

II.3. TÍNH TOÁN NỔ ĐẤT CHỐNG SÉT:

Nổ đất ở các cột điện đường dây và các cột thu lôi gọi là nổ đất chống sét. Khi sét đánh vào đường dây thì dòng điện sét sẽ được tản vào đất qua bộ phận nối đất này, do đó để tránh không xảy ra phóng điện ngược từ các phần xa thân cột (được nối đất) tới dây dẫn các pha thì điện trở nối đất phải đủ bé.

Tính toán về dòng điện nối đất khi tản dòng điện sét có những đặc điểm khác hẳn so với tính toán điện trở nối đất an toàn, trong trường hợp này dòng điện sét tản trong đất chẳng những có mật độ bé mà còn biến thiên chậm theo thời gian. Khi tản dòng điện sét vào đất có những hiện tượng vật lý sau xảy ra:

- Hiện tượng phóng điện cực nối đất.
- Ảnh hưởng điện cảm của điện cực nối đất.

Tính toán nối đất chống sét đồng thời xét cả hai đặc điểm trên sẽ rất phức tạp nên trong giới hạn có thể chấp nhận đã được phân thành hai loại:

- Khi kích thước điện cực nối đất thu gọn (cọc, tia ngắn) thì có thể bỏ qua không xét đến ảnh hưởng của điện cảm và do đó khi tính toán chỉ xét đến quá trình phóng điện trong đất.

- Khi kích thước điện cực nối đất có kích thước lớn, điện cảm của điện cực có ảnh hưởng lớn đến phân bố áp và dòng điện dọc theo chiều dài điện cực.

II.3.1. Yêu cầu kỹ thuật của nối đất chống sét:

Khi nối đất chống sét vì mật độ dòng điện tản vào trong đất lớn, trường tăng cao và dẫn đến quá trình phóng điện ngược trong đất... tương đương với kích thước điện cực và làm tăng điện dẫn trong đất đồng thời làm điện trở tản xung kích có trị số thấp hơn điện trở tản xoay chiều. Vì thế khi tính toán nối đất chống sét phải thỏa mãn các điều kiện sau:

* Đối với nối đất chống sét cho cột thu sét độc lập tập trung, thì giữa hệ thống thu sét và công trình phải có khoảng cách trong đất (S_d) cũng như trong không khí (S_{kk}) nhất định để không gây phóng điện ngược từ nó tới công trình. Tức là cường độ điện trường trung bình trong khoảng không gian đó phải nhỏ hơn cường độ điện trường bắt đầu phóng điện trong đất và trong không khí:

$$S_{kk} \geq \frac{I_s \cdot R_{xk1} + L_0 \cdot h_x \cdot \frac{di_s}{dt}}{E_{cpkk}} \quad (2.2.1)$$

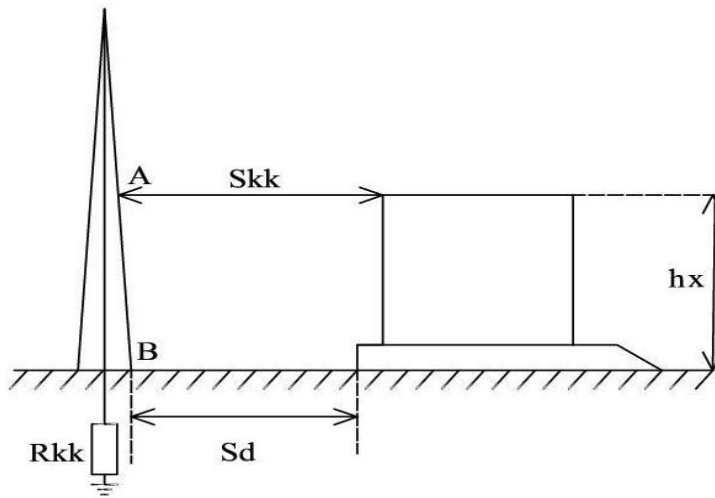
$$S_d \geq \frac{I_s \cdot R_{xk2}}{E_{cpd}} \quad (2.2.2)$$

$$E_{\text{cpkk}} \geq \frac{U_A}{S_{\text{kk}}} = \frac{I_s \cdot R_{\text{kk1}} + L_0 \cdot h_x \cdot \frac{di_s}{dt}}{S_{\text{kk}}} \quad (2.2.3)$$

$$E_{\text{cpd}} \geq \frac{U_B}{S_d} = \frac{I_s \cdot R_{\text{kk2}}}{S_d} \quad (2.2.4)$$

Trong đó:

- h_0 là độ cao của công trình
- S_{kk} là khoảng cách trong không khí từ cột thu sét đến công trình
- S_d là khoảng cách trong đất.



Sơ đồ cột thu sét độc lập

Từ (2.2.3) và (2.2.4) ta có:

$$+ R_{\text{kk1}} < \frac{S_{\text{k}} \cdot E_{\text{cpkk}} - L_0 \cdot h_x \cdot \frac{di_s}{dt}}{I_s} \quad (2.2.5)$$

$$+ R_{\text{kk2}} < \frac{S_d \cdot E_{\text{cpd}}}{I_s} \quad (2.2.6)$$

Như vậy, điện trở xung kích nối đất của cột thu sét là:

$$R_{\text{xk}} = \min\{R_{\text{xk1}}; R_{\text{xk2}}\}$$

* Đối với nối đất chống sét cho cột thu sét đặt trên kết cấu công trình (xà máy biến áp) phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$Z_{\text{xk}}(0, \tau_{\text{ds}}) \cdot I_s \leq U_{50\% \text{MBA}}$$

- Trong đó:
- Z_{xk} là tổng trở xung kích của nối đất phân bố dài (Ω).
 - I_s là biên độ dòng điện sét (kA).

- $U_{50\%MBA}$ là điện áp 50% bé nhất của máy biến áp (kV).

II.3.2. Số liệu dùng trong tính toán chống sét:

- Điện cảm trên đơn vị chiều dài cột thu sét : $L_o = 1,7 \mu\text{H/m}$.
- Điện trở nối đất cột điện : $R_c = 10 \Omega$.
- Điện trường cho phép trong không khí : $E_{cpkk} = 500 \text{KV/m}$.
- Điện trường cho phép trong đất : $E_{cpđ} = 300 \text{KV/m}$.
- Điện áp phóng điện xung kích 50% của máy biến áp : $U_{50\%} = 460 \text{KV}$.
- Tham số dòng điện sét : $I_s = 150 \text{KA}$; $a = 30 \text{KA}/\mu\text{s}$.

II.3.3. Trình tự xác định điện trở xung kích của nối đất tập trung:

Bước 1: Xác định điện trở xung kích yêu cầu:

- Điện trở nối đất yêu cầu phải đảm bảo theo điều kiện (2.2.5) và (2.2.6) để không gây phóng điện ngược từ hệ thống thu sét đến công trình.

- Điện trở xung kích yêu cầu là giá trị điện trở nhỏ nhất trong hai giá trị tính toán theo điều kiện trên: $R_{xkyc} = \min\{R_{xk1}; R_{xk2}\}$

Bước 2: Chọn loại điện cực:

Chọn thanh và cọc (thông số giống với nối đất an toàn). Sau đó, tính điện trở xung kích thanh, cọc và hệ thống.

- Điện trở xung kích của cọc: $R_{xkc} = \alpha_{xk} \cdot R_c$

- Điện trở xung kích của thanh: $R_{xkt} = \alpha_{xk} \cdot R_t$

- Điện trở xung kích của hệ thống: $R_{xkht} = \frac{R_{xkc} \cdot R_{xkt}}{R_{xkc} + n \cdot R_{xkt}} \cdot \frac{1}{\eta_{xk}} \quad (\Omega)$

Bước 3: Kiểm tra điều kiện kỹ thuật:

Yêu cầu điện trở xung kích của hệ thống nối đất là: $R_{xht} \leq R_{xk}$.

II.3.4. Kiểm tra điều kiện phóng điện của cột thu lôi độc lập :

Từ sơ đồ bố trí cột thu sét của trạm khoảng cách từ cột thu sét đến công trình:

- Khoảng cách trong không khí: $S_{kk} = 9 \text{ (m)}$

- Khoảng cách trong đất: $S_d = 9 \text{ (m)}$

Điện trở xung kích yêu cầu của cột thu sét là:

$$+ R_{xk1} \leq \frac{S_k \cdot E_{cpkk} - L_o \cdot h_x \cdot \frac{di_s}{dt}}{I_s} = \frac{9 \cdot 500 - 1,7 \cdot 11 \cdot 30}{150} = 26,26(\Omega)$$

$$+ R_{xk2} \leq \frac{S_s \cdot E_{cpđ}}{I_s} = \frac{9 \cdot 300}{150} = 18(\Omega)$$

Vậy, điện trở xung kích yêu cầu của hệ thống:

$$R_{xkyc} = \min\{R_{xk1}; R_{xk2}\} = 18 \text{ } (\Omega)$$

Với điện trở nối đất của cột điện $R_c=10(\Omega) \leq 18(\Omega)$ thì đảm bảo khi có sét đánh thì sẽ không gây phóng điện ngược từ hệ thống đến công trình.

II.3.5. Nối đất của hệ thống thu sét đặt trên kết cấu công trình

- Các cột thu sét đặt trên xà trạm 110kV phải được nối đất chung vào mạch vòng nối đất an toàn của trạm theo đường ngắn nhất, yêu cầu điện trở nối đất sét đảm bảo sao cho điện áp trên hệ thống nối đất phải nhỏ hơn $U_{50\%}$ của máy biến áp khi có sét đánh vào cột sét đặt trên xà trạm.

-Do mạch vòng nối đất có chiều dài lớn và do dòng điện sét trong thời gian đầu biến thiên rất nhanh nên khi tính toán phải xét đến giá trị điện cảm của mạch vòng. Tổng trở xung kích lúc này có thể lớn hơn rất nhiều so với điện trở tản xoay chiều.

Điện áp xung kích đặt lên cách điện có giá trị thỏa mãn:

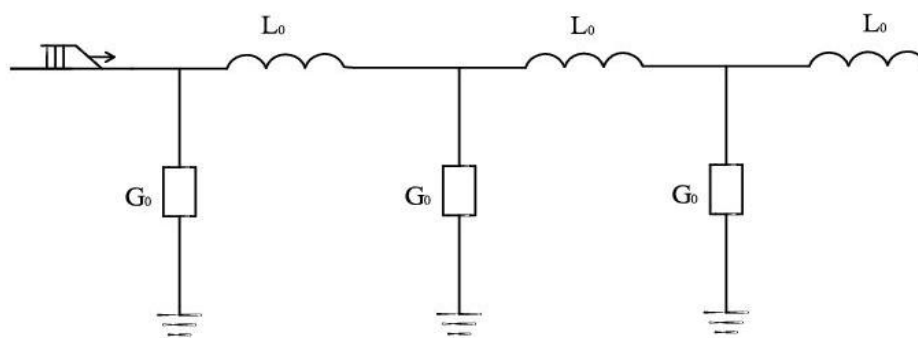
$$U_{xk} = Z(0, \tau_{ds}) \cdot I_s \leq U_{50\%}(MBA) = 460(\text{kV})$$

$$\text{Ta có: } \tau_{ds} = I_s / a = \frac{150}{30} = 5 (\mu\text{s})$$

* Nối đất phân bố dài không có bổ sung

Vì cột thu sét đặt trên xà trạm nối chung vào mạch vòng nối đất an toàn nên trước tiên ta kiểm tra nối đất chống sét cho cột thu sét đặt trên xà trạm với hệ thống nối đất là mạch vòng nối đất an toàn của trạm.

Để đơn giản, ta bỏ qua quá trình phóng điện tia lửa trong đất và điện trở suất của đất là thay đổi, bỏ qua điện trở bản thân của điện cực và điện dung, vì hai giá trị này rất nhỏ so với điện dẫn và điện cảm của nó. Do đó, sơ đồ thay thế chỉ còn lại điện dẫn G_0 và điện cảm L_0 .



- Điện cảm trên đơn vị dài của điện cực L_0 được xác định theo công thức sau:

$$L_0 = 0,2 \left(\ln \frac{L_{dc}}{r} - 0,31 \right) (\mu\text{H}/\text{m})$$

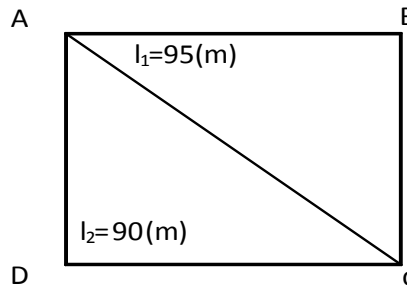
Trong đó : + L_{dc} : là chiều dài điện cực(m)

$$+ r : \text{ là bán kính điện cực : } r = \frac{d}{2} = \frac{0,02}{2} = 0,01(\text{m})$$

+ Điện dẫn trên đơn vị dài của điện cực G_0 được xác định theo công thức sau:

$$G_0 = \frac{1}{R_{dc} \cdot L_{dc}} \left(\frac{1}{\Omega \cdot m} \right) : \text{Trong đó : } R_{dc} \text{ là điện trở tản nổi đất ổn định}(\Omega)$$

Mạch vòng nổi đất xung kích xem như gồm hai phần ABC, ACD với cùng độ dài ghép song song với nhau. Mỗi phần có chiều dài $l=185m$.



- Điện cảm trên một đơn vị chiều dài của mỗi mạch:

$$L_{0ABC} = 0,2 \left(\ln \frac{L_{dc}}{r} - 0,31 \right) = 0,2 \left(\ln \frac{185}{0,01} - 0,31 \right) = 1,96 (\mu H / m)$$

- Điện cảm tương đương trên sơ đồ thay thế :

$$L_0 = (1/2) \cdot L_{0ABC} = (1,96/2) = 0,98 (\mu H/m)$$

- Điện dẫn trên sơ đồ thay thế : $G_0 = 2 \cdot G_{0ABC} = 2/(R_{ABC} \cdot l)$, với R_{ABC} là điện trở ổn định của mạch ABC.

- Điện trở tản của thanh $l=185(m)$ không kể đến ảnh hưởng của cọc:

Tra bảng PL0 trong sách BT KỸ THUẬT ĐIỆN CAO ÁP, ta có hệ số sử dụng của dạng nổi đất hình tia $K=1$. Vậy, điện trở tản của thanh:

$$R_t = \frac{\rho_{tt}}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{K \cdot L^2}{m \cdot d} = \frac{312,5}{2 \cdot \pi \cdot 185} \cdot \ln \frac{1 \cdot 185^2}{0,8 \cdot 0,02} = 3,92 (\Omega)$$

+ Với cọc tròn có $d = 0,05(m)$, dài $l = 3m$, chôn sâu $0,8m$ và khoảng cách giữa các cọc $a = 3(m)$. Khi đó điện trở của thanh được xác định theo công thức sau với $\rho_{tt}^c = 375 (\Omega)$

$$\text{và độ sâu của cọc: } h' = h + \frac{1}{2} = 0,8 + \frac{3}{2} = 2,3(m)$$

$$R_c = \frac{\rho_{tt}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left[\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot h' + 1}{4 \cdot h' - 1} \right] = \frac{312,5}{2 \cdot \pi \cdot 3} \left[\ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,3 + 1}{4 \cdot 2,3 - 1} \right] = 84,98 (\Omega)$$

- Số cọc trên mỗi nhánh : $n = l/3 = 185/3 = 62$ (cọc), với $a/l=1$.

Tra bảng PL05 và 07 trong sách BT KỸ THUẬT ĐIỆN CAO ÁP, ta có $\eta_c = 0,42$; $\eta_t = 0,2$

- Điện trở tản ổn định của mạch :

$$R_{ABC} = \frac{R_c \cdot R_t}{R_c \cdot \eta_t + n \cdot R_t \cdot \eta_c} = \frac{84,98 \cdot 3,92}{84,98 \cdot 0,2 + 3,92 \cdot 0,42 \cdot 62} = 2,79 (\Omega)$$

Vật điện trở tản của toàn mạch là: $R_{dc} = R_{ABCD} = \frac{R_{ABC}}{2} = \frac{2,79}{2} = 1,39 (\Omega)$

- Điện dẫn trên đơn vị dài của mỗi mạch: $G_{0ABC} = \frac{1}{R_{dc} \cdot L_{dc}} = \frac{1}{1,39 \cdot 185} = 0,0038 \left(\frac{1}{\Omega \cdot m} \right)$

- Điện dẫn trên đơn vị dài của toàn mạch :

$$G_0 = G_{0ABCD} = 2 \cdot G_{0ABC} = 2 \cdot 0,0038 = 0,0076 \left(\frac{1}{\Omega \cdot m} \right)$$

- Tổng trở xung kích đầu vào của hệ thống nối đất :

$$Z_{xk}(0, \tau_{ds}) = \frac{1}{G_0 \cdot L_{ABC}} \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{T_1}{\tau_{ds}} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}} \right) \right)$$

Trong đó: $+ A_1 = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} = \frac{\pi^2}{6} = 1,64$

$$+ T_1 = \frac{L_0 \cdot G_0 \cdot L^2}{\pi^2} = \frac{0,98 \cdot 0,0076 \cdot 185^2}{\pi^2} = 25,8 \text{ và } T_k = \frac{T_1}{k^2}$$

$$+ \text{Giá trị } k \text{ được xác định sao cho } \frac{\tau_{ds}}{T_k} = \frac{k^2 \cdot \tau_{ds}}{T_1} < 3 \Rightarrow k < \sqrt{\frac{3 \cdot T_1}{\tau_{ds}}}$$

Các giá trị k thỏa mãn: $k < \sqrt{\frac{3 \cdot T_1}{\tau_{ds}}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 25,8}{5}} = 3,93 \approx 4$

Vậy các giá trị của k là: k = 1, 2, 3, 4 thì thỏa mãn $\frac{\tau_{ds}}{T_k} = \frac{k^2 \cdot \tau_{ds}}{T_1} < 3$

- Tính tổng: $A_2 = \sum_{k=1}^4 \frac{1}{k^2} \cdot e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}$

Ta lập bảng tính toán sau:

k	k ²	T _k	$\frac{1}{k^2} \cdot e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}$
1	1	25,8	0,82
2	4	6,45	0,115
3	9	2,86	0,019
4	16	1,61	0,0028
Tổng			0,956

Vậy tổng trở xung kích tại thời điểm τ_{ds} là:

$$Z_{xk}(0, \tau_{ds}) = \frac{1}{G_0 \cdot L} \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{T_1}{\tau_{ds}} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}} \right) \right) \frac{1}{k^2} \cdot e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}$$
$$\text{suy ra: } Z_{xk} = \frac{1}{0,0076 \cdot 185} \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{25,8}{5} \cdot \left(\frac{\pi^2}{6} - 0,956 \right) \right) = 5,76 (\Omega)$$

Điện áp xung kích của hệ nối đất:

$$U_{xk} = Z_{xk}(0, \tau_{ds}) \cdot I_s = 5,76 \cdot 150 = 864 \text{ (kV)}$$

Ta thấy: $U_{xk} = 864 \text{ (kV)} > U_{50\%} = 460 \text{ (kV)}$ chưa thỏa mãn điều kiện kỹ thuật của nối đất chống sét cho cột thu sét đặc trên kết cấu công trình (xa của trạm). Vì thế cần thực hiện nối đất bổ sung phân bố dài trong nối đất chống sét sao cho thỏa mãn:

$$U_{xk} = Z_{bs}(0, \tau_{ds}) \cdot I_s \leq U_{50\%} = 460 \text{ (kV)}$$