cáp cao tần của thiết bị vô tuyến truyền hình, cáp thông tin, (kể cả khi cáp đi dưới lòng đất và dưới lòng đại dương).

f. Nhựa Polyviniclo (PVC) có công thức cấu tạo $(\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{Cl})_n$ là vật liệu cách điện dẻo, đàn hồi, chịu ẩm, kiềm, axit loãng, dầu, rượu, có đặc tính cơ và điện tốt. Thường được sử dụng cách điện ở điện áp đến 600V và nhiệt độ làm việc cực đại 60°C . PVC có thể được sử dụng để làm vỏ bảo cáp; cách điện các dây điện thoại và các loại dây dẫn khác; chế tạo sơn, sợi nhân tạo, các chất dẻo và các vật liệu có đặc tính giống như cao su.

g. Polyzobutylen: còn có tên gọi là oppanal, là loại nhựa nhân tạo có tính năng như cao su, điều chế bằng cách polyme hóa Isobutylen. Nó có tính đàn hồi tốt, chịu được nhiệt độ trên 110°C , chịu được axit, xút, ẩm, ozon, chịu được nước hoàn toàn (khi độn với một ít bồ hóng hoặc grafit) nhưng có thể tan trong xăng, dầu. Có thể dùng nhựa này thay vỏ chì bọc dây cáp.

3.9.5. Cao su

Cao su và một số vật liệu tương tự gần với cao su có tầm quan trọng trong lĩnh vực kỹ thuật và đời sống.

Đặc tính nổi bật của cao su là tính đàn hồi và ít thấm ẩm, được dùng làm vật liệu cách điện ở những nơi đòi hỏi chống ẩm, kín nước và dễ uốn như: dây dẫn điện, cáp điện ngầm (đặt dưới lòng đất), các phần cách điện của các máy điện cầm tay, dụng cụ điện hay phải di chuyển...

Cao su có hai loại: cao su tự nhiên và cao su nhân tạo.

1. Cao su tự nhiên: là nhựa lấy từ cây cao su, do ngưng tụ mủ cao su và các tạp chất.

Thành phần hóa học của nó là cacbua hydro có công thức phân tử C_5H_8 và trong công thức cấu tạo có liên kết đôi. Cao su tự nhiên có:

$$= 10^6(\text{ m}) = 2,4 \text{ tg} = 0,002$$

ở nhiệt độ 50°C thì nó trở nên mềm và dính. Do không chịu được tác dụng ở nhiệt độ cao nên trong thực tế không được dùng để làm cách điện. Khi muốn sử dụng, người ta phải khắc phục nhược điểm này bằng cách "lưu hóa" (cho thêm lưu huỳnh). Khi đó, kết cấu của nó mất tính chuỗi, chuyển sang tính chất không gian và thuộc loại nhiệt cứng.

Tuỳ theo hàm lượng lưu huỳnh mà có các loại cao su khác nhau:

- Rêlin: là loại cao su tự nhiên có hàm lượng (1 – 3)%S, mềm và có tính co dãn, đàn hồi. Loại này thường được dùng làm cách điện trong các mạch tần số thấp (kỹ thuật điện tử), dùng cách điện trong dây dẫn và dây cáp. Ngoài ra còn được dùng để chế tạo các dụng cụ phòng hộ như: găng tay, ủng, thảm cách điện...
- Ebonit: với hàm lượng (30 – 35)%S, là loại vật liệu rắn có khả năng chịu được tải trọng, chịu được dầu, lão hóa chậm.

2. Cao su nhân tạo (còn gọi là cao su tổng hợp)

a. Cao su butadien: là cao su nhân tạo đầu tiên do kết quả của sự trùng hợp cacbua hydro butadien có công thức hóa học: $(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$



Cao su này dùng để thay thế cao su tự nhiên trong việc chế tạo Rêlin và êbonit. Nó có cường độ cơ giới, tính chịu nhiệt cao và chịu được tác dụng của axit và dung môi hữu cơ. Cao su butadien trong kỹ thuật còn gọi là Excapon và có các thông số như sau:

$$= 10^{17}(\text{ m}); \quad = 2,7 - 3; \quad \text{tg} = 0,0005$$

Cao su này được dùng làm vật liệu cách điện cho mạch cao tần.

Trong thực tế còn dùng cao su buna N (Butdien acrilonitril) được tạo ra từ axetylen có tính chịu nhiệt và chịu dầu rất tốt, thường dùng để đệm kín dầu trong các máy biến áp dầu và các thiết bị khác.

b. Cao su Polycloropen: còn có tên khác là Neopren hoặc Dupren, cũng được chế tạo từ axetylen. Cao su này ít bị oxy hoá, đàn hồi tốt, khó cháy, chịu được ẩm, chịu tác dụng cơ học nhưng sẽ mất tính đàn hồi khi ở nhiệt

độ cao, ít chịu được dầu, ozon. Nó được sử dụng để bọc bảo vệ cáp điện rất tốt.

c. Cao su butadien styrol: là kết quả của sự đồng trùng hợp butadien và styrol. Về tính chất cách điện thì gần như cao su tự nhiên nhưng có tính chịu nhiệt, chịu dầu cao hơn.

3.9.6. Sơn cách điện

Sơn là dung dịch keo của nhựa bitum (bitum là nhóm vật liệu thuộc loại vô định hình gồm hỗn hợp phức tạp của cacbua hydro và một ít oxy, lưu huỳnh), dầu khô và các chất tự tạo nên gốc sơn trong dung môi bay hơi. Khi sấy thì dung môi sẽ bay hơi còn gốc sơn sẽ chuyển sang trạng thái rắn tạo nên màng sơn.

Theo công dụng, trong kỹ thuật điện, có thể chia sơn cách điện ra thành các loại: sơn tẩm, sơn bảo vệ, sơn dán.

- *Sơn tẩm:* Dùng để sơn, tẩm các chất cách điện rắn, xốp như giấy các tông, sơn vải, cách điện của các cuộn dây máy biến áp. Sau khi sơn tẩm thì điện áp đánh thủng U_{dt} tăng cao, tính hút ẩm giảm, tính chịu nhiệt cao.
- *Sơn bảo vệ:* Dùng để tạo lên một màng sơn chắc, bóng, giảm bám bụi, chịu ẩm trên mặt được quét sơn. Sơn này hay dùng để quét lên bề mặt vật liệu cách điện rắn đã được tẩm nhằm nâng cao thêm các tính chất cách điện của vật liệu được sơn.
- *Sơn dán:* Dùng để dán các vật liệu cách điện rắn hay để dán vật liệu kim loại rắn với kim loại.

3.9.7. Vật liệu cách điện gỗ, giấy

Vật liệu cách điện gỗ, giấy là vật liệu có nguồn gốc từ xenlulo (sợi thực vật) có công thức phân tử $(C_6H_{10}O_5)_n$.

1. Gỗ

Gỗ là loại vật liệu dễ gia công và sau khi gia công xong, người ta thường tẩm bằng parafin (Hydro cacbon no C_nH_{2n+2} với $n = 10 - 36$), dầu gai,

nhựa và dầu máy biến áp để nâng cao cường độ cách điện (tăng 1,5 – 2 lần so với khi chưa tẩm).

Trong kỹ thuật điện, gỗ được dùng để làm cầu truyền động của dao cách ly và máy cắt điện, các chi tiết đỡ và gấn trong máy biến áp, làm nêm trong rãnh các máy điện, cột và xà của đường dây tải điện, đường dây thông tin.

2. Giấy và vật liệu có tính chất gần với nó

a. Giấy: thành phần chủ yếu của giấy là xenlulo vì nó được chế tạo từ gỗ. Tùy theo công dụng của nó trong kỹ thuật điện, người ta chia ra làm hai loại: giấy tụ điện và giấy cáp.

- *Giấy tụ điện:* Là loại giấy dùng làm điện môi trong tụ điện giấy. Giấy cách điện dùng trong tụ điện khác với các loại giấy cách điện khác là rất mỏng (0,007 – 0,022mm), thường làm việc ở cường độ rất cao và nhiệt độ khoảng 70 – 100°C nên đòi hỏi phẩm chất của giấy rất cao.
- *Giấy cáp:* Thường có độ dày khoảng 0,08 – 0,17mm, dùng làm cách điện của cáp điện lực, cáp thông tin. Đối với giấy cáp cần chú ý đến sức bền cơ giới và số lần xoắn mà nó có thể chịu được.

Nhìn chung, để làm việc được đảm bảo, các loại giấy này đều phải tẩm dầu hoặc hỗn hợp dầu-nhựa thông.

b. Vật liệu gần giống giấy:

- *Các tông:* dùng trong kỹ thuật điện và cũng được chế tạo từ sợi thực vật như giấy nhưng có độ dày lớn hơn.

Có hai loại giấy các tông:

- Loại dùng trong không khí có độ rắn và đặc tính cao, được sử dụng lót rãnh các máy điện, vỏ cuộn dây, tấm đệm.

- Loại dùng trong dầu: mềm hơn các tông dùng trong không khí và có thể thấm dầu. Tùy theo độ dày yêu cầu của loại các tông này mà được chế tạo thành cuộn (0,1 – 0,8mm) hoặc thành tấm (1 – 3mm).

- *Vải sơn:* là vải (bông hoặc lụa) được tẩm bằng sơn dầu. Vải có tác dụng về mặt cơ, còn lớp sơn có tác dụng về mặt cách điện.

Vài sơn được dùng để cách điện trong các máy điện, các thiết bị khác và cáp...

3.10. CÁCH ĐIỆN CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN

3.10.1 Tổng quát

Chúng ta sẽ quan tâm đến cách điện của những loại khí cụ điện sau đây:

- Khí cụ điện đóng cắt
- Cuộn kháng
- Tụ điện
- Khí cụ điện lắp đặt trong mạng điện gia dụng
- Dụng cụ và khí cụ điện cầm tay, điện trở đốt nóng

Trước tiên chúng ta khảo sát các bộ phận cách điện chủ yếu của khí cụ điện, đó là cái cách điện đỡ, cái cách điện xuyên. Ngoài ra còn phải nói cách điện của các bộ phận khác như buồng đập hồ quang, khoảng cách điện giữa các bộ phận mang điện, những bộ phận chuyển động làm bằng chất cách điện.

3.10.2. Các bộ phận cách điện

3.10.2.1. Cái cách điện đỡ. Sứ đỡ

Chiều cao tối thiểu của sứ đỡ là khoảng cách cần thiết giữa hai điện cực đỉnh - mặt phẳng dưới điện áp đã cho.

Trong trường hợp sứ đỡ đặt trong điện trường đồng nhất, thì kinh nghiệm cho thấy rằng điện áp đánh thủng nhỏ hơn điện áp đánh thủng không khí, bề mặt của sứ càng ẩm ướt, càng bẩn thì điện áp đánh thủng càng nhỏ hơn. Sự phân bố điện áp trên bề mặt sứ xem như đồng đều, thì điện trường là:

$$E_i = U_i / a$$

Điện trường E_i không hẳn là một hằng số như điện trường đánh thủng của không khí, mà nó phụ thuộc vào các yếu tố như: khoảng cách a ; a càng lớn thì E_i càng giảm

Để biết được sứ đỡ có thể chịu được điện áp phóng điện bề mặt bao nhiêu, ta có thể tính theo biểu thức (3.19, 3.20)

$$1a) U_{50} = 3,5a + 10KV \quad (3.19)$$

$$1b) U_{1/50} = 5a + 40KV \quad (3.20)$$

Ở đó: U_{50} điện áp xoay chiều tần số 50 Hz

$U_{1/50}$ điện áp xung kích, cực tính dương.

a, cm, khoảng cách điện cực.

Trong các tài liệu còn có thể tìm thấy các biểu thức sau:

$$2a) U_{50} = 5a - a^2/75, KV \quad (1 < a < 120cm), \text{ (KAPPLER)}$$

$$3a) U_{50} = 3,36a, KV \quad (30 < a < 250cm), \text{ (ROTH)}$$

$$4a) U_{50} = 3,05a + 18, KV \quad (20 < a < 170cm), \text{ (HOLZER)}$$

$$5a) U_{50} = 3,3a + 28, KV$$

Và:

$$3b) U_{1/50} = 5,05a, KV, \text{ (ROTH)}$$

Biểu thức (3.19 và 3.20) gọi là biểu thức Mihailop, áp dụng với $a > 10cm$.

Tất cả các biểu thức trên áp dụng đối với sứ đỡ đặt trong nhà, bề mặt khô và sạch. Đương nhiên vì là những biểu thức đúc kết trên cơ sở kết quả do thực tế, cho nên có những khác biệt giữa các biểu thức. Ví dụ với $a = 50$, có những kết quả sau trong trường hợp tính với điện áp tần số công nghiệp.

$$1a) U_{50} = 3,5 \cdot 50 + 10 = 185 KV$$

$$2a) U_{50} = 5 \cdot 50 - 50^2/75 = 217 KV$$

$$3a) U_{50} = 3,36 \cdot 50 = 168 KV$$

$$4a) U_{50} = 3,05 \cdot 50 + 18 = 170,5 KV$$

$$5a) U_{50} = 3,3 \cdot 50 + 28 = 193 KV$$

Với điện áp xung kích:

$$1b) U_{1/50} = 5 \cdot 50 + 40 = 290 KV$$

$$2b) U_{1/50} = 5,05 \cdot 50 + 28 = 252,5 \text{ KV}$$

Sự khác biệt giữa các kết quả trên cho phép suy luận rằng vì các biểu thức trên đúc kết trên cơ sở kết quả đo, mà kết quả đo phụ thuộc vào độ ẩm khác nhau. Chúng ta cũng thấy được tầm quan trọng của việc thử nghiệm khảo sát trong điều kiện thực tế của đất nước trước khi sử dụng một loại cách điện nào đó, kể cả trong trường hợp cách điện đó mua của nước ngoài mà ở đó người ta đã thử nghiệm. Ý kiến này không phải chỉ liên quan đến cách điện là sứ đỡ mà có liên quan chung với kỹ thuật vật liệu cách điện.

Sứ đỡ đặt ngoài trời phải có tán để ngăn cản mưa bắn vào thân sứ

Mặt trên của tán phải nghiêng để mưa có thể trôi dễ dàng

Mặt dưới của tán phải ngăn được nước rò từ mép tán vào phía trong, và không để giọt mưa bắn lên từ tán dưới lọt vào phía trong. Mặt dưới có các gân mà rãnh giữa hai gân luôn luôn được khô nhưng không tạo điều kiện để bụi bắn dính vào. Khoảng cách giữa hai tán so với chiều dài nhô ra của tán theo nguyên lý có tỉ lệ là: 2 : 1

Ở sứ đỡ cao thế đặt ngoài trời cần phải chú ý: trên mặt trong không để hình thành lớp ẩm liên kết với nhau nếu không phóng điện văng quang có thể sinh ra, làm ra axit nitric, bề mặt sứ trở nên dẫn điện. Hiện tượng này không những ảnh hưởng đến sự phân bố điện áp trên mặt ngoài, mà còn gây nên sự đánh thủng sứ ở dưới mũ sứ hoặc ở điểm yếu của thành sứ. Hồ quang cháy ở bên trong sứ nung nóng không khí, dẫn đến làm nổ tung sứ. Để ngăn ngừa hiện tượng này có hai cách: Một là bơm khí nitơ vào bụng sứ đến áp suất 1,2 đến 1,5 atm, sau đó nút kín lỗ thoát ở dưới. Cách khác là quét lên mặt trong sứ một lớp sơn ngăn không cho lớp ẩm liên kết với nhau, ví dụ sơn xilicon

3.10.2.2. Cách cách điện xuyên Sứ xuyên

Như đã biết ở mục 11.13 về cách điện xuyên, sứ xuyên phải được thiết kế về phương diện điện áp đánh thủng, điện áp phóng điện, điện áp

ngưỡng của sự phóng điện có vầng quang, điện áp ngưỡng của tia lửa điện do rò điện. Điện trường tác dụng trên thanh dẫn đặt xuyên qua sứ không được lớn hơn độ bền cách điện của môi trường, nếu không thì bề mặt của thanh dẫn sẽ có phóng điện có vầng trắng, là điều không thể cho phép trong vận hành.

Sứ xuyên là một trong những bộ phận phức tạp của thiết bị điện cao thế.

Điện áp ngưỡng của phóng điện có vầng quang theo biểu thức:

TOEPLER – KAPPLER (3.21) là:

$$U_{ng} = K_1 / C^{0,45}, \text{KV} \quad (3.21)$$

Ở đó: $K_1 = 1,06 \cdot 10^{-5}$ đối với không khí

$C = F / \text{cm}^2$: điện dung trên cm^2 bề mặt

Điện áp ngưỡng của U_{ng} phải lớn hơn điện áp làm việc, điện áp pha

Với điện áp, KV 10 20 35 60 120 220

Thì điện áp pha KV 5,8 11,6 20,2 34,8 69,6 127

Điện dung bề mặt :

$$C = \frac{K^1}{U_{ng}^{1/0,45}} \quad \frac{K^1}{U_{ng}^{2,22}} \quad \frac{10^{-11}}{U_{ng}^{2,22}}$$

Với điện áp pha: KV, ta có: C,F/cm²

5,8	$0,204 \cdot 10^{-12}$
11,6	$0,0435 \cdot 10^{-12}$
20,2	$0,0125 \cdot 10^{-12}$
34,8	$0,00385 \cdot 10^{-12}$
69,6	$0,000831 \cdot 10^{-12}$
127	$0,000212 \cdot 10^{-12}$

Ví dụ ở tụ điện hình trụ, điện dung trên đơn vị bề mặt ngoài là:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot F}{r_n \ln \frac{r_n}{r_{tr}} \cdot cm^2}$$

Ở đó r_n : Bán kính ngoài của sứ xuyên

r_{tr} : Bán kính trong của sứ xuyên

Với $\epsilon_r = 1$, thì:
$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot F}{r_n \ln \frac{r_n}{r_{tr}}}$$

Giả thiết: $r_{tr} = 1 \text{ cm}$, và điện áp 220KV,

Thì
$$r_n \cdot \ln r_n = \frac{\epsilon_0 \cdot F}{C_{220}} = \frac{0,0884 \cdot 10^{12}}{0,000212 \cdot 10^{12}} \cdot 416$$

Từ đó $r_n = 92 \text{ cm}$

Con số này quá lớn, không thể chấp nhận được và chỉ cho chúng ta thấy rằng ở cao thế không thể cấu tạo đơn giản sứ xuyên ở dạng hình trụ như đã tính toán ở trên. Với $\epsilon_r = 1$ như giả thiết, chúng ta muốn có trị số điện dung C nhỏ nhất. Trong thực tế ϵ_r có thể lớn hơn nhiều như vậy kích thước của sứ còn lớn hơn. Nếu làm sứ đặc thì vật liệu trở nên dư thừa ở phía ngoài, vì điện trường giảm khi bán kính tăng theo biểu thức:

$$E = \frac{U}{r_n \ln \frac{r_n}{r_{tr}}}$$

Từ những vấn đề nêu ở trên, chúng ta có thể xác định những biện pháp kỹ thuật khi thiết kế và chế tạo, sử dụng sứ xuyên như sau:

Sứ xuyên đặc chỉ sử dụng ở hạ thế. Ở điện thế cao hơn, sử dụng sứ rỗng, trong ống rỗng là không khí, hoặc dầu. Có thể tạo sứ xuyên một cách kinh tế với điện áp khoảng 35 KV. Có thể chế tạo với điện áp cao hơn, nếu ở cổ sứ có tráng lớp bán dẫn như trong trường hợp điện thanh dẫn của máy phát ở điện áp 120 KV.

Thì nên có kết cấu để phân bố đều điện trường, ở điện áp cao hơn thì nhất thiết phải làm như vậy. Sứ xuyên kiểu tụ điện có kết cấu như vậy. cách điện lớp mỏng ví dụ: Giấy được quấn nhiều lớp trên bề mặt ngoài quấn một lớp kim loại mỏng kế tiếp là cách điện và lớp kim loại mỏng, với chiều dài ngắn hơn dần dần. Mỗi lớp vật dẫn, cách điện, vật dẫn là một tụ và các tụ như vậy được nối tiếp với nhau với trị số điện dung khác nhau theo bậc thang, sao cho trong mỗi tụ trị số điện trường lớn nhất và điện trường nhỏ nhất khác nhau trong phạm vi đã định và hiệu số đó giống nhau ở tất cả mỗi tụ. Nhưng có thể thấy rõ rằng ở mép của lớp mỏng kim loại có thể sinh ra phóng điện có vầng quang. Tuy nhiên điều này không đáng lo ngại có thể giải thích như sau:

Tụ hình trụ mỏng có thể cắt dọc và trải ra, xem như tụ phẳng (hình3.6) điện áp ngưỡng của phóng điện như đã biết là:

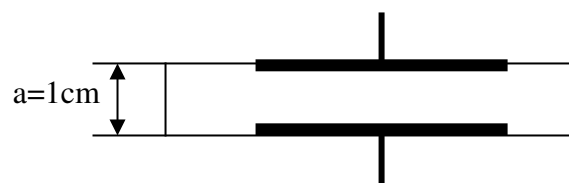
$$U_{ng} = K_2 \frac{a^{0,45}}{a}, kV$$

Với $K_2 = 8,1$ đối với không khí

$K_2 = 25$ đối với dầu

a = Bề dày cách điện, cm

Giả thiết điện áp làm việc $U = 100$ KV điện trường cho phép $E_{cp} = 100$ KV / cm và $\gamma = 4$



Hình3.6

Bề dày cách điện phải có:

$$a = \frac{U}{E_{cp}} = \frac{100}{100} = 1cm$$

Điện áp ngưỡng:

$$U_{ng} = 25 \frac{1}{4}^{0,45} = 25 \frac{1}{4}^{0,5} = 1,25KV \quad 100KV$$

Điện áp ngưỡng nhỏ hơn điện áp làm việc. Nếu đặt vào lớp cách điện 1 cm 99 lớp kim loại mỏng thì sẽ có 100 cái tụ nối tiếp nhau và trên mỗi tụ có 1 KV. Điện áp ngưỡng sẽ là:

$$U_{ng} = 25 \frac{1}{4}^{0,5} = 1,25KV$$

Do vậy điện áp ngưỡng đã lớn hơn điện áp làm việc trên mỗi tụ là 1Kv.

3.10.2.3. Cách điện của tụ điện

- Quan điểm khái quát: Tụ điện tích lũy năng lượng điện dưới dạng năng lượng tĩnh điện trong không gian có cách điện giữa hai điện cực

Năng lượng được tích là:

$$W = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{\epsilon_0 VE^2}{2}$$

ở đó: V- thể tích của cách điện, cm^3

E- điện trường. kV/cm

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{11}} \frac{As}{V \cdot cm}$$

Năng lượng tích càng lớn nếu thể tích điện trường và hằng số điện môi càng lớn. Về phương diện kinh tế thì thể tích cần nhỏ, như vậy phải đòi hỏi phải dùng cách điện có thể chịu điện trường lớn.

ở hạ thế dùng những màng cách điện rất mỏng có diện tích lớn kết quả có được điện dung lớn, theo biểu thức:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{a}$$

Tổn hao nhiệt là :

$$W = U^2 C \operatorname{tg} \delta = \epsilon_0 V E^2 \operatorname{tg} \delta = N_r \operatorname{tg} \delta$$

$N_r \operatorname{tg} \delta$ là công suất tương đối và được quy định. Với tổn hao cho phép, công suất tương đối với trị số đã quy định, đòi hỏi vật liệu cách điện phải có $\operatorname{tg} \delta$ tương ứng.

Trình tự thiết kế như sau:

- Tính toán $\operatorname{tg} \delta$ cho phép với công suất tương đối và với 80% tổn hao đã quy định
- Chọn vật liệu cách điện trong số các loại có thể chế tạo màng mỏng có $\operatorname{tg} \delta$ theo tính toán và có ϵ và E lớn
- Tính toán thể tích V

Nếu đã biết, cách điện càng mỏng thì độ cách điện càng lớn, bề dày lớn nhất của màng cách điện là:

$$a = \frac{U}{E_{\text{cho phép}}}$$

Không nên dày hơn vì không kinh tế

Ví dụ giấy tụ điện ngâm dầu, điện áp 220V, điện trường cho phép $E_{\text{cho phép}} = 10 \text{Kv/mm}$, vì vậy bề dày cách điện là:

$$a = \frac{220}{10^4} = 2,2 \cdot 10^{-2} \text{mm}$$

Như vậy bề dày cách điện nên chọn là 0,02mm hoặc 0,03mm

Khi đóng mạch tụ điện điện áp tụ điện tăng gấp đôi điện áp làm việc, mặc dầu thời gian tồn tại rất ngắn, nhưng cũng phải chú ý khi xác định khả năng chịu điện áp của tụ điện.

Điện áp ngưỡng của phóng điện bề mặt vẫn tính toán theo biểu thức:

$$U_{ng} = k \cdot \frac{1}{C^{0,45}}$$

Số lượng phần tử tụ điện ghép nối tiếp với nhau là:

$$s = \frac{U}{U_{pt}}$$

ở đó: s : số lượng phần tử tụ điện ghép nối tiếp với nhau

U : Điện áp làm việc

U_{pt} : Điện áp trên phần tử tụ

CÂU HỎI CHƯƠNG 3

1. Trình bày đặc điểm của điện môi khi đặt trong điện trường.
2. Thế nào là điện dẫn điện môi và các loại dòng điện đi trong điện môi.
3. Hãy nêu đặc điểm các dạng và loại phân cực xảy ra trong điện môi.
4. Nêu các dạng tổn hao xảy ra trong điện môi.
5. Trình bày công thức tính tổn hao điện môi ở điện áp một chiều và xoay chiều.
6. Trình bày cách phân loại vật liệu cách điện.
7. Trình bày tính chất cơ lý hóa của vật liệu cách điện.
8. Nêu tính chất và công dụng của một số loại khí đang được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật điện.
9. Trình bày đặc tính và công dụng của dầu máy biến áp.

CHƯƠNG 4

DÂY DẪN VÀ DÂY CÁP

4.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Trong các mạng điện, người ta dùng dây dẫn trần hay cách điện và các thanh góp.

Dây trần làm bằng đồng, nhôm hay thép và không bọc cách điện. Dây trần chỉ được dùng trong những điều kiện con người không động chạm được đến nó. Chạm vật dẫn điện vào một hay vài dây dẫn sẽ đưa tới ngắn mạch và làm cho một phần của mạng điện phải ngừng làm việc.

Dây cách điện là dây dẫn bằng đồng, nhôm hay thép và được bọc cách điện bảo vệ. Đa số các mạng điện đặt trong nhà đều dùng dây cách điện.

Vấn đề xây dựng các đường dây của mạng điện và các đường dây điện thoại, điện tín đặt ra rất cấp thiết trong sự phát triển các thành phố và các khu dân cư đông đúc. Đặc biệt các phân xưởng cần rất nhiều đường dây dẫn tới, đồng thời các máy móc thiết bị bên trong cũng vậy, nên nếu dùng các đường dây trên không sẽ ngốn ngang có thể gây mất an toàn, khó khăn trong quá trình sản xuất và làm việc của công nhân.

Bởi vậy người ta thường không dùng đường dây trên không mà đặt các *đường dây cáp ngầm* dưới đất với cấu tạo đặc biệt có vỏ cách điện để bảo vệ.

4.2. CÁC VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN CỦA DÂY DẪN VÀ DÂY CÁP

Vật liệu dùng để dẫn dòng điện của dây dẫn và dây cáp là đồng, nhôm, các hợp kim của chúng và thép. Các vật liệu dẫn điện này ta đã xét tương đối cụ thể ở chương 2. Ở đây chỉ chú ý thêm một số chi tiết khi dùng chúng làm dây dẫn và dây cáp dẫn điện.

Đồng là một trong những vật liệu dẫn điện tốt nhất, có khả năng chống lại các sự biến đổi khí hậu bên ngoài và một số lớn phản ứng hoá học trong không khí tương đối tốt. Bên ngoài các sợi dây đồng nhỏ có lớp oxít đồng bao bọc và chúng không bị phá hoại tiếp tục. Do lớp màng mỏng oxít dẫn điện xấu, nên dòng điện của dây dẫn được chia ra nhiều dòng điện khác nhau chạy trong các sợi nhỏ của dây dẫn.

Nhôm không tốt bằng dây đồng vì điện dẫn suất của nhôm bé hơn điện dẫn của đồng (khoảng 1,6 lần); ứng suất nhỏ do đó khi làm dây dẫn trên không sẽ có độ võng lớn hơn dây dẫn bằng đồng và bằng các kim loại khác. Độ võng của dây tăng làm cho cho cột điện phải làm cao lên.

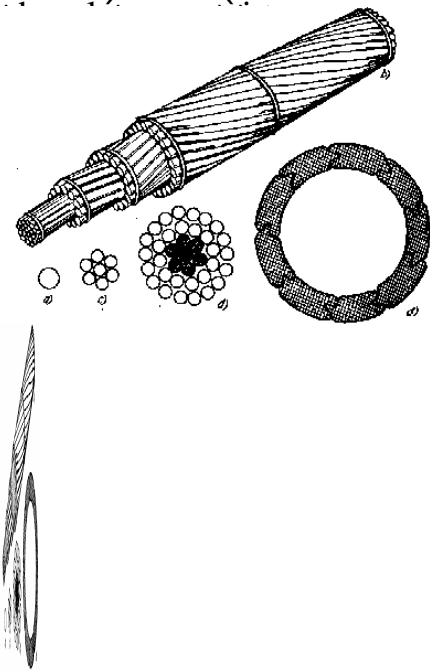
Về sự chịu đựng sự ảnh hưởng của môi trường, dây nhôm tốt ngang với dây đồng (với điều kiện dây dẫn nhôm phải rất nguyên chất).

Khi cần kết hợp dây dẫn có điện trở nhỏ mà sức bền của dây dùng dây đồng lõi thép hoặc hợp kim "aldrey" lõi "aldrey" gấp 2 lần nhôm, điện trở suất của nó lớn hơn (12%).

Trong tất cả các trường hợp, khi mà dây dẫn bằng kim loại sử dụng được triệt để, thì sử dụng *dây thép*.

Điện trở, điện kháng của dây thép tương đối cao hơn các dẫn điện bằng kim loại màu, vì vậy phạm vi sử dụng dây thép bị giới hạn. Chủ yếu chỉ dùng cho các mạng điện nông thôn và các mạng thành thị có công suất nhỏ.

Dây dẫn trên không theo các điều kiện làm



hình 4.2. Mặt cắt của dây dẫn

việc khác nhau đòi hỏi các đường dây dân khác nhau. Để cho tiện, các nhà chế tạo Liên xô (cũ) ký hiệu: M là đồng, A là nhôm, C là thép.

- Dây dẫn nhôm lõi thép AC có tỷ số tiết diện nhôm (S_A) và thép (S_C):

$$\frac{S_A}{S_C} = 5,5 \quad 6.$$

- Dây dẫn nhôm lõi thép cấu tạo nhẹ ACO có tỷ số tiết diện nhôm và thép:

$$\frac{S_A}{S_C} = 7,8 \quad 8$$

- Dây dẫn nhôm lõi thép cấu tạo chắc ACY có tỷ số tiết diện nhôm và thép:

$$\frac{S_A}{S_C} = 4,5$$

Các đường dây có điện áp 35 - 220 KV và cao hơn làm bằng nhôm lõi thép được dùng phổ biến.

Dây ACO thường chế tạo với tiết diện phần nhôm 150 mm² và lớn hơn sử dụng tiện lợi nhất. Khi tiết diện của phần nhôm trong dây dầy dưới 120 mm² dùng dây nhãn hiệu AC. Dây dẫn ACY được dùng khi cần phải vượt những khoảng vượt lớn và trong những trường hợp đặc biệt khác.

4.3. CÁP ĐIỆN LỰC

Cáp đóng vai trò rất quan trọng trong việc truyền dẫn năng lượng và tín hiệu điện từ. Các đặc tính về điện, cơ lý và môi trường là yếu tố trong việc chọn và sử dụng cáp trong truyền tải và phân phối điện.

Các loại cáp đều gồm 3 bộ phận chính là: lõi thường là dây đồng hoặc nhôm (một hay nhiều lõi cách điện xoắn với nhau), tiếp theo là các lớp cách điện và điều chỉnh điện trường, ngoài cùng là lớp vỏ bảo vệ để có thể đặt cáp trong hầm dưới đất.

Sau đây sẽ xét cụ thể một số loại cáp điện lực hay dùng.

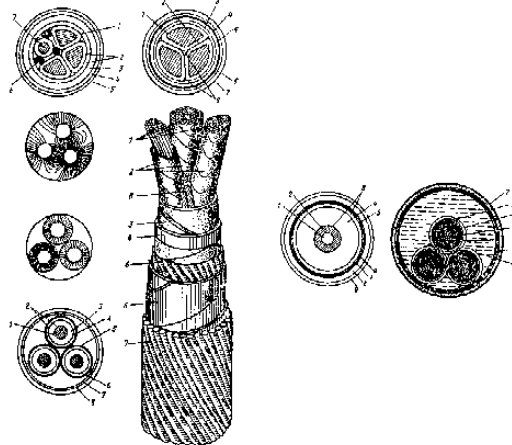
4.3.1. Cáp điện lực cách điện bằng giấy tẩm dầu điện áp 1 đến 35 KV

1. Phân lõi dẫn điện

Được chế tạo bằng các sợi đồng hay nhôm. Lõi đồng được làm bằng các sợi đồng mềm có điện trở nhỏ hơn làm bằng đồng kéo nguội.

Các sợi nhôm không được nung nóng vì độ dẫn điện của dây không phụ thuộc vào mức nung nóng.

Để giảm đường kính của lõi, điều này cũng làm giảm chi phí vật liệu cách điện và vật liệu khác trong cáp, cũng như để giảm sự chảy của các giấy tẩm dầu, các thành phần của lõi cáp phải thật chặt và khít nhau. Các sợi dây tròn biến thành đa giác gián khít sợi no với sợi kia (Hình 4.1)



hình 4.2. Cáp điện lực

Tất cả lõi dẫn điện tiết diện 2,5 đến 16 mm² đều chế tạo bằng một sợi tiết diện tròn. Trong cáp một lõi 25 mm² thì lõi được chế tạo bằng nhiều sợi ghép lại thành hình tròn, trong cáp 3 lõi hay 4 lõi thì các lõi do tạo bằng nhiều sợi ghép lại thành các hình quạt ghép khít với nhau.

2. Phân cách điện

Cách điện giữa các pha của lõi dây cáp dùng các băng giấy tẩm dầu cuộn nhiều lớp (Hình 4.4). Các dây đã được cách điện, xoắn lấy nhau, sau

đó các khe hở giữa chúng được lấp kín bằng các nệm giấy, được đặt trong chất cách điện bằng giấy. Giấy cách điện của cáp được tẩm dầu.

Mặt ngoài lớp cách điện ngoài cùng, để bảo vệ đảm bảo cách điện khỏi bị ẩm ướt và khỏi bị lực cơ giới phá hoại, người ta bọc một lớp vỏ kín bằng chì hay nhôm (hình 4.2)

Cáp 35 KV với cách điện bằng giấy dầu được chế tạo với lõi bọc chì riêng biệt, mỗi lõi hình tròn cách điện được bọc một lớp vỏ chì. Lớp vỏ chì này có mục đích tạo nên một điện trường rất đều.

Ngày nay người ta đã chế tạo được các loại cáp mới có cấu tạo hoàn hảo hơn và được sử dụng rất rộng rãi trong thực tế. Cấu tạo của loại này: có lõi đồng hoặc nhôm cách điện bằng lớp vỏ PE, mặt ngoài lớp vỏ có lớp màng bằng các băng đồng mỏng, ngoài băng đồng có lớp vỏ bọc kín bằng nhựa PVC

4.3.2. Cáp điện lực 35 đến 220 KV

Ở cấp điện áp 35-220 KV trong trường hợp dẫn điện vào các trạm hạ áp trong trung tâm thành phố không thể dùng đường dây trên không, cáp có cấu tạo như đã kể trên cũng không thể đảm bảo ở cấp điện áp này. Lúc đó người ta phải chế tạo những cáp điện lực với những yêu cầu cách điện khắt khe hơn rất nhiều về chất làm cách điện.

Dưới đây giới thiệu một vài loại cáp 35-220 KV.

1. Cáp dây khí

Cách điện giữa lõi dẫn điện và vỏ chì vẫn dùng cách điện bằng băng giấy tẩm dầu, nhưng ở lớp trung gian giữa các băng giấy có hơi (khí) ép. Ở điện áp 35 KV áp suất 3-5 at, còn cáp 110 KV 10-15 at. khí chứa trong cáp phải có độ bền về điện cao, độ dẫn nhiệt tốt, phải là khí trơ, rẻ tiền (thường dùng khí nitơ độ nguyên chất trên 99,5%, nếu lẫn oxy và hơi nước sẽ làm giảm cách điện). Phổ biến nhất là loại cáp dây khí 110 KV

Ba lõi của cáp cách điện bằng giấy, đặt trong ống thép. Trong ống có khí trơ (nitơ) áp suất 10-15 at chứa trong lớp trung gian giữa lớp giấy cách điện và khoảng trống trong lớp cách điện.

2. Cáp dầu có cách điện bằng giấy tẩm dầu, trong khoảng trống chứa đầy dầu có áp suất, dùng trong các mạng điện 110 - 400 KV.

Phổ biến nhất là loại cáp có áp suất dầu trung bình 2-4 at trong khi làm việc. Cáp dầu áp suất cao 10-15 at dùng thích hợp với điện áp đến 400 KV. Cáp dầu áp suất cao yêu cầu vỏ chì rất kiên cố, các khớp nối vào các thiết bị rất phức tạp.

Cáp chứa đầy dầu một lõi trên hình 4.6 có lõi rỗng làm bằng các sợi tròn uốn quanh một lõi hình xoắn ốc hay là dây cắt có các vết khía đặc biệt, đảm bảo cho dầu chảy từ đường dẫn dầu trung tâm đến cách điện. Dầu chảy theo đường dẫn dầu trong ống rỗng. Sự tẩm của cáp đầy dầu được thực hiện nhờ dầu ít nhớt (dầu có độ nhớt thấp) có độ bền về điện cao và đặc tính điện ổn định cao trong không khí, đồng và chì.

Áp suất của dầu biến đổi phụ thuộc dòng điện phụ tải của dây cáp và nhiệt độ môi trường xung quanh. Để duy trì áp suất dầu trong một giới hạn nhất định người ta dùng một thùng điều hoà áp suất.

Lớp vỏ bảo vệ bên ngoài của cáp đặt trong hầm làm bằng nhựa đường và bao gồm từ trong ra ngoài: lớp nhựa đường, băng giấy, lớp sợi cáp có tẩm dầu và vỏ cứng.

CÂU HỎI CHƯƠNG 4

1. Trình bày khái niệm về tính dẫn điện của dây dẫn và cáp
2. Trình bày vật liệu làm dây dẫn.
3. Trình bày cấu tạo của dây dẫn và cáp điện lực.

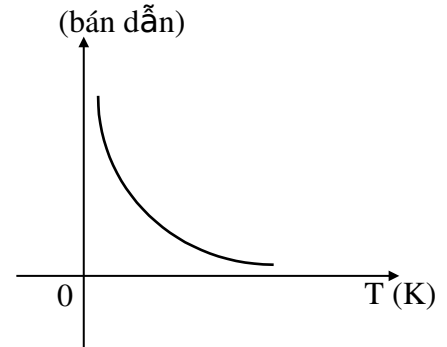
CHƯƠNG 5 VẬT LIỆU BÁN DẪN

5.1. ĐẶC ĐIỂM DẪN ĐIỆN CỦA VẬT LIỆU BÁN DẪN

Vật liệu bán dẫn (VLBD) gồm nhóm vật chất có tính trung gian giữa vật liệu dẫn điện và vật liệu cách điện. Đặc điểm của nó là điện trở suất lớn hơn vật liệu dẫn điện nhưng nhỏ hơn của vật liệu cách điện ($\rho = 10^{-4}$

10^{10} cm). Tuy nhiên không có một danh giới rõ rệt giữa ba loại vật liệu kể trên.

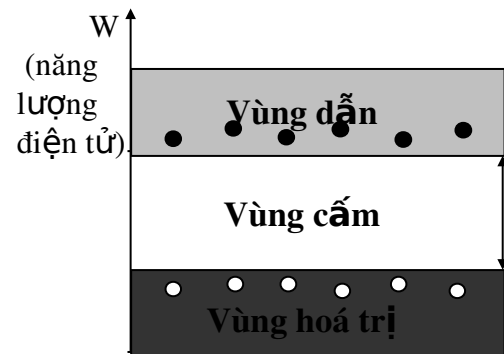
Điểm khác biệt quan trọng giữa vật liệu bán dẫn và vật liệu dẫn điện là sự biến thiên của điện trở suất theo nhiệt độ: khi nhiệt độ tăng, điện trở suất của vật liệu dẫn điện tăng lên, còn điện trở suất của vật liệu bán dẫn lại giảm đi có dạng như đồ thị hình 5.1



Hình 5.1

Như vậy ở nhiệt độ thấp chất bán dẫn có tính cách điện như điện môi, còn ở nhiệt độ cao thì chất bán dẫn lại dẫn điện tốt. Điều này có thể giải thích như sau :

Như ta đã biết cấu trúc các vùng năng lượng của chất bán dẫn ở OK được mô tả trên hình 5.2.



Hình 5.2

- điện tử tự do
- lỗ trống trong vùng hoá trị

Vùng hoá trị và vùng dẫn cách nhau bởi **vùng cấm**. Ở OK, vùng hoá trị hoàn toàn đầy, vùng dẫn còn trống, chất bán dẫn có tính cách điện.

Khi nhiệt độ tăng cao hơn thì điện tử tự do có thể bứt khỏi vùng hoá trị, vượt qua vùng cấm vào vùng dẫn, nên chất bán dẫn có tính dẫn điện.

Các chất có tính bán dẫn điện tồn tại rất phổ biến trong tự nhiên và được ứng dụng rất nhiều trong kỹ thuật điện, đặc biệt trong kỹ thuật điện tử.

Chất bán dẫn trong thực tế có thể ở dưới dạng nguyên chất, còn gọi là chất bán dẫn thuần (Si, Ge, As, C, P, S, Se,...) hoặc ở dạng hợp chất, gọi

là bán dẫn tạp chất (tất cả các oxit kim loại, các selenua và telurua của nhiều kim loại).

5.2. VẬT LIỆU BÁN DẪN NGUYÊN CHẤT

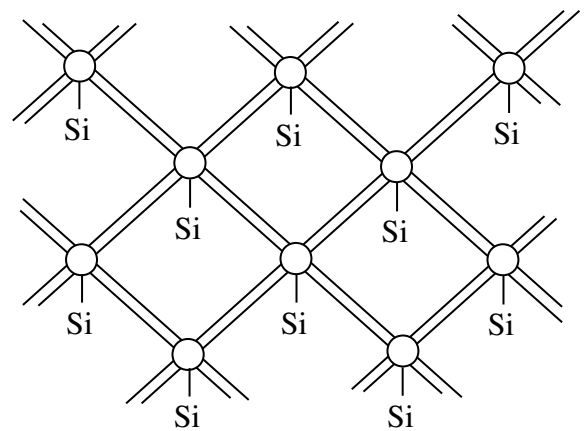
5.1.1. Dòng điện trong chất bán dẫn nguyên chất

Để hiểu được bản chất sự dẫn điện của bán dẫn ta nghiên cứu cấu trúc bên trong của nó. Ta hãy xét tinh thể Silic là một bán dẫn điển hình.

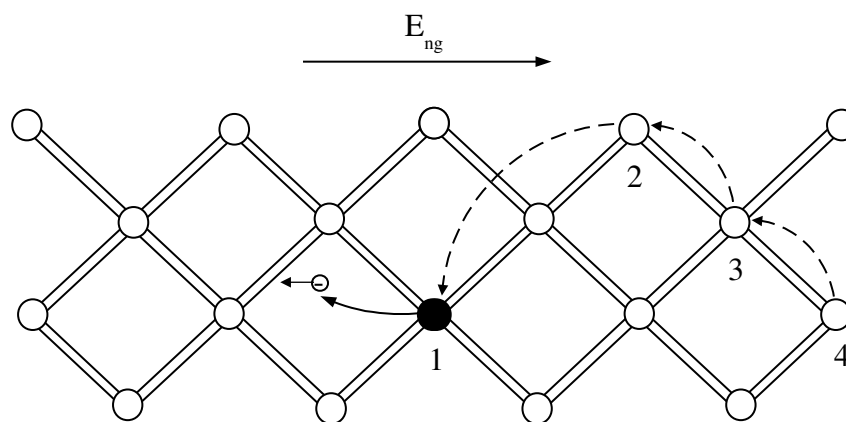
Trong mạng tinh thể, mỗi nguyên tử Si liên kết với 4 nguyên tử Si khác ở bên cạnh bằng 4 mối liên kết đồng hoá trị (Hình 5.3).

Ở nhiệt độ thấp những liên kết này rất bền vững. Do đó chất bán dẫn Si có tính dẫn điện.

Khi đốt nóng, mạng tinh thể chất bán dẫn Si thu thêm năng lượng. Do chuyển động nhiệt, một số nguyên tử mất liên kết với hạt nhân, trở thành điện tử tự do. Hình 5.4 giúp ta hình dung được tình trạng của chất bán dẫn lúc này.



Hình 5.3 Mô hình cấu trúc nguyên tử Si



Hình 5.4

Giả sử khi một điện tử tách khỏi nguyên tử số 1, nguyên tử này trở thành ion dương, xem như một lỗ trống có thể lấy điện tử của một nguyên

từ 2 nào đó ở gần để lấp lỗ trống và trở thành trung hoà. Nguyên tử số 2 vừa mất điện tử lại trở thành lỗ trống và lại lấy điện tử của nguyên tử 3 nào đó ở gần. Hiện tượng cứ tiếp diễn như vậy gây ra sự chuyển dịch của vị trí lỗ trống. Nếu không có điện trường ngoài E_{ng} tác động, hiện tượng xảy ra hỗn độn, trong chất bán dẫn không có dòng điện. Còn nếu có điện trường ngoài E_{ng} , điện tử sẽ chuyển dịch ngược chiều điện trường (hình 5.4) tạo thành dòng điện. Tính dẫn điện của chất bán dẫn Si tăng lên.

Vậy bản chất của dòng điện trong chất bán dẫn là dòng chuyển dời có hướng đồng thời của điện tử ngược chiều điện trường và lỗ trống thuận chiều điện trường.

5.1.2. Một số chất bán dẫn thường gặp

1. Silic, (Si)

Silic là một trong những nguyên tố có rất nhiều trong thiên nhiên dưới dạng SiO_2 trong các mỏ khác nhau và dưới dạng Silicat (Si chiếm khoảng 28% trong lớp vỏ trái đất). Nhưng, kỹ thuật để sản xuất Si tinh khiết rất phức tạp nên những dụng cụ sử dụng bán dẫn Si rất đắt so với các dụng cụ bán dẫn sử dụng các chất khác mặc dù các chất này trong thiên nhiên hiếm hơn nhiều so với Si.

Điện dẫn suất của Si biến đổi trong phạm vi rộng, $\sigma = (7 \cdot 10^2 \text{ -- } 10^{-2}) \text{ 1/cm}$.

Silic nguyên chất được chế tạo làm các điện trở phi tuyến trong mạch điện tần số cao, dùng làm chất bán dẫn điện trong các máy tách sóng, trong các bộ khuếch đại,...

Silic được sử dụng như chất khử oxy trong luyện kim.

Silic trong hợp kim Sắt - Silic (4% Si) được chế tạo dưới dạng tấm, lá dùng để làm lõi thép dẫn từ của các máy biến áp. Ngoài ra nó còn được sử dụng để chế tạo các hợp kim khác của sắt - Si ; đồng thanh, đồng thau - Silic, ... được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp

2. Giecmani, (Ge)

Ge rất hiếm trong tự nhiên, có mặt trong các hợp chất dưới dạng mỏ: ác-girô-đít ($\text{GeS}_2\text{Ag}_2\text{S}$), Canfidit $4\text{Ag}_2(\text{GeSn})\text{S}_2$, Cu_3GeS , ngoài ra còn tìm thấy rất ít trong các mỏ kẽm và trong tro.

Điện dẫn suất của Ge, $\gamma = (10^3 - 10^2) \text{ 1/cm}$.

Ge được dùng để chế tạo các chất bán dẫn trong các máy tách sóng, các bộ chỉnh lưu phẳng, các transisto và các bộ khuếch đại...

3. Các bon, (C)

Các bon được tìm thấy nhiều trong tự nhiên. Trong kỹ thuật, chia các bon thành 3 dạng: Kim cương (diamant), graphit và các bon vô định hình (carbone amorphe), trong đó kim cương, graphit khai thác từ các mỏ trong tự nhiên còn các bon vô định hình có thể được điều chế bằng nhiều phương pháp khác nhau.

Hằng số vật lý của chính của các loại các bon ở bảng 5.1

Bảng 5.1

Loại các bon	Trọng lượng riêng ở 18°C (kg/dm^3)	Điện trở suất ở 20°C , ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	Điện dẫn suất ở 15°C , γ ($1/\text{cm}$)
Kim cương	3,514	$4,74 \cdot 10^{14}$	$0,211 \cdot 10^{-14}$
Graphit	2,216	0,00263	353
Các bon vô định hình	1,2218-1,919	4	0,25

Các bon được dùng rất nhiều trong kỹ thuật điện, điện tử để chế tạo:

- Các điện cực các bon (điện cực điện phân, hàn hồ quang điện).
- Chổi than (graphit, các bon vô định hình).
- Tiếp điểm điện.
- Điện trở đốt nóng, điện trở hoá học.
- Dùng trong các Micro, ống nói dưới dạng hạt nhỏ, khối hoặc màn.

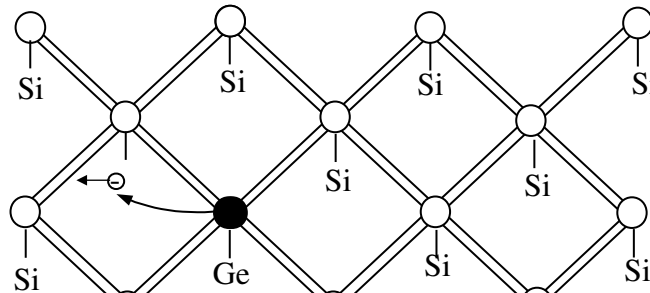
5.3. VẬT LIỆU BÁN DẪN TẠP CHẤT

5.3.1. Dòng điện trong vật liệu bán dẫn tạp chất

Trong thực tiễn, chế tạo các chất bán dẫn nguyên chất rất khó khăn. Các bán dẫn thường có lẫn một ít tạp chất, hơn nữa trong kỹ thuật người ta còn chủ động pha thêm tạp chất vào chất bán dẫn nguyên chất.

Nếu có một ít tạp chất lẫn vào (dù là một lượng rất nhỏ, không đáng kể) cũng đủ làm cho độ dẫn điện của chất bán dẫn tăng lên nhiều lần, thậm chí hàng chục nghìn lần.

Ví dụ, nếu cho vào Si một ít Ge là chất có 5 điện tử hoá trị; khi vào mạng tinh thể Si, 4 điện tử hoá trị của Ge kết chặt từng đôi một với 4 điện tử của các nguyên tử Si láng giềng, còn điện tử thứ 5 trở thành điện tử tự do chuyển động tự do trong mạng tinh thể (hình 5.5). Khi đó mật độ điện tử tự do trong chất bán dẫn Si tăng lên rất nhiều. Dưới tác dụng của điện trường, các điện tử tự do này chuyển động có hướng tạo thành dòng điện. Loại bán dẫn có tính chất dẫn điện chủ yếu bằng điện tử tự do gọi là *chất bán dẫn loại n* hay bán dẫn điện tử.



Nếu ta cho vào Silic một chút các nguyên tố thuộc nhóm III trong bảng hệ thống tuần hoàn Mendeleev, chẳng hạn Indi (In) : ở vành ngoài cùng của In có 3 điện tử hoá trị, nếu cho vào mạng tinh thể Si, nó tạo ra một lỗ trống trong mỗi liên kết giữa các nguyên tử. Điện tử của nguyên tử bên cạnh dễ dàng nhảy vào lỗ trống này và tạo thành lỗ trống mới, quá trình cứ tiếp diễn mãi; lỗ trống chạy tự do trong tinh thể. Khi đó mật độ lỗ trống trong chất bán dẫn tăng lên rất nhiều. Dưới tác dụng của điện trường, điện tử chuyển dời có hướng ngược chiều điện trường, còn lỗ trống thì chuyển dịch thuận chiều điện trường. Ta xem lỗ trống tương tự như điện tích

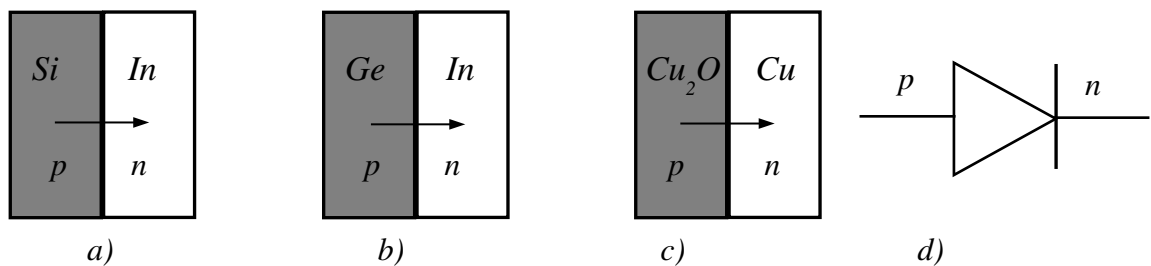
dương và dòng điện chạy trong chất bán dẫn này là dòng những lỗ trống chuyển động. Chất bán dẫn này gọi là *chất bán dẫn loại p* hay bán dẫn lỗ trống.

5.3.2. Những ứng dụng chủ yếu của vật liệu bán dẫn tạp chất

Bằng cách ghép các bán dẫn loại n với loại p, người ta đã chế tạo được rất nhiều dụng cụ điện, điện tử quan trọng.

1. Điốt bán dẫn (đèn bán dẫn 2 cực).

Điốt bán dẫn gồm 2 chất bán dẫn loại p và n tiếp xúc nhau. Điện tử tự do bên n khuếch tán sang p và lỗ trống bên p khuếch tán sang n. Ranh giới giữa 2 chất tạo thành điện trường tiếp xúc E_{tx} chiều từ n sang p ngăn không cho lỗ trống và điện tử khuếch tán sang nữa.



Hình 5.6

a) Điốt Silic, b) Điốt Gecmani, c) Điốt Oxit đồng, d) Sơ đồ Điốt trong các mạch điện

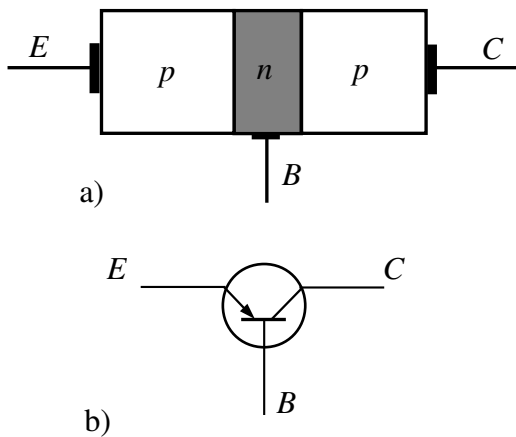
Nếu đặt một điện áp thuận vào hai chất bán dẫn (Cực dương ở p và cực âm ở n) thì điện trường do nguồn điện ngoài E_{ng} sinh ra sẽ ngược chiều với điện trường tiếp xúc E_{tx} và có tác dụng khử ảnh hưởng của E_{tx} . Điện tử và ‘lỗ’ lại dễ dàng chuyển qua mặt tiếp xúc, điốt dẫn điện tốt.

Nếu đặt một điện áp ngược lại, điốt gần như không dẫn điện. Vậy Điốt chỉ dẫn điện đi theo 1 chiều từ chất bán dẫn loại p sang loại n. Do tính chất này, điốt bán dẫn được dùng làm chỉnh lưu dòng điện (nắn điện). Trên hình 5.6 là các loại điốt hay dùng trong kỹ thuật.

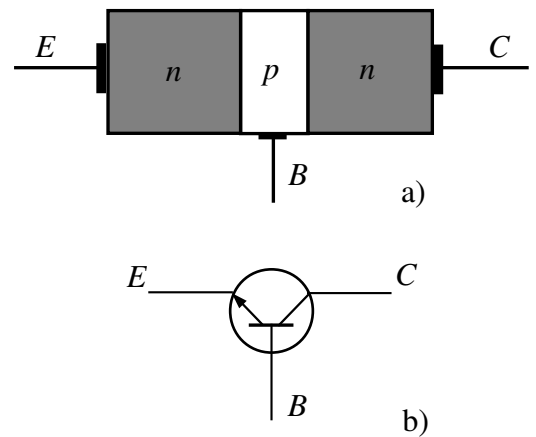
2. Transisto (đèn bán dẫn 3 cực).

Transisto là một loại đèn bán dẫn có khả năng khuếch đại. Nó gồm 3 lớp bán dẫn có tính dẫn điện khác nhau hợp thành.

Transisto loại p-n-p như hình 5.7 và transisto loại n-p-n như hình 5.8.



Hình 5.7 Transisto loại n-p-n

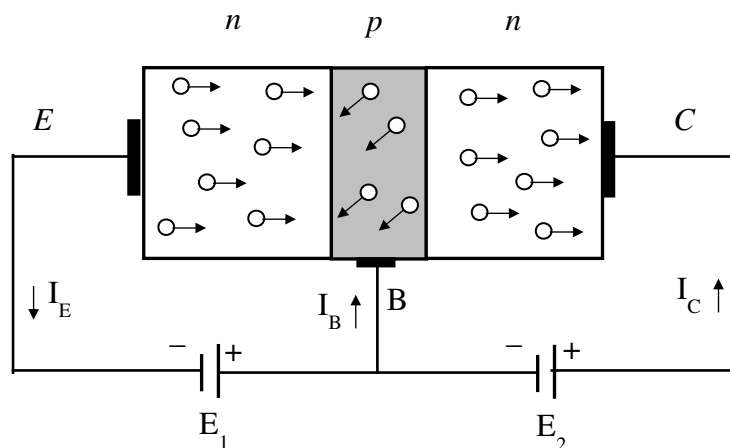


Hình 5.8 Transisto loại p-n-p

Quy ước, phần giữa của transisto, cực nối với chất bán dẫn p gọi là cực gốc hay badơ (B). Cực đặt điện áp thuận với cực gốc là cực phát hay êmetơ (E), cực còn lại là cực góp hay côlectơ (C).

Sau đây, ta xét nguyên lý làm việc của loại n-p-n (hình 5.9), còn loại p-n-p cũng xét tương tự, chỉ cần thay đổi vai trò của điện tử và lỗ trống.

Khi cho 3 lớp n-p-n tiếp xúc với nhau, giữa chúng sẽ tạo ra những điện trường tiếp xúc. Giữa 2 chất bán dẫn n và p (bên trái) đặt một nguồn điện áp thuận E_1 nhỏ còn giữa 2 chất bán dẫn n và p (bên phải) đặt một nguồn điện áp ngược E_2 lớn (thường E_2 lớn hơn E_1 từ 5 đến 10 lần).



Hình 5.9

Vì điện áp giữa cực phát E và gốc B thuận nên dòng điện dễ dàng từ cực phát sang cực gốc. Lớp p rất mỏng nên đa số các điện tử từ n lọt sang

p chưa kịp lấp vào lỗ trống thì bị điện trường mạnh của điện áp ngược kéo về cực góp C. Chỉ có một số ít điện tử lấp vào lỗ trống ở lớp p và tạo nên dòng điện cực - gốc rất nhỏ.

Như vậy có thể nói dòng điện cực góp xấp xỉ bằng dòng điện cực phát nhưng vì giữa cực phát và cực gốc có điện áp thuận nên chỉ cần một sự thay đổi nhỏ của E_1 cũng làm thay đổi dòng điện cực phát và cực góp nhiều, nên điện áp lấy ra sẽ thay đổi lớn. Do đó transistor có tính khuếch đại liên tục.

Transistor được ứng dụng rất nhiều trong kỹ thuật hiện đại: các mạch khuếch đại, tạo ra dao động điện, các vi mạch điện tử bán dẫn,... trong máy thu thanh, vô tuyến truyền hình và trong các máy tính.

CÂU HỎI CHƯƠNG 5

1. Hãy nêu khái niệm chung về bán dẫn.
2. Trình bày các đặc tính của loại bán dẫn nguyên chất và bán dẫn tạp chất.

CHƯƠNG 6

VẬT LIỆU TỪ

6.1. KHÁI NIỆM VÀ TÍNH CHẤT VẬT LIỆU DẪN TỪ

6.1.1. Khái niệm

Ta đã biết nếu xung quanh dòng điện có môi trường vật chất thì cảm ứng từ trong môi trường này khác cảm ứng từ của từ trường trong chân không gây ra bởi cùng dòng điện đó. Vì khi môi trường vật chất đặt trong từ trường của dòng điện thì trong môi trường đó sẽ xuất hiện thêm từ trường phụ. Ta nói môi trường đó bị nhiễm từ. Môi trường có khả năng nhiễm từ gọi là chất từ hay vật liệu từ.

Để giải thích từ tính của nam châm, Ampe là người đầu tiên nêu lên giả thuyết về các dòng điện kín tồn tại trong lòng nam châm gọi là dòng điện phân tử. Theo Ampe thì từ trường của nam châm chính là từ trường của các dòng điện phân tử trong lòng nam châm đó. Ngày nay ta hiểu dòng

điện phân tử chính là do các điện tử chuyển động bên trong nguyên tử, phân tử tạo thành. Có thể dùng khái niệm dòng điện phân tử để giải thích sự nhiễm từ của các chất thuận từ và nghịch từ, còn đối với sự nhiễm từ của các chất sắt từ thì không thể giải thích bằng dòng điện phân tử mà bằng một lý thuyết khác. Tuy nhiên cái chính của giả thuyết Ampe là dòng điện sinh ra từ trường thì vẫn giữ nguyên giá trị.

6.1.2. Các tính chất của vật liệu dẫn từ

1. Hệ số từ thẩm của vật liệu sắt từ rất lớn

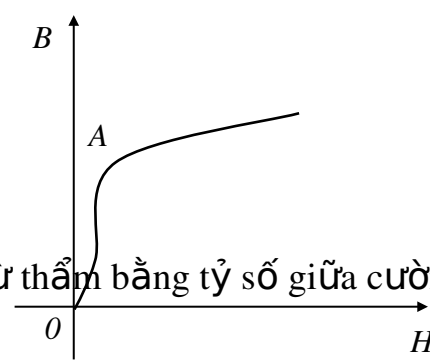
Hệ số từ thẩm lớn nhất μ_{Max} của một số chất ở bảng 6.1.

Bảng 6.1

STT	Vật liệu sắt từ	Hệ số μ_{Max}
1	Sắt nguyên chất	280.000
2	Sắt non	8.000
3	Thép Silic kỹ thuật điện	15.000
4	Pecmaloi (78%Ni, 22%Fe)	80.000
5	Siêu hợp kim (79Ni, 15Fe, 5M ₀ , 0,5 Mn)	1.500.000

2. Hệ số từ thẩm của vật liệu sắt từ không phải là hằng số

Quá trình từ hoá của vật liệu từ được đặc trưng bằng quan hệ giữa từ cảm B và cường độ từ trường H, $B = f(H)$ gọi là đường cong từ hoá (không phải là đường thẳng). Đường cong từ hoá của tất cả các vật liệu sắt từ gần giống nhau (hình 6.1). Đường cong này là đường cong từ hoá ban đầu (ở giai đoạn đầu khi tăng dòng điện từ hoá trong cuộn dây, thì cường độ từ trường H sẽ tăng và cảm ứng từ B cũng tăng theo, quan hệ $B = f(H)$ ở đoạn OA. Tiếp tục tăng H thì B tăng ít hơn. Giai đoạn gần bão hoà. Hệ số từ thẩm giảm dần về 1. Đến khi cường độ từ trường H đủ lớn thì cảm ứng B gần không còn tăng nữa; tại đoạn bão hoà, hệ số từ thẩm sẽ tiến đến 1.



6.1.3. Các đặc tính của vật liệu dẫn từ

Tại mỗi điểm trong từ trường, hệ số từ thẩm bằng tỷ số giữa cường độ từ cảm B và cường độ từ trường H. Mọi từ trường B đều không có giá trị số cường độ từ cảm B₀ và từ trường H₀; tại đoạn bão hoà, hệ số từ thẩm sẽ tiến đến 1.

$$\mu_0 = \frac{B_0}{H_0} \tag{6.1}$$

μ_0 -hệ số từ thẩm tuyệt đối của chân không, về trị số $\mu_0 = 4 \cdot 10^{-7}$ s/m. Đơn vị s/m còn gọi là Henry/mét (H/m).

Trong môi trường khác chân không, ta có:

$$\mu_0 = \frac{B}{H} \text{ hay } B = \mu_0 H \quad (6.2)$$

- hệ số từ thẩm tương đối của môi trường từ trường khác chân không, cho biết hệ số từ thẩm tuyệt đối của môi trường so với hệ số từ thẩm của chân không μ_0 là bao nhiêu.

Theo hệ số từ thẩm và từ tính của vật chất, người ta chia ra các chất thuận từ, nghịch từ và dẫn từ.

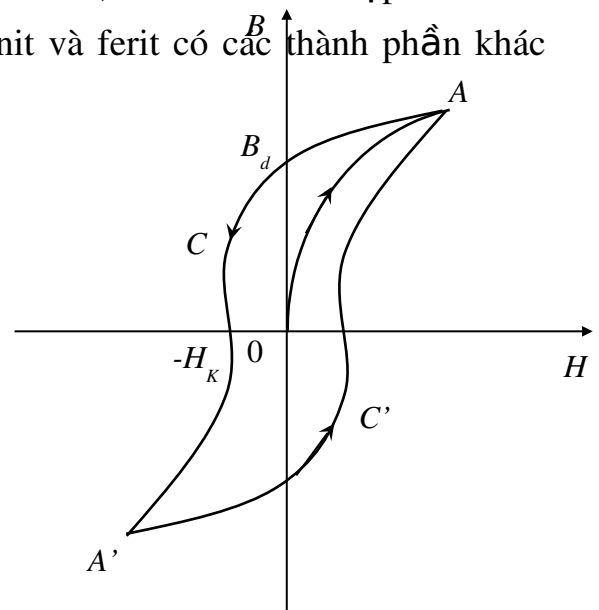
1. Chất thuận từ: là chất có độ từ thẩm $\mu > 1$ và không phụ thuộc vào cường độ từ trường ngoài. Loại này gồm có oxy, nitơ, oxyt, muối sắt, muối coban, muối niken, kim loại kiềm, nhôm, bạch kim.

2. Chất nghịch từ: là chất có độ từ thẩm $\mu < 1$ và không phụ thuộc vào cường độ từ trường ngoài. Loại này gồm có hydro, các khí hiếm, đa số các hợp chất hữu cơ, đồng, kẽm, bạc, vàng, thủy ngân, antimon, gali,...

Các chất thuận từ và nghịch từ giống nhau ở chỗ từ yếu, tức là cùng có độ từ thẩm sắp xỉ bằng 1. Ví dụ nhôm là chất thuận từ có $\mu = 1,000023$, còn đồng là chất nghịch từ có $\mu = 0,999995$.

3. Chất dẫn từ: là chất có độ từ thẩm $\mu \gg 1$ và phụ thuộc vào cường độ từ trường ngoài. Loại này gồm có sắt, niken, coban và các hợp kim của chúng, hợp kim crom - mangan, gadôlonit và ferit có thành phần khác nhau. Khi cắt bỏ dòng điện từ hoá (cho $H = 0$, khi cắt bỏ dòng điện từ hoá trong các cuộn dây) thì chất sắt từ vẫn còn giữ từ tính (duy trì một từ trường có từ cảm B).

Tính chất từ dư được khảo sát trong quá trình từ hoá vật liệu sắt từ bằng cách thay đổi chiều và cường độ từ trường H tác động lên môi trường sắt từ.



Hình 6.2 vẽ đường cong biểu diễn quan hệ $B = f(H)$ trong vật liệu sắt từ.

Hình 6.2 Đường cong từ trễ

Đầu tiên khi tăng dòng điện từ hoá trong cuộn dây, từ trường H tăng và từ cảm B cũng tăng theo OA. Sau đó nếu giảm H thì B giảm theo đường ACA'.

Tiếp tục lại tăng H tại điểm A' thì từ cảm B cũng sẽ tăng nhưng theo đường A'C'A. Đường cong ACA'C'A ứng với quá trình từ hoá như trên gọi là chu trình từ trễ (thường gọi là đường cong từ trễ).

Nói một cách khác, khi từ hoá vật liệu sắt từ với cường độ từ trường thay đổi cả trị số và chiều thì từ cảm B trong vật liệu sắt từ luôn biến thiên chậm trễ hơn.

Các kết quả của quá trình từ trễ cần chú ý:

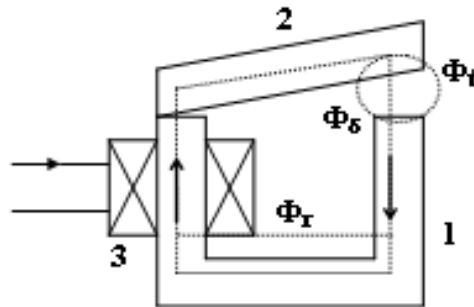
- *Từ dư B_d* : Khi từ trường $H = 0$ thì từ cảm B trong lõi thép vẫn còn trị số B_d gọi là cảm ứng từ dư.
- *Cường độ từ trường khử từ H_K* (còn gọi là lực khử từ): Muốn khử từ dư trong vật liệu sắt từ, $B = 0$ thì phải đổi chiều cường độ từ trường H và tăng đến trị số H_K . Như vậy khi $H = H_K$ thì $B = 0$ từ dư bị khử hoàn toàn.
- *Tổn hao từ trễ*: Trong quá trình làm việc, khi biến thiên liên tục cường độ từ trường H và từ cảm B, vật liệu sắt từ xuất hiện tổn hao năng lượng làm chúng nóng lên. Ta gọi đó là tổn hao từ trễ. Người ta nhận thấy rằng khi vật liệu có từ cảm B_d lớn, lực khử H_K lớn thì tổn hao từ trễ sẽ lớn. Như vậy tổn hao từ trễ tỷ lệ với diện tích đường cong từ trễ.

6.2. MẠCH TỪ VÀ TÍNH TOÁN MẠCH TỪ

6.2.1. Các công thức cơ bản

6.2.1.1. Khái niệm

Các thiết bị điện như rơle, công tắc tơ, khởi động từ, áp tô mat,...đều có bộ phận làm nhiệm vụ biến đổi từ điện năng ra cơ năng. Bộ phận này gồm có cuộn dây và mạch từ gọi chung là cơ cấu điện từ, chia làm hai loại xoay chiều và một chiều. Để nắm được những quy luật điện từ ta xét mạch từ và phương pháp tính toán mạch từ.



Hình minh họa: Kết cấu mạch từ
1. Thân mạch từ; 2. Nắp mạch từ; 3. Cuộn dây

Hình 6.3

Mạch từ được chia làm các phần:

- Thân mạch từ.
- Nắp mạch từ.
- Khe hở không khí phụ p và khe hở không khí chính c .
- Khi cho dòng điện chạy vào cuộn dây thì đi qua, từ thông này cũng chia làm ba phần trong cuộn dây có từ thông :
 - a) Từ thông chính là thành phần qua khe hở không khí gọi là từ thông làm việc I_v
 - b) Từ thông tản t gọi là thành phần đi ra ngoài không khí xung quanh
 - c) Từ thông rò là thành phần không đi qua khe hở không khí chính mà khép kín trong không gian giữa lõi và thân mạch từ.

6.2.1.2. Tính toán mạch từ

Tính toán mạch từ thực chất là giải hai bài toán:

- Bài toán thuận: Biết từ thông tính sức từ động

$$F = IW$$

loại này gặp khi thiết kế một cơ cấu điện từ mới.

- Bài toán nghịch : biết sức từ động $F = IW$ tính từ thông

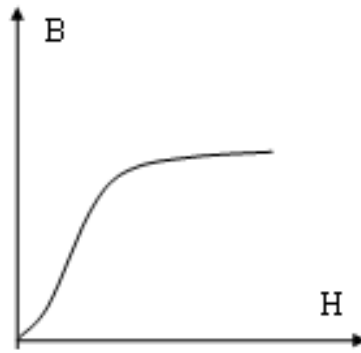
(gặp khi kiểm nghiệm các cơ cấu điện từ có sẵn).

Để giải quyết được hai bài toán trên cần phải dựa vào các cơ sở lý thuyết sau:

- Biết đường cong từ hoá của vật liệu sắt từ.
- Nắm vững các định luật cơ bản về mạch từ.
- Biết được từ dẫn khe hở.

6.2.1.3. Các lý thuyết cơ sở

Đường cong từ hoá $B = f(H)$ hình minh họa



Hình minh họa: Đường cong từ hóa

Hình 6.4

Các định luật cơ bản mạch từ:

$$W_{t1} = \frac{I_1 W_1}{2}, W_{t2} = \frac{I_2 W_2}{2}, W = \frac{I_1 I_2}{2} (n_2 - n_1),$$

- Định toán dòng điện $F=IW$

- Định luật Ohm trong mạch từ: $\varphi = \frac{F}{R_M} = \frac{I_2 W_2}{R_M}$

- Định luật Kiết Khốp 1 cho mạch từ: $\sum \varphi_i = 0$

- Định luật Kiết Khốp 2 cho mạch từ: $\sum \varphi_i R_{Mi} = \sum F_i$ (tổng đại số độ sụt từ áp trên một mạch từ kín bằng tổng đại số các sức từ động tác dụng trong mạch từ đó).

Từ dẫn của khe hở

Vì mạch từ có độ từ thẩm (hệ số dẫn từ) lớn hơn không khí nhiều nên từ trở toàn bộ mạch từ hầu như chỉ phụ thuộc vào từ trở khe hở không khí. Trong tính toán thường dùng từ dẫn $G = 1/R_M$

Tương tự như mạch điện thì trong mạch từ dẫn G tỉ lệ thuận với tiết diện mạch từ, tỉ lệ nghịch với chiều dài khe hở không khí.

$$G = \frac{S}{l_0 \mu_0}$$

G : từ dẫn khe hở không khí

$$\mu_0 = 1,25 \cdot 10^{-8} \frac{wh}{Acm} \text{ hệ số từ thẩm không khí}$$

Chiều dài khe hở.

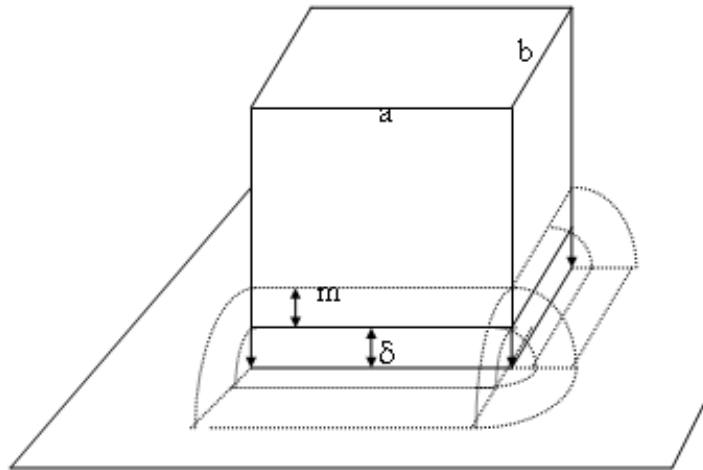
S (cm^2): diện tích từ thông đi qua (tiết diện).

Công thức này dùng trên cơ sở giả thiết: từ thông qua khe hở không khí phân bố đều đặn (các đường sức từ song song với nhau), công thức chỉ đúng khi khe hở rất bé, (khe hở lớn thì càng ra mép càng không song song). Thực tế tính từ dẫn rất phức tạp, tùy yêu cầu chính xác mà có các phương pháp tính từ dẫn khác nhau.

6.2. 2. Sơ đồ thay thế của mạch từ và tính từ dẫn khe hở không khí của mạch từ

6.2.2.1 Tính từ dẫn bằng phương pháp phân chia từ trường

Xét ví dụ : Có một cực từ tiết diện chữ nhật đi từ cực từ nhật đặt song song với mặt phẳng. Giả thiết chiều xuống mặt phẳng (hình minh họa).



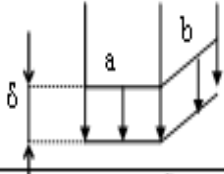
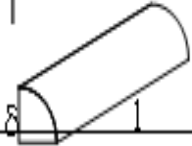
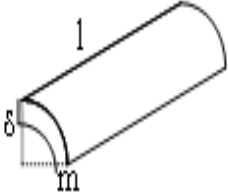

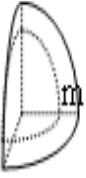
Hình minh họa: Phân chia từ trường

Hình 6.5

Nếu tính từ dẫn khe hở bằng phương pháp phân chia từ trường ta sẽ phân từ trường thành nhiều phần nhỏ sao cho ở mỗi phần từ trường phân bố đều (có các đường sức từ song song với nhau) để áp dụng công thức cơ bản tính từ dẫn đã có ở trên. Ở đây ta chia làm 17 phần gồm :

- +) 1 hình hộp chữ nhật thể tích: $a \cdot b$.
- +) 4 hình 1/4 trụ tròn có đường kính 2 chiều cao a và b
- +) 4 hình trụ 1/4 rỗng có đường kính trong 2 đường kính ngoài $2 + 2\text{mm}$

Các công thức tính từ dẫn của các phần

Hình dạng	Tên gọi	Công thức tính từ dẫn
	Hộp chữ nhật	$G = \mu_0 ab/\delta$
	1/4 Hình trụ đặc	$G = 0,52 \cdot \mu_0 l$ (l=a hoặc b)
	1/4 trụ rỗng	-Nếu $\delta > 3m$ thì: $G = \mu_0(1,28 \cdot m \cdot l) / (2\delta + m)$ -Nếu $\delta < 3m$ thì: $G = \mu_0(2l/\pi) \cdot \ln(1+m/\delta)$
	1/8 cầu đặc	$G = \mu_0 0,308\delta$
	1/8 cầu rỗng	$G = \mu_0 \cdot \frac{m}{2}$

Từ dẫn của từng phần cho theo bảng trên trong là của trụ chữ nhật, tổng các từ dẫn còn lại đo từ dẫn chính G là từ dẫn tản. Có $G = \sum_{i=1}^n G_i$

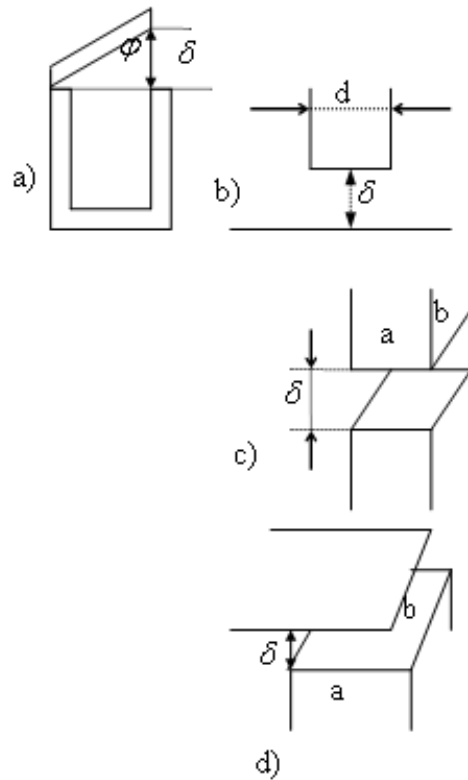
Nếu có hai từ dẫn nối song song thì nối từ dẫn tương đương $G_{td} = G_1 + G_2$.

Nếu nối tiếp thì từ dẫn tương đương là $G_{td} = \frac{G_1 G_2}{G_1 + G_2}$

Ưu điểm : tính bằng phương pháp này có ưu điểm là chính xác, rõ ràng dễ kiểm tra.

Nhược điểm : có nhiều công thức nên chỉ dùng để tính kiểm nghiệm

6.2.2.2. Tính từ dẫn bằng công thức kinh nghiệm (dùng khi tính toán sơ bộ)



Hình minh họa: Một số hình dạng phân bố khe hở

Hình 6.6

a) Từ dẫn khe hở không khí (hình a) Từ dẫn khe hở không khí giữa nắp và lõi tạo thành góc

$$G = K \cdot G_0$$

Với: K: hệ số điều chỉnh

$$K = 2,75 \sqrt[4]{} \quad (\text{tính theo radian})$$

$$G_0 = \frac{S}{l}$$

S : tiết diện lõi [cm²].

l : độ dài trung bình khe hở không khí (cm).

b) Từ dẫn giữa cực từ tròn với mặt phẳng (hình b)

$$G_0 = \frac{S}{d} \cdot \frac{2,09}{d}$$

c) Từ dẫn giữa hai cực từ chữ nhật (hình c)

$$G = K \cdot \mu_0 \cdot G_0$$

d) Từ dẫn giữa mặt phẳng và cực từ đặt ở đầu mặt phẳng (hình d)

$$G = K \cdot G_0$$

6.3. MẠCH TỪ XOAY CHIỀU

Mạch từ xoay chiều khác mạch từ một chiều vì những đặc điểm sau:

a) Trong mạch từ xoay chiều: $i = i(t)$ nên $i = I_m \sin t$ dòng biến thiên có hiện tượng từ trễ, dòng xoay, dòng điện chạy trong cuộn dây phụ thuộc vào điện

kháng của cuộn dây, mà điện kháng phụ thuộc từ dẫn mạch từ nên từ trở toàn mạch từ càng lớn (khe hở không khí càng lớn) thì điện kháng càng bé và dòng điện trong cuộn dây càng lớn. Khi nắp mạch từ mở dòng điện khoảng $I = (4 \text{ -- } 15)I_{dm}$

Chú ý: khi đóng điện cơ cấu điện từ, phải kiểm tra nắp xem đóng chưa, nếu nắp mở có thể làm cuộn dây bị cháy.

b) Lực hút điện từ F biến thiên $F=F(t)$ có thời điểm $F=0$ có thời điểm $F=F_{max}$ dẫn đến mạch từ khi làm việc bị rung, để hạn chế rung người ta đặt vòng ngắn mạch. Từ thông biến thiên làm xuất hiện sức điện động trong vòng ngắn mạch, trong vòng có dòng điện mắc vòng khép kín, làm vòng ngắn mạch nóng lên. Gọi W_{nm} là số vòng ngắn mạch (thường $W_{nm}=1$). Theo định luật toàn dòng điện có:

$$IW + I_{nm}W_{nm} =$$

c) Trong mạch từ xoay chiều có tổn hao dòng xoáy từ trở làm nóng mạch từ, có thể xem như tổn hao trong vòng ngắn mạch. Nếu gọi P_{xt} là công suất hao tổn do dòng xoáy và từ trở thì có thể biểu diễn dưới dạng tương đương như một vòng ngắn mạch.

$$P_{xt} = I_{nm}^2 r_{nm}$$

d) Từ dẫn rò quy đổi

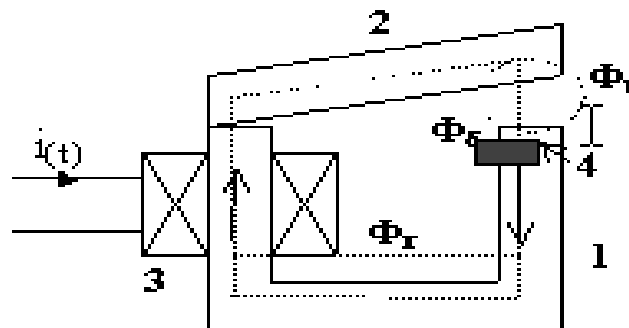
Khác với mạch một chiều vì:

Sức từ động tổng $F = IW$ sức từ động đoạn X là $F_x = IW \frac{x}{l}$

$W_x = W \frac{x}{l}$ từ thông mắc vòng đoạn x là $y_{rx} = W_x \cdot f_{rx}$

Cuối cùng có $G_r = \frac{ql}{3}$ là từ dẫn rò trong mạch xoay chiều.

Về phương pháp tính toán mạch từ xoay chiều cũng giống ở mạch từ một chiều nhưng phải lưu ý bốn đặc điểm trên. Ví dụ mạch từ xoay chiều như hình minh họa:



Hình minh họa

Mạch từ xoay chiều

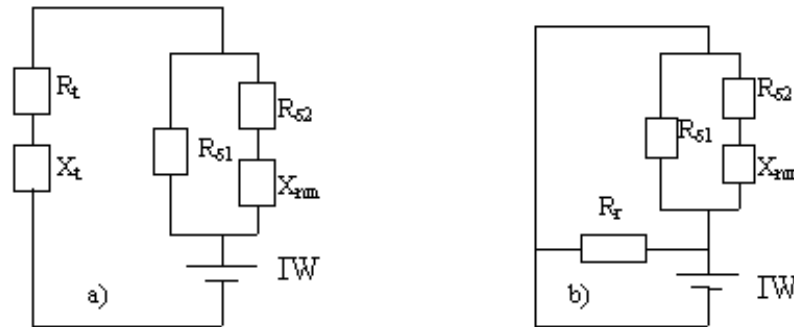
1. Thân mạch từ; 2. Nắp mạch từ;
3. Cuộn dây; 4. Vòng ngắn mạch

Hình 6.7

Khi vẽ mạch từ đẳng trị phải xét đến tác dụng của vòng ngắn mạch, tổn hao dòng xoáy và từ trễ.

- Khi nắp đóng, bỏ qua từ thông rò nhưng phải kể đến từ trễ và từ kháng mạch từ nên dạng như hình minh họa a.

- Khi nắp mạch từ mở, có thể bỏ qua từ trở và từ kháng của mạch từ, nhưng phải xét đến từ thông rò cho nên mạch từ đẳng trị có dạng như hình minh họa b.



Hình minh họa: Mạch từ đẳng trị
a) Khi nắp đóng ; b) Khi nắp mở

Hình 6.8

6.4.MẠCH TỪ MỘT CHIỀU

+ Mạch từ một chiều khi làm việc, trong mạch $\Phi = \text{const}$ nên không có tổn hao dòng xoáy, có dòng không đổi I, từ thông lõi được làm bằng vật liệu sắt từ khối để dễ gia công cơ khí.

Trình tự tính toán mạch từ:

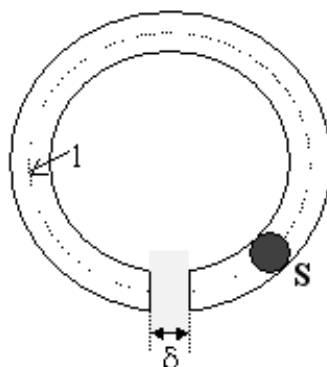
- * Vẽ mạch từ đẳng trị.
- * Tính từ dẫn G của khe hở không khí và toàn mạch.
- * Giải mạch từ, tìm các tham số chưa biết.

Trong quá trình làm việc khe hở không khí biến thiên do vậy ta chia được ra các trường hợp thay đổi làm từ thông hợp:

a) Tính mạch từ một chiều khi không xét từ thông rò

Với mạch từ khe hở không khí bé, cuộn dây phân bố đều trên mạch từ thì có thể bỏ qua từ thông rò.

Ví dụ: xét mạch từ hình xuyên như hình có từ thông minh họa; phân sắt từ chiều dài l, tiết diện S, khe hở $r_0 = 0$.



Hình minh họa: Mạch từ hình xuyên

Hình 6.9

6.5. VẬT LIỆU SẮT TỪ

6.5.1. Vật liệu sắt từ

Vật liệu quan trọng nhất được sử dụng trong kỹ thuật điện, điện tử là sắt từ và các hợp chất sắt từ (ferit).

Trong tự nhiên có một số ít chất (sắt, coban, niken và các hợp kim của chúng) có tính nhiễm từ rất mạnh. Các vật liệu này gọi chung là vật liệu sắt từ. Độ từ thẩm của các chất này lớn hàng nghìn lần, thậm chí có trường hợp cao hơn rất nhiều. Tính chất sắt từ thể hiện khi các chất ở trạng thái tinh thể.

6.5.2. Sự nhiễm từ của sắt

Tính nhiễm từ mạnh của sắt giải thích tại sao nam châm và sắt bao giờ cũng hút nhau. Một miếng sắt đặt gần một nam châm sẽ bị nhiễm từ rất mạnh và cũng trở thành một nam châm. Đầu miếng sắt gần cực bắc của nam châm, sẽ trở thành cực nam và ngược lại. Hai cực khác tên bao giờ cũng hút nhau.

Tính nhiễm điện của sắt không thể giải thích bằng các dòng điện phân tử mà bằng các miền nhiễm từ tự nhiên. Khi không có từ trường ngoài các miền nhiễm từ tự nhiên này được sắp xếp sao cho từ trường của các miền nhiễm từ tự nhiên khử lẫn nhau. Khi đặt vào từ trường ngoài thì sẽ

xây ra sự phân bố lại các miền nhiễm từ tự nhiên dẫn đến kết quả là sắt bị nhiễm từ mạnh.

6.6.CÁC VẬT LIỆU SẮT TỪ

6.6.1. Vật liệu từ mềm

Vật liệu từ mềm được sử dụng làm mạch từ của các thiết bị và dụng cụ điện có từ trường không đổi hoặc biến đổi.

Vật liệu từ mềm là từ trường khử từ H_K nhỏ (dưới 400 A/m), độ từ thẩm lớn và tổn hao từ trễ nhỏ. Vật liệu sắt từ mềm gồm có thép kỹ thuật, thép ít cacbon, thép lá kỹ thuật điện, hợp kim sắt - niken (pecmaloi) và ferit.

a. Thép kỹ thuật (gồm cả gang) được dùng làm từ trường trong mạch từ không đổi. Thép kỹ thuật có cường độ từ cảm bão hòa cao (tới 2,2 Tesla), hằng số từ thẩm lớn và cường độ khử từ nhỏ.

b. Thép lá kỹ thuật điện là hợp chất sắt-silic (1-4%Si). Silic cải thiện đặc tính từ của sắt kỹ thuật: tăng hằng số từ thẩm, giảm cường độ khử từ, tăng điện trở suất (để giảm dòng điện Foucault hay dòng điện xoáy).

c. Pecmaloi là hợp kim sắt - niken (22%Ni), ngoài ra còn có một số tạp chất: Molipden, crôm, silic, nhôm. Pecmaloi có hằng số từ thẩm lớn gấp 10-50 lần so với thép lá kỹ thuật điện, chỉ cần một cường độ từ trường nhỏ vài phần đến vài chục phần trăm A/m, thép đã đạt tới cường độ từ cảm bão hòa.

d. Ferit là vật liệu sắt từ gồm có bột oxít sắt, kẽm và một số nguyên tố khác. Khi chế tạo, hỗn hợp được ép trong khuôn với công suất lớn và nung đến nhiệt độ khoảng 1200°C, thành phẩm sẽ có dạng theo ý muốn. Ferit có điện trở suất rất lớn, thực tế có thể coi gần như không dẫn điện,

nên dòng điện xoáy chạy trong ferit rất nhỏ. Bởi vậy cho phép dùng ferit làm mạch từ của từ trường biến thiên với tần số cao. Ferit niken-kẽm bằng cách nhiệt phân muối, gọi là Oxyfe. Ferit và Oxyfe có hằng số từ thẩm ban đầu lớn, từ dư nhỏ (0,18-0,32 Tesla) và từ trường khử từ nhỏ (8-80 A/m). Chúng được sử dụng rất rộng rãi làm mạch từ của các linh kiện điện tử, khuếch đại từ, máy tính,....

6.6.2. Vật liệu từ cứng

Vật liệu từ cứng được dùng để chế tạo nam châm vĩnh cửu. Đặc điểm của loại này là có từ dư lớn. Thành phần, từ dư và trường khử từ của một số vật liệu từ cứng cho ở bảng 6.2.

Bảng 6.2

Vật liệu từ cứng	Thành phần tạp chất (%) trong sắt							Từ trường khử từ, H_K (A/m)	Cường độ từ cảm dư, B_d (T)
	Wonfram	Al	Cr	Co	Ni	Cu	Si		
Wonfram	6							4800	1
Thép crôm			3					4800	0,9
Thép coban			5	5				7200	0,9
Anni		14			25	5		44000	0,44
Annisi		14			34		1	64000	0,4
Annico		10		12	17	6		40000	0,7
Macnico		8		24	13	3		44000	1,25
Gốm annico								45000	1,1
Ferit bary								130000	0,35

CÂU HỎI CHƯƠNG 6

1. Nêu khái niệm chung về tính chất từ của vật liệu từ tính.
2. Trình bày đặc tính và công dụng của vật liệu từ mềm.
3. Hãy nêu thành phần, tính chất và công dụng của vật liệu từ cứng.

CHƯƠNG 7

KIỂM NGHIỆM CÁCH ĐIỆN**7.1 PHÂN NHÓM KIỂM NGHIỆM CÁCH ĐIỆN**

Việc kiểm nghiệm cách điện chia làm 3 nhóm

7.1.1. Kiểm nghiệm trong quá trình chế tạo

Được thực hiện trên vật liệu cách điện, hay trên những phần cách điện nhằm mục đích:

- Ngăn ngừa việc đặt vào thiết bị những vật liệu cách điện hoặc phần cách điện do khuyết tật .

- Kiểm tra quy định chế tạo vì cách điện có thể bị kém do không tuân thủ đúng quy trình chế tạo .

7.1.2. Kiểm nghiệm sau quá trình chế tạo

Mục đích là trong thiết bị có khuyết tật nào lớn không ? Thiết bị được chế tạo đúng thiết kế không ? Những thông số của thiết bị có phù hợp với quy trình không ?

7.1.3. Kiểm nghiệm trong quá trình vận hành

Được thực hiện theo một kế hoạch có hệ thống, gọi là kiểm tra bảo dưỡng định kỳ theo kế hoạch. Nó có mục đích là theo dõi. Kiểm tra xem cách điện có bộ hư hỏng (hoá già , bị ẩm ...) trong quá trình vận hành không .

Tính chất quan trọng của cách điện là độ bền cách điện. Muốn thử độ bền cách điện thì thử bằng cách đánh thủng cách điện. Rõ ràng phương pháp này không thể áp dụng đối với cách điện đã thành phẩm. Vậy phải tìm cách kiểm nghiệm mà không làm hỏng cách điện đó là phương pháp thử nghiệm không phá huỷ bằng cách đo các thông số của cách điện, theo dõi sự biến đổi của chúng đối với điện áp, nhiệt độ tần số,... Những thông số có thể đo bằng phương pháp thử không phá huỷ là dòng điện rò, hệ số tổn hao điện môi, điện áp ngưỡng của ion hoá ... Thông số được đo cho ta kết luận và chất của độ phá huỷ bền cách điện, nhưng không thể kết luận về lượng được .

7.2. THỬ CÁCH ĐIỆN KHÔNG PHÁ HỦY

Thử thách điện không phá huỷ gồm ba loại như sau:

7.2.1. Đo tổn hao cách điện và điện trở cách điện

Mục đích: nhằm phát hiện được tình trạng hút ẩm của cách điện .

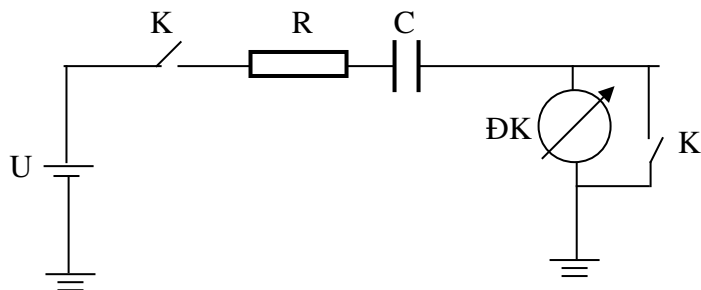
Chú ý: trị số t_g và R_{cd} phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ và điện áp. Vì vậy các lần đo đều phải tiến hành trong các điều kiện giống nhau.

- Đo điện trở cách điện bằng điện áp một chiều .

Sau khi đặt điện áp lên cách điện, thì ban đầu cách điện như là một tụ điện tích điện là LC, ở đó R là điện trở phụ nối tiếp cách điện C như hình 7.1

Điện dung của cách điện thường nhỏ ($10^{-7} - 10^{-8}$ F). Nếu $R=4$, thì RC có giá trị $10^{-4} - 10^{-5}$ ms.

Việc chọn Mega ôm kế có điện áp bao nhiêu tùy thuộc vào điện áp định mức của thiết bị thử.



Hình 7.1. Đo điện trở cách điện bằng điện áp một chiều

Điện áp định mức của thiết bị , V	Điện áp của MEGAôm kế, V
< 100	500
100-380	1000
> 1000	2500

Tiêu chuẩn điện trở tùy thuộc từng loại sản phẩm:

Theo quy trình TĐĐ thì $U_{đm} < 1000V$ thì $R_{cd} \geq 0,5M$

$U_{đm} > 1000V$ thì R_{cd} tùy thuộc từng loại TĐĐ

Thông thường để chọn điện trở cách điện, người ta đọc trị số đo được ở thời điểm 60". Với thiết bị quan trọng, ngoài trị số 60", người ta còn đọc trị số đo được ở thời điểm 15". Tỷ số của hai trị số này gọi là hệ số hấp thụ $K_{ht} = R_{60}"/R_{15}"$.

Nếu $K_{ht} \geq 1,3$ thì cách điện của TB còn tốt.

Nếu $K_{ht} < 1,3$ thì cách điện của TB bị ẩm cần phải sấy lại, hoặc thay thế cực. Phương pháp cũng đo tương tự như ở trên, người ta đọc trị số đo được ở thời điểm 15" và 10 phút. Tỷ số của hai trị số này gọi là hệ số hấp thụ

$K_{ht} = R_{10}'/R_{15}"$.

Nếu ≥ 4 thì cách điện của TB còn tốt.

Nếu ≥ 8 thì cách điện của TB còn rất tốt .

- Đo tổn hao điện môi tg

Đo tg bằng cầu đo tg , cầu đo dựa trên nguyên lý cầu Schering (tham khảo thông tài liệu).

Điện áp tăng làm cho công suất tổn hao điện môi tg tăng (gọi tắt tổn hao điện môi tg tăng $P = U^2 \cdot C \cdot \tan \delta$)

Trong trường hợp cách điện có bọt khí thì sẽ có điểm ghi rõ rệt sau điểm này biểu thị sự tăng vọt đột biến của tg , đó là hậu quả của sự tổn hao ion hoá trong không khí. Điện áp mà xảy ra sự tăng vọt của tg gọi là điện áp ngưỡng của ion hoá U_{ion} .

7.2.2.Thử bằng điện áp

Mục đích : Để phát hiện hư hỏng cục bộ

Mấy vấn đề cần chú ý :

- Chỉ thử một lần với toàn phần trị số điện áp thử quy định (100 % U thử quy định) Khi kiểm nghiệm cách điện theo bảo dưỡng định kỳ, thì chỉ được thử 50 -80 % trị số điện áp thử quy định.Với TBĐ quan trọng, thử theo quy định của nhà chế tạo

- Khi thử với điện áp tần số công nghiệp , $U_t = (2 - 3) U_{dm}$ thời gian duy trì là 1 phút. Với TBĐ quan trọng, thử theo quy định của nhà chế tạo .

-Thử bằng điện áp 1 chiều áp dụng cho máy điện 1chiều, MFĐ, cáp điện,thời gian thử là 1 phút, trị số điện áp thử theo quy định của nhà chế tạo

-Thử bằng điện áp xung (xác định khả năng chịu đựng của TB với quá điện áp khi quấyển) mức cách điện theo dự thảo của IEC-71/1972.

7.3. KIỂM NGHIỆM CÁCH ĐIỆN CỦA MÁY BIẾN ÁP

7.3.1. Kiểm nghiệm cách điện trong quá trình chế tạo.

- Cần kiểm nghiệm bằng đo lường hoặc ít nhất phải kiểm tra bằng mắt thật kỹ vật cách điện như: nêm, ống ...

- Đo R_{cd} và tg để kiểm tra chất lượng của việc sấy chân không.

- Thử ngắn mạch giữa các vòng dây bằng điện áp xung hoặc bằng điện áp tần số cao trong vài giây .

7.3.2.Kiểm nghiệm trên máy mới chế tạo

Thử cách điện bằng điện áp tần số công nghiệp trong thời gian một phút.Điện áp đặt lên cuộn dây được cách điện với các cuộn dây khác được tiếp đất với lõi thép và với thùng máy biến áp. Điện áp thử được quy định trong tiêu chuẩn.

Để đề phòng sự đánh thủng có thể xảy ra trong khi thử, người ta nối giữa cuộn dây được thử với một cái phóng điện có khả năng phóng điện nhỏ.

Trong quá trình thử, không được có tiếng kêu lách cách, không có khói bốc lên. Tiêu chuẩn quốc tế gọi việc thử này là thử với nguồn điện áp ngoài.

7.3.3.Kiểm nghiệm cách điện MBA trong quá trình vận hành

- Việc kiểm nghiệm được tiến hành theo kế hoạch bảo dưỡng định kỳ khoảng 2-5 năm một lần.

- Để có thể dễ dàng so sánh những số liệu đo được trong mỗi lần kiểm nghiệm. Thì ngay sau mỗi lần lắp đặt MBA mới ta phải lấy mẫu dầu của nó và kiểm nghiệm kỹ.

- Trước mỗi lần kiểm nghiệm định kỳ, ta lại phải lấy mẫu dầu MBA được thử. Nếu dầu giảm sút về phẩm chất (kinh nghiệm thực tế cho thấy, nếu mẫu dầu kiểm nghiệm lần sau thấp dưới 70% kết quả thí nghiệm so với lần trước thì phải lọc lại và đưa vào chế độ theo dõi đặc biệt) sau đó mới tiến hành kiểm nghiệm với nội dung sau

- Đo điện trở cách điện

Với Megaôm kế ít nhất là 2500V.

Điện trở cách điện R60" theo quy định của nhà chế tạo. $R = f(T^{\circ}C)$.

- Khảo sát sự thấm thấu (đo hệ số hấp thụ: K_{ht})

$$K_{ht} = R60''/R15''$$

Cách điện càng hút ẩm thì K_{ht} càng bé, ở nhiệt độ bình thường $K_{ht} > = 1,3$ ($K_{ht} = f(T^{\circ}C)$)

Ngoài ra đánh giá tình trạng hút ẩm của cách điện, cần đo điện dung ở hai tần số khác nhau, cụ thể ở tần số 2Hz và 50Hz được ký hiệu là C2 và C50 đo tần số có ảnh hưởng rõ rệt đến trị số của điện dung, nên C2 và C50 sẽ khác nhau nhiều. Cách điện càng hút ẩm thì C2/C50 càng lớn, nếu C2/C50 > 1.3 thì điện bị ẩm trầm trọng .

- Thử bằng điện áp tần số công nghiệp hoặc điện áp một chiều

Thử bằng điện áp tần số công nghiệp thì $U_t = < 70\%$ U_t đối với máy mới chế tạo.

Thử bằng điện áp một chiều theo quy định của nhà chế tạo, thường được tiến hành trước khi thử điện áp tần số công nghiệp, và trong quá trình thử thường kết hợp với đo dòng rò nhằm xác định độ ẩm của cách điện.

- Đo tổn hao điện môi tg

Nhằm xác định mức độ ẩm của cách điện

Tiến hành các phép đo : +) CA – HA + đất .

+) HA – CA + đất .

+) CA + HA - đất .

Với cuộn dây có $U_{dm} = < 35KV$ không cần đo tg vì cách điện cuộn dây điện áp thấp thường rất tốt.

7.4. KIỂM NGHIỆM CÁCH ĐIỆN CỦA MÁY PHÁT ĐIỆN

7.4.1. Kiểm nghiệm trong quá trình chế tạo:

- Đo R_{cd} .

- Đo tg

- Thử bằng điện áp U

7.4.2. Kiểm nghiệm trên máy mới chế tạo

- Đo điện trở cách điện và mức độ thấm thấu .

- Đo t_g và đồng thời đo điện áp ion hoá : U_{ion}
- Thử bằng điện áp tần số công nghiệp: U .
- Đo lại R_{cd} nhằm kiểm tra hư hỏng cục bộ nếu có trong quá trình thử bằng điện áp.

7.4.3. Kiểm nghiệm cách điện MFD trong quá trình vận hành .

Trong quá trình vận hành, cách điện của máy phát điện thường bị già hoá, nguyên nhân chủ yếu là do nhiệt độ, rung động, thời gian...

- Đo điện trở cách điện và mức độ thấm thấu : R_{cd}, K_{ht}
- Đo t_g và đồng thời đo điện áp ion hóa : T_g và U_{ion}
- Thử bằng điện áp một chiều và điện áp tần số công nghiệp: $U-, U$

- Đo lại R_{cd} nhằm kiểm tra hư hỏng cục bộ nếu có trong quá trình thử bằng điện áp.

7.5. KIỂM NGHIỆM CÁCH ĐIỆN MÁY CẮT

Cách điện chính của máy cắt gồm :

- Cách điện so với đất của máy cắt .
- Cách điện giữa tiếp điểm cố định và tiếp điểm di động khi máy cắt ở vị trí cắt.

Kiểm nghiệm cách điện gồm:

- Đo R_{cd} (2 mục trên)
- Đo t_g

7.6. KIỂM NGHIỆM CÁCH ĐIỆN CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN HẠ THẾ

- Với thiết bị có $U_{dm} < 1000V$ thì chỉ cần đo R_{60} , thì $R_{cd} > = 0,5M$
- Với thiết bị mới lắp đặt trong quá trình vận hành nếu bị sự, cần thử bằng điện áp xoay chiều tăng cao, với $U_t = 2kV$ trong thời gian một phút. Hoặc nếu do điện trở cách điện bằng Megaôm kế loại 2500V thì khỏi cần thử bằng điện áp, (thực tế thì quy định thử U là $U_t = 1KV$, trong thời gian 1 phút)

CÂU HỎI CHƯƠNG 7

1. Hãy phân loại nhóm kiểm nghiệm cách điện?
2. Trình bày nhóm kiểm nghiệm không cách điện?
3. Trình bày cách kiểm nghiệm cách điện của Máy biến áp?
4. Trình bày cách kiểm nghiệm cách điện của Máy phát điện?
5. Trình bày cách kiểm nghiệm cách điện của Máy cắt điện?