

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 γ 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 thẩm ẩm (cho hơi nước xuyên qua).

Nước là loại điện môi cực tính mạnh, hằng số điện môi tương đối $\epsilon = 80 \div 81$, độ điện dẫn $\gamma = 10^{-5} \div 10^{-6}$ (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.

b. Độ ẩm tương đối, $\varphi\%$

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

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

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

và do $m_{\max}$ là hàm của nhiệt độ môi trường không khí (t) nên $m = f(\varphi\%, t)$. 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 $t = 20^{\circ}\text{C}$.

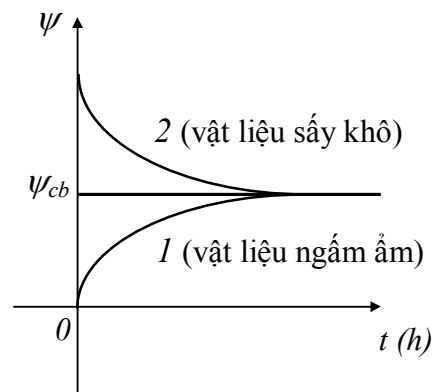
Độ ẩm tuyệt đối $m = 11\text{g/m}^3$ (độ ẩm tương đối ϕ % khoảng $60 \div 70\%$). Khí hậu Việt Nam khác xa với khí hậu chuẩn. Khí hậu Việt Nam thuộc vùng khí hậu nhiệt đới. Ở miền Bắc, nhiệt độ trung bình hàng năm là $22,7^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ cực đại có thể đạt tới $152,8^{\circ}\text{C}$. Độ 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 $m = 215 \div 26\text{g/m}^3$, trong các tháng hè có thể lên tới $30 \div 33\text{g/m}^3$ và trong các tháng mùa đông cũng tới mức $13 \div 17\text{g/m}^3$.

2. Độ ẩm của vật liệu ψ

Độ ẩm của vật liệu ψ 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 $\phi\%$ và nhiệt độ $t (^{\circ}\text{C})$ thì sau một thời gian nhất định, độ ẩm của vật liệu ψ sẽ đạt tới giới hạn được gọi là độ ẩm cân bằng (ψ_{cb}).

Nếu mẫu vật liệu vốn khô ráo được đặt trong môi trường không khí ẩm (vật liệu có độ ẩm ban đầu $\psi < \psi_{cb}$) 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 ψ_{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 $\psi > \psi_{cb}$) thì độ ẩm mẫu sẽ giảm tới trị số ψ_{cb} 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 ψ_{cb} khi vật liệu được đặt trong không khí ở điều kiện khí hậu chuẩn.

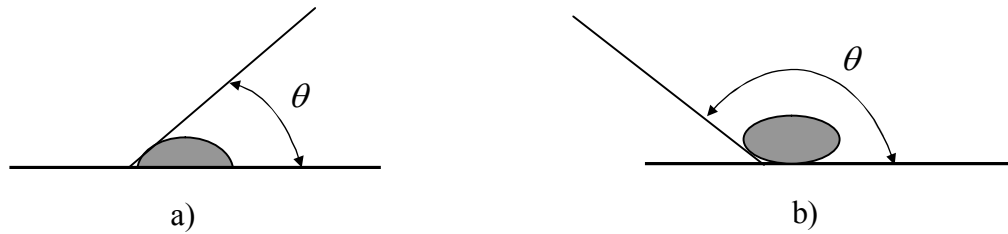
3. Tính thấm ẩm

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: $\rho \downarrow$ ($\gamma \uparrow$), $\epsilon \uparrow$, $\text{tg}\delta \uparrow \rightarrow E_{dt} \downarrow$.

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 θ 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.

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

$\theta > 90^\circ$: 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 $\rho \downarrow$ ($\gamma \uparrow$). 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, $\tan \delta \uparrow$, 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 $\sigma_n = 2.10^{15}$ kG/cm² trong khi độ bền kéo $\sigma_k = 5.10^2$ kG/cm². 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 gấn 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 tgđ 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 ĐÁNH THỦNG 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

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

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

E: là điện trường

ϵ : là hằng số điện môi

ϵ_0 : hằng số điện môi trong chân không $\epsilon_0 = 1/36\pi \cdot 10^9$ (F/m)

Trong chân không - thực tiễn- trong không khí

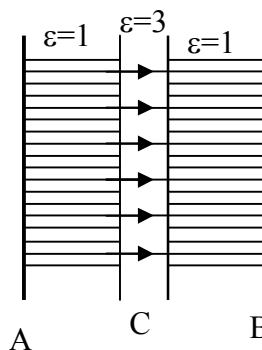
$$D = \epsilon_0 \cdot E \quad (3-3)$$

Còn trong môi trường có hằng số điện môi ϵ thì

$$D = \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot E \quad (3-15)$$

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:

$$D = \varepsilon_0.E = E_0$$

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

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:

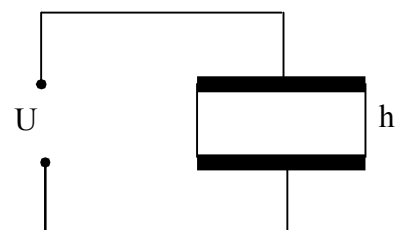
$$E = \frac{E_0}{\varepsilon} \quad (3-6)$$

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

3.1.15. 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:

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

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

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 cátông 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 cátông cách điện lấy trung bình $E_{dt} = 100$ kV/cm. Ta có điện áp đánh thủng theo (3-10):

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

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

Bảng 3.1

Vật liệu	E_{dt}, kV/cm	ϵ	ρ, Ωcm
Giấy tẩm dầu	100 ÷ 250	3,6	
Không khí	30	1	
Vải sơn	100 ÷ 1500	3 ÷ 15	$10^{11} \div 10^{13}$
Đá hoa	30 ÷ 50	7 ÷ 8	$10^8 \div 10^{11}$
Paraphin	200 ÷ 250	2 ÷ 2,2	$10^{16} \div 10^{17}$
Polietylen	500	2,25	$10^{115} \div 10^{16}$
Cao su	150 ÷ 200	3 ÷ 6	$10^{13} \div 10^{115}$
Thủy tinh	100 ÷ 150	6 ÷ 10	10^{115}
Thủy tinh hữu cơ	1500 ÷ 500	3	$10^{115} \div 10^{16}$
Vải thủy tinh	300 ÷ 1500	3 ÷ 15	5.10^{13}
Mica	500 ÷ 1000	5,15	$5.10^{-3} \div 10^{115}$
Dầu Xovon	150	5,3	$5.10^{115} \div 5.10^{15}$
Dầu biến áp	50 ÷ 180	2 ÷ 2,5	$10^{115} \div 10^{15}$
Sứ	150 ÷ 200	5,5	$10^{15} \div 10^{16}$
Ebonit	600 ÷ 800	3 ÷ 3,5	$10^8 \div 10^{10}$
Cáctông cách điện	80 ÷ 120	3 ÷ 3,5	$10^{11} \div 10^{13}$

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 điện dẫn, dòng điện này phụ thuộc vào mật độ điện tích tự do trong điện môi, dòng điện điện dẫn 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 phân 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

Giáo trình vật liệu điện – lạnh

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)

Giáo trình vật liệu điện – lạnh

- 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 sécnet điện (điện môi séc net có đặc điểm nổi bật là phân cực khi E ngoài bằng không).

3.4. TỒN 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

Giáo trình vật liệu điện – lạnh

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 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 δ và ứng với nó là $\text{tg}\delta$. Góc tổn hao điện môi là góc phụ của góc lệch pha φ 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 tính chất điện dung có trị số:

$$I_C = \omega.C.U, \quad (A) \quad (3-12)$$

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

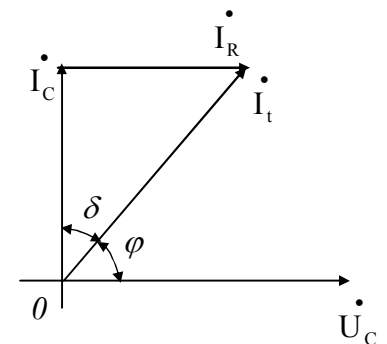
trong đó

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 .

$\Rightarrow$ Dòng tích điện:

$$I_t = \sqrt{I_C^2 + I_R^2} \quad (3-115)$$

trong đó:

$$I_C = I_t \cos \delta$$

$$I_R = I_t \sin \delta$$

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

Công suất tổn hao điện môi:

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

nếu thay: $C = \epsilon.C_0$

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

ϵ : hằng số điện môi tương ứng

vào (3-10), ta được:

$$P = \omega.\epsilon.C_0.U^2.\text{tg} \delta \quad (3-17)$$

Với:

δ : góc tổn hao điện môi

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

$\varepsilon.\text{tg}\delta$: số tổn hao.

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

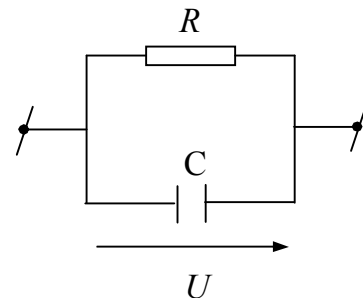
Sự thay đổi thành phần I_C chứng tỏ cách điện bị xuống cấp (sự thay đổi của I_C có thể do điện môi: bị ẩm hoặc có các lớp bị ngắn mạch, kích thước hình học thay đổi). Thành phần I_R đặc trưng cho tổn hao công suất trong điện môi do dòng điện rò.

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 cùng một tần số.

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

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

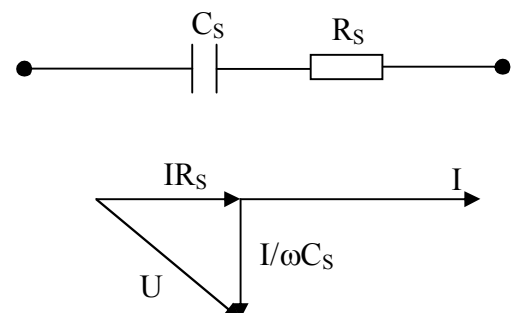


* Cách tính tổn thất điện môi

- 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:



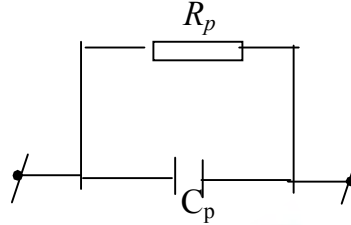
Từ giản đồ véc tơ ta có

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I \cdot R_s}{I / (\omega \cdot C_s)} = R_s \cdot C_s \cdot \omega$$

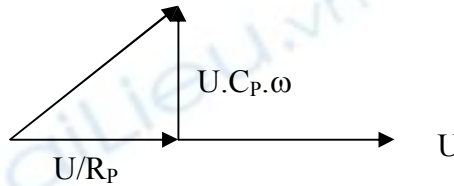
Công suất tổn hao điện môi

$$P_s = R_s \cdot I^2 = R_s \frac{U^2}{(R_s^2 + C_s^2 \cdot \omega^2)} = R_s \cdot (C_s \omega)^2 \frac{U^2}{(R_s C_s \omega)^2 + 1} = C_s \omega U^2 \frac{\operatorname{tg} \delta}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta}$$

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



Vẽ giản đồ véc tơ:



$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\frac{U}{R_p}}{U \cdot C_p \cdot \omega} = \frac{1}{R_p C_p \omega}$$

Công suất tổn hao điện môi

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

Vì vậy trong hai sơ đồ tổn hao điện môi đều phụ thuộc $\operatorname{tg} \delta$

**/* Môi 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:

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

nên $C_p = \frac{C_s}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta}$ góc tổn hao điện môi bằng nhau:

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

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

**/* suất tổn hao điện môi

$$P = \omega \cdot \epsilon \cdot C_0 \cdot U^2 \cdot \operatorname{tg} \delta$$

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi 9.10^9} F / m$$

$C_0 = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$ với d là khoảng cách giữa hai bản cực (m), S diện tích bề mặt bản cực (m^2)

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

$\omega = 2\pi f$ là tần số đặt vào

$$P = C\omega U^2 \tan \delta = \varepsilon \frac{1}{4\pi 9.10^9} \cdot \frac{S}{d} \cdot 2\pi \cdot f \cdot E^2 \cdot d^2 \tan \delta = \varepsilon \cdot \frac{1}{18.10^9} \cdot f \cdot E^2 \cdot S \cdot d \tan \delta$$

* 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 ràng 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:

$$P = \frac{1,8.10^{12}}{\varepsilon \cdot f \cdot \rho}$$

Trong đó: ε - là hằng số điện môi

f – là tần số điện áp

ρ - là điện trở suất của khối điện môi

Khi nhiệt độ tăng thì tổn hao điện môi càng tăng

$$P = P_0 \cdot e^{\alpha \cdot t}$$

Trong đó P_0 là tổn hao điện môi ở nhiệt độ 20^0C ,

α là hệ số nhiệt

T là độ chênh nhiệt so với 20^0C

- 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:

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

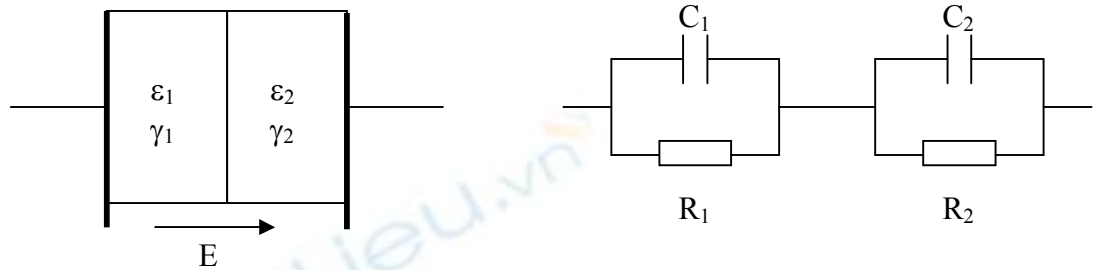
Trong đó: A_i là hằng số đối với từng chất khí

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

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\omega^2 \cdot n + m}{\omega M + \omega^3 N}$$

Với $m = R_1 + R_2$

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

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

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

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 hexafluor (SF₆), Hyđrô (H₂), Nito (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	Không 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 :

$$a > \frac{U}{3,2} \text{ cm} \quad (3-115)$$

3.7.2. Sunfua hexaflo (SF₆)

SF₆ còn có tên gọi êlêgaz là chất khí nặng hơn không khí 5 lần, hóa lỏng ở nhiệt độ -18⁰C. 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.

3.7.15. Hyđrô (H₂)

Hydro là một loại khí rất nhẹ (nếu lấy tỷ trọng của không khí là 1 thì tỷ trọng của H_2 là 0,07) lại có hệ số tản nhiệt cao (nếu không khí là 1 thì H_2 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 H_2 cách điện, chổi than được cải thiện hơn. Song khi dùng H_2 để cách điện cần phải bọc kín máy điện lại và phải giữ cho áp suất của khí H_2 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 mỏ là hợp chất của các cacbua hydro (hàm lượng C khoảng 85÷87% còn H là 11÷115%), ngoài ra còn có một số hợp chất khác của oxy, hợp chất sunfua, hợp chất Nitơ...). Trong dầu mỏ 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 naptenic $C_{60}H_{11}COOH$, các chất keo, hắc ín,... làm cho dầu có màu sắc và có cặn. Hợp chất sunfua có nhiều toại như từ sunfit hydro (khí sunfuro H_2S) đến bisunfit cao phân tử. Ngoài ra do quá trình tinh luyện trong dầu mỏ còn có thêm một số chất khác, ví dụ sunfit sodium ($SO_{15}Na$), các hạt cao lanh rất nhỏ và chưa lọc được hết.

Như vậy, trong dầu mỏ 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 mỏ 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 sắc khác nhau. Loại dầu này được dùng trong các máy biến áp với mục đích:

- Lấp kín các lỗ xốp của vật liệu cách điện sợi, lấp kín các khoảng trống giữa các cuộn dây, giữa các cuộn dây và vỏ để làm tăng khả năng cách điện của vật liệu.

Giáo trình vật liệu điện – lạnh

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 $\varepsilon = 2,2 \div 2,3$ gần bằng một nửa điện môi chất rắn
- + Sau khi đánh thủng, khả năng cách điện khả năng cách điện của dầu phục 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, muối 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 15-5kV/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 $10^{15} - 10^{16} \Omega\text{cm}$
- + Hằng số điện môi $\varepsilon = 2,2 \div 2,3$ 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 3.15

Bảng 3.15

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	115