

Chương 2 TIÊU CHUẨN CHỐNG SÉT CHO CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG

Để chống sét cho một công trình xây dựng, việc áp dụng các tiêu chuẩn là quan trọng. Các tiêu chuẩn đó là cơ sở khoa học, là quy phạm để thiết kế lắp đặt hệ thống chống sét có hiệu quả. Các tiêu chuẩn tham khảo chính để thiết kế chống sét cho công trình xây dựng:

1. TCXD 46 – 1984: Chống sét cho công trình xây dựng – Tiêu chuẩn thiết kế thi công.
2. TCXD 46 – 2007: Chống sét cho công trình xây dựng – Hướng dẫn thiết kế, kiểm tra và bảo trì hệ thống.
3. NFC 17 -102: Tiêu chuẩn chống sét của Pháp.
4. TCN 68-141: 1995: Tiếp đất cho các công trình Viễn thông, yêu cầu kỹ thuật.

2.1. Xác định cấp bảo vệ và vùng bảo vệ [2][11][14][20]

2.1.1. Xác định tần số sét đánh vào công trình

Theo tiêu chuẩn NFC 17 -102, việc xác định tần số sét đánh có thể xác định được như sau:

Tần số sét đánh trực tiếp N_d :

$$N_d = N_{gmax} \cdot A_c \cdot C_1 \cdot 10^{-6} \text{ (lần/1 năm)} \quad (2.1)$$

Trong đó :

N_{gm} : mật độ sét phóng xuống đất, là số lần sét phóng xuống mặt đất trên 1km^2 trong một năm. Giá trị N_{gm} thay đổi rất lớn, được tra ở bản đồ mật độ sét đánh trung bình trong năm ở Việt Nam (Phụ lục I).

A_c : vùng tập trung tương đương của công trình, là vùng có xác suất bị sét đánh giống như công trình ở cùng một điều kiện sét; C_1 là hệ số điều chỉnh phụ thuộc vào vị trí công trình được tra ở bảng 2.1

Đối với công trình có cấu trúc hình hộp chữ nhật với chiều dài là L , chiều rộng là W , chiều cao là H , thì vùng tập trung tương đương được tính:

$$A_c = LW + 6H(L + W) + 9\pi H^2 \quad [\text{m}^2] \quad (2.2)$$

Bảng 2.1. Hệ số phụ thuộc vào vị trí công trình

Vị trí công trình	C_1
Công trình nằm trong vùng có các cấu trúc khác, cây cao ngang hoặc cao hơn công trình	0,25
Công trình bao quanh bởi các công trình khác thấp hơn	0,5

Công trình độc lập, không có các công trình khác trong phạm vi 3H	1
Công trình nằm trên núi hay đồi cao	1

Khi vùng tập trung tương đương của công trình bao cho cả những công trình lân cận thì các công trình lân cận khỏi cần phải tính toán kỹ lưỡng.

Tần số sét chấp nhận được N_c :

$$N_c = 5,5/C \quad (2.3)$$

Trong đó: $C = C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5$. Các hệ số C_2, C_3, C_4, C_5 được tra từ bảng 2.2 đến 2.5.

Bảng 2.2. Hệ số cấu trúc công trình

C2			
Kết cấu	Kim loại	Thường	Dễ cháy
Kim loại	0,5	1	2
Thường	1	1	2,5
Dễ cháy	2	2,5	3

Bảng 2.3. Hệ số phụ thuộc vào vật liệu chứa trong công trình

C3	
Không giá trị và không dễ cháy.	0,5
Giá trị bình thường và có khả năng bắt lửa.	1
Giá trị cao và đặc biệt bắt lửa.	2
Giá trị cao, bắt lửa cao, dễ gây nổ.	3

Bảng 2.4. Hệ số phụ thuộc tính năng của công trình

C4	
Không có người làm việc thường xuyên	0,5
Có người làm việc thường xuyên	1
Tập trung đông người, khó sơ tán	3

Bảng 2.5. Hệ số phụ thuộc vào tác hại của sét

C5	
Công trình không yêu cầu hoạt động liên tục, không có tác hại đối với môi trường	1
Công trình yêu cầu hoạt động liên tục, có tác hại đối với môi trường	5
Có tác hại đối với môi trường	10

Nếu $N_d \leq N_c$: công trình có thể không cần hệ thống chống sét.

Nếu $N_d > N_c$: công trình cần thiết phải có hệ thống chống sét với hệ số:

$E = 1 - N_c / N_d$ cho phép lựa chọn cấp bảo vệ cho công trình. Dựa vào hệ số E, cho phép lựa chọn cấp bảo vệ cho công trình (Bảng 2.6)

Bảng 2.6. Bảng lựa chọn cấp bảo vệ

Hệ số E	Cấp bảo vệ lựa chọn	Dòng xung đỉnh (KA)	Khoảng cách tiên đạo (m)
$E > 0,98$	Cấp 1 + biện pháp bảo vệ bổ sung	-	-
$0,95 < E \leq 0,98$	Cấp 1	2,8	20
$0,80 < E \leq 0,95$	Cấp 2	9,5	45
$0 < E \leq 0,80$	Cấp 3	14,7	60

Khi một hệ thống chống sét có hệ số $E > 0,98$ thì phải sử dụng một số biện pháp bổ sung để tăng cường hiệu quả của các hệ thống, các biện pháp tiêu biểu là :

- Giảm điện áp bước và điện áp tiếp xúc.
- Giảm ảnh hưởng quá điện áp xung lên các thiết bị điện tử.

Như vậy, với tiêu chuẩn này, việc xác định xác suất sét đánh giúp nhà kỹ thuật quyết định có nên chống sét cho công trình hay không. Hơn nữa, thông qua việc tính hệ số E mà xác định mức độ bảo vệ hay cấp bảo vệ cho công trình.

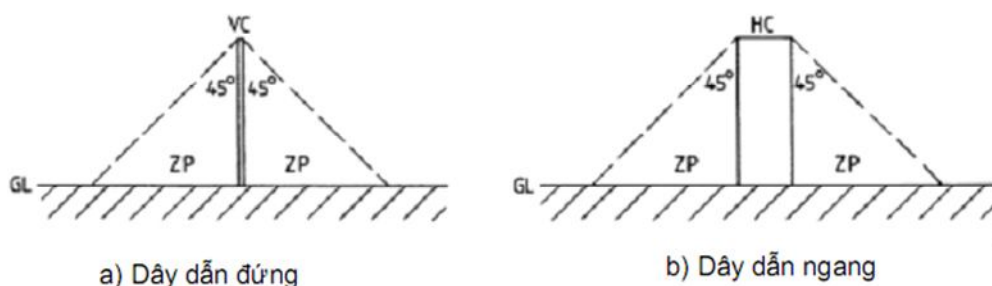
2.1.2. Vùng bảo vệ

Đối với hệ thống chống sét dùng kim thu Franklin, phương pháp xác định vùng bảo vệ của kim theo tiêu chuẩn chống sét TCXD 46 – 2007.

Vùng bảo vệ là thể tích mà trong giới hạn đó các bộ phận chống sét tạo ra một sự bảo vệ chống lại các cú phóng điện trực tiếp bằng việc thu các tia sét vào các bộ phận chống sét đó.

Kích thước và hình dáng của vùng bảo vệ thay đổi theo chiều cao của ngôi nhà hoặc chiều cao của các thiết bị thu sét thẳng đứng. Nói chung đối với các công trình không cao quá 20m, vùng bảo vệ của các bộ phận thu dẫn sét thẳng đứng từ dưới mặt đất lên được xác định là thể tích tạo bởi một hình nón với đỉnh của nó nằm ở đỉnh bộ phận thu sét và đáy nằm dưới mặt đất. Vùng bảo vệ của các bộ phận thu sét ngang được xác định bởi không gian tạo bởi hình nón có đỉnh nằm trên dây thu sét ngang chạy từ điểm đầu đến điểm cuối. Đối với những kết cấu cao hơn 20m, việc xác định vùng bảo vệ như trên có thể không áp dụng được, và cần phải có thêm các thiết bị chống sét lắp đặt để chống lại các cú sét đánh vào phía bên cạnh công trình.

Đối với các kết cấu không vượt quá 20m về chiều cao, góc giữa cạnh của hình nón với phương thẳng đứng tại đỉnh của hình nón gọi là góc bảo vệ. Đối với các kết cấu cao hơn 20m, góc bảo vệ của bất kỳ một bộ phận dẫn sét nào cao tới 20m cũng sẽ tương tự như đối với các bộ phận thu dẫn sét của các kết cấu thấp hơn 20m. Góc bảo vệ của bất cứ một bộ phận riêng nào của lưới thu sét, thu sét đứng hay nằm ngang, được quy định là 45° (Hình 2.1). Giữa hai hay nhiều hơn bộ phận thu sét thẳng đứng đặt cách nhau không quá 2 lần chiều cao của chúng thì góc bảo vệ tương đương có thể đạt tới 60° so với phương thẳng đứng.



Hình 2.1. Minh họa góc bảo vệ của bộ phận thu dẫn sét

Ghi chú:

VC: dây dẫn đứng

HC: dây dẫn ngang

ZP: vùng bảo vệ

GL: cốt nền

Phương pháp xác định vùng bảo vệ trên khá đơn giản và chỉ áp dụng cho hệ thống kim thu thông thường. Tuy nhiên, khi sử dụng thiết bị chống sét tiên tiến, người ta lại sử dụng phương pháp thể tích hấp thu (Collection Volume).

Phạm vi bảo vệ của đầu thu phát xạ sớm (nguyên lý được trình bày ở chương 4) được xây dựng trên phương pháp Collection Volume của tiến sĩ A.J.Eriksson (1979, 1980, 1987), trong tiêu chuẩn chống sét của Úc (NZS/AS1768-1991). Phương pháp này được mô tả như sau:

Điện tích Q phân bố dọc theo luồng điện phóng xuống gây sự tăng nhanh điện trường giữa nó và điểm tiếp đất. Khi đạt đến giá trị điện trường tới hạn, điểm tiếp đất phóng một luồng tiếp nhận lên trên. Khoảng cách ở nơi xảy ra sự kiện này gọi là “khoảng cách sét đánh”. Điện trường tới hạn tùy thuộc vào cả điện tích phóng xuống và cả khoảng cách đến điểm tiếp đất. Hình 2.2a cho thấy sự hình thành bán cầu, bán kính là khoảng cách sét đánh, bao quanh một điểm tiếp đất đơn độc, điện tích phóng càng lớn khoảng cách này càng lớn. Nếu luồng phóng xuống gần đến chu vi của hình cầu, vận tốc của nó có thể mang nó tiến đến trước để tiếp nhận một

luồng điện phóng lên khác. Hình 2.2 cũng cho thấy thể tích thu trở nên rộng hơn với sự tăng điện tích luồng. Có nghĩa là dòng điện sét càng lớn thể tích thu càng lớn.

Vùng bảo vệ được xây dựng từ một bán cầu phóng điện và một parabol giới hạn bán cầu đó. Đường Parabol này được hình thành trên các yếu tố vận tốc và hoàn chỉnh thể tích thu (Collection Volume) (Hình 2.2b). Tùy theo mức độ bảo vệ công trình, tương ứng với điện lượng hay cường độ sét, mà ta xác định được vùng bảo vệ khác nhau.

Mối liên hệ thực nghiệm giữa cường độ sét và điện lượng:

$$I = 10,6.Q^{0,7} \quad (2.4)$$

Với I đo bằng KA, Q đo bằng Coulombs (C)

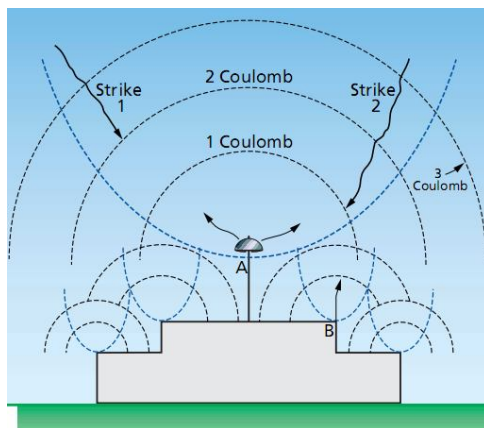
Ví dụ: Một dòng sét có biên độ 6,5KA sẽ ứng với một điện tích tiên đạo xấp xỉ 0,5C (Bảng 2.7).

Bảng 2.7. Mối liên hệ giữa biên độ dòng sét, điện tích tia tiên đạo và mức độ bảo vệ.

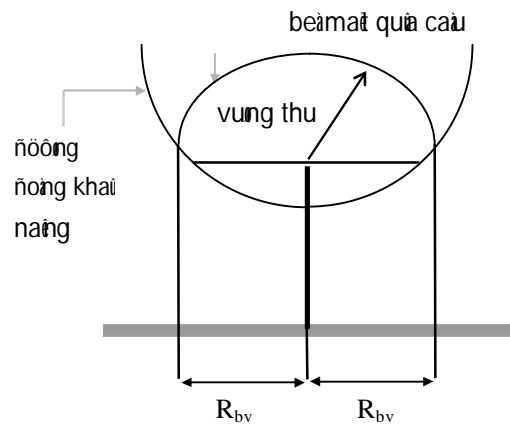
Điện lượng (C)	Cường độ sét (kA)	Phần trăm bảo vệ	Mức bảo vệ
0,5	6	98	cao
1	10	93	Trung bình
1,5	15	85	Tiêu chuẩn

Kim thu sét được đặt trên công trình sao cho vùng bảo vệ của nó phủ khắp vùng thu sét của các điểm cạnh tranh của cấu trúc (đỉnh nhọn nhô ra, góc nhọn, gờ mái,...) hay nói cách khác bán kính vùng bảo vệ R_{bv} của kim thu phải bao trùm bán kính vùng cạnh tranh R_{ct} của các điểm cạnh tranh.

Bán kính vùng bảo vệ tùy thuộc vào độ cao công trình, độ cao cột đỡ và mức độ bảo vệ.



a)



b)

Hình 2.2. Minh họa phương pháp thể tích thu

2.2. Các bộ phận cơ bản của hệ thống chống sét [2]

Khi lựa chọn vật liệu, cần xem xét nguy cơ bị ăn mòn. Kích thước của các bộ phận hợp thành trong một hệ thống chống sét cần đảm bảo các yêu cầu nêu trong Bảng II.1 và Bảng II.2 ở phụ lục 2.

Các bộ phận cơ bản của hệ thống chống sét theo tiêu chuẩn TCXD 46 – 2007 bao gồm:

- a) Bộ phận thu sét
- b) Bộ phận dây xuống
- c) Điểm kiểm tra đo đạc
- d) Bộ phận nối đất

2.2.1. Bộ phận thu sét

Bộ phận thu sét có thể là các kim thu sét hoặc lưới thu sét hoặc kết hợp cả hai. Sau đây là các nguyên tắc cơ bản:

Đối với những dạng mái bằng có diện tích lớn thường sử dụng lưới thu sét khẩu độ 10 mét x 20 mét. Đối với những mái có nhiều nóc, nếu khoảng cách S giữa hai nóc lớn hơn $10 + 2H$, trong đó H là độ cao của nóc (tất cả được tính bằng đơn vị mét) thì phải bổ sung thêm các dây thu sét.

Đối với những công trình bê tông cốt thép, bộ phận thu sét có thể được đầu nối vào hệ cốt thép của công trình tại những vị trí thích ứng với số lượng dây xuống cần thiết theo tính toán.

Tất cả các bộ phận bằng kim loại nằm ngay trên mái hoặc cao hơn bề mặt của mái đều được nối đất như một phần của bộ phận thu sét.

Lớp phủ đỉnh tường, đỉnh mái và lan can bằng kim loại, lưới bằng kim loại ở sân thượng nên được tận dụng làm một phần của bộ phận thu sét.

2.2.2. Dây xuống

- Khái niệm chung

Chức năng của dây xuống là tạo ra một nhánh có điện trở thấp từ bộ phận thu sét xuống cực nối đất sao cho dòng điện sét được dẫn xuống đất một cách an toàn.

Tiêu chuẩn này bao hàm cả việc sử dụng dây xuống theo nhiều kiểu bao gồm cách sử dụng thép dẹt, thép tròn, cốt thép và trụ kết cấu thép... Bất cứ bộ phận kết cấu công trình nào dẫn điện tốt đều có thể làm dây xuống và được kết nối một cách thích hợp với bộ phận thu sét và nối đất.

Trong thực tế, tùy thuộc vào dạng của công trình, thông thường cần có các dây xuống đặt song song, một số hoặc toàn bộ những dây xuống đó có thể là một phần của kết cấu công trình đó.

Tóm lại, hệ thống dây xuống khi có thể thực hiện được thì nên dẫn thẳng từ bộ phận thu sét đến mạng lưới nối đất và đặt đối xứng xung quanh các tường bao

của công trình bắt đầu từ các góc. Trong mọi trường hợp, cần phải lưu ý đến hiện tượng lan truyền sét.

- Bố trí dây xuống

Trong các công trình có chiều cao lớn, khung thép hoặc cốt thép trong bê tông phải được liên kết với nhau và tham gia vào sự tiêu tán dòng điện sét cùng với các ống thẳng đứng và các chi tiết tương tự, chúng nên được liên kết ở phần trên cùng và phần dưới cùng. Thiết kế của hệ thống chống sét do đó sẽ bao gồm các cột liên tục hoặc các trụ thẳng đứng được bố trí phù hợp. Với các công trình có khung thép hoặc các công trình bê tông cốt thép không cần thiết phải bố trí các dây xuống riêng rẽ.

Vị trí và khoảng cách các dây xuống trong công trình lớn thường phụ thuộc vào kiến trúc. Tuy nhiên, nên bố trí một dây xuống với khoảng cách giữa các dây là 20m hoặc nhỏ hơn theo chu vi ở cao độ mái hoặc độ cao nền. Công trình có chiều cao trên 20m phải bố trí các dây cách nhau 10m hoặc nhỏ hơn.

Dây xuống cần phải đi theo lối thẳng nhất có thể được giữa lưới thu sét và mạng nối đất. Khi sử dụng nhiều hơn một dây xuống thì các dây xuống cần được sắp xếp càng đều càng tốt xung quanh tường bao của công trình.

Trong việc quyết định tuyến xuống, cần phải cân nhắc đến việc liên kết dây xuống với các chi tiết thép trong công trình (xem mục 2.3).

Sử dụng cốt thép trong kết cấu bê tông làm đường dẫn xuống phải thỏa mãn các điều kiện dẫn điện liên tục, phải đảm bảo tiếp xúc giữa các cốt thép.

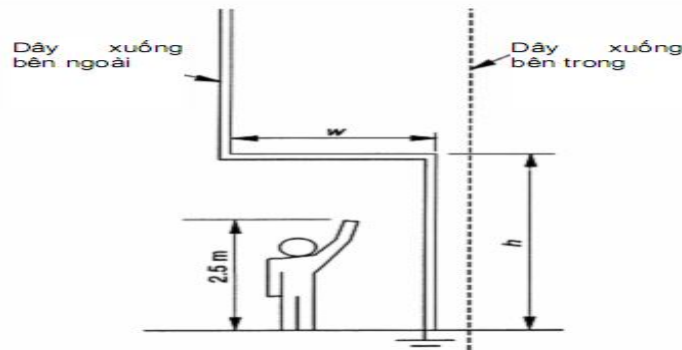
Khi khả năng bố trí tuyến dây xuống phía bên ngoài là không khả thi hoặc là không thích hợp, các dây xuống có thể được bố trí vào trong một ống rỗng bằng vật liệu phi kim loại, không cháy và được kéo thẳng xuống đất.

Điều kiện thực tế không phải lúc nào cũng cho phép các tuyến đi theo con đường thẳng nhất. Tuy có thể chấp nhận uốn góc nhọn tại một số vị trí, ví dụ như tại các gờ mái, nhưng cần lưu ý các nhánh vòng trong dây dẫn có thể làm điện cảm cao giảm xuống nhanh làm cho việc tiêu tán dòng điện sét có thể xảy ra phía hờ của nhánh vòng. Về cơ bản, rủi ro có thể xuất hiện khi chiều dài của dây dẫn tạo ra nhánh vòng vượt quá 8 lần chiều rộng phần hờ của mạch.

Tại các công trình có các sàn trên đua ra, cần xét tới nguy cơ lan truyền sét từ dây xuống bên ngoài đến người đứng ở dưới phần nhô ra. Rủi ro với người là không thể chấp nhận nếu chiều cao h của phần nhô ra nhỏ hơn 3m. Với phần nhô ra có chiều cao lớn hơn hoặc bằng 3m thì chiều rộng w của phần nhô ra phải nhỏ hoặc bằng (tính theo m) giá trị tính theo biểu thức:

$$w \leq 15(0,9h - 2,5) \quad (\text{nếu các dây xuống đi theo tuyến bên ngoài})$$

Cách xác định h và w của phần nhô ra được minh họa ở Hình 2.3



Hình 2.3. Đường đi của dây xuống với nhà có tầng trên đua ra

2.2.3. Mạng nối đất

Tất cả mạng nối đất nên có điện trở nối đất tổng hợp không vượt quá $10\ \Omega$ và không kể đến bất kỳ một liên kết nào với các thiết bị khác.

Nếu điện trở của toàn bộ hệ thống chống sét vượt quá $10\ \Omega$, có thể giảm giá trị đó bằng cách kéo dài hoặc thêm vào các điện cực hoặc bằng cách liên kết các cực nối đất riêng rẽ của các dây xuống với một dây dẫn được đặt sâu ít nhất 0,6m dưới mặt đất, đôi khi được gọi là cực nối đất mạch vòng. Các cực nối đất mạch vòng nên được bố trí bên dưới các thiết bị đầu vào công trình.

Việc làm giảm giá trị điện trở nối đất xuống dưới $10\ \Omega$ tạo thuận lợi cho việc giảm chênh lệch điện thế xung quanh các cực nối đất khi tiêu tán dòng điện sét. Nó có thể làm giảm nguy cơ lan truyền sét vào kim loại trong hoặc trên công trình.

Nên sử dụng mạng nối đất chung cho hệ thống chống sét và mọi thiết bị khác. Điện trở nối đất trong trường hợp này cần có giá trị thấp nhất đáp ứng bất cứ thiết bị riêng lẻ nào.

Các cực nối đất cần đáp ứng yêu cầu cách ly và nên bố trí một cực nối đất tham chiếu phục vụ cho mục đích đo kiểm tra.

- Quy định về cực nối đất

Trước khi bắt đầu quá trình thiết kế, cần quyết định về kiểu của cực nối đất thích hợp nhất với tính chất tự nhiên của đất.

Các cực nối đất gồm có các thanh kim loại tròn, dẹt, các ống hoặc kết hợp các loại trên hoặc là các bộ phận nối đất tự nhiên như cọc hay móng của công trình.

Khi sử dụng các thanh để nối đất, trừ nền đá, chúng nên được đóng vào lớp đất không phải đất đắp, đất lấp hoặc là loại đất dễ bị khô (theo mùa hay do nhiệt tỏa ra từ các thiết bị, nhà máy).

Cực nối đất có lớp bọc để sử dụng bên trong các kết cấu dạng bể chứa.

Khi sử dụng các thanh nối đất, chúng nên được đóng vào đất ngay bên dưới công trình và càng gần dây xuống càng tốt.

Khi sử dụng các thanh dẹt, lưới hay bản, có thể chôn chúng bên dưới công trình hoặc trong các rãnh sâu không chịu ảnh hưởng của mùa khô hạn hoặc các hoạt động nông nghiệp. Các thanh dẹt nên được bố trí hướng tâm từ điểm kết nối với dây xuống, số lượng và chiều dài của chúng được xác định sao cho có được điện trở nối đất cần thiết.

Nếu các hạn chế về không gian đòi hỏi sử dụng cách bố trí song song hoặc dạng lưới, nên bố trí khoảng cách giữa các thanh song song không nên nhỏ hơn 3m.

- Đo điện trở nối đất trong quá trình lắp đặt

Trong quá trình đóng các thanh vào đất, nên tiến hành đo điện trở nối đất. Làm như vậy sẽ biết được trạng thái ở đó không cần phải giảm tiếp điện trở nữa, đặc biệt khi đóng các thanh dài.

- Kết nối với mạng nối đất

Điểm kết nối với mạng nối đất phải có khả năng di dời và dễ dàng tiếp cận được từ trên mặt đất để thuận tiện cho việc kiểm tra, đo đạc và bảo dưỡng hệ thống chống sét. Nếu nằm dưới mặt đất, điểm kết nối nên được đặt trong một cái hố hoặc công được xây dựng cho mục đích kiểm tra.

- Vấn đề chống ăn mòn

Không cho phép bụi than xúc tiếp với các điện cực bọc đồng do tính chất ăn mòn nguy hiểm của chúng. Không nên nhồi muối vào đất xung quanh các cực nối đất.

Với những phân tích trên, việc thiết kế và lựa chọn kiểu cực nối đất phù hợp với với điều kiện đất và có điện trở nhỏ hơn 10 ohm là quan trọng. Nhà thiết kế cần chú ý vấn đề chống ăn mòn vật liệu cực nối đất, tránh việc sử dụng các phương pháp giảm điện trở suất của đất theo kinh nghiệm như đổ than cốc, đổ muối vào các cọc nối đất... Để dự tính được kiểu cực nối đất, số lượng thanh nối, nhà thiết kế cần phải khảo sát điện trở suất của các lớp đất, tính toán điện trở nối đất trước theo tiêu chuẩn TCN 68-141: 1995 (xem mục 3.1.2 chương 3).

2.3. Vấn đề nối đẳng thế, khoảng cách an toàn và bảo trì hệ thống chống sét [2][3][14]

2.3.1. Nối đẳng thế và khoảng cách an toàn

Khi dòng điện sét đi qua dây dẫn sét, có một sự chênh lệch điện thế giữa dây dẫn sét với các cấu trúc kim loại đặt nối đất bên cạnh. Sự phóng điện nguy hiểm có thể xảy ra giữa dây dẫn sét và những bộ phận kim loại này.

Phụ thuộc vào khoảng cách giữa dây dẫn sét với những bộ phận kim loại nối đất khác mà việc nối đẳng thế cần hay không cần thiết. Khoảng cách tối thiểu giữa chúng mà không xảy ra sự phóng điện nguy hiểm gọi là khoảng cách an toàn.

Khoảng cách an toàn phụ thuộc vào những yếu tố như: cấp bảo vệ, số dây dẫn sét, khoảng cách từ điểm nối đất đến các bộ phận kim loại đó.

Thông thường rất khó khăn khi thực hiện việc cách điện các bộ phận kim loại này với dây dẫn sét (do không thể đảm bảo khả năng cách điện, nhất là về lâu dài). Do đó lựa chọn phương án nối đẳng thế chúng với hệ thống chống sét là ưu việt hơn. Tuy nhiên việc nối đẳng thế không thực hiện với các loại ống dẫn chất gây cháy, gây nổ... trong trường hợp này nên đưa dây dẫn sét càng xa hơn so với khoảng cách an toàn càng tốt.

Việc nối đẳng thế được thực hiện tại bất cứ nơi nào có thể, tại điểm gần dây dẫn sét nhất của phần kim loại nối đất, để đảm bảo tạo một điện thế cân bằng giữa dây dẫn sét và cấu trúc kim loại bên cạnh. Vật liệu dùng nối đẳng thế là những thanh cân bằng thế hoặc dây cân bằng thế và có thể đặt trên tường hoặc bên trong công trình. Trường hợp không thể thực hiện được thì có thể sử dụng các thiết bị chống quá điện áp xung.

Theo tiêu chuẩn NFC 17-102, sự phóng điện nguy hiểm sẽ không xảy ra khi khoảng cách giữa các bộ phận kim loại của hệ thống chống sét với các cấu trúc kim loại nối đất khác lớn hơn giá trị S trong đó S là khoảng cách an toàn và được tính như sau:

$$S = N^{ki} \frac{l}{K_m} \quad [\text{m}] \quad (2.5)$$

Trong đó: N là hệ số phụ thuộc vào số dây dẫn sét của kim thu sét

- $N = 1$ khi có 1 dây dẫn sét
- $N = 0,6$ khi có 2 dây dẫn sét
- $N = 0,4$ khi có 3 dây dẫn sét trở lên

ki : Hệ số phụ thuộc vào vùng bảo vệ.

- $Ki = 0,1$ đối với công trình có cấp an toàn cao nhất
- $Ki = 0,075$ đối với công trình có cấp an toàn trung bình
- $Ki = 0,05$ đối với công trình có cấp an toàn tiêu chuẩn

K_m : là hệ số phụ thuộc vào vật liệu giữa dây dẫn sét và các phần kim loại nối đất liên quan.

- $K_m = 1$ khi giữa chúng là không khí
- $K_m = 0,5$ khi giữa chúng là vật liệu cứng (không phải kim loại) .

l : chiều dài dọc theo dây dẫn sét từ điểm tính khoảng cách đến điểm nối đẳng thế gần đó nhất [m].

2.3.2. Kiểm tra và bảo trì

Việc kiểm tra và bảo trì hệ thống chống sét rất là quan trọng bởi vì sau một thời gian hoạt động, cấu trúc của chúng có thể bị thay đổi do ảnh hưởng của thời tiết, môi trường, do sét đánh. Tính chất cơ và điện của hệ thống phải được bảo trì để đạt những yêu cầu theo các tiêu chuẩn chống sét.

- Kiểm tra

Việc kiểm tra nên được tiến hành định kỳ, tốt nhất là không quá 12 tháng. Đối với các khu vực có điều kiện khí hậu khắc nghiệt nên tăng tần suất kiểm tra.

Thêm nữa, trạng thái cơ học của tất cả các dây dẫn, liên kết, mối nối và các điện cực đất (bao gồm các điện cực tham chiếu) nên được kiểm tra và ghi chép lại.

Trong suốt quá trình xem xét định kỳ hệ thống chống sét, việc ghép nối bất kỳ bộ phận bổ sung nào mới nên được kiểm tra để đảm bảo rằng nó phù hợp với những quy định của các tiêu chuẩn.

- Đo đạc

Khi hoàn thành quá trình lắp đặt hoặc bất cứ chỉnh sửa nào, nên thực hiện các phép đo cách ly và kết hợp các kiểm tra sau đây.

- + Mỗi điện cực đất cục bộ nên được đo tách biệt với điểm kiểm tra giữa dây xuống và điện cực đất trong vị trí tách rời (phép đo cách ly).

- + Tiến hành đo tại điểm đo ở vị trí nối (phép đo kết hợp). Nếu có bất kỳ sự khác biệt đáng kể trong các phép đo liên quan tới các vị trí khác, nên điều tra nguyên nhân của sự khác nhau này.

- + Các kết quả của việc kiểm tra tất cả các dây dẫn, lắp ghép và mối nối hoặc tính liên tục về điện đo được.

Nếu điện trở nối đất của một hệ thống chống sét vượt quá 10Ω thì nên giảm giá trị này. Nếu điện trở nhỏ hơn 10Ω nhưng cao hơn đáng kể so với lần kiểm tra trước, nên điều tra nguyên nhân và thực hiện các biện pháp khắc phục cần thiết.

- Bảo trì

Các kiểm tra định kỳ và đo đạc khuyến cáo trong phần kiểm tra chỉ ra rằng việc bảo trì, nếu có, là cần thiết. Lưu ý cụ thể đến các vấn đề sau:

- + Nối đất;
- + Bằng chứng của sự ăn mòn hoặc các điều kiện có khả năng dẫn tới ăn mòn;
- + Các thay đổi và các bổ sung tới kết cấu có thể ảnh hưởng tới hệ thống chống sét.

Tóm lại, với điều kiện nước ta, khi thiết kế hệ thống chống sét cho công trình xây dựng nên áp dụng tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam. Các vấn đề cần áp dụng đó là: mật độ sét đánh các địa phương, những khuyến cáo về kích thước vật liệu chống sét, về vấn đề liên kết hay cách ly với các bộ phận kim loại, các quy định nối đất.

Để đảm bảo tính khoa học và kỹ thuật khi sử dụng các thiết bị chống sét cần áp dụng các thông số kỹ thuật của các nhà sản xuất, các tiêu chuẩn quốc tế: tính bán kính bảo vệ kim thu, cấp bảo vệ..... Đặc biệt “đối với công trình sử dụng kim thu lõi tạo tia tiên đạo thì khi kiểm định có thể áp dụng các tiêu chuẩn của nước ngoài như tiêu chuẩn của Pháp NFC 17-102” (Nguyễn Đình Đào, 2004). Còn khi tính toán điện trở của hệ thống nối đất sử dụng tiêu chuẩn *Tiếp đất cho các công trình Viễn thông, yêu cầu kỹ thuật* (TCN 68-141: 1995).

CHƯƠNG 3. LẬP TRÌNH TÍNH TOÁN CHỐNG SÉT BẰNG MATLAB

Thông thường, để xác định cấp bảo vệ cho một tổ hợp công trình, ta phải tính toán cấp bảo vệ cho nhiều bộ phận riêng rẽ. Vì thế, ta phải tính toán nhiều lần và phức tạp. Mặt khác, để tối ưu hóa thiết kế, người kỹ sư cần lập trước kế hoạch tiếp đất cho hệ thống chống sét. Có nhiều hình thức tiếp đất để lựa chọn như: tiếp đất dạng cọc, dạng tia, dạng hình xuyên... Người thiết kế cũng cần biết trước vị trí tiếp đất có cần dùng hay không dùng hóa chất để giảm điện trở suất của đất (nhằm đảm bảo điện trở tiếp đất nhỏ hơn $10\ \Omega$).

Chính vì những lý do trên, yêu cầu đặt ra cho tác giả đề tài phải lập trình trên máy tính hỗ trợ cho việc thiết kế hệ thống chống sét một cách nhanh chóng và khoa học. Công việc này có thể gọi là viết phần mềm nhỏ hỗ trợ cho nhà kỹ thuật thiết kế chống sét.

Chức năng cần có của phần mềm: tính toán lựa chọn cấp bảo vệ chống sét, tính thông số của kim thu sét và tính toán hệ thống nối đất. Ngôn ngữ lập trình tính toán chống sét là MATLAB 6.5.

MATLAB (Matrix laboratory) là một phần mềm giúp chúng ta làm tính toán, phân tích số liệu, phát triển các thuật toán, làm mô phỏng và xây dựng mô hình, tạo ra các hiển thị đồ họa và cung cấp các công cụ giao diện đồ họa, tức là một chương trình phân tích ma trận, thiết kế điều khiển, nhận dạng hệ thống và đồ thị kỹ thuật. Sự kết hợp giữa khả năng phân tích, tính linh hoạt, độ tin cậy, sức mạnh đồ thị làm cho MATLAB thành một phần mềm rất cần thiết cho các kỹ sư và sinh viên.

3.1. Cơ sở thuật toán [1][3][8][10][14]

3.1.1. Cơ sở thuật toán xác định cấp bảo vệ

Áp dụng tiêu chuẩn chống sét của Pháp NFC 17 -102 (xem mục 2.1, chương 2) để tính toán cấp bảo vệ cho công trình và độ lợi về thời gian của kim thu. Căn cứ vào các tiêu chuẩn chống sét hiện hành, khi thiết kế chống sét, trong hầu hết các trường hợp, phải cân nhắc các yếu tố sau:

- Công trình có nhiều người làm việc.
- Dịch vụ trong công trình hoạt động liên tục.
- Mật độ sét tại vùng xây dựng công trình.
- Chiều cao công trình.
- Vị trí, cấu trúc công trình.

- Công trình có hay không có chứa vật liệu cháy nổ, các di sản văn hoá không thể thay thế được...

Tùy theo đặc điểm của công trình mà có thể lựa chọn cấp bảo vệ thích hợp.

Phạm vi bảo vệ của kim thu phát xạ sớm được tính theo công thức:

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + [\Delta L(2D + \Delta L)]} \quad [m] \quad (\text{với } h \geq 5m) \quad (3.1)$$

$$\text{Trong đó : } \Delta L = 10^6 \cdot \Delta T, \quad (m)$$

với ΔT (μs): độ lợi về thời gian của từng đầu kim.

h : chiều cao thực kim thu tính từ mặt bằng bảo vệ.

$D = 20m$ với cấp bảo vệ cao nhất (cấp I)

$D = 45m$ với cấp bảo vệ trung bình (cấp II)

$D = 60m$ với cấp bảo vệ tiêu chuẩn (cấp III)

Nếu biết trước bán kính bảo vệ của kim thu, ta có thể tìm ΔL hoặc ΔT

Từ (3.1) suy ra phương trình :

$$\Delta L^2 + 2D\Delta L + h(2D-h) - R_p^2 = 0 \quad (3.2)$$

Nghiệm ΔL (dương) của phương trình (3.4) là :

$$\Delta L = -D + \sqrt{D^2 - [h(2D-h) - R_p^2]} \quad [m]$$

$$\text{Do đó } \Delta T = \Delta L / 10^6$$

Từ những cơ sở lý thuyết trên, chương trình xác định cấp bảo vệ và thông số kim thu sét được lập trình theo lưu đồ ở mục 3.2.

3.1.2. Cơ sở lập trình tính toán điện trở tiếp đất

Việc tính toán điện trở hệ thống nối đất dựa vào tiêu chuẩn TCN 68-141: 1995 và TCXD 46 – 1984.

- Điện trở tiếp đất của một cực tiếp đất thẳng đứng được xác định bằng công thức 3.3.

$$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \left[\frac{4l(l+2h)}{d(l+4h)} \right] \quad [\Omega] \quad (3.3)$$

Trong đó :

ρ : điện trở suất của đất [Ωm]

l : chiều dài của cọc tiếp đất [m]

h : khoảng cách từ mặt đất đến đầu phía trên của ống [m]

d : đường kính của ống [m].

Nếu dùng thép góc thì d được thay bằng $0,95b$ [m]

b : độ rộng thép góc [m]

Căn cứ vào công thức 3.3, để giảm nhỏ điện trở tiếp đất có thể tăng đường kính của ống hoặc là tăng chiều dài của ống. Nhưng qua tính toán và thực nghiệm người ta thấy rằng d chỉ tăng lên được đến 6 cm, đường kính ống lớn hơn 6cm, điện

trở tiếp đất giảm rất ít. Chiều dài của ống cũng vậy, không được tăng quá 3m vì lúc đó điện trở tiếp đất giảm rất chậm.

- Điện trở tiếp đất của một cực tiếp đất nằm ngang (bằng dây hoặc dải kim loại) đặt ở độ sâu h được xác định bằng công thức 3.4:

$$R = \frac{\rho}{\pi.l} \cdot \ln \left[\frac{1,5l}{\sqrt{b.h}} \right] \quad [\Omega] \quad (3.4)$$

Trong đó :

l : chiều dài của dải kim loại tiếp đất [m]

b : bề rộng của dải tiếp đất [m]

h : độ sâu của dải tiếp đất [m]

ρ : điện trở suất của đất [Ωm].

Nếu dải kim loại là dây dẫn có đường kính d thì trong công thức 3.4 thay bằng $2d$ ($b=2d$).

Dây tiếp đất nằm ngang thường được dùng là dây thép mạ kẽm đường kính 4 mm hoặc 5 mm, đặt ở độ sâu $h \geq 0,6m$.

Chiều dài của thanh hoặc dải tiếp đất không được lớn hơn 12m, vì lớn hơn 12m giá trị điện trở giảm rất ít (theo kinh nghiệm).

- Điện trở của hệ thống tiếp đất gồm nhiều ống như nhau, có điện trở giống nhau được nối song song bằng dây (dải) cách ly với đất. Được xác định theo công thức thực nghiệm gần đúng 3.5

$$R_n = \frac{R_0}{n.\eta_1} \quad [\Omega] \quad (3.5)$$

Trong đó:

R_d : điện trở của thiết bị tiếp đất [Ω]

R_0 : điện trở tiếp đất của 1 ống

n : Số ống tiếp đất.

η_1 : hệ số sử dụng của các ống tiếp đất.

Hệ số η_1 được lựa chọn trong bảng III.1 hoặc III.2 (Phụ lục III), tùy vào cách bố trí của các cọc tiếp đất.

- Điện trở tổng của hệ thống tiếp đất gồm nhiều ống như nhau, có điện trở giống nhau được nối song song bằng dây trần hoặc dải không cách ly với đất được xác định theo công thức 3.6

$$R_n = \frac{R_{01}.R_{02}}{R_{01}.\eta_2 + R_{02}.\eta_1.n} \quad [\Omega] \quad (3.6)$$

Trong đó:

R_{01} : điện trở tiếp đất của một ống $[\Omega]$

R_{02} : điện trở tiếp đất của một dây hoặc một dải nổi $[\Omega]$

η_2 : hệ số sử dụng của dây hoặc dải nổi.

n : số cọc (ống).

Hệ số sử dụng η_2 được chọn theo các giá trị ghi trong bảng III.3 hoặc III.4 (Phụ lục III).

- Vòng xuyên đất bằng dải sắt có bề rộng là b . Điện trở tiếp đất xác định bằng công thức 3.7

$$R_d = \frac{\rho}{\pi^2 \cdot D} \cdot \ln \frac{7D}{\sqrt{b \cdot h}} \quad [\Omega] \quad (3.7)$$

Trong đó:

ρ : điện trở suất của đất $[\Omega m]$

D : đường kính vòng xuyên $[m]$

b : bề rộng của dải (vật liệu) $[m]$

h : độ sâu đặt tiếp đất $[m]$

- Điện trở tiếp đất của cực tiếp đất dạng vòng xuyên bằng dây dẫn được xác định bằng công thức 3.8

$$R_d = \frac{\rho}{\pi^2 \cdot D} \cdot \ln \frac{5D}{\sqrt{d \cdot h}} \quad [\Omega] \quad (3.8)$$

Trong đó :

p : điện trở suất của đất $[\Omega m]$

d : đường kính của dây dẫn $[m]$

D : đường kính vòng xuyên $[m]$

h : độ sâu đặt tiếp đất $[m]$

Cực tiếp đất dạng tấm tròn đặt ở độ sâu h trong đất với điều kiện $h > 1/2D$ thì điện trở tiếp đất được xác định bằng công thức 3.9.

$$R_n = \frac{\rho}{8} \left(\frac{2}{D} + \frac{1}{\pi \cdot h} \right) \quad [\Omega] \quad (3.9)$$

D : là đường kính của tấm tròn

- Điện trở tiếp đất của hệ thống tiếp đất nhiều tia dạng hình sao được tính theo công thức 3.10 :

$$n = \frac{p}{\pi \cdot l \cdot n} \left[\ln \frac{4l}{d} - l + N(l) \right] \quad [\Omega] \quad (3.10)$$

Trong đó :

l : chiều dài của tia $[m]$

d : đường kính dây $[m]$

n : số tia

Hàm số $N(n)$ được xác định bằng biểu thức :

$$N(n) = \sum_{k=1}^{n-1} \ln \frac{l + \sin\left(\pi \cdot \frac{k}{n}\right)}{\sin\left(\pi \cdot \frac{k}{n}\right)} \quad (\text{với } n < 6) \quad (3.11)$$

3.1.3. Phương pháp tính toán số bao hóa chất để giảm điện trở đất.

Hóa chất GEM (của hệ thống chống sét 3000 được đề cập ở chương 4) được sử dụng cho trường hợp đất có điện trở suất cao như: cát sỏi, bê tông và đất bùn lầy.

Để tính điện trở đất áp dụng các công thức 3.3 đến 3.6. Tuy nhiên, công thức mô phỏng giả định đỉnh của điện cực thẳng đứng là gần với mặt đất ($h = 0$) và tính cho trường hợp nhiều hơn một điện cực thẳng đứng. Thuật toán giả định các điện cực được chôn theo đường thẳng và khoảng cách giữa các điện cực là bằng hay lớn hơn chiều dài của điện cực thẳng đứng. Công thức tính điện trở đất bằng điện cực thanh ngang giả sử các điện cực này là thẳng hàng.

Cả hai công thức tính điện trở thanh ngang và thẳng đứng được tính cho dòng 1 chiều hay dòng tần số thấp. Cả hai cách trên sử dụng tương đương nhau, khi có điện vào, đường kính của điện cực tính cả GEM xung quanh. Công thức mô phỏng giả định rằng điện trở suất của đất là đồng nhất. Điện trở tiếp xúc giữa vật dẫn và GEM bao xung quanh đã được bỏ qua trong tính toán điện trở đất.

Mỗi bao GEM dùng có thể tạo được thể tích 0.01075m^3 . Như vậy với V là thể tích GEM cần cung cấp cho hệ thống nối đất thì số bao GEM được tính:

$$n = V/0.01075 \quad (3.12)$$

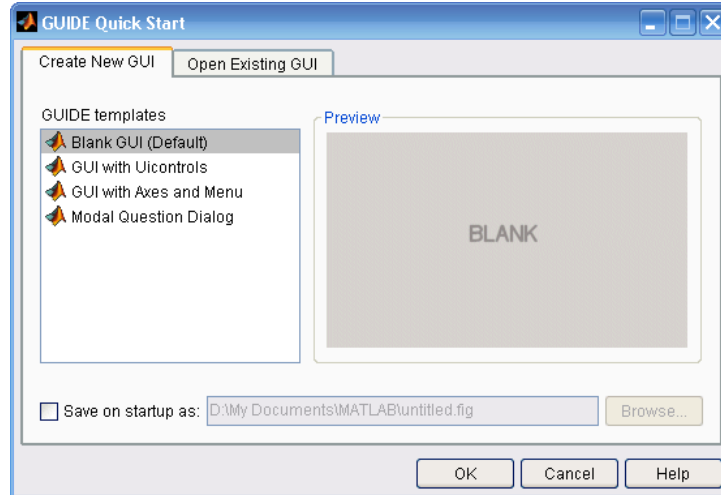
3.2. Viết chương trình

3.2.1. Tổng quan

- Để tạo các giao diện, gõ lệnh sau vào cửa sổ Command

>> guide

Màn hình GUI hiện ra như sau:



Hình 3.1 Cửa sổ GUIDE Quick Start

Trong cửa sổ GUIDE Quick Start có nhiều lựa chọn theo một trong các mục sau:

- *Create New GUI*: Tạo một hộp thoại GUI mới theo một trong các loại sau:

+ *Blank GUI (Default)*: Hộp thoại GUI trông không có một điều khiển uicontrol nào cả.

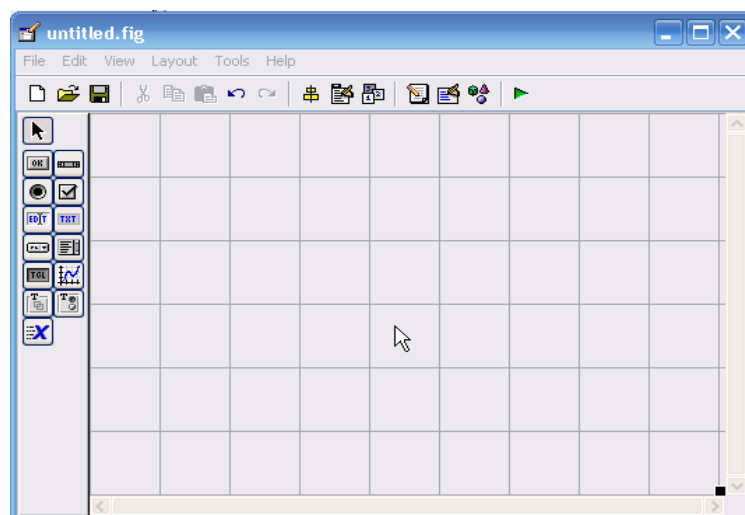
+ *GUI with Uicontrols*: Hộp thoại GUI với một vài uicontrol như button, ... Chương trình có thể chạy ngay.

+ *GUI with Axes and Menu*: Hộp thoại GUI với một uicontrol axes và button, các menu để hiển thị đồ thị.

+ *Modal Question Dialog*: Hộp thoại đặt câu hỏi Yes, No.

- *Open Existing GUI*: mở một project có sẵn.

Để tạo một project mới, chọn *Blank GUI*, cửa sổ GUI hiện ra:



Hình 3.2. Cửa sổ làm việc của chương trình GUI

Giao diện rất giống với các chương trình lập trình giao diện như Visual Basic, Visual C++, ... Di chuột qua các biểu tượng ở bên trái sẽ thấy tên của các điều khiển. Chương trình sử dụng các điều khiển sau: Push Button, Edit Text, Static Text, Axes. Thay đổi các thuộc tính quan trọng của *Edit Box* và *Static Text* bao gồm:

- **Tag:** đây là thuộc tính giống như Caption trong Visual Basic để đặt tên điều khiển. Dùng tên này có thể thao tác đến các thuộc tính của đối tượng.
- **String:** là chuỗi ký tự hiện lên *Edit Box* hoặc *Static Text*, có thể xóa hoặc viết chuỗi ký tự mới.

Chương trình có tác dụng khi nhấn vào nút *Push Button* sẽ hiện lên kết quả ở *Static Box*. Vì thế nên sẽ phải viết vào hàm nào mà khi nhấn vào Push Button sẽ gọi, đó chính là hàm *Callback*.

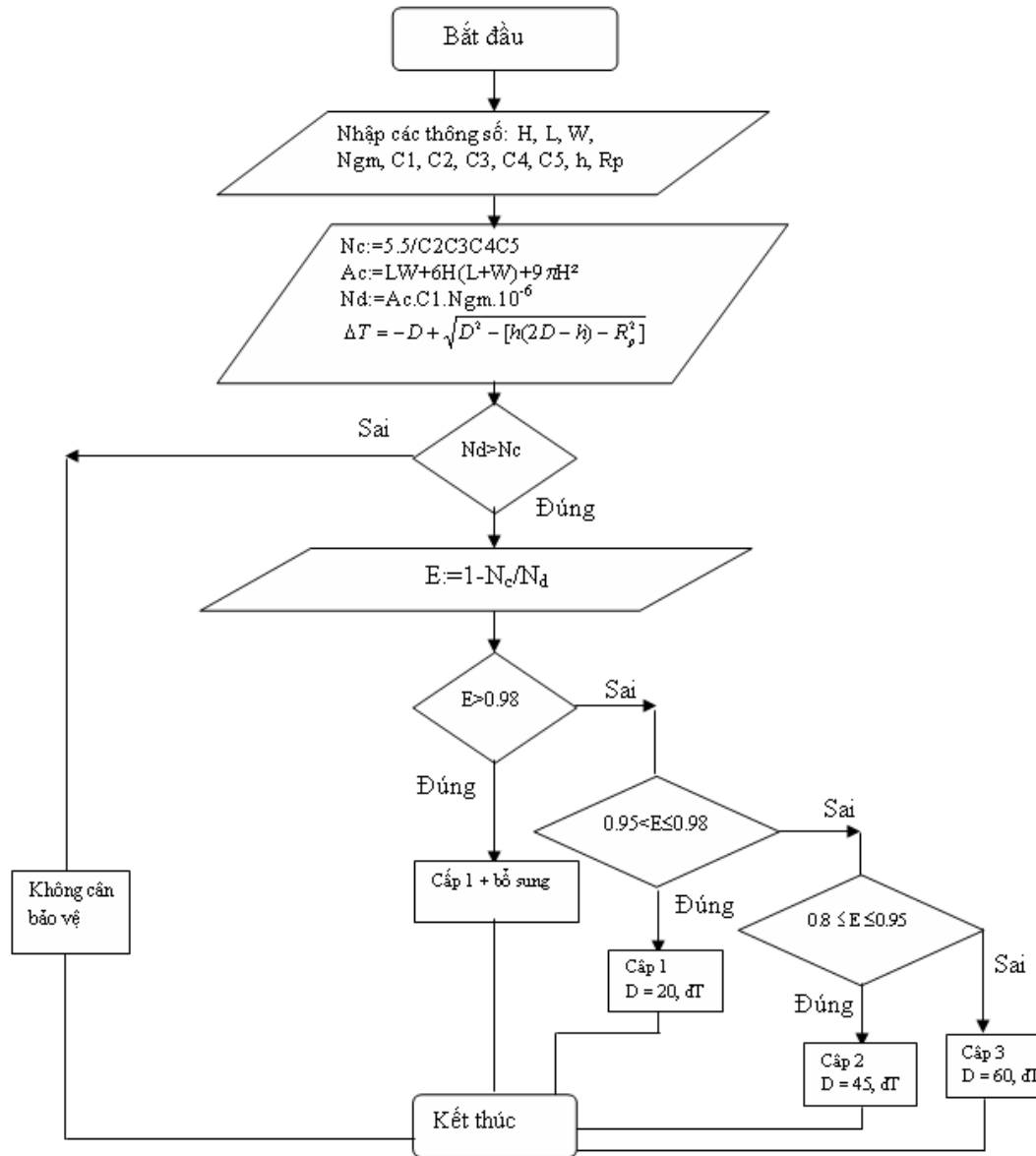
Click chuột phải vào nút *Push Button* chọn *Callback*, ta được hàm (ví dụ tên hàm là *buttonCalculate*) hiển thị trong Mfile (tập tin có đuôi .m) như sau:

```
% --- Executes on button press in buttonCalculate.  
function buttonCalculate_Callback(hObject, eventdata, handles)  
% hObject    handle to buttonCalculate (see GCBO)  
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB  
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)  
|
```

Phía dưới hàm này, viết các chương trình tính toán với việc sử dụng các phép tính đơn giản của Matlab: cộng (+); trừ (-); nhân (*); chia (/), phép khai căn bậc hai (sqrt), logarit cơ số e (log)...Viết chương trình tính toán cấp bảo vệ theo lưu đồ Hình 3.3.

Qua thuộc tính tag của các điều khiển ta sẽ truy xuất đến thuộc tính string của các điều khiển edit Text bằng lệnh *get* và *set*. Ngoài ra còn dùng hàm quan trọng *str2num* biến từ string sang số và hàm *num2str* để biến đổi ngược lại.

Các đoạn mã chương trình tính toán chống sét xem ở phụ lục IV



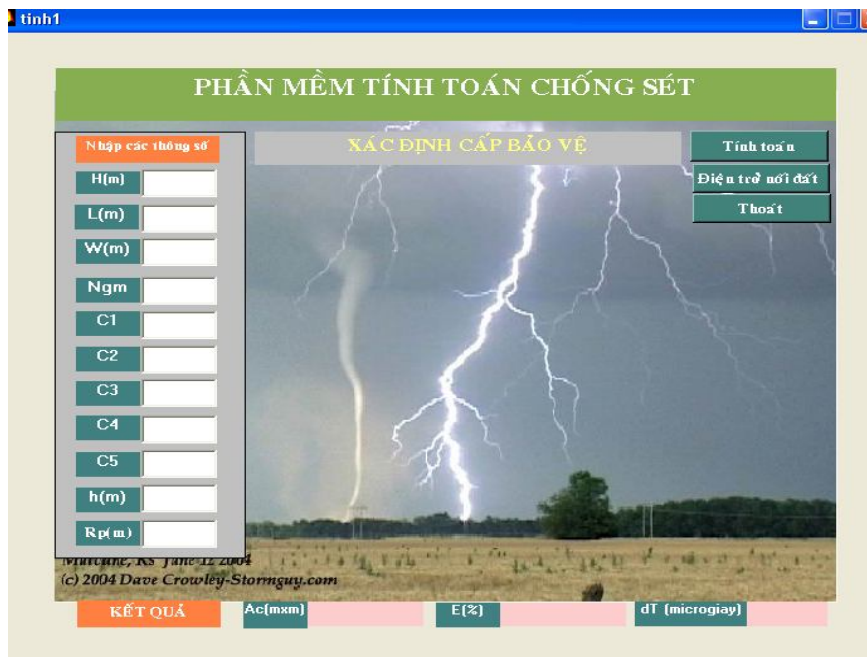
Hình 3.3. Lưu đồ chương trình xác định cấp bảo vệ

3.2.2. Cách sử dụng

Khi chạy chương trình, giao diện của chương trình xuất hiện như Hình 3.4

Nhập các thông số cần thiết vào: chiều dài L, chiều rộng W, chiều cao H, mật độ phóng điện sét trong một năm trên một km² (Ngm), độ cao kim thu h, bán kính bảo vệ Rp, các hệ số: C1, C2, C3, C4, C5 (tra từ Bảng 2.1 đến 2.5).

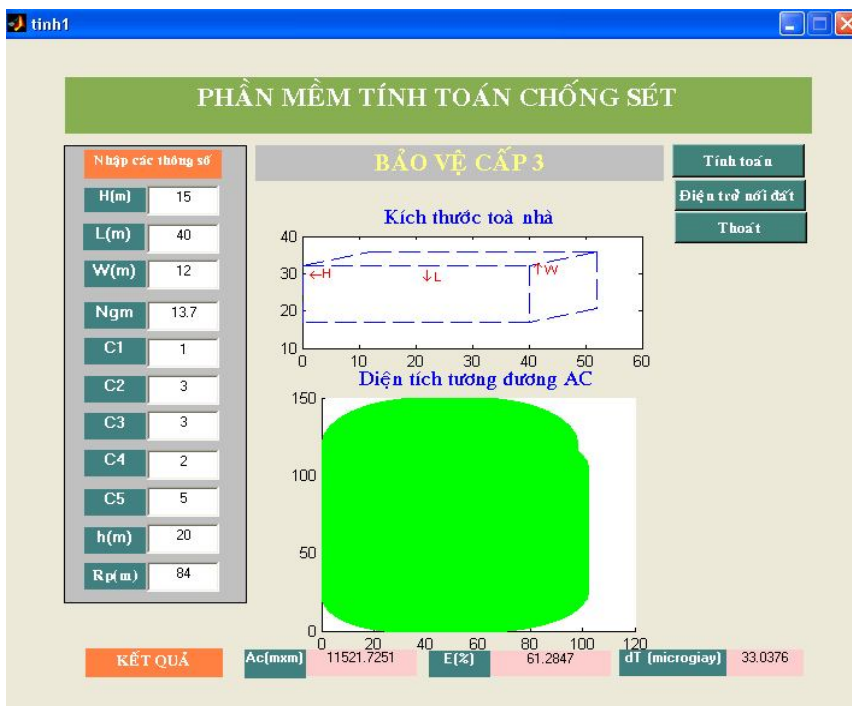
Đưa con trỏ tới mục tính toán, nhấp chuột trái. Chương trình tự động tính toán và đưa ra kết quả.



Hình 3.4. Giao diện phần mềm tính toán chống sét

Ví dụ:

Nhập vào các thông số: Chiều dài $L=40\text{m}$, chiều rộng $W=12\text{m}$, chiều cao $H=15\text{m}$, $C1=1$, $C2=3$, $C3=3$, $C4=2$, $C5=5$, $Ngm = 13,7$, $h = 20\text{m}$, $Rp = 84\text{m}$. Kết quả tính toán được hiển thị như sau:



Hình 3.5. Kết quả tính toán cấp bảo vệ

Muốn tính toán hệ thống nối đất, ta chọn mục “Điện trở nối đất”. Cửa sổ hiện ra như sau:



Hình 3.6. Cửa sổ chương trình tính toán điện trở nối đất

Ví dụ chọn trường hợp tính điện trở hệ thống nối đất dạng cọc có hoặc không có GEM. Giao diện đồ họa như hình sau:

The screenshot shows a software window titled 'tinhdientrocogem'. The main title bar is blue. Below it, a purple banner contains the text 'TÍNH TOÁN ĐIỆN TRỞ HỆ THỐNG CỌC NỐI ĐẤT'. The interface is divided into two columns of input fields. The left column includes: 'Điện trở suất của đất' (ohm.m), 'Đường kính của cọc' (mm), 'Chiều dài của cọc' (m), 'Số cọc', 'Khoảng cách giữa các cọc' (m), 'Độ sâu chôn cọc' (m), 'Hệ số sử dụng của cọc tiếp đất', 'Đường kính hố GEM' (cm), 'Điện trở hệ thống cọc' (Ohm), and 'Số bao GEM' (bao). The right column includes: 'Đường kính/bề ngang của dây/thanh nối' (mm), 'Hệ số sử dụng của dây/thanh nối đất' (m), 'Chiều rộng của rãnh chừa GEM' (cm), 'Độ dày của rãnh chừa GEM' (cm), 'Tổng chiều dài của dây/thanh nối' (m), 'Điện trở tiếp đất của hệ thống dây/thanh nối' (Ohm), and 'Số bao GEM' (bao). At the bottom right, there are two buttons: 'Tính toán không có GEM' and 'Tính toán có GEM'. At the bottom center, there is a label 'Tổng trở của hệ thống nối đất' followed by a yellow box and the unit 'Ohm'. At the bottom right, there is a 'Thoát' button.

Hình 3.7. Giao diện tính toán hệ thống nối đất

Hệ thống nối đất của hệ thống chống sét tại Đài quan trắc khí quyển Hóc Môn (Thành phố Hồ Chí Minh) gồm: 5 cọc, dài 2m, chôn sâu 0.7m, đường kính 12mm, đường kính dây nối 6 mm, khoảng cách giữa các cọc 2 m, điện trở suất của đất đo đạc được (kể từ mặt đất đến độ sâu 3m) là 58,7 Ω m. Tra bảng các hệ số sử dụng cọc nối đất và dây nối (Phụ lục III) lần lượt là 0,7 và 0,76. Nhập các thông số này vào phần mềm, rồi nhấn vào mục “**Tính toán không có GEM**” ta được kết quả sau:

TÍNH TOÁN ĐIỆN TRỞ HỆ THỐNG CỌC NỐI ĐẤT					
Điện trở suất của đất	58.7	ohm.m	Đường kính/bề ngang của dây/thanh nối	5	mm
Đường kính của cọc	12	mm	Hệ số sử dụng của dây/thanh nối đất	0.76	
Chiều dài của cọc	2	m	Chiều rộng của rãnh chứa Gem		cm
Số cọc	5		Độ dày của Gem		cm
Khoảng cách giữa các cọc	2	m	Tổng chiều dài của dây/thanh nối	8	m
Độ sâu chôn cọc	0.7	m	Điện trở tiếp đất của hệ thống dây/thanh nối	11.5982	Ohm
Hệ số sử dụng của cọc tiếp đất	0.7		Số bao Gem	0	bao
Đường kính hố Gem		cm	<input type="button" value="Tính toán không có Gem"/> <input type="button" value="Tính toán có Gem"/>		
Điện trở hệ thống cọc	8.2179	Ohm			
Số bao Gem	0	bao			
Tổng trở của hệ thống nối đất 5.3415 Ohm <input type="button" value="Thoát"/>					

Hình 3.8. Kết quả tính toán hệ thống nối đất

Kết quả điện trở nối đất là 5,3 Ω gần với kết quả đo thực tế là 5,5 Ω . Hai kết quả này chênh lệch nhau 3,64% (nhỏ hơn 10%). Do vậy, chương trình tính toán này có thể chấp nhận với kết quả gần đúng.

Khuyến nghị: Phần mềm chỉ tính toán gần đúng, phạm vi sử dụng tính toán cấp bảo vệ của công trình theo tiêu chuẩn NFC 102 và tính toán hệ thống nối đất theo tiêu chuẩn TCN 68-141 với giả thiết điện trở suất của đất là đồng nhất. Phần mềm có thể dùng để giúp cho kỹ sư tối ưu hóa thiết kế hệ thống nối đất.

Chương 4 . TÍNH TOÁN CHỐNG SÉT CHO MỘT CÔNG TRÌNH CỤ THỂ

4.1. Giới thiệu sơ lược khu hiệu bộ và khu ký túc xá trường Đại học Tây Nguyên[15]

4.1.1. Giới thiệu sơ lược địa bàn chứa công trình

Trường đại học Tây Nguyên nằm ở trung tâm thành phố Buôn Ma Thuột thuộc tiểu vùng cao nguyên Buôn Ma Thuột - Ea H'Leo của tỉnh Đắk Lắk.

Cao nguyên Buôn Ma Thuột là cao nguyên rộng lớn chạy dài từ Bắc xuống Nam trên 90 km, từ Đông sang Tây 70 km. Phía Bắc cao so với mực nước biển gần 800 m, phía Nam 400 m, thoải dần về phía Tây còn 300 m. Đây là vùng có địa hình khá bằng phẳng, độ dốc trung bình 3-8⁰. Phần lớn diện tích cao nguyên này là đất đỏ Bazan màu mỡ.

Do đặc điểm vị trí địa lý, địa hình nên khí hậu của tỉnh Đắk Lắk vừa chịu sự chi phối của khí hậu nhiệt đới gió mùa, vừa mang tính chất của khí hậu cao nguyên mát dịu.

Mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10 kèm theo gió Tây Nam thịnh hành, các tháng có lượng mưa lớn nhất là tháng 7, 8, 9, lượng mưa chiếm 80-90% lượng mưa năm. Riêng vùng phía Đông do chịu ảnh hưởng của Đông Trường Sơn nên mùa mưa kéo dài hơn (tới tháng 11). Trong mùa mưa thường có lốc xoáy và sấm sét. Mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau, trong mùa này độ ẩm giảm, gió Đông Bắc thổi mạnh, bốc hơi lớn, gây khô hạn nghiêm trọng.

Một số số liệu khác về khí tượng:

- Số ngày đông trong năm : 112,2 ngày/năm
- Mật độ sét đánh: 13,7 lần/km²/năm
- Độ ẩm tương đối : 82%
- Nhiệt độ trung bình trong năm là 23,7°C, thấp nhất là 18,4°C vào tháng Giêng và cao nhất là 26,2°C vào tháng Tư.

4.1.2. Đặc điểm khu hiệu bộ và khu ký túc xá trường Đại học Tây Nguyên

Khu vực có nhà hiệu bộ và ký túc xá trường Đại học Tây Nguyên được chia thành 3 khu riêng biệt: khu 1 gồm hai ký túc xá mới số 3 và số 4 xây năm 2001; khu 2 gồm 1 ký túc xá cũ số 2 cùng với nhà hiệu bộ (tận dụng ký túc xá cũ số 1); khu 3 là ký túc xá Sinh viên Lào – Campuchia xây năm 2006.

Các ký túc xá đều có cấu trúc đơn giản dạng dãy dài, mái ngói, cao 12m đến 15m. Tất cả các công trình được lắp đặt hệ thống chống sét trực tiếp bằng lưới Franklin. Mỗi khu có các đặc điểm sau:

Khu 1 gồm 2 dãy ký túc xá song song nhau và có thêm căn tin với mật độ người sinh hoạt rất lớn.

Khu 2 gồm ký túc xá số 2 nằm ở giữa nhà tập thể giáo viên cấp 4 và nhà hiệu bộ, cao 4 tầng. Nhà hiệu bộ tập trung các phòng ban, văn phòng các khoa, trong tòa nhà bố trí hệ thống điện, mạng internet, mạng điện thoại... Nhà hiệu bộ được chống sét trực tiếp bằng lưới thu sét truyền thống. Bao quanh khu nhà là cây xanh cao quá chiều cao của các tòa nhà.

Khu 3 chỉ một ký túc xá đứng đơn độc trên đồi cao nhưng hệ thống chống sét bằng hệ thống thu sét đơn giản.

Qua khảo sát thực tế tại các khu cho thấy một số hệ thống chống sét bằng kim Franklin và lưới thu sét do không được bảo trì thường xuyên nên có nhiều đoạn đã bị gỉ sét, nhiều điểm kết nối của hệ thống không chắc chắn (nhất là khu 2). Các tòa nhà được lắp đặt hệ thống kim Franklin kiểu cũ hoạt động kém hiệu quả, số lượng kim được lắp đặt ít so với yêu cầu kỹ thuật cũng như vị trí bố trí kim chưa hợp lý nên bán kính bảo vệ không bao trùm hết được các phần nhô ra của tòa nhà; dây thoát sét là dây đồng trần, đường đi của dây có những chỗ gấp khúc uốn cong nhỏ hơn 0,5m, các đoạn kết nối chưa đảm bảo an toàn, đoạn dây gần chỗ nối đất không có bọc cách điện dễ gây nguy hiểm cho người qua lại khi có dòng sét.

4.1.3. Lựa chọn phương án chống sét

Để đảm bảo an toàn cho các khu, 2 phương án chống sét sau đây được đưa ra sau đó tiến hành so sánh ưu điểm kinh tế kỹ thuật để quyết định lựa chọn một trong hai phương án đó.

Phương án 1: Dùng 5 hệ thống chống sét trực tiếp để bảo vệ cho từng tòa nhà riêng.

Phương án 2: Dùng 3 hệ thống chống sét trực tiếp để bảo vệ cho 3 khu, tức là khu 1 dùng một hệ thống chống sét để bảo vệ cho hai dãy ký túc xá mới; khu 2 cũng chỉ dùng một hệ thống chống sét bảo vệ cho một dãy nhà ký túc xá và dãy nhà hiệu bộ; khu 3 dùng một hệ thống chống sét.

Xét về kinh tế: Nếu dùng 3 hệ thống chống sét bảo vệ cho 3 khu thì giá thành sẽ thấp hơn về vấn đề mua sắm thiết bị và đơn giản cho thi công lắp đặt.

Xét về kỹ thuật: Ở khu 1, đặt một hệ thống chống sét tại một tòa nhà thì bán kính bảo vệ của kim thu bao trùm cả diện tích tương đương cho cả tòa nhà bên kia và dãy căn tin sinh viên. Tương tự ở khu hiệu bộ nếu đặt hệ thống chống sét thì bán

kính bảo vệ của nó bao cả diện tích tương đương của ký túc xá cũ số 2 và nhà tập thể giáo viên.

Tóm lại, chống sét trực tiếp dùng kim thu phát xạ sớm với 3 hệ thống chống sét (phương án 2) được lựa chọn.

4.2. Tính toán cấp bảo vệ và lựa chọn thiết bị chống sét cho các khu [2][10][11]

4.2.1. Xác định cấp bảo vệ cho các khu

Sử dụng phần mềm ở chương 3, xác định cấp bảo vệ cho các khu. Cụ thể là:

- Các thông số cần thiết cho tính toán của khu 1

- Kích thước ký túc xá: $H1 = 15 \text{ m}$; $L1 = 40 \text{ m}$; $W1 = 8 \text{ m}$
- Mật độ sét $N_{gm} = 13.7 \text{ lần/km}^2/\text{năm}$
- Công trình nằm gần các công trình khác nên chọn $C1 = 0.5$.
- Công trình cấu trúc thường (gạch), chọn $C2 = 1$.
- Công trình chứa vật liệu có giá trị cao và có khả năng bắt lửa, chọn $C3 = 2$.
- Khu vực tập trung đông người khó sơ tán, chọn $C4 = 3$.
- Khu vực ký túc xá đòi hỏi hoạt động liên tục có tác hại đối với môi trường như dễ hỏa hoạn, nổ...nên chọn $C5 = 5$.

Kết quả: $A_c = 11002 \text{ m}^2$, $E = 39,2\%$, cần bảo vệ cấp 3.

- Các thông số cần thiết cho tính toán của khu 2

- Kích thước nhà hiệu bộ: $H2 = 15 \text{ m}$; $L2 = 60 \text{ m}$; $W2 = 8 \text{ m}$
- Công trình nằm gần các công trình khác, có các cây cao bằng công trình; nên chọn $C1 = 0.25$.
- Công trình cấu trúc thường (gạch), dễ cháy chọn $C2 = 2.5$.
- Khu vực này chứa vật liệu có giá trị cao và có khả năng bắt lửa, chọn $C3 = 2$.
- Khu vực tập trung đông người, khó sơ tán, chọn $C4 = 3$.
- Khu vực ký túc xá có tác hại đối với môi trường như dễ hỏa hoạn, nổ... nên chọn $C5 = 5$.

Kết quả: $A_c = 12962 \text{ m}^2$, $E = 89,7 \%$, cần bảo vệ cấp 2.

- Các thông số cần thiết cho tính toán của khu 3

- Kích thước của ký túc xá học sinh Lào – Campuchia: $H3 = 12 \text{ m}$; $L3 = 40 \text{ m}$; $W3 = 8 \text{ m}$
- Công trình nằm ở đồi cao, xung quanh không có công trình khác; nên chọn $C1 = 1$.
- Công trình cấu trúc thường (gạch), dễ cháy chọn $C2 = 2.5$.

- Trong công trình chứa vật liệu có giá trị cao và có khả năng bắt lửa, chọn $C3 = 2$.
- Khu vực tập trung đông người, khó sơ tán, chọn $C4 = 3$
- Khu vực ký túc xá đòi hỏi hoạt động liên tục có tác hại đối với môi trường như dễ hỏa hoạn, nổ... nên chọn $C5 = 5$.

Kết quả: $A_c = 7848 \text{ m}^2$, $E = 32\%$, cần bảo vệ cấp 3.

4.2.2. Giới thiệu hệ thống chống sét 3000

Hệ thống chống sét 3000 là một tiên bộ trong việc phòng chống sét của công ty Erico (Úc). Hệ thống được thiết kế để thu sét từ một thể tích vùng thu được quyết định trước và dẫn dòng sét xuống đất một cách an toàn.

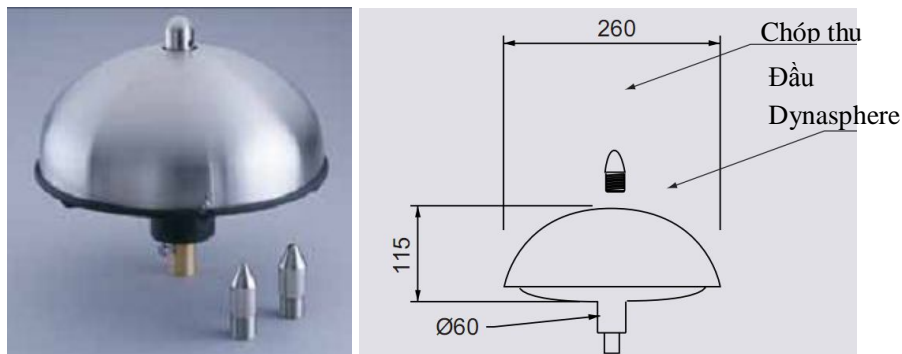
Hệ thống chống sét gồm các bộ phận sau:

1. *Đầu thu sét Dynasphere*: là điểm đầu tiên để bắt sét đánh vào cấu trúc mà nó bảo vệ. Dynasphere hoàn toàn cách điện khỏi cấu trúc và được nối với dây dẫn Ericore, để cung cấp một hệ thống cách điện toàn diện.
2. *Thanh chống (kết cấu đỡ)*: dùng để gắn đầu Dynasphere và làm Dynasphere cách điện khỏi cấu trúc.
3. *Dây dẫn xuống (ERICORE)*: tải điện xuống đất không làm điện hóa cấu trúc cần bảo vệ. Việc này đảm bảo an toàn cho người và cho thiết bị. Dây dẫn loại bỏ rủi ro phóng điện biên vì bộ phận truyền điện ở trung tâm được che chắn khỏi các vật khác.

4. *Thiết bị đếm sét*: theo dõi số lần đầu Dynasphere đã thu sét

5. *Hệ thống nối đất*: gồm các cọc đất, băng đồng và hóa chất làm giảm điện trở đất.

- Đầu thu Dynasphere (Hình 4.1)



Hình 4.1. Đầu thu Dynasphere

+ Đặc điểm kỹ thuật:

* Điện cực sẽ phản ứng một cách động học với sự xuất hiện của luồng sét bằng cách tạo ra các điện tử tự do và hiện tượng quang ion hóa giữa bề mặt quả cầu và mũi nhọn của cọc tiếp đất.

- * Vầng quang chỉ xảy ra khi có sự đến gần của tia chớp
- * Đầu thu không gây ra nhiễu sóng vô tuyến tần số cao.
- * Đầu thu không phóng xạ nên không cần xin giấy phép sử dụng.
- * Hình dạng bên ngoài của đầu thu nhằm giảm nhỏ sự hình thành vầng quang dưới trường tĩnh điện của cơn dông.
- * Đầu thu không cần pin hay nguồn cấp năng lượng nào bên ngoài cho bất kỳ bộ phận nào của nó hoạt động.
- * Đầu thu được làm bằng vật liệu không bị ăn mòn trong điều kiện khí quyển bình thường.
- * Đầu thu được cách điện khỏi cấu trúc bảo vệ. Thể tích vùng thu và bán kính hấp dẫn của đầu thu, được đưa ra từ thống kê và những nghiên cứu về sét được chấp nhận và biết đến.
- * Đầu thu được đặt tối thiểu 10 m từ mặt đất.
- * Đầu thu phải được lắp đặt nghiêm ngặt theo hướng dẫn của nhà sản xuất.
- * Vùng bảo vệ được qui định bởi điện cực phải thích hợp với điểm sét đánh cho tất cả các sét vượt quá biên độ của dòng điện sét $xxKA$ theo mức bảo vệ yy . Thiết kế phải tính toán đến sự phóng một tia đi lên của các điểm cạnh tranh (mũi nhọn, gờ mái...) từ công trình cần bảo vệ.

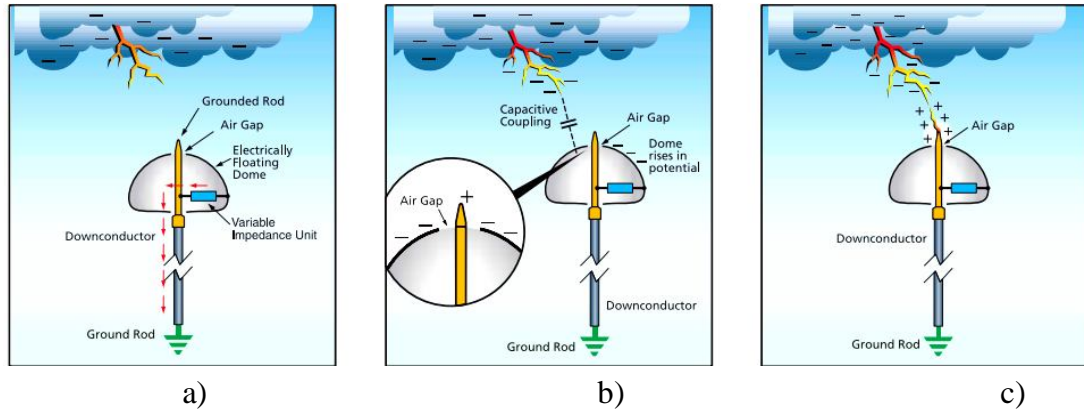
Bảng 4.1. Mối quan hệ giữa dòng xung đỉnh của sét với mức bảo vệ

Dòng sét (xx)	Mức bảo vệ (yy)	Khả năng xuất hiện
3KA	Rất cao	99%
6KA	Cao	98%
10KA	Trung bình	93%
15KA	Chuẩn	85%
20KA	Thấp	75%

+ Nguyên lý hoạt động:

Ở dạng đơn giản Dynasphere gồm một thanh kim loại nhọn đầu được nối đất và một quả cầu kim loại bọc lấy thanh. Một trở kháng cao nối quả cầu và thanh nhọn (hình 4.2a). Trong điện trường tương đối ổn định xảy ra dưới một cơn dông. Dynasphere là một thiết bị thụ động. Trong trường tĩnh điện này quả cầu được nối đất qua trở kháng và gây ra corona cực tiểu do dạng hình học của nó. Trong trường điện động, khi có sự gia tăng nhanh chóng và đột ngột của điện trường khí quyển, quá trình quá độ xảy ra, việc tiếp cận một tia phóng xuống tạo thành một điện dung ghép giữa tia phóng xuống và mặt cầu (hình 4.2b). Mặt cầu sẽ phản ứng lại sự tăng nhanh điện trường bằng cách tăng thế do hằng số thời gian dài tạo bởi kênh tĩnh trở

kháng cao. Một khe phóng điện được hình thành do sự chênh lệch thế giữa quả cầu và thanh. Tác động này làm thiết bị giải phóng năng lượng đã tích lũy dưới dạng ion, tạo ra một đường dẫn tiên đạo về phía trên chủ động dẫn sét (hình 4.2c).



Hình 4.2. Minh họa nguyên tắc hoạt động của đầu thu Dynasphere

- Dây Ericore:

+ Cấu tạo dây Ericore:

Dây Ericore gồm một dây dẫn căng ở giữa bao bọc bằng lõi nhựa. Lớp thứ 2 là một dây đồng xoắn ốc, tiết diện hiệu dụng 50mm^2 là lớp dẫn dòng chính, được cách điện sơ cấp bao bọc. Bề mặt bọc bằng đồng bọc bên ngoài cách điện sơ cấp và nó được cách điện thứ cấp bao bọc. Cách điện thứ cấp được một lá kim loại bao bọc mà bên ngoài có vỏ bọc dẫn điện. Nếu bỏ phần ở giữa là lõi nhựa. Kết cấu giống như một vật dẫn trung thế.

Đường kính ngoài của dây Ericore nhỏ hơn 40mm. Điện áp xung dạng sóng 1,2/50 μs giữa các lớp dẫn điện không nhỏ hơn 250KV.

+ Ưu điểm của dây Ericore:

- * Dẫn dòng xung sét xuống đất an toàn .
- * Chỉ cần một dây dẫn.
- * Lựa chọn được đường dẫn sét, đi ngầm bên trong công trình.
- * Kín đáo và thẩm mỹ.
- * Khả năng phóng điện biên được loại bỏ.
- * Không cần nổi đặc biệt, trừ đối với thép xây dựng nối với tiếp địa chống sét.
- * Sự lắp đặt dây dẫn Ericore với hệ thống tiếp đất có chi phí thấp hơn bất cứ hệ thống chống sét nào của kỹ thuật cổ điển.

Vì lý do thẩm mỹ khi lắp đặt, điều này dẫn đến việc dây dẫn sét có những góc bẻ cong. Sự tự cảm gia tăng do những góc bẻ cong làm tăng điện thế dẫn đến cắt điện hay sự phóng điện biên. Tòa nhà luôn bị điện hóa và ở đó tồn tại nguy cơ phóng điện biên. Một dây Ericore khắc phục được các hiểm họa trên và hơn nữa còn cho phép đi dây bên trong tòa nhà.

- Thiết bị đếm sét

Thiết bị đếm sét là một máy ghi cơ học giám sát bằng điện tử nhằm ghi lại sự hoạt động cho mỗi lần sét tại điểm đo. Một cuộn dây Toroidal đặc biệt được lắp đặt đơn giản trên bộ phận tiếp đất của dây Ericore, để cảm ứng với năng lượng sét và tác động mạch đếm.

Thiết bị không cần pin, hệ thống tự cấp năng lượng, rắn chắc, không thấm nước và dễ lắp đặt.

Với chi phí vừa phải thiết bị cung cấp những thông tin thống kê có giá trị và như vậy chứng minh tính hiệu quả của hệ thống chống sét, thiết bị có thể lắp đặt cho các hệ thống chống sét khác.

Thông số kỹ thuật:

- + Dòng điện vận hành tối thiểu : 1.500A trên một xung điện 8/20 μ s
- + Nguồn điện: tự cấp.
- + Mạch điện: Mọi trạng thái ứng với bộ đếm cơ điện tử ghi nhận đến 9999.
- + Thành phần: Cuộn Toroidal được cuốn tròn. Đường kính lỗ bên trong 45mm. Bộ đếm được lắp bên trong cuộn dây.
- + Phương pháp nối: Bộ phận đếm trượt trên dây thu lôi Ericore trước khi nối với cọc tiếp đất. Để tiện hơn bộ phận đếm có thể được đặt ngay trên cọc tiếp đất.

- Hệ thống nối đất:

+ Nối đất sẽ được thực hiện bằng dây đồng hay băng đồng được chôn sâu hơn 0,6m hay cọc đồng lõi thép được thiết kế đặc biệt cho nối đất về điện hoặc kết hợp dây và cọc. Trong các trường hợp đó hệ thống nối đất sẽ được kết nối tới cọc nối đất trung tâm và cọc này phải liên kết chắc chắn dây dẫn xuống bằng kẹp cáp.

- Cản nối kết hệ thống nối đất tới các phần kim loại của toà nhà, cấu trúc thép của toà nhà. Điện trở nên được đo nhỏ hơn 10 Ω .

- Hoá chất cải thiện đất GEM có tính dẫn điện, không hoà tan sẽ giúp điện trở nối đất đạt được giá trị thấp, được cung cấp dễ trộn và được lắp đặt hoàn toàn theo chỉ dẫn của nhà sản xuất.

4.2.3. Lựa chọn thiết bị

Chọn kim thu sét tạo tia tiên đạo Dynasphere loại có $\Delta T = 30\mu s$ cho khu 1 và khu 3, và loại có $\Delta T = 25\mu s$ cho khu 2. Các thiết bị của hệ thống còn lại là giống nhau cho các khu.

Bảng 4.2 liệt kê các thiết bị cần thiết cho thiết kế cho cả 3 khu (chưa có hệ thống nối đất).

Bảng 4.2. Bảng thông số các thiết bị chống sét.

STT	Tên thiết bị	Ký hiệu	Mã	Thông số	Số lượng
1	Kim thu sét	DSMKIV-SS	702085	$\Delta T: 30\mu s$ h: 5m m: 5kg	2
2	Kim thu sét	DSMKIV-SS	702085	$\Delta T: 25\mu s$ h: 5m m: 5kg	1
3	Ống cách ly dây dẫn sét (làm bằng sợi thủy tinh)	FRP2MBLK	702030	L: 2m ID: 60mm OD: 68mm m: 5kg	3
4	Thiết bị nối ống cách ly và cột nâng	I/LCOUPL	701320	$\Phi: 70mm$	3
5	Cột nâng có đế	MBMAST5M	701350	L: 5m m: 15kg	3
6	Dây neo chống rung	GUYKIT 7MGRIP	701315	L: 10m m: 0,7kg	9
7	Dây dẫn sét	ERICORE/PER M	701875	S: $50mm^2$ 1,2kg/m L: 15m	3
8	Đai thép	CABTIE-SS	701420	m: 0,05	6
9	Kẹp cố định dây trên tường	CONSAD/E2	701990	m: 0,19kg	30
10	Hộp kiểm tra	PIT03	710180	250mmx200mmx215mm m: 1,3kg	3
11	Võ bọc bảo vệ dây dẫn sét trước khi tiếp xúc đất	FRP2MWHITE	702040	L: 2m m: 5kg	3
12	Thiết bị đếm sét	LEC-IV	702050	m: 2kg	3

4.3. Lắp đặt hệ thống chống sét cho công trình [6][9][10]

Trường Đại học Tây Nguyên một công trình cấp quốc gia có ý nghĩa rất quan trọng trong việc đào tạo nhân lực phát triển văn hóa của khu vực Tây Nguyên và

duyên hải miền trung, do đó việc thiết kế hệ thống chống sét trực tiếp cho trường là một việc làm cần thiết và đòi hỏi phải đảm bảo an toàn tối đa cho người và tài sản.

Tại các khu đã nêu, hệ thống kim thu Franklin thiết kế đơn giản với phạm vi bảo vệ quá hẹp so với yêu cầu thực tế và hệ thống dẫn sét không an toàn nên có thể bỏ hẳn hệ thống này và thay thế bằng hệ thống chống sét hiện đại dùng kim thu sét phóng điện sớm để có thể bảo vệ phạm vi rộng lớn hơn.

Trình tự thiết kế hệ thống chống sét cho công trình: xác định cấp bảo vệ cho công trình; xác định bán kính và vị trí đặt kim thu (dùng phần mềm Benji Brocalc); xác định độ lợi thời gian của kim thu và lựa chọn thiết bị chống sét; lắp đặt kim thu và dây dẫn sét; khảo sát điện trở suất của đất, lập kế hoạch tiếp đất và kiểm tra điện trở tiếp đất của hệ thống chống sét.

4.3.1. Giới thiệu phần mềm Benji hỗ trợ thiết kế chống sét

- Giới thiệu công cụ BENJI PROCALC

Benji Procalc là một phiên bản tóm tắt của phần mềm thiết kế chống sét của Benji để tính toán bảo vệ một cách gần đúng và có những giới hạn sau:

- + Chỉ tính toán đối với những cấu trúc hình chữ nhật hay hình vuông.
- + Chiều cao của kim chống sét Dynasphere không được thấp hơn 4m.
- + Chiều cao cao nhất có thể được Benji Procalc tính toán là 150m.

- Chương trình thiết kế bảo vệ chống sét BENJI DESIGN

Benji là phần mềm thiết kế của công ty ERICO (có sự hỗ trợ của máy tính) dùng để trợ giúp thiết kế hệ thống chống sét bằng cách ước lượng thể tích hấp thu của kim thu sét Dynasphere theo phương pháp thể tích hấp thu “Collection volume”.

Phần mềm Benji thiết kế dựa trên hiện tượng chống lại sự gia tăng điện trường của kim thu sét Dynasphere và các thông số khác của cấu trúc ở những nơi dễ sinh ra tia tiên đạo sét dẫn điện xuống khi có sự gia tăng điện trường.

Máy tính sẽ lấy những thông số sau để tính toán:

1. Độ cao và vị trí của cấu trúc cần thiết kế.
2. Chiều cao của cấu trúc.
3. Dạng hình học.
4. Hệ số tăng cường điện trường.
5. Các hình chiếu công trình.
6. Biên độ sét và khả năng xuất hiện.
7. Điện lượng của tia tiên đạo sét.
8. Tỷ lệ vận tốc của tia tiên đạo đi lên và tia tiên đạo đi xuống.

Phần mềm có những khả năng sau:

+ Xác định thể tích hấp thu của các điểm nhô cao trên cấu trúc và phân biệt chúng với các điểm khác mà đã có sẵn vùng bảo vệ.

+ Với phương pháp thể tích hấp thu có thể giúp các kỹ sư tối ưu hoá thiết kế hệ thống bảo vệ chống sét bằng cách bảo vệ đặc biệt cho các phần của cấu trúc nơi mà có nhiều xác suất bị sét đánh, từ đó sẽ ít tốn kinh phí để bảo vệ chống sét đến các phần của cấu trúc có ít xác suất bị sét đánh.

+ Dễ dàng xác định vùng bảo vệ của cấu trúc.

+ Ước lượng điểm nào trên cấu trúc có khả năng phát ra tia tiên đạo đi lên đầu tiên để thu bắt tia tiên đạo đi xuống. Mỗi bán kính hấp thu cho mỗi điểm nhô lên của công trình đều được tính toán.

+ Đặt kim thu sét tại vị trí mong muốn, tính toán và so sánh bán kính hấp thu của kim với bán kính hấp thu của các điểm cạnh tranh. Bảo vệ đạt yêu cầu khi hai bán kính này trùng lấp nhau.

+ Xác định tỷ lệ phần trăm sét đánh mà hệ thống không thu được.

- Lưu đồ làm việc của phần mềm BENJI

Khởi động phần mềm Benji, màn hình chính hiện ra như sau:



Hình 4.3. Giao diện của phần mềm Benji Procalc

1. Thiết kế chống sét (DESIGN)

Môi trường thiết kế:

- Nhập số liệu: nhập thông số về chiều dài, chiều rộng, độ cao tòa nhà.
- Sắp xếp các tòa nhà theo đúng vị trí thực tế.
- Chọn vị trí đặt kim và xác định chiều cao cột đỡ
- Kiểm tra 3D
- Chọn mức bảo vệ: 85% (chuẩn), 93% (trung bình), 98% (cao)
- Tính bán kính bảo vệ.
- Quan sát vùng bảo vệ theo mặt bằng và các mặt cắt.

2. Thông tin về Erico (INFORMATION)


- Cách sử dụng công cụ thiết kế Benji Procalc.

- Giới thiệu công cụ Benji Procalc.
- Mẫu đăng ký trợ giúp thiết kế.
- Chương trình thiết kế bảo vệ chống sét Benji Design.
- Thông tin về công ty Erico.
- Thông tin về hệ thống 3000.

3. Thoát khỏi chương trình (QUIT)


- Cách sử dụng phần mềm:

- + Tạo các tòa nhà


Nhấp vào biểu tượng New structure  ở góc trên bên trái của màn hình hoặc vào Structure/New. Có thể tạo thành một cấu trúc phức tạp (tối đa là 8 cấu trúc) hơn bằng cách là ghép nhiều tòa nhà lại với nhau để tạo thành tòa nhà yêu cầu.

Để di chuyển cấu trúc tòa nhà chỉ cần nhấp giữ kéo tới vị trí cần di chuyển. Thay đổi kích thước có thể nhấp vào cạnh cần thay đổi và kéo cạnh tăng hay giảm kích thước theo mong muốn hoặc có thể điều chỉnh các thông số của nó trên hộp thoại.

- + Tạo kim thu Dynasphere:

Nhấp vào biểu tượng New Dynasphere . Sau đó dịch chuyển kim thu sét đến vị trí cao nhất của cấu trúc. Nhấp chuột phải vào kim thu thì các thông số của kim sẽ hiện ra đó là thông số về chiều cao cột đỡ, bán kính hấp thu và chiều cao kim thu sét (bao gồm cả chiều cao cột đỡ).


- + Xem thể tích hấp thu của kim và đặc tính của cấu trúc:

Nhấp vào biểu tượng Plan View  Hoặc chọn View/Plan từ menu Trong hình với vùng có màu đỏ là vùng mà cấu trúc không được bảo vệ, có thể chỉnh sửa bằng cách tăng độ cao kim thu hoặc bổ sung kim thu, trong trường hợp này tăng độ cao của kim thu. Sau khi đã tăng độ cao của kim thu sét, thấy các tòa nhà đã được bảo vệ mang màu xanh.

- + Quan sát phía trước mặt chiếu:

Nhấp vào nút Front Elevation  hoặc chọn View / Front Elevation từ menu.

- + Để quan sát phía cạnh mặt chiếu:

Nhấp vào nút Side Elevation  hoặc chọn View / Side Elevation từ menu.

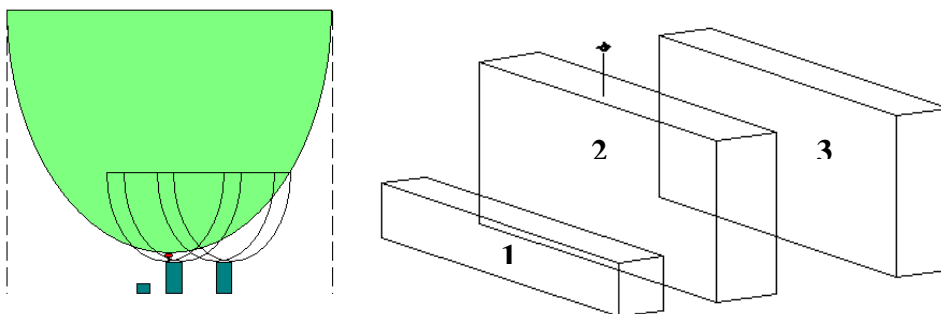
- + Quan sát không gian 3 chiều:



Nhấp vào nút 3D View hoặc chọn View / 3D từ menu. Để thay đổi góc nhìn cấu trúc, nhấp vào một trong bốn mũi tên trên thanh menu để thay đổi sự định hướng của cấu trúc.

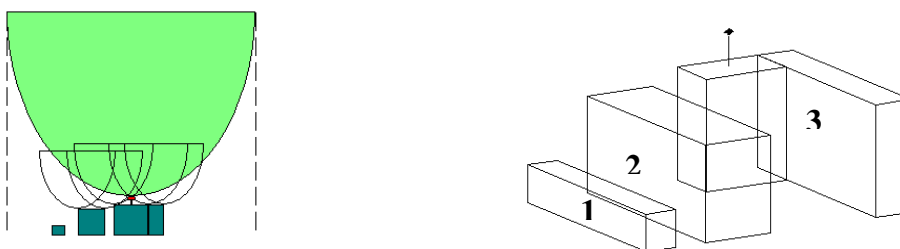
- Xác định vị trí kim thu và bán kính bảo vệ

- Sơ đồ bố trí kim thu cho khu 1, kim thu cao 5m, chọn cấp bảo vệ chuẩn 85%, $R_p = 84$ m. Thay giá trị $R_p = 84$ m, $h = 20$ m vào phần mềm tính toán chống sét ta được thông số độ lợi thời gian của kim thu là: $dT = 30\mu s$



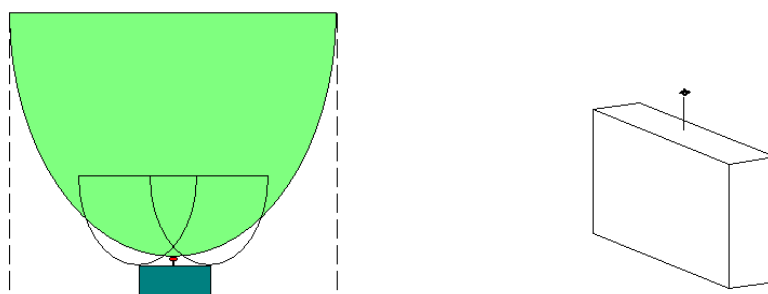
Hình 4.4. Quan sát thể tích thu của kim theo mặt cắt và hình 3D khu 1-Căn tin sinh viên; 2-Ký túc xá 3; 3- Ký túc xá 4

- Sơ đồ bố trí kim thu cho khu 2, kim thu cao 5m, chọn cấp bảo vệ trung bình 93%, $R_p = 66$ m. Thay giá trị $R_p = 66$ m, $h = 20$ m vào phần mềm tính toán chống sét ta được thông số độ lợi thời gian của kim thu là: $dT = 25\mu s$.



Hình 4.5. Quan sát thể tích thu của kim theo mặt cắt và hình 3D khu 2 1- Khu tập thể giáo viên; 2-Ký túc xá 2; 3-Nhà hiệu bộ

- Sơ đồ bố trí kim thu cho khu 3, kim thu cao 5m, chọn cấp bảo vệ chuẩn 85%, $R_p = 77$ m. Thay giá trị $R_p = 77$ m, $h = 17$ m vào phần mềm tính toán ta được thông số độ lợi thời gian của kim thu là: $dT = 30\mu s$

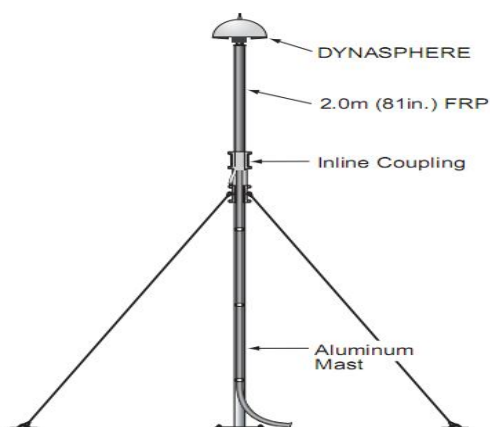


Hình 4.6. Quan sát thể tích thu của kim theo mặt cắt và hình 3D khu 3

4.3.2. Hướng dẫn lắp đặt hệ thống chống sét trực tiếp cho các khu

Thiết bị chống sét trực tiếp sử dụng kim thu Sét tạo tia tiên đạo loại DSMKIV-SS gắn trên cột nâng, chế tạo bằng ống nhôm nhẹ có đế kích thước 225mm x 225mm gồm 4 lỗ có đường kính 12,5mm được liên kết chắc chắn với công trình bằng 4 bulong. Chú ý chóp nhọn của kim chọn loại Sharp Tip cho công trình thấp hơn 20m.

Dây thoát Sét dùng loại dây Ericore, tiết diện 50mm² đảm bảo dẫn sét xuống đất an toàn, không gây nhiễu, an toàn cho người và thiết bị. Gần với đầu thu cần bọc dây thoát sét bằng ống cách điện bằng sợi thủy tinh có độ dài 2m và liên kết với cột nâng bằng thiết bị kết nối (Inline Coupling).



Hình 4.7. Lắp đặt phần trên của hệ thống chống sét

Dùng thiết bị Inline Coupling để đầu 3 dây neo.

Dây thoát sét được cố định vào cột nâng bằng các đai mỏng. Dây ERICORE được gắn chặt dọc theo ống nước hoặc tường bằng kẹp giữ dây đặt dọc theo dây tại các vị trí cách nhau từ 1 ÷ 2m. Tại các đoạn cần uốn cong bán kính uốn cong của dây ERICORE không được quá 0,5m. Cần bảo vệ cho dây ERICORE bằng ống dẫn (có thể dùng ống nhựa PVC) tại những nơi có thể dễ bị phá hỏng. Ở 3m dây cuối

của dây phải lắp đặt ống cách điện để bảo vệ cho người khi đến gần và phải đặt cách đường dây thông tin từ 2m trở lên.

Cuối dây dẫn cần phải được đặt hộp kiểm tra nối đất PIT03.

Lắp đặt máy đếm sét LEC-IV trước hộp nối kiểm tra.

Để tản năng lượng sét vào đất một cách nhanh chóng, dùng hệ thống nối đất dạng chân chim hoặc dạng nhiều cọc nối với nhau. Cụ thể đối với đặc điểm địa chất từng nơi chứa công trình và để đáp ứng nhu cầu kỹ thuật đòi hỏi trong trường hợp xấu nhất điện trở nối đất phải nhỏ hơn 10Ω .

4.3.3. Đo điện trở suất của đất

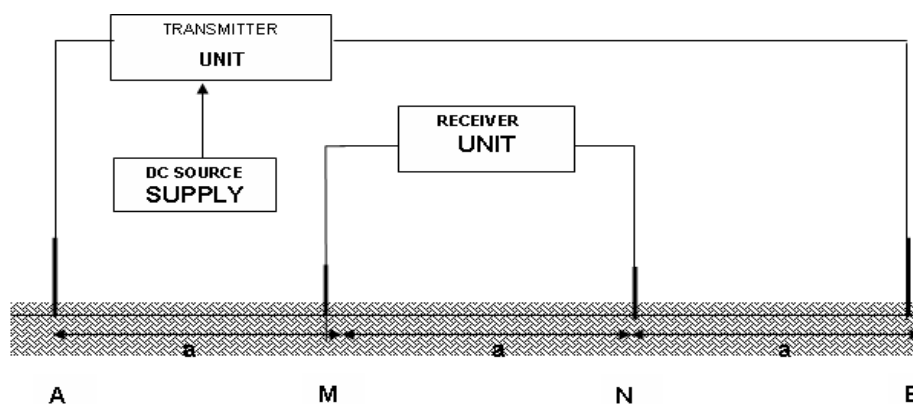
Công tác đo tham số điện trở suất của môi trường nhằm cung cấp tham số điện trở suất của đất đá phục vụ cho việc thiết kế các công trình nối đất, đặc biệt là trong việc thiết kế hệ thống chống sét trong khu vực.

Máy được sử dụng cho việc đo đặc giá trị điện trở suất là: máy đo điện trở tiếp địa AEMC 6470 do hãng Chauvin Arnoux - Pháp sản xuất. Máy tự động đo đặc giá trị điện trở suất và hiển thị trên màn hình tinh thể lỏng.

Việc đo đặc điện trở suất của đất theo các tiêu chuẩn *ASTM 57 - 78*, *ASTM G57 - 95a*

- Cơ sở lý thuyết

Hệ thiết bị đối xứng Wenner là 1 hệ thống gồm 4 điện cực A,B,M,N được bố trí ở khoảng cách đều nhau a (m) trên một đường thẳng trên mặt đất như Hình 4.8. Trong đó, A, B là điện cực dòng và M, N là điện cực thế. Điện cực dòng cho phép phát dòng điện một chiều vào môi trường có cường độ là I (Ampere) trong khi điện cực thế ghi nhận điện thế gây ra bởi dòng điện này tại M và N.



Hình 4.8. Phương pháp Wenner

Giả sử rằng môi trường bên dưới là đồng nhất và có giá trị điện trở suất là $\rho(\text{ohm.m})$, điện thế tại M được tính như sau:

$$V_1 = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} \right) (\text{volt}) \quad (4.1)$$

Tương tự, điện thế tại vị trí N là:

$$V_2 = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a} \right) (\text{volt}) \quad (4.2)$$

Vì vậy, sự khác biệt điện thế giữa M và N có thể được tính theo công thức sau:

$$V = V_1 - V_2 = \frac{\rho I}{2\pi a} \quad (4.3)$$

Từ các phương trình trên đây, có thể dẫn xuất ra biểu thức tính toán giá trị điện trở suất của môi trường như sau:

$$\begin{aligned} \rho &= 2\pi a \left(\frac{V}{I} \right) (\Omega.m) \\ &= 2\pi a R \\ \left(R = \frac{V}{I} \right) \end{aligned} \quad (4.4)$$

Công thức (4.4) trên đây được gọi là công thức Wenner.

Kết quả tính toán theo phương trình (4.4) thỏa mãn khi việc đo đạc được thực hiện với chiều sâu cắm các điện cực nhỏ hơn 1/20 khoảng cách 'a'.

- Quy trình đo đạc

Việc đo đạc được thực hiện bằng thiết bị 4 cực đối xứng Wenner, trong đó, các khoảng cách đều nhau giữa các điện cực được sử dụng để ghi nhận giá trị điện trở suất của môi trường bên dưới với chiều sâu tương ứng.

Giá trị điện trở suất của môi trường phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó, chủ yếu là: độ ẩm, độ chứa nước, thành phần thạch học, độ gắn kết và có thể thay đổi trong một phạm vi rất rộng.

Khi đã lựa chọn một điểm đo, các bước công việc được tiến hành như sau: Cắm 4 điện cực theo một đường thẳng trên mặt đất với khoảng cách các điện cực đều nhau là 'a', nối nguồn phát và thiết bị đo đạc vào hệ điện cực để thực hiện việc đo đạc.

Giá trị điện trở suất của môi trường có thể được tính toán bằng công thức:

$$\rho = 2\pi a R = KR \quad (4.5)$$

Trong đó:

ρ : Giá trị điện trở suất (ohm.m)

a : Khoảng cách giữa các điện cực (m)

R: điện trở (ohm)

K: hệ số thiết bị đo đạc

Đối với môi trường đồng nhất và đẳng hướng, công thức trên đây cho được giá trị điện trở suất biểu kiến của môi trường có chiều sâu xấp xỉ với khoảng cách “a” của điện cực, tuy nhiên, trong thực tế, môi trường điện trở suất ít khi đồng nhất, vì vậy, giá trị điện trở suất thật của môi trường phải được tính toán trên cơ sở kết quả đo sâu điện với các giá trị điện trở suất ghi nhận với các khoảng cách “a” khác nhau.

Sau khi đã đo đạc và tính toán giá trị điện trở suất theo một cự ly thiết bị “a”, khoảng cách của các điện cực lại tiếp tục di chuyển đến một khoảng cách “a” lớn hơn, sao cho vị trí nghiên cứu vẫn là trung điểm của các điện cực AB và MN. Các bước dịch chuyển của cự ly thiết bị ‘a’ được trình bày trong bảng sau (ví dụ cho trường hợp đo điện trở suất đất ở khu 3):

Bảng 4.3. Hệ số thiết bị đo đạc

DS01				DS02		
TT	a(m)	K		TT	a(m)	K
1	0.2	1.26		1	0.5	3.14
2	0.6	3.77		2	1.5	9.42
3	0.9	5.65		3	4.5	28.26
4	3.6	22.61		4	13.5	84.78
5	5.4	33.91		5	21	131.88
6	10.8	67.82				

Với các cự ly thiết bị như vậy, có thể nghiên cứu được tính chất điện trở suất của môi trường trong khoảng chiều sâu từ 15 – 20 m.

- Quy trình phân tích số liệu

Giá trị điện trở suất ghi nhận được tại thực địa, được tiếp tục xử lý và phân tích để nhận được giá trị điện trở suất thật của môi trường. Để thực hiện được điều đó, phương pháp mô hình hoá đã được lựa chọn trên cơ sở giả thiết môi trường phân lớp ngang. Các phần mềm được sử dụng là: Quang1D do Nguyễn Kim Quang và Nguyễn Ngọc Thu (Trung tâm Địa Vật lý – TP. Hồ Chí Minh) thành lập. Đây là chương trình được xây dựng cho việc phân tích đường cong đo sâu điện ghi nhận được bởi các hệ thiết bị khác nhau: Schlumberger, Wenner hoặc the pole-pole.

Sau khi nhận được giá trị điện trở suất thật của các lớp, giá trị điện trở suất trung bình được tính toán theo công thức:

$$\rho = \sqrt{\rho_l \rho_t} \quad (4.6)$$

Trong đó:

ρ_l : Điện trở suất dọc.

$$\rho_l = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{\rho_i}} \quad (4.7)$$

ρ_t : Điện trở suất ngang.

$$\rho_t = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \rho_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \quad (4.8)$$

ρ_i là giá trị điện trở suất của lớp thứ i.

h_i là bề dày của lớp thứ i.

- Kết quả:

Để hình dung được sự thay đổi tính chất điện trở suất theo chiều sâu, việc phân chia các lớp điện trở suất cũng đã được thực hiện. Ngoài ra, để có thêm số liệu phục vụ cho việc tính toán, phần kết quả có thêm giá trị điện trở suất trung bình của môi trường tính từ mặt đất đến các chiều sâu khác nhau.

Kết quả phân tích các đường cong điện trở suất tại các vị trí khảo sát được trình bày trong các bảng sau:

Bảng 4.4. Kết quả phân tích điện trở suất

DS01_K1			DS01_K2		
Chiều sâu ranh giới lớp (m)	Bề dày (m)	Giá trị điện trở suất (ohm.m)	Chiều sâu ranh giới lớp (m)	Bề dày (m)	Giá trị điện trở suất (ohm.m)
0.21	0.21	473.15	0.68	0.68	1039.12
1.19	0.98	42.17	1.5	0.82	15.85
2.87	1.68	6.31	7.22	5.72	69.45
10.19	7.32	17.78	13.34	6.12	12.59
20	9.81	7.64	20	6.66	46.42
DS01_K3			DS02_K3		
Chiều sâu ranh giới	Bề dày (m)	Giá trị điện trở suất	Chiều sâu ranh giới	Bề dày (m)	Giá trị điện trở suất

lớp (m)		(ohm.m)	lớp (m)		(ohm.m)
0.83	0.83	251.2	0.42	0.42	73.56
2.46	1.63	73.6	1.5	1.08	107.98
6.19	3.73	184.8	3.29	1.79	28.18
13.34	7.15	31.6	10	6.71	68.13
20	6.66	85.8			

Chú thích: DS01_K1: điểm đo của khu 1; DS01_K2: điểm đo của khu 2; DS01_K3: điểm đo thứ nhất của khu 3, DS02_K3: điểm đo thứ hai của khu 3

Giá trị điện trở suất trung bình tính từ mặt đất đến các chiều sâu khác nhau 1m, 2m, 5m, 10m, 15m được trình bày trong bảng sau:

Bảng 4.5. Giá trị điện trở suất trung bình của đất tính từ mặt đất đến các chiều sâu khác nhau.

Chiều sâu phân lớp	Điểm đo điện trở đất	Điện trở suất dọc $\rho_l(\text{Ohm.m})$	Điện trở suất ngang $\rho_t(\text{Ohm.m})$	Điện trở suất trung bình $\rho_{tb}(\text{Ohm.m})$
0-1m	DS01_K1	52.14	132.68	83.18
0-2m		13.15	72.90	30.97
0-5m		12.20	37.83	21.49
0-10m		14.47	27.81	20.06
0-15m		11.27	21.21	15.46
0-1m	DS01_K2	47.98	711.67	184.78
0-2m		33.56	377.16	112.51
0-5m		48.65	192.53	96.78
0-10m		28.12	115.19	56.92
0-15m		22.84	84.73	44.00
0-1m	DS01_K3	178.08	220.99	198.38
0-2m		104.11	147.28	123.83
0-5m		127.52	159.55	142.64
0-10m		60.19	113.81	82.77
0-15m		51.52	92.41	69.00
0-1m	DS02_K3	90.24	93.52	91.87
0-2m		59.78	80.80	69.50
0-5m		47.92	62.89	54.90
0-10m		56.27	65.51	60.71

Các kết quả khảo sát, phân tích và tính toán cho thấy rằng:

Tại các khu vực K1 và K3, giá trị điện trở suất của lớp mặt khá cao, điều này hoàn toàn dễ hiểu, bởi lẽ, tại các vị trí bố trí điểm đo có sự hiện diện của lớp xà bần phủ trên bề mặt tương ứng với bề dày khoảng 0.7m tại khu vực K2 và khoảng 0.2m tại khu vực K1. Giá trị điện trở suất nằm bên dưới chiều sâu khoảng 1m có giá trị khá ổn định. Có thể mô tả như sau:

- *Khu vực 1:* giá trị điện trở suất tương đối thấp, ngoại trừ lớp mặt, giá trị điện trở suất của các lớp ở độ sâu lớn hơn 1m cho đến gần 20m có giá trị điện trở suất trung bình trên dưới 10 ohm.m, thấp nhất là giá trị điện trở suất của lớp đất phân bố trong khoảng chiều sâu từ 1.2m cho đến 3m, lớp này có giá trị điện trở suất vào khoảng 6.3 ohm.m. Bên dưới lớp này là lớp đất có điện trở suất khoảng 18 ohm.m và phân bố đến chiều sâu khoảng 10m, sau đó là lớp đất có điện trở suất thấp hơn, vào khoảng 8 ohm.m. Tính trung bình điện trở suất cho toàn bộ bề dày từ trên mặt xuống đến chiều sâu 15m, giá trị điện trở suất giảm dần. Khu vực này có giá trị thuận lợi cho việc thiết kế các công trình nổi đất, tuy nhiên, cần lưu ý tính ăn mòn kim loại của các công trình.

- *Khu vực 2:* Như đã mô tả sơ bộ trong phần trên, điểm đo điện trở suất tại khu vực này được bố trí trên đồng xà bần, gạch đá, cát, do vậy giá trị điện trở suất của lớp đất đá này khá cao, lên đến 1000 ohm.m, tương ứng với bề dày vào khoảng 0.7m. Giá trị điện trở suất bên dưới lớp xà bần này khá thấp, chỉ vào khoảng 15 ohm.m, tương ứng với bề dày 0.7m, bên dưới lớp này là lớp đất có giá trị điện trở suất cao hơn, vào khoảng 70 ohm.m, phân bố đến chiều sâu 7.2m, dưới nữa, là lớp đất có điện trở suất khá thấp, chỉ vào khoảng 12.5 ohm.m phân bố đến chiều sâu lớn hơn 13m. Giá trị điện trở suất trung bình tại khu vực này tương đối cao hơn ở khu vực 1, nhưng cũng tương đối thấp và ổn định tại các chiều sâu hơn 2m khá thích hợp cho việc thiết kế hệ thống nổi đất.

- *Khu vực 3:* ở điểm đo thứ nhất sau khuôn viên ký túc xá giá trị điện trở suất tương đối cao, trung bình là 130 Ohm.m. Giá trị điện trở suất này có khả năng do lớp đất phủ dày bên dưới. Ở điểm thứ hai bên hông phải của ký túc xá thì giá trị điện trở suất thấp. Giá trị điện trở suất này khá lý tưởng cho việc thiết kế các hệ thống chống sét.

Nhìn chung, khi thiết kế các công trình nổi đất cần có biện pháp phòng chống ăn mòn kim loại để đạt được tiêu chuẩn và đúng theo yêu cầu kỹ thuật.

4.3.4. Thiết kế hệ thống tiếp đất cho các khu

- Hệ thống nổi đất cho khu 1

Từ việc phân tích điện trở suất các lớp đất ở mục 4.3.3, đề nghị sử dụng hệ thống nổi đất gồm 3 cọc nổi bằng cáp đồng trần đường kính 5mm. Các cọc bằng

đồng (mã 2,1M12, số hiệu 155090) đường kính 12,5 mm, dài 2,1 m. Các cọc này được đóng sâu 0,8 m và khoảng cách giữa các cọc bằng 2,5 m.

Để tính toán điện trở của cọc, dây nối và kiểm tra điện trở nối đất, ta dùng lập trình matlab ở chương 3.

Lấy điện trở suất: $\rho = 21,49 \Omega.m$. Tra bảng III.1 và III.3 (Phụ lục III), tìm được $\eta_1 = 0,78$ và dùng phương pháp nội suy $\eta_2 = 0,77$.

Kết quả:

- + Điện trở của 3 cọc: $R_c = 4,28 \Omega$
- + Điện trở dây nối: $R_d = 6,06 \Omega$
- + Tổng trở nối đất: $R = 2,77 \Omega < 10 \Omega$

- Hệ thống nối đất cho khu 2

Từ việc phân tích điện trở suất các lớp đất ở mục 4.3.3, đề nghị sử dụng hệ thống nối đất gồm 5 cọc nối bằng cáp đồng trần đường kính 5mm. Các cọc bằng đồng (mã 3M12, số hiệu 155110) đường kính 12,5 mm, dài 3 m. Các cọc này được đóng sâu 0,7 m và khoảng cách giữa các cọc bằng 3 m.

Lấy điện trở suất: $\rho = 96,78 \Omega.m$; tra bảng (Phụ lục III) tìm được $\eta_1 = 0,78$ và dùng phương pháp nội suy $\eta_2 = 0,76$.

Kết quả:

- + Điện trở của 5 cọc: $R_c = 9,67 \Omega$
- + Điện trở dây nối: $R_d = 13,79 \Omega$
- + Tổng trở nối đất: $R = 6,31 \Omega < 10 \Omega$

- Hệ thống nối đất cho khu 3

Từ việc phân tích điện trở suất các lớp đất ở mục 4.3.3, đề nghị sử dụng hệ thống nối đất dạng 5 cọc nối bằng 12m cáp đồng trần đường kính 5mm. Các cọc bằng đồng (mã 1,5M12, số hiệu 155110) đường kính 12,5 mm, dài 3m. Các cọc này được đóng sâu 0,8 m và khoảng cách giữa các cọc bằng 3m

Lấy điện trở suất: $\rho = 142,64 \Omega.m$, $\eta_1 = 0,7$, $\eta_2 = 0,76$

Kết quả:

- + Điện trở của 5 cọc: $R_c = 14,2 \Omega$
- + Điện trở dây nối: $R_d = 20,07 \Omega$
- + Tổng trở nối đất: $R = 9,24 \Omega < 10 \Omega$

Ta thấy điện trở tuy nhỏ hơn 10Ω đạt yêu cầu kỹ thuật nhưng để cho giá trị thấp hơn nữa và ổn định ta đào hố đường kính 12cm rồi đổ hóa chất Gem vào xung quanh cọc, cho dây nối: bề rộng hố Gem 12 cm và độ dày rãnh Gem 5cm

Kết quả:

- + Điện trở của 5 cọc: $R_c = 10,06 \Omega$, số bao GEM: 12

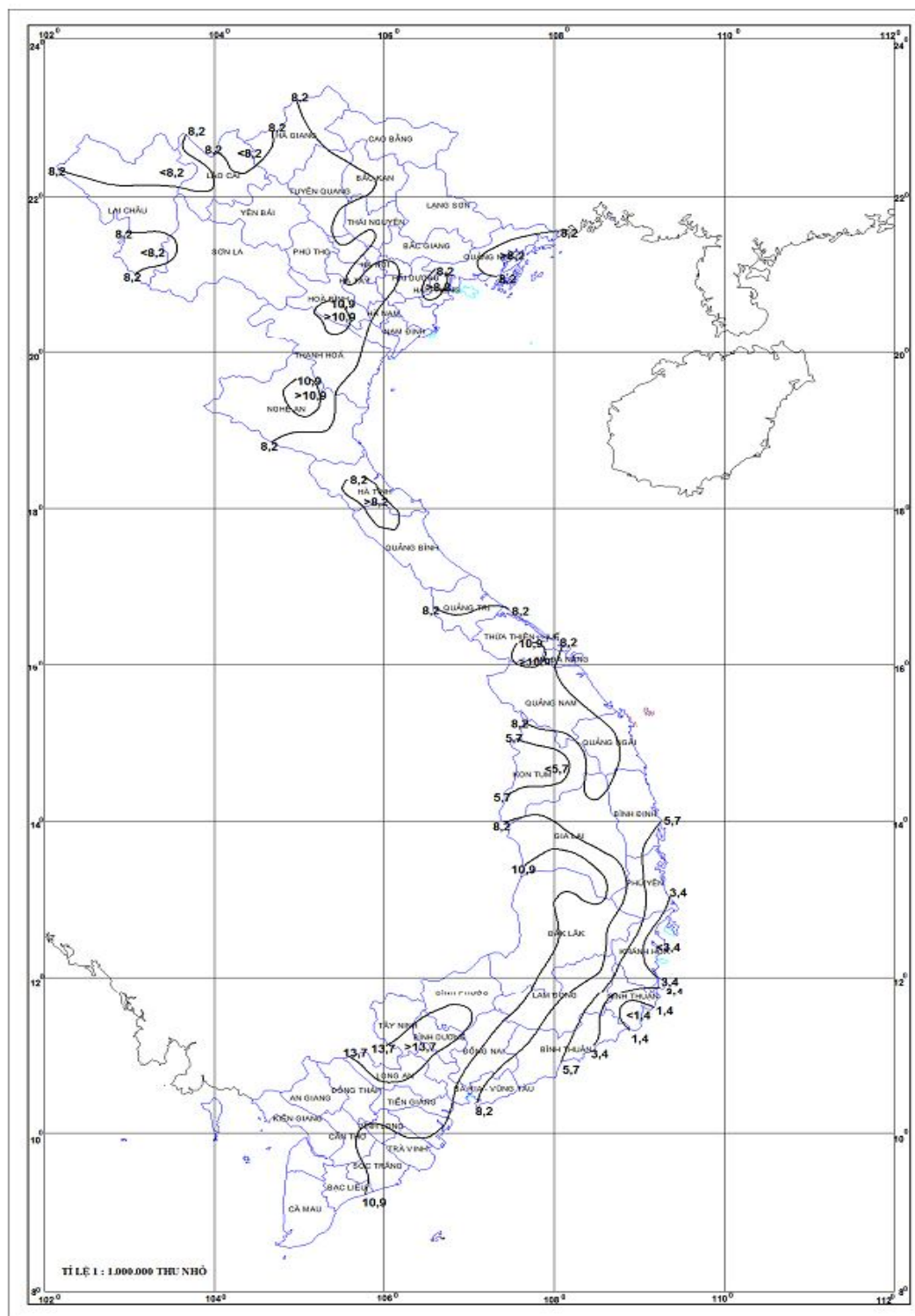
+ Điện trở dây nối: $R_d = 10,24 \Omega$, số bao GEM: 8

+ Tổng trở nối đất: $R = 5,45 \Omega < 10 \Omega$

Lưu ý: Cần nối đẳng thế các hệ thống nối đất để chống điện áp bước bằng thiết bị PEC. Việc nối các cọc với nhau và các điểm nối với nhau dùng phương pháp hàn hoá nhiệt (thường gọi là CADWELD).

Điện trở nối đất của các hệ thống chống sét cho khu 1 và khu 2 đều đạt yêu cầu kỹ thuật vì thế ta không cần dùng hóa chất GEM để cải thiện điện trở suất của đất.

Bản đồ mật độ sét trung bình năm của Việt Nam



Ghi chú : Bản đồ này do Viện Vật lý Địa cầu cung cấp.

Tiêu chuẩn về kích thước vật liệu của hệ thống chống sét

Bảng II.1. Vật liệu, cấu tạo và diện tích tiết diện tối thiểu của kim thu sét, dây dẫn sét, dây xuống và thanh chôn dưới đất (theo tiêu chuẩn TCXDVN 46-2007)

Vật liệu	Cấu tạo	Diện tích tiết diện tối thiểu	Ghi chú
Đồng	Dây dẹt đặc	50 mm ²	chiều dày tối thiểu 2 mm
	Dây tròn đặc	50 mm ²	đường kính 8 mm
	Cáp	50 mm ²	đường kính tối thiểu của mỗi sợi 1,7 mm
	Dây tròn đặc	200 mm ²	đường kính 16 mm
Đồng phủ thiếc ^b	Dây dẹt đặc	50 mm ²	chiều dày tối thiểu 2 mm
	Dây tròn đặc	50 mm ²	đường kính 8 mm
	Cáp	50 mm ²	đường kính tối thiểu của mỗi sợi 1,7 mm
	Dây tròn đặc	200 mm ²	đường kính 16 mm
Nhôm	Dây dẹt đặc	70 mm ²	chiều dày tối thiểu 3 mm
	Dây tròn đặc	50 mm ²	đường kính 8 mm
	Cáp	50 mm ²	đường kính tối thiểu của mỗi sợi 1,7 mm
Hợp kim nhôm	Dây dẹt đặc	50 mm ²	chiều dày tối thiểu 2,5 mm
	Dây tròn đặc	50 mm ²	đường kính 8 mm
	Cáp	50 mm ²	đường kính tối thiểu của mỗi sợi 1,7 mm
	Dây tròn đặc	200 mm ²	đường kính 16 mm
Thép mạ kẽm ^c	Dây dẹt đặc	50 mm ²	chiều dày tối thiểu 2,5 mm
	Dây tròn đặc	50 mm ²	đường kính 8 mm
	Cáp	50 mm ²	đường kính tối thiểu của mỗi sợi 1,7 mm
	Dây tròn đặc	200 mm ²	đường kính 16 mm
Thép không gỉ ^d	Dây dẹt đặc	50 mm ²	chiều dày tối thiểu 2 mm
	Dây tròn đặc	50 mm ²	đường kính 8 mm
	Cáp	70 mm ²	đường kính tối thiểu của mỗi sợi 1,7 mm
	Dây tròn đặc	200 mm ²	đường kính 16 mm

Bảng II.2. Vật liệu, cấu tạo và kích thước tối thiểu của cực nối đất (theo tiêu chuẩn TCXDVN 46-2007)

Vật liệu	Cấu tạo	Kích thước tối thiểu			Ghi chú
		Cọc nổi đất	Dây nổi đất	Tấm nổi đất	
Đồng	Cáp		50mm ²		đường kính tối thiểu của mỗi sợi 1,7 mm
	Dây tròn đặc		50 mm ²		đường kính 8 mm
	Dây dẹt đặc		50 mm ²		chiều dày tối thiểu 2 mm
	Dây tròn đặc	đường kính 15 mm			
	Ống	đường kính 20 mm			chiều dày thành ống tối thiểu 2 mm
	Tấm đặc			500 mm x 500 mm	chiều dày tối thiểu 2 mm
	Tấm mắt cáo			600 mm x 600 mm	tiết diện 25 mm x 2 mm
Thép	Dây tròn đặc mạ kẽm	đường kính 16 mm	đường kính 10mm		
	Ống mạ kẽm	đường kính 25 mm			chiều dày thành ống tối thiểu 2 mm
	Dây dẹt đặc mạ kẽm		90 mm ²		chiều dày tối thiểu 3 mm
	Tấm đặc mạ kẽm			500 mm x 500 mm	chiều dày tối thiểu 3 mm
	Tấm mắt cáo mạ kẽm			600 mm x 600 mm	tiết diện 30 mm x 3 mm
	Dây tròn đặc mạ đồng	đường kính 14 mm			mạ đồng 99,9 % đồng, dày tối thiểu 250 microns
	Dây tròn		đường kính		

Vật liệu	Cấu tạo	Kích thước tối thiểu			Ghi chú
		Cọc nối đất	Dây nối đất	Tấm nối đất	
	đặc không mạ		10 mm		
	Dây dẹt đặc trần hoặc mạ kẽm		75 mm ²		chiều dày tối thiểu 3 mm
	Cáp mạ kẽm		70 mm ²		đường kính tối thiểu của mỗi sợi 1,7 mm
	Thép ống mạ kẽm	50 mm x 50 mm x 3 mm			
Thép không gỉ	Dây tròn đặc	đường kính 16 mm	đường kính 10 mm		
	Dây dẹt đặc		100 mm ²		chiều dày tối thiểu 2 mm

Phụ lục III Các bảng hệ số sử dụng của hệ thống tiếp đất

Các hệ số sử dụng của hệ thống tiếp đất lấy theo tiêu chuẩn *TCXD 46-1984* và *TCN 68-141: 1995*.

Bảng III.1 : Hệ số sử dụng η_1 của hệ thống tiếp đất bằng ống hay thép góc đặt thành hàng không xét ảnh hưởng của dây (dải).

Tỷ số khoảng cách giữa các ống (thép góc) với chiều dài của ống d/l	Số ống hoặc thép góc (n)	Hệ số η_1
1	2	0,84÷0,87
	3	0,76÷0,8
	5	0,67÷0,72
	10	0,56÷0,62
	15	0,51÷0,56
	20	0,47÷0,5
2	2	0,9÷0,92
	3	0,85÷0,88
	5	0,79÷0,83
	10	0,72÷0,77
	15	0,66÷0,72
	20	0,65÷0,70
3	2	0,93÷0,95
	3	0,90÷0,92
	5	0,85÷0,88
	10	0,79÷0,83
	15	0,76÷0,80
	20	0,74÷0,79

Bảng III.2. Hệ số sử dụng η_1 của hệ thống tiếp đất bằng ống hay thép góc bố trí theo dạng vòng không tính ảnh hưởng của dây (dải) nối

Tỷ số khoảng cách giữa các ống (thép góc) với chiều dài của ống d/l	Số ống hoặc thép góc (n)	Hệ số η
2	4	0,76÷0,80
	6	0,71÷0,75
	10	0,66÷0,71
	20	0,61÷0,66
	40	0,55÷0,61
	60	

	10	0,52÷0,58 0,49÷0,55
3	4	0,84÷0,86
	6	0,78÷0,82
	10	0,74÷0,78
	20	0,68÷0,73
	40	0,64÷0,69
	60	0,62÷0,67
	100	0,59÷0,65

Bảng III.3 .Hệ số sử dụng η_2 của dây hoặc dải nối các ống hay thép góc đặt thành hàng.

Tỷ số khoảng cách giữa các ống (thép góc) với chiều dài của ống d/l	Số ống (thép góc)						
	4	6	8	10	20	30	50
1	0,77	0,74	0,68	0,62	0,42	0,31	0,21
2	0,89	0,86	0,79	0,75	0,56	0,46	0,36
3	0,92	0,90	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49

Bảng III.4 : Hệ số sử dụng η_2 của dây hoặc dải nối các ống hay thép góc đặt thành khung kín.

Tỷ số khoảng cách giữa các ống (thép góc) với chiều dài của ống d/l	Số ống (thép góc) trong một khung kín								
	4	5	8	10	20	30	50	70	90
2	0,55	0,48	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24
3	0,7	0,64	0,6	0,56	0,45	0,41	0,37	0,35	0,33