

# Chương 1: Quá trình phóng điện trong chất khí

I/ Khái niệm chung

II/ Các dạng ion hoá

Lý thuyết phóng điện trong chất khí dựa trên cơ sở của hiện tượng ion hoá

- Hiện tượng ion hoá là quá trình phân ly các phân tử trung tính thành các hạt mang điện cụ thể là e- và ion+

- Muốn thực hiện được quá trình ion hoá thì phải cung cấp cho phân tử 1 năng lượng  $W \geq W_i$

Sản phẩm của quá trình ion hoá có khuynh hướng:

+ khuếch tán trong không khí

+ kết hợp

- Nếu  $W < W_i$  thì lúc đó phân tử sẽ ở trạng thái đặc biệt gọi là trạng thái bị kích thích. Ở trạng thái này điện tử không tách hẳn ra thành điện tử tự do mà nó từ một quỹ đạo này nhảy sang một quỹ đạo khác. Thực nghiệm cho thấy trạng thái này không tồn tại lâu dài mà chỉ sau một thời gian rất ngắn nó quay về trạng thái ban đầu và năng lượng mà chúng nhận được trước kia cũng trả lại dưới dạng quang năng

Trong lý thuyết phóng điện trong chất khí thì chúng ta có thể gặp các dạng ion hoá sau:

1) Ion hoá va chạm

2) Ion hoá quang

3) Ion hoá nhiệt

4) Ion hoá bề mặt

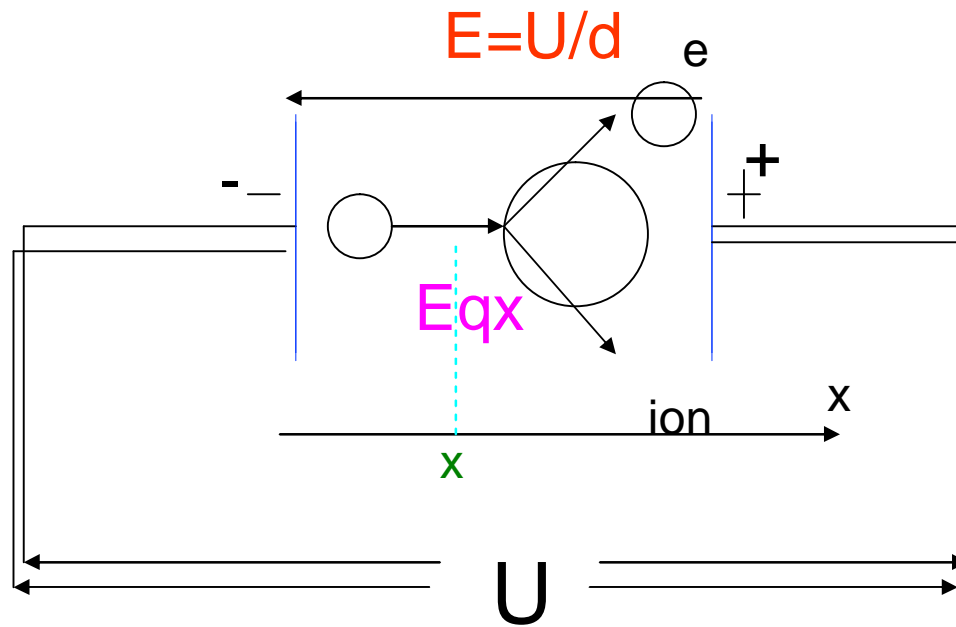
**\*\*Riêng Ion hoá va chạm ta có:**

Xảy ra khi có sự va chạm giữa 1 điện tử với phân tử khí trung tính

Điều kiện năng lượng:  $\frac{1}{2}mV^2 \geq W_i$

Một e- mang điện tích q di chuyển trong điện trường E thì khi đi qua 1 đoạn đường là x thì năng lượng tích lũy trên đoạn đường dịch chuyển sẽ là:

$$Eqx \geq W_i$$



### III/Các diễn biến của quá trình phóng điện trong chất khí

1) Định nghĩa phóng điện:

Phóng điện là sự hình thành dòng điện liên tục giữa các điện cực

Môi trường khí mà dẫn điện được người ta gọi tên nó là môi trường Plasma

Phóng điện là sự hình thành môi trường Plasma

2) Các giả thiết

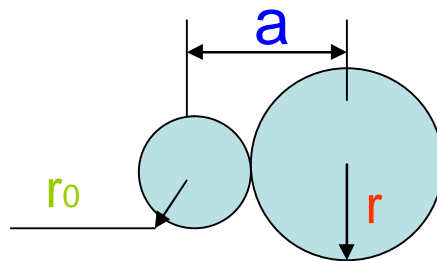
- Ban đầu ở trong khoảng không gian giữa 2 điện cực tồn tại ít nhất một điện tử tự do

- Xét quá trình phóng điện trong chất khí ở điều kiện nhiệt độ bình thường (20° C) tức là không xét đến ion hoá nhiệt

- Không xét đến hiện tượng ion hoá từng cặp

3) Hiện tượng ion hoá va chạm

Xét 1 điện tử có bán kính  $r_0$  di chuyển trong môi trường khí gồm nhiều phân tử khí bán kính  $r$ , mật độ phân tử khí là  $N$



$a$  là khoảng cách giữa 2 tâm

Để có va chạm xảy ra:  $r + r_0 \geq a$

Cho  $e^-$  di chuyển 1 Cm trong môi trường khí đó thì sẽ có  $\pi.(r + r_0)^2.1.N$  số phân tử khí va chạm với  $e^-$ .

Đây cũng chính là số lần va chạm  $S = \pi.(r + r_0)^2 .N$

4) Đoạn đường tự do trung bình ( $l$ )

Đoạn đường tự do trung bình ( $l$ ) là khoảng cách giữa 2 lần va chạm kế tiếp

$$l_{tb} = \frac{1}{S} = \frac{1}{\Pi (r + r_0)^2 \cdot N}$$

$$l_{tb}^{e^-} = \frac{1}{\Pi (r)^2 \cdot N} \quad (\text{Vi } r_0 \ll r)$$

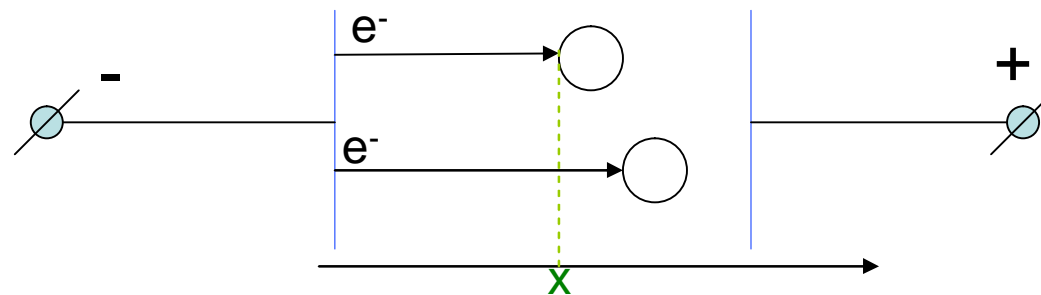
Thế  $N = P/KT \rightarrow l_{tb}^{e^-} = \frac{1}{\frac{\Pi r^2}{KT} \cdot P} = \frac{1}{AP}$  Với  $(A = \frac{\Pi \cdot r^2}{KT})$

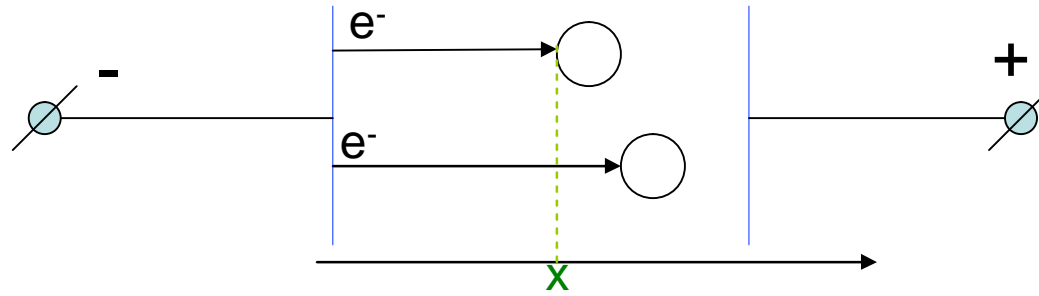
*Trong điều kiện nhiệt độ môi trường không đổi thì  $l$  tỉ lệ nghịch với  $p$*

Tuy nhiên trong thực tế do các phân tử khí phân bố trong môi trường khí là phân bố ngẫu nhiên do đó đoạn đường tự do trung bình cũng có tính ngẫu nhiên

\*\*\*Quy luật phân bố :

Xét khe hở không khí





Giả thiết ban đầu ở phía âm cực có  $n_0$  điện tử, dưới tác dụng của điện trường các điện tử di chuyển về phía cực dương  
 Trong quá trình di chuyển đó thì điện tử sẽ va chạm với phân tử khí và làm cho số  $e^-$  chưa va chạm càng ngày càng giảm  
 Giả sử tại toạ độ  $x$  còn  $n$  electron chưa va chạm với phân tử khí

$$l_{ne} \quad - \quad > \quad x$$

Tại  $x + dx$  thì còn  $(n-dn)e^-$  chưa va chạm với phân tử khí

$$l_{(n-dn)e} \quad - \quad > \quad x+dx$$

$dn$  : số điện tử đã va chạm với phân tử khí trên  $dx =$  số lần va chạm trên  $dx$

Phương trình vi phân:

$$\begin{aligned} dn &= -nSdx \\ \frac{dn}{n} &= -Sdx \\ n &= n_0 e^{-Sx} \\ \frac{n}{n_0} &= e^{-x/l_{tb}} \end{aligned}$$

Xác suất:  $P\{l \geq x\} = e^{-x/l_{tb}}$

Ý nghĩa: nói lên khả năng để 1  $e^-$  chưa va chạm với phân tử khí tại  $x$

5) Hệ số ion hoá va chạm  $a$

Hệ số ion hoá va chạm: biểu thị số lần va chạm mà gây ion hoá khi  $e^-$  đi 1 đoạn đường 1 cm

$$a = S.P \{ l \geq x_i \}$$

$$a = Ap \cdot e^{-x_i / l_{ib}}$$

$$= Ap \cdot e^{-\frac{W_i}{Eq} \cdot Ap}$$

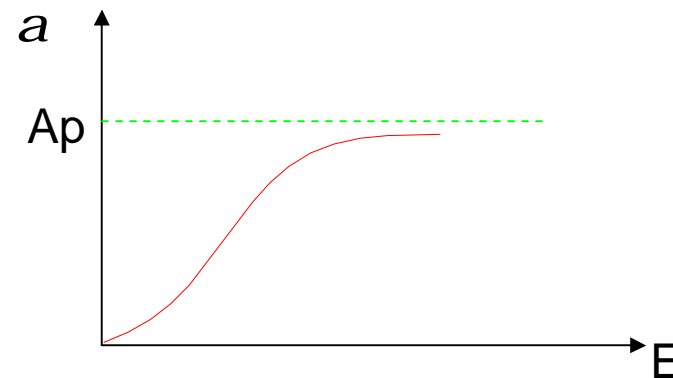
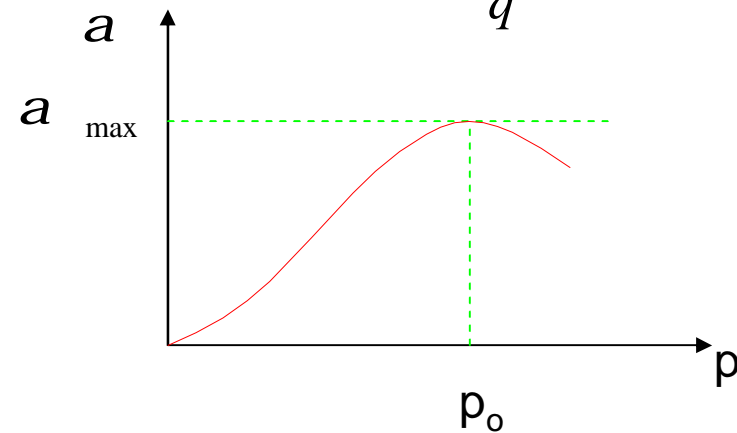
$$= Ap \cdot e^{-Bp / E}$$

→  $a = f(p, E)$

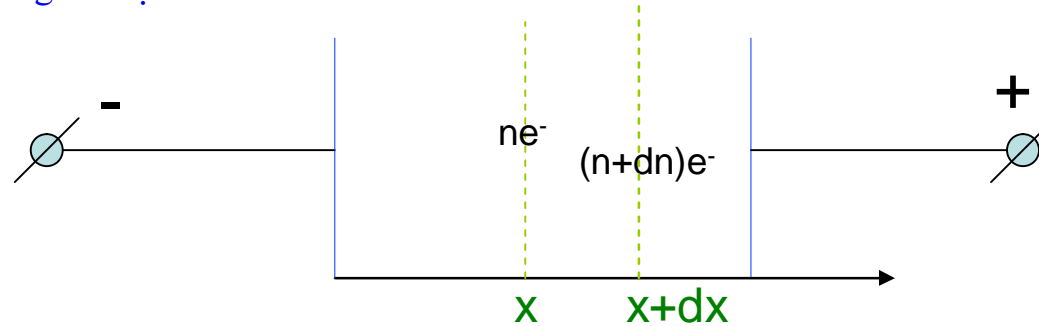
@  $E = \text{const}$  →  $a = f(p)$

@  $p = \text{const}$  →  $a = f(E)$

Với  $A = \frac{\prod r^2}{KT}$   
 $B = \frac{AW_i}{q}$



## 6) Quy luật tăng số điện tích



Giả thuyết ban đầu ở phía âm cực có 1 điện tử dưới tác dụng của điện trường  $e^-$  di chuyển về phía cực dương

Trong quá trình di chuyển đó sẽ va chạm với phân tử khí và gây ion hoá với hệ số ion hoá va chạm  $a$

Các điện tử mới sinh ra cũng sẽ di chuyển dưới tác dụng của điện trường và cũng gây ion hoá. Quá trình cứ thế tiếp tục làm cho số điện tích giữa 2 bản cực ngày càng tăng

Giả sử tại  $x$  thì số điện tử tăng lên là  $ne^-$

tại  $x+dx$  thì số điện tử tăng lên là  $(n+dn)e^-$

$dn$ : số  $e^-$  tăng lên trên  $dx =$  số lần va chạm gây ion hoá trên  $dx$

Phương trình vi phân:

$$\frac{dn}{n} = a dx$$

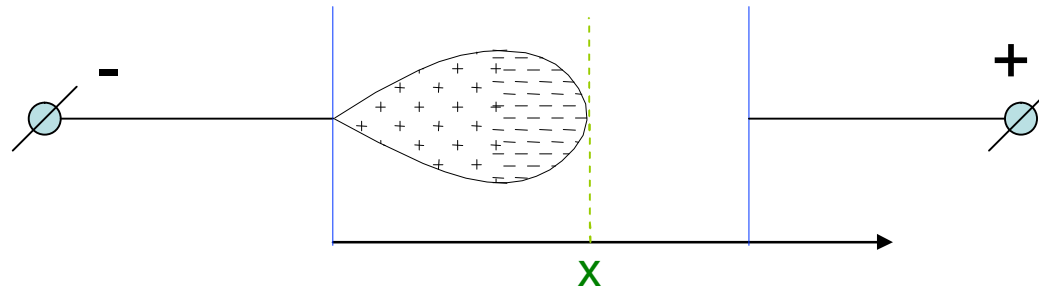
$$n = e^{\int_0^x a dx}$$

Với  $p = \text{const}$ ,  $E = \text{const}$  thì  $a = \text{const} \longrightarrow n = e^{ax}$

Vậy quy luật tăng số điện tích là tăng theo quy luật hàm mũ

### 7) Sự hình thành phóng điện :

Song song với sự phát sinh của điện tử kèm theo sự phát sinh của ion dương với cùng số lượng và các điện tích này sẽ tập hợp thành thác điện tử



Các  $e^-$  do nhẹ di chuyển với tốc độ nhanh đồng thời dễ khuếch tán phân bố trong khoảng không gian tương đối rộng. Còn các ion $^+$  nặng di chuyển chậm  $\left( v_{ion^+} = \frac{1}{100} v_{e^-} \right)$  cho nên tập trung ở phía sau

Dưới tác dụng của điện trường thì các  $e^-$  càng ngày càng được kéo dài ra cho đến lúc nó nối liền khoảng cách giữa các điện cực. Lúc đó thác sẽ tự triệt tiêu bởi vì các điện tích khác dấu đã được trung hoà trên các điện cực đối diện

Quá trình này chưa thể gọi là phóng điện được bởi vì chưa hình thành dòng liên tục giữa các điện cực

Muốn có phóng điện :

- Phải có nhiều thác điện tử

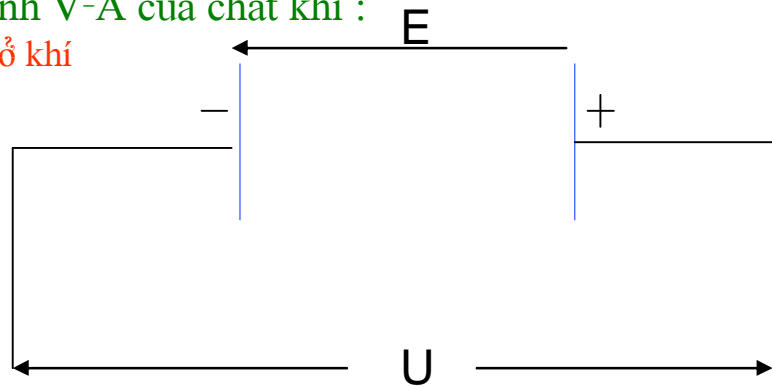
- Thác điện tử thế hệ sau phải sản sinh ra trước khi thác thế hệ trước nó triệt tiêu

- Mỗi một thác điện tử thì đều đòi hỏi 1  $e^-$  tác dụng ban đầu thứ cấp. Nhưng các  $e^-$  tác dụng ban đầu của các thế hệ sau phải được sản sinh ra ngay trong **nội bộ** khe hở khí dựa vào hiện tượng ion hoá quang ở áp suất cao hoặc ion hoá bề mặt ở áp suất thấp

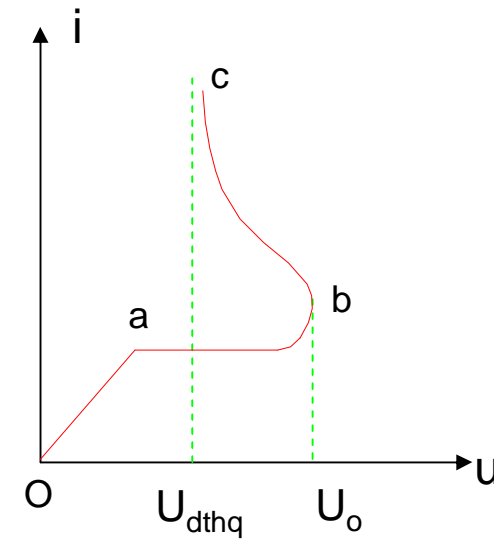


#### IV) Đặc tính V-A của chất khí :

Xét 1 khe hở khí



Đặt lên nó 1 điện áp 1 chiều và tăng dần từ thấp đến cao



$U_{dthq}$  - điện áp duy trì hồ quang

-Giai đoạn 0a : khi  $u$  tăng thì  $I$  tăng, phù hợp định luật Ohm

Trong khe hở không khí luôn tồn tại các điện tích tự do do quá trình ion hoá bên ngoài, dưới tác dụng của điện trường thì các điện tích tự do di chuyển hình thành dòng điện. Khi  $u$  tăng thì  $E$  tăng, lúc đó vận tốc dịch chuyển tăng lên làm số điện tích đi về các cực đối diện trong 1 đơn vị thời gian tăng lên dẫn đến dòng tăng

-Giai đoạn ab : khi  $u$  tăng,  $I = \text{const}$ , gọi là giai đoạn bão hoà  
Vì số điện tích tự do có sẵn trong khe hở không khí có giới hạn

-Giai đoạn bc :

Tại b điện áp đạt đến giá trị  $u_o$

$u$  tăng thì  $E$  tăng dẫn đến số lượng điện tích tăng lên làm  $I$  tăng

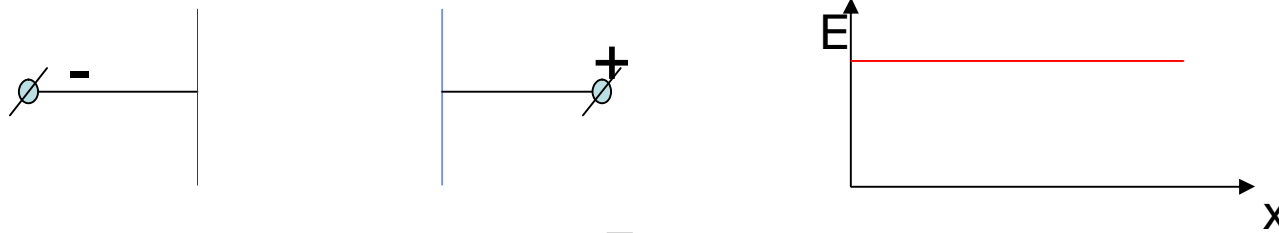
Lúc này ta gọi khối khí đó đã bị phóng điện

Nếu duy trì nguồn thì điện áp sẽ tự động tụt đến giá trị đủ để dập tắt hồ quang

## Chương 2 : Ảnh hưởng của phân bố trường đến quá trình phóng điện trong chất khí

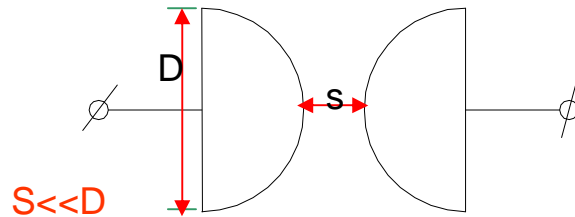
### I) Phân loại điện trường :

- Điện trường đều (đồng nhất) là điện trường mà có phân bố theo thời gian là không thay đổi



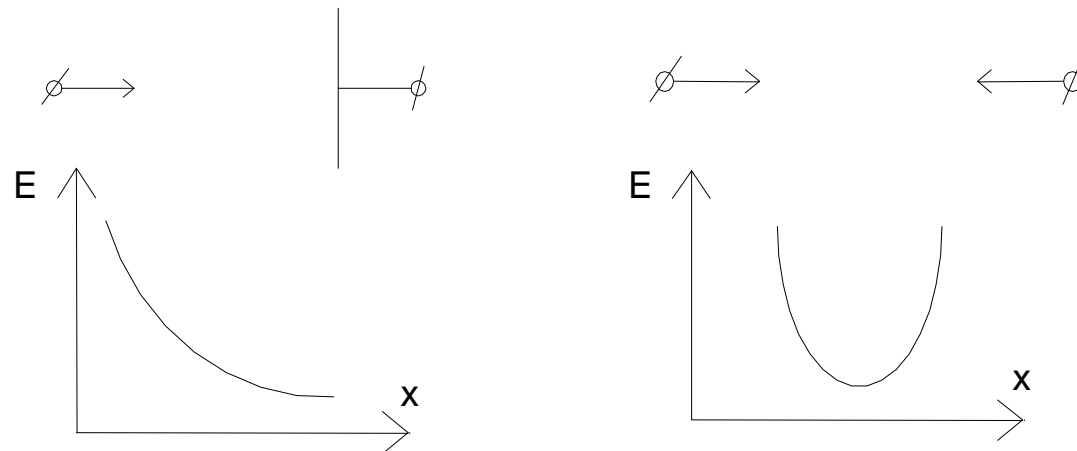
$$K = \frac{E_{\max}}{E_{tb}} = 1$$

- Điện trường gần đều



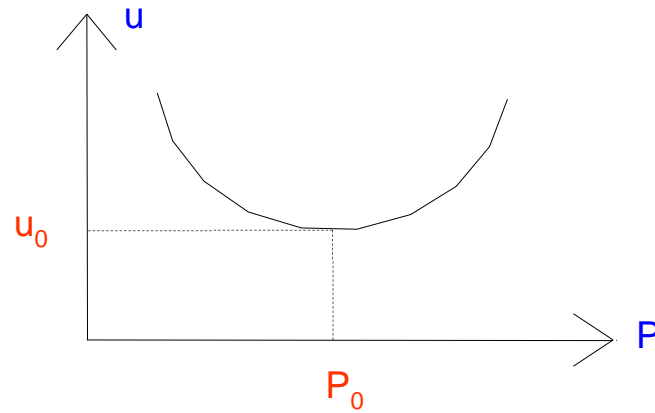
$$K = \frac{E_{\max}}{E_{tb}} = 1,5 \div 2$$

- Điện trường không đều :  $K \gg 1$



II) Phóng điện trong điện trường đều:

Định luật Pasen



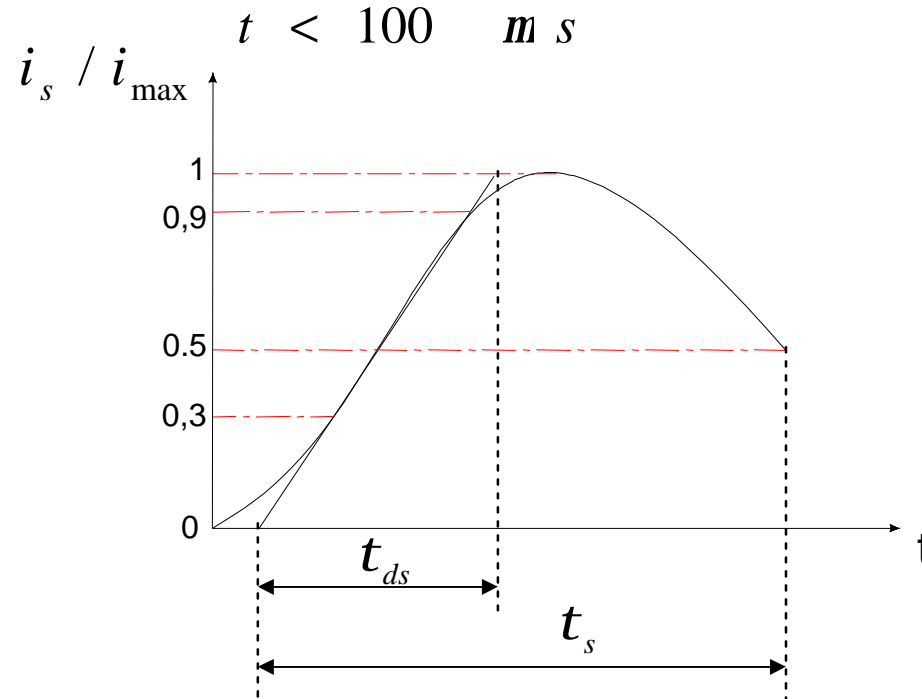
III) Phóng điện trong điện trường gần đều:

IV) Phóng điện trong điện trường gần đều:

### Chương 3: Phóng điện ở điện áp xung

#### 1) Khái niệm chung:

Phóng điện ở điện áp xung là do sét gây nên với biên độ rất lớn và thời gian tồn tại rất bé



Trong đó :  $t_{ds}$  Là thời gian đầu sóng (độ dài đầu sóng)

$t_s$  Là độ dài sóng

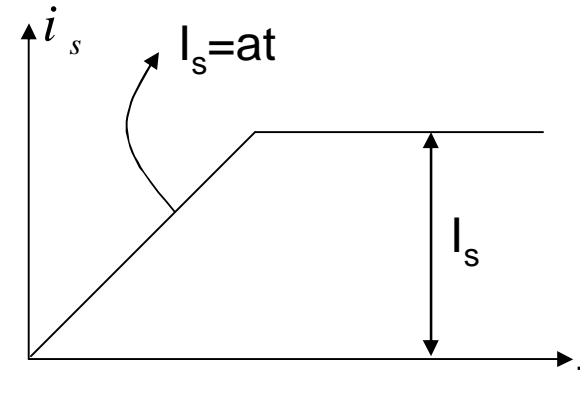
Trong thực tế giảm nhỏ hơn 50% so với giá trị cực đại thì sóng sét đó không còn khả năng gây nguy hiểm cho cách điện, cho nên không cần quan tâm đến phần sau của sóng

Tỉ số đặc trưng cho dạng sóng:  $\frac{t_{ds}}{t_s}$ , theo Liên Xô:  $\frac{t_{ds}}{t_s} = \frac{1,5}{40}$

theo Châu Âu:  $\frac{t_{ds}}{t_s} = \frac{1,2}{50}$

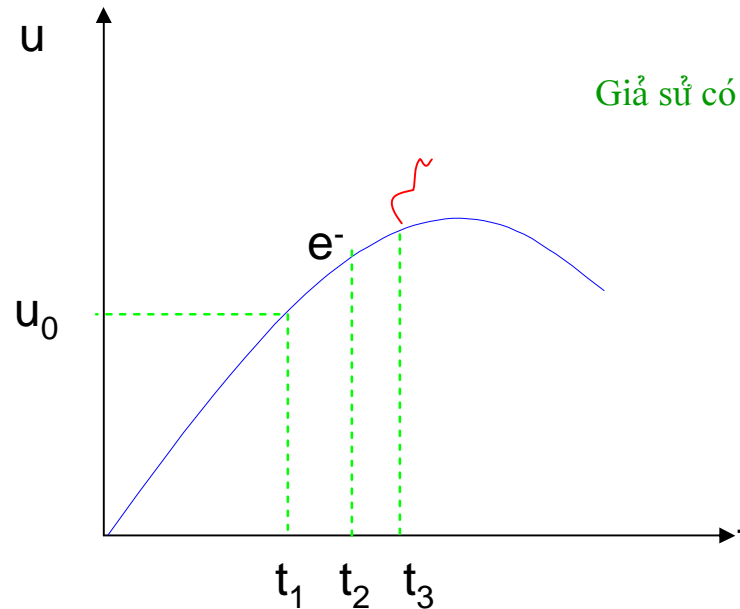
Trong tính toán hiện nay thì ta có đồ thị

a : Độ dốc của dòng điện sét



## II) Thời gian phóng điện:

Đối với điện áp xung do thời gian tồn tại của nó rất bé cho nên chúng ta phải quan tâm đến thời gian phóng điện



Giả sử có 1 sóng điện áp xung như hình vẽ

Tại  $t_1$   $u$  đạt đến  $u_0$  nhưng chất khí vẫn chưa bị phóng điện mà phải chờ đến thời điểm  $t_2$  thì mới xuất hiện electron tác dụng ban đầu. Từ đây mới hình thành thác điện tử, dòng Plasma và đến  $t_3$  thì mới gây phóng điện.

Thời gian từ  $t_1$  đến  $t_2$  là thời gian chờ đợi  $e^-$  tác dụng ban đầu xuất hiện được gọi là thời gian chậm trễ thống kê ( $t_{tk}$ )

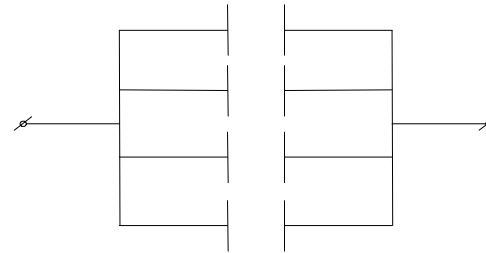
Thời gian từ  $t_2$  đến  $t_3$  là thời gian hình thành phóng điện ( $t_{ht}$ )

## 1) Thời gian chậm trễ thống kê :

Người ta gọi là thời gian chậm trễ thống kê ( $t_{tk}$ ) vì thời gian này rất là tản mạn có thể nhanh chậm khác nhau và chỉ có thể xác định bằng phương pháp thống kê

### \*\*\* Quy luật phân bố của $t_{tk}$

Lấy  $n_0$  khe hở giống nhau và đặt lên nó cùng 1 điện áp



Giả sử trong 1 đơn vị thời gian có  $k$  điện tử ban đầu xuất hiện thì người ta định nghĩa Thời gian chậm trễ thống kê trung bình

$$t = \frac{1}{k}$$

Giả thiết tại thời điểm  $t$  còn  $n_t$  khe hở chứa phóng điện

$$t_{tk}^{n_t} > t$$

Giả thiết tại thời điểm  $(t + dt)$  còn  $(n_t - dn_t)$  khe hở chứa phóng điện

$$t_{tk}^{n_t - dn_t} > t + dt$$

$dn_t$  : số khe hở đã phóng điện trong thời gian  $dt =$  số  $e^-$  tác dụng ban đầu xuất hiện trong thời gian  $dt$

Phương trình vi phân:  $dn_t = -n_t \cdot k \cdot dt$

$$\longrightarrow \frac{dn_t}{n_t} = -k dt \longrightarrow n_t = n_0 e^{-kt} \longrightarrow \frac{n_t}{n_0} = e^{-t/t}$$

Xác suất:  $P \{ t_{tk} \geq t \} = e^{-t/t}$

### \*\*\* Yếu tố ảnh hưởng đến $t_{tk}$ :

- Vật liệu làm điện cực: có công thoát ( $W_{thoát}$ ) càng bé thì  $t_{tk}$  càng nhỏ
- Điện áp tác dụng lên điện cực
- Phân bố điện trường

## 2) Thời gian hình thành phóng điện :

$$t_{ht} = t_{thác} + t_{dòng\ Plasma} + t_{ngược}$$

\*\*\*Yếu tố ảnh hưởng đến  $t_{ht}$  :

-Điện áp :  $u$  tăng thì  $t_{ht}$  giảm

-Thời gian phóng điện  $t_p = t_{tk} + t_{ht}$  , phụ thuộc vào  $U$

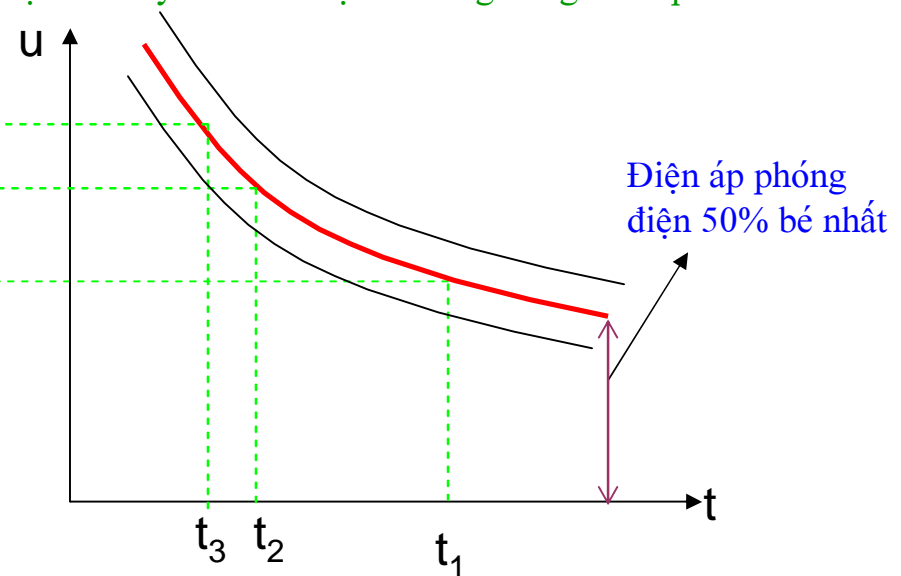
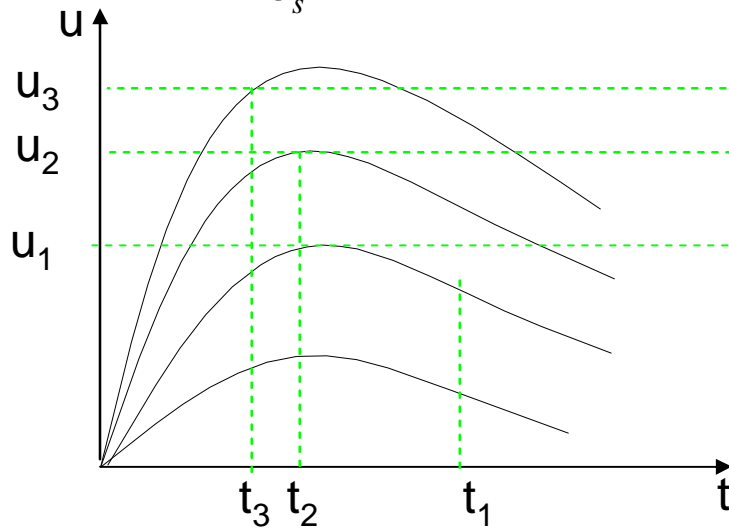
Khi  $u$  tăng thì  $t_p$  giảm

Quan hệ giữa  $u$  và  $t_p$  gọi là đặc tính Volt - Giây của cách điện

## III) Đặc tính Volt - Giây của cách điện :

### 1) Cách xây dựng đặc tính Volt - Giây của cách điện :

Lấy sóng xung có  $\frac{t_{ds}}{t_s} = \text{const}$  , cho tác dụng lên cách điện và thay đổi biên độ của sóng xung từ thấp đến cao



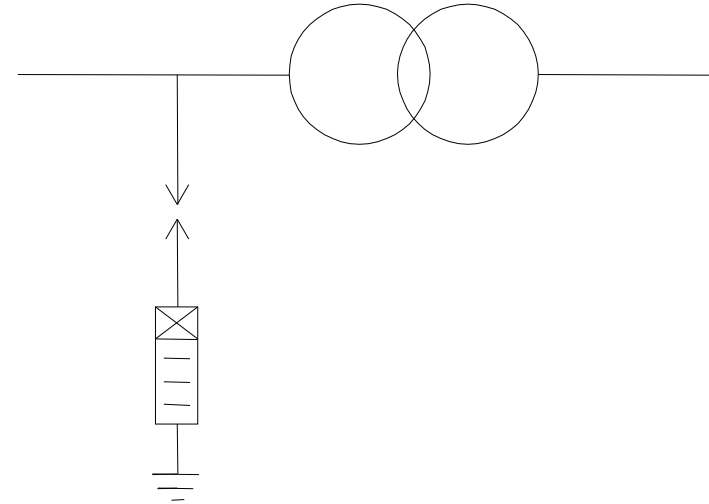
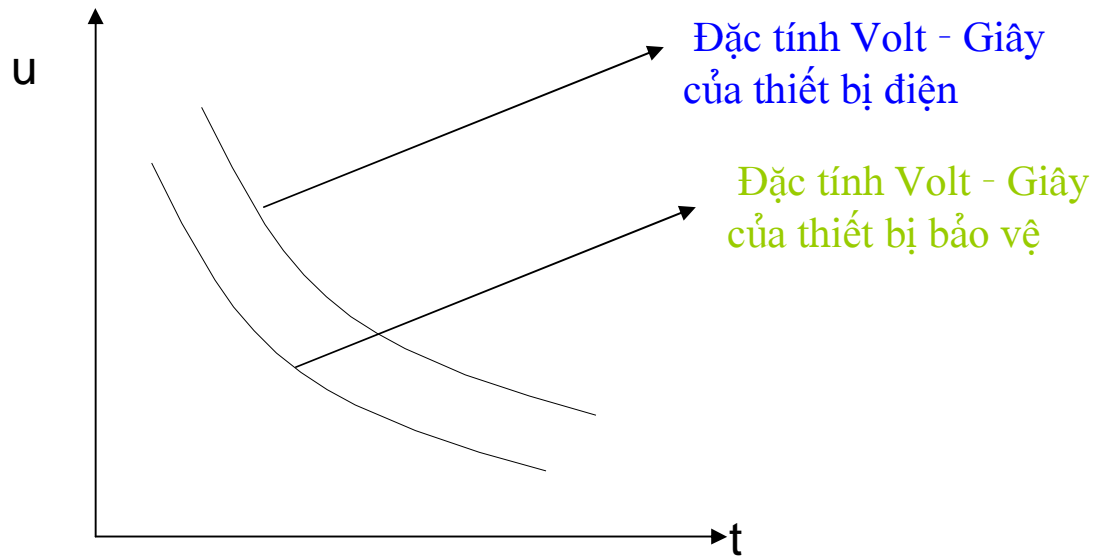
Như vậy đặc tính V-S là 1 miền tập hợp nhiều điểm

Trong thực tế nó được biểu diễn là đường cong trung bình có kèm theo giới hạn sai số với đường trung bình đó

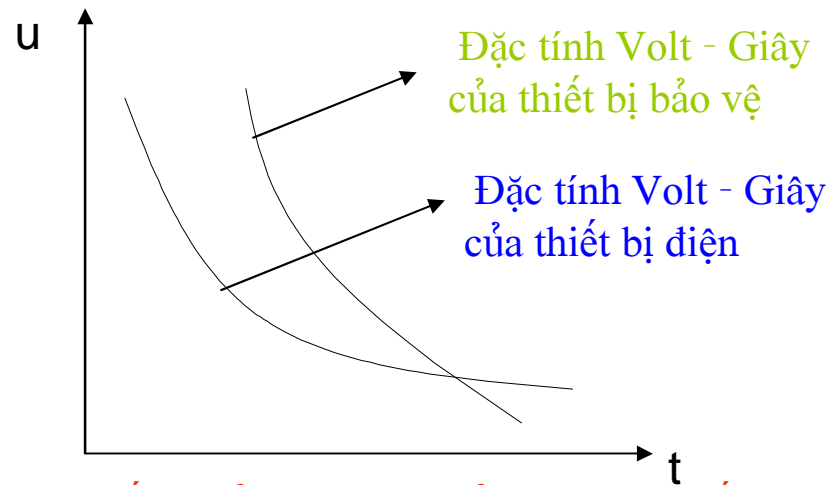
## 2) Công dụng của đặc tính Volt - Giây :

Dùng để phối hợp cách điện giữa thiết bị điện và thiết bị bảo vệ

Ví dụ : để bảo vệ cho máy biến áp (MBA) ta sử dụng chống sét van (CSV)



Thiết bị bảo vệ bảo vệ được thiết bị điện



Thiết bị bảo vệ không bảo vệ được thiết bị điện



## Chương 4: Phóng điện dọc bề mặt điện môi rắn

### I) Khái niệm chung:

Ta xác định được khả năng cách điện của các điện môi như sau:

- Đối với điện môi khí (không khí):  $E_0=30 \text{ kv/cm}$
- Đối với điện môi lỏng (dầu biến áp):  $E_0=150 \text{ kv/cm}$
- Đối với điện môi rắn (sứ, thuỷ tinh):  $E_0=500 \text{ kv/cm}$

Vì vậy khi điện môi rắn đặt trong môi trường khí thì xảy ra hiện tượng phóng điện dọc theo bề mặt của điện môi đó

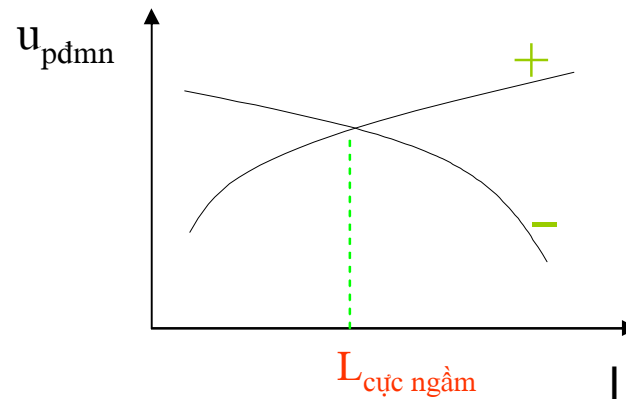
Các dạng phóng điện này không gây hư hỏng cho cách điện, tuy nhiên nó gây ra sự cố ngắn mạch trong hệ thống ảnh hưởng đến độ tin cậy cung cấp điện

### II) Phóng điện dọc bề mặt điện môi rắn trong điện trường đều:

### III) Phóng điện dọc bề mặt điện môi rắn trong điện trường không đều:

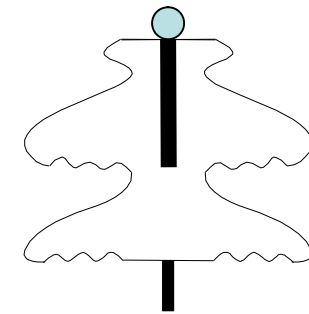
### IV) Biện pháp nâng cao điện áp phóng điện bề mặt ngoài

- Trong vận hành, thường xuyên lau chùi rửa sạch mặt ngoài
- Trong chế tạo:
  - + chế tạo sứ cách điện gồm nhiều tầng, lá để tăng chiều dài phóng điện mặt ngoài
  - + chế tạo cực ngậm kim loại đặt bên trong bát sứ



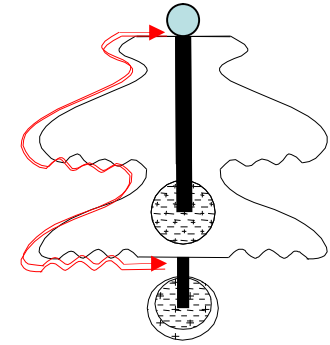
Chiều dài cực ngậm

} SGK



-Khi cực ngậm mang cực tính dương, nếu chiều dài cực ngậm tăng lên thì khoảng cách giữa đầu cực ngậm và ty sứ giảm xuống, lúc đó E tăng lên (do điện tích dương phía đầu cực ngậm tăng lên) làm điện tích trên dây dẫn giảm xuống  $\longrightarrow E_d$  giảm . Quá trình phóng điện từ dây dẫn đến ty sứ khó xảy ra  $\longrightarrow U_{pdmn}$  tăng

-Khi cực ngậm mang cực tính âm, nếu chiều dài cực ngậm tăng lên thì khoảng cách giữa đầu cực ngậm và ty sứ giảm xuống, lúc đó E tăng lên (do điện tích dương phía sứ tăng lên)  $\longrightarrow E_{ty\ sứ}$  tăng . Quá trình phóng điện từ ty sứ đến dây dẫn dễ xảy ra hơn  $\longrightarrow U_{pdmn}$  giảm



## Chương 5: Phóng điện vàng quang

### I) Khái niệm chung:

Là 1 dạng phóng điện tự duy trì xảy ra trong trường không đều  
Quá trình phóng điện không kéo dài trên toàn bộ khoảng cực mà chỉ xảy ra ở lân cận điện cực có bán kính bé  
Gây ra dòng điện vàng quang (tính chất giống dòng rò) → Tổn thất vàng quang  
Vd:  $U_{dm} = 400$  kV gây ra tổn thất 19 kW/ 1km

### II) Phóng điện vàng quang trên đường dây cao áp 1 chiều

### III) Phóng điện vàng quang trên đường dây cao áp xoay chiều

### IV) Biện pháp giảm tổn thất vàng quang

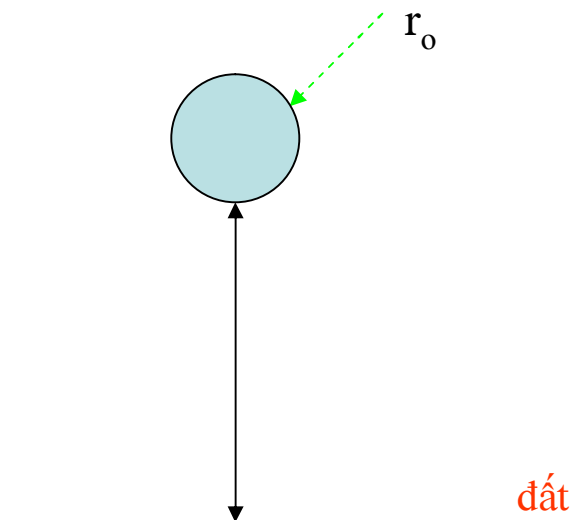
$$E_{dd} > 30 \text{ kV/cm}$$

Biện pháp chủ yếu để giảm tổn thất vàng quang là giảm  $E_{dd} < 28$  kV/cm thì không phát sin vàng quang

Cho 1 đường dây bán kính  $r_o$  đặt cách đất 1 đoạn là  $h$  thì cường độ điện trường

$$E_{dd} = \frac{U_{pha}}{r_o \ln \frac{2h}{r_o}}$$

; để ↓  $E_{dd}$  thì ↑  $r_o$



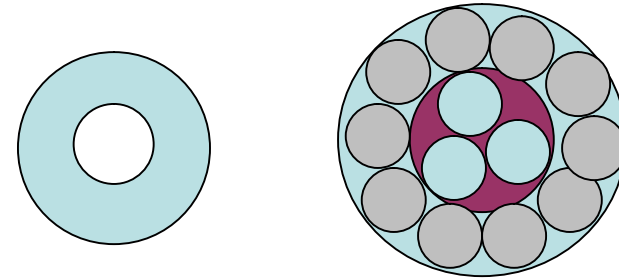
} SGK

**ĐZ**

$$U_{dm} = 110 \text{ kv} : F \geq 70 \text{ mm}^2$$

$$U_{dm} = 220 \text{ kv} : F \geq 240 \text{ mm}^2$$

- Tăng  $r_o$  : - Dùng dây dẫn rỗng (nhưng có độ bền kém)  
 - Dùng dây lõi thép AC



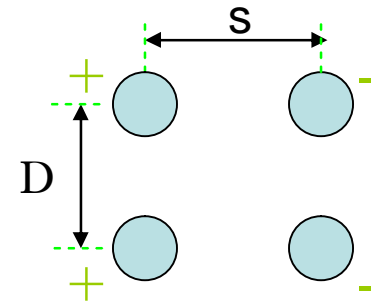
Việc tăng bán kính dây dẫn là có giới hạn bởi vì :

Khi bước qua lĩnh vực siêu cao áp (EHV) thì khi chúng ta tăng  $r$  để thoả mãn điều kiện vàng quang thì lúc đó dây dẫn sẽ rất lớn gây nhiều khó khăn cho thi công, lắp ráp và không kinh tế

Do đó người ta phân pha dây dẫn

- Số lượng dây phân pha :  $n$
- Khoảng cách giữa các dây phân pha :  $D$

Xét đường dây 2 pha mỗi pha 2 dây phân nhỏ



Xuất phát từ hệ phương trình Maxwell ta có phương trình nói lên sự liên quan giữa điện áp và điện tích :

\* Với 2 dây:  $u_{pha} = q(a_{11} + a_{12})$

Trong đó :  $a_{11}$  : Hệ số thế bản thân

$$a_{11} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \ln \frac{s}{r_o}$$

$a_{12}$  : Hệ số thế tương hỗ

$$a_{12} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \ln \frac{s}{D}$$

$$u_{pha} = \frac{q}{2\pi\epsilon} \left( \ln \frac{s}{r_o} + \ln \frac{s}{D} \right) = \frac{2q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{s}{r_{td}} \quad \text{Với} \quad (r_{td} = \sqrt{r_o D})$$

\* Với n dây:

$$u_{pha} = \frac{nq}{2\Pi e} \ln \frac{s}{r_{td}}$$

Với  $r_{td} = \sqrt[n]{r_o D_1 D_2 \dots D_n}$

Như vậy với điện áp  $U_{pha}$  thì trên dây dẫn có điện tích:

$$q = \frac{2\Pi e \cdot u_{pha}}{2 \ln \frac{s}{r_{td}}} \quad (\text{Với 2 dây})$$

$$q = \frac{2\Pi e \cdot u_{pha}}{n \ln \frac{s}{r_{td}}} \quad (\text{Với n dây})$$

Tương ứng trên dây dẫn có điện trường E

E trên dây dẫn gồm 2 thành phần:

- Do chính bản thân điện tích q gây ra

$$E_1 = \frac{q}{2\Pi e \cdot r_o} = \frac{u_{pha}}{2r_o \ln \frac{s}{r_{td}}}$$

- Do điện tích q trên dây phân nhỏ lân cận gây ra

$$\Delta E = \frac{q}{2\Pi e \cdot D} = \frac{q \cdot r_o}{2\Pi e \cdot r_o \cdot D} = E_1 \cdot \frac{r_o}{D}$$

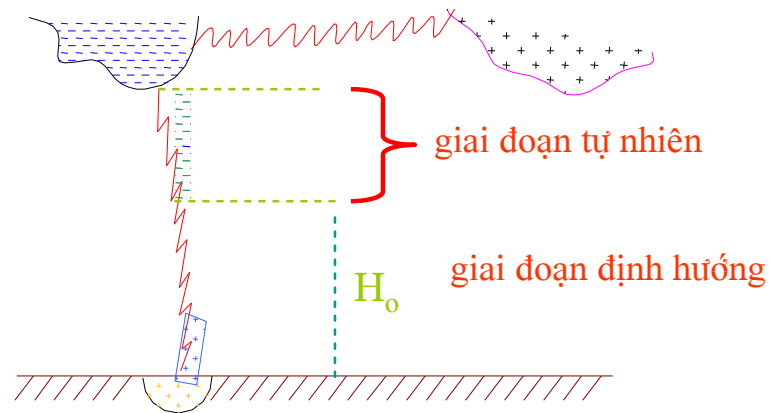
Điện trường E trên dây phân nhỏ:  $E = E_1 + 2\Delta E = f(n, D)$

## Chương 6: Phóng điện sét và bảo vệ chống sét đánh thẳng

### I) Hiện tượng phóng điện sét:

#### 1) Đặc điểm:

- Sét là 1 dạng phóng điện tia lửa ở trong trường không đều giữa các đám mây hoặc từ mây đến đất
- Ở khoảng cách rất lớn :trung bình 500m
- Phóng điện sét có 2 dạng:
  - \*Giai đoạn tiên đạo phát triển tự nhiên
  - \*Giai đoạn tiên đạo phát triển định hướng



#### 2) Giải thích:

80% đám mây tích điện tích âm

Khi số lượng điện tích trong đám mây đủ lớn sao cho cường độ điện trường vượt quá cường độ trường gây ion hoá không khí ( $E > E_0 = 30 \text{ kV/cm}$ ) thì không khí xung quanh đó bị ion hoá và hình thành Plasma

Xét tia Plasma về phía mặt đất thì trong giai đoạn đầu tia plasma tăng tự nhiên. Và như chúng ta đã biết tia Plasma là một môi trường dẫn điện cho nên các điện tích âm trong đám mây sẽ theo tia Plasma đi xuống.

Khi tia Plasma tăng đến một độ nhất định nào đó mà  $E$  do các điện tích âm gây ra, nó ảnh hưởng phía mặt đất thì lúc đó phía mặt đất sẽ có hưởng ứng điện tích và tập trung các điện tích khác dấu trên mặt đất. Nếu đất là đồng nhất (tức điện trở suất của đất tại mọi điểm là như nhau) thì điện tích dương sẽ tập trung phía đầu tia tiên đạo. Nếu đất là không đồng nhất thì các điện tích dương sẽ tập trung về nơi có điện dẫn cao. Và quá trình phóng điện tiếp theo sẽ tăng dọc theo đường sức trường nối liền giữa đường tia tiên đạo và nơi tập trung các điện tích khác dấu trên mặt đất.

Sau đó sẽ có quá trình phóng điện ngược từ đất lên

Phóng điện sét có 1 qua trình chủ yếu là phóng từ (+) về (-)

Các điện tích (+) tập trung thành sóng điện tích lan truyền từ mặt đất đi lên với vận tốc  $v$

Nếu gọi mật độ điện tích theo đường đi là:  $S$

Thì theo định nghĩa về dòng điện ta có  $i_s = S \cdot v$

$i_s = S \cdot v$  Được tính khi sét đánh vào nơi nối đất tốt ( $R=0$ )

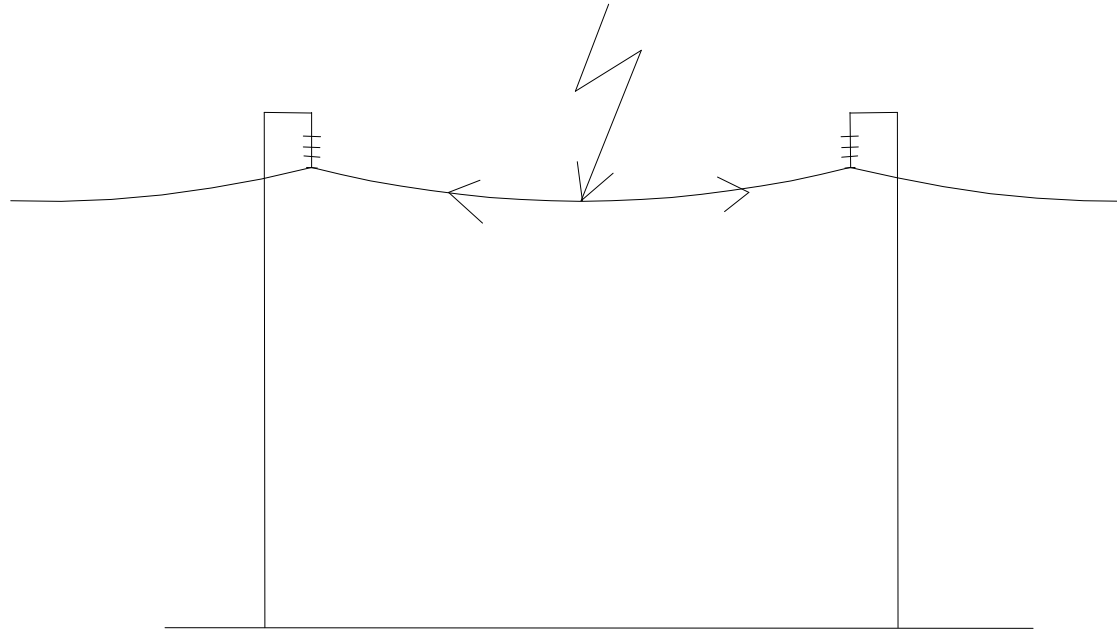
Khi  $R \neq 0$

$$i_s (R \neq 0) = i_s (R = 0) \cdot \frac{Z_o}{Z_o + R}$$

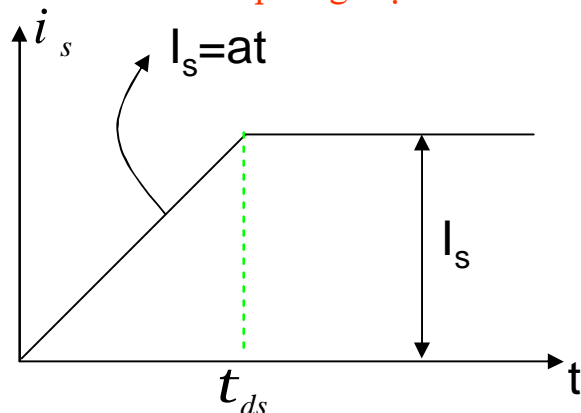
$Z_o$  là tổng trở của khe sét ( $\approx 200 \Omega$ )

Sét đánh vào dây dẫn thì dòng điện chạy trên dây dẫn:  $i_{dd} = i_s (R = 0) \cdot \frac{Z_o}{Z_o + \frac{Z_{dd}}{2}} \approx \frac{i_s}{2}$

Với  $Z_{dd} \approx 400 \Omega$



### 3) Các tham số của phóng điện sét:



$a$  : Độ dốc của dòng điện sét

$I_s$  : biên độ của dòng điện sét

$$0 \leq t \leq t_{ds} \quad : i_s = at$$

$$t > t_{ds} \quad : i_s = I_s$$

-Biên độ của dòng điện sét :  $I_s$

$$P \{ I_s \geq I_i \} = e^{-I_i / 26}, 1$$

- Độ dốc của dòng điện sét :

$$P \{ a \geq a_i \} = e^{-a_i / 10}, 9$$

### 4) Cường độ hoạt động của sét:

Theo từng vùng hay từng địa phương thì người ta biểu hiện cường độ hoạt động của sét bằng số ngày , số giờ có sét hằng năm

Ngày có sét: là ngày có sét xuất hiện ít nhất 1 lần từ 0h đến 24h

Vùng xích đạo: 100-150 ngày/năm

Vùng nhiệt đới: 75-100 ngày/năm

Vùng ôn đới: 30-50 ngày/năm

-Mật độ sét :  $m_s$

là số lần sét đánh xuống 1 km<sup>2</sup> mặt đất trong 1 ngày sét

$$m_s = (0,1 - 0,15) \text{ lần/ km}^2 \text{ ngày}$$



## II) Bảo vệ chống sét đánh thẳng (trực tiếp):

Dùng hệ thống thu sét:

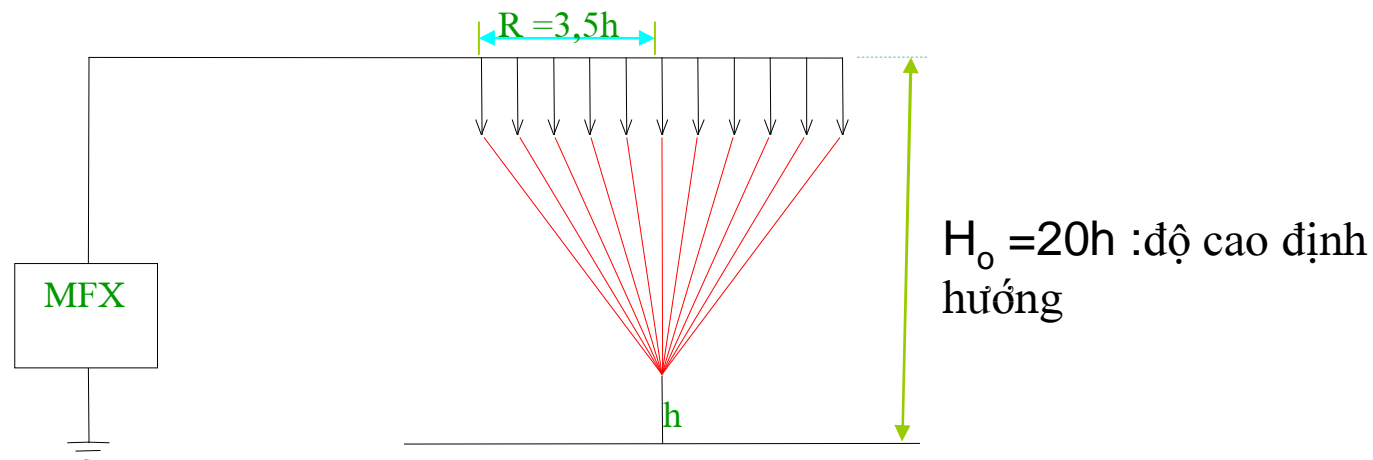
- Bộ phận thu sét :kim ,dây
- Bộ phận nối đất
- Bộ phận liên lạc (dây nối đất)

### 1) Xác định phạm vi bảo vệ của 1 cột chống sét:

Thí nghiệm của A. Copian (Liên Xô)

Dùng máy phát xung, đầu ra của máy phát xung được nối với mũi nhọn thể hiện như đầu tia tiên đạo của sét

Ở phía mặt đất thì dùng 1 kim làm mô hình cho cột thu sét



Thí nghiệm:

Cho mũi nhọn di chuyển trên mặt phẳng nằm ngang thì thấy xuất hiện vùng có  $R = 3,5h$

Nếu tiên đạo sét mà xuất hiện trong vùng này thì chắc chắn sẽ phóng điện vào đỉnh của kim thu lôi

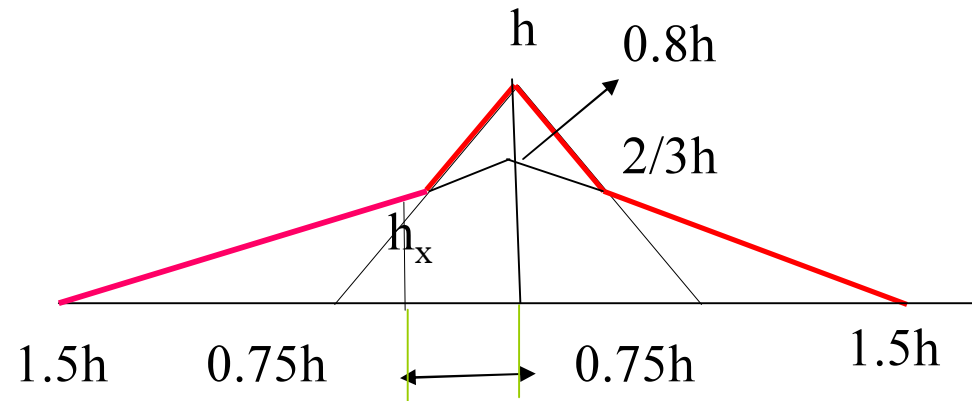
Nếu tiên đạo sét mà xuất hiện ngoài vùng này thì hoặc sẽ đánh vào đỉnh của cột hoặc đánh xuống đất

Đặc biệt những lần phóng xuống đất đều cách chân cột từ  $1,6h$  trở lên

Do đó ta gọi  $1,6h$  là bán kính bảo vệ ở độ cao mặt đất ( $h_x = 0$ )

Để xác định bán kính bảo vệ ở ( $h_x \neq 0$ ) thì ông ta đưa vào mô hình 1 cây kim có độ cao là  $h_x$ . Cho kim di chuyển thì sẽ xác định được bán kính bảo vệ tới hạn  $r_x$ . Nếu ra ngoài  $r_x$  thì sét sẽ đánh vào kim  $h_x$ . Làm thí nghiệm với nhiều cây kim có độ cao  $h_x$  khác nhau ta có  $r_x$  như sau:

$$r_x = 1,6 \cdot \frac{h - h_x}{1 + \frac{h_x}{h}}$$



Từ phương trình ta vẽ được các đường sinh như hình vẽ

Để đơn giản trong tính toán thì người ta thay đường sinh của hình nón

tròn xoay đó bằng gấp khúc như hình vẽ sau

Phương trình xác định bán kính bảo vệ: Khi  $h_x \leq \frac{2}{3}h$  thì  $r_x = 1,5h \cdot (1 - \frac{h_x}{0,8h})p$

$h_x \geq \frac{2}{3}h$  thì  $r_x = 0,75h \cdot (1 - \frac{h_x}{h})p$

$p$  là hệ số hiệu chỉnh (phạm vi bảo vệ)

$p = 1$  Khi  $h \leq 30 m$

$p = \frac{5,5}{\sqrt{h}}$  Khi  $h \geq 30 m$

## 2) Xác định phạm vi bảo vệ của 2 cột chống sét:

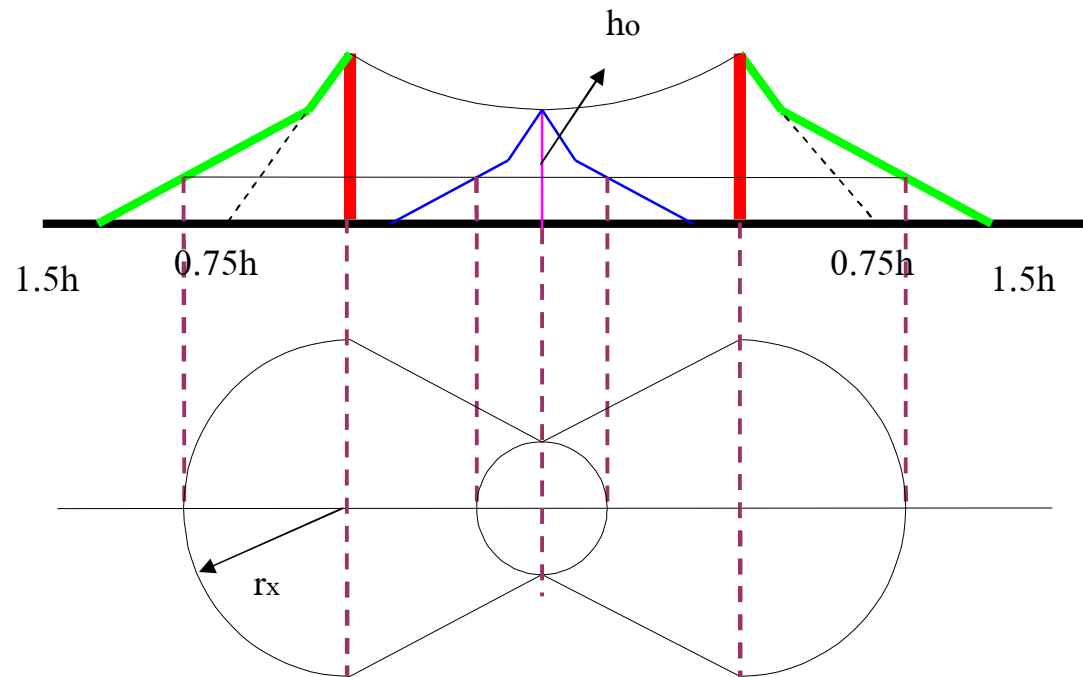
Như phần trên đã biết khu vực có xác suất 100% phóng điện vào cột chống sét thì nó có bán kính  $R = 3,5h$

Như vậy nếu như có 2 cột thu sét đặt cách nhau 1 khoảng  $a = 7h$  thì mọi điểm trên mặt đất nằm giữa 2 cột sẽ không bị sét đánh

Do đó nếu 2 cột TS đặt cách nhau 1 khoảng  $a$  mà  $a < 7h$  thì nó sẽ bảo vệ được độ cao  $h_o$  nằm giữa 2 cột thỏa mãn điều kiện:

$$h_o = h - \frac{a}{7}$$

Vi dụ: có 1 công trình có độ cao là  $h_x$  thì công trình đó phải nằm gọn như thế nào để bảo vệ an toàn ?



### 3) Xác định phạm vi bảo vệ của nhiều cột chống sét:

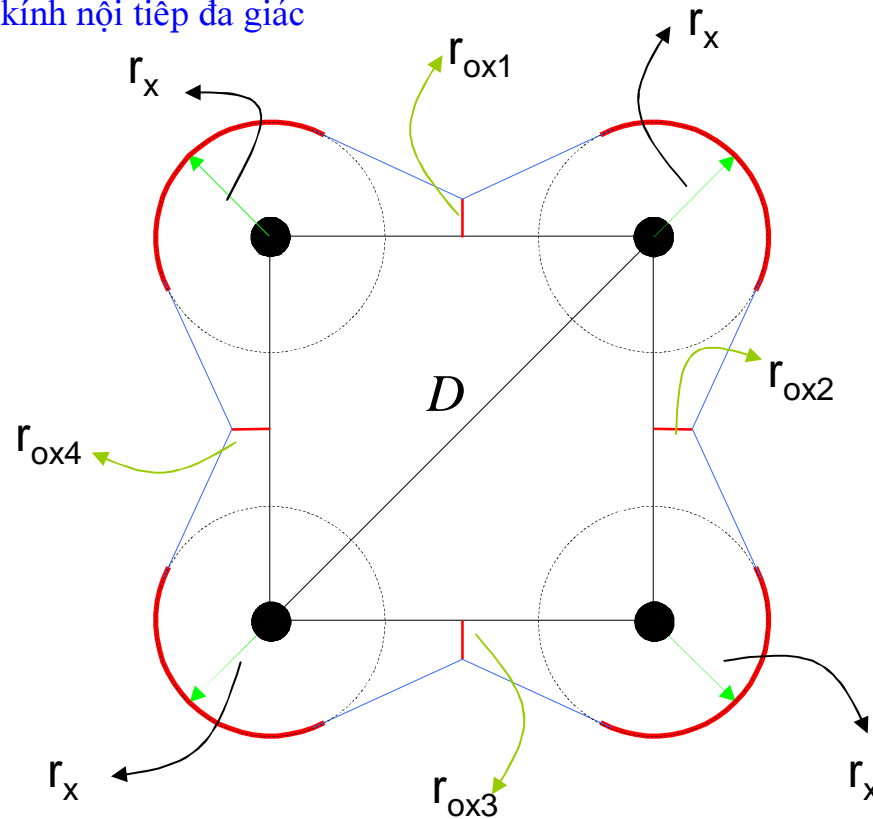
Khi công trình cần bảo vệ chiếm 1 khu vực rộng lớn lúc đó nếu chúng ta sử dụng 1 hoặc 2 cột chống sét thì cột sẽ rất cao gây khó khăn cho thi công lắp ráp.

Trong trường hợp này người ta sử dụng nhiều cột phối hợp bảo vệ. Phần ngoài của phạm vi bảo vệ được xác định như từng đôi cột một. Không cần vẽ phạm vi bảo vệ bên trong đa giác hình thành bởi các cột mà chỉ cần kiểm tra điều kiện bảo vệ an toàn.

Như vậy nếu như công trình có độ cao  $h_x$  nằm bên trong đa giác hình thành bởi các cột sẽ được bảo vệ an toàn nếu thoả mãn điều kiện sau đây:

$$D \leq 8 (h - h_x)$$

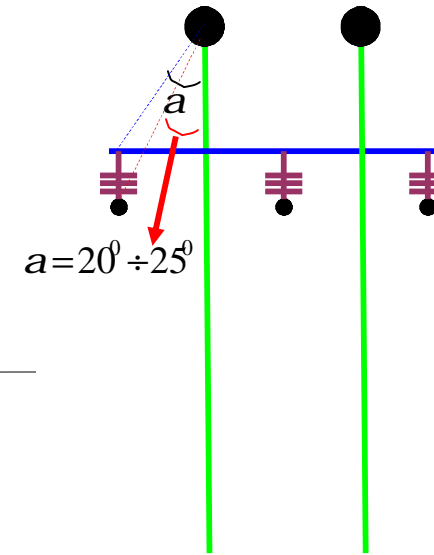
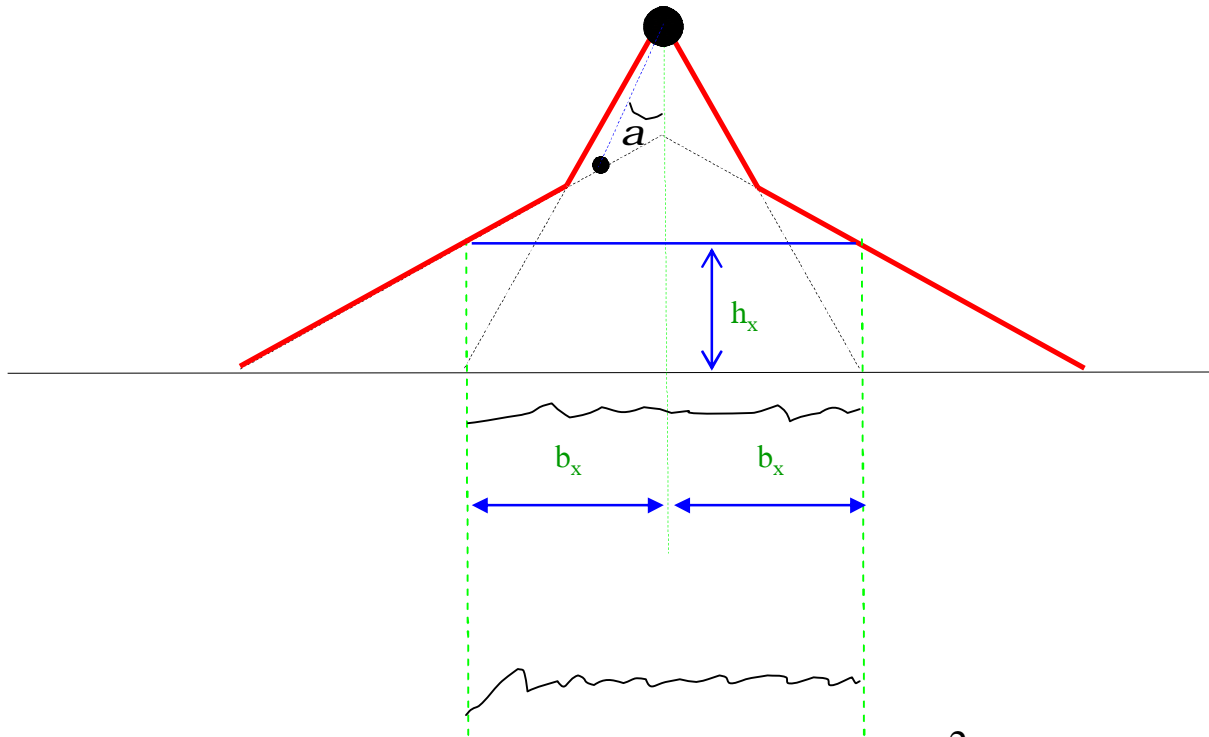
Trong đó  $D$  là đường kính nội tiếp đa giác



4) Xác định phạm vi bảo vệ của 1 dây chống sét:

Thí nghiệm của A. Copian (Liên Xô)

Nếu dây TS có độ cao là  $h$  thì phạm vi bảo vệ của nó kéo dài dọc theo chiều dài của dây và có bề rộng bảo vệ là  $2b_x$



$$a = 20^\circ \div 25^\circ$$

Phương trình xác định bán kính bảo vệ: Khi  $h_x \leq \frac{2}{3}h$  thì  $b_x = 1,2h \cdot \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) p$   
 Khi  $h_x \geq \frac{2}{3}h$  thì  $b_x = 0,6h \cdot \left(1 - \frac{h_x}{h}\right) p$

Thông thường dây chống sét dùng bảo vệ cho dây dẫn mà  $h_{dd} \geq \frac{2}{3}h_{cs}$  do đó người ta không quan tâm đến bề rộng của phạm vi bảo vệ mà chủ yếu là quan tâm đến góc bảo vệ ( $a$ )

Góc bảo vệ ( $a$ ) là góc giữa đường thẳng đứng đi qua dây chống sét và đường thẳng nối liền giữa dây chống sét và dây dẫn

Có thể tính được trị số giới hạn của góc bảo vệ  $a$

$$\operatorname{tg} a = \frac{0,6h}{h} = 0,6 \quad \longrightarrow \quad a \approx 31^\circ$$

Thực tế  $a = 20^\circ \div 25^\circ$

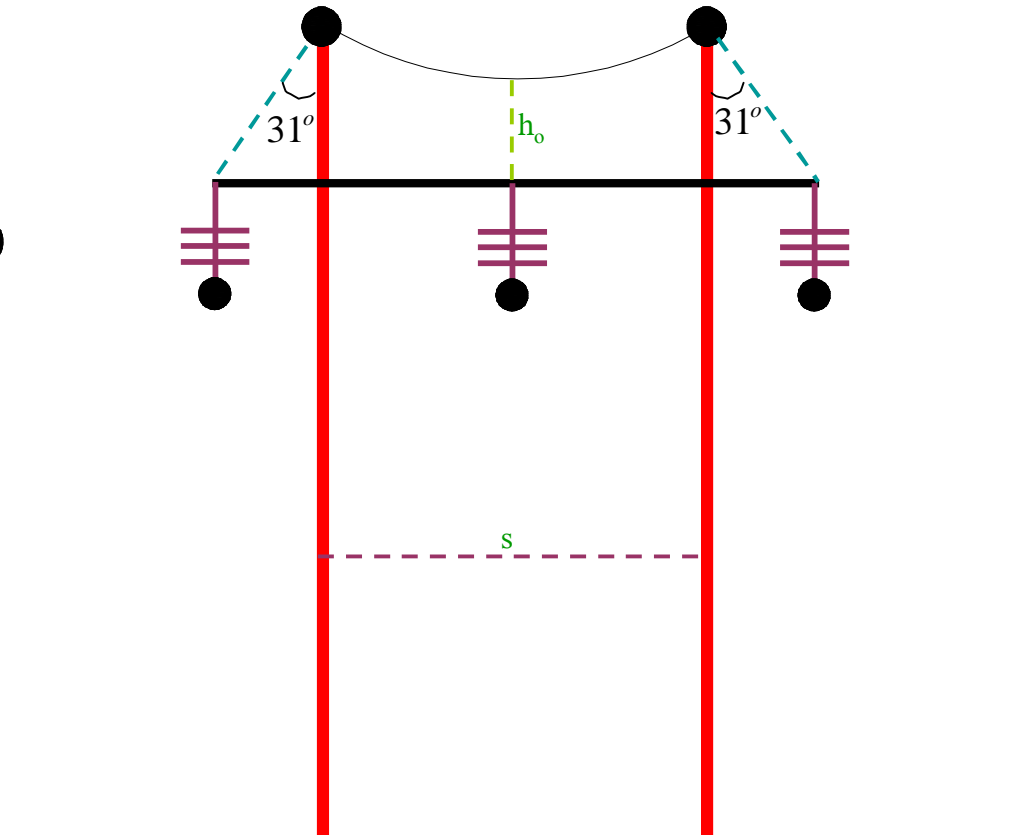
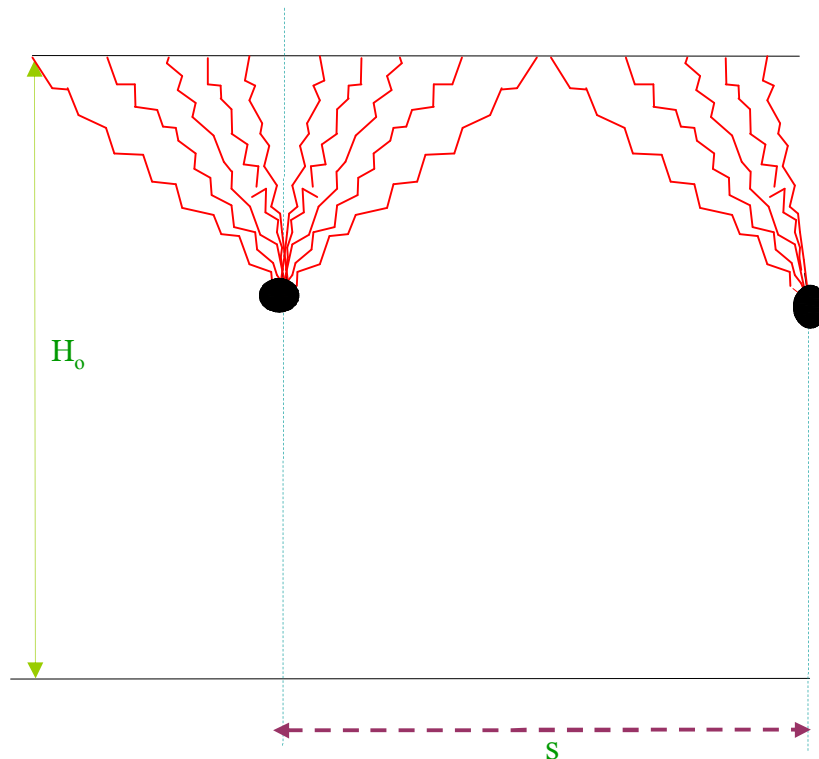
### 5) Xác định phạm vi bảo vệ của 2 dây chống sét:

Khi làm thí nghiệm với dây thu sét thì khu vực có xác suất 100% phóng điện vào dây thu sét thì có bề rộng là  $B=2h$   
Như vậy nếu có 2 dây thu sét đặt cách nhau 1 khoảng  $s = 4h$  thì mọi điểm trên mặt đất nằm giữa 2 dây sẽ không bị sét đánh

Do đó nếu 2 dây TS đặt cách nhau 1 khoảng  $s$  mà  $s < 4h$  thì nó sẽ bảo vệ được độ cao  $h_0$  nằm giữa 2 dây thoả mãn điều kiện:

$$h_0 = h - \frac{s}{4}$$

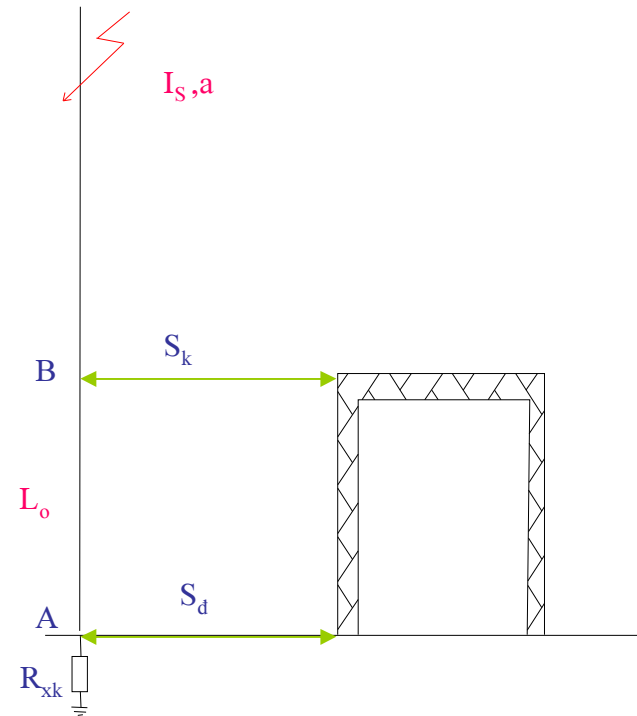
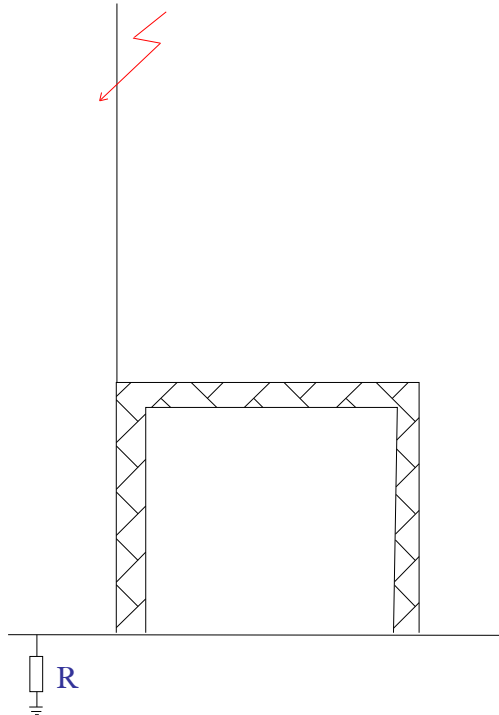
Vi dụ: có 1 hệ thống đường dây có độ cao là  $h_x$  thì công trình đó phải nằm gọn như thế nào để bảo vệ an toàn ?



### III) Các yêu cầu kỹ thuật bảo vệ sét đánh thẳng (trực tiếp) bằng hệ thống thu sét:

- 1) Công trình cần được bảo vệ an toàn phải nằm gọn trong phạm vi bảo vệ của hệ thống chống sét
- 2) Hệ thống thu sét có thể đặt ngay trên bản thân công trình hoặc đặt cách ly với công trình tùy thuộc vào điều kiện cụ thể :

- Đối với hệ thống điện và trạm phân phối có  $U > 110 \text{ kV}$  do có mức cách điện cao cho nên có thể cho phép đặt hệ thống thu sét ngay trên bản thân công trình



-Tuy nhiên đối với hệ thống điện và trạm phân phối có  $U < 35 \text{ kV}$  thì phải đặt hệ thống thu sét cách ly với công trình Khi đặt cách ly thì cũng phải đảm bảo 1 khoảng cách nhất định để không gây phóng điện ngược từ hệ thống TS đến công trình

Xác định  $S_k, S_d$  để không gây phóng điện ngược

Điện áp tại A :  $U_A = I_s \cdot R_{xk}$

Điện áp tại B :  $U_B = I_s \cdot R_{xk} + L_{AB} \cdot \frac{di_s}{dt} = I_s \cdot R_{xk} + L_o \cdot h_x \cdot \frac{di_s}{dt}$

$L_o$  \_điện cảm trên 1 đơn vị dài của dây nối đất

$h_x$  \_độ cao công trình

Để không gây phóng điện ngược từ B đến công trình (không khí) thì

**Cường độ điện trường trung bình trong khoảng không gian đó < cường độ bắt đầu gây phóng điện trong không khí**

$$\begin{aligned} \frac{u_B}{S_K} &< E_{cpk^2} \\ \text{Suy ra : } S_k &> \frac{u_B}{E_{cpk^2}} \\ S_k &> \frac{I_s R_{xk} + L_o h_x . a}{E_{cpk^2}} \end{aligned}$$

Tương tự để không gây phóng điện trong đất (A đến công trình)

$$\begin{aligned} \frac{u_A}{S_d} &< E_{cpd} \\ S_d &> \frac{u_A}{E_{cpd}} \\ S_d &> \frac{I_s R_{xk}}{E_{cpd}} \end{aligned}$$

### 3) Dây nối đất trong hệ thống thu sét:

Phải đảm bảo tiết diện để thoả mãn điều kiện ổn định nhiệt và chống ăn mòn  
Nếu dây có đường kính bằng 10 mm trở lên thì đảm bảo điều kiện ổn định nhiệt

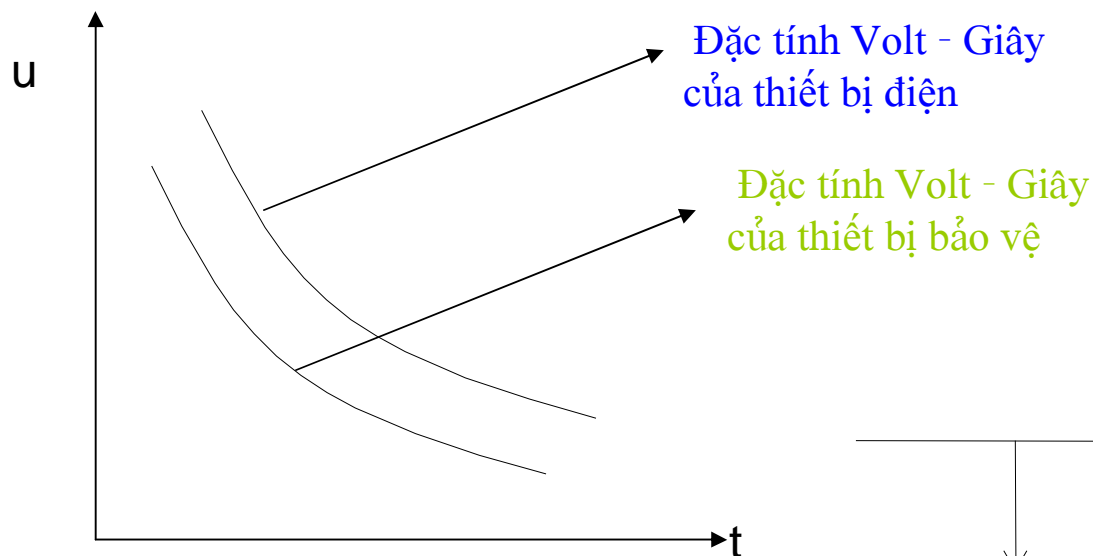


## Chương 7: Thiết bị chống sét

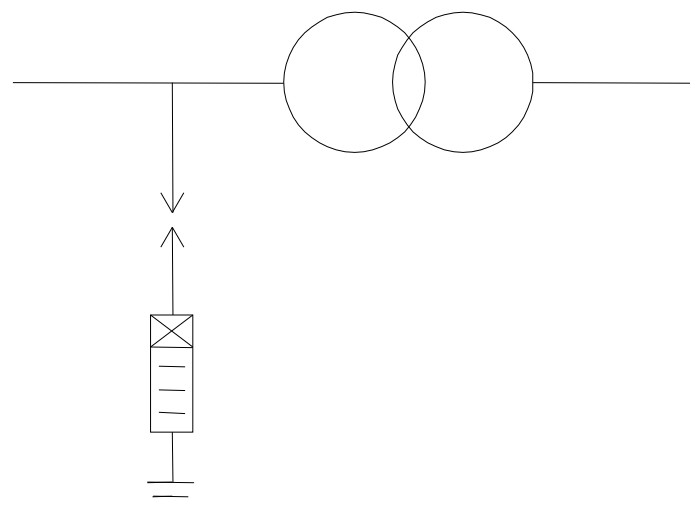
### I) Các yêu cầu chung đối với thiết bị chống sét:

TBCS là thiết bị được nối song song với TBD dùng để bảo vệ chống quá điện áp khí quyển

1) Phải có đặc tính V-S nằm thấp hơn đặc tính V-S của cách điện của thiết bị mà nó bảo vệ



2) TBCS phải có khả năng tự dập tắt nhanh chóng hồ quang kế tục của dòng điện xoay chiều để khôi phục lại trạng thái làm việc bình thường cho hệ thống điện



3) TBCS không được phóng điện khi có quá điện áp nội bộ

4) TBCS phải có điện áp dư thấp hơn mức cách điện xung kích của thiết bị mà nó bảo vệ  
Điện áp dư là điện áp rơi trên thiết bị chống sét sau khi có dòng điện sét đi qua

## II) Thiết bị chống sét:

### 1) Mỏ phóng điện

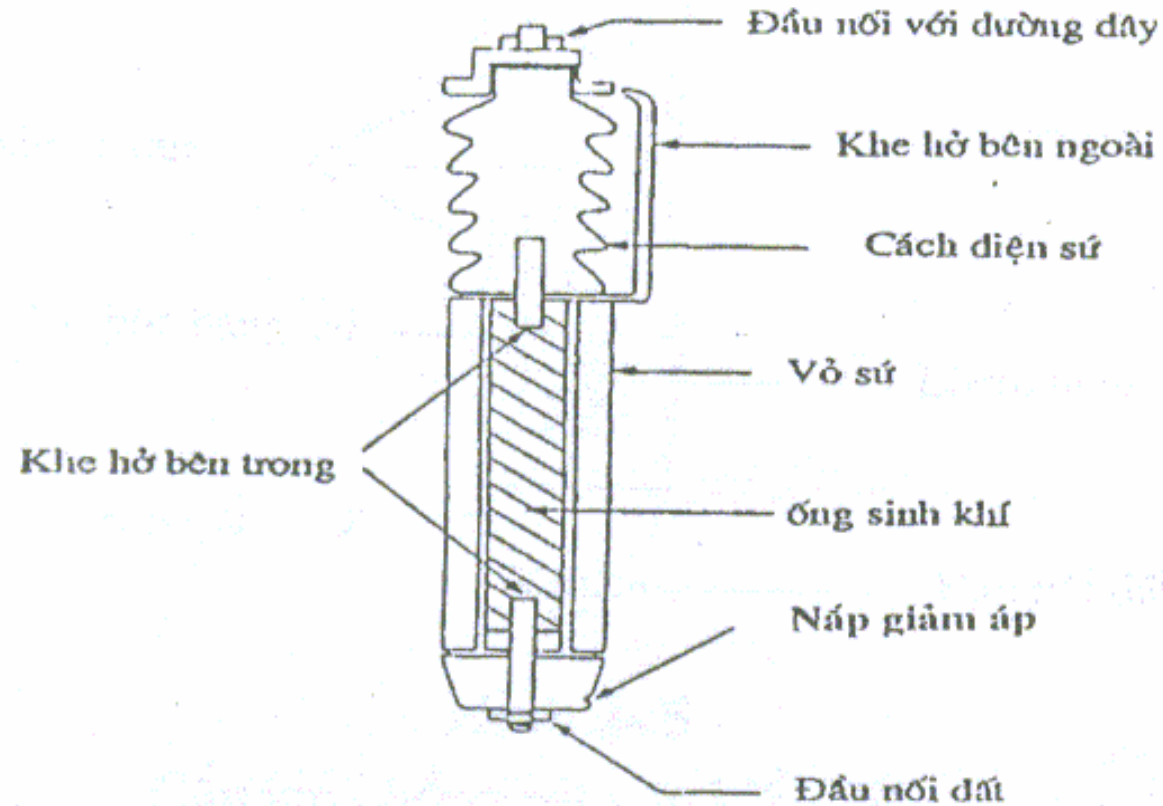
\*Đơn giản

\*không dập được hồ quang, để dập được hồ quang cần kết hợp TĐL

### 2) Chống sét ống

\*bảo

\*dập



\*Điều kiện để đặt CSÔ trên đường dây:  $I_{\min} < I_N < I_{\max}$

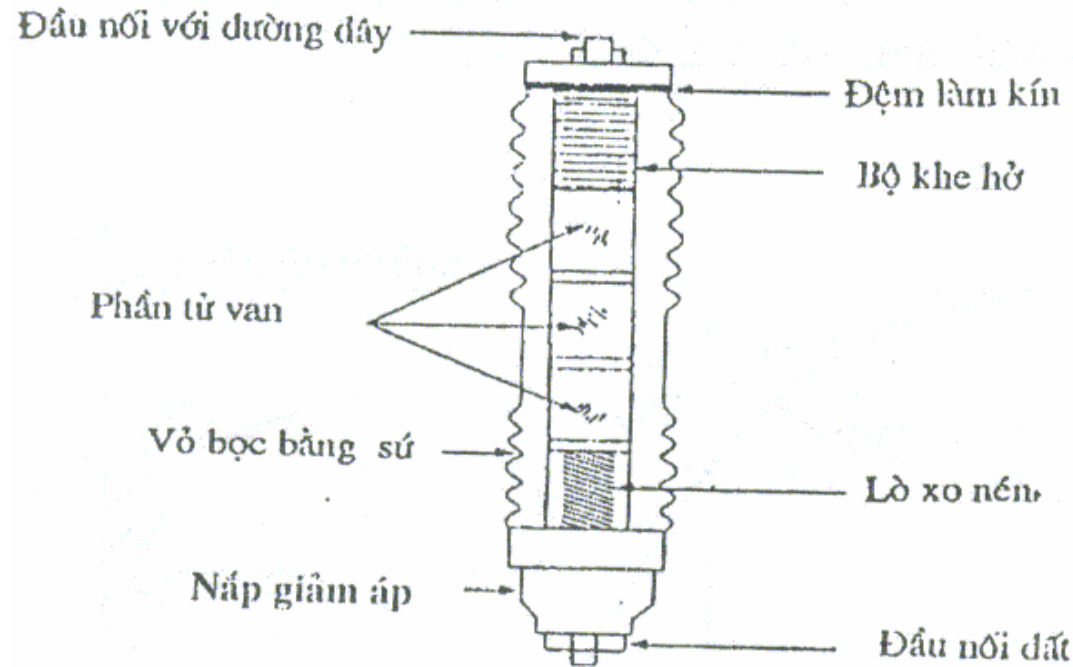
$I_{\min}$  là dòng điện qua chống sét ống mà áp suất sinh ra không đủ để dập tắt hồ quang

$I_{\max}$  là dòng điện lớn nhất có thể gây hỏng chống sét ống

### 3) Chồng sét van:

Bảo vệ trong trạm biến áp và trạm phân phối

Bao gồm chuỗi khe hở ghép nối tiếp với điện trở R phi tuyến



Mặc dù dòng ra rất lớn nhưng điện áp dư cũng không tăng cao.

Khi có quá điện áp xuất hiện thì các khe hở phóng điện, điện áp tác dụng lên chồng sét van là điện áp của sét.

Khi tác dụng lên CSV 1 điện áp lớn thì điện trở R giảm thấp làm dòng thông qua CSV dễ (van mở).

Khi hết sét thì giữa khe hở vẫn còn hồ quang kế tục cháy. Khi đó tác dụng lên R 1 điện áp  $u_f$ , điện áp bé làm R tăng lên và dòng qua CSV giảm xuống, tạo điều kiện để dập tắt hồ quang khi dòng đi qua giá trị 0

## Chương 8: Nối đất trong hệ thống điện

### I) Khái niệm chung:

Nhiệm vụ của nối đất là để tản dòng điện vào đất và để giữ mức điện thế thấp trên các vật được nối đất

Trong HTĐ chúng ta có các loại nối đất sau đây :

-Nối đất an toàn : nhằm đảm bảo an toàn cho con người , nối tất cả các bộ phận kim loại của TBĐ hay của các kết cấu kim loại mà khi cách điện bị hư hỏng thì nó xuất hiện điện áp xuống hệ thống nối đất .

-**Nối đất chống sét** : đảm bảo an toàn cho TBĐ là chính. Nối từ bộ phận thu sét Cả 2 loại nối đất trên được gọi là nối đất bảo vệ

-**Nối đất làm việc** : nhằm đảm bảo điều kiện làm việc bình thường cho TBĐ và 1 số bộ phận của TBĐ theo chế độ đã được quy định sẵn

### II) Hệ số mùa:

Đất là môi trường dẫn điện phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố:

-Lượng ẩm trong đất .

-Năng lực giữ ẩm của đất

Tức là phụ thuộc vào kích thước hạt đất : hạt càng mịn càng tốt đất giữ ẩm càng tốt thì là đất tốt

-Tạp chất trong đất

Vì vậy khi tính toán nối đất thì người ta lấy  $R_{tt} = R_{do} \cdot k_{mùa}$

$K_{mùa}$  thoả mãn cả 4 mùa

\* Khi đo vào mùa mưa thì nhân với  $K_{mùa}$  lớn do  $R$  nhỏ

Khi đo vào mùa nắng thì nhân với  $K_{mùa}$  nhỏ do  $R$  lớn

\*  $K_{mùa}$  phụ thuộc vào độ chôn sâu của điện cực

\*  $K_{mùa}$  phụ thuộc vào loại nối đất: nối đất chống sét

lấy  $k_{mùa}$  nhỏ hơn so với nối đất an toàn

### III) Tính toán nổi đất an toàn:

1) Xác định điện trở nổi đất của các điện cực đơn :

Khi nổi đất an toàn có  $I_d = I_{\text{NM 1 pha}}$   
 $I_d = I_{\text{chạm đất}}$

Xác định  $R_{\text{nd}}$  ta

xuất phát từ định luật Ohm dạng vi phân

$$E = \frac{du}{dr} = J \cdot r$$

$J$  \_mật độ dòng điện đi trong đất

$r$  \_điện trở suất của đất

Xét 1 mặt cầu bán kính  $r$  bất kỳ ta có:  $J = \frac{I_d}{2 \Pi r^2}$

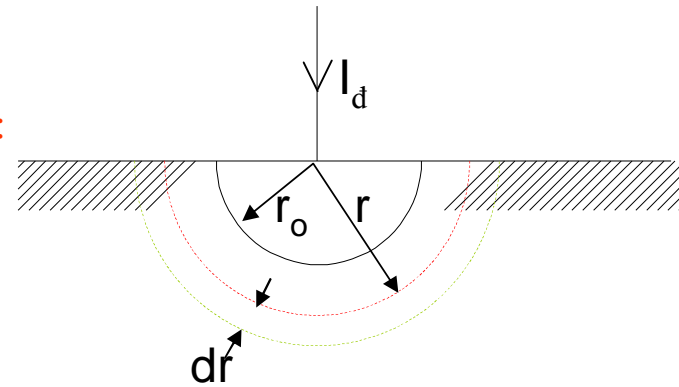
$$E = \frac{du}{dr} = \frac{I_d \cdot r}{2 \Pi r^2} \Rightarrow du = \frac{I_d \cdot r}{2 \Pi r^2} dr$$

Điện áp trên bề mặt bán cầu  $r_0$ :

$$\begin{aligned} u_{r_0} &= \int_{r_0}^{\infty} J \cdot r \cdot dr \\ &= \int_{r_0}^{\infty} \frac{I_d \cdot r}{2 \Pi r^2} dr \\ &= \left. \frac{-I_d \cdot r}{2 \Pi r} \right|_{r_0}^{\infty} = \frac{I_d \cdot r_0}{2 \Pi r_0} \end{aligned}$$

Điện trở nổi đất của bán cầu  $r_0$ :

$$R_{bc} = \frac{u_{r_0}}{I_d} = \frac{r_0}{2 \Pi r_0}$$



\*Điện trở nối đất của cọc chôn sâu trong đất:

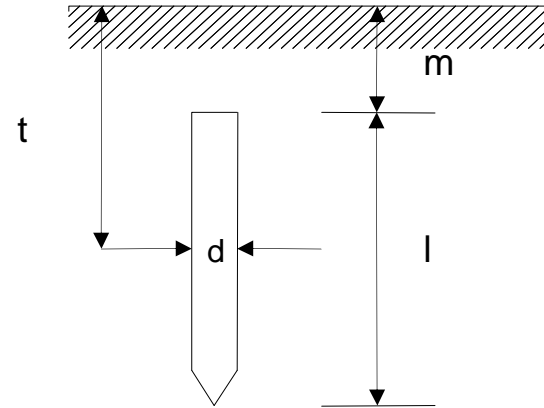
$$m = (0,5 \div 0,8)m$$

$$t = m + \frac{l}{2}$$

$$R_c = \frac{r_{tt}}{2\pi l} \left[ \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right]$$

$$d = (2 \div 5)cm$$

$$l = (2 \div 3)m$$



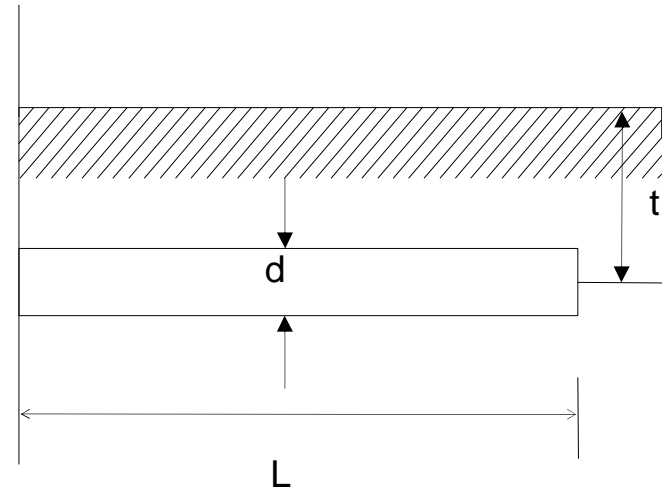
\*Điện trở nối đất của thanh chôn nằm ngang:

$$R_c = \frac{r_{tt}}{2\pi L} \ln \frac{kL^2}{t.d}$$

$$d = (2 \div 3)cm$$

K\_hệ số phụ thuộc vào hình dáng nối đất

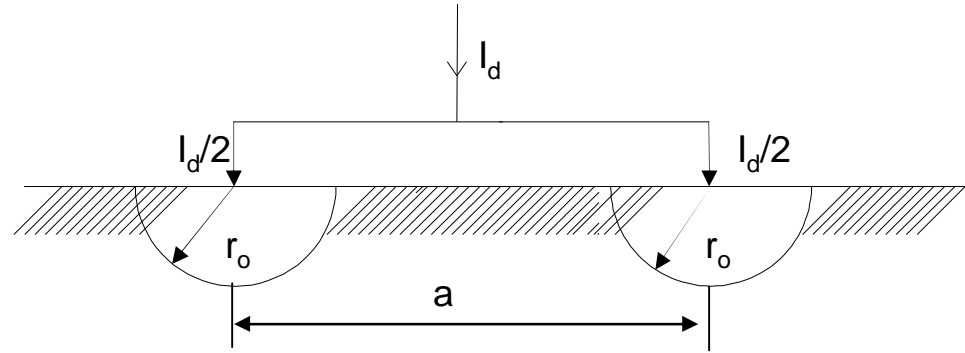
T\_độ chôn sâu



2) Xác định điện trở nổi đất của 1 hệ thống :

Xét điện cực gồm 2 bán cầu bán kính  $r_o$

$$u_1 = \frac{\frac{I_d}{2} \cdot r}{2 \cdot \Pi \cdot r_o} + \frac{\frac{I_d}{2} \cdot r}{2 \cdot \Pi \cdot a}$$



Điện trở nổi đất của hệ thống:

$$R_{2bc} = \frac{u_1}{I_d} = \frac{r}{2 \cdot 2 \cdot \Pi \cdot r_o} + \frac{r}{2 \cdot 2 \cdot \Pi \cdot a}$$

Khi xét đến ảnh hưởng lẫn nhau giữa 2 điện cực có thêm  $\frac{r}{2 \cdot 2 \cdot \Pi \cdot a}$  so với trường hợp lý tưởng

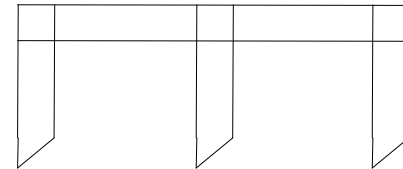
Để đặc trưng cho hiện tượng này thì người ta đưa ra 1 hệ số gọi là hệ số sử dụng  $h$

$$h = \frac{\frac{r}{2 \cdot 2 \cdot \Pi \cdot r_o}}{\frac{r}{2 \cdot 2 \cdot \Pi \cdot r_o} + \frac{r}{2 \cdot 2 \cdot \Pi \cdot a}} = \frac{1/r_o}{1/r_o + 1/a}$$

$$h < 1$$

\* n cọc liên kết với nhau bằng thanh chôn nằm ngang

$$R_{ht} = \frac{R_c \cdot R_t}{R_c h_t + R_t h_c \cdot n}$$



#### IV) Tính toán nối đất chống sét:

##### 1) Đặc điểm:

- Dòng điện sét có biên độ lớn ( $I_s$  lớn) tức mật độ  $J$  lớn, suy ra  $E$  lớn

Nếu  $E > E_{cpd}$  thì vùng đất xung quanh điện cực sẽ bị phóng điện, lúc này tương đương với kích thước của điện cực tăng làm giảm đáng kể trị số điện trở nối đất

- Do  $a = \frac{di_s}{dt}$  lớn do đó không thể bỏ qua ảnh hưởng của điện cảm của bản thân điện cực. Bởi vì nó gây ra 1 điện áp giáng  $L \frac{di_s}{dt}$  trên bản thân điện cực.

Lúc này hệ thống nối đất không thuần túy như 1 điện trở nữa mà là tổng trở  $Z$  và làm trị số Ohm tăng lên khá lớn

Khi  $l > 40$  m thì lúc đó mới xét ảnh hưởng của điện cảm

Khi dòng điện sét đi vào đất làm cho  $r$  thay đổi, ta có công thức  $r_{xk} = r(1 - kE_r)$   
 $k = (0,01 \div 0,05)$

##### 2) Phân loại :

- Nối đất tập trung : khi chiều dài của điện cực chôn vào trong đất  $l < 40$  m

Bỏ qua ảnh hưởng của  $L$  chỉ xét đến hiện tượng phóng điện ở trong đất

- Nối đất phân bố dài:  $l \geq 40m$

Xét đồng thời cả 2 ảnh hưởng:

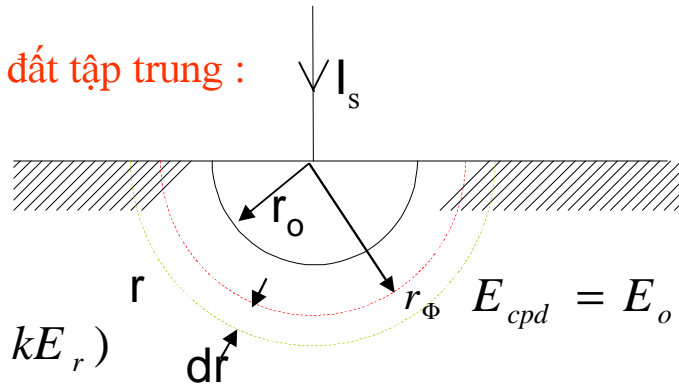
+ Hiện tượng phóng điện trong đất

+ Ảnh hưởng của điện cảm

Tuy nhiên bài toán này khá phức tạp, cho nên đối với trường hợp nay chỉ xét đến  $L$  bỏ qua hiện tượng phóng điện trong đất



3) Xác định  $R_{xk}$  của nôi đất tập trung :



$$r_{xk} = r (1 - kE_r)$$

$$E_o = J \cdot r_{xk} = \frac{I_s}{2\Pi r_\Phi^2} \cdot r_{xk}$$

Suy ra  $r_\Phi = \sqrt{\frac{I_s r_{xk}}{2\Pi E_o}} = \sqrt{\frac{I_s r (1 - kE_o)}{2\Pi E_o}}$

Xét tại 1 mặt cầu có bán kính  $r$  bất kỳ, ta có:

$$E_r = J \cdot r_{xk} = \frac{I_s}{2\Pi r^2} \cdot r (1 - kE_r)$$

$$E_r = \frac{I_s r}{2\Pi r^2 + I_s r k} = \frac{du}{dr}$$

$$du = \frac{I_s r}{2\Pi r^2 + I_s r k} dr$$

$$u = \int_{r_\Phi}^{\infty} \frac{I_s r}{2\Pi r^2 + I_s r k} dr$$

$$u = I_s \sqrt{\frac{r}{2 \Pi I_s k} \left( \frac{\Pi}{2} - \operatorname{arctg} \left( r_\Phi \sqrt{\frac{2 \Pi}{I_s r k}} \right) \right)}$$

$$u = I_s \sqrt{\frac{r}{2 \Pi I_s k} \left( \frac{\Pi}{2} - \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{1 - kE_o}{kE_o}} \right)}$$

$$R_{xk} = \frac{u}{I_s} = \sqrt{\frac{r}{2 \Pi I_s k} \left( \frac{\Pi}{2} - \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{1 - kE_o}{kE_o}} \right)}$$

$$R_{xk} = f(I_s, r)$$

$R_{xk}$  gần như không phụ thuộc vào kích thước hình học ban đầu của hệ thống nối đất

Thực tế hiện nay người ta hay biểu diễn  $R_{xk}$  bằng:

$$R_{xk} = a_{xk} R$$

Hệ số xung kích  $0 < a_{xk} < 1$

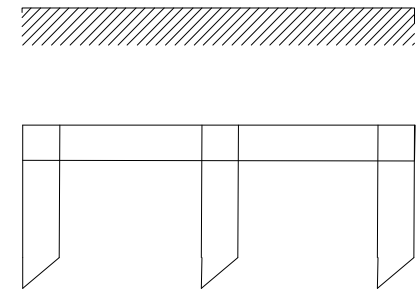
$$R_{xkc} = a_{xk} R_c$$

$$R_{xkt} = a_{xk} R_t$$

\*điện trở nối đất của n cọc liên kết với nhau bằng thanh chôn nằm ngang

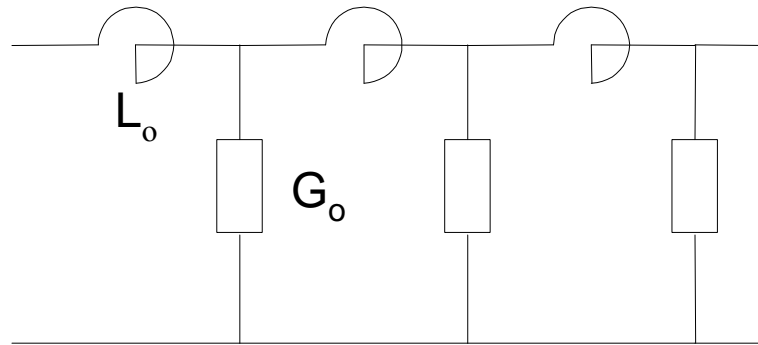
$$R_{xkht} = \frac{R_{xkc} \cdot R_{xkt}}{R_{xkc} + nR_{xkt}} \cdot \frac{1}{h_{xk}}$$

$h_{xk}$  : hệ số sử dụng xung kích (tra phụ lục 31)



4) Xác định  $Z_{xk}$  của nối đất phân bố dài :

Sơ đồ thay thế



$L_o$  \_ điện cảm trên 1 đơn vị dài của bản thân điện cực

$$L_o = 0,2 \left( \ln \frac{l}{r} - 0,31 \right) \quad [mH / m]$$

$G_o$  \_ Điện dẫn trên 1 đơn vị dài của bản thân điện cực

$$G_o = \frac{1}{R.l} \quad \left[ \frac{1}{\Omega.m} \right]$$

$l$  \_ chiều dài của điện cực

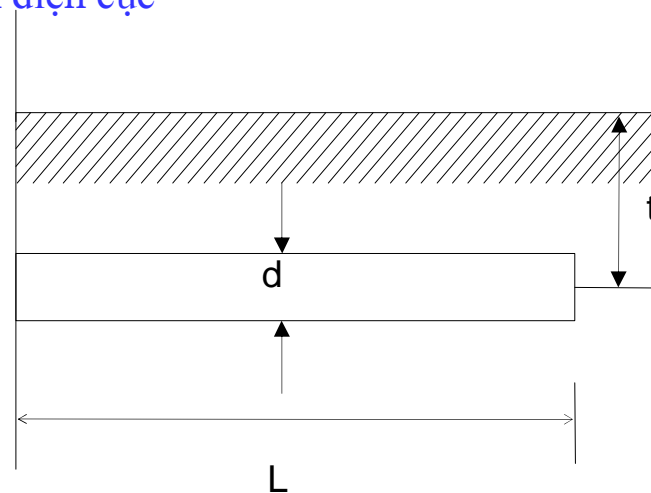
$r$  \_ bán kính điện cực

$$R_t = \frac{r_{tt}}{2 \Pi L} \ln \frac{kL^2}{t.d}$$

Với 1 thanh  $k=1$

$$r_{tt} = r_{do} \cdot k_{mua\ set}$$

$K_{mùa\ sét}$  tra trang 241



Lập được hệ phương trình vi phân:

$$\left\{ \begin{array}{l} -\frac{\partial u}{\partial x} = L_o \frac{\partial i}{\partial t} \\ -\frac{\partial i}{\partial x} = G_o u \end{array} \right.$$
$$u(x, t) = \frac{a}{G_o l} \left[ t + 2T_1 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 - e^{-\frac{t}{T_k}}}{k^2} \cos \frac{k \Pi x}{l} \right]$$
$$u_{\max} = u(0, t_{ds}) = \frac{a}{G_o l} \left[ t_{ds} + 2T_1 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 - e^{-\frac{t_{ds}}{T_k}}}{k^2} \right]$$

Với

$$\left\{ \begin{array}{l} T_1 = \frac{L_o G_o l^2}{\Pi^2} \\ T_k = \frac{T_1}{k^2} \\ t_{ds} = \frac{I_s}{a} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow Z(0, t_{ds}) = \frac{u(0, t_{ds})}{i(t_{ds})} = \frac{1}{G_o l} \left[ 1 + \frac{2T_1}{t_{ds}} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 - e^{-\frac{t_{ds}}{T_k}}}{k^2} \right]$$

\*Tính  $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 - e^{-\frac{t_{ds}}{T_k}}}{k^2}$

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 - e^{-\frac{t_{ds}}{T_k}}}{k^2} = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} - \sum_{k=1}^{\infty} \frac{e^{-\frac{t_{ds}}{T_k}}}{k^2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} = \frac{\pi^2}{6} \\ \frac{e^{-\frac{t_{ds}}{T_k}}}{k^2} = \frac{1}{k^2 e^{\frac{t_{ds}}{T_k}}} \end{array} \right.$$

Khi  $\frac{t_{ds}}{T_k} > 3$  thì bỏ qua

$$T_k = \frac{T_1}{k^2} \Rightarrow \frac{t_{ds}}{T_1} k^2 > 3$$

$$\Rightarrow k = \sqrt{\frac{3T_1}{t_{ds}}}$$

Ví dụ: Tính ra k=6 thì  $\sum_{k=1}^{\infty} = \mathbf{K}$  ? là đủ

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = \frac{L_o G_o l^2}{\pi^2} \\ t_{ds} = \frac{I_s}{a} \end{array} \right\} \Rightarrow k$$

$$\sum_{k=1}^6 \frac{e^{-\frac{t_{ds}}{T_k}}}{k^2} = \frac{e^{-\frac{t_{ds}}{T_1}}}{1^2} + \frac{e^{-\frac{4t_{ds}}{T_1}}}{2^2} + \frac{e^{-\frac{9t_{ds}}{T_1}}}{3^2} + \frac{e^{-\frac{16t_{ds}}{T_1}}}{4^2} + \frac{e^{-\frac{25t_{ds}}{T_1}}}{5^2} + \frac{e^{-\frac{36t_{ds}}{T_1}}}{6^2}$$

## V) Nối đất ở đường dây và trạm biến áp :

### 1) Nối đất ở đường dây :

Nối đất ở đường dây là nối đất ở các cột điện làm nhiệm vụ nối đất chống sét

Yêu cầu kỹ thuật:  $I_s \cdot R_{\text{cột}} \leq u_{50\% \text{ chuoi cach dien}}$

Nếu  $R_{\text{cột}}$  tăng thì nguy cơ phóng điện qua sứ tăng lên dẫn đến ngắn mạch và sự cố sẽ xảy ra

Hiện nay người ta quy định:

$r < 10^4 \quad \Omega.cm$	$R_{\text{cột}} = 10 \Omega$
$10^4 \quad \Omega.cm < r < 5 \cdot 10^4 \quad \Omega.cm$	$R_{\text{cột}} = 15 \Omega$
$5 \cdot 10^4 \quad \Omega.cm < r < 10^5 \quad \Omega.cm$	$R_{\text{cột}} = 20 \Omega$
$r > 10^5 \quad \Omega.cm$	$R_{\text{cột}} = 30 \Omega$

Quy định này xuất phát từ yêu cầu kinh tế - kỹ thuật sao cho hợp lý

### 2) Nối đất ở trạm biến áp :

Có 2 loại nối đất:

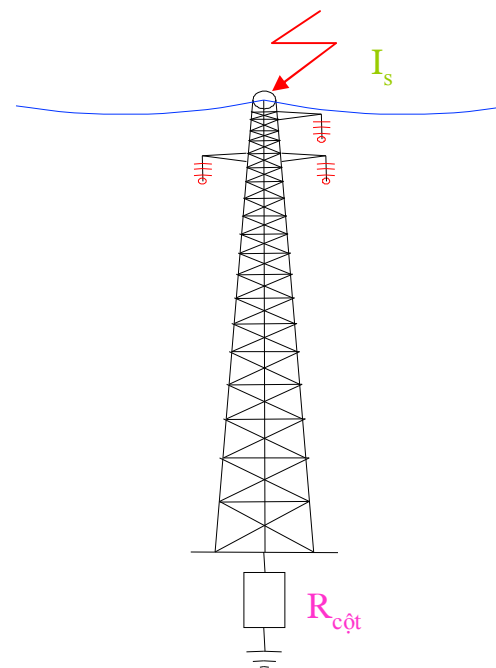
- Nối đất an toàn
- Nối đất chống sét

Nguyên tắc: làm 2 hệ thống nối đất khác nhau là tốt nhất cho 2 loại nối đất

Tuy nhiên việc thực hiện 2 hệ thống nối đất trong 1 trạm phân phối là không thể làm được, mà chỉ có 1 hệ thống nối đất làm 2 nhiệm vụ

+Đối với nối đất an toàn  $R_{\text{at}} \geq 0,5 \Omega$

+Đối với nối đất chống sét  $I_s \cdot Z(0, t_{ds}) \leq u_{50\% \text{ MBA}}$



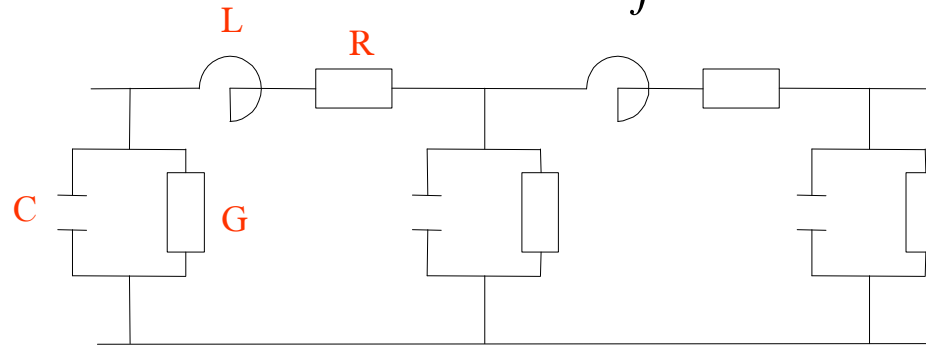
## Chương 9: Quá trình sóng trên đường dây

Đường dây là 1 phần tử chiếm 1 khoảng không gian rộng lớn trong hệ thống điện do đó khả năng sét đánh vào dây dẫn rất lớn. Khi sét đánh lên đường dây sản sinh ra sóng điện từ lan truyền dọc theo đường dây và gây nên quá điện áp tác dụng nên cách điện của hệ thống, làm phá huỷ cách điện

### I) Hệ phương trình truyền sóng:

Sơ đồ thay thế của đường dây dài:

$$l = \frac{c}{f}$$



- Trong đó:
- $L$  \_điện cảm trên 1 đơn vị dài của đường dây
  - $R$  \_điện trở tác dụng trên 1 đơn vị dài của đường dây
  - $C$  \_điện dung trên 1 đơn vị dài của đường dây so với đất
  - $G$  \_điện dẫn trên 1 đơn vị dài của đường dây so với đất

$$L = \frac{m}{2 \Pi e} \ln \frac{2 h_{dd}}{r}$$

$$C = \frac{2 \Pi e}{\ln \frac{2 h_{dd}}{r}}$$

Hệ phương trình vi phân biểu diễn quá trình truyền sóng trên đường dây:

$$\begin{cases} -\frac{\partial u}{\partial x} = Ri + L_o \frac{\partial i}{\partial t} \\ -\frac{\partial i}{\partial x} = G_o u + C \frac{\partial u}{\partial t} \end{cases}$$

Nếu đường dây không có tổn hao ( $R=0, G=0$ ) thì ta có:

$$\begin{cases} -\frac{\partial u}{\partial x} = L_o \frac{\partial i}{\partial t} \\ -\frac{\partial i}{\partial x} = C \frac{\partial u}{\partial t} \end{cases}$$

Nghiệm tổng quát của hệ phương trình trên dưới dạng sóng chạy như sau:

$$\begin{aligned} u &= f_1(x - vt) + f_2(x + vt) \\ i &= \frac{1}{Z} [f_1(x - vt) - f_2(x + vt)] \end{aligned}$$

Phương trình trên là phương trình truyền sóng không có tổn hao

Trong đó:  $f_1$  thành phần sóng tới

$f_2$  thành phần sóng phản xạ



Với :  $v = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{c}{\sqrt{me}} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  : vận tốc truyền sóng

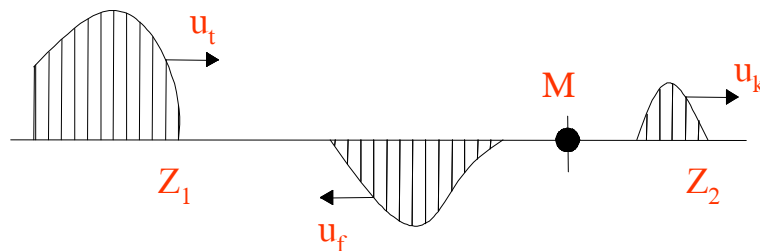
$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$  ( $< 400 \Omega$ ) : tổng trở sóng

$e = \frac{1}{4 \Pi \cdot 9 \cdot 10^9} \text{ F/m}$

$m = 4 \Pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$

## II) Truyền sóng giữa 2 môi trường:

Giả sử có 1 sóng tới  $u_t$  lan truyền trong môi trường có tổng trở sóng là  $Z_1$



Đến điểm  $M$  nó chuyển sang môi trường có tổng trở sóng là  $Z_2$ .

Khi sóng truyền sang môi trường mới thì nó sẽ xuất hiện thành phần sóng khúc xạ  $u_k$  đồng thời có thành phần sóng phản xạ  $u_f$  về môi trường cũ

Phương trình điều kiện bờ tại  $M$ :

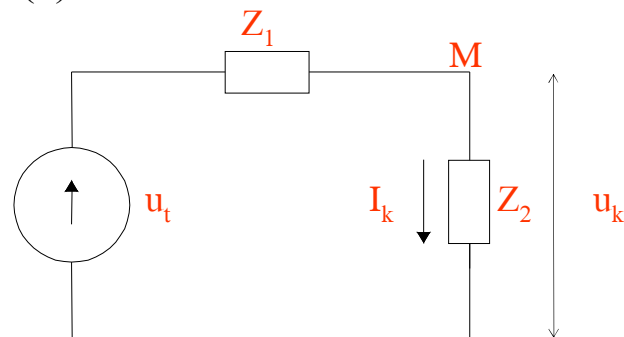
$$u_t + u_f = u_k \quad (1)$$

$$I_t - I_f = I_k \quad (2)$$

Lấy phương trình (2) nhân với  $Z_1$  có:  $u_t - u_f = I_k \cdot Z_1$  (3)

Lấy (1) + (3):  $2u_t = u_k + I_k \cdot Z_1$  (4)

Biểu thức này tương đương với sơ đồ thay thế gồm nguồn điện áp bằng 2 lần sóng tới  $u_o = 2u_t$  cung cấp cho 2 tổng trở  $Z_1, Z_2$  mắc nối tiếp nhau (hình bên). Đó chính là sơ đồ thay thế theo qui tắc Peterson, dùng để xác định sóng áp và dòng khúc xạ khi môi trường truyền sóng thay đổi.



Từ sơ đồ này ta xác định được các thành phần sóng như sau:

-Thành phần sóng khúc xạ:  $u_k = \frac{2u_t}{Z_1 + Z_2} \cdot Z_2 = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot u_t = a \cdot u_t$

-Thành phần sóng phản xạ:  $u_f = u_k - u_t = (a - 1) \cdot u_t = b \cdot u_t$

Trong đó:

$$a = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad \text{-Hệ số khúc xạ}$$

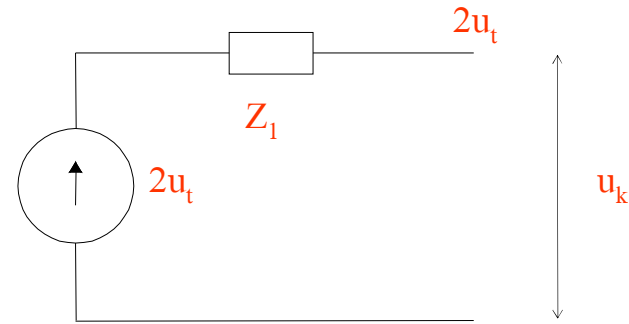
$$b = (a - 1) = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2} \quad \text{-Hệ số phản xạ}$$

1) Xét các trường giới hạn:

\* Trường hợp 1:  $Z_2 = \infty \rightarrow a = 2$

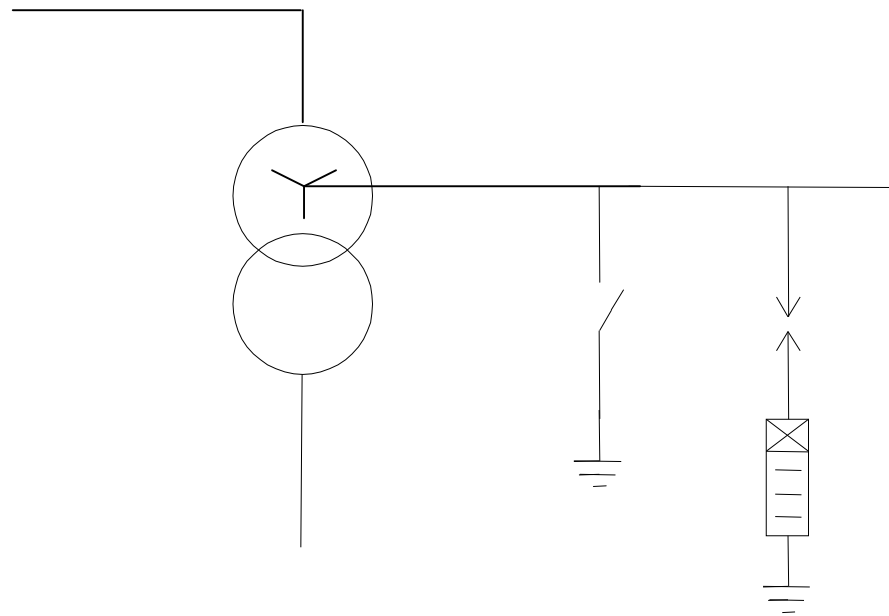
$$b = (a - 1) = 1$$

$$\rightarrow u_f = u_t$$



Hiện tượng này gọi là hiện tượng phản xạ dương áp toàn phần

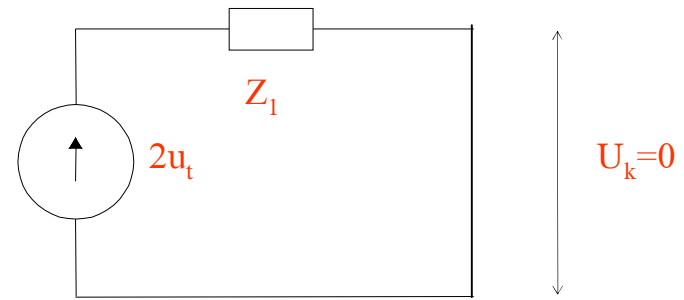
Trường hợp này gặp ở đâu ?



\* Trường hợp 2:  $Z_2 = 0 \rightarrow a = 0$

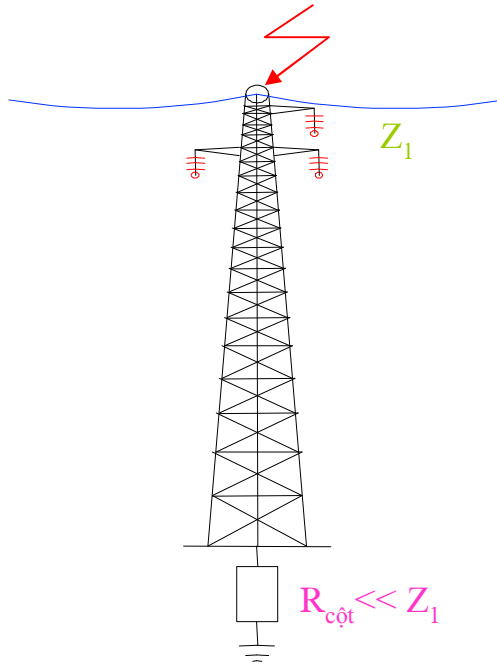
$$b = (a - 1) = -1$$

$$\rightarrow u_f = -u_t \quad ; u_k = 0$$

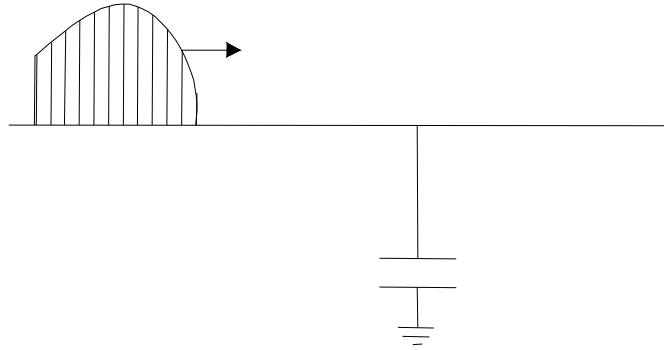


Hiện tượng này gọi là hiện tượng phản xạ âm áp toàn phần

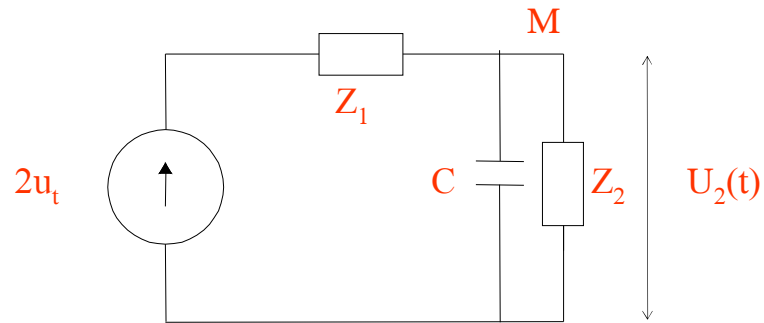
Trường hợp này gặp ở đâu ?



2) Truyền sóng giữa 2 môi trường có ghép C song song:



Tương ứng với trường hợp này ta có sơ đồ thay thế theo qui tắc Peterson



Để giải bài toán này ta giải theo phương pháp toán tử Laplace

$$X_c(p) = \frac{1}{pC}$$

Giả thuyết sóng truyền theo đường dây  $Z_1$  có dạng vuông góc , độ dài sóng vô hạn:

$$u_t = u_0 = const$$

Phương trình cân bằng điện áp có dạng:  $2u_t = 2u_0 = CZ_1 \frac{du_2}{dt} + \frac{Z_1}{Z_2}u_2 + u_2$

Biến ra dạng toán tử Laplace:  $\frac{2u_t}{p} = CZ_1 \cdot p \cdot u_2(p) + \frac{Z_1}{Z_2}u_2(p) + u_2(p)$

$$\rightarrow u_2(p) = \frac{2u_t Z_2}{p(CpZ_1Z_2 + Z_1 + Z_2)} = u_t \cdot \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot \frac{1}{p(1 + pT_c)}$$

Trong đó:

$$T_c = \frac{CZ_1Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad : \text{hằng số thời gian truyền sóng qua điện dung C}$$

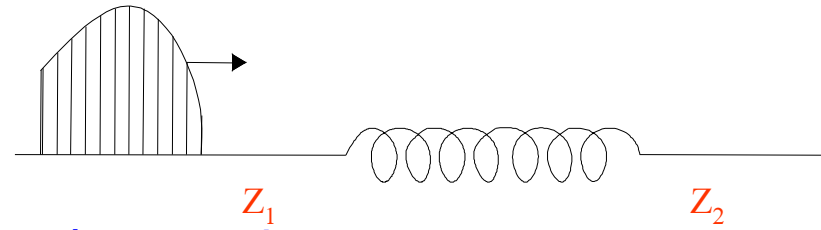
và

$$\frac{1}{p(1 + pT_c)} \equiv 1 - e^{-t/T_c}$$

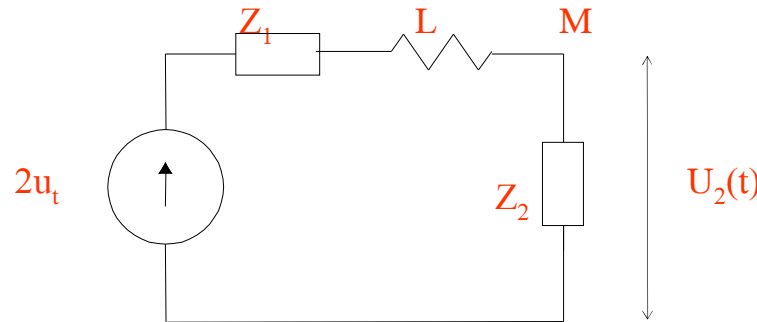
$$\rightarrow u_2(t) = a \cdot u_t \cdot (1 - e^{-t/T_c})$$

Như vậy ứng với mức cách điện đã chọn ta chọn được C như thế nào đó để giảm độ dốc xuống .  
Đảm bảo yêu cầu cần thiết không gây hỏng cách điện dọc

3) Truyền sóng giữa 2 môi trường có ghép L nối tiếp:



Tương ứng với trường hợp này ta có sơ đồ thay thế theo qui tắc Peterson



Để giải bài toán này ta giải theo phương pháp toán tử Laplace

$$X_L(p) = pL$$

Giả thuyết sóng truyền theo đường dây  $Z_1$  có dạng vuông góc, độ dài sóng vô hạn:

$$u_t = u_0 = const \Rightarrow u_t(p) = \frac{u_t}{p}$$

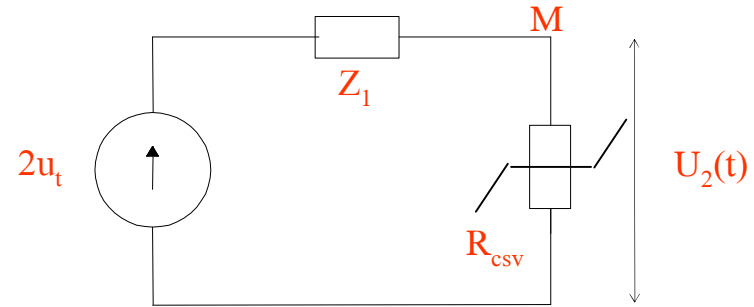
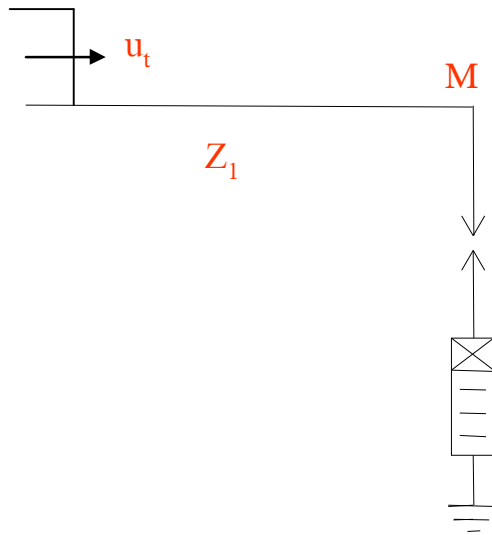
$$\rightarrow u_2(p) = \frac{2u_t}{p(Lp + Z_1 + Z_2)} = u_t \cdot \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot \frac{1}{p(1 + pT_L)}$$

Trong đó:  $T_L = \frac{L}{Z_1 + Z_2}$  : hằng số thời gian truyền sóng qua điện cảm L

$$u_2(t) = a \cdot u_t \cdot (1 - e^{-t/T_L})$$

Trong thực tế người ta có thể chọn giá trị L thích hợp để giảm độ dốc sóng truyền sang môi trường mới đến 1 mức độ thích hợp .

4) Truyền sóng cuối đường dây có ghép chống sét van:



Chia làm 2 trường hợp:

- a) Khi chống sét van chưa phóng điện  
(Sóng truyền từ  $Z_1$  đến  $Z_2 = \infty$ )

Lúc đó điện áp tại M tăng đến  $2u_t$

- b) Khi chống sét van phóng điện

$2u_t$  cắt đặc tính Volt -Giây tại thời điểm nào thì CSV phóng điện tại thời điểm đó.

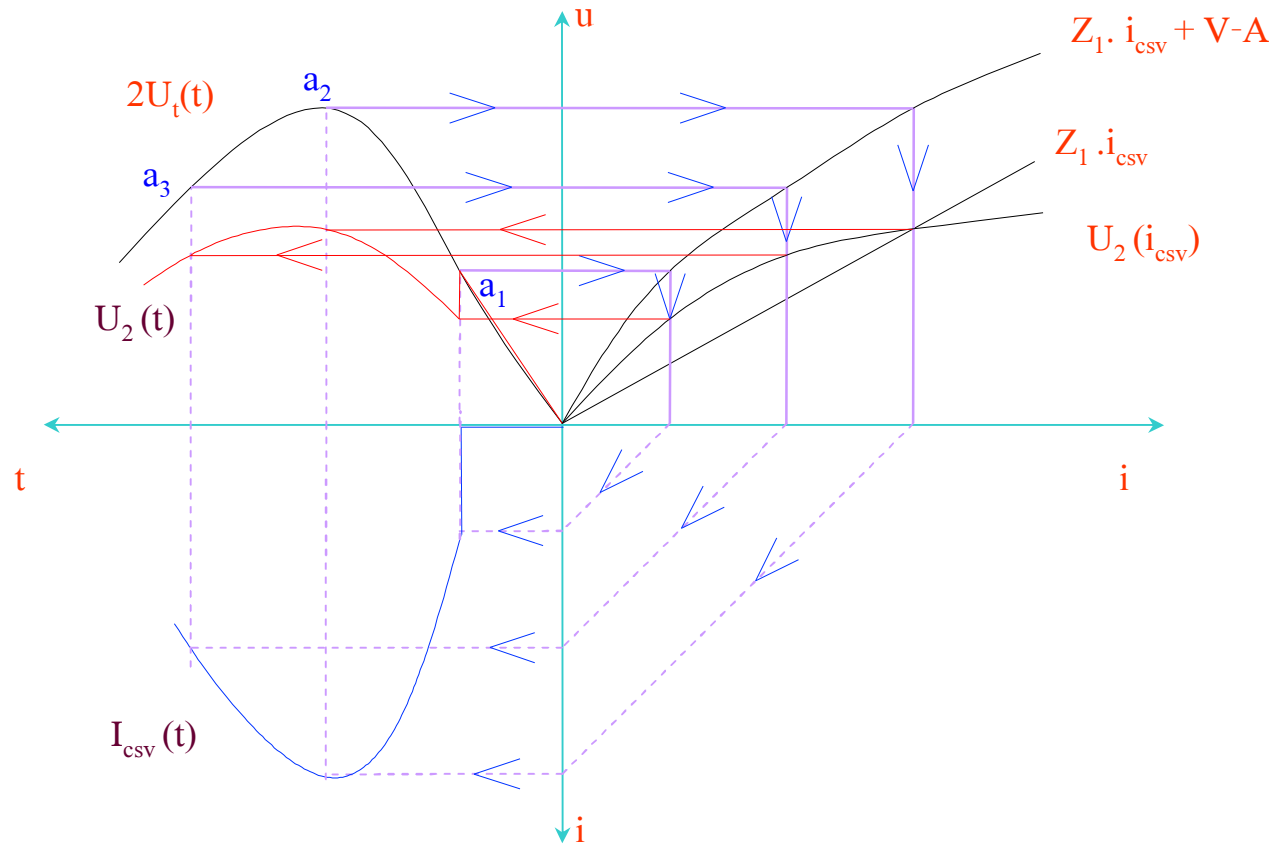
Lúc này điện trở phi tuyến R được ghép nối vào mạch ; điện áp tác dụng lên chống sét van được xác định theo quy tắc Peterson:

$$2u_t = u_2 + Z_1 \cdot I_{csv} \quad (\text{Hình trang sau})$$

$u_2(t)$  bây giờ thực chất là điện áp tác dụng lên điện trở phi tuyến R của chống sét van thường được gọi là  $u_{dư}$  của chống sét van.



\*Trình bày cách xác định  $u_2(t)$ ,  $i_{\text{csv}}(t)$ :



Trên góc thứ I vẽ hệ trục tọa độ  $u, i$ . Trên đó vẽ đường đặc tính V-A của CSV:  $U_2(i_{\text{csv}})$  và đường biểu diễn điện áp giáng trên tổng trở sóng  $Z$  của đường dây  $Zi$ . Cộng tung độ của 2 đặc tính đó với nhau sẽ có đường cong  $u_2+Zi$

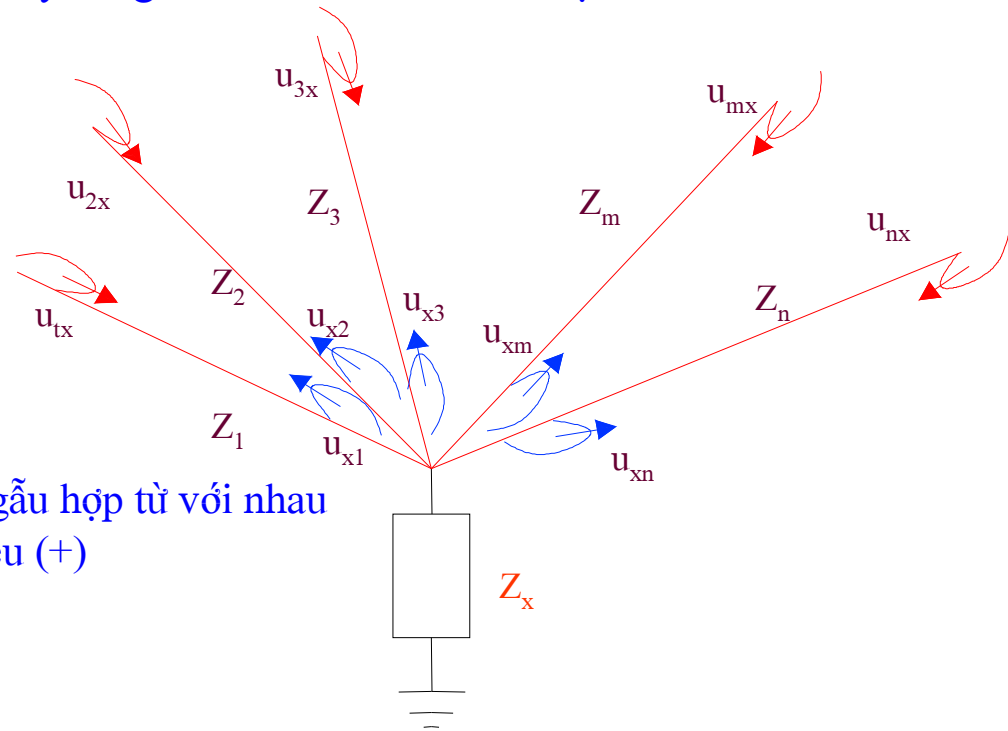
Trên góc thứ II vẽ hệ trục tọa độ  $u, t$ . Trên đó vẽ đường đặc tính V- s của sóng tới:  $U_1(t)$  và đường  $2 U_1(t)$  Tại 1 thời điểm  $t$  nào đó sẽ xác định được điểm  $a$  trên đường  $2u_1(t)$ , từ  $a$  kẻ đường thẳng song song trục hoành sẽ xác định được điểm  $b$  trên đường cong  $u_2+Zi$ . Từ  $b$  vẽ đường thẳng song song với trục  $u$ , nó sẽ cắt đặc tính V-A của CSV tại  $c$ . Từ  $c$  vẽ đường thẳng song song với trục hoành và xác định được điểm  $d$  ứng với thời gian  $t$ . Tung độ của điểm  $d$  chính là điện áp trên CSV tại thời điểm  $t$ .

### 5) Quy tắc sóng đẳng trị:

Trên thực tế có thể gặp nhiều phân tử đường dây cứng nối vào 1 điểm nút mà tại điểm nút đó có 1 phân tử có tổng trở sóng là  $Z_x$ .

Có  $n$  đường dây, lần lượt có tổng trở sóng là  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$

Và trên đường dây đó có lần lượt các sóng tới là:  $u_{1x}, u_{2x}, \dots, u_{nx}$



Giả thuyết các đường dây không phát sinh nhiễu xạ lẫn nhau và quy ước chiều đường đi về phía nút là chiều (+)

Viết phương trình áp và dòng tại nút:

$$\begin{cases} u_{xm} + u_{mx} = u_x \\ i_x = \sum_{m=1}^n (i_{mx} + i_{xm}) \end{cases}$$

Khai triển  $i_x$ :

$$\Rightarrow i_x = \sum_{m=1}^n \frac{u_{mx}}{Z_m} - \sum_{m=1}^n \frac{u_{xm}}{Z_m}$$

Thay:  $u_{xm} = u_x - u_{mx}$

$$\rightarrow i_x = 2 \sum_{m=1}^n \frac{u_{mx}}{Z_m} - u_x \sum_{m=1}^n \frac{1}{Z_m}$$

$$i_x \cdot \frac{1}{\sum_{m=1}^n \frac{1}{Z_m}} = 2 \sum_{m=1}^n \frac{u_{mx}}{Z_m} \cdot \frac{1}{\sum_{m=1}^n \frac{1}{Z_m}} - u_x$$

Đặt :

$$\frac{1}{\sum_{m=1}^n \frac{1}{Z_m}} = Z_{dang tri}$$

$$\Rightarrow 2 \sum_{m=1}^n \frac{u_{mx}}{Z_m} \cdot \frac{1}{\sum_{m=1}^n \frac{1}{Z_m}} = 2u_{dt}$$

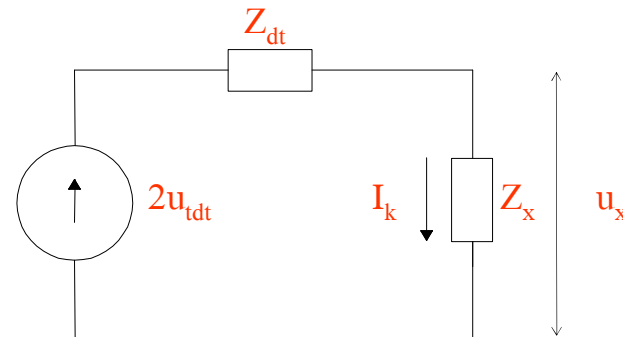
→  $u_x = 2u_{dt} - i_x \cdot Z_{dt}$

sơ đồ thay thế theo qui tắc Peterson:

$$\Rightarrow u_{u\hat{i}} = \frac{2u_{dt}}{Z_{dt} + Z_x} \cdot Z_x$$

Từ đây có thể xác định được sóng phản xạ:

$$u_{xm} = u_x - u_{mx}$$



### III) Truyền sóng trong hệ nhiều dây:

Đường dây điện là 1 hệ thống gồm nhiều dây và mỗi 1 dây trong chúng thì nó đều nằm trong điện từ trường gây ra bởi sự truyền sóng dọc các dây khác

Xuất phát từ hệ phương trình Maxwell ta có:

$$\begin{aligned}u_1 &= Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 + \dots + Z_{1n}I_n \\u_2 &= Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 + \dots + Z_{2n}I_n \\&\vdots \\&\vdots \\&\vdots \\u_n &= Z_{n1}I_1 + Z_{n2}I_2 + \dots + Z_{nn}I_n\end{aligned}$$

Trong đó:  $Z_{ii}$  – Tổng trở sóng riêng

$Z_{ik}$  – Tổng trở sóng tương hỗ

\*Xét các trường cụ thể:

1) Trường hợp 1 số dây dẫn nối với nguồn và 1 số dây nối với đất:

Xét 1 hệ đường dây có 1 dây dẫn (1) nối nguồn và 1 dây chống sét (2)

Trường hợp này sét đánh vòng qua dây chống sét vào dây dẫn

$$\begin{aligned}u_1 &= u = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 \\u_2 &= 0 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2\end{aligned}$$

Giả thuyết:  $Z_{11} = Z_{22}$   $\longrightarrow$   $\left\{ \begin{aligned} I_1 &= \frac{U}{Z_{11} - \frac{Z_{12}^2}{Z_{22}}} \\ I_2 &= -I_1 \frac{Z_{12}}{Z_{22}} \end{aligned} \right.$

Lưu ý: \*  $Z_{ik} = Z_{ki}$

\* Vì sao  $I_1$  tăng khi có dây chống sét trong trường hợp này ?

2) Trường hợp 1 số dây nối với nguồn và số dây còn lại đặt cách điện:

a) Xét 1 đường dây (1) nối nguồn và số còn lại đặt cách điện:

Trường hợp này sét đánh vào 1 dây chống sét (1) các dây còn lại đặt cách điện so với đất :2.. .. n

Dây 1 nối nguồn:

$$I_2 = I_3 = \dots I_n = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} u_1 = u = Z_{11} I_1 \\ u_2 = Z_{21} I_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ u_n = Z_{n1} I_1 \end{array} \right.$$

$$\longrightarrow u_k = u \cdot \frac{Z_{k1}}{Z_{11}} = k_{1k} \cdot u$$

,trong đó:  $k_{1k}$  – Hệ số ngẫu hợp từ giữa dây dẫn đặt cách điện thứ k và dây chống sét thứ 1

Khi sét đánh lên dây chống sét thì trên dây dẫn cũng xuất hiện 1 điện áp do có ngẫu hợp từ

Lưu ý:  $k_{1k} \neq k_{k1}$

b) 2 dây (1,2) nối nguồn và số còn lại đặt cách điện:

Tương ứng với trường hợp có 2 dây chống sét (1,2), các dây còn lại đặt cách điện so với đất :3... n

Sét đánh lên 1 dây thì dây kia cũng chịu 1 điện áp như vậy

$$I_3 = I_4 = \dots I_n = 0$$

$$u_1 = u = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2$$

$$u_2 = u = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2$$

·

·

·

$$u_k = Z_{k1}I_1 + Z_{k2}I_2$$

$$u_n = Z_{n1}I_1 + Z_{n2}I_2$$

$$\longrightarrow u_k = u \cdot \frac{Z_{k1} + Z_{k2}}{Z_{11} + Z_{12}} = k_{12k} \cdot u$$

Trong đó:  $k_{12k}$  – Hệ số ngẫu hợp từ của dây dẫn đặt cách điện thứ k với 2 dây chống sét thứ 1,2

$$k_{12k} = \frac{Z_{k1} + Z_{k2}}{Z_{11} + Z_{12}}$$

$k_{12k} >$  gấp rưỡi  $k_{1k}$

Điều đó có nghĩa sóng điện áp cảm ứng trong các dây dẫn còn lại gây nên bởi sóng sét trên 2 dây chống sét lớn hơn trường hợp chỉ có 1 dây chống sét. Như vậy cách điện của các dây đó chịu tác dụng của 1 hiệu điện thế nhỏ hơn trường hợp chỉ có 1 dây chống sét. Nói 1 cách khác, cách điện của đường dây có 2 dây chống sét chịu tác dụng của quá điện áp bé hơn so với trường hợp chỉ có 1 dây chống sét.

## Chương 10: Bảo vệ chống sét cho Hệ thống điện

### I) Bảo vệ chống sét cho đường dây:

#### \*Suất cắt điện (n):

Suất cắt điện là số lần cắt điện do sét gây nên trên chiều dài 100 km đường dây trong 1 năm

$$n = N v_{pd} h$$

Trong đó:  $N$  số lần sét đánh lên chiều dài của 100Km đường dây trong 1 năm

$$N = (0,1 \div 0,15) 6 h_{tb} \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot n_{ngay \ set}$$

$(0,1 \div 0,15)$  [lần/km<sup>2</sup>ngày] :Mật độ sét

$$6 h_{tb} = 6 \left( h_{\max} - \frac{2}{3} f \right)$$

$v_{pd}$  xác suất phóng điện qua chuỗi sứ của đường dây

$$v_{pd} = \mathbf{P} \{ u_{td}(t) \geq u_{cd}(t) \}$$

$h$ : xác suất chuyển từ dạng phóng điện tia lửa do sét sang dạng ngắn mạch hồ quang xoay chiều

$$h = f(E_{lv}), \quad E_{lv} = \frac{u_{dm}}{\sqrt{3} l_{cs}}$$

$$\longrightarrow n = (0,06 \div 0,09) h_{tb} \cdot n_{ngay \ set} \cdot v_{pd} h$$

Để giảm suất cắt điện:

- ta giảm  $v_{pd}$
- giảm  $h$

1) Bảo vệ chống sét cho đường dây có  $U_{dm} > 110$  kv:

Đối với ĐZ có  $U_{dm} > 110$  Kv thì thường có TTTTND. Khi sét đánh lên ĐZ thì có thể gây ra dạng N<sup>(1)</sup> và dẫn đến cắt điện. Biện pháp hiệu quả nhất để bảo vệ chống sét cho đường dây là treo dây chống sét trên toàn tuyến đường dây. Bởi vì khi treo dây chống sét trên đường dây thì chúng ta sẽ giảm  $U_{tác dụng}$  lên cách điện của hệ thống điện và từ đó giảm được suất cắt điện.

**Chú ý;**

Khi treo dây chống sét trên ĐZ tải điện phải luôn luôn kết hợp với nối đất tốt bởi vì nếu điện trở nối đất ở các cột điện có giá trị 100 Ohm thì việc treo dây chống sét là vô nghĩa. ( $R_c = 10, 15, 20, 30$ )

Ngoài ra đối với các đường dây có treo dây chống sét thì vẫn còn có khả năng sét đánh vòng qua dcs vào dây dẫn

Bằng thực nghiệm người ta xác định xác suất sét đánh vòng qua dây chống sét vào dây dẫn :

$$\lg V_a = \frac{a \sqrt{h_c}}{90} - 4$$

$V_a$  \_ xác suất sét đánh vòng

$a$  \_ góc bảo vệ dây chống sét và dây dẫn

$h_c$  \_ độ cao của cột điện

Để giảm suất cắt điện:

-ta giảm  $R_c$

-giảm  $a$



## 2) Bảo vệ chống sét cho đường dây có $U_{dm} < 35$ kv:

Đối với ĐZ này thì thường có TTCĐ hoặc nối đất qua cuộn dập hồ quang . Biện pháp hiệu quả nhất để bảo vệ chống sét cho đường dây này thì không phải treo dây chống sét trên toàn tuyến đường dây mà chủ yếu là giảm điện trở  $R_c$  ở các cột điện.

Khi giảm  $R_c$  thì chúng ta sẽ giảm  $U_{tác dụng}$  lên cách điện của các pha không sự cố và từ đó giảm được suất cắt điện.

\*  $U_{dm} < 35$  Kv thì mức cách điện xung kích của đường dây là thấp.

Treo dây chống sét không hiệu quả vì có treo thì xác suất phóng điện qua chuỗi sứ vẫn cao

\* Giảm  $R_c$

$$V_{pd} = e^{-\frac{u_{50\%}}{R_c (1-k) \cdot 26,1}}$$

k \_hệ số ngẫu hợp từ

Để giảm  $V_{pd}$   
-ta giảm  $R_c$

Xem vi dụ trang 211/ SGK của Võ Viết Đạm

## II) Bảo vệ chống sét cho Trạm biến áp:

Có yêu cầu cao hơn so với bảo vệ ĐZ vì hiện tượng NM trong trạm biến áp thì dẫn đến sự cố rất trầm trọng trong HTĐ

Khi chọn các biện pháp bảo vệ chống sét cho trạm phân phối thì phải đảm bảo sao cho số năm vận hành an toàn đạt 100 hoặc hàng ngàn năm

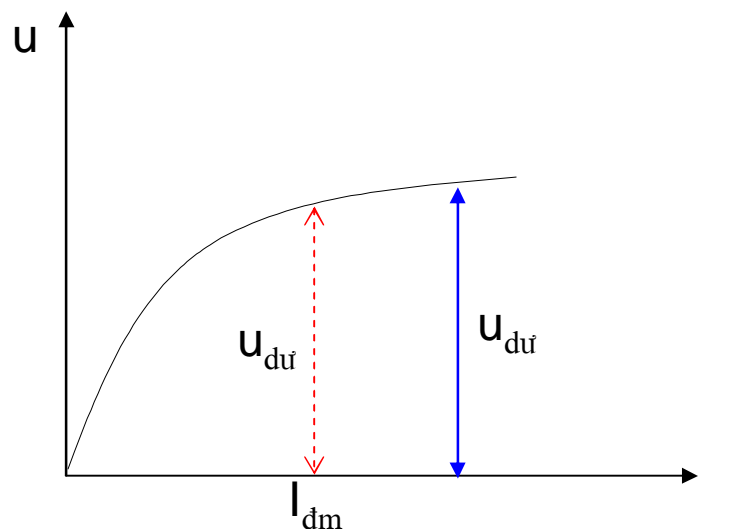
$$m = \frac{1}{n} \quad , n=0,01$$

BVCS TBA gồm 2 phần:

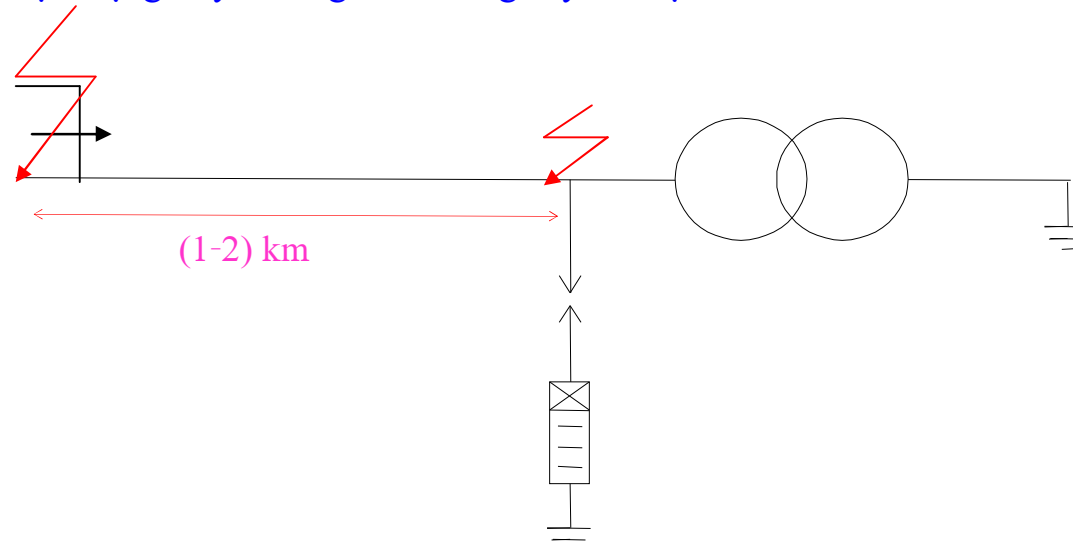
- BVCS đánh trực tiếp cho trạm (dùng HTTS)
- BVC sóng truyền vào trạm (dùng CSV)

Tuy nhiên để đảm bảo điều kiện làm việc bình thường cho chống sét van thì phải đảm bảo dòng đi qua CSV không được lớn hơn dòng định mức của nó và hiện nay dòng qua CSV  $< I_{dm}$  (5-10)KA

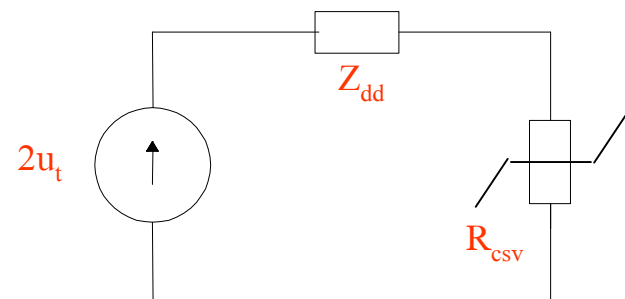
Vì nếu lớn hơn sẽ có thể gây hỏng CSV, làm cho  $U_{dư}$  tăng cao ảnh hưởng đến việc phối hợp cách điện trong nội bộ trạm



-Xét trường hợp khi sét đánh lên ĐZ cách xa trạm từ (1-2) km  
 Xét giống như hiện tượng truyền sóng trên đường dây tải điện.



Tương ứng với trường hợp này ta có sơ đồ thay thế theo qui tắc Peterson



$R_{csv} = R_{dm}$  của CSV ,  
 $u_t = u_{50\%}$  đz

Đối với đường dây 110 kV ta có :  $u_{50\%} = 650$  kV

CSV 110kV có:  $U_{dư} = 367$  kV,  $I_{dm} = 10$  kA  $\rightarrow R_{csv} = 36,7\Omega$

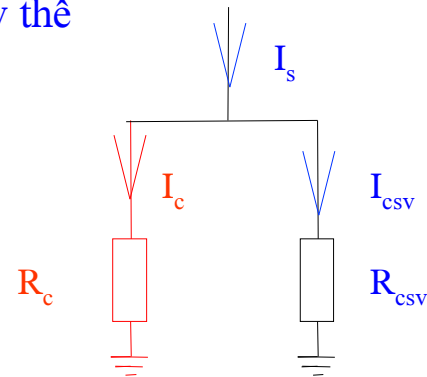
$Z_{dd} = 400\Omega$

$$\rightarrow I_{csv} = \frac{2U_t}{Z_{dd} + R_{csv}} = \frac{2.650}{400 + 36,7} < 10kA$$

$\rightarrow$  CSV không hỏng

-Xét trường hợp khi sét đánh lên ĐZ khu vực đầu trạm

Sơ đồ thay thế



$$I_{csv} = \frac{I_c \cdot R_c}{R_c + R_{csv}} = \frac{100 \cdot 10}{10 + 36,7} > 10kA$$

→ CSV hỏng



Nếu CSV không hỏng thì  $U_{du}$  tăng cao , ảnh hưởng đến thiết bị nó bảo vệ

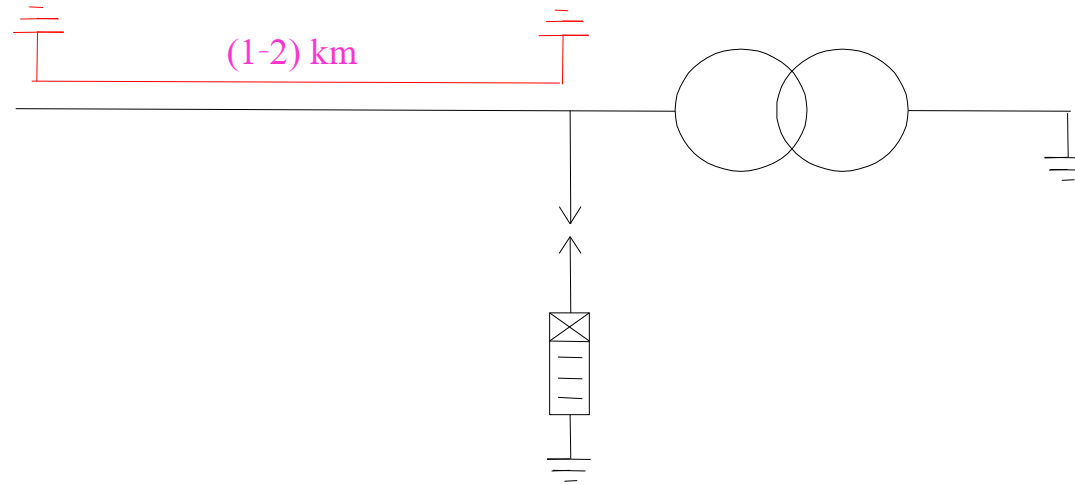
Khi bảo vệ chống sóng truyền vào trạm bằng thiết bị là CSV thì chúng ta phải loại trừ khả năng sét đánh vào khu vực đầu trạm.

Bảo vệ không cho sét đánh vào khu vực đầu trạm được gọi là

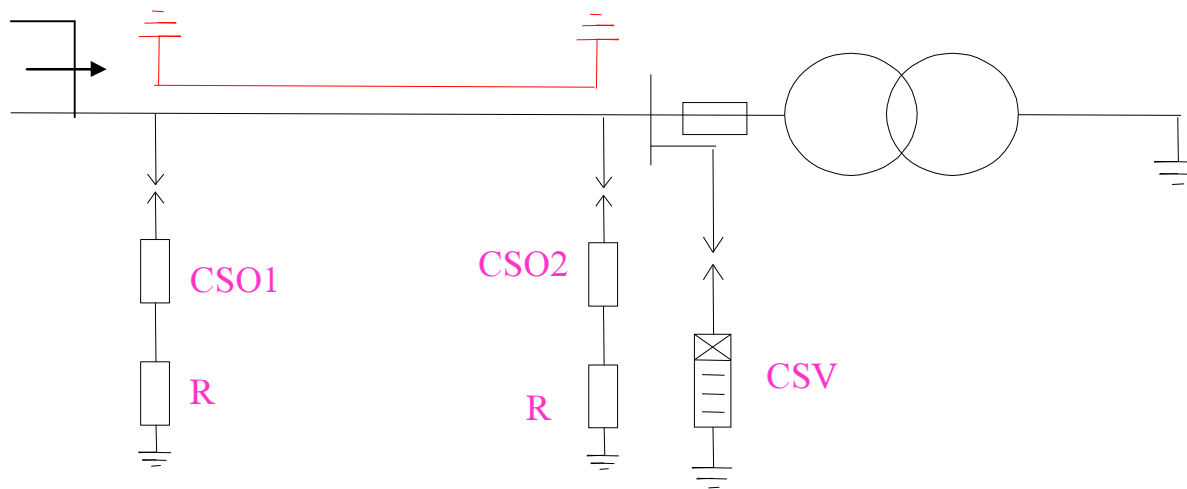
**BẢO VỆ ĐOẠN TỚI TRẠM**

## Sơ đồ bảo vệ trạm biến áp:

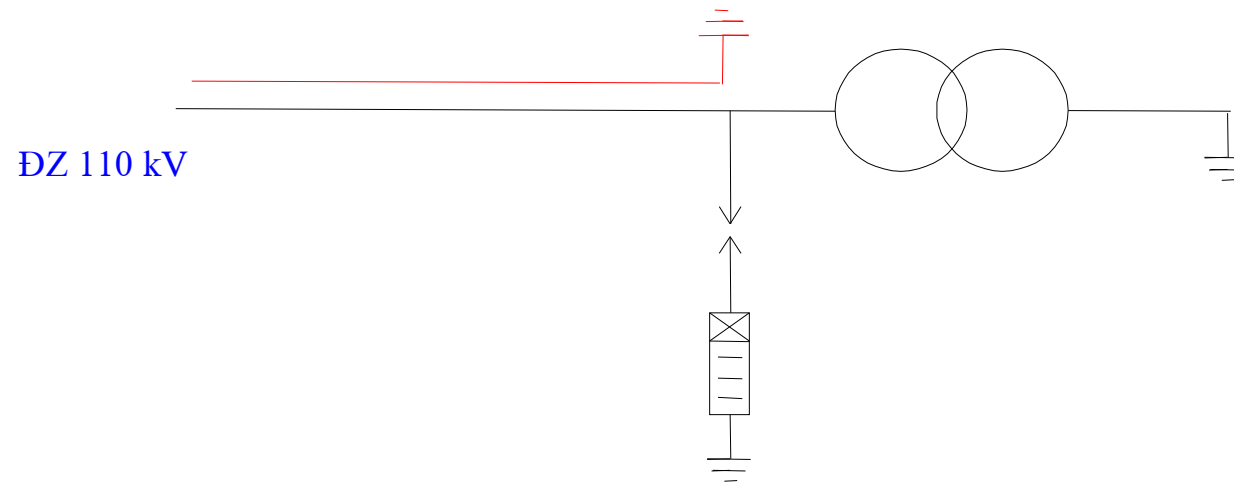
-Đối với đường dây cột sét và cột bê tông không treo dây chống sét trên toàn tuyến thì chúng ta phải treo dây chống sét trên chiều dài từ 1-2 km trên chiều dài đến trạm.



-Đối với đường dây cột gỗ



-Đối với đường dây treo dây chống sét trên toàn tuyến



Người ta bảo vệ bằng cách:

- giảm  $a$  ở khu vực đầu trạm
- giảm  $R_c$

## II) Bảo vệ chống sét cho máy điện:

Về cơ bản giống như bảo vệ chống sét cho TBA nhưng nó có yêu cầu cao hơn so với cách điện xung kích của máy điện thì thấp hơn nhiều so với máy biến áp cùng cấp điện áp.

Vì vậy khi bảo vệ máy điện phải dùng CSV tốt hơn nghĩa là có mức  $U_{du}$  thấp hoặc phải hạn chế sự xuất hiện của quá điện áp bằng cách không cho máy điện nối trực tiếp đường dây trên không

### 1) Bảo vệ chống sét cho máy điện nối trực tiếp đường dây trên không

Các máy điện này thường là các máy phát thủy điện nhỏ hoặc máy phát diezen

Đối với loại MF này thì bảo vệ chống sét thực hiện tương tự như TBA có nghĩa là trên thanh góp điện áp máy phát có đặt CSV và có bảo vệ đoạn tối trảm.

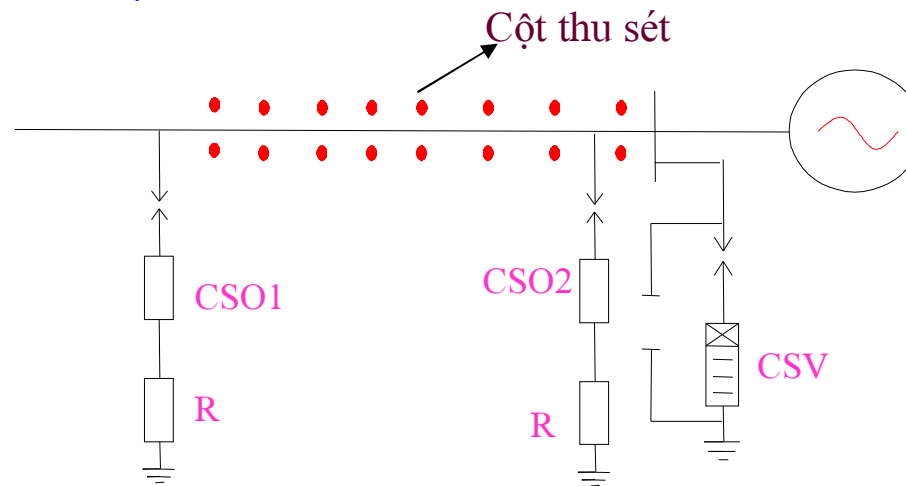
### Tuy nhiên có đặc điểm riêng:

-Dùng CSV từ có  $U_{du}$  thấp

-Đặt thêm tụ điện trên thanh góp điện áp MF có trị số điện dung là khoảng  $C= 0,5.10^{-6}F/pha$  để giảm độ dốc sóng tới , tăng an toàn cho cách điện dọc.

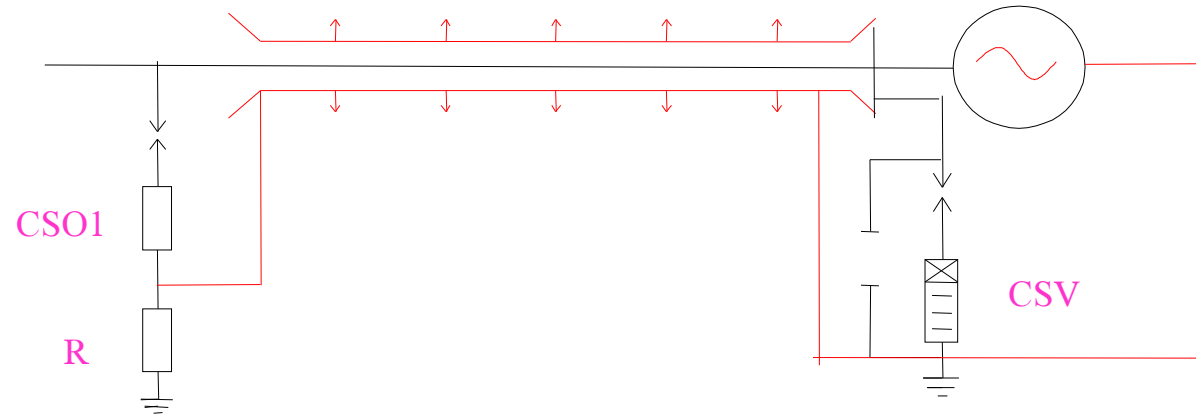
Sơ đồ bảo vệ :

-Sơ đồ 1:

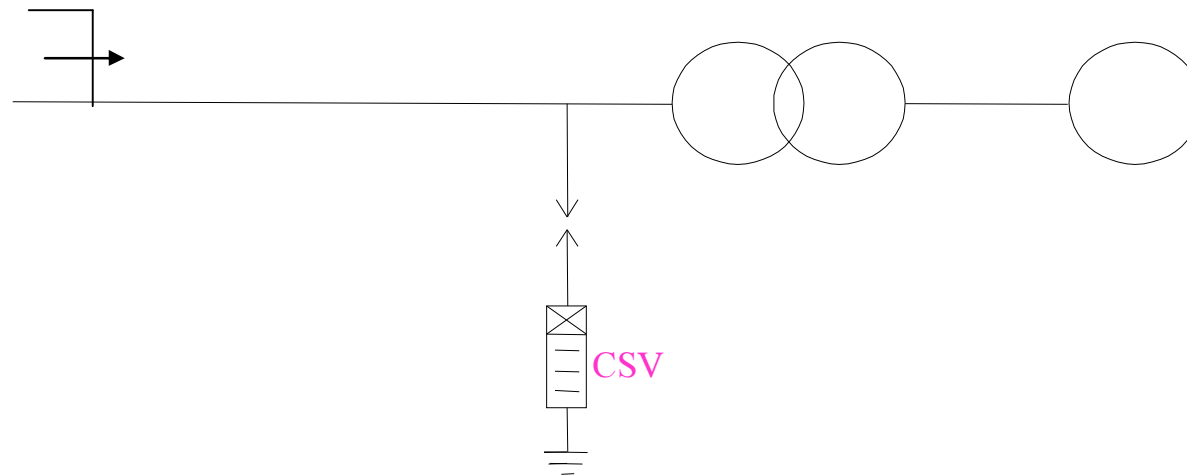


Sơ đồ này tốn kém nên ít dùng

-Sơ đồ 2



2) Bảo vệ chống sét cho máy điện nối với đường dây qua MBA:



Luôn luôn MBA được bảo vệ bằng CSV phía cao áp

Khi có quá điện áp ở đầu đường dây, CSV phía cao áp làm việc, phía hạ áp sẽ có điện áp

$$U_{hạ} = U_{dư CSV} / K$$

Nếu bỏ qua các dao động riêng của L, C thì khi phía cao áp đã được bảo vệ bằng CSV thì không cần các bảo vệ bên phía hạ áp.



## Chương 11: Quá điện áp khi chạm đất 1 pha bằng hồ quang trong hệ thống có trung tính cách đất

### I) Khái niệm chung:

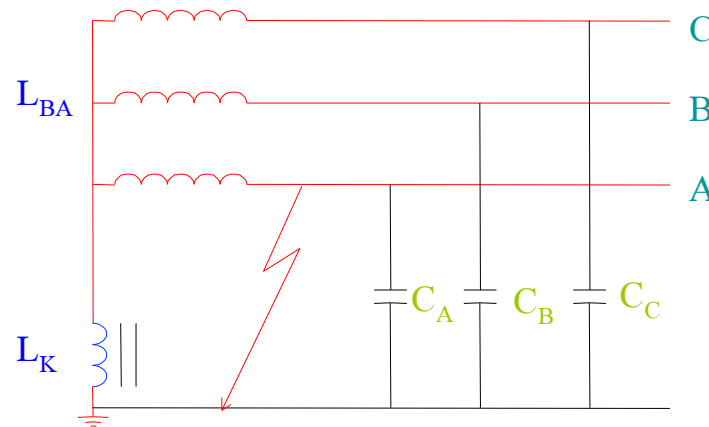
Trong hệ thống điện có trung tính cách đất thì hiện tượng chạm đất 1 pha bằng hồ quang thường xảy ra bởi hiện tượng phóng điện sét trên cách điện của đường dây

Quá trình quá độ có thể kéo dài do hồ quang tắt đi cháy lại nhiều lần (hồ quang chập chờn) làm cho điện áp các pha không sự cố càng ngày càng tăng cao và có thể dẫn đến ngắn mạch nhiều pha.

Trong thực tế điện áp các pha không sự cố có thể tăng đến khoảng  $(3,5 - 4,3)U_{\text{pha}}$ .

### II) Cuộn dập hồ quang:

Để khắc phục hiện tượng quá điện áp do hồ quang thì trong thực tế người ta dùng cuộn dập hồ quang nối vào điểm trung tính của hệ thống điện.



Cuộn dập hồ quang là cuộn cảm có lõi thép mà chúng ta có thể thay đổi  $L_K$  bằng cách thay đổi khe hở không khí của lõi thép, thay đổi số vòng dây

Khi đặt cuộn dập hồ quang vào có ưu điểm :

Nếu pha A chạm đất thì dòng điện tại nơi chạm đất gồm 2 thành phần:

- Thành phần dòng điện điện dung ( $I_C$ ):  $I_C = 3\omega C U_{pha}$

- Thành phần dòng điện điện cảm ( $I_L$ ):  $I_L = \frac{U_{pha}}{\omega L_K}$

→  $|I_d| = |I_L| - |I_C|$

Chọn cuộn dập hồ quang thích hợp sao cho:  $|I_L| = |I_C|$  →  $|I_d| = 0$  hồ quang không cháy

Gọi  $q$  là độ bù,  $q = \frac{|I_L|}{|I_C|}$

$q = 1$  , bù đủ

$q < 1$  , bù thiếu

$q > 1$  , bù thừa

# Mục lục

- \* Lời nói đầu
- \* Chương 1 : Phóng điện trong chất khí
- \* Chương 2 : Ảnh hưởng của phân bố điện trường đến quá trình phóng điện trong chất khí
- \* Chương 3 : Phóng điện ở điện áp xung
- \* Chương 4 : Phóng điện dọc bề mặt điện môi rắn
- \* Chương 5 : Phóng điện vàng quang
- \* Chương 6 : Phóng điện sét và bảo vệ chống sét đánh thẳng
- \* Chương 7 : Thiết bị chống sét
- \* Chương 8 : Nối đất trong hệ thống điện
- \* Chương 9 : Quá trình sóng trên đường dây
- \* Chương 10 : Bảo vệ chống sét cho hệ thống điện
- \* Chương 11 : Quá điện áp khi chạm đất 1 pha bằng hồ quang trong hệ thống có trung tính cách đất
- \* Tài liệu tham khảo

# Hướng dẫn sử dụng

Khi sử dụng giáo trình này cần phải có Font chữ VNtimes new roman. Nếu như máy của bạn không có Font này hãy copy Font đó vào, tôi đã cho sẵn trong File Font. Nếu lỡ làm mất File đó thì vẫn có 1 cách khác là dùng phần mềm Vietspell để biến đổi nếu như bạn có phần mềm này

Cách sử dụng tính chất Convert của Vietspell như sau:

Bạn cài Vietspell xong, trong Tabbar của Word sẽ có công cụ Vietspell ở cuối thanh.

Bạn vào đó chọn tab Convert...sau đó chọn phần mã nguồn là Vietware-WIN, mã đích là VN Unicode2 để biến đổi Font VNtimes new roman sang Font Arial. Cuối cùng bạn chọn Font Arial trong Word thì sẽ hiển thị cho bạn tiếng Việt.

Lưu ý là đó là tôi thử trên Word còn trên PowerPoint thì chưa thử , bạn hãy thử xem có được không nhé

Chúc bạn thành công.