

**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 : Trần Văn Duy

Giảng viên hướng dẫn : ThS. Phạm Đức Thuận

Hải Phòng -2022

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



THIẾT KẾ HỆ THỐNG CHỐNG SÉT
CHO TRẠM BIẾN ÁP

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

Sinh viên thực hiện : Trần Văn Duy

Giảng viên hướng dẫn : ThS. Phạm Đức Thuận

Hải Phòng - 2022

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

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên : Trần Văn Duy - MSV : 2013102010

Lớp : DCL - K24

Ngành : Điện Tự Động Công Nghiệp

Tên đề tài : Thiết kế hệ thống chống sét cho trạm biến áp

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 tính toán.

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

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp.

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

CÁC CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

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:

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

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày 8 tháng 9 năm 2022

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày 12 tháng 9 năm 2022

Đã nhận nhiệm vụ ĐTTN

Sinh viên

Đã giao nhiệm vụ ĐTTN

Giảng viên hướng dẫn

Hải Phòng, ngày tháng năm 2022

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN TỐT NGHIỆP

Họ và tên giảng viên: Phạm Đức Thuận

Đơn vị công tác: Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Họ và tên sinh viên: Trần Văn Duy

Chuyên ngành: Điện Tự Động Công Nghiệp

Nội dung hướng dẫn : Toàn bộ đề tài

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

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

2. Đánh giá chất lượng của đề án/khóa luận (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 số liệu...)

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

3. Ý kiến của giảng viên hướng dẫn tốt nghiệp

Được bảo vệ **Không được bảo vệ** **Điểm hướng dẫn**

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2022

Giảng viên hướng dẫn

(ký và ghi rõ họ tên)

CỘNG HOA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN CHẤM PHẢN BIỆN

Họ và tên giảng viên

Đơn vị công tác:.....

Họ và tên sinh viên:Chuyên ngành:.....

Đề tài tốt nghiệp:

1. Phần nhận xét 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 phản biện

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2022

Giảng viên chấm phản biện

(ký và ghi rõ họ tên)

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU	3
Chương 1. THIẾT KẾ HỆ THỐNG BẢO VỆ CHỐNG SÉT CHO TRẠM BIẾN ÁP ...	4
1.1. Tổng quan chung về quá điện áp.....	4
1.1.1. Khái quát cơ bản về hiện tượng dông sét.....	5
1.1.2. Ảnh hưởng, tác hại của dông sét.....	6
1.1.3. Các phương pháp phòng chống sét.....	6
1.2. Các yêu cầu kỹ thuật đối với hệ thống chống sét đánh trực tiếp.....	9
1.3. Phạm vi bảo vệ của cột thu sét và dây chống sét.....	10
1.3.1. Phạm vi bảo vệ của cột thu sét.....	10
1.3.2. Phạm vi bảo vệ của dây thu sét:.....	14
1.4. Mô tả trạm biến áp cần bảo vệ.....	15
1.5. Tính toán các phương án bảo vệ chống sét đánh thẳng cho trạm biến áp.....	16
1.5.1. Phương án 1.....	16
1.5.2. Phương án 2.....	23
1.6. So sánh và tổng kết phương án.....	28
Chương 2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG NỔ ĐẤT	30
2.1. Mở đầu.....	30
2.2. Các yêu cầu kỹ thuật.....	30
2.3. Lý thuyết tính toán nổ đất.....	32
2.3.1. Tính toán nổ đất an toàn.....	32
2.3.2. Tính toán nổ đất chống sét.....	34
2.4. Tính toán nổ đất an toàn.....	37
2.4.1. Nổ đất tự nhiên.....	37
2.4.2. Nổ đất nhân tạo.....	37
2.5. Tính toán nổ đất chống sét.....	39
2.5.1. Tính toán nổ đất chống sét và kiểm tra điều kiện phóng điện.....	39
2.5.2. Nổ đất bổ sung.....	42
2.6. Kết luận.....	49
Chương 3. BẢO VỆ CHỐNG SÉT ĐƯỜNG DÂY	50
3.1. Mở đầu.....	50

3.2. Chỉ tiêu bảo vệ chống sét đường dây.	50
3.2.1. Cường độ hoạt động của sét	50
3.2.2. Số lần sét đánh vào đường dây:.....	51
3.2.3. Số lần phóng điện do sét đánh.....	53
Chương 4. BẢO VỆ CHỐNG SÉT TRUYỀN VÀO TRẠM BIẾN ÁP TỪ PHÍA ĐƯỜNG DÂY 110 KV	56
4.1. Mở đầu.....	56
4.2. Lý thuyết tính toán điện áp trên cách điện của thiết bị khi có sóng truyền vào trạm.....	57
4.2.1. Xác định điện áp trên Z_x là điện dung	60
4.2.2. Xác định điện áp và dòng điện trong chống sét van.	61
4.3. Tính toán bảo vệ chống sóng quá điện áp truyền vào trạm.....	62
4.3.1. Mô tả trạm cần bảo vệ.	62
4.3.2. Lập sơ đồ thay thế tính toán trạng thái sóng của trạm.	64
4.4. Kết luận.....	77
KẾT LUẬN.....	78
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	79

LỜI MỞ ĐẦU

Biến đổi khí hậu mà biểu hiện chính là sự nóng lên toàn cầu và mực nước biển dâng đã tạo nên các hiện tượng thời tiết cực đoan, tác hại của sét, tia lửa mang điện năng cực lớn càng lúc càng phức tạp. Là một sinh viên ngành điện đang học tập và rèn luyện tại trường đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng, mang trong mình niềm tự hào và hoài bão tuổi trẻ. Sau thời gian học tập tại trường em đã củng cố cho bản thân nhiều kiến thức bổ ích. Do đó em đã dành thời gian và công sức để hoàn thành đồ án tốt nghiệp “Thiết kế bảo vệ chống sét cho trạm biến áp 220/110kV” này như một cố gắng đền đáp công ơn của thầy cô cũng như tổng kết lại kiến thức thu được sau một quá trình học tập và rèn luyện tại trường đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng.

Trong thời gian học tập cũng như thời gian thực hiện đề tài tốt nghiệp em luôn nhận được sự chỉ bảo, động viên tận tình của các thầy cô, gia đình và các bạn, đặc biệt là sự hướng dẫn của thầy giáo Phạm Đức Thuận đã giúp em hoàn thành tốt bản đồ này.

Một lần nữa em xin chân thành cảm ơn Th.S. Phạm Đức Thuận và các thầy cô trong khoa Điện - Điện tử.

Sinh viên

Trần Văn Duy

Chương 1. THIẾT KẾ HỆ THỐNG BẢO VỆ CHỐNG SÉT CHO TRẠM BIẾN ÁP.

1.1. Tổng quan chung về quá điện áp

Sự phát triển mạnh mẽ của kinh tế, khoa học kỹ thuật đã dẫn đến nhu cầu sử dụng năng lượng ngày càng tăng cao. Năng lượng điện đóng vai trò sống còn trong sự phát triển công nghiệp. Các hệ thống điện có quy mô ngày càng lớn, điện áp làm việc ngày càng cao.

Theo quy định của IEC (International Electrotechnic Commission) thì điện áp cao trên 1000 V được phân loại như sau:

Bảng 0 - 1. Phân loại cấp điện áp trên 1000 V

Cấp điện áp	Điện áp định mức
Trung áp	1 ÷ 45 kV
Cao áp	45 ÷ 300 kV
Siêu cao áp	300 ÷ 750 kV
Cực cao áp	≥ 750 kV

Trong việc truyền tải điện với điện áp cao thì độ tin cậy cách điện ở điện áp làm việc và khi xuất hiện quá điện áp có ý nghĩa rất lớn, đặc biệt là khi xuất hiện quá điện áp.

Quá điện áp có thể hiểu là các nhiễu loạn xếp chồng lên điện áp làm việc của hệ thống điện. Việc xác định đặc tính của các nhiễu loạn này là rất khó khăn, thường dùng phương pháp thống kê.

Quá điện áp được chia làm 2 dạng:

- + Quá điện áp nội bộ
- + Quá điện áp khí quyển

Nguyên nhân hình thành quá điện áp nội bộ là do sự thay đổi đột ngột của cấu trúc hệ thống điện. Nó gây ra sóng quá điện áp hoặc chuỗi các sóng cao tần không tuần hoàn hoặc tắt dần.

Trong đồ án này chúng ta sẽ nghiên cứu kỹ hơn về hiện tượng quá điện áp khí quyển do hiện tượng dông sét gây nên. Tìm hiểu tác hại của nó tới hệ thống điện, tính toán bảo vệ cho các thiết bị trong hệ thống.

1.1.1 Khái quát cơ bản về hiện tượng dông sét

Dông sét là hiện tượng thời tiết rất kỳ bí và nguy hiểm, dông thường đi kèm với sấm chớp xảy ra. Con dông được hình thành khi có khối không khí nóng ẩm chuyển động thẳng. Con dông có thể kéo dài từ 30 phút tới 12 tiếng, có thể trải rộng từ hàng chục tới hàng trăm kilômet và được ví như một nhà máy phát điện nhỏ công suất hàng trăm MW, điện thế có thể đạt 1 tỷ V và dòng điện 10-200 kA. Sét hay các tia sét được sinh ra do sự phóng điện trong khí quyển giữa các đám mây với đất hoặc giữa các đám mây với nhau. Một tia sét thông thường có thể thắp sáng bóng đèn 100 W trong ba tháng. Theo thống kê ước tính trên trái đất của chúng ta cứ mỗi giây có chừng 100 cú phóng điện xảy ra giữa các đám mây tích điện với mặt đất. Công suất của nó có thể đạt tới hàng tỷ kW, làm nóng không khí tại vị trí phóng điện lên đến 28000 độ C (hơn ba lần nhiệt độ bề mặt mặt trời).

Sét gây tác hại cho con người và thiết bị khi nó đánh xuống đất. Trong loại sét đánh xuống đất, người ta phân chúng ra làm hai loại: sét âm và sét dương; sét âm (90%) chủ yếu xuất hiện từ phần dưới đám mây đánh xuống đất. Sét dương xuất hiện từ trên đỉnh đám mây đánh xuống. Loại sét dương này xuất hiện bất ngờ và rất nguy hiểm vì trời vẫn quang và phần dưới chưa mưa.

Việt Nam nằm ở tâm đông châu Á, một trong ba tâm dông trên thế giới có hoạt động dông sét mạnh. Mùa dông ở Việt Nam tương đối dài bắt đầu từ tháng 4 và kết thúc vào tháng 10. Số ngày dông trung bình khoảng 100 ngày/năm và số giờ dông trung bình là 250 giờ/năm. Trung bình mỗi năm có khoảng hai triệu cú sét đánh xuống đất trên toàn lãnh thổ Việt Nam.

Vì vậy việc phòng chống sét đánh trực tiếp vào các công trình, đặc biệt là hệ thống điện càng trở nên quan trọng, ảnh hưởng lớn tới việc cung cấp điện cho nền kinh tế quốc dân.

1.1.2. Ảnh hưởng, tác hại của dông sét

Con người là đối tượng đầu tiên chúng ta nhắc đến khi đề cập về thiệt hại của dông sét. Sét gây thương tích cho người bằng nhiều phương thức: - Đánh trực tiếp vào nạn nhân.

- Sét đánh vào vật gần nạn nhân, các tia lửa điện sinh ra phóng qua không khí vào nạn nhân (còn gọi là sét đánh tạt ngang).

- Sét đánh xuống mặt đất và lan truyền ra xung quanh.

- Sét lan truyền qua đường dây điện, đường dây điện thoại.

Đối với các công trình vật dụng sét cũng có tác hại rất lớn, bao gồm tác hại đánh trực tiếp, cảm ứng tĩnh điện và cảm ứng điện từ.

Với một số phân tích đơn giản như trên, ta thấy rằng việc bảo vệ chống sét đánh trực tiếp vào đường dây tải điện và trạm biến áp là không thể thiếu.

1.1.3. Các phương pháp phòng chống sét

Trên thế giới hiện nay, trải qua 250 năm kể từ khi Franklin đề xuất phương pháp chống sét, trong lĩnh vực phòng chống sét đã có nhiều phương pháp khác nhau được sử dụng. Sau đây là một số phương pháp:

- Phương pháp dùng lồng Faraday:

Dựa vào tính chất đặc biệt của vật dẫn là ở trạng thái cân bằng tĩnh điện thì điện trường trong lòng vật dẫn luôn bằng 0 nên khi ta đặt vật cần bảo vệ bên trong một lồng kim loại dẫn điện thì nó không bị ảnh hưởng bởi điện trường bên ngoài. Đó chính là nguyên lý hoạt động của lồng Faraday. Theo lý thuyết thì đây là phương pháp lý tưởng để phòng chống sét. Tuy nhiên phương pháp này tốn kém và không khả thi trên thực tế áp dụng cho tất cả các công trình nên nó chỉ được sử dụng bảo vệ một số khu vực đặc biệt như nơi chứa vũ khí thuốc nổ, hạt nhân.

- Phương pháp chống sét bằng cột thu sét truyền thống

Cột thu sét được Benjamin Franklin phát minh năm 1752 khi ông tiến hành thí nghiệm dùng 1 cây thép cao 40 foot để thu những tia lửa điện từ 1 đám mây. Sau hơn 250 năm, nguyên lý này vẫn được sử dụng rộng rãi chứng tỏ hiệu quả của bảo vệ của nó.

Về nguyên tác, cột thu sét là 1 dụng cụ đơn giản gồm 3 bộ phận chính:

- Kim thu sét: là 1 que kim loại nhọn gắn trên đỉnh của công trình cần bảo vệ. Thường có đường kính khoảng 2 cm.

- Hệ thống dây dẫn xuống đất.

- Hệ thống tiếp địa: là 1 hay nhiều thanh sắt (thép) dẫn điện tốt được đóng chặt xuống đất có nhiệm vụ tản dòng điện sét vào trong đất.

Phương pháp chống sét truyền thống có hai dạng:

- Hệ gắn thẳng (dùng kim thu sét).

- Hệ dạng lưới bao quanh hay nằm trên đối tượng cần được bảo vệ (lưới thu sét).

Thực nghiệm cho thấy, hệ Franklin không cho hiệu quả chống sét 100%. Tuy sét đánh vào kim thu sét nhiều hơn và hiệu quả của phương pháp chống sét là khá tốt, song nhiều kết quả thực nghiệm cho thấy sét có thể bỏ qua kim thu sét mà đánh trực tiếp vào công trình dù đặt kim thu sét lên rất cao.

• Cột thu sét Franklin phát tia tiên đạo

Để nâng cao hiệu suất của cột thu sét truyền thống, người ta đã cải tiến kim thu sét của hệ Franklin nhằm khắc phục nhược điểm là tính thụ động khi thu sét.

Cấu tạo gồm:

- Đầu thu: 1 đầu thu cố định phía trên dùng thu sét và che chắn cho đầu phát xạ ion đặt bên trong. Nó được thiết kế để tạo dòng không khí chuyển động xuyên qua đầu phát ion, phát tán các ion này vào không gian xung quanh, tạo môi trường thuận lợi để kích hoạt sớm sự phóng điện (hiện tượng Corona).

- Thân kim: được làm bằng đồng đã xử lý hoặc inox, phía trên có 1 hay nhiều đầu nhọn để phát xạ ion. Các đầu nhọn này được nối với bộ phát xạ ion qua dây dẫn luôn bên trong ống cách điện.

- Bộ kích thích phát xạ ion: được làm bằng vật liệu ceramic, đặt phía dưới thân kim, trong buồng cách điện, nối với các đầu phát xạ bằng dây dẫn chịu điện áp cao. Khi có dòng sét, dưới tác dụng của một lực bộ phận này sẽ phát ra các điện tích.

Nguyên lý hoạt động: một sự dao động nhỏ của kim thu sét so với cột đỡ cùng với áp lực được tạo ra trước đó trong bộ kích thích sét sinh ra những áp lực biến đổi ngược nhau. Chúng tạo ra điện thế cao tại các đầu nhọn phát xạ ion, sinh ra một lượng lớn ion xung quanh kim thu sét. Những ion này sẽ ion hóa dòng không khí chuyển động xung quanh và phía trên đầu thu. Không khí bị ion hóa sẽ kích thích sự phóng điện vào kim thu sét, giảm thiểu các trường hợp sét đánh vào công trình bên dưới.

Vậy hệ Franklin phát tia tiên đạo chủ động hơn hệ truyền thống.

- Phương pháp không truyền thống:

Một số hệ chống sét khác với dạng Franklin nổi lên trong hàng chục năm gần đây. Đáng chú ý là:

- Hệ phát xạ sớm
- Hệ ngăn chặn sét (Hệ tiêu tán năng lượng sét).

Những người bảo vệ hệ dùng kim thu sét phát xạ sớm cho rằng tia này phóng tia tiên đạo sớm hơn so với hệ Franklin. Một vài dụng cụ được sử dụng gây phát xạ sớm như nguồn phóng xạ và kích thích điện của kim. Năm 1999, 17 nhà khoa học của hội đồng khoa học ICLP (International Conference on Lightning Protection) ra tuyên bố phản đối phương pháp này.

Hệ ngăn chặn sét với mục đích là phân tán điện tích của mây dông trước khi nó phóng điện. Hay nói một cách khác là đi tạo đám mây điện tích dương tại khu vực để làm chệch tia sét ra khỏi khu vực bảo vệ. Nhiều dạng dụng cụ phân tán được sử dụng. Chủ yếu được cấu tạo bởi rất nhiều kim mũi nhọn nối đất. Những điểm này có thể như những dạng lưới kim loại, bàn chải....

- Hút sét bằng tia laser:

Ngày nay chúng ta cần chống sét cho các công trình hiện đại đòi hỏi phương pháp chống sét có hiệu quả cao. Các nhóm nghiên cứu mạnh về vấn đề này là giáo sư Bazelyan (Nga), giáo sư Zen Kawazaki (Nhật). Đã có những kết quả bước đầu. Tại Nhật, năm 1997 sau rất nhiều lần thử nghiệm người ta đã hai lần thu được tia sét bằng cách này. Theo ý kiến các chuyên gia, về kỹ thuật có thể thực hiện được. Khó khăn ở

chỗ đồng bộ hóa và chi phí cho một cú chống sét bằng phương pháp này có thể đắt hơn vàng. Hướng nghiên cứu này đang được tiếp tục nghiên cứu.

- Phương pháp phòng chống tích cực:

Một dạng phương pháp được sử dụng có hiệu quả trong những năm gần đây là dự báo dông sét sớm. Nhờ vào các thiết bị hiện đại như ra đa, vệ tinh, các hệ thống định vị phóng điện,... người ta có thể dự báo được khả năng có dông sét xảy ra tại khu vực trong thời gian từ 30 phút tới vài giờ. Các phương pháp này được ứng dụng rộng rãi trong hàng không, điện lực, an toàn cho con người.

1.2. Các yêu cầu kỹ thuật đối với hệ thống sét đánh trực tiếp

Hệ thống điện bao gồm nhà máy điện đường dây và trạm biến áp là một thể thống nhất. Trong đó trạm biến áp là một phần tử hết sức quan trọng, nó thực hiện nhiệm vụ truyền tải và phân phối điện năng. Ngoài việc bảo vệ chống sét đánh trực tiếp vào các thiết bị trong trạm ta cũng phải chú ý đến việc bảo vệ cho các đoạn đường dây gần trạm và đoạn dây dẫn nối từ xà cuối cùng của trạm ra cột đầu tiên của đường dây.

Tất cả các thiết bị bảo vệ cần phải được nằm trọn trong phạm vi an toàn của hệ thống bảo vệ. Tùy thuộc vào đặc điểm mặt bằng trạm và các cấp điện áp mà hệ thống các cột thu sét có thể được đặt trên các độ cao có sẵn của công trình như xà, cột đèn chiếu sáng... hoặc được đặt độc lập.

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

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

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

- Khi đặt cách ly giữa hệ thống thu sét và công trình phải có khoảng cách nhất định, nếu khoảng cách này quá bé thì sẽ có phóng điện trong không khí và đất

Phần dẫn điện của hệ thống thu sét có phải có tiết diện đủ lớn để đảm bảo thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt khi có dòng điện sét đi qua.

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.

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

Trong đó h: độ cao cột thu sét

h_x : độ cao vật cần bảo vệ

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

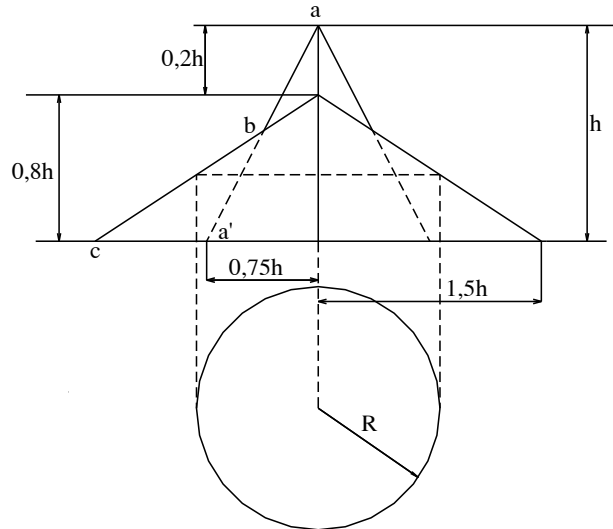
r_x : bán kính của phạm vi bảo vệ

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

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

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

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



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

Các công thức trên chỉ đúng với 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. Khi tính toán phải nhân với hệ số hiệu chỉnh $p = \frac{5,5}{\sqrt{h}}$ 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

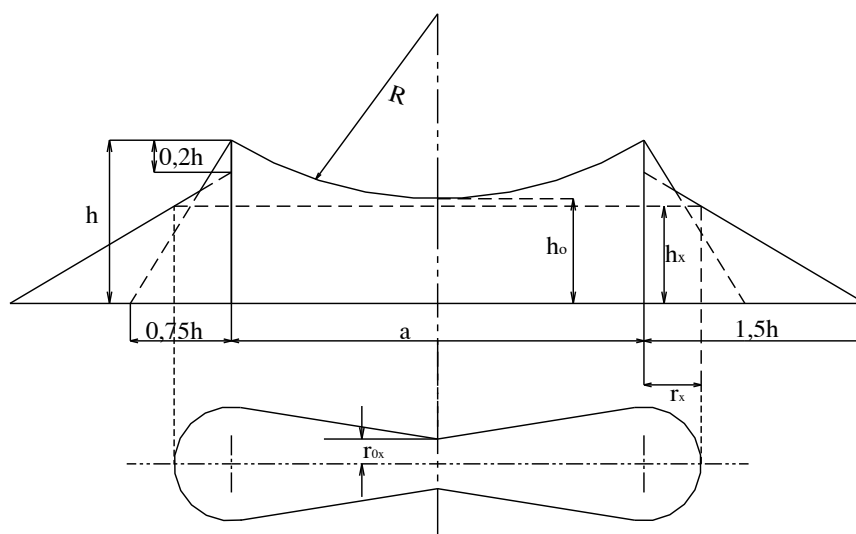
Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét kết hợp thì lớn hơn nhiều so với tổng phạm vi bảo vệ của hai cột đơn. Để hai cột thu sét có thể phối hợp được thì khoảng cách a giữa hai cột thì phải thoả mãn điều kiện $a < 7h$ (h là chiều cao của cột).

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

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

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

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_{0x} :

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

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

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_0 theo công thức:

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

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

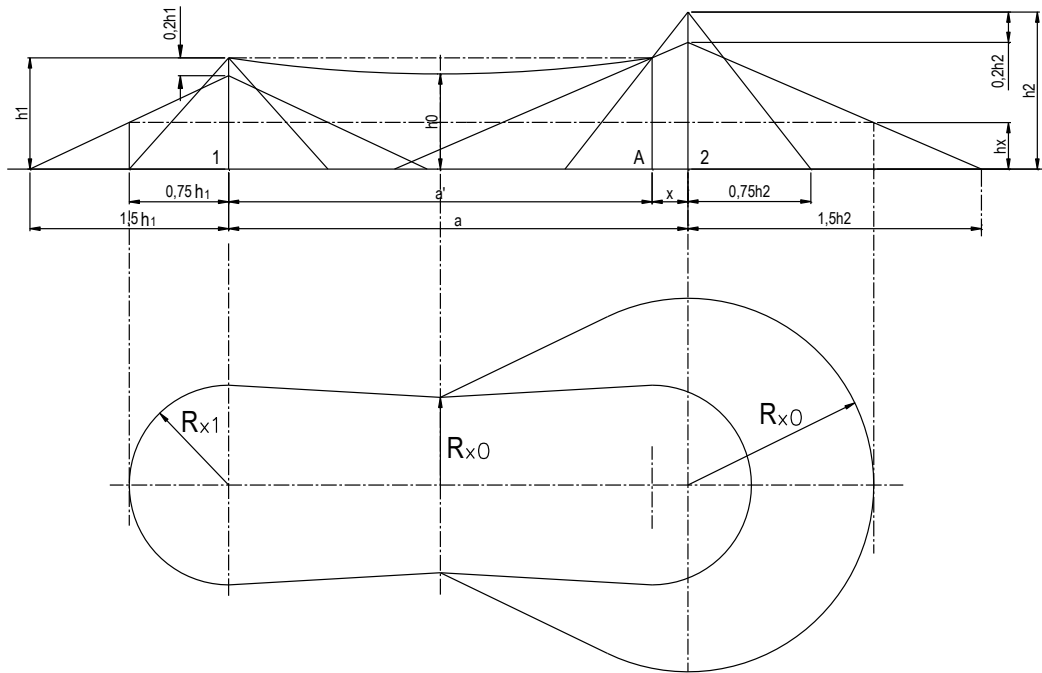
Giả sử có hai cột thu sét: cột 1 có chiều cao h_1 , cột 2 có chiều cao h_2 và $h_1 > h_2$.

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 $a' = a - x$

$$+ \text{ Nếu } h_2 \leq \frac{2}{3}h_1 \text{ thì } x = 1,5.h_1 \left(1 - \frac{h_2}{0,8h_1} \right) = 1,5h_1 - 1,875h_2 \quad (1 - 8)$$

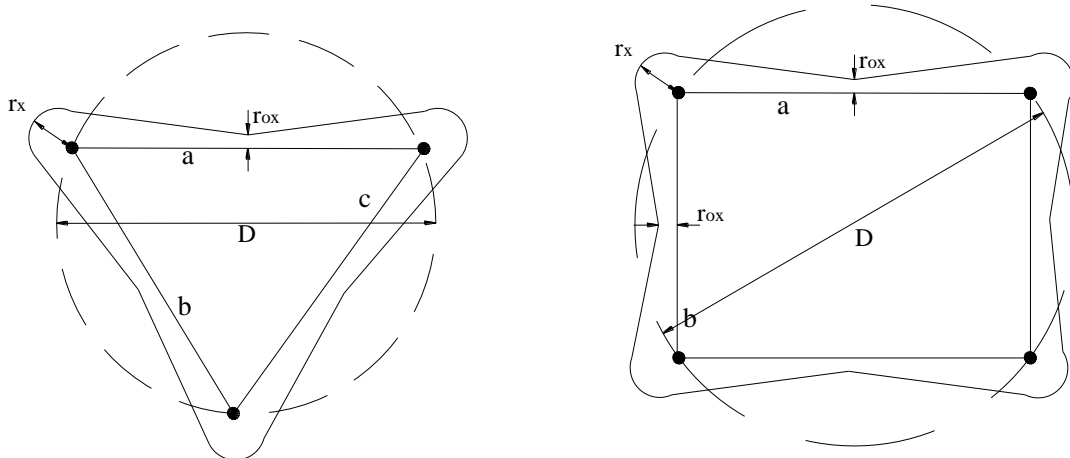
$$+ \text{ Nếu } h_2 > \frac{2}{3} h_1 \text{ thì } x = 0,75h_1 \left(1 - \frac{h_2}{h_1} \right) = 0,75 \cdot (h_1 - h_2) \quad (1 - 9)$$



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 thoả mãn điều kiện:

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

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

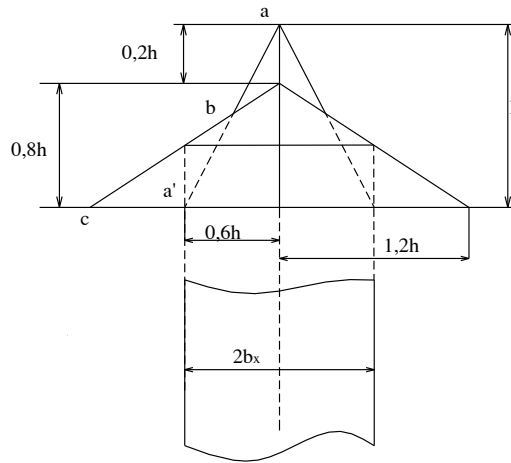
Chú ý: Khi độ cao của cột lớn hơn 30m thì điều kiện bảo vệ cần được hiệu chỉnh theo p.

$$D \leq 8 \cdot h_a \cdot p = 8 \cdot (h - h_x) \cdot p \quad (1 - 11)$$

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 0,6h và 1,2h.

$$+ \text{ Nếu } h_x \leq \frac{2}{3}h \text{ thì } b_x = 1,2h \left(1 - \frac{h_x}{0,8h} \right) \quad (1 - 12)$$

$$+ \text{ Nếu } h_x > \frac{2}{3}h \text{ thì } b_x = 0,6h \left(1 - \frac{h_x}{h} \right) \quad (1 - 13)$$

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

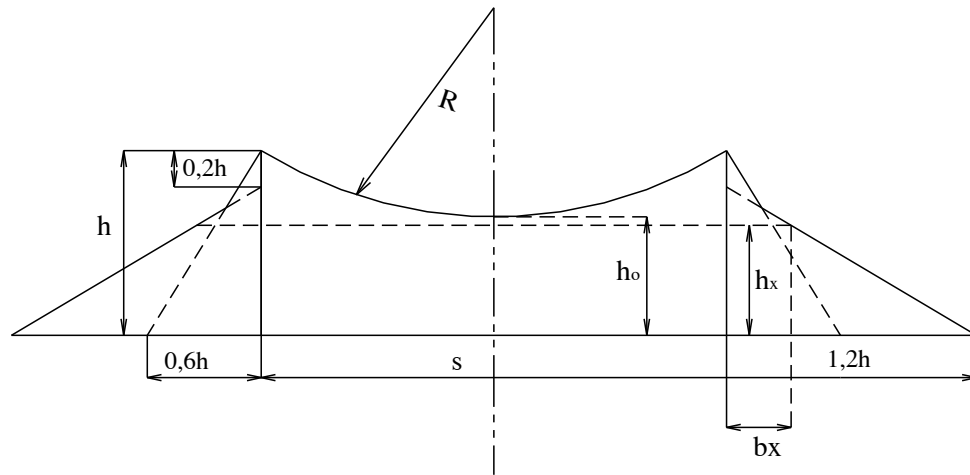
b) Phạm vi bảo vệ của hai dây thu sét.

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

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

$$h_0 = h - \frac{s}{4} \quad (1 - 14)$$

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

$$h_0 = h - \frac{s}{4} \text{ so với đất.}$$

1.4. Mô tả trạm biến áp cần bảo vệ

- Trạm biến áp: Trạm 220/110 kV.
- + Phía 220kV 6 lộ đường dây, sử dụng sơ đồ 2 thanh góp có thanh góp vòng
- + Phía 110kV 10 lộ đường dây, sử dụng sơ đồ 2 thanh góp có thanh góp vòng, được cấp điện từ 2 máy biến áp tự ngẫu (AT1, AT2)
- Tổng diện tích trạm 37539 m²
- Độ cao xà đón dây 220 kV: 17 m; độ cao xà thanh góp 220 kV: 11 m
- Độ cao xà đón dây 110 kV: 11 m; độ cao xà thanh góp 110 kV: 7,8 m;
- Khoảng cách pha phía 220 kV: 4,30 m; phía 110 kV: 2,25 m.
- Nhà điều hành: 14 x 10 m, cao 8 m

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

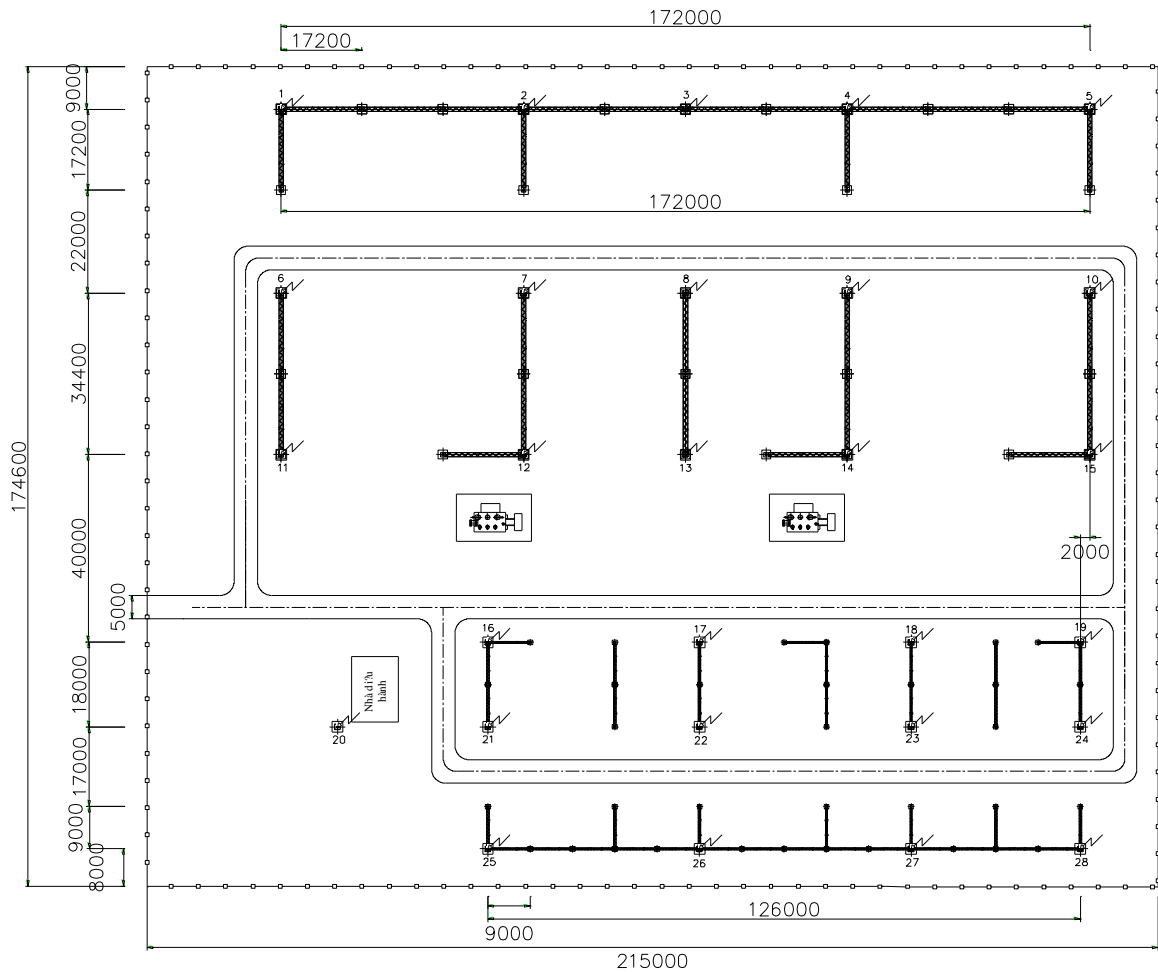
1.5.1. Phương án 1

- Phía 220 kV dùng 15 cột trong đó cột 1÷5 được đặt trên xà đón dây cao 17m; cột 6÷15 được đặt trên xà thanh góp cao 11m.

- Phía 110 kV dùng 13 cột trong đó cột 16÷19, 21÷24 được đặt trên xà thanh góp cao 7,8 m; cột 25÷28 được đặt trên xà đón dây cao 11 m và cột 20 được xây thêm.

Vậy: - Chiều cao tính toán bảo vệ cho trạm 220 kV là $h_x = 11$ m và $h_x = 17$ m

- Chiều cao tính toán bảo vệ cho trạm 110 kV là $h_x = 7,8$ m và $h_x = 11$ m.



Hình 1-7: Sơ đồ bố trí cột thu sét PA 1

Tính toán độ cao hữu ích của cột thu lôi:

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

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

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

h_a : độ cao hữu ích của cột thu lôi.

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

Với a : khoảng cách giữa 2 cột thu sét.

h : chiều cao toàn bộ cột thu sét.

Xét nhóm cột 1-2-7-6 tạo thành hình chữ nhật: $a_{1-2} = 51,6 \text{ m}$; $a_{1-6} = 39,2 \text{ m}$

Hình chữ nhật có đường chéo là: $D = \sqrt{51,6^2 + 39,2^2} = 64,801 \text{ (m)}$

Vậy độ cao hữu ích của cột thu lôi: $h_a \geq \frac{64,801}{8} = 8,100 \text{ (m)}$

Xét nhóm cột 11, 12, 16 tạo thành hình tam giác vuông:

$$a = a_{11-16} = \sqrt{(51,6 - 7,6)^2 + 40^2} = 59,464 \text{ (m)}$$

$$b = a_{16-12} = \sqrt{7,6^2 + 30^2} = 40,716 \text{ (m)}$$

$$c = a_{12-11} = 51,6 \text{ (m)}$$

- Nửa chu vi tam giác là: $p = \frac{59,464 + 40,716 + 51,6}{2} = 75,89 \text{ (m)}$

Đường kính vòng tròn ngoại tiếp tam giác là:

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

$$= \frac{59,464.40,716.51,6}{2.\sqrt{75,89.(75,89 - 59,464).(75,89 - 40,716)(75,89 - 51,6)}} = 60,528 \text{ (m)}$$

Vậy độ cao hữu ích của cột thu sét: $h_a \geq \frac{60,528}{8} = 7,566 \text{ (m)}$

Tính toán tương tự cho các đa giác còn lại, ta có bảng kết quả sau:

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

ĐA GIÁC		Đường kính vòng tròn ngoại tiếp (m)	h_a
Phía 220 kV	(1, 2, 7, 6); (4, 5, 10, 9)	64,801	8,100
	(2, 3, 8, 7); (3, 4, 9, 8)	52,154	6,519
	(6, 7, 12, 11); (9, 10, 15, 14)	62,015	7,752
	(7, 8, 13, 12); (8, 9, 14, 13)	48,649	6,081
Phía 110 kV	(16, 17, 22, 21); (17, 18, 23, 22)	48,466	6,058
	(18, 19, 24, 23)	40,249	5,031
	(21, 22, 26, 25); (22, 23, 27, 26)	51,971	6,496
	(23, 24, 28, 27)	44,407	5,551
	(16, 21, 20)	36,723	4,590
	(20, 21, 25)	41,231	5,154
Sân 220/110 kV	(11, 12, 16)	60,528	7,566
	(11, 16, 20)	62,408	7,801
	(12, 16, 17)	55,741	6,968
	(12, 13, 17)	54,921	6,865
	(13, 14, 17)	50,995	6,374
	(14, 17, 18)	53,711	6,714
	(14, 15, 18)	58,274	7,284
	(15, 18, 19)	55,241	6,905

Chọn độ cao tác dụng cho toàn trạm biến áp.

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

+ Phía 220kV có $h_{\max} = 8,1$ m

+ Phía 110kV có $h_{\max} = 7,8$ m

Vậy ta chọn $h_a = 9$ m chung cho cả 2 phía do chênh lệch của h_{\max} là nhỏ.

Tính độ cao của cột thu sét. $h = h_a + h_x$

- Phía 220 kV: Độ cao tác dụng $h_a = 9$ m.

Độ cao lớn nhất cần bảo vệ $h_x = 17$ m.

Do đó, độ cao các cột thu sét phía 220kV là: $h = h_a + h_x = 9 + 17 = 26$ (m).

- Phía 110kV: Độ cao tác dụng $h_a = 8$ m.

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

Do đó, độ cao các cột thu sét phía 110kV là: $h = h_a + h_x = 8 + 11 = 19$ (m).

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

Bán kính bảo vệ của các cột 20 m (các cột N16 ÷ N28 phía 110kV)

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 11m là:

$$\text{Do } h_x = 11 \text{ m} \leq \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 20 = 13,33 \text{ (m)}$$

$$\text{Nên } r_x = 1,5 \cdot h \cdot \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) = 1,5 \cdot 20 \cdot \left(1 - \frac{11}{0,8 \cdot 20}\right) = 9,375 \text{ (m)}$$

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 7,8 m là:

$$\text{Do } h_x = 7,8 \leq \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 20 = 13,33 \text{ (m)}$$

$$\text{Nên } r_x = 1,5h \cdot \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) = 1,5 \cdot 20 \cdot \left(1 - \frac{7,8}{0,8 \cdot 20}\right) = 15,375 \text{ (m)}$$

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 8m là:

$$\text{Do } h_x = 8 \leq \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 20 = 13,33 \text{ (m)}$$

$$\text{Nên } r_x = 1,5h \cdot \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) = 1,5 \cdot 20 \cdot \left(1 - \frac{8}{0,8 \cdot 20}\right) = 15 \text{ (m)}$$

Bán kính bảo vệ của các cột 26m (các cột N1 ÷ N15 phía 220 kV)

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 11m là:

$$\text{Do } h_x = 11 \leq \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 26 = 17,33 \text{ (m)}$$

$$\text{Nên } r_x = 1,5h \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) = 1,5 \cdot 26 \left(1 - \frac{11}{0,8 \cdot 26}\right) = 18,375 \text{ (m)}$$

- Bán kính bảo vệ ở độ cao 17 m là:

$$\text{Do } h_x = 17 \leq \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 26 = 17,333 \text{ (m)}$$

$$\text{Nên } r_x = 1,5h \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right) = 1,5 \cdot 26 \left(1 - \frac{17}{0,8 \cdot 26}\right) = 7,125 \text{ (m)}$$

Bảng 1 – 2: Bán kính bảo vệ của cột thu sét phương án 1

Cột	Chiều cao h (m)	Bán kính bảo vệ tương ứng r _x (m)			
		17 m	11 m	8 m	7,8 m
Phía 220 kV	26	7,125	18,375	---	---
Phía 110 kV	20	---	9,375	15	15,375

Tính phạm vi bảo vệ của các cột thu sét.

* Xét cặp cột 1-2 có:

$$a = 51,6 \text{ m và } h = 26 \text{ m}$$

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

$$h_0 = h - \frac{a}{7} = 26 - \frac{51,6}{7} = 18,629 \text{ (m)}$$

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

+ ở độ cao 17m:

$$\text{Do } h_x = 17 \text{ m} > \frac{2}{3}h_0 = \frac{2}{3} \cdot 18,629 = 12,419 \text{ (m)}$$

$$\text{Nên } r_{ox} = 0,75h_0 \left(1 - \frac{h_x}{h_0}\right) = 0,75 \cdot 18,629 \cdot \left(1 - \frac{17}{18,629}\right) = 1,221 \text{ (m)}$$

+ ở độ cao 11m:

Do $h_x = 11\text{m} < \frac{2}{3}h_o = \frac{2}{3}.18,629 = 12,419 \text{ (m)}$

Nên $r_{ox} = 1,5h_o \left(1 - \frac{h_x}{0,8.h_o}\right) = 1,5.18,629 \cdot \left(1 - \frac{11}{0,8.18,629}\right) = 7,319 \text{ (m)}$

* Xét cặp cột 11, 20 có độ cao khác nhau

Ta có $a = \sqrt{58^2 + 12^2} = 59,228 \text{ (m)}$ $h_{11} = 26 \text{ (m)}$ $h_{20} = 20 \text{ (m)}$

Vì $h_{20} = 20 > \frac{2}{3}h_{11} = \frac{2}{3}.26 = 17,33 \text{ (m)}$. Do vậy ta vẽ cột giả định 11' có độ cao

20 m cách cột 11 một khoảng:

$$x = 0,75.(h_{11} - h_{20}) = 0,75.(26 - 20) = 4,5 \text{ ((m)}$$

Vậy khoảng cách từ cột giả định đến cột 20 là:

$$a' = a - x = 59,228 - 4,5 = 54,728 \text{ (m)}$$

Phạm vi bảo vệ của hai cột 11' và 20 là:

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

$$h_0 = h - \frac{a'}{7} = 20 - \frac{54,728}{7} = 12,182 \text{ (m)}$$

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

+ ở độ cao 11m

$$\text{Vì } h_x = 11 > \frac{2}{3}h_0 = \frac{2}{3}.12,182 = 8,121 \text{ (m)}$$

$$\text{Nên } r_{0,x} = 0,75h_0 \left(1 - \frac{h_x}{h_0}\right) = 0,75.12,182 \cdot \left(1 - \frac{11}{12,182}\right) = 0,887 \text{ (m)}$$

+ ở độ cao 8 m

$$\text{Vì } h_x = 8 \leq \frac{2}{3}h_0 = \frac{2}{3}.12,182 = 8,121 \text{ (m)}$$

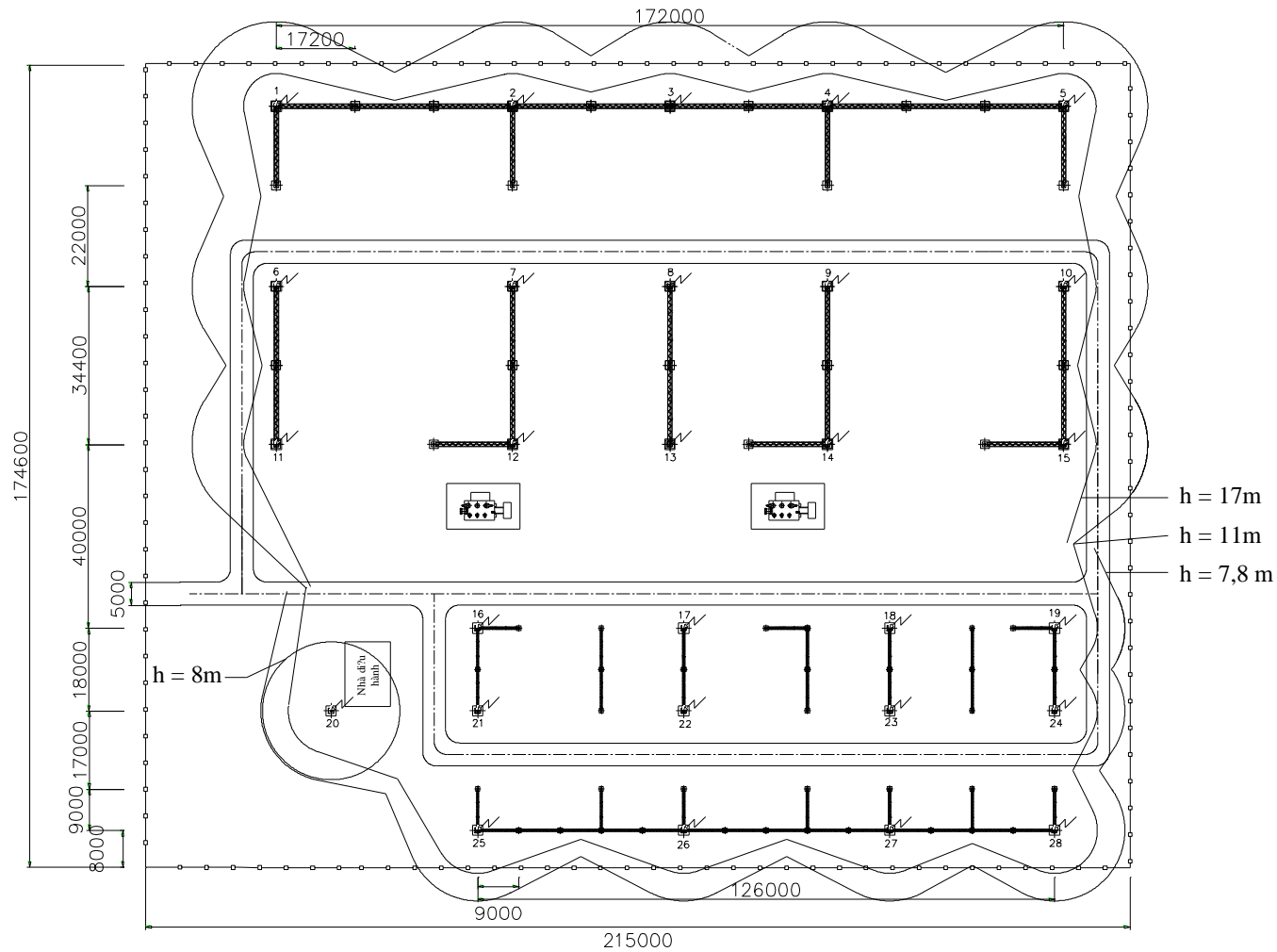
$$\text{Nên } r_{0x} = 1,5 \cdot h_0 \cdot \left(1 - \frac{h_x}{0,8h_0}\right) = 1,5 \cdot 12,182 \cdot \left(1 - \frac{8}{0,8 \cdot 12,182}\right) = 3,273 \text{ (m)}$$

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

Bảng 1- 3: Phạm vi bảo vệ của các cặp cột thu sét phương án 1

Cặp cột	a (m)	h (m)	h ₀ (m)	h _x (m)	r _{0x} (m)	h _x (m)	r _{0x} (m)
1-2, 4-5	51,6	26	18,629	17	1,221	11	7,319
2-3, 3-4	34,4	26	21,086	17	3,065	11	11,004
1-6, 5-10	39,2	26	21,4	17	3,3	11	11,475
6-11, 10-15	34,4	26	21,086	17	3,065	11	11,004
11-20	59,228	26-20	12,182	11	0,887	8	3,273
20-25	41,231	20	14,11	11	2,333	7,8	6,54
25-26, 26-27	45	20	13,571	11	1,928	7,8	5,732
27-28	36	20	14,857	11	2,893	7,8	7,66
28-24	26	20	16,286	11	3,965	7,8	9,804
24-19	18	20	17,429	11	5,519	7,8	11,519
19-15	35,549	26 - 20	14,921	11	2,941	7,8	7,757

Từ bảng số liệu trên ta vẽ được phạm vi bảo vệ đối với các độ cao khác nhau như sau:



Hình 1 – 8: Phạm vi bảo vệ của các cột thu sét PA 1

1.5.2. Phương án 2

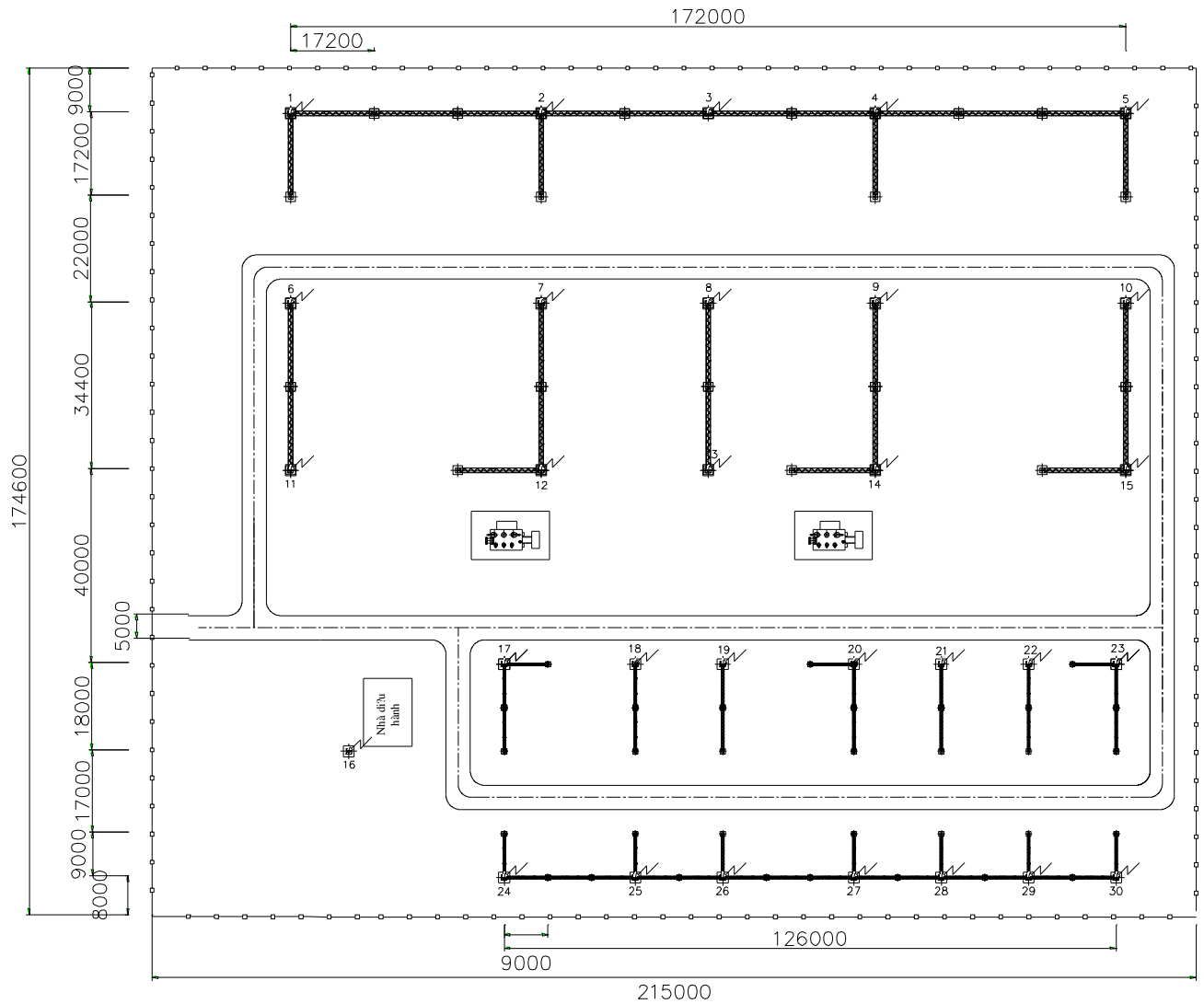
- Phía 220 kV dùng 15 cột trong đó cột 1 ÷ 5 được đặt trên xà đón dây cao 17m; cột 6 ÷ 15 được đặt trên xà thanh gốp cao 11m.

- Phía 110 kV dùng 13 cột trong đó cột 17 ÷ 23 được đặt trên xà thanh gốp cao 7,8 m; cột 24 ÷ 30 được đặt trên xà đón dây cao 11 m và cột 16 được xây thêm.

Vậy:

- Chiều cao tính toán bảo vệ cho trạm 220 kV là $h_x = 11$ m và $h_x = 17$ m

- Chiều cao tính toán bảo vệ cho trạm 110 kV là $h_x = 7,8$ m và $h_x = 11$ m.



Hình 1-9: Sơ đồ bố trí cột thu sét phương án 2

Tính toán độ cao hữu ích của cột thu lôi:

Tính toán tương tự như phương án ta thu được kết quả tính toán được trình bày trong bảng:

Bảng 1-4. Độ cao hữu ích của cột thu sét phương án 2

ĐA GIÁC		Đường kính vòng tròn ngoại tiếp (m)	h_a
Phía 220 kV	(1, 2, 7, 6); (4, 5, 10, 9)	64,801	8,100
	(2, 3, 8, 7); (3, 4, 9, 8)	52,154	6,519
	(6, 7, 12, 11); (9, 10, 15, 14)	62,015	7,752
	(7, 8, 13, 12); (8, 9, 14, 13)	48,649	6,081
Phía 110 kV	(17, 18, 25, 24); (19, 20, 27, 26)	51,624	6,453
	(18, 19, 26, 25); (20, 21, 28, 27); (21, 22, 29, 28); (22, 23, 30, 29)	47,539	5,942
	(16, 17, 24)	47,306	5,913
Sân 220/110 kV	(11, 16, 17)	62,408	7,801
	(11, 12, 17)	60,528	7,566
	(12, 17, 18)	45,252	5,567
	(12, 13, 18)	47,479	5,935
	(13, 18, 19)	42,840	5,355
	(13, 19, 20)	50,140	6,268
	(13, 14, 20)	50,302	6,288
	(14, 20, 21)	42,504	5,313
	(14, 21, 22)	53,842	6,730
	(14, 15, 22)	56,993	7,124
	(15, 22, 23)	44,777	5,597

Chọn độ cao tác dụng cho toàn trạm biến áp.

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

+ Phía 220kV có $h_{\max} = 8,1$ m

+ Phía 110kV có $h_{\max} = 7,8$ m

Vậy ta chọn $h_a = 9$ m chung cho cả 2 phía do chênh lệch của h_{max} là nhỏ.

Tính độ cao của cột thu sét: $h = h_a + h_x$

- Phía 220 kV: Độ cao tác dụng $h_a = 9$ m.

Độ cao lớn nhất cần bảo vệ $h_x = 17$ m.

Do đó, độ cao các cột thu sét phía 220kV là: $h = h_a + h_x = 9 + 17 = 26$ (m).

- Phía 110kV: Độ cao tác dụng $h_a = 9$ m.

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

Do đó, độ cao các cột thu sét phía 110kV là: $h = h_a + h_x = 9 + 11 = 20$ (m).

Tính toán tương tự phương án 1 – mục 1.5.1 ta có:

Bảng 1-5: Bán kính bảo vệ của cột thu sét PA 2

Cột	Chiều cao h (m)	Bán kính bảo vệ tương ứng r_x (m)			
		17 m	11 m	8 m	7,8 m
Phía 220 kV	26	7,125	18,375	---	---
Phía 110 kV	19	---	9,375	15	15,375

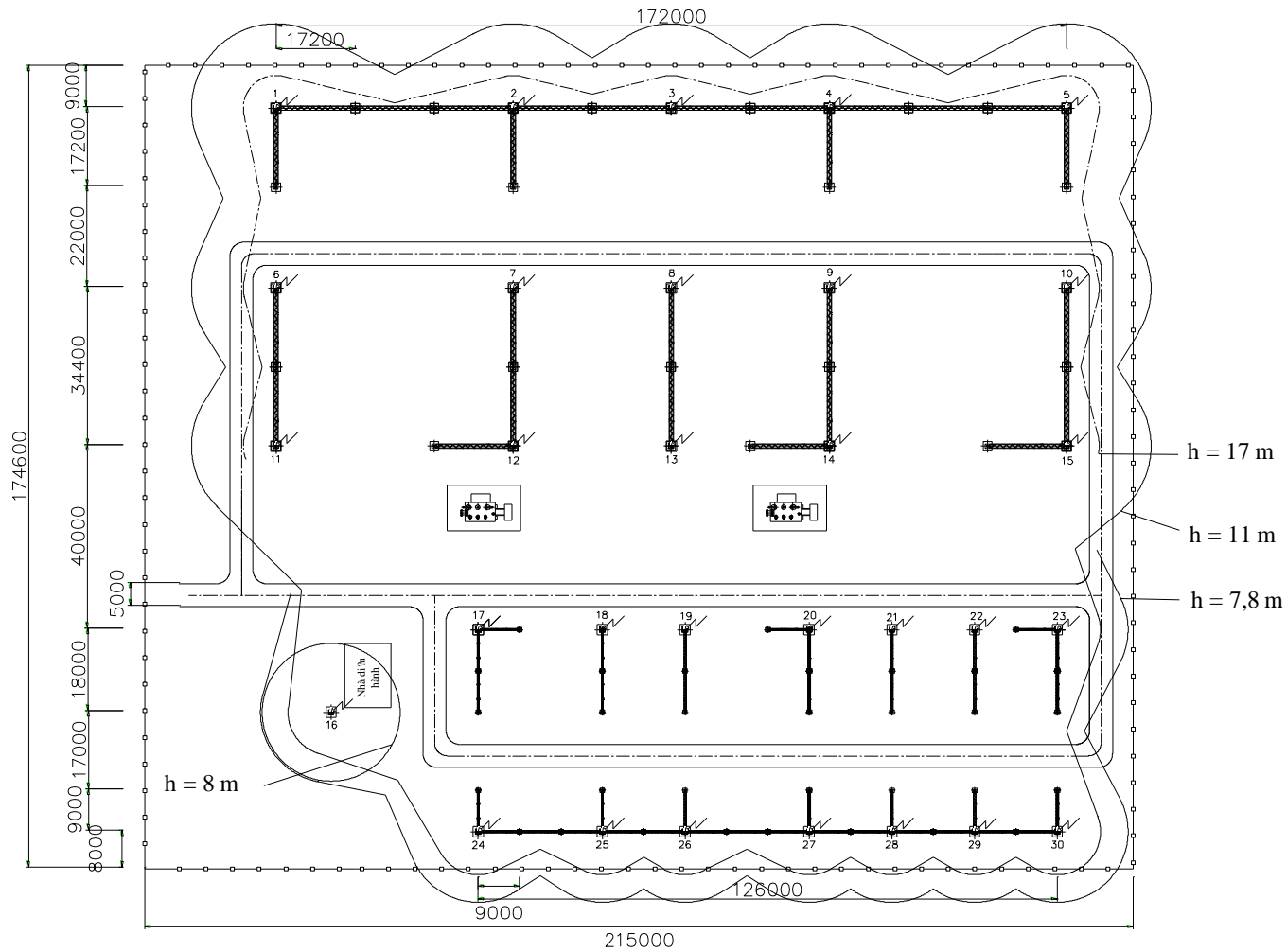
Tính phạm vi bảo vệ của các cột thu sét.

Tính toán tương tự phương án 1 – mục 1.5.1 ta có bảng kết quả phạm vi bảo vệ như sau:

Bảng 1-6: Phạm vi bảo vệ của các cặp cột thu sét PA 2

Cặp cột	a (m)	h (m)	h ₀ (m)	h _x (m)	r _{0x} (m)	h _x (m)	r _{0x} (m)
1-2, 4-5	51,6	26	18,629	17	1,221	11	7,319
2-3, 3-4	34,4	26	21,086	17	3,065	11	11,004
1-6, 5-10	39,2	26	21,4	17	3,3	11	11,475
6-11, 10-15	34,4	26	21,086	17	3,065	11	11,004
11-16	59,228	26-20	12,182	11	0,887	8	3,273
16-24	41,231	20	14,11	11	2,333	7,8	6,54
24-25, 26-27	27	20	16,143	11	3,857	7,8	9,59
25-26, 27-28, 28-29, 29-30	18	20	17,428	11	5,517	7,8	11,517
30 - 23	44	20	13,714	11	2,036	7,8	5,946
23-15	35,549	26 - 20	14,921	11	2,941	7,8	7,757

Từ bảng số liệu trên ta vẽ được phạm vi bảo vệ đối với các độ cao khác nhau như sau:



Hình 1 – 10: Phạm vi bảo vệ của các cột thu sét PA 2

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 220kV dùng 15 cột cao 26 m trong đó 5 cột đặt trên xà cao 17 m; 10 cột đặt trên xà cao 11m.

- Phía 110kV dùng 13 cột cao 20 m trong đó 8 cột đặt trên xà cao 7,8 m; 4 cột đặt trên xà cao 11 m và 1 cột được xây thêm.

- Tổng chiều dài cột là:

$$L = 5.(26-17) + 10.(26-11) + 8.(20-7,8) + 4(20-11) + 20 = 348,6 \text{ (m)}$$

+ Phương án 2:

- Phía 220kV dùng 15 cột cao 26 m trong đó 5 cột đặt trên xà cao 17 m; 10 cột đặt trên xà cao 11m.

- Phía 110kV dùng 15 cột cao 19 m trong đó 7 cột đặt trên xà cao 7,8 m; 7 cột đặt trên xà cao 11 m và 1 cột được xây thêm.

- Tổng chiều dài cột là:

$$L = 5.(26-17) + 10.(26-11) + 7.(20-7,8) + 7.(20-11) + 20 = 363,4 \text{ (m)}$$

Vì phương án 1 có số cột thu sét ít và 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 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:

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

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

Nối đất chống sét là loại nối đất có nhiệm vụ 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 kĩ 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 kĩ thuật.

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 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:

Nếu chỉ dùng cho các thiết bị cao áp

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

Nếu dùng cho cả cao áp và hạ áp

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

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 đó 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.

- Khi đường dây đi qua các vùng đất ẩm ($\rho \leq 3.10^4 \Omega \cdot \text{cm}$) nên tận dụng phần nối đất có sẵn của móng và chân cột bê tông để bổ sung hoặc thay thế cho phần nối đất nhân tạo.

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

2.3. Lý thuyết tính toán nối đất

2.3.1. Tính toán nối đất an toàn

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

- Điện trở nối đất của hệ thống có giá trị $R \leq 0,5\Omega$
- Cho phép sử dụng nối đất an toàn và nối đất làm việc thành một hệ thống

Điện trở nối đất của hệ thống

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

Trong đó: R_{TN} : điện trở nối đất tự nhiên

R_{NT} : điện trở nối đất nhân tạo ($R_{NT} \leq 1\Omega$)

- Nối đất tự nhiên

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

Ta có công thức tính toán như sau:

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

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

R_c : 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 chạm đất I đi qua điểm sự cố sẽ tạo nên điện áp giáng trên bộ phận nối đất.

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

Với 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:

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

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:

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

Trong đó: L : chiều dài tổng của điện cực.

t : độ chôn sâu

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)

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.

2.3.2. Tính toán nối đất chống sét

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:

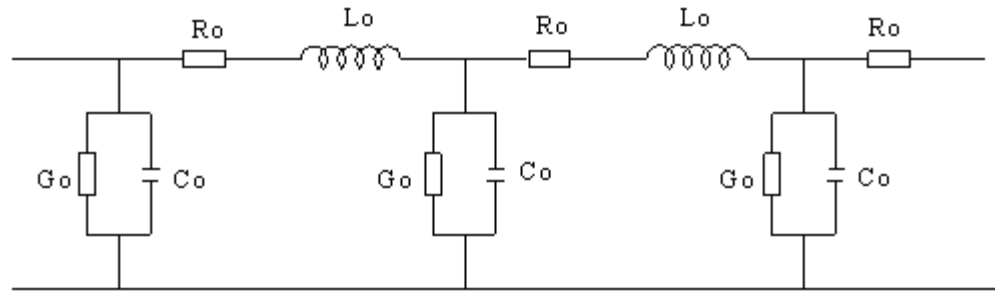
$$\alpha_{xk} = \frac{R_{xk}}{R} = \frac{1}{\sqrt{I \cdot \rho}} \quad (2 - 9)$$

hoặc ở dạng tổng quát:

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

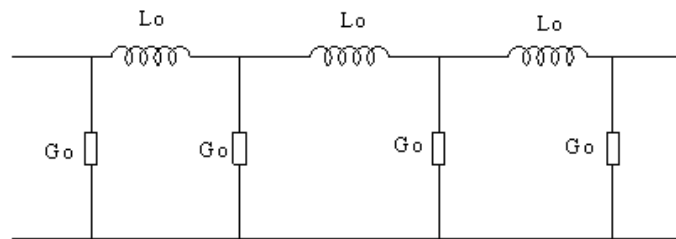
Tính toán nối đất phân bố dài không xét tới quá trình phóng điện trong đất.

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. Lúc này sơ đồ đẳng trị có dạng thu gọn như sau:



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.

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

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

Với l : chiều dài cực.

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

$$\text{Do đó: } r = \frac{b}{4}$$

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

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

$U(x, t)$, $I(x, t)$ 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 (2 - 14) ta được điện áp tại điểm bất kỳ và tại thời điểm t trên điện cực:

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

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

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

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

Đặt $T_1 = \frac{L_o \cdot G_o \cdot l^2}{\pi^2}$ ta có: $T_k = \frac{T_1}{k^2}$

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 l , 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

2.4.1. Nối đất tự nhiên

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

• Tính R_c :

+ Dây chống sét ta sử dụng loại C-70 có $r_0 = 2,38 \Omega / km$

+ Điện trở suất của đất $\rho = 80 \Omega.m$

+ Chiều dài khoảng vượt đường dây: $L_{KV} = 210m$

Trạm có 6 lộ 220kV, 10 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 220 kV:

$$R_{cs} = r_0 \cdot L_{KV} = 2,38 \cdot 21 = 0,4998 (\Omega)$$

$$R_{TN220} = \frac{1}{6} \cdot \frac{16}{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{16}{0,4998} + \frac{1}{4}}} = 0,431 (\Omega)$$

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

$$R_{cs} = r_0 \cdot L_{KV} = 2,38 \cdot 21 = 0,4998 (\Omega)$$

$$R_{TN110} = \frac{1}{10} \cdot \frac{16}{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{16}{0,4998} + \frac{1}{4}}} = 0,256 (\Omega)$$

$$\text{Vậy } R_{TN} = \frac{0,431 \cdot 0,256}{0,431 + 0,256} = 0,161 (\Omega)$$

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

2.4.2. Nối đất nhân tạo

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

$$l_1 = 215m \text{ và } l_2 = 174,6m$$

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: $l_1 = 213m$ và $l_2 = 172,6m$

$$\text{Điện trở nối đất của hệ thống mạch vòng là: } R_{MV} = \frac{\rho_{tt}}{2.\pi.L} \ln \frac{K.L^2}{t.d}$$

Với: L: chu vi của mạch vòng. $L = (l_1 + l_2). 2 = (172,6 + 213). 2 = 771,2$ (m)

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

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

$$t: \rho_{tt} = \rho_{do} . K_{m\grave{u}a}$$

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

$$\Rightarrow \rho_{tt} = 80. 1,6 = 128 (\Omega . m)$$

d: đường kính thanh làm mạch vòng (nếu thanh dẹt có bề rộng b thì $d = b/2$)

Ta chọn thanh có bề rộng là $b = 4cm$ do đó: $d = b/2 = 4/2 = 2$ (cm) = 0,02 (m)

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

Bảng 2 – 1: Hệ số K phụ thuộc vào (l_1/l_2)

l_1/l_2	1	1,5	2	3	4
K	5.53	5.81	6,42	8,17	10,40

Ta có $\frac{l_1}{l_2} = \frac{213}{172,6} = 1,234$. Giá trị này nằm trong khoảng (1; 1,5).

Sử dụng phương pháp nội suy tuyến tính ta có:

$$K = 5,53 + (5,81 - 5,53) \cdot \frac{1,234 - 1}{1,5 - 1,234} = 5,776$$

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

$$R_{MV} = \frac{\rho_{tt}}{2.\pi.L} \ln \frac{K.L^2}{t.d} = \frac{128}{2.3,14.771,2} \ln \frac{5,776.771,2^2}{0,8.0,02} = 0,507(\Omega) < 1(\Omega)$$

Vậy điện trở nối đất của hệ thống là:

$$R_{nt} = \frac{R_m \cdot R_{nt}}{R_m + R_{nt}} = \frac{0,161 \cdot 0,507}{0,161 + 0,507} = 0,122(\Omega)$$

Kết luận: Hệ thống thiết kế nối đất trên đảm bảo an toàn cho TBA 110/220kV

2.5. Tính toán nối đất chống sét

2.5.1. Tính toán nối đất chống sét và kiểm tra điều kiện phóng điện

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_0 và G_0 được xác định như sau:

+ Tính L_0 : Theo (2 - 11) ta có : $L_0 = 0,2 \left(\ln \frac{l}{r} - 0,31 \right) (\mu H / m)$

Trong đó: l : chiều dài điện cực : $l = \frac{L_{CHUVI}}{2} = \frac{771,2}{2} = 385,6$ (m)

r : bán kính điện cực: $r = \frac{d}{2} = \frac{b}{4} = \frac{0,04}{4} = 0,01$ (m)

$$\Rightarrow L_0 = 0,2 \left[\ln \frac{385,6}{0,01} - 0,31 \right] = 2,05(\mu H / m)$$

+ Tính G_0 : Theo (2 -12) ta có: $G_0 = \frac{1}{2.l.R_{NTSET}} \left(\frac{1}{\Omega.m} \right)$

Trong đó: $R_{NTSet} = R_{MVSet} = \frac{R_{MVat}}{k_{at}} \cdot k_{Set}$

$k_{m\grave{a}t} = 1,6$ và $k_{m\grave{a}set} = 1,25$

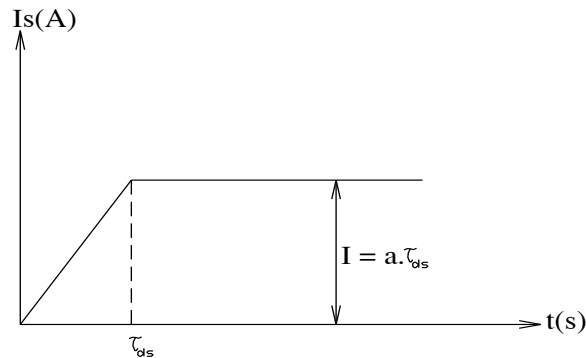
$$\Rightarrow R_{MVSet} = \frac{0,507 \cdot 1,25}{1,6} = 0,396(\Omega)$$

Vậy $G_0 = \frac{1}{2.385,6 \cdot 0.396} = 3,274 \cdot 10^{-3} (1/\Omega.m)$

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

Chọn dạng sóng xiên góc của dòng điện sét có biên độ không đổi:

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



Hình 2- 3: 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 (2 – 13) ta có tổng trở xung kích của hệ thống nối đất nhân tạo:

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

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

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

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

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

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

$$\text{Ta có: } \frac{\tau_{ds}}{T_k} = \frac{\tau_{ds}}{\frac{T_1}{k^2}} \geq 4 \Leftrightarrow k^2 \geq \frac{4.T_1}{\tau_{ds}} \Leftrightarrow k \geq 2.\sqrt{\frac{T_1}{\tau_{ds}}}$$

$$\text{Với } T_1 = \frac{L_0.G_0.l^2}{\pi^2} = \frac{2,05.3,274.10^{-3}.385,6^2}{3,14^2} = 101,2(\mu s)$$

$$\Rightarrow k \geq 2.\sqrt{\frac{T_1}{\tau_{ds}}} = 2.\sqrt{\frac{101,2}{5}} = 8,99$$

$\Rightarrow k_{\min} = 9 \Rightarrow$ Ta chọn k trong khoảng từ 1÷9 ($k \in \mathbb{Z}^+$)

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

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\frac{1}{k^2}$	1,000	0,250	0,111	0,062	0,040	0,028	0,020	0,016	0,012
$T_k(\mu s)$	101,2	25,3	11,244	6,325	4,048	2,811	2,065	1,581	1,249
$\frac{\tau_{ds}}{T_k}$	0,049	0,198	0,445	0,791	1,235	1,779	2,421	3,162	4,002
$e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}$	0,952	0,821	0,641	0,454	0,291	0,169	0,089	0,042	0,018
$\frac{e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}}{k^2}$	0,952	0,2052	0,0712	0,0284	0,0116	0,0047	0,0018	0,0007	0,0002

Từ bảng trên ta có: $\sum_{k=1}^8 \frac{1}{k^2} = 1,5398$ và $\sum_{k=1}^8 \frac{1}{k^2} . e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}} = 1,2756$

$$\text{Vậy: } Z(0, \tau_{ds})_{XK} = \frac{1}{2.3,274.10^{-3}.385,6} \left[1 + \frac{2.101,2}{5} . (1,5398 - 1,2756) \right] = 4,632 (\Omega)$$

Kiểm tra quá điện áp trên các thiết bị:

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

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

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.

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

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

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

⇒ Lấy $U_{50\%MBA} = 460$ kV

Kiểm tra điều kiện này ta thấy:

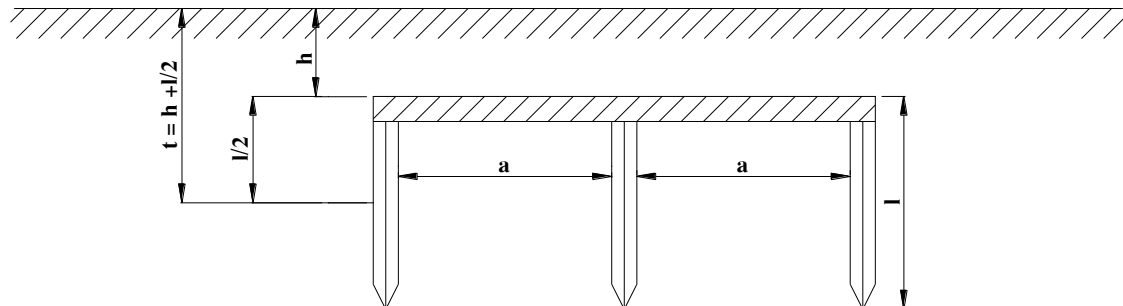
$$U_d = I \cdot Z_{XK}(0, \tau_{ds}) = 150 \cdot 4,632 = 694,7 \text{ kV} > U_{50\%MBA} = 460 \text{ kV}$$

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

2.5.2. Nối đất bổ sung

- Nối đất mạch vòng kết hợp với cọc xung quanh mạch vòng.

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.



Hình 2-4. Sơ đồ nối đất của thanh vòng cọc trong hệ thống nối đất của trạm

Điện trở nối đất nhân tạo của hệ thống được tính theo công thức sau:

$$R_{NT} = \frac{R_{mv} R_c}{R_{mv} \cdot n \cdot \eta_c + R_c \eta_{mv}}$$

Trong đó: R_{mv} : điện trở nối đất của mạch vòng.

R_c : điện trở nối đất của cọc.

n : số cọc.

η_c, η_{mv} : hệ số sử dụng của cọc và thanh.

Điện trở nối đất của cọc:

$$R_c = \frac{\rho_{tt}}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right)$$

Trong đó: l : chiều dài cọc, ta chọn $l = 3$ m, cọc được làm bằng thép tròn $\Phi 40$

ρ_{tt} : điện trở suất tính toán, với cọc ta tính được $\rho_{tt} = \rho_0 \cdot K_{msét}^c$

Tra giáo trình hướng dẫn thiết kế kỹ thuật điện ta có $K_{msét}^c = 1,25$

Vậy ta có: $\rho_{tt} = 80 \cdot 1,25 = 100 \Omega \cdot m$

Độ chôn sâu của cọc: $h = 0,8$ m

Giá trị của t được tính như sau: $t = \frac{1}{2} + h = \frac{3}{2} + 0,8 = 2,3$ (m)

Ta tính được điện trở tản của một cọc như sau:

$$R_c = \frac{100}{2\pi \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{40 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) = 28,39(\Omega)$$

Ở trên ta đã tính được điện trở của mạch vòng là $R_{mv} = 0,396 \Omega$

Vì vậy ta cần tính n, η_c, η_{mv} .

Việc xác định các giá trị này được tiến hành như sau:

- Xét tỷ số a/l . Với $a/l = 1 \Rightarrow a = l = 3$ m

Vậy ta có số lượng cọc dọc theo chu vi mạch vòng là:

$$n = \frac{L}{a} = \frac{771,2}{3} = 258 \text{ (cọc)}$$

Tra bảng 4 và bảng 6 phần phụ lục giáo trình hướng dẫn thiết kế KTĐCA ta được: $\eta_c = 0,35$ và $\eta_{mv} = 0,19$.

Thay các giá trị R_{mv} , R_c , n , η_c , η_{mv} vào công thức ta có điện trở nối đất của hệ thống nối đất mạch vòng – thanh – cọc như sau:

$$R_{MV-TC} = \frac{28,39.0,396}{0,396.258.0,35 + 28,39.0,19} = 0,273(\Omega)$$

Tính tổng trở xung kích

$$L_o = 0,2 \cdot \left(\ln \frac{385,6}{0,01} - 0,31 \right) = 2,05 (\mu H/m)$$

$$G_0 = \frac{1}{2.0,273.385,6} = 4,75.10^{-3} \left(\frac{1}{\Omega m} \right)$$

Ta tính được T_1 như sau: $T_1 = \frac{2,05.4,75.10^{-3}.385,6^2}{3,14^2} = 146,7(\mu s)$

Ta có: $k \geq 2 \cdot \sqrt{\frac{T_1}{\tau_{ds}}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{146,7}{5}} = 10,83 \Rightarrow$ Ta chọn $k = 1 \div 10$

Do ta coi hệ thống nối đất gồm có hai tia ghép song song nên tổng trở nối đất tại thời điểm $t = \tau_{ds} = 5\mu s$ là:

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

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

k	$\frac{1}{k^2}$	T_k	$\frac{\tau_{ds}}{T_k}$	$e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}$	$\frac{e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}}}{k^2}$
1	1	146,7	0,0341	0,966	0,9665
2	0,25	36,675	0,1363	0,873	0,2181
3	0,1111	16,3000	0,3067	0,736	0,0818

4	0,0625	9,1688	0,5453	0,580	0,0362
5	0,0400	5,8680	0,8521	0,427	0,0171
6	0,0278	4,0750	1,2270	0,293	0,0081
7	0,0204	2,9939	1,6701	0,188	0,0038
8	0,0156	2,2922	2,1813	0,113	0,0018
9	0,0123	1,8111	2,7607	0,063	0,0008
10	0,0100	1,4670	3,4083	0,033	0,0003

Vậy ta có: $\sum_{k=1}^{10} \frac{1}{k^2} = 1,5498$ và $\sum_{k=1}^{11} \frac{1}{k^2} \cdot e^{-\frac{\tau_{ds}}{T_k}} = 1,3345$

Vậy: $Z(0, \tau_{ds}) = \frac{1}{2,4,75 \cdot 10^{-3} \cdot 385,6} \left[1 + \frac{2.146,7}{5} \cdot (1,5498 - 1,3345) \right] = 3,449 (\Omega)$

Kiểm tra điều kiện an toàn cho máy biến áp:

Giá trị điện áp đầu vào trong đất là:

$$U_d = I_z \cdot Z_{XK}(0, \tau_{ds}) = 150 \cdot 3,449 = 517,3 \text{ kV}$$

Như vậy: $U_d = 517,3 \text{ kV} > U_{50\% \text{ MBA}} = 460 \text{ kV}$.

Qua kết quả tính toán này ta phải đi tính toán nối đất bổ sung để đảm bảo không có phóng điện ngược.

- Nối đất mạch vòng kèm theo nối đất bổ sung cho trạm.

Trong nối đất bổ sung ta sử dụng dạng nối đất tập trung gồm, thanh và cọc tại chân các cột thu sét, và chân các thiết bị. Do việc xác định Z_{bs} bằng lý thuyết lại rất khó khăn, nên ta chọn hình thức nối đất bổ sung như sau:

Chọn thanh nối đất bổ sung là loại thép dẹt có :

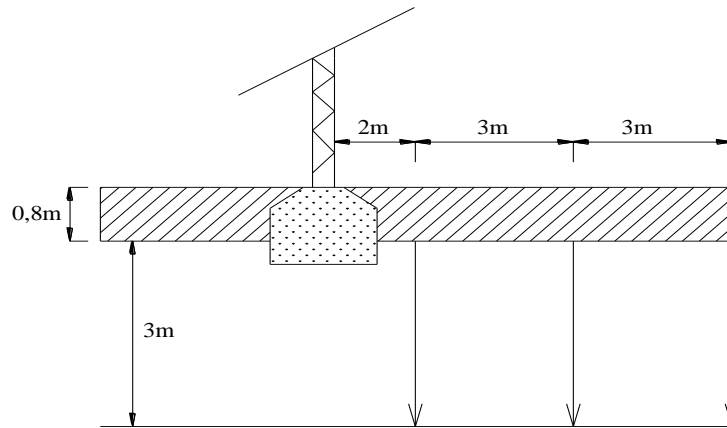
- Chiều dài: $l_T = 8 \text{ m}$
- Bề rộng: $b_T = 0,04 \text{ m}$
- Khoảng cách giữa hai cọc: $a = 3 \text{ m}$
- Độ chôn sâu: $t = 0,8 \text{ m}$

- Chiều dài cọc: $l = 3 \text{ m}$

Nồi đất được tính toán cho chống sét nên ta lấy $K_{m\grave{u}a}$ như sau:

Đối với thanh ngang chôn sâu $t = 0,8\text{m}$, $K_{m\grave{u}a} = 1,25$.(Tra bảng 2.1, giáo trình hướng dẫn thiết kế KTĐCA – Nguyễn Minh Chức).

Sơ đồ nối đất bổ sung như sau:



Hình 2-5. Sơ đồ nối đất bổ sung.

$$+ \text{Điện trở thanh: } R_T = \frac{\rho_{tt.T}}{2.\pi.L} . \ln \frac{KL^2}{t.d}$$

Trong đó:

L : chiều dài thanh ($L = 8\text{m}$)

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

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

$$\rho_{tt.T} = \rho_0 . K_{m\grave{u}a} = 80.1,25 = 100 (\Omega.m)$$

Vì ta chọn thanh dẹt có bề rộng $b = 0,04\text{m}$ nên đường kính thanh làm tia bằng:

$$d = b/2 = 0,02(\text{m}).$$

K : hệ số hình dáng lấy $k = 1$ do nối đất là tia ngang.

$$\text{Ta được: } R_T = \frac{100}{2.3,14.8} . \ln \frac{1.8^2}{0,8.0,02} = 16,5 (\Omega)$$

$$+ \text{Điện trở cọc: } R_C = \frac{\rho_{tt.C}}{2.3,14.l_C} \left(\ln \frac{2l_C}{d} + \frac{1}{2} . \ln \frac{4.t' + l_C}{4.t' - l_C} \right)$$

Trong đó: - ρ_{ttc} là điện trở suất của đất với cọc ở độ sâu: $t = 0,8$ m

$$- \rho_{ttc} = \rho_d \cdot K_{mùa} = 80 \cdot 1,25 = 100 (\Omega \cdot m)$$

- d : là đường kính cọc: $d = 0,04$ m

$$- t' = \frac{l_{coc}}{2} + t = \frac{3}{2} + 0,8 = 2,3 \text{ (m)}$$

$$\text{Vậy: } R_C = \frac{100}{2,3 \cdot 14,3} \left(\ln \frac{2,3}{0,04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2,3+3}{4,2,3-3} \right) = 28,392 (\Omega)$$

$$\text{Điện trở bổ sung được tính theo công thức sau: } R_{BS} = \frac{R_T \cdot R_C}{R_t \cdot \eta_c \cdot n + R_C \cdot \eta_t}$$

Trong đó n : số cọc.

η_T, η_c : hệ số sử dụng của thanh và cọc

Với: $n = 3, l_{coc} = 3$ m, $a = 3$ m, $a/l = 1$

(Tra bảng 3 bảng 5 phần phụ lục sách hướng dẫn thiết kế KTĐCA ta được:

$\eta_c = 0,76, \eta_T = 0,77$).

$$\text{Vậy ta có: } R_{BS} = \frac{16,51 \cdot 28,392}{16,51 \cdot 0,76 \cdot 3 + 28,392 \cdot 0,77} = 7,877 (\Omega)$$

Ta có công thức tính tổng trở xung kích khi có nổi đất bổ sung như sau:

$$Z_{XKBS}(0, \tau_{ds}) = \frac{R_{BS} \cdot R_{NTS}}{R_{BS} + R_{NTS}} + \sum_1^{\infty} \frac{2 \cdot R_{NTS}}{R_{BS} + \frac{1}{\cos^2 x_K}} \cdot e^{\frac{-X_K^2 \cdot \tau_{ds}}{\pi^2 \cdot T_1}} = A + B$$

$$\text{Trong đó: } A = \frac{R_{BS} \cdot R_{NT.S}}{R_{BS} + R_{NT.S}} = \frac{7,877 \cdot 0,396}{7,877 + 0,396} = 0,377 (\Omega)$$

$$B = \sum_1^{\infty} \frac{2 \cdot R_{NT.S}}{R_{BS} + \frac{1}{\cos^2 x_k}} \cdot e^{\frac{-X_K^2 \cdot \tau_{ds}}{\pi^2 \cdot T_1}}$$

Xét chuỗi số $\sum_1^{\infty} e^{\frac{-X_k^2 \cdot \tau_{ds}}{\pi^2 \cdot T_1}}$, trong chuỗi số này ta chỉ tính đến e^{-4} (vì từ e^{-5} trở đi có

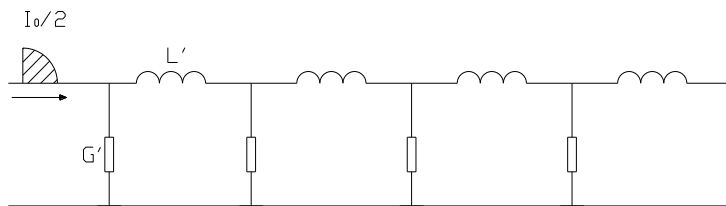
giá trị rất nhỏ) có nghĩa là ta tính với X_k sao cho:

$$\frac{X_k^2}{\pi^2} \cdot \frac{\tau_{ds}}{T_1} \geq 4 \Leftrightarrow X_k \geq 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{T_1}{\tau_{ds}}} \quad (X_k > 0)$$

Do ta coi mạch vòng của hệ thống nối đất là sự ghép song song của hai tia có cùng độ dài $l = 385,6$ m, nên ta có sơ đồ thay thế của hệ thống nối đất như sau:

Trong đó: L' , G' lần lượt là điện cảm và điện dẫn của 1 đơn vị dài

$$L' = L_0/2; G' = 2 \cdot G_0.$$



Hình 2-6. Sơ đồ thay thế của hệ thống nối đất

$$\text{Ta có: } T_1 = \frac{L' \cdot G' \cdot l^2}{\pi^2} = \frac{\frac{L}{2} \cdot 2 \cdot G \cdot l^2}{\pi^2} = \frac{L \cdot G \cdot l^2}{\pi^2} = \frac{2,05 \cdot 4,75 \cdot 10^{-3} \cdot 385,6^2}{3,14^2} = 146,7 \text{ (}\mu\text{s)}$$

$$\Rightarrow X_k \leq 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{T_1}{\tau_{ds}}} = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{146,7}{5}} = 34,02 \text{ (rad)}$$

$$\text{Với } X_k \text{ thỏa mãn: } \text{tg} X_k = -\frac{R_{NT.S}}{R_{BS}} X_k = -\frac{0,396}{7,877} X_k = -0,0503 X_k$$

$$B = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{2 \cdot 0,396}{0,396 + \frac{1}{\cos^2 X_k}} e^{-\frac{X_k^2 \cdot 5}{\pi^2 \cdot 146,7}} = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{0,792}{0,0503 + \frac{1}{\cos^2 X_k}} e^{-3,453 \cdot 10^{-3} X_k^2}$$

Bảng 2-4: Bảng tính toán giá trị $B = \sum_{k=1}^{\infty} B_k$

k	X_k	$\cos(X_k)$	$\frac{1}{\cos^2(X_k)}$	$\frac{R_{NTsét}}{R_{bs}} + \frac{1}{\cos^2(X_k)}$	$e^{-3,453 \cdot 10^{-3} X_k^2}$	B_k
1	2,9922	-0,989	1,023	1,073	0,970	0,716
2	5,9905	0,957	1,091	1,141	0,883	0,613

3	8,9997	-0,911	1,205	1,255	0,756	0,477
4	12,0255	0,857	1,361	1,411	0,607	0,341
5	15,0597	-0,797	1,574	1,624	0,457	0,223
6	18,1107	0,739	1,830	1,880	0,322	0,136
7	21,1743	-0,685	2,134	2,184	0,213	0,077
8	24,2487	0,634	2,488	2,538	0,131	0,041
9	27,3324	-0,588	2,890	2,940	0,076	0,020
10	30,4239	0,547	3,342	3,393	0,041	0,010
11	33,5220	-0,510	3,843	3,894	0,021	0,004

Từ bảng ta có: $B = \sum_{k=1}^{11} B_k = 2,657$

Từ đó tính được: $Z_{XK}(0, \tau_{ds}) = A + B = 0,377 + 2,657 = 3,034(\Omega)$

Điện áp khi có dòng điện đi vào nối đất tại thời điểm $t = \tau_{ds}$ (thời điểm dòng điện sét đạt giá trị cực đại) là:

$$U_d = I \cdot Z_{XK}(0, \tau_{ds}) = 150 \cdot 3,034 = 455,1 \text{ kV} < U_{50\%MBA} = 460 \text{ kV}.$$

Vì giá trị của $U_d < U_{50\%MBA}$ nên hệ thống nối đất bổ sung trên đảm bảo yêu cầu của nối đất chống sét, vì vậy máy biến áp sẽ được an toàn khi có sét đánh vào trạm.

Kết luận: Như vậy phương án nối đất mạch vòng có nối đất bổ sung đảm bảo về yêu cầu của nối đất an toàn và nối đất chống sét. Vậy ta sử dụng phương án này để thực hiện nối đất cho trạm.

Phương án ta chọn có 29 cột chống sét như vậy số lượng sắt thép dùng trong nối đất bổ sung là: $L_2 = 29 \cdot (8 + 3 \times 3) = 493 \text{ (m)}$

Số lượng sắt thép dùng trong hệ thống nối đất là:

$$L_{\text{tổng}} = L + L_2 = 771,2 + 493 = 1264,2 \text{ (m)}$$

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, đi qua nhiều vùng khác nhau nên xác suất bị sét đánh tương đối nhiều 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.

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 1 km^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:

$$N = m_s \cdot n_{ngs} \cdot L \cdot 6h \cdot 10^{-3} \quad (3-1)$$

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

n_{ngs} : 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 qua 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:

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

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

ν_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:

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

Với: 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 \mathcal{G}_{pd} . Như thế ứng với số lần sét đánh N_i số lần phóng điện:

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

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.

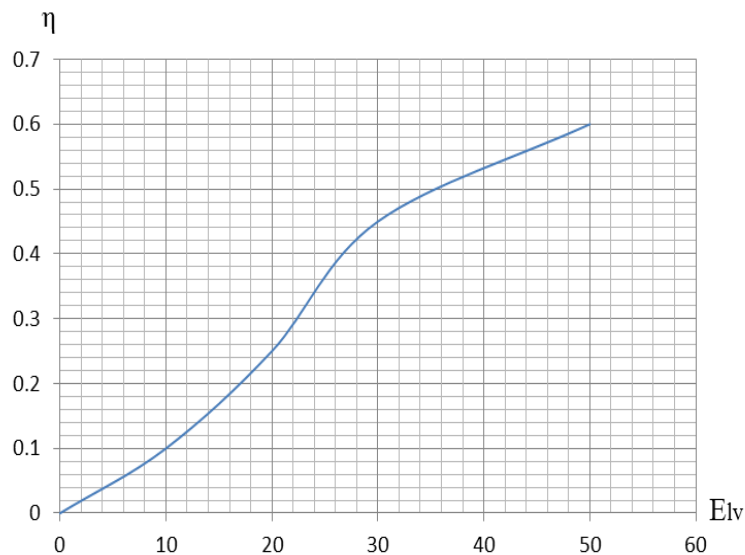
Bảng 3 - 1: Bảng xác suất hình thành hồ quang $\eta = f(E_{lv})$.

$E_{lv} = \frac{U_{lv}}{L_{cs}}$	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.

Ta có đồ thị như sau:



Hình 3- 1: Đồ thị $\eta = f(E_{tb})$.

Đối với đường dây dùng cột gỗ tính theo công thức

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

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

Vậy 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.

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

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 : 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 là:

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

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.

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

4.1. Mở đầu.

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 sét 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 1. 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. Lý thuyết 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.

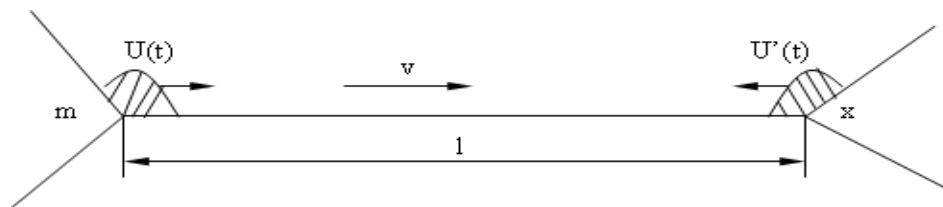
Sóng truyền vào trạm trên những khoảng cách không lớn giữa các nút, có thể coi quá trình truyền sóng là quá trình biến dạng. Vì sóng không biến dạng và truyền đi với vận tốc không đổi v trên đường dây nên nếu có sóng tới từ nút m nào đó tới nút x , tại m sóng có dạng $U_{mx}(t)$ thì khi sóng tới x sóng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

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

Với
$$\Delta t = \frac{l}{v}$$

l : khoảng cách từ nút m tới nút x

v : vận tốc truyền sóng

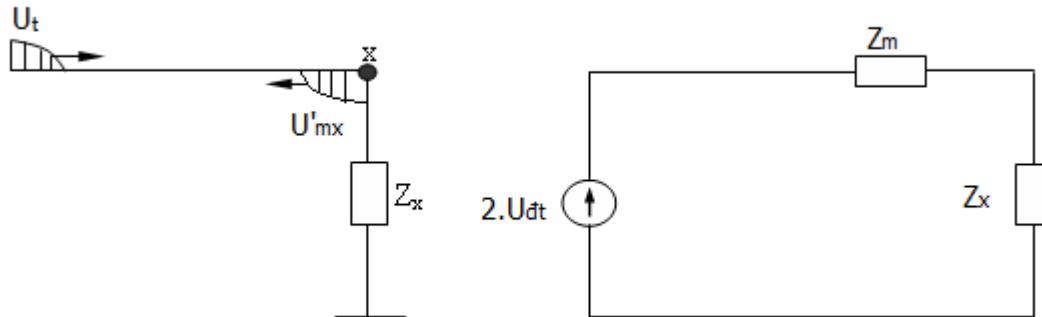


Hình 4-1: Quá trình truyền sóng giữa hai nút

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 dễ dàng giải được nhờ quy tắc Petersen và nguyên lý sóng đẳng trị.

- Theo quy tắc Petersen 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 sau.



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

Sóng khúc xạ U_x được tính như điện áp trên phần tử Z_x .

Sóng phản xạ : $U'_{mx} = U_x - U_t$ (U_t là sóng tới).

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.

Khi nút x có nhiều đường dây đi đến thì có thể lập sơ đồ Petersen 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 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.

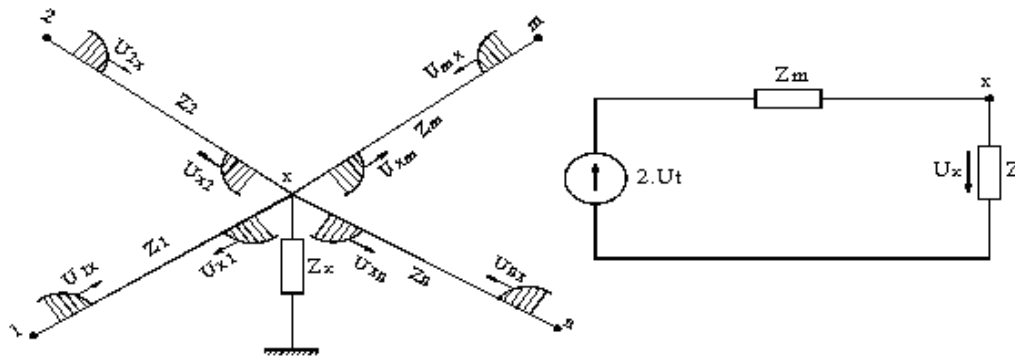
Giả thiết là giữa các phần tử này không có phát sinh hồ cảm và quy ước chiều dòng điện đi về phía điểm nút x là chiều dương thì ta có phương trình như sau :

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

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

Với : $U_{mx} = Z_m \cdot i_{mx}$

$U_{xm} = Z_m \cdot i_{xm}$



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

Từ đó ta có:

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

1

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

$$U_x = 2.U_{dt} - i_x.Z_{dt} \quad (4 - 1)$$

Với U_x : điện áp nút x.

I_x : dòng điện đi trong phần tử Z_x .

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

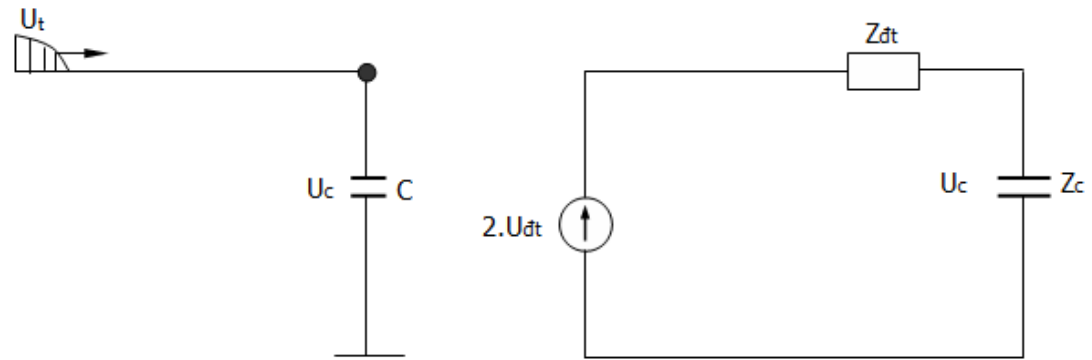
$$U_{dt} = \sum_{m=1}^n \left(\frac{Z_{dt}}{Z_m} . U_{mx} \right)$$

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

$$e(t) = \sum_{m=1}^n (\alpha_{mx} . U_{mx}) = \sum_{m=1}^n \left(2 . \frac{Z_{dt}}{Z_m} . U_{mx} \right) \quad (4 - 2)$$

Trong đó: $\alpha_{mx} = 2 . \frac{Z_{dt}}{Z_m}$: hệ số khúc xạ tại điểm x của sóng truyền từ mạch Z_m .

4.2.1. Xác định điện áp trên Z_x là điện dung



Hình 4- 4: Sơ đồ Petersen

Khi tổng trở Z_x chỉ có điện dung C thì phương trình điện áp được viết như sau

$$2.U_{dt}(t) = U_C(t) + Z_{dt}.i_C(t) \quad (4 - 3)$$

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 .

Ta có :

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

Thay vào công thức (4 – 3) ta có :

$$2.U_{dt}(t) = U_C(t) + Z_{dt} \cdot \frac{C.du_C}{dt} \quad (4 - 4)$$

Từ công thức (4 – 4) 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 $U_C(0) = 0$

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

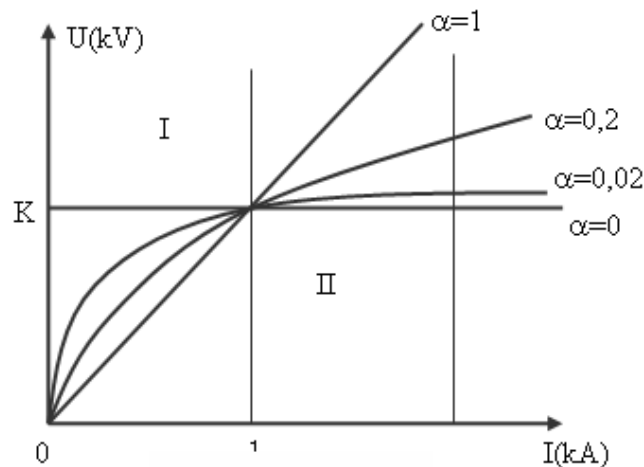
Việc tính toán bảo vệ chống sóng truyền vào trạm chính là việc tính toán để chọn chống sét van.

Chống sét van được phân làm hai loại :

- + Chống sét van có khe hở
- + Chống sét van không khe hở.

Ta chọn loại chống sét van không khe hở để bảo vệ chống sóng 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, 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.

Miền II ứng với miền làm việc của chống sét van (có dòng điện $I \geq 1\text{kA}$) 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 SiC 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 đập hồ quang.

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

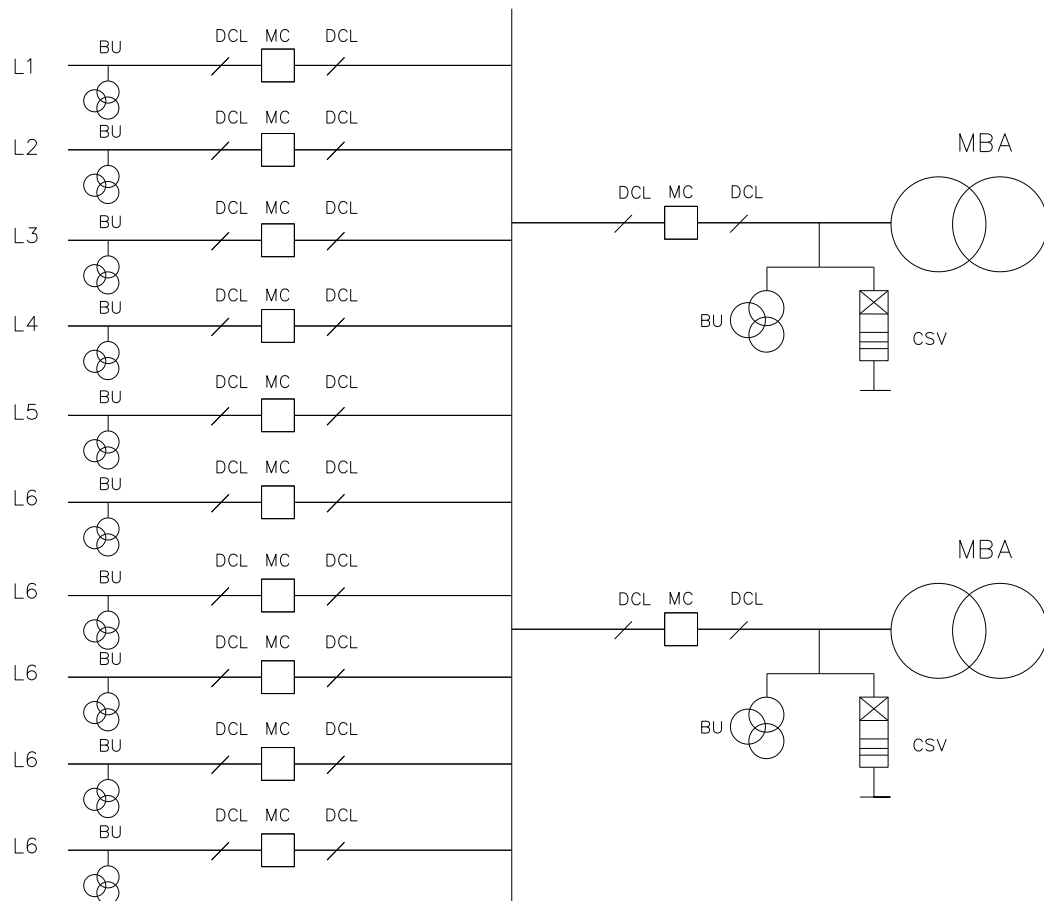
Từ sơ đồ Petersen hình (4- 4) ta có phương trình điện áp sau :

$$2U_{dt} = Z_{dt} \cdot I_{CSV} + K \cdot I_{CSV}^{\alpha}$$

Thông qua kết quả tính toán cùng hình vẽ mô tả lại quá trình truyền sóng ở các nút tại các thời điểm khác nhau ta thấy các thiết bị quan trọng của trạm biến áp đều được bảo vệ an toàn, ngay cả với những sóng sét có độ dốc khá lớn.

4.3. Tính toán bảo vệ chống sóng quá điện áp truyền vào trạm.

4.3.1. Mô tả trạm cần bảo vệ.



Hình 4 - 6. Sơ đồ một sợi phía 110kV trạm biến áp

Sơ đồ thay thế được lập như sau:

+ Trong sơ đồ này đường dây thanh góp được thay thế bằng mạch gồm nhiều chuỗi phần tử hình π điện dung được lấy theo tổng trở sóng và tốc độ truyền sóng của chúng.

+ Trong tính toán thường lấy gần đúng tổng trở sóng $Z = 400\Omega$ cho cả đường dây và thanh góp. Tốc độ truyền sóng lấy: $v = 300\text{m}/\mu\text{s}$.

Các thiết bị khác được thay bằng điện dung tập trung tương đương của nó. Có thể lấy trị số theo bảng 4.1.

Bảng 4 - 1. Giá trị điện dung của các thiết bị trong trạm

Loại thiết bị	Đặc tính của thiết bị	Điện dung, pF	
		Giới hạn	Trung bình
Máy biến áp điện lực	Công suất lớn, có bù điện dung	1000-3000	1500
	Công suất bé, không bù điện dung	300-1000	500
Máy biến áp đo lường		200-500	300
Máy cắt điện	Ở trạng thái đóng	300-800	500
	Ở trạng thái mở	200-500	300
Dao cách ly	Ở trạng thái đóng	40-80	60
	Ở trạng thái mở	30-60	40
Sứ xuyên	Kiểu tụ điện	150-300	200
	Kiểu khác	100-200	150

Các thiết bị chính cần được bảo vệ trong trạm là: Máy biến áp, thanh góp, máy biến điện áp, chống sét van.

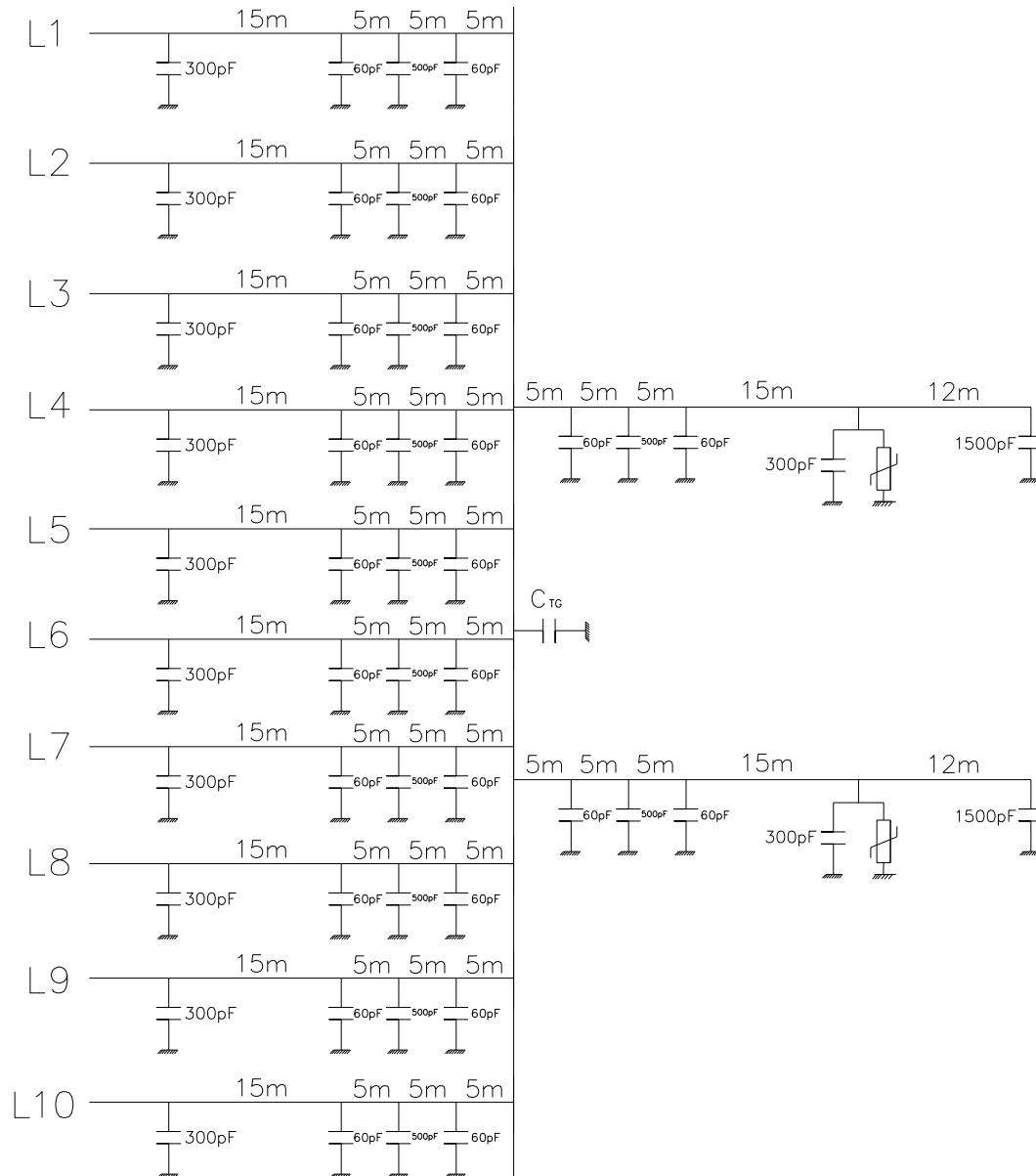
Ta tính giá trị điện dung thay thế của các thiết bị như sau

+ Máy biến áp: $C_{MBA} = 1500 \text{ pF}$.

+ Dao cách ly và máy cắt: $C_{DCL} = 60\text{pF}$ và $C_{MC} = 500 \text{ pF}$.

+ Thanh góp: $C_{TG} = C_{0-TG} \cdot l_{TG} = 8,33.172 = 1432,76 \text{ pF}$

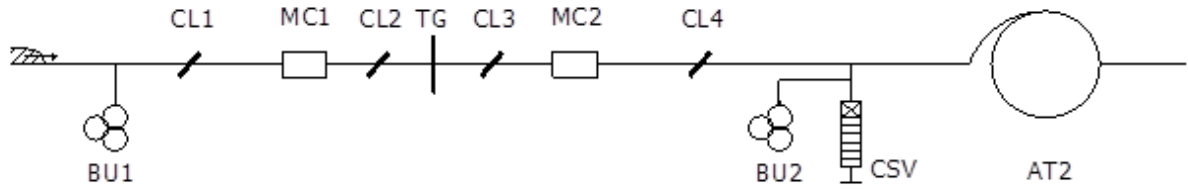
Ta có sơ đồ thay thế dạng đầy đủ như sau:



Hình 4 - 7. Sơ đồ thay thế tính toán dạng đầy đủ của các thiết bị

4.3.2. Lập sơ đồ thay thế tính toán trạng thái sóng của trạm.

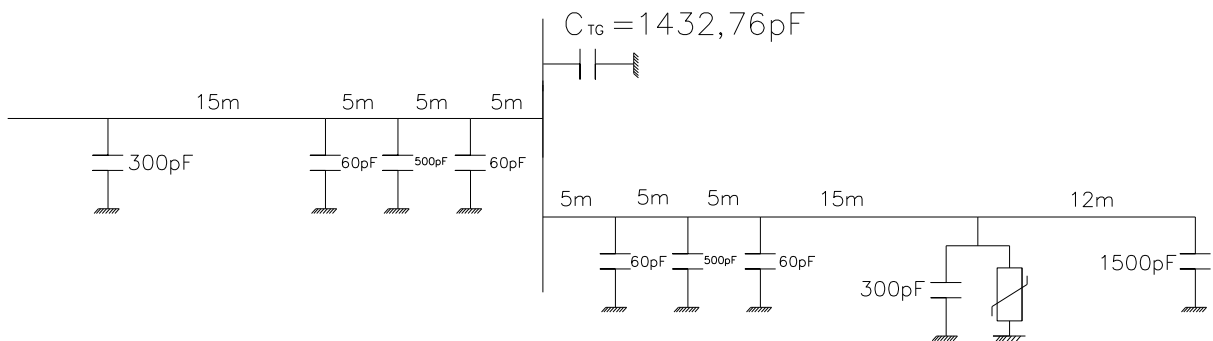
Ta nhận thấy rằng trạng thái vận hành nguy hiểm nhất là trạng thái chỉ vận hành một máy biến áp. Bởi vì sóng sét truyền trên đường dây nối vào thanh góp thì sóng sét sẽ bị phân tán, tác dụng lên cách điện của trạm sẽ không còn mạnh như ban đầu nữa, nhưng nếu có một đường dây thì sóng sẽ truyền theo đường dây vào trạm gây nguy hiểm cho cách điện của trạm. Vậy ta xét trường hợp vận hành với một đường dây và một máy biến áp.



Hình 4 - 8. Sơ đồ tính toán trạng thái sóng nguy hiểm nhất.

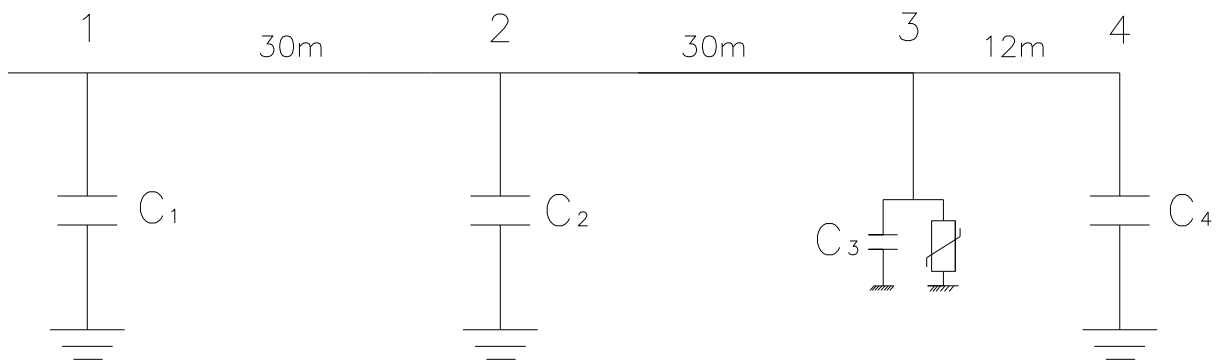
Từ sơ đồ thay thế trạng thái sóng nguy hiểm ta rút gọn sơ đồ về 4 điểm như sau:

- + Điểm 1: điểm đặt máy biến điện áp BU1.
- + Điểm 2: điểm đặt tại thanh góp.
- + Điểm 3: điểm đặt tại chống sét van.
- + Điểm 4: điểm đặt tại máy biến áp.



Hình 4 - 9. Sơ đồ thay thế tính toán trạng thái sóng nguy hiểm nhất.

Sơ đồ rút gọn như sau:



Hình 4 - 10. Sơ đồ rút gọn trạng thái sóng truyền.

Từ sơ đồ ta có khoảng cách giữa các điểm như sau:

- + Khoảng cách giữa điểm 1 và điểm 2: $L_{12} = 30 \text{ m}$.
- + Khoảng cách giữa điểm 2 và điểm 3: $L_{23} = 30 \text{ m}$.

+ Khoảng cách giữa điểm 3 và điểm 4: $L_{34} = 12 \text{ m}$.

+ Điện dung tập trung tại điểm đặt máy biến áp đường dây là:

$$C_1 = 300 + 60 \cdot \frac{15}{30} + 500 \cdot \frac{10}{30} + 60 \cdot \frac{5}{30} = 506,7$$

+ Điện dung tập trung tại thanh góp là:

$$C_2 = 1432,76 + 60 \cdot \frac{15}{30} + 500 \cdot \frac{20}{30} + 60 \cdot \frac{25}{30} + 500 \cdot \frac{20}{30} + 60 \cdot \frac{25}{30} = 2229,43 \text{ pF}$$

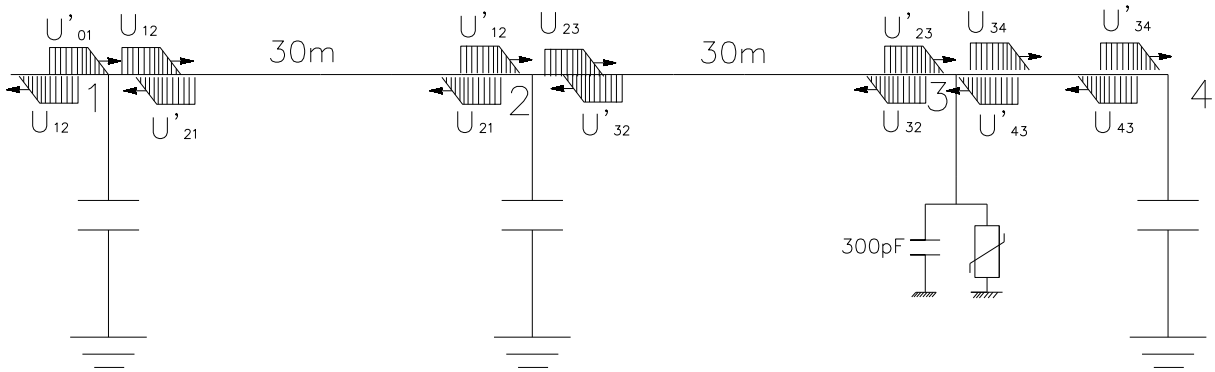
+ Điện dung tập trung tại điểm đặt chống sét van:

$$C_3 = 60 \cdot \frac{5}{30} + 500 \cdot \frac{10}{30} + 60 \cdot \frac{15}{30} + 300 = 506,7 \text{ pF}$$

+ Điện dung tập trung tại máy biến áp:

$$C_4 = C_{MBA} = 1500 \text{ pF}$$

a) Tính điện áp tại tất cả các nút trên sơ đồ.



Thời gian truyền sóng giữa nút 1 và nút 2 là:

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

Thời gian truyền sóng giữa nút 2 và nút 3 là:

$$t_{23} = \frac{L_{23}}{v} = \frac{30}{300} = 0,1 \mu s$$

Thời gian truyền sóng giữa nút 3 và nút 4 là:

$$t_{34} = \frac{L_{34}}{v} = \frac{12}{300} = 0,04 \mu s$$

Ta chọn $\Delta t = 0,02 \mu s$

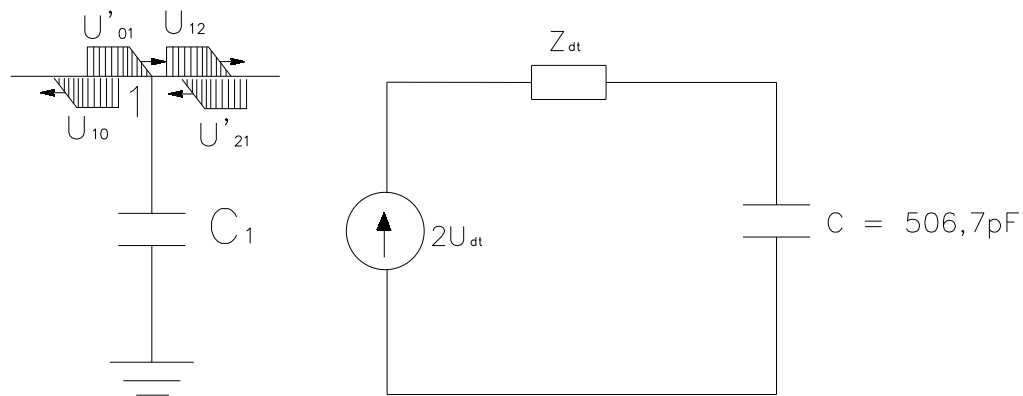
• Nút 1:

$$\text{Ta có: } Z_{dt1} = \frac{1}{2} \cdot Z = \frac{1}{2} \cdot 400 = 200 \Omega$$

$$\alpha = \frac{2 \cdot Z_{dt1}}{Z} = \frac{2 \cdot 200}{400} = 1$$

$$2U_{dt} = \sum a_{m1} \cdot U'_{m1} = U'_{01} + U'_{21}$$

Ta có sơ đồ như sau:



Ta tính được tham số T_{c1} :

$$T_{c1} = Z_{dt} \cdot C_1 = 200 \cdot 506,7 \cdot 10^{-6} = 0,101 \mu s$$

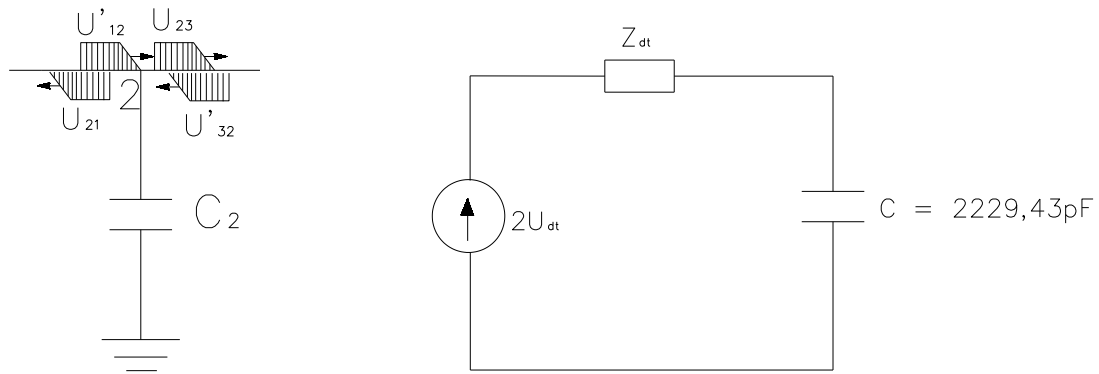
$$\begin{aligned} \Delta U_{C1} &= (2U_{dt1}(t) - U_{C1}(t)) \cdot \frac{\Delta t}{T_{C1}} \\ &= \frac{0,02}{0,101} (2U_{dt1} - U_{C1}) = 0,198 (2U_{dt1} - U_{C1}) \end{aligned}$$

$$U_1(t + \Delta t) = U_1(t) + \Delta U_{C1}$$

$$U_{12} = U_1 - U'_{21}$$

• Nút 2:

Sơ đồ nút 2 như sau:



$$\text{Ta có: } Z_{dt2} = \frac{1}{2} \cdot Z = \frac{1}{2} \cdot 400 = 200\Omega$$

$$\alpha = \frac{2 \cdot Z_{dt2}}{Z} = \frac{2 \cdot 200}{400} = 1$$

$$2U_{dt2} = \sum a_{m2} \cdot U'_{m2} = U'_{12} + U'_{32}$$

Ta tính được tham số \$T_{C2}\$:

$$T_{C2} = Z_{dt2} \cdot C_2 = 200 \cdot 2229,43 \cdot 10^{-6} = 0,446 \mu\text{s}$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{C2} &= (2U_{dt2}(t) - U_{C2}(t)) \cdot \frac{\Delta t}{T_{C2}} \\ &= \frac{0,02}{0,446} (2U_{dt2} - U_{C2}) = 0,045 (2U_{dt2} - U_{C2}) \end{aligned}$$

$$U_2(t + \Delta t) = U_2(t) + \Delta U_{C2}$$

$$U'_{32}(t) = U_{32}(t - t_2) = U_{32}(t - 0,1)$$

$$U'_{12}(t) = U_{12}(t - t_1) = U_{12}(t - 0,1)$$

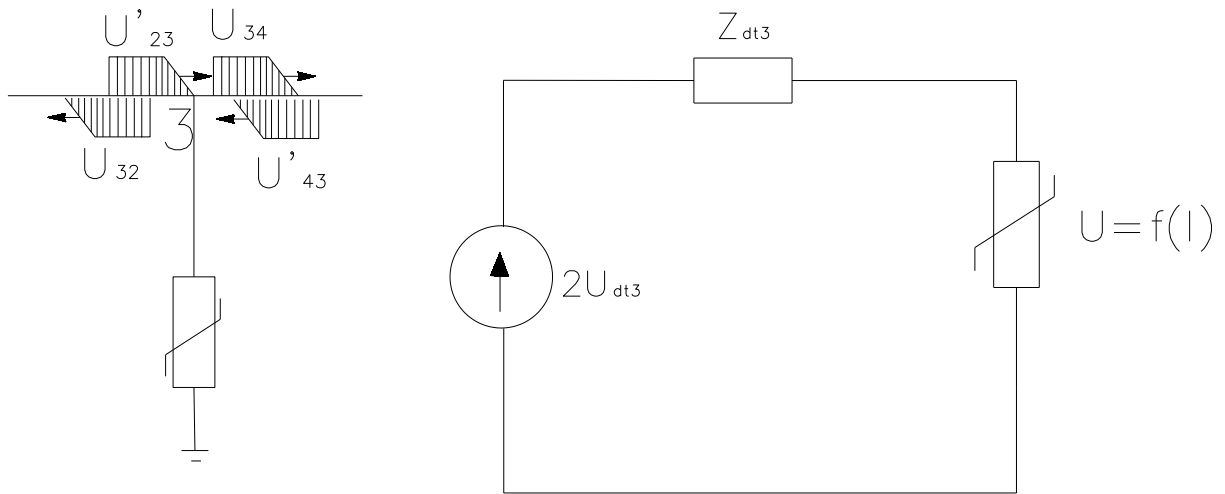
$$U_{23} = U_2 - U'_{32}$$

$$U_{21} = U_2 - U'_{12}$$

• Nút 3:

Khi tính toán ta bỏ qua điện dung \$C_3\$ do giá trị của \$C_3\$ chỉ ảnh hưởng tới độ dốc mà không ảnh hưởng tới biên độ của sóng truyền tới nút đặt CSV. Giá trị \$C_3\$ càng lớn thì độ dốc càng bé.

Vậy ta tính với trường hợp nguy hiểm hơn là TH bỏ qua C_3 , nếu CSV bảo đảm an toàn thì ở trường hợp có điện dung C_3 CSV cũng đảm bảo được.



Ta có:
$$Z_{dt3} = \frac{1}{2} \cdot Z = \frac{1}{2} \cdot 400 = 200 \Omega$$

$$\alpha = \frac{2 \cdot Z_{dt3}}{Z} = \frac{2 \cdot 200}{400} = 1$$

$$2U_{dt3} = \sum a_{m3} \cdot U'_{m3} = U'_{23} + U'_{43}$$

$$U'_{23}(t) = U_{23}(t - t_2) = U_{23}(t - 0,1)$$

$$U'_{43}(t) = U_{43}(t - t_3) = U_{43}(t - 0,04)$$

$$U_{34} = U_3 - U'_{43}$$

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

$$2U_{dt3} = I_{CSV} \cdot Z_{dt3} + U_{CSV}$$

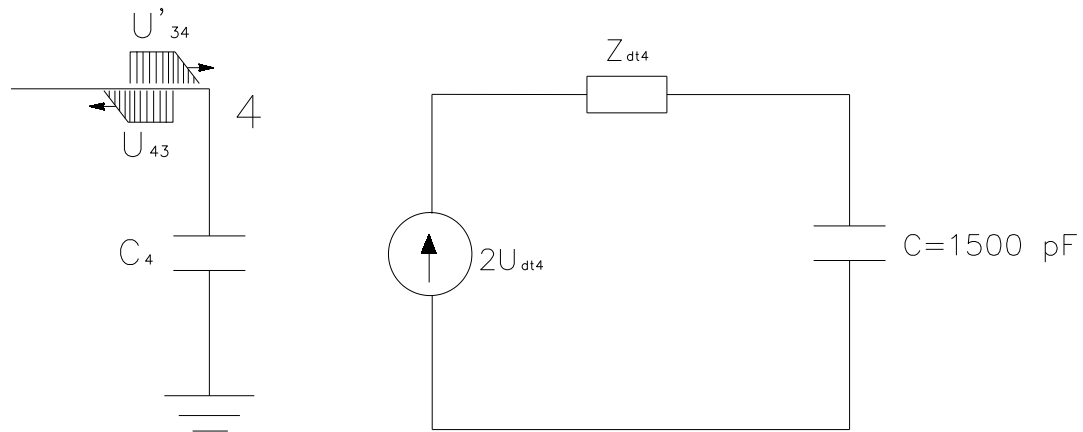
• Nút 4:

$$Z_{dt4} = Z = 400 \Omega$$

$$\alpha = \frac{2 \cdot Z_{dt4}}{Z} = \frac{2 \cdot 400}{400} = 2$$

$$2U_{dt4} = \sum a_{m4} \cdot U'_{m2} = 2 \cdot U'_{34}$$

Sơ đồ như sau



Ta tính được tham số T_{C4} :

$$T_{C4} = Z_{dt4} \cdot C_4 = 400 \cdot 1500 \cdot 10^{-6} = 0,6 \mu s$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{C4} &= (2U_{dt4}(t) - U_{C4}(t)) \cdot \frac{\Delta t}{T_C} \\ &= \frac{0,02}{0,6} (2U_{dt4} - U_4) = 0,033(2U_{dt4} - U_4) \end{aligned}$$

$$U_4(t + \Delta t) = U_4(t) + \Delta U_{C4}$$

$$U'_{34}(t) = U_{34}(t - t_3) = U_{34}(t - 0,04)$$

$$U_{43} = U_4 - U'_{34}$$

b) *Tính toán cụ thể:*

- Trường hợp 1:

Đặc tính của chống sét van là: $U = 258 \cdot I^{0,025}$ (kV)

Sóng tới có dạng xiên góc:

$$u = \begin{cases} 300t & t \leq 2,2 \mu s \\ 660 & t > 2,2 \mu s \end{cases}$$

Ta có bảng kết quả điện áp các nút khi sóng tới có độ dốc $a = 300 \text{ kA}/\mu s$ được trình bày ở Phụ lục 1.

- Trường hợp 2:

Đặc tính của chống sét van là: $U = 258.I^{0,025}$ (kV)

Sóng tới có dạng xiên góc:

$$u = \begin{cases} 500t & t \leq 1,32\mu s \\ 660 & t > 1,32\mu s \end{cases}$$

Tính toán tương tự trường hợp 1 ta cũng thu đc bảng kết quả điện áp các nút khi sóng tới có độ dốc là $500 \text{ kA}/\mu s$ được trình bày ở Phụ lục 2.

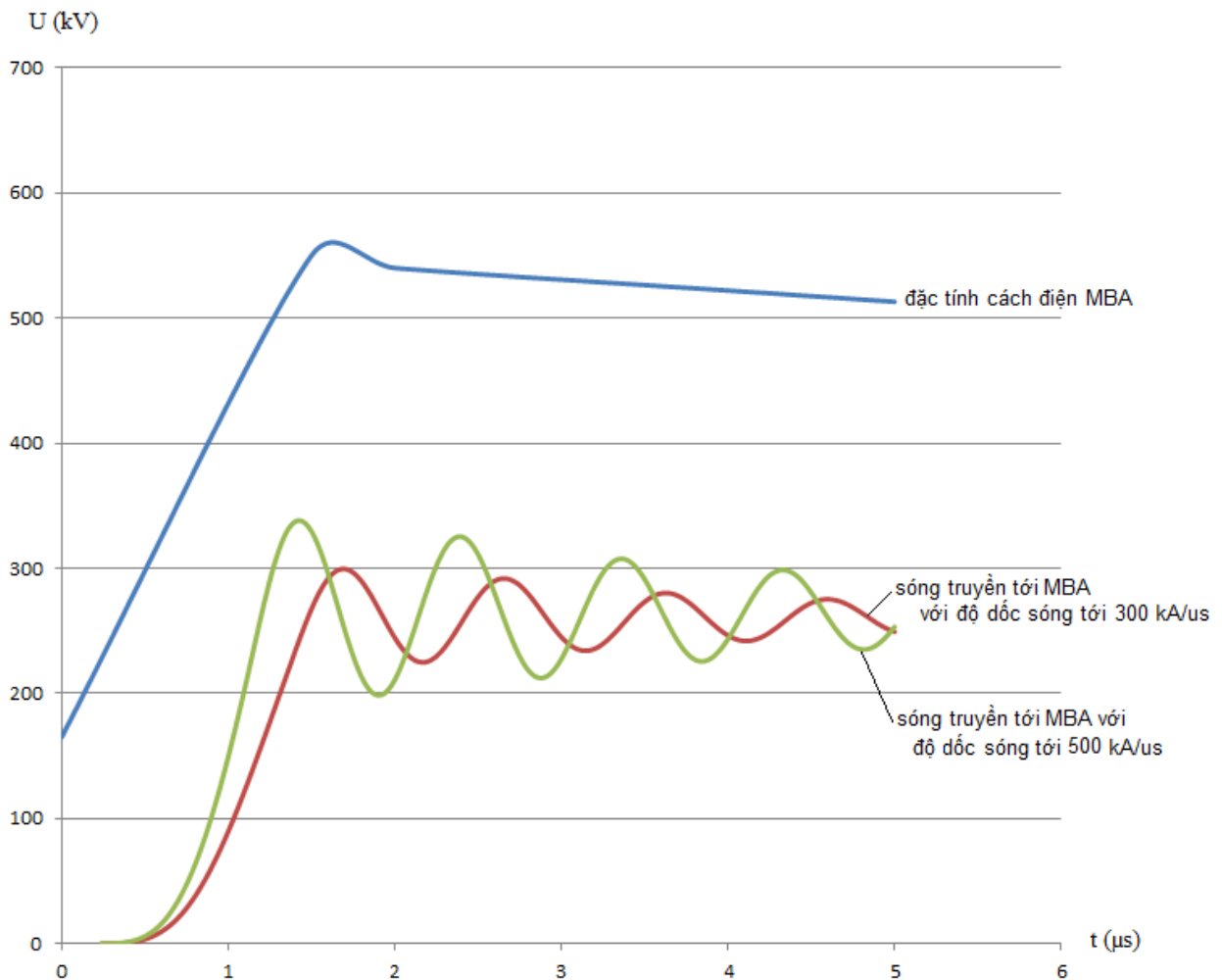
- Kiểm tra đặc tính cách điện ở các nút cần bảo vệ.

+Đặc tính cách điện của máy biến áp 110kV

Tra trong giáo trình kỹ thuật điện cao áp ta có đặc tính cách điện của máy biến áp theo điện áp chịu đựng $U_{dm}=110\text{kV}$; $U_{max}=550\text{kV}$

Bảng 4 - 2. Đặc tính chịu đựng của máy biến áp

$t (\mu s)$	0	1,5	2	4	6	8	10
U/U_{max}	0,3	1	0,98	0,95	0,92	0,89	0,85
$U(kV)$	165	550	539	522,5	506	489,5	467,5

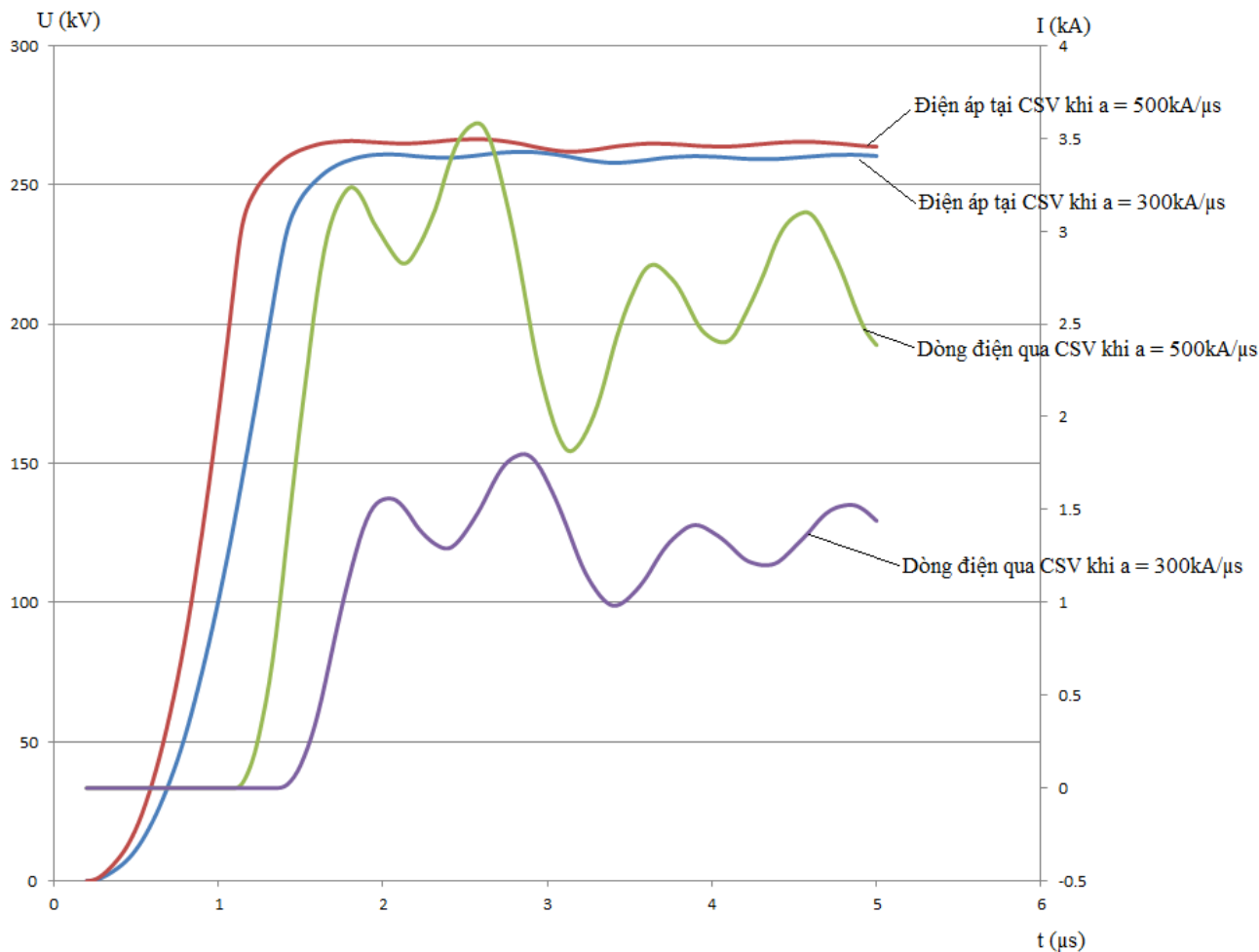


Hình 4 - 11. Đồ thị điện áp đặt lên cách điện máy biến áp.

Ta thấy đường điện áp sóng truyền vào trạm luôn nằm dưới đường đặc tính cách điện của máy biến áp. Vì vậy máy biến áp được bảo vệ an toàn trước sóng quá điện áp.

+ Điểm nút chống sét van.

Đồ thị biểu diễn điện áp và dòng điện tại nút đặt chống sét van



Hình 4 - 12. Đồ thị điện áp và dòng điện tại nút đặt chống sét van

Ta thấy: Dòng điện qua CSV tăng nhanh trong khoảng 1 - 2 μ s đầu tiên, sau đó dao động xung quanh 1 giá trị. Giá trị này nhỏ hơn giá trị Giá trị an toàn là 10kA. Điều này đảm bảo là CSV hoạt động tốt.

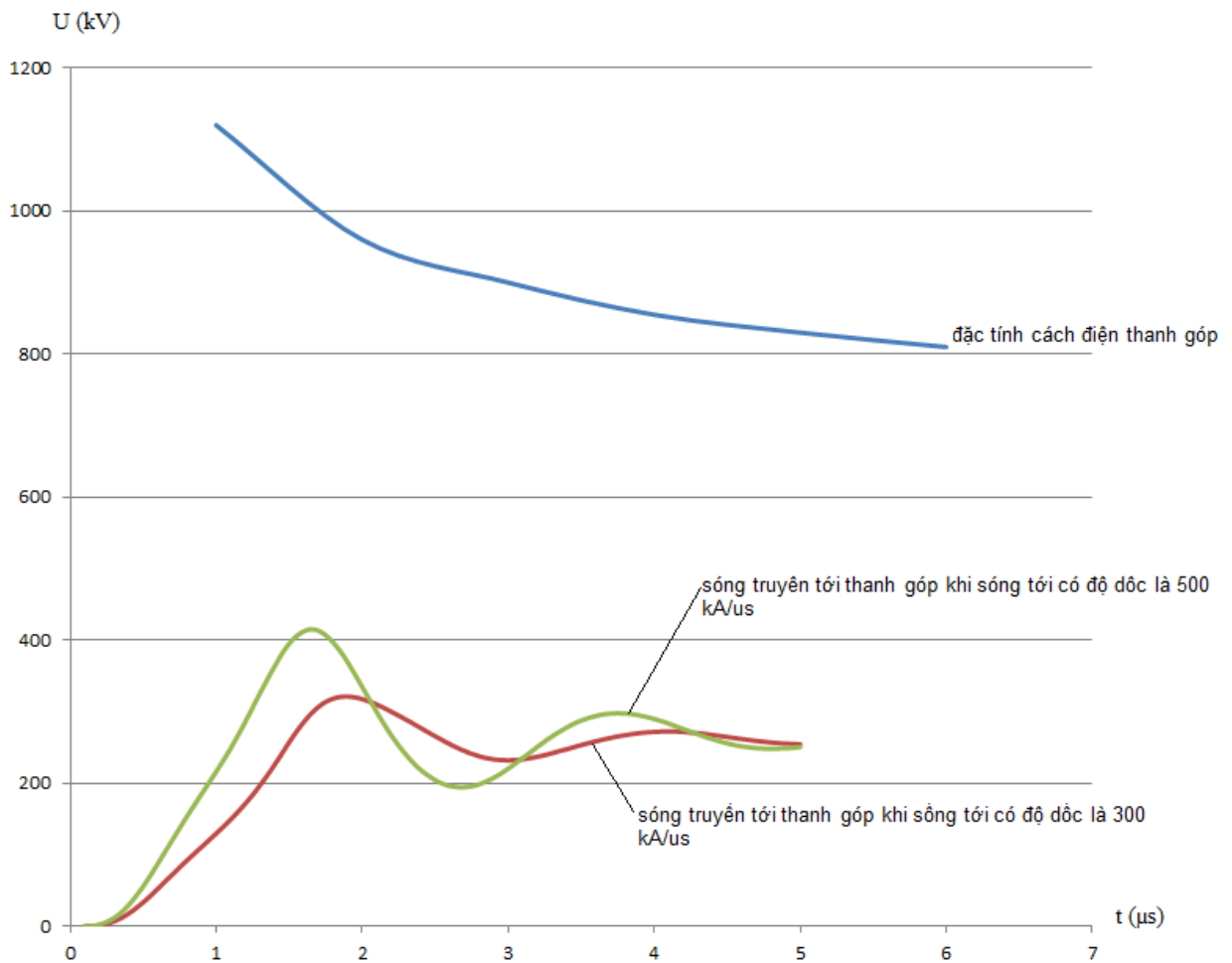
+ Kiểm tra an toàn cách điện cho thanh góp 110 kV.

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

Bảng 4 - 5: Đặc tính V-s của thanh góp

$t(\mu s)$	1	2	3	4	5	6	8	10
U(kV)	1120	960	900	855	830	810	805	800

Đồ thị sau biểu diễn sóng truyền tới thanh góp.



Hình 4 - 13. Đồ thị điện áp đặt lên cách điện của thanh góp

Ta thấy đường điện áp sóng truyền tại nút thanh góp luôn nằm dưới đường đặc tính cách điện của thanh góp nên thanh góp được đảm bảo an toàn.

4.4. Kết luận.

Thông qua kết quả tính toán cùng hình vẽ mô tả lại quá trình truyền sóng ở các nút tại các thời điểm khác nhau ta thấy các thiết bị quan trọng của trạm biến áp đều được bảo vệ an toàn, ngay cả với những sóng sét có độ dốc khá lớn.

KẾT LUẬN

Thiết kế hệ thống chống sét là một 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 3 tháng làm việc nghiêm túc với sự chỉ bảo tận tình của Thạc sĩ Phạm Đức Thuận em đã hoàn thành đồ án. Nó đã mang lại cho em nhiều kiến thức bổ ích về chống sét 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 hệ thống bảo vệ chống sét cho trạm biến áp
- 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 lĩnh vực rộng lớn, nó không chỉ đơn thuần trong hệ thống điện mà còn ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực sản xuất và đời sống. Trong thời gian 3 tháng, mặc dù đã rất nỗ lực, tuy nhiên đây mới chỉ là nghiên cứu lý thuyết nên đồ án còn nhiều thiếu sót. Em rất mong được thầy cô và các bạn góp ý để Đồ án được hoàn thiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Văn Tóp, “Kỹ thuật điện cao áp – Quá điện áp và bảo vệ chống quá điện áp”, Hà nội, 2007.
- [2] Võ Viết Đạn, “Giáo trình Kỹ thuật điện cao áp”, Hà Nội, 1972.
- [3] Nguyễn Thị Minh Chúc, “Hướng dẫn Thiết kế tốt nghiệp Kỹ thuật điện cao áp”, Hà Nội, 2002.
- [4] Nguyễn Đình Thắng, “Vật liệu kỹ thuật điện”, Hà nội, 2005.
- [5] Đào Quang Thạc, TS. Phạm Văn Hòa, “Phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp”, Hà Nội, 2005.
- [6] Trần Bách, “Lưới điện & Hệ thống điện (tập 3)”, Hà Nội, 2005.
- [7] <http://www.chongsettoanquoc.com/> Nghiên cứu chống sét và các biện pháp phòng chống.