

CHƯƠNG 8

BẢO VỆ CHỐNG SÉT

8.1 ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là một nước nằm trong khu vực nhiệt đới ẩm, khí hậu Việt Nam rất thuận lợi cho việc phát sinh, phát triển của dông sét. Số ngày dông có ở Việt Nam trên nhiều khu vực thuộc loại khá lớn. Số ngày dông cực đại là 113,7 (tại Đồng Phú), số giờ dông cực đại 433,18 giờ tại Mộc Hóa. Tại Việt Nam, sét có cường độ mạnh ghi nhận được bằng dao động ký tự động có biên độ $I_{\max} = 90,67\text{kA}$ (Số liệu của Viện Nghiên Cứu Sét Gia Sàng Thái Nguyên).

Thiệt hại do sét rất lớn, đôi khi ảnh hưởng mạnh đến nhiều hoạt động kinh tế – xã hội thậm chí đến tính mạng con người. Tại Việt Nam, chỉ tính riêng năm 2001, đối với ngành điện có 400 sự cố mà 50% do sét gây ra (Báo Tiền Phong, 14/08/02). Còn đối với ngành Bưu Chính Viễn Thông thì có 53 sự cố do sét (chiếm 27,13% sự cố viễn thông) gây thiệt hại là 4.119 tỷ và tổng thời gian thời gian mất liên lạc do sét là 716 giờ (Chống sét cho mạng viễn thông Việt Nam – Những điều bất cập. Lê Quốc Tuấn – Ban Viễn Thông, Phạm Hồng Mai-TTTTBD).

Vì vậy việc đề ra các giải pháp phòng chống sét và lựa chọn các thiết bị chống sét phù hợp mang tính cấp thiết.

8.2 TỔNG QUAN VỀ SÉT

1. Sự hình thành mây dông và sét

Dông là hiện tượng xảy ra chủ yếu trong mùa hạ liên quan đến sự phát triển mạnh mẽ của đối lưu nhiệt và các nhiễu động khí quyển. Dông đặc trưng bởi sự xuất hiện những đám mây dông hay mây tích vũ (Cumulonimbus) có độ dày từ $10 \div 16\text{ km}$, tích trữ một số lượng nước và tạo ra những chênh lệch điện thế cực mạnh.

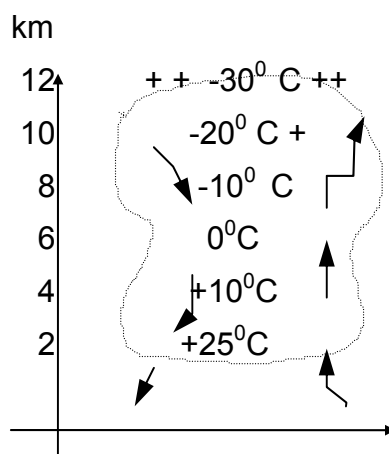
Về bản chất, dông là một hiện tượng khí quyển phức hợp bao gồm sự phóng điện giữa các đám mây (thường gọi là chớp) hay sự phóng điện giữa đám mây và mặt đất (thường gọi là sét) kèm theo gió mạnh và mưa lớn.

Thực tế sự hình thành các cơn dông luôn gắn liền với sự xuất hiện của những luồng không khí khổng lồ từ mặt đất bốc lên. Các luồng không khí này được tạo thành do sự đốt nóng mặt đất bởi ánh sáng mặt trời, đặc biệt ở các vùng cao (dông nhiệt), hoặc do sự gặp nhau của những luồng không khí nóng ẩm với không khí lạnh (dông Front). Sau khi đã đạt được một độ cao nhất định (khoảng vài km trở lên - vùng nhiệt độ âm- Hình 8.1) luồng không khí ẩm này bị lạnh đi, hơi nước ngưng tụ thành những giọt nhỏ li ti - hay các tinh thể băng và chúng tạo thành các đám mây dông.

Từ lâu, người ta đã khẳng định về nguồn tạo ra điện trường giữa các mây dông và mặt đất chính là những điện tích tích tụ trên các hạt nước li ti và các tinh thể băng của các đám mây dông đó.

Nhưng do đâu có sự nhiễm điện này của hạt nước và các tinh thể băng thì có nhiều giả thuyết khác nhau và chưa được hoàn toàn nhất trí. Các giả thuyết này cho đến nay đều chưa giải thích được một cách triệt để về nguồn điện tích của các đám mây dông, khiến người ta nghĩ rằng trong thực tế có thể có nhiều nguyên nhân đồng thời tác động và rất phức tạp. Nhưng có một điều chắc chắn là trong suốt cơn dông, các điện tích dương và điện tích âm bị các luồng không khí mãnh liệt làm tách rời nhau gắn liền với sự phân bố các tinh thể băng tuyết trên tầng đỉnh và các giọt

nước ở tầng đáy của các đám mây dông. Sự tách rời điện tích này tùy thuộc vào độ cao của các đám mây.



Hình 8.1 Sự phân bố điện tích trong một đám mây dông

Qua nhiều lần đo đạc thực nghiệm, người ta thấy rằng khoảng 80 ÷ 90% phần dưới các đám mây dông chủ yếu chứa điện tích âm, do đó cảm ứng trên mặt đất những điện tích dương tương ứng và tạo nên một tụ điện không khí khổng lồ.

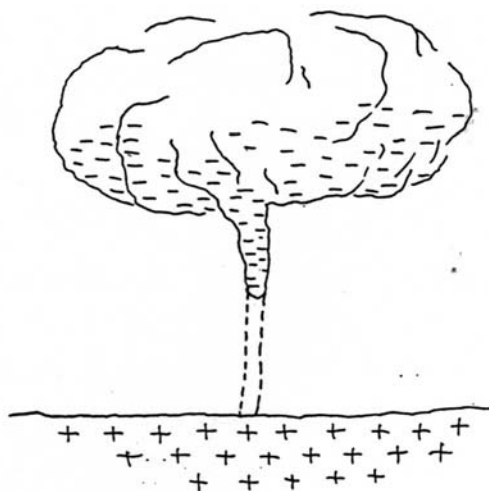


Hình 8.2. Sự phân bố điện tích giữa đám mây dông và mặt đất

Hình 8.2 chỉ rõ sự phân bố điện tích trong một đám mây và trên mặt đất. Vật nào trên mặt đất càng cao thì khoảng cách giữa vật và mây càng nhỏ và lớp không khí ngăn cách các điện tích trái dấu càng mỏng. Ở những nơi này sét dễ đánh xuống đất. Khi đến gần nhà cao, cây cao thì mây dông mang điện tích âm hút các điện tích dương, làm cho chúng tập trung lại ở điểm cao nhất: trên mái nhà, ngọn cây ... hay còn gọi là hiệu ứng mũi nhọn. Nếu điện tích mây lớn thì trên mái nhà, ngọn cây ... cũng tập trung một điện tích lớn, đến một mức độ nào đó độ lớn của các điện tích trái dấu nói trên sẽ tạo nên một sự chênh lệch điện thế để đánh thủng lớp không khí ngăn cách nó với mặt đất (ở mặt đất trị số này là 25 ÷ 30 kV/cm), lúc này xảy ra hiện tượng phóng điện giữa đám mây dông và mặt đất.

Sét thực chất là một dạng phóng điện tia lửa trong không khí với khoảng cách phóng điện rất lớn. Chiều dài trung bình của khe sét khoảng 3 ÷ 5km. Phần lớn chiều dài đó phát triển trong các

đám mây dông. Quá trình phóng điện của sét tương tự quá trình phóng điện tia lửa trong điện trường rất không đồng nhất với khoảng cách phóng điện lớn.



Hình 8.3 Sự phát triển của sóng điện sét trong đám mây

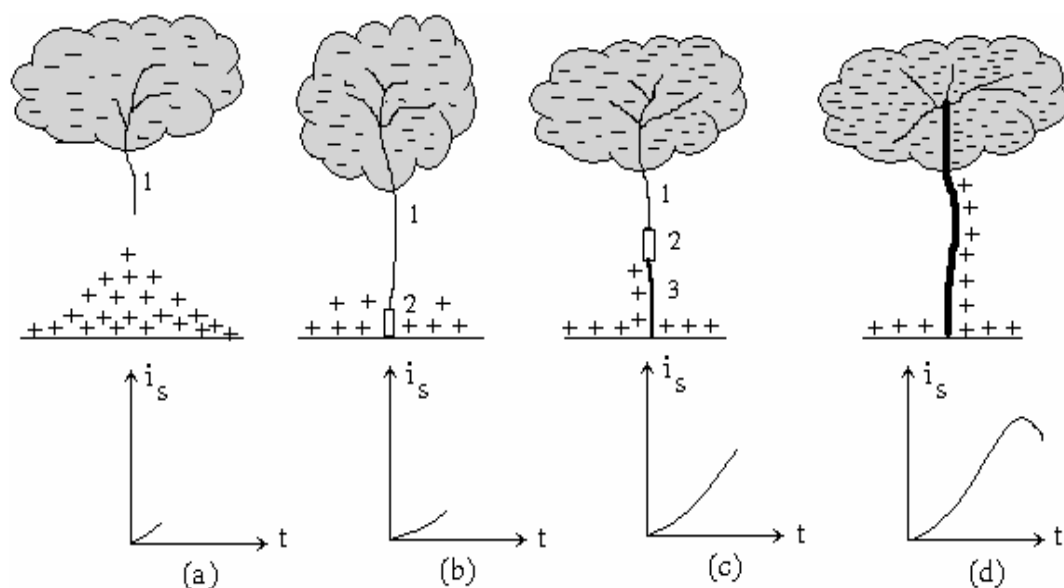
2. Các giai đoạn phát triển của phóng điện sét

Ban đầu xuất phát từ mây dông một dải sáng mờ kéo dài từng đợt gián đoạn về phía mặt đất với tốc độ trung bình khoảng $10^5 \div 10^6$ m/s, đó là giai đoạn phóng điện tiên đạo từng đợt. Kênh tiên đạo là một dòng plasma mật độ điện tích không cao lắm, khoảng $10^{13} \div 10^{14}$ ion/m³. Một phần điện tích âm của mây dông tràn vào kênh và phân bố tương đối đều dọc theo chiều dài của nó (Hình 8.4.a).

Thời gian phát triển của kênh tiên đạo mỗi đợt kéo dài trung bình khoảng 1μs (như vậy mỗi đợt kênh tiên đạo kéo dài thêm trung bình khoảng vài chục mét). Thời gian tạm ngưng phát triển giữa hai đợt liên tiếp khoảng từ 30 ÷ 90μs.

Điện tích âm tổng từ mây tràn vào kênh tiên đạo bằng $Q = \sigma L$ (σ mật độ điện tích, L là chiều dài kênh). Điện tích này thường chiếm khoảng 10% lượng điện tích chạy vào đất trong một lần phóng điện sét. Dưới tác dụng của điện trường tạo nên bởi điện tích của mây dông và điện tích trong kênh tiên đạo, sẽ có sự tập trung điện tích trái dấu (thường là điện tích dương) trên vùng mặt đất phía dưới đám mây dông. Nếu vùng đất phía dưới bằng phẳng và có điện dẫn đồng nhất thì nơi điện tích cảm ứng tập trung sẽ nằm trực tiếp dưới kênh tiên đạo. Nếu vùng đất phía dưới có điện dẫn khác nhau thì điện tích sẽ tập trung chủ yếu ở vùng kế cận, nơi có điện dẫn cao như vùng quặng kim loại, vùng đất ẩm, ao hồ, sông ngòi, vùng nước ngầm, kết cấu kim loại các nhà cao tầng, cột điện, cây cao bị ướt trong mưa... và nơi đó sẽ là nơi đổ bộ của sét.

Cường độ điện trường ở đầu kênh tiên đạo trong phần lớn giai đoạn phát triển của nó (trong mây dông) được xác định bởi điện tích bản thân của kênh và của điện tích tích tụ ở đám mây. Đường đi của kênh trong giai đoạn này không phụ thuộc vào tình trạng của mặt đất và các vật thể ở mặt đất. Chỉ khi kênh tiên đạo còn cách mặt đất một độ cao nào đó (độ cao định hướng) thì mới thấy rõ ảnh hưởng của tập trung điện tích ở mặt đất và ở các vật thể dẫn điện nhô khỏi mặt đất đối với hướng phát triển tiếp tục của kênh. Kênh sẽ phát triển theo hướng có cường độ điện trường lớn nhất.



- Giai đoạn phóng điện tiên đạo
- Tiên đạo đến gần mặt đất hình thành khu vực ion hóa mãnh liệt
- Giai đoạn phóng điện ngược hay phóng điện chủ yếu
- Phóng điện chủ yếu kết thúc

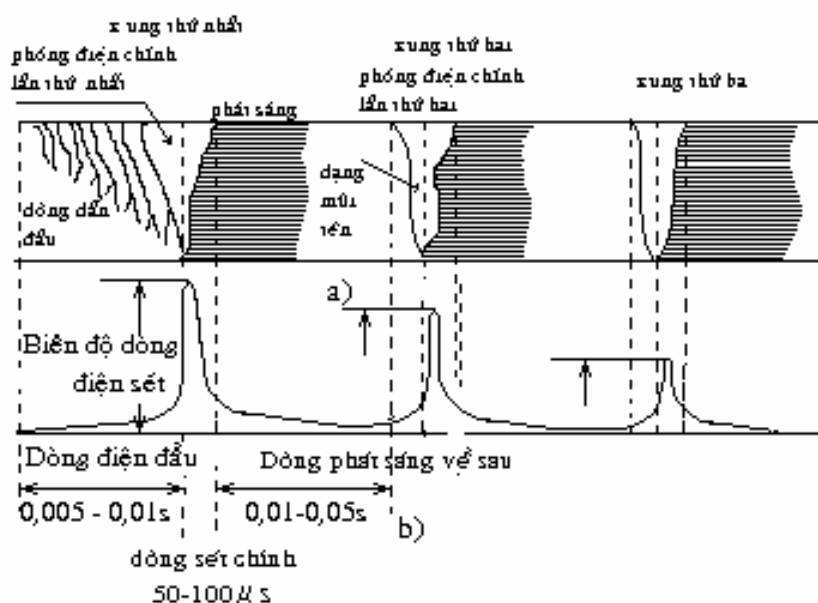
Hình 8.4. Các giai đoạn phóng điện sét và biến thiên của dòng điện sét theo thời gian

Ở những nơi vật dẫn có độ cao (nhà chọc trời, cột ăng ten, đài phát...) thì từ đỉnh của nó nơi điện tích trái dấu tập trung nhiều cũng sẽ đồng thời xuất hiện ion hóa tạo nên dòng tiên đạo phát triển hướng lên đám mây dông. Chiều dài của kênh tiên đạo từ dưới lên mây tăng theo độ cao của vật dẫn và tạo điều kiện dễ dàng cho sự định hướng của sét đánh vào vật dẫn đó.

Khi kênh tiên đạo xuất phát từ mây dông tiếp cận mặt đất hay tiếp cận kênh tiên đạo ngược chiều thì bắt đầu giai đoạn phóng điện ngược lại hay phóng điện chủ yếu, tương tự như các quá trình phóng điện ngược trong chất khí ở điện trường không đồng nhất (Hình 8.4.b). Trong khoảng cách khí còn lại giữa đầu kênh tiên đạo và mặt đất (hoặc giữa hai kênh tiên đạo ngược chiều) cường độ điện trường tăng cao gây nên ion hóa mãnh liệt dẫn đến sự hình thành một dòng plasma mật độ điện tích ($10^{16} \div 10^{19} \text{ ion/m}^3$) cao hơn nhiều so với mật độ điện tích của tia tiên đạo, điện dẫn của nó tăng lên hàng trăm lần, điện tích cảm ứng từ mặt đất tràn vào dòng ngược và thực tế đầu dòng mang điện thế của đất làm cho cường độ trường đầu dòng tăng lên gây ion hóa mãnh liệt và cứ như vậy dòng plasma điện dẫn cao tiếp tục phát triển ngược lên trên theo đường chọn sẵn của kênh tiên đạo. Tốc độ phát triển của kênh phóng ngược rất cao vào khoảng $0.5 \cdot 10^7 \div 1.5 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ (bằng $0,05 \div 0,5$ vận tốc ánh sáng) tức là nhanh gấp trên trăm lần tốc độ phát triển của tiên đạo hướng xuống. Vì mật độ điện tích cao đốt nóng mãnh liệt nên tia phóng điện chủ yếu sáng chói (gọi là chớp) và sự giãn nở đột ngột của không khí bao quanh phóng điện chủ yếu tạo nên những đợt sóng âm mãnh liệt gây nên những tiếng nổ chát chúa (đó là tiếng sấm). Đặc điểm quan trọng nhất của phóng điện chủ yếu là cường độ dòng điện lớn. Nếu V là tốc độ của phóng điện, σ mật độ điện tích thì dòng điện sét sẽ đạt giá trị cao nhất khi kênh phóng điện chủ yếu lên đến đám mây dông và bằng : $i_s = \sigma V$ (Hình 8.4.c). Khi kênh phóng điện chủ yếu lên tới đám mây thì số điện tích còn lại của mây sẽ theo kênh phóng điện chạy xuống đất và cũng tạo nên ở chỗ sét đánh một dòng điện có trị số nhất định giảm nhanh tương ứng với phần đuôi sóng (Hình 8.4.d).

Kết quả quan trắc sét cho thấy rằng phóng điện sét thường xảy ra nhiều lần kế tiếp nhau trung bình là 3 lần, nhiều nhất có thể đến vài chục lần (Hình 8.5). Các lần phóng điện sau có dòng tiên đạo phát triển liên tục (không phải từng đợt như lần đầu), không phân nhánh và theo đúng quỹ đạo của lần đầu nhưng với tốc độ cao hơn ($2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$).

Sự phóng điện nhiều lần của sét được giải thích như sau: đám mây dông có thể có nhiều trung tâm điện tích khác nhau hình thành do các dòng không khí xoáy trong mây. Lần phóng điện đầu tiên dĩ nhiên sẽ xảy ra giữa đất và trung tâm điện tích có cường độ điện trường cao nhất. Trong giai đoạn phóng điện tiên đạo thì hiệu thế giữa các trung tâm điện tích này với trung tâm điện tích đầu tiên thực tế không thay đổi và ít có ảnh hưởng qua lại giữa chúng. Nhưng khi kênh phóng điện chủ yếu đã lên đến mây thì trung tâm điện tích đầu tiên của đám mây thực tế mang điện thế của đất làm cho hiệu thế giữa trung tâm điện tích đã phóng với trung tâm điện tích lân cận tăng lên và có thể dẫn đến phóng điện giữa chúng với nhau. Trong khi đó thì kênh phóng điện cũ vẫn còn một điện dẫn nhất định do sự khử ion chưa hoàn toàn nên phóng điện tiên đạo lần sau theo đúng quỹ đạo đó, liên tục và với tốc độ cao hơn lần đầu.



Hình 8.5. Quá trình phát triển của phóng điện sét

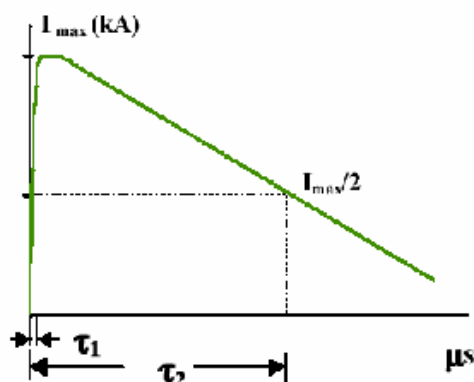
3. Các thông số chủ yếu của sét

Dòng điện sét có dạng một sóng xung (Hình 8.6). Trung bình trong khoảng vài ba μs , dòng điện tăng nhanh đến trị số cực đại tạo nên phần đầu sóng và sau đó giảm xuống chậm dần trong khoảng 20- 100 μs tạo nên phần đuôi sóng.

Sự lan truyền sóng điện từ tạo nên bởi dòng điện sét gây nên quá điện áp trong hệ thống điện, do đó cần phải biết những tham số chủ yếu của nó:

- Biên độ dòng sét là giá trị lớn nhất của dòng điện sét. Biên độ dòng sét không vượt quá $(200 \div 300) \text{ kA}$.
- Thời gian đầu sóng (τ_1) là thời gian mà dòng sét tăng từ 0 đến giá trị cực đại trong khoảng từ $(1 \div 100) \mu\text{s}$ với tia tiên đạo đầu tiên và $(5 \div 50) \mu\text{s}$ với tia sét lặp lại.
- Độ dài dòng điện sét (τ_2) là thời gian từ đầu dòng sét đến khi dòng sét giảm bằng $\frac{1}{2}$ biên độ trong khoảng từ $(20 \div 350) \mu\text{s}$ với các tia sét đầu tiên và $(5 \div 50) \mu\text{s}$ với các tia sét lặp lại.

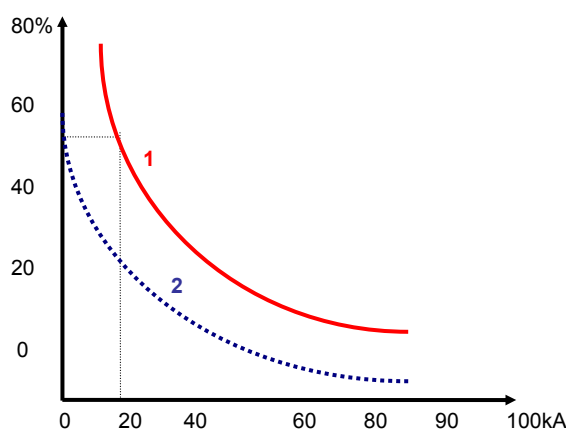
- Tốc độ tăng dòng di/dt có thể đạt tới 70kA/μs đối với tia sét đầu tiên và vượt quá 200kA/μs với các tia sét tiếp theo.
- Tốc độ tăng áp dV/dt đo được đạt tới 12kV/μs.
- Cực tính dòng điện sét



Hình 8.6. Dạng sóng dòng điện sét

4. Biên độ dòng sét và xác suất xuất hiện

Dòng điện sét có trị số lớn nhất vào lúc kênh phóng điện chủ yếu đến trung tâm điện tích của đám mây dông. Trị số dòng điện sét lớn nhất có phạm vi giới hạn rất rộng, giới hạn trên ghi được vượt 150 kA, trị số này rất ít gặp trong các trường hợp sét đánh, mà phần lớn thường gặp sét có trị số 30kA. Dòng điện sét có trị số từ 50 kA đến 100 kA có xảy ra nhưng ít, còn sét có dòng điện từ 100 kA trở lên rất hiếm khi xảy ra, trị số này chỉ dùng để tính toán khi thiết kế bảo vệ chống sét cho các công trình rất đặc biệt có nguy cơ xảy ra cháy hoặc nổ cho các trạm phân phối điện quan trọng.



Hình 8.7. Đường cong xác suất biên độ dòng điện sét

Để đo biên độ dòng điện sét, người ta dùng rộng rãi hệ thống điện thiết bị ghi từ.

Xác suất xuất hiện dòng điện sét (V_I) có biên độ bằng hoặc lớn hơn i_s có thể tính gần đúng theo biểu thức:

- Vùng đồng bằng: $V_I = e^{-i_s/26} = 10^{-i_s/60}$ hay $\lg V_I = -i_s/60$
- Vùng núi cao: $V_I = 10^{-i_s/30}$ hay $\lg V_I = -i_s/30$

5. Cường độ hoạt động của sét

Cường độ hoạt động của dông sét được thể hiện qua số ngày dông trong một năm và mật độ sét tại khu vực.

Ngày dông là ngày quan trắc viên nghe được tiếng sấm. Số ngày dông trong một năm được xem như trị số trung bình qua nhiều năm quan sát và đo đạc ở nơi được quan sát.

Mật độ sét là số lần sét đánh trên một km² bề mặt trong một năm và có thể xác định theo biểu thức sau:

$$N_d = (0.1 \div 0.15)T_d \quad (8.3)$$

Ở đây: N_d là mật độ sét (lần/km².năm); T_d là số ngày dông trong một năm.

6. Cực tính của sét

Số liệu quan trắc ở nhiều nơi trong nhiều năm cho thấy, sóng dòng điện sét mang điện cực âm xuất hiện nhiều hơn và chiếm khoảng 80- 90% toàn bộ số lần phóng điện sét.

7. Tác hại của dòng điện sét

Các thiệt hại do sét cụ thể là:

- Gây cháy , nổ, hư hại công trình
- Phá hủy thiết bị, các phương tiện thông tin liên lạc
- Gây nhiễu loạn hay ngưng vận hành hệ thống
- Mất dữ liệu hay hư dữ liệu
- Ngừng các dịch vụ gây tổn thất kinh tế và các tổn thất khác
- Gây chết người

Do thiệt hại do sét rất lớn và hầu như không thể dự báo trước nên việc phòng chống sét luôn là mối quan tâm của con người. Cũng cần lưu ý rằng việc phòng chống sét không thể đạt được mức an toàn tuyệt đối mà hiện nay việc phòng chống sét chỉ nhằm giảm thiệt hại do sét ở mức thấp nhất.

8.3. PHÂN LOẠI CÔNG TRÌNH CẦN BẢO VỆ

Công trình cần bảo vệ được phân loại theo nhiều cách khác nhau:

1. Theo tiêu chuẩn 20TCN46-84, công trình cần bảo vệ được chia làm ba cấp:

- Cấp I là các công trình, trong đó có toả ra các chất khí hay hơi cháy, cũng như các bụi hay sợi cháy, dễ dàng chuyển sang trạng thái lơ lửng và có khả năng kết hợp với không khí hay các chất oxyt hoá khác tạo thành các hỗn hợp nổ, có thể xảy ra trong điều kiện làm việc bình thường. Khi xảy ra nổ sẽ gây ra phá hoại lớn, làm chết người.
- Cấp II là các công trình, trong đó có toả ra các chất khí hay hơi cháy, cũng như các bụi hay sợi cháy, dễ dàng chuyển sang trạng thái lơ lửng và có khả năng kết hợp với không khí hay các chất oxyt hoá khác tạo thành các hỗn hợp nổ. Nhưng khả năng này chỉ xảy ra khi có sự cố hay làm sai qui tắc. Khi xảy ra nổ chỉ gây ra các hư hỏng nhỏ, không làm chết người.
- Cấp III là các công trình còn lại. Tuy nhiên, một số công trình cấp III có tầm quan trọng về chính trị, kinh tế và nguy hiểm cho người thì được phép nâng lên cấp II.

2. Theo tiêu chuẩn NFPA 780, công trình cần bảo vệ được chia làm hai cấp:

- Cấp I là các công trình có chiều cao không vượt quá 23m
- Cấp II là các công trình có chiều cao vượt quá 23m

3. Theo tiêu chuẩn NZS/AS 1768-1991, mức độ yêu cầu bảo vệ công trình phụ thuộc vào mức độ rủi ro và thiệt hại do sét gây ra. Chỉ số rủi ro R xác định theo biểu thức:

$$R = A+B+C+D+E$$

Ở đây: A tùy thuộc vào tính chất công trình (dễ cháy nổ, nhà ở, xí nghiệp,...); B tùy thuộc vào vật liệu và kích thước công trình; C tùy thuộc vào chiều cao công trình; D tùy thuộc vào cao độ công trình so với mặt biển; E tùy thuộc số ngày dông trong một năm.

Tùy theo giá trị của R mà công trình cần bảo vệ được chia làm năm cấp: không cần bảo vệ, cần bảo vệ, bảo vệ mức trung bình, bảo vệ mức cao và bảo vệ mức rất cao.

4. Theo tiêu chuẩn NFC 17-102, căn cứ vào: kích thước công trình; môi trường xung quanh công trình (dễ cháy, dễ nổ, nóng,...); loại công trình (dân dụng, công nghiệp); loại vật liệu chứa trong công trình; có hay không người làm việc thường xuyên; mật độ sét trong vùng xây dựng công trình, công trình cần bảo vệ được chia làm bốn cấp:

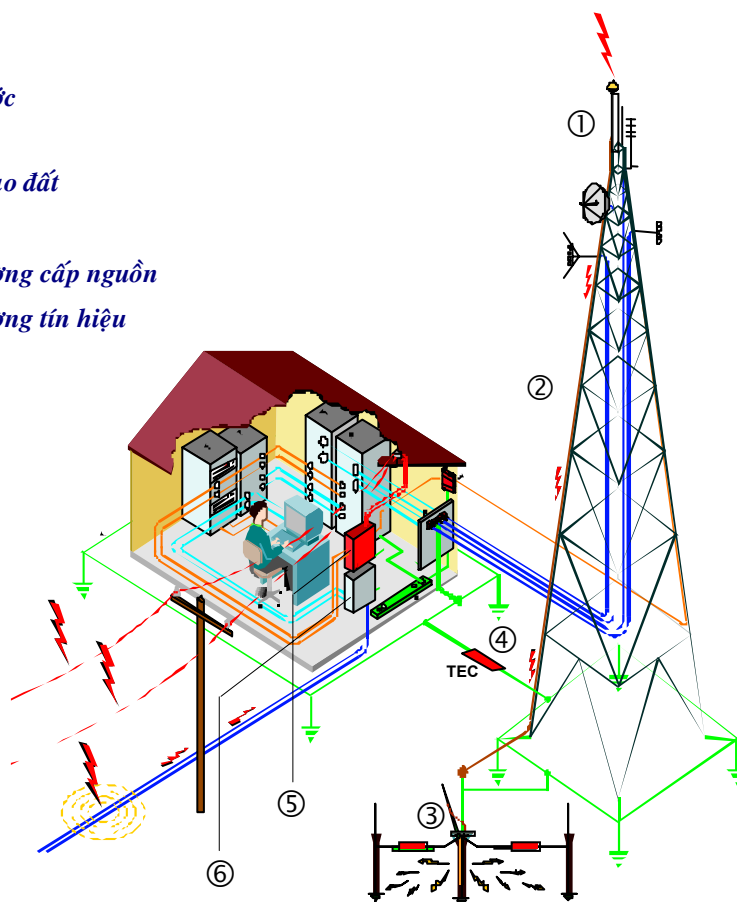
- Cấp 1 + Biện pháp bảo vệ bổ xung
- Cấp 1 (tương ứng với dòng xung đỉnh 2.8kA)
- Cấp 2 (tương ứng với dòng xung đỉnh 9.5kA)
- Cấp 3 (tương ứng với dòng xung đỉnh 14.7kA)

Tùy theo cấp mà công trình được xếp vào, cần có các giải pháp chống sét cho phù hợp nhằm giảm rủi ro thiệt hại do sét là thấp nhất.

8.4. GIẢI PHÁP CHỐNG SÉT TOÀN DIỆN 6 ĐIỂM

Để chống sét một cách toàn diện và có hiệu quả cho một công trình, cần tuân theo giải pháp chống sét toàn diện 6 điểm như sau:

1. Thu bắt sét tại điểm định trước
2. Dẫn sét xuống đất an toàn
3. Tản nhanh năng lượng sét vào đất
4. Đẳng thế các hệ thống đất
5. Chống sét lan truyền trên đường cấp nguồn
6. Chống sét lan truyền trên đường tín hiệu



Hình 8.8. Phạm vi bảo vệ của cột thu sét

1. Thu bắt sét tại điểm định trước

Mục đích của điểm này là xây dựng một điểm chuẩn để sét đánh vào chính nó và như vậy là tạo ra khả năng kiểm soát đường dẫn sét đánh xuống đất. Điểm chuẩn thường là điểm có độ cao lớn nhất trong khu vực cần bảo vệ và điểm chuẩn này phải phát ra tia tiên đạo đi lên đủ mạnh để tự duy trì và sớm hơn bất kỳ điểm nào khác trong khu vực cần bảo vệ. Điểm chuẩn này thường là đầu kim cổ điển (kim Franklin) hay đầu kim hiện đại (kim phóng điện sớm – ESE).

2. Dẫn sét xuống đất an toàn

Sét, sau khi được thu bắt đánh vào điểm chuẩn, cần phải tản nhanh xuống đất một cách an toàn; nghĩa là không gây hiệu ứng phóng điện thứ cấp trong quá trình tản sét cũng như không gây nhiễu điện từ cho các thiết bị trong vùng bảo vệ. Tùy theo yêu cầu bảo vệ công trình mà dây dẫn sét có thể là cáp đồng trần có tiết diện không nhỏ hơn 50mm^2 hay cáp thoát sét nhiều lớp có khả năng chống hiện tượng phóng điện thứ cấp và chống nhiễu.

3. Tản nhanh năng lượng sét vào đất

Bất kỳ một hệ thống chống sét đánh trực tiếp nào dù được trang bị đầu thu sét hiện đại, cáp thoát sét chống nhiễu cũng không phát huy tác dụng nếu hệ thống nối đất tồi. Hệ thống nối đất tốt là hệ thống có tổng trở nối đất nhỏ. Theo các tiêu chuẩn trong và ngoài nước, điện trở nối đất của hệ thống chống sét phải nhỏ hơn 10Ω .

4. Đồng thế các hệ thống đất

Một công trình có thể có nhiều hệ thống đất khác nhau: hệ thống đất công tác, hệ thống đất chống sét, hệ thống đất điện lực,... Các hệ thống đất này phải được nối đẳng thế với nhau nhằm tạo một mặt đẳng thế. Từ đó ngăn chặn chênh lệch điện thế giữa các hệ thống đất trong quá trình tản sét, khắc phục hiện tượng phóng điện ngược gây nguy hiểm cho người và thiết bị.

5. Chống sét lan truyền trên đường cấp nguồn

Sóng quá điện áp có dạng sóng xung gia tăng đột ngột (do quá điện áp khí quyển hay quá điện áp nội bộ) có thể lan truyền theo các đường dây điện lực gây hư hỏng các thiết bị được nối với chúng. Khả năng cắt giảm biên độ và lọc dòng sét trên đường cấp nguồn được thực hiện bằng cách lắp đặt thiết bị cắt sét và thiết bị lọc sét ở điểm dẫn vào tòa nhà. Do đó giảm được sự phá hoại các trang thiết bị, giảm tổn thất trong vận hành và kinh tế.

6. Chống sét lan truyền trên đường tín hiệu

Hầu hết các công trình hiện nay đều có trang bị hệ thống liên lạc như: điện thoại, Internet, kết nối điều khiển, đo lường từ xa..., các dây dẫn tín hiệu này đều có thể là kênh dẫn sét lan truyền từ khoảng cách rất xa vào công trình và phá hỏng thiết bị điện tử nhạy cảm. Do đó, cần phải trang bị các thiết bị chống sét lan truyền trên các đường truyền tín hiệu này.

8.5. KỸ THUẬT THU SÉT TẠI ĐIỂM ĐỊNH TRƯỚC

Kỹ thuật thu sét tại điểm định trước là kỹ thuật tạo ra một điểm chuẩn để sét đánh vào chính nó mà không đánh vào các điểm khác trong khu vực cần bảo vệ và như vậy là có thể điều khiển đường dẫn của sét.

1. Kim Franklin

Franklin lợi dụng hiệu ứng mũi nhọn để chống sét đánh trực tiếp. Từ đây, một kim nhọn được đặt trên một thanh kim loại để thu hút sét và chuyển năng lượng điện xuống đất. Tuy nhiên, gần đây một số nhà khoa học lại cho rằng kim nhọn lại không thu hút sét tốt hơn kim đầu tằm. Điều này có thể giải thích rằng trong thực tế khi tia tiên đạo sét tiến đến gần kim thì do điện trường ở đỉnh kim nhọn tăng cao vượt ngưỡng kích hoạt hiện tượng corona, các ion tự do được giải phóng

tạo thành một quầng ion bao quanh đỉnh kim. Điều này làm chậm đi quá trình phát sinh tia tiên đạo đi lên từ đỉnh kim để thu bắt tia tiên đạo đi xuống (thời gian chậm trễ có thể đến 500μs) và làm giảm hiệu quả bảo vệ.

Vùng bảo vệ của kim Franklin có thể được xác định theo phương pháp hình nón, phương pháp quả cầu lăn và phương pháp lưới bảo vệ (IEC 61024-1, BS6651, NFPA-780, AS1768-1991). Phương pháp hình nón có ưu điểm là đơn giản nhưng không quan tâm đến thông số quan trọng là biên độ dòng sét. Phương pháp quả cầu lăn khắc phục được nhược điểm này nhưng lại cho rằng khả năng khởi tạo tiên đạo của tất cả các điểm mà quả cầu tiếp xúc với cấu trúc là bằng nhau (không xét đến sự thay đổi điện trường theo dạng hình học của các cấu kiện của công trình). Phương pháp quả cầu lăn đòi hỏi một số lượng lớn các đầu thu trên các cấu trúc cao, gồm mặt đứng và ngang vốn không có sự gia tăng điện trường. Các hệ thống bảo vệ được thiết kế theo phương pháp này có thể rất đắt tiền và có thể dẫn đến thiết kế thừa vì có quá nhiều chứng cứ cho thấy mặt hông rất hiếm khi bị sét đánh.

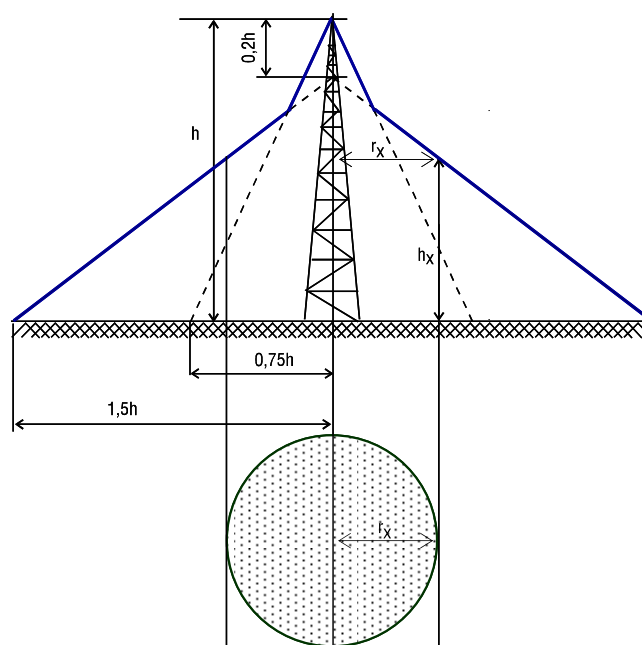
Theo phương pháp hình nón, vùng bảo vệ của kim Franklin được xác định như sau:

a. Trường hợp có một kim

Bán kính bảo vệ r_x của kim Franklin được xác định theo biểu thức:

$$\begin{aligned} h_x < \frac{2}{3}h & \quad r_x = 1,5h \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right)p \\ h_x > \frac{2}{3}h & \quad r_x = 0,75h \left(1 - \frac{h_x}{h}\right)p \end{aligned} \quad (8.4)$$

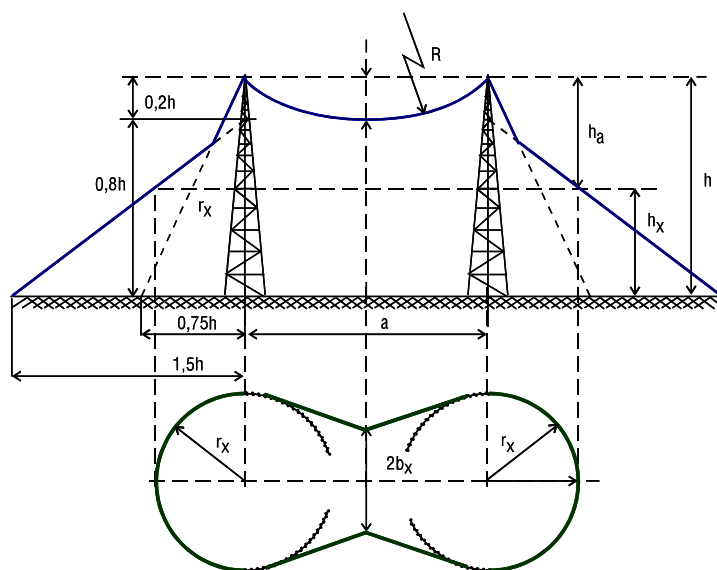
Ở đây: h là chiều cao kim thu sét (m), h_x là chiều cao công trình (m), p là hệ số hiệu chỉnh theo chiều cao kim thu sét ($p=1$ khi $h \leq 30\text{m}$ và $p=5,5\sqrt{h}$ khi $30\text{m} < h < 100\text{m}$).



Hình 8.9. Phạm vi bảo vệ của cột thu sét

b. Trường hợp có hai kim

Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét được trình bày ở Hình 8.10.



Hình 8.10. Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét

Trong đó, r_x được xác định theo công thức (8.4), còn b_x là bề ngang hẹp nhất của phạm vi bảo vệ ở độ cao h_x được xác định theo biểu thức:

$$2b_x = 4r_x \frac{7h_a - a}{14h_a - a} \quad (8.5)$$

Ở đây: a là khoảng cách giữa 2 cột thu sét (m), h_a chiều cao hiệu dụng của cột thu sét (m).

2. Dây chống sét

Dây chống sét thường dùng để bảo vệ chống sét đánh vào đường dây tải điện trên không. Để bảo vệ thường treo dây chống sét trên toàn bộ tuyến đường dây. Tùy theo cách bố trí dây dẫn trên cột, có thể treo một hay hai dây chống sét sao cho dây dẫn điện của ba pha đều nằm trong phạm vi bảo vệ của dây chống sét.

a. Phạm vi bảo vệ của một dây chống sét.

Phạm vi bảo vệ của một dây chống sét được trình bày ở Hình 8.11.a

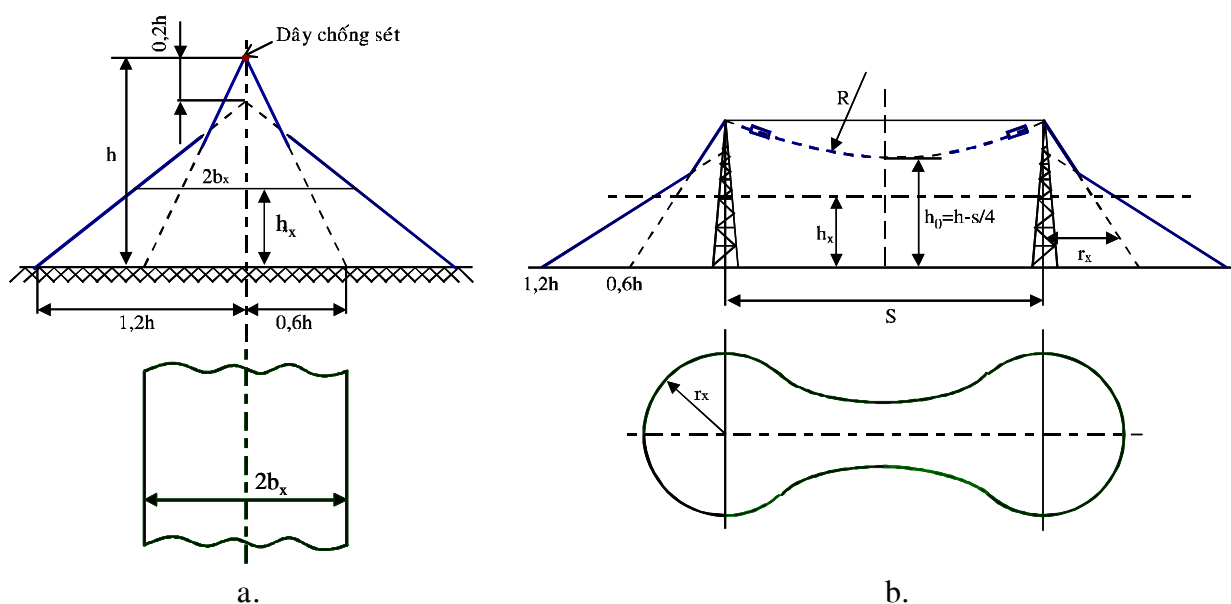
Độ rộng bảo vệ b_x của cột treo một dây chống sét được xác định theo biểu thức (8.7):

$$\begin{aligned} h_x > \frac{2}{3}h, \quad b_x &= 0.6h \left(1 - \frac{h_x}{h} \right) p \\ h_x < \frac{2}{3}h, \quad b_x &= 1.2h \left(1 - \frac{h_x}{0.8h} \right) p \end{aligned} \quad (8.7)$$

Ở đây: h là chiều cao dây thu sét (m), h_x là chiều cao dây tải điện (m), p là hệ số hiệu chỉnh theo chiều cao dây thu sét ($p=1$ khi $h \leq 30$ m và $p=5,5\sqrt{h}$ khi $30\text{m} < h < 100\text{m}$).

Giới hạn phạm vi bảo vệ ở phía ngoài của hai dây chống sét cũng giống như của một dây chống sét riêng rẽ. Gọi s là khoảng cách giữa hai dây thu sét thì mọi điểm trên mặt đất nằm giữa hai dây này sẽ được bảo vệ an toàn và nếu $s < 4h$ thì có thể bảo vệ an toàn cho các điểm giữa 2 dây có mức cao tối h_0 (Hình 8.11.b).

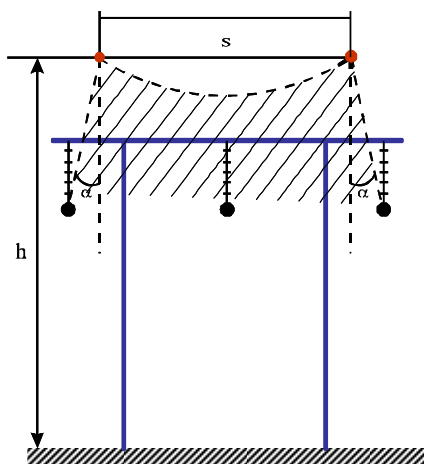
$$h_0 = h - s/4 \quad (8.8)$$



Hình 8.11. Phạm vi bảo vệ của hai dây thu sét

Trong thực tế, độ treo trung bình của dây dẫn thường lớn hơn $2/3 h$, vì vậy chỉ cần xác định đúng góc bảo vệ α (α là góc tạo bởi đường thẳng nối liền điểm treo dây chống sét với dây dẫn và đường thẳng với góc mặt đất qua điểm treo dây chống sét (Hình 8.12)). Góc bảo vệ α càng nhỏ thì xác suất sét đánh vào dây dẫn càng bé.

Để tăng mức an toàn (giảm xác suất sét đánh vòng qua dây chống sét vào dây dẫn) thường chọn $\alpha = 20^\circ \div 25^\circ$ cho các đường dây tải điện quan trọng.



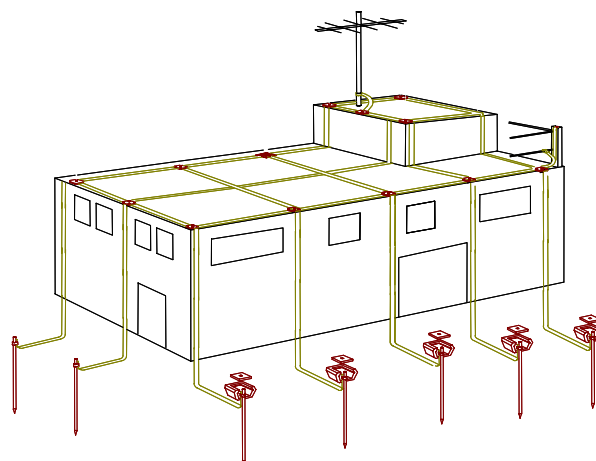
Hình 8.12. Phạm vi bảo vệ của dây thu sét

3. Lồng Faraday

Lồng Faraday bao gồm một lưới kim loại được nối đất bao quanh công trình với mục đích tạo một màng che tĩnh điện cho công trình. Khi sử dụng cách bảo vệ này, các dây dẫn được đan chéo nhau với khoảng cách nhất định trên mái toà nhà (thường khoảng cách này không được vượt quá 6m) và dọc theo tường (cứ mỗi khoảng cách 30m phải có một dây dẫn xuống). Ô đan càng nhỏ thì lồng Faraday càng có tác dụng chống sự xâm nhập của các sóng radio hay nhiễu tĩnh điện. Khi khoảng cách giữa các dây dẫn gia tăng, hiệu quả của lồng Faraday giảm sút. Trong trường

hợp này, sử dụng khái niệm bảo vệ hỗn hợp kim-lồng, tức là lắp đặt tăng cường các kim Franklin ở các vị trí trọng điểm như: các góc cạnh công trình, dọc theo các gờ mái. Chi phí xây dựng lồng Faraday bảo vệ chống sét có hiệu quả tự nó đắt hơn phương án sử dụng hỗn hợp kim-lồng. Lồng Faraday không thể bảo vệ phía trong công trình chống các xung do các cú sét nhỏ và xung điện từ được phát sinh sau đó.

Các khung thép hiện đại của các toà nhà ngay nay với các thanh thép trong bê tông và được nối với khung thép loại này được coi là lồng Faraday. Độ rộng của mắc lưới dạng này được đánh giá bởi Schwab và ông kết luận rằng rủi ro cú sét thâm nhập lưới là rất nhỏ.



Hình 8.13. Phạm vi bảo vệ của hai dây thu sét

4. Kim phóng điện sớm ESE

Kim phóng điện sớm ESE (Early Streamer Emission) được nghiên cứu từ năm và phát triển từ năm 1985. Nguyên lý của kim phóng điện sớm là tạo ra tia phóng điện đi lên sớm hơn bất kỳ điểm nào trong khu vực được bảo vệ, từ đó tạo nên điểm chuẩn để sét đánh vào chính nó và như vậy là kiểm soát được đường dẫn sét và bảo vệ được công trình.

Hiện có nhiều hãng chế tạo kim phóng điện ESE trên thế giới như: Erico Lightning Technologies (Australia) với kim Dynasphere và Interceptor, Indelec (France) với kim Prevelectron, Franklin France với kim Saint-Elmo, Duval Messien (France) với kim Satelit, EFI (Switzerland) với kim EF, Pararrayos (Espana) với kim EC-SAT, Pouyet (France) với kim IONOSTAR, France Paratonnerres (France) với kim Ioniflash,...

Bán kính vùng bảo vệ có thể xác định bằng các phần mềm hỗ trợ hay theo các biểu thức sau:

a. Theo NFC 17-102

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)}$$

Ở đây: R_p là bán kính bảo vệ (m); h là chiều cao đặt kim ESE so với mặt phẳng được bảo vệ (m); ΔL là độ lợi khoảng cách (m), tùy thuộc loại đầu kim; D là khoảng cách phóng điện (m).

$$\Delta L = V \cdot \Delta T$$

Với V là tốc độ phát triển của tia tiên đạo đi lên, thường là $1.1\text{m}/\mu\text{s}$; ΔT là thời gian phóng điện sớm, tùy thuộc loại đầu kim ($10\mu\text{s}$, $25\mu\text{s}$, $40\mu\text{s}$, $50\mu\text{s}$ và $60\mu\text{s}$).

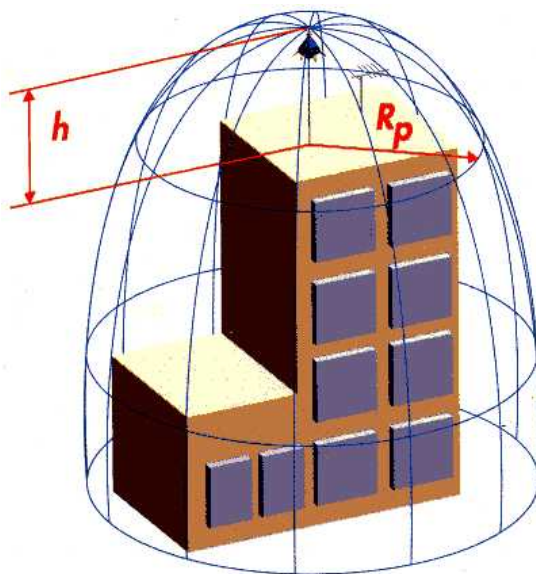
$$D = 10I^{2/3}$$

Với I là biên độ dòng sét cực đại (kA) (3kA, 6kA, 10kA, 15kA,...)

b. Theo NFPA 781-F93-TCD

$$R_p = h \left(\sqrt{\left[\frac{2D}{h} - 1 \right] + \frac{\Delta L}{h} \left[\frac{2D}{h} + \frac{\Delta L}{h} \right]} \right)$$

Ở đây: R_p là bán kính bảo vệ (m); h là chiều cao đặt kim ESE so với mặt phẳng được bảo vệ (m); ΔL là độ lợi khoảng cách (m), tùy thuộc loại đầu kim; D là khoảng cách phóng điện (m), tùy thuộc vào mức bảo vệ (D bằng 60m đối với mức 1, 45m đối với mức 2, 20m đối với mức 3).



Hình 8.14. Vùng bảo vệ kim phóng điện sớm

Nguyên lý hoạt động của loại kim phóng điện sớm tương tự nhau. Dưới đây trình bày nguyên lý hoạt động của kim Dynasphere.

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu gần đây, khi sử dụng tổng hợp mô hình trên máy tính, thử nghiệm ngoài tự nhiên với sự giúp đỡ của tên lửa thám không và các kỹ thuật thử nghiệm trong phòng thí nghiệm, kim Dynasphere có cấu tạo bao gồm một quả cầu kim loại nối với một cọc thu sét trung tâm bằng một thiết bị có tổng trở cao. Hai luận điểm cơ bản được đưa ra bao gồm:

- Tối ưu hoá dạng hình học của quả cầu kim loại nhằm mục đích cải thiện phân bố điện trường tại đầu kim từ đó cực tiểu hiện tượng corona. Điều này sẽ giúp cho việc định hướng của tia đạo sét đi xuống đánh vào đầu kim dễ dàng hơn.
- Kim thu sét phải có một cơ chế thích hợp phóng tia tiên đạo đi lên sớm và đủ mạnh để tự duy trì cho đến khi tia tiên đạo sét đi xuống và đi lên gặp nhau và hình thành kênh dẫn sét.

Hoạt động của kim Dynasphere như sau:

- Ở giai đoạn đông “tĩnh”, trường điện từ thay đổi rất chậm với biên độ vào khoảng từ 5÷15kV/m. Trong suốt giai đoạn này và ngay cả trong giai đoạn trước khi tia tiên đạo sét tiến đến gần, quả cầu được nối đất thông qua thông qua một phần tử có tổng trở cao. Lúc này xuất hiện một bề mặt với độ gia tăng điện trường ở mức thấp nhằm mục đích cực tiểu hoá hiện tượng corona và do đó ngăn chặn được sự phát sinh các điện tích không gian.



Kim Saint-Elmo



Kim Interceptor



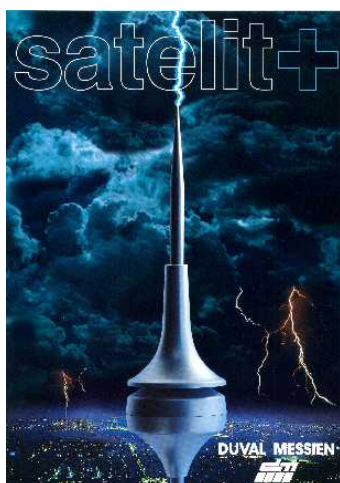
Kim Dynasphere



Kim Prelectron



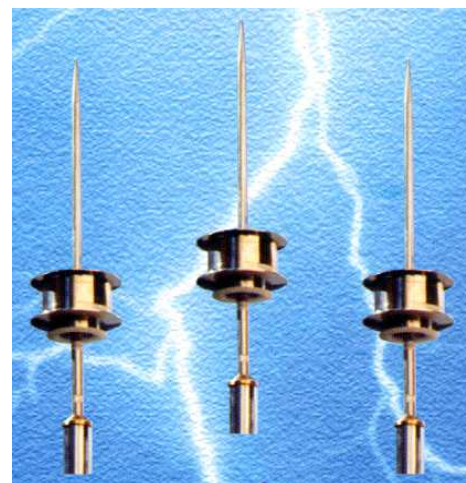
Kim EF



Kim Satelit

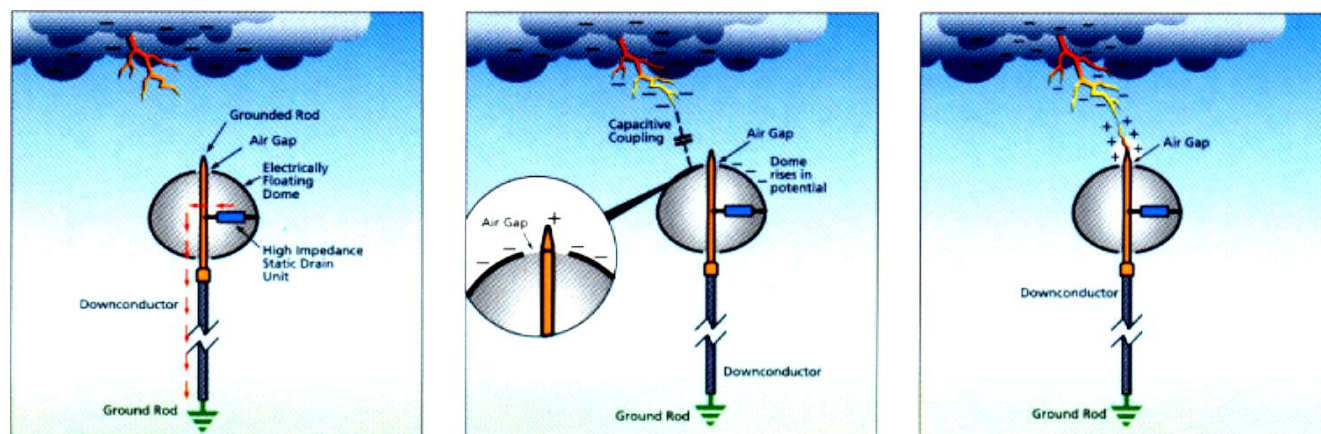


Kim Ionostar



Kim EC-SAT

Hình 8.15. Các loại kim phóng điện sớm (ESE)



Hình 8.15. Các giai đoạn hoạt động của kim Dynasphere

- Khi tia tiên đạo sét tiến đến gần, điện thế quả cầu gia tăng do hiện tượng ghép điện dung. Khi điện thế đủ cao sẽ xuất hiện phóng điện hồ quang môi giữa khe hở (khe giữa quả cầu và cọc nối đất). Hồ quang môi có hai tác dụng: (i) sản sinh một lượng lớn ion tự do cần thiết (vượt quá 10^8 electron/s) để khởi đầu dòng phóng điện đi lên, (ii) gây nên sự gia tăng đột ngột trường điện phía trên đầu kim (vượt quá 400kV/m) và cung cấp thêm năng lượng để khởi đầu và biến đổi dòng phóng điện. Điều này đảm bảo sự lan truyền tia tiên đạo đi lên một cách ổn định và thu bắt sét một cách tin cậy. Kích thước của khe hở không khí được tối ưu hoá nhằm mục đích phóng điện hồ quang môi chỉ xuất hiện khi điện trường đủ cao để đảm bảo tia tiên đạo đi lên phát triển ổn định và thu bắt tia tiên đạo sét đi xuống.
- Kim Dynasphere được thiết kế để đạt được tất cả các chỉ tiêu cần thiết cho việc phóng điện có kiểm soát của tia tiên đạo đi lên. Khái niệm “được kiểm soát” là rất quan trọng bởi vì ở đây không một điểm nào phóng ra một phóng điện sớm hơn – điện trường không gian chưa đủ lớn để biến dòng phóng điện thành tia tiên đạo sét đi lên và lan truyền được. Các nhà khoa học hàng đầu đã chứng minh được để khởi đầu và phát triển tia tiên đạo đi lên ổn định thì cần điện trường và khoảng từ 300÷500kV/m đối với tia tiên đạo dương đi lên hay vào khoảng 1MV/m đối với tia tiên đạo âm đi lên. Việc kích hoạt kim Dynasphere tại một thời điểm chính xác liên quan đến việc tiến xuống phía dưới của tia tiên đạo sét là mấu chốt để đầu kim thu sét này hoạt động hiệu quả.

5. Kim phóng xạ

Đây cũng là loại kim thu sét phóng điện sớm nhưng sử dụng nguồn năng lượng là nguồn phóng xạ nhằm tạo ra tia tiên đạo sét đi lên. Hiện có một số hãng chế tạo kim loại này như: Lightning Preventor of America với kim Preventor, Helita SA với kim Pulsar,...Tuy nhiên vì lý do an toàn hiện một số nước cấm sử dụng loại kim này (Hình 8.16).

6. Laser

Năm 1974 Ball đề nghị sử dụng Laser để trung hoà điện tích đám mây dông. Tia Laser có khả năng sản sinh hiện tượng ion hoá đa proton. Cùng với việc sử dụng máy tính, thời điểm phóng tia laser có thể được xác định từ các số liệu đầu vào như: tốc độ gia tăng của điện trường và động năng nhiệt của đám mây dông. Chùm tia laser có thể thu bắt tia tiên đạo sét ngay khi nó

phát triển hướng xuống đất. Chùm tia laser phản ứng như một dây dẫn từ đám mây xuống đất và kết thúc bởi dây dẫn và hệ thống nối đất.



Kim Pulsar



Kim Preventor

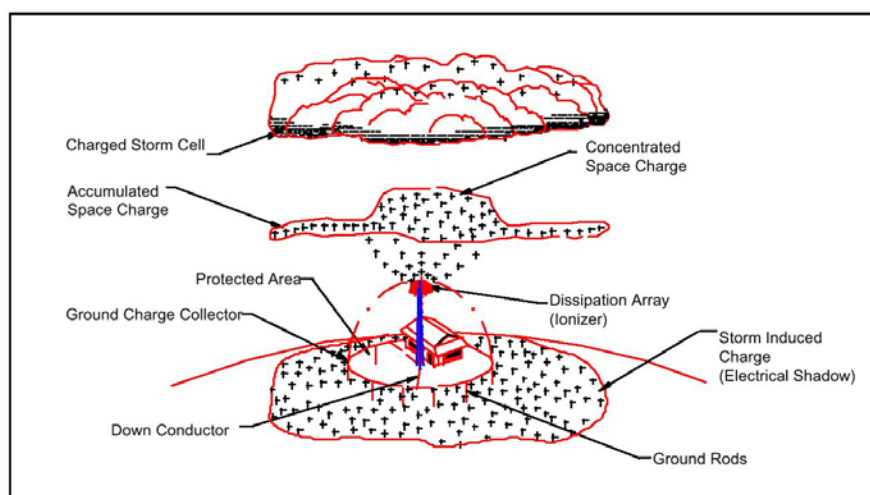
Hình 8.16. Các loại kim phóng xạ

7. Kỹ thuật giải trừ sét DAS

Nguyên lý chống sét này dựa trên cơ sở phóng điện điểm. Khi có đám mây dông hình thành trên một công trình xây dựng, trên mặt đất sẽ xuất hiện các điện tích cảm ứng. Các điện tích này được tập trung lại nhờ bộ tập trung điện tích trong đất. Các điện tích sau khi được tập trung lại sẽ được đưa lên bộ tạo ion đặt trên đối tượng được bảo vệ nhờ một dây dẫn điện tích. Bộ tạo ion sẽ liên tục tạo ra các ion và bức xạ xung quanh đối tượng được bảo vệ hình thành một khoảng không điện tích tự nhiên để trung hoà điện tích đám mây dông. Nhờ các điện tích tự nhiên này cường độ điện trường của đám mây dông sẽ yếu đi, không để sét hình thành và đánh vào đối tượng. Hệ thống có tính chất này gọi là hệ thống phân tán năng lượng sét.

Hiện có một số hãng sản xuất hệ thống phân tán năng lượng sét như: LEC (USA) với hệ thống DAS (Dissipation Array System), LPS (Lightning Prevention System-USA) với hệ thống ALS,....Hệ thống DAS bao gồm các bộ phận như sau:

- Bộ tạo ion (Ionizer) có nhiều điểm nhọn. Khi điện trường tăng thì từng điểm sẽ tạo ra dòng ion tăng theo hàm mũ và nối thông với tia sét.
- Bộ tập trung điện tích trong đất (GCC-Ground Charge Collector) thường làm bằng cáp đồng chôn ở độ sâu 25cm và các cọc tiếp đất chôn theo kiểu hình tia.
- Dây dẫn điện tích (ICC –Interconnecting Charge Conductor)



Hình 8.17. Hệ thống DAS

8. So sánh tính năng kỹ thuật các kỹ thuật chống sét trực tiếp

Bảng 8.1. so sánh tính năng kỹ thuật các kỹ thuật chống sét trực tiếp.

Bảng 8.1.

TT	Hệ thống System 3000	Hệ thống chống sét kiểu cổ điển	Hệ thống giải trừ sét DAS	Hệ thống kim phóng điện sớm ESE	Hệ thống kim phóng xạ
1.	Kim thu sét kiểu tích cực, có khả năng phóng sớm tia tiên đạo đi lên thu bắt sét	Kim thu sét kiểu thụ động	Giải trừ sét do phát ra các ion dương làm giảm cường độ điện trường giữa mây và đất	Kim thu sét kiểu tích cực, có khả năng phóng sớm tia tiên đạo đi lên thu bắt sét	Kim thu sét kiểu tích cực, có khả năng phóng sớm tia tiên đạo đi lên thu bắt sét
2.	Thường chỉ sử dụng một kim cho công trình	Thường phải sử dụng nhiều kim cho công trình	Sử dụng nhiều kim đặt trên công trình	Thường chỉ sử dụng một kim cho công trình	Thường chỉ sử dụng một kim cho công trình
3.	Vùng bảo vệ có thể bao trùm cả các vùng lân cận công trình	Chỉ bảo vệ công trình và không bảo vệ các vùng lân cận (kim đặt trên công trình)	Sét sẽ đánh vào đâu nếu nó không đánh vào công trình?	Vùng bảo vệ có thể bao trùm cả các vùng lân cận công trình	Vùng bảo vệ có thể bao trùm cả các vùng lân cận công trình
4.	Đảm bảo thẩm mỹ của công trình do chỉ dùng một kim	Làm xấu công trình do sử dụng rất nhiều kim	Làm xấu công trình do sử dụng rất nhiều kim	Đảm bảo thẩm mỹ của công trình do chỉ dùng một kim	Đảm bảo thẩm mỹ của công trình do chỉ dùng một kim
5.	Hiệu quả nhất do sử dụng các công nghệ tiên tiến. Kết quả được kiểm nghiệm trong phòng thí nghiệm và ở các bãi thử ngoài trời	Công nghệ cổ điển từ năm 1752. Đã ghi nhận được nhiều trường hợp sét vẫn đánh vào công trình dù đã có kim thu sét	Chỉ thử nghiệm trong phòng thí nghiệm, không có các thử nghiệm ngoài trời trong điều kiện có dông để minh chứng lý thuyết. Có vài ghi nhận hư hỏng được ghi nhận	Sử dụng công nghệ phóng điện sớm	Cấm sử dụng ở một số nước do có sử dụng chất phóng xạ
6.	Rẻ khi cần bảo vệ cho công trình có nhiều toà nhà	Đắt khi cần bảo vệ cho công trình có nhiều toà nhà	Đắt hơn hệ thống System 3000 và hệ thống kim ESE	Tương đối đắt	Tương đối đắt
7.	Chỉ dùng một	Sử dụng nhiều	Cấp thoát sét	Không an toàn do	Không an toàn

	cáp thoát sét Ericore	cáp thoát sét. Cứ mỗi khoảng cách 30m cần một cáp thoát sét	không phải là yêu cầu chính trong thiết kế. Sử dụng công nghệ chưa được công nhận	sử dụng cáp đồng trần	do sử dụng cáp đồng trần
8.	Phát huy hiệu quả cho mọi công trình. Bán kính bảo vệ phụ thuộc vào độ cao công trình so với mực nước biển	Mô hình xác định bán kính bảo vệ không tính đến độ cao công trình so với mực nước biển	Chỉ có thể phát huy hiệu quả đối với các công trình có độ cao so với mực nước biển từ 300m trở lên	Mô hình xác định bán kính bảo vệ không tính đến độ cao công trình so với mực nước biển	Mô hình xác định bán kính bảo vệ không tính đến độ cao công trình so với mực nước biển
9.	Yêu cầu điện trở nối đất: $R_d < 10\Omega$	Yêu cầu điện trở nối đất: $R_d < 10\Omega$	Yêu cầu điện trở nối đất: $R_d < 10\Omega$. Đồng thời hệ thống nối đất phải trải trên diện rộng để đảm bảo yêu cầu thu gom điện tích	Yêu cầu điện trở nối đất: $R_d < 10\Omega$	Yêu cầu điện trở nối đất: $R_d < 10\Omega$

8.6. DẪN SÉT XUỐNG ĐẤT AN TOÀN

Để dẫn sét xuống đất có thể dùng cáp đồng trần, thanh đồng hay cáp thoát sét chống nhiễu Ericore.

1. Cáp đồng trần

Khi sử dụng cáp đồng trần hay thanh đồng làm dây dẫn sét, phải đảm bảo các yêu cầu như sau:

- Dây dẫn sét phải đặt ngoài công trình
- Tiết diện dây dẫn sét tối thiểu không được nhỏ hơn 50mm^2
- Phải sử dụng 2 dây dẫn sét khi đầu thu sét được lắp trên công trình có độ cao trên 28m hay khi hình chiếu đứng của dây dẫn sét nhỏ hơn hình chiếu bằng của nó
- Dây dẫn sét không được đi dọc theo dây điện lực. Trong trường hợp bất khả kháng thì dây điện lực phải bọc vỏ kim loại-vỏ này phải tiếp đất và đặt xa dây dẫn sét tối thiểu 1m.
- Bán kính đoạn uốn cong không được nhỏ hơn 20cm
- Dây dẫn sét phải được cố định chắc chắn khoảng 3 kẹp giữa mỗi mét
- Dây dẫn sét trước khi tiếp xúc với hệ thống nối đất phải được bọc vỏ vật liệu chịu nhiệt cao trong khoảng 2m kể từ mặt đất

Thường sử dụng cáp đồng trần làm dây dẫn sét cho các công trình có độ cao vừa phải ($h < 60\text{m}$), không có các thiết bị viễn thông hay các thiết bị điện tử nhạy cảm với xung sét, mức yêu cầu về thẩm mỹ và an toàn không quá cao.

2. Cáp thoát sét chống nhiễu Ericore

Trong trường hợp chống sét đánh trực tiếp sử dụng các tháp anten viễn thông, phát thanh truyền hình, ... làm cột đỡ kim thu sét và sử dụng dây dẫn sét là cáp đồng trần thì sẽ xuất hiện các vấn đề như sau:

- Xuất hiện hiện tượng sét đánh tạt ngang (Side Flashing): với dòng sét khoảng 100kA thì cứ mỗi mét truyền dẫn bằng cáp đồng trần sẽ tạo chênh lệch thế khoảng 45kV/m, điều này khiến cho thế giữa các cấu kiện kim loại bố trí trên tháp (các anten chẳng hạn) vượt quá giới hạn cho phép và từ đó phát sinh sự phóng điện giữa chúng trong quá trình tản sét.
- Xuất hiện hiện tượng cảm ứng điện từ trường: do nhà thiết bị thường được bố trí ngay dưới chân tháp anten nhằm giảm mức suy hao tín hiệu trong quá trình phát-nhận nên các thiết bị điện tử nhạy cảm (với năng lượng phá hỏng chỉ vào khoảng 10-8J) rất dễ bị rối loạn hoạt động hay hư hỏng dưới tác dụng điện từ trường do dòng sét gây ra.

Nhằm loại trừ các hiện tượng nêu trên cũng như đơn giản hơn trong vận hành và lắp đặt trong trường hợp này nên sử dụng cáp chống nhiễu Ericore.

a. Cấu tạo cáp thoát sét chống nhiễu Ericore

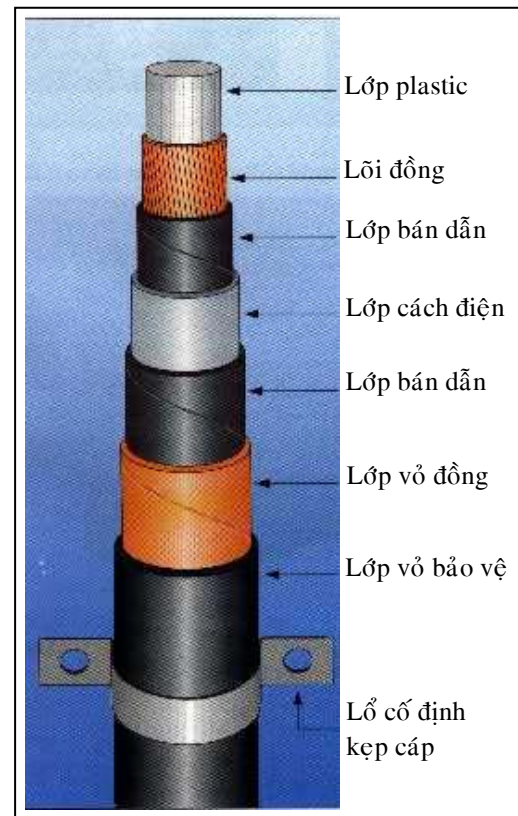
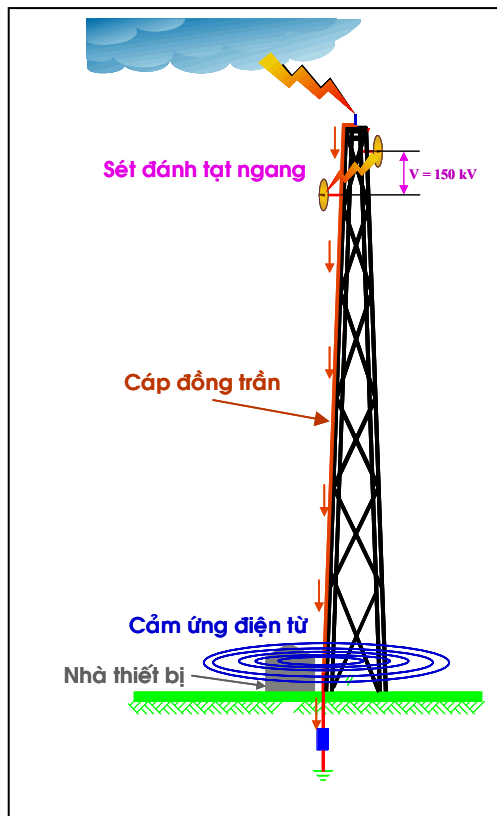
Cáp thoát sét chống nhiễu Ericore có cấu tạo 7 lớp:

- Lớp lõi plastic nhằm mục đích tăng cường độ bền cơ cho cáp đồng thời cho phép bố trí các dây đồng dẫn sét theo hình vành khăn quanh lõi
- Lớp lõi đồng dẫn điện. Diện tích của lớp lõi đồng này là 50mm², tuy nhiên lớp lõi này dẫn điện hiệu quả hơn cáp đồng thoát sét do loại trừ được hiện tượng dẫn điện mặt ngoài (Skin effect) khi tản dòng xung sét tần số cao (từ vài trăm kHz đến hàng MHz)
- Hai lớp bán dẫn nhằm mục đích giảm cường độ điện trường trên bề mặt cáp, từ đó cho phép cáp có kết cấu đơn giản hơn
- Lớp cách điện cách điện giữa lớp lõi đồng và lớp vỏ bảo vệ. Lớp này có điện áp cách điện lên đến 200kV.
- Lớp vỏ đồng được tiếp đất nhằm mục ngăn chặn hiện tượng cảm ứng điện từ trường do dòng sét ra môi trường xung quanh
- Lớp vỏ bảo vệ
- **Đặc tính cáp chống nhiễu Ericore**

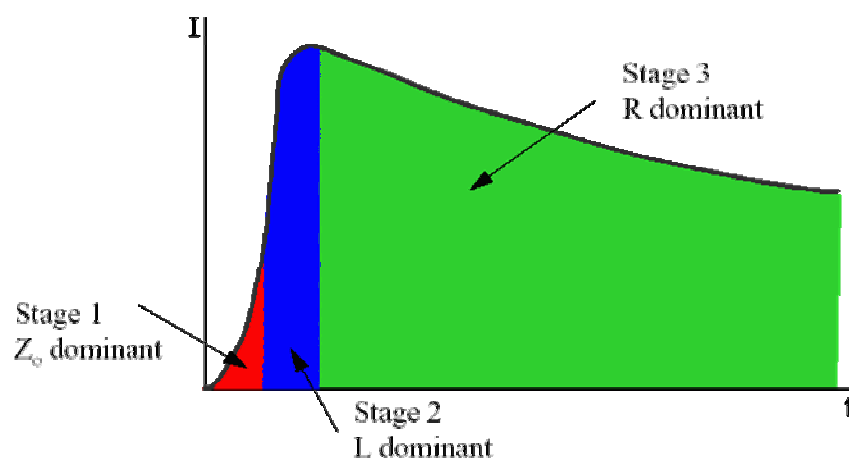
Cáp Ericore được chế tạo đặc biệt cho mục đích tản dòng sét. Cáp Ericore có hai loại: loại E1 và loại E2. Loại E1 sử dụng khi chiều dài tản sét dưới 60m và loại E2 được sử dụng khi chiều dài tản sét trên 60m. Cáp Ericore có các đặc tính trình bày ở Bảng 8.2.

Để hiểu rõ các đặc tính kỹ thuật nêu trên, cần xem xét cơ chế dòng xung sét và sự hình thành điện áp tăng cường. Điện áp giữa dây dẫn bên trong và lớp vỏ bên ngoài được xác định bởi ba thông số riêng biệt. Mỗi thông số có một ảnh hưởng nhất định trong các giai đoạn khác nhau của quá trình tản dòng sét xuống đất (Hình 8.20). Cáp Ericore với mục đích thiết kế được định trước sẽ đảm bảo dẫn sét xuống đất an toàn. Ví dụ: xét trường hợp tản dòng sét trên chiều dài 50m bằng bản đồng (25mmx3mm) và cáp Ericore với điện trường đánh thủng không khí (thường là 3MV/m) và điện áp đánh thủng đầu cáp (200kV) như là tiêu chuẩn “phá hỏng” cáp. Bằng quan sát nhận thấy rằng chỉ cần tản dòng sét 30kA bằng bản đồng thì đã xuất hiện hiện tượng phóng điện hay phá hủy điện môi công trình. Trong khi đó cáp Ericore vẫn tản an toàn dòng sét đến 90kA. Đây là biên độ dòng sét mà giá trị vượt hơn chỉ xuất hiện khoảng 5% hay chỉ

xuất hiện một lần mỗi 30 năm trong vùng có mật độ dòng sét là 5lần/km².năm (vào khoảng 80 ngày dông trong năm).



Hình 8.18. Dẫn sét bằng cáp đồng trần Hình 8.19. Cấu tạo cáp thoát sét Ericore



Hình 8.20. Ảnh hưởng của các thông số trong quá trình tản sét

Với các thông số như trên cáp Ericore có các ưu điểm vượt trội như sau:

- ❑ Tản dòng sét hiệu quả và an toàn hơn cáp đồng trần
- ❑ Không gây hiện tượng sét đánh tạt ngang trong quá trình tản sét
- ❑ Có thể đi gần khu vực có thiết bị điện tử nhạy cảm, dây điện lực, kết cấu kim loại và khu vực có người làm việc
- ❑ Thường chỉ cần một cáp thoát sét cho một công trình

- Dễ dàng lắp đặt
- Ít phải bảo trì

Bảng 8.2.

<i>Đặc tính</i>	<i>E 1</i>	<i>E 2</i>	<i>Đồng trần</i>
Tổng trở đặc tính (Ω)	6.7	4.5	172
Điện kháng (nH/m)	33	22	0.096
Điện dung (pF/m)	750	1100	32.4
Tiết diện mặt cắt ngang (mm ²)	50	50	50
Điện trở (m Ω /m)	0.4	0.5	0.4
Khả năng chịu quá áp(kV)	200	200	-
Đường kính (mm)	24	36	-
Trọng lượng (kg/m)	1	1.8	-

8.7. TẢN NHANH NĂNG LƯỢNG SÉT VÀO ĐẤT

Trong bất kỳ hệ thống chống sét nào từ trực tiếp đến lan truyền đều tồn tại hệ thống nối đất chống sét. Hệ thống này có nhiệm vụ tản nhanh dòng sét vào đất và do đó có một vai trò rất quan trọng trong việc đánh giá hiệu quả thoát sét của hệ thống chống sét. Việc thực hiện hệ thống nối đất có tổng trở nhỏ đạt yêu cầu theo các tiêu chuẩn đòi hỏi phải am tường về sét, thiết bị nối đất và các công nghệ mới.

1. Yêu cầu chung của hệ thống nối đất (HTND)

Các yêu cầu chung của hệ thống nối đất bao gồm:

- Tản nhanh và an toàn năng lượng sét đánh trực tiếp vào đất
- Tản an toàn xung quá áp và xung đột biến do sét lan truyền vào đất
- Bảo vệ an toàn cho người và thiết bị khỏi nguy hiểm do điện áp bước
- Duy trì các chức năng vận hành của hệ thống điện
- Vận hành tin cậy, hạn chế việc bảo trì
- Tuổi thọ cao

2. Tổng trở nối đất và các yêu cầu đối với hệ thống nối đất chống sét

Thiết kế HTND phải đảm bảo rằng sét tản vào đất theo con đường cực tiểu hoá điện áp tiếp xúc và điện áp bước. Một loạt các nghiên cứu về dạng sóng sét chỉ ra rằng xung sét mang cả hai thành phần tần số cao và tần số thấp. Tần số cao liên quan đến độ gia tăng rất nhanh của độ dốc đầu sóng (thường $<10\mu s$ để đạt đến đỉnh dòng) của xung sét còn tần số thấp thì liên quan đến phần đuôi sóng- dài và năng lượng cao.

Như vậy điều quan trọng là HTND phải có tổng trở nối đất đủ nhỏ và không chỉ hiểu đơn giản là điện trở nối đất nhỏ. Tổng nối đất của HTND bao gồm điện trở thuần và dung kháng của các bề mặt tiếp giáp điện cực-đất.

Điện trở thuần R của HTNĐ bao gồm điện trở của bản thân điện cực nối đất, các bộ phận kết nối, điện trở tiếp xúc giữa đất và điện cực nối đất và điện trở của khối đất bao quanh điện cực. Dung kháng C của HTNĐ tỷ lệ với diện tích tiếp xúc giữa điện cực và đất.

Các yếu tố ảnh hưởng tới giá trị điện trở tổng của HTNĐ bao gồm: loại đất, độ ẩm của đất, mùa, kết cấu và cấu trúc của HTNĐ.... Thông số đặc trưng cho loại đất là điện trở suất của đất, giá trị này thay đổi trong một phạm vi rất rộng từ $40\Omega m$ (đất sét) đến $25000\Omega m$ (đá granite). Điện trở suất của đất càng giảm khi độ ẩm càng tăng, và do đó để đạt được giá trị điện trở nối đất nhỏ cần phải giữ độ ẩm của đất tại nơi đặt HTNĐ. Điều này thường được chú ý bằng cách chôn HTNĐ ở độ sâu khoảng $0.5 \div 0.8m$. Điện trở suất của đất thay đổi theo mùa, độ chôn càng sâu thì độ dao động giá trị điện trở nối đất càng nhỏ. Như vậy, hệ thống nối đất phải được thi công sao cho:

- Có điện trở đủ nhỏ tuân theo các tiêu chuẩn chống sét hiện hành
- Có bề mặt tiếp xúc với đất lớn để tăng dung kháng của hệ thống nối đất
- Mọi kết nối của hệ thống nối đất phải đảm bảo tải được các dòng lớn lặp lại nhiều lần
- Hệ thống đất phải bền vững theo thời gian không bị ăn mòn hoá học hay điện phân
- Không lắp đặt gần các cáp ngầm truyền tải điện

3. Phân tích các HTNĐ hiện tại

Hiện nay, đa phần các hệ thống đất sử dụng ống sắt tráng kẽm hay sắt góc dài từ 2-6m và được đóng thẳng đứng xuống đất ở độ sâu từ 0.5-0.8m. Chúng được nối kết với nhau bằng cáp đồng trần, qua các kẹp nối đất cơ khí (sử dụng ốc xiết) hay hàn acetylen, tạo thành lưới nối đất. Trong trường hợp nước ta, để giảm điện trở tiếp đất thường dùng các biện pháp đơn giản như tăng số lượng cọc, kích thước cọc, cải tạo đất bằng cách dùng than muối. Các biện pháp này tuy dễ làm, nhưng hiệu quả kỹ thuật không cao. Cụ thể gặp một số hạn chế như sau:

- Điện trở nối đất không giảm tuyến tính theo số lượng cọc, nghĩa là đến một số lượng cọc nhất định việc tăng số lượng cọc không đem lại hiệu quả cao đồng thời cũng làm gia tăng chi phí xây dựng HTNĐ.
- Dưới tác động của muối, cọc, thanh dẫn và các bộ phận kết nối sẽ dễ dàng bị ăn mòn và dẫn đến giảm tuổi thọ HTNĐ. Đồng thời muối sẽ phân tán và bị rửa trôi. Điều này dẫn đến giá trị điện trở nối đất không ổn định và đòi hỏi phải có chế độ kiểm tra và duy tu theo định kỳ.
- Việc liên kết giữa các bộ phận nối đất bằng ốc xiết không đảm bảo có mối liên kết tốt và bền về mặt dẫn điện. Nhược điểm này có thể khắc phục phần nào bằng cách hàn acetylen hay hàn điện, tuy nhiên mối hàn khó đạt chất lượng cao, nhất là khi lắp đặt ở các vùng cao.
- Không giảm được giá trị tổng trở nối đất của HTNĐ do không giảm được thành phần dung kháng.
- Các nhược điểm này có thể khắc phục nhờ ứng dụng các thiết bị, vật liệu và công nghệ mới được trình bày ở phần sau.

4. Thiết bị, vật liệu và công nghệ mới

Hiện nay tại Việt Nam đã xuất hiện nhiều thiết bị công nghệ mới cho phép nâng cao chất lượng và hiệu quả của HTNĐ.

a. Điện cực nối đất

Hiện nay sử dụng phổ biến nhất trên thế giới là cọc thép bọc đồng (copper bonded earth rod). Cọc này có các ưu điểm sau:

- ❑ Dẫn điện tốt (do dòng cao tần chỉ dẫn trên bề mặt)
- ❑ Chống ăn mòn cao
- ❑ Có độ cứng nhất định nên dễ thi công đóng cọc
- ❑ Kinh tế hơn khi sử dụng cọc đồng nguyên chất

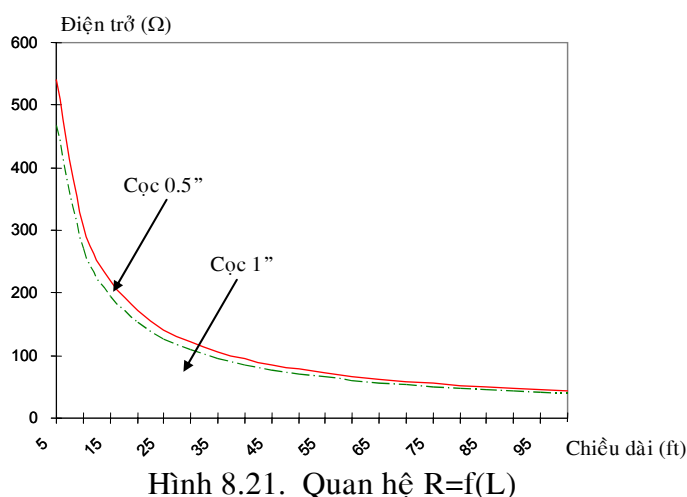
Ở một số nơi như vùng đất thủy triều, đất phủ tro, và các môi trường ăn mòn khác cọc thép không rỉ được khuyến cáo sử dụng. Các cọc này rất bền vững với khí hậu và môi trường ăn mòn. Điển hình cho loại này là cọc thép không rỉ với hàm lượng crôm tinh chất là 17% và phủ một lớp austenitic.

Đường kính cọc càng tăng thì điện trở nối đất càng giảm, tuy nhiên các kết quả thực nghiệm cho thấy đường kính cọc tăng gấp đôi thì điện trở nối đất chỉ giảm 12,5% vì vậy đường kính cọc được chọn chủ yếu theo điều kiện độ bền về cơ học để cọc đóng xuống đất không bị cong hay gãy. Tốt nhất hiện nay là dùng cọc $\Phi 16\text{mm}$.

Quan hệ điện trở nối đất theo chiều dài cọc $\Phi 16\text{mm}$, đóng ở đất có điện trở suất $10\Omega\text{m}$. trình bày ở Hình 8.21. Từ đây nhận thấy rằng với chiều dài cọc lớn hơn 5m điện trở nối đất giảm không kể, vì vậy thực tế các cọc chuẩn thường có kích thước 2.4m và 3m. Trong trường hợp tầng đất trên có điện trở suất lớn thì có thể sử dụng cọc nối sâu cho phép vươn tới tầng đất có điện trở suất nhỏ và không bị khô theo mùa.

Nhằm mục đích tăng diện tích tiếp xúc giữa đất và điện cực sử dụng băng đồng nối đất ($0.5\text{mm} \times 5\text{mm}$) để liên kết các cọc nối đất thay cho cáp đồng trần.

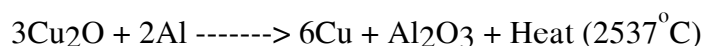
Từ ghi nhận trong thực tế dòng sét tản vào đất trên sân gôn có dạng chân chim nên cấu trúc hệ thống nối đất thông dụng nhất thường có dạng hình tia xuyên tâm với một cọc chính, các dải băng đồng và các cọc phụ.



Hình 8.21. Quan hệ $R=f(L)$

b. Liên kết giữa các bộ phận nối đất

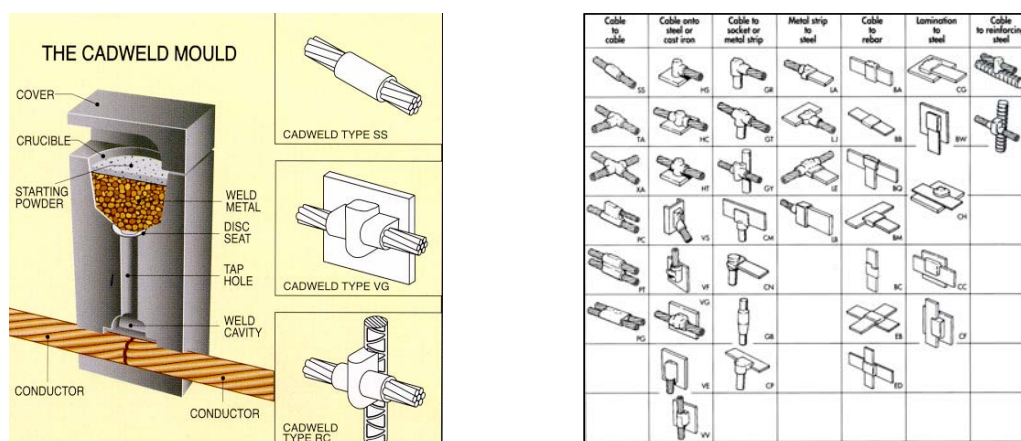
Gần đây công nghệ hàn hoá nhiệt CADWELD được sử dụng để nối kết các bộ phận nối đất với chất lượng cao. CADWELD có khả năng tạo ra mối nối giữa các phân tử đồng/đồng, đồng/thép, mà không cần năng lượng ngoài hay nguồn nhiệt. Nguyên lí là kết hợp trộn đầy chất hàn và tác nhân phát cháy trong một khuôn graphite. Phản ứng giữa ôxyt đồng và nhôm tạo ra đồng nóng chảy và xỉ ôxyt nhôm tại nhiệt độ cao hơn 2500°C .



Hình dạng, kích thước của khuôn, và cỡ của kim loại được hàn được chế tạo sao cho thích hợp từng chi tiết được hàn và kích cỡ của nó (Hình 8.22).

Các mối nối CADWELD có các đặc điểm sau:

- ❑ Không hư hỏng hay giảm chất lượng với thời gian
- ❑ Tải dòng điện hiệu quả hơn dây dẫn.
- ❑ Mối hàn CADWELD là mối nối phân tử nên không bị lỏng hay ăn mòn.
- ❑ Phẩm chất có thể nhận thấy dễ dàng bằng cách quan sát.
- ❑ Thiết bị nhẹ, không đòi hỏi nguồn ngoài và không đắt tiền.



Hình 8.22. Khuôn hàn Cadweld và các loại mối hàn

c. Hoá chất giảm điện trở đất

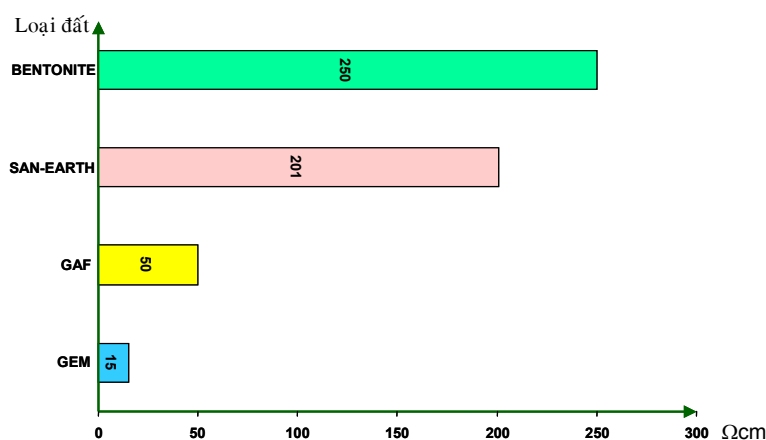
Đạt được trị số điện trở đất đạt yêu cầu trong vùng đất có điện trở suất cao luôn là một vấn đề khó khăn. Nếu chỉ đơn thuần sử dụng các cọc đồng, lá hoặc lưới đồng có thể sẽ không nhận được kết quả như mong muốn. Trong trường hợp này phải sử dụng các loại hoá chất giảm điện trở đất. Hiện nay hai loại hoá chất giảm điện trở đất có hiệu quả nhất là: EEC (Earth Enhancing Compound) và GEM (Ground Enhancement Material). Hoá chất GEM được sử dụng cho các vùng có điện trở suất của đất cao còn hoá chất EEC được sử dụng cho các vùng có điện trở suất của đất rất cao.

Bản thân hoá chất giảm điện trở đất bao gồm các hóa chất có tính dẫn điện cao, chất kết dính, khi được hòa với nước và tưới lên các rãnh hệ thống đất và vùng đất chung quanh nó sẽ trở thành một khối sền sệt, tạo nên một phần thống nhất trong toàn bộ hệ thống đất. Các thí nghiệm tại hiện trường đã chứng minh sự giảm mạnh trị số điện trở đất (từ 50% ÷ 90%) khi hóa chất được cho vào các vùng đất có điện trở suất cao như cát. Điện trở suất của một số hoá chất biểu thị trên Hình 8.23.

Hóa chất giảm điện trở đất có những ưu điểm sau:

- ❑ Bền vững và không cần bảo trì (không bị ăn mòn do phản ứng với muối hay hóa chất).
- ❑ Không bị phân hủy hay mục rữa và giữ điện trở đất là hằng số ổn định với thời gian.
- ❑ Thích hợp cho việc lắp đặt ở nơi đất khô hay đất bùn.
- ❑ Không phụ thuộc vào sự hiện diện của nước để duy trì tính dẫn điện của nó.

Trước khi sử dụng hoá chất giảm điện trở đất phải tưới nước lên đất nhằm tạo điều kiện phân bố tốt hoá chất giảm điện trở đất vào đất. Tùy thuộc vào điều kiện đất cụ thể mà yêu cầu mức sử dụng hoá chất giảm điện trở đất khác nhau.



Hình 8.23. Điện trở suất của các loại hoá chất

8.8. ĐẲNG THỂ CÁC HỆ THỐNG ĐẤT

Ngoài ra nếu trong công trình tồn tại nhiều hệ thống nối đất khác nhau (nối đất chống sét, nối đất công tác, nối đất điện lực,...) thì tình trạng có nhiều nối đất này là một trong các nguyên nhân chủ yếu gây nguy hiểm cho thiết bị khi xảy ra chênh lệch điện thế giữa các nối đất do hiện tượng chuyển tiếp sét. Các dòng sét chuyển tiếp có thể chảy về các phía, cảm ứng điện áp cao phá hủy các thiết bị điện tử nhạy cảm và gây nguy hiểm cho người. Do đó việc cân bằng thế có tầm quan trọng đặc biệt. Việc kết nối phải theo đường ngắn nhất và dây nối phải theo đúng tiêu chuẩn kỹ thuật. Tuy nhiên, trong một số trường hợp các nối đất có thể cần cách ly vì lý do vận hành hay đáp ứng đòi hỏi các tiêu chuẩn về đấu dây thì việc cân bằng thế phải được nối qua thiết bị cân bằng thế TEC (Transient Earth Clamp). TEC bình thường có điện trở cách điện rất cao, nhưng khi điện áp giáng qua nó vượt quá ngưỡng 350V thì nó trở nên nối tắt và tạo ra mặt đẳng thế các hệ thống nối đất.



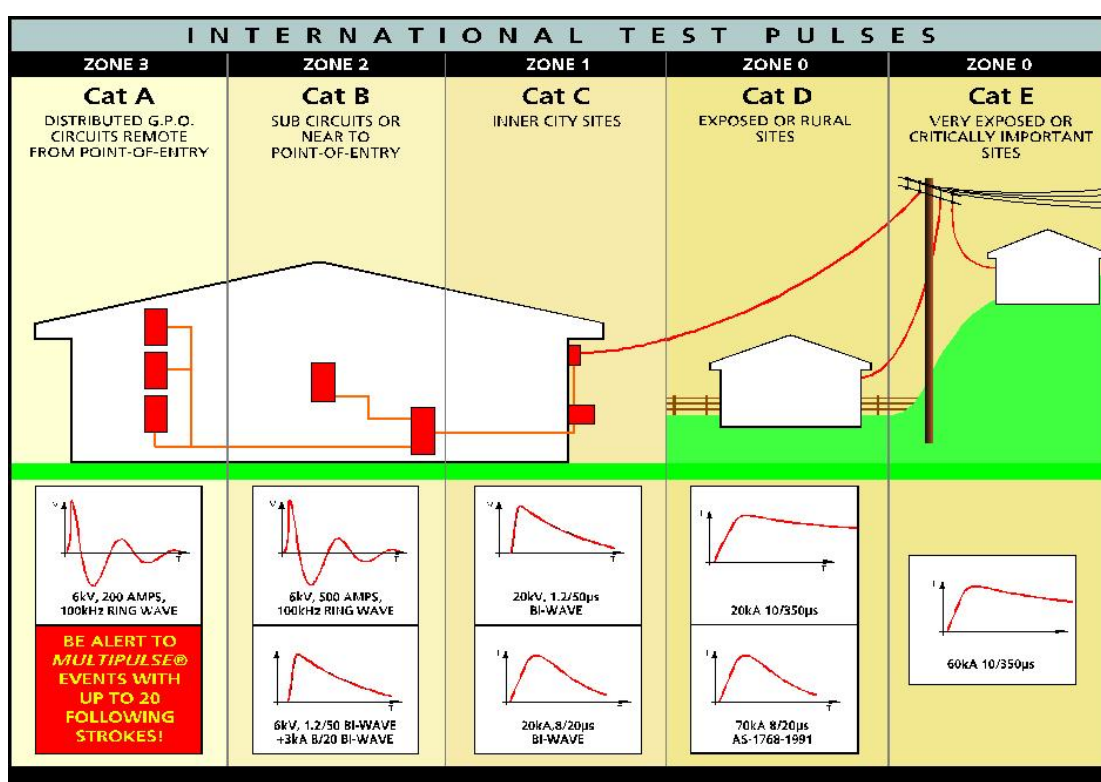
Hình 8.24. Thiết bị đẳng thế hệ thống đất

Tóm lại để thực hiện hệ thống nối đất tốt, bền và có tổng trở nối đất thấp cần sử dụng các thiết bị và công nghệ mới như: cọc thép bọc đồng, băng đồng, hoá chất giảm điện trở đất, hàn CADWELL,

8.9. Kỹ thuật chống sét lan truyền trên đường nguồn

1. Phân vùng bảo vệ

Một trong các thông số quan trọng cần quan tâm khi thiết kế và lựa chọn thiết bị chống sét trên đường nguồn và đường tín hiệu là dạng sóng và biên độ xung sét lan truyền. Biên độ xung sét phụ thuộc vào vị trí của công trình, mức độ lộ thiên của công trình và vị trí tương quan của công trình đối với các công trình lân cận, mật độ sét tại khu vực cần bảo vệ và cấu trúc của đường dây tải điện (trên không hay đi ngầm). Dạng xung sét phụ thuộc vào cách thức sét cảm ứng lên đường dây tải điện. Xung sét cảm ứng thường là dạng sóng 8/20 μ s và xung sét lan truyền do sét đánh trực tiếp vào đường dây thường là dạng sóng 10/350 μ s. Tiêu chuẩn IEEE 587 chia khu vực bảo vệ làm 5 cấp A, B, C, D và E và tiêu chuẩn IEC 1024-1/IEC 1312 chia khu vực bảo vệ làm 4 vùng 0, 1, 2 và 3. Tương ứng với từng khu vực mà các thiết bị chống sét trên đường nguồn phải được thử nghiệm với các xung sét tiêu chuẩn tương ứng (Hình 8.25).



Hình 8.25 Các dạng xung sét tiêu chuẩn

Khi xét đến mật độ sét tại khu vực cần bảo vệ, việc lựa chọn biên độ xung sét cực đại có thể tham khảo Bảng 8.3.

Bảng 8.3. Xung sét cực đại theo vùng bảo vệ và mật độ sét

N_g (lần/km ² /năm)	Cấp A	Cấp B	Cấp C	Cấp D	Cấp E
>2	10kA	20kA	40kA	70kA	100kA
0.5÷2	5kA	20kA	20kA	40kA	65kA
<0.5	3kA	5kA	15kA	40kA	65kA

2. Công nghệ

a. Khe phóng điện (Spark Gap)

Khe phóng điện được cấu tạo bởi hai bản kim loại cứng cố định ở một khoảng cách định trước. Một điện cực được nối với mạng điện, còn điện cực kia được nối với đất. Không khí giữa hai cực sẽ bị ion hóa tại một điện áp khe hở giữa hai điện cực. Hiện tượng không khí bị ion hóa tạo ra một trở kháng thấp giữa hai bản cực.

Điện áp đánh thủng phụ thuộc vào độ ẩm của không khí cho nên khe phóng điện được sử dụng chính ở mạng có điện áp cao mà ở đó không đòi hỏi độ chính xác cao. Khe phóng điện có vỏ bọc là thủy tinh hoặc kim loại.

Bởi vì không khí bị ion hóa đòi hỏi phải có thời gian, thực tế điện áp phóng điện của khe hở phụ thuộc vào sự biến thiên của điện áp. Chẳng hạn một thiết bị được thiết kế với cấp điện áp là 120V thì có thể hoạt động ở điện áp 2200V. Khe phóng điện có khả năng tản sét cao, đến hàng 100kA.

Khi có xung sét chạy trên đường dây gây nên sự chênh lệch điện áp giữa hai điện cực đủ lớn làm cho khe hở phóng điện hoạt động và truyền dẫn năng lượng xuống đất.

Khe phóng điện có ưu điểm vượt trội về khả năng tản sét và giá thành. Tuy nhiên, nhược điểm chính của khe phóng điện là điện áp ngưỡng, điện áp dư cao và thời gian tác động chậm.

Để tăng cường khả năng dập tắt hồ quang, tăng khả năng và tốc độ tự hồi phục, khe phóng điện cải tiến có cấu tạo hỗn hợp gồm khe nối tiếp với điện trở phi tuyến và được đặt trong vỏ kín. Tuy nhiên, do khả năng chịu dòng của điện trở phi tuyến là có hạn nên sẽ giới hạn khả năng tản dòng sét biên độ lớn, vốn vẫn là ưu điểm của khe phóng điện so với các thiết bị chống sét loại khác.

Công nghệ ngày nay cho phép chế tạo các khe phóng điện, đạt yêu cầu về năng lượng tản sét và điện áp dư thấp khi hồ quang được thành lập. Tuy nhiên, chúng cũng còn có hai nhược điểm:

- Điện áp kích hoạt cao và giảm không đáng kể khi thay đổi khoảng cách giữa các điện cực. Giá trị điện áp kích hoạt của khe phóng điện, vào khoảng $2500 \div 3500V$, sẽ gây ra các vấn đề cho các thiết bị bảo vệ thứ cấp nằm ở phía tải. Thiết bị bảo vệ thứ cấp thường là loại có điện áp kẹp thấp hơn điện áp phóng điện của khe và khả năng tản sét nhỏ. Điều này sẽ giữ cho khe phóng điện không vận hành, thiết bị bảo vệ thứ cấp nhanh chóng bị phá hủy và hầu hết năng lượng sét đi vào toà nhà.
- Khe phóng điện có dòng tự duy trì cao, mặc dù điều này đã được chú ý và từng bước cải thiện trong tương lai. Dòng tự duy trì cao gây cho điện cực mau hư hỏng và làm giảm tuổi thọ của khe hở phóng điện. Trong thiết kế các thông số của khe phóng điện điện áp thấp, vấn đề tuổi thọ của điện cực được quan tâm đặc biệt. Khe phóng điện được thiết kế để có thể làm việc từ 10 đến 30 lần trong một năm.

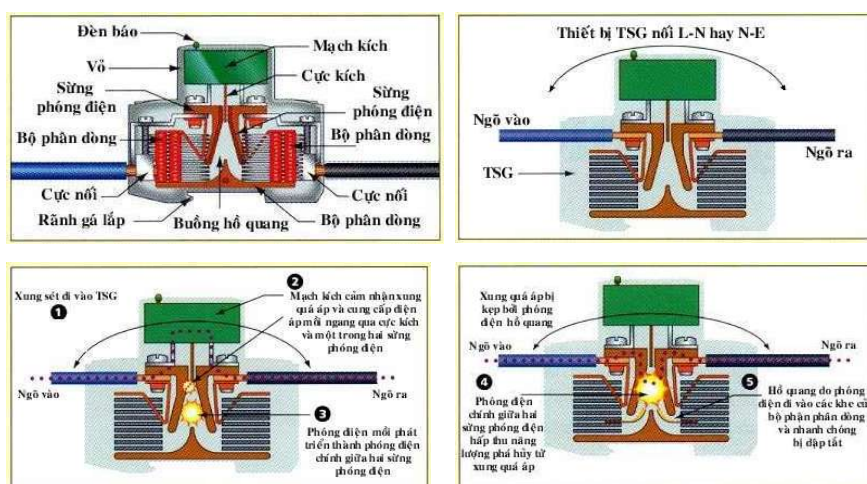
Gần đây xuất hiện loại khe hở phóng điện tự kích TSG (Triggered Spark Gap – TSG). Đây là loại khe hở phóng điện tiên tiến nhất hiện nay, với các tính năng vượt trội như sau:

- Cung cấp điện áp dư ở mức thấp gần với các sản phẩm cắt sét - có cấu tạo trên cơ sở các MOV, nhưng có khả năng tản sét cao hơn
- Khắc phục được nhược điểm điện áp phóng điện khởi đầu cao, điện áp dư lớn và dòng tự duy trì kéo dài ở khe phóng điện truyền thống

- Điện áp kích hoạt thấp (khoảng 500V) cho phép TSG vận hành với rất nhiều xung đột biến, bao gồm cả các xung do đóng cắt mạch

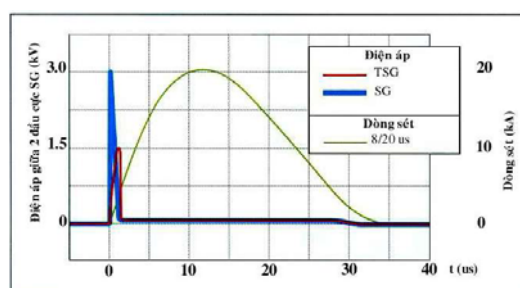
Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của TSG (Hình 8.26) bao gồm:

- Sừng phóng điện đảm bảo khả năng tản dòng sét cường độ cao
- Bộ phận phân dòng có cấu tạo gồm các phiến sắp lớp tạo thành các khe. Khi hồ quang phóng điện đi vào các khe, hồ quang bị phân nhỏ và dễ dàng bị dập tắt.
- Hệ thống kích bao gồm mạch kích và cực kích. Hệ thống này có chức năng kích hoạt phóng điện chính bằng cách tạo ra phóng điện mỗi khi cảm nhận xung quá áp ngang qua mạch kích vượt quá 500V. Phóng điện mỗi sẽ phát triển thành phóng điện chính giữa hai sừng phóng điện và xung quá áp bị kẹp bởi phóng điện hồ quang.



Hình 8.26. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của TSG

Hình 8.27 trình bày điện áp dư của TSG và SG tương ứng với xung sét 20kA 8/20μs. Từ đây nhận thấy điện áp dư của TSG (<1.5kV) thấp hơn nhiều so với điện áp dư của SG (khoảng 3kV). So với thiết bị cắt sét bằng công nghệ MOV, có điện áp dư ứng với xung sét 20kA 8/20μs vào khoảng 1.0kV thì điện áp dư của TSG vẫn cao hơn nhưng quá đủ để bảo vệ các hệ thống cơ điện.



Hình 8.27. Dạng sóng điện áp dư ứng với xung sét 20kA

Tuổi thọ của TSG đạt đến 100.000 lần hoạt động. TSG với điện áp kích hoạt 500V có khả năng tản dòng sét 50kA 10/350μs và dòng dư đi vào công trình không vượt quá vài ampe.

Trong thực tế, với vai trò là thiết bị bảo vệ sơ cấp TSG thường được lắp đặt ở ngõ vào tòa nhà hay tích hợp trong bộ cắt lọc sét nhằm tản khả năng tản sét của thiết bị này.

b. MOV (Metal Oxide Varistor)

Công nghệ này sử dụng các phiến oxyde kim loại (MOV) làm phần tử tản sét vì các MOV có các ưu điểm vượt trội như: hệ số phi tuyến cao, dòng rò nhỏ, khả năng tản sét tốt (từ vài chục đến vài trăm kA), thời gian đáp ứng nhanh ($<25\text{ns}$) và giá trị điện dung nội tại nhỏ. Nhưng công nghệ này đòi hỏi chế độ lắp đặt và vận hành nghiêm ngặt như: điện áp mạng phải ổn định, hạn chế sử dụng khi tải là các máy hàn, các UPS hay khi nguồn là các máy phát điện có chất lượng không cao, ... Sở dĩ có các điều kiện này là do khi trong mạng xuất hiện các xung đỉnh nhọn có tần số công nghiệp hay các quá áp tạm thời vượt quá giá trị điện áp ngưỡng của MOV thì các thiết bị chống sét sẽ hoạt động bất kể nguyên do từ đâu và sẽ cắt liên tục 100 lần trong một chu kỳ. Việc này dẫn đến MOV bị quá nhiệt, phát cháy hay giảm tuổi thọ. Một số nhà chế tạo khắc phục nhược điểm này của MOV bằng cách mắc nối tiếp với các MOV công tắc cảm biến nhiệt. Khi các MOV bị quá nhiệt thì các công tắc này sẽ tác động cách ly MOV ra khỏi mạng. Nhưng nếu chính trong thời đoạn này xuất hiện sét thì thiết bị cần bảo vệ sẽ hư hỏng vì không được bảo vệ. Phạm vi sử dụng của các thiết bị chống sét chế tạo theo công nghệ MOV là bảo vệ chống sét lan truyền trên đường cấp nguồn ở các mạng điện có chất lượng điều áp cao.

c. SAD (Silicon Avalanche Diode)

Công nghệ này sử dụng các Avalanche Diode làm phần tử tản sét. Các diode này có ưu điểm là thời gian tác động rất nhanh ($<1\text{ns}$), tuổi thọ cao. Nhưng có nhược điểm là khả năng tản dòng sét nhỏ ($<3\text{kA}$). Để nâng cao khả năng tản sét và điện áp chịu đựng, các nhà chế tạo phải ghép tổ hợp nhiều diode song song và nối tiếp, do đó giá thành rất cao. Thông thường các thiết bị chống sét theo công nghệ SAD chỉ sử dụng để bảo vệ cho các thiết bị đặt sâu trong nhà, công suất nhỏ và không thể dùng để làm bảo vệ chính (các tải quan trọng).

d. TDS (Transient Discriminating Suppressor)

Khác với các thiết bị chống sét lan truyền trên đường cấp nguồn, được sản xuất với công nghệ truyền thống, hoạt động theo nguyên tắc biên độ, tức là phản ứng với tất cả xung quá áp có biên độ vượt quá ngưỡng điện áp tác động (thường là 275Vrms), thiết bị chống sét sản xuất theo công nghệ tiên tiến TDS, hoạt động theo nguyên tắc tần số, và thực hiện đúng chức năng chống sét được giao phó, tức là chỉ phản ứng khi xuất hiện xung sét cảm ứng trên cơ sở phân biệt tần số xung quá áp do sét lan truyền (khoảng 1MHz) và xung quá áp do các nguyên nhân khác (khoảng 50Hz). Điều này cho phép thiết bị chống sét theo công nghệ tiên tiến TDS có các ưu điểm vượt trội sau:

- Thông minh phân biệt sét và các quá áp do các nguyên nhân khác.
- Khả năng chịu quá áp tạm thời cao.
- Thời gian đáp ứng nhanh ($<1\text{ns}$).
- Cung cấp bảo vệ hiệu quả, ngay trong mạng có chất lượng điều áp thấp.
- Tuổi thọ cao.
- Không đòi hỏi các điều kiện lắp đặt và vận hành nghiêm ngặt như thiết bị chế tạo theo công nghệ truyền thống MOV.

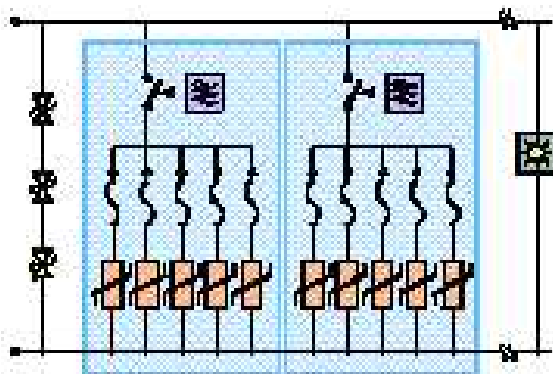
Để đạt được hiệu quả và tính năng bảo vệ vượt trội, thiết bị TDS sử dụng công nghệ tổng hợp bao gồm cả ba công nghệ SAD, Gas Aresster và MOV.

Sơ đồ nguyên lý của thiết bị TDS trình bày như Hình 8.28:

Công tắc tác động nhanh hoạt động theo nguyên tắc tần số. Công tắc này sẽ tác động khi xung sét xuất hiện nhưng sẽ không tác động khi xuất hiện quá áp tạm thời.

Trong 10ns đầu tiên khi xung sét xuất hiện, dây SAD sẽ tác động nhằm giảm bớt độ dốc đầu sóng của xung sét, góp phần làm giảm điện áp thông qua.

Trong thời khoảng 10ns sau đó, công tắc tác động nhanh tác động đóng dây MOV vào mạch và tản hầu hết năng lượng sét xuống đất.



Hình 8.28: Sơ đồ nguyên lý của thiết bị TDS

3. Các loại thiết bị chống sét lan truyền trên đường cấp nguồn

a. Thiết bị cắt sét

Được mắc song song với tải, thiết bị này có nhiệm vụ tản năng lượng sét vào đất. Khi mạng điện hoạt động bình thường, thiết bị cắt sét là một điện trở có tổng trở rất lớn, nhưng lúc xuất hiện xung sét trên đường dây gây nên sự chênh lệch điện áp trên hai đầu thiết bị, nếu điện áp chênh lệch này vượt quá điện áp ngưỡng sẽ làm cho thiết bị hoạt động và dẫn phần lớn năng lượng sét vào đất.

Do thiết bị cắt sét chỉ có khả năng tiêu tán năng lượng sét và giới hạn điện áp mà không có khả năng giảm tốc độ biến thiên dòng sét di/dt và tốc độ biến thiên điện áp sét dV/dt . Chính tốc độ tăng dòng và tăng áp này là nguyên nhân gây hư hỏng các thiết bị điện nhạy cảm. Vì vậy cần phải mắc thêm một thiết bị lọc sét vào phía sau thiết bị cắt sét nhằm đưa ra mức điện áp và tốc độ biến thiên dòng, áp thích hợp cho các loại thiết bị điện.

b. Thiết bị lọc sét

Thiết bị này được mắc nối tiếp với tải. Hoạt động của thiết bị là cho ra mức điện áp thích hợp với hầu hết các thiết bị điện, giảm điện áp dư sau khi đã qua thiết bị cắt sét, đảm bảo biên độ điện áp giáng qua thiết bị luôn nằm trong giới hạn cho phép ($\leq 230V$) và giảm khoảng 1000 lần tốc độ tăng áp, tăng dòng của sét vào thiết bị. Thiết bị lọc sét còn hiệu chỉnh tốc độ biến thiên dòng điện và biến thiên điện áp của các dạng quá áp ở mức chấp nhận được.

Cáp vào ra khỏi bộ lọc (cả dây nối đất) nên được tách riêng với nhau một khoảng cách tối thiểu 300mm. Điều này sẽ ngăn bất kỳ các quá độ đi vào cáp vào cảm ứng sang cáp ra (cáp sạch). Nếu không gian lắp đặt không cho phép nên đặt hai dây cáp này thẳng góc với nhau và không được nằm song song với nhau.

c. Các yêu cầu kỹ thuật đối với thiết bị cắt sét và lọc sét

Các thiết bị cắt sét phải thỏa các yêu cầu kỹ thuật sau:

- ❑ Dòng xung sét tần định mức phải lớn hơn dòng xung sét cực đại tại nơi đặt thiết bị chống sét. Điều kiện này nhằm đảm bảo tuổi thọ và khả năng bảo vệ của thiết bị chống sét. Tại Việt Nam, dòng xung sét cực đại ghi nhận được cho đến nay là 90kA (Số liệu Viện Nghiên Cứu Sét Gia Sàng Thái Nguyên, tại Hội thảo Quốc Tế về Sét và Chống Sét tổ chức tại Hà Nội, từ ngày 24-26/04/1997). Ngoài ra theo Qui Phạm Chống Sét Cho Các Công Trình Viễn Thông TCN -174:1998 của Tổng Cục Bưu Điện, điều 10, mục 1.a có qui định về khả năng thoát dòng xung sét dạng sóng 8/20 μ s của thiết bị cắt sét là 12 xung lặp lại không nhỏ hơn 20kA.
- ❑ Có khả năng cắt nhiều xung lặp lại biên độ nhỏ (< 20kA), điều kiện này là do trong thực tế xung sét biên độ lớn (trên 100kA) có xác suất xảy ra rất thấp (1%), còn xung lặp lại có biên độ nhỏ rất thường xảy ra (xác suất xuất hiện xảy ra trên 85%).
- ❑ Điện áp vận hành định mức phải thỏa yêu cầu nêu trong TCN:68-174:1998, điều 10, mục 1.b. Cụ thể là (275-277) Vrms/AC giữa dây pha và dây trung tính và (475-480)Vrms/AC giữa dây pha và dây pha.
- ❑ Điện áp thông qua thấp. Điều kiện này nhằm mục đích giới hạn quá áp ngang qua thiết bị cần bảo vệ khi xuất hiện xung sét và do đó đảm bảo an toàn cho thiết bị.
- ❑ Tốc độ đáp ứng nhanh (hàng ns).
- ❑ Khả năng chịu quá áp cao, theo các yêu cầu của UL 1449-02/1998, là 480Vrms.
- ❑ Bảo vệ đa chế độ, tốt nhất là L-N và N-E (Điều 10, mục 1.a của tiêu chuẩn TCN 68-174:1998).
- ❑ Hoạt động liên tục và tin cậy, nghĩa là không được cô lập các phần tử của thiết bị chống sét ra khỏi mạch bảo vệ trong bất kỳ tình huống nào.
- ❑ Có hệ thống đèn báo phần trăm khả năng cắt sét còn lại của thiết bị (thiết bị sử dụng công nghệ MOV và TDS). Điều này rất quan trọng vì hiện nay thiết bị chống sét lan truyền trên đường nguồn thường sử dụng các phần tử MOV (Metal Oxide Varistor) mà tuổi thọ và khả năng cắt sét của nó lại phụ thuộc vào số lần tản sét và biên độ xung sét tác động. Nếu thiết bị chống sét chỉ có 01 đèn báo tình trạng làm việc thì sẽ không thể biết khả năng tản sét còn lại để dự trù thay thế.
- ❑ Có khả năng phân biệt quá áp do sét và các nguyên do khác. Điều này cho phép đơn giản trong lắp đặt và vận hành như: không phải tách thiết bị chống sét ra khỏi mạng khi sử dụng máy phát điện, thiết bị chống sét làm việc hiệu quả và tin cậy ngay trong mạng điện có điện áp không ổn định (thường là mạng phân phối điện của các nước trong khu vực Đông Nam Á), nâng cao tuổi thọ của thiết bị chống sét, ...
- ❑ Thiết bị có tích hợp công tắc báo động nhằm tạo điều kiện dễ dàng cho người sử dụng khi cần liên kết với các ứng dụng khác.

Các thiết bị lọc sét phải thỏa các yêu cầu kỹ thuật sau:

- ❑ Dòng xung sét tần định mức phải lớn hơn dòng xung sét cực đại tại nơi đặt thiết bị chống sét. Điều kiện này nhằm đảm bảo tuổi thọ và khả năng bảo vệ của thiết bị chống sét. Tại Việt Nam, dòng xung sét cực đại ghi nhận được cho đến nay là 90kA. Do thiết bị lọc sét thường được sử dụng như thiết bị bảo vệ thứ cấp, chính vì thế Qui Phạm Chống Sét Cho Các Công Trình Viễn Thông TCN -174:1998 của Tổng Cục Bưu Điện, điều 10, mục 2.f có qui định về khả năng thoát dòng xung sét dạng sóng 8/20 μ s của thiết bị lọc sét là 12 xung lặp lại biên độ không nhỏ hơn 5kA.

- Có khả năng cắt nhiều xung lặp lại biên độ nhỏ ($< 20\text{kA}$), điều kiện này là do trong thực tế xung sét biên độ lớn (trên 100kA) có xác suất xảy ra rất thấp (1%), còn xung lặp lại có biên độ nhỏ rất thường xảy ra (xác suất xuất hiện xảy ra trên 85%).
- Điện áp vận hành định mức phải thỏa yêu cầu nêu trong TCN:68-174:1998, điều 10, mục 2.b. Cụ thể là 275-277 Vrms/AC giữa dây pha và dây trung tính và 475-480 Vrms/AC giữa dây pha và dây pha.
- Dòng định mức của thiết bị lọc sét phải lớn hơn dòng tải cực đại.
- Cấu tạo thiết bị lọc sét phải có tụ điện và điện cảm với tần số cắt từ 300Hz đến 3400Hz, thường là 800Hz. Ngoài ra cuộn lọc sét phải là cuộn lọc có lõi không khí (không bị bão hòa khi có xung sét đi qua), điều này cho phép khả năng cản dòng sét của cuộn lọc không bị suy giảm ngay cả đối với các xung sét biên độ lớn (TCN68-174:1998, điều 10, mục 2.e).
- Điện áp thông qua thấp. Điều kiện này nhằm mục đích giới hạn quá áp ngang qua thiết bị cần bảo vệ khi xuất hiện xung sét và do đó đảm bảo an toàn cho thiết bị.
- Phần cắt sét sơ cấp có tốc độ đáp ứng nhanh (hàng ns).
- Khả năng chịu quá áp cao, theo các yêu cầu của UL 1449-02/1998, là 480Vrms.
- Bảo vệ đa chế độ, tốt nhất là L-N và N-E (Điều 10, mục 2.a của tiêu chuẩn TCN 68-174:1998).
- Hoạt động liên tục và tin cậy, nghĩa là không được cô lập các phần tử của thiết bị chống sét ra khỏi mạch bảo vệ trong bất kỳ tình huống nào.
- Có hệ thống đèn báo phần trăm khả năng cắt sét còn lại của thiết bị (thiết bị sử dụng công nghệ MOV và TDS). Điều này rất quan trọng vì hiện nay thiết bị chống sét lan truyền trên đường nguồn thường sử dụng các phần tử MOV mà tuổi thọ và khả năng cắt sét của nó lại phụ thuộc vào số lần tản sét và biên độ xung sét tác động. Nếu thiết bị chống sét chỉ có 01 đèn báo tình trạng làm việc thì sẽ không thể biết khả năng tản sét còn lại để dự trù thay thế.
- Có khả năng phân biệt quá áp do sét và các nguyên do khác. Điều này cho phép đơn giản trong lắp đặt và vận hành như: không phải tách thiết bị chống sét ra khỏi mạng khi sử dụng máy phát điện, thiết bị chống sét làm việc hiệu quả và tin cậy ngay trong mạng điện có điện áp không ổn định (thường là mạng phân phối điện của các nước trong khu vực Đông Nam Á), nâng cao tuổi thọ của thiết bị chống sét, ...
- Thiết bị có tích hợp công tắc báo động nhằm tạo điều kiện dễ dàng cho người sử dụng khi cần liên kết với các ứng dụng khác.
- Thiết bị lọc sét có dạng tích hợp, tức là phần tử cắt sét và lọc sét có chung một vỏ. Điều này cho phép giảm thiểu kích thước thiết bị và không gian lắp đặt.

d. Điều kiện lựa chọn thiết bị cắt sét và lọc sét

Thiết bị cắt sét được chọn theo các điều kiện sau:

1. Dòng xung sét cực đại với dạng sóng sét chuẩn 8/20 μs

$$I_{sdmc} > I_{smax}$$

Với: I_{sdmc} là biên độ xung sét cực đại mà thiết bị cắt sét có thể chịu đựng được (kA);

I_{smax} là biên độ xung sét cực đại ghi nhận được tại nơi đặt thiết bị cắt sét (kA).

Tại Việt Nam $I_{smax} = 90kA$ (Báo Cáo Hội Nghị Chống Sét Quốc Tế tại Hà Nội 04/97).

2. Điện áp làm việc cực đại

$$U_{đmc} > U_{lvmax}$$

Với: $U_{đmc}$ là điện áp vận hành định mức của thiết bị cắt sét (V); U_{lvmax} là điện áp làm việc cực đại (V).

3. Số pha cần bảo vệ: 1 pha hay 3 pha
4. Cấu hình bảo vệ: pha – trung tính, pha – đất hay trung tính – đất
5. Khả năng cắt nhiều xung
6. Khả năng hiển thị tình trạng làm việc của thiết bị
7. Công tắc báo động
8. Công nghệ chế tạo: MOV hay TDS

Thiết bị lọc sét được chọn theo các điều kiện sau:

1. Dòng xung sét cực đại với dạng sóng sét chuẩn 8/20 μ s

$$I_{sđmc} > I_{smax}$$

Với: $I_{sđmc}$ là biên độ xung sét cực đại mà thiết bị cắt sét có thể chịu đựng được (kA); I_{smax} là biên độ xung sét cực đại ghi nhận được tại nơi đặt thiết bị cắt sét (kA).

Tại Việt Nam $I_{smax} = 90kA$ (Báo Cáo Hội Nghị Chống Sét Quốc Tế tại Hà Nội 04/97).

2. Điện áp làm việc cực đại

$$U_{đmc} > U_{lvmax}$$

Với: $U_{đmc}$ là điện áp vận hành định mức của thiết bị cắt sét (V); U_{lvmax} là điện áp làm việc cực đại (V).

3. Dòng điện làm việc cực đại

$$I_{đml} > I_{lvmax}$$

Với: $I_{đml}$ là dòng điện vận hành định mức của thiết bị lọc sét (A); I_{lvmax} là dòng điện tải cực đại (A).

4. Số pha cần bảo vệ: 1 pha hay 3 pha
5. Cấu hình bảo vệ: pha – trung tính, pha – đất hay trung tính – đất
6. Khả năng cắt nhiều xung
7. Khả năng hiển thị tình trạng làm việc của thiết bị
8. Công tắc báo động
9. Công nghệ chế tạo MOV hay TDS.

8.10. Kỹ thuật chống sét lan truyền trên đường tín hiệu

1. Công nghệ

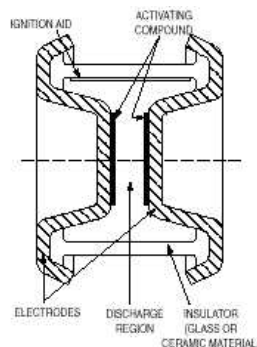
a. Ống phóng khí (GDT)

Ống phóng khí là một cải tiến rất tinh vi của khe hở phóng điện, thích hợp cho bảo vệ mạng viễn thông. Loại thường sử dụng cho mạng viễn thông có đường kính 3/8 inch và dày 1/4 inch. Mặt cắt ngang trình bày ở Hình 8.29. Nó gồm có một vỏ thủy tinh hoặc sứ bên ngoài và bên trong chứa đầy khí trơ áp suất thấp với hai điện cực ở hai bên. Hầu hết ống phóng khí đều có chứa chất phát xạ để ổn định điện áp phóng điện. Mặt khác, sự phóng điện rất nhạy cảm với ánh sáng môi trường xung quanh.

Do có kích thước nhỏ và khe hở khá rộng nên điện dung rất thấp (vài pF). Khi không hoạt hóa thì trạng thái tổng trở ngắt hoặc điện trở cách điện rất lớn.

Các thông số kỹ thuật chính bao gồm: điện áp phóng điện (một chiều và xung), điện áp dư cực đại, điện áp hồ quang và dòng xung cực đại.

Điện áp phóng điện biến thiên chậm khoảng 5000V/s. Giá trị điện áp một chiều trong phạm vi từ 75 đến 300V để cung cấp các yêu cầu bảo vệ cho hầu hết các hệ thống viễn thông. Giá trị xung áp cực đại là mức mà thiết bị sẽ đánh lửa và trở nên dẫn điện khi áp vào nó điện áp có độ biến thiên tăng lên nhanh chóng (khoảng 100 V/ μ s). Giá trị xung áp cực đại từ 400 đến 600V phụ thuộc vào loại thiết bị.



Hình 8.29. Mặt cắt ngang của ống phóng khí

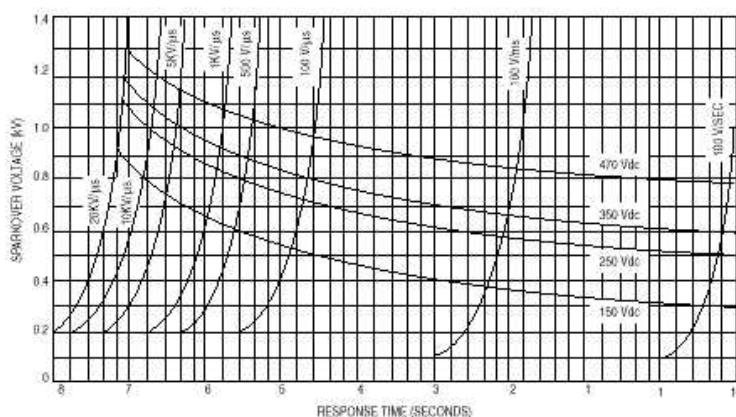
Ống phóng khí đánh lửa rất nhanh nhưng điện áp đánh lửa tăng lên theo độ dốc của đầu sóng trình bày như Hình 8.30. Đường gần như thẳng đứng đặc trưng cho thời gian tăng đột biến của xung. Thời gian đáp ứng lớn hơn 0.1s khi thời gian tăng chậm và giảm xuống dưới 0.1 μ s với tốc độ tăng áp 20kV/ μ s. Tuy nhiên, điện áp đánh lửa tăng hơn 1000V đối với ống phóng khí loại 250V (dc).

Điện áp phóng điện duy trì phải thấp hơn điện áp dư để dập tắt hồ quang sau khi quá áp xảy ra. Điện áp dư vào khoảng 60% đến 70% điện áp phóng điện.

Điện áp hồ quang là điện áp ngang qua thiết bị khi dẫn điện. Điện áp này thường vào khoảng 3V đến 10V, nhưng sẽ vượt quá 30V với xung dòng cực đại.

Xung dòng cực đại đối với sóng 8/20 μ s từ 10kA đến 20kA sử dụng cho thiết bị viễn thông. Đối với xung lặp lại sóng 10/1000 μ s thì giá trị dòng khoảng 100A, phù hợp với mức độ lộ thiên trong mạng thuê bao điện thoại.

Ống phóng khí thường có tuổi thọ cao với điều kiện vận hành bình thường, tuy nhiên, cũng có hư hỏng xảy ra. Các hư hỏng thường do dòng rò và điện áp đánh lửa gây ra. Thử nghiệm cho thấy các ống phóng khí sử dụng từ 6 đến 8 năm có 15% đánh lửa ngoài qui định điện áp. Do điện áp đánh lửa tăng lên trong quá trình sử dụng nên thiết bị bảo vệ thường sử dụng kết hợp một khe hở phóng điện dự phòng mắc song song với ống phóng khí. Tuổi thọ sử dụng thường do nhà sản xuất qui định khi gia tăng thêm 50% điện áp phóng điện và điện áp đánh lửa. Các giới hạn khác như việc giảm điện trở rò rỉ nhỏ hơn 1mW.



Hình 8.30. Thời gian đáp ứng của ống phóng khí

Ống phóng khí có các ưu điểm sau:

- ❑ Khả năng chịu dòng cao
- ❑ Điện dung thấp
- ❑ Trạng thái tổng trở ngắt cao

Ống phóng khí có các khuyết điểm sau:

- ❑ Thời gian đáp ứng thấp
- ❑ Tuổi thọ có giới hạn
- ❑ Điện áp thông qua cao
- ❑ Hư hỏng ở trạng thái hở mạch.

Phần lớn do điện áp phóng điện cao nên ống phóng khí không được khuyến dùng làm thiết bị nền để bảo vệ cho các modem nối với đường dây dữ liệu hay thông tin.

b. MOV (Metal Oxide Varistor)

MOV được tổng hợp bởi các hạt oxyde kẽm nằm trong các ma trận bismuth và các oxyde kim loại khác. Mặt giao tiếp giữa oxyde kẽm và ma trận vật liệu có đặc tính tương tự như một tiếp giáp p-n, có điện áp đánh thủng vào khoảng 2.6V. Với cấu trúc này, về mặt điện MOV là một nhóm các diode mắc song song, trong một nhóm lại bao gồm các diode mắc nối tiếp, nhằm đạt được các thông số về điện theo yêu cầu. Bề dày MOV càng cao thì điện áp đánh thủng và điện áp vận hành càng lớn. Tiết diện mặt cắt ngang của MOV càng lớn thì khả năng chịu dòng càng cao. Cấu tạo của MOV được trình bày trong Hình 8.31.

MOV được cấu tạo từ các vật liệu giống như gốm, thường được chế tạo dưới dạng đĩa với đường kính phổ biến là 7mm, 14mm và 20mm. Bề mặt của các đĩa này được phủ một lớp kim loại dẫn điện cao như bạc để tạo ra một chất dẫn điện đồng nhất xuyên qua mặt cắt ngang của thiết bị. Sau đó, các bộ phận gắn vào được phủ một lớp nhựa bền.

Dãy điện áp điển hình của MOV từ 8V đến 1000V cho các thiết bị riêng lẻ. Khả năng dòng xung (8/20 μ s) từ vài Ampe đến vài ngàn Ampe tùy thuộc vào kích cỡ của thiết bị.

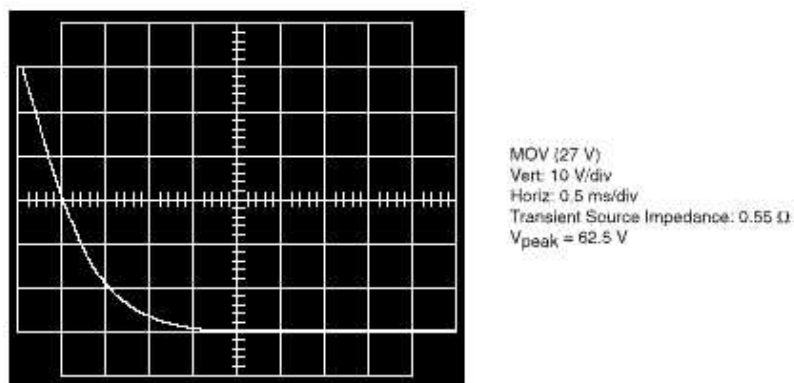


Hình 8.31. Mặt cắt ngang của MOV

Thông số điện đặc trưng của MOV bao gồm điện áp vận hành, điện áp đánh thủng, điện áp kẹp với dòng xung đỉnh lớn nhất và dòng rò. Điện áp vận hành cực đại được chọn thấp hơn điện áp đánh thủng sao cho ở điều kiện vận hành bình thường nó sinh ra một lượng nhiệt không đáng kể. Điện áp đánh thủng là một điểm quá độ mà tại đó nếu điện áp tăng lên một lượng nhỏ thì dòng điện tăng lên một lượng đáng kể làm cho hiện tượng kẹp xảy ra. Giới hạn cực đại của điện áp đánh thủng điển hình tại 1mA lớn hơn từ 20% đến 40% điện áp đánh thủng nhỏ nhất.

Dòng xung đỉnh cực đại là hàm phụ thuộc vào điện tích của thiết bị và nó nằm trong dãy từ vài chục đến vài chục ngàn ampe. MOV có dạng sóng xung tiêu biểu là 8/20 μ s, do đó được dùng ở phần sơ cấp ngang qua đường cấp nguồn.

Các đặc tính kẹp của MOV có điện áp xoay chiều 27VAC với năng lượng tản xung cực đại trình bày ở Hình 8.32. Năng lượng quá độ chuyển hóa từ xung có biên độ đỉnh 90V và giảm theo hàm mũ. Tổng trở nguồn máy phát xung là 0.55 Ω . Điện áp kẹp đỉnh là 62.5V trong khi dòng khai triển là 50A. Hệ số kẹp được xác định là 2.3.



Hình 8.32. Dạng sóng điện áp kẹp của MOV

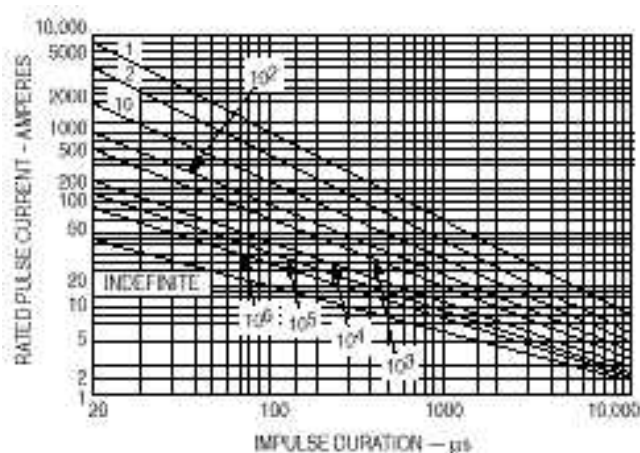
Dòng rò được liệt kê đối với MOV sử dụng trong ứng dụng bảo vệ các thiết bị nhạy cảm, còn đối với đường cấp nguồn thì không cần thiết. Chế độ dòng rò của MOV tương tự như của tiếp giáp p-n thông thường. Nó tăng gần gấp đôi khi nhiệt độ tăng lên 100°C và cũng tăng rất nhanh theo điện áp sử dụng. Tại điện áp bằng 80% điện áp đánh thủng và ở 500°C thì dòng rò khoảng vài μ A.

Mặc dù lý thuyết về vận hành của MOV phát triển chưa hoàn hảo, nhưng do nó có chế độ vận hành tương tự như diode làm việc với điện áp ngược hai chiều nên thời gian đáp ứng của nó rất nhanh.

Dưới một điều kiện xung, tuổi thọ của MOV là đặc tính hết sức quan trọng. Ví dụ điển hình như Hình 8.33. Các dữ liệu này tương ứng của đĩa có đường kính 20mm và có điện áp danh định từ 130V đến 320V. Các đặc tính tuổi thọ thường được cho ứng với mỗi loại họ thiết bị.

Với dạng xung đơn 8/20 μ s, thiết bị được mô tả ở hình 3.8 có giá trị tản dòng là 6500A. Mặc dù vậy, cần phải khai báo ít nhất là hai giá trị dòng xung cho trường hợp nhiều xung lặp lại. Đặc tuyến suy hao ứng với các xung có thời hằng dài cũng cần được kê khai. Ví dụ với xung đơn 10/1000 μ s thì họ thiết bị này có giá trị xung lớn nhất khoảng 100A và khi MOV hoạt động dưới 10A thì tuổi thọ của thiết bị là 10.000 xung.

Sự hư hỏng của MOV được xác định khi điện áp đánh thủng giảm dưới mức $\pm 10\%$. Khi MOV đang chịu dòng xung thì chúng giảm đi một lượng hạt nơi tiếp giáp làm cho chúng nóng quá mức và chuyển sang trạng thái dẫn điện cao. Hư hỏng xảy ra trong các ứng dụng trên đường cấp nguồn khi điện áp đánh thủng giảm xuống dưới điểm mà MOV kẹp các dòng xung đỉnh của đường nguồn. Trong ứng dụng truyền tín hiệu, điện áp đánh thủng phải nằm trên các dòng xung đỉnh của dòng xoay chiều trong suốt một chu kỳ hay năng lượng đi qua, nếu không thì sự hư hỏng ngay tức thì sẽ xảy ra.



Hình 8.33. Tuổi thọ của MOV

Ưu điểm của MOV trong việc sử dụng để bảo vệ các thiết bị vi xử lý là: khả năng chịu dòng cao, dây điện áp và dòng điện hoạt động rộng, thời gian đáp ứng nhanh và hư hỏng ở trạng thái ngắn mạch. Nhưng MOV cũng có nhược điểm là: điện áp đánh thủng giảm từ từ và dung kháng cao.

c. Diode Zener (Zener TVS – Transient Voltage Suppression)

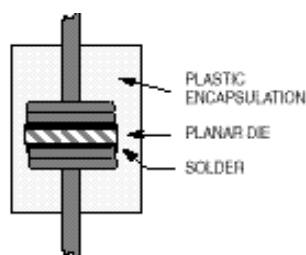
Diode Zener có cấu tạo từ tiếp giáp silicon p-n, được thiết kế có diện tích lớn để vận hành ở điện áp ngược và xử lý một dòng điện cao hơn họ với nó (diode điều chỉnh điện áp Zener).

Một vài nhà chế tạo sử dụng diện tích bán dẫn mesa nhỏ với bộ tản nhiệt bằng kim loại để tản dòng xung đỉnh lớn nhất. Tuy nhiên, nếu sử dụng một khuôn bán dẫn planar die có diện tích lớn sẽ tạo ra dòng rò và hệ số kẹp nhỏ. Tiết diện cắt ngang của bán dẫn planar die trình bày ở Hình 8.34 và một vài khuôn mẫu như Hình 8.35.

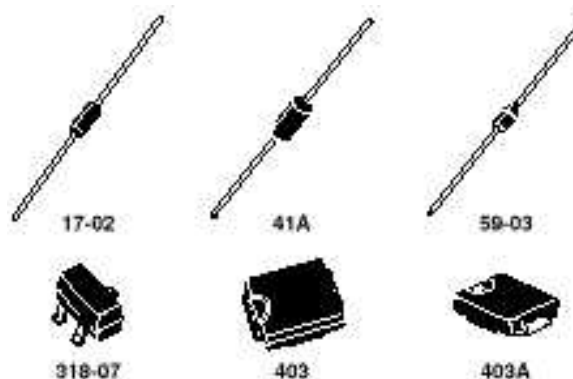
Các thông số kỹ thuật về điện bao gồm: điện áp vận hành cực đại, điện áp đánh thủng ngược cực đại, dòng xung đỉnh, điện áp kẹp đỉnh, năng lượng xung đỉnh và dòng rò.

Điện áp vận hành hay điện áp làm việc bình thường được gọi là điện áp ngược lan ra trong mỗi tầng đặc trưng (Reverse standoff voltage). Các thiết bị thường có giá trị điện áp từ 5V đến 250V. Điện áp ngược lan ra xác định điện áp xung đỉnh xoay chiều hay một chiều mà diode có thể chịu được. Điện áp ngược lan ra được đặc trưng dưới 10% đến 15% điện áp đánh thủng ngược nhỏ nhất.

Điện áp đánh thủng ngược là đặc trưng tại mức phân cực mà ở đó thiết bị bắt đầu dẫn ở chế độ hiệu ứng thác. Dòng điện thử điển hình là 1mA cho các diode có điện áp đánh thủng 10V và 10mA cho các diode có điện áp đánh thủng thấp hơn.



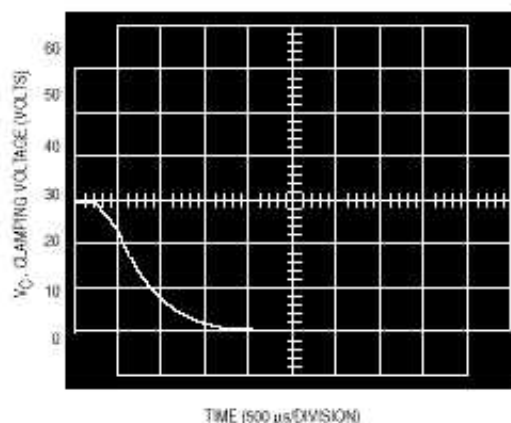
Hình 8.34. Mặt cắt ngang của Diode Zener



Hình 8.35. Các dạng khuôn mẫu TVS

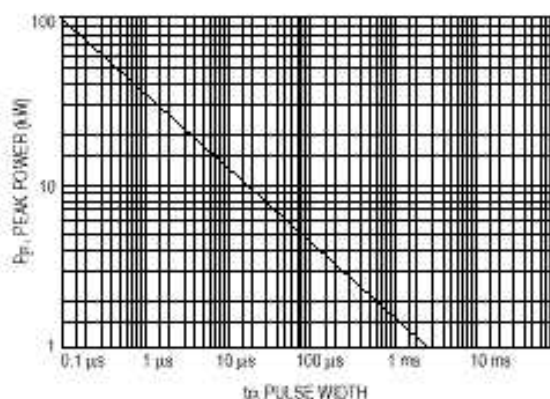
Dòng xung đỉnh là giới hạn trên cao nhất mà ở đó thiết bị được hi vọng là sẽ có tuổi thọ cao. Tiếp giáp p-n silicon chịu được năng lượng thay đổi khi làm việc ở dạng sóng quá độ qui định, vì dòng điện là hàm phụ thuộc vào điện áp kẹp. Ví dụ, thiết bị 6.8V chịu được khoảng 28 lần dòng xung so với dòng xung mà thiết bị 220V chịu được. Dưới điều kiện dạng sóng xung như nhau thì cả hai điện áp 6.8V và 220V đều tiêu tán năng lượng xung như nhau. Hầu hết các Diode Zener TVS đều có loại dạng sóng 10/1000 μ s nên chúng được dùng trong công nghệ thông tin.

Dạng sóng điện áp kẹp của Diode Zener TVS 27V có khả năng tản năng lượng 1.5J trình bày ở Hình 8.36. Điện áp đỉnh của nó là 30.2V. Nguồn năng lượng quá độ áp vào tương tự đối với MOV. Tuy vậy, dòng điện đi qua Diode Zener vượt quá 100A, cao hơn rất nhiều so với MOV bởi vì điện áp kẹp của nó thấp hơn. Mặc dù dòng xung cao nhưng Diode Zener có hoạt động kẹp tốt hơn với hệ số kẹp là 1,1.



Hình 8.36. Dạng sóng điện áp kẹp của Zener TVS

Năng lượng xung đỉnh là năng lượng tiêu tán tức thời ở điều kiện xung đánh giá. Thường giá trị năng lượng xung đỉnh là 500W, 600W và 1500W cho dạng sóng 10/1000 μ s. Khi độ rộng xung



Hình 8.37. Đường miêu tả năng lượng xung đỉnh của họ Zener TVS

giảm thì dung lượng năng lượng đỉnh tăng theo quan hệ logarit. Ví dụ, đường miêu tả năng lượng xung đỉnh đối với độ rộng xung như Hình 8.37. Đồ thị này ứng với họ 1.5kW nối tiếp (dạng xung 10/1000 μ s) của Diode Zener và có thể được thêm vào để xác định giá trị năng lượng trên dây độ rộng xung. Tại độ rộng 50 μ s, giá trị năng lượng xung lớn nhất được chỉ ra ở hình 5.16 là 6kW, gấp 4 lần ở độ rộng 1ms và khả năng chịu dòng điện cũng tăng gần 4 lần.

Để tăng khả năng tản năng lượng, các thiết bị được xếp nối tiếp với nhau. Ví dụ, cần tăng gấp đôi khả năng tản năng lượng của Diode Zener ở điện áp 100V, 1.5kW thì rất dễ làm bằng cách mắc 2 Diode Zener 50V nối tiếp với nhau. Đối với việc nối này ảnh hưởng của hệ số là kếp không đáng kể.

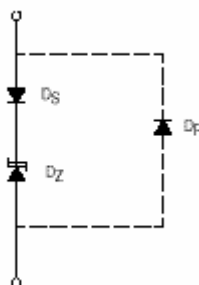
Mặc dù các giới hạn dòng rò là tương đối cao đối với các cấp hạ áp công nghiệp (500 μ A đến 1000 μ A) và giảm xuống đến 5 μ A hoặc thấp hơn với điện áp cao hơn 10V, khi sử dụng khuôn bán dẫn planar thì dòng rò sẽ giảm thấp hơn giới hạn đặc trưng trong các loại điện áp công nghiệp.

Dung kháng của họ diode phổ biến 1500W, thường vượt quá 10.000pF tại điểm phân cực 0 cho phần điện áp 6.8V và sẽ giảm theo hàm mũ xuống thấp hơn 100pF cho thiết bị điện áp 220V. Dung kháng giảm tuyến tính theo sự tăng của điện áp phân cực. Dung kháng của thiết bị có điện áp là 6.8V là 7000pF thì ở điện áp 220V chỉ còn dưới 60pF.

Dung kháng có ảnh hưởng trên đường tín hiệu tại tần số cao. Ở mạch điện truyền dữ liệu tốc độ cao, dung kháng sẽ thấp nếu ghép nối tiếp hai diode như hình 5.18. Dưới điều kiện vận hành bình thường, diode trên (D_s) sẽ làm việc tại dòng phân cực 0. Vì yêu cầu năng lượng tiêu tán của diode nhỏ nên diện tích của nó cho phép nhỏ hơn nhiều với TVS diode (D_z) với mục đích cung cấp điện dung thấp. Diode phía trên thường không được dùng để làm việc ở chế độ thác. Do đó, nếu có một điện áp âm vượt quá điện áp ngược của khối hai diode này xảy ra thì diode có năng lượng thấp phải được bảo vệ bằng một diode khác (D_p) được kết nối chấm chấm như hình 5.17. Sự sắp xếp trong Hình 8.38 tương thích cho trường hợp mà tại đó tín hiệu trên đường dẫn luôn luôn dương. Khi truyền tín hiệu xoay chiều thì diode D_p phải được thay thế bằng khối có dung kháng thấp khác, được kết nối ngược song song.

Tốc độ ngắt dẫn là thuộc tính thứ nhất của Diode Zener TVS. Hiệu ứng thác xảy ra trong vài pico giây nhưng các thử nghiệm phù hợp với lý thuyết gần như rất khó. Trong thực tế thiết bị sẽ có thời gian đáp ứng gần như ngay lập tức.

Diode tiếp giáp p-n là diode đơn hướng. Để sử dụng trên đường tín hiệu xoay chiều phải có một thiết bị đa hướng bằng cách nối hai thiết bị đơn hướng đối xứng với nhau. Hầu hết các nhà sản xuất dùng khối pnp hay npn. Vùng trung tâm được làm tương đối rộng có thể so sánh với cực B của transistor nhằm tối thiểu hóa hoạt động transistor là nguyên nhân gây ra sự tăng dòng rò.



Hình 8.38. Sơ đồ ghép nối tiếp 2 zener diode

Cơ chế không già hóa là tính chất đặc trưng của Diode Zener. Chúng thường ở một trong hai trạng thái: tốt hoặc ngắn mạch lúc quá tải. Tuổi thọ lâu dài đã nghiên cứu chỉ ra bằng chứng không có sự suy giảm tuổi thọ phụ thuộc vào các thông số tại điểm trước khi hư hỏng. Kết quả hư hỏng do quá áp là nguyên nhân do bộ tản nhiệt bằng kim loại của chip silicon không hoạt động khi quá nhiệt nên dẫn đến hư hỏng. Giống như MOV, chip silicon nhanh chóng hư hỏng trong trạng thái ngắn mạch lâu dài hay độ rộng xung lớn vượt quá khả năng của chúng.

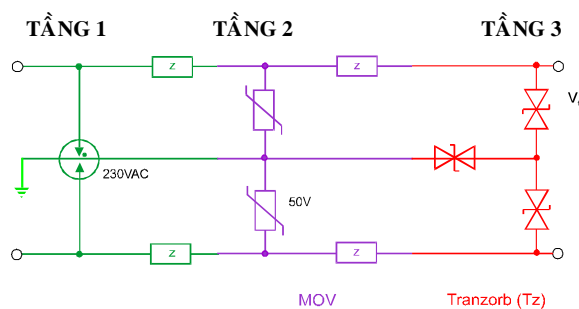
Ưu điểm của Diode Zener là: khả năng chịu xung lặp lại cao, hệ số kẹt thấp, thời gian tác động hàng ns, không già hóa, dây điện áp rộng, hư hỏng ở trạng thái ngắn mạch.

Nhược điểm của Diode Zener là: dòng xung không lặp lại thấp, dung kháng cao với điện áp thấp.

Do tốc độ đáp ứng nhanh và hệ số kẹt thấp nên diode zener được dùng để bảo vệ các thiết bị vi xử lý, trên các thanh góp dc và các cổng nhập/xuất.

d. Công nghệ hỗn hợp

Các phần tử bảo vệ chống sét lan truyền trên đường tín hiệu có các ưu, nhược điểm khác nhau, đặc biệt là về thời gian tác động và khả năng tản sét. Thí dụ, ống phóng khí có khả năng tản sét cao (đến 20kA/20μs) nhưng thời gian tác động chậm (hàng trăm ns); ngược lại diode zener có thời gian tác động nhanh (hàng ps) nhưng khả năng tản sét tương đối thấp (đến 5kA/20μs). Chính vì vậy, để thiết bị chống sét lan truyền trên đường truyền tín hiệu đạt hiệu quả cao, cần phải kết hợp các phần tử bảo vệ khác nhau trong một mạch bảo vệ. Hình 5.19 trình bày cấu tạo thiết bị chống sét trên đường truyền tín hiệu trong đó sử dụng công nghệ hỗn hợp ống phóng khí, MOV và Diode Zener.



Hình 8.39. Sơ đồ cấu tạo thiết bị chống sét lan truyền trên đường tín hiệu

2. Các yêu cầu kỹ thuật đối với thiết bị chống sét trên đường tín hiệu

Theo Quy Phạm Chống Sét Cho Các Công Trình Viễn Thông TCN -174: 1998 của Tổng Cục Bưu Điện, điều 9, mục 1, các thiết bị chống sét trên đường cáp đồng trục phải thỏa các yêu cầu kỹ thuật sau:

- Thiết bị phải có khả năng chịu được dòng xung sét dạng sóng 8/20μs có biên độ không nhỏ hơn 5kA .
- Thời gian nhảy đáp ứng của thiết bị không được lớn hơn 5ns đối với sóng xung áp có độ dốc 2kV/ns.
- Tỷ số sóng đứng cho toàn bộ dải tần làm việc không lớn hơn 1,5:1
- Suy hao xen vào của thiết bị bảo vệ phải nhỏ hơn 0.5dB trong dải tần làm việc.
- Dải nhiệt độ làm việc của thiết bị rộng, thích nghi với điểm lắp đặt
- Điện dung của thiết bị chống sét không được lớn hơn 3pF
- Thiết bị có trở kháng và loại đầu nối thích hợp
- Thiết bị phải chịu được ít nhất là 400 lần đối với sóng dạng 10/1000μs có biên độ 500A.

3. Các loại thiết bị chống sét trên đường tín hiệu

Do có nhiều loại đường truyền với đặc tính về chuẩn đường truyền, tốc độ truyền, điện áp và dòng làm việc nên thiết bị chống sét lan truyền trên đường tín hiệu thường là loại đặc chế và được chia làm nhiều chủng loại như sau:

- Thiết bị chống sét trên đường truyền đồng trục với các dải tần MF, HF, VHF và UHF
- Thiết bị chống sét trên đường dây thoại
- Thiết bị chống sét trên đường truyền dữ liệu tốc độ cao
- Thiết bị chống sét trên đường truyền E1
- Thiết bị chống sét trên đường truyền dữ liệu
- Thiết bị chống sét bảo vệ cảm biến tải trọng
- Thiết bị chống sét trên đường truyền tín hiệu công nghiệp theo các chuẩn RS232, RS422 và RS485
- Thiết bị chống sét trên đường truyền tín hiệu Video trong các ứng dụng SATV, CATV và CCTV
- Thiết bị chống sét bảo vệ máy tính và thiết bị ngoại vi theo các chuẩn RS232, RS422 và RS485
- Thiết bị chống sét bảo vệ mạng nội bộ LAN theo các chuẩn 10Base-T, 10Base-T, 10Base-2, 10Base-5, AUI và Token Ring.
- Thiết bị chống sét bảo vệ mạng diện rộng WAN theo các chuẩn Dial-Up, Leased Line, ISDN, DDS, T1/E1 và V.35.

4. Điều kiện chọn thiết bị chống sét trên đường tín hiệu

Thiết bị cắt sét được chọn theo các điều kiện sau:

1. Dòng xung sét cực đại với dạng sóng sét chuẩn 8/20μs

$$I_{sdmc} > I_{smax}$$

Với: I_{sdmc} là biên độ xung sét cực đại mà thiết bị chống sét có thể chịu đựng được (kA); I_{smax} là biên độ xung sét cực đại ghi nhận được tại nơi đặt thiết bị chống sét (kA).

2. Điện áp làm việc cực đại

$$U_{đmc} > U_{lvmax}$$

Với: $U_{đmc}$ là điện áp vận hành định mức của thiết bị chống sét (V); U_{lvmax} là điện áp làm việc cực đại (V).

3. Tốc độ truyền tín hiệu:

$$f_{max} > f_{đm}$$

Với: $f_{đm}$ là tốc độ truyền định mức của mạng (MHz hay Mb/s); f_{max} là tốc độ truyền tín hiệu cực đại của thiết bị chống sét (MHz hay Mb/s).

4. Điện áp kẹp phụ thuộc đường truyền cần bảo vệ (LAN: <10V; RS232: <15V;

RS422/485: < 9V; V.35: <20V; Dial Up: < 315V; Leased Line: < 65V;

ISDN, DDS: < 65V; T1/E1/PRI: < 65V; Token Ring: <18V; ...

5. Tốc độ đáp ứng: < 5ns

6. Suy hao xen vào: < 0.5dB

7. Đầu nối phù hợp: Coax BNC, Coax F type, Coax N-type, RJ11, RJ45, DB9, DB15, DB25, M35, Krone, Terminal Strip, Twinax