

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG**



**ISO 9001:2008**

**THIẾT KẾ BẢO VỆ CHỐNG SÉT CHO  
TRẠM BIẾN ÁP 220/110KV**

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY  
NGÀNH ĐIỆN CÔNG NGHIỆP**

**HẢI PHÒNG - 2016**

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG**



**ISO 9001:2008**

**THIẾT KẾ BẢO VỆ CHỐNG SÉT CHO  
TRẠM BIẾN ÁP 220/110KV**

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY  
NGÀNH ĐIỆN CÔNG NGHIỆP**

Sinh viên: Phạm Minh Hải

Người hướng dẫn: Th.S Đỗ Thị Hồng Lý

**HẢI PHÒNG - 2016**

Cộng hoà xã hội chủ nghĩa Việt Nam

**Độc lập – Tự Do – Hạnh Phúc**

-----o0o-----

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG

## **NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP**

Sinh viên: Phạm Minh Hải

Mã sv: 1513102006

Lớp: DCL901

Ngành Điện Tự động công nghiệp

Tên đề tài: Thiết kế bảo vệ chống sét cho trạm biến áp 220/110kV

## **NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI**

1. Nội dung và các yêu cầu cần giải quyết trong nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp ( về lý luận, thực tiễn, các số liệu cần tính toán và các bản vẽ).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Các số liệu cần thiết để thiết kế, tính toán

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp: .....

.....

## **CÁC CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP**

Người hướng dẫn thứ nhất:

Họ và tên : Đỗ Thị Hồng Lý

Học hàm, học vị : Thạc Sĩ

Cơ quan công tác : Trường Đại học dân lập Hải Phòng

Nội dung hướng dẫn : Toàn bộ đề án

Người hướng dẫn thứ hai:

Họ và tên :

Học hàm, học vị :

Cơ quan công tác :

Nội dung hướng dẫn :

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày ..... tháng.....năm 2016.

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày.....tháng.....năm 2016

Đã nhận nhiệm vụ Đ.T.T.N

Sinh viên

Đã giao nhiệm vụ Đ.T.T.N

Cán bộ hướng dẫn Đ.T.T.N

Phạm Minh Hải

Th.S Đỗ Thị Hồng Lý

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2016

**HIỆU TRƯỞNG**

**GS.TS.NGUYỄN VĂN HỮU NGHỊ**

## **PHẦN NHẬN XÉT TÓM TẮT CỦA CÁN BỘ HƯỚNG DẪN**

1. Tinh thần thái độ của sinh viên trong quá trình làm đề tài tốt nghiệp.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2. Đánh giá chất lượng của Đ.T.T.N ( so với nội dung yêu cầu đã đề ra trong nhiệm vụ Đ.T.T.N, trên các mặt lý luận thực tiễn, tính toán giá trị sử dụng, chất lượng các bản vẽ..)

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. Cho điểm của cán bộ hướng dẫn

*( Điểm ghi bằng số và chữ)*

Ngày.....tháng.....năm 2016

Cán bộ hướng dẫn chính

*(Ký và ghi rõ họ tên)*

**NHẬN XÉT ĐÁNH GIÁ CỦA NGƯỜI CHĂM PHẢN BIỆN**  
**ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP**

1. Đánh giá chất lượng đề tài tốt nghiệp về các mặt thu thập và phân tích số liệu ban đầu, cơ sở lý luận chọn phương án tối ưu, cách tính toán chất lượng thuyết minh và bản vẽ, giá trị lý luận và thực tiễn đề tài.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Cho điểm của cán bộ chấm phản biện  
(*Điểm ghi bằng số và chữ*)

Ngày.....tháng.....năm 2016  
Người chấm phản biện  
(*Ký và ghi rõ họ tên*)

# MỤC LỤC

<b>LỜI MỞ ĐẦU</b> .....	1
<b>CHƯƠNG 1: Sự ảnh hưởng của dông sét đến hệ thống điện Việt Nam</b>	
1.1. Khái quát chung .....	2
1.2. Ảnh hưởng của dông sét đến hệ thống điện Việt Nam. ....	5
<b>CHƯƠNG 2: Thiết kế bảo vệ chống sét cho trạm</b>	
2.1. Khái quát chung .....	7
2.2. Các yêu cầu kỹ thuật đối với hệ thống chống sét đánh thẳng.....	7
2.3. Phạm vi bảo vệ của cột thu sét và dây thu sét.....	8
2.3.1. Phạm vi bảo vệ của cột thu sét: .....	8
2.3.2. Phạm vi bảo vệ của dây thu sét: .....	13
2.4. Mô tả trạm biến áp cần bảo vệ .....	14
2.5. Tính toán các phương án bảo vệ chống sét đánh thẳng TBA .....	15
2. 5. 1. Phương án 1.....	15
2. 5. 2. Phương án 2.....	24
2.6. So sánh và tổng kết các phương án.....	31
<b>CHƯƠNG 3: Thiết kế hệ thống nối đất</b>	
3.1. Đặt vấn đề .....	33
3.2. Các yêu cầu kỹ thuật .....	33
3.3. Lý thuyết tính toán nối đất .....	35
3.4. Tính toán nối đất an toàn.....	41
3.5. Nối đất chống sét.....	44
3.6. Nối đất bổ sung .....	49
<b>KẾT LUẬN</b> .....	55
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b> .....	56



## LỜI MỞ ĐẦU

Điện năng là nguồn năng lượng vô cùng quan trọng đối với cuộc sống con người. Nó được sử dụng trong hầu hết các lĩnh vực của nền kinh tế quốc dân như: công nghiệp, nông nghiệp, giao thông vận tải, sinh hoạt, dịch vụ. Những hư hỏng và chế độ không bình thường trong hệ thống điện gây hậu quả tai hại đối với kinh tế và xã hội.

Hệ thống điện bao gồm các nhà máy điện, đường dây điện và trạm biến áp. Trong đó trạm biến áp là một phần tử quan trọng vì nó thực hiện nhiệm vụ truyền tải và phân phối điện năng đi xa. Do đó khi các thiết bị trong trạm biến áp bị sét đánh sẽ dẫn đến những hậu quả rất nghiêm trọng, không những chỉ làm hỏng các thiết bị trong trạm mà còn có thể dẫn đến việc ngừng cung cấp điện toàn bộ thời gian dài, ảnh hưởng nghiêm trọng tới sản xuất.

Với lý do đó, em đã chọn đề tài tốt nghiệp “ **Thiết kế bảo vệ chống sét cho trạm biến áp 220/110kV**” do cô giáo Thạc sĩ Đỗ Thị Hồng Lý hướng dẫn.

Đề án gồm 3 chương:

Chương 1. Sự ảnh hưởng của dòng sét đến hệ thống điện.

Chương 2. Thiết kế hệ thống bảo vệ chống sét cho trạm biến áp.

Chương 3. Thiết kế hệ thống nối đất.

## CHƯƠNG 1

# SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA DÔNG SÉT ĐẾN HỆ THỐNG ĐIỆN VIỆT NAM

### 1.1.KHÁI QUÁT CHUNG

Dông sét là một hiện tượng của thiên nhiên, đó là sự phóng tia lửa điện khi khoảng cách giữa các điện cực khá lớn (khoảng 5km).

Hiện tượng phóng điện của dông sét gồm hai loại chính đó là phóng điện giữa các đám mây tích điện và phóng điện giữa các đám mây tích điện với mặt đất. Trong phạm vi đề án này ta chỉ nghiên cứu phóng điện giữa các đám mây tích điện với mặt đất (phóng điện mây - đất). Với hiện tượng phóng điện này gây nhiều trở ngại cho đời sống con người.

Các đám mây được tích điện với mật độ điện tích lớn, có thể tạo ra cường độ điện trường lớn sẽ hình thành dòng phát triển về phía mặt đất. Giai đoạn này là giai đoạn phóng điện tiên đạo. Tốc độ di chuyển trung bình của tia tiên đạo của lần phóng điện đầu tiên khoảng  $1,5 \cdot 10^7$  cm/s, các lần phóng điện sau thì tốc độ tăng lên khoảng  $2 \cdot 10^8$  cm/s (trong một đợt sét đánh có thể có nhiều lần phóng điện kế tiếp nhau bởi vì trong cùng một đám mây thì có thể hình thành nhiều trung tâm điện tích, chúng sẽ lần lượt phóng điện xuống đất).

Tia tiên đạo là môi trường Plasma có điện tích rất lớn. Đầu tia được nối với một trong các trung tâm điện tích của đám mây nên một phần điện tích của trung tâm này đi vào trong tia tiên đạo. Phần điện tích này được phân bố khá đều dọc theo chiều dài tia xuống mặt đất. Dưới tác dụng của điện trường của tia tiên đạo, sẽ có sự tập trung điện tích khác nhau trên mặt đất mà địa điểm tập kết tùy thuộc vào tình hình dẫn điện của đất. Nếu vùng đất có điện dẫn đồng nhất thì điểm này nằm ngay ở phía dưới đầu tia tiên đạo. Còn nếu vùng đất có điện dẫn không đồng nhất (có nhiều nơi có điện dẫn khác nhau) thì điện tích trong đất sẽ tập trung về nơi có điện dẫn cao.

Quá trình phóng điện sẽ phát triển dọc theo đường sức nối liền giữa đầu tia tiên đạo với nơi tập trung điện tích trên mặt đất và như vậy địa điểm sét đánh trên mặt đất đã được định sẵn. Do vậy để định hướng cho các phóng điện sét thì ta phải tạo ra nơi có mật độ tập trung điện tích lớn. Nên việc bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho các công trình được dựa trên tính chọn lọc này của phóng điện sét.

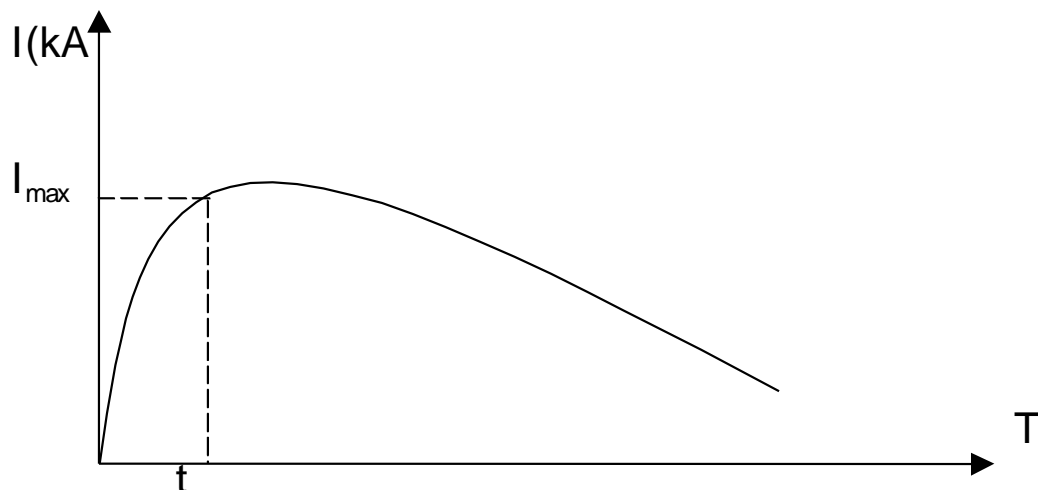
Nếu tốc độ phát triển của phóng điện ngược là  $v$  và mật độ điện trường của điện tích trong tia tiên đạo là  $\delta$  thì trong một đơn vị thời gian thì điện tích đi và trong đất sẽ là:

$$i_s = v \cdot \delta$$

Công thức này tính toán cho trường hợp sét đánh vào nơi có nối đất tốt (có trị số điện trở nhỏ không đáng kể).

Tham số chủ yếu của phóng điện sét là dòng điện sét, dòng điện này có biên độ và độ dốc phân bố theo hàng biến thiên trong phạm vi rộng (từ vài kA đến vài trăm kA) dạng sóng của dòng điện sét là dạng sóng xung kích, chỗ tăng vọt của sét ứng với giai đoạn phóng điện ngược (hình M-1)

- Khi sét đánh thẳng vào thiết bị phân phối trong trạm sẽ gây quá điện áp khí quyển và gây hậu quả nghiêm trọng như đã trình bày ở trên.



**Hình 1.1:** Sự biến thiên của dòng điện sét theo thời gian

Việt Nam là một trong những nước khí hậu nhiệt đới, có cường độ đông sét khá mạnh. Theo tài liệu thống kê cho thấy trên mỗi miền đất nước Việt nam có một đặc điểm đông sét khác nhau :

+ Ở miền Bắc, số ngày đông dao động từ  $70 \div 110$  ngày trong một năm và số lần đông từ  $150 \div 300$  lần như vậy trung bình một ngày có thể xảy ra từ  $2 \div 3$  cơn dông.

+ Vùng dông nhiều nhất trên miền Bắc là Móng Cái. Tại đây hàng năm có từ  $250 \div 300$  lần dông tập trung trong khoảng  $100 \div 110$  ngày. Tháng nhiều dông nhất là các tháng 7, tháng 8.

+ Một số vùng có địa hình thuận lợi thường là khu vực chuyển tiếp giữa vùng núi và vùng đồng bằng, số trường hợp dông cũng lên tới 200 lần, số ngày dông lên đến 100 ngày trong một năm. Các vùng còn lại có từ  $150 \div 200$  cơn dông mỗi năm, tập trung trong khoảng  $90 \div 100$  ngày.

+ Nơi ít dông nhất trên miền Bắc là vùng Quảng Bình hàng năm chỉ có dưới 80 ngày dông.

Xét dạng diễn biến của dông trong năm, ta có thể nhận thấy mùa dông không hoàn toàn đồng nhất giữa các vùng. Nhìn chung ở Bắc Bộ mùa dông tập chung trong khoảng từ tháng 5 đến tháng 9. Trên vùng Duyên Hải Trung Bộ, ở phần phía Bắc (đến Quảng Ngãi) là khu vực tương đối nhiều dông trong tháng 4, từ tháng 5 đến tháng 8 số ngày dông khoảng 10 ngày/ tháng, tháng nhiều dông nhất (tháng 5) quan sát được  $12 \div 15$  ngày (Đà Nẵng 14 ngày/ tháng, Bồng Sơn 16 ngày/tháng ...), những tháng đầu mùa (tháng 4) và tháng cuối mùa (tháng 10) dông còn ít, mỗi tháng chỉ gặp từ  $2 \div 5$  ngày dông.

Phía Nam duyên hải Trung Bộ (từ Bình Định trở vào) là khu vực ít dông nhất, thường chỉ có trong tháng 5 số ngày dông khoảng 10/tháng như Tuy Hoà 10 ngày/tháng, Nha Trang 8 ngày/tháng, Phan Thiết 13 ngày/tháng.

Ở miền Nam khu vực nhiều đông nhất ở đồng bằng Nam Bộ từ 120 ÷ 140 ngày/năm, như ở thành phố Hồ Chí Minh 138 ngày/năm, Hà Tiên 129 ngày/năm. Mùa đông ở miền Nam dài hơn mùa đông ở miền Bắc đó là từ tháng 4 đến tháng 11 trừ tháng đầu mùa (tháng 4) và tháng cuối mùa (tháng 11) có số ngày đông đều quan sát được trung bình có từ 15 ÷ 20 ngày/tháng, tháng 5 là tháng nhiều đông nhất trung bình gặp trên 20 ngày đông/tháng như ở thành phố Hồ Chí Minh 22 ngày, Hà Tiên 23 ngày.

Ở khu vực Tây Nguyên mùa đông ngắn hơn và số lần đông cũng ít hơn, tháng nhiều đông nhất là tháng 5 cũng chỉ quan sát được khoảng 15 ngày đông ở Bắc Tây Nguyên, 10 ÷ 12 ở Nam Tây Nguyên, Kon Tum 14 ngày, Đà Lạt 10 ngày, PLâycu 17 ngày.

Ta thấy Việt Nam là nước phải chịu nhiều ảnh hưởng của đông sét, đây là điều bất lợi cho H.T.Đ Việt nam, đòi hỏi ngành điện phải đầu tư nhiều vào các thiết bị chống sét. Đặc biệt hơn nữa nó đòi hỏi các nhà thiết kế phải chú trọng khi tính toán thiết kế các công trình điện sao cho HTĐ vận hành kinh tế, hiệu quả, đảm bảo cung cấp điện liên tục và tin cậy.

## **1.2. ẢNH HƯỞNG CỦA DÔNG SÉT ĐẾN HỆ THỐNG ĐIỆN VN.**

- Như đã trình bày ở phần trước biên độ dòng sét có thể đạt tới hàng trăm kA, đây là nguồn sinh nhiệt vô cùng lớn khi dòng điện sét đi qua vật nào đó. Thực tế đã có dây tiếp địa do phần nối đất không tốt, khi bị dòng điện sét tác dụng đã bị nóng chảy và đứt, thậm chí có những cách điện bằng sứ khi bị dòng điện sét tác dụng đã bị vỡ và chảy ra như nhũ thạch, phóng điện sét còn kèm theo việc di chuyển trong không gian lượng điện tích lớn, do đó tạo ra điện từ trường rất mạnh, đây là nguồn gây nhiễu vô tuyến và các thiết bị điện tử, ảnh hưởng của nó rất rộng, ở cả những nơi cách xa hàng trăm km.

- Khi sét đánh thẳng vào đường dây hoặc xuống mặt đất gần đường dây sẽ sinh ra sóng điện từ truyền theo dọc đường dây, gây nên quá điện áp tác dụng

lên cách điện của đường dây. Khi cách điện của đường dây bị phá hỏng sẽ gây nên ngắn mạch pha - đất hoặc ngắn mạch pha – pha buộc các thiết bị bảo vệ đầu đường dây phải làm việc. Với những đường dây truyền tải công suất lớn, khi máy cắt nhảy có thể gây mất ổn định cho hệ thống, nếu hệ thống tự động ở các nhà máy điện làm việc không nhanh có thể dẫn đến rã lưới. Sóng sét còn có thể truyền từ đường dây vào trạm biến áp hoặc sét đánh thẳng vào trạm biến áp đều gây nên phóng điện trên cách điện của trạm biến áp, điều này rất nguy hiểm vì nó tương đương với việc ngắn mạch trên thanh góp và dẫn đến sự cố trầm trọng. Mặt khác, khi có phóng điện sét vào trạm biến áp, nếu chống sét van ở đầu cực máy biến áp làm việc không hiệu quả thì cách điện của máy biến áp bị chọc thủng gây thiệt hại vô cùng lớn.

Qua đó ta thấy rằng sự cố do sét gây ra rất lớn, nó chiếm chủ yếu trong sự cố lưới điện, vì vậy dông sét là mối nguy hiểm lớn nhất đe dọa hoạt động của lưới điện.

**\*Kết luận:**

Sau khi nghiên cứu tình hình dông sét ở Việt Nam và ảnh hưởng của dông sét tới hoạt động của lưới điện. Ta thấy rằng việc tính toán chống sét cho lưới điện và trạm biến áp là rất cần thiết để nâng cao độ tin cậy trong vận hành lưới điện.

## **CHƯƠNG 2.**

# **THIẾT KẾ BẢO VỆ CHỐNG SÉT CHO TRẠM**

### **2.1. KHÁI QUÁT CHUNG**

Hệ thống điện bao gồm nhà máy điện đường dây và trạm biến áp là một thể thống nhất. Trong đó trạm biến áp là một phần tử hết sức quan trọng, nó thực hiện nhiệm vụ truyền tải và phân phối điện năng. Do đó khi các thiết bị của trạm bị sét đánh trực tiếp thì sẽ dẫn đến những hậu quả rất nghiêm trọng không những chỉ làm hỏng đến các thiết bị trong trạm mà còn có thể dẫn đến việc ngừng cung cấp điện toàn bộ trong một thời gian dài làm ảnh hưởng đến việc sản xuất điện năng và các ngành kinh tế quốc dân khác. Do đó việc tính toán bảo vệ chống sét đánh trực tiếp vào trạm biến áp đặt ngoài trời là rất quan trọng. Qua đó ta có thể đưa ra những phương án bảo vệ trạm một cách an toàn và kinh tế. Nhằm đảm bảo toàn bộ thiết bị trong trạm được bảo vệ an toàn chống sét đánh trực tiếp.

Ngoài việc bảo vệ chống sét đánh trực tiếp vào các thiết bị trong trạm ta cũng phải chú ý đến việc bảo vệ cho các đoạn đường dây gần trạm và đoạn dây dẫn nối từ xa cuối cùng của trạm ra cột đầu tiên của đường dây.

Do đó tùy từng trạm cụ thể mà ta thiết kế hệ thống chống sét phù hợp và đáp ứng nhu cầu kỹ thuật cũng như kinh tế của trạm.

### **2.2. CÁC YÊU CẦU KỸ THUẬT ĐỐI VỚI HỆ THỐNG CHỐNG SÉT ĐÁNH THẲNG.**

Tất cả các thiết bị bảo vệ cần phải được nằm trọn trong phạm vi an toàn của hệ thống bảo vệ. Tùy thuộc vào đặc điểm mặt bằng trạm và các cấp

điện áp mà hệ thống các cột thu sét có thể được đặt trên các độ cao có sẵn của công trình như xà, cột đèn chiếu sáng... hoặc được đặt độc lập.

- Khi đặt hệ thống cột thu sét trên bản thân công trình, sẽ tận dụng được độ cao vốn có của công trình nên sẽ giảm được độ cao của hệ thống thu sét. Tuy nhiên điều kiện đặt hệ thống thu sét trên các công trình mang điện là phải đảm bảo mức cách điện cao và trị số điện trở tản của bộ phận nối đất bé.

+ Đối với trạm biến áp ngoài trời từ 110 kV trở lên do có cách điện cao (khoảng cách các thiết bị đủ lớn và độ dài chuỗi sứ lớn) nên có thể đặt cột thu sét trên các kết cấu của trạm. Tuy nhiên các trụ của kết cấu trên đó có đặt cột thu sét thì phải nối đất vào hệ thống nối đất của trạm phân phối. Theo đường ngắn nhất và sao cho dòng điện  $i_s$  khuếch tán vào đất theo 3- 4 cọc nối đất. Ngoài ra ở mỗi trụ của kết cấu ấy phải có nối đất bổ sung để cải thiện trị số điện trở nối đất nhằm đảm bảo điện trở không quá  $4\Omega$ .

+ Nơi yếu nhất của trạm biến áp ngoài trời điện áp 110 kV trở lên là cuộn dây của MBA. Vì vậy khi dùng chống sét van để bảo vệ MBA thì yêu cầu khoảng cách giữa hai điểm nối đất vào hệ thống nối đất của hệ thống thu sét và vỏ MBA theo đường điện phải lớn hơn 15m.

- Khi đặt cách ly giữa hệ thống thu sét và công trình phải có khoảng cách nhất định, nếu khoảng cách này quá bé thì sẽ có phóng điện trong không khí và đất. Phần dẫn điện của hệ thống thu sét có phải có tiết diện đủ lớn để đảm bảo thoả mãn điều kiện ổn định nhiệt khi có dòng điện sét đi qua.

## **2.3. PHẠM VI BẢO VỆ CỦA CỘT THU SÉT VÀ DÂY THU SÉT**

### **2.3.1. Phạm vi bảo vệ của cột thu sét:**

#### **a) Phạm vi bảo vệ của một cột thu sét độc lập.**

Phạm vi bảo vệ của một cột thu sét là miền được giới hạn bởi mặt ngoài của hình chóp tròn xoay có đường kính xác định bởi công thức.



$$r_x = \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h}} (h - h_x) \quad (2 - 1)$$

Trong đó:

h: độ cao cột thu sét

$h_x$ : độ cao vật cần bảo vệ

$h - h_x = h_a$ : độ cao hiệu dụng cột thu sét

$r_x$ : bán kính của phạm vi bảo vệ

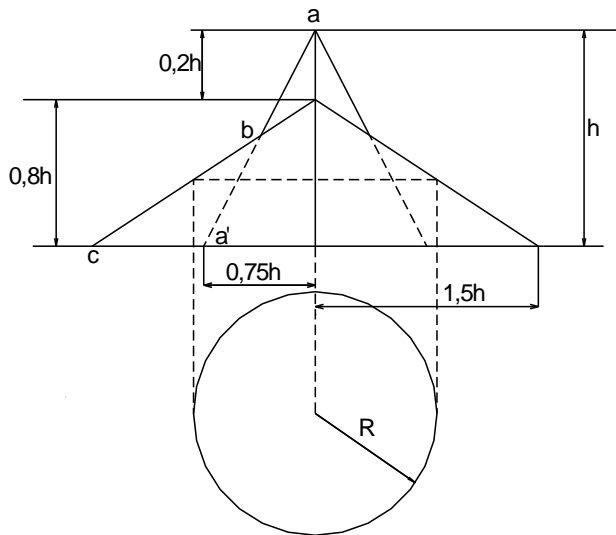
Để dễ dàng và thuận tiện trong tính toán thiết kế thường dùng phạm vi bảo vệ dạng đơn giản hoá với đường sinh của hình chóp có dạng đường gãy khúc được biểu diễn như hình vẽ 1.1 dưới đây.

Bán kính bảo vệ ở các mức cao khác nhau được tính toán theo công thức sau.

$$+ \text{ Nếu } h_x \leq \frac{2}{3}h \text{ thì } r_x = 1,5.h.\left(1 - \frac{h_x}{0,8.h}\right) \quad (2 - 2)$$

$$+ \text{ Nếu } h_x > \frac{2}{3}h \text{ thì } r_x = 0,75.h.\left(1 - \frac{h_x}{h}\right) \quad (2 - 3)$$

Chú ý:



**Hình 2-1:** Phạm vi bảo vệ của một cột thu sét.

Các công thức trên chỉ đúng trong trường hợp cột thu sét cao dưới 30m. Hiệu quả của cột thu sét cao quá 30m có giảm sút do độ cao định hướng của sét giữ hằng số. Có thể dùng các công thức trên để tính phạm vi bảo vệ nhưng phải nhân với hệ số hiệu chỉnh  $p$ . Với  $p = \frac{5,5}{\sqrt{h}}$  và trên hình vẽ dùng các hoành độ  $0,75hp$  và  $1,5hp$ .

**b) Phạm vi bảo vệ của hai hay nhiều cột thu sét.**

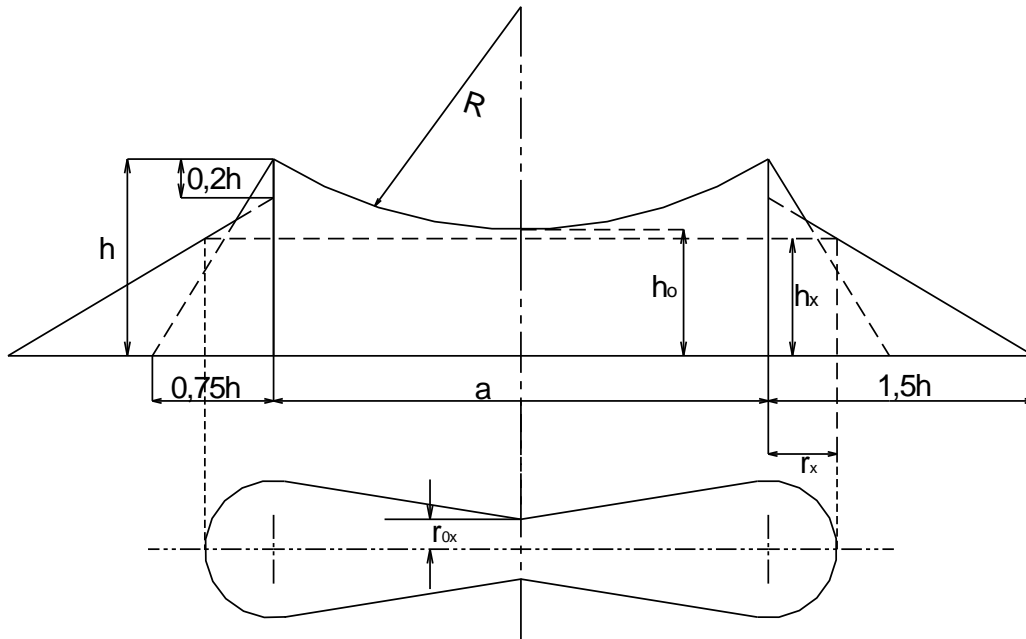
✓ Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét kết hợp thì lớn hơn nhiều so với tổng phạm vi bảo vệ của hai cột đơn. Nhưng để hai cột thu sét có thể phối hợp được thì khoảng cách  $a$  giữa hai cột thì phải thoả mãn điều kiện  $a < 7h$  ( $h$  là chiều cao của cột).

✓ Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét có cùng độ cao.

- Khi hai cột thu sét có cùng độ cao  $h$  đặt cách nhau khoảng cách  $a$  ( $a < 7h$ ) thì độ cao lớn nhất của khu vực bảo vệ giữa hai cột thu sét  $h_0$  được tính như sau:

$$h_0 = h - \frac{a}{7} \quad (2 - 4)$$

Sơ đồ phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét có chiều cao bằng nhau.



**Hình 2- 2:** Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét giống nhau.

Tính  $r_{0x}$ :

$$+ \text{Nếu } h_x \leq \frac{2}{3}h_0 \text{ thì } r_{0x} = 1,5h_0 \left(1 - \frac{h_x}{0,8h_0}\right) \quad (2-5)$$

$$+ \text{Nếu } h_x \geq \frac{2}{3}h_0 \text{ thì } r_{0x} = 0,75h_0 \left(1 - \frac{h_x}{h_0}\right) \quad (2-6)$$

Chú ý:

Khi độ cao của cột thu sét vượt quá 30m thì ngoài các hiệu chỉnh như trong phần chú ý của mục 1 thì còn phải tính  $h_0$  theo công thức:

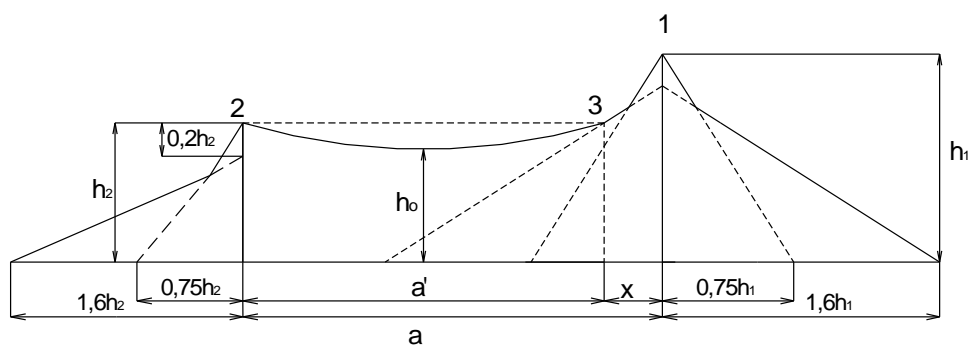
$$h_0 = h - \frac{a}{7p} \quad (2-7)$$

**c) Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét có độ cao khác nhau.**

Giả sử có hai cột thu sét: cột 1 có chiều cao  $h_1$ , cột 2 có chiều cao  $h_2$  và  $h_1 > h_2$ . Hai cột cách nhau một khoảng là a.

Trước tiên vẽ phạm vi bảo vệ của cột cao  $h_1$ , sau đó qua đỉnh cột thấp  $h_2$  vẽ đường thẳng ngang gặp đường sinh của phạm vi bảo vệ của cột cao tại điểm 3. Điểm này được xem là đỉnh của cột thu sét giả định, nó sẽ cùng với cột thấp  $h_2$ , hình thành đôi cột ở độ cao bằng nhau và bằng  $h_2$  với khoảng cách là  $a'$ . Phần còn lại giống phạm vi bảo vệ của cột 1 với  $a' = a - x$

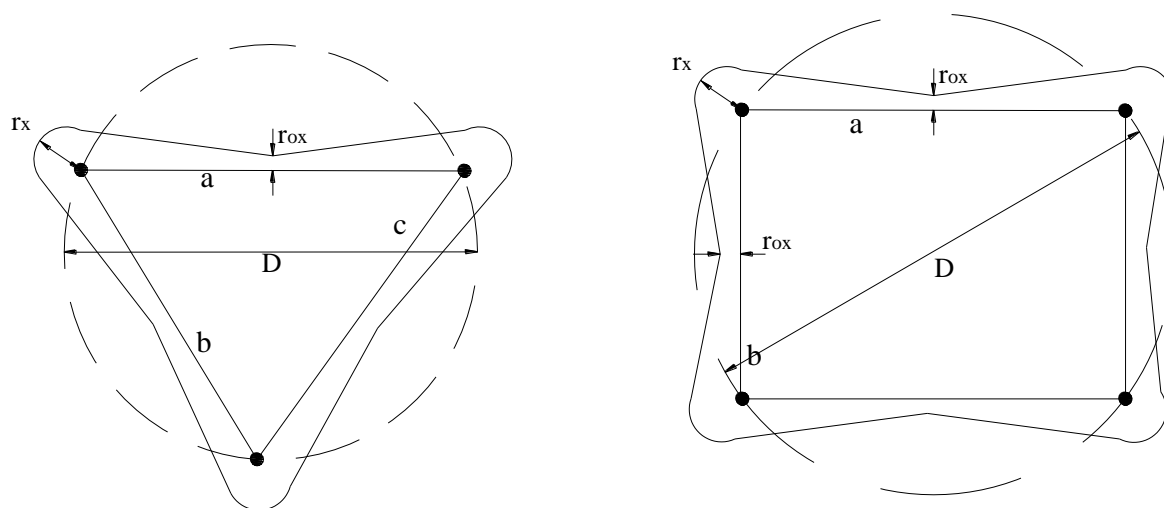
$$x = \frac{1,6(h_1 - h_2)}{1 + \frac{h_2}{h_1}} \quad (2 - 8)$$



**Hình 2- 3:** Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét khác nhau.

**d) Phạm vi bảo vệ của một nhóm cột ( số cột >2).**

Một nhóm cột sẽ hình thành 1 đa giác và phạm vi bảo vệ được xác định bởi toàn bộ miền đa giác và phần giới hạn bao ngoài giống như của từng đôi cột



**Hình 2- 4:** Phạm vi bảo vệ của nhóm cột.

Vật có độ cao  $h_x$  nằm trong đa giác hình thành bởi các cột thu sét sẽ được bảo vệ nếu thoả mãn điều kiện:

$$D \leq 8. h_a = 8. (h - h_x) \quad (2 - 9)$$

Với  $D$  là đường tròn ngoại tiếp đa giác hình thành bởi các cột thu sét.

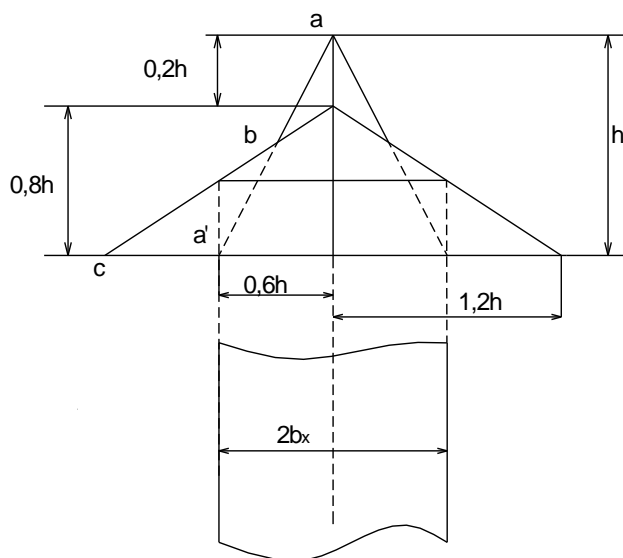
Chú ý: Khi độ cao của cột lớn hơn 30m thì điều kiện bảo vệ cần được hiệu chỉnh theo  $p$ .

$$D \leq 8.h_a. p = 8. (h - h_x).p \quad (1 - 10)$$

### 2.3.2. Phạm vi bảo vệ của dây thu sét:

#### a) Phạm vi bảo vệ của một dây thu sét

Phạm vi bảo vệ của dây thu sét là một dải rộng. Chiều rộng của phạm vi bảo vệ phụ thuộc vào mức cao  $h_x$  được biểu diễn như hình vẽ.



**Hình 2- 5:** Phạm vi bảo vệ của một dây thu sét.

Mặt cắt thẳng đứng theo phương vuông góc với dây thu sét tương tự cột thu sét ta có các hoành độ  $0,6h$  và  $1,2h$ .

$$+ \text{ Nếu } h_x \leq \frac{2}{3}h_0 \text{ thì } b_x = 1,2.h.(1 - \frac{h_x}{0,8h}) \quad (2 - 11)$$

$$+ \text{Nếu } h_x \geq \frac{2}{3}h_0 \text{ thì } b_x = 0,6.h.(1 - \frac{h_x}{h}) \quad (2 - 12)$$

Chú ý: Khi độ cao của cột lớn hơn 30m thì điều kiện bảo vệ cần được hiệu chỉnh theo p.

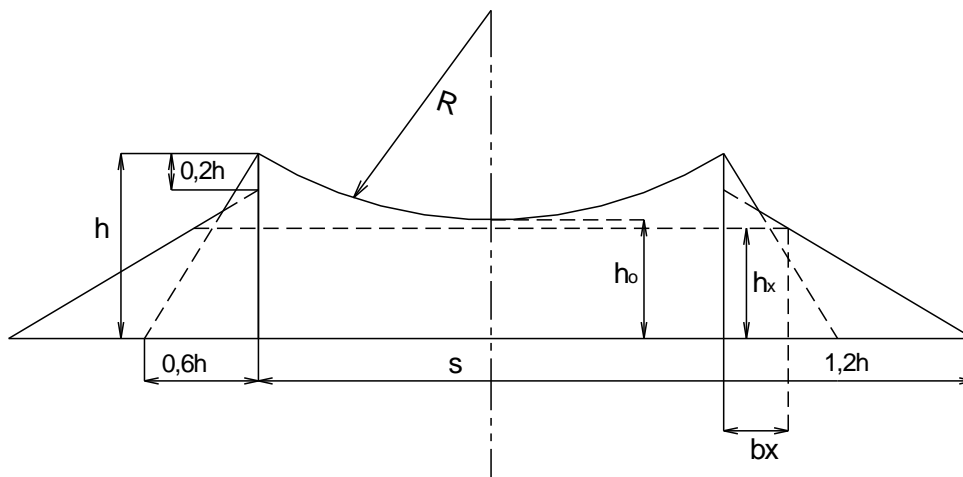
**b) Phạm vi bảo vệ của hai dây thu sét.**

Để phối hợp bảo vệ bằng hai dây thu sét thì khoảng cách giữa hai dây thu sét phải thoả mãn điều kiện  $s < 4h$ .

Với khoảng cách  $s$  trên thì dây có thể bảo vệ được các điểm có độ cao.

$$h_0 = h - \frac{h}{4} \quad (2 - 13)$$

Phạm vi bảo vệ như hình vẽ.



**Hình 2- 6:** Phạm vi bảo vệ của hai dây thu sét.

Phần ngoài của phạm vi bảo vệ giống của một dây còn phần bên trong được giới hạn bởi vòng cung đi qua 3 điểm là hai điểm treo dây thu sét

và điểm có độ cao  $h_0 = h - \frac{s}{4}$  so với đất.

**2.4. MÔ TẢ TRẠM BIẾN ÁP CẦN BẢO VỆ**

- Trạm biến áp: Trạm 220/110 kV.

+ Phía 220kV 6 lộ đường dây, sử dụng sơ đồ 2 thanh góp có thanh góp vòng, được cấp điện từ 2 máy biến áp (T3, T4) và 2 máy biến áp tự ngẫu (AT1, AT2)

+ Phía 110kV 8 lộ đường dây, sử dụng sơ đồ 2 thanh góp có thanh góp vòng, được cấp điện từ 2 máy biến áp tự ngẫu (AT1, AT2)

- Tổng diện tích trạm 555000 m<sup>2</sup>

- Với trạm 220 kV có diện tích là: 34500 m<sup>2</sup>. Độ cao xà cần bảo vệ là 16m và 11 m.

- Với trạm 110 kV có diện tích là: 19200 m<sup>2</sup>. Độ cao xà cần bảo vệ là 11 và 8 m.

## **2.5. TÍNH TOÁN CÁC PHƯƠNG ÁN BẢO VỆ CHỐNG SÉT ĐÁNH THĂNG TBA.**

### **2.5.1. Phương án 1**

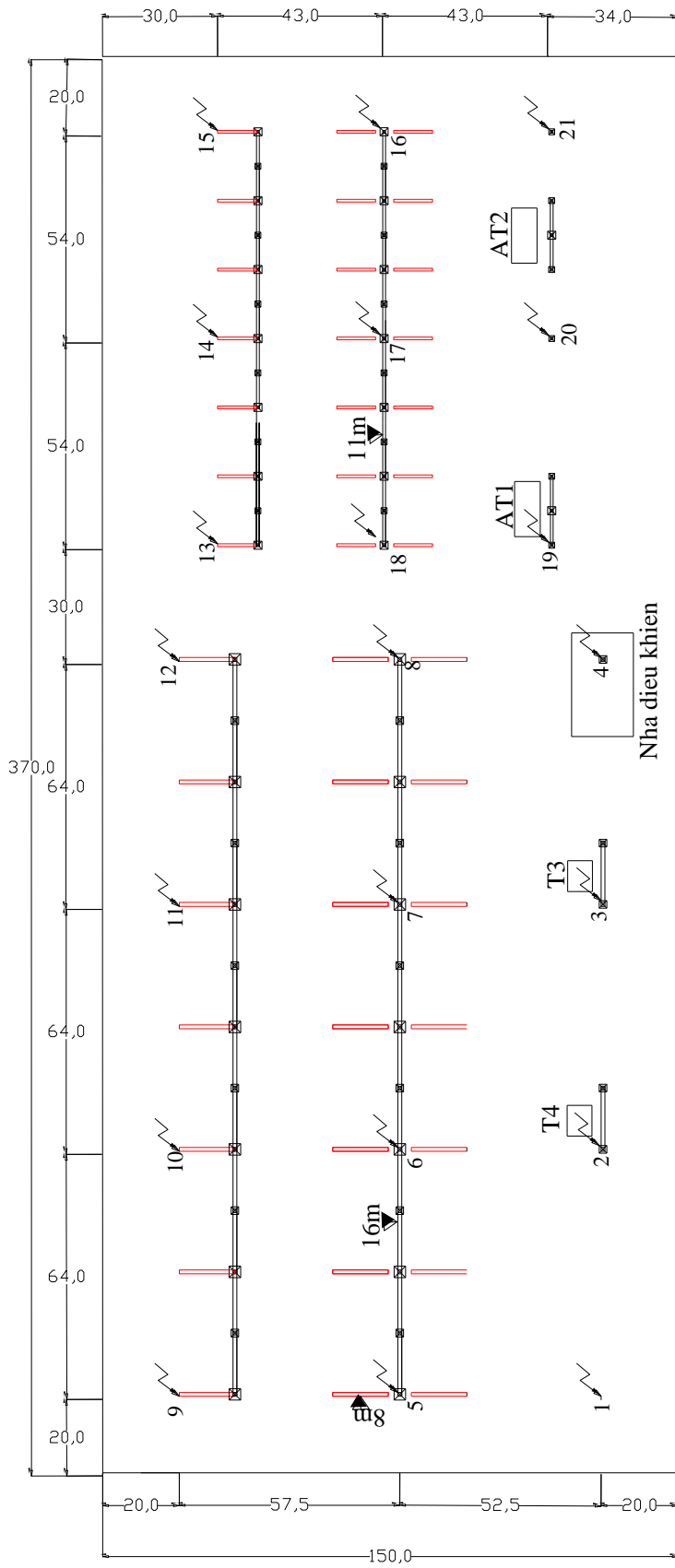
- Phía 220kV dùng 12 cột 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,11,12 trong đó cột 2, 3, 5, 6, 7, 8 được đặt trên xà cao 16m; cột 9, 10,11,12 được đặt trên xà cao 11m cột 1 được xây thêm và cột 4 đặt trên nóc nhà điều khiển cao 10m.

- Phía 110kV dùng 9 cột 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 trong đó cột 16, 17, 18 được đặt trên xà cao 8 m; cột 19, 20, 21, 22 được đặt trên xà cao 11 m và cột 23, 24 được xây thêm.

Vậy:

- Chiều cao tính toán bảo vệ cho trạm 220 kV là  $h_x = 11$  m và  $h_x = 16$  m

- Chiều cao tính toán bảo vệ cho trạm 110 kV là  $h_x = 8$  m và  $h_x = 11$  m.



**Hình 2-7:** Sơ đồ bố trí cột thu sét



✓ Tính toán độ cao hữu ích của cột thu lôi:

Để bảo vệ được một diện tích giới hạn bởi tam giác hoặc tứ giác nào đó thì độ cao cột thu lôi phải thỏa mãn:

$$D \leq 8 \cdot h_a \text{ hay } h_a \geq \frac{D}{8}$$

Trong đó

D: Là đường kính vòng tròn ngoại tiếp tam giác hoặc tứ giác.

$h_a$ : Độ cao hữu ích của cột thu lôi.

- Phạm vi bảo vệ của 2 hay nhiều cột bao giờ cũng lớn hơn phạm vi bảo vệ của 1 cột. Điều kiện để hai cột thu lôi phối hợp được với nhau là  $a \leq 7 \cdot h$ .

Trong đó: a – Khoảng cách giữa 2 cột thu sét.

h – Chiều cao toàn bộ cột thu sét.

✓ Xét nhóm cột 1-2-5-6 tạo thành hình chữ nhật:

$$a_{1-2} = 64 \text{ m}; \quad a_{1-5} = 52,5 \text{ m}$$

Nhóm cột này tạo thành hình chữ nhật có đường chéo là:

$$D = \sqrt{64^2 + 52,5^2} = 82,778 \text{ (m)}$$

$$\text{Vậy độ cao hữu ích của cột thu lôi} \quad h_a \geq \frac{82,778}{8} = 10,35 \text{ (m)}$$

✓ Xét nhóm cột 12,13,8 tạo thành hình tam giác

- Áp dụng công thức Pitago ta có

$$a = a_{12-13} = \sqrt{(30-20)^2 + 30^2} = 31,623 \text{ (m)}$$

$$b = a_{13-8} = \sqrt{47,5^2 + 30^2} = 58,181 \text{ (m)}$$

$$c = a_{12-8} = 57,5 \text{ (m)}$$

- Nửa chu vi tam giác là:

$$p = \frac{31,623 + 58,181 + 57,5}{2} = 72,652 \text{ ( m)}$$

Đường kính vòng tròn ngoại tiếp tam giác là:

$$D = \frac{a.b.c}{2.\sqrt{p.(p-a).(p-b).(p-c)}}$$

$$= \frac{31,623.56,181.57,5}{2.\sqrt{72,652(72,652 - 31,623).(72,652 - 56,181)(72,652 - 57,5)}} = 59,219 \text{ ( m)}$$

Vậy độ cao hữu ích của cột thu lôi  $h_a \geq \frac{59,219}{8} = 7,402 \text{ ( m)}$

Tính toán tương tự cho các đa giác còn lại, kết quả tính toán được trình bày trong bảng:

**Bảng 2-3.** Độ cao hữu ích của cột thu lôi

ĐA GIÁC	Đường kính đường tròn ngoại tiếp (m)	ha (m)
Phía 110 kV		
13,14,17,18	69,029	8,629
14,15,16,17	69,029	8,629
17,18,19,20	69,029	8,629
16,17,20,21	69,029	8,629
Phía 220 kV		
1,2,5,6; 2,3,6,7; 7,8,3,4	82,778	10,347
5,6,10,9; 6,7, 11,10; 7,8,12,11	86,036	10,755
Phía 110/220kV		
12-13-8	59,219	7,402
13-8-18	56,809	7,101
18-8-4	65,133	8,141
18-19-4	721,081	9,1

Chọn độ cao tác dụng cho toàn trạm biến áp.

Sau khi tính toán độ cao tác dụng chung cho các nhóm cột thu sét, ta chọn độ cao tác dụng cho toàn trạm như sau:

- Phía 220kV có  $h_{\max} = 10,755$  m nên ta chọn  $h_a = 11$  m.

- Phía 110kV có  $h_{\max} = 9,1$  m nên ta chọn  $h_a = 10$  m.

✓ Tính độ cao của cột thu sét.

$$h = h_a + h_x$$

- Phía 220 kV:

Độ cao tác dụng  $h_a = 11$  m.

Độ cao lớn nhất cần bảo vệ  $h_x = 16$  m.

Do đó, độ cao các cột thu sét phía 220kV là:

$$h = h_a + h_x = 11 + 16 = 27 \text{ ( m )}.$$

- Phía 110kV:

Độ cao tác dụng  $h_a = 10$  m.

Độ cao lớn nhất cần bảo vệ  $h_x = 11$  m.

Do đó, độ cao các cột thu sét phía 110kV là:

$$h = h_a + h_x = 10 + 11 = 21 \text{ ( m )}.$$

✓ Bán kính bảo vệ của cột thu sét ở các độ cao bảo vệ tương ứng:

Bán kính bảo vệ của các cột 21m (các cột N13 ÷ N22 phía 110kV)

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 11m.

$$h_x = 11 \text{ m} < \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \cdot 21 = 14 \text{ ( m )}$$

$$\text{Nên } r_x = 1,5 \cdot h \left( 1 - \frac{h_x}{0,8h} \right) = 1,5 \cdot 21 \cdot \left( 1 - \frac{11}{0,8 \cdot 21} \right) = 10,88 \text{ ( m )}$$

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 8m.

$$h_x = 11 \text{ m} < \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \cdot 21 = 14 \text{ ( m )}$$

Nên 
$$r_x = 1,5.h \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) = 1,5.21 \cdot \left(1 - \frac{8}{0,8.21}\right) = 16,5(m)$$

Bán kính bảo vệ của các cột 27m (các cột N1 ÷ N12 phía 220kV)

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 11m.

$$h_x = 11m < \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 27 = 18 (m)$$

Nên 
$$r_x = 1,5.h \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) = 1,5.21 \cdot \left(1 - \frac{11}{0,8.27}\right) = 19,875(m)$$

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 16m.

$$h_x = 11m < \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 27 = 18 (m)$$

Nên 
$$r_x = 1,5.h \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) = 1,5.24 \cdot \left(1 - \frac{16}{0,8.27}\right) = 10,5 (m)$$

✓ Tính phạm vi bảo vệ của các cột thu sét.

\* Xét cặp cột 1-2 có:

$$a = 64 \text{ m } h = 27 \text{ m}$$

- Độ cao lớn nhất của khu vực bảo vệ giữa hai cột thu sét là:

$$h_0 = h - \frac{a}{7} = 27 - \frac{64}{7} = 17,875 (m)$$

- Bán kính của khu vực giữa hai cột thu sét là:

+ ở độ cao 16m:

$$h_x = 16m > \frac{2}{3}h_0 = \frac{2}{3} \cdot 17,875 = 11,905 (m)$$

Nên 
$$r_{ox} = 0,75h_0 \left(1 - \frac{h_x}{h_0}\right) = 0,75 \cdot 17,875 \cdot \left(1 - \frac{16}{17,875}\right) = 1,393 (m)$$

+ ở độ cao 11m:

$$h_x = 11\text{m} < \frac{2}{3}h_o = \frac{2}{3} \cdot 17,875 = 11,905 \text{ ( m)}$$

Nên 
$$r_{ox} = 1,5h_o \left(1 - \frac{h_x}{0,8h_o}\right) = 1,5 \cdot 17,875 \cdot \left(1 - \frac{11}{0,8 \cdot 17,875}\right) = 6,161 \text{ ( m)}$$

\* Xét cặp cột 12,13 có độ cao khác nhau

có 
$$a = \sqrt{30^2 + 10^2} = 31,623 \text{ ( m)} \quad h_{12} = 27 \text{ ( m)} \quad h_{13} = 21 \text{ ( m)}$$

Vì  $h_{13} = 21 > \frac{2}{3}h_{12} = 18 \text{ ( m)}$ . Do vậy ta vẽ cột giả định 12' có độ cao 21m cách cột 13 một khoảng:

$$x = \frac{1,6(h_{12} - h_{13})}{1 + \frac{h_{13}}{h_{12}}} = \frac{1,6(27 - 21)}{1 + \frac{21}{27}} = 5,4 \text{ ( m)}$$

Vậy khoảng cách từ cột giả định đến cột 13 là:

$$a' = a - x = 31,623 - 5,4 = 26,223 \text{ ( m)}$$

Phạm vi bảo vệ của hai cột 12' và 13 là:

- Độ cao lớn nhất của khu vực bảo vệ giữa hai cột thu sét là:

$$h_o = h - \frac{a'}{7} = 21 - \frac{26,223}{7} = 17,254 \text{ ( m)}$$

- Bán kính của khu vực giữa hai cột thu sét là:

+ ở độ cao 11m

$$\text{Vì } h_x = 11\text{m} < \frac{2}{3}h_o = \frac{2}{3} \cdot 17,254 = 11,503 \text{ ( m)}$$

$$\text{Nên } r_{ox} = 1,5h_o \left(1 - \frac{h_x}{0,8h_o}\right) = 1,5 \cdot 17,254 \cdot \left(1 - \frac{11}{0,8 \cdot 17,254}\right) = 5,256 \text{ ( m)}$$

+ ở độ cao 8m

$$\text{Vì } h_x = 8\text{m} < \frac{2}{3}h_o = \frac{2}{3} \cdot 17,254 = 11,503 \text{ ( m)}$$

$$\text{Nên } r_{ox} = 1,5h_o \left(1 - \frac{h_x}{0,8.h_o}\right) = 1,5.17,254.\left(1 - \frac{8}{0,8.17,254}\right) = 10,563 \text{ ( m)}$$

+ ở độ cao  $h_x = 16 \text{ m}$

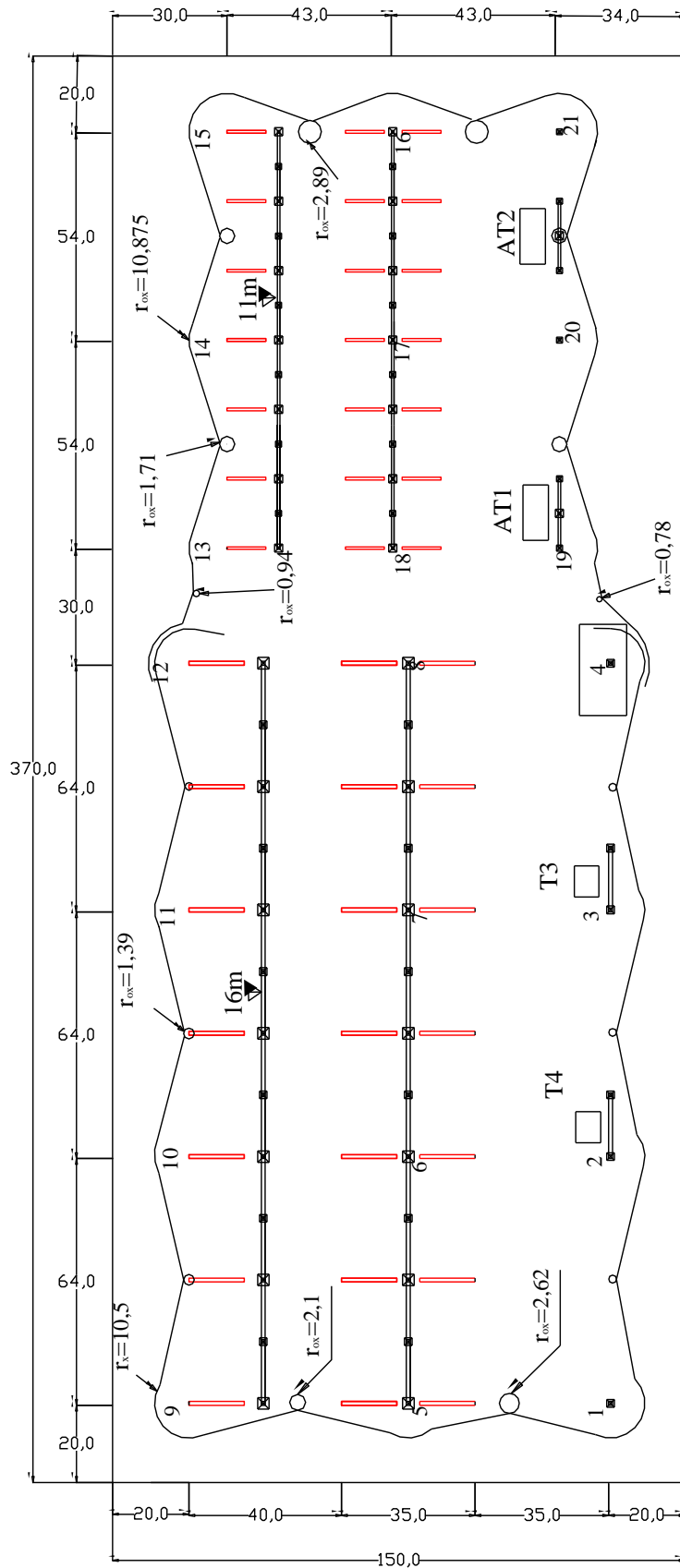
$$\text{Vì } h_x = 16\text{m} > \frac{2}{3}h_o = \frac{2}{3} \dots 17,254 = 11,503 \text{ ( m)}$$

$$\text{Nên } r_{ox} = 0,75h_o \left(1 - \frac{h_x}{h_o}\right) = 0,75.17,11517,254\left(1 - \frac{16}{17,254}\right) = 0,782(m)$$

Tính toán tương tự cho các cặp cột còn lại ta có bảng:

**Bảng 2-4** Phạm vi bảo vệ của các cặp cột thu sét

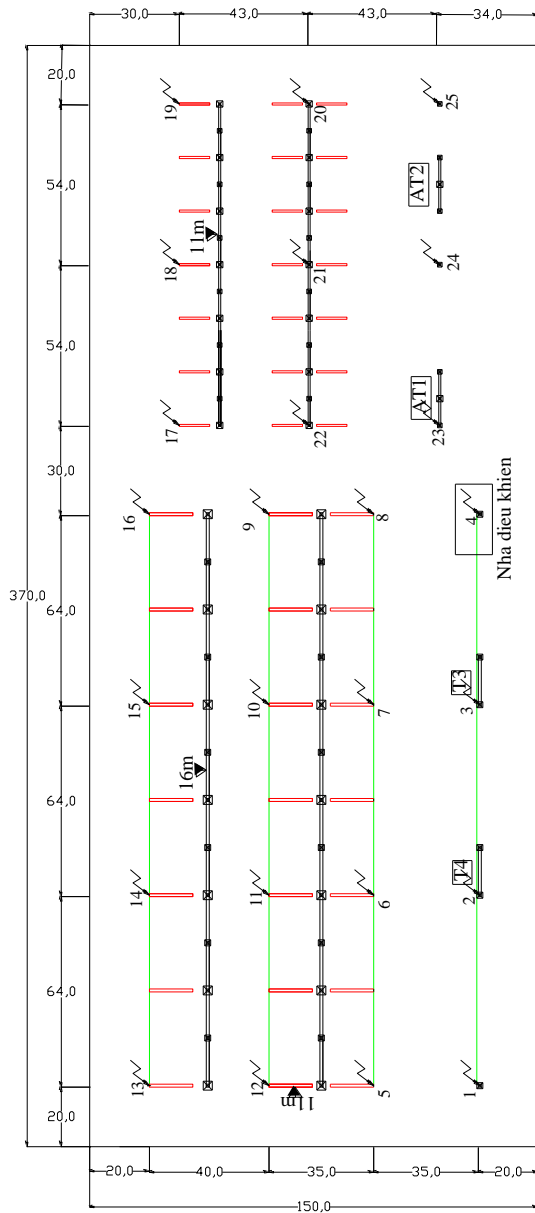
Cặp cột	a (m)	h (m)	h <sub>o</sub> (m)	h <sub>x</sub> (m)	r <sub>ox</sub> (m)	h <sub>x</sub> (m)	r <sub>ox</sub> (m)
1-2;2-3;4-5;5-5;6-7;7-8; 9-10;10-11;11-12	64	26	16,8571	16	0,64285	11	4,661
1-5;2-6;3-7;4-8;	35	26	21	16	3,75	11	10,87
5-9;6-10;7-1;8-12	40	26	20,2857	16	3,21428	11	9,804
13-14;14-15;16-17; 17-18;19-20;20-21	43	21	14,85714	11	2,892857	8	7,28
13—18;14-17;15-16; 16-21;17-20;18-19	54	21	13,28571	11	1,714286	8	4,92
4--19	33,11	21	16,903	11	4,739	8	10,35
4--19	33,11	21	16,903	16	0,782		



**Hình 2.8:** Phạm vi bảo vệ của các cột thu sét

## 2. 5. 2. Phương án 2

- Phía 220kV có treo 3 dây chống sét A-95 dài 192m chia làm 3 khoảng dài 64; khoảng cách giữa hai dây  $S=35\text{m}$  và  $S=40\text{m}$  như hình vẽ.
- Phía 110kV dùng 9 cột 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 và 25 trong đó cột 17, 18, 19 được đặt trên xà cao 8 m; cột 20, 21, 22, 23 được đặt trên xà cao 11 m và cột 25, 24 được xây thêm.



**Hình 2- 9:** Sơ đồ bố trí cột và dây thu sét



Để bảo vệ toàn bộ xà trong trạm thì độ cao dây chống sét thỏa mãn:

$$h \geq h_0 + \frac{S}{4} = 16 + \frac{40}{4} = 26(m).$$

**a) Độ võng của dây.**

- ✓ Thông số của dây A-95 theo thông số của Nga
- ✓ Ứng suất cho phép:  $\delta_{cp} = 21,7 \text{ kG/mm}^2$

Môđun đàn hồi:  $E=20000 \text{ kG/mm}^2$

Hệ số dẫn nở nhiệt:  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$

Nhiệt độ ứng với trạng thái bão:  $\theta_{b.o} = 25^\circ \text{C}$

Nhiệt độ ứng với trạng thái min:  $\theta_{\min} = 5^\circ \text{C}$

Tải trọng do trọng lượng gây ra:  $g_1 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m, mm}^2$

Tải trọng do gió gây ra (áp lực gió cấp 3 với  $v=30\text{m/s}$ ):  $g_3 = \frac{P_v}{F}$

Trong đó  $P_v = \alpha \cdot C_x \cdot \frac{V^2}{16} \cdot F_v$  là lực tác dụng của gió lên 1m dây

+  $\alpha = 0,7$  là hệ số không đều của áp lực gió

+  $C_x = 1,2$  là hệ số khí động học của dây dẫn phụ thuộc vào đường kính của dây

( $C_x = 1,2$  khi  $d < 20 \text{ mm}$ )

+  $F_v = 1 \cdot d \cdot 10^{-3} \text{ m}$ : là diện tích chắn gió của 1m dây

Vậy  $F_v = \sqrt{\frac{90}{\Pi}} \cdot 10^{-3} = 10,7 \cdot 10^{-3} \text{ ( m)}$

$$P_v = 0,7 \cdot 1,2 \cdot \frac{30^2}{16} \cdot 10,7 \cdot 10^{-3} = 0,506 \text{ (kG/m)}$$

$$g_3 = \frac{0,506}{95} = 5,32 \cdot 10^{-3} \text{ (kG / m.mm}^2\text{)}$$

Tải trọng tổng hợp:

$$g = \sqrt{g_1^2 + g_3^2} = \sqrt{8^2 + 5,32^2} \cdot 10^{-3} = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ (kG / m.mm}^2\text{)}$$

Ta có:

$$l_{gh} = \delta_{cp} \cdot \sqrt{\frac{24 \cdot \alpha \cdot (\theta_{bao} - \theta_{min})}{g^2 - g_1^2}}$$
$$= 21,7 \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot 23 \cdot 10^{-6} \cdot (25 - 5)}{(9,6 \cdot 10^{-3})^2 - (8 \cdot 10^{-3})^2}} = 309,5 \text{ (m)}$$

Kiểm tra điều kiện ta thấy  $l = 64 \text{ m} < 309,5 \text{ m}$

✓ Với khoảng vượt  $l = 64 \text{ m}$ .

Phương trình trạng thái ứng với  $\theta_{min}$  có dạng:

$$\delta^3 - A^2 \delta - B = 0$$

$$A = \delta_0 - \frac{l_1^2 \cdot g_1^2 \cdot E}{24 \cdot \delta_0^2} - \alpha \cdot E \cdot (\theta_{bao} - \theta_{min})$$
$$= 21,7 - \frac{64^2 \cdot (9,6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 20000}{24 \cdot 21,7^2} - 12 \cdot 10^{-6} \cdot 20000 \cdot (25 - 5) = 16,23$$
$$B = \frac{g^2 \cdot E \cdot l_1^2}{24} = \frac{(9,6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 20000 \cdot 64^2}{24} = 315,12$$

Ta có phương trình:  $\delta^3 - 16,23 \cdot \delta^2 - 315,12 = 0$

có nghiệm  $\delta = 17 \text{ (kG / mm}^2\text{)}$

Độ võng:

$$f = \frac{g \cdot l^2}{8 \cdot \delta} = \frac{9,6 \cdot 10^{-3} \cdot 64^2}{8 \cdot 17} = 0,23 \text{ (m)}$$

Độ cao cột treo dây thu sét:  $h_1 = h + f = 26 + 0,23 = 26,23 \text{ (m)}$

Vậy chọn độ cao treo dây thu sét là 27 m.

**b) Phạm vi bảo vệ của dây thu sét:**

Tính cho hai vị trí cao nhất và thấp nhất.

✓ Tại vị trí đầu cột:

Bảo vệ ở độ cao 16m:

$$\text{Do } h_x = 16 < \frac{2}{3}h = \frac{2}{3}.27 = 18 \text{ nên } b_x = 1,2.27.(1 - \frac{16}{0,8.27}) = 8,4. \text{ ( m)}$$

Bảo vệ ở độ cao 11m:

$$\text{Do } h_x = 11 < \frac{2}{3}h = \frac{2}{3}.27 = 18 \text{ thì } b_x = 1,2.27.(1 - \frac{11}{0,8.27}) = 15,9. \text{ ( m)}$$

Độ cao lớn nhất được bảo vệ giữa hai dây:

$$+\text{Với } S=35\text{m: } h_0 = h - \frac{S}{4} = 27 - \frac{35}{4} = 18,25 \text{ ( m)}$$

$$+\text{Với } S=40\text{m: } h_0 = h - \frac{S}{4} = 27 - \frac{40}{4} = 17 \text{ ( m)}$$

✓ Tại vị trí thấp nhất:

$$h' = h - f = 27 - 0,23 = 26,77(m)$$

Bảo vệ ở độ cao 16m:

$$\text{Vì } h_x = 16 < \frac{2}{3}h = \frac{2}{3}.26,77 = 17,846 \text{ ( m)}$$

$$\text{Nên } b_x = 1,2.26,768.(1 - \frac{16}{0,8.26,768}) = 8,122. \text{ ( m)}$$

Bảo vệ ở độ cao 11 m:

$$\text{Vì } h_x = 11 < \frac{2}{3}h = \frac{2}{3}.26,77 = 17,846 \text{ ( m)}$$

$$\text{Nên } b_x = 1,2.26,768.(1 - \frac{11}{0,8.26,768}) = 15,622. \text{ ( m)}$$

Độ cao lớn nhất được bảo vệ giữa hai dây:

$$+ \text{ Với } S=35\text{m: } h_0 = h' - \frac{S}{4} = 26,77 - \frac{35}{4} = 18,02 \text{ ( m)}$$

+ Với  $S=40\text{m}$ : 
$$h_0 = h' - \frac{S}{4} = 26,77 - \frac{40}{4} = 16,77 \text{ ( m )}$$

**c) Phạm vi bảo vệ của cột thu sét:**

✓ Độ cao các cột thu sét phía 220kV là: 27m

✓ Độ cao các cột thu sét phía 110kV: Do các nhóm cột phía 110kV và 220/110kV được bố trí tương tự phương án 1 nên theo tính toán ở phương án 1 ta chọn độ cao các cột thu sét phía 110kV 21m.

Tương tự phương án 1 ta có:

✓ Phạm vi bảo vệ của cột thu sét độc lập:

Bán kính bảo vệ của các cột 21m (các cột N17 ÷ N25 phía 110kV)

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 11m. 
$$h_x = 11\text{m} < \frac{2}{3}h = \frac{2}{3}.21 = 14 \text{ ( m )}$$

Nên 
$$r_x = 1,5.h \left( 1 - \frac{h_x}{0,8h} \right) = 1,5.21. \left( 1 - \frac{11}{0,8.21} \right) = 10,88 \text{ ( m )}$$

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 8m. 
$$h_x = 8\text{m} < \frac{2}{3}h = \frac{2}{3}.21 = 14 \text{ ( m )}$$

Nên 
$$r_x = 1,5.h \left( 1 - \frac{h_x}{0,8h} \right) = 1,5.21. \left( 1 - \frac{8}{0,8.21} \right) = 16,5(m)$$

Bán kính bảo vệ của các cột 27m (các cột N1 ÷ N17 phía 220kV)

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 11m.

$$h_x = 11\text{m} < \frac{2}{3}h = \frac{2}{3}.27 = 18 \text{ ( m )}$$

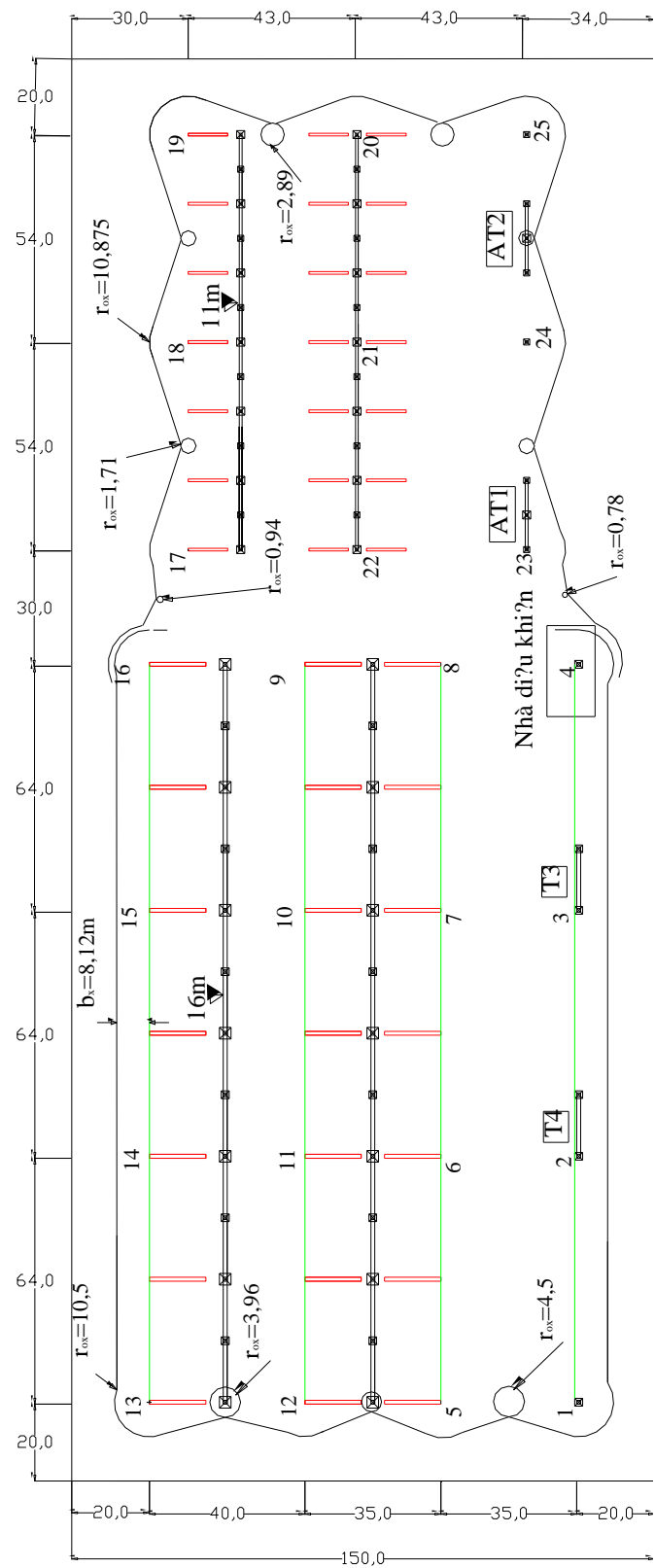
Nên 
$$r_x = 1,5.h \left( 1 - \frac{h_x}{0,8h} \right) = 1,5.27. \left( 1 - \frac{11}{0,8.27} \right) = 19,875(m)$$

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 16m. 
$$h_x = 16\text{m} < \frac{2}{3}h = \frac{2}{3}.27 = 18 \text{ ( m )}$$

$$\text{Nên } r_x = 1,5.h\left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) = 1,5.24.\left(1 - \frac{16}{0,8.27}\right) = 10,5 \text{ ( m)}$$

✓ **Bảng 1-5** Phạm vi bảo vệ của các cặp cột thu sét

Cặp cột	a (m)	h (m)	ho (m)	hx (m)	rox (m)	hx (m)	rox (m)
1-5;5-9	35	27	22	16	4,5	11	12,375
9-13	40	27	21,29	16	3,96	11	11,303
19-20;20-25	43	21	14,85714	11	2,89	8	7,286
17-18;18- 19;23-24;24- 25;25-26	54	21	13,28571	11	1,71	8	4,929
4--23	33,11	21	16,903	11	4,739	8	10,354
4--34	33,11	21	16,903	16	0,782		



**Hình 2-9:** Phạm vi bảo vệ của các cột thu sét

## 2.6. SO SÁNH VÀ TỔNG KẾT CÁC PHƯƠNG ÁN

✓ Về mặt kỹ thuật: Cả 2 phương án bố trí cột thu sét đều bảo vệ được tất cả các thiết bị trong trạm và đảm bảo được các yêu cầu về kỹ thuật.

✓ Về mặt kinh tế:

Phương án 1:

- Phía 220kV dùng 12 cột cao 27m trong đó 6 cột đặt trên xà cao 16m; 4 cột đặt trên xà cao 11m, 1 cột được xây thêm và 1 cột đặt trên nóc nhà điều khiển cao 10m.

- Phía 110kV dùng 9 cột cao 21m: trong đó 3 cột đặt trên xà cao 8 m; 4 cột đặt trên xà cao 11 m và 2 cột được xây thêm.

-Tổng chiều dài cột là:

$$L = 6.(27-16) + 4.(27-11) + 27 + (27-10) + 3.(21-8) + 4.(21-11) + 2.21 = 295 \text{ ( m)}$$

Phương án 2:

- Phía 220kV có treo 3 dây chống sét C-95 dài 192m chia làm 3 khoảng dài 64 trên 16 cột cao 27m trong đó 12 cột đặt trên xà cao 11m; 2 cột đặt trên xà cao 11m, 1 cột được xây thêm và 1 cột đặt trên nóc nhà điều khiển cao 10m.

- Phía 110kV dùng 9 cột cao 21m: trong đó 3 cột đặt trên xà cao 8 m; 4 cột đặt trên xà cao 11 m và 2 cột được xây thêm.

-Tổng chiều dài cột là:

$$L = 2.(27-16) + 12.(27-11) + 27 + (27-10) + 3.(21-8) + 4.(21-11) + 2.21 = 379 \text{ ( m)}$$

-Tổng chiều dài cột là:  $L = 3.192 = 576 \text{ ( m)}$

✓ Vì phương án 1 có số cột thu sét ít và không cần dung dây thu sét nên chi phí xây dựng thấp hơn, đồng thời tổng chiều dài cột nhỏ hơn. Vậy ta

chọn phương án 1 làm phương án tính toán thiết kế chống sét cho trạm biến áp.



## **CHƯƠNG 3:**

# **THIẾT KẾ HỆ THỐNG NỐI ĐẤT**

### **3.1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Nối đất có nghĩa là nối các bộ phận bằng kim loại có nguy cơ tiếp xúc với dòng điện do hư hỏng cách điện đến một hệ thống nối đất. Trong HTĐ có 3 loại nối đất khác nhau:

Nối đất an toàn: có nhiệm vụ đảm bảo an toàn cho người khi cách điện của thiết bị bị hư hỏng. Thực hiện nối đất an toàn bằng cách đem nối đất mọi bộ phận kim loại bình thường không mang điện (vỏ máy, thùng máy biến áp, các giá đỡ kim loại ...) Khi cách điện bị hư hỏng trên các bộ phận này sẽ xuất hiện điện thế nhưng do đã được nối đất nên mức điện thế thấp. Do đó đảm bảo an toàn cho người khi tiếp xúc với chúng.

Nối đất làm việc: có nhiệm vụ đảm bảo sự làm việc bình thường của thiết bị hoặc một số bộ phận của thiết bị làm việc theo chế độ đã được quy định sẵn. Loại nối đất này bao gồm: Nối đất điểm trung tính MBA trong HTĐ có điểm trung tính nối đất, nối đất của MBA đo lường và của các kháng điện bù ngang trên các đường dây tải điện đi xa.

Nối đất chống sét: là tản dòng điện sét trong đất (khi có sét đánh vào cột thu sét hoặc trên đường dây) để giữ cho điện thế tại mọi điểm trên thân cột không quá lớn... do đó cần hạn chế các phóng điện ngược trên các công trình cần bảo vệ.

### **3.2. CÁC YÊU CẦU KỸ THUẬT**

\* Bộ phận nối đất có trị số điện trở tản càng bé càng tốt. Tuy nhiên việc giảm thấp điện trở tản đòi hỏi phải tốn nhiều kim loại và khối lượng thi công. Do

đó việc xác định tiêu chuẩn nối đất và lựa chọn phương án nối đất phải sao cho hợp lý về mặt kinh tế và đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật.

\* Trị số điện trở nối đất cho phép của nối đất an toàn được chọn sao cho các trị số điện áp bước và tiếp xúc trong mọi trường hợp đều không vượt qua giới hạn cho phép. Theo quy trình hiện hành tiêu chuẩn nối đất được quy định như sau:

- Đối với thiết bị điện có điểm trung tính trực tiếp nối đất (dòng ngắn mạch chạm đất lớn) trị số điện trở nối đất cho phép là:  $R \leq 0,5 \Omega$ .

- Đối với thiết bị điện có điểm trung tính cách điện (dòng ngắn mạch chạm đất bé) thì:

$$R \leq \frac{250}{I} (\Omega) \quad (3 - 1)$$

Nếu chỉ dùng cho các thiết bị cao áp

$$R \leq \frac{125}{I} (\Omega) \quad (3 - 2)$$

Nếu dùng cho cả cao áp và hạ áp

- Trong các nhà máy điện và trạm biến áp, nối đất làm việc và nối đất an toàn ở các cấp điện áp khác thường được nối thành hệ thống chung. Khi nối thành hệ thống chung phải đạt được yêu cầu của loại nối đất nào có trị số điện trở nối đất cho phép bé nhất.

- Trong khi thực hiện nối đất, cần tận dụng các hình thức nối đất có sẵn ví dụ như các đường ống và các kết cấu kim loại của công trình chôn trong đất, móng bê tông cốt thép... Việc tính toán điện trở tản của các đường ống chôn trong đất hoàn toàn giống với điện cực hình tia.

- Do nối đất làm việc trong môi trường không đồng nhất (đất - bê tông) nên điện trở suất của nó lớn hơn so với điện trở suất của đất thuần túy và trong tính toán lấy tăng lên 25%.

- Vì khung cốt thép là lưới không phải cực đặc nên không phải hiệu chỉnh bằng cách nhân thêm hệ số  $\beta = 1,4$  đó là hệ số chuyển từ cực lưới sang cực đặc.

- Đối với các thiết bị có dòng điện ngắn mạch chạm đất bé khi điện trở tản của các phần nối đất có sẵn đạt yêu cầu thì không cần nối đất bổ sung. Với các thiết bị có dòng ngắn mạch chạm đất lớn thì phải đặt thêm nối đất nhân tạo với trị số điện trở tản không quá  $1 \Omega$ .

\* Nối đất chống sét thông thường là nối đất của cột thu sét, cột điện và nối đất của hệ thống thu sét ở trạm biến áp và nhà máy điện.

- Do bộ phận nối đất của cột thu sét và cột điện thường bố trí độc lập (không có liên hệ với bộ phận khác) nên cần sử dụng hình thức nối đất tập trung để có hiệu quả tản dòng điện tốt nhất. Hiện nay tiêu chuẩn nối đất cột điện được quy định theo điện trở suất của đất và cho ở bảng:

- Khi đường dây đi qua các vùng đất ẩm ( $\rho \leq 3 \cdot 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ ) nên tận dụng phần nối đất có sẵn của móng và chân cột bê tông để bổ sung hoặc thay thế cho phần nối đất nhân tạo.

- Đối với nối đất của hệ thống thu sét ở các trạm biến áp khi bộ phận thu sét đặt ngay trên xà trạm thì phần nối đất chống sét buộc phải nối chung với mạch vòng nối đất an toàn của trạm. Lúc này sẽ xuất hiện nối đất phân bố dài làm  $Z_{\text{xk}}$  lớn làm tăng điện áp giáng gây phóng điện trong đất. Do đó việc nối đất chung này chỉ thực hiện được với các trạm biến áp có cấp điện áp  $\geq 110\text{kV}$ . Ngoài ra còn phải tiến hành một số biện pháp bổ sung, khoảng cách theo mạch dẫn điện trong đất từ chỗ nối đất của hệ thống thu sét phải từ 15m trở lên...

### **3.3. LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN NỐI ĐẤT**

Tính toán nối đất an toàn.

Với cấp điện áp lớn hơn 110kV nối đất an toàn phải thỏa mãn điều kiện là:

- Điện trở nối đất của hệ thống có giá trị  $R \leq 0,5 \Omega$ .

- Cho phép sử dụng nối đất an toàn và nối đất làm việc thành một hệ thống

Điện trở nối đất của hệ thống

$$R_{HT} = R_{NT} // R_{TN} = \frac{R_{NT} \cdot R_{TN}}{R_{TN} + R_{NT}} \leq 0,5(\Omega) \quad (3 - 3)$$

Trong đó:

$R_{TN}$ : điện trở nối đất tự nhiên

$R_{NT}$ : điện trở nối đất nhân tạo

$R_{NT} \leq 1 \Omega$

- Nối đất tự nhiên.

Trong phạm vi của đề tài ta chỉ xét nối đất tự nhiên của trạm là hệ thống chống sét đường dây và cột điện 110kV và 220kV tới trạm.

Ta có công thức tính toán như sau

$$R_{TN} = \frac{R_c}{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{R_c}{R_{cs}} + \frac{1}{4}}} \quad (3 - 4)$$

Trong đó:

$R_{cs}$ : điện trở tác dụng của dây chống sét trong một khoảng vượt.

$R_c$ : là điện trở nối đất của cột điện.

- Nối đất nhân tạo.

Xét trường hợp đơn giản nhất là trường hợp điện cực hình bán cầu.

Dòng điện trạm đất  $I$  đi qua nơi sự cố sẽ tạo nên điện áp giáng trên bộ phận nối đất.

$$U = I \cdot R \quad (3 - 5)$$

R: là điện trở tản của nối đất.

Theo tính toán xác định được sự phân bố điện áp trên mặt đất theo công thức:

$$U_r = \frac{I \cdot \rho}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad (3 - 6)$$

Trong thực tế nối đất có các hình thức cọc dài 2 ÷ 3m bằng sắt tròn hay sắt góc chôn thẳng đứng: thanh dài chôn nằm ngang ở độ sâu 0,5 ÷ 0,8m đặt theo hình tia hoặc mạch vòng và hình thức tổ hợp của các hình thức trên. Trị số điện trở tản của hình thức nối đất cọc được xác định theo các công thức đã cho trước.

Đối với nối đất chôn nằm ngang có thể dùng công thức chung để tính trị số điện trở tản xoay chiều:

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \ln \frac{K \cdot L^2}{d \cdot t} \quad (3 - 7)$$

Trong đó:

L: chiều dài tổng của điện cực.

d: đường kính điện cực khi điện cực dùng sắt tròn. Nếu dùng sắt dẹt trị số d thay bằng  $\frac{b}{2}$ . (b - chiều rộng của sắt dẹt)

t: độ chôn sâu

K: hệ số phụ thuộc vào sơ đồ nối đất (tra bảng)

Khi hệ thống nối đất gồm nhiều cọc bố trí dọc theo chiều dài tia hoặc theo chu vi mạch vòng, điện trở tản của hệ thống được tính theo công thức.

$$R_{ht} = \frac{R_t \cdot R_c}{R_c \cdot \eta_t + n \cdot R_t \cdot \eta_c} \quad (3 - 8)$$

Trong đó:

$R_c$ : điện trở tản của một cọc.

$R_t$ : điện trở tản của tia hoặc của mạch vòng.

$n$  : số cọc.

$\eta_t$ : hệ số sử dụng của tia dài hoặc của mạch vòng.

$\eta_c$ : hệ số sử dụng của cọc.

Tính toán nối đất chống sét

ở đây phải đề cập tới cả hai quá trình đồng thời xảy ra khi có dòng điện tản trong đất.

- Quá trình quá độ của sự phân bố điện áp dọc theo chiều dài điện cực.
- Quá trình phóng điện trong đất.

Khi chiều dài điện cực ngắn (nối đất tập trung) thì không cần xét quá trình quá độ mà chỉ cần xét quá trình phóng điện trong đất. Ngược lại khi nối đất dùng hình thức tia dài hoặc mạch vòng (phân bố dài) thì đồng thời phải xem xét đến cả hai quá trình, chúng có tác dụng khác nhau đối với hiệu quả nối đất.

Điện trở tản xung kích của nối đất tập trung:

Qua nghiên cứu và tính toán người ta thấy rằng điện trở tản xung kích không phụ thuộc vào kích thước hình học của điện cực mà nó được quy định bởi biên độ dòng điện  $I$ , điện trở suất  $\rho$  và đặc tính xung kích của đất.

Vì trị số điện trở tản xoay chiều của nối đất tỉ lệ với  $\rho$  nên hệ số xung kích có trị số là

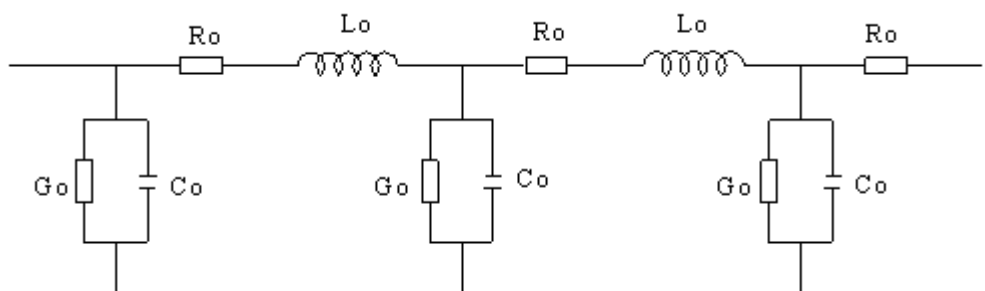
$$\alpha_{xk} = \frac{R_{xk}}{R} = \frac{1}{\sqrt{I \cdot \rho}} \quad (3-9)$$

hoặc ở dạng tổng quát:

$$\alpha_{xk} = f(I, \rho) \quad (3 - 10)$$

Tính toán nối đất phân bố dài không xét tới quá trình phóng điện trong đất.

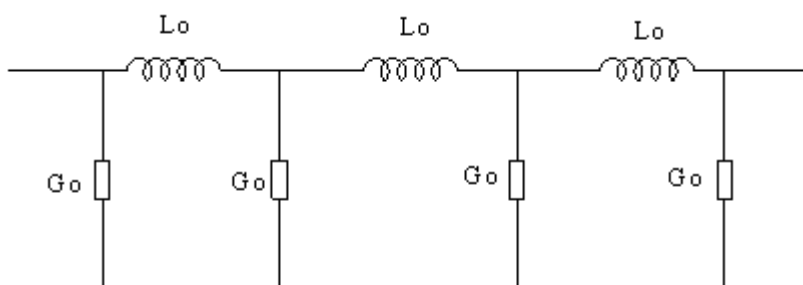
Sơ đồ đẳng trị của nối đất được thể hiện như sau:



**Hình 3-1:** Sơ đồ đẳng trị của hệ thống nối đất.

Trong mọi trường hợp đều có thể bỏ qua điện trở tác dụng  $R$  vì nó bé so với trị số điện trở tản, đồng thời cũng không cần xét đến phần điện dung  $C$  vì ngay cả trong trường hợp sóng xung kích, dòng điện dung cũng rất nhỏ so với dòng điện qua điện trở tản.

Sơ đồ đẳng trị lúc này có dạng:



**Hình 3 – 2:** Sơ đồ đẳng trị thu gọn.

Trong sơ đồ thay thế trên thì:

$L_0$ : Điện cảm của điện cực trên một đơn vị dài.

$G_0$ : Điện dẫn của điện cực trên một đơn vị dài.

$$L_o = 0, 2[\ln(\frac{1}{r}) - 0, 31] (\mu H/m) \quad (3-11)$$

$$G_o = \frac{1}{2.l.R_{NTSET}} \quad (3-12)$$

Trong đó:

l: Chiều dài cực.

r: Bán kính cực ở phần trước nếu cực là thép dẹt có bề rộng b (m).

Do đó:  $r = b/4$

Gọi  $Z(x, t)$  là điện trở xung kích của nối đất kéo dài, nó là hàm số của không gian và thời gian t

$$Z(x, t) = \frac{U(x, t)}{I(x, t)} \quad (3-13)$$

Trong đó  $U(x, t)$ ,  $I(x, t)$  là dòng điện và điện áp xác định từ hệ phương trình vi phân:

$$\begin{cases} -\frac{\partial U}{\partial x} = L_o \cdot \frac{\partial I}{\partial t} \\ -\frac{\partial I}{\partial x} = G_o \cdot U \end{cases} \quad (3-14)$$

Giải hệ phương trình này ta được điện áp tại điểm bất kỳ và tại thời điểm t trên điện cực:

$$U(x, t) = \frac{a}{G_o.l} \left[ t + 2.T_1 \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_k}} \right) \cos \frac{k.\pi.x}{l} \right] \quad (3-15)$$

Từ đó ta suy ra tổng trở xung kích ở đầu vào của nối đất.

$$Z(0, t) = \frac{1}{G_o.l} \left[ 1 + \frac{2.T_1}{t} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_k}} \right) \right] \quad (3-16)$$

Với:



$$T_k = \frac{L_o \cdot G_o \cdot I^2}{k^2 \cdot \pi^2} \text{ (hằng số thời gian)}$$

$$T_1 = \frac{L_o \cdot G_o \cdot I^2}{\pi^2} ; T_k = \frac{T_1}{k^2}$$

Tính toán nối đất phân bố dài khi có xét quá trình phóng điện trong đất.

Việc giảm điện áp và cả mật độ dòng điện ở các phần xa của điện cực làm cho quá trình phóng điện trong đất ở các nơi này có yếu hơn so với đầu vào của nối đất. Do đó điện dẫn của nối đất (trong sơ đồ đẳng trị) không những chỉ phụ thuộc vào I,  $\rho$  mà còn phụ thuộc vào toạ độ. Việc tính toán tổng trở sẽ rất phức tạp và chỉ có thể giải bằng phương pháp gần đúng. ở đây trong phạm vi của đề tài ta có thể bỏ qua quá trình phóng điện trong đất.

### 3.4. TÍNH TOÁN NỐI ĐẤT AN TOÀN

Nối đất tự nhiên

Trong phạm vi của đề tài ta chỉ xét nối đất tự nhiên của trạm là hệ thống chống sét đường dây và cột điện 110kV và 220kV tới trạm.

- Tính  $R_c$ :

Dây chống sét ta sử dụng loại C-95 có  $r_o = 1,88 \Omega / \text{km}$

Ta có điện trở suất của đất  $\rho = 0,8510^4 \Omega \cdot \text{cm}$

Trạm có 6 lộ 220kV, 8 lộ 110 kV. Theo công thức (3 – 4) ta có:

$$R_{TN} = \frac{1}{n} \cdot \frac{R_c}{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{R_c}{R_{cs}} + \frac{1}{4}}}$$

Trong đó: n- số lộ dây

- Đối với các lộ đường dây chống sét 220 KV:

$$R_{CS} = R_o \cdot L_{KV} = 1,88 \cdot 0,3 = 0,564 (\Omega)$$

$$R_{\text{TN}220} = \frac{1}{6} \cdot \frac{15}{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{15}{0,564} + \frac{1}{4}}} = 0,44 (\Omega)$$

-Đối với các lộ đường dây chống sét 110 KV:

$$R_{\text{CS}} = R_0 \cdot L_{\text{KV}} = 1,88 \cdot 0,2 = 0,376 (\Omega)$$

$$R_{\text{TN}110} = \frac{1}{8} \cdot \frac{15}{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{15}{0,376} + \frac{1}{4}}} = 0,274 (\Omega)$$

$$\text{Vậy } R_{\text{TN}} = \frac{0,44 \cdot 0,274}{0,44 + 0,274} = 0,169 (\Omega)$$

Nhận xét:

Ta thấy rằng  $R_{\text{TN}} < 0,5 \Omega$  về mặt lý thuyết là đạt yêu cầu về nối đất an toàn. Tuy nhiên nối đất tự nhiên có thể xảy ra biến động, chính vì vậy ta cần phải nối đất nhân tạo.

Nối đất nhân tạo

Với trạm bảo vệ có kích thước hình chữ nhật có các chiều là:

$$l_1 = 370(m) \quad l_2 = 150(m)$$

Ta lấy lùi lại mỗi đầu 1 m để cách xa móng tường trạm.

Do đó ta sử dụng mạch vòng bao quanh trạm là hình chữ nhật ABCD có kích thước như sau:

$$\text{Chiều dài } l_1 = 368 \text{ m ; Chiều rộng } l_2 = 148 \text{ m.}$$

Vậy:

$$R_{\text{MV}} = \frac{\rho_{tt}}{2 \cdot \pi \cdot L} \ln \frac{K \cdot L^2}{t \cdot d}$$

Trong đó:

L: chu vi của mạch vòng.  $L = (l_1 + l_2). 2$

Theo sơ đồ ta có

$$L = (368 + 148). 2 = 1032 (m)$$

t: độ chôn sâu của thanh làm mạch vòng, lấy  $t = 0,8$  m

$\rho_{tt}$ : điện trở suất tính toán của đất đối với thanh làm mạch vòng chôn ở độ sâu t.

$$\rho_{tt} = \rho_{do} \cdot k_{mùa}$$

Tra bảng với thanh ngang chôn sâu 0,8 m ta có  $k_{mùa} = 1,6$

$$\Rightarrow \rho_{tt} = 85 \cdot 1,6 = 136 (\Omega \cdot m)$$

d: đường kính thanh làm mạch vòng (nếu thanh dẹt có bề rộng là b thì

$d = b/2$ ). Ta chọn thanh có bề rộng là  $b = 4$ cm do đó

$$d = b/2 = 4/2 = 2 (cm)$$

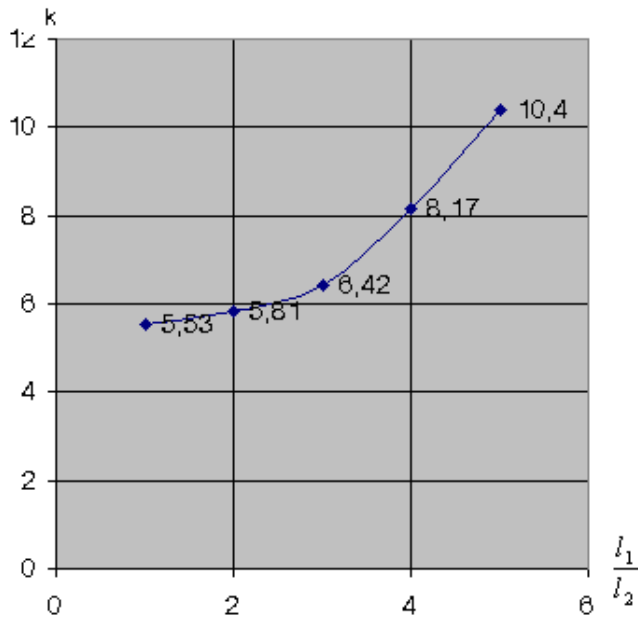
$$= 0,02 (m)$$

K: hệ số phụ thuộc hình dáng của hệ thống nối đất.

**Bảng 3 – 1:** Hệ số K phụ thuộc vào ( $l_1/l_2$ )

$l_1 / l_2$	1	2	3	4	5
K	5,53	5,81	6,42	8,17	10,40

Ta có  $\frac{l_1}{l_2} = 2,486$



**Hình 3- 4:** Đồ thị hệ số phụ thuộc hình dáng K.

Từ đồ thị ta xác định được  $K = 6,35$

Thay các công thức trên vào công thức tính  $R_{MV}$  ta được

$$R_{MV} = \frac{\rho_{tt}}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{K \cdot L^2}{d \cdot t} = \frac{136}{2 \cdot 3,14 \cdot 1032} \cdot \ln \frac{6,35 \cdot 1032^2}{0,8 \cdot 0,02} = 0,417(\Omega) < 1(\Omega)$$

Vậy điện trở nối đất của hệ thống là:

$$R_{ht} = \frac{R_m \cdot R_{nt}}{R_m + R_{nt}} = \frac{0,169 \cdot 0,417}{0,169 + 0,417} = 0,12(\Omega)$$

Kết luận:

Hệ thống thiết kế nối đất như trên đảm bảo an toàn cho trạm biến áp 110 / 220 kV

### 3.5. NỐI ĐẤT CHỐNG SÉT

Trong khi thiết kế nối đất chống sét cho trạm biến áp 110/220kV cho phép nối đất chống sét nối chung với nối đất an toàn. Do vậy nối đất chống sét sẽ là nối đất phân bố dài dạng mạch vòng. Do đó sơ đồ thay thế chống sét như hình 3.1

Giá trị của  $L_o$  và  $G_o$  được xác định như sau:

\*Tính  $L_o$ : Theo công thức (2. 11) ta có:

$$L_o = 0,2 \left( \ln \frac{l}{r} - 0,31 \right) (\mu H / m)$$

Trong đó:  $l$  là chiều dài điện cực

$$l = \frac{L_{CHUVI}}{2} = \frac{1032}{2} = 516(m)$$

$r$ : bán kính điện cực

$$r = \frac{d}{2} = \frac{b}{4} = \frac{0,04}{4} = 0,01 (m)$$

$$\Rightarrow L_o = 0,2 \left[ \ln \frac{516}{0,01} - 0,31 \right] = 2,108(\mu H / m)$$

\*Tính  $G_o$ : Áp dụng công thức (2-12)

$$G_o = \frac{1}{2.l.R_{NTSET}}$$

Trong đó:

$$R_{NTS} = R_{MVS} = \frac{R_{MVAT}}{k_{AT}} . k_{SET}$$

$$k_{m\grave{a}i\ a\grave{t}} = 1,6$$

$$k_{m\grave{a}i\ s\grave{e}\grave{t}} = 1,25$$

$$R_{MVSET} = \frac{0,417.1,25}{1,6} = 0,325 (\Omega)$$

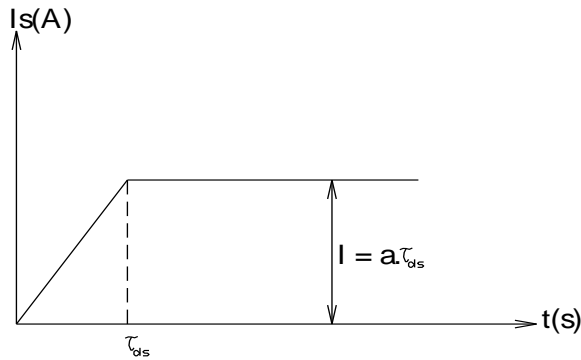
$$G_o = \frac{1}{2.516.0.325} = 2,977.10^{-3} (1/\Omega.m)$$

\*Tính phân bố điện áp và tổng trở xung kích của hệ thống nối đất.

Trong thiết kế tính toán ta chọn dạng sóng xiên góc của dòng điện sét có biên độ không đổi.

Phương trình sóng có dạng như sau và được thể hiện ở hình 2-5:

$$I_s = \begin{cases} at & \text{khi } t < \tau_{ds} \\ I = a \cdot \tau_{ds} & \text{khi } t > \tau_{ds} \end{cases}$$



**Hình 3- 5:** Đồ thị dạng sóng của dòng điện sét.

Với biên độ dòng điện sét là  $I = 150 \text{ kA}$

Độ dốc của dòng sét là  $a = 30 \text{ kA}/\mu\text{s}$

Nên thời gian đầu sóng là  $\tau_{ds} = \frac{I}{a} = \frac{150}{30} = 5(\mu\text{s})$

Theo công thức (2 – 13) ta có tổng trở xung kích của hệ thống nối đất nhân tạo là:

$$Z(0, \tau_{ds}) = \frac{1}{G_o \cdot I} \left[ 1 + \frac{2 \cdot T_1}{\tau_{ds}} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \left( \frac{1}{k^2} - \frac{e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}}{k^2} \right) \right]$$

Do coi mạch vòng là sự ghép song song của hai tia nên

$$Z(0, \tau_{ds})_{MV} = \frac{1}{2 \cdot G_o \cdot I} \left[ 1 + \frac{2 \cdot T_1}{\tau_{ds}} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \left( \frac{1}{k^2} - \frac{e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}}{k^2} \right) \right]$$

Để xác định được  $Z_{\Sigma}(0, \tau_{ds})$ , ta xét các chuỗi số sau:

$$\text{Chuỗi số: } \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} = \frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \dots + \frac{1}{k^2} + \dots$$

$$\text{Chuỗi số: } \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \cdot e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}} = \frac{e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_1}}}{1^2} + \frac{e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_2}}}{2^2} + \dots + \frac{e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}}{k^2} + \dots$$

Trong chuỗi số này ta chỉ xét đến số hạng chứa  $e^{-4}$  (Từ số hạng  $e^{-5}$  trở đi có giá trị rất nhỏ so với các số hạng trước nên ta có thể bỏ qua) . Tức là ta tính đến k

$$\text{sao cho: } \frac{\tau_{ds}}{T_k} \geq 4 \quad (k \in \mathbb{Z}^+)$$

Ta chọn k trong khoảng từ 1 ÷ 12 ( $k \in \mathbb{Z}^+$ )

**Bảng 3 – 3:** Bảng tính toán chuỗi  $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \cdot e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}$

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\frac{1}{k^2}$	1,000	0,250	0,111	0,062	0,04 0	0,02 8	0,02 0	0,01 6	0,01 2	0,01 0	0,00 8	0,00 7
$T_k(\mu\text{s})$	169,50 2	42,37 6	18,83 4	10,59 4	6,78 0	4,70 8	3,45 9	2,64 8	2,09 3	1,69 5	1,40 1	1,17 7
$\frac{\tau_{ds}}{T_k}$	0,029	0,118	0,265	0,472	0,73 7	1,06 2	1,44 5	1,88 8	2,38 9	2,95 0	3,56 9	4,24 8
$e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}$	0,971	0,889	0,767	0,624	0,47 8	0,34 6	0,23 6	0,15 1	0,09 2	0,05 2	0,02 8	0,01 4
$\frac{e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}}{k^2}$	0,971	0,222	0,085	0,039	0,01 9	0,01 0	0,00 5	0,00 2	0,00 1	0,00 1	0,00 0	0,00 0

Từ bảng trên ta có

$$\sum_{k=1}^{12} \frac{1}{k^2} = 1,56$$

$$\sum_{k=1}^{12} \frac{1}{k^2} \cdot e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}} = 1,355$$

Vậy

$$Z(0, \tau_{ds}) = \frac{1}{2.2,977 \cdot 10^{-3} \cdot 516} \left[ 1 + \frac{2.169,5}{5} \cdot (1,56 - 1,355) \right] = 4,95 \ (\Omega)$$

Kiểm tra điện áp trên các thiết bị

Trong trạm biến áp phân tử quan trọng nhất là máy biến áp, đây cũng là phần tử yếu nhất nên ta chỉ cần kiểm tra với máy biến áp. Đối với trạm biến áp khi có dòng điện sét đi vào nối đất để đảm bảo an toàn phải thỏa mãn điều kiện:

$$U_d = I \cdot Z_{XK}(0, \tau_{ds}) < U_{50\% \text{ MBA}}$$

Trong đó:

$I$  : Biên độ của dòng điện sét.

$Z_{XK}(0, \tau_{ds})$ : Tổng trở xung kích ở đầu vào nối đất của dòng điện sét.

$U_{50\% \text{ MBA}}$ : Điện áp 50% của máy biến áp

Đối với MBA 110(kV)  $U_{50\% \text{ MBA}} = 460 \text{ kV}$ .

Đối với MBA 220(kV)  $U_{50\% \text{ MBA}} = 900 \text{ kV}$ .

$\Rightarrow$  Lấy  $U_{50\% \text{ MBA}} = 460 \text{ kV}$

Kiểm tra điều kiện này ta thấy:

$$U_d = I \cdot Z_{XK}(0, \tau_{ds}) = 150 \cdot 4,95 = 743 \text{ kV} > U_{50\% \text{ MBA}} = 460 \text{ kV}$$

Ta thấy rằng phải tiến hành nối đất bổ sung để đảm bảo không có phóng điện ngược.



### 3.6. NÓI ĐẤT BỔ SUNG

Để giảm điện trở nối đất đồng thời đảm bảo được tiêu chuẩn theo yêu cầu của nối đất chống sét ta chọn phương án đóng cọc bổ xung tạo thành mạch vòng.

a. Tính điện trở thanh:

Sử dụng thanh loại thép dẹt có chiều dài L bề rộng 0,04m chôn sâu 0,8m (là mạch vòng nối đất hình chữ nhật trong nối đất nhân tạo).

$$R_t = \frac{\rho_{tt}}{2.L.\pi} \ln \frac{K.L^2}{t.d}$$

Trong đó  $\rho_{tt} = \rho.K_{mua} = 85.1,25 = 106,25 (\Omega.m)$

$$R_t = \frac{106,25}{2.516.3,14} \ln \frac{6,35.516^2}{0,8.0,02} = 0,6 (\Omega)$$

b. Tính điện trở cọc:

Đối với cọc tròn điện trở tản được tính theo công thức:

$$R_c = \frac{\rho_{tt}}{2.l.\pi} \left( \ln \frac{2.l}{d} + \frac{l}{2} \ln \frac{4t'+l}{4t'-l} \right)$$

l: là chiều dài cọc  $l = 3 \text{ m}$

d: đường kính  $d = 0,06 \text{ m}$

$\rho_{tt}$ : Là điện trở suất của đất, đối với cọc ta có  $\rho = \rho_{đo} \cdot K_{mọc}$

Tra bảng (2-1) sách hướng dẫn thiết kế KTĐCA ta có  $K_{mc} = 1,15$

Vậy:

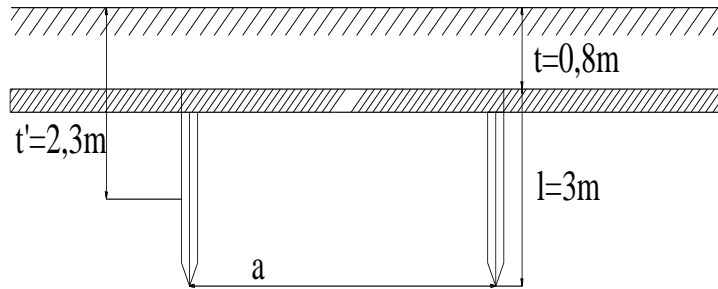
$$\rho_{tt} = 85 \cdot 10^4 \cdot 1,15 = 97,75 (\Omega.m).$$

d: Đường kính cọc.

t: Là độ chôn sâu của cọc:  $t' = \frac{l}{2} + t = \frac{3}{2} + 0,8 = 2,3 \text{ (m)}$

Thay vào công thức trên ta có:

$$R_c = \frac{97,75}{2.3,14.3} \left( \ln \frac{2.3}{0,06} + \frac{1}{2} \ln \frac{4.2,3+3}{4.2,3-3} \right) = 25,65 (\Omega)$$



**Hình 3- 6:** Sơ đồ đóng cọc bổ sung.

c. Tính điện trở hệ thống sau khi đóng cọc

Sau khi tính được  $R_t$  và  $R_c$  ta tính điện trở nối đất nhân tạo của hệ thống thanh vòng – cọc:

$$R_{nt} = \frac{R_c \cdot R_t}{R_c \cdot \eta_t + n \cdot R_t \cdot \eta_c} < 0,5 \quad (2-11)$$

Trong đó:

$R_c$ : Điện trở của một cọc

$R_t$ : Điện trở của mạch vòng

$\eta_t$ : Hệ số sử dụng của mạch vòng

$\eta_c$ : Hệ số sử dụng của cọc

$n$ : Số cọc trong hệ thống

Trong công thức này ta mới chỉ biết  $R_c$  và  $R_t$  vậy ta phải tìm  $R_{nt}$  đạt giá trị nhỏ nhất và đảm bảo sau khi tính toán nối đất chống sét mà vẫn đảm bảo được tiêu chuẩn nối đất chống sét ở đây  $R_c$  và  $R_t$  phụ thuộc vào số cọc ta xét.

Vậy ta xét theo tỷ số  $\frac{a}{l}$  với các thông số:

$$\frac{a_1}{l} = 1 \Rightarrow a_1 = 1.l = 3 \text{ Số cọc } n_1 = \frac{l}{a_1} = \frac{1032}{3} = 344 \text{ (cọc)}$$

$$\frac{a_2}{l} = 2 \Rightarrow a_2 = 2.l = 6 \text{ số cọc } n_2 = \frac{l}{a_2} = \frac{1032}{6} = 172 \text{ (cọc)}$$

$$\frac{a_3}{l} = 3 \Rightarrow a_3 = 3.l = 9 \text{ số cọc } n_3 = \frac{l}{a_3} = \frac{1032}{9} = 114,66 \text{ (cọc)}$$

Tra bảng (2-4 và 2-6) trong tài liệu [2] ta có:

Số cọc:

$$n_1 = 344 \text{ cọc} \quad \eta_t = 0,19 \quad \eta_c = 0,33$$

$$n_2 = 172 \text{ cọc} \quad \eta_t = 0,23 \quad \eta_c = 0,54$$

$$n_3 = 115 \text{ cọc} \quad \eta_t = 0,33 \quad \eta_c = 0,57$$

Để an toàn nhất ta sử dụng trường hợp nào có điện trở  $R_{nt}$  nhỏ nhất.

Sử dụng trường hợp có  $a_1/l = 1$  và Số cọc là 344(cọc)

Thay các số liệu đã có ở trên vào công thức:

$$R_{nt} = \frac{R_c \cdot R_t}{R_c \cdot \eta_t + R_t \cdot \eta_c \cdot n} = \frac{25,64 \cdot 0,6}{25,64 \cdot 0,19 + 0,6 \cdot 0,33 \cdot 344} = 0,21 (\Omega)$$

Điện trở nối đất của hệ thống sau khi đóng thêm cọc.

$$R_{HT} = \frac{R_{nt} \cdot R_m}{R_{nt} + R_m} = \frac{0,21 \cdot 0,169}{0,21 + 0,169} = 0,093 (\Omega)$$

Ta tiến hành kiểm tra điều kiện chống sét của hệ thống nối đất trên

**Tính  $L$**   $L_o = 0,2 \left( \ln \frac{l}{r} - 0,31 \right) (\mu H / m)$

$$\Rightarrow L_o = 0,2 \left[ \ln \frac{516}{0,01} - 0,31 \right] = 2,108 (\mu H / m)$$

Tính G:

$$G_o = \frac{1}{2.l.R_{NTSET}}$$

Trong đó:

$$G_o = \frac{1}{2.516.0,093} = 4.10^{-3} (\Omega)$$

$$T_1 = \frac{L_o.G_o.I^2}{\pi^2} = \frac{2,108.4.10^{-3}.516^2}{3,14^2} = 261,47 (\mu s)$$

$$k \geq 2 \cdot \sqrt{\frac{T_1}{\tau_{ds}}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{261,47}{5}} = 14,46$$

Ta chọn k trong khoảng từ 1÷15 ( $k \in \mathbb{Z}^+$ )

**Bảng 3 – 3:** Bảng tính toán chuỗi  $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \cdot e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}$

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\frac{1}{k^2}$	1,00	0,25	0,11	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,004
$T_k(\mu s)$	261,47	65,37	29,05	16,34	10,46	7,26	5,34	4,09	3,23	2,61	2,16	1,82	1,55	1,33	1,16
$\frac{\tau_{ds}}{T_k}$															
$e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}$	0,98	0,93	0,84	0,74	0,62	0,50	0,39	0,29	0,21	0,15	0,10	0,06	0,04	0,02	0,01
$e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}$															
$\frac{e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}}{k^2}$	0,981	0,232	0,094	0,046	0,025	0,014	0,008	0,005	0,003	0,001	0,0008	0,0004	0,0002	0,0001	0,00006

Từ bảng trên ta có

$$\sum_{k=1}^{15} \frac{1}{k^2} = 1,58$$

$$\sum_{k=1}^{17} \frac{1}{k^2} \cdot e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}} = 1,4$$

Vậy

$$Z(0, \tau_{ds}) = \frac{1}{2.2,977.10^{-3}.516} \left[ 1 + \frac{2.169,5}{5} \cdot (1,58 - 1,4) \right] = 3,45 (\Omega)$$

$$U_{\bar{d}} = I \cdot Z_{XK}(0, \tau_{ds}) = 150 \cdot 3,45 = 517,66 \text{ kV} > U_{50\% \text{ MBA}} = 460 \text{ (kV)}$$

Ta thấy rằng phải tiến hành nối đất bổ sung để đảm bảo không có phóng điện ngược.

Trong nối đất bổ sung ta sử dụng dạng nối đất tập trung gồm thanh và cọc tại các chân các cột thu sét và chân các thiết bị.

Chọn thanh nối đất bổ sung là loại thép dẹt có: chiều dài  $l=12$  m, bề rộng  $b=0,04$  m.

Dọc theo chiều dài thanh có chôn 3 cọc tròn có: chiều dài cọc  $l=3$  m, đường kính  $d=0,04$  m.

Khoảng cách giữa hai cọc  $a=6$  m, độ chôn sâu  $t=0,8$  m.

Điện trở nối đất của thanh là:

$$R_t = \frac{\rho_{tt}}{2 \cdot \pi \cdot l} \ln \frac{K \cdot l^2}{h \cdot d}$$

Trong đó:  $K=1$

$$\rho_{tt} = \rho \cdot K_{mt} = 85 \cdot 1,25 = 106,25 (\Omega \cdot m)$$

$$l = 12 \text{ m}, h = 0,8 \text{ m}, d = b / 2 = 0,04 / 2 = 0,02 \text{ (m)}$$

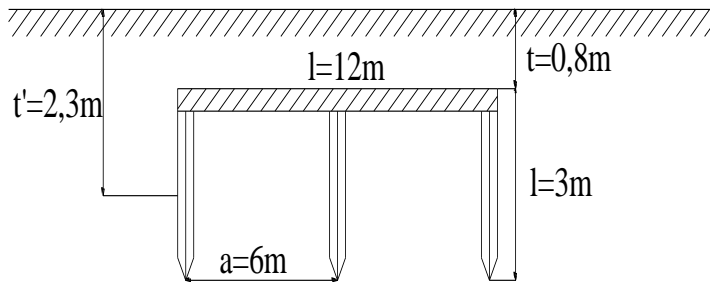
$$\rightarrow R_t = \frac{106,25}{2 \cdot \pi \cdot 12} \ln \frac{1 \cdot 12^2}{0,8 \cdot 0,02} = 12,83 (\Omega)$$

Tính điện trở của cọc:

$$R_c = \frac{\rho_{tt}}{2 \cdot l \cdot \pi} \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{l}{2} \ln \frac{4t'+l}{4t'-l} \right)$$

$$d = 0,04 \text{ (m)}$$

$$t = 0,8 + 3/2 = 2,3 \text{ (m)}$$



**Hình 3- 7:** Sơ đồ nối đất bổ sung.

$$R_c = \frac{97,75}{2.3.14.3} \left( \ln \frac{2.3}{0,04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4.2,3+3}{4.2,3-3} \right) = 25,65 \text{ } (\Omega)$$

Điện trở nối đất bổ sung được xác định theo

$$R_{bx}^S = \frac{R_c^S \cdot R_t^S}{R_c^S \cdot \eta_t + n \cdot R_t^S \cdot \eta_c}$$

Tra bảng phần phụ lục ta có:

$$h_t = 0,92 \quad , \quad h_c = 0,85$$

$$\text{Với} \quad n = 3; \quad \frac{a}{l} = \frac{6}{3} = 2$$

$$R_{bx}^S = \frac{12,83.27,73}{12,83.0,85.3 + 27,73.0,92} = 6,11 \text{ } (\Omega)$$

## KẾT LUẬN

Qua 3 tháng thực hiện đề tài tốt nghiệp và được sự giúp đỡ tận tình của Th.S Đỗ Thị Hồng Lý cùng các thầy cô trong bộ môn Điện tự động công nghiệp, cùng sự cố gắng của bản thân và kiến thức của mình sau những năm học tại trường, đến nay em đã hoàn thành đề tài tốt nghiệp của mình “ **Thiết kế bảo vệ chống sét cho trạm biến áp 220/110kV**” Trong quá trình nghiên cứu em đã thực hiện được những vấn đề sau:

- Sự ảnh hưởng của dòng sét đến hệ thống điện.
- Thiết kế hệ thống bảo vệ chống sét cho trạm biến áp.
- Thiết kế hệ thống nối đất.

Tuy nhiên, do còn nhiều hạn chế về kiến thức của bản thân và hiểu biết về thực tế còn nhiều hạn chế. Vì vậy, trong bản đề tài này còn nhiều thiếu sót và có những hạn chế nhất định nên em rất mong thầy cô và các bạn đóng góp ý kiến để bản đồ án có thể hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn !

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. PGS.TS Nguyễn Hữu Khải (2001), *Thiết kế nhà máy điện và trạm biến áp*, NXB KHKT.
2. Vũ Viết Đạn(2005) ,*Giáo trình kỹ thuật điện cao áp.*,Bộ môn Hệ thống điện, trường đại học Bách khoa Hà Nội.
3. Nguyễn Đình Thắng (2007), *Vật liệu kỹ thuật điện*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà nội,.
4. GS. TS. Lã Văn Út(2005), *Ngăn mạch trong hệ thống điện*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội,
5. TS. Đào Quang Thạc, TS. Phạm Văn Hòa(2005), *Phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội,.
6. PGS. TS. Trần Bách(2005), *Lưới điện & Hệ thống điện (tập 3)*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội,