

## Chương 12

### THỰC HIỆN CÁCH ĐIỆN CHO ĐƯỜNG DÂY TẢI ĐIỆN TRÊN KHÔNG

#### I Khái niệm chung

##### 1.1 Yêu cầu chung của cách điện của đường dây trên không:

- Phải chịu được tác dụng của đa số các loại quá điện áp nội bộ
- Đối với quá điện áp khí quyển, phải giải quyết sao cho hợp lý về mặt kinh tế kỹ thuật
  - + **Đối với cấp điện áp >110kV:** chọn theo điều kiện quá điện áp nội bộ, kết hợp với treo dây chống sét trên toàn tuyến để tăng khả năng chịu quá áp khí quyển của đường dây
  - + **Đối với cấp điện áp <110kV:** nếu chọn theo quá áp khí quyển thì rất tốn kém về kinh tế. Nên chỉ chọn đến mức hợp lý kết hợp với các biện pháp giảm suất cắt đường dây: cải thiện nối đất và cuộn dập hồ quang

##### 1.2 Cách điện của đường dây trên không

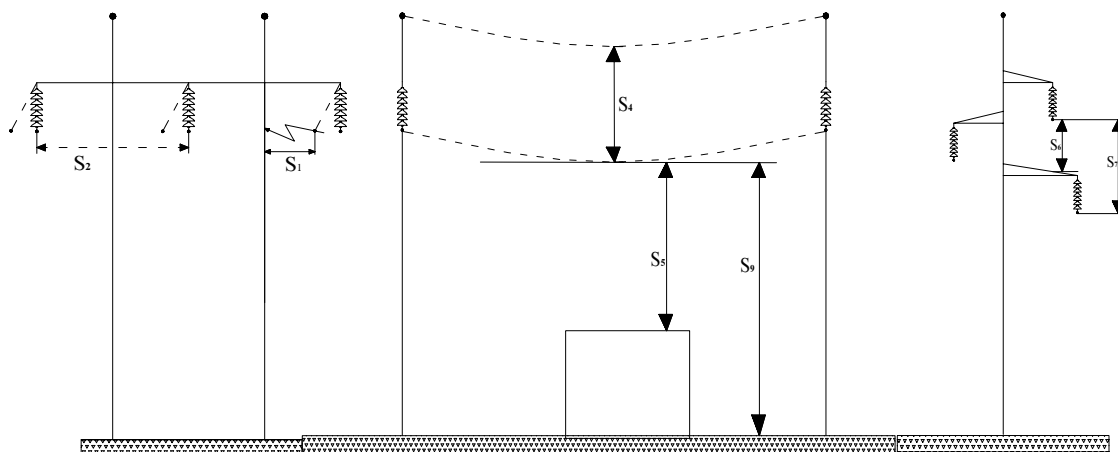
Cách điện của đường dây trên không gồm có 2 phần: cách điện trong và cách điện ngoài

**Cách điện ngoài:** bao gồm một loạt các khoảng cách không khí thuần túy giữa dây dẫn với nhau, giữa dây dẫn với đất, cột, khoảng cách không khí men theo bề mặt cách điện rắn dùng để treo hoặc đỡ dây dẫn. Cách điện này còn tùy thuộc vào kết cấu của cột xà.

**Cách điện trong:** là cách điện bên trong của các thiết bị

Thực hiện cách điện đường dây trên không là xác định các khoảng cách không khí và vật liệu làm cách điện làm cách điện đỡ, treo dây.

#### II. Cách điện ngoài:



##### Cột thép hoặc bê tông cốt thép:

Cách điện bao gồm: chuỗi sứ, khoảng cách không khí giữa các pha, giữa dây dẫn và cột.

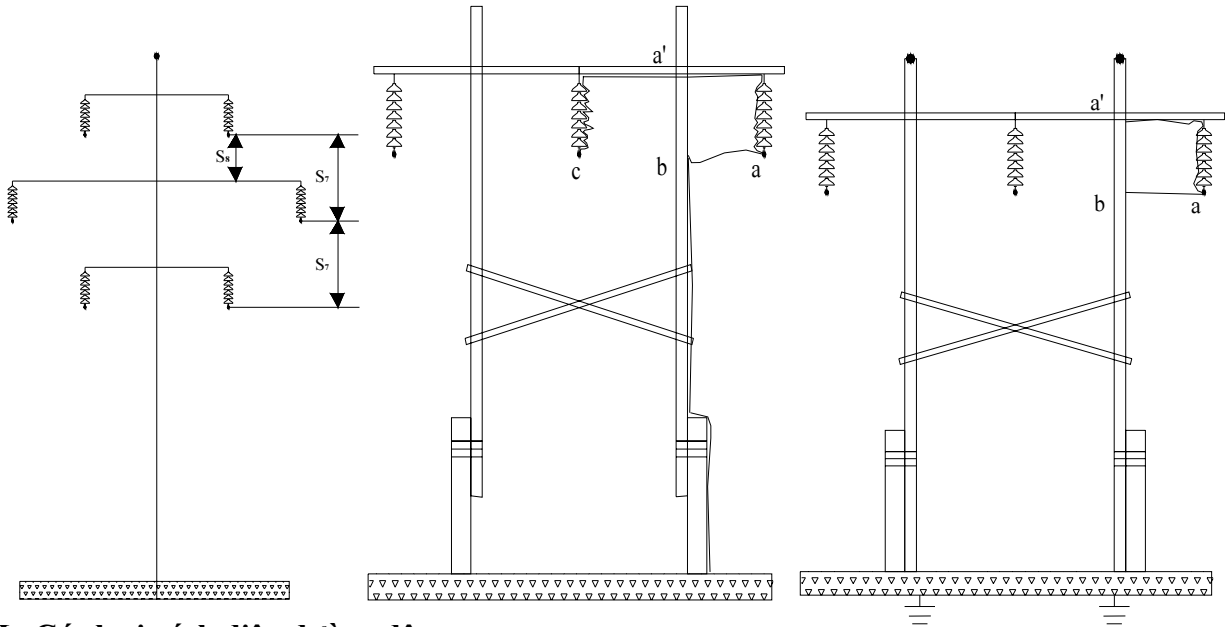
Phóng điện xuyên thủng có thể xảy ra ở: khoảng cách không khí giữa dây dẫn và thân cột ( $S_1$ ), men theo bề mặt chuỗi sứ, phóng điện giữa các pha với nhau.. Nếu có dây chống sét thì có khả năng phóng điện giữa dây dẫn và dây chống sét qua khoảng cách không khí.

##### Ở cột xà gỗ:

Cách điện gồm chuỗi cách điện, bản thân xà và cột cũng làm nhiệm vụ cách điện.

**Nếu đường dây có treo dây chống sét:** đường phóng điện có thể xảy ra theo đường a-a' hoặc a-b

**Nếu đường dây không có treo dây chống sét:** Phóng điện có thể xảy ra men theo bề mặt chuỗi sứ của 2 pha và đoạn xà giữa 2 chuỗi sứ hoặc phóng xuyên thẳng khoảng cách không khí từ chuỗi sứ đến thân cột và men theo thân cột xuống đất.



### III. Các loại cách điện đường dây:

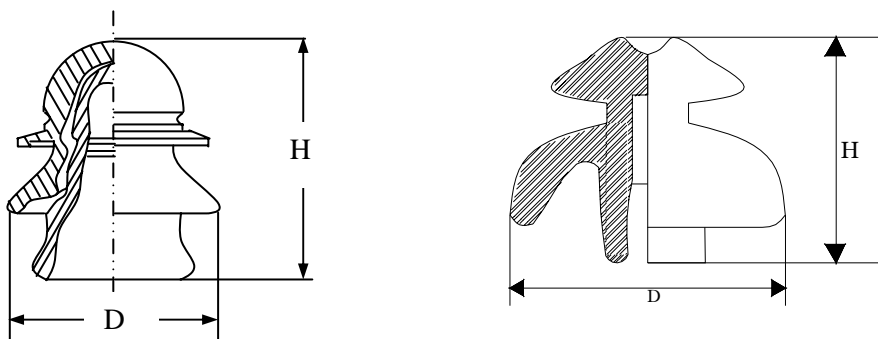
-Vật liệu cách điện sử dụng chủ yếu hiện nay: Sứ kĩ thuật điện, thuỷ tinh ít kiềm, vật liệu compsit ( nhựa epoxy có triển vọng nhất) chúng có độ bền điện cao, độ bền nén cao, không già cỗi, chịu được tác dụng của môi trường khí quyển.

-Các phụ kiện kim loại làm bằng sắt thép, gang.

-Vật liệu gắn kết phụ kiện kim loại với điện môi: xi măng, các chất kết dính khác...có độ bền cơ cao.

Về mặt cấu tạo, cách điện đường dây trên không chia làm 2 loại: Cách điện đỡ và cách điện treo

#### 3.1 Cách điện đỡ:



Dây dẫn được buộc chặt vào đầu hoặc nách cách điện. Chân sắt được cấu tạo sao cho trục dây dẫn và trục chân nằm trên cùng 1 mặt phẳng để tránh mômen xoắn. Rãnh tròn ốc để vặn vào chân sắt phải làm sâu vào thân cách điện để cho mômen uốn tác dụng vào thân cách điện bé nhất.

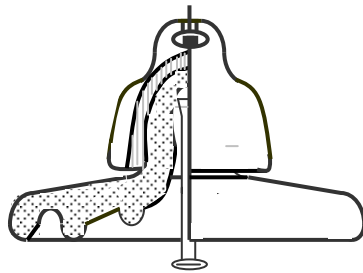
Khi mưa, mặt trên của vật liệu cách điện bị ướt chỉ còn lại mặt dưới của lá và rãnh cách điện khô và chịu tác dụng của toàn bộ điện áp. Do đó đường kính  $D$  của thân cách điện thiết kế phải đủ lớn  $D \geq 1,3H$ .

### 3.3.2 Cách điện treo:

Cách điện treo được dùng chủ yếu cho đường dây có điện áp 35kV trở lên.

**Ưu điểm:** cách điện luôn chịu tác dụng của lực dọc trục mà không chịu tác dụng lực uốn. Theo cấu tạo và hình dáng được chia làm 2 loại: Kiểu đĩa và kiểu thanh.

**3.3.2.1 Cách điện kiểu đĩa:** Vật liệu chế tạo bằng sứ hoặc thủy tinh và có dạng như hình vẽ.



**Ưu điểm:** Ở trạng thái làm việc, mũ và chốt chỉ chịu tác dụng của lực kéo. Lực này truyền qua lớp xi măng tạo thành lực nén tác dụng lên đầu vật cách điện, do đó sứ và thủy tinh chịu đựng rất tốt.

**Nhược điểm:** Do góc  $\alpha$  tương đối lớn nên kích thước đầu vật liệu và mũ gang lớn ảnh hưởng không tốt đến đặc tính điện.

-Với loại có đầu hình trụ: Có kích thước bé hơn nhưng qui trình chế tạo phức tạp do phải trán men trên bề mặt tại những vị trí nhất định.

-Cách điện treo kiểu đĩa: dùng ở dạng bụi bẩn có hình dạng phức tạp hơn, có chiều dài rò điện lớn hơn.

-Với vật liệu cách điện làm bằng thủy tinh cho kích thước và trọng lượng bé hơn, đặc tính điện tốt hơn. Ngoài ra, bất kì rạn nứt nào cũng đều làm vỡ thủy tinh để phát hiện ra phần tử bị hư hỏng.

**Ưu điểm chung của cách điện treo kiểu đĩa:** Khi có 1 phần tử bị phóng điện do rạn nứt hoặc do độ bền cơ, do đó cả chuỗi không bị phá huỷ ít dẫn đến rơi dây chạm đất. Mặc khác chỉ cần thay thế 1 phần tử hư hỏng. Tuy nhiên, cũng cần phát hiện kịp thời vì nếu có

thêm một vài phần tử bị xuyên thủng thì có thể dẫn đến phóng điện ngay ở điện áp làm việc nhất là lúc trời mưa.

### 3.3.2.2 Cách điện kiểu thanh: (hình vẽ)

#### Ưu điểm:

Tiết kiệm được nhiều kim loại, trọng lượng bé.

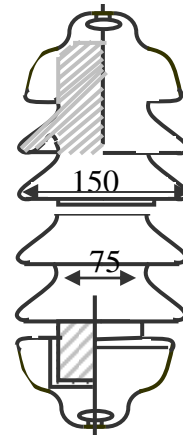
Đặc tính điện tốt hơn và bề mặt được làm sạch bởi mưa gió.

#### Nhược điểm:

Khi bị hư hỏng phải thay thế toàn bộ và khi hư hỏng dễ rớt dây chạm đất.

Độ bền cơ không cao và công nghệ chế tạo phức tạp.

Cách điện thanh thích hợp cho vùng bụi bẩn.



### 3.3.2.3 Chuỗi cách điện:

- Dễ lắp ghép, linh hoạt, có khả năng chịu uốn khá, tải trọng cơ trên mỗi phần tử khi có gió to hoặc đứt dây giảm nhẹ.

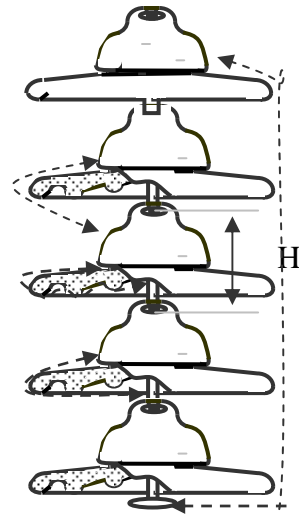
- Độ bền cơ của chuỗi bằng độ bền cơ của mỗi phần tử.

- Đặc tính điện của chuỗi khác nhiều so với đặc tính điện của mỗi phần tử. Phóng điện của chuỗi có thể phát triển theo các đường sau:

+Men theo bề mặt: xảy ra khi mưa ở chuỗi cách điện ngắn. Chiều dài phóng điện  $L_1 = n \cdot l_1$  với  $n$  là số đĩa

+Một phần men theo bề mặt và một phần đi trong không khí.  $L_2 = n \cdot l_2$

+Theo đường AB xảy ra khi bề mặt khô sạch, chiều dài của đường phóng điện  $L = n \cdot H$ . Điện áp phóng điện trong trường hợp này là lớn nhất. Để đạt được giới hạn phải tăng rãnh ở mặt dưới và đồng kính  $D$  để  $U_{pdu} = U_{pdk}$



### 3.4 Sự phân bố điện áp trên chuỗi cách điện:

Điện áp phóng điện của chuỗi phụ thuộc vào bề mặt cách điện và thời tiết

3.4.1 Khi bề mặt cách điện khô sạch: Phân bố điện áp trên chuỗi sứ theo dòng điện dung như sơ đồ hình vẽ: (hình vẽ)

$C$ : điện dung của một đĩa

$C_d$ : điện dung của đĩa so với đất.

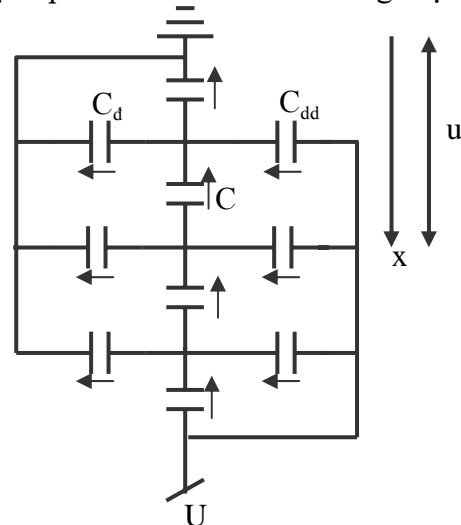
$C_{dd}$ : điện dung của đĩa đối với dây dẫn.

Trong tính toán cách điện, giả thuyết các điện dung này không đổi dọc theo chiều dài chuỗi sứ và được thay thế bằng điện dung đơn vị chiều dài

$$C' = C \cdot H$$

$$C'_d = C_d / H$$

$$C'_{dd} = C_{dd} / H$$



Tại một điểm x cách điểm nối đất của chuỗi, áp và dòng được biểu diễn bởi các phương trình sau:

$$\begin{cases} \frac{dU_x}{dx} = \frac{i_x}{j\omega C} \\ \frac{di_x}{dx} = U'_x \cdot j\omega C'_d + (U_x - U) \cdot j\omega C'_{dd} \end{cases}$$

$$\rightarrow U_x = k_1 \cdot e^{\gamma \cdot x} + k_2 \cdot e^{-\gamma \cdot x} + k_3$$

Xác định  $k_1, k_2, k_3$  từ các điều kiện biên:

Khi  $x=0$  thì  $U_x=0$

Khi  $x=l$  thì  $U_x=U$

$$\begin{cases} k_1 = \frac{U}{2} \cdot \frac{C_d + C_{dd} \cdot e^{-\gamma l}}{(C_d + C_{dd}) \cdot \text{sh} \gamma l} \\ k_2 = -\frac{U}{2} \cdot \frac{C_d + C_{dd} \cdot e^{\gamma l}}{(C_d + C_{dd}) \cdot \text{sh} \gamma l} \text{ với } \gamma = \sqrt{\frac{C'_d + C'_{dd}}{C}} = \frac{1}{H} \sqrt{\frac{C_d + C_{dd}}{C}} \\ k_3 = U \cdot \frac{C_{dd}}{C_d + C_{dd}} \end{cases}$$

Điện áp giáng trên 1 phần tử (chiều dài H) cách đầu nối đất 1 đoạn bằng x:

$$\Delta U_x = U_x - U = U \cdot \frac{C_{dd}}{C_d + C_{dd}} \left\{ \frac{C_d}{\text{sh} \gamma l} [\text{sh} \gamma (x + H) - \text{sh} \gamma x] - \frac{C_{dd}}{\text{sh} \gamma l} [\text{sh} \gamma (l - x - H) - \text{sh} \gamma (l - x)] \right\}$$

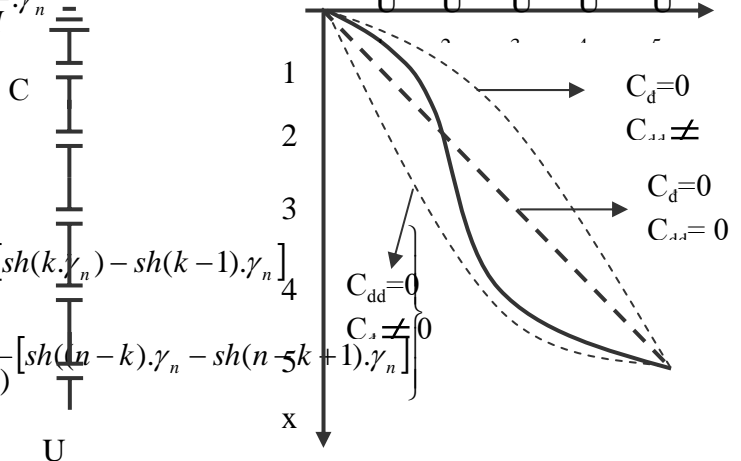
Ta đặt

$$\gamma = \sqrt{\frac{C'_d + C'_{dd}}{C}} = \frac{1}{H} \sqrt{\frac{C_d + C_{dd}}{C}} = \frac{1}{H} \cdot \gamma_n$$

$$x = (k-1) \cdot H; \quad x+H = k \cdot H; \quad l = n \cdot H$$

Trong đó k là đĩa thứ k tính từ đầu nối đất.

$$\Delta U_x = U_x - U = \frac{U}{C_d + C_{dd}} \left\{ \begin{aligned} & \frac{C_d}{\text{sh}(n \cdot \gamma_n)} [\text{sh}(k \cdot \gamma_n) - \text{sh}(k-1) \cdot \gamma_n] \\ & - \frac{C_{dd}}{\text{sh}(n \cdot \gamma_n)} [\text{sh}(n-k) \cdot \gamma_n - \text{sh}(n-k+1) \cdot \gamma_n] \end{aligned} \right\}$$



Từ đạo hàm  $\frac{d^2 U_x}{dx^2} = 0$  ta xác

$$\text{định được đĩa thứ } k = \frac{1}{2 \cdot \gamma_n} \cdot \ln \left( 1 + \frac{C_d + C_{dd} \cdot e^{n \cdot \gamma_n}}{C_d + C_{dd} \cdot e^{-n \cdot \gamma_n}} \right)$$

Các nguyên nhân gây sự phân bố điện áp không đều là do tồn tại các điện dung  $C_d$  và  $C_{dd}$   
 $C_d$ : làm cho điện áp giáng trên phần tử gần dây dẫn cao nhất và giảm dần về phía đất.

$C_{dd}$ : Làm cho điện áp gần xà cao nhất và giảm dần về phía dây dẫn

Do  $C_d \gg C_{dd}$  nên phân bố điện áp như hình vẽ.

Do sự phân bố điện áp không đều trên đĩa cách điện, đĩa gần dây dẫn có thể xuất hiện vầng quang. Vì vậy, với cấp điện áp cao  $U_{dm} > 110kV$  người ta tìm cách tăng  $C_{dd}$  để cải thiện sự phân bố điện áp. Người ta dùng các biện pháp sau:

Ghi chú: các đai kim loại ngoài tác dụng làm cho sự phân bố điện áp đều hơn trên chuỗi cách điện còn có tác dụng lái dòng hồ quang ra xa bề mặt chuỗi cách điện, tránh hư hỏng lớp men cách điện

### 3.4.2 Khi bề mặt ẩm ướt:

Trong trường hợp này, phân bố điện áp theo chiều dài của chuỗi đều đặn hơn vì chủ yếu là theo điện dẫn bề mặt của các phần tử.

$$U_u = \bar{E}_u \cdot n \cdot H$$

$n$ : là số đĩa trong chuỗi

$\bar{E}_u$ : Cường độ phóng điện ướt trung bình.

$H$ : Chiều cao của 1 đĩa cách điện

Với loại sứ loại  $\pi$  -4,5;  $\pi$  -7;  $\pi$  -8,5; thì  $\bar{E}_u \approx 2,15(kV/cm)$

$$\pi$$
 M-4,5 thì  $\bar{E}_u \approx 2,7(kV/cm)$

## IV. Cách chọn số lượng đĩa cách điện và các khoảng cách không khí nhỏ nhất cho phép:

**4.1 Số lượng đĩa:** số lượng đĩa phụ thuộc vào cấp điện áp, loại cách điện, vị trí chuỗi cách điện, vật liệu làm cột...

-Số lượng đĩa trong chuỗi phải đảm bảo sao cho điện áp  $U_u > U_{qanb}$  ứng với hệ số dự trữ nhất định.

$$U_u = \bar{E}_u \cdot n \cdot H \geq k_1 \cdot U_{qanb} \quad \text{với } k_1 > 1; \quad U_{qanb} = k_{cp} \cdot U_{pha \max} = k_{cp} \cdot \frac{U_{\text{âm}} \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

Trong tính toán có thể lấy  $k_1 = 1,1$

-> Như vậy số đĩa ứng với cột thép hoặc bê tông cốt thép được tính

$$n \geq \frac{1,1 \cdot U_{qanb}}{\bar{E}_u \cdot H} = \frac{1,1 \cdot k_{cp} \cdot U_{\text{âm}} \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{3} \cdot \bar{E}_u \cdot H}$$

Số đĩa trong thực tế được làm tròn lên rồi cộng 1 với cấp điện áp 35 ÷ 220kV. Đối với cấp điện áp lớn hơn 330kV thì cộng thêm 2. Đặc biệt tại các cột néo, cột góc, cột đầu, cột cuối ở cấp điện áp 35 ÷ 110kV phải cộng thêm 1 đĩa so với cột đỡ. Ở cấp điện áp lớn hơn 150kV, số lượng đĩa trong chuỗi lớn hơn 9 đĩa thì không có sự khác biệt số lượng đĩa ở cột đỡ và cột néo.

Đối với đường dây cột xà gỗ từ 35 ÷ 220kV thì số lượng đĩa cách điện ít hơn 1 so với đường dây cột sắt.

Đối với đường dây cột sắt sử dụng sứ loại  $\pi$ -4,5 ở các cấp điện áp khác nhau:

Điện áp định mức kV	35	110	220
Điện áp làm việc lớn nhất cho phép lâu dài(kV)	40,5	126	252
Trị số quá điện áp nội bộ tính toán (kV)	77	204	381
Hệ số bội cho phép $k_{cp}$	3,5	3,0	3,0
Trị quá điện áp nội bộ tính toán (kV)	110	256	475
Số lượng đĩa sứ	3	7	13
Điện áp xung phóng điện bé nhất $U_{0,5}$ kV	380	660	1140
Khoảng cách không khí bé nhất (cm) cho phép tại cột	45	115	210

#### 4.2 Khoảng cách không khí nhỏ nhất cho phép:

-Nếu đường dây đi qua vùng có ít sét thì khoảng cách đó được chọn theo điện áp phóng điện ứt của chuỗi cách điện hoặc chọn theo điều kiện quá điện áp nội bộ.

-Nếu đường dây đi qua vùng có nhiều sét thì khoảng cách này có độ lớn sao cho độ bền xung nhỏ nhất phải lớn hơn  $U_{0,5}$  của chuỗi cách điện ở cực tính dương.

Riêng đối với các đường dây đi qua các vùng bụi bẩn thì phải thực hiện các biện pháp sau đây để tăng tăng độ an toàn cho đường dây.

- + Tăng mức cách điện đường dây bằng cách tăng số đĩa cách điện của chuỗi sứ.
- + Dùng các loại cách điện đặc biệt cho các vùng bụi bẩn ( có chiều dài rò điện lớn hơn so với loại vật liệu cách điện thông thường).
- + Định kỳ làm sạch bề mặt cách điện.