

## Chương 6

# TÍNH DẪN ĐIỆN CỦA ĐIỆN MÔI

### I Khái Niệm Chung

#### 1.1 Bản chất vật lý sự dẫn điện trong vật chất:

-Định nghĩa dòng điện: là sự chuyển dịch có hướng của các điện tích dưới tác dụng của điện trường.

-Thiết lập công thức để tính mật độ dòng điện trong vật chất:

giả thuyết: xét một đơn vị thể tích vật chất có mật độ điện tích là  $n$  và điện tích mỗi hạt là  $q$ .

=> tổng điện tích trong một đơn vị thể tích là  $n \cdot q$

\*khi chưa đặt điện trường vào vật liệu: các điện tích sẽ dịch chuyển hỗn loạn dưới tác dụng nhiệt với vận tốc  $V_t$

\*Khi đặt vào vật chất đó một cường độ điện trường vuông góc với một mặt khối vật chất:khi đó các hạt sẽ chịu tác dụng một lực  $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$  nên điện tích sẽ dịch chuyển với vận tốc  $V$

\*Như vậy khi đặt vào một điện trường  $E$  thì hạt điện tích sẽ dịch chuyển với vận tốc là  $V_e$

Theo định nghĩa về mật độ dòng điện ta có:

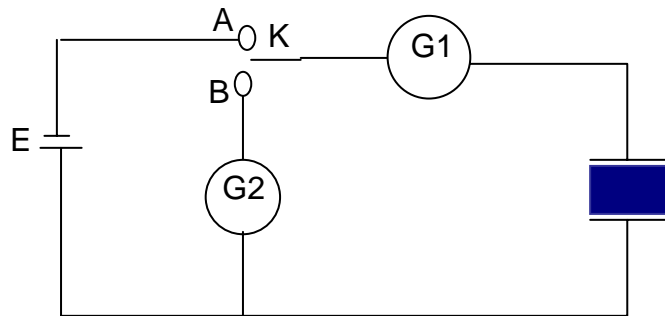
$$J = n \cdot q \cdot V_e$$

**Như vậy:** bản chất của sự dẫn điện trong vật chất là sự dịch chuyển của các hạt mang điện trong điện trường. Muốn có sự dẫn điện thì vật chất đó phải có điện tích tự do và phải có điện trường tác dụng vào

#### 1.2 Các loại dòng điện trong điện môi:

-Thí nghiệm đo dòng điện trong điện môi:

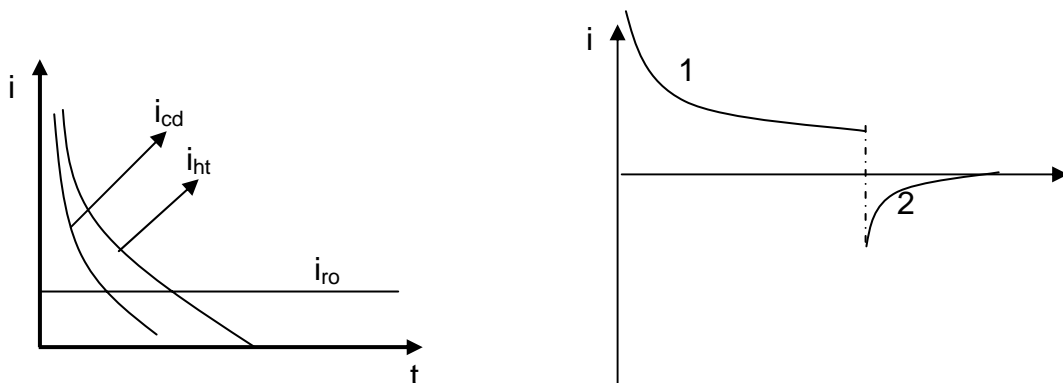
##### 1.2.1 Sơ đồ thí nghiệm:



##### 1.2.2 Tiến hành thí nghiệm:

Đóng khoá K vào vị trí A, điện kế G1 cho ta vẽ được dòng điện như đường số 1

Đóng khoá K vào vị trí B, điện kế G2 cho ta vẽ được dòng điện như đường số 2



### 1.2.3 Phân tích kết quả thí nghiệm:

**Phân tích dòng 1:** dòng 1 có dạng giảm dần từ một giá trị lớn đến một giá trị xác lập. Như vậy ta có thể phân tích dòng này gồm 2 thành phần: thành phần tắt dần theo thời gian và thành phần không đổi theo thời gian

**1.2.3.1 Thành phần tắt dần theo thời gian:** khi đặt bất kì một điện môi vào trong điện trường thì trong điện môi xảy ra sự phân cực và dòng phân cực sẽ tắt dần theo thời gian. Như vậy thành phần này chính là dòng phân cực có hai loại dòng phân cực:

**Dòng chuyển dịch ( $I_{cd}$ ):** là dòng do hiện tượng phân cực nhanh gây nên ( do sự dịch chuyển các điện tích trong phân tử , nguyên tử). Dòng này không gây nên tổn thất và tắt nhanh theo thời gian

**Dòng hấp thụ ( $I_{ht}$ ):** là dòng điện do hiện tượng phân cực chậm gây nên. Dòng này gây nên tổn thất điện môi vắn dần theo thời gian nhưng chậm hơn so với dòng chuyển dịch

Như vậy dòng phân cực là tổng hai dòng này  $I_{pc} = I_{cd} + I_{ht}$

Sau thời gian phân cực dòng này sẽ không còn nữa. Ở điện áp 1 chiều  $I_{pc}$  tồn tại ngay lúc đóng nguồn vào còn ở điện áp xoay chiều sẽ tồn tại trong suốt thời gian tồn tại điện áp

**1.2.3.2 Thành phần không đổi theo thời gian:** Thành phần này do các điện tích tự do có sẵn trong điện môi, dưới tác dụng của điện trường các điện tích này dịch chuyển. Dòng điện tích này không đổi theo thời gian và gọi là dòng rò. Dòng này tồn tại trong suốt thời gian tồn tại điện trường và gây nên tổn thất điện môi.

Như vậy tổng dòng điện trong điện môi  $I = I_r + I_{pc}$  là đường 1 trên hình vẽ. Khi sự phân cực kết thúc thì  $I = I_r$

Khi làm việc lâu dài dưới tác dụng của điện áp trong thời gian dài , dòng điện chạy qua điện môi có thể tăng hoặc giảm theo thời gian , tùy theo cấu tạo của điện môi . Nếu dòng điện tăng dần theo thời gian thì điện môi sẽ phá huỷ dần tính chất cách điện của nó .

### 1.3 Điện trở cách điện của điện môi : ( $R_{cd}$ )

- Điện trở cách điện  $R_{cd}$  là đại lượng đặc trưng cho khả năng cách điện của vật liệu.  $R_{cd}$  được xác định bằng tỷ số giữa điện áp đặt vào khối điện môi và dòng rò qua khối điện môi đó.

$$R_{cd} = \frac{U}{I_{r0}}$$

Do dòng chạy qua khối điện môi  $I = I_{r0} + I_{pc}$

$$\Rightarrow R_{cd} = \frac{u}{i - \sum i_{pc}} = \frac{u}{i_{r0}}$$

Dòng rò không xác định chính xác được vì không thể tách riêng dòng rò và dòng chuyển dịch do hiện tượng phân cực trong điện môi. Vì vậy , để xác định được  $R_{cd}$  , ta xác định điện trở điện môi ứng với dòng điện đo được sau 1 phút :

$$R'_{cd} = \frac{U}{I'}$$

Với U : điện áp đặt lên điện môi , I' là dòng điện đo được sau 1 phút

$$R'_{cd} < R_{cd}$$

### 1.3 Điện dẫn cách điện của điện môi ( $G_{cd}$ ):

Điện dẫn của điện môi là đại lượng đặc trưng cho khả năng cho dòng rò đi qua và được xác định bằng nghịch đảo của điện trở cách điện.

$$G_{cd} = \frac{1}{R_{cd}} = \frac{I_{rò}}{U}$$

Đối với vật liệu cách điện rắn có 2 loại điện dẫn: điện dẫn khối  $G_{cd}^v$  và điện dẫn mặt  $G_{cd}^s$

Do đó,  $G_{cd} = G_{cd}^v + G_{cd}^s$

## 1.4 Điện trở suất và điện dẫn suất:

### 1.4.1 Điện trở suất :

\* **Điện trở suất khối:** là điện trở của 1 khối lập phương có cạnh 1 cm khi dòng điện chạy qua 2 mặt đối diện của khối đó .  $\rho_v (\Omega.cm)$

- Để xác định điện trở suất của khối điện môi phẳng, ta xác định như sau:

$$\rho_v = R_v \cdot \frac{S}{h} (\Omega.cm)$$

Trong đó :  $R_v$  là điện trở của khối điện môi đo được  $\Omega$

$S$  là diện tích của bản mặt điện cực ( $cm^2$ )

$h$  : là bề dày của khối điện môi (cm)

\* **Điện trở suất mặt:** là điện trở của 1 hình vông cạnh 1 cm được tách ra 1 cách tưởng tượng trên bề mặt khối điện môi khi dòng điện chạy qua 2 mặt đối diện của hình vông đó  $\rho_s (\Omega)$

- Để xác định điện trở suất của khối điện môi phẳng, ta xác định như sau:

$$\rho_s = R_s \cdot \frac{1}{h} (\Omega)$$

Trong đó:  $R_s$  là điện trở của bề mặt khối điện môi ( $\Omega$ )

$L$  là bề rộng của khối điện môi (cm)

$h$  là bề dày của khối điện môi (cm)

### 1.4.2 Điện dẫn suất

\* **Điện dẫn suất khối:** là đại lượng nghịch đảo của điện trở suất khối

$$\gamma_v = \frac{1}{\rho_v} \left( \frac{1}{\Omega.cm} \right) \text{ với } \rho_v \text{ là điện trở suất của khối điện môi}$$

\* **Điện dẫn suất mặt:** là đại lượng nghịch đảo của điện trở suất mặt

$$\gamma_s = \frac{1}{\rho_s} \left( \frac{1}{\Omega} \right) \text{ với } \rho_s \text{ là điện trở suất của bề mặt điện môi}$$

## II. Tính dẫn điện của điện môi khí:

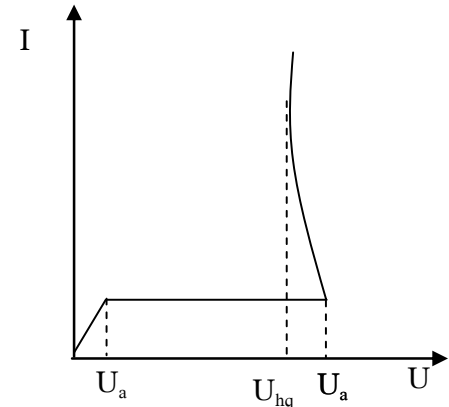
- Đối với chất khí, đặc điểm nổi bật là do mật độ phân tử rất bé. Cho nên, khi cường độ điện trường bé thì dòng rò trong điện môi khí chỉ do các điện tử tự do và các ion tạo ra bởi các yếu tố bên ngoài nên dòng rò rất bé. Do đó điện dẫn bé và điện dẫn này được gọi là điện dẫn không tự duy trì.

- Nhưng khi điện trường tăng lên đến mức trong môi trường khí xảy ra quá trình ion hoá va chạm, các điện tích tạo ra theo cấp số nhân, nên điện dẫn tăng cao, gọi là điện dẫn tự duy trì.

- Để thấy mức độ thay đổi điện dẫn theo cường độ trường ta phân tích đường đặc tính V-A của khối khí như sau :

Ta thấy đường đặc tính được chia ra làm thành 3 đoạn:

+ Khi  $U < U_a$  : Dưới tác dụng của các yếu tố bên ngoài các điện tử và các ion dương sẽ di chuyển theo chiều tác dụng của điện trường và trong quá trình dịch chuyển sẽ xảy ra hiện tượng kết hợp các điện tích trái dấu tạo thành hạt trung tính. Do đó, khi điện trường càng cao các hạt mang điện trái dấu chuyển động càng nhanh nên khả năng kết hợp càng giảm. Vì vậy, I sẽ tăng gần như tuyến tính theo điện áp.



+ Khi  $U_a \leq U \leq U_b$ : Do số lượng điện tử và ion trong không khí có giới hạn cho nên mặc dù điện áp tăng nhưng số điện tử phát sinh cân bằng với số lượng điện tử tái hợp nên số lượng điện tích duy chuyển không đổi. Vì vậy, dòng điện không đổi khi điện áp tăng, giá trị dòng này gọi là dòng bão hoà  $i_{bh}$

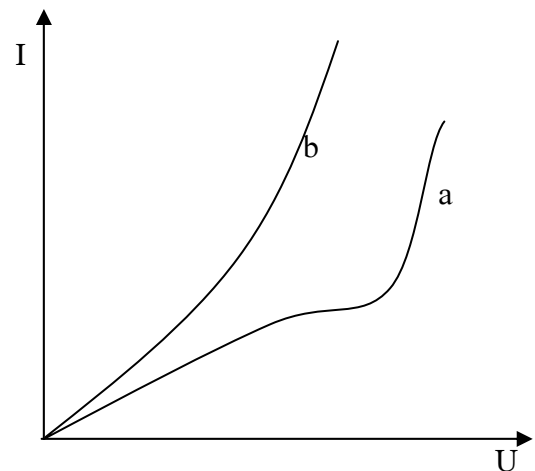
+ Khi  $U > U_b$ : khi điện áp đặt vào với giá trị đủ lớn thì lúc này năng lượng mà điện tử tích lũy được đủ để gây nên ion hoá va chạm. Điện tích được sinh ra rất nhiều và dòng điện tăng lên cao rất nhiều so với điện áp (không phụ thuộc vào điện áp). Khi này điện áp có giảm đi so với giá trị  $U_0$  để duy trì hồ quang trong khe hở khí.

+ Trong thực tế , ở điều kiện bình thường trong không khí dòng điện bão hoà đạt được khi khoảng cách các điện cực 10mm,  $E=0,0006 \text{ V/mm}$ ,  $i_{bh}=10^{-21} \text{ A/mm}^2$

### III. Tính dẫn điện của chất lỏng:

Tính dẫn điện của chất lỏng liên quan chặt chẽ đến cấu tạo phân tử chất lỏng

**3.1 Với chất lỏng trung hoà:** vì không thể tách ra thành ion âm và ion dương để tham gia vào dẫn điện, nên độ dẫn điện hoàn toàn phụ thuộc vào sự có mặt tạp chất trong chất lỏng và bản chất của chính chất lỏng ( nước cũng là tạp chất trong chất lỏng). Chỉ cần 1 lượng tạp chất nhỏ trong chất lỏng cũng làm cho điện dẫn tăng lên cao và khi dòng điện chạy qua chất lỏng trong thời gian dài sẽ làm giảm dần điện dẫn của nó ( do sự phân ly các tạp chất để trung hoà trên các điện cực). Trong thực tế khó có thể loại bỏ hết tạp chất ra khỏi chất lỏng nên khó có thể tạo ra chất lỏng có điện dẫn thấp



Đặc tính V-A của chất lỏng trung tính sạch như đường a và chất lỏng có tạp chất như hình b

### 3.2 Đối với chất lỏng cực tính:

- Độ dẫn điện của chất lỏng không những chỉ phụ thuộc vào tạp chất mà còn phụ thuộc vào cả bản thân của chất lỏng. Độ dẫn điện đối với các chất lỏng có cực tính bao giờ cũng cao hơn chất lỏng trung hoà. Cực tính càng mạnh tính dẫn điện càng cao và khi  $\epsilon$  càng tăng thì độ dẫn điện

càng tăng. Một số chất lỏng cực tính mạnh đến mức có thể xem như không phải là vật liệu cách điện mà là vật liệu dẫn điện bằng ion.

- Điện dẫn suất của bất kì chất lỏng nào cũng phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ. Trong phạm vi nhiệt độ thay đổi không đáng kể thì điện dẫn suất được xác định

$$\gamma = \gamma_0 e^{\alpha t}$$

$\gamma_0, \alpha$  là hằng số đối với 1 chất lỏng và  $\gamma_0$  là điện dẫn ở nhiệt độ  $t = 0^\circ\text{C}$

Bảng so sánh  $\varepsilon$  và  $\rho$  của một số chất lỏng

Tên chất lỏng	Đặc điểm	$\rho[\Omega.cm]$ ở $t=0^\circ\text{C}$	Hằng số $\varepsilon$
Benzen	Trung hoà	$10^{11} \div 10^{12}$	2,2
Dầu biến áp			2,2
Dầu xăng		$10^{10} \div 10^{13}$	2,0
XôVô	Cực tính	$10^8 \div 10^{10}$	4,5
Thầu dầu		$10^8 \div 10^{10}$	4,6
Axeton	Cực tính	$10^4 \div 10^5$	22
Rượu etilic		$10^3 \div 10^4$	33
Nước cất			81

**Nhận xét:** chất lỏng càng có cực tính thì hằng số điện môi càng cao, điện trở suất càng nhỏ nên  $E_{bd}$  càng kém.

#### IV. Tính dẫn điện của điện môi rắn:

##### 4.1 Điện dẫn khối:

- Trong vật rắn luôn tồn tại các điện tử, ion của bản thân chất rắn hoặc của các tạp chất có mặt trong chất rắn. Dưới tác dụng của điện áp đặt vào, trong bản thân vật rắn sẽ có dòng các hạt mang điện di chuyển tạo nên dòng rò chạy trong khối điện môi đó. Khi cho dòng điện chạy qua điện môi có chứa tạp chất trong thời gian dài thì dòng rò và điện dẫn giảm dần theo thời gian. Nhưng sự tồn tại và giá trị của nó còn tùy thuộc vào cấu tạo vật rắn:

+ **Với điện môi có cấu tạo ion:** độ dẫn điện còn phụ thuộc vào chính ion của điện môi được giải phóng ra do chuyển động nhiệt. Điện dẫn của nó phụ thuộc chặt chẽ vào hoá trị của ion các ion có hoá trị 1 có điện dẫn lớn hơn so với ion có hoá trị 2 và 3

+ **Với điện môi có cấu tạo mạng lưới nguyên tử hay phân tử**, tính dẫn điện phụ thuộc vào ion tạp chất. Vì vậy trong chế tạo làm sạch tạp chất trong vật rắn là điều quan trọng

##### 4.2 Điện dẫn mặt

- Do bề mặt điện môi không phải là phẳng hoàn toàn do đó trên bề mặt điện môi luôn tồn tại lớp bẩn và hơi ẩm trên bề mặt điện môi. Chính lớp này sẽ tạo ra các điện tích tự do và sinh ra dòng rò chạy trên bề mặt điện môi hay điện môi có điện dẫn mặt. Điện dẫn này phụ thuộc bề dày lớp hơi ẩm này

- Điện dẫn mặt phụ thuộc vào các yếu tố sau :

+ Độ ẩm môi trường xung quanh

+ Bề mặt vật liệu

+ Bản chất vật liệu

