

## Chương 15

# PHƯƠNG PHÁP KIỂM TRA PHÒNG NGỪA CHO CÁCH ĐIỆN

### I Khái niệm chung:

Để đảm bảo an toàn cho cách điện trong thời gian làm việc, giảm thấp những khả năng có thể gây nên sự cố, phải tiến hành kiểm tra phòng ngừa cách điện trước khi đưa vào vận hành cũng như định kì trong thời gian vận hành. Tuy nhiên, kết quả kiểm tra còn phụ thuộc vào phương pháp, dụng cụ ...

Các phương pháp được sử dụng để kiểm tra phòng ngừa cách điện:

Thử nghiệm bằng điện áp tăng cao, có khả năng phá huỷ cách điện khuyết tật.

Thử nghiệm ở điện áp làm việc hoặc điện áp tăng cao nhưng xác suất xuyên thủng cách điện bé: đo tgδ, đặc tính phóng điện cục bộ ở điện áp xấp xỉ điện áp xấp xỉ điện áp làm việc

Các phương pháp thử nghiệm không hư hỏng: đo tgδ, đo điện trở rò, hệ số hấp thụ, đo các đặc tính điện dung ở điện áp thấp và các phương pháp kiểm tra không điện

### II Quá trình phân cực trong điện môi nhiều lớp và biện pháp kiểm tra dự phòng cách điện:

#### 2.1 Quá trình phân cực trong điện môi nhiều lớp

Xét một kết cấu cách điện gồm 2 lớp điện môi có cùng diện tích S, bề dày  $d_1, d_2$ , điện dẫn suất  $\gamma_1, \gamma_2$ , và hằng số điện môi  $\epsilon_1, \epsilon_2$

$$C_1 = \frac{\epsilon_1 \cdot S}{d_1}; C_2 = \frac{\epsilon_2 \cdot S}{d_2}; g_1 = \frac{\gamma_1 \cdot S}{d_1}; g_2 = \frac{\gamma_2 \cdot S}{d_2}$$

Khi cho tác dụng lên điện môi một điện áp U thì tại thời điểm ban đầu, phân bố điện áp trên các lớp theo điện dung như sau:

$$U_1(0) = U \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2}; U_2(0) = U \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

Còn điện tích trên các điện dung là như nhau:

$$q_1(0) = q_2(0) = U \cdot \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Điện tích ban đầu này gây nên dòng điện dung ban đầu khá lớn. Sau đó các điện tích này sẽ phóng qua các điện dẫn  $g_1; g_2$  tạo nên dòng điện dẫn trong các lớp. Do  $g_1$  khác  $g_2$  nên trên mặt ranh giới có các điện tích tự do gọi là phân cực kết cấu.

Giả thiết lớp 1 bị ẩm nặng  $g_1 \gg g_2$ ,  $C_1$  coi như bị ngắn mạch bởi  $g_1$ , điện tích trên  $C_1$  sẽ phóng và tiêu thụ dần hết trên  $g_1$ , do đó điện áp trên  $C_1$  giảm dần theo thời gian.

$$U_1(t) = U \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot e^{-t/\tau}$$

Trong khi đó  $C_2$  nhận thêm điện tích của nguồn và điện áp trên nó sẽ tăng lên theo thời gian:

$$U_2(t) = U \left( 1 - \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot e^{-t/\tau} \right)$$

Với  $\tau = \frac{C_1 + C_2}{g_1 + g_2} \approx \frac{C_1 + C_2}{g_1}$

Quá trình quá độ kết thúc thì điện áp trên  $C_1$  sẽ bằng không và  $C_2$  nhận hoàn toàn điện áp nguồn.

Lượng điện tích  $C_2$  được nạp thêm ( lượng điện tích bị hấp thụ):

$$q_{ht}(t) = q_2(t) - q_2(0) = C_2 \cdot U \left( 1 - \frac{C_2}{C_1 + C_2} \right) - \frac{C_2^2}{C_1 + C_2} \cdot U \cdot e^{-t/\tau}$$

Sự dịch chuyển các điện tích hấp thụ tạo ra trong mạch một thành phần dòng điện hấp thụ:

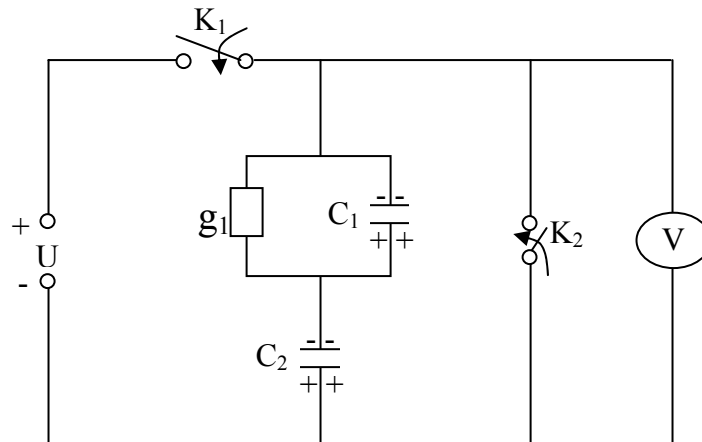
$$i_{ht}(t) = \frac{dq_{ht}(t)}{dt} = \frac{C_2^2}{C_1 + C_2} \cdot \frac{U}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} = \left( \frac{C_2}{C_1 + C_2} \right)^2 \cdot g_1 \cdot U \cdot e^{-t/\tau}$$

Như vậy khi cho tác dụng lên cách điện không đồng nhất một điện áp một chiều, thì trong mạch sẽ xuất hiện 3 thành phần dòng điện: dòng chuyển dịch, dòng hấp thụ và dòng điện rò ( $i_{r0} = U \cdot \frac{g_1 \cdot g_2}{g_1 + g_2}$ ).

Tùy thuộc trị số dòng điện chạy qua cách điện và tốc độ biến thiên mà ta có thể phản ánh được tình trạng cách điện.

## 2.2 Phương pháp kiểm tra dự phòng cách điện:

### 2.2.1 Phương pháp đo điện áp phản hồi:



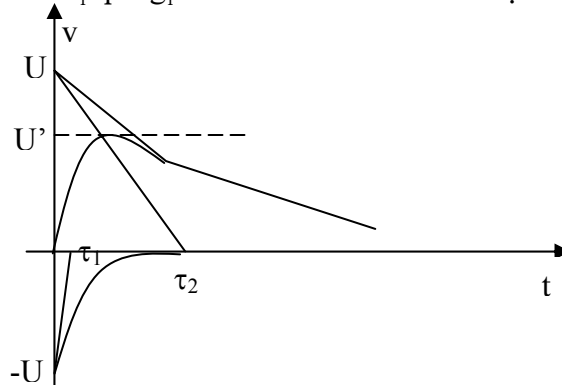
- Đóng  $K_1$  vào cách điện cần thử nghiệm trong thời gian đủ lâu để quá trình quá độ trong cuộn dây chấm dứt và  $C_2$  nạp đến điện áp  $U$ . Điện tích trên  $C_2$  là:  $q = C_2 \cdot U$
- Sau đó cắt  $K_1$  và đóng  $K_2$  rồi mở ngay. Sau khi  $K_2$  mở, theo dõi sự thay đổi điện áp qua Voltmet  $V$ .

Khi đóng  $K_2$  điện tích lập tức phân bố cho cả  $C_1$ , trên  $C_1$  và  $C_2$  tức thời có điện áp bằng nhau  $U' = U \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2}$  nhưng ngược chiều nhau. Khi  $k_2$  mở, ban đầu V oltmét có

trị số bằng không. Điện tích trên  $C_1$  phóng qua  $g_1$  nên  $U_1$  giảm dần trong khi đó  $U_2$  hầu như không đổi. Kết quả là Voltmet chỉ trị số điện áp tăng dần với hằng số thời gian

$$\tau_1 = \frac{C_1}{g_1}$$

Khi quá trình phóng điện của  $C_1$  qua  $g_1$  kết thúc thì voltmet chỉ trị số  $U'$

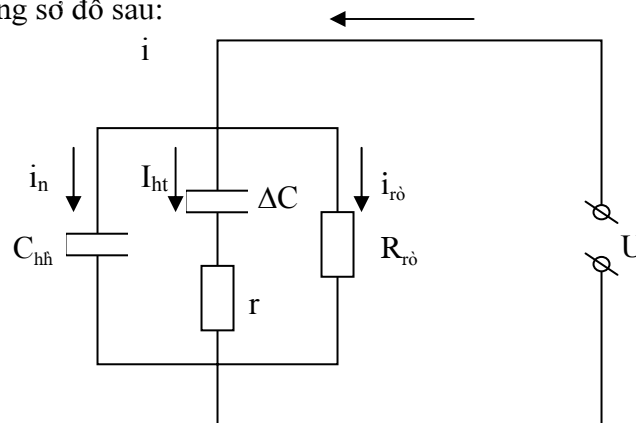


Khi lớp cách điện thứ 2 bị ẩm nặng thì nó không khô tuyệt đối do đó trị số cực đại không hoàn toàn bằng  $U'$ , và điện áp trên  $C_2$  cũng giảm dần nhưng với hằng số thời gian  $\tau_2 = \frac{C_2}{g_2}$  lớn hơn  $\tau_1 = \frac{C_1}{g_1}$

Đường cong phản hồi có thể rút ra những kết luận: Lớp ẩm càng lớn thì  $g_1(C_2)$  càng tăng, do đó trị số điện áp phản hồi càng cao và tốc độ tăng của nó càng nhanh.

### 2.2.3 Phương pháp đo điện trở cách điện và hệ số hấp thụ:

Để phân tích hiện tượng trong cách điện không đồng nhất ( do bản thân kết cấu hoặc do khuyết tật) dùng sơ đồ sau:



Trong đó:  $C_{hh} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$ ,  $R_{r0} = R_1 + R_2$

$$\Delta C = \frac{(R_1 \cdot C_1 - R_2 \cdot C_2)^2}{(R_1 + R_2)^2 \cdot (C_1 + C_2)}$$

$$r = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot (R_1 + R_2) \cdot (C_1 + C_2)^2}{(R_1 \cdot C_1 - R_2 \cdot C_2)^2}$$

Khi đặt điện áp 1 chiều lên cách điện, sẽ xuất hiện 3 thành phần dòng điện: dòng chuyển dịch, dòng hấp thụ và dòng rò.  $I = i_{cd} + i_{ht} + i_{rò}$ . Dòng điện tổng này giảm dần theo thời gian và đạt đến trị số ổn định bằng dòng rò. Nếu bỏ qua thành phần dòng chuyển dịch thì

$$i = i_{rò} + i_{ht} = \frac{U}{R_{rò}} + \frac{U}{r} \cdot e^{-t/\tau}$$

Tương ứng điện trở cách điện:  $\frac{U}{i} = \frac{R_{rò}}{1 + \frac{R_{rò}}{r} \cdot e^{-t/\tau}}$  và đạt đến trị số ổn định bằng  $R_{rò}$

Khi cách điện bị ẩm nặng thì  $R_{rò}$  giảm mạnh, quá trình phân cực kết cấu kết thúc nhanh, do hằng số thời gian  $T$  giảm, điện trở nhanh chóng đạt trị số ổn định.

Phương pháp đo điện trở qui định chỉ lấy trị số đo được sau 60s. Phương pháp này chỉ có hiệu quả khi khuyết tật trong cách điện (ẩm) hoặc trên bề mặt cách điện lan rộng từ cực này sang cực kia, khi đó điện trở mới giảm đáng kể. Còn khi khuyết tật có tính cục bộ thì phương pháp trên kém hiệu quả.

Đo hệ số hấp thụ:

Hệ số hấp thụ được xác định bằng tỷ số giữa  $R$  đo được sau 15s và 60s. Do đó

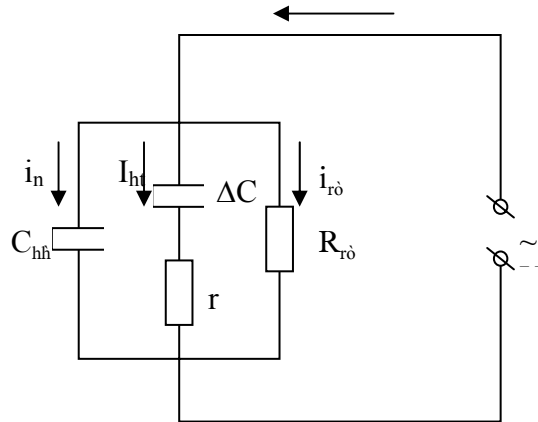
$$k_{ht} = \frac{R(60s)}{R(15s)}$$

Nếu cách điện ẩm thì  $k_{ht}$  gần bằng 1, còn cách điện khô, tốt thì  $k_{ht} > 1$

Ưu điểm của phương pháp đo hệ số hấp thụ: có thể xác định cả tình trạng ẩm bộ phận, ít phụ thuộc vào kích thước cách điện và nhiệt độ khi đo, do đó hiệu quả tin cậy hơn đo điện trở cách điện.

Phương pháp đo tổn hao điện môi tgδ:

Đo góc tổn hao là để xác định hệ số suy thoái của cách điện. Sự già hoá, sự thấm ẩm, sự xuất hiện nhiều bọt khí trong cách điện đều dẫn đến tăng cao tgδ.



$$i = U \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{r + \frac{1}{j\omega\Delta C}} + j\omega C_{hh} \right) = i_a + j i_b$$

$$i = U \left[ \frac{1}{R} + \frac{\omega^2 \cdot r \cdot \Delta C^2}{1 + \omega^2 \cdot r^2 \cdot \Delta C^2} + j\omega \left( C_{hh} + \frac{\Delta C}{1 + \omega^2 \cdot r^2 \cdot \Delta C^2} \right) \right]$$

Trong đó thành phần tác dụng hay qua điện môi:

$$i_a = U \cdot \left( \frac{1}{R} + \frac{\omega^2 \cdot r \cdot \Delta C^2}{1 + \omega^2 \cdot r^2 \cdot \Delta C^2} \right) \approx U \cdot \omega \cdot \Delta C \cdot \frac{\omega \cdot \tau}{1 + (\omega \cdot \tau)^2} \quad \text{với } \tau = r \cdot \Delta C$$

Còn thành phần dòng dung:

$$i_b = U \cdot \omega \cdot \left( C_{hh} + \Delta C \cdot \frac{1}{1 + (\omega \cdot \tau)^2} \right) = U \cdot \omega \cdot C_\omega \quad \text{với } C_\omega = C_{hh} + \Delta C \cdot \frac{1}{1 + (\omega \cdot \tau)^2}$$

$$\text{tg}\delta = \frac{i_a}{i_b} = \frac{\omega \cdot \Delta C \cdot \frac{\omega \cdot \tau}{1 + (\omega \cdot \tau)^2}}{\omega \cdot \left( C_{hh} + \Delta C \cdot \frac{1}{1 + (\omega \cdot \tau)^2} \right)} = \frac{\Delta C \cdot \omega \cdot \tau}{C_{hh} \cdot [1 + (\omega \cdot \tau)^2] + \Delta C}$$

$$\text{tg}\delta = \frac{\left( \frac{C_o}{C_\infty} - 1 \right) \cdot \omega \cdot \tau}{\frac{C_o}{C_\infty} + (\omega \cdot \tau)^2 - 1}$$

Với  $C_o$  là điện dung ở điện áp 1 chiều,  $C_o = C_{hh} + \Delta C$

$C_\infty$  là điện dung của cách điện ở tần số cao  $\omega = \infty$  và  $C_\infty = C_{hh}$

Biểu thức trên cho thấy tỷ số  $\frac{C_o}{C_\infty}$  và  $\tau$ , cả  $\frac{C_o}{C_\infty}$  và  $\tau$  đều không phụ thuộc vào kích

thước vì vậy tgδ là một chỉ tiêu đánh giá phẩm chất và tình trạng của cách điện mà không phụ thuộc vào kích thước của nó

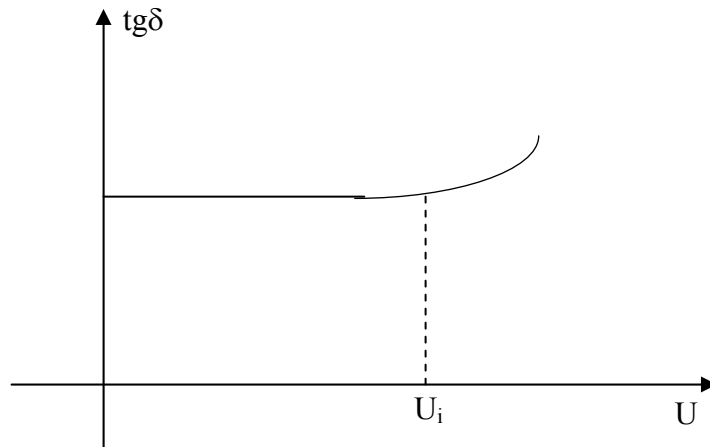
Như vậy dựa vào tgδ để phát hiện khả năng suy giảm cách điện của thiết bị. Tuy nhiên đối với những cơ cấu cách điện có điện dung lớn chỉ có thể phát hiện các khuyết tật chím phần lớn thể tích đáng kể của cách điện nhưng không thể phát hiện một cách chính xác các khuyết tật tập trung.

## 2.3 Phương pháp đo tgδ và đo điện dung C

### 2.3.1 Phương pháp đo tgδ theo điện áp

Phương pháp này để phát hiện khuyết tật dạng bọc khí trong kết cấu.

Nếu cách điện tốt thì trong phạm vi điện áp từ  $(0,5 \rightarrow 1,5)U_{iv}$  thì tgđ không thay đổi. Nếu cách điện có chứa bọt khí thì khi  $U > U_i$  thì tgđ sẽ tăng nhanh



### 2.3.2 Phương pháp đo điện dung

Ở nhiệt độ và tần số không đổi, điện dung của kết cấu cách điện chỉ thay đổi khi tình trạng của vật liệu thay đổi. Do vậy, dựa vào điện dung để đánh giá cách điện

Khi tần số thay đổi từ 0 đến  $\infty$  thì điện dung thay đổi từ  $C_0$  đến  $C_\infty$ .

Nếu cách điện tốt, khô ráo thì ngay ở tần số thấp, điện dung cũng khác  $C_\infty$ . Như vậy theo tỷ số điện dung đo được ở 2 tần số khác nhau ta có thể phán đoán được tình trạng ẩm hay hư hỏng cục bộ của cách điện.

### III Phóng điện cục bộ và phương pháp kiểm tra:

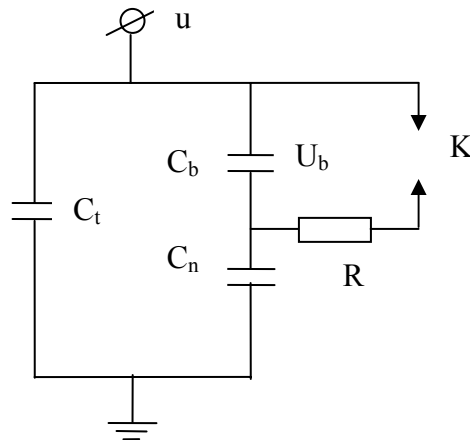
#### 3.1 Cơ sở lý thuyết về hiện tượng phóng điện cục bộ trong cách điện.

- Phóng điện cục bộ trong các thiết bị điện cao áp xuất hiện trong các bọt khí hay trong các điện môi lỏng giữa các lớp cách điện rắn. Các bọt khí có thể xuất hiện trong quá trình chế tạo (do sự co ngót của nhựa đúc, sự tiếp xúc không tốt giữa điện cực và bề mặt điện môi, do tẩm chưa tốt cách điện nhiều lớp), trong quá trình vận hành (do sự rạn nứt hoặc phân lớp cách điện, sự phân hủy điện môi kèm theo thải khí..)

- Các bọt khí là những chỗ yếu trong cách điện cao áp vì nó có độ bền điện thấp, trong khi đó cường độ điện trường trong bọt khí cao hơn trong phần cách điện còn lại. Do những nguyên nhân này nên khi đặt điện áp lên cách điện thì phóng điện cục bộ xuất hiện trước tiên trong những bọt khí này.

##### 3.1.1 Quy luật phát triển của phóng điện cục bộ:

- Điện áp xoay chiều: Sơ đồ thay thế cho trên hình vẽ



Trong đó:  $C_b$  : Điện dung của bọc khí  
 $C_n$  : Điện dung phần cách điện nối tiếp bọc khí  
 $C_t$  : Điện dung của phần cách điện còn lại

Sự phóng điện của khe hở K mô phỏng sự xuyên thủng bọc khí, điện trở R đặc trưng cho điện trở khe phóng điện trong bọc khí.

+ **Thời điểm  $t = 0$** : cho tác dụng lên cách điện một điện áp xoay chiều  $u = U_m \cdot \sin \omega t$ , trước khi xuất hiện PĐCB, điện áp trên bọc khí biến thiên theo quy luật

$$U_b = U_{mb} \cdot \sin \omega t, \text{ trong đó } U_{mb} = U_m \cdot \frac{C_n}{C_n + C_b}$$

+ **Thời điểm  $t_1$** : điện áp  $U_b$  đạt trị số  $U_{ct}$  và khe hở K bị xuyên thủng, tức là xuất hiện PĐCB đầu tiên trong bọc khí. Khi xảy ra phóng điện do  $C_n$  nhỏ và

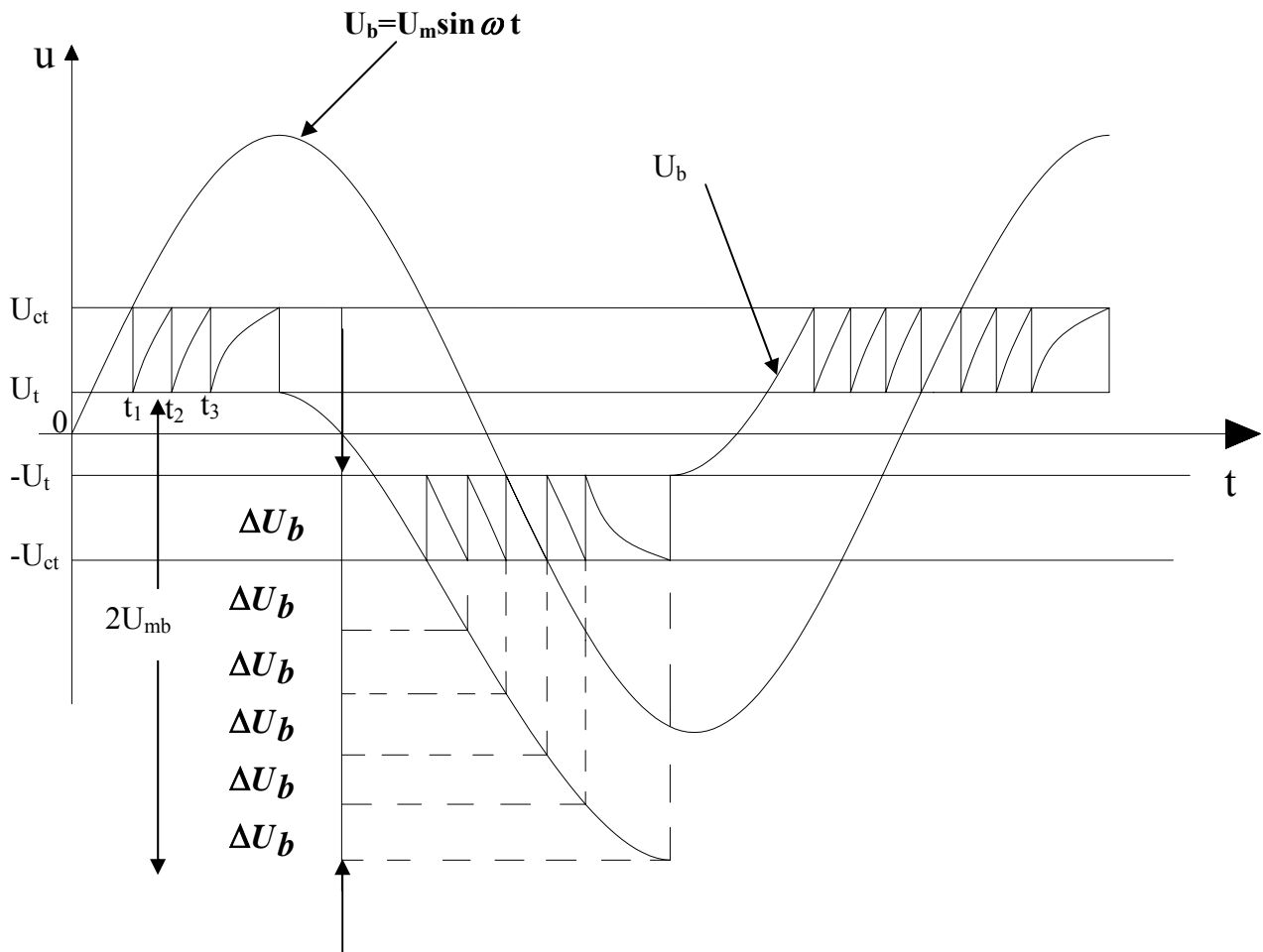
$\frac{1}{C_n \cdot \omega} \gg R$  nên điện áp  $U_b$  giảm nhanh đến trị số điện áp tắt  $U_t \neq 0$  (vì hằng số thời

gian  $R \cdot C_n$  bé nên có thể xem là tức thời) khi đó PĐCB ở bọc khí tắt, lượng sụt áp trên điện dung  $C_b$  khi PĐCB xảy ra tức thời là:  $\Delta U_b = U_{ct} - U_t$

Sau thời điểm  $t_1$  điện áp trên  $C_b$  lại tăng với quan hệ  $U_b = U_{mb} \cdot \sin \omega t - \Delta U_b$

+ **Tại thời điểm  $t_2$**  điện áp  $U_b$  lại đạt trị số  $U_{ct}$  và PĐCB xảy ra lần thứ 2. Sau khi phóng điện lần 2 tắt thì điện áp trên  $C_b$  lại tăng theo quy luật  $U_b = U_{mb} \cdot \sin \omega t - 2\Delta U_b$  quá trình diễn ra tiếp theo tương tự.

+ **Tại thời điểm  $t_4$**  tương ứng với  $U_b = U_{mb}$ , PĐCB tạm ngưng; điện áp  $U_b$  trên bọc khí giảm dần rồi thay đổi cực tính, ở thời điểm  $t_5$  lại tiếp tục chuỗi phóng điện mới



Số lần PĐCB trong nửa chu kỳ của điện áp tác dụng  $n_{T/2}$  không phụ thuộc vào tần số và đối với trường hợp bọc khí đối xứng sẽ bằng:

$$n_{T/2} = \frac{2U_{mb} - 2U_t}{\Delta U_b} = 2 \frac{U_{mb} - U_t}{U_{ct} - U_t} = 2 \frac{U_{mb} - \eta U_{ct}}{U_{ct}(1 - \eta)}$$

Với :  $\eta = \frac{U_t}{U_{ct}}$

Số lần phóng điện cục bộ trong một đơn vị thời gian sẽ là:

$$n = 2 \cdot n_{T/2} \cdot f = 4 \cdot f \cdot \frac{U_{mb} - U_t}{U_{ct} - U_t} = 4 \cdot f \cdot \frac{U_{mb} - \eta U_{ct}}{U_{ct}(1 - \eta)}$$

Nhân tử số và mẫu số về phải với  $\frac{C_b + C_n}{C_n}$  và biến đổi ta có:

$$n = 4 \cdot f \cdot \frac{U - \eta U_{CB}}{U_{CB}(1 - \eta)}$$



trong đó  $U = \frac{U_{mb} \cdot C_b + C_n}{\sqrt{2} \cdot C_n}$  : trị số hiệu dụng của điện áp đặt lên cách điện

$U_{CB} = \frac{U_{ct} \cdot C_b + C_n}{\sqrt{2} \cdot C_n}$  : trị số hiệu dụng của điện áp trên cách điện khi trong bục

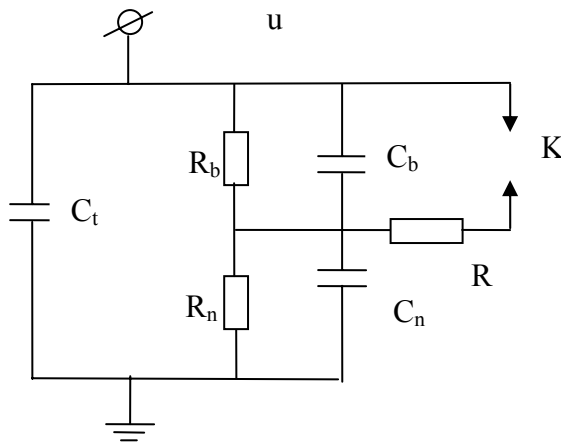
khí xuất hiện PĐCB.

Điện áp  $U_{CB}$  được gọi là điện áp xuất hiện phóng điện cục bộ

Số lần phóng điện nhỏ nhất trong một đơn vị thời gian:  $n_{\min} = 4f$  khi  $U = U_{CB}$ . Số lần phóng điện tăng nhảy vọt theo  $4f$  mỗi khi điện áp lên một lượng  $U_{CB}(1-\eta)$ .

như vậy quan hệ  $n$  theo điện áp tác dụng lên cách điện có dạng từng cấp.

**3.1.2 Phóng điện cục bộ ở điện áp một chiều:** Sơ đồ thay thế cho trên hình



Ta xét với trường hợp đặc biệt khi  $C_b \cdot R_b = C_n \cdot R_n$  có nghĩa là sự phân bố điện áp theo điện dung  $C_b$  và  $C_n$  trùng với sự phân bố điện áp theo điện trở  $R_b$  và  $R_n$ .

+ Tại thời điểm  $t = 0$  tác động lên cách điện một điện áp  $U_0$  thì điện áp tác dụng lên bục khí  $U_b = U_0 \frac{R_b}{R_b + R_n}$  hằng số thời gian của mạch thường bé, nên điện áp

trên bục khí thực tế tăng tức thời đến  $U_{ct}$  và gây nên PĐCB lần thứ nhất nếu  $U_b \geq U_{ct}$ . Sau khi PĐCB điện áp  $U_b$  giảm đến giá trị  $U_t$  và PĐCB tắt. Sau khi PĐCB tắt điện áp trên  $C_b$  do sự có mặt của điện trở rò bắt đầu tăng:

$$U_b = U_0 \cdot \frac{R_b}{R_b + R_n} - \left( U_0 \frac{R_b}{R_b + R_n} - U_t \right) e^{-t/T}$$

Trong đó:  $T = \frac{R_b R_n}{R_b + R_n} (C_b + C_n)$

+ **Tại thời điểm  $t_1$**  điện áp trên  $C_b$  đạt đến trị số  $U_{ct}$  và xuất hiện PĐCB lần thứ hai. Quá trình tiếp theo sẽ lặp lại tương tự, trong đó khoảng thời gian giữa hai lần

phóng điện cục bộ bằng: 
$$\Delta t = T \cdot \ln \frac{U_0 \frac{R_b}{R_b + R_n} - U_t}{U_0 \frac{R_b}{R_b + R_n} - U_{ct}} = T \cdot \ln \frac{U_0 - \eta U_{CB}}{U_0 - U_{CB}}$$

Với  $U_{CB} = U_{ct} \frac{R_b + R_n}{R_b}$  là điện áp tác dụng lên cách điện khi trong bọc khí xuất hiện

PĐCB.

Vì  $T = C_n \cdot R_n = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \rho_v$  trong đó  $\varepsilon$  và  $\rho_v$  – tương ứng là hệ số điện môi và điện trở suất khối của cách điện, nên số lần phóng điện trong một đơn vị thời gian trong bọc khí ở điện áp một chiều bằng:

$$n = \frac{1}{\Delta t} = \frac{1}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \rho_v \cdot \ln \frac{U_0 - \eta U_{PDCB}}{U_0 - U_{PDCB}}}$$

+ Số lần phóng điện cục bộ trong một đơn vị thời gian và tương ứng hiệu ứng phá hủy cách điện do nó gây nên sẽ nhỏ hơn hàng trăm lần so với điện áp xoay chiều. Do đó trong những điều kiện giống nhau, cường độ điện trường làm việc của cách điện ở điện áp một chiều cho phép cao hơn và bề dày cách điện nhỏ hơn so với điện áp xoay chiều

### 3.1.3 Mức độ mãnh liệt của PĐCB:

- Năng lượng tiêu hao mỗi lần PĐCB trong bọc khí được xác định là hiệu năng lượng tích lũy trong điện dung  $C_b$  tại các thời điểm trước phóng điện và sau khi tắt của nó, tức là bằng:

$$W_{CB} = \frac{C_b \cdot U_{ct}^2}{2} - \frac{C_b \cdot U_t^2}{2} = C_b (U_{ct} - U_t) \frac{U_{ct} + U_t}{2} = \Delta Q \cdot U_{ct} \frac{1 + \eta}{2}$$

Trong đó:  $\Delta Q = C_b (U_{ct} - U_t)$  - lượng điện tích bị trung hòa ở điện dung  $C_b$  trong thời gian PĐCB.

- Công suất trung bình của PĐCB trong một bọc khí bằng:

$$P_{CB} = W_{CB} \cdot n = \Delta Q \cdot U_{ct} \frac{1 + \eta}{2} \cdot n$$

Với  $n$  - Số lần phóng điện cục bộ

- Năng lượng  $W_{CB}$  và công suất  $P_{CB}$  là những đặc tính quan trọng quyết định hiệu ứng phá hủy và tốc độ già cỗi của cách điện. Tuy nhiên trị số của chúng rất bé, rất khó cho quá trình đo đạc vì vậy ta dùng các đại lượng khác tỉ lệ với chúng và để đo đạc để đặc trưng cho mức độ mãnh liệt của PĐCB

+ Phương pháp đo phổ biến nhất là dựa vào sự xuất hiện quá trình quá độ trong cách điện và trong mạch ngoài khi xảy ra sự trung hòa nhanh chóng lượng điện tích  $\Delta Q$ . Khi đó trên cách điện xảy ra sự giảm đột ngột điện áp một lượng  $\Delta U_x$ .

$$\Delta U_x = -\Delta Q \frac{1}{C_x} \frac{C_n}{C_n + C_b}$$

Trong đó:  $C_x$  - điện dung của toàn bộ cách điện

Lượng sụt áp đột ngột  $\Delta U_x$  tương ứng với một lượng biến thiên điện tích biểu kiến

$$\text{trên } C_x \text{ bằng: } q = C_x \Delta U_x = \Delta Q \frac{C_n}{C_n + C_b}$$

Thay  $\Delta Q$  và  $\Delta U$  vào sẽ có:

### 3.1.4 Tác dụng phá hoại cách điện của PĐCB

- Làm cho nhiệt độ cục bộ ở vách bọc khí tăng cao đột ngột có thể lên đến hàng trăm độ C

- Các bọc khí bị PĐCB xuất hiện các chất có hoạt tính hóa học mạnh như khí ozon, oxyd azôt có tác dụng phân hủy nhiều loại điện môi.

- Khi phóng điện cục bộ lặp lại nhiều lần, bề mặt bọc khí bị khoét sâu dần và sau đó phóng điện tập trung vào chỗ bị khoét sâu cục bộ này kéo dài ra và phân nhánh, nó làm cho độ bền điện của cách điện càng giảm.

### 3.2 Các phương pháp xác định đặc tính PĐCB trong cơ cấu cách điện

- Để xác định đặc tính PĐCB người ta thường dùng phương pháp điện (dựa vào áp và dòng trong quá trình quá độ), phương pháp phát hiện PĐCB theo quan hệ  $tg\delta = f(U)$ . Các phương pháp khác, dựa trên sự ghi nhận các tín hiệu âm, ánh sáng và điện từ phát ra khi xuất hiện PĐCB, ít được dùng.

- Các sơ đồ nguyên lý để đo đặc tính PĐCB bằng các phương pháp điện cho ở trên hình

Mỗi sơ đồ gồm một mạch vòng cao áp tạo nên bởi cách điện thử nghiệm  $C_x$ , máy biến áp thử nghiệm và điện dung liên kết  $C_0$ , một mạch đo tạo nên bởi tổng trở  $Z_d$ , bộ lọc  $\Phi$ , bộ khuếch đại và các thiết bị đo (dao động ký, đồng hồ đếm xung và volt kế). Cả ba sơ đồ đều giống nhau về nguyên lý tác dụng, chỉ khác nhau ở điêm nối đất của mạch vòng  $C_x$ ,  $C_0$ ,  $Z_d$ . Tùy thuộc vào yêu cầu khác nhau mà người ta chọn sơ đồ cho phù hợp

- Ở đầu vào của thiết bị đo lường thường xuất hiện:

+ Các xung điện áp từ quá trình quá độ trong mạch cao áp gây ra bởi mỗi PĐCB

+ Điện áp giáng trên tổng trở đo  $Z_d$  do dòng điện dung chạy qua  $C_x$  hoặc  $C_0$  dưới tác dụng của điện áp thử nghiệm

+ Điện áp nhiễu và âm nhiễu từ nguồn khác nhau.

- Biên độ và dạng xung của PĐCB ở đầu và phần đo lường được xác định trên cơ sở phân tích quá trình quá độ trong mạch cao áp.

\* Ta khảo sát trường hợp khi  $Z_d = R_d$  và bỏ qua điện cảm của mạch sơ cấp: Trong trường hợp này ở đầu vào phần đo lường xuất hiện điện áp không chu kỳ:

$$U_{dv}(t) = U_{dv0} \cdot e^{-t/T}$$

Với  $T = R_d \cdot C_{td}$  là hằng số thời gian của mạch sơ cấp

$$C_{td} = C_{ks} + \frac{C_0 C_x}{C_0 + C_x} \text{ là điện dung tương đương của mạch}$$

Biên độ xung  $U_{dv0}$  được xác định bởi biểu thức:

$$U_{dv0} = \Delta U_x \frac{1}{1 + \frac{C_{ks}}{C_x} + \frac{C_{ks}}{C_0}} = \frac{q}{C_x + C_{ks} + \frac{C_{ks} \cdot C_x}{C_0}}$$

Như vậy biên độ của xung điện áp tỉ lệ với điện tích biểu kiến  $q$  của phóng điện cục bộ do đó việc đo  $q$  được thay bằng đo điện áp đầu vào.

- Trong quá trình thử nghiệm có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác của kết quả đo vì vậy cần phải chọn các thiết bị một cách phù hợp để kết quả thử nghiệm là chính xác nhất.

+ 90% năng lượng của xung điện áp này nằm trong dải tần từ 0 đến  $\omega = 2\pi/T$  do đó để ứng dụng hữu hiệu năng lượng xung này vào quá trình đo lường thì bộ khuếch đại phải có dải thông từ 0 đến  $f = 1/T$ , do khi tăng dải thông của bộ khuếch đại thì sẽ làm điện áp âm nhiễu sẽ tăng nhanh hơn trị số cực đại của tín hiệu có ích ở đầu ra của khuếch đại.

+ Để cho xác suất xếp chồng lên nhau của các xung PĐCB bé thì hằng số thời gian T thường bằng 1 – 5  $\mu s$  do đó dải thông của khuếch đại phải là 200 – 10000kHz

+ Để cho những nhiễu bên ngoài không trộn lẫn vào các tín hiệu đo, phải dùng những lưới lọc trong mạch cung cấp của toàn bộ thiết bị, phải chắn nhiễu.

+ Thử nghiệm cũng bị cản trở nếu điện áp thử nghiệm được tạo nên vượt quá vài trăm volt. Điện áp này sẽ gây quá tải cho khuếch đại và làm cho khuếch đại không làm việc bình thường vì vậy cần phải mắc bộ lọc trước khuếch đại để không cho tần số thấp xâm nhập.

- Ưu điểm chủ yếu của thiết bị dải rộng là ở chỗ mỗi PĐCB tương ứng với một xung điện áp ngắn. Vì vậy có thể đo khá chính xác với dao động ký và thiết bị đếm xung, số lần phóng điện trong một đơn vị thời gian và trị số cực đại của nó. Nhược điểm là mức nhiễu cao do dải thông của khuếch đại rộng

\* Khảo sát trường hợp khi  $Z_d = L_d$ : Trong trường hợp này quá trình quá độ trong mạch sơ cấp có tính chất dao động, còn ở đầu vào của phần đo xuất hiện xung điện áp:

$$U_{dv}(t) = U_{dv0} \cdot e^{-at} \cdot \cos \omega t$$

Trong đó:  $U_{dv0}$  - trị số cực đại của xung

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_d C_{td}}}$$

$a = R/2L_d$  với R là điện trở tác dụng của mạch cao áp

Trong trường hợp này phần chủ yếu năng lượng tập trung trong một dải tần tương đối hẹp gần tần số  $\omega_0$ . Để dùng 90% năng lượng xung này ta chỉ cần dải thông của bộ khuếch đại bằng:  $\Delta f = \omega_0 \cdot (1 \pm 1/2Q)$

Trong đó: Q - hệ số phẩm chất của mạch cao áp (có giá trị từ 30 - 50)

=>  $\Delta f = 20 - 50$  kHz tức là hẹp hơn khi  $Z_d = R_d$

+ Để khuếch đại xung trong trường hợp này, dùng khuếch đại cộng hưởng với tần số điều chỉnh  $f_0$  và dải thông tương ứng. Do đó thiết bị thiết bị với điện cảm đầu vào gọi là thiết bị cộng hưởng hoặc thiết bị dải hẹp

+ Hệ số khuếch đại k và đặc tính của bộ lọc cũng được xác định như đối với thiết bị dải rộng.

+ Ưu điểm của thiết bị dải hẹp là loại trừ được nhiễu thường trực bên ngoài.

Nhược điểm là xung có dạng dao động và khi mật độ PĐCB kế tục nhau cao theo thời gian, chúng có thể chồng lên nhau khi đó việc xác định chính xác diện tích biểu kiến của chúng sẽ khó khăn.

+ Thiết bị với điện cảm đầu vào không thích hợp cho việc đo mức độ mãnh liệt của PĐCB mà chỉ thích hợp để phát hiện PĐCB hoặc để đo điện áp ở đó xuất hiện PĐCB. Khi cần thiết, độ mãnh liệt của PĐCB được xác định theo điện áp trung bình hoặc hiệu dụng của toàn bộ xung ở đầu vào phân đo.

\* Các phương pháp trên được ứng dụng khi thử nghiệm các kết cấu cách điện có điện cảm bản thân bé hoặc không dài lắm. Việc đo đặc tính PĐCB trong cách điện của máy biến áp cao áp hoặc những đoạn cáp dài cũng cơ sở trên cùng nguyên lý nhưng ta phải sử dụng thêm một số biện pháp đặc biệt để hạn chế nhiễu xung điện áp lệch nhau về thời gian đến các thiết bị đo mỗi khi PĐCB.