

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
NGÀNH ĐIỆN TỬ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên: Phạm Trường Giang

Giảng viên hướng dẫn: Th.S Phạm Đức Thuận

Hải Phòng – 2023

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

**THIẾT KẾ BẢO VỆ CHỐNG SÉT CHO TRẠM BIẾN ÁP
CỬA CẤM**

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY
CHUYÊN NGÀNH ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên: Phạm Trường Giang

Giảng viên hướng dẫn: Th.S Phạm Đức Thuận

Hải Phòng – 2023

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

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên : Phạm Trường Giang

MSV : 1812102009

Lớp : DC2201

Tên đề tài : Thiết kế bảo vệ chống sét cho trạm biến áp Cửa Cấm

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 : Phạm Đức Thuận

Học hàm, học vị : Thạc Sĩ

Cơ quan công tác : Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Nội dung hướng dẫn : Toàn bộ đề tài

Người hướng dẫn thứ hai:

Họ và tên :

Học hàm, học vị :

Cơ quan công tác :

Nội dung hướng dẫn :

Đề tài tốt nghiệp giao ngày tháng năm 2023.

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày tháng năm 2023

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 Trường Giang

Th.S Phạm Đức Thuận

Hải Phòng, ngày tháng năm 2023

TRƯỞNG KHOA

Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc Lập – Tự Do – Hạnh Phúc

PHẦN NHẬN XÉT TÓM TẮT CỦA CÁN BỘ HƯỚNG DẪN

Họ và tên giảng viên:

Cơ quan công tác: Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Nội dung hướng dẫn: Toàn bộ đề tài

Họ và tên sinh viên: Phạm Trường Giang

Chuyên ngành: ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

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

.....

.....

.....

2. Đánh giá chất lượng 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. Ý kiến của của giảng viên hướng dẫn tốt nghiệp

Được bảo vệ Không được bảo vệ Điểm hướng dẫn

Hải Phòng, ngày tháng năm 2023

Giảng viên hướng dẫn

(ký và ghi rõ họ tên)

Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc Lập – Tự Do – Hạnh Phúc

NHẬN XÉT ĐÁNH GIÁ CỦA NGƯỜI CHẤM PHẢN BIỆN

ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Họ và tên giảng viên:

Cơ quan công tác:

Họ và tên sinh viên:

Chuyên ngành:

Đề tài tốt nghiệp:

1. Phân nhận xét, đánh giá của giảng viên chấm phản biện

2. Những mặt còn hạn chế

3. Ý kiến của giảng viên chấm phản biện

Được bảo vệ

Không được bảo vệ

Điểm hướng dẫn

Hải Phòng, ngày tháng năm 2023

Giảng viên chấm phản biện

(ký và ghi rõ họ tên)

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG I: THIẾT KẾ HỆ THỐNG BẢO VỆ CHỐNG SÉT CHO TRẠM BIẾN ÁP	2
1.1. ĐỊNH NGHĨA VỀ HỆ THỐNG CHỐNG SÉT	2
1.2. CÁC YÊU CẦU KỸ THUẬT ĐỐI VỚI HỆ THỐNG CHỐNG SÉT ĐÁNH TRỰC TIẾP	2
1.3. Phạm vi bảo vệ của cột thu sét và dây chống sét	5
1.4. Mô tả trạm biến áp cần bảo vệ	10
1.5. Tính toán các phương án bảo vệ chống sét đánh thẳng cho trạm biến áp ...	10
1.6. So sánh và tổng kết phương án	22
Chương 2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG NÓI ĐẤT	24
2.1. Mở đầu	24
2.2. Các yêu cầu kỹ thuật	24
2.3. Lý thuyết tính toán nối đất	26
2.4. Tính toán nối đất an toàn	30
2.5. Nối đất chống sét	33
Nối đất bổ sung	37
2.6. Kết luận	45
CHƯƠNG 3. BẢO VỆ CHỐNG SÉT ĐƯỜNG DÂY	46
3.1. Mở đầu	46
3.2. Chỉ tiêu bảo vệ chống sét đường dây	46
3.2.1. Cường độ hoạt động của sét:	46
3.2.2. Số lần sét đánh vào đường dây:	46
3.2.3. Số lần phóng điện do sét đánh.	47
3.3. Tính toán chỉ tiêu bảo vệ chống sét đường dây	49
3.3.1. Mô tả đường dây cần bảo vệ	49
3.3.2. Độ võng, độ treo cao trung bình, tổng trở, hệ số ngẫu hợp của đường dây.	50
3.3.3. Tính số lần sét đánh vào đường dây.	54
3.3.4. Suất cắt do sét đánh vào đường dây	55

CHƯƠNG 4. BẢO VỆ CHỐNG SÉT TRUYỀN VÀO TRẠM BIẾN ÁP TỪ PHÍA ĐƯỜNG DÂY 110 KV	75
4.1 Khái niệm chung.	75
4.2. Phương pháp tính toán điện áp trên cách điện của thiết bị khi có sóng truyền vào trạm.	75
4.3. Tính toán khi có sóng quá điện áp truyền vào trạm.....	81
4.4. Nhận xét.....	89
TÀI LIỆU THAM KHẢO	91

LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên em xin được gửi lời cảm ơn đến thầy Phạm Đức Thuận, thầy đã hướng dẫn và giúp đỡ tận tình em nghiên cứu và hoàn thành đồ án tốt nghiệp này. Những lời nhận xét, góp ý và hướng dẫn của thầy đã giúp em có định hướng đúng đắn trong quá trình thực hiện đề tài, giúp em nhìn ra được ưu khuyết điểm của đề tài và từng bước khắc phục để có được kết quả tốt nhất.

Em cũng xin cảm ơn thầy cô trong khoa Điện - Điện tự động hóa đã truyền đạt cho em các kiến thức chuyên ngành, những công nghệ mới cũng như cách làm việc để hoàn thành tốt đồ án môn học này.

Và cuối cùng, mình xin được gửi lời cảm ơn sâu sắc đến tất cả những người bạn đã giúp đỡ, sát cánh cùng mình trong suốt năm đại học. Cảm ơn những lời động viên, nhưng sự chia sẻ, hy sinh và chăm sóc lớn lao từ phía gia đình và người thân vì đó là một động lực to lớn giúp con vượt qua khó khăn và hoàn thành kết quả tốt nhất của đề tài này.

LỜI MỞ ĐẦU

Sét lan truyền trên mặt đất. Sét gây hư hại với các thiết bị điện, các công trình, các đường dây tải điện và phá hủy cây cối tòa nhà khi đánh xuống. Sét có nhiệt năng cực lớn cho dù chỉ sượt qua nhưng cũng có thể gây bỏng nặng trên cơ thể người. Nạn nhân thậm chí còn có thể tổn thương não, tim bị ảnh hưởng khi bị đánh.

Sét khi đánh trúng một vùng gần khu vực người dân sinh sống, điện áp hệ thống sẽ gây chập điện, hư hỏng đồ điện tử, công nghệ. Người cũng có thể bị sét đánh ngay trong nhà vì sét lan truyền.

Đảm bảo cấp điện ổn định phục vụ các sự kiện chính trị của đất nước, Thành phố Hải Phòng là nhiệm vụ đặc biệt quan trọng. Hiện với công suất khai thác thực tế tại các trạm 110kV mới chỉ đạt (50-60)% công suất đặt, tuy nhiên mạch vòng kết nối trung thế giữa các trạm 110kV chưa ổn. Trạm 110kV Cửa Cấm theo thiết kế 02 MBA 63MVA. tuy nhiên trong năm 2019, 01 MBA 63MVA bị loại do không đủ điều kiện vận hành.

Là một trạm cung cấp điện cho rất nhiều khách hàng quan trọng tại các quận Ngô Quyền, Hải An và Lê Chân nên đòi hỏi tính ổn định trong cung cấp điện. Sau khi dự án sửa chữa MBA được phê duyệt và triển khai, Đội QLLĐCT đã phối hợp với các đơn vị trong Công ty tập trung tổ chức thi công đấu nối hoàn chỉnh mạch nhất thứ MBA, kiểm tra đảm bảo thứ tự pha cấp mặt máy và tủ tổng. Công trình đã được nghiệm thu kỹ thuật đủ điều kiện đưa vào vận hành.

Hội đồng nghiệm thu Công ty đã tổ chức đóng điện thành công MBA T1 63MVA 115/23/6.3kV.

Là sinh viên khoa Điện của Trường Đại Học Quản Lý Và Công Nghệ Hải Phòng, với những kiến thức đã học cùng với mong muốn thiết kế bảo vệ chống sét cho trạm biến áp, em đã chọn " Thiết Kế Bảo Vệ Chống Sét Cho Trạm Biến Áp Cửa Cấm ".

Đề án gồm các nội dung sau:

Chương 1: Thiết kế hệ thống bảo vệ chống sét cho trạm biến áp

Chương 2: Thiết kế hệ thống nối đất

Chương 3: Bảo vệ chống sét đường dây

Chương 4: Bảo vệ chống sét truyền vào trạm biến áp từ phía đường dây 110 kv

CHƯƠNG I:

THIẾT KẾ HỆ THỐNG BẢO VỆ CHỐNG SÉT CHO TRẠM BIẾN ÁP

1.1. ĐỊNH NGHĨA VỀ HỆ THỐNG CHỐNG SÉT

Hệ thống chống sét (A Lightning Protection System) là hệ thống cung cấp phương tiện mà tia sét có thể đi vào hoặc rời khỏi trái đất mà không đi qua và làm hư hại người, thiết bị điện và các cấu trúc không dẫn điện như tòa nhà.

Hệ thống chống sét không ngăn được sét đánh; nó chỉ cung cấp một phương tiện để kiểm soát nó và ngăn ngừa thiệt hại bằng cách cung cấp một đường dẫn điện trở thấp để phóng điện năng lượng sét.

Nếu không có hệ thống chống sét: Có thể bất kỳ vật nào của công trình cũng trở thành vật dẫn sét,... Công trình có thể bị hư hại lớn do sét đánh. Việc đầu tiên là nó sẽ phá hủy công trình. Sau đó nó sẽ chuyển qua các vật có thể dẫn điện bên trong một công trình như ống nước, chảo thu truyền hình, ăng ten, dây điện, thiết bị gia dụng để tìm con đường có trở kháng thấp nhất để truyền xuống đất “ gọi là hiện tượng sét nhảy”. Do dòng sét có điện áp rất lớn. Nên khi chạy qua các vật đó sẽ sinh ra nhiệt rất lớn làm chảy, cháy, nổ vật dẫn gây hư hỏng và hỏa hoạn. Bất kỳ vật nào cũng có thể dẫn sét. Vật có độ ẩm cũng có thể dẫn sét và để dòng sét nhảy qua.

1.2. CÁC YÊU CẦU KỸ THUẬT ĐỐI VỚI HỆ THỐNG CHỐNG SÉT ĐÁNH TRỰC TIẾP

Yêu cầu kỹ thuật về của thiết bị chống sét

Theo tiêu chuẩn IEC 61643- 21: Yêu cầu kỹ thuật của thiết bị chống sét bảo vệ các đường tín hiệu, thiết bị chống sét phải đáp ứng yêu cầu về kết cấu cơ khí như sau:

1. Cổng và đầu nối

Cổng và đầu nối phải được gắn chặt trên thiết bị chống sét và phải đảm bảo không gây ra ngắt kết nối khi đã được xiết bằng dụng cụ.

2. Vít, chịu dòng tải và cực nối

Cực nối phải chịu được các tác động mà không làm đứt kết nối trong quá trình sử dụng bình thường. kết cấu cơ khí dẫn điện phải chịu được xung lực cao do năng lượng của xung gây ra.

Vít gắn trong quá trình lắp thiết bị chống sét không được sử dụng kiểu vít khoan ren.

Cực kết nối điện phải được thiết kế chắc chắn đảm bảo tính dẫn điện tốt với vật liệu chế tạo không phải từ gốm hoặc mica hoặc các vật liệu có tính chất dẫn điện không phù hợp, trừ trường hợp vật liệu có tính đàn hồi được pha vào vật liệu kim loại để giảm độ cứng hoặc giòn.

Phần dẫn dòng bao gồm cả các cực đầu dây và cho tiếp địa trong bất kỳ trường hợp nào cũng phải được chế tạo từ: Đồng hoặc/ hợp kim đồng với ít nhất 58% đồng để đảm bảo độ dẫn điện và nhiệt độ thấp/ hợp kim đồng với tối thiểu 50% đồng cho chế độ làm việc dẫn điện sinh nhiệt với các thành phần kim loại khác dùng để phủ nhưng không làm tăng điện trở dẫn điện cao hơn đồng đồng thời đảm bảo kết cấu chắc chắn không thấp hơn mức yêu cầu.

3. Cực đầu dây có vít siết đầu cáp

Cực đầu dây phải có kết cấu chắc chắn với các yêu cầu sau : Mỗi cực đầu dây chỉ nối 1 dây dẫn đồng thời có thể đầu dây hoặc ngắt dây riêng rẽ.

Có thể kẹp đầu cáp với kích thước lớn đến kích thước cho phép đã được thiết kế và yêu cầu.

4. Cách điện nối đầu cáp

Phần đầu nối cách điện phải đảm bảo kết cấu chắc chắn tin cậy, kiểm tra tính hợp quy bằng nhân công và thử nghiệm.

Vít siết đầu nối kẹp cáp được đánh dấu cho một đầu không được dùng để cố định phần khác thậm chí là để cố định thiết bị.

Kiểm tra hợp quy bằng nhân công.

Kim loại làm vít không được sử dụng bằng vật liệu kim loại mềm và thiếu tin cậy.

5. Chịu va đập kim loại: Các loại kẹp, khoá, kẹp giữ cáp, vòng đệm siết cáp, cáp và các phần tương tự phải chịu được các lực siết như kim loại (tham khảo thêm IEC 60999-1).

6. Yêu cầu về chịu lực: Kết cấu thiết bị chống sét phải đảm bảo đủ chắc chắn khi lắp đặt để đảm bảo làm việc ổn định.

7. Chống tác động của vật rắn và nước từ bên ngoài: Thiết bị chống sét phải có kết cấu đảm bảo yêu cầu vận hành trong điều kiện theo yêu cầu. Thiết bị lắp đặt ngoài trời phải được lắp trong hộp kín chống lại tác động của môi trường bằng thuỷ tinh hoặc vật liệu gốm tráng men hoặc vật liệu cho phép khác chịu được ăn mòn, chống tia cực tím, va đập

Các thiết bị được lắp phải có khoảng cách với bề mặt đủ lớn giữa 2 phần tử có điện thế chênh lệch, ở một số quốc gia có thể áp dụng tiêu chuẩn của quốc gia cho các yêu cầu trên.

8. Bảo vệ chống tiếp xúc trực tiếp

Để đảm bảo không thể tiếp xúc trực tiếp vào các phần dẫn điện hoặc các phần tử chống sét thiết bị chống sét cần phải được thiết kế đảm bảo không thể có tiếp xúc trực tiếp của người vào các phần kể trên khi thiết bị chống sét được lắp đặt đưa vào sử dụng. Các yêu cầu này áp dụng cho các thiết bị chống sét làm việc với đường dây có điện áp UC từ 50V rms hoặc 71VDC trở lên.

Thiết bị chống sét, ngoại trừ các thiết bị không thể tiếp cận, phải có thiết kế chắc chắn khi lắp đặt đầu nối dẫn từ bên ngoài không thể tiếp xúc trực tiếp với con người trong điều kiện sử dụng bình thường, phần cực đầu nối cũng như các phần tử chống sét bên trong thiết bị không thể tiếp xúc trực tiếp ngay cả trong trường hợp thiết bị được tháo ra bằng tay mà không cần dụng cụ.

Phần cực đầu nối giữa tiếp địa và các phần cực đầu nối khác có thể tiếp xúc phải có điện trở tiếp xúc nhỏ (tham khảo IEC 60529).

9. Chống cháy: Các phần cách điện phải được chế tạo từ vật liệu không cháy hoặc tự dập lửa.

1.3. Phạm vi bảo vệ của cột thu sét và dây chống sét

1.3.1. 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.

$$R_x = \frac{1,6}{1 + \frac{hx}{h}} (h - hx)$$

Trong đó:

h: độ cao cột thu sét

hx: độ cao vật cần bảo vệ

h - hx = ha: độ cao hiệu dụng cột thu sét

rx: bán kính của phạm vi bảo vệ

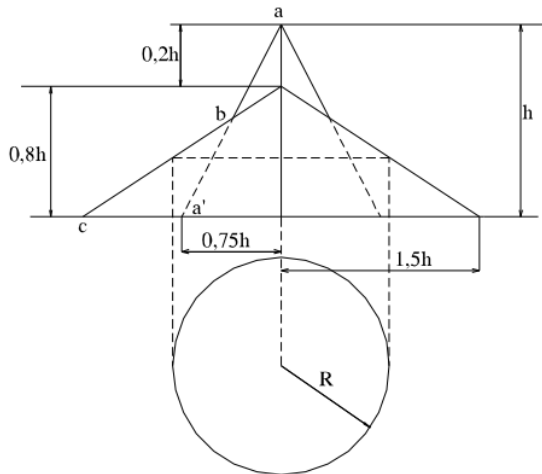
Để dễ dàng và thuận tiện trong tính toán thiết kế thường dùng phạm vi bảo vệ dạng dạng đơn giản hoá với đường sinh của hình chóp có dạng đường gãy khúc được biểu diễn như hình vẽ 1.1 dưới đây.

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

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

$$+ \text{ Nếu } hx > \frac{2}{3} h \text{ thì } r_x = 0,75 \cdot h \cdot \left(1 - \frac{hx}{0,8 \cdot h}\right) \quad (1 - 3)$$

Chú ý:



Hình 1.1: Phạm vi bảo vệ của 1 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.

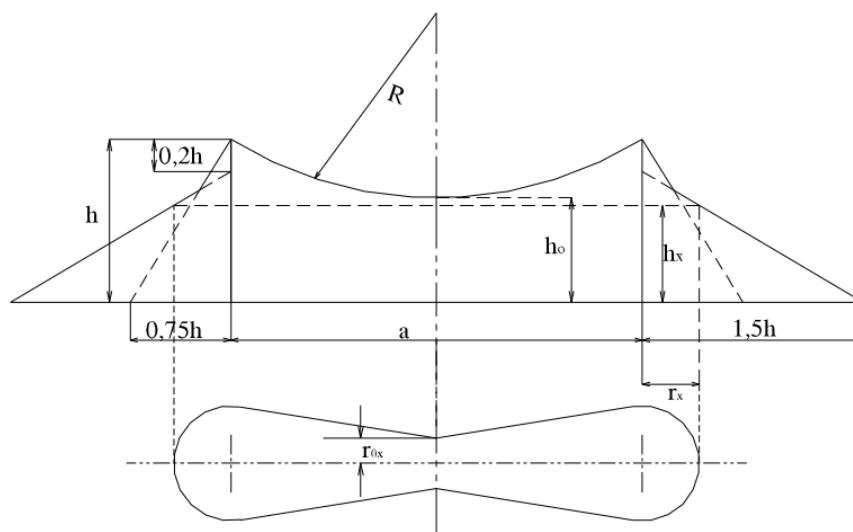
- Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét kết hợp thì lớn hơn nhiều so với tổng phạm vi bảo vệ của hai cột đơn. Nhưng để hai cột thu sét có thể phối hợp được thì khoảng cách a giữa hai cột thì phải thỏa mãn điều kiện $a < 7h$ (h là chiều cao của cột).

- 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:

$$h_0 = h - \frac{a}{7} \quad (1-4)$$

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



Hình 1- 2: Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét giống nhau.

Tính r_{ox} :

$$+ \text{ Nếu } h_x \leq \frac{2}{3} h \text{ thì } r_{ox} = 1,5 h_o \left(1 - \frac{hx}{0,8ho} \right) \quad (1 - 5)$$

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

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_o theo công thức:

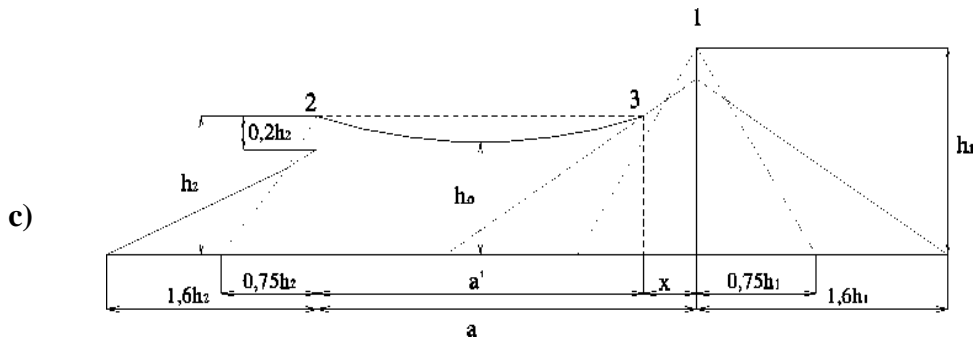
$$h_o = h - \frac{a}{7p} \quad (1-7)$$

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 $a' = a - x$

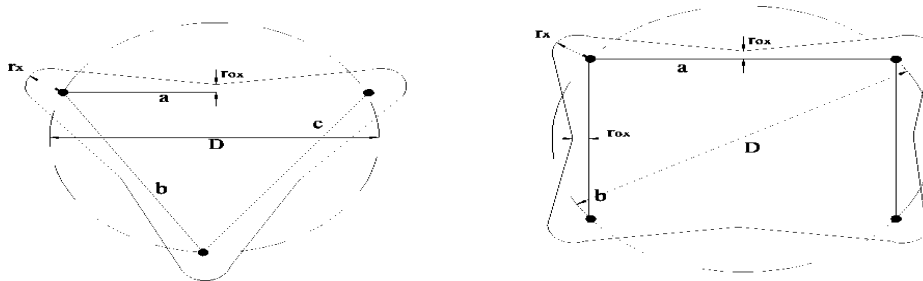
$$x = \frac{1,6(h_1 - h_2)}{1 + \frac{h_2}{h_1}} \quad (1-8)$$



Hình 1- 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 1- 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 thỏa mãn điều kiện:

$$D < 8.h_a = 8. (h - h_x) \quad (1-9)$$

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

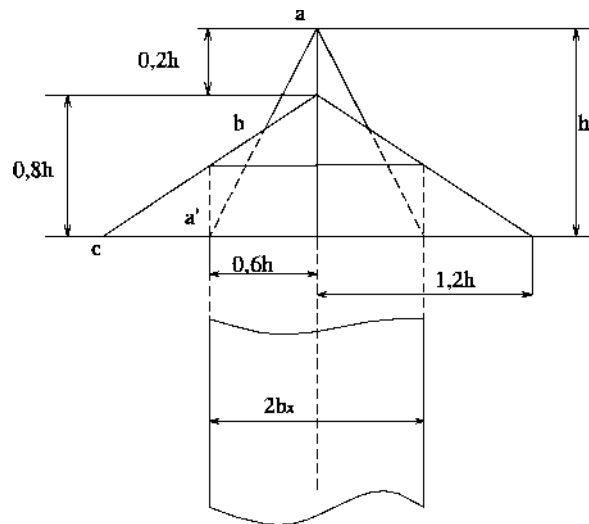
Chú ý: Khi độ cao của cột lớn hơn 30m thì điều kiện bảo vệ cần được hiệu chỉnh theo p.

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

1.3.2. 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 1- 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 0,611 và 1,211.

$$+ \text{ Nếu } h_x \leq \frac{2}{3} h \text{ thì } b_x = 1,5 h_o \left(1 - \frac{h_x}{0,8h_o} \right) \quad (1 - 11)$$

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

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

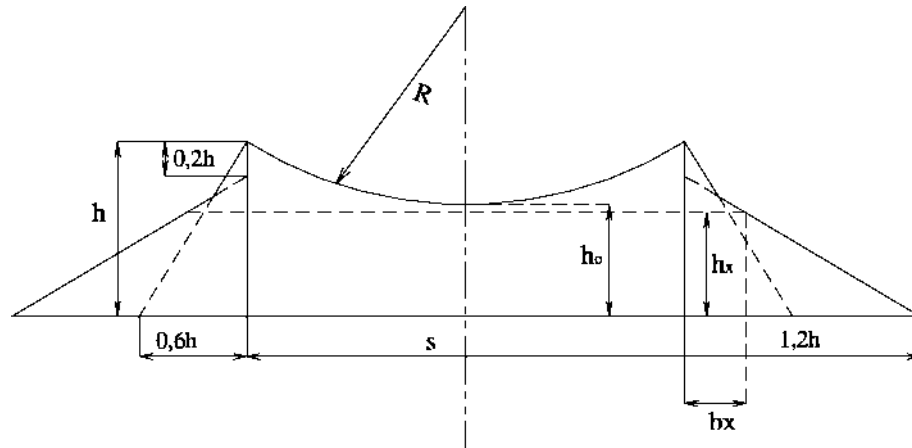
b) Phạm vi bảo vệ của hai dây thu sét.

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

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

$$h_o = h - \frac{h}{4} \quad (1-13)$$

Phạm vi bảo vệ như hình vẽ.



Hình 1- 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.

1.4. Mô tả trạm biến áp cần bảo vệ

- Trạm biến áp: Trạm 110 kv.
- 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 (ATI, AT2)
- Tổng diện tích trạm 555000 m²
- Với trạm 110 kv có diện tích là: 19200 m². Độ cao xà cần bảo vệ là 11 và 8 m.

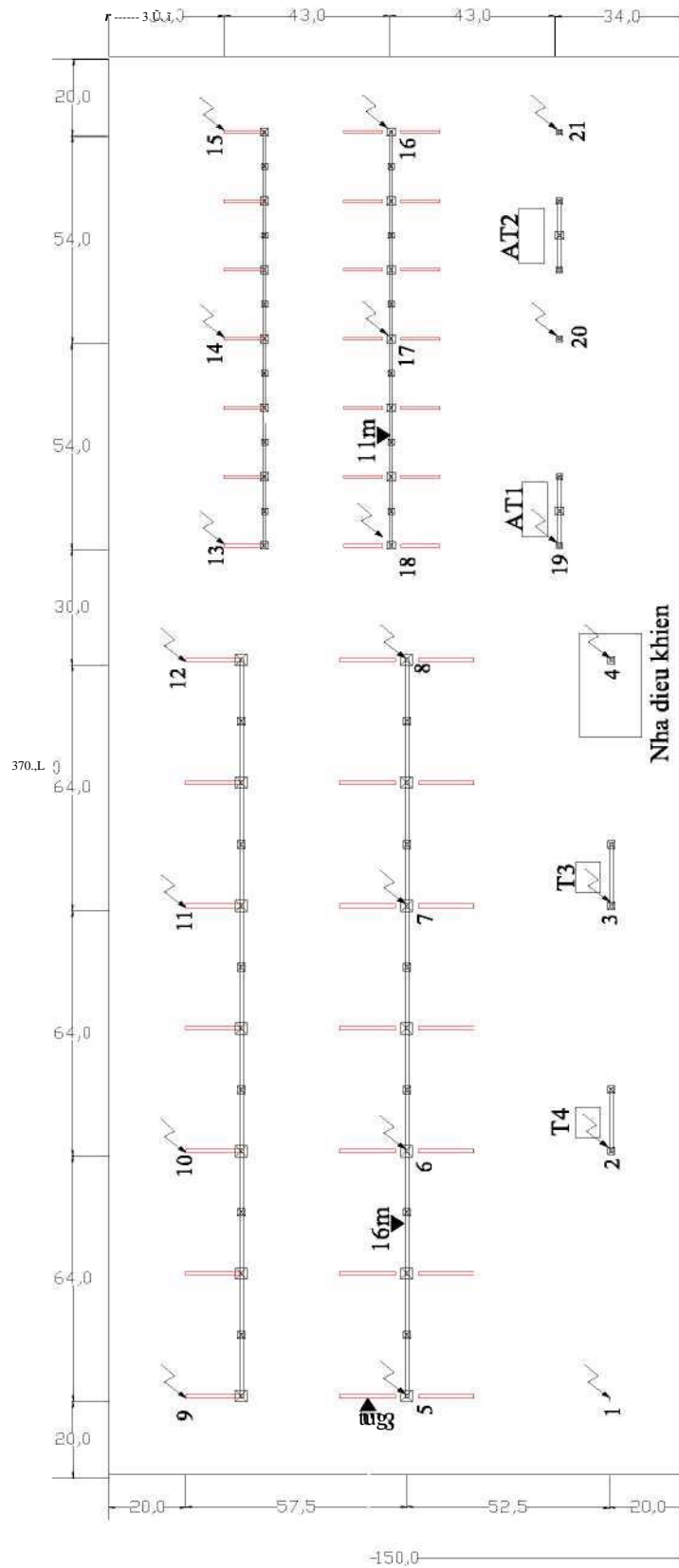
1.5. Tính toán các phương án bảo vệ chống sét đánh thẳng cho trạm biến áp

1.5.1. Phương án 1

- Trạm 110 kV dùng 9 cột 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 trong đó cột 1, 2, 3 được đặt trên xà cao 8 m; cột 4, 5, 6, 7 được đặt trên xà cao 11 m và cột 8, 9 được xây thêm.

Vậy:

- Chiều cao tính toán bảo vệ cho trạm 110 kv là $h_x = 8\text{ m}$ và $h_x = 11\text{ m}$.



Hình 1-7: 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:

$$D < 8 \cdot h_a \text{ hay } h_a > \frac{D}{8}$$

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 $a < 7 \cdot h$.

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:

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

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

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

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

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

Bảng 1-3. Độ cao hữu ích của cột thu lôi

ĐA GIÁC	Đường kính đường tròn ngoại tiếp (M)	h_a (m)
Phía 110kv		
1,2,5,1	69,029	8,629
2,3,4,5	69,029	8,629
5,6,7,8	69,029	8,629
4,5,8,9	69,029	3,629

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 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 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 4- N22 phía 110kV) - Bán kính bảo vệ ở độ cao 11m.

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

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

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 8m.

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

$$\text{Nên } r_x = 1,5 \cdot h \cdot \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) = 1,5 \cdot 21 \cdot \left(1 - \frac{8}{0,8 \cdot 21}\right) = 16,5 \text{ (m)}$$

Bán kính bảo vệ của các cột 27m (các cột N1 ÷ N12 phía 220kV) - Bán kính bảo vệ ở độ cao 11m.

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

$$\text{Nên } r_x = 1,5 \cdot h \cdot \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) = 1,5 \cdot 27 \cdot \left(1 - \frac{11}{0,8 \cdot 27}\right) = 19,875 \text{ (m)}$$

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 16m.

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

$$\text{Nên } r_x = 1,5 \cdot h \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) = 1,5 \cdot 24 \cdot \left(1 - \frac{16}{0,8 \cdot 27}\right) = 10,5 \text{ (m)}$$

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:

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

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

+ ở độ cao 16m:

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

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

+ ở độ cao 11m:

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

$$\text{Nên } r_{ox} = 1,5 \cdot h_0 \left(1 - \frac{h_x}{0,8h_0}\right) = 1,5 \cdot 17,875 \cdot \left(1 - \frac{11}{0,8 \cdot 17,875}\right) = 6,161 \text{ (m)}$$

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

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

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:

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

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:

$$H_0 = h - \frac{a'}{7} 21 - \frac{26,223}{7} = 17,254 \text{ (m)}$$

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

+ ở độ cao 11m

$$\text{Vì: } h_x = 11\text{m} < \frac{2}{3} h_0 = \frac{2}{3} \cdot 17,254 = 11,503 \text{ (m)}$$

$$\text{Nên } r_{ox} = 1,5 \cdot h_0 \left(1 - \frac{h_x}{0,8h_0}\right) = 1,5 \cdot 17,254 \cdot \left(1 - \frac{11}{0,8 \cdot 17,254}\right) = 5,256 \text{ (m)}$$

+ ở độ cao 8m

$$\text{Vì: } h_x = 8\text{m} < \frac{2}{3} h_0 = \frac{2}{3} \cdot 17,254 = 11,503 \text{ (m)}$$

$$\text{Nên } r_{ox} = 1,5 \cdot h_0 \left(1 - \frac{h_x}{0,8h_0}\right) = 1,5 \cdot 17,254 \cdot \left(1 - \frac{8}{0,8 \cdot 17,254}\right) = 10,563 \text{ (m)}$$

+ Ở độ cao $h_x = 16\text{m}$

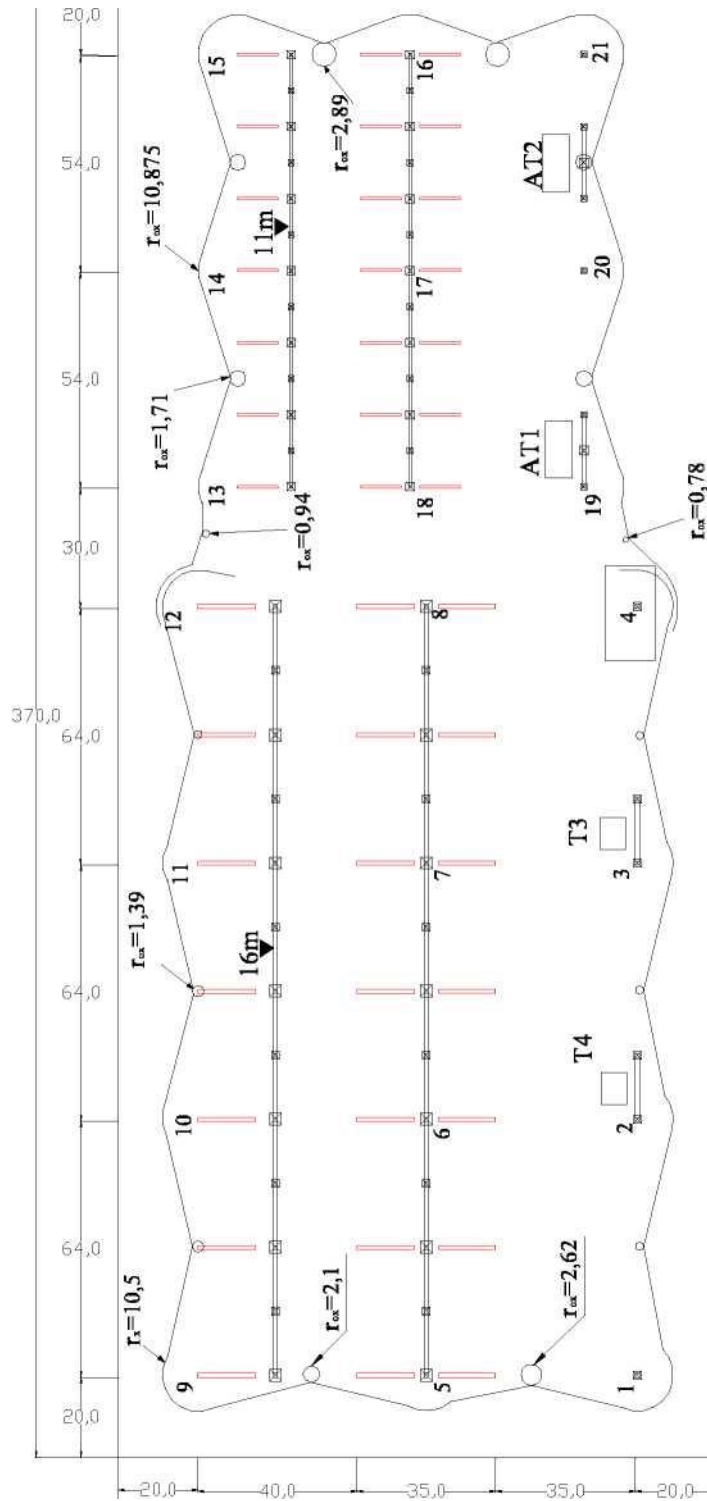
$$\text{Vì: } h_x = 16\text{m} < \frac{2}{3} h_0 = \frac{2}{3} \cdot 17,254 = 11,503 \text{ (m)}$$

$$\text{Nên } r_{ox} = 0,75 \cdot h_0 \left(1 - \frac{h_x}{h_0}\right) = 0,75 \cdot 17,254 \cdot \left(1 - \frac{16}{17,254}\right) = 0,872 \text{ (m)}$$

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

Bảng 1 -4 Phạm vi bảo vệ của các cặp cột thu sét

Cặp cột	a (m)	h (m)	H0 (m)	hx (m)	Rox (m)	hx (m)	rox (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		

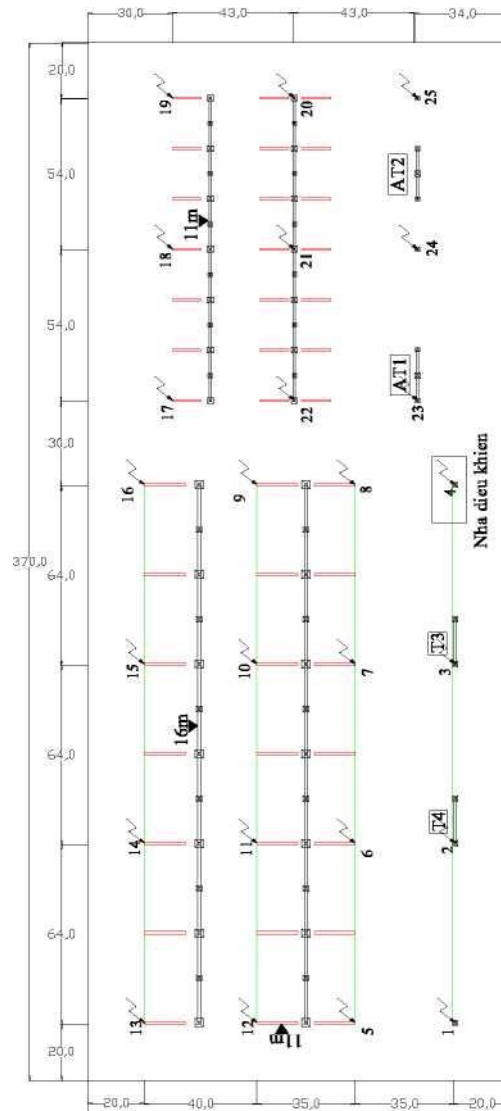


Hình 1.4: Phạm vi bảo vệ của các cột thu sét

1.5.2. 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 1- 8: 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:

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

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: $a = 12.10^{-6} \times \frac{1}{^\circ\text{C}}$

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 $v = 30 \text{ m/s}$): $g_3 \frac{Pv}{F}$

Trong đó $+ P_r = a \cdot C_x \cdot \frac{v^2}{16} \cdot F_v$ là lực tác dụng của gió lên 1m dây

+ $a = 0,7$ 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 $d < 20 \text{ mm}$)

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

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

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

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:

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

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 θ_{\min} có dạng:

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

$$A = \delta_0 - \frac{l^2 \cdot g_1^2 \cdot E}{24 \cdot \delta_0^2} - a \cdot E \cdot \theta_{hao} - \theta_{min}$$

$$= 21,7 - \frac{64^2 \cdot (9,6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 20000}{24 \cdot 21,7^2} - 12 \cdot 10^{-6} \cdot 20000 \cdot (25 - 5) = 16,23$$

$$B = \frac{g^2 \cdot E \cdot l^2}{24} = \frac{(9,6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 20000 \cdot 64^2}{24} = 315,15$$

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

có nghiệm $\delta = 17(kG/mm^2)$

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

Độ cao cột treo dây thu sét: $h_l = h + f = 26 + 0,23 = 26,23(m)$

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

a) 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:

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

Bảo vệ ở độ cao 11m:

$$\text{Do } h_x = 16 < \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 27 = 18 \text{ thì } b_x = 1,2 \cdot 27 \cdot (1 - \frac{11}{0,8 \cdot 27}) = 15,9. (m)$$

Độ cao lớn nhất được bảo vệ giữa hai dây:

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

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

Tại vị trí thấp nhất:

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

Bảo vệ ở độ cao 16m

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

$$\text{Nên } b_x = 1,2 \cdot 26,768 \cdot (1 - \frac{16}{0,8 \cdot 26,768}) = 8,122. (m)$$

Bảo vệ ở độ cao 11m

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

$$\text{Nên } b_x = 1,2 \cdot 26,768 \cdot \left(1 - \frac{11}{0,8 \cdot 26,768}\right) = 15,622 \text{ (m)}$$

Độ cao lớn nhất được bảo vệ giữa hai dây:

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

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

b) Phạm vi bảo vệ của cột thu sét:

Độ cao các cột thu sét phía 110kV: Do các nhóm cột phía 110kV 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)

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

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

$$- \text{ Bán kính bảo vệ ở độ cao 8m. } h_v = 11\text{m} < \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 21 = 14 \text{ (m)}$$

$$\text{Nên } = 1,5 \cdot h \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) = 1,5 \cdot 21 \cdot \left(1 - \frac{8}{0,8 \cdot 21}\right) = 16,5 \text{ (m)}$$

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

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 11m.

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

$$\text{Nên } r_x = 1,5 \cdot h \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) = 1,5 \cdot 27 \cdot \left(1 - \frac{11}{0,8 \cdot 27}\right) = 19,875 \text{ (m)}$$

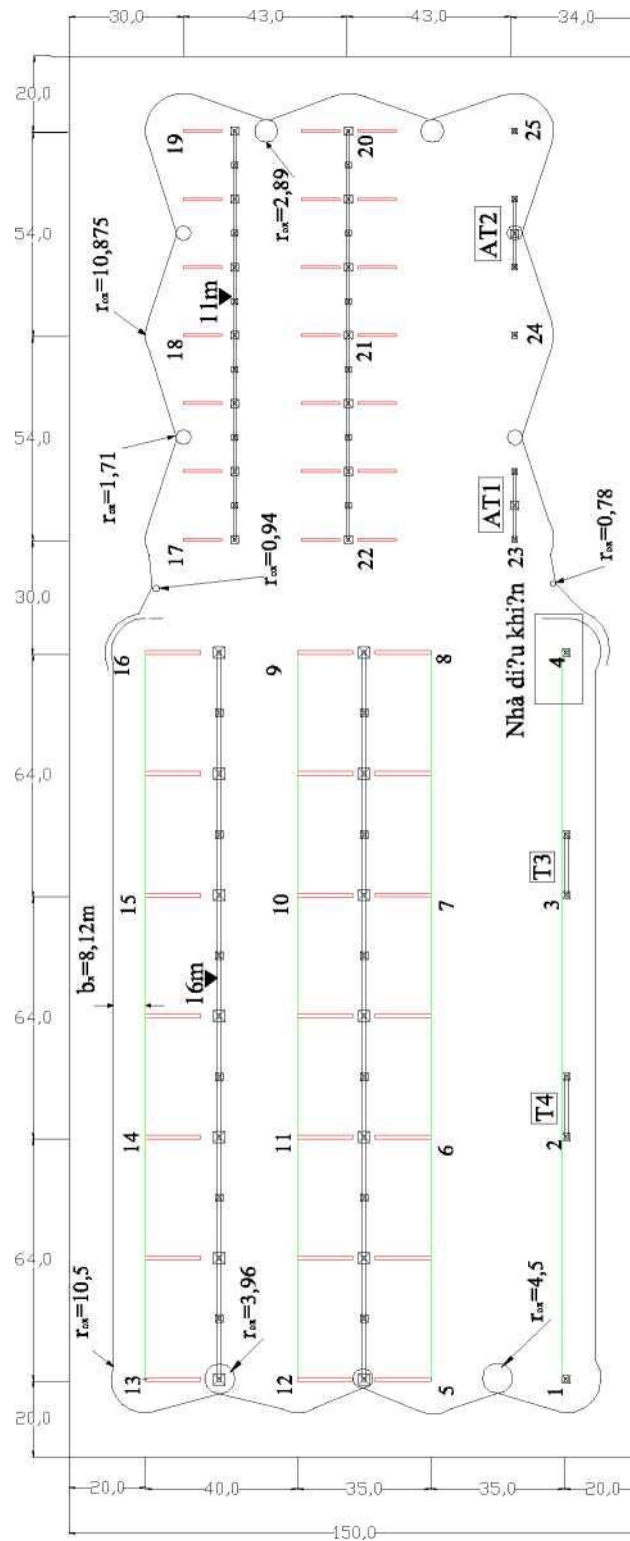
$$- \text{ Bán kính bảo vệ ở độ cao 16m. } h_x = 11\text{m} < \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 27 = 18 \text{ (m)}$$

$$\text{Nên } r_x = 1,5 \cdot h \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) = 1,5 \cdot 24 \cdot \left(1 - \frac{16}{0,8 \cdot 27}\right) = 10,5 \text{ (m)}$$

Phạm vi bảo vệ của các cặp cột thu sét tổng kết trong bảng

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 1-9: Phạm vi bảo vệ của các cột thu sét

1.6. So sánh và tổng kết 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 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: $L = 6.(27-16) + 4.(27-11) + 27 + (27-10) + 3.(21-8) + 4.(21-11) + 2.21 = 295$ (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 1 m; 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: $L = 2.(27-16) + 12.(27-11) + 27 + (27-10) + 3.(21-8) + 4.(21-11) + 2.21 = 379$ (m)

- Tổng chiều dài cột là: $L = 3.192 = 576$ (m)

Vì phương án 1 có số cột thu sét ít và không cần dùng 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 2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG NỐI ĐẤT

2.1. Mở đầu

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:

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:

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:

Nhiệm vụ của 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.

2.2. 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:

$$R \leq \frac{250}{I} (\Omega) \quad (2 - 1)$$

Nếu chỉ dùng cho các thiết bị cao áp

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

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 1Ω .

* 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 nổi đất có sẵn của móng và chân cột bê tông để bổ sung hoặc thay thế cho phần nổi đất nhân tạo.

- Đối với nổi đất của hệ thống thu sét ở các trạm biến áp khi bộ phận thu sét đặt ngay trên xà trạm thì phần nổi đất chống sét buộc phải nối chung với mạch vòng nổi đất an toàn của trạm. Lúc này sẽ xuất hiện nổi đất phân bố dài làm Z_{sk} 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 nổi đất của hệ thống thu sét phải từ 15m trở lên...

2.3. Lý thuyết tính toán nổi đất

Tính toán nổi đất an toàn.

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

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

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

Điện trở nổi đất của hệ thống

$$R_{HT} = R_{NT} // R_{TN} = \frac{R_{NT} \cdot R_{TN}}{R_{TN} + R_{NT}} \leq 0,5(\Omega) \quad (2 - 3)$$

Trong đó:

R_{TN} : điện trở nổi đất tự nhiên

R_{NT} : điện trở nổi đất nhân tạo

$$R_{NT} \leq 1 \Omega$$

- Nổi đất tự nhiên.

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

Ta có công thức tính toán như sau

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

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.

$$U = I \cdot R \quad (2 - 5)$$

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:

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

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:

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

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.

$$R_{ht} = \frac{R_t \cdot R_c}{R_c \cdot \eta_t + n \cdot R_t \cdot \eta_c} \quad (2 - 8)$$

Trong đó:

R_c : điện trở tản của một cọc.

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

n : số cọc.

η_t : hệ số sử dụng của tia dài hoặc của mạch vòng.

η_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 ρ và đặc tính xung kích của đất.

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

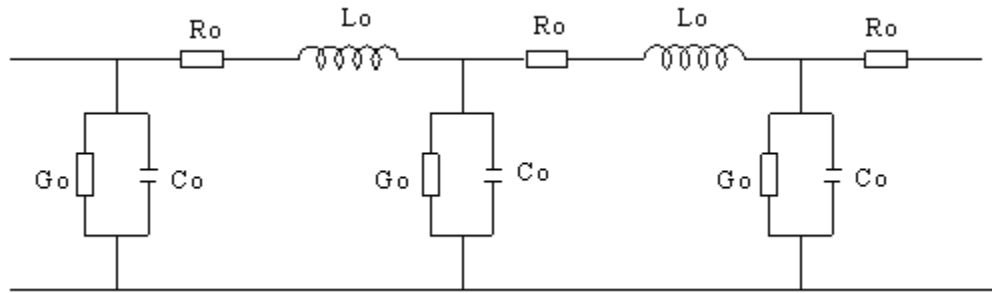
$$\alpha_{xk} = \frac{R_{xk}}{R} = \frac{1}{\sqrt{I \cdot \rho}} \quad (2 - 9)$$

hoặc ở dạng tổng quát:

$$\alpha_{xk} = f(I, \rho) \quad (2 - 10)$$

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

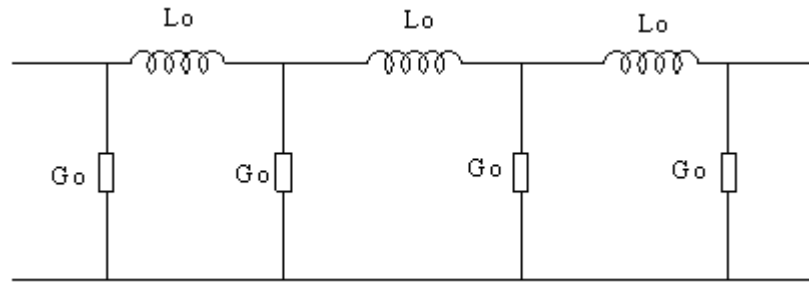
Sơ đồ đẳng trị của nối đất được thể hiện như sau:



Hình 2-1: 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 2 – 2: Sơ đồ đẳng trị thu gọn.

Trong sơ đồ thay thế trên thì:

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

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

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

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

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

$$Z(x, t) = \frac{U(x, t)}{I(x, t)} \quad (2 - 13)$$

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

$$\begin{cases} -\frac{\partial U}{\partial x} = L_o \cdot \frac{\partial I}{\partial t} \\ -\frac{\partial I}{\partial x} = G_o \cdot U \end{cases} \quad (2 - 14)$$

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

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

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

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

Với:

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

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

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 , ρ mà còn phụ thuộc vào tọa 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.

2.4. Tính toán nối đất an toàn

Nối đất tự nhiên

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

-Tính R_c :

Dây chống sét ta sử dụng loại C-95 có $r_0 = 1,88 \Omega/\text{km}$

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

Trạm có 8 lộ 110 kV. Theo công thức (2 – 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 110 KV:

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

$$R_{TN110} = \frac{1}{8} \cdot \frac{15}{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{15}{0,376} + \frac{1}{4}}} = 0,274 (\Omega)$$

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

Nhận xét:

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

Nổi 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:

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

Trong đó:

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

Theo sơ đồ ta có

$$L = (368 + 148) \cdot 2 = 1032 \text{ (m)}$$

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

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

$$\rho_{tt} = \rho_{do} \cdot k_{m\grave{u}a}$$

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

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

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 $b = 4 \text{ cm}$ do đó

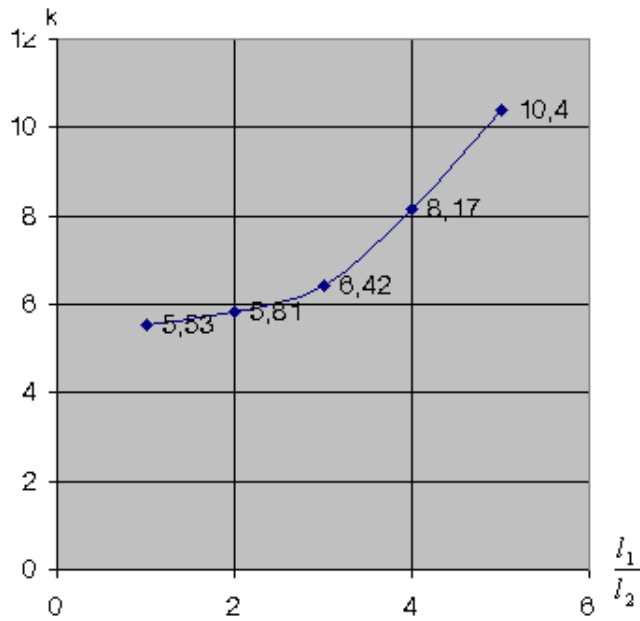
$$\begin{aligned} d &= b/2 = 4/2 = 2 \text{ (cm)} \\ &= 0,02 \text{ (m)} \end{aligned}$$

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

Bảng 2 – 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 2- 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

$$R_{MV} = \frac{\rho_{tt}}{2\pi.L} \cdot \ln \frac{K.L^2}{d.t} = \frac{136}{2.3,14.1032} \cdot \ln \frac{6,35.1032^2}{0,8.0,02} = 0,417(\Omega) < 1(\Omega)$$

Vậy điện trở nối đất của hệ thống là:

$$R_{ht} = \frac{R_m.R_{nt}}{R_m + R_{nt}} = \frac{0,169.0,417}{0,169+0,417} = 0,12(\Omega)$$

Kết luận:

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

2.5. 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 2 – 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

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

r: bán kính điện cực

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

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

*Tính G_o : Áp dụng công thức (2-12)

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

Trong đó:

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

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

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

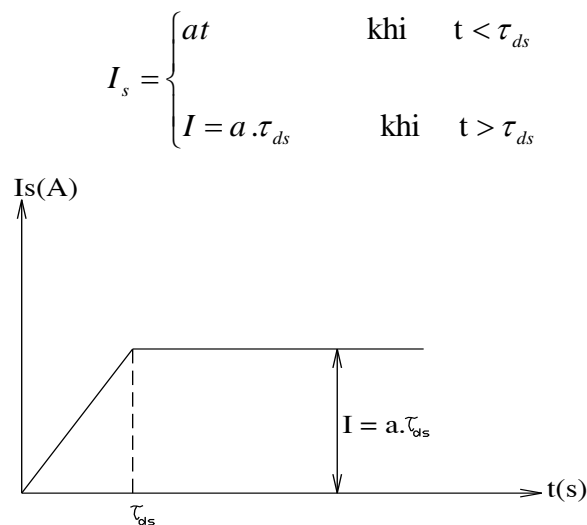
$$R_{MVSET} = \frac{0,417.1,25}{1,6} = 0,325 \quad (\Omega)$$

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

*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:



Hình 2- 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:

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

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

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

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 sao cho:

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

Ta có:

$$\begin{aligned} \frac{\tau_{ds}}{T_k} = \frac{\tau_{ds}}{\frac{T_1}{k^2}} &\geq 4 \\ \text{hay } k^2 &\geq \frac{4 \cdot T_1}{\tau_{ds}} \quad (k \in \mathbb{Z}^+) \\ k &\geq 2 \cdot \sqrt{\frac{T_1}{\tau_{ds}}} \\ T_1 = \frac{L_0 \cdot G_0 \cdot l^2}{\pi^2} &= \frac{2,108 \cdot 2,977 \cdot 10^{-3} \cdot 516^2}{3,14^2} = 169,5 \quad (\mu\text{s}) \end{aligned}$$

$$k \geq 2 \cdot \sqrt{\frac{T_1}{\tau_{ds}}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{169,5}{5}} = 11,6$$

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

Bảng 2 – 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	0,040	0,028	0,020	0,016	0,012	0,010	0,008	0,007
$T_k(\mu s)$	169,502	42,376	18,834	10,594	6,780	4,708	3,459	2,648	2,093	1,695	1,401	1,177
$\frac{\tau_{ds}}{T_k}$	0,029	0,118	0,265	0,472	0,737	1,062	1,445	1,888	2,389	2,950	3,569	4,248
$e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}$	0,971	0,889	0,767	0,624	0,478	0,346	0,236	0,151	0,092	0,052	0,028	0,014
$\frac{e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}}{k^2}$	0,971	0,222	0,085	0,039	0,019	0,010	0,005	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000

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

$$Z(0, \tau_{ds}) = \frac{1}{2.2,977.10^{-3}.516} \left[1 + \frac{2.169,5}{5} \cdot (1,56 - 1,355) \right] = 4,95 \quad (\Omega)$$

Kiểm tra điện áp trên các thiết bị

Trong trạm biến áp phần tử quan trọng nhất là trạm 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 thoả 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) $U_{50\% \text{ MBA}} = 460 \text{ kV}$. .

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

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.

Nối 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 $d = 0,06 \text{ m}$

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

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

Vậy:

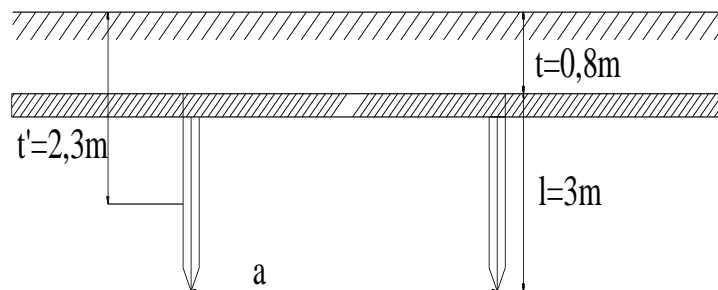
$$\rho_{tt} = 85. 10^4. 1,15 = 97,75 (\Omega.m).$$

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 2- 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

η_t : Hệ số sử dụng của mạch vòng

η_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:

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

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

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

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:

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

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

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

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

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

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

Tính G:

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

Trong đó:

$$G_o = \frac{1}{2 \cdot 516 \cdot 0,093} = 4 \cdot 10^{-3} \quad (\Omega)$$

$$T_1 = \frac{L_o \cdot G_o \cdot I^2}{\pi^2} = \frac{2,108 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 516^2}{3,14^2} = 261,47 \quad (\mu s)$$

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

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

Bảng 2 – 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
$\frac{e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}}{k^2}$															
$\frac{1}{k^2}$	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

$$Z(0, \tau_{ds}) = \frac{1}{2,2,977 \cdot 10^{-3} \cdot 516} \left[1 + \frac{2.169,5}{5} \cdot (1,58 - 1,4) \right] = 3,45 \quad (\Omega)$$

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

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:

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

Trong đó: $K=1$

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

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

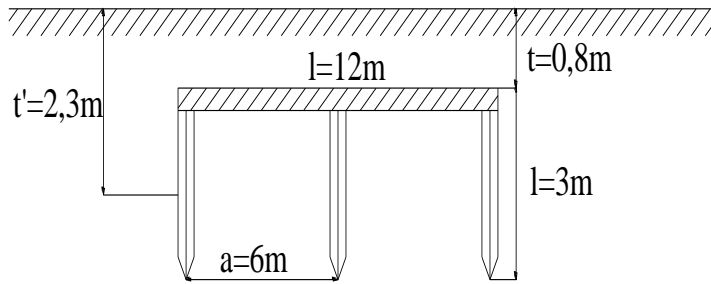
$$\rightarrow R_t = \frac{106,25}{2\pi \cdot 12} \ln \frac{1 \cdot 12^2}{0,8 \cdot 0,02} = 12,83 \quad (\Omega)$$

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 2- 7: Sơ đồ nối đất bổ sung.

$$R_c = \frac{97,75}{2,3 \cdot 14,3} \left(\ln \frac{2,3}{0,04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) = 25,65 \quad (\Omega)$$

Điện trở nối đất bổ sung được xác định theo

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

Tra bảng phần phụ lục ta có:

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

$$\text{Với } n = 3; \frac{a}{l} = \frac{6}{12} = 0,5$$

$$R_{bx}^S = \frac{12,83 \cdot 27,73}{12,83 \cdot 0,85 \cdot 3 + 27,73 \cdot 0,92} = 6,11 \quad (\Omega)$$

Tính tổng trở xung kích của hệ thống nối đất khi có nối đất bổ sung:

Như trên ta có sơ đồ thay thế của hệ thống nối đất gồm điện cảm và điện dẫn. Nhờ phép biến đổi Laplace ta tìm được giá trị của tổng trở sóng đầu vào hệ thống nối đất bổ sung.

$$\sum \sum (0; \tau_{ds}) = \frac{R_{bx} \cdot R_{nt}}{R_{bx} + R_{nt}} + \sum_{K=1}^{\infty} \frac{2 \cdot R_{nt}}{\frac{R_{nt}}{R_{bx}} + \frac{1}{\cos x_K}} \cdot e^{-\left(\frac{x_K}{\pi}\right)^2} \cdot \frac{\tau_{ds}}{T_1} = A+B$$

Trong đó:

$$A = \frac{R_{bx} \cdot R_{nt}}{R_{bx} + R_{nt}} = \frac{6,11 \cdot 0,205}{6,11 + 0,205} = 0,198 \quad (\Omega)$$

$$B = \sum_{K=1}^{\infty} \frac{2.R_{nt}}{R_{nt} + \frac{1}{\cos x_K}} \cdot e^{-\left(\frac{x_K}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{\tau_{ds}}{T_1}}$$

Đối với chuỗi B ta chỉ tính tới e^{-4} hay

$$\frac{x_K^2 \cdot \tau_{ds}}{\pi^2 \cdot T_1} \leq 4 \rightarrow x_K \geq 2\pi \sqrt{\frac{T_1}{\tau_{ds}}} = 2\pi \sqrt{\frac{261,47}{5}} = 45,41(\text{rad})$$

Giá trị x_K được xác định theo:

$$\text{tg}x_K = \left(-\frac{R_{nt}}{R_{bs}}\right) \cdot x_K = \left(-\frac{0,205}{6,11}\right) \cdot x_K = -0,034 \cdot x_K$$

Vậy x_K là nghiệm của phương trình:

$$\text{tg}x_K = -0,034 \cdot x_K$$

Giải phương trình bằng Matlap như sau.

```
function tinhnghiem
    n = 0;
    for x = [0:0.00001:30];
        y = tan(x)+ 0.03467*x;
        if abs(y) < 1e-4
            n = n + 1 ;
            x0(n)=x;
            y0(n)=y;
        end
    end
    e = 1e-3;
    for i = 1:n-1
        for j = i+1:n
            if abs(x0(i)-x0(j))<e
                if abs(y0(i)) > abs(y0(j))
                    x0(i)=0;
                    y0(i)=0;
                end
            end
        end
    end
end
```

```

else
    x0(j)=0;
    y0(j)=0 ;
end
end
end
end
end
for i=1:n
    if ~(x0(i) == 0)
        disp(x0(i));
    end
end
end

```

Nghiệm của phương trình là $y = -0,034.x_K$ và đường cong $y = tg x_K$ cho trong bảng:

Bảng 2- 4-a: Bảng tính toán Bk:

K	1	2	3	4	5	6	7	8
x_K (rad)	3,040	6,085	9,125	12,520	15,220	18,260	21,335	24,425
$\cos x_K$	-0,995	0,980	-0,955	0,999	-0,883	0,831	-0,792	0,760
$\frac{1}{\cos^2 x_K}$	1,010	1,040	1,096	1,002	1,282	1,447	1,593	1,732
$\frac{R_{nt}}{R_{bx}} + \frac{1}{\cos^2 X_k}$	1,044	1,074	1,129	1,036	1,315	1,481	1,626	1,766
$e^{-\left(\frac{x_K}{\pi}\right)^2 \frac{\tau_{ds}}{T_1}}$	0,986	0,947	0,885	0,794	0,711	0,612	0,512	0,416
Bk	0,387	0,362	0,321	0,314	0,222	0,170	0,129	0,097

Bảng 2- 4-b: Bảng tính toán Bk:

K	9	10	11	12	13	14
x_K (rad)	27,510	30,600	33,715	36,785	39,900	43,000
$\cos x_K$	-0,722	0,685	-0,666	0,610	-0,589	0,555
$\frac{1}{\cos^2 x_K}$	1,919	2,130	2,257	2,683	2,880	3,246
$\frac{R_{nt}}{R_{bx}} + \frac{1}{\cos^2 X_k}$	1,953	2,163	2,291	2,717	2,914	3,279
$e^{-\left(\frac{x_K}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{\tau_{ds}}{T_1}}$	0,328	0,252	0,188	0,137	0,096	0,066
B _K	0,069	0,048	0,034	0,021	0,014	0,008

$$\sum_{k=1}^{14} B_K = 2,2 \quad (\Omega)$$

Với:

$$Z(0; t_{ds}) = A + \sum_{K=1}^7 B$$

$$Z(0; t_{ds}) = 0,198 + 2,2 = 2,4 \quad (\Omega)$$

Kiểm tra yêu cầu của nối đất chống sét:

$$I \cdot Z(0; t_{ds}) = 150 \cdot 2,4 = 360 \text{ (kV)} < U_{50\%} (110 \text{ kV}) = 460 \text{ (kV)}$$

Vậy thỏa mãn điều kiện nối đất chống sét.

2.6. Kết luận

Sau khi thực hiện nối đất bổ sung cho các cột thu sét ta thấy hệ thống nối đất có nối đất bổ sung đạt tiêu chuẩn về kỹ thuật nối đất chống sét cho trạm 110/220 kV.

CHƯƠNG 3. BẢO VỆ CHỐNG SÉT ĐƯỜNG DÂY

3.1. Mở đầu.

Đường dây tải điện phần lớn là đường dây trên không có chiều dài rất lớn và đi qua nhiều vùng khác nhau nên xác suất bị sét đánh tương đối gây ra phóng điện trên cách điện đường dây và gây sự cố cắt điện. Mặt khác khi sét đánh vào đoạn dây gần trạm thì sẽ tạo nên sóng truyền vào trạm gây sự cố phá hoại cách điện của thiết bị điện trong trạm. Do đó ta phải tiến hành nghiên cứu chống sét cho đường dây tải điện, đặc biệt là những đoạn đường dây gần đến trạm thì phải được tính toán bảo vệ cẩn thận. Vì thế đường dây cần được bảo vệ chống sét với mức an toàn cao.

Quá điện áp khí quyển xuất hiện do sét đánh trực tiếp lên đường dây hoặc do sét đánh xuống đất gần đường dây tạo nên quá điện áp cảm ứng. Trị số của quá điện áp khí quyển là rất lớn nên không thể chọn mức cách điện của đường dây đáp ứng được hoàn toàn yêu cầu của quá điện áp mà chỉ có thể chọn theo mức hợp lý về mặt kinh tế và kỹ thuật. Do đó yêu cầu đối với bảo vệ chống sét đường dây không phải là an toàn tuyệt đối mà chỉ cần ở mức độ giới hạn hợp lý.

3.2. Chỉ tiêu bảo vệ chống sét đường dây.

Trong phần này ta sẽ tính toán các chỉ tiêu bảo vệ chống sét đường dây, trên cơ sở đó xác định được các phương hướng và biện pháp để giảm số lần cắt điện của đường dây cần bảo vệ.

3.2.1. Cường độ hoạt động của sét:

Số ngày sét: Cường độ hoạt động của sét được biểu thị bằng số ngày có giông sét hàng năm ($n_{ng. s}$). Các số liệu này được xác định theo số liệu quan trắc ở các đài trạm khí tượng phân bố trên lãnh thổ từng nước.

Mật độ sét: Để tính toán số lần có phóng điện xuống đất cần biết về số lần có sét đánh trên diện tích 1km^2 mặt đất ứng với một ngày sét, nó có trị số khoảng $m_s = 0,1 \div 0,15$ lần/ km^2 . ngày sét. Từ đó sẽ tính được số lần sét đánh vào các công trình hoặc lên đường dây tải điện. Kết quả tính toán này cho một giá trị trung bình.

3.2.2. Số lần sét đánh vào đường dây:

a. Số lần sét đánh vào đường dây:

Coi mật độ sét là đều trên toàn bộ diện tích vùng có đường dây đi qua, có thể tính số lần sét đánh trực tiếp vào đường dây trong một năm là:

$$N = m_s \cdot n_{ngs} \cdot L \cdot h \cdot 10^{-3} \quad (3-1)$$

Trong đó: m_s : mật độ sét vùng có đường dây đi qua

$n_{ng, s}$: số ngày sét trong một năm.

h : chiều cao trung bình của các dây dẫn (m).

L : chiều dài của đường dây (km).

Lấy $L = 100\text{km}$ ta sẽ có số lần sét đánh vào 100km dọc chiều dài đường dây trong một năm.

$$N = (0,1 \div 0,15) \cdot n_{ngs} \cdot h \cdot 6 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = (0,06 \div 0,09) \cdot n_{ngs} \cdot h \quad (3-2)$$

Tùy theo vị trí sét đánh quá điện áp xuất hiện trên cách điện đường dây có trị số khác nhau. Người ta phân biệt số lần sét đánh trực tiếp vào đường dây có dây chống sét thành ba khả năng.

b. Sét đánh vào đỉnh cột:

$$N_{dc} \approx \frac{N}{2} \quad (3-3)$$

c. Sét đánh vòng qua dây chống sét vào dây dẫn:

$$N_{dd} = N \cdot g_\alpha \quad (3-4)$$

Trong đó N : tổng số lần sét đánh vào đường dây.

g_α : xác suất sét đánh vòng qua dây chống sét vào dây dẫn, nó phụ thuộc vào góc bảo vệ α và được xác định theo công thức sau:

$$\lg g_\alpha = \frac{\alpha \cdot \sqrt{h_c}}{90} - 4 \quad (3-5)$$

Trong đó h_c : chiều cao của cột (m).

α : góc bảo vệ (độ).

d. Sét đánh vào điểm giữa khoảng vượt:

$$N_{kv} = N - N_{dc} - N_{dd} \approx \frac{N}{2} \quad (3-6)$$

3. 2. 3. Số lần phóng điện do sét đánh.

Khi bị sét đánh, quá điện áp tác dụng vào cách điện của đường dây (sứ và khoảng cách không khí giữa dây dẫn và dây chống sét) có thể gây ra phóng điện. Khả năng phóng điện được đặc trưng bởi xác suất phóng điện g_{pd} . Như thế ứng với số lần sét đánh N_i số lần phóng điện:

$$N_{pdi} = N_i \cdot \mathcal{G}_{pd} \quad (3-7)$$

Xác suất phóng điện \mathcal{G}_{pd} phụ thuộc trị số của quá điện áp và đặc tính cách điện (V-S) của đường dây.

$$\mathcal{G}_{pd} = P\{U_{cd} \geq U_{pd}^{d,d}\} \quad (3-8)$$

a. Số lần cắt điện do sét đánh vào đường dây.

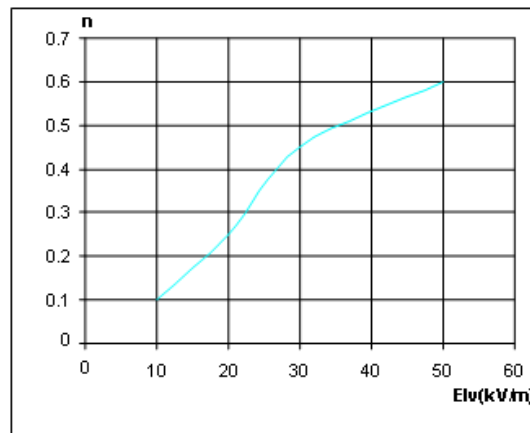
Khi có phóng điện trên cách điện của đường dây, máy cắt có thể bị cắt ra nếu có xuất hiện hồ quang tần số công nghiệp tại nơi phóng điện. Xác suất hình thành hồ quang η phụ thuộc vào điện áp làm việc trên cách điện pha của đường dây và độ dài cách điện của đường dây. Có thể xác định η theo bảng sau.

Bảng 3- 1: Bảng xác suất hình thành hồ quang $\eta = f(E_{lv})$.

$E_{lv} = \frac{U_{lv}}{l}$	10	20	30	50
η	0,1	0,25	0,45	0,6

Với U_{lv} : điện áp pha làm việc.

L_{cs} : chiều dài chuỗi sứ.



Hình3- 1: Đồ thị $\eta = f(E_{lv})$.

Đối với đường dây dùng cột gỗ tính theo công thức

$$\eta = (1,5 \cdot E_{tb} - 4) \cdot 10^{-2} \quad (3-9)$$

E_{tb} : là cường độ trường trung bình trên tổng chiều dài cách điện (kV/m).

Cuối cùng có thể tính số lần cắt của đường dây tương ứng với số lần sét đánh N_i :

$$n_{cdi} = N_{pdi} \cdot \eta = N_i \cdot \mathcal{G}_{pd} \cdot \eta \quad (3-10)$$

Số lần cắt điện tổng cộng của đường dây:

$$n_{cd} = \sum n_{cdi} \quad (3-11)$$

b. Số lần cắt điện do quá điện áp cảm ứng.

Số lần phóng điện do sét đánh gần đường dây cảm ứng gây phóng điện trên cách điện đường dây.

$$N_{pdcu} = \frac{(15,6 \div 23,4) \cdot n_s \cdot h}{U_{50\%}} \cdot e^{-\frac{U_{50\%}}{260}} \quad (3-12)$$

Trong đó n_s : là số ngày sét trong một năm.

h : độ treo cao trung bình của dây dẫn.

$U_{50\%}$: điện áp phóng điện 50% của chuỗi sứ.

Như vậy số lần đường dây bị cắt điện do quá điện áp cảm ứng

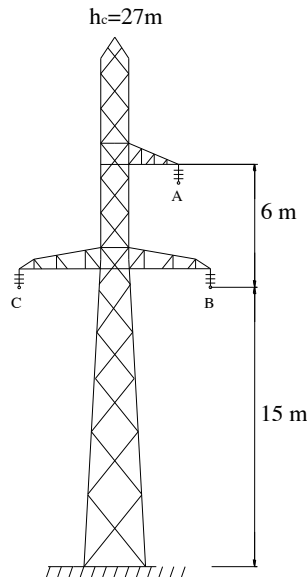
$$n_{cdcu} = N_{pdcu} \cdot \eta \quad (3-13)$$

Đường dây 110kV trở lên do mức cách điện cao ($U_{50\%}$ lớn) nên suất cắt do quá điện áp cảm ứng có trị số bé và trong cách tính toán có thể bỏ qua thành phần này.

3.3. Tính toán chỉ tiêu bảo vệ chống sét đường dây.

3.3.1. Mô tả đường dây cần bảo vệ

a) Kết cấu cột điện.



Hình 3-2: Sơ đồ cột lộ đơn 220kV.

Loại cột: sắt, mạch đơn.

Chiều cao cột: 27m.

Chuỗi sứ:

+ Số lượng 14 bát.

+ Loại PIC – 4,5 có chiều dài 1 bát sứ là $l_{sứ} = 170\text{mm}$.

Độ cao treo dây dẫn pha A: 21m.

Độ cao treo dây dẫn pha B: 15m.

Độ cao treo dây dẫn pha C: 15m.

b) Dây dẫn và dây chống sét.

Dây dẫn AC – 300.

Dây chống sét C – 95

Khoảng vượt $l_{kv}=320\text{m}$.

c) Nối đất cột điện

Điện trở suất của nối đất $\rho = 85\Omega.m$.

Điện trở nối đất cột điện $R_c = 15\Omega$.

3. 3. 2. Độ võng, độ treo cao trung bình, tổng trở, hệ số ngẫu hợp của đường dây.

a) Độ võng của dây.

Độ võng của dây dẫn AC-300:

Các thông số của dây AC - 300:

Ứng suất cho phép: $\sigma_{cp} = 8,58\text{kg/mm}^2$.

Modul đàn hồi: $E = 8250\text{kg/mm}^2$.

Hệ số giãn nở nhiệt: $\alpha = 19,2 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$.

Tải trọng do trọng lượng gây ra $g_1 = 3,46 \cdot 10^{-3} \text{kg/m.mm}^2$.

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 $d < 20 \text{ mm}$)

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

Vậy

$$F_v = 2 \cdot \sqrt{\frac{300}{\pi}} \cdot 10^{-3} = 19,5 \cdot 10^{-3} \quad (m)$$

$$P_v = 0,7 \cdot 1,2 \cdot \frac{30^2}{16} \cdot 19,5 \cdot 10^{-3} = 0,924 \quad (kG/m)$$

$$g_3 = \frac{0,924}{300} = 3,08 \cdot 10^{-3} \quad (kG/m.mm^2)$$

Tải trọng tổng hợp:

$$g = \sqrt{g_1^2 + g_3^2} = \sqrt{3,46^2 + 3,08^2} \cdot 10^{-3} = 4,632 \cdot 10^{-3} \quad (kG/m.mm^2)$$

Ta có:

$$l_{gh} = \sigma_{cp} \cdot \sqrt{\frac{24 \cdot \alpha \cdot (\theta_{bao} - \theta_{bao})}{g^2 - g_1^2}}$$

$$= 8,58 \cdot \sqrt{\frac{24 \cdot 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot (25 - 5)}{(4,632 \cdot 10^{-3})^2 - (3,46 \cdot 10^{-3})^2}} = 267,52 \quad (m)$$

Kiểm tra điều kiện ta thấy $l = 320 > 267,52$ (m)

Vậy phương trình trạng thái lầy lầy trạng thái ứng với θ_{bao} làm trạng thái xuất phát. Phương trình trạng thái có dạng:

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

$$A = \delta_0 - \frac{l^2 \cdot g_1^2 \cdot E}{24\delta_0^2} - \alpha \cdot E \cdot (\theta_{bao} - \theta_{min})$$

$$= 8,58 - \frac{320^2 \cdot (4,632 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 8250}{24 \cdot 8,58^2} - 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 8250 \cdot (25 - 5) = -4,845$$

$$B = \frac{g^2 \cdot E \cdot l^2}{24} = \frac{(4,632 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 8250 \cdot 320^2}{24} = 755,099$$

Ta có phương trình: $\delta^3 + 4,845\delta^2 - 755,99 = 0$

có nghiệm $\delta = 7,744$ (kG/mm²)

Độ võng:

$$f = \frac{g \cdot l^2}{8 \cdot \delta} = \frac{4,632 \cdot 10^{-3} \cdot 320^2}{8 \cdot 7,744} = 5,719 \quad (m)$$

Độ võng của dây dẫn chống sét:

Tính tương tự ta có: $f = 5,12$ (m)

b) Độ treo cao trung bình của dây dẫn pha A (h_A^{tb}).

Độ treo cao trung bình của dây dẫn pha A là:

$$h_{cs}^{tb} = h_{cs} - \frac{2}{3} \cdot f_{cs} = 21 - \frac{2}{3} \cdot 5,719 = 17,187 \quad (m)$$

Góc bảo vệ pha A:

$$\operatorname{tg} \alpha_A = \frac{3}{h_{cs} - h_A} = \frac{3}{27 - 21} = 0,5 \Rightarrow \alpha_A = 26^{\circ}33'$$

Tương tự ta có: Độ treo cao trung bình của dây dẫn pha B(C) là: 11,18 m

Góc bảo vệ pha B(C): $\alpha_B = 20^{\circ}32'$

c) Tổng trở sóng của dây dẫn.

Tổng trở sóng của dây dẫn được tính theo công thức:

$$Z_{dd} = 60 \cdot \ln \frac{2 \cdot h}{r} \quad (3-14)$$

Trong đó: r: Bán kính dây dẫn.

h: Độ treo cao trung bình của dây dẫn.

Tổng trở sóng pha A.

Dây dẫn pha A là dây AC-300 có $r = 9,78 \cdot 10^{-3} m$ nên:

$$Z_A^{dd} = 60 \cdot \ln \frac{2 \cdot h_A^{tb}}{r} = 60 \frac{2 \cdot 17,187}{9,78 \cdot 10^{-3}} = 489,918 \quad (\Omega)$$

Tổng trở sóng pha B(C).

Tương tự ta có $Z_B^{dd} = 464,15 (\Omega)$

Tổng trở sóng dây chống sét.

Dây chống sét là dây C-95 có $r = 5,35 \cdot 10^{-3} m$

Khi không kể đến ảnh hưởng của vàng quang.

$$Z_{cs} = 60 \cdot \ln \frac{2 \cdot h_{cs}^{tb}}{r} = 60 \frac{2 \cdot 23,587}{5,35 \cdot 10^{-3}} = 545,069 \quad (\Omega)$$

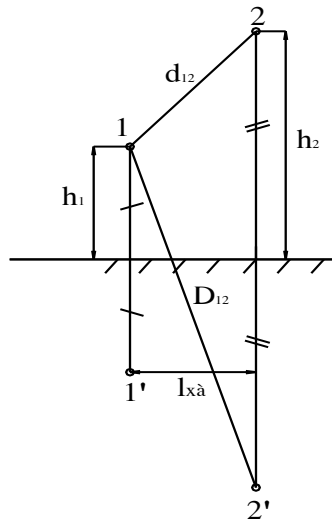
Khi có kể đến ảnh hưởng của vàng quang.

$$Z_{vq}^{cs} = \frac{Z_{cs}}{\lambda}$$

$\lambda = 1,4$: là hệ số hiệu chỉnh khi xuất hiện vàng quang được tra từ bảng với cấp điện áp 220kV

$$Z_{vq}^{cs} = \frac{Z_{cs}}{\lambda} = \frac{545,069}{1,4} = 389,335 \quad (\Omega)$$

d) Hệ số ngẫu hợp.



Hình 3-3: Sơ đồ xác định hệ số ngẫu hợp.

Khi chưa có vàng quang thì hệ số ngẫu hợp K được tính như sau với dây dẫn 1 và dây chống sét 2.

$$K_0 = \frac{\ln \frac{D_{12}}{d_{12}}}{\ln \frac{2 \cdot h_2}{r_2}} \quad (3-15)$$

Trong đó: h_2 là độ treo cao của dây chống sét.

r_2 : bán kính của dây chống sét.

d_{12} : khoảng cách giữa dây chống sét và dây dẫn.

D_{12} : khoảng cách giữa dây chống sét và ảnh của dây dẫn.

Khi xét đến ảnh hưởng của vàng quang điện:

$$K_{vq} = K_0 \cdot \lambda \quad (3-16)$$

Hệ số ngẫu hợp giữa dây dẫn pha A và dây chống sét.

Với pha A ta có:

Độ treo cao của dây dẫn $h_1 = 21\text{m}$.

Độ treo cao của dây chống sét $h_2 = 27\text{m}$.

Độ dài của xà $l_{xa} = 3\text{m}$.

Bán kính dây dẫn $r_2 = 9,775 \cdot 10^{-3}\text{m}$.

Ta tính được:

$$d_{12} = \sqrt{l_{xa}^2 + (h_2 - h_1)^2} \quad (m)$$

$$= \sqrt{3^2 + (27 - 21)^2} = 10,26$$

$$D_{12} = \sqrt{l_{xa}^2 + (h_1 + h_2)^2}$$

$$= \sqrt{3^2 + (27 + 21)^2} = 48,09(m)$$

$$K_0^A = \frac{\ln \frac{48,09}{10,26}}{\ln \frac{2.27}{9,775 \cdot 10^{-3}}} = 0,168$$

$$K_{vq}^A = 1,4 \cdot 0,168 = 0,235$$

Hệ số ngẫu hợp giữa dây dẫn pha B(C) và dây chống sét.

$$\text{Tính toán tương tự ta có:} \quad K_{vq}^B = K_{vq}^C = 0,18$$

e) Nhận xét.

Khi tính toán các chỉ tiêu chống sét do các pha có các thông số khác nhau nên trong mỗi trường hợp ta chọn trường hợp nguy hiểm nhất để tính.

Khi sét đánh vòng qua dây chống sét vào dây dẫn ta chỉ xét cho pha A (pha có góc bảo vệ lớn nhất).

Khi sét đánh vào khoảng vượt dây chống sét ta tính cho pha B hoặc C (pha có hệ số ngẫu hợp nhỏ hơn).

Khi sét đánh vào đỉnh cột ta sẽ tính với pha có $U_{cd}(a,t)$ lớn nhất.

3.3.3. Tính số lần sét đánh vào đường dây.

Nếu gọi N là tổng số lần sét đánh trên đường dây và với $n_{ng.s} = 95$ ngày/năm; $h_{cs} = 23,587$ m ta có:

$$N = (0,06 \div 0,09) \cdot 23,587 \cdot 95 = 133,44 \div 201,66 \text{ (lần/100km. năm).}$$

Ta lấy khả năng nguy hiểm nhất để tính $N = 201,66$ lần/100km. năm.

$$N = N_{dd} + N_{dc} + N_{kv}$$

Trong đó: N_{dd} : số lần sét đánh vào dây dẫn.

N_{dc} : số lần sét đánh vào đỉnh cột.

N_{kv} : số lần sét đánh vào khoảng vượt dây chống sét.

a) Số lần sét đánh vòng qua dây chống sét vào dây dẫn.

Trong trường hợp này ta tính với dây dẫn pha A. Trước tiên ta cần đi xác định xác suất phóng điện \mathcal{G}_α với các thông số như sau: $\alpha = 26^\circ 33'$; $h_c = 27m$.

Xác suất sét đánh vòng qua dây chống sét:

$$\lg \mathcal{G}_\alpha = \frac{\alpha \cdot \sqrt{h_c}}{90} - 4 = \frac{26,55 \cdot \sqrt{27}}{90} - 4 = -2,466$$

$$\mathcal{G}_\alpha = 3,415 \cdot 10^{-3}$$

Số lần sét đánh vào dây dẫn:

$$N_{dd} = 201,66 \cdot 3,415 \cdot 10^{-3} = 0,688 \text{ (lần/100km. năm)}$$

b) Số lần sét đánh vào đỉnh cột và khoảng vượt.

$$N_{dc} = N_{kv} = \frac{201,66}{2} = 100,83 \text{ (lần/100km. năm)}$$

3.3.4. Suất cắt do sét đánh vào đường dây.

a) Suất cắt do sét đánh vòng qua dây chống sét vào dây dẫn.

Số lần cắt của đường dây:

$$n_{dd} = N \cdot \mathcal{G}_{pd} \cdot \eta$$

Trong đó: \mathcal{G}_{pd} là xác suất phóng điện được xác định như sau:

$$\mathcal{G}_{pd} = [U_{qa} \geq U_{50\%}]$$

$$= P \left[I \geq \frac{4 \cdot U_{50\%}}{Z_{dd}} \right] = e^{\frac{-4 \cdot U_{50\%}}{26,1 \cdot Z_{dd}}}$$

Ta có: $Z_{dd}^A = 489,918(\Omega)$, $U_{50\%} = 1140(kV)$.

$$\mathcal{G}_{pd} = e^{\frac{-4 \cdot 1140}{26,1 \cdot 489,918}} = 0,7$$

η : xác suất hình thành hồ quang $\eta = f(E_{lv})$ xác định như sau:

$$E_{lv} = \frac{U_{lv}}{l_{pd}}$$

$$U_{lv} = \frac{U_{dm}}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127,017(kV)$$

l_{pd} : chiều dài phóng điện, lấy bằng chiều dài chuỗi sứ $l_{pd} = l_{su} \cdot n$

l_{su} : độ cao một bát sứ.

n : số bát sứ của chuỗi sứ.

$$l_{pd} = 170 \cdot 13 = 2210(mm) = 2,21(m)$$

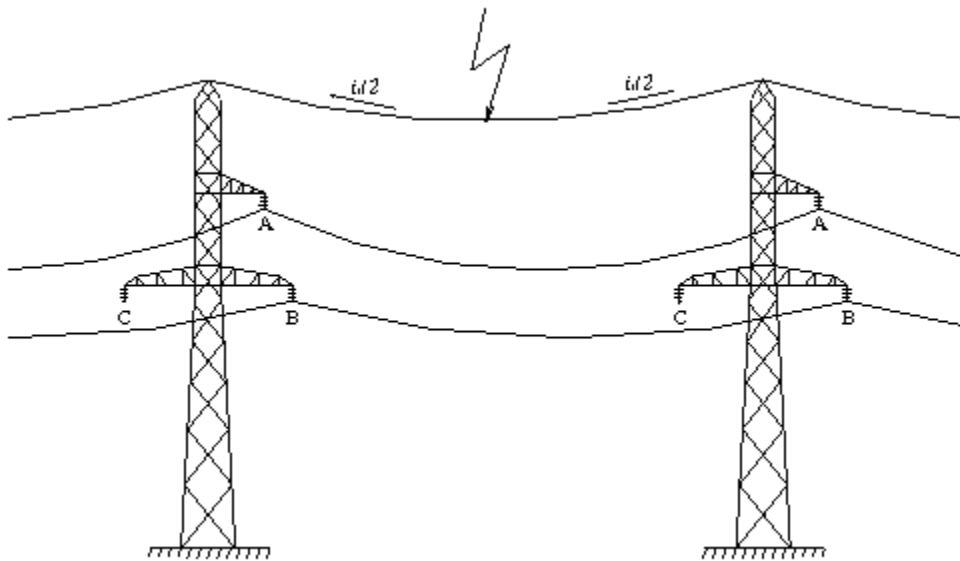
$$E_{lv} = \frac{127}{2,21} = 57,47 \quad (\text{kV/m})$$

Từ đồ thị 3.1 ta có $\eta = 0,67$.

$$n_{dd} = 0,689 \cdot 0,7 \cdot 0,67 = 0,323 (\text{lần}/100\text{km. năm})$$

b) Suất cắt do sét đánh vào khoảng vượt.

Khi sét đánh vào khoảng vượt của dây chống sét, để đơn giản cho tính toán ta giả thiết sét đánh vào chính giữa khoảng vượt, dòng điện sét chia đều sang hai bên như hình vẽ.



Hình 3- 4: Sét đánh vào khoảng vượt dây chống sét.

Lấy với dạng sóng xiên góc. Lúc này trên dây chống sét và mỗi cột sẽ có dòng

điện là $\frac{i_s}{2}$.

Khi tính toán ta cần tính với các giá trị khác nhau của dòng điện sét.

Khi đường dây tải điện bị sét đánh vào khoảng vượt của dây chống sét thì sẽ sinh ra các điện áp là:

Điện áp tác dụng lên cách điện không khí giữa dây dẫn và dây chống sét.

Điện áp tác dụng lên cách điện của chuỗi sứ.

Nếu các điện áp này đủ lớn thì sẽ gây ra phóng điện sét trên cách điện làm cắt điện trên đường dây.

Suất cắt điện do quá điện áp tác dụng lên cách điện không khí giữa dây dẫn và dây chống sét (ta xét với pha B hoặc C vì hệ số ngẫu hợp của 2 pha này nhỏ hơn pha của pha A).

$$U_{cd} = (1 - K_{vq}) \cdot \frac{a.l}{3} (kV) \quad (3-17)$$

Trong đó K_{vq} : hệ số ngẫu hợp giữa dây dẫn và dây chống sét có kể đến vàng quang.

a: độ dốc dòng điện sét.

l: khoảng vượt của đường dây.

Từ đó ta có thể tính được xác suất phóng điện và tính các giá trị N_{pd} và n_{pd} .

Trong thiết kế và thi công đường dây, thường chọn khoảng cách giữa các dây đủ lớn để tránh chạm dây nên khả năng xảy ra phóng điện trong trường hợp này ít xảy ra và dù có xảy ra thì xác suất hình thành hồ quang cũng rất nhỏ. Vì vậy suất cắt trong trường hợp này có thể bỏ qua.

Suất cắt điện do quá điện áp tác dụng lên chuỗi sứ.

Điện áp tác dụng lên chuỗi sứ khi sét đánh vào khoảng vượt của dây chống sét là:

$$U_{cd}(t) = U_c(t) + U_{lv} \quad (3-18)$$

Trong đó: U_{lv} là điện áp làm việc.

$$U_{lv} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} U \cdot \sin(\omega t) \cdot dt = 0,52 \cdot U_{dm} \quad (3-19)$$

$$U_{lv} = 0,52 \cdot 220 = 114,4 (kV)$$

$U_c(t)$: điện áp tại đỉnh cột.

$$U_c(t) = \left[\frac{R_c \cdot i_s(t)}{2} + L_c \cdot \frac{di_s}{2 \cdot dt} \right] \cdot (1 - K) \quad (3-20)$$

Với dạng sóng xiên góc xét với thời gian $t < \tau_{ds}$ thì:

$$U_c(t) = \left[\frac{R_c \cdot a \cdot t}{2} + L_c \cdot \frac{a}{2} \right] \cdot (1 - K) \quad (3-21)$$

Ta có: R_c là điện trở nối đất cột điện $R_c = 15 \Omega$.

L_c : điện cảm thân cột $L_c = L_0 \cdot h_c$ với $l_0 = 0,6 \mu H$; $h_c = 27m$.

$$L_c = 0,6 \cdot 27 = 16,2 (\mu H)$$

K_{vq} : hệ số ngẫu hợp có kể đến ảnh hưởng của vàng quang pha B(C) với dây chống sét $K_{vq} = 0,18$.

Thay vào công thức 3-21 ta có:

$$U_c(t) = \left[\frac{15.a.t}{2} + 16,2 \cdot \frac{a}{2} \right] \cdot (1 - 0,181) \\ = 0,819.a.(7,5.t + 8,1) \text{ (kV)}$$

Theo 3-19 thì:

$$U_{cd}(t) = 0,819.a.(7,5.t + 8,1) + 114,4 \text{ (kV)}$$

Ta thấy $U_{cd}(t) = f(a,t)$. Vì vậy ta cần kiểm tra với nhiều giá trị a, t như sau

$a = 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 \text{ (kA/}\mu\text{s)}$.

$t = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 \text{ (}\mu\text{s)}$.

Ta có bảng sau:

Bảng 3- 2: Giá trị $U_{cd}(a,t)$ tác dụng lên chuỗi sứ

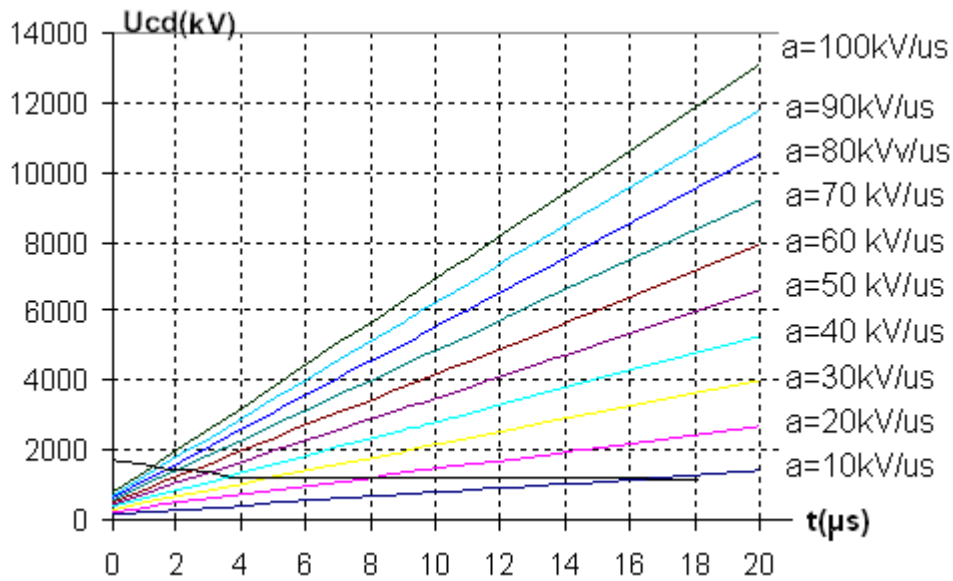
a \ t	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	180,82	247,24	313,66	380,08	446,5	512,92	579,34	645,76	712,18	778,6
1	242,32	370,24	498,16	626,08	754	881,92	1009,84	1137,76	1265,68	1393,6
2	303,82	493,24	682,66	872,08	1061,5	1250,92	1440,34	1629,76	1819,18	2008,6
3	365,32	616,24	867,16	1118,08	1369	1619,92	1870,84	2121,76	2372,68	2623,6
4	426,82	739,24	1051,66	1364,08	1676,5	1988,92	2301,34	2613,76	2926,18	3238,6
5	488,32	862,24	1236,16	1610,08	1984	2357,92	2731,84	3105,76	3479,68	3853,6
6	549,82	985,24	1420,66	1856,08	2291,5	2726,92	3162,34	3597,76	4033,18	4468,6
7	611,32	1108,24	1605,16	2102,08	2599	3095,92	3592,84	4089,76	4586,68	5083,6
8	672,82	1231,24	1789,66	2348,08	2906,5	3464,92	4023,34	4581,76	5140,18	5698,6
9	734,32	1354,24	1974,16	2594,08	3214	3833,92	4453,84	5073,76	5693,68	6313,6
10	795,82	1477,24	2158,66	2840,08	3521,5	4202,92	4884,34	5565,76	6247,18	6928,6

Đồng thời ta cũng có bảng đặc tính V-S của chuỗi sứ $\pi - 4,5$ như sau:

Bảng 3-3: Đặc tính phóng điện của chuỗi sứ,

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U	2010	1740	1580	1440	1360	1220	1180	1180	1180	1180	1180

Dựa vào bảng 3.2 và 3.3 ta vẽ đồ thị biểu diễn mối quan hệ của $U_{cd}(t)$ và đặc tính phi tuyến V-S của chuỗi sứ



Hình 3-5: Đồ thị $U_{cd}(a,t)$.

Từ đồ thị này ta xác định được các cặp thông số (I_i, a_i) là giao của đường cong $U_{cd}(t)$ và đặc tuyến V-S, Dựa vào các cặp thông số này ta xác định được đường cong nguy hiểm $I=f(a)$ từ đó xác định được miền nguy hiểm và xác suất phóng điện \mathcal{G}_{pd} ,

$$\mathcal{G}_{pd} = P\{(a, I) \in MNH\} \quad (3-22)$$

$$\mathcal{G}_{pd} = \sum_{i=1}^n \mathcal{G}_{I_i} \cdot \Delta \mathcal{G}_{a_i} \quad (3-23)$$

$$\mathcal{G}_{pd} = \sum_{i=1}^n \mathcal{G}_{I_i} \cdot (\mathcal{G}_{a_{i+1}} - \mathcal{G}_{a_i}) \quad (3-24)$$

$$\mathcal{G}_{I_i} = e^{-\frac{I_i}{26,1}} \quad (3-25)$$

$$\mathcal{G}_{a_i} = e^{-\frac{a_i}{10,9}} \quad (3-26)$$

Ta có bảng sau:

Bảng 3-4: Đặc tính xác suất phóng điện \mathcal{G}_{pd} .

$a(kA/\mu s)$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$t(\mu s)$	16,30	7,500	4,600	3,700	3,100	2,500	2,000	1,750	1,500	1,300
$I(kA)$	163,0	150,0	138,0	148,0	155,00	150,0	140,0	140,0	135,0	130,0
\mathcal{G}_I	0,002	0,003	0,005	0,003	0,003	0,003	0,005	0,005	0,006	0,007
\mathcal{G}_a	0,400	0,160	0,064	0,025	0,010	0,004	0,002	0,001	0,000	0,000
$\Delta \mathcal{G}_a$	0,240	0,096	0,038	0,015	0,006	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000
A	0,465	0,306	0,194	0,053	0,016	0,008	0,005	0,002	0,001	0,001

Thông qua các kết quả tính toán cho ở bảng 3,4 ta có:

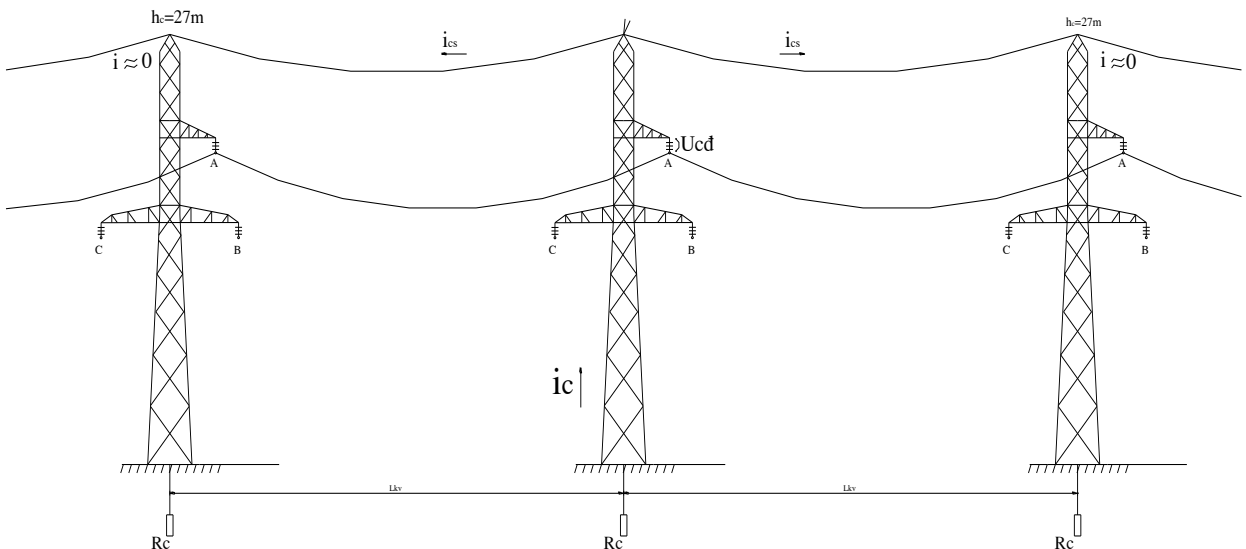
$$\mathcal{G}_{pd} = \sum_{i=1}^n A = \sum_{i=1}^n \mathcal{G}_I \cdot \Delta \mathcal{G}_a = 0,00105$$

Suất cắt điện của đường dây khi sét đánh vào khoảng vượt của dây chống sét,

$$\begin{aligned} n_{kv} &= N_{kv} \cdot \eta \cdot \mathcal{G}_{pd} \\ &= 100,8330,670,00105 = 0,071 (\text{lần}/100\text{km}, \text{năm}) \end{aligned}$$

c) Tính suất cắt do sét đánh vào đỉnh cột và lân cận đỉnh cột.

Để đơn giản và dễ tính toán ta giả thiết sét chỉ đánh vào đỉnh cột điện, khi đó phần lớn dòng điện sét sẽ đi vào nối đất cột điện, phần nhỏ còn lại sẽ đi theo dây chống sét vào các bộ phận nối đất của các cột lân cận như hình vẽ,



Hình 3-6: Sét đánh vào đỉnh cột có treo dây chống sét,

Trong trường hợp này ta phải tính toán suất cắt cho pha có quá điện áp đặt lên cách điện lớn nhất $U_{cd}(t)_{max}$, Do đó ta phải tiến hành tính toán điện áp đặt lên cách điện đối với từng pha,

$U_{cd}(t)$ được xác định theo công thức sau:

$$U_{cd}(t) = U_c(t) + U_{cu.tu}^{dd}(t) + U_{cu.dien}^{dd}(t) + U_{dcs}(t) + U_{lv} \quad (3-27)$$

Theo công thức trên điện áp xuất hiện trên cách điện khi sét đánh vào đỉnh cột bao gồm,

Thành phần điện áp giáng trên cột,

$$U_c(t) = i_c \cdot R_c + L_c^{dd} \cdot \frac{di_c}{dt} \quad (3-28)$$

Thành phần điện áp cảm ứng từ xuất hiện do hồ cảm của dây dẫn và kênh sét gây ra,

$$U_{cu.tu}^{dd}(t) = M_{dd}(t) \cdot \frac{di_s}{dt} \quad (3-29)$$

$$M_{dd}(t) = 0,2 \cdot h_{dd} \cdot \left[\ln \frac{v \cdot t + H}{(1 + \beta) \cdot H} - \frac{\Delta h}{2 \cdot h_{dd}} \cdot \ln \frac{H}{\Delta h} + 1 \right] \quad (3-30)$$

Với: h_{dd} là độ cao của dây dẫn

$$H = h_c + h_{dd},$$

$$\Delta h = h_c - h_{dd},$$

β : hệ số vận tốc của dòng điện sét được lấy $\beta = 0,3$,

$v = \beta \cdot c$ với c là vận tốc truyền sóng $c = 300m/\mu s$,

Khi tính toán với dạng sóng xiên góc $i_s = a, t$ ta có thể tính $U_{cu.tu}^{dd}(t)$ theo công thức sau:

$$U_{cu.tu}^{dd}(t) = M_{dd}(t) \cdot a \quad (3-31)$$

Thành phần điện áp cảm ứng do cảm ứng tĩnh điện giữa dây dẫn và điện tích của dòng điện sét,

$$U_{cu.dien}^{dd}(t) = \left(1 - K \cdot \frac{h_c}{h_{dd}}\right) \cdot \frac{0,1 \cdot a \cdot h_{dd}}{\beta} \cdot \ln \frac{(v \cdot t + h_c) \cdot \sqrt{(v \cdot t + H) \cdot (v \cdot t + \Delta h)}}{(1 + \beta)^2 \cdot h_c \cdot \sqrt{\Delta h \cdot H}} \quad (3-32)$$

Trong đó: a là độ dốc đầu sóng của sóng xiên góc,

K: hệ số ngẫu hợp có kể đến ảnh hưởng của vàng quang,

Thành phần điện áp do dòng điện sét đi trên dây chống sét gây ra,

$$U_{dcs}(t) = -K \cdot \left(i_c \cdot R_c + L_c^{dcs} \cdot \frac{di_c}{dt} + a \cdot M_{cs}(t) \right) \quad (3-33)$$

Với:

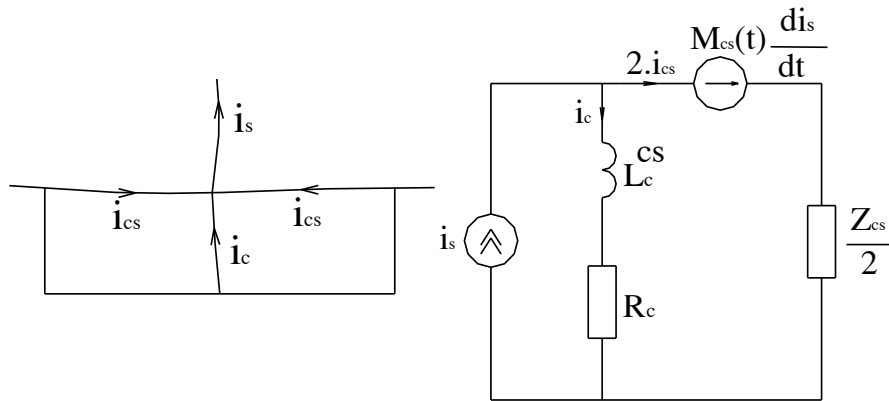
$$M_{cs}(t) = 0,2 \cdot h_c \cdot \left[\ln \frac{v \cdot t + 2 \cdot h_c}{2 \cdot (1 + \beta) \cdot h_c} + 1 \right] \quad (3-34)$$

Thành phần điện áp làm việc,

$$U_{lv} = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot U_{dm} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot dt = 0,52 \cdot U_{dm} \quad (3-35)$$

Ta lần lượt đi tính các thành phần đối với các pha, Để tính được các thành phần điện áp ta cần phải tính được dòng điện đi vào cột $i_c(t)$ và thành phần biến thiên dòng điện theo thời gian $\frac{di_c}{dt}$, Khi tính toán dòng điện này ta có thể dựa vào sơ đồ tương đương của mạch dẫn dòng điện sét trong hai trường hợp như sau:

+ Khi chưa có sóng phản xạ từ cột bên cạnh về $t \leq \frac{2 \cdot l_{kv}}{v}$,



Hình 3-7: Sơ đồ tương đương mạch dẫn dòng điện sét khi chưa có sóng phản xạ.

Trong đó L_c^{cs} là điện cảm của cột, $L_c^{cs} = l_0 \cdot h_c$

R_c : điện trở nối đất cột điện,

Z_{cs} : tổng trở sóng dây chống sét có kể đến ảnh hưởng của vàng quang,

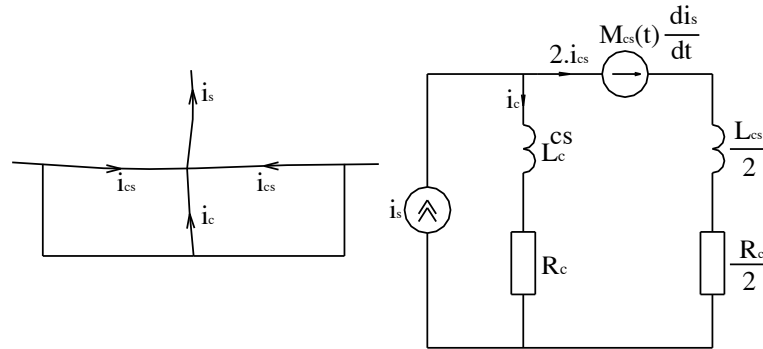
Từ sơ đồ ta tính được:

$$i_c(a, t) = \frac{a}{Z_{cs} + 2 \cdot R_c} \left(Z_{cs} \cdot t - 2 \cdot M_{cs}(t) - \frac{Z_{cs}}{\alpha_1} \right) \quad (3-36)$$

$$\frac{di_c}{dt} = \frac{a}{Z_{cs} + 2.R_c} . Z_{cs} \quad (3-37)$$

$$\alpha_1 = \frac{Z_{cs} + 2.R_c}{2.L_c^{cs}} \quad (3-38)$$

+ Khi có sóng phản xạ từ cột lân cận về $t > \frac{2.l_{kv}}{v}$,



Hình 3-8: Sơ đồ tương đương mạch dẫn dòng điện sét khi có sóng phản xạ,

Với: L_{cs} là điện cảm của một khoảng vệt của dây chống sét,

$$L_{cs} = \frac{Z_{cs} . l_{kv}}{c} \quad (3-39)$$

Ta có
$$i_c(a,t) = \frac{a}{2.R_c} (L_{cs} - 2.M_{cs}(t)) . (1 - e^{-\alpha_2 . t}) \quad (3-40)$$

$$\frac{di_c}{dt} = \frac{a}{2.R_c} (L_{cs} - 2.M_{cs}(t)) \alpha_2 . e^{-\alpha_2 . t} \quad (3-41)$$

$$\alpha_2 = \frac{2.R_c}{L_{cs} + 2.L_c^{cs}} \quad (3-42)$$

Điện áp đặt lên cách điện pha A,

Để so sánh $U_{cd}(a,t)$ ta sẽ tiến hành so sánh với 1 giá trị cụ thể như sau:

$$a = 10 \text{ kA} / \mu\text{s}; t = 3 \mu\text{s}$$

Ta có các thông số đối với pha A như sau.

$$L_c^{dd} = l_0 . h_A = 0,6.21 = 12,6(\mu\text{H})$$

$$L_c^{cs} = l_0 . h_{cs} = 0,6.27 = 16,2(\mu\text{H})$$

$$L_{cs} = \frac{Z_{cs} . l_{kv}}{c} = \frac{555,48.320}{300} = 581,407(\mu\text{H})$$

$$K = 0,235; R_c = 15\Omega; \beta = 0,3; c = 300 \text{ m} / \mu\text{s}$$

$$v = 0,3.300 = 90(\text{m} / \mu\text{s})$$

$$H = h_c + h_{dd} = 27 + 21 = 48(\text{m})$$

$$\Delta h = h_c - h_{dd} = 27 - 21 = 6(\text{m})$$

$$U_{dm} = 220 \text{ kV}.$$

Từ các thông số trên ta tính được các giá trị của các thành phần điện áp như sau.

$$t = 3\mu s > \frac{2.l_{kv}}{v} = \frac{2.320}{300} = 2,133 \quad (\mu s)$$

Ở thời gian này có sóng phản xạ từ cột lân cận về do đó điện áp đặt lên cách điện được tính theo sơ đồ hình 3-9.

$$M_{cs} = 0,2.27 \cdot \left[\ln \frac{90.3 + 2.27}{2.(1 + 0,3).27} + 1 \right] = 13,66(\mu H)$$

$$\alpha_2 = \frac{2.15}{581,407 + 2.16,2} = 0,049$$

$$i_c = \frac{10}{2.15} (581,407 - 2.13,66) \cdot (1 - e^{-0,049.3}) = 25,189 \quad (kA)$$

$$\frac{di_c}{dt} = \frac{10}{2.15} (581,407 - 2.13,66) \cdot 0,049 \cdot e^{-0,049.3} = 7,796 \quad (kA/\mu s)$$

Thành phần điện áp giáng trên cột.

$$U_c(a, t) = U_c(10,3) = 25,189.15 + 12,6.7,796 = 476,071 \quad (kV)$$

Thành phần điện áp cảm ứng do hồ cảm giữa dây dẫn và kênh sét.

$$M_{dd} = 0,2.21 \cdot \left[\ln \frac{90.3 + 48}{(1 + 0,3).48} - \frac{6}{2.21} \cdot \ln \frac{48}{6} + 1 \right]$$

$$= 9,79(\mu H)$$

$$U_{cu.tu}^{dd} = M_{dd} \cdot a = 9,79.10 = 97,9(kV)$$

Thành phần điện áp cảm ứng do cảm ứng tĩnh điện giữa dây dẫn và điện tích dòng điện sét.

$$U_{cu.dien}^{dd} = (1 - 0,235 \cdot \frac{27}{21}) \cdot \frac{0,1.10.21}{0,3} \cdot \ln \frac{(90.3 + 27) \cdot \sqrt{(90.3 + 48) \cdot (90.3 + 6)}}{(1 + 0,3)^2 \cdot 27 \cdot \sqrt{6.48}}$$

$$= 231,383(kV)$$

Thành phần điện áp do dòng điện sét đi trong dây chống sét gây ra.

$$U_{dcs} = -0,235 \cdot (25,189.15 + 16,2.7,796 + 10.13,66) = -150,299 \quad kV$$

Thành phần điện áp làm việc.

$$U_{lv} = 0,52.220 = 114,4(kV)$$

Vây điện áp tác dụng lên cách điện pha A.

$$U_{cd}^A(a, t) = U_{cd}^A(10,3) = 476,07 + 97,92 + 231,383 - 150,299 + 114,4$$

$$= 769,475(kV)$$

Điện áp tác dụng lên cách điện pha B hoặc C.

Tính toán tương tự pha A ta có:

Điện áp tác dụng lên cách điện pha B.

$$U_{cd}^B(a,t) = U_{cd}^B(10,3) = 687,946 \text{ (kV)}$$

Kết luận.

Vậy pha A có $U_{cd}(t)$ lớn hơn nên ta sẽ tiếp tục tính toán điện áp đặt lên cách điện chuỗi sứ trong trường hợp tổng quát là với pha A.

Tính toán quá điện áp đặt lên chuỗi sứ $U_{cd}(a,t)$.

Để tính được $U_{cd}(a,t)$ ta cần phải tính các thành phần điện áp như sau:

Thành phần điện áp làm việc:

$$U_{lv} = 114,4 \text{ (kV)}$$

Thành phần điện áp cảm ứng do cảm ứng tĩnh điện giữa dây dẫn và điện tích dòng điện sét.

$$U_{cu.dien}^{dd} = (1 - 0,235 \cdot \frac{27}{21}) \cdot \frac{0,1 \cdot a \cdot 21}{0,3} \cdot \ln \frac{(90 \cdot t + 27) \cdot \sqrt{(90 \cdot t + 48) \cdot (90 \cdot t + 6)}}{(1 + 0,3)^2 \cdot 27 \cdot \sqrt{6 \cdot 48}} \text{ (kV)}$$

$$U_{cu.dien}^{dd}(a,t) = 4,889 \cdot a \cdot \ln \frac{(90 \cdot t + 27) \cdot \sqrt{(90 \cdot t + 48) \cdot (90 \cdot t + 6)}}{774,37} \text{ (kV)}$$

Kết quả tính toán với các a, t khác nhau cho ở bảng sau:

Bảng 3-5: Giá trị $U_{cu.dien}^{dd}(a,t)$.

a \ t	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	-25,654	-51,308	-76,963	-102,617	-128,271	-153,925	-179,579	-205,233	-230,888	-256,542
0,5	90,780	181,561	272,341	363,121	453,902	544,682	635,463	726,243	817,023	907,804
1	139,626	279,252	418,879	558,505	698,131	837,757	977,383	1117,009	1256,636	1396,262
1,5	171,832	343,664	515,497	687,329	859,161	1030,993	1202,825	1374,658	1546,490	1718,322
2	195,962	391,923	587,885	783,847	979,808	1175,770	1371,731	1567,693	1763,655	1959,616
2,1	200,144	400,288	600,432	800,575	1000,719	1200,863	1401,007	1601,151	1801,295	2001,439
3	231,392	462,784	694,176	925,568	1156,959	1388,351	1619,743	1851,135	2082,527	2313,919
4	257,324	514,648	771,972	1029,296	1286,620	1543,944	1801,268	2058,592	2315,916	2573,240
5	277,794	555,587	833,381	1111,174	1388,968	1666,762	1944,555	2222,349	2500,143	2777,936
6	294,708	589,416	884,124	1178,832	1473,540	1768,248	2062,956	2357,665	2652,373	2947,081
7	309,122	618,244	927,366	1236,488	1545,610	1854,732	2163,854	2472,976	2782,098	3091,220
8	321,681	643,362	965,042	1286,723	1608,404	1930,085	2251,766	2573,447	2895,127	3216,808
9	332,808	665,616	998,424	1331,232	1664,040	1996,849	2329,657	2662,465	2995,273	3328,081
10	342,797	685,594	1028,391	1371,189	1713,986	2056,783	2399,580	2742,377	3085,174	3427,972

Thành phần điện áp cảm ứng do hồ cảm giữa dây dẫn và kênh sét.

$$M_{dd}(t) = 0,2.21 \cdot \left[\ln \frac{90.t + 48}{(1 + 0,3).48} - \frac{6}{2.21} \cdot \ln \frac{48}{6} + 1 \right]$$

$$= 4,2 \cdot \left[\ln \frac{90.t + 48}{62,4} + 0,7 \right] (\mu H)$$

$$U_{cu.tu}^{dd}(a, t) = 4,2.a \cdot \left[\ln \frac{90.t + 48}{62,4} + 0,7 \right] (kV)$$

Kết quả tính toán với các a,t khác nhau cho ở bảng.

Bảng 3-6: Giá trị $U_{cu.tu}^{dd}(a, t)$,

a \ t	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	16,159	32,318	48,477	64,636	80,795	96,954	113,113	129,272	145,431	161,590
0,5	32,931	65,862	98,794	131,725	164,656	197,587	230,519	263,450	296,381	329,312
1	44,885	89,769	134,654	179,539	224,423	269,308	314,192	359,077	403,962	448,846
1,5	54,179	108,358	162,537	216,716	270,895	325,073	379,252	433,431	487,610	541,789
2	61,785	123,569	185,354	247,138	308,923	370,707	432,492	494,276	556,061	617,845
2,1	63,153	126,307	189,460	252,613	315,766	378,920	442,073	505,226	568,380	631,533
3	73,802	147,604	221,407	295,209	369,011	442,813	516,615	590,417	664,220	738,022
4	83,135	166,270	249,405	332,541	415,676	498,811	581,946	665,081	748,216	831,352
5	90,767	181,533	272,300	363,067	453,833	544,600	635,366	726,133	816,900	907,666
6	97,222	194,445	291,667	388,889	486,112	583,334	680,556	777,779	875,001	972,223
7	102,817	205,633	308,450	411,267	514,083	616,900	719,717	822,534	925,350	1028,167
8	107,753	215,505	323,258	431,011	538,764	646,516	754,269	862,022	969,774	1077,527
9	112,169	224,338	336,507	448,677	560,846	673,015	785,184	897,353	1009,522	1121,692
10	116,165	232,330	348,495	464,660	580,825	696,990	813,156	929,321	1045,486	1161,651

Thành phần điện áp giáng trên cột.

Để tính được phần này ta cần tính trong hai trường hợp.

+ Khi chưa có sóng phản xạ về $t \leq \frac{2.320}{300} = 2,133 \text{ (}\mu\text{s)}$

$$M_{cs}(t) = 0,2.27 \cdot \left[\ln \frac{90.t + 2.27}{2.(1+0,3).27} + 1 \right]$$

$$= 5,4 \cdot \left[\ln \frac{90.t + 54}{70,2} + 1 \right] (\mu H)$$

$$\alpha_1 = \frac{389,335 + 2.15}{2.16,2} = 12,942$$

$$i_c(a,t) = \frac{a}{389,335 + 2.15} (389,335.t - 2.M_{cs}(t) - \frac{389,335}{12,942})$$

$$= \frac{a}{419,335} (389,335.t - 2.M_{cs}(t) - 30,082) (kA)$$

$$\frac{di_c(a,t)}{dt} = \frac{a}{389,335 + 2.15} . 389,335 = 0,928.a \quad (kA/\mu s)$$

+ Khi có sóng phản xạ về $t > \frac{2.320}{300} = 2,133 \text{ (}\mu\text{s)}$

$$M_{cs}(t) = 0,2.27 \cdot \left[\ln \frac{90.t + 2.27}{2.(1+0,3).27} + 1 \right]$$

$$= 5,4 \cdot \left[\ln \frac{90.t + 54}{70,2} + 1 \right] (\mu H)$$

$$\alpha_2 = \frac{2.15}{581,407 + 2.16,2} = 0,049$$

$$i_c(a,t) = \frac{a}{2.15} (581,407 - 2.M_{cs}(t)) \cdot (1 - e^{-0,049.t})$$

$$= \frac{a}{30} (581,407 - 2.M_{cs}(t)) \cdot (1 - e^{-0,049.t}) (kA)$$

$$\frac{di_c(a,t)}{dt} = \frac{a}{30} (581,407 - 2.M_{cs}(t)) \cdot 0,049 \cdot e^{-0,049.t}$$

$$= \frac{a}{613,8} (581,407 - 2.M_{cs}(t)) \cdot e^{-0,049.t} (kA/\mu s)$$

Kết quả tính toán cho ở bảng: Bảng 3-7: Giá trị $I_C(a,t)$.

a \ t	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	-0,907	-1,815	-2,722	-3,629	-4,537	-5,444	-6,351	-7,259	-8,166	-9,074
0,5	3,579	7,158	10,736	14,315	17,894	21,473	25,052	28,631	32,209	35,788
1	8,125	16,249	24,374	32,498	40,623	48,748	56,872	64,997	73,122	81,246
1,5	12,697	25,394	38,091	50,787	63,484	76,181	88,878	101,575	114,272	126,969
2	17,284	34,568	51,852	69,137	86,421	103,705	120,989	138,273	155,557	172,842
2,1	18,203	36,406	54,609	72,812	91,014	109,217	127,420	145,623	163,826	182,029

Khi có sóng phản xạ từ cột lân cận trở về

a \ t	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2,1	18,161	36,323	54,484	72,646	90,807	108,968	127,130	145,291	163,453	181,614
3	25,249	50,498	75,747	100,997	126,246	151,495	176,744	201,993	227,242	252,491
4	32,717	65,433	98,150	130,867	163,583	196,300	229,017	261,733	294,450	327,167
5	39,788	79,576	119,364	159,152	198,940	238,729	278,517	318,305	358,093	397,881
6	46,491	92,981	139,472	185,963	232,454	278,944	325,435	371,926	418,416	464,907
7	52,848	105,695	158,543	211,391	264,239	317,086	369,934	422,782	475,630	528,477
8	58,880	117,759	176,639	235,519	294,398	353,278	412,158	471,037	529,917	588,797
9	64,605	129,210	193,815	258,420	323,025	387,630	452,235	516,840	581,445	646,049
10	70,041	140,081	210,122	280,162	350,203	420,243	490,284	560,324	630,365	700,406

Bảng 3-8: Giá trị $\frac{dI_C(a,t)}{dt}$.

a \ t	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	-0,907	-1,815	-2,722	-3,629	-4,537	-5,444	-6,351	-7,259	-8,166	-9,074
0,5	3,579	7,158	10,736	14,315	17,894	21,473	25,052	28,631	32,209	35,788
1	8,125	16,249	24,374	32,498	40,623	48,748	56,872	64,997	73,122	81,246
1,5	12,697	25,394	38,091	50,787	63,484	76,181	88,878	101,575	114,272	126,969
2	17,284	34,568	51,852	69,137	86,421	103,705	120,989	138,273	155,557	172,842
2,1	18,203	36,406	54,609	72,812	91,014	109,217	127,420	145,623	163,826	182,029

Khi có sóng phản xạ từ cột lân cận trở về

a t	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2,1	8,190	16,380	24,570	32,761	40,951	49,141	57,331	65,521	73,711	81,902
3	7,793	15,586	23,379	31,173	38,966	46,759	54,552	62,345	70,138	77,931
4	7,385	14,770	22,155	29,540	36,925	44,310	51,695	59,080	66,465	73,850
5	7,005	14,010	21,014	28,019	35,024	42,029	49,033	56,038	63,043	70,048
6	6,648	13,297	19,945	26,593	33,241	39,890	46,538	53,186	59,834	66,483
7	6,313	12,625	18,938	25,251	31,564	37,876	44,189	50,502	56,815	63,127
8	5,996	11,992	17,989	23,985	29,981	35,977	41,973	47,969	53,966	59,962
9	5,697	11,394	17,091	22,788	28,485	34,182	39,879	45,576	51,273	56,970
10	5,414	10,828	16,242	21,656	27,069	32,483	37,897	43,311	48,725	54,139

Vậy thành phần điện áp giáng lên cột:

$$U_c(a,t) = 15.i_c(a,t) + 16,2 \cdot \frac{di_c(a,t)}{dt}$$

Kết quả tính toán cho ở bảng:

Bảng 3-9: Giá trị $U_c(a,t)$,

a t	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	-28,309	-56,619	-84,928	-113,238	-141,547	-169,856	-198,166	-226,475	-254,785	-283,094
0,5	111,659	223,319	334,978	446,638	558,297	669,957	781,616	893,275	1004,935	1116,594
1	253,488	506,976	760,464	1013,952	1267,440	1520,928	1774,416	2027,904	2281,392	2534,880
1,5	396,142	792,285	1188,427	1584,569	1980,712	2376,854	2772,996	3169,139	3565,281	3961,423
2	539,266	1078,531	1617,797	2157,062	2696,328	3235,594	3774,859	4314,125	4853,391	5392,656
2,1	567,930	1135,861	1703,791	2271,721	2839,651	3407,582	3975,512	4543,442	5111,372	5679,303

Khi có sóng phản xạ từ cột lân cận trở về

a \ t	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2,1	405,102	810,204	1215,306	1620,407	2025,509	2430,611	2835,713	3240,815	3645,917	4051,018
3	504,986	1009,971	1514,957	2019,942	2524,928	3029,913	3534,899	4039,884	4544,870	5049,855
4	610,387	1220,774	1831,161	2441,548	3051,935	3662,322	4272,710	4883,097	5493,484	6103,871
5	710,299	1420,597	2130,896	2841,195	3551,494	4261,792	4972,091	5682,390	6392,688	7102,987
6	805,063	1610,126	2415,188	3220,251	4025,314	4830,377	5635,439	6440,502	7245,565	8050,628
7	894,983	1789,965	2684,948	3579,931	4474,913	5369,896	6264,879	7159,861	8054,844	8949,827
8	980,333	1960,666	2940,999	3921,332	4901,665	5881,998	6862,331	7842,664	8822,997	9803,330
9	1061,366	2122,731	3184,097	4245,462	5306,828	6368,193	7429,559	8490,925	9552,290	10613,656
10	1138,313	2276,627	3414,940	4553,254	5691,567	6829,880	7968,194	9106,507	10244,821	11383,134

Thành phần điện áp do dòng điện sét đi trên dây chống sét gây ra.

Tương tự tính được $i_c(a,t)$ và $\frac{di_c(a,t)}{dt}$ như ở thành phần điện áp giáng trên thân cột.

$$U_{dcs}(t) = -0,235.(15.i_c(a,t) + 16,2.\frac{di_c(a,t)}{dt} + a.M_{cs}(t))(kV)$$

Kết quả tính toán với các giá trị (a,t):

Bảng 3-10: Giá trị $U_{dcs}(a,t)$.

a \ t	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	-2,708	-5,416	-8,124	-10,832	-13,539	-16,247	-18,955	-21,663	-24,371	-27,079
0,5	-43,292	-86,585	-129,877	-173,170	-216,462	-259,755	-303,047	-346,339	-389,632	-432,924
1	-81,377	-162,754	-244,131	-325,508	-406,885	-488,262	-569,639	-651,016	-732,393	-813,770
1,5	-118,352	-236,703	-355,055	-473,406	-591,758	-710,110	-828,461	-946,813	-1065,164	-1183,516
2	-154,696	-309,392	-464,088	-618,783	-773,479	-928,175	-1082,871	-1237,567	-1392,263	-1546,958
2,1	-161,911	-323,822	-485,733	-647,644	-809,555	-971,466	-1133,377	-1295,288	-1457,199	-1619,109

Khi có sóng phản xạ từ cột lân cận trở về

a \ t	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2,1	-123,646	-247,293	-342,491	-437,690	-532,889	-628,088	-723,287	-818,486	-913,685	-970,711
3	-150,770	-301,539	-420,211	-538,882	-657,554	-776,226	-894,897	-1013,569	-1132,240	-1205,437
4	-178,650	-357,299	-500,740	-644,181	-787,622	-931,063	-1074,504	-1217,945	-1361,386	-1453,131
5	-204,625	-409,250	-576,170	-743,091	-910,011	-1076,931	-1243,851	-1410,771	-1577,692	-1687,923
6	-228,980	-457,959	-647,149	-836,339	-1025,529	-1214,718	-1403,908	-1593,098	-1782,288	-1910,619
7	-251,901	-503,802	-714,123	-924,444	-1134,765	-1345,086	-1555,407	-1765,728	-1976,049	-2121,930
8	-273,527	-547,054	-777,432	-1007,811	-1238,189	-1468,567	-1698,945	-1929,324	-2159,702	-2322,504
9	-293,966	-587,931	-837,352	-1086,773	-1336,194	-1585,615	-1835,036	-2084,457	-2333,878	-2512,930
10	-313,306	-626,612	-894,115	-1161,619	-1429,123	-1696,626	-1964,130	-2231,634	-2499,137	-2693,758

Từ các thành phần điện áp ta tính được $U_{cd}(a,t)$.

$$U_{cd}(a,t) = U_c(a,t) + U_{cu.dien}^{dd}(a,t) + U_{cu.tu}^{dd}(a,t) + U_{dcs}(a,t) + U_{lv}$$

Kết quả tính toán với các a,t khác nhau cho ở bảng

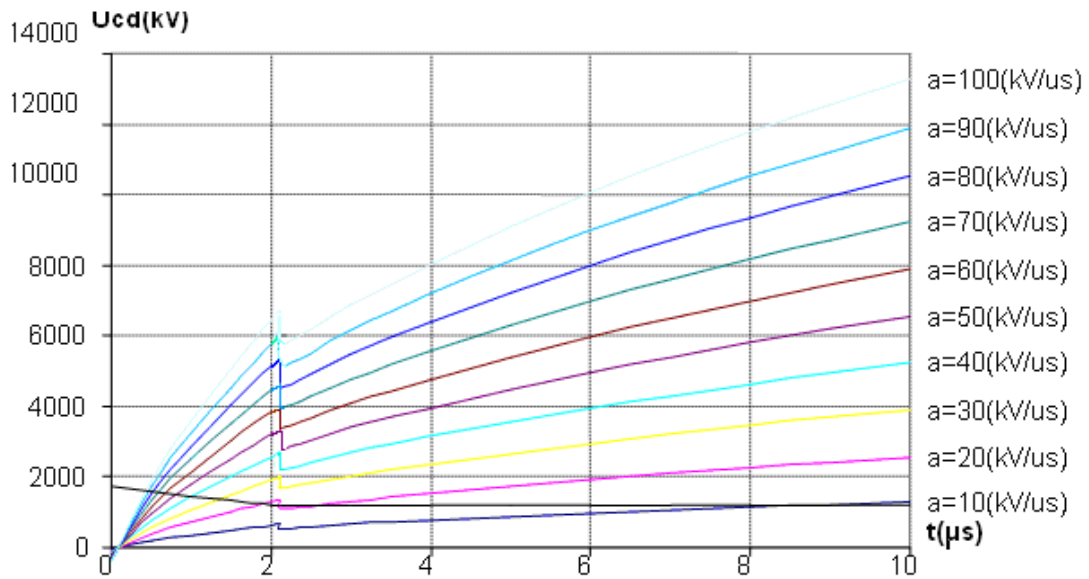
Bảng 3-11: Giá trị $U_{cd}(a,t)$.

a \ t	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	-40,512	-81,025	-121,537	-162,050	-202,562	-243,075	-283,587	-324,099	-364,612	-405,124
0,5	192,079	384,157	576,236	768,314	960,393	1152,472	1344,550	1536,629	1728,707	1920,786
1	356,622	713,244	1069,865	1426,487	1783,109	2139,731	2496,353	2852,975	3209,596	3566,218
1,5	503,802	1007,604	1511,406	2015,207	2519,009	3022,811	3526,613	4030,415	4534,217	5038,018
2	642,316	1284,632	1926,948	2569,264	3211,580	3853,896	4496,211	5138,527	5780,843	6423,159
2,1	669,316	1338,633	2007,949	2677,266	3346,582	4015,899	4685,215	5354,532	6023,848	6693,165

Khi có sóng phản xạ từ cột lân cận trở về

a t	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2,1	-123,646	-247,293	-342,491	-437,690	-532,889	-628,088	-723,287	-818,486	-913,685	-970,711
3	-150,770	-301,539	-420,211	-538,882	-657,554	-776,226	-894,897	-1013,569	-1132,240	-1205,437
4	-178,650	-357,299	-500,740	-644,181	-787,622	-931,063	-1074,504	-1217,945	-1361,386	-1453,131
5	-204,625	-409,250	-576,170	-743,091	-910,011	-1076,931	-1243,851	-1410,771	-1577,692	-1687,923
6	-228,980	-457,959	-647,149	-836,339	-1025,529	-1214,718	-1403,908	-1593,098	-1782,288	-1910,619
7	-251,901	-503,802	-714,123	-924,444	-1134,765	-1345,086	-1555,407	-1765,728	-1976,049	-2121,930
8	-273,527	-547,054	-777,432	-1007,811	-1238,189	-1468,567	-1698,945	-1929,324	-2159,702	-2322,504
9	-293,966	-587,931	-837,352	-1086,773	-1336,194	-1585,615	-1835,036	-2084,457	-2333,878	-2512,930
10	-313,306	-626,612	-894,115	-1161,619	-1429,123	-1696,626	-1964,130	-2231,634	-2499,137	-2693,758

Ta có đồ thị biểu diễn mối quan hệ của $U_{cd}(t)$ và đặc tính phi tuyến V-S của chuỗi sứ.



Hình 3-9: Đồ thị $U_{cd}(a,t)$

Từ đồ thị này ta xác định được các cặp thông số (I_i, a_i) là giao của đường cong $U_{cd}(a,t)$ và đặc tuyến V - S. Dựa vào các cặp thông số này ta xác định được đường cong nguy hiểm $I = f(a)$ từ đó xác định được miền nguy hiểm và xác suất phóng điện Vpđ.

Bảng 3-12: Đặc tính xác suất phóng điện \mathcal{G}_{pd} .

$a(kA / \mu S)$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$t(\mu s)$	8,65	2,5	1,4	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,45	0,4
$I(kA)$	86,5	50	42	40	40	42	42	40	40,5	40
\mathcal{G}_{I_i}	0,036	0,1472	0,20004	0,21598	0,21598	0,20004	0,20004	0,21598	0,21188	0,21591
\mathcal{G}_{a_i}	0,399	0,1596	0,06378	0,02548	0,01018	0,00406	0,00162	0,00064	0,00025	0,0001
$\Delta \mathcal{G}_{a_i}$	0,239	0,0958	0,03829	0,01530	0,00611	0,00244	0,00097	0,00039	0,00015	0,00010
$\mathcal{G}_{I_i} \cdot \Delta \mathcal{G}_{a_i}$	0,008	0,014	0,00766	0,00330	0,0013	0,00048	0,00019	8,42E-05	3,3E-05	2,24E-05

Vậy:

$$\text{Suất cắt điện của đường dây } \mathcal{G}_{pd} = \sum_{i=1}^n \mathcal{G}_i \cdot \Delta \mathcal{G}_a = 0,036$$

khi sét đánh vào khoảng vượt của dây chống sét.

$$n_{kv} = N_{kv} \cdot \eta \cdot \mathcal{G}_{pd} = 100,883 \cdot 0,67 \cdot 0,036 = 2,4 \text{ (lần/100km.năm)}.$$

Suất cắt tổng cộng do sét đánh vào đường dây.

Suất cắt điện do sét đánh vào đường dây.

$$n_c = n_{dd} + n_{kv} + n_{dc} = 0,323 + 0,0071 + 2,4 = 2,73 \text{ (lần/100km.năm)}$$

Chỉ tiêu chống sét của đường dây tải điện.

$$n = \frac{1}{n_c} = \frac{1}{2,73} = 0,366 \text{ (năm/1lần cắt điện)}.$$

CHƯƠNG 4. BẢO VỆ CHỐNG SÉT TRUYỀN VÀO TRẠM BIẾN ÁP TỪ PHÍA ĐƯỜNG DÂY 110 KV

4.1 Khái niệm chung.

Bảo vệ chống sét đối với trạm biến áp có yêu cầu rất cao vì trong trạm có những thiết bị quan trọng như máy biến áp, máy cắt... mà cách điện của các thiết bị này lại yếu hơn so với cách điện của đường dây. Trước tiên, phóng điện trên cách điện tương đương với việc ngắn mạch thanh góp và ngay cả khi có phương tiện hiện đại cũng vẫn đưa đến sự cố trầm trọng nhất trong hệ thống. Ngoài ra mặc dù trong kết cấu cách điện của thiết bị thường cố gắng sao cho mức cách điện trong mạch cao hơn mức cách điện ngoài, nhưng trong vận hành do quá trình già cỗi của cách điện trong mạch hơn nhiều nên sự phối hợp có thể bị phá hoại và dưới tác dụng của quá điện áp có thể xảy ra chọc thủng điện môi mà không chỉ là phóng điện men theo bề mặt của cách điện ngoài. Tuy không đạt mức an toàn tuyệt đối nhưng khi tính toán chọn các biện pháp chống sét phải cố gắng giảm xác suất sự cố tới giới hạn thấp nhất và “chỉ tiêu chịu sét của trạm ” số năm vận hành an toàn không có suất hiện điện áp nguy hiểm đối với cách điện của trạm phải đạt mức hàng trăm năm.

Nội dung của bảo vệ chống sét trạm biến áp bao gồm bảo vệ chống sét đánh thẳng bảo vệ chống sóng truyền từ đường dây vào trạm. Bảo vệ chống sét đánh thẳng cho trạm được thực hiện bằng cột thu lôi như đã trình bày ở chương I. Trong phạm vi chương này sẽ dành riêng để nghiên cứu về chống sét truyền từ đường dây vào trạm, Mức cách điện xung kích của trạm được chọn theo trị số điện áp dư của chống sét van và có chiều hướng ngày càng giảm thấp do chất lượng của loại thiết bị này ngày càng được nâng cao. Bởi vậy mức cách điện của trạm không phụ thuộc vào mức cách điện đường dây mà còn thấp hơn nhiều. Quá điện áp do sét đánh thẳng vào dây chống sét gây phóng điện ngược tới dây dẫn hoặc dưới hình thức cảm ứng khi có sét đánh gần đường dây sẽ lan truyền từ nơi bị sét đánh vào trạm biến áp. Trong quá trình đó, nếu còn giữ trị số quá điện áp lớn hơn mức cách điện xung kích đường dây thì sẽ có phóng điện xuống đất, nghĩa là biên độ của quá điện áp được giảm dần tới mức điện áp xung kích đường dây ($U_{50\%}$).

4.2. Phương pháp tính toán điện áp trên cách điện của thiết bị khi có sóng truyền vào trạm.

Việc tính toán quá điện áp do sóng truyền vào trạm có thể được thực hiện trên các mô hình hoặc được tính toán trực tiếp dựa vào quy tắc sóng đẳng trị. Dùng phương pháp mô hình thì có thể cho phép xác định được đường cong nguy hiểm đối

với bất kỳ trạm có kết cấu phức tạp ở mức độ nào. Nó giải quyết được vấn đề bảo vệ một cách chính xác, nhanh chóng, Phương pháp tính toán trực tiếp phức tạp hơn phương pháp mô hình và chỉ được dùng khi trạm có kết cấu đơn giản. Cơ sở của phương pháp tính toán trực tiếp là lập sơ đồ thay thế và dựa trên quy tắc sóng đẳng trị và phương pháp lập bảng của các sóng tới để lần lượt tính toán trị số điện áp tại các điểm nút chính.

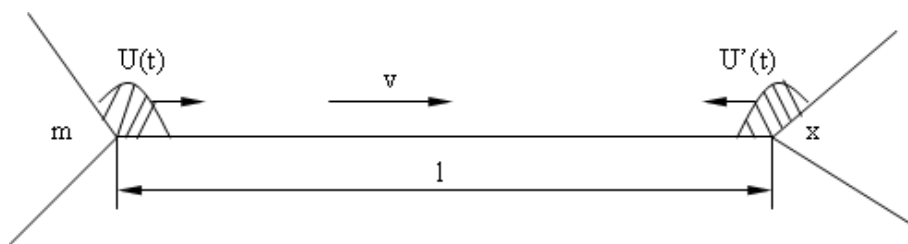
Sóng truyền vào trạm trên những khoảng cách không lớn giữa các nút, có thể coi quá trình truyền sóng là quá trình biến dạng. Vì sóng không biến dạng và truyền đi với vận tốc không đổi v trên đường dây nên nếu có sóng tới từ nút m nào đó tới nút x , tại m sóng có dạng $U_{mx}(t)$ thì khi sóng tới x sóng có dạng:

$$U'_{mx}(t) = U_{mx}(t - \Delta t)$$

Với $\Delta t = l/v$:

l : Khoảng cách từ nút m tới nút x

v : Vận tốc truyền sóng

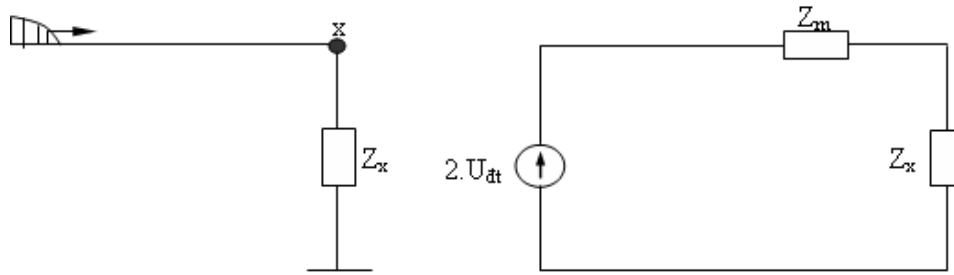


Hình 4-1: Quá trình truyền sóng giữa hai nút.

Từ đây ta thấy rằng sóng tới điểm x có biên độ bằng biên độ sóng tới tại điểm m nhưng chậm sau so với điểm m một khoảng thời gian là Δt .

Việc xác định sóng phản xạ và khúc xạ tại một nút rẽ ràng giải được nhờ quy tắc Pê-tec-xen, và nguyên lý sóng đẳng trị,

Theo quy tắc Pê-tec-xen một sóng truyền trên đường dây có tổng trở sóng Z_m đến một tổng trở tập trung Z_x ở cuối thì sóng phản xạ và khúc xạ được tính nhờ sơ đồ tương đương với thông số tập trung như ở hình vẽ (4-2).



Hình 4-2: Sơ đồ tương đương của quy tắc Petersen.

Với sơ đồ này sóng khúc xạ U_x được tính như điện áp trên phần tử Z_x còn sóng phản xạ :

$$U'_{mx} = U_x - U_t$$

Trong đó: U_t : Sóng tới,

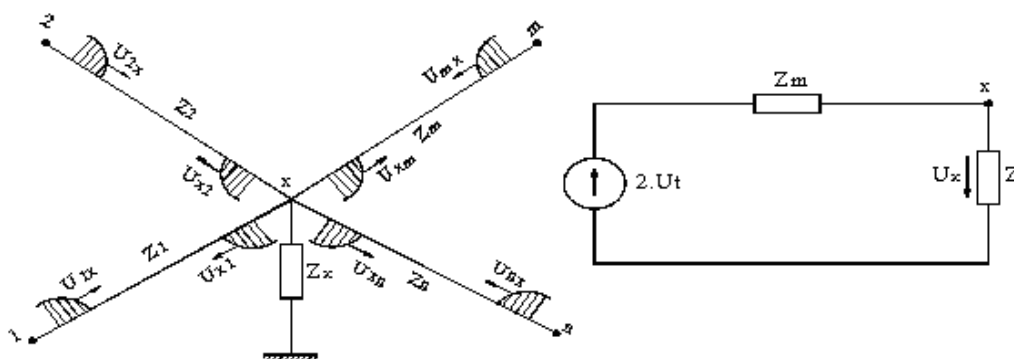
1. Nếu Z_m và Z_x là các thông số tuyến tính, U_t là hàm thời gian có ảnh phức hoặc toán tử có thể tìm U_x bằng phương pháp phức hoặc phương pháp toán tử.

2. Trường hợp nút x có nhiều đường dây đi đến thì có thể lập sơ đồ Pê-tec-xen dựa trên quy tắc sóng đẳng trị.

◆ Quy tắc sóng đẳng trị :

Khi có nhiều phần tử (đường dây, các tham số tập trung R, L, C nối vào cùng một điểm như trên hình(4- 3) các phần tử này có tổng trở sóng là Z_1, Z_2, \dots, Z_n và dọc theo chúng có các dạng sóng bất kỳ $U_{1x}, U_{2x}, \dots, U_{nx}$ truyền về phía điểm nút x.

Giả thiết là giữa các phần tử này không có phát sinh hồ cảm và quy ước chiều dòng điện đi về phía điểm nút x là chiều dương thì ta có phương trình như sau :



Hình 4- 3: Sơ đồ nguyên lý sóng đẳng trị

$$U_x = U_{1x} + U_{x1} = \dots = U_{mx} + U_{xm}$$

$$\sum_{m=1}^n (i_{xm} + i_{mx}) = i_x$$

Với : $U_{mx} = Z_m \cdot i_{mx}$
 $U_{xm} = Z_m \cdot i_{xm}$

Từ đó ta có:

$$i_x = \sum_{m=1}^n \left(\frac{U_{\dot{m}}}{Z_m} + \frac{U_{xm}}{Z_m} \right) = \sum_{m=1}^n \left(\frac{U_{\dot{m}}}{Z_x} - \frac{U_x - U_{mx}}{Z_m} \right)$$

$$i_x = 2 \cdot \sum_{m=1}^n \frac{U_{mx}}{Z_x} - \sum_{m=1}^n \frac{U_x}{Z_m} = 2 \cdot \sum_{m=1}^n \frac{U_{mx}}{Z_x} - U_x \cdot \sum_{m=1}^n \frac{1}{Z_m}$$

Chia hai vế phương trình này cho $\sum_{m=1}^n \frac{1}{Z_m}$ ta sẽ được :

$$U_x = 2 \cdot U_{\dot{t}} \cdot i_x \cdot Z_{\dot{t}}$$

Với :

U_x : Điện áp nút x.

I_x : Dòng điện đi trong phân tử Z_x .

$$Z_{\dot{t}} = Z_1 // Z_2 // Z_3 // \dots // Z_n$$

$$U_{\dot{t}} = \sum_{m=1}^n \left(\frac{Z_{\dot{t}}}{Z_m} \cdot U_{mx} \right)$$

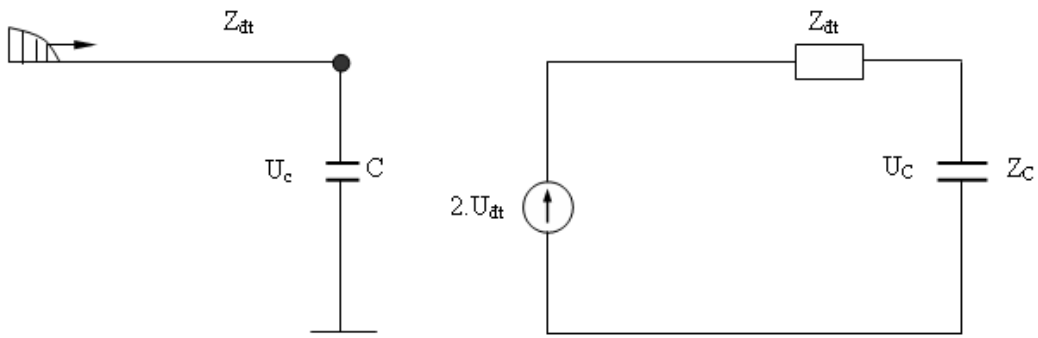
Từ các biểu thức trên ta có thể rút ra được quy tắc Pê-tec-xen. Để tính toán trị số điện áp và dòng điện ở nút ta có thể thay thế các tham số phân bố bằng các tham số tập trung tạo thành mạch vòng bao gồm tổng trở $Z_{\dot{t}}$ và Z_x ghép nối tiếp với nguồn $e(t) = 2 \cdot U_{\dot{t}}$ có trị số bằng tổng các sóng khúc xạ tại điểm nút với giả thiết $Z_x = \infty$. Sơ đồ thay thế trên hình (4- 4)

$$e(t) = \sum_{m=1}^n (\alpha_{mx} \cdot U_{mx}) = \sum_{m=1}^n \left(2 \cdot \frac{Z_{\dot{t}}}{Z_m} \cdot U_{mx} \right)$$

$$\alpha_{mx} = 2 \cdot \frac{Z_{\dot{t}}}{Z_m}$$

Z_m : Hệ số khúc xạ tại điểm x của sóng truyền từ mạch Z_m .

3. Xác định điện áp trên Z_x khi nó là điện dung:



Hình 4- 4: Sơ đồ Pê-tec-xen.

Khi tổng trở Z_x chỉ có tụ điện với điện dung C thì phương trình điện áp được viết như sau $2.U_{dt}(t)=U_C(t)+Z_{dt}.i_C(t)$ (*)

Trong đó :

$U_C(t)$: Điện áp trên tụ điện C .

$i_C(t)$: Dòng điện đi qua tụ điện C .

Z_{dt} : Tổng trở sóng đẳng trị của n đường dây tới nút x .

Nên : $Q=U_C.C$

Mà : $dq=i_C.dt$

Do đó :

$$i_C(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{C.du_C}{dt}$$

Thay vào công thức (*)ta có :

$$2.U_{dt}(t) = U_C(t) + Z_{dt} \cdot \frac{C.du_C}{dt} \quad (**)$$

Từ công thức (**) ta rút ra được dạng sai phân :

$$\frac{\Delta U_C}{\Delta t} = \frac{2.U_{dt}(t) - U_C(t)}{C.Z_{dt}} = \frac{2.U_{dt}(t) - U_C(t)}{T_C}$$

Với $T_C=C.Z_{dt}$ khi $T_C \gg \Delta t$ thì :

$$\Delta U_C = [2.U_{dt}(t) - U_C(t)]. \frac{\Delta t}{T_C}$$

Từ đây rút ra ta được:

$$U_C(t+\Delta t) = U_C(t) + \Delta U_C$$

Với điều kiện đầu là $U_C(0)=0$

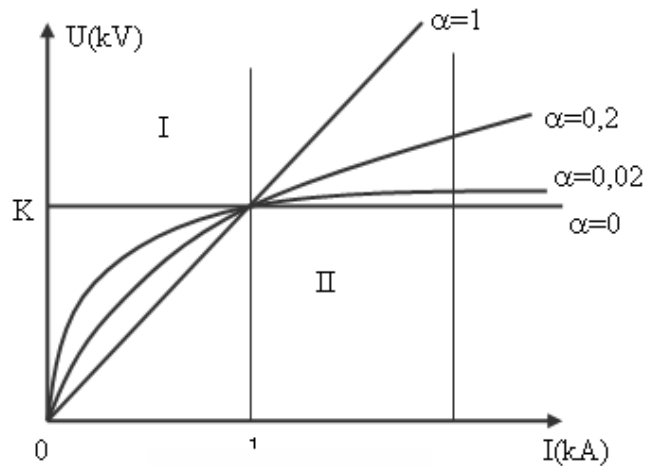
4. Xác định điện áp và dòng điện trong chống sét van.

Đặc tính –chọn loại chống sét van :

Việc tính toán bảo vệ chống sét truyền vào trạm chính là việc tính toán để chọn chống sét van.

Chống sét van được phân làm hai loại : chống sét van có khe hở và chống sét van không khe hở. Ta chọn loại chống sét van không khe hở để bảo vệ chống sét truyền vào trạm., Bởi vì loại này có nhiều ưu điểm hơn chống van có khe hở, loại chống sét van kiểu mới mà điện trở được làm từ ZnO chỉ ôxit kẽm không khe hở, hệ số phi tuyến của ZnO chỉ bằng 1/10 so với của SiC (loại có khe hở).

Xét đặc tính của chống sét van (V-A) được viết dưới dạng : $U=K.I^\alpha$



Hình 4- 5: Đặc tính V – A của chống sét van.

Khi cho α các giá trị khác nhau :

Miền II ứng với miền làm việc của chống sét van (có dòng điện $I \geq 1$ kA) thì điện áp dư của loại chống sét van có điện trở phi tuyến làm bằng ZnO, thấp hơn loại chống sét van có điện trở làm bằng ZnO sẽ có độ an toàn cao hơn, ngoài ra nó còn đem lại hiệu quả kinh tế do làm giảm thấp mức cách điện xung kích trong trạm.

Miền I ứng với khi không có quá điện áp, dòng điện rò trên điện trở gốc ZnO rất bé so với dòng điện rò trên điện trở gốc SiC và bé đến mức có thể nối thẳng loại điện trở này vào lưới điện mà không đòi hỏi phải cách ly bằng khe hở như chống sét van cổ điển (dùng điện trở gốc SiC). Bởi vậy loại này không có khe hở, việc không dùng khe hở chẳng những làm đơn giản hóa cấu trúc của thiết bị bảo vệ, thu gọn kích thước, ..., mà còn loại được đập hồ quang của dòng điện kế tục trên khe hở này, một

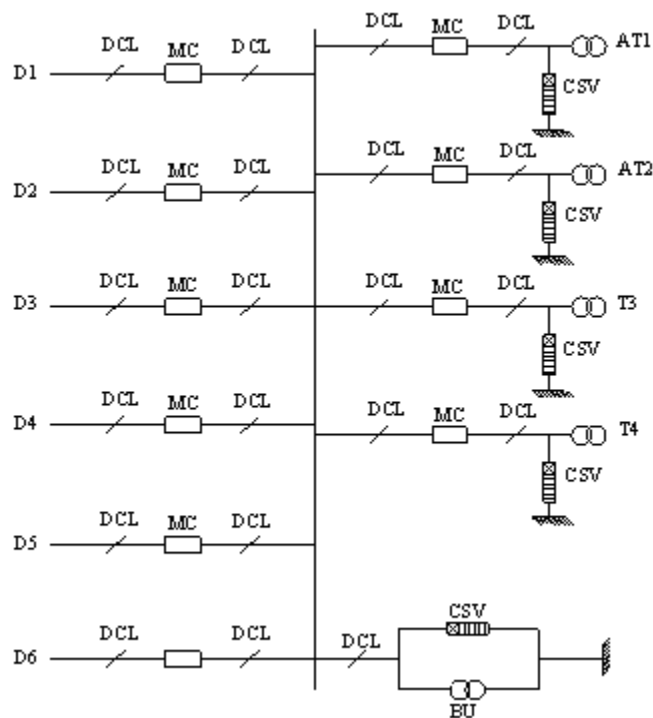
vấn đề phức tạp trong sản xuất, chế tạo cũng như thử nghiệm về khả năng dập hồ quang.

Trạm cao áp phía 220 kV sử dụng chống sét van không khe hở có điện trở phi tuyến là ZnO.

Từ sơ đồ Pê-tec-xen Hình(4- 7) ta có phương trình điện áp sau :

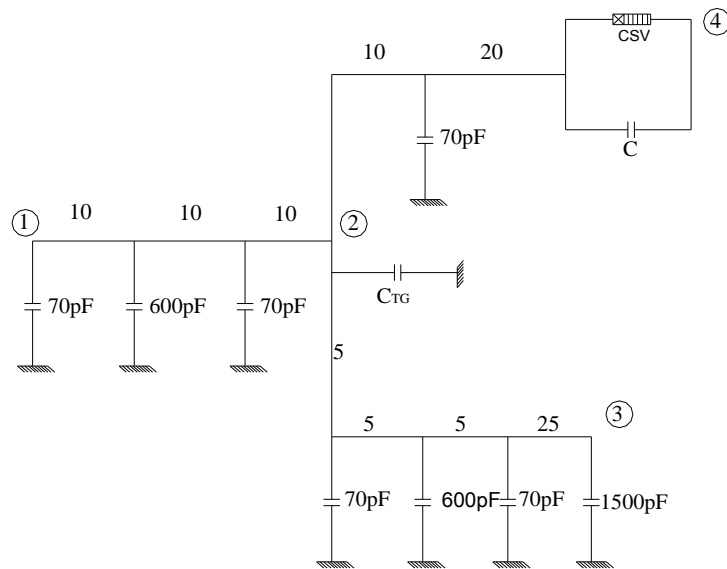
$$2.U_{dt} = Z_{dt} \cdot i_{CSV} + K \cdot I^{\alpha}_{CSV}$$

4.3. Tính toán khi có sóng quá điện áp truyền vào trạm

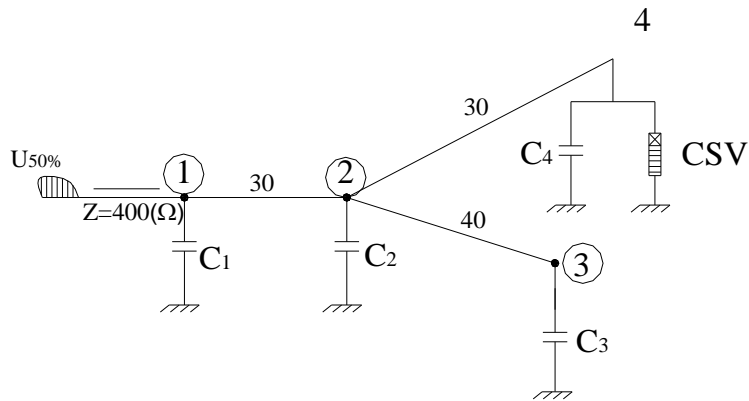


Hình 4-6: Sơ đồ nguyên lý của trạm

Vậy trạng thái vận hành nguy hiểm nhất là trạng thái vận hành 1 đường dây và 1 máy biến áp



Hình 4-7: Sơ đồ nguyên lí của trạm trong trạng thái vận hành nguy hiểm nhất



Hình 4-8: Sơ đồ thay thế rút gọn

Trong sơ đồ điện dung có giá trị như sau : (Theo bảng 4 -1 tài liệu hướng dẫn thiết kế tốt nghiệp kỹ thuật điện cao áp của tác giả Nguyễn Minh Chúc)

- + Máy biến áp : $C_{MBA} = 1500 \text{ pF}$
- + Dao cách ly : $C_{DCL} = 70 \text{ pF}$
- + Máy biến áp đo lường : $C_{BU} = 350 \text{ pF}$
- + Máy cắt : $C_{MC} = 600 \text{ pF}$
- + Thanh góp : $C_{TG} = C_{TG0,l}$

$$C_{TG0} = \frac{1}{Z.V} = \frac{1}{400.300} = 8,33 \text{ pF}$$

$l = 192 \text{ m}$: Chiều dài thanh góp

$$C_{TG} = 8,33, 192 = 1599.36 \text{ (pF)}$$

Trong sơ đồ sau khi qui đổi ta có điện dung tập chung tại các nút nhận các giá trị như sau :

$$C_1 = C_{CL} + \frac{C_{MC} \cdot 20 + C_{CL} \cdot 10}{30} = 70 + \frac{600 \cdot 20 + 70 \cdot 10}{30} = 493,333(pF)$$

$$C_2 = C_{TG} + \frac{C_{MC} \cdot 10 + C_{CL} \cdot 20}{30} + C_{CL} + \frac{C_{MC} \cdot 30 + C_{CL} \cdot (35 + 25)}{40}$$

$$= 1599,36 + \frac{600 \cdot 10 + 70 \cdot 20}{30} + 70 \cdot \frac{20}{30} + \frac{600 \cdot 30 + 70 \cdot 60}{40} = 2003,463(pF)$$

$$C_3 = C_{MBA} + \frac{C_{MC} \cdot 10 + C_{CL} \cdot (5 + 15)}{40} = 1500 + \frac{600 \cdot 10 + 70 \cdot 20}{40} = 1685(pF)$$

$$C_4 = C_{TG} \cdot \frac{10}{30} + C_{BU} = 70 \cdot \frac{10}{30} + 350 = 373,333(pF)$$

Tính thời gian truyền sóng giữa các nút.

Sóng truyền tới trạm là dạng sóng xiên góc, xuất hiện trên đường dây truyền vào trạm với biên độ lớn $U_{50\%} = 1140(kV)$ và độ dốc đầu sóng là $a = 300(kV/\mu s)$.

Vậy ta có thời gian đầu sóng là :

$$\tau_{ds} = \frac{U_{50\%}}{a} = \frac{1140}{300} = 3,8(\mu s)$$

Vậy ta có:

$$U_{01} = \begin{cases} 300 \cdot t (kV) & \text{khi } t \leq 3,8 (\mu s) \\ 1140 (kV) & \text{khi } t > 3,8 (\mu s) \end{cases}$$

Thời gian sóng đi hết quãng đường 1- 2 là:

$$t_{12} = \frac{L_{12}}{v} = \frac{30}{300} = 0,1(\mu s)$$

Thời gian sóng đi hết quãng đường 2- 3 là:

$$t_{23} = \frac{L_{23}}{v} = \frac{40}{300} = 0,133(\mu s)$$

Thời gian sóng đi hết (hoặc về)quãng đường 2- 4 là:

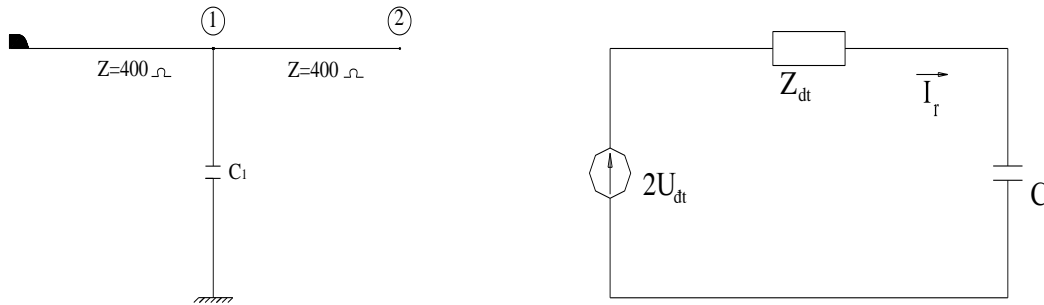
$$t_{24} = \frac{L_{24}}{v} = \frac{30}{300} = 0,1(\mu s)$$

Chọn gốc thời gian tại nút một là $t=0 (\mu s)$ và bước thời gian tính $\Delta t=0,01(\mu s)$.

Tính điện áp giữa các nút:

* Nút 1.

Là nút có hai đường dây đi với tổng trở sóng $Z = 400 (\Omega)$. Tổng trở tập trung là điện dung C_1 .



Hình 4-9: Sơ đồ Peterson tại nút 1.

Ta có sóng phản xạ từ nút 1 về nút 2 là U_{12} : $U_{12} = U_1 - U'_{21}$

Là sóng tới nút 1; U_{21} là sóng phản xạ từ nút 2 về nút 1; U'_{21} là sóng tới nút 1 do sóng phản xạ U_{21} đi từ nút 2, Xét với gốc thời gian của nút 1, Ta có U'_{21} chậm sau U_{21} một khoảng thời gian $\Delta t = 2.t_{12} = 0,2 (\mu s)$, Còn U_{21} theo quy ước lấy gốc thời gian, ở đây không cần tính sóng phản xạ U_{10}

Ta có

$$Z_{dt} = \frac{Z}{2} = \frac{400}{2} = 200 (\Omega)$$

$$\text{Hệ số khúc xạ tại điểm 1 : } \alpha = \frac{2.Z_{dt}}{Z} = \frac{2.200}{400} = 1$$

$$\Rightarrow 2.U_{dt} = \sum_{m=1}^n \alpha_{m1}.U_{m1}' = U'_{01} + U'_{21}$$

U'_{01} : Sóng từ đường dây tới nút 1.

U'_{21} : Sóng tới từ nút 2 truyền về nút 1.

Do tổng trở tập trung tại nút 1 là điện dung $C_1 = 493,33 (\text{pF})$, Nên theo phương pháp tiếp tuyến ta có thời gian nạp của mạch:

$$T = Z_{dt}.C_1 = 200.493,33.10^{-12} = 0,099 (\mu s).$$

$$\Delta U = \frac{\Delta t}{T} (2.U_{dt} - U_1(t))$$

$$\Delta U_1 = \frac{0,01}{0,099} (2.U_{dt} - U_1(t)) = 0,101(2.U_{dt} - U_1(t))$$

$$U_1(t + \Delta t) = U_1(t) + \Delta U_1$$

Với $U_1(0) = 0$

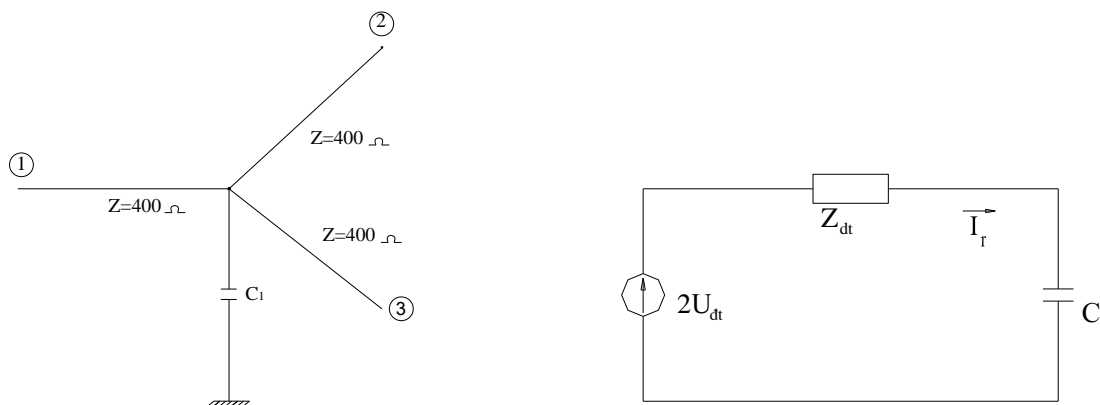
Biểu thức trên cho ta tính liên tiếp các giá trị của $U_1(t)$

Khi $t < 2.t_{12} = 0,2 \mu s$ thì $U'_{21} = 0$ Nên $2.U_{dt} = U'_{01}$

Khi $t > 2.t_{12} = 0,2 \mu s$ thì $U'_{21} \neq 0$ Nên $2.U_{dt} = U'_{01} + U'_{21}$

* Nút 2.

Là nút có ba đường dây đi tới với tổng trở sóng $Z = 400 (\Omega)$, Tổng trở tập trung là điện dung C_2 .



Hình 4-10: Sơ đồ Peterson tại nút 2.

Sau khi tính đối với nút 1 trong khoảng $t < t_{12}$ thì phải bắt đầu xét nút 2, Tại nút 2 có ba đường dây nối với điện dung do đó ta áp dụng phương pháp tiếp tuyến, ở đây sơ đồ Peterson có:

$$Z_{dt} = \frac{Z}{n} = \frac{400}{3} = 133,33 (\Omega).$$

$$\alpha_{m2} = \frac{2.133,33}{400} = 0,667$$

$$2.U_{dt} = \sum_{m=1}^n \alpha_{m2} \cdot U'_{m2} = 0,667 \cdot (U'_{12} + U'_{32} + U'_{42})$$

Trong công thức trên U'_{m2} là các sóng tới 2 do các sóng phản xạ từ 1, 3 và 4 truyền về, Khi thời gian (tương đối với nút 2):

Khi $t < 2.t_{23} = 0,266 \mu s$ thì $U'_{32} = 0$ và $t < 2.t_{24} = 0,2 \mu s$ thì $U'_{42} = 0$

Do đó : $2.U_{dt} = 0,667 U'_{12}$ với $U'_{12} = U_{12}(t - t_{12})$

Bước đầu đó có U'_{12} trong khoảng thời gian (tương đối đối với nút 2)

Biết $2.U_{dt}$, Z_{dt} và C_2 tính được điện áp nút 2 theo phương pháp tiếp tuyến.

Ta có :

$$T = Z_{dt} \cdot C_2 = 133,33 \cdot 2003,463 \cdot 10^{-12} = 0,267 \text{ (}\mu\text{s)}.$$

$$\Delta U = \frac{\Delta t}{T} (2 \cdot U_{dt} - U_2(t))$$

$$\Delta U_2 = \frac{0,01}{0,267} (2 \cdot U_{dt} - U_2(t)) = 0,037 (2 \cdot U_{dt} - U_2(t))$$

$$U_2(t + \Delta t) = U_2(t) + \Delta U_2$$

Biểu thức trên cho ta tính liên tiếp các giá trị của $U_2(t)$

Điện áp phản xạ tại nút 2: $U_{21} = U_2 - U'_{12}$

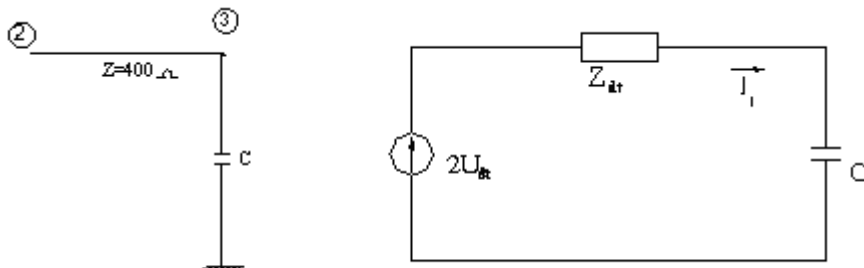
$$U_{23} = U_2 - U'_{32}$$

$$U_{24} = U_2 - U'_{42}$$

Sau khi tính được U_2 trong khoảng thời gian $t = 2 \cdot t_{12}$ cần trở về tính điện áp nút 1.

* Nút 3.

Là nút có một đường dây đi tới với tổng trở sóng $Z = 400 \text{ (}\Omega\text{)}$, Tổng trở tập trung là điện trở phi tuyến của chống sét van, do đó cần tính bằng phương pháp đồ thị.



Hình 4-11: Sơ đồ Peterson tại nút 3.

Trong sơ đồ trên Z_{dt} nối với chống sét van không khe hở Z_{no} lắp song song với điện dung tập trung tại nút 3 là $C = 1685 \text{ pF}$.

Ta có: $Z_{dt} = Z = 400 \text{ (}\Omega\text{)}$

$$\alpha = \frac{2 \cdot Z_{dt}}{Z} = \frac{2 \cdot 400}{400} = 2$$

$$2 \cdot U_{dt} = \alpha U'_{23} = 2 U'_{23}$$

Ta có U'_{23} là sóng tới từ nút 2: $U'_{23} = U_2 - U'_{32}$

$$U_{32} = U_3 - U'_{23}$$

$$U'_{32} = U_{32}(t - 2 \cdot t_{23})$$

Khi $t < 2.t_{23} = 0,266 \mu s$ thì $U'_{32} = 0$ Nên $U'_{23} = U_2$

Theo phương pháp tiếp tuyến ta có:

$$T = Z_{dt}.C_2 = 400.1685.10^{-12} = 0,674 (\mu s).$$

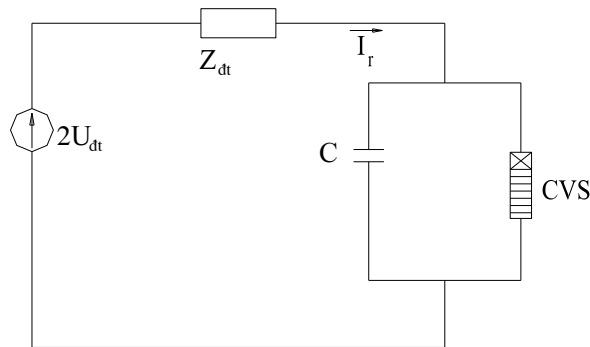
$$\Delta U = \frac{\Delta t}{T}(2.U_{dt} - U_3(t))$$

$$\Delta U_2 = \frac{0,01}{0,674}(2.U_{dt} - U_3(t)) = 0,015(2.U_{dt} - U_3(t))$$

$$U_3(t + \Delta t) = U_3(t) + \Delta U_3$$

* Nút 4.

Là nút có một đường dây đi tới với tổng trở sóng $Z = 400 \Omega$, Tổng trở tập trung là điện trở phi tuyến của chống sét van, do đó cần tính bằng phương pháp đồ thị.



Hình 4-12: Sơ đồ Peterson tại nút 4.

Trong sơ đồ trên Z_{dt} nối với chống sét van không khe hở ZnO lắp song song với điện dung tập trung tại nút 4 là $C = 373,33$ (pF)

$$U_{cvs} = K.I^{\alpha}_{cvs} \quad \text{Trong đó : } K = 373,5 \quad \text{và } \alpha = 0,025$$

$$U_{cvs} + I.Z_{dt} = 2.U'_{24} = 2.U_{dt}$$

Ta có U'_{24} là sóng tới từ nút 2: $U_{24} = U_2 - U'_{42}$

$$U_{42} = U_4 - U'_{24}$$

$$U'_{24} = U_{24}(t - 2.t_{24})$$

Ta tính ngay được U_4 trong khoảng này bằng phương pháp đồ thị (dựa vào U_{dt} , Z_{dt} và đặc tính V – S, V – A của chống sét van).

Quá trình tính toán được lặp đi lặp lại giữa các nút 4 và 2.

Đặc tính chịu đựng của máy biến áp 220kV.

Tra trong giáo trình kỹ thuật điện cao áp ta có đặc tính cách điện của máy biến áp theo điện áp chịu đựng cực đại.

$$U_{dm}=220kV$$

$$U_{max}=1000kV$$

Bảng 4-1: Điện áp chịu đựng của máy biến áp theo thời gian

t(μs)	0	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U(kV)	310	780	1000	970	940	870	810	760	730	710	710	710

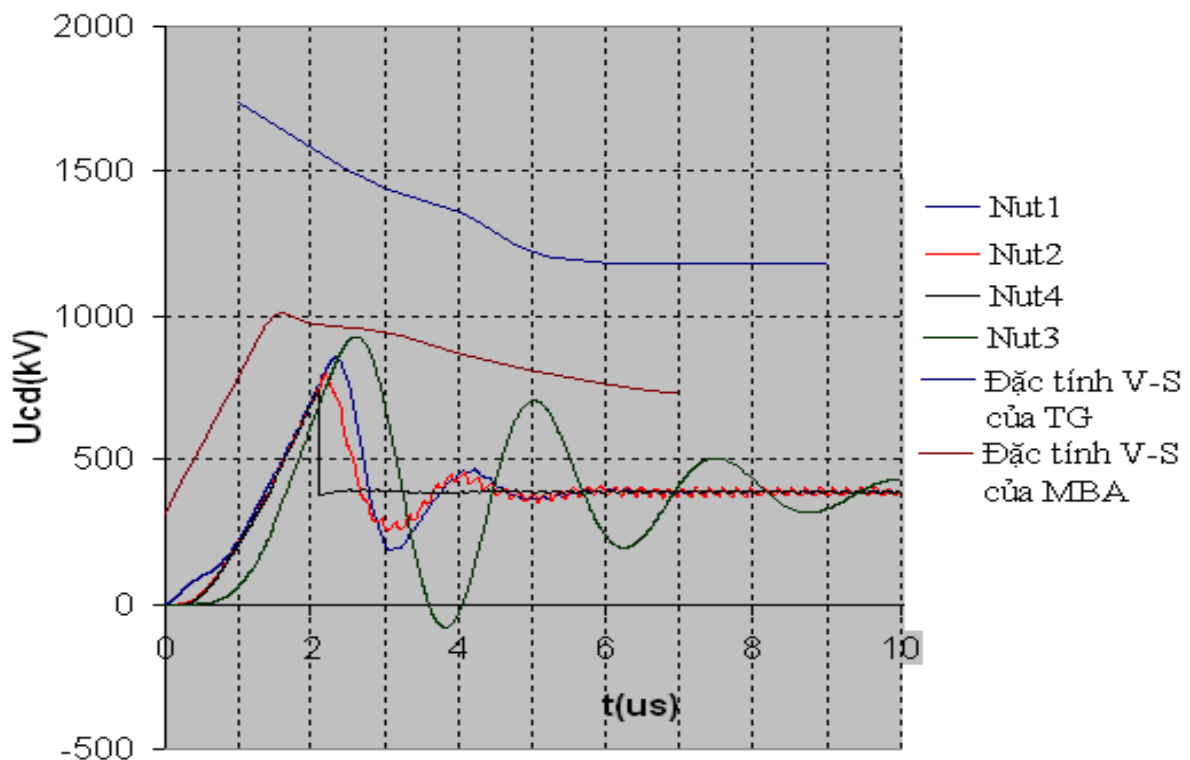
Đặc tính cách điện của thanh góp

Đặc tính cách điện của thanh góp chính là đặc tính phóng điện của chuỗi sứ

Bảng 4- 2: Đặc tính V-S của thanh góp.

t(μs)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
U(kV)	1740	1580	1440	1360	1220	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180

Dựa vào phương trình điện áp nút đã lập ta có bảng tính giá trị điện áp tránh bầy trong phần phụ lục. Từ bảng này ta vẽ được đồ thị:



Hình 4-13: Đồ thị điện áp tại các nút.

4.4. Nhận xét.

Điện áp tại các nút luôn nằm dưới đường đặc tính V-S của thanh góp và điện áp chịu đựng của máy biến áp. Vậy trạm được bảo vệ an toàn.

Việc tính toán quá điện áp do sóng truyền từ đường dây vào trạm dùng phương pháp tính toán trực tiếp phức tạp chỉ được dùng khi trạm có kết cấu đơn giản. Tính bảo vệ chống sóng truyền vào trạm có khối lượng tính toán lớn do tham số của sóng từ đường dây vào trạm rất khác nhau (phụ thuộc vào dòng điện sét, kết cấu đường dây và vị trí sét đánh). Thực tế người ta sử dụng phương pháp đo đạc trực tiếp hay trên mô hình máy tính điện tử. Với những trạm đơn giản người ta có thể tính toán bằng phương pháp lập bảng. Do đó kết quả tính toán thường không chính xác.

Ngày nay với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ thông tin người ta có thể áp dụng rộng rãi các chương trình để nghiên cứu quá trình quá độ trong hệ thống điện một cách đơn giản với độ chính xác cao.

KẾT LUẬN

Thiết kế hệ thống chống sét là vấn đề quan trọng hàng đầu trong việc duy trì và bảo vệ an toàn cho trạm biến áp nói riêng và hệ thống điện lưới nói chung. Sau thời gian tích cực làm việc để hoàn thành đồ án, em đã hiểu một số những kiến thức cơ bản về chống sét cho hệ thống trạm biến áp. Trong quá trình thực hiện đồ án em đã nghiên cứu và tìm hiểu các vấn đề chính sau:

- Thiết kế bảo vệ chống sét cho trạm biến áp Cửa Cấm.
- Thiết kế hệ thống nối đất.
- Bảo vệ chống sét đường dây.
- Bảo vệ chống sét truyền vào trạm biến áp từ phía đường dây.

Chống sét là một vấn đề rất phức tạp, nó không chỉ đơn thuần trong hệ thống điện mà còn ảnh hưởng rộng rãi trong lĩnh vực sản xuất và đời sống hàng ngày. Trong thời gian ba tháng, mặc dù đã rất nỗ lực, tuy nhiên đồ án mới chỉ nghiên cứu về lý thuyết nên không tránh khỏi nhiều thiếu sót. Em mong được sự đóng góp của thầy cô và các bạn để đồ án được hoàn thiện hơn.

Em xin trân thành cảm ơn thầy giáo hướng dẫn Th.S Phạm Đức Thuận và các thầy cô giáo trong Khoa Điện – Điện tử đã giúp đỡ em trong quá trình học tập đặc biệt là trong lúc làm đồ án.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **TS. Trần Văn Tóp**, Kỹ thuật điện cao áp, Quá điện áp và bảo vệ chống quá điện áp; Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2007.
2. **TS. Nguyễn Minh Chúc**, Hướng dẫn thiết kế tốt nghiệp Kỹ thuật điện cao áp. Bộ môn Hệ thống điện, trường đại học Bách khoa Hà Nội, 2002.
2. **Vũ Việt Đan**, Giáo trình kỹ thuật điện cao áp. Bộ môn Hệ thống điện, trường đại học Bách khoa Hà Nội.
4. **Nguyễn Đình Thắng**, Vật liệu kỹ thuật điện, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà nội, 2005
5. **GS. TS. Lữ Văn Út**, Ngắn mạch trong hệ thống điện, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2005.
6. **TS. Đào Quang Thạc, TS. Phạm Văn Hòa**, Phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2005.
7. **PGS. TS. Trần Bách**, Lưới điện & Hệ thống điện (tập 3), Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2005.
8. **J.W.Woo, J.S.Kwak, H.J.Ju, H.H.Lee, J.D.Moon**, The Analysis Results of Lightning Overvoltages by EPTM for Lightning Protection Design of 500 kV Substation; Presented at the International Conference on Power Systems Transients (ICPST'05) in Montreal, Canada on June 19-23, 2005, Pager No, IPST05 -111.
9. **ATP Rule book** – XIX.I- ZnO FITTER to punch Type 92 ZnO branch cards.
10. **ATP Rule book** – V.E- Exponential ZnO surge arrester R(i)..
11. **Pinceti, P, Giannettoni, M**; A simplified model for zinc oxide surge arresters; Power Delivery, IEEE Transactions on Volume 14, Issue 2, Apr 1999 Page(s):393 – 398.