

CHƯƠNG 1

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, điện năng đã được sử dụng phổ biến trong nhiều lĩnh vực (công nghiệp, sản xuất, sinh hoạt dân dụng ...) và ở khắp mọi nơi (từ thành thị cho tới nông thôn và các vùng xa, vùng sâu). Số người làm công việc liên quan với điện ngày càng nhiều, do đó vấn đề an toàn điện cần phải được quan tâm trong công tác bảo hộ lao động.

Khác với các mối nguy hiểm khác, trước khi xảy ra có thể thấy các triệu chứng hoặc phát hiện trước bằng giác quan, chẳng hạn như thanh kim loại nóng đỏ, bộ phận máy quay xộc xệch, tiếng gậy vỡ, mùi khí độc ..., mối nguy hiểm điện chỉ có thể biết được khi tiếp xúc với các phần tử mang điện, nhưng như vậy là đã có thể bị tai nạn hoặc chết người. Vì thế thiếu hiểu biết về an toàn điện đều có thể bị tai nạn điện, do vậy phải hiểu một số khái niệm về an toàn điện nhằm tránh được những nguy hiểm có thể xảy ra cho bản thân cũng như cho những người xung quanh.

1.2. TAI NẠN ĐIỆN

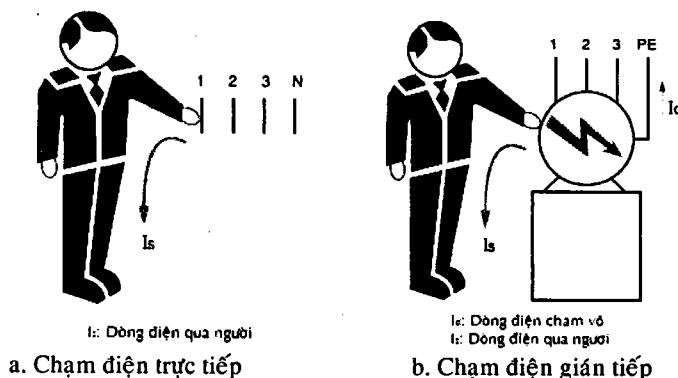
Tai nạn điện có thể gặp ở ba dạng: điện giật, đốt cháy điện do hồ quang, nổ và hỏa hoạn.

1. Điện giật

Do chạm trực tiếp hoặc chạm gián tiếp vào phần tử mang điện:

- Chạm trực tiếp xảy ra khi người tiếp xúc với các vật có mang điện trong tình trạng làm việc bình thường, với các vật đã được cắt ra khỏi nguồn điện nhưng vẫn còn tích điện (mạch điện dung) hay vật này vẫn còn chịu điện áp cảm ứng do ảnh hưởng của điện từ hay cảm ứng tĩnh điện do các trang thiết bị điện ở gần (Hình 1.1.a). Tiêu chuẩn IEC61140 thay đổi thuật ngữ “bảo vệ chống chạm điện trực tiếp” bằng thuật ngữ “bảo vệ cơ bản”.
- Chạm gián tiếp xảy ra khi người tiếp xúc với phần bên ngoài của các vật mang điện mà lúc bình thường không có điện nhưng trở nên có điện do cách điện bị hư hỏng cách điện hay do các nguyên nhân khác (Hình 1.1.b). Dòng điện sự cố làm điện áp của phần bên ngoài của các vật mang điện tăng lên đến giá trị nguy hiểm cho người. Tiêu chuẩn IEC 61140 thay đổi thuật ngữ “bảo vệ chống chạm điện gián tiếp” bằng thuật ngữ “bảo vệ sự cố”.

Điện áp mà người phải chịu khi chạm điện gọi là điện áp tiếp xúc.



Hình 1.1. Các kiểu chạm điện

2. Đốt cháy điện

Đốt cháy điện có thể sinh ra do:

- Ngắn mạch kéo theo phát sinh hồ quang điện.
- Người đến gần vật mang điện áp cao tuy chưa chạm phải, nhưng điện áp cao sinh ra hồ quang điện mà dòng điện hồ quang chạy qua người khá lớn khiến nạn nhân có thể bị chấn thương hoặc chết do hồ quang đốt cháy da thịt. Tai nạn này ít xảy ra vì đối với điện áp cao luôn có biển báo và hàng rào an toàn bảo vệ.

3. Hỏa hoạn, nổ

Do điều kiện vận hành, dòng điện đi qua dây dẫn vượt quá giới hạn cho phép gây nên phát nóng, do hồ quang điện sinh ra khi tiếp xúc điện gây nên hỏa hoạn.

Do hợp chất ở gần các thiết bị điện có dòng điện quá lớn, nhiệt độ thiết bị điện vượt quá giới hạn cho phép sinh ra sự nổ.

Hoả hoạn, nổ xảy ra ở môi trường dễ cháy nổ (bụi bặm, hơi hóa chất, khí dễ cháy) khi có sự cố điện. Tai nạn này gây thiệt hại cả về con người lẫn cơ sở vật chất.

1.3. TÁC DỤNG CỦA DÒNG ĐIỆN ĐỐI VỚI CƠ THỂ CON NGƯỜI

1. Tác dụng kích thích

Dưới tác dụng của dòng điện, các cơ co bóp hỗn loạn dẫn đến tắt thở, tim ngừng đập. Chỉ với một dòng điện không lớn lắm, các cơ ngực đã bị co rút làm ngừng hô hấp. Nếu không được cứu chữa kịp thời do thiếu oxy, tim sẽ ngừng đập. Với một dòng điện lớn hơn các thớ cơ tim co bóp hỗn loạn, quá trình tuần hoàn bị ngừng lại và tim nhanh chóng ngừng đập.

Với hệ thần kinh trung ương, dòng điện gây nên triệu chứng xóc điện. Đối với xóc điện nạn nhân có thể phản ứng mạnh lúc đầu, nhưng sau đó các cảm giác dần dần bị tê liệt, nạn nhân chuyển dần sang trạng thái mê man rồi chết. Đây là tác dụng kích thích.

2. Tác dụng gây chấn thương

Cơ thể con người còn bị thương tích bên ngoài do sự đốt cháy bởi hồ quang điện. Nó tạo nên sự hủy diệt lớp da ngoài, đôi khi sâu hơn nữa có thể hủy diệt các cơ bắp, lớp mỡ, gân và xương. Nếu sự đốt cháy bởi hồ quang xảy ra trong một diện tích khá rộng trên người thì có thể dẫn đến tử vong. Đây là tác dụng gây chấn thương.

Thông thường đốt cháy do dòng điện gây nên nguy hiểm hơn sự đốt cháy do các nguyên nhân khác, vì sự đốt cháy do dòng điện gây nên đốt nóng toàn thân. Tai nạn càng trầm trọng hơn nếu giá trị của dòng điện càng lớn và thời gian duy trì dòng điện càng dài.

1.4 CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN TAI NẠN ĐIỆN GIẬT

Các yếu tố ảnh hưởng đến tai nạn điện giật bao gồm: tình trạng cơ thể và phản ứng của nạn nhân, đường đi và thời gian tồn tại của dòng điện qua các bộ phận của cơ thể người, biên độ dòng điện và tần số dòng điện, biên độ điện áp tiếp xúc,...

1. Đặc tuyến dòng điện-thời gian

Giá trị dòng điện qua người là một trong các yếu tố quyết định gây nguy hiểm cho người. Qua nghiên cứu và phân tích các tai nạn điện, thấy rằng đối với dòng điện xoay chiều, tần số 50-60Hz, giá trị an toàn cho người phải nhỏ hơn 10mA. Đối với dòng điện một chiều thì trị số này phải nhỏ hơn 50mA.

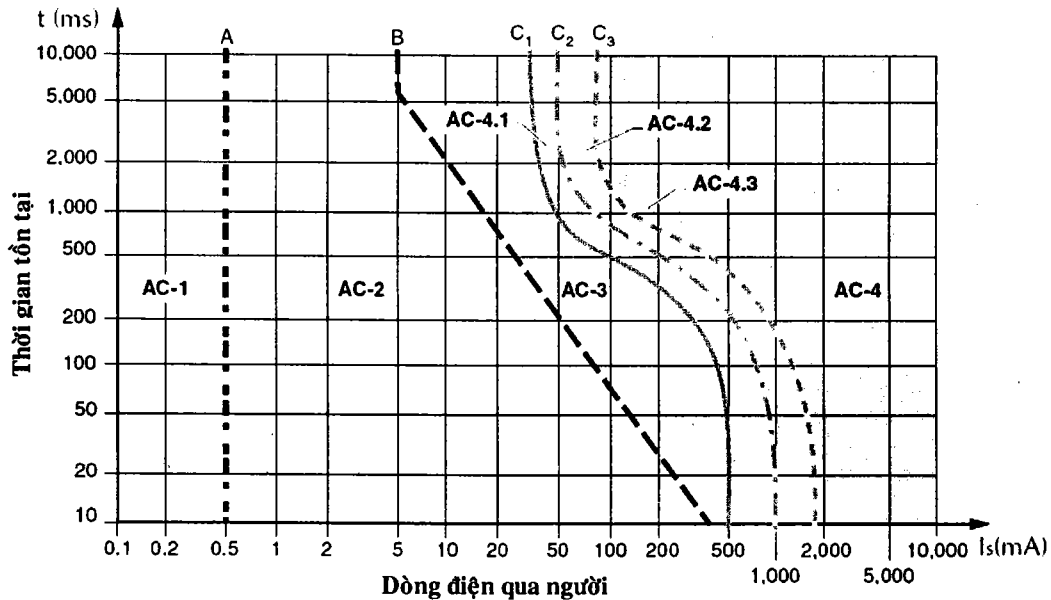
Thời gian điện giật có ảnh hưởng lớn đến tình trạng nguy hiểm của người khi bị điện giật và khác nhau đối với tình trạng sức khỏe của người.

Bảng 1.1 qui định giá trị dòng điện cực đại và thời gian tồn tại để tim không ngừng đập.

Bảng 1.1. Quan hệ I_{max} và t để tìm không ngừng đập

Dòng điện I_{max} (mA)	10	60	90	110	160	250
Thời gian điện giật t (s)	30	10	3	2	1	0,4

Tiêu chuẩn IEC60479-1 xây dựng đặc tuyến thời gian-dòng điện gây tác hại lên cơ thể người đối với dòng điện xoay chiều tần số từ 15Hz ÷ 100Hz (Hình 1.2).



Hình 1.2. Vùng tác động của thời gian và dòng điện lên cơ thể người

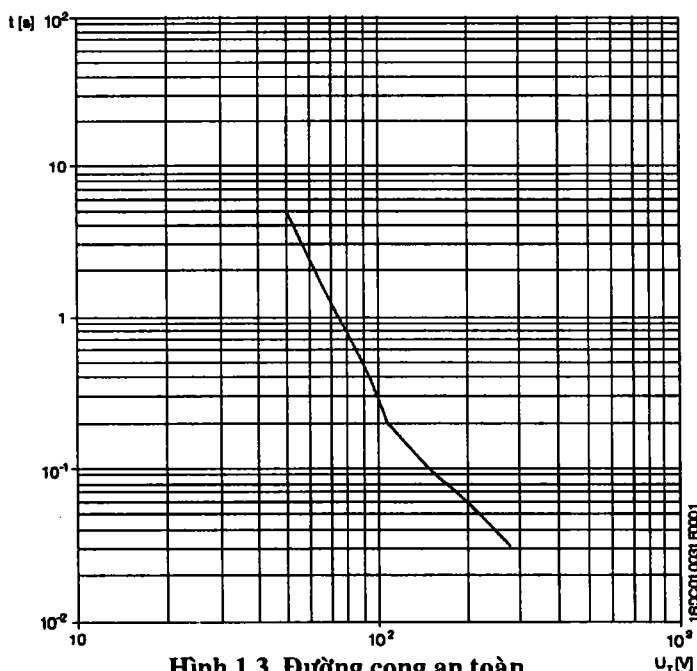
Bảng 1.2. Các hiệu ứng vật lý tương ứng với dòng điện và thời gian

Mã vùng	Giới hạn vùng	Các hiệu ứng vật lý
AC-1	Đến 0.5mA Đường A	Không phản ứng
AC-2	Từ 0.5mA Đến đường B	Không gây tác hại về sinh lý
AC-3	Đường B đến đường C ₁	Bấp thối co lại và gây khó thở khi thời gian tồn tại dòng quá 2s. Gây rối loạn nhịp tim hay tim ngừng đập tạm thời khi gia tăng cường độ và thời gian
AC-4	Trên đường C ₁	Cùng với sự gia tăng cường độ và thời gian, xuất hiện các hiệu ứng nguy hiểm về sinh lý như: tim ngừng đập, ngừng hô hấp và một vài hiện tượng đã xuất hiện ở vùng AC-3.
AC-4-1	Giữa đường C ₁ và C ₂	Xác suất nghẹt tâm thất đến 5%
AC-4-2	Giữa đường C ₂ và C ₃	Xác suất nghẹt tâm thất đến 50%
AC-4-3	Ngoài đường cong C ₃	Xác suất nghẹt tâm thất >50%

2. Đặc tuyến điện áp-thời gian

Tiêu chuẩn IEC 60479-1 xây dựng đường cong an toàn (Hình 1.3). Đây là quan hệ giữa điện áp tiếp xúc U_T (V) và thời gian dòng điện đi qua người t (s). Theo đường cong an toàn này, với

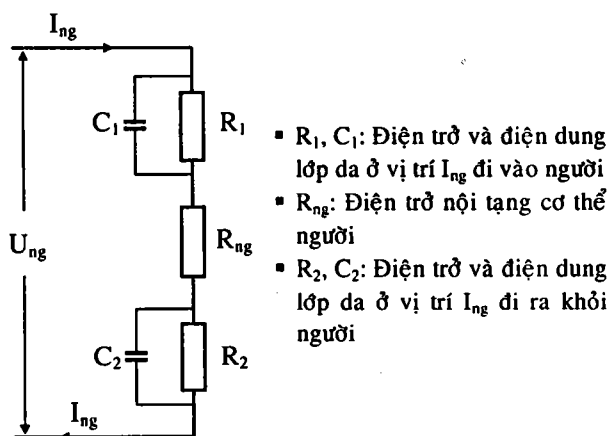
điện áp có giá trị $U_T < 50V$, thời gian cho phép dòng qua người là vô hạn. Ứng với điện áp $U_T = 50V$, thời gian cho phép dòng qua người là 5s. Trong thực tế do giá trị điện trở người thay đổi trong phạm vi rất rộng, vì vậy để an toàn cho người trong mọi trường hợp, điện áp tiếp xúc cần có giá trị $U_T < 25V$.



Hình 1.3. Đường cong an toàn

3. Điện trở của người

Khi người chạm vào hai cực của nguồn điện hay hai điểm của một mạch điện, cơ thể người trở thành một bộ phận của mạch điện. Điện trở của người là trị số điện trở đo được giữa hai điện cực đặt trên cơ thể người. Có thể chia điện trở người thành ba phần: điện trở lớp da ở chỗ hai điện cực đặt lên và điện trở bên trong cơ thể. Sơ đồ tương đương điện trở người được cho ở Hình 1.4.



Hình 1.4. Sơ đồ tương đương điện trở người

Cơ thể con người có thể được xem như một điện trở có những trị số từ 10.000Ω đến 100.000Ω . Sự phân bố điện trở của con người tạm chia ra gồm: lớp sừng trên da (dày khoảng từ $0,05 \div 0,2$ cm) có điện trở lớn nhất, tiếp theo là xương và da có điện trở tương đối lớn, thịt và máu có điện trở bé. Nếu mất lớp sừng trên da (bị ẩm ướt do mồ hôi, bị thương rách da) thì điện trở của người chỉ còn $80 \div 1.000\Omega$. Mất hết lớp da điện trở của người chỉ còn $60 \div 800\Omega$.

Điện trở của người không phải cố định mà thay đổi phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: tình trạng của lớp sừng trên da, diện tích và áp suất tiếp xúc, cường độ và loại dòng điện đi qua người, thời gian tiếp xúc, tần số dòng điện và trạng thái bệnh lý của người.

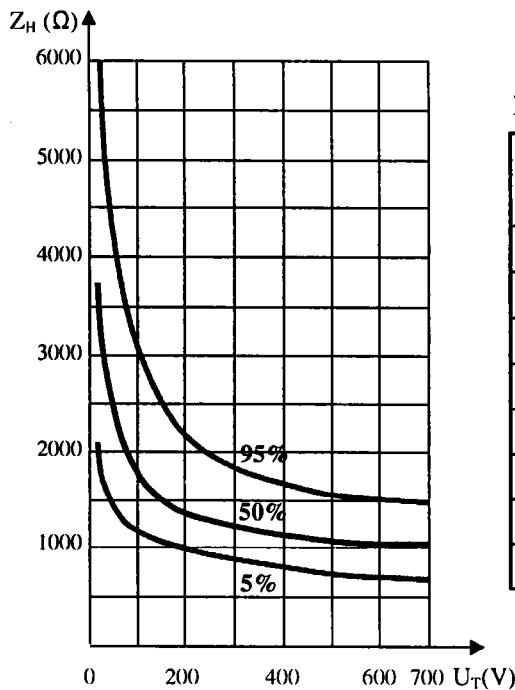
Khi da bị ướt hay có mồ hôi, điện trở của người giảm. Diện tích tiếp xúc càng lớn thì điện trở của người càng nhỏ.

Khi áp suất tiếp xúc lớn hơn 1kg/cm^2 thì điện trở của người gần như tỉ lệ thuận với áp suất tiếp xúc.

Thời gian tác dụng càng lâu, điện trở người càng giảm vì da bị nóng, ra mồ hôi và do những biến đổi điện phân trong cơ thể.

Hình 1.5. trình bày giá trị tổng trở cơ thể người $Z_H (\Omega)$ theo điện áp tiếp xúc của người đang sống có dòng điện đi từ tay đến tay hay từ tay đến chân với diện tích tiếp xúc rộng từ $50\div 100\text{cm}^2$ và trong điều kiện khô ráo với tỷ lệ phần trăm dân số (5%, 50% và 95%).

Giá trị danh định điện trở các phần trên cơ thể con người tùy thuộc trạng thái tiếp xúc và tình trạng bề mặt của cơ thể con người (khô hay ẩm) trình bày ở Bảng 1.3.



Bảng 1.3. Giá trị điện trở người theo tình trạng tiếp xúc

Tình trạng tiếp xúc	Điện trở cơ thể người	
	Khô	Ẩm
Chạm ngón tay	$40\text{k}\Omega\div 1\text{M}\Omega$	$4\text{k}\Omega\div 15\text{k}\Omega$
Tay chạm dây	$10\text{k}\Omega\div 50\text{k}\Omega$	$3\text{k}\Omega\div 6\text{k}\Omega$
Tay cầm kim	$5\text{k}\Omega\div 10\text{k}\Omega$	$1\text{k}\Omega\div 3\text{k}\Omega$
Lồng bàn tay chạm dây	$3\text{k}\Omega\div 8\text{k}\Omega$	$1\text{k}\Omega\div 2\text{k}\Omega$
Tay cầm máy khoan	$1\text{k}\Omega\div 3\text{k}\Omega$	$0,5\text{k}\Omega\div 1,5\text{k}\Omega$
Tay ướt	-	$200\Omega\div 500\Omega$
Chân ướt	-	$100\Omega\div 300\Omega$
Phần nội tạng không kể da	-	$200\Omega\div 1000\Omega$

Hình 1.5. Giá trị điện trở người theo điện áp tiếp xúc

Trong tính toán, để đảm bảo an toàn thường lấy giá trị điện trở tính toán của cơ thể người là $R_{ng} = 1.000\Omega$.

4. Đường đi dòng điện qua người

Để đánh giá mức độ nguy hiểm của dòng điện qua người, thường dựa vào phân lượng dòng điện chạy qua tim và đây là tác dụng nguy hiểm nhất làm tê liệt tuần hoàn dẫn đến chết người. Theo tiêu chuẩn IEC 60479-1, phân lượng dòng điện qua tim theo các con đường dòng điện qua người như sau (Hình 1.6):

- Từ tay trái đến một hay hai chân : thừa số 1,0.
- Từ tay phải đến một hay hai chân : thừa số 0,8
- Từ lưng đến tay trái/tay phải : thừa số 0,7/0,3
- Từ ngực đến tay trái/tay phải : thừa số 1,5/1,3
- Từ hông đến tay : thừa số 0,7

Từ đây, nhận thấy rằng trường hợp nguy hiểm nhất là trường hợp dòng điện đi từ ngực đến tay trái. Tuy nhiên, trường hợp này lại ít xảy ra trong thực tế.

Trường hợp thường xảy ra là trường hợp dòng điện đi từ tay phải đến một trong hai chân vì phần lớn con người thuận tay phải.

5. Tần số dòng điện

Dòng điện một chiều được coi là ít nguy hiểm hơn dòng điện xoay chiều và đặc biệt là dòng điện xoay chiều tần số công nghiệp 50Hz±60Hz. Điều này có thể giải thích là do dòng điện tần số công nghiệp tạo nên sự rối loạn mà con người khó có thể tự giải phóng dưới tác dụng của dòng điện, dù cho nó có giá trị bé.

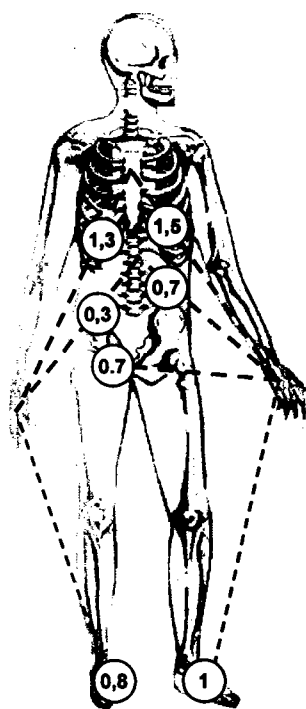
Dòng điện tần số càng cao càng ít nguy hiểm. Dòng điện tần số trên 500.000Hz không gây giật vì tác động quá nhanh hơn thời gian cảm ứng của các cơ (hiệu ứng bì) nhưng cũng có thể gây bỏng.

Tác dụng đối người với các giải tần khác nhau trình bày ở Bảng 1.4. Hình 1.7 trình bày sự biến đổi ngưỡng của sự nhận thức trong giải tần từ 50Hz đến 1000Hz với F là tỉ lệ ngưỡng dòng điện đối với hậu quả sinh lý ứng với tần số f so với ngưỡng.

6. Môi trường xung quanh

Nhiệt độ và độ ẩm ảnh hưởng đến điện trở của người và các vật cách điện nên cũng làm thay đổi dòng điện đi qua người. Khi độ ẩm của môi trường xung quanh càng lớn thì độ dẫn điện của lớp da sẽ tăng lên, tức là điện trở người càng bé. Bên cạnh độ ẩm thì mồ hôi, các chất hóa học khác sẽ làm tăng độ dẫn điện của da, cuối cùng làm giảm điện trở người và dẫn đến tăng mức độ nguy hiểm.

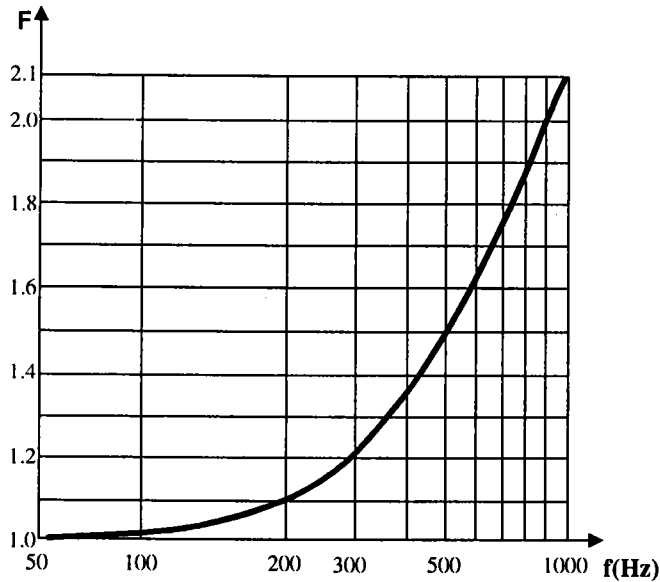
Khi nhiệt độ môi trường xung quanh tăng lên, tuyến mồ hôi hoạt động nhiều hơn và điện trở người sẽ giảm. Mức độ bản của cơ thể cũng làm giảm điện trở của da và ảnh hưởng đến mức độ nguy hiểm. Đại đa số các trường hợp điện giật chết người thì yếu tố độ ẩm cũng góp phần quan trọng tạo ra tai nạn.



Hình 1.6. Phân lượng dòng điện qua tim

Bảng 1.4. Tác hại đối với người với các giải tần khác nhau

Giải tần số	Tên gọi	Ứng dụng	Tác hại
DC-10kHz	Tần số thấp	Mạng điện dân dụng và công nghiệp	Phát nhiệt, phá hủy tế bào cơ thể
100kHz - 100MHz	Tần số Radio	Đốt điện, nhiệt điện	Phát nhiệt, gia nhiệt điện môi tế bào sống
100MHz - 100GHz	Sóng Microwave	Lò viba	Gia nhiệt nước



Hình 1.7. Tỷ lệ ngưỡng dòng điện đối với hậu quả sinh lý

7. Điện áp cho phép

Vì việc bảo vệ an toàn xuất phát từ một điện áp dễ hình dung hơn giá trị dòng điện qua người nên trong thực tế đòi hỏi quy định các giá trị điện áp mà con người có thể chịu đựng được.

Giá trị điện áp cho phép phụ thuộc vào loại hệ thống phân phối điện và thời gian ngắt sự cố của thiết bị bảo vệ. Chính vì vậy, đôi khi thay vì qui định điện áp cho phép, trong một số trường hợp lại qui định thời gian ngắt sự cố lớn nhất của thiết bị bảo vệ ứng với cấp điện áp cho trước.

Tiêu chuẩn IEC 60038, với điện áp chạm qui ước là 50V trong điều kiện bình thường, qui định:

- Đối với hệ thống TT, điện áp tiếp xúc cho phép lớn nhất (điện áp chạm qui ước) trong điều kiện bình thường là 50V.
- Đối với hệ thống TN, thời gian ngắt sự cố lớn nhất $t_{max}(s)$ tương ứng với điện áp hiệu dụng xoay chiều so với đất $U_0(V)$, trình bày ở Bảng 1.5.
- Đối với hệ thống IT, thời gian ngắt lớn nhất $t_{max}(s)$ tương ứng với điện áp hiệu dụng xoay chiều pha-trung tính/pha-pha $U_0/U(V)$, khi xảy ra sự cố lần thứ hai trình bày ở Bảng 1.6.

Bảng 1.5. Thời gian ngắt lớn nhất với hệ thống TN

$U_0 (V)$	$t_{max}(s)$
120	0,8
230	0,4
277	0,4
400	0,2
>400	0,1

Bảng 1.6. Thời gian ngắt lớn nhất với hệ thống IT

Điện áp danh định $U_0/U(V)$	$t_{max}(s)$	
	Không có dây trung tính	Có dây trung tính
120/240	0,8	5
230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,2

Tiêu chuẩn IEC 60364-7, với điện áp chạm qui ước là 25V trong điều kiện ẩm ướt, qui định: Đối với hệ thống TN và IT, thời gian ngắt lớn nhất qui định trong Bảng 1.5 và 1.6 phải được thay bằng giá trị trong Bảng 1.7.

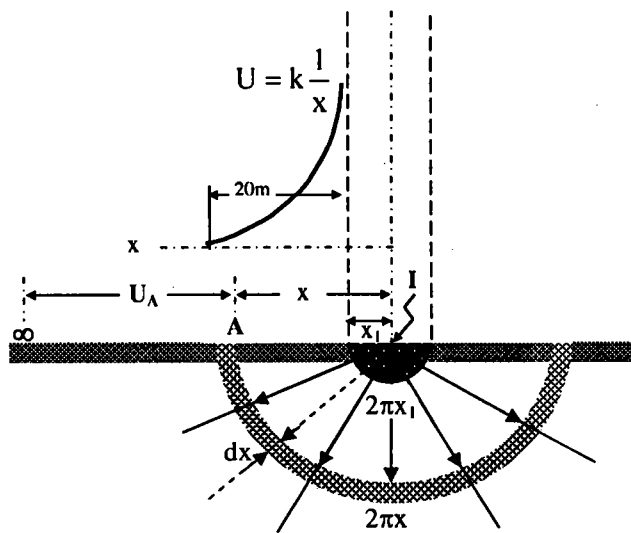
Bảng 1.7. Thời gian ngắt lớn nhất

Hệ thống TN		Hệ thống IT		
Điện áp danh định U_0 (V)	$t_{max}(s)$	Điện áp danh định U_0/U (V)	$t_{max}(s)$	
			Không có dây trung tính	Có dây trung tính
120	0,35	120/240	0,4	1
230	0,20	230/400	0,2	0,5
277	0,20	277/480	0,2	0,5
400, 480	0,05	400/690	0,06	0,2
580	0,02	580/1000	0,02	0,08

1.5. DÒNG ĐIỆN TẢN TRONG ĐẤT

Do hư hỏng cách điện, mạch điện chạm đất làm cho dòng điện sự cố tản ra trong đất dẫn đến giữa các điểm khác nhau trong đất sẽ có sự chênh lệch điện áp (Hình 1.8).

Giả sử dòng điện sự cố tản vào trong đất qua một cực nối đất bằng kim loại có dạng bán cầu chôn trong đất đồng nhất có điện trở suất bằng ρ . Trường hợp này có thể xem dòng điện có đường đi theo bán kính từ tâm hình cầu.



Hình 1.8. Dòng điện tản trong đất.

Mật độ dòng điện ở khoảng cách x kể từ tâm bán cầu:

$$j = \frac{I}{2\pi \cdot x^2} \tag{1.1}$$

Ở đây: πx^2 là diện tích mặt bán cầu có bán kính x , I là dòng điện chạm đất.

Vùng quanh cực nối đất mà dòng điện tản đi qua gọi là “trường tản dòng điện”. Đối với dòng điện một chiều hay dòng điện xoay chiều tần số công nghiệp, khi nghiên cứu có thể xem là một điện trường đều.

Mật độ dòng điện xác định theo định luật Ohm dưới dạng vi phân:

$$j = \frac{E}{\rho} \tag{1.2}$$

Ở đây: ρ là điện trở suất của đất.

Từ đó, cường độ điện trường trong trường dòng điện tức là điện áp rơi trên đơn vị dài dọc theo trường dòng điện được xác định theo biểu thức:

$$E = j \cdot \rho \tag{1.3}$$

Điện áp rơi trên lớp đất có chiều dày dx dọc theo đường dòng điện:

$$dU = E \cdot dx = j \cdot \rho \cdot dx = \frac{I \cdot \rho}{2\pi \cdot x^2} dx \tag{1.4}$$

Thế điện của A cách điểm chạm đất khoảng cách x là hiệu số điện thế giữa điểm A và điểm ∞ mà ở đó điện thế có thể lấy bằng 0.

$$\varphi_A = U_A - U_\infty = \int_x^\infty dU = \frac{I \cdot \rho}{2\pi} \int_x^\infty \frac{dx}{x^2} = \frac{I \cdot \rho}{2\pi \cdot x} \tag{1.5}$$

Tất cả các điểm trên bề mặt của điện cực sẽ có thế điện cực đại U_{max} :

$$U_{max} = \frac{I \cdot \rho}{2\pi \cdot x_1} \tag{1.6}$$

Ở đây: x_1 là bán kính của bán cầu nối đất.

Chia (1.5) cho (1.6):

$$\frac{U_A}{U_{max}} = \frac{x_1}{x} \quad \text{hoặc} \quad U_A = U_{max} \cdot x_1 \cdot \frac{1}{x} \tag{1.7}$$

Đặt tích số không đổi $U_{max} \cdot x_1 = k$ sẽ được phương trình hyperbol:

$$U_A = \frac{k}{x} \tag{1.8}$$

Bằng thí nghiệm đo đạt thực tế, đối với các cực nối đất có dạng thanh, cọc, tấm phân bố điện áp cũng có dạng hyperbol.

Trong trường hợp dây dẫn mang điện bị đứt xuống đất, phân bố điện áp được trình bày ở Hình 1.9.

Dòng điện tản từ cực nối đất ra có thể xem là chạy trong một dây dẫn (đất) mà tiết diện tăng theo bậc 2 của bán kính cầu $q = 2\pi x^2$ (Hình 1.10).

Điện trở tản dòng điện sẽ lớn nhất ở lớp đất phần cực nối đất vì khi đó dòng điện chạy qua một tiết diện nhỏ (ở các điểm đó điện áp rơi lớn nhất) càng xa cực nối đất tiết diện dây dẫn càng tăng nhanh, điện trở của nó giảm xuống và trị số điện áp rơi cũng giảm.

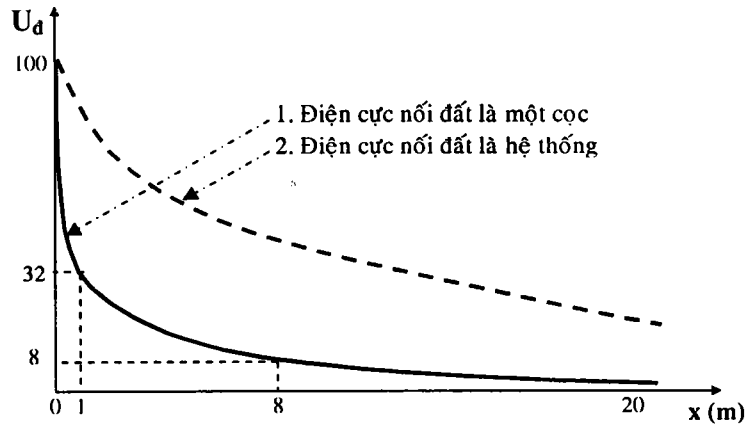
Từ đường cong ở Hình 1.9, nhận thấy có khoảng 68% điện áp trên cực nối đất tổn hao trên đoạn dài 1m, 24% trên đoạn dài từ 1÷10m và 8% trên đoạn dài từ 10÷20m kể từ cực nối đất.

Ngoài phạm vi 20m cách cực nối đất (hoặc điểm ngắn mạch chạm đất), tiết diện dây dẫn (đất) sẽ tăng rất lớn nên điện trở xem như không đáng kể (mật độ dòng điện xem như bằng 0).

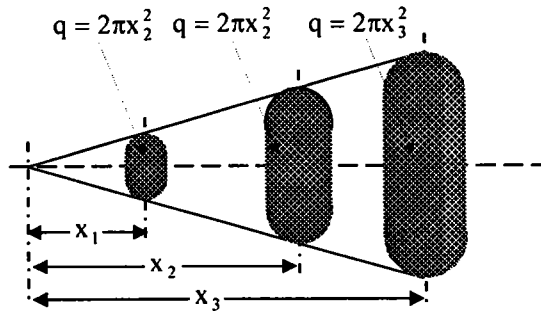
Như vậy, điện thế của các điểm nằm cách điểm nối đất lớn hơn 20m có thể xem như bằng 0.

Thông thường bộ phận nối đất không phải chỉ có một cọc mà nhiều cọc nối với nhau bằng các thanh kim loại dẹp hoặc tròn. Trường hợp này, sự phân bố điện áp có dạng thoải hơn (đường

cong 2 ở Hình 1.9). Vì vậy, độ chênh lệch điện áp của cùng một điểm so với đất sẽ lớn hơn lúc chỉ có một cọc nối đất.



Hình 1.9. Quan hệ giữa U_d và khoảng cách x từ cực nối đất



Hình 1.10. Mô hình đơn giản của dây dẫn đất

Các thành phần điện trở của bộ phận nối đất bao gồm:

- Điện trở tản của cực nối đất (kể cả điện trở tiếp xúc).
- Điện trở thuần của bản thân cực nối đất và dây nối đất. Các điện trở này có giá trị nhỏ nên có thể bỏ qua trong một số các trường hợp.

1.6. ĐIỆN ÁP BƯỚC

Điện áp bước là điện áp mà con người phải chịu khi chân tiếp xúc tại hai điểm trên mặt đất hay trên sàn, nằm trong phạm vi dòng điện chạy trong đất do đó có sự chênh lệch điện thế.

Sự phân bố điện áp bước xảy ra khi xuất hiện dòng điện ngắn mạch chạm đất của một pha trong mạng điện (Hình 1.11).

Khi dòng điện chạy qua hệ thống nối đất để đi vào trong đất hay dây dẫn có điện áp bị đứt rơi trên mặt đất, thì đất sẽ là điện trở tản với dòng điện này.

Điện trở của đất mà dòng điện chạy qua sẽ giảm theo khoảng cách càng xa đối với điểm dòng điện chạy vào trong đất. Đến một khoảng cách nhất định thì điện trở này thực tế trở nên bằng 0. Vùng mà dòng điện thực tế bị triệt tiêu được gọi là vùng điện thế 0.

Ở ngay tại điểm chạm đất, điện áp so với đất sẽ là:

$$U_d = I_d \cdot R_d \tag{1.9}$$

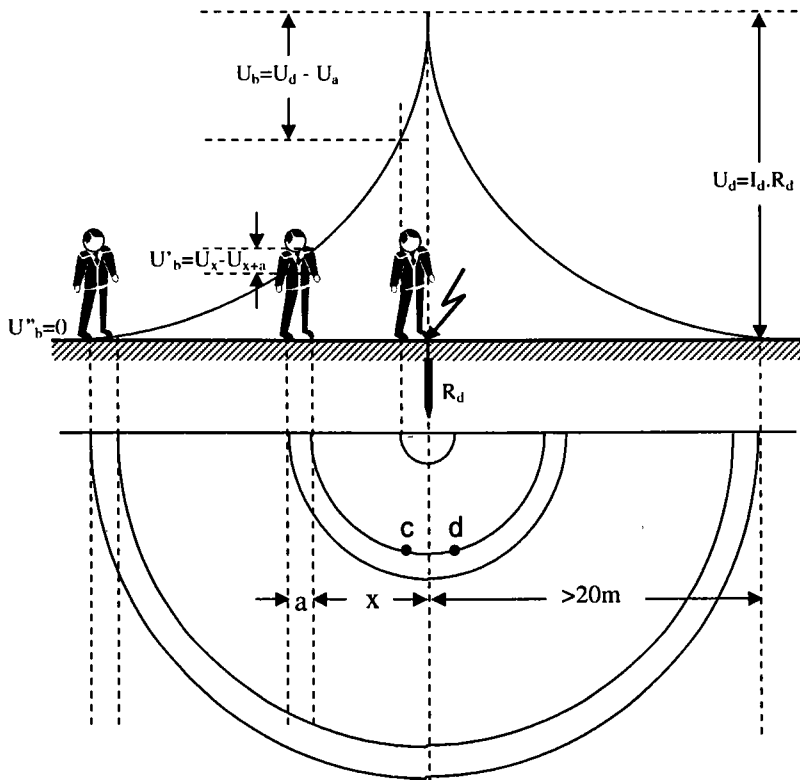
Các điểm ở cách đều điểm chạm đất có điện thế bằng nhau (các vòng tròn đẳng thế).

Người đứng hai chân trên hai điểm có điện thế khác nhau thì sẽ chịu tác động của một điện áp. Hiệu điện thế đặt vào hai chân người đứng ở hai điểm có chênh lệch điện thế do dòng điện ngắn mạch trong đất gọi là điện áp bước.

Điện áp bước xác định bằng biểu thức sau:

$$U_b = U_x - U_{x+a} = \frac{I_d \rho}{2\pi} \int_x^{x+a} \frac{dx}{x^2} = \frac{I_d \rho \cdot a}{2\pi x(x+a)} \tag{1.10}$$

Ở đây: a là độ lớn bước chân người, khi tính toán lấy bằng 0,8m; x là khoảng cách từ điểm chạm đất đến chân người.



Hình 1.11. Điện áp bước

Từ biểu thức (1.11), nhận thấy khi càng xa điểm ngắn mạch chạm đất (hoặc cực nối đất) thì mẫu số càng tăng và trị số U_b sẽ giảm xuống. Ngoài khoảng cách 20m điện áp xem như bằng 0.

Ở sát nơi có ngắn mạch chạm đất, điện áp bước U_b cũng có thể bằng 0 nếu hai chân người đứng trên cùng một vòng đẳng áp (điểm c và d Hình 1.11).

Giới hạn cho phép của trị số điện áp bước không quy định ở các tiêu chuẩn hiện hành vì trị số U_b lớn thường do các dòng điện ngắn mạch chạm đất lớn gây ra và như vậy nó sẽ bị cắt ngay tức thời bởi các thiết bị bảo vệ.

Các trị số U_b nhỏ (không gây nguy hiểm cho người do đặc điểm các tác dụng sinh lý của mạch điện từ chân qua chân).

Mặc dù dòng điện đi trong mạch chân-chân tương đối ít nguy hiểm nhưng với điện áp $U_b = 100 \div 250V$ chân có thể bị co rút và người bị ngã xuống đất. Lúc này điện áp đặt vào người tăng lên và đường dòng điện đi qua theo mạch chính tay-chân.

Nếu thiết bị bảo vệ không cắt được dòng điện ngắn mạch thì được dòng điện đi qua theo mạch tay-chân sẽ gây ra tai nạn điện.

Khi xảy ra chạm đất phải cấm người đến gần chỗ bị chạm với khoảng cách sau:

- Từ 4 ÷ 5m đối với thiết bị điện trong nhà.
- Từ 8 ÷ 10m với thiết bị điện ngoài trời.

Ví dụ 1.1. Tính điện áp bước U_b lúc người đứng cách chỗ chạm đất $x = 22m$ dòng điện chạm đất $I_d = 10000A$, điện trở suất của đất $\rho = 10^4 \Omega.cm$ và khoảng cách giữa hai bước chân người $a = 0,8m$.

$$U_b = \frac{I_d \cdot \rho \cdot a}{2\pi x(x+a)} = \frac{10000 \cdot 10^4 \cdot 80}{2\pi \cdot 2200(2200+80)} = 254,2V$$

1.7. ĐIỆN ÁP TIẾP XÚC

Giả sử có hai thiết bị điện vỏ bọc kim loại (Hình 1.12) được nối với bộ phận nối đất (điện trở nối đất R_d) thì đối với bất kỳ thiết bị nào chạm vỏ sự phân bố điện áp trong đất cũng có dạng đường cong 1. Cực nối đất và các vỏ kim loại nối với nó có điện áp so với đất bằng:

$$U_d = I_d \cdot R_d$$

Người chạm vào vỏ kim loại của bất kỳ thiết bị nào (nguyên vẹn hoặc chạm vỏ) cũng sẽ chịu một điện áp bằng U_d . Mặt khác, điện áp ở chân người U_x phụ thuộc vào khoảng cách từ đó đến cực nối đất. Như vậy, người sẽ chịu tác dụng của điện áp tiếp xúc U_T . Điện áp tiếp xúc là hiệu điện thế giữa U_d và U_x .

Điện áp tiếp xúc U_T càng tăng khi càng cách xa cực nối đất. Ở khoảng cách 20m thì $U_T = U_d$.

Người đứng ở ngay trên cực nối đất (điểm 0, Hình 1.12) sẽ chịu một điện áp tiếp xúc bằng 0 ($U_T = U_d - U_d = 0$)

Ngược lại, nếu chạm vào thiết bị 2 (TB2), người sẽ chịu điện áp tiếp xúc cực đại $U_T = U_d$.

Từ những giả thiết trên rút ra nhận xét sau:

- Khi người chạm vỏ thiết bị kim loại có nối đất của một thiết bị nào đó (trong mạch nối đất có một thiết bị bị chạm vỏ) thì người chịu một điện áp tiếp xúc có trị số bằng một phần điện áp so với đất, nghĩa là:

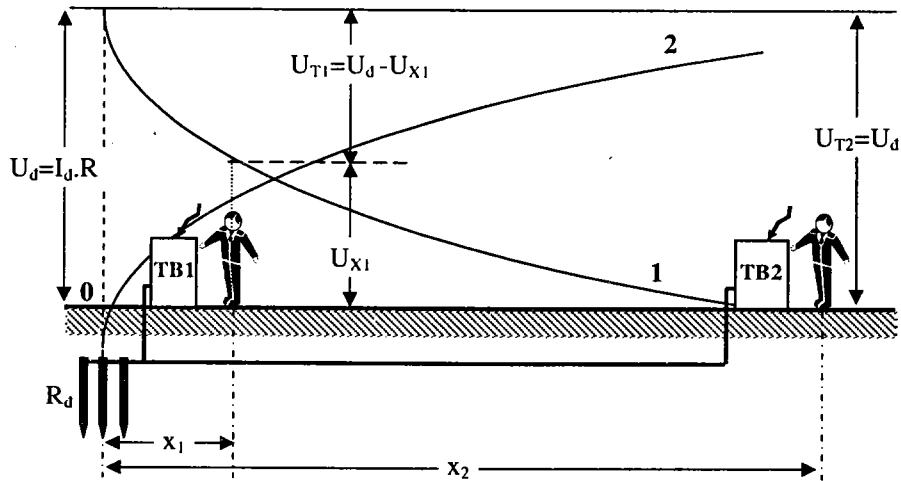
$$U_T = \alpha \cdot U_d \tag{1.11}$$

Ở đây: α là hệ số tiếp xúc.

Đường cong 2 (Hình 1.12) biểu thị sự biến thiên của điện áp tiếp xúc theo khoảng cách tới cực nối đất.

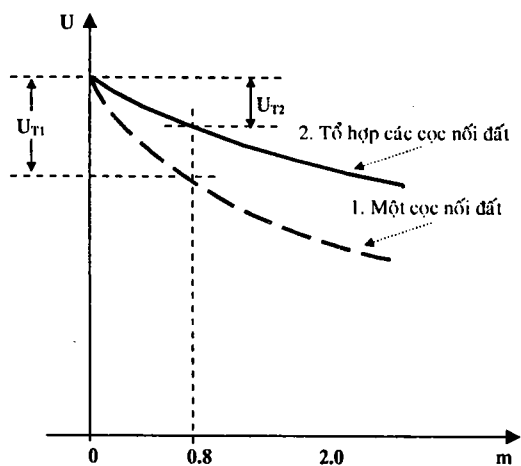
Giới hạn cho phép của điện áp tiếp xúc không quy định trong các qui phạm hiện hành. Tuy nhiên, đối với các nhà sản xuất thiết bị điện, điện áp tiếp xúc không quá 50V, còn đối với các thiết bị phân phối, mà ở đó có các biện pháp bảo vệ phụ thì giá trị điện áp tiếp xúc có thể cho phép đến 250V.

- Đường cong phân bố điện áp U_d (Hình 1.13) phụ thuộc vào cấu tạo của bộ phận nối đất (một cọc nối đất hoặc một tổ hợp các cọc nối đất) có thể dốc (đường 1) hoặc thoải (đường 2). Điện áp tiếp xúc U_T sẽ có trị số nhỏ hơn nếu đường cong phân bố điện áp thoải thoải. Độ chênh lệch điện áp giữa điểm 0 và điểm cách nó 0,8m (lấy bằng khoảng cách của một bước chân người) sẽ khác nhau tùy thuộc vào đường cong 1 và 2 ($U_{T1} > U_{T2}$). Như vậy, khi bộ phận nối đất trải rộng trên một diện tích lớn thì điện áp tiếp xúc sẽ nhỏ.
- Muốn xác định đúng điện áp tiếp xúc U_T , phải xem xét đoạn mạch từ chỗ ngắt mạch tới đất.

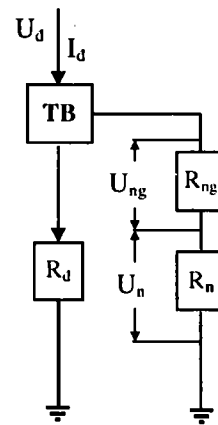


Hình 1.12. Điện áp tiếp xúc trong vùng dòng điện ngắn mạch chạm vỏ

Giả thiết việc tiếp xúc xảy ra theo đường tay-chân sẽ hình thành hai mạch song song (Hình 1.14).



Hình 1.13. Đường cong phân bố điện áp trong vùng tản dòng điện ngắn mạch một pha.



Hình 1.14. Sơ đồ thay thế mạch điện chạm vỏ

Mạch 1 nối thiết bị có chạm vỏ với thiết bị nối đất có trị số R_d .

Mạch 2 có điện trở cơ thể người R_{ng} và nối tiếp với nó là điện trở của mặt nền nơi người đứng R_n .

Khi có ngắn mạch một pha chạm vỏ, dòng điện sẽ phân bố giữa mạch 1 và mạch 2 theo tỉ lệ nghịch với điện trở của chúng, còn điện áp trong hai mạch thì phân bố tỉ lệ thuận với R_{ng} và R_n .

Khi có ngắn mạch chạm vỏ trong vùng tản dòng điện (điểm x_1 , Hình 1.12), điện áp đặt lên cơ thể người sẽ bằng:

$$U_{ng1} = U_d - U_{x1} - U_n \tag{1.12}$$

Khi ở ngoài vùng tản (điểm x_2 , Hình 1.12), điện áp đặt lên cơ thể người sẽ bằng:

$$U_{ng2} = U_d - U_n \tag{1.13}$$

Ở đây: U_n là điện áp rơi trên lớp mặt nền.

Khi điện trở lớp mặt nền lớn (nền bằng nhựa đường khô, điện trở từ vài trăm $k\Omega$) thì U_n sẽ lớn. Còn trên cơ thể con người (điện trở khoảng $1k\Omega$), điện áp sẽ nhỏ hơn hàng chục hoặc hàng trăm lần. Trị số dòng điện trong mạch 2 như thế có thể không nguy hiểm cho người.

Như vậy, trường hợp nguy hiểm nhất là lúc người chạm vào vỏ thiết bị bị chạm vỏ mà đứng trực tiếp ngay trên nền đất ẩm ướt chân đi giày ẩm, đế đóng đinh hoặc đi chân không.

1.8. PHÂN LOẠI CÔNG TRÌNH VÀ TRANG THIẾT BỊ ĐIỆN

1. Phân loại công trình

Ảnh hưởng của môi trường xung quanh như bụi, độ ẩm, nhiệt độ... tác động rất lớn đến sự nguy hiểm về điện gây cho người, vì vậy theo quan điểm an toàn điện các công trình được phân thành:

- Công trình ít nguy hiểm là các công trình có chỗ làm việc khô ráo (độ ẩm tương đối $\leq 75\%$), không nóng (nhiệt độ $\leq 25^{\circ}C$), không có bụi dẫn điện, không có phần kim loại nổi đất, sàn nhà làm bằng vật liệu không dẫn điện (gỗ khô ráo, trải nhựa...).
- Công trình nguy hiểm là những công trình có môi trường làm việc với độ ẩm từ 75% đến 97%, có nhiệt độ môi trường xung quanh $\leq 30^{\circ}C$, có bụi dẫn điện (bụi than, bụi kim loại), phần kim loại nổi đất khá nhiều (chiếm đến 60% bề mặt vùng làm việc); sàn nhà làm bằng vật liệu dẫn điện như đất, bê tông.
- Công trình đặc biệt nguy hiểm là những công trình có ít nhất một trong các yếu tố sau: môi trường làm việc với độ ẩm $> 97\%$, có nhiệt độ môi trường xung quanh $> 30^{\circ}C$, có bụi dẫn điện (bụi than, bụi kim loại), phần kim loại nổi đất khá nhiều (chiếm đến 60% bề mặt vùng làm việc), sàn nhà làm bằng vật liệu dẫn điện như đất, bê tông; môi trường có hoá chất ăn mòn.

2. Phân loại trang thiết bị điện

Tùy theo điện áp làm việc mà các trang thiết bị điện được phân thành:

- Trang thiết bị có điện áp cao $U \geq 1000V$.
- Trang thiết bị có điện áp thấp $U < 1000V$.

Tùy theo việc bố trí vị trí mà các trang thiết bị điện được phân thành:

- Trang thiết bị điện cố định là các trang thiết bị được bố trí vị trí cố định.
- Trang thiết bị điện di động là các trang thiết bị không được bố trí vị trí cố định và có thể chuyển từ vị trí này sang vị trí khác sau khi đã cắt ra khỏi nguồn điện.
- Trang thiết bị điện cầm tay là trang thiết bị điện có cấu tạo đặc biệt sao cho trong thời gian làm việc có thể mang đi lại dễ dàng. Đây là loại trang thiết bị có mức nguy hiểm cao nhất vì thời gian người sử dụng tiếp xúc với thiết bị nhiều, cách điện dễ bị hư hỏng do va đập, do phải làm việc trong các điều kiện bất lợi nhất,...

1.9. NGUYÊN NHÂN CHÍNH GÂY RA TAI NẠN ĐIỆN

1. Đối với mạng điện hạ áp

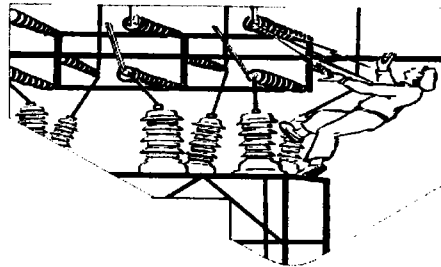
Nguyên nhân xảy ra tai nạn điện ở mạng điện hạ áp là do người chạm vào:

- Dây dẫn đang mang điện không được bọc cách điện.
- Các dây dẫn bọc cách điện bị hở do lớp cách điện đã bị hư hỏng hay xuống cấp.
- Các bộ phận bằng kim loại bình thường không mang điện của thiết bị điện, dụng cụ điện (vỏ động cơ, khoan cầm tay, tủ lạnh, bàn ủi, máy giặt...) nhưng vì cách điện bên trong bị hỏng nên vỏ thiết bị điện trở nên có điện. Hiện tượng này thường gọi là "chạm vỏ".

- Không có nắp hộp che chắn hay các bộ phận này bị hư hỏng gây ra các chỗ hở có điện của cầu dao, công tắc, ổ cắm.

2. Đối với mạng điện cao áp

Nếu người đến quá gần thiết bị hoặc đường dây có điện áp cao (15kV, 66kV, 110kV...), dù người không chạm phải thiết bị hay đường dây nhưng vẫn có thể bị tai nạn do hồ quang điện (Hình 1.15). Vì khi khoảng cách giữa người và vật mang điện nhỏ hơn khoảng cách an toàn tối thiểu, sẽ xuất hiện sự phóng điện qua không khí đến cơ thể con người, gây nên sự đốt cháy cơ thể con người bởi hồ quang điện.



Hình 1.15. Tai nạn điện ở mạng điện $U > 1000V$

3. Điện áp bước

Khi dây dẫn mang điện bị đứt và rơi xuống đất, sẽ có một dòng điện đi từ dây dẫn vào đất. Tại mỗi điểm của đất sẽ có một điện thế. Điểm càng ở gần nơi dây dẫn chạm đất có điện thế càng cao.

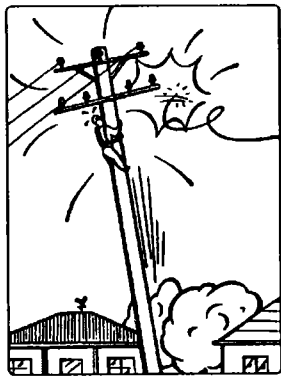
Khi người đi trong vùng có dây điện bị đứt rơi xuống đất, giữa hai chân người tiếp xúc với đất sẽ xuất hiện một điện áp gọi là điện áp bước và có một dòng điện chạy qua người từ chân này sang chân kia gây nên tai nạn điện giật. Mức độ tai nạn càng nguy hiểm khi người đứng càng gần điểm chạm đất, bước chân người càng lớn và điện áp của dây điện càng cao. Nếu người bị ngã trong khu vực này thì mức độ nguy hiểm càng tăng.

Vì vậy, khi dây dẫn điện bị đứt và rơi xuống đất cần phải báo ngay cho Điện lực khu vực gần nhất để cắt điện ngay, đồng thời lập rào chắn, cử người canh giữ ngăn chặn không cho phép người và động vật đến gần chỗ dây điện bị rơi xuống đất ít nhất là $15 \div 20m$.

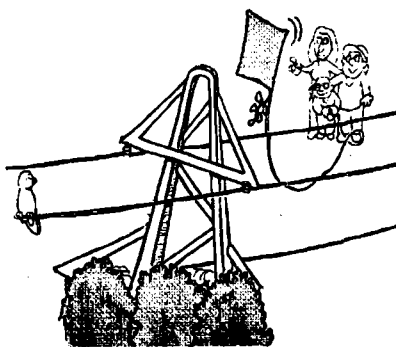
Trong trường hợp người ở trong vùng bị tác dụng của điện áp bước thì phải bình tĩnh rút hai chân gần sát nhau quan sát tìm cho được chỗ dây dẫn bị đứt rơi xuống đất, sau đó bước với bước chân rất ngắn ra xa chỗ chạm đất của dây dẫn (hoặc nhảy cò cò một chân ra xa vị trí dây rơi xuống đất).

4. Do không chấp hành quy trình kỹ thuật an toàn điện

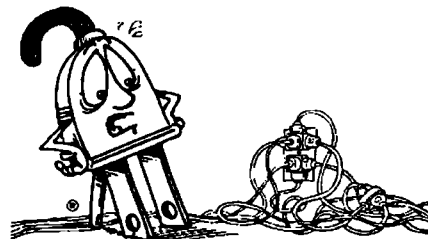
- Tự ý trèo lên cột điện câu mắc, sửa chữa, bị điện giật ngã từ trên cột xuống gây chấn thương (Hình 1.16.a), vi phạm các qui định về an toàn hành lang lưới điện (Hình 1.16.b).
- Sửa chữa điện trong nhà không cắt điện cầu dao điện.
- Sử dụng các loại thiết bị điện, khí cụ điện, dây dẫn không đúng quy cách, không bảo đảm chất lượng, gây chạm chập, nổ, cháy (Hình 1.6.c).
- Sử dụng điện bừa bãi, không đúng mục đích như dùng điện chích cá ở ao hồ, sông ruộng, gài điện vào hàng rào nhà, các chuồng heo, gà....



a. Tự ý trèo lên cột điện



b. Vi phạm hành lang an toàn



c. Sử dụng điện không đúng qui cách

Hình 1.16. Vi phạm an toàn điện

5. Do người sử dụng điện không được đào tạo, trang bị kiến thức về an toàn điện một cách đầy đủ và có hệ thống.

Khi người sử dụng điện không được hay chưa được trang bị kiến thức an toàn điện một cách đầy đủ và có hệ thống thì khả năng bị tai nạn bị điện giật hay phóng điện hồ quang là rất cao do không được trang bị các thiết bị phòng hộ, không sử dụng thiết bị điện đúng qui cách,... Chính vì vậy, trong môi trường công nghiệp, các công nhân vận hành thiết bị điện thường phải học và được kiểm tra kiến thức về an toàn điện lúc bắt đầu nhận việc và kiểm tra định kỳ trong quá trình làm việc.

6. Do trình độ của cán bộ tổ chức, quản lý công tác lắp đặt, xây dựng và sửa chữa công trình điện chưa tốt.

Trong thực tế việc lắp đặt, xây dựng và sửa chữa thiết bị điện hay các công trình điện phải tuân theo các qui trình, qui phạm cụ thể của các ngành, các cấp chức năng liên quan nhằm đảm bảo rủi ro do tai nạn điện giảm thiểu ở mức thấp nhất.

CHƯƠNG 2

PHÂN TÍCH DÒNG ĐIỆN QUA NGƯỜI

2.1. MẠNG ĐIỆN CÁCH ĐIỆN VỚI ĐẤT

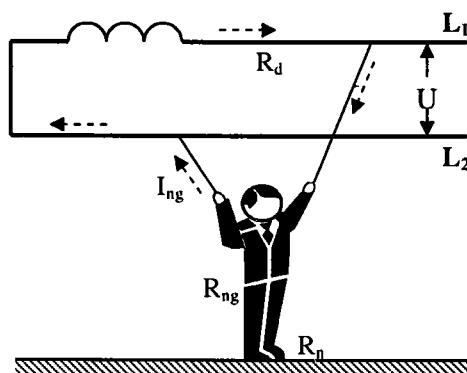
1. Mạng điện một pha

a. Người chạm vào hai cực của mạng điện

Tai nạn xảy ra cho người lao động khi một tay làm việc chạm vào cực thứ nhất, tay kia hay vai chạm vào cực thứ hai. Khi đó, cho dù người đó đứng trên ghế cách điện, thảm cách điện ... vẫn không có tác dụng giảm dòng điện qua người và trường hợp này dòng điện qua người vẫn có trị số lớn nhất:

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng} + 2R_d} = \frac{U}{R_{ng}} \quad (2.1)$$

Ở đây: I_{ng} là dòng điện qua người; R_{ng} là điện trở của người; R_d là điện trở của dây dẫn, có thể bỏ qua; R_n là điện trở nền nhà; U là điện áp giữa hai cực của mạng điện.



Hình 2.1. Người chạm vào 2 cực của mạng một pha

Đây là trường hợp nguy hiểm nhất, tuy nhiên lại ít xảy ra trong thực tế.

Ví dụ 2.1. Tính dòng điện qua người, khi người chạm vào hai cực của mạng điện một pha điện áp 240V? Nêu biện pháp giảm nguy hiểm cho người?

Giải:

Điện trở tính toán của người:

$$R_{ng} = 1000\Omega$$

Dòng điện qua người khi người chạm vào hai cực của mạng điện:

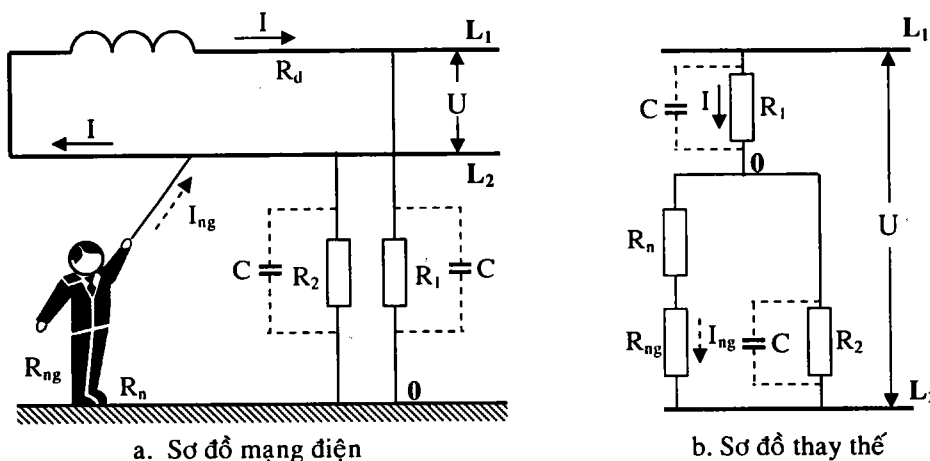
$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_{ng}} = \frac{240}{1000} = 0,24A = 240mA$$

Giá trị dòng điện qua người rất lớn, điểm hoạt động ở vùng AC-3 (Hình 1.2). Yêu cầu phải cắt nhanh với thời gian $t < 10ms$. Yêu cầu này không thể đáp ứng với các thiết bị bảo vệ như máy cắt hạ áp hay cầu chì ở mức ngưỡng dòng 240mA. Biện pháp duy nhất nhằm giảm nguy hiểm

cho người là phải tuân thủ các qui định về an toàn khi sửa chữa thiết bị điện (cắt điện), sử dụng găng tay cách điện, công cụ sửa chữa có bọc cách điện,...

b. Người chạm vào một cực của mạng điện

Trường hợp này xảy ra khi người đứng dưới đất và tay chạm vào phần dẫn điện do cách điện của dây dẫn bị hỏng (Hình 2.2), dòng điện qua người tùy thuộc vào điện trở người, điện trở cách điện của dây dẫn và điện áp mạng điện:



Hình 2.2. Người chạm vào một cực của mạng một pha

Ở đây: \$U\$ là điện áp giữa hai cực của mạng điện; \$R_1=R_2=C\$ là điện trở cách điện của dây dẫn với đất, \$R_{ng}\$ là điện trở người, \$R_n\$ là điện trở nền.

Từ sơ đồ thay thế, nếu giả thiết \$R_n\$ có giá trị nhỏ so với giá trị của \$R_{ng}\$ và điện dung \$C\$ có giá trị không đáng kể thì:

$$I = \frac{U}{(R_{ng} // R_1) + R_2} = \frac{U}{\frac{R_{ng} R_1}{R_{ng} + R_1} + R_2}$$

$$I_{ng} = \frac{I R_1}{R_{ng} + R_1} = \frac{U R_1}{R_{ng} R_1 + R_2 (R_{ng} + R_1)}$$

$$I_{ng} = \frac{U R_1}{R_{ng} (R_1 + R_2) + R_1 R_2} \tag{2.2}$$

$$I_{ng} = \frac{U}{2R_{ng} + R_c} \tag{2.3}$$

Từ biểu thức (2.3), nhận thấy rằng giá trị điện trở cách điện \$R_c\$ càng lớn thì trị số \$I_{ng}\$ càng tiến tới mức an toàn.

Ví dụ 2.2. Xác định trị số cần thiết của điện trở cách điện để đảm bảo yêu cầu an toàn cho người khi chạm vào một cực của mạng điện một pha điện áp 240V, cách điện so với đất. Cho biết giá trị dòng điện an toàn cho phép đi qua cơ thể người là \$I_{ngcp}=10mA\$ và giá trị điện trở tính toán của người \$R_{ng}=1000\Omega\$.

Giải:

Để đảm bảo an toàn cho người thì điện trở cách điện của dây dẫn phải thỏa điều kiện:

$$R_c > R_{cmin}$$

$$R_{cmin} = \frac{U}{I_{ngcp}} - 2R_{ng} = \frac{240}{0,01} - 2 \cdot 1000 = 22000\Omega = 22M\Omega$$

Như vậy, đối với mạng điện một pha điện áp 240V, điện trở cách điện của dây dẫn với đất phải có giá trị lớn hơn 22MΩ.

Khi kể đến điện trở nền R_n dưới chân người thì dòng điện qua người được xác định theo biểu thức:

$$I_{ng} = \frac{U}{2(R_{ng} + R_n) + R_c} \quad (2.4)$$

Từ biểu thức 2.4 nhận thấy khi người được ngăn cách với đất bằng các phương tiện bảo hộ như: ủng cách điện, thảm cách điện,... thì giá trị dòng điện qua người I_{ng} sẽ giảm.

Trường hợp khi người đi ủng chạm phải một dây của mạng điện và lúc này dây còn lại bị chạm đất ($R_1=0$) thì coi như người chạm cả hai cực của mạng điện. Khi đó, dòng điện qua người tính theo biểu thức:

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng} + R_n}$$

Trường hợp này, nếu điện trở cách điện của ủng cách điện đủ lớn thì giá trị dòng điện qua người sẽ giảm đến mức an toàn cho người.

Lưu ý: Đối với mạng điện xoay chiều một pha có giá trị điện dung với đất đáng kể, cần xác định dòng điện qua người do thành phần điện dung theo biểu thức:

$$I_{ngC} = \frac{U \cdot \omega \cdot C}{\sqrt{1 + 4R_{ng}^2 \cdot \omega^2 \cdot C^2}} \quad (2.5)$$

Ở đây: ω là tần số góc, C là điện dung của dây dẫn so với đất.

Dòng điện tổng qua người I_{ng} bao gồm thành phần dòng điện do điện trở cách điện I_{ngR} (được xác định theo biểu thức 2.4) và thành phần dòng điện do điện dung của dây dẫn I_{ngC} (xác định theo biểu thức 2.5):

$$I_{ng} = \sqrt{I_{ngR}^2 + I_{ngC}^2} \quad (2.6)$$

2. Mạng điện ba pha

Xét trường hợp người chạm vào một cực của mạng ba pha (Hình 2.3):

Gọi U là điện áp dây; $R_1=R_2=R_3=R_c$ là điện trở cách điện của các pha so với đất; $C_1=C_2=C_3=C$ là điện dung của các pha đối với đất. Nếu bỏ qua điện dung C và điện trở nền R_n thì dòng điện qua người được xác định bằng biểu thức:

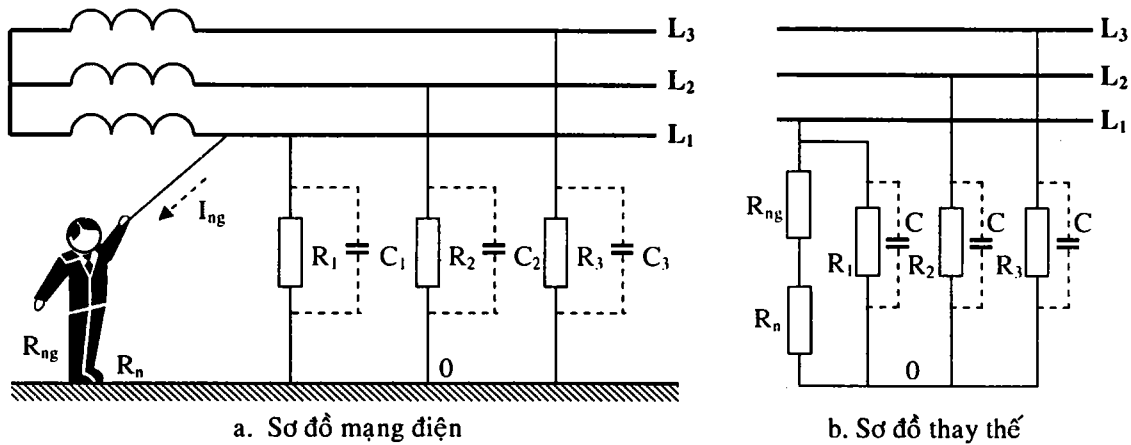
$$I_{ng} = \frac{U}{\sqrt{3}R_{ng} + \frac{R_c}{\sqrt{3}}} \quad (2.7)$$

Trường hợp $R_1 \neq R_2 \neq R_3$ thì (2.7) trở thành:

$$I_{ng} = U \frac{R_1 \sqrt{R_2^2 + R_2 R_3 + R_3^2}}{R_{ng} (R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1) + R_1 R_2 R_3} \quad (2.8)$$

Trường hợp kể đến điện dung C thì (2.7) trở thành:

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}} \left(\frac{1}{\sqrt{3} \sqrt{1 + \frac{R_c (R_c + 6R_{ng})}{9(1 + R_c^2 \omega^2 C^2) R_{ng}^2}}} \right) \quad (2.9)$$



Hình 2.3. Người chạm vào một cực trong mạng ba pha

Ví dụ 2.3. Xác định trị số cần thiết của điện trở cách điện để đảm bảo yêu cầu an toàn cho người khi chạm vào một cực của mạng điện ba pha điện áp dây 400V, cách điện so với đất. Cho biết giá trị dòng điện an toàn cho phép đi qua cơ thể người là $I_{ngcp}=10mA$ và giá trị điện trở tính toán của người $R_{ng}=1000\Omega$.

Giải:

Để đảm bảo an toàn cho người thì điện trở cách điện của dây dẫn phải thỏa điều kiện:

$$R_c > R_{cmin}$$

$$R_{cmin} = \frac{\sqrt{3}U}{I_{ngcp}} - 3R_{ng} = \frac{\sqrt{3}.400}{0,01} - 3.1000 = 66280\Omega = 66,3M\Omega$$

Như vậy, đối với mạng điện ba pha điện áp dây 400V nếu điện trở cách điện của dây dẫn với đất có giá trị lớn hơn $66,3M\Omega$ thì dòng điện qua người sẽ được giới hạn ở mức độ an toàn. Đây là ưu điểm của mạng điện cách điện với đất so với mạng điện có trung tính nối đất vì nếu trường hợp này xảy ra với mạng điện có trung tính nối đất thì người chịu điện áp pha bất chấp giá trị điện trở cách điện so với đất của các pha còn lại.

Tuy nhiên, cần lưu ý rằng trong thực tế đối với mạng điện trung tính cách điện với đất thì nguy hiểm cho người do điện giật vẫn tồn tại vì:

- Khi một nhóm thiết bị kết nối vào mạng điện thì điện trở cách điện tương đương của chúng đối với đất sẽ giảm giá trị cho dù cách điện của dây dẫn vẫn đảm bảo.
- Đối mạng điện có giá trị điện dung C lớn (đường dây cáp có chiều dài lớn) thì dòng điện qua người sẽ có giá trị lớn hơn nhiều so với trường hợp chỉ quan tâm đến giá trị điện trở cách điện.
- Không thể đảm bảo rằng không có hư hỏng cách điện trong một đoạn lưới của mạng cung cấp điện.

Ví dụ 2.4. Xác định dòng điện qua người, khi người chạm vào một cực của mạng điện ba pha điện áp dây 400V, cách điện so với đất, tần số 50Hz. Cho biết giá trị điện trở cách điện của dây dẫn so với đất $R_c=66,3M\Omega$, giá trị điện dung $C=10\mu F$ và giá trị điện trở tính toán của người $R_{ng}=1000\Omega$.

Giải:

Giá trị dòng điện qua người:

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}} \left(\frac{1}{\sqrt{3} \sqrt{1 + \frac{R_c(R_c + 6R_{ng})}{9(1 + R_c^2\omega^2C^2)}R_{ng}^2}} \right)$$

$$I_{ng} = \frac{400}{1000} \left(\frac{1}{\sqrt{3} \sqrt{1 + \frac{66,3 \cdot 10^6 (66,3 \cdot 10^6 + 6 \cdot 1000)}{9[1 + (66,3 \cdot 10^6)^2 314^2 (10 \cdot 10^{-6})^2] 1000^2}}} \right)$$

$$I_{ng} = 0.0437A = 43,7mA$$

Như vậy, khi xét đến điện dung C thì dòng điện qua người có giá trị tăng cao gấp 4,37 lần so với giá trị dòng điện qua người ở ví dụ 2.3 và đã đạt đến mức có thể gây nguy hiểm cho người.

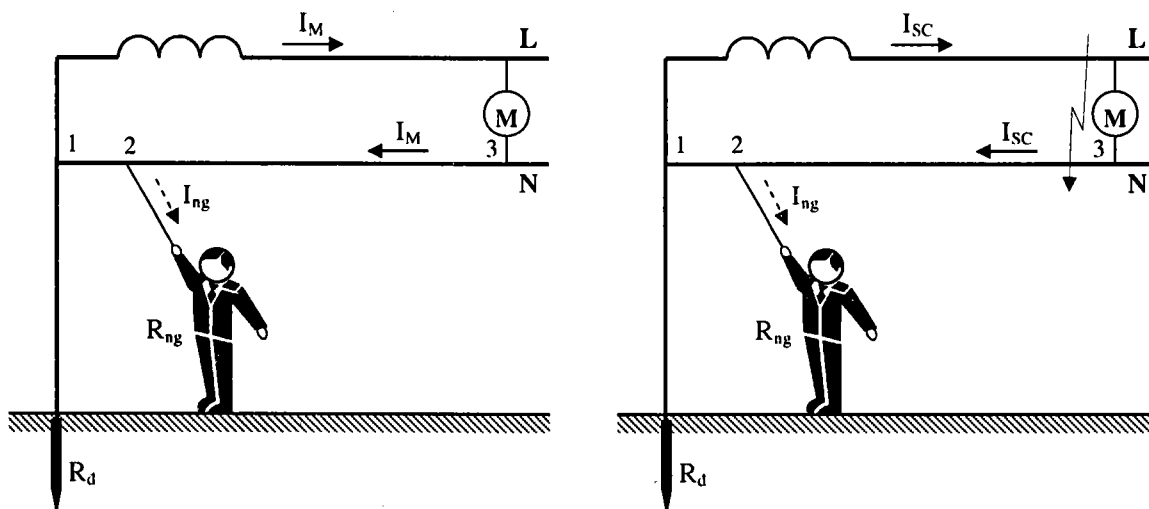
Đối với mạng điện một chiều, điện dung C được bỏ qua khi xác định giá trị dòng điện qua người.

2.2. MẠNG ĐIỆN NỐI ĐẤT

1. Mạng điện một pha

Mạng điện nối đất có hai dây dẫn thường là các mạng cung cấp điện cho các máy hàn, mạng các đèn di động, các máy biến áp đo lường một pha.

a. Người chạm vào dây trung tính của mạng điện



a. Trường hợp làm việc bình thường

b. Trường hợp xuất hiện sự cố

Hình 2.4. Người chạm vào một điểm của dây nối đất

Gọi I là dòng điện làm việc lúc bình thường, phân bố điện áp trên dây dẫn có nối đất N (dây trung hoà) có dạng tuyến tính theo chiều dài. Điện áp so với đất có giá trị cực tiểu tại điểm 1 ($U_{min}=U_1=0$) và có giá trị cực đại tại điểm 3 ($U_{max}=U_3=R_{13} \cdot I$). Khi người chạm vào điểm 2 trên dây dẫn có nối đất (Hình 2.4.a), người sẽ chịu điện áp U_{ng} và giá trị này được xác định theo biểu thức sau:

$$U_{ng} = U_2 = \frac{R_{12}}{R_{13}} U_{max} = \frac{L_{12}}{L_{13}} U_{max}$$

Điện áp U_2 đạt giá trị cực đại khi người chạm vào điểm 3. Tuy nhiên, giá trị điện áp cực đại này chỉ vào khoảng 2,5%U và không có khả năng gây nguy hiểm cho người.

Khi xảy ra ngắn mạch tại điểm 3 (Hình 2.4.b), dòng điện ngắn mạch I_{sc} có giá trị rất lớn. Điều này dẫn đến U_{ng} có giá trị lớn nhất và có thể gây nguy hiểm cho người:

$$U_{ng} = U_3 = I_{sc} R_{13} \approx \frac{U}{2} \quad (2.10)$$

Trường hợp này, thiết bị bảo vệ cần nhanh chóng cắt nhanh để bảo vệ an toàn cho người.

Ví dụ 2.5. Mạng điện một pha 220V, cung cấp cho một tải bằng cáp đơn lõi dài $L=100m$, bọc cách điện bằng PVC có điện trở trên một đơn vị chiều dài $r_0=0,1m\Omega/m$, điện kháng trên một đơn vị chiều dài $x_0=0,08m\Omega/m$. Dòng tải lúc bình thường $I_L=40A$. Đường dây được bảo vệ bằng máy cắt hạ áp có dòng tác động của rơ le từ $I_m=400A$, thời gian tác động ngắt $t_c=30ms$. Đánh giá nguy hiểm cho người khi người chạm vào dây trung hoà ở đầu cực tải lúc làm việc bình thường và lúc sự cố ngắn mạch cuối đường dây, biết rằng giá trị tính toán của điện trở người $R_{ng}=1,1k\Omega$ và giá trị cho phép của điện áp tiếp xúc $U_{T\text{cp}}=50V$?

Giải:

1. Lúc làm việc bình thường

Tổng trở của dây trung tính:

$$Z = \sqrt{r_0^2 + x_0^2} \cdot L = \sqrt{0,1^2 + 0,08^2} \cdot 100 = 12,8m\Omega = 0,0128 \Omega$$

Điện áp người khi người chạm vào dây trung hoà ở đầu cực tải:

$$U_{ng} = U_b = I_L \cdot Z = 100 \cdot 0,0128 = 1,28V$$

Vì $U_{ng} = 1,28V < U_{T\text{cp}} = 50V$, nên trường hợp này người không bị nguy hiểm cho dù máy cắt hạ áp không tác động cắt nguồn.

2. Khi sự cố ngắn mạch cuối đường dây

Điện áp người khi người chạm vào dây trung hoà ở đầu cực tải:

$$U_{ng} = \frac{U}{2} = \frac{220}{2} = 110V$$

Vì $U_{ng} = 110V < U_{T\text{cp}} = 50V$, nên trường hợp này người bị nguy hiểm.

Dòng ngắn mạch:

$$I_N = \frac{U}{2 \cdot Z} = \frac{220}{2 \cdot 0,0128} = 8594A$$

Vì $I_N > I_m$ nên máy cắt hạ áp sẽ tác động cắt ngắn mạch trong thời gian $t_c = 30ms$.

Dòng điện qua người:

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_{ng}} = \frac{110}{1,1} = 100mA$$

Ứng với $I_{ng} = 100mA$, $t_c = 30mA$, theo đồ thị vùng tác động thời gian và dòng điện lên cơ thể người (Hình 1.2, chương 1), điểm hoạt động ở vùng AC-2. Trường hợp này không gây tác hại về sinh lý nghĩa là không nguy hiểm cho người.

b. Trường hợp chạm vào dây dẫn không có nối đất của mạng điện

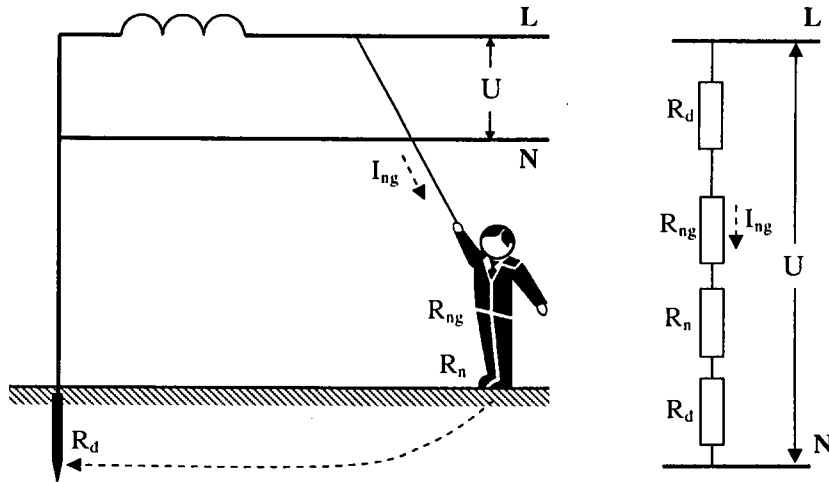
Trường hợp người chạm vào dây dẫn không nối đất L (dây pha). Lúc này toàn bộ điện áp U đặt lên người và dòng điện qua người xác định theo biểu thức:

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng} + R_n + R_d + R_d} \quad (2.11)$$

Ở đây: R_{ng} là điện trở người, R_n là điện trở nền, R_d là điện trở dây dẫn, R_d là điện trở nối đất của hệ thống.

Thường R_d và R_d có giá trị nhỏ so với R_{ng} và R_n nên có thể bỏ qua.

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng} + R_n}$$



Hình 2.5. Người chạm vào một điểm của dây không nối đất

Ví dụ 2.6. Xác định điện áp tiếp xúc khi người đứng và không đứng trên thảm cách điện có $R_n = 10k\Omega$ và chạm vào dây không nối đất của mạng điện có điện áp 240V. Cho biết điện trở người tính toán $R_{ng} = 1k\Omega$, điện trở dây dẫn có thể bỏ qua?

Giải:

1. Trường hợp người đứng trên thảm cách điện

Dòng điện qua người được xác định theo biểu thức:

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng} + R_n} = \frac{240}{1 + 10} = 21.8mA$$

Điện áp tiếp xúc cũng chính là điện áp người và được xác định theo biểu thức:

$$U_T = U_{ng} = I_{ng} \cdot R_{ng} = 21.8 \cdot 1 = 21.8V$$

Giá trị điện áp tiếp xúc này nhỏ hơn giá trị điện áp tiếp xúc cho phép $U_{Tcp} = 50V$ nên không gây nguy hiểm cho người.

2. Trường hợp người không đứng trên thảm cách điện

Dòng điện qua người được xác định theo biểu thức:

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}} = \frac{240}{1} = 240mA$$

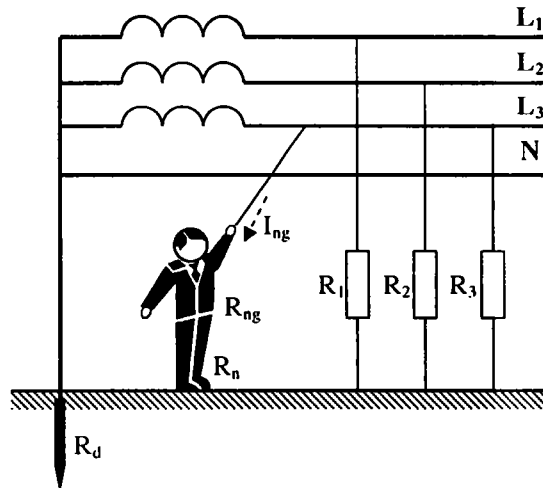
Điện áp tiếp xúc cũng chính là điện áp người và được xác định theo biểu thức:

$$U_T = U_{ng} = I_{ng} \cdot R_{ng} = 240 \cdot 1 = 240V$$

Giá trị điện áp tiếp xúc này bằng giá trị điện áp pha và lớn hơn giá trị điện áp tiếp xúc cho phép $U_{Tcp} = 50V$ nên rất nguy hiểm cho người.

2. Mạng điện ba pha

Mạng điện có trung tính trực tiếp nối đất được trình bày ở Hình 2.6.



Hình 2.6. Người chạm vào một điểm của dây pha

a. Mạng điện điện áp thấp $U \leq 1000\text{ V}$

Mạng điện ba pha có điểm trung tính cách điện với đất nguy hiểm nhất là trường hợp có một dây pha chạm đất hoặc chạm vào vỏ máy và người đứng ở đất chạm vào một trong hai dây pha còn lại. Để giảm bớt nguy hiểm trong trường hợp này, cần thực hiện nối đất điểm trung tính của nguồn cung cấp (mạng 240/400V) nhằm bảo đảm cho thiết bị điện bảo vệ (máy cắt, cầu chì) nhanh chóng cắt điện khi một pha chạm đất.

Nhược điểm chính của mạng điện có trung tính trực tiếp nối đất là trường hợp làm việc bình thường người chạm phải một dây pha, dòng điện qua người tương đối lớn.

$$I_{ng} = \frac{U}{\sqrt{3}(R_{ng} + R_d + R_n)} \tag{2.13}$$

Ở đây: R_{ng} là điện trở người; R_d là điện trở nối đất của điểm trung tính; R_n là điện trở của nền dưới chân người; U là điện áp dây.

Nếu nối đất tốt ($R_d \approx 0$) và sàn nền đất ướt ($R_n \approx 0$) thì dòng điện đi qua người sẽ là:

$$I_{ng} \approx \frac{U}{\sqrt{3}R_{ng}} \tag{2.14}$$

Đối với mạng điện trung tính nối đất, cho dù điện trở cách điện của các pha đối với đất là rất lớn ($R_1 = R_2 = R_3 = R_{cd}$) thì vẫn không làm giảm được dòng điện đi qua người và điện áp mà người phải chịu là điện áp pha rất nguy hiểm.

Trường hợp người chạm vào dây pha và dây trung tính, dòng điện qua người:

$$I_{ng} = \frac{U}{\sqrt{3}R_{ng}} \tag{2.15}$$

Trường hợp nguy hiểm nhất là người chạm vào hai dây pha, dòng điện qua người:

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}} \tag{2.16}$$

b. Mạng điện có điện áp cao $U > 1000\text{ V}$

- Đối với lưới điện có điện áp $U \geq 110\text{ kV}$, về mặt an toàn, trung tính được trực tiếp nối đất có lợi là khi chạm đất một pha, mạch bảo vệ sẽ cắt ngay sự cố nên giảm thời gian tồn tại của điện áp giáng ngay chỗ chạm đất. Do đó, giảm được xác suất nguy hiểm đối với người làm việc gần đó. Nhược điểm của mạng điện trung tính trực tiếp nối đất là dòng ngắn mạch chạm đất lớn.

- Đối với mạng điện có điện áp $U \leq 35$ kV, điểm trung tính ít khi nối đất trực tiếp, thường cách điện và nối đất qua cuộn dập hồ quang.

Khi nối đất qua cuộn dập hồ quang, về mặt an toàn nó có tác dụng giảm dòng điện qua chỗ chạm đất nên giảm được điện áp quanh chỗ chạm đất.

2.3. CÁC BIỆN PHÁP BẢO VỆ

Qua các phân tích nêu trên, nhận thấy khi tiếp xúc với mạng điện, giá trị dòng điện qua người phụ thuộc phần lớn vào cách tiếp xúc và đặc tính lưới điện.

Đặc tính lưới điện thể hiện ở: loại mạng điện (AC hay DC), tình trạng trung tính mạng (nối đất/cách điện), điện áp mạng (cao áp/hạ áp), trị số điện trở cách điện của các pha, điện dung của pha.

Cách tiếp xúc thể hiện ở: tiếp xúc với một cực hay hai cực của mạng điện, tiếp xúc trong trạng thái có hay không có trang bị dụng cụ bảo hộ an toàn (găng tay cách điện, ủng cách điện, thảm cách điện,...).

Nhằm loại trừ dòng điện qua người cần tiến hành các giải pháp nhằm chống chạm điện trực tiếp như:

- Cách điện các phần mang điện bằng các vật liệu cách điện.
- Che chắn hay bao bọc các phần mang điện.
- Rào chắn các phần mang điện.
- Đặt ra khỏi tầm với các phần mang điện.

Nhằm giảm thấp giá trị dòng điện qua người hay cắt nhanh dòng điện qua người cần tiến hành các giải pháp chống chạm điện gián tiếp như:

- Sử dụng phương pháp nối đất vô thiết bị nhằm giảm thấp điện áp tiếp xúc.
- Sử dụng phương pháp tự động ngắt nguồn.
- Sử dụng cách điện bổ sung hay cách điện cường bức.
- Cách ly: sử dụng các biện pháp cách ly để cách ly nguồn với tải.

Trong một số trường hợp cụ thể, có thể sử dụng hệ thống điện áp cực thấp để chống chạm điện trực tiếp và chạm điện gián tiếp.

CHƯƠNG 3

HỆ THỐNG NỐI ĐẤT

3.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc lựa chọn các biện pháp bảo vệ chống điện giật, chống cháy nổ hợp lý liên quan trực tiếp đến qui cách nối đất của hệ thống cung cấp điện. Dưới đây, giới thiệu các hệ thống nối đất chuẩn và qui định về dây bảo vệ PE và dây PEN.

3.2 CÁC HỆ THỐNG NỐI ĐẤT CHUẨN

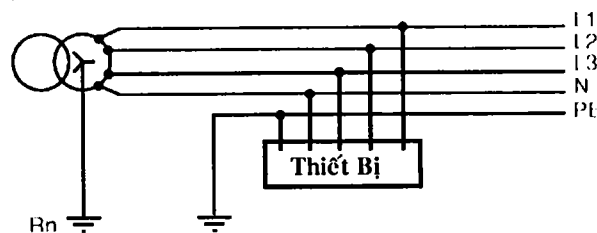
Sự lựa chọn đúng các khí cụ điện bảo vệ về thông số dòng điện, điện áp định mức, cũng như việc lựa chọn giải pháp kỹ thuật an toàn điện phụ thuộc một phần vào sự bố trí nối đất của hệ thống điện. Hệ thống điện phân phối được phân loại theo tiêu chuẩn IEC 60364-3 dựa vào cách bố trí hệ thống nối đất. Theo tiêu chuẩn này, một hệ thống điện được định nghĩa bằng hai chữ cái, đó là hệ thống điện IT, TT, TN. Bên cạnh hai chữ cái, còn dùng thêm một hoặc hai chữ cái nữa để chỉ cách bố trí dây trung tính và dây bảo vệ, chẳng hạn hệ thống điện TN-C, TN-S, TN-CS.

- Chữ cái thứ nhất thể hiện tính chất của trung tính nguồn, chỉ mối quan hệ nguồn điện và hệ thống nối đất: T - Nối đất trực tiếp (trung tính nguồn trực tiếp nối đất - "Terrestrial"), I - Tất cả các phần mang điện cách ly với đất hoặc một điểm được nối đất thông qua một trở kháng (trung tính nguồn cách ly-"Insulated").
- Chữ cái thứ hai thể hiện hình thức bảo vệ, xác định mối quan hệ của các phần dẫn điện lộ ra ngoài của hệ thống, mạng điện lắp đặt và hệ thống nối đất: T- Nối đất trực tiếp (bảo vệ nối đất – vỏ thiết bị điện bằng kim loại được nối đến hệ thống nối đất), N- Nối trực tiếp các phần dẫn điện lộ ra ngoài bằng một dây dẫn bảo vệ với một điểm đã được nối đất của nguồn điện, thường là chính điểm trung tính (bảo vệ nối dây trung tính-vỏ thiết bị điện bằng kim loại được nối đến dây trung tính).

Trong hệ thống, mạng điện TN còn dùng thêm một hoặc hai chữ cái để định nghĩa cách bố trí dây trung tính và dây bảo vệ: C ("Combined" - PE and N (=PEN) combined in the system) - Dây trung tính N và dây bảo vệ PE (Protective Earth Conductor) chung nhau thành một dây là dây PEN (PE and N Combined), S ("Separated" - PE and N separated in the system) - Dây trung tính N và dây bảo vệ PE được tách biệt với hai chức năng riêng là dây N và dây PE, CS - Dây trung tính và dây bảo vệ chỉ kết hợp trong một vài phần của hệ thống.

1. Hệ thống TT

Trong hệ thống TT, tất cả các phần dẫn điện lộ ra ngoài (vỏ kim loại của thiết bị điện) trong hệ thống điện lắp đặt được nối với một hệ thống nối đất. Hệ thống này không nối kết về điện với đất tại nguồn cấp điện (Hình 3.1).



Hình 3.1. Hệ thống TT

Các đặc điểm của hệ thống TT là:

- Sơ đồ rất đơn giản
- Do sử dụng hai hệ thống nối đất riêng biệt nên cần lưu ý bảo vệ quá áp.
- Tiết diện dây PE có thể nhỏ hơn tiết diện dây trung tính và thường được xác định theo dòng sự cố lớn nhất có thể xảy ra.
- Trong điều kiện làm việc bình thường, trên dây PE không có sụt áp.
- Trong trường hợp hư hỏng cách điện, xung điện áp xuất hiện trên dây PE thấp và các nhiễu điện từ có thể bỏ qua.

Hệ thống TT thường được sử dụng cho mạng điện bị hạn chế về sự kiểm tra hay mạng điện có thể mở rộng, cải tạo mà mạng điện công cộng hay mạng điện khách hàng là một ví dụ.

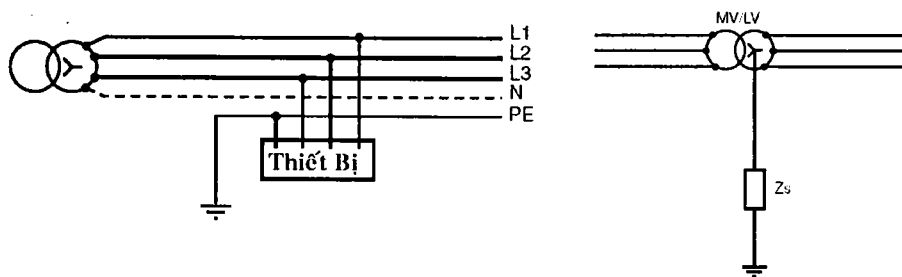
2. Hệ thống IT

Đôi khi rất khó nối đất có hiệu quả, bởi vì tổng trở mạch vòng có thể không đủ nhỏ theo yêu cầu. Giới hạn dòng điện sự cố trong hệ thống IT đạt được bằng cách bỏ nối đất từ nguồn (trung tính cách ly – Hình 3.2.a), hay bằng cách nối điện trở $1\div 2k\Omega$ (Hình 3.2.b) vào giữa đường dây trung tính và hệ thống nối đất.

Các đặc điểm của hệ thống IT là:

- Vỏ các thiết bị điện và vật dẫn tự nhiên của toà nhà được nối với điện cực nối đất riêng.
- Tiết diện dây PE có thể nhỏ hơn tiết diện dây trung tính và thường được xác định theo dòng sự cố lớn nhất có thể xảy ra.
- Trong điều kiện làm việc bình thường, trên dây PE không có sụt áp.
- Giảm ngưỡng quá áp khi xuất hiện sự cố chạm từ cuộn cao sang cuộn hạ của máy biến áp nguồn.
- Khi hư hỏng cách điện, dòng sự cố thứ nhất thường thấp và không gây nguy hiểm.
- Khi sự cố thứ hai xảy ra trên pha khác, nó sẽ tạo nên dòng ngắn mạch và gây nguy hiểm. Vì vậy, cần sử dụng thiết bị bảo vệ có thể vận hành khi sự cố hai điểm hay lắp đặt thiết bị kiểm soát cách điện. Thiết bị này sẽ theo dõi và chỉ thị điểm sự cố thứ nhất nhằm giúp định vị và loại trừ nó.

Hệ thống IT thường được sử dụng khi yêu cầu độ tin cậy cung cấp điện cao mà mạng cấp điện cho các thiết bị xử lý thông tin là một ví dụ.



a. Trung tính cách điện

b. Trung tính nối đất qua tổng trở Z_s

Hình 3.2. Hệ thống IT

3. Hệ thống TN

Trong hệ thống TN, mạch vòng sự cố bao gồm toàn bộ các phần dẫn điện, do đó có thể tránh trị số cao của điện trở nối đất. Điểm trung tính của nguồn điện được nối đất trực tiếp, các phần dẫn

điện lộ ra ngoài của hệ thống có thể được nối với một dây bảo vệ riêng (Hệ thống TN-S/ Hình 3.3) hay kết nối dây bảo vệ với dây trung tính (Hệ thống TN-C/ Hình 3.4 hay TN-CS/ Hình 3.5).

Trong hệ thống TN-S, dây trung tính và dây bảo vệ là riêng biệt.

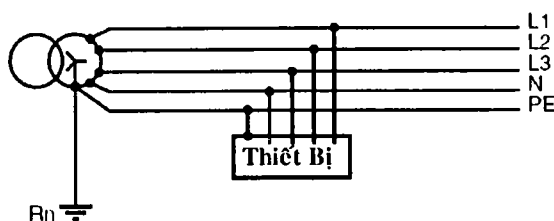
Các đặc điểm của hệ thống TN-S là:

- Dòng sự cố và điện áp tiếp xúc lớn nên cần trang bị thiết bị bảo vệ tự động ngắt nguồn khi có sự cố hỏng cách điện.
- Dây PE tách biệt với dây trung tính, không được nối đất lặp lại và tiết diện dây PE thường được xác định theo dòng sự cố lớn nhất có thể xảy ra.
- Trong điều kiện làm việc bình thường, không có sụt áp và dòng điện trên dây PE nên tránh được hiểm họa cháy và nhiễu điện từ.

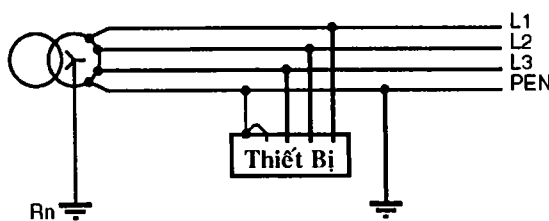
Trong hệ thống TN-S, dây trung tính và dây bảo vệ là riêng biệt.

Các đặc điểm của hệ thống TN-S là:

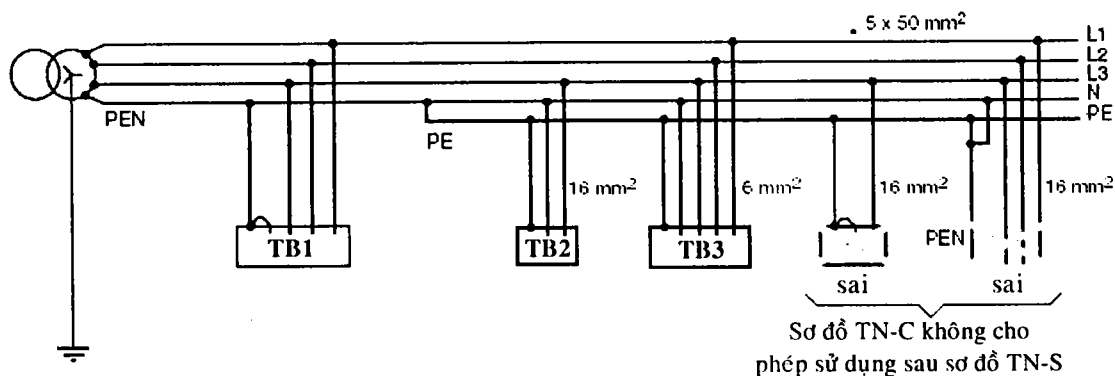
- Dòng sự cố và điện áp tiếp xúc lớn nên cần trang bị thiết bị bảo vệ tự động ngắt nguồn khi có sự cố hỏng cách điện.
- Dây PE tách biệt với dây trung tính, không được nối đất lặp lại và tiết diện dây PE thường được xác định theo dòng sự cố lớn nhất có thể xảy ra.
- Trong điều kiện làm việc bình thường, không có sụt áp và dòng điện trên dây PE nên tránh được hiểm họa cháy và nhiễu điện từ.



Hình 3.3. Hệ thống TN-S



Hình 3.4. Hệ thống TN-C



Hình 3.5. Hệ thống TN-C-S

Đây là hệ thống bắt buộc đối với mạch sử dụng dây/cáp bằng đồng có tiết diện nhỏ hơn 10mm^2 hay dây/cáp bằng nhôm có tiết diện nhỏ hơn 16mm^2 hay các thiết bị điện di động và thường được sử dụng cho mạng điện được theo dõi kiểm tra thường xuyên hay mạng điện không mở rộng hay cải tạo.

Trong hệ thống TN-C, dây trung tính và dây bảo vệ là một và gọi chung là dây PEN.

Các đặc điểm của hệ thống TN-C là:

- Sử dụng nhiều điểm nối đất lặp lại để đảm bảo dây PEN được tiếp đất trong mọi trường hợp.
- Dòng sự cố và điện áp tiếp xúc lớn nên cần trang bị thiết bị bảo vệ tự động ngắt nguồn khi có sự cố hỏng cách điện.
- Trong điều kiện làm việc bình thường, vỏ thiết bị, đất và trung tính có cùng điện thế.
- Khi hư hỏng cách điện, dòng sự cố gây độ sụt áp nguồn, nhiễu điện từ lớn và khả năng gây cháy cao.
- Trường hợp tải không đối xứng, trong dây PEN sẽ xuất hiện dòng điện. Dòng điện này có thể gây nhiễu cho các máy tính hay các hệ thống thông tin.

Hệ thống TN-C thường được sử dụng cho mạng điện không cải tạo hay mở rộng và có tiết diện dây/cáp lớn hơn 10mm^2 đối với đồng và lớn hơn 16mm^2 đối với nhôm.

Hệ thống TN-C-S là hệ thống kết hợp giữa hệ thống TN-C (trước) và TN-S (sau). Trường hợp này, điểm phân dây PE tách từ dây PEN thường là điểm đầu của lưới. Lưu ý rằng, sơ đồ TN-C không bao giờ được sử dụng sau sơ đồ TN-S.

Không sử dụng hệ thống TN-C và TN-C-S cho các công trình mà khả năng cháy và khả năng lây nhiễm nhiễu điện từ cao.

Trong thực tế việc chọn loại hệ thống đất thường căn cứ vào các yêu cầu sau:

- An toàn chống điện giật
- An toàn chống hoả hoạn do điện
- Bảo vệ chống quá áp
- Bảo vệ chống nhiễu điện từ
- Liên tục cung cấp điện

Bảng 3.1. trình bày phạm vi ứng dụng của các hệ thống nối đất theo loại mạng điện, loại tải và tính chất thiết bị.

4. Qui định về dây bảo vệ PE và PEN

Dây PE là dây liên kết các vật dẫn tự nhiên và các vỏ kim loại không có điện của các thiết bị điện để tạo lưới đẳng áp. Các dây này dẫn dòng sự cố do hư hỏng cách điện (giữa pha và vỏ thiết bị) tới điểm trung tính nối đất của nguồn. Dây PE sẽ được nối vào đầu nối đất chính của mạng. Đầu nối đất chính sẽ được nối với các điện cực nối đất qua dây nối đất.

Dây PE cần được bọc và thường có màu vàng sọc xanh lục. Trên dây PE, không được chứa đựng bất kỳ hình thức hay thiết bị đóng cắt nào. Trong sơ đồ nối đất dạng IT và TN, dây PE nên đặt gần dây pha (trong cùng ống dây cáp hay khay cáp, cùng với các dây pha) nhằm đảm bảo đạt được giá trị cảm kháng nhỏ nhất trong mạch có sự cố chạm đất.

Dây PEN có chức năng của dây trung tính và dây bảo vệ. Dây PEN không được sử dụng cho cáp di động và tiết diện của nó cũng không được nhỏ hơn giá trị cần thiết của dây trung tính.

Bảng 3.2 trình bày cách chọn lựa tiết diện dây PE và dây PEN theo phương pháp đơn giản hoá và phương pháp đẳng trị nhiệt theo tiêu chuẩn IEC 742. Phương pháp đơn giản hoá có liên quan đến kích cỡ dây pha với giả sử là cùng một loại vật liệu. Phương pháp đẳng trị nhiệt thường được sử dụng trong thực tế để xác định tiết diện dây bảo vệ và dây nối đất. Hệ số K trong

phương pháp này phụ thuộc loại vật liệu của dây PE, dạng của cách điện, nhiệt độ ban đầu và nhiệt độ cuối cùng. Hệ số K có thể tra theo Bảng 3.3 hay xác định theo công thức sau:

$$K = \sqrt{\frac{Q_c (B + 20)}{\rho_{20}} I_n \left(1 + \frac{\theta_f - \theta_i}{B + \theta_i}\right)}$$

Ở đây: Q_c là nhiệt dung trên một đơn vị thể tích của vật liệu dây dẫn ($J/^\circ C.mm^3$); B là giá trị nghịch đảo của điện trở suất dây dẫn ở $0^\circ C$; ρ_{20} là điện trở suất dây dẫn ở $20^\circ C$ ($\Omega.mm$); θ_i là nhiệt độ ban đầu của dây dẫn ($^\circ C$); θ_f là nhiệt độ cuối cùng của dây dẫn ($^\circ C$); I_n là dòng điện định mức của dây dẫn.

Bảng 3.1. Phạm vi ứng dụng của các hệ thống nối đất

Loại mạng điện		Khuyến dùng	Có thể sử dụng	Không sử dụng
Mạng điện rất lớn với điện trở nối đất phần vật dẫn không được che chắn có giá trị $R < 10\Omega$			TT, TN, IT hay hỗn hợp	
Mạng điện rất lớn với điện trở nối đất phần vật dẫn không được che chắn có giá trị $R > 30\Omega$		TN	TT	IT, TN-C
Mạng truyền hình, truyền thanh		TN	TT	IT
Mạng điện với dòng rò lớn ($>500mA$)		TN	IT, TT	
Mạng ngoài trời với đường dây trên không		TT	TN	IT
Máy phát điện dự phòng		IT	TT	TN
Loại tải				
Tải nhạy cảm với dòng sự cố lớn (động cơ,...)		IT	TT	TN
Tải với mức cách điện thấp (lò điện, máy hàn, thiết bị sưởi,.....)		TN	TT	IT
Thiết bị một pha sử dụng điện áp L-N (thiết bị di động, bán di động, xách tay)		TT, TN-S		IT, TN-C
Tải với mức gây nguy hiểm cao (băng chuyền, cầu trục,...)		TN	TT	IT
Máy công cụ		TN-S	TN-C, IT	TT
Các loại khác				
Mạng cấp điện từ máy biến áp nối sao-sao		TT	IT không có dây N	IT có dây N
Công trình dễ cháy		IT	TN-S, TT	TN-C
Mạng điện với trạm biến áp khách hàng		TT		
Mạng điện với máy biến tần		TT		TN, IT
Mạng điện với việc liên mạch nối đất không đảm bảo (khu vực làm việc, công trình cũ...)		TT	TN-S	TN-C, IT
Thiết bị điện tử		TN-S	TT	TN-C
Mạng điều khiển thiết bị, cảm biến PLC và thiết bị chấp hành		IT	TN-S, TT	

Ví dụ 3.1. Xác định tiết diện tối thiểu của dây PE trong mạng điện hạ áp sử dụng cáp đơn lõi CV của Cadivi, lõi bằng đồng, có vỏ bọc cách điện PVC. Biết dòng điện ngắn mạch chạm đất $I=25kA$, thời gian cắt ngắn mạch của thiết bị máy cắt hạ áp $t_c=30ms$.

Giải: Theo phương pháp đẳng trị nhiệt, tiết diện tối thiểu của dây PE được xác định theo biểu thức:

$$S_{PE} = \frac{I\sqrt{t}}{K} = \frac{25000\sqrt{0.03}}{143} = 30,3 \text{ mm}^2$$

Chọn dây PE có tiết diện tiêu chuẩn 35mm².

Bảng 3.2. Tiết diện dây PE và dây PEN

Tiết diện dây pha S _{ph} (mm ²)		Tiết diện dây PE	Tiết diện dây PEN	Tiết diện dây nối đất
Phương pháp đơn giản hoá	Cu			
	≤16	≤16	S _{PE} = S _{ph} với tiết diện dây nhỏ nhất 10mm ² (Cu) và 16mm ² (Al)	Khi có bảo vệ cơ: $S_{PE} = \frac{I\sqrt{t}}{K}$ (2)
		25		
	25, 35	35	S _{PE} = S _{ph} /2 tới S _{ph} ⁽²⁾ với tiết diện dây nhỏ nhất 10mm ² (Cu) và 25mm ² (Al)	Khi không có bảo vệ cơ song có bảo vệ chống ăn mòn nhờ vỏ. Tiết diện nhỏ nhất 16mm ² cho Cu hay thép mạ.
	>35	>35		
Phương pháp đẳng trị nhiệt	Bất kỳ kích cỡ nào		$S_{PE} = \frac{I\sqrt{t}}{K}$ (1), (2)	Không có cả hai bảo vệ trên: tiết diện bé nhất 25mm ² (Cu) và 50mm ² cho thép mạ

(1): Khi dây PE nằm xa dây pha, các giá trị min cần được tuân thủ nghiêm ngặt: 2.5mm² nếu dây PE có được bảo vệ cơ, 4mm² nếu dây PE không được bảo vệ cơ.

(2): Xem Bảng 3.3 để xác định giá trị K, I (A) dòng ngắn mạch chạm đất, t(s) thời gian tồn tại I

Bảng 3.3. Giá trị K cho dây PE theo tiêu chuẩn IEC 724

Giá trị K (A.s ^{-0.5} /mm ²)	Vỏ bọc cách điện	
	PVC	XLPE, EPR
Nhiệt độ cuối cùng (°C)	160	250
Dây bọc không đặt chung với cáp hay dây trần tiếp xúc với vỏ cáp	Nhiệt độ ban đầu: 30°C	Nhiệt độ ban đầu: 30°C
Đồng	143	176
Nhôm	95	116
Thép	52	64
Dây dẫn trong cáp nhiều lõi	Nhiệt độ ban đầu: 30°C	Nhiệt độ ban đầu: 30°C
Đồng	115	143
Nhôm	76	94

3.3. ĐIỆN TRỞ SUẤT CỦA ĐẤT

Điện trở suất của đất là yếu tố chủ yếu, quyết định điện trở tản của cực nối đất. Điện trở suất của đất là điện trở của một khối lập phương đất mỗi cạnh dài 1cm. Đơn vị điện trở suất của đất là Ωm (hay Ωcm).

Điện trở suất của các loại đất khác nhau biến thiên trong phạm vi rất rộng và phụ thuộc vào: cấu tạo chất đất, độ ẩm của đất, nhiệt độ, độ dính giữa các hạt đất, sự hiện diện của các thành phần kim loại, muối, acid...

Trong tính toán sơ bộ có thể sử dụng các trị số gần đúng của điện trở suất ρ của một số loại đất (Bảng 3.4).

Điện trở suất của đất ρ có thể xác định máy đo điện trở nối đất trên cơ sở phép đo 4 cực, trình bày ở Hình 3.6. Trong phương pháp đo này, cọc 1 là cọc đất (E), cọc 2 là cọc trung gian (ES), cọc 3 là cọc dò (S), cọc 4 là cọc phụ (H). Khoảng cách a giữa các cọc có thể chọn trong khoảng từ 2÷20m. Điện trở suất của đất xác định theo biểu thức:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{(a^2 + b^2)}} - \frac{2a}{\sqrt{(4a^2 + 4b^2)}}} \tag{3.1}$$

Ở đây: ρ là điện trở suất của đất (Ωm), a là khoảng cách giữa các cọc (m), b là chiều sâu cọc chôn trong đất (m).

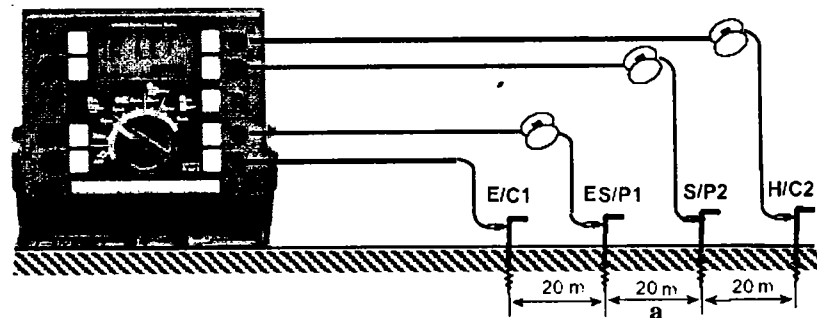
Trường hợp $a > 20b$ thì có thể sử dụng công thức đơn giản sau:

$$\rho = 2\pi a R \tag{3.2}$$

Trong thực tế, để có giá trị điện trở suất của đất ρ tương đối chính xác, cần thực hiện phép đo nêu trên nhiều lần (đo theo phương dọc và phương ngang) và lấy giá trị trung bình. Vì giá trị điện trở suất của đất thay đổi theo mùa, do đó khi sử dụng công thức xác định điện trở nối đất, cần nhân giá trị điện trở suất của đất đo được với hệ số thay đổi điện trở suất K_m (còn gọi là hệ số mùa).

$$\rho_{tt} = \rho \cdot K_m \tag{3.3}$$

Ở đây: ρ_{tt} là giá trị điện trở suất tính toán của đất, ρ là giá trị điện trở suất của đất đo được, K_m là hệ số mùa tra ở Bảng 3.5.



Hình 3.6. Đo điện trở suất của đất.

3.4. LOẠI NỐI ĐẤT

Có hai loại nối đất: nối đất tự nhiên và nối đất nhân tạo.

a. Nối đất tự nhiên

Nối đất tự nhiên là trang thiết bị nối đất sử dụng các ống dẫn nước chôn ngầm trong đất hay các ống bằng kim loại khác đặt trong đất (trừ các ống nhiên liệu lỏng và khí dễ cháy, nổ), các kết cấu kim loại của công trình nhà cửa có nối đất, các vỏ bọc kim loại của cáp đặt trong đất.

Khi xây dựng trang bị nối đất cần phải tận dụng các vật nối đất tự nhiên có sẵn. Tuy nhiên, hiện nay nhằm tăng mức độ dự trữ an toàn và do các trang thiết bị nối đất tự nhiên không được

kiểm tra chặt chẽ về chất lượng nên nối đất tự nhiên chỉ được coi là nối đất bổ sung chứ không phải là nối đất chính. Điện trở nối đất tự nhiên này được xác định bằng cách đo thực tế tại chỗ hay dựa theo các tài liệu để tính toán gần đúng.

b. Nối đất nhân tạo

Nối đất nhân tạo được sử dụng để đảm bảo giá trị điện trở nối đất nằm trong giới hạn cho phép và ổn định trong thời gian dài.

Nối đất nhân tạo thường được thực hiện bằng cọc thép, thanh thép dẹp hình chữ nhật hay hình thép góc dài 2÷3m đóng sâu xuống đất, sao cho đầu trên của chúng cách mặt đất khoảng 0,5÷0,8m.

Các thanh thép dẹp chiều dài không nhỏ hơn 4m và tiết diện không nhỏ hơn 48mm² cho các trang thiết bị có điện áp đến 1000V và không nhỏ hơn 100mm² cho trang thiết bị có điện áp lớn hơn 1000V.

Đặc điểm của trang thiết bị nối đất kiểu cũ và kiểu mới được trình bày ở Bảng 3.6.

Bảng 3.4. Trị số điện trở suất ρ của đất

Loại đất	Giá trị điện trở suất giới hạn (Ωm)	Giá trị điện trở suất khi thiết kế (Ωm)
- Nước biển	0,15 ÷ 0,25	0,2
- Đất đen	5 ÷ 100	8
- Đất sét ẩm	2 ÷ 12	10
- Nước sông, ao hồ	10 ÷ 500	20
- Đất pha sét	20 ÷ 200	30
- Đất vườn, đất ruộng	20 ÷ 100	40
- Bê tông	40 ÷ 1000	100
- Đất khô	20 ÷ 1000	100
- Đất pha cát	300 ÷ 500	400
- Than	1000 ÷ 5000	2000
- Đất đá nhỏ	1000 ÷ 50000	3000
- Cát	1000 ÷ 10000	3000
- Đất đá lớn	10000 ÷ 50000	20000

Bảng 3.5. Hệ số thay đổi điện trở suất của đất theo mùa K_m

Hình thức nối đất	Độ sâu đặt bộ phận nối đất (m)	Hệ số thay đổi điện trở suất	Ghi chú
Tia (thanh) đặt nằm ngang	0,5 0,8÷1	1,4÷1,8 1,25÷1,45	Trị số ứng với loại đất khô (đo vào mùa khô)
Cọc đóng thẳng đứng	0,8	1,2÷1,4	Trị số lớn ứng với đất ẩm (đo vào mùa mưa)

3.5. CÁC KIỂU NỐI ĐẤT

Tùy theo cách bố trí các điện cực nối đất mà phân biệt nối đất tập trung hay nối đất mạch vòng (Hình 3.7).

- Nối đất tập trung: thường dùng nhiều cọc đóng xuống đất và nối với nhau bằng các thanh ngang hay cáp đồng trần. Khoảng cách giữa các cọc thường bằng hai lần chiều

dài cọc để loại trừ hiệu ứng màn che (hiệu ứng làm giảm khả năng tản dòng chạm đất của một cọc vào vùng đất lân cận cọc). Trong trường hợp khó khăn về mặt bằng thi công thì khoảng cách này không nên nhỏ hơn chiều dài cọc. Nối đất tập trung thường chọn nơi đất ẩm, điện trở suất thấp, ở xa công trình.

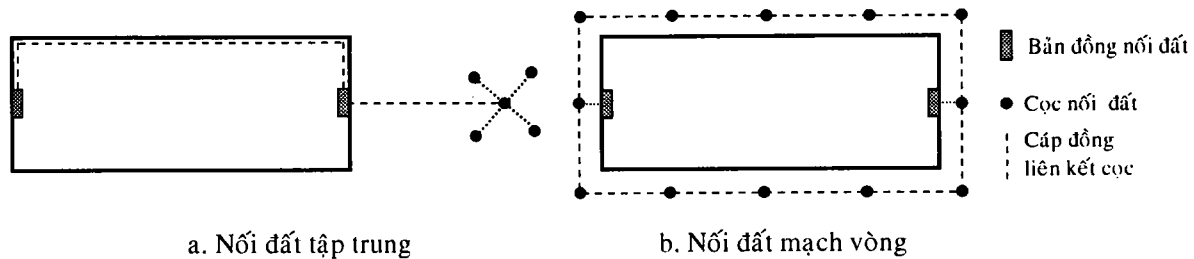
- Nối đất mạch vòng: các điện cực nối đất được đặt theo chu vi công trình cần bảo vệ (cách mép ngoài từ 1÷1,5m) khi phạm vi công trình rộng. Nối đất mạch vòng còn đặt ngay trong khu vực công trình. Nối đất mạch vòng nên dùng ở các trang thiết bị có điện áp trên 1000V, dòng điện chạm đất lớn.

Về vấn đề thi công hệ thống nối đất cần chú ý đến các điểm sau:

- Các cọc nối đất (thanh nối đất) bằng sắt hay thép trước khi đặt xuống đất đều phải đánh sạch gỉ, không sơn. Ở nơi có khả năng ăn mòn kim loại, phải dùng sắt tráng kẽm hay cọc thép bọc đồng.
- Đường dây nối đất chính đặt ở ngoài nhà phải chôn sâu 0,5÷0,7m, ở trong nhà đặt trong rãnh hoặc đặt nối theo tường, sao cho việc kiểm tra thiết bị được thuận tiện.
- Dây nối đất chính được nối vào bảng đồng nối đất, các trang thiết bị điện được nối với bảng đồng nối đất bằng một đường dây nhánh. Cấm mắc nối tiếp các trang thiết bị điện vào dây nối đất chính.

Bảng 3.6. Đặc điểm của trang thiết bị nối đất kiểu cũ và kiểu mới

<i>Thiết bị kiểu cũ</i>	<i>Thiết bị kiểu mới</i>
- Ống kim loại $\phi = 35\div 50\text{mm}$, $d = 3\div 5\text{mm}$, $l = 2\div 3\text{m}$. - Thanh thép dẹt $d \geq 4\text{mm}$, $S \geq 48\text{mm}^2$ - Cáp đồng trần $S \geq 25\text{mm}^2$	- Cọc đồng lõi thép $\phi = 13\div 16\text{mm}$, $d = 1,4; 2,4; 3\text{m}$ - Cọc mạ lõi thép $\phi = 13\div 16\text{mm}$, $d = 1; 1,5; 3\text{m}$ - Bảng đồng $50\text{mm} \times 0,5\text{mm}$ - Cáp đồng trần $S \geq 25\text{mm}^2$ - Lưới đồng trần - Bản đồng trần
- Liên kết giữa cọc và cáp + Kẹp kim loại + Hàn điện + Hàn gió đá.	- Liên kết giữa cọc và cáp + Ốc xiết cáp + Hàn hóa nhiệt
- Cải tạo đất + Than + muối.	- Cải tạo đất + Hóa chất giảm điện trở đất: không ăn mòn điện cực, không bị phân hủy theo thời gian, ổn định điện trở đất
- Bảng đồng nối đất	- Bảng đồng nối đất
- Hộp bê tông kiểm tra nối đất	- Hộp kiểm tra nối đất bằng nhựa tổng hợp



Hình 3.7. Các kiểu nối đất

3.6. ĐIỆN TRỞ NỐI ĐẤT

Điện trở nối đất phụ thuộc vào điện trở suất của đất, hình dạng kích thước điện cực, độ ẩm của đất và độ chôn sâu trong đất.

1. Xác định điện trở của hệ thống nối đất

a. Hệ thống nối đất đơn giản

Công thức xác định điện trở của hệ thống nối đất đơn giản trình bày ở Bảng 3.7.

Trường hợp ở những vùng có điện trở suất của đất cao và diện tích lắp đặt hệ thống nối đất bị hạn chế thì có thể sử dụng hệ thống nối đất chôn sâu với chiều dài cọc nối đất có thể đạt đến 20m hay hơn nữa.

Điện trở của cọc nối đất chôn sâu đặt thẳng đứng, với giả thiết đất có cấu tạo gồm hai lớp đất có điện trở suất khác nhau, được xác định theo biểu thức:

$$R_c = \frac{1}{2\pi \left[\frac{h}{\rho_1} + (L-h) \frac{1}{\rho_2} \right]} \cdot \ln\left(\frac{4L}{d}\right) \quad (3.4)$$

Ở đây: ρ_1, ρ_2 lần lượt là điện trở suất của lớp đất trên và lớp đất dưới (Ωm); h là chiều dày của lớp đất trên (Ω); L là chiều dài cọc nối đất (m); d là đường kính cọc nối đất (m).

b. Hệ thống nối đất hỗn hợp

- Hệ thống nối đất gồm n cọc chôn thẳng đứng R_c :

$$R_c = \frac{r_c}{n \cdot \eta_c} \quad \Omega \quad (3.5)$$

Ở đây: r_c là điện trở nối đất của một cọc nối đất; n là số cọc nối đất; η_c là hệ số sử dụng cọc chôn thẳng đứng (Bảng 3.8).

- Hệ thống nối đất gồm thanh (dây) đặt nằm ngang nối các cọc chôn thẳng đứng R_{th} :

$$R_{th} = \frac{r_t}{\eta_{th}} \quad \Omega \quad (3.6)$$

Ở đây: r_t là điện trở của thanh (dây) nối đất đặt nằm ngang; η_{th} là hệ số sử dụng thanh (dây) nối đất đặt nằm ngang nối các cọc chôn thẳng đứng (Bảng 3.8).

Lưu ý: Nếu bố trí các thanh (dây) theo các hình dạng có sẵn trình bày trong Bảng 3.7 thì trong công thức xác định điện trở nối đất của các thanh (dây) đã kể đến sự tương tác giữa các thanh (dây). Vì vậy, trong công thức (3.6), $\eta_{th} = 1$.

- Hệ thống nối đất gồm các cọc và thanh (dây) kết hợp R_{HT} :

$$R_{HT} = \frac{R_c \cdot R_{th}}{R_c + R_{th}} \quad \Omega \quad (3.7)$$

Ở đây: R_c, R_{th} lần lượt là điện trở nối đất của hệ thống cọc và hệ thống thanh (dây) nối đất.

Để xác định chính xác điện trở nối đất R_{HT} , sau khi thi công xong cần tiến hành đo lường R_{HT} cho cả hệ thống.

2. Phương pháp và dụng cụ đo điện trở nối đất

Điện trở nối đất cần đo là tổng điện trở kết cấu nối đất nằm trong đất và điện trở dây dẫn nối đất. Điện trở nối đất được xác định bằng tỉ số điện áp đặt vào kết cấu nối đất so với đất và dòng điện đi qua kết cấu nối đất vào đất.

Điện trở nối đất có thể biến đổi theo thời gian và thời tiết, do đó nên đo vào mùa khô, khi đó điện trở suất của đất là lớn nhất.

Điện trở nối đất được đo bằng nhiều phương pháp khác nhau như:

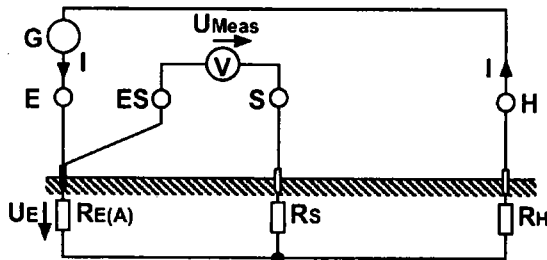
a. Phương pháp dùng Ampe kế và Volt kế

Phương pháp dùng Ampe kế và Volt kế để đo điện trở nối đất được trình bày ở Hình 3.8 và Hình 3.9.

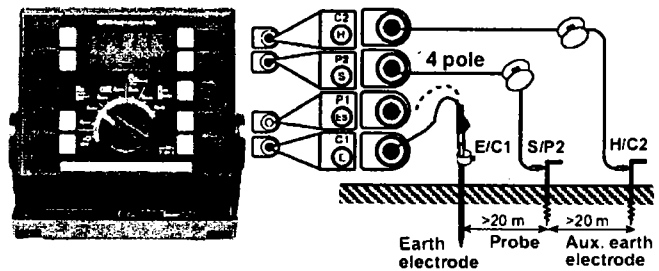
Kết cấu nối đất cần đo có điện trở nối đất là R_E , cọc nối đất phụ là cọc H, cọc dò là cọc S. Khoảng cách giữa các cọc S và H, giữa cọc S và kết cấu nối đất là 20m. Sử dụng biến áp cách ly, phía thứ cấp cung cấp một nguồn điện áp xoay chiều có trị số điều chỉnh được vào giữa kết cấu nối đất (điểm E) và cọc S. Sau khi đóng điện, đo dòng điện I bằng Ampe kế G và đo điện áp U_{meas} bằng Volt kế V. Điện trở nối đất của kết cấu nối đất cần đo R_E được xác định được bằng biểu thức:

$$R_E = \frac{U_{meas}}{I} \Omega \tag{3.8}$$

Phương pháp này dùng để đo điện trở nối đất có giá trị nhỏ.



Hình 3.8. Phương pháp Volt kế - Ampe kế



Hình 3.9. Sử dụng máy đo với cọc phụ và cọc dò

b. Phương pháp máy đo với cọc phụ và cọc dò

Để thuận tiện khi đo điện trở nối đất, thường sử dụng máy đo điện trở nối đất với cọc nối đất phụ H và cọc dò S (Hình 3.9). Khoảng cách giữa các điểm dò (R_c), điểm phụ (R_b) và điểm cần đo điện trở nối đất (R_x) phải tuân theo khoảng cách quy định (Hình 3.10), nhưng thường không nhỏ hơn 20m.

Bảng 3.7. Công thức tính điện trở nối đất của các kiểu nối đất

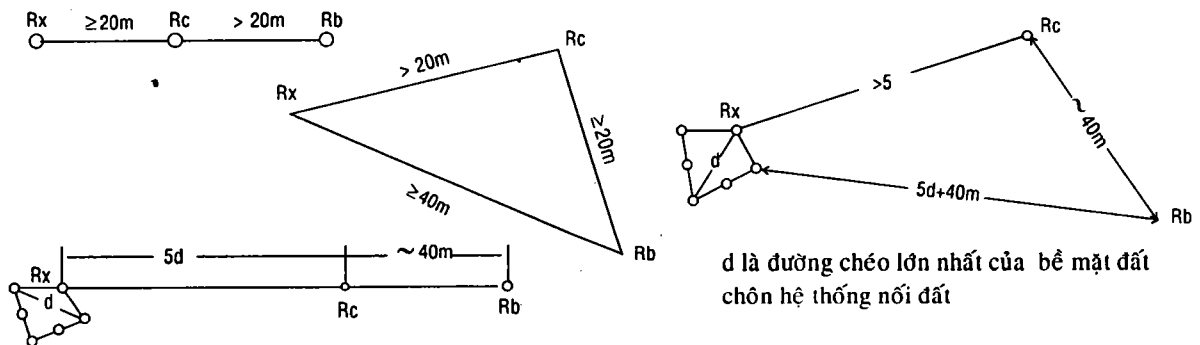
Loại điện cực	Mặt cắt ngang	Mặt chiếu bằng	Công thức	Ghi Chú
Cọc chôn thẳng đứng			$R = \frac{\rho}{2\pi L} [\ln(\frac{8L}{d}) - 1] = \frac{\rho}{2\pi L} \ln(\frac{4L}{1.36 * d})$	(1)
Cọc chôn sâu dưới đất một khoảng h			$R = \frac{\rho}{2\pi L} [\ln(\frac{4L}{1.36 * d})] * \frac{2h + L}{4h + L}$	(1)
Thanh nằm ngang đặt trên mặt đất			$R = \frac{\rho}{\pi L} [\ln(\frac{4L}{d}) - 1]$	(1)
Thanh nằm ngang chôn sâu dưới đất một khoảng h			$R = \frac{\rho}{\pi L} [\ln(\frac{4L}{\sqrt{h.d}}) - 1]$	(2)
Hai cọc nằm ngang chôn sâu dưới đất một khoảng h			$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2}{1.27 * hd}$	(2)
Ba cọc nằm ngang chôn sâu dưới đất một khoảng h			$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2}{0.767 * hd}$	(2)
Bốn cọc nằm ngang chôn sâu dưới đất một khoảng h			$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2}{0.217 * hd}$	(2)
Sáu cọc nằm ngang chôn sâu dưới đất một khoảng h			$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2 * 10^3}{9.42 * hd}$	(2)
Tám cọc nằm ngang chôn sâu dưới đất một khoảng h			$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2 * 10^4}{2.69 * hd}$	(2)
Bản kim loại tròn đường kính D chôn sâu dưới đất một khoảng h		Trường hợp bản kim loại hình vuông có cạnh là a thì $D = 1.13a$	$R = \frac{\rho}{2D} (0.5 + \frac{D}{4\pi h})$	(3)

Ghi chú: (1) $d \ll L$, (2) $d \ll 4h \ll L/h$, (3) $d \ll a \ll L/h$

Trong các công thức ở Bảng 3.7, đơn vị của R là Ω , của ρ là Ωm ; của L, h, d, D, a là m.

Bảng 3.8. Hệ số sử dụng η_c của cọc chôn thẳng đứng và η_{th} của thanh/dây nối các cọc

Số cọc chôn thẳng đứng	Tỉ số a/l (a : khoảng cách giữa các cọc, l : chiều dài cọc)					
	1		2		3	
	η_c	η_{th}	η_c	η_{th}	η_c	η_{th}
I. Các cọc đặt thành dãy:						
3	0.78	0.80	0.86	0.92	0.91	0.95
4	0.74	0.77	0.83	0.87	0.88	0.92
5	0.70	0.74	0.81	0.86	0.87	0.90
6	0.63	0.72	0.77	0.83	0.83	0.88
10	0.59	0.62	0.75	0.75	0.81	0.82
15	0.54	0.50	0.70	0.64	0.78	0.74
20	0.49	0.42	0.68	0.56	0.77	0.68
30	0.43	0.31	0.65	0.46	0.75	0.58
II. Các cọc đặt theo chu vi mạch vòng:						
4	0.69	0.45	0.78	0.55	0.85	0.70
6	0.62	0.40	0.73	0.48	0.80	0.64
8	0.58	0.36	0.71	0.43	0.78	0.60
10	0.55	0.34	0.69	0.40	0.76	0.56
20	0.47	0.27	0.64	0.32	0.71	0.47
30	0.43	0.24	0.60	0.30	0.68	0.41
50	0.40	0.21	0.56	0.28	0.66	0.37
70	0.38	0.20	0.54	0.26	0.64	0.35
100	0.35	0.19	0.52	0.24	0.62	0.33



Hình 3.10. Cách bố trí khoảng cách giữa điểm dò và điểm phụ

c. Phương pháp dùng máy đo không sử dụng cọc phụ và cọc dò

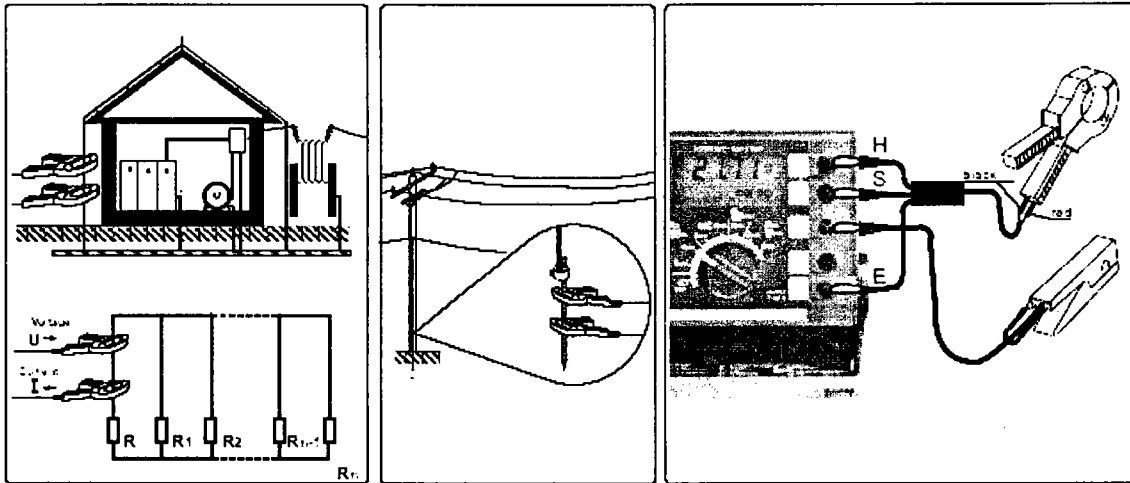
Phương pháp được sử dụng để đo điện trở nối đất riêng của một cọc nối đất trong hệ thống nối đất nhiều cọc. Xét hệ thống nối đất có $(n+1)$ cọc nối song song (Hình 3.11).

Điện trở nối đất tương đương của n cọc nối song song:

$$R_{1,n} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)^{-1} \tag{3.9}$$

Giá trị $R_{1,n}$ trong thực tế rất nhỏ so với điện trở nối đất R của cọc nối đất muốn đo và có thể bỏ qua. Vì vậy, nếu sử dụng hai kẹp: một kẹp đưa tín hiệu áp U vào cọc nối đất muốn đo và một kẹp đo tín hiệu I đi trong cọc nối đất muốn đo thì giá trị điện trở nối đất R có thể xác định bằng biểu thức:

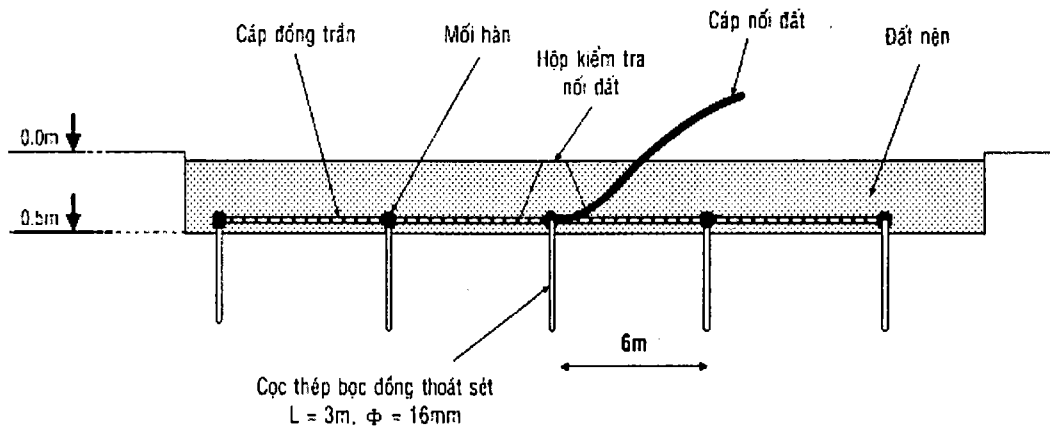
$$R = \frac{U}{I}$$



Hình 3.11. Đo điện trở nối đất của một cọc trong hệ thống nối đất

3. Ví dụ tính toán

a. Ví dụ 3.1. Xác định điện trở nối đất của một hệ thống nối đất gồm 5 cọc thép bọc đồng, đường kính 16mm, chiều dài mỗi cọc $L=3m$, cọc bố trí thành dãy (Hình 3.12), chôn sâu so với mặt đất $h=0.5m$, khoảng cách giữa hai cọc là 6m. Cáp liên kết giữa các cọc là cáp đồng trần tiết diện $50mm^2$. Điện trở suất của đất đo vào mùa khô là $200\Omega m$.



Hình 3.12. Hệ thống nối đất 5 cọc

Giải: Vì điện trở suất của đất đo vào mùa khô nên không cần nhân ρ với hệ số mùa. Điện trở nối đất của một cọc:

$$r_c = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{4L}{1.36 \cdot d}\right) \right] \cdot \frac{2h + L}{4h + L} = 53,6\Omega$$

Với số cọc $n=5$, tỷ số $a/l=6/3=2$, từ Bảng 3.8, tra được $\eta_c = 0,81$. Điện trở của hệ thống 5 cọc:

$$R_c = \frac{r_c}{n \cdot \eta_c} = \frac{53,6}{5 \cdot 0,81} = 13,2 \Omega$$

Đường kính cáp đồng trần tiết diện 50mm^2 , $d=8\text{mm}$

Điện trở nối đất của dây cáp đồng nối các cọc với tổng chiều dài $L_1=4 \times 6=24\text{m}$, chôn sâu so với mặt đất $h=0,5\text{m}$:

$$r_1 = \frac{\rho}{\pi L_1} \left[\ln\left(\frac{4L_1}{\sqrt{hd}}\right) - 1 \right] = 16,8 \Omega$$

Tra Bảng 3.8 tìm được hệ số sử dụng thanh (dây) $\eta_{th} = 0,86$, điện trở nối đất của dây cáp đồng nối các cọc khi xét đến hệ số sử dụng thanh (dây):

$$R_{th} = \frac{r_1}{\eta_{th}} = \frac{16,8}{0,86} = 19,5 \Omega$$

Điện trở nối đất của toàn hệ thống:

$$R_{HT} = \frac{R_c \cdot R_{th}}{R_c + R_{th}} = \frac{13,2 \cdot 19,5}{13,2 + 19,5} = 7,9 \Omega$$

b. Ví dụ 3.2. Thiết kế hệ thống nối đất có điện trở nối đất $R_d < 10 \Omega$, cho biết điện trở suất của đất đo được ở mùa mưa là $200 \Omega\text{m}$.

Giải: Sử dụng cọc thép bọc đồng, đường kính $d=16\text{mm}$, chiều dài $L=3\text{m}$. Số cọc là $n=5$ cọc, bố trí thành 4 tia, cách đều nhau $L_1 = 6\text{m}$ (một cọc ở giữa và 4 cọc ở đầu 4 nhánh), chôn ở độ sâu $h=0,8\text{m}$.

Do điện trở suất của đất đo được ở mùa mưa nên để xác định điện trở suất tính toán cần nhân với hệ số mùa:

$$\rho_{tt} = K_m \cdot \rho = 1,3 \cdot 200 = 260 \Omega\text{m}$$

Điện trở nối đất của một cọc:

$$r_c = \frac{\rho_{tt}}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{4L}{1,36 \cdot d}\right) \right] \cdot \frac{2h+L}{4h+L} = 69,7 \Omega$$

Với số cọc $n=5$, tỷ số $a/l=6/3=2$, từ Bảng 3.8, tra được $\eta_c = 0,81$. Điện trở của hệ thống 5 cọc:

$$R_c = \frac{r_c}{n \cdot \eta_c} = \frac{69,7}{5 \cdot 0,81} = 17,2 \Omega$$

Sử dụng cáp đồng trần liên kết các cọc. Theo tiêu chuẩn cáp liên kết phải có tiết diện $S \geq 35\text{mm}^2$. Ở đây, chọn cáp đồng trần tiết diện 50mm^2 , đường kính cáp $d=8\text{mm}$.

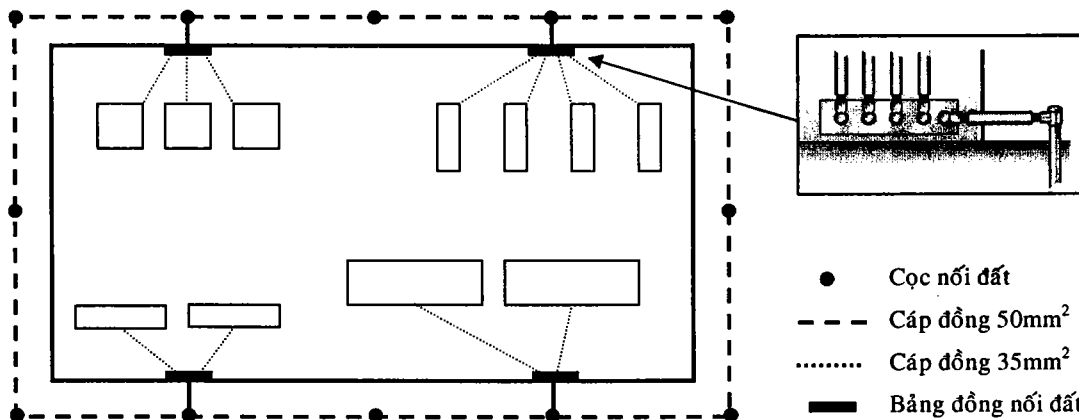
Điện trở nối đất của dây cáp đồng nối các cọc với tổng chiều dài $L_1=4 \times 6=24\text{m}$, chôn sâu so với mặt đất $h=0,8\text{m}$:

$$R_{th} = \frac{\rho_{tt}}{2\pi L_1} \ln \frac{L_1^2}{0,217 \cdot hd} = 22,3 \Omega$$

Điện trở nối đất của toàn hệ thống:

$$R_{HT} = \frac{R_c \cdot R_{th}}{R_c + R_{th}} = \frac{17,2 \cdot 22,3}{17,2 + 22,3} = 9,7 \Omega$$

c. Ví dụ 3.3. Thiết kế hệ thống nối đất an toàn cho phân xưởng có chiều dài 20m, chiều rộng 10m. Biết rằng điện trở suất của đất $\rho = 150 \Omega m$.



Hình 3.13. Hệ thống nối đất phân xưởng

Giải: Sử dụng cọc thép bọc đồng chiều dài 3m, đường kính 16mm, đặt dọc theo chu vi của phân xưởng, cách mép phân xưởng 2m. Các cọc bố trí cách nhau 6m theo chiều dọc và 7m theo chiều rộng (Hình 3.12). Số cọc sử dụng là 12 cọc. Các cọc được liên kết với nhau bằng cáp đồng trần tiết diện $50mm^2$. Cáp và cọc đặt ở độ chôn sâu $h=0,8m$ so với mặt đất.

Điện trở suất tính toán:

$$\rho_{tt} = K_m \cdot \rho = 1,4 \cdot 150 = 210 \Omega m$$

Điện trở nối đất của một cọc:

$$r_c = \frac{\rho_{tt}}{2\pi L_c} \left[\ln\left(\frac{4L_c}{1,36 \cdot d_c}\right) \right] \cdot \frac{2h + L_c}{4h + L_c} = 52,2 \Omega$$

Với số cọc $n=12$, tỷ số $a/l=6/3=2$, từ Bảng 3.8, tra được $\eta_c = 0,68$. Điện trở của hệ thống 12 cọc:

$$R_c = \frac{r_c}{n \cdot \eta_c} = \frac{52,2}{12 \cdot 0,68} = 6,4 \Omega$$

Đường kính cáp đồng trần tiết diện $50mm^2$, $d = 8mm$.

Điện trở nối đất của dây cáp đồng nối các cọc với tổng chiều dài $L_t = 24 \times 2 + 14 \times 2 = 76m$, chôn sâu so với mặt đất $h=0,8m$:

$$r_t = \frac{\rho_{tt}}{\pi L_t} \left[\ln\left(\frac{4L_t}{\sqrt{hd}}\right) - 1 \right] = 6,37 \Omega$$

Tra Bảng 3.8, tìm được hệ số sử dụng thanh (dây) $\eta_{th} = 0,38$, điện trở nối đất của dây cáp đồng nối các cọc khi xét đến hệ số sử dụng thanh (dây) nối theo mạch vòng:

$$R_{th} = \frac{r_t}{\eta_{th}} = \frac{6,37}{0,38} = 16,7 \Omega$$

Điện trở nối đất của toàn hệ thống:

$$R_{HT} = \frac{R_c \cdot R_{th}}{R_c + R_{th}} = \frac{6,4 \cdot 16,7}{6,4 + 16,7} = 4,6 \Omega$$

Để thuận tiện cho việc nối vỏ thiết bị với hệ thống nối đất, sử dụng 4 bảng đồng nối đất. Mỗi bảng đồng có chiều dài 300mm, chiều rộng 50mm, dày 5mm, có 5 đầu nối dây. Bố trí dọc theo mỗi chiều dài phân xưởng 2 bảng đồng nối đất (Hình 3.13). Các bảng đồng nối đất được nối với hệ thống nối đất bằng cáp đồng trần tiết diện 50mm². Các vỏ thiết bị nối với bảng đồng gần nhất bằng cáp đồng bọc PVC tiết diện 25mm².

d. Ví dụ 3.4. Tính điện trở nối đất của một cọc nối đất có chiều dài L=30m, đường kính d=0,1m, chôn ở khu vực có lớp đất trên có điện trở suất cao $\rho_1=2000\Omega m$ và chiều dày h=10m, lớp đất dưới có điện trở suất của đất thấp $\rho_2=750\Omega m$.

Giải: Điện trở nối đất của cọc chôn sâu được xác định theo biểu thức (3.4):

$$R_c = \frac{l}{2\pi \left[\frac{h}{\rho_1} + (L-h) \frac{1}{\rho_2} \right]} \cdot \ln\left(\frac{4L}{d}\right) = \frac{l}{2\pi \left[\frac{10}{2000} + (30-10) \frac{1}{750} \right]} \ln\left(\frac{4 \cdot 30}{0,1}\right) = 35,6 \Omega$$

3.7. PHÂN TÍCH CÁC HỆ THỐNG NỐI ĐẤT HIỆN ĐẠI

Hiện nay ngoài một số hệ thống nối đất được thiết kế và lắp đặt theo công nghệ mới, đa phần sử dụng ống sắt tráng kẽm hay sắt góc dài từ 2-6m và được đóng thẳng xuống đất cách mặt đất 0,5÷0,8m. Chúng được nối kết với nhau bằng cáp đồng trần, liên kết giữa cọc nối đất với cáp là liên kết cơ khí (sử dụng ốc xiết) hay hàn gió đá, tạo thành lưới nối đất. Ở Việt Nam, để giảm điện trở nối 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 và gặp một số hạn chế như sau:

- Điện trở nối đất không giảm tuyến tính theo số lượng cọc, việc tăng số lượng cọc không đem lại hiệu quả cao đồng thời cũng làm gia tăng chi phí xây dựng hệ thống nối đất.
- Muối rất dễ hòa tan trong nước, vì vậy sau một vài mùa mưa muối sẽ bị 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 bảo trì theo định kỳ.
- Việc liên kết giữa các bộ phận nối đất bằng ốc xiết có ưu điểm là đơn giản trong lắp đặt nhưng không đảm bảo có mối liên kết tốt và bền về mặt dẫn điện.
- Không giảm được giá trị tổng trở nối đất của hệ thống nối đất 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 cho phép nâng cao chất lượng và hiệu quả của hệ thống nối đất.

1. Thiết bị, vật liệu và công nghệ mới

a. Điện cực nối đất

Hiện nay sử dụng phổ biến nhất là cọc thép bọc đồng đường kính 13mm, 16 mm hay 23mm. Cọc thép bọc đồng không những giá thành rẻ mà nó có độ dẫn điện tốt, độ chống ăn mòn cao, do tác động khí quyển hay đất bọc xung quanh và bền vững trong kết nối và lắp đặt.

Quan hệ giữa đường kính cọc, chiều dài cọc và điện trở nối đất (đối với đất đồng nhất) được trình bày ở Hình 3.14. Nhận thấy rằng khi đường kính cọc tăng gần gấp đôi thì điện trở nối đất chỉ giảm 12,5% và khi chiều dài cọc L lớn hơn 6m thì điện trở nối đất giảm không đáng kể. Vì vậy, đường kính cọc được chọn chủ yếu theo độ bền cơ học để cọc đóng xuống đất không bị cong hay gãy và chiều dài cọc chuẩn thường không vượt quá 3m.

Hình 3.15. trình bày quan hệ gradient điện thế đất theo chiều dài cọc. Khi tăng chiều dài cọc ($L_2 > L_1$), gradient điện thế giảm ($\beta < \alpha$). Điều này làm giảm điện áp bước ở khu vực lân cận nơi đóng cọc.

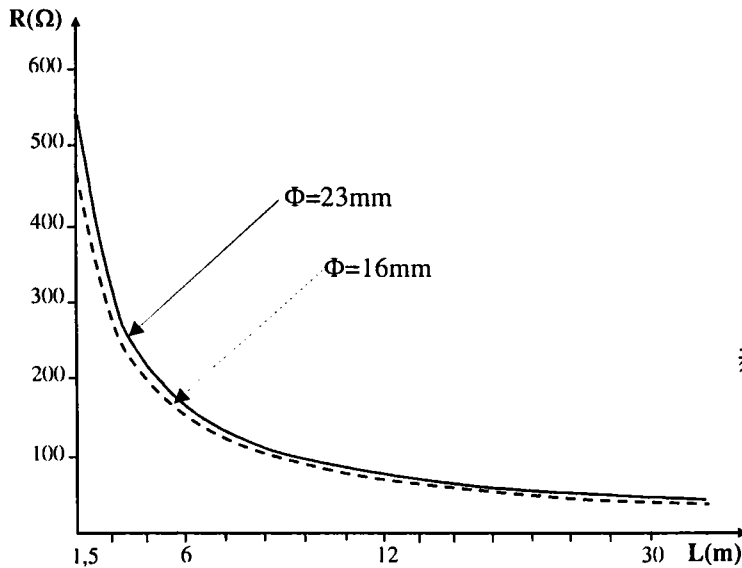
Việc sử dụng cọc có chiều dài vượt quá 3m thường được xem xét trong các trường hợp sau:

- Lớp đất trên có điện trở suất lớn và để vươn đến tầng đất ẩm cần sử dụng cọc nối đất có chiều dài $L > 3m$. Việc này thường được thực hiện bằng cách nối các cọc có chiều dài chuẩn (2,4m hay 3m) bằng các khớp nối cọc.
- Khi diện tích để triển khai hệ thống nối đất bị hạn chế thì có thể sử dụng biện pháp nối đất chôn sâu với chiều dài điện cực nối đất có thể lên đến hàng chục m.

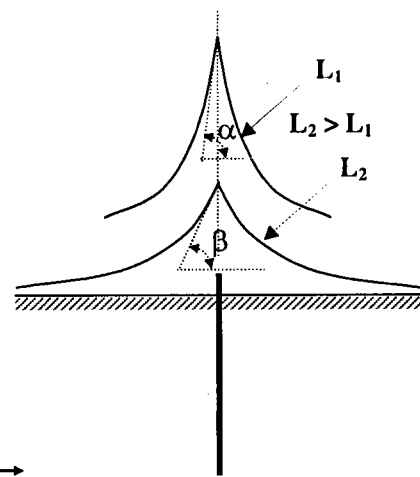
b. Liên kết giữa các bộ phận nối đất

Liên kết các bộ phận nối đất với nhau có thể thực hiện bằng các ốc xiết, tuy nhiên để chống tác dụng ăn mòn do hóa chất hay nước, các mối nối phải được băng một lớp chống thấm.

Gần đây công nghệ hàn hóa nhiệt CADWELD được sử dụng để nối kết các bộ phận nối đất với chất lượng cao. Hàn hóa nhiệt 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 lý của công nghệ hàn hóa nhiệt là kết hợp trộn đầy chất hàn và tác nhân hàn trong một khuôn graphite. Hợp chất hàn tùy thuộc vào kim loại được hàn.

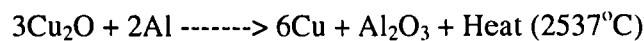


Hình 3.14. Quan hệ $R = f(L, \Phi)$

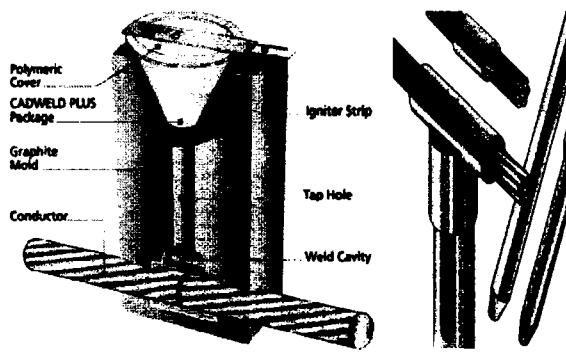


Hình 3.15. Gradient điện thế theo L

Phản ứng hoá nhiệt xảy ra theo phản ứng giữa oxyt đồng và nhôm tạo ra đồng và oxyt nhôm. Nhiệt độ trên 2.500°C sẽ kết nối giữa điện cực nối đất và cáp đồng theo dạng phân tử, tạo ra mối nối siêu bền.



Hình dạng, kích thước của khuôn và cỡ của kim loại được hàn, được chế tạo sau cho thích hợp với từng chi tiết được hàn và kích cỡ của nó (Hình 3.16).



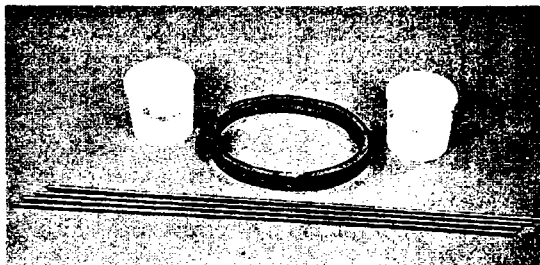
Hình 3.16. Khuôn và các dạng nối kết

Các mối nối hàn hóa nhiệt CADWELD có các đặc điểm sau:

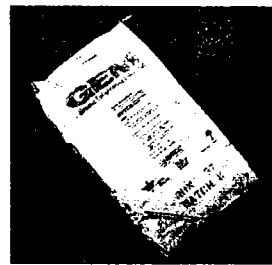
- Tản dòng điện hiệu quả hơn dây dẫn
- Không hư hỏng hay giảm chất lượng theo thời gian.
- Mối hàn hóa nhiệt CADWELD là mối nối phân tử nên không bị hỏng hay ăn mòn.
- Chịu được dòng sự cố lặp lại, không đòi hỏi kỹ năng đặc biệt để thực hiện mối hàn hóa nhiệt CADWELD.
- Thiết bị nhẹ, không đòi hỏi nguồn ngoài và không đắt tiền.

c. Hóa chất giảm điện trở đất

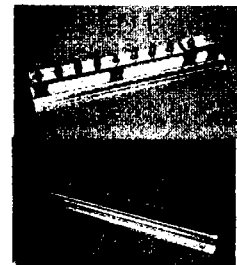
Để đạt được trị số điện trở yêu cầu trong vùng có điện trở suất cao luôn là một vấn đề khó khăn, yêu cầu điện trở đất của hệ thống $R_d \leq 10\Omega$ nếu chỉ sử dụng đơn thuần các cọc đồng, lá hoặc lưới đồng có thể không nhận được kết quả mong muốn. Vì vậy, cần phải sử dụng các loại hóa chất giảm điện trở đất. Công ty Erico Lighting Technologies cung cấp các loại hóa chất giảm điện trở đất: EEC và GEM. Hóa chất giảm điện trở đất GEM được sử dụng cho các vùng có điện trở suất cao.



a. Cọc thép bọc đồng, băng đồng, hoá chất



b. Hoá chất GEM



c. Bảng đồng tiếp đất

Hình 3.17. Vật liệu thực hiện hệ thống đất

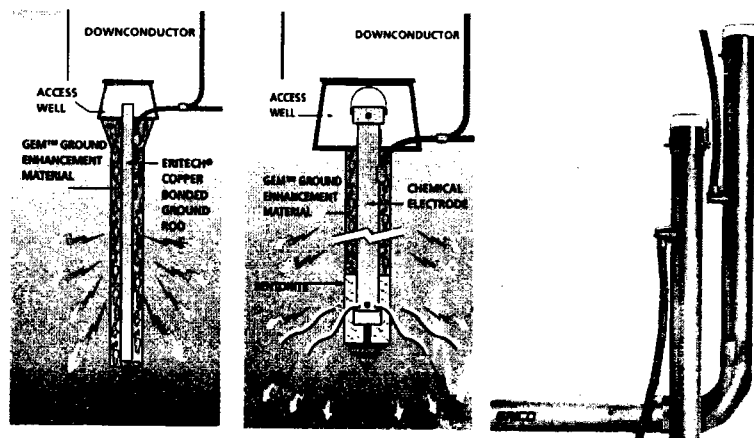
Hóa chất giảm điện trở đất bao gồm các ion kim loại có tính dẫn điện cao, hoá chất giữa độ ẩm và hoá chất kết dính. Khi hòa hoá chất giảm điện trở đất với nước và tưới lên các rãnh hệ thống đất thì vùng đất xung quanh nó sẽ trở thành khối sền sệt, tạo nên một phần thống nhất. Các thí nghiệm tại hiện trường đã chứng minh sự giảm mạnh trị số điện trở đất (từ 50÷90%) khi hóa chất được cho vào các vùng có điện trở suất cao như là đất sét hoặc cát.

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).
- Giữ điện trở đất ở hằng số ổn định với thời gian.
- Không bị phân hủy hay mục rữa.
- 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

d. Cọc hoá chất

Ở các vùng có điện trở suất của đất quá cao và diện tích dành cho việc thi công lắp đặt bị hạn chế (đỉnh núi, công trình đã xây dựng từ trước và không còn nhiều diện tích trống,...) thì có thể sử dụng cọc hoá chất để thực hiện hệ thống đất có điện trở nối đất thấp.



Hình 3.18. Cọc hoá chất

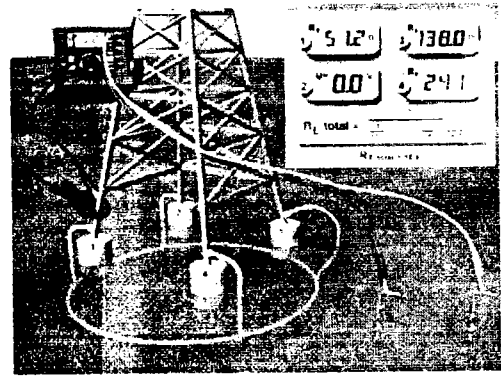
e. Máy đo điện trở nối đất hiện đại

Hiện nay, một số nhà sản xuất máy đo điện trở nối đất hiện đại với nhiều tính năng như:

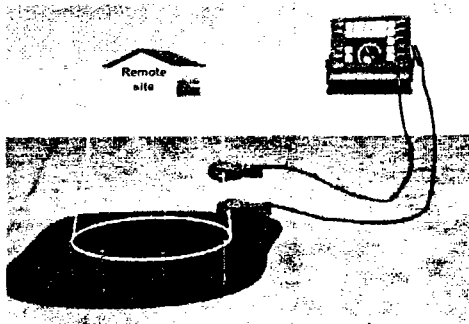
- Hiển thị bằng màn hình LCD.
- Tầm đo điện trở rộng từ $0,001\Omega$ đến 3000Ω .
- Độ chính xác cao có thể đạt đến $\pm 2\%$
- Đo điện trở nối đất kiểu 2 cọc ứng với tần số 94/103/111/128Hz hay chế độ tự chọn tần số đo để loại trừ nhiễu.
- Đo điện trở suất của đất bằng phương pháp 4 cọc.
- Đo điện trở nối đất của từng phần tử chọn lọc trong hệ thống nối đất với sự trợ giúp của các máy biến dòng điện và máy biến điện áp kiểu kẹp.
- Thiết bị vi xử lý được điều khiển để tự động hóa quy trình đo.
- Tự nhận biết được việc kết nối các dây đo và kết nối nó với đất. Nếu phát hiện sai sót sẽ phát tín hiệu cảnh báo và hiển thị trên màn hình LCD thông tin sai sót, giúp người sử dụng nhanh chóng khắc phục.
- Đo có bù trừ điện trở của dây đo để nâng cao độ chính xác đo, nhất là khi điện trở nối đất có giá trị nhỏ.
- Chức năng lưu dữ liệu và in kết quả đo ra giấy.



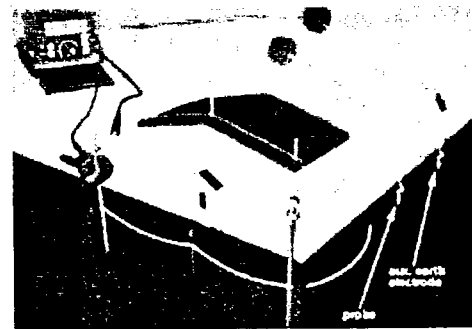
a. Máy đo và phụ kiện



b. Đo điện trở của từng chân cột điện



c. Đo điện trở nối đất không dùng cọc dò và cọc phụ



d. Đo điện trở nối đất của một cọc trong hệ thống nối đất

Hình 3.19. Máy đo điện trở nối đất và điện trở suất của đất

2. Phần mềm phụ trợ

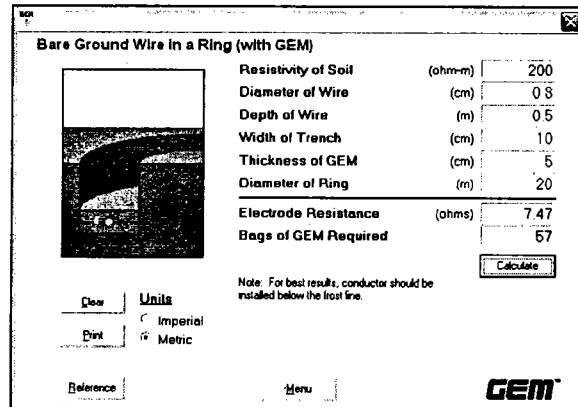
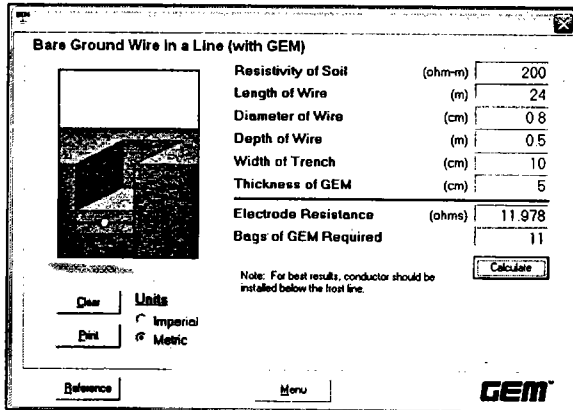
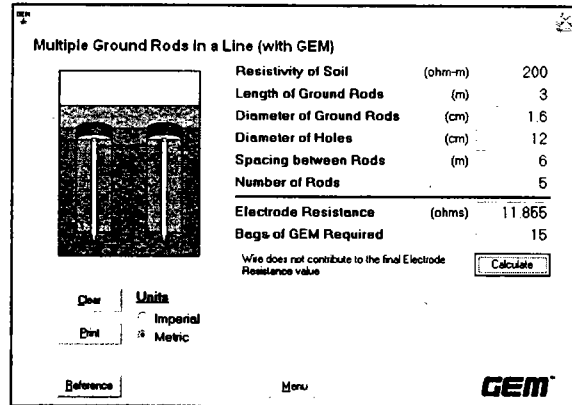
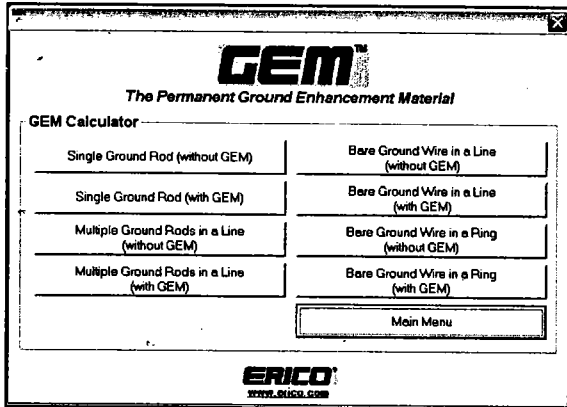
Để thuận tiện cho khách hàng, một số hãng sản xuất các sản phẩm nối đất cung cấp các phần mềm phụ trợ, giúp nhanh chóng xác định điện trở nối đất, số lượng hoá chất cần sử dụng mà phần mềm GEM của hãng Erico Inc. (USA) là một ví dụ.

Phần mềm GEM Version 3.1 có các chức năng chính như sau:

- Tính điện trở nối đất của một và nhiều cọc nối đất khi có/không sử dụng hoá chất giảm điện trở nối đất GEM.
- Tính điện trở nối đất của thanh/dây nối các cọc bố trí theo đường thẳng khi có/không sử dụng hoá chất giảm điện trở nối đất GEM.
- Tính điện trở nối đất của thanh/dây nối các cọc bố trí theo mạch vòng khi có/không sử dụng hoá chất giảm điện trở nối đất GEM.
- Hướng dẫn lắp đặt hệ thống nối đất chôn thẳng đứng và chôn nằm ngang.
- Các đặc tính của hoá chất giảm điện trở đất GEM
- Các thông tin về phần mềm GEM.

Các thông số ngõ vào bao gồm: điện trở suất của đất, chiều dài cọc/thanh/dây nối đất, đường kính cọc/thanh/dây nối đất, số lượng cọc; bề rộng, bề dài, đường kính hố chôn,..

Kết quả tính toán bao gồm điện trở nối đất, số lượng hoá chất GEM cần sử dụng.



Hình 3.20. Một số giao diện của phần mềm GEM

CHƯƠNG 4

THIẾT BỊ ĐÓNG CẮT VÀ BẢO VỆ HẠ ÁP

4.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mạng điện hạ áp làm nhiệm vụ truyền tải và phân phối điện năng đến các hộ tiêu thụ hạ áp. Đặc điểm quan trọng của nó là phân bố trên diện tích rộng và thường xuyên có người làm việc với các thiết bị điện. Vì vậy, luôn xuất hiện khả năng rủi ro người bị điện giật do tiếp xúc với bộ phận mang điện, rủi ro bắt lửa của các vật liệu dễ cháy do nhiệt độ cao hay hồ quang điện, rủi ro quá dòng trên dây dẫn mang điện khiến cách điện của dây dẫn nhanh chóng bị già hoá, bị phá hủy gây chập mạch điện và gây cháy.

Hiện nay, để giảm thiểu đến mức thấp nhất ngoài việc cần tuân thủ các yêu cầu về thiết kế và lắp đặt điện hiện hành còn phải nắm vững cấu tạo, chức năng và thông số của các thiết bị đóng cắt và bảo vệ hạ áp nhằm lựa chọn tốt nhất phương án bảo vệ người và thiết bị.

4.2. MÁY CẮT HẠ ÁP

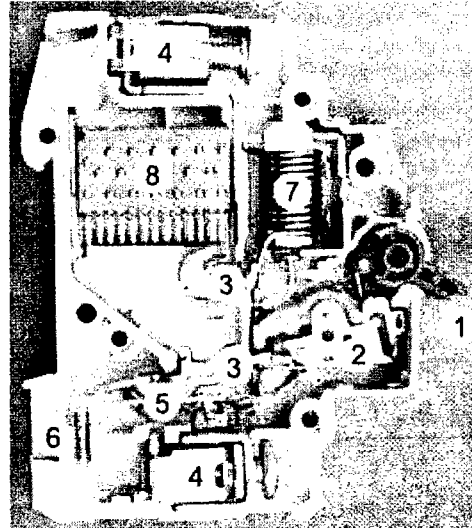
Máy cắt hạ áp (Circuit Breaker - CB) là loại khí cụ điện điều khiển bằng tay nhưng có khả năng tự động cắt mạch khi mạng điện bị ngắn mạch, quá tải hoặc sụt áp v.v... Hiện nay, máy cắt hạ áp được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống điện hạ áp thuộc lĩnh vực công nghiệp, dân dụng... và đang được thay thế dần cầu chì.

1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc

Cấu tạo của CB gồm các thành phần chính như sau:

- Vỏ của CB có chức năng đảm bảo an toàn cho người khi sử dụng và thao tác đóng cắt trên CB.
- Cơ cấu đóng ngắt đảm bảo tất cả các cực của CB được đóng ngắt cùng một lúc và chính xác.
- Cơ cấu ngắt điện từ có bộ phận cơ bản là cuộn dây. Cuộn dây có một lõi sắt cố định và lõi chuyển động. Nếu dòng điện vượt quá một giá trị xác định trước, cuộn dây sinh ra một lực điện từ đủ mạnh để thắng lực giữ của lò xo và hút phần ứng. Cơ cấu đóng ngắt lúc đó được tác động bằng một cần đóng ngắt làm tiếp điểm của CB nhanh chóng mở ra.
- Cơ cấu nhiệt bảo vệ quá tải bằng thanh lưỡng kim. Độ cong của nó phụ thuộc vào cường độ dòng điện và thời gian dòng điện chạy qua. Sau khi cong đến một mức độ xác định (hay nhiệt độ nhất định) thanh lưỡng kim sẽ tác động tới cơ cấu đóng cắt.
- Tiếp điểm gồm có tiếp điểm hồ quang, tiếp điểm động, tiếp điểm tĩnh. Do yêu cầu tiếp điểm phải có điện trở tiếp xúc nhỏ và vật liệu làm tiếp điểm phải chịu nhiệt khi ngắn mạch nên đòi hỏi tiếp điểm phải làm bằng chất liệu đặc biệt.
- Hệ thống dập hồ quang gồm hai phần: ngăn dẫn hồ quang và buồng dập hồ quang. Hồ quang khi vừa phát sinh ngay lập tức bị dẫn vào buồng dập hồ quang qua ngăn dẫn hồ quang. Quá trình dập tắt hồ quang xảy ra trong buồng dập hồ quang theo nguyên tắc hạn chế dòng điện.

1. Cần tác động
2. Cơ cấu tác động đóng/mở
3. Các tiếp điểm
4. Các đầu nối
5. Lưỡi kim nhiệt
6. Vít hiệu chỉnh dòng tác động
7. Cơ cấu cắt điện từ
8. Hệ thống dập hồ quang



Hình 4.1. Cấu tạo của CB hạ áp

2. Phân loại CB

a. **Loại MCB** (Miniature Circuit Breakers) thường được sử dụng trong công nghiệp thương mại, thiết bị trong nhà và trong dân dụng. Do đó, MCB có kích thước cũng như dòng định mức nhỏ, nên nó phù hợp cho việc bảo vệ cáp, bảo vệ thiết bị chiếu sáng, mạch nung (lò sưởi, bàn ủi) cũng như điều khiển và bảo vệ các động cơ có công suất nhỏ.

Các thông số đặc trưng của MCB là:

- Số cực: 1P, 1P+N, 2P, 3P và 4P;
- Dòng điện định mức: 0.1 -100A;
- Điện áp định mức: 220 - 415VAC, 60 -110VDC;
- Khả năng cắt dòng ngắn mạch: 3, 4.5, 6, 10kA.

b. **Loại MCCB** (Moulded Case Circuit Breakers) về cơ bản cũng giống như MCB nhưng có một số khác biệt sau:

- MCCB có các giá trị định mức cao hơn nên nó thường được đặt các hệ thống phân phối điện gần nguồn hơn MCB. Các giá trị điện áp định mức cao hơn có thể lên đến 1000VAC hay 1200VDC;
- Giá trị dòng định mức lớn hơn 100A có thể lên đến 2500A hay lớn hơn;
- Khả năng ngắt dòng cũng cao hơn lên đến 50kA hay hơn nữa.

3. Thông số của CB

Các thông số chính của CB bao gồm:

- a. Số cực: 1P, 1P+N, 2P, 3P và 4P;
- b. Điện áp định mức (U_c);
- c. Điện áp cách điện (U_i);
- d. Điện áp làm việc cực đại (U_{Bmax});
- e. Điện áp làm việc cực tiểu (U_{Bmin});
- f. Dòng điện định mức (I_n);

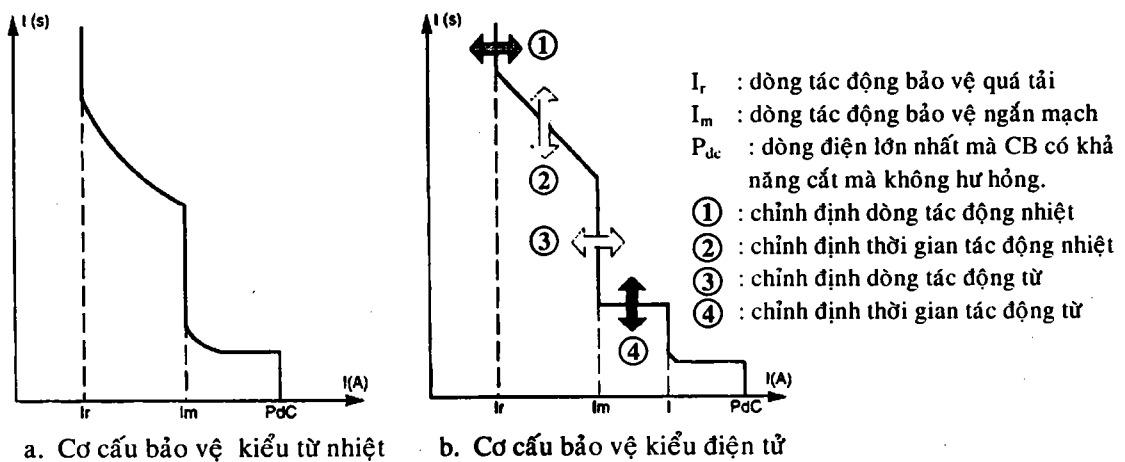
- g. Dòng tác động bộ phận bảo vệ quá dòng (I_r), $I_r = K_r \cdot I_n$ với K_r là hệ số hiệu chỉnh;
- h. Tần số làm việc;
- i. Khả năng cắt dòng ngắn mạch lớn nhất (I_{cu});
- j. Điện áp thử nghiệm xung (U_{imp});
- k. Các đặc tuyến ngắt dòng: B, C, D, K, Z và MA;

5. Đặc tính ngắt dòng

Chức năng quan trọng nhất của CB là bảo vệ hệ thống điện ví dụ như cáp và dây dẫn chống lại hiện tượng phát nóng do quá tải hay ngắn mạch, vì vậy CB phải nhảy chính xác trong giới hạn nhiệt độ cách điện của dây dẫn. Trong một số trường hợp ứng dụng nhất định nên có CB đặc thù để bảo vệ thiết bị bán dẫn, mô tơ, biến áp ...

Bảng 4.1. Đặc tính ngắt của CB

Tiêu chuẩn	Đặc tuyến	I_m	Ứng dụng
IEC 898 DIN VDE 0641/A4 BS3871 Phần 1	B	$3-5I_n$	Bảo vệ thống điện dân dụng nói chung.
	C	$5-10I_n$	Bảo vệ hệ thống nơi tải có tính cảm kháng cao như máy biến áp và đèn cao áp cảm ứng.
	D	$10-14I_n$	Ứng dụng trong công nghiệp (tương tự như loại 4 trong hệ tiêu chuẩn BS).
	MA	$12I_n$	Bảo vệ bộ khởi động động cơ và các thiết bị chuyên dụng (không bảo vệ quá tải).
DIN VDE 0660	K	$10-14I_n$	Bảo vệ mô tơ và máy biến áp.
	Z	$2,4-3,6I_n$	Bảo vệ mạch bán dẫn và mạch điện tử.



Hình 4.2. Đặc tính ngắt dòng của CB

Đường cong đặc tính ngắt dòng bao gồm hai phần: đặc tính thời gian phụ thuộc (dòng điện càng lớn thì thời gian cần thiết để ngắt càng nhỏ) của bộ phận ngắt nhiệt và đặc tính thời gian ngắt độc lập (thời gian cần thiết để ngắt không phụ thuộc dòng điện và thường vào khoảng từ 10÷30ms) của bộ phận ngắt điện từ. Hình 4.2.a. trình bày đặc tính ngắt dòng của cơ cấu bảo vệ kiểu từ nhiệt và Hình 4.2.b trình bày đặc tính ngắt dòng của cơ cấu bảo vệ kiểu điện từ với khả

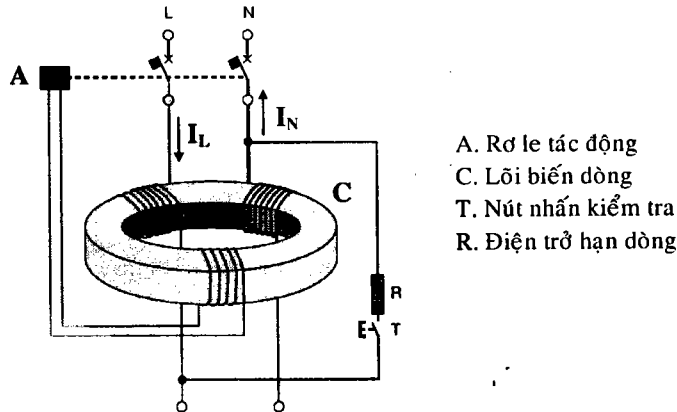
năng điều chỉnh đặc tuyến bảo vệ linh hoạt hơn (các mũi tên tương ứng với các nút hiệu chỉnh dòng tác động và thời gian tác động trễ của cơ cấu bảo vệ quá nhiệt và cơ cấu bảo vệ quá dòng).

CB được thiết kế nhiều đặc tính ngắt dòng khác nhau đáp ứng nhiều hệ tiêu chuẩn khác nhau (Bảng 4.1).

4.3. THIẾT BỊ CHỐNG DÒNG ĐIỆN RÒ

1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc

Hình 4.3 trình bày nguyên lý cấu tạo của thiết bị chống dòng rò.



Hình 4.3. Nguyên lý cấu tạo thiết bị chống dòng rò

Tùy theo loại rơ le tác động A mà thiết bị chống dòng rò được chia ra làm hai loại:

a. Thiết bị chống dòng rò với cơ cấu điện cơ

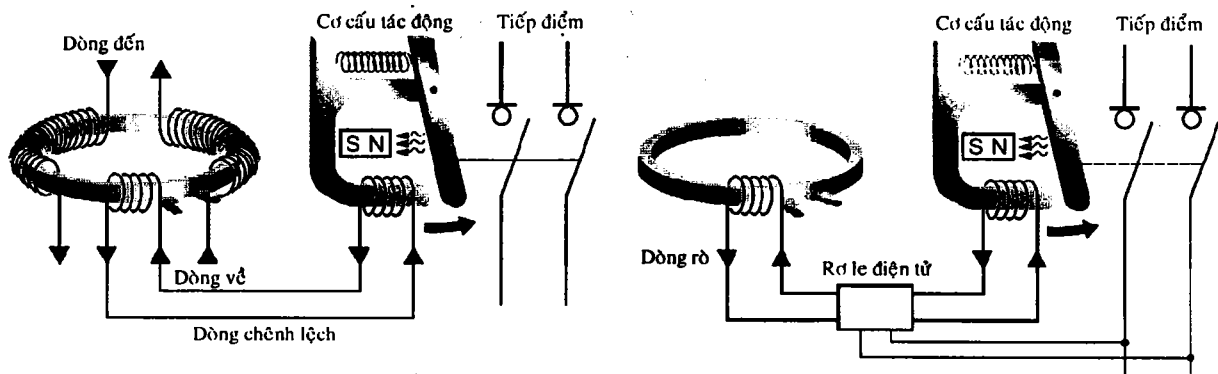
Bộ phận cơ bản của thiết bị điện chống dòng điện rò là biến dòng lõi cân bằng (biến dòng thứ tự không). Đây là một mạch từ vòng xuyên loại sắt Ferrit có độ từ thẩm cao, trên đó được quấn hai cuộn dây có số vòng bằng nhau, sao cho khi có dòng điện đi qua thì từ thông tổng của hai từ thông sinh ra bởi dòng điện đi và về qua hai cuộn dây này có trị số $\Phi = 0$ và một cuộn dây cảm ứng quấn nhiều vòng cỡ dây nhỏ dùng để nhận dòng điện cảm ứng (nếu xuất hiện) cung cấp cho cuộn dây rơ le dòng điện (Hình 4.4) tác động cơ cấu đóng ngắt làm mở hệ thống tiếp điểm cắt mạch điện.

b. Thiết bị chống dòng điện rò với rơ le điện tử

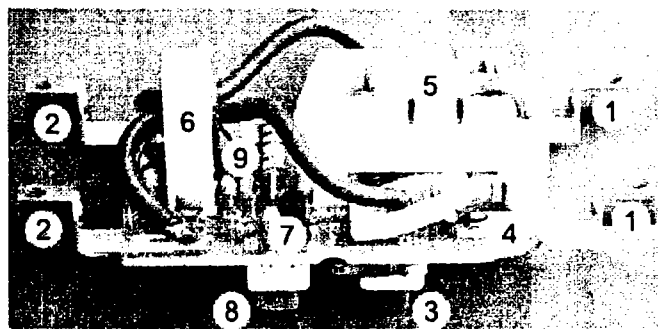
Thiết bị này hoạt động với nguồn phụ và được lắp thêm vi mạch để khuếch đại dòng điện cung cấp cho cuộn dây rơ le dòng điện, nâng độ nhạy và tính chính xác cao hơn. Do đó, khi lắp thiết bị điện chống dòng điện rò nên lắp đúng dây pha vào cực L, dây trung tính vào cực N và sử dụng đúng điện áp định mức được ghi trên thiết bị điện chống dòng điện rò để đảm bảo cho vi mạch bên trong không bị hư hỏng (Hình 4.5).

Hình 4.6 trình bày cấu tạo thực bên trong của thiết bị chống dòng rò điển hình. Thiết bị này có khả năng tải dòng tối đa là 13A và được thiết kế để ngắt khi dòng rò vượt quá 30mA. Đây là thiết bị chống dòng rò kiểu tích cực. Nó không được trang bị chốt cơ học vì thế sẽ cắt mạch khi mất điện. Đặc tính này là cần thiết cho các thiết bị mà sự nguy hiểm có thể xuất hiện khi nguồn cấp điện được tái lập ngoài mong muốn.

Nguồn cấp (dây pha và dây trung hoà) được nối với các cực (1) và dây nối cấp điện cho tải được nối với các cực (2). Dây nối đất (không trình bày trên hình) được nối thẳng và liên tục từ nguồn tới tải.



Hình 4.4. Thiết bị chống dòng rò với rơ le điện cơ Hình 4.5. Thiết bị chống dòng rò với rơ le điện tử



Hình 4.6. Cấu tạo bên trong thiết bị chống dòng rò

Khi nút phục hồi (3) được nhấn, các tiếp điểm (4 ẩn sau phần tử 5) đóng, cho phép dòng điện đi qua. Cuộn dây solenoid (5) giữ các tiếp điểm đóng khi nút phục hồi đã nhả ra.

Cuộn dây cảm biến (6) là biến dòng kiểu vi sai với các dây đi vào giữa là dây pha và trung hoà. Trong trạng thái vận hành bình thường, không có hiện tượng rò dòng điện, dòng điện qua dây pha bằng dòng điện qua dây trung tính (nhưng ngược chiều nhau) thì không tạo ra từ thông trong cuộn dây cảm biến và thiết bị điện chống dòng điện rò không tác động. Nếu có hiện tượng rò dòng điện (ví dụ như người chạm vào phần mang điện của thiết bị có trang bị thiết bị bảo vệ chống dòng rò), dòng điện trong hai dây (dây pha và dây trung tính, đối với thiết bị một pha) và trong các dây (ba dây pha và dây trung tính) không bằng nhau nên dòng điện tổng $I_{\Delta} = I_L - I_N > 0$ đi trong cuộn cảm biến (6) và dòng này được nhận biết bởi mạch cảm biến (7). Mạch cảm biến cắt nguồn cấp điện cho cuộn dây solenoid (5) và các tiếp điểm (4) sẽ được tách rời dưới áp lực của lò xo, cắt nguồn cấp điện cho thiết bị.

Thiết bị chống dòng rò được chế tạo để có thể cắt dòng trong vài phần giây nhờ đó nhanh chóng giảm nguy hiểm do sốc điện.

Nút nhấn kiểm tra (8) cho phép kiểm tra sự vận hành chính xác của thiết bị chống dòng rò bằng cách cấp một dòng nhỏ qua dây thử (9). Đây là việc mô phỏng dòng không cân bằng đi trong cuộn cảm biến. Nếu thiết bị chống dòng rò không hoạt động cắt mạch khi nhấn nút kiểm tra thì cần phải thay thế thiết bị chống dòng rò.

Đối với mạng điện ba pha trung tính trực tiếp nối đất, sử dụng thiết bị điện chống dòng điện rò 4 cực, còn với mạng điện một pha thì dùng khí cụ điện chống dòng điện rò 2 cực.

2. Phân loại thiết bị chống dòng điện rò

a. Thiết bị chống dòng rò RCD (Residual Current Devices) hay máy cắt chống dòng rò RCCB (Residual Current Circuit Breaker) là thiết bị ngắt mạch điện khi chúng phát hiện dòng rò khỏi mạch (thí dụ: dòng rò vào đất khi ngắn mạch chạm đất) vượt quá giá trị an toàn. Các thiết bị này có thể thử để kiểm tra nếu như chúng vận hành và/hay chúng được kết nối đúng phương pháp.

RCD hai cực (Hình 4.7.a) với các đặc điểm như: cung cấp bảo vệ chống quá dòng và hỏng cách điện cho các mạch điện cuối, thường chỉ bảo vệ cho nhóm có từ 1 đến 3 thiết bị, thích hợp với hệ thống nối đất TT, vận hành trên các mạng điện 1 pha. Để bảo vệ người, thường sử dụng RCD loại có dòng rò định mức là 30mA và để bảo vệ chống cháy thường sử dụng RCD loại có dòng rò định mức là 300mA÷500mA.

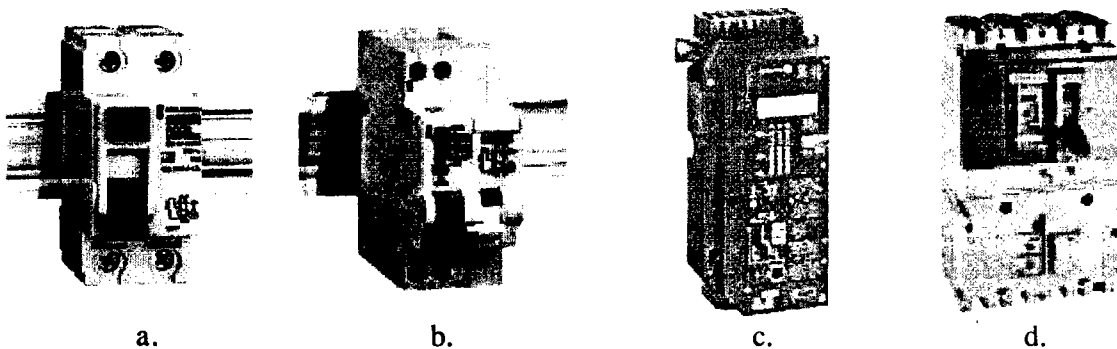
RCCB (Hình 4.7.b) được khuyến dùng để bảo vệ chống dòng điện rò xuống đất trong mạng điện hiện hữu được trang bị nhiều CB và cầu chì như: mạng điện dân dụng và công nghiệp. Các RCCB thường có khả năng cắt dòng rò đạt yêu cầu của tiêu chuẩn IEC 1008 và tương thích với mọi dạng nối đất của hệ thống điện.

Các thiết bị RCD và RCCB cần sử dụng ghép với máy cắt hạ áp kiểu từ –nhiệt hay cầu chì để bảo vệ chống quá dòng và chống ngắn mạch.

b. Thiết bị ngắt mạch chạm đất GFI (Ground Fault Interrupter) và máy cắt ngắt chạm đất GFCI (Ground Fault Circuit Interrupter) thường được sử dụng ở Mỹ và Canada, nhưng các thuật ngữ này không thật chính xác vì thiết bị chống dòng rò sẽ tác động ngắt nếu dòng điện rò. vào bất cứ nơi nào, chứ không nhất thiết phải rò xuống đất.

GFCI (Hình 4.7.c) được sử dụng để bảo vệ cho mạng điện công suất lớn với hệ thống nối đất kiểu TN-S khi tổng trở ngắn mạch vòng không thể kiểm soát được. GFCI thích hợp cho mạng điện công nghiệp hay mạng phân phối hạ áp có dòng định mức lên đến 1200A và sự chọn lọc của thiết bị bảo vệ được đảm bảo bằng cơ chế thời gian trễ.

c. Thiết bị ngắt dòng rò đất ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker) gồm mô đun EL (Earth Leakage Module) tích hợp trong CB (Hình 4.7.d) với các đặc điểm như: cung cấp bảo vệ chống quá dòng và hỏng cách điện cho các tủ điện chính hạ áp, các mạch phân phối phụ trong công nghiệp. Ngoài ra, giải pháp này cũng được lựa chọn để bảo vệ cho động cơ hay mạch cáp có dòng định mức lên đến 250A.



Hình 4.7. Các loại thiết bị chống dòng điện rò

d. **Thiết bị chống dòng rò với bảo vệ quá tải RCBO** (Residual Current Breaker with Overload) là tổ hợp thiết bị chống dòng rò (RCD) và máy cắt hạ áp kiểu từ nhiệt (MCB). Vì vậy, thiết bị RCBO có cả hai chức năng bảo vệ chống quá dòng và chống dòng chạm đất.

3. Các thông số chính của thiết bị bảo vệ chống dòng rò

Gọi $I_{\Delta n}$ là dòng rò tác động làm việc thì thông số quan trọng nhất của thiết bị chống dòng rò RCD là dòng rò không tác động I_{Δ} . Đây chính là giá trị lớn nhất của dòng rò mà không làm cho máy cắt tác động cắt và bằng $0.5I_{\Delta n}$. Vì thế, có thể nhận xét rằng:

- Nếu $I_{\Delta} < 0.5I_{\Delta n}$ thì thiết bị RCD không tác động
- Nếu $0.5I_{\Delta n} < I_{\Delta} < I_{\Delta n}$ thì thiết bị RCD có thể tác động
- Nếu $I_{\Delta} > I_{\Delta n}$ thì thiết bị RCD chắc chắn tác động

Để lựa chọn giá trị dòng rò tác động làm việc ($I_{\Delta n}$) cần quan tâm đến loại hệ thống nối đất chuẩn, dòng rò tổng trong nhà máy. Tổng vectơ của dòng rò trên mỗi pha không được vượt quá $0.5I_{\Delta n}$ nhằm tránh việc cắt điện ngoài mong muốn.

Hiện các thiết bị chống dòng rò được chế tạo với các dòng rò định mức như sau: 6mA, 10mA, 30mA, 100mA, 300mA, 500mA và 1000mA.

Đối với bảo vệ chống chạm điện gián tiếp trong hệ thống điện có nối đất kiểu TT, giá trị thời gian cắt cực đại ứng với $I_{\Delta n}$ không được vượt quá 1s (IEC 60364-4-41).

Ngoài ra, thiết bị bảo vệ chống dòng rò và đặc biệt là các thiết bị có tích hợp máy cắt hạ áp, còn có các thông số chính tương tự như máy cắt hạ áp như:

- Điện áp định mức U_n (V)
- Dòng điện định mức I_n (A)
- Dòng rò tác động làm việc $I_{\Delta n}$ (mA)
- Tần số định mức f_n (Hz)
- Thời gian cắt: loại cắt nhanh hay cắt có thời gian trì hoãn (ms)
- Cấp bảo vệ (IP)
- Số cực

4. Bảo vệ phân biệt giữa các thiết bị chống dòng rò

Tiêu chuẩn IEC 60364-5-53 phát biểu rằng bảo vệ phân biệt giữa các thiết bị bảo vệ chống dòng rò được lắp đặt nối tiếp có thể được yêu cầu bởi các lý do vận hành riêng khi sự an toàn được quan tâm. Bảo vệ phân biệt đạt được bằng cách lựa chọn và lắp đặt các thiết bị RCD với mục đích khi xuất hiện sự cố chỉ có thiết bị RCD gần nhất tác động.

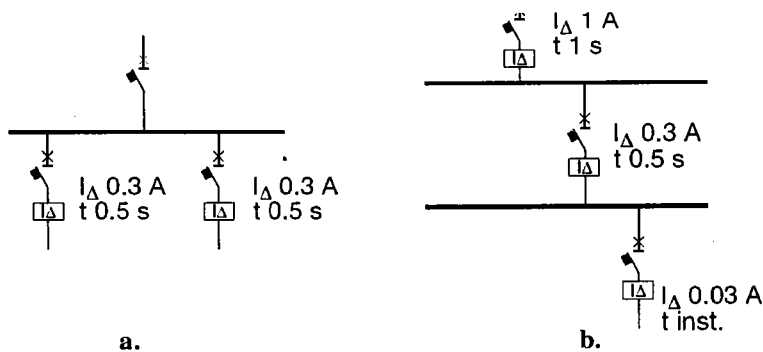
Có hai dạng bảo vệ phân biệt giữa các thiết bị RCD:

- Phân biệt theo hàng ngang (Hình 4.8.a): cung cấp bảo vệ từng đường dây bằng cách sử dụng thiết bị RCCB riêng biệt. Bằng cách này, trong trường hợp sự cố chạm đất chỉ đường dây bị sự cố bị cô lập và các RCCB còn lại không phát hiện bất kỳ dòng chạm đất nào. Tuy nhiên, cần cung cấp các giải pháp chống chạm điện gián tiếp vào phần của các tủ điện hay các thiết bị phía trên thiết bị RCCB.
- Phân biệt theo hàng dọc (Hình 4.8.b): được thực hiện bằng cách sử dụng các RCD mắc nối tiếp.

Theo tiêu chuẩn IEC 60364-5-53, để đảm bảo bảo vệ phân biệt giữa hai thiết bị bảo vệ chống dòng rò mắc nối tiếp, các thiết bị này phải thỏa cả hai điều kiện sau:

- Đặc tuyến không tác động dòng-thời gian của thiết bị chống dòng rò đặt ở phía nguồn (mạch phía trên) phải nằm trên đặc tuyến tác động dòng-thời gian của thiết bị chống dòng rò đặt ở phía tải (mạch phía dưới).

- Dòng tác động định mức của thiết bị chống dòng rò đặt ở phía nguồn phải lớn dòng tác động định mức của thiết bị chống dòng rò đặt ở phía tải.



Hình 4.8. Bảo vệ phân biệt giữa các thiết bị

5. Các hình thức bảo vệ bằng thiết bị điện chống dòng điện rò

Mục đích đầu tiên của việc sử dụng thiết bị điện chống dòng điện rò là bảo vệ chống điện giật ở những nơi không thể lắp công tắc tự động CB (Circuit Breaker) hay cầu chì được do tổng trở mạch vòng quá cao làm cho thời gian ngắt không được đảm bảo hay khi điện áp chạm đòi hỏi không được vượt quá 50V.

Thiết bị điện chống dòng điện rò cũng có thể bảo vệ chống rủi ro cháy, nổ điện. Đây là một đặc điểm mà đến nay rất ít được chú ý đến.

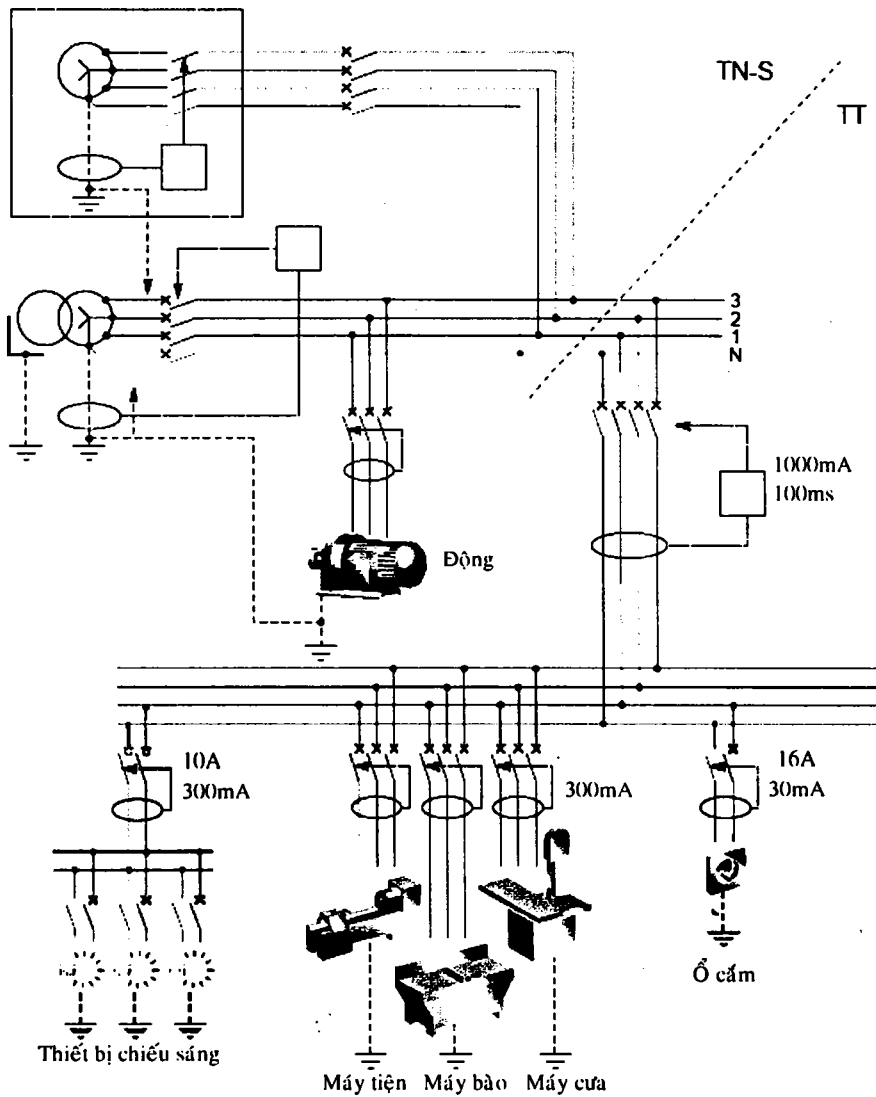
Các thiết bị điện bảo vệ quá dòng điện không thể phát hiện được dòng điện rò có trị số nhỏ nhưng chính những dòng điện rò có trị số nhỏ này để tồn tại trong thời gian dài có thể gây ra cháy, nổ. Các thí nghiệm đã chứng tỏ rằng dòng điện rò chạm đất đó có thể dẫn đến hiện tượng phát nóng quá trị số cho phép và gây cháy, nổ. Theo tính toán, với công suất 20W là đủ để gây cháy, nổ. Vì lý do này, người ta phải công nhận tính bức thiết dùng thiết bị điện chống dòng điện rò để bảo vệ tài sản chống cháy, nổ điện.

Thiết bị điện chống dòng điện rò phải tuân theo hai yêu cầu có mối quan hệ với nhau. Thứ nhất, phải có độ nhạy đủ để phát hiện giá trị dòng điện thấp hơn nhiều so với giá trị dòng điện có hại đến nhịp tim của người. Thứ hai, phải tác động càng nhanh càng tốt để giảm rủi ro hỏa hoạn, nổ.

Thiết bị điện bảo vệ chống dòng điện rò có các cấp dòng điện rò tác động phổ biến là 10mA, 30mA, 100mA, 300mA, 500mA. Thiết bị điện chống dòng điện rò cấp 300mA và 500mA chỉ thích hợp khi dùng để bảo vệ hệ thống cung cấp điện hạ áp phòng tránh các rủi ro về tai nạn cháy, nổ điện. Thiết bị điện chống dòng điện rò cấp 30mA được dùng phổ biến làm thiết bị điện chống giật. Đối với các thiết bị điện dễ xảy ra hiện tượng chạm vỏ liên tục với dòng điện rò có trị số lớn cũng có thể dùng khí cụ điện chống dòng điện rò cấp 100mA. Thiết bị điện chống dòng điện rò cấp 30mA với thời gian tác động khoảng 0,1 giây hiện được nhiều công ty điện lực của nhiều quốc gia trên thế giới khuyến dùng và được quy định trong các quy phạm về an toàn trong hệ thống điện dân dụng.

Trong các hệ thống cung cấp điện hạ áp ba pha bốn dây trung tính trực tiếp nối đất đòi hỏi mức độ an toàn cao như ở những nơi công cộng hay những nơi mà người sử dụng là người tàn tật, người già, người không có kỹ năng sử dụng điện (bệnh viện, trường học, nhà trẻ, phòng riêng của trẻ em ...) cần phải có thiết bị điện đặc biệt an toàn, trong trường hợp này thường sử dụng thiết bị điện chống dòng điện rò có dòng điện rò tác động cấp 10mA.

Sơ đồ điển hình bố trí thiết bị chống dòng điện rò trình bày ở Hình 4.9.



Hình 4.9. Sơ đồ lắp đặt thiết bị chống dòng điện rò trong mạng điện

6. Các hạn chế của thiết bị chống dòng rò

Thiết bị chống dòng rò RCD có thể gia tăng mức an toàn của một hệ thống cung cấp điện nhưng không thể loại trừ tất cả các rủi ro do sốc điện và nguy hiểm cháy. Thêm vào đó, thiết bị chống dòng rò không có khả năng phát hiện quá dòng, ngắn mạch pha-trung hoà hay ngắn mạch pha-pha.

Thiết bị chống dòng rò RCD có thể bảo vệ chống sốc điện khi dòng đi qua người từ pha xuống đất. Thiết bị này không thể bảo vệ chống sốc điện khi dòng điện đi qua người từ pha sang dây trung hoà hay từ pha sang pha (ví dụ, các ngón tay người chạm vào pha –trung hoà khi lắp bóng đèn).

Trong thực tế việc bảo vệ chống sốc điện ngoài việc sử dụng các thiết bị chống dòng rò cần thông qua các giải pháp cơ học (che chắn hay bao bọc để bảo vệ chống chạm điện) và quá trình (ví dụ, ngắt điện trước khi tiến hành bảo trì thiết bị).

4.4. CẦU CHÌ

Cầu chì là thiết bị bảo vệ bằng cách chảy một hoặc nhiều dây chảy để ngắt mạch và cắt dòng nếu dòng vượt quá giá trị cài đặt trong khoảng thời gian cho phép.

Loại cầu chì được sử dụng để chống quá tải và ngắn mạch trong mạng hạ áp dân dụng có đặc tính gG phù hợp với IEC 60269-3. Loại này có hai dòng qui ước được tiêu chuẩn hoá gồm:

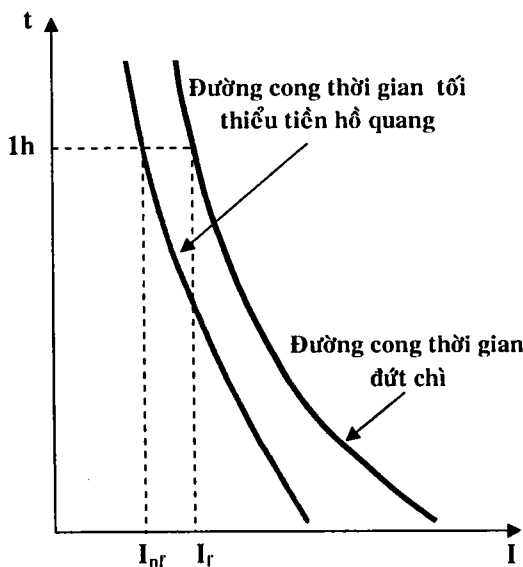
- Dòng không nóng chảy I_{nr} : đây là giá trị dòng mà cầu chì có thể chịu được mà không bị nóng chảy trong thời gian qui định. Ví dụ: cầu chì có dòng định mức 32A chịu được dòng 40A ($1,25I_n$) mà không nóng chảy trong khoảng thời gian nhỏ hơn 1h (Bảng 4.2).
- Dòng nóng chảy I_r : đây là giá trị dòng gây ra hiện tượng nóng chảy cầu chì trước khi kết thúc khoảng thời gian qui định. Ví dụ: cầu chì có dòng định mức 32A khi chịu dòng 52,1A ($1,6I_n$) phải nóng chảy trong khoảng thời gian nhỏ hơn 1h (Bảng 4.2).

Các thí nghiệm tiêu chuẩn của IEC 269-1 yêu cầu đặc tính cầu chì nằm giữa hai đường cong giới hạn cho cầu chì được xem xét (Hình 4.10). Từ đặc tính miền chảy và không chảy của cầu chì nhận thấy cầu chì không thích hợp để bảo vệ chống quá tải ở mức thấp. Do đó cần sử dụng dây dẫn có tiết diện lớn hơn nhằm tránh hậu quả quá tải kéo dài (trong trường hợp xấu nhất quá tải 60% trong 1h).

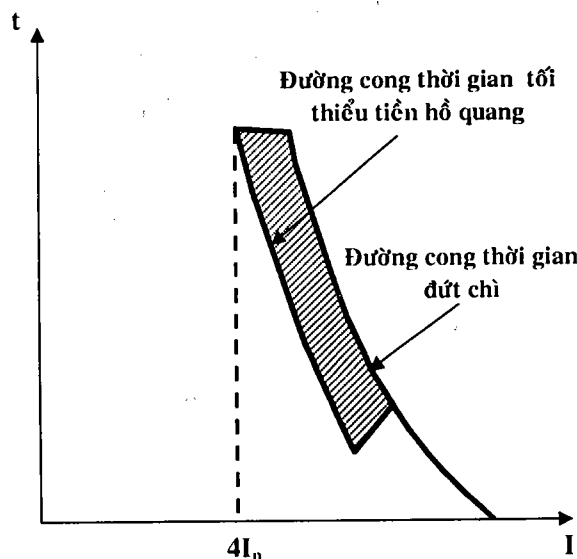
Trong mạng hạ áp công nghiệp, loại cầu chì có đặc tính gM (bảo vệ động cơ khi khởi động lẫn khi ngắn mạch nhưng không bảo vệ quá tải) và loại cầu chì có đặc tính aM kết hợp với rơ le nhiệt bảo vệ chống quá tải có mức quá tải $<4I_n$. Đặc tính của hai loại cầu chì này phù hợp với IEC 60269-1 và IEC 60269-2.

Đặc trưng cho loại cầu chì gM và aM là: dòng định mức của dây chì và vỏ cầu chì I_n và đặc tuyến I/t (I_{ch} -characteristic). Mã cầu chì loại gM được thể hiện như sau: I_nMI_{ch} với I_n chỉ đặc tính nhiệt ở tải thường và I_{ch} liên quan đến đặc tính ngắn hạn (khởi động). Ví dụ: 32M63.

Hình 4.11 trình bày vùng nóng chảy tiêu chuẩn hoá cho cầu chì aM, với lưu ý rằng đặc tuyến để thí nghiệm các cầu chì aM được cho giá trị từ $4I_n$ trở đi và các cầu chì theo IEC 60269 được dùng phải có đặc tuyến nằm trong vùng tô mờ.



Hình 4.10. Miền chảy và không chảy của cầu chì gG và gM



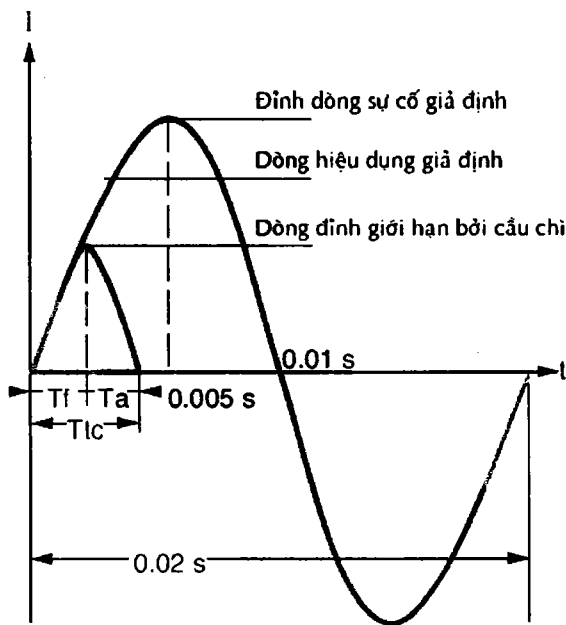
Hình 4.11. Vùng nóng chảy tiêu chuẩn hoá của cầu chì aM

Bảng 4.2. Dòng chảy và không chảy của cầu chì

Loại	Dòng định mức ^(*) I_n (A)	Dòng qui ước không chảy I_{nr} (A)	Dòng qui ước chảy I_r (A)	Thời gian qui ước (h)
gG gM	$I_n \leq 4A$	$1,5I_n$	$2,1I_n$	1
	$4 < I_n \leq 16A$	$1,5I_n$	$1,9I_n$	1
	$16 < I_n \leq 63A$	$1,25I_n$	$1,6I_n$	1
^(*) I_{ch} cho cầu chì gM	$63 < I_n \leq 160A$	$1,25I_n$	$1,6I_n$	2
	$160 < I_n \leq 400A$	$1,25I_n$	$1,6I_n$	3
	$400 < I_n$	$1,25I_n$	$1,6I_n$	4

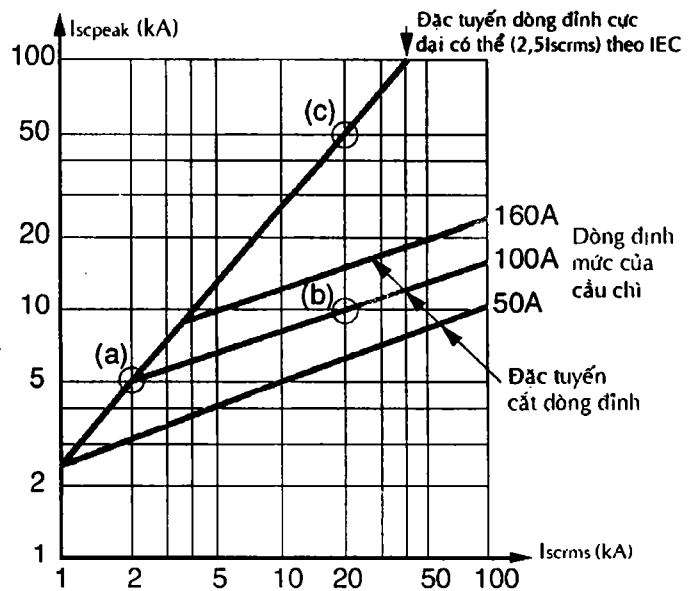
Các cầu chì ngày nay có khả năng cắt dòng ngắn mạch lớn rất nhanh nhờ tốc độ nóng chảy nhanh của dây chảy. Dòng ngắn mạch sẽ bị cắt trước khi đạt giá trị đỉnh (Hình 4.12). Sự giới hạn dòng ngắn mạch làm giảm ứng lực nhiệt và cơ gây ra bởi dòng ngắn mạch. Do đó, làm giảm nguy cơ hư hỏng khi xuất hiện ngắn mạch.

Giá trị dòng cắt ngắn mạch của cầu chì dựa trên giá trị hiệu dụng của thành phần xoay chiều trong dòng sự cố. Hình 4.13 trình bày giá trị dòng đỉnh giới hạn so với giá trị hiệu dụng thành phần xoay chiều cho cầu chì hạ áp. Ví dụ trong đồ thị này, cầu chì 100A sẽ cắt dòng hiệu dụng sự cố 2kA và giới hạn dòng đỉnh ở 5kA, cắt dòng hiệu dụng sự cố 20kA và giới hạn dòng đỉnh ở 10kA. Nếu không có cầu chì giới hạn dòng, giá trị đỉnh có thể đạt đến 50kA.



T_f -thời gian chảy tiền hồ quang; T_a -thời gian có hồ quang; T_c -thời gian tổng cắt dòng

Hình 4.12. Dòng giới hạn bởi cầu chì



I_{scpeak} - Dòng đỉnh sự cố giả định; I_{scrms} - Dòng sự cố hiệu dụng xoay chiều

Hình 4.13. Dòng đỉnh giới hạn so với dòng sự cố hiệu dụng xoay chiều

CHƯƠNG 5

BẢO VỆ AN TOÀN CHO NGƯỜI

5.1. BẢO VỆ CHỐNG TIẾP XÚC TRỰC TIẾP

Con người phải được bảo vệ khỏi các nguy hiểm có thể sinh ra khi tiếp xúc với các bộ phận mang điện của hệ thống lắp đặt. Có thể đạt được các bảo vệ này bằng một trong các phương pháp sau:

- Ngăn ngừa dòng điện chạy qua cơ thể của con người.
- Giới hạn dòng điện có thể chạy qua cơ thể xuống đến giá trị thấp hơn giá trị dòng điện gây giết.
- Sử dụng biện pháp bảo vệ bổ sung.

1. Ngăn ngừa dòng điện chạy qua cơ thể của con người

Việc ngăn ngừa dòng điện chạy qua cơ thể của con người có thể thực hiện bằng các biện pháp sau:

a. Cách điện của các bộ phận mang điện

Cách điện được thiết kế để ngăn ngừa mọi tiếp xúc với các bộ phận mang điện và các vật liệu cách điện và các vật liệu này chỉ có thể được loại bỏ khi phá hủy (thí dụ cách điện của cáp điện).

- Đối với các thiết bị được lắp sẵn ở nhà máy, cách điện phải phù hợp với tiêu chuẩn liên quan áp dụng cho thiết bị đó.
- Đối với các thiết bị khác, cách điện của thiết bị phải có khả năng chịu đựng lâu dài các ứng suất cơ, hoá, nhiệt và điện trong quá trình vận hành bình thường.

b. Che chắn hay bao bọc

Các phần mang điện phải được đặt trong tủ điện hay che chắn. Các thiết bị này cần có mức bảo vệ chống xâm nhập tương đương IP2X.

Trường hợp khi xuất hiện các lỗ lớn hơn khi thay thế các bộ phận, như đui đèn, ổ cắm hay cầu chì, hay khi cần có các lỗ lớn hơn để cho phép thiết bị hoạt động theo đúng qui cách thì phải:

- Có các biện pháp phòng ngừa thích hợp để ngăn không cho người chạm ngẫu nhiên vào các bộ phận mang điện.
- Đảm bảo rằng, trong chừng mực có thể, con người nhận thấy rõ là có khả năng chạm vào các bộ phận mang điện thông qua lỗ và không nên cố tình chạm vào các bộ phận này.

Bề mặt nằm ngang trên cùng của tấm chắn hay vỏ bọc dễ dàng tiếp cận được cần có mức bảo vệ chống xâm nhập tương đương IP4X.

Các tấm chắn hay vỏ bọc của bộ phận mang điện chỉ có thể mở khi:

- Sử dụng chìa khoá hay dụng cụ.
- Sau khi đã ngắt nguồn các bộ phận mang điện và việc đóng lại nguồn chỉ có thể thực hiện sau khi lắp hay đậy lại tấm chắn hay vỏ bọc.

c. Rào chắn

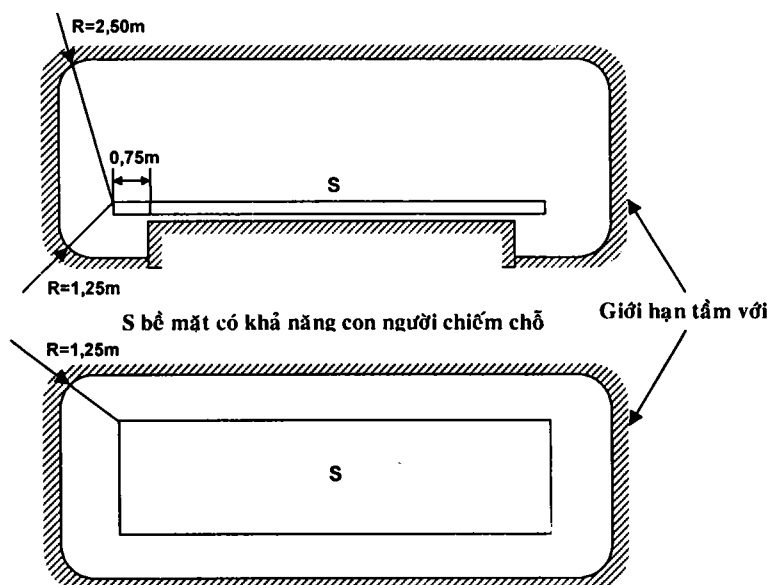
Rào chắn được thiết kế và lắp đặt để ngăn ngừa việc tiếp xúc không chủ ý của con người với các bộ phận mang điện trong quá trình thao tác thiết bị mang điện trong trạng thái vận hành bình thường nhưng không ngăn ngừa tiếp xúc có chủ ý bằng cách cố tình vòng qua rào chắn.

Các rào chắn có thể dỡ bỏ mà không cần sử dụng chìa khoá hay dụng cụ chuyên dùng nhưng chúng phải được lắp đặt chắc chắn để không bị dời đi một cách ngẫu nhiên.

d. Đặt ra khỏi tầm với

Bảo vệ bằng cách đặt các phần mang điện ra khỏi tầm với chỉ nhằm ngăn ngừa việc tiếp xúc không chủ ý với các bộ phận mang điện. Không gian tầm với được qui ước theo giới hạn thể hiện trên Hình 5.1. với lưu ý giá trị tầm với này áp dụng cho việc tiếp xúc trực tiếp bằng tay để trần mà không có công cụ trợ giúp khác (thang, dụng cụ,...).

Các bộ phận có thể tiếp cận đồng thời (cách nhau không quá 2,5m) mà có các điện thế khác nhau thì không được đặt trong tầm với.



Hình 5.1. Khu vực nằm trong tầm với

Nếu vị trí thường có người đến bị giới hạn theo phương nằm ngang bằng một chướng ngại vật như lan can, tấm lưới tạo ra cấp bảo vệ nhỏ hơn IP2X thì tầm với phải được kéo dài từ chướng ngại vật đó. Theo hướng lên trên, tầm với là 2,5m tính từ bề mặt S không tính đến bất kỳ chướng ngại vật trung gian nào có cấp bảo vệ nhỏ hơn IP2X.

Ở những nơi thường mang vác đồ vật dẫn điện dài hay công kênh, tầm với phải được tăng thêm có tính đến kích thước tương ứng của các đồ vật này.

2. Giới hạn dòng điện có thể chạy qua cơ thể con người

Nhằm giới hạn dòng điện chạy qua cơ thể con người cần phải giảm thấp điện áp tiếp xúc đến giá trị an toàn cho con người. Để đạt được điều này có thể áp dụng biện pháp nối đất các bộ phận kim loại bình thường không mang điện nhưng do cách điện bị hỏng hay nguyên nhân khác khiến bộ phận này trở nên mang điện.

3. Áp dụng biện pháp bảo vệ bổ sung

Sử dụng các thiết bị chống dòng rò với giá trị dòng rò tác động không vượt quá 30mA., do đó cần lưu ý rằng khi sử dụng thiết bị chống dòng rò không có nghĩa là loại bỏ các biện pháp an toàn nêu trên.

5.2. BẢO VỆ CHỐNG TIẾP XÚC GIÁN TIẾP

5.2.1. Sử dụng biện pháp nối đất vỏ thiết bị

Xét mạng cung cấp điện có trung tính cách điện (mạng điện IT) có điện áp dây U , vỏ thiết bị được nối với hệ thống nối đất có điện trở nối đất là R_d . Gọi R_{ng} là điện trở người, $R_C=R_1=R_2=R_3$ là điện trở cách điện pha-đất, bỏ qua ảnh hưởng của điện dung pha-đất $C=C_1=C_2=C_3$ thì dòng điện I_d đi qua điện trở nối đất R_d được xác định theo biểu thức:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3R_d + R_C} / \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}.U}{3R_d + R_C} \text{ với } R_d \ll R_{ng} \quad (5.1)$$

Điện áp tiếp xúc xác định theo biểu thức:

$$U_T = \frac{\sqrt{3}.U.R_d}{3R_d + R_C} \quad (5.2)$$

Từ biểu thức (5.2), điện áp tiếp xúc phụ thuộc vào điện trở cách điện pha-đất và đặc biệt là giá trị điện trở nối đất R_d . Nếu giá trị điện trở nối đất R_d đủ nhỏ thì giá trị điện áp tiếp xúc sẽ ở giới hạn không gây nguy hiểm cho người.

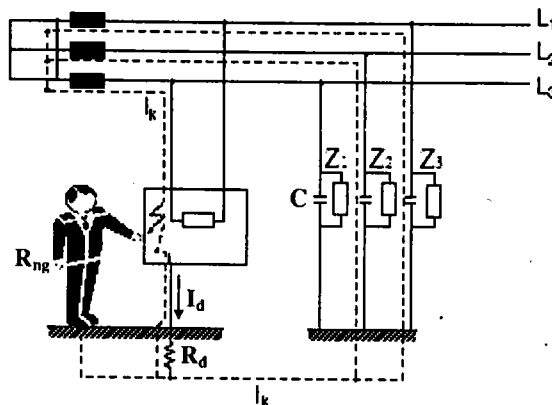
Trường hợp không bỏ qua ảnh hưởng của điện dung thì dòng điện I_d đi qua điện trở nối đất R_d xác định theo biểu thức:

$$I_d = \sqrt{I_{dR}^2 + I_{dC}^2} \quad (5.3)$$

Với I_{dR} và I_{dC} lần lượt là thành phần dòng điện tác dụng và thành phần dòng điện phản kháng.

$$I_{dR} = \frac{\sqrt{3}.U}{3R_d + R_C} \quad (5.4)$$

$$I_{dC} = \frac{\sqrt{3}.U.\omega.C}{\sqrt{1 + 9R_d^2.\omega^2.C^2}} \quad (5.5)$$



Hình 5.2. Sự cố chạm vỏ trong hệ thống IT

Ví dụ 5.1. Xác định giá trị điện trở nối đất R_d để đảm bảo an toàn cho người khi tiếp xúc vào vỏ thiết bị mà cách điện của thiết bị này bị hư hỏng. Biết rằng, điện áp dây của mạng điện là 380V, điện trở cách điện pha-đất $R_C=5k\Omega$, điện áp tiếp xúc cho phép $U_T=25V$.

Giải:

Giá trị điện trở nối đất R_d cần thỏa điều kiện:

$$R_d \leq \frac{U_T.R_C}{U - 2U_T} = \frac{25.5000}{380 - 2.25} = 379\Omega$$

Giá trị này của điện trở nối đất R_d có thể thực hiện không khó trong thực tế.

Trường hợp điện trở $R_d = 10\Omega$ thì điện áp tiếp xúc trong trường này là:

$$U_T = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot R_d}{3R_d + R_c} = \frac{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 10}{3 \cdot 10 + 5000} = 1,3V$$

Điện áp U_T có giá trị rất thấp đảm bảo an toàn cho con người.

Trường hợp tính đến giá trị điện dung $C=10\mu F$, $\omega=2\pi f=314Hz$ thì:

Thành phần dòng điện tác dụng:

$$I_{dR} = \frac{\sqrt{3} \cdot U}{3R_A + R_c} = \frac{\sqrt{3} \cdot 380}{3 \cdot 10 + 5000} = 0,132A$$

Thành phần dòng điện phản kháng:

$$I_{dC} = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot \omega \cdot C}{\sqrt{1 + 9R_d^2 \cdot \omega^2 \cdot C^2}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 314 \cdot 10^{-5}}{\sqrt{1 + 9 \cdot 10^2 \cdot 314^2 \cdot 10^{-10}}} = 2,1A$$

Dòng điện đi qua điện trở nối đất:

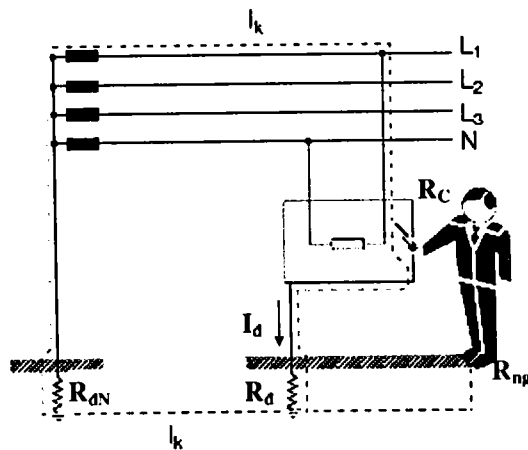
$$I_d = \sqrt{I_{dR}^2 + I_{dC}^2} = \sqrt{0,132^2 + 2,1^2} = 2,11A$$

Điện áp tiếp xúc:

$$U_T = I_d \cdot R_d = 2,11 \cdot 10 = 21,1V$$

Như vậy, đối với mạng điện ba pha trung tính cách điện với đất có điện trở cách điện và điện dung của mạng điện so với đất tương đối lớn thì có thể thực hiện biện pháp nối đất vỏ thiết bị để đảm bảo an toàn cho người khi cách điện của thiết bị bị hư hỏng.

Xét mạng điện có trung tính nối đất trực tiếp (mạng TT) có điện trở nối đất trung tính R_{dN} , điện áp dây U , vỏ thiết bị được nối với hệ thống nối đất có điện trở nối đất là R_d . Gọi R_{ng} là điện trở người, R_c là điện trở cách điện của thiết bị, bỏ qua ảnh hưởng của điện dung pha-đất C của dây dẫn thì dòng điện I_d đi qua điện trở nối đất R_d được xác định theo biểu thức:



Hình 5.3. Sự cố chạm vỏ trong hệ thống TT

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3}(R_d + R_{dN} + R_c)} \text{ với } R_d \ll R_{ng} \tag{5.6}$$

Điện áp tiếp xúc xác định theo biểu thức:

$$U_T = R_d \cdot I_d \tag{5.7}$$

Trong tình trạng vận hành bình thường, vì điện trở cách điện R_c có giá trị lớn nên dòng điện I_d có giá trị nhỏ và điện áp tiếp xúc U_T sẽ ở mức thấp, an toàn cho con người.

Trường hợp, cách điện của thiết bị bị hư hỏng $R_c = 0\Omega$, điện áp tiếp xúc có giá trị lớn và tùy thuộc vào tỷ lệ giá trị giữa R_{dN} và R_d :

$$U_T = \frac{R_d \cdot U}{\sqrt{3}(R_d + R_{dN})} \tag{5.8}$$

Xét mạng điện hạ áp có trung tính trực tiếp nối đất có $R_d=4\Omega$, điện áp $U=380V$, điện áp tiếp xúc cho phép $U_T=25V$, giá trị điện áp nối đất R_d yêu cầu được xác định theo biểu thức:

$$R_d \leq R_{dN} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot U_T}{U - \sqrt{3} \cdot U_T} = 4 \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot 25}{380 - \sqrt{3} \cdot 25} = 0,5\Omega$$

Giá trị điện trở nối đất R_d có giá trị rất thấp và không phải lúc nào cũng có thể thực hiện được trong thực tế. Chính vì lý do này, ngày càng có khuynh hướng áp dụng bảo vệ bằng biện pháp nối vỏ thiết bị với dây trung tính (tiếp không) ở mạng điện có trung tính trực tiếp nối đất.

Bảng 5.1 nêu giá trị điện trở nối đất yêu cầu theo TCVN 4756-89 (Qui phạm nối đất và nối không các thiết bị điện).

Bảng 5.1. Giá trị điện trở nối đất yêu cầu

U (V)	Chế độ trung tính nguồn	Giá trị R nối đất yêu cầu (Ω)	Đối tượng cần nối đất
>1000V	Nối đất	$R \leq 0,5\Omega$ Riêng nối đất nhân tạo: $R \leq 1,0\Omega$ Điện áp chạm đủ nhỏ	Trung tính và vỏ thiết bị điện
	Cách ly	Chung cho cả hạ áp: $R = \frac{125}{I} \Omega \leq 10\Omega$ Chỉ riêng cao áp: $R = \frac{250}{I} \Omega \leq 10\Omega$ I là dòng ngắn mạch chạm đất (A)	Vỏ thiết bị điện
$\leq 1000V$	Cách ly	$R \leq 4\Omega$ $R \leq 10\Omega^{(1)}$ (1) đối với MBA có $S \leq 100kVA$	Vỏ thiết bị điện
	Nối đất trực tiếp	2Ω cho cấp điện áp 380/660V 4Ω cho cấp điện áp 220/380V 8Ω cho cấp điện áp 110/220V	Trung tính nguồn và vỏ biến áp
		5Ω cho cấp điện áp 380/660V 10Ω cho cấp điện áp 220/380V 20Ω cho cấp điện áp 110/220V	Nối đất lặp lại

5.2.2. Sử dụng biện pháp cắt nhanh bằng máy cắt

Tiêu chuẩn IEC 60364 mô tả biện pháp tự động cắt nguồn bảo vệ chống điện giật khi tiếp xúc gián tiếp.

Thiết bị bảo vệ tự động cắt nguồn trong trường hợp có sự cố chạm chập giữa phần mang điện và vỏ bên ngoài, phần mà cơ thể người tiếp xúc để bảo vệ người chống các tác hại do bị điện giật.

Giải pháp bảo vệ này đòi hỏi sự kết hợp giữa hình thức nối đất của hệ thống, các đặc tính của dây dẫn bảo vệ và các thiết bị bảo vệ.

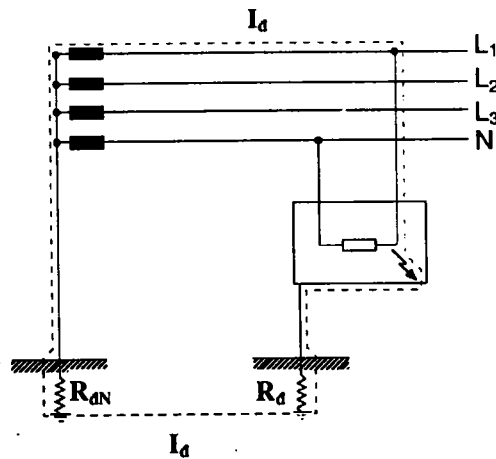
Các thiết bị phù hợp để cắt nguồn khi phát hiện dòng sự cố chạm đất bao gồm:

- Máy cắt hạ áp với cơ cấu cắt kiểu từ nhiệt;
- Máy cắt hạ áp với cơ cấu cắt kiểu điện tử;
- Máy cắt hạ áp với cơ cấu cắt kiểu điện tử tích hợp với bảo vệ chống chạm đất;
- Máy cắt hạ áp với cơ cấu cắt kiểu từ nhiệt tích hợp với bảo vệ chống dòng rò;
- Máy cắt chống dòng rò.

1. Mạng điện TT

Dòng sự cố đi trong cuộn dây thứ cấp máy biến áp, dây pha, điện trở sự cố, dây bảo vệ và điện trở nối đất R_d và điện trở nối đất trung tính R_{dN} (Hình 5.4).

Theo yêu cầu của tiêu chuẩn IEC 60364-4, các thiết bị bảo vệ phải được phối hợp với hệ thống nối đất nhằm mục đích cắt nhanh nguồn cấp điện, nếu điện áp tiếp xúc đạt đến giá trị nguy hiểm cho người.



Hình 5.4. Sự cố trong hệ thống TT

Giả thiết 50V (25V trong một vài trường hợp khác) là giá trị giới hạn của điện áp, điều kiện về giá trị điện trở tổng R_t nhằm giới hạn điện áp tiếp xúc trên phần mang điện là:

$$R_t \leq \frac{50}{I_a} \text{ hay } R_t \leq \frac{50}{I_{\Delta n}} \tag{5.9}$$

Ở đây: R_t (Ω) là giá trị điện trở tổng (bao gồm điện trở nối đất R_d , điện trở dây bảo vệ); I_a (A) là dòng tác động cắt, ứng với 5s dọc từ đường đặc tuyến bảo vệ của thiết bị bảo vệ quá dòng (CB); $I_{\Delta n}$ (A) là dòng tác động của thiết bị chống dòng rò ứng với 1s.

Từ đây nhận thấy rằng, giá trị R_t phụ thuộc vào các thiết bị bảo vệ khác nhau.

Trong thực tế, điện trở nối đất cần có giá trị rất thấp (thường $< 1\Omega$) do dòng tác động cắt của CB ứng với thời gian 5s thường lớn. Mặt khác, khi sử dụng thiết bị chống dòng rò, điện trở nối đất có thể có giá trị đến hàng ngàn Ohm, điều này tạo thuận lợi khi thi công hệ thống nối đất trong thực tế (thậm chí ở các nơi có điện trở suất của đất rất lớn).

Bảng 5.2 trình bày giá trị cực đại của điện trở nối đất theo dòng $I_{\Delta n}$ khi sử dụng thiết bị chống dòng rò, với điện áp chuẩn là 50V.

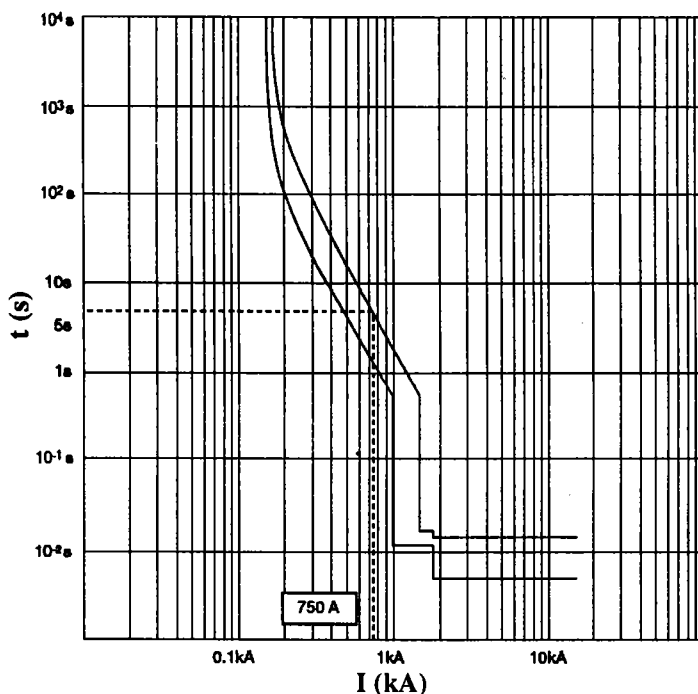
Ví dụ 5.2. Sử dụng máy cắt hạ áp (CB) Tmax T1B160 với dòng định mức $I_n=125A$, dòng tác động cắt ứng với thời gian 5s, tra từ đặc tuyến bảo vệ là 750A (Hình 5.5), khởi động ở trạng thái nguội (không mang tải lúc ban đầu, đây là trường hợp xấu nhất của máy cắt hạ áp kiểu từ – nhiệt).

Giá trị điện trở R_t được xác định theo biểu thức:

$$R_t \leq \frac{50}{I_a} = \frac{50}{750} = 0.06\Omega$$

Bảng 5.2. Giá trị R_1 theo $I_{\Delta n}$

$I_{\Delta n}$ (A)	R_1 (Ω)
0.01	5000
0.03	1666
0.1	500
0.3	166
0.5	100
3	16
10	5
30	1.6



Hình 5.5. Đặc tuyến bảo vệ của CB Tmax T1B160

Như vậy, để đảm bảo cắt dòng sự cố, $R_1 < 0.06\Omega$. Điều này không dễ dàng thực hiện trong thực tế.

Ngược lại, nếu vẫn sử dụng CB này, nhưng kèm theo bộ phận chống dòng rò ABB SACE RC221 với giá trị dòng tác động $I_{\Delta n}=0.03A$, giá trị điện trở R_1 theo yêu cầu là:

$$R_1 \leq \frac{50}{0.03} = 1666.6\Omega$$

Giá trị này rất dễ đạt được trong thực tế.

Ví dụ 5.3. Xét hệ thống phân phối điện trình bày ở Hình 5.2, điện trở nối đất trung tính của trạm biến áp là $R_B=10\Omega$, điện trở nối đất an toàn $R_d=15\Omega$. Dòng điện chạm đất $I_d=8A$. Điện áp tiếp xúc $U_T=R_d.I_d=15.8=120V$. Đây là giá trị điện áp nguy hiểm cho người. Nếu bỏ qua điện trở của dây bảo vệ, dòng tác động cắt của thiết bị chống dòng rò $I_{\Delta n}$ phải thoả điều kiện:

$$I_{\Delta n} \leq \frac{50}{15} = 3.3A$$

Chọn thiết bị chống dòng rò có $I_{\Delta n}=30mA$.

Trong một hệ thống cung cấp điện với một hệ thống nối đất chung và các tải được bảo vệ bởi các thiết bị với các dòng tác động cắt khác nhau, để đạt được sự phối hợp cho các tải trong cùng hệ thống nối đất, trường hợp xấu nhất-đại diện là thiết bị có dòng cắt cao nhất-cần được quan tâm.

Hệ quả là khi một vài tuyến dây được bảo vệ bằng các thiết bị bảo vệ quá dòng (CB) và một vài tuyến dây khác được bảo vệ bằng thiết bị chống dòng rò thì tất cả các ưu điểm do sử dụng thiết bị bảo vệ chống dòng rò bị loại trừ vì lúc này giá trị R_i được xác định trên cơ sở dòng I_{5s} của thiết bị bảo vệ quá dòng và đây là giá trị dòng tác động cắt lớn nhất giữa hai loại thiết bị nêu trên.

Như vậy, để bảo vệ tất cả các tải trong hệ thống nối đất TT nên sử dụng máy cắt chống dòng rò để đạt được cùng một lúc hai lợi ích: cắt mạch nhanh khi sự cố xuất hiện và yêu cầu giá trị điện trở nối đất không quá thấp, tạo điều kiện thuận lợi khi thi công trong thực tế.

2. Mạng điện TN

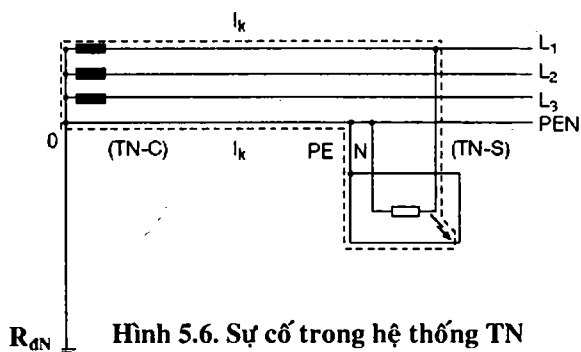
Mạch vòng sự cố không ảnh hưởng đến hệ thống nối đất và nó được hình thành bởi mạch nối tiếp dây pha và dây bảo vệ (Hình 5.6). Để bảo vệ tự động cắt nguồn điện khi xuất hiện sự cố, tiêu chuẩn IEC 60364-4 yêu cầu điều kiện sau phải được thoả:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0 \tag{5.10}$$

Ở đây: Z_s (Ω) là tổng trở của mạch vòng sự cố bao gồm tổng trở của nguồn, dây pha tính đến điểm sự cố và dây bảo vệ giữa điểm sự cố và nguồn; U_0 (V) là điện áp pha danh định; I_a (A) là dòng gây nên tác động cắt nguồn của thiết bị bảo vệ với thời gian qui định trong Bảng 5.3.

Lưu ý:

- + Thời gian tác động không được vượt quá 5s khi sử dụng máy cắt hạ áp truyền thống (CB).
- + Khi sử dụng thiết bị chống dòng rò, I_a là dòng $I_{\Delta n}$.



Hình 5.6. Sự cố trong hệ thống TN

Trong hệ thống TN, sự cố chạm đất với tổng trở thấp xuất hiện phía hạ áp gây nên dòng ngắn mạch có giá trị lớn. Bảo vệ chống chạm đất gián tiếp có thể thực hiện bằng cách sử dụng máy cắt hạ áp (CB) và cần kiểm tra dòng tác động cắt của thiết bị này với thời gian tồn tại cho phép phải có giá trị thấp hơn giá trị của dòng ngắn mạch.

Việc sử dụng thiết bị chống dòng rò sẽ nâng cao mức bảo vệ an toàn trong trường hợp riêng khi mà tổng trở ngắn mạch không có giá trị thấp và dòng ngắn mạch có thể tồn tại trong thời gian lâu dài gây nên quá nhiệt trong dây dẫn và tăng nguy cơ cháy.

Cuối cùng, lưu ý rằng thiết bị chống dòng rò không được sử dụng trong hệ thống TN-C, bởi vì dây trung hoà và dây bảo vệ chỉ là một. Cấu hình này khiến cho thiết bị bảo vệ chống dòng rò không thể tác động.

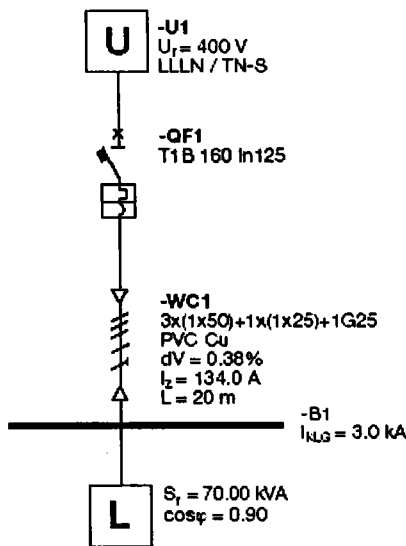
Bảng 5.3. Thời gian cắt cực đại cho hệ thống TN

U_0 (V)	t (s)
120	0.8
230	0.4
400	0.2
>400	0.1

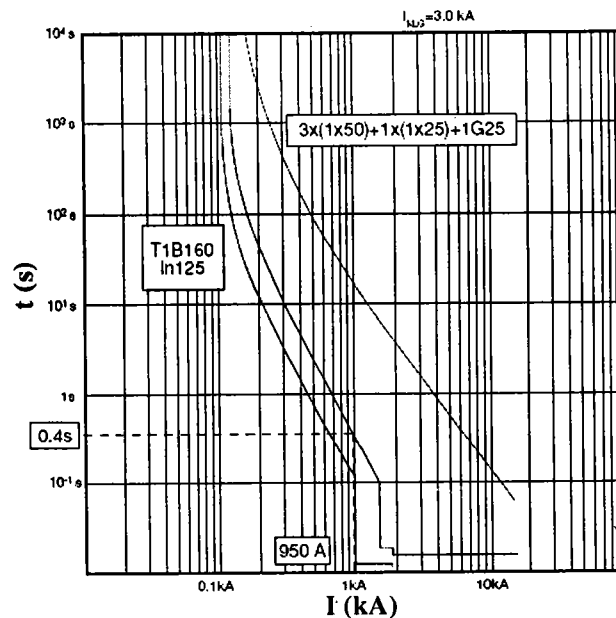
Ví dụ 5.4. Xét hệ thống điện được trình bày trong Hình 5.7, giá trị dòng ngắn mạch chạm đất là $I_{kLG}=3kA$.

Điện áp pha là 230V, từ Bảng 5.2 xác định được dòng I_a tương ứng với thời gian cắt cực đại 0,4s:

$$I_a(0.4s) \leq \frac{U_0}{Z_s} = I_{kLG} = 3kA$$



Hình 5.7. Sơ đồ hệ thống điện



Hình 5.8. Đặc tuyến bảo vệ thiết bị T1B160

Từ đường cong bảo vệ của thiết bị T1B160 (Hình 5.8), tra được dòng tác động cắt có giá trị 950A ứng với thời gian cắt là 0.4s. Nhận thấy, máy cắt hạ áp T1B160 vừa cung cấp bảo vệ chống chạm điện trực tiếp vừa cung cấp bảo vệ chống quá tải và ngắn mạch cho cấp cáp điện WC1. Vì vậy, việc sử dụng thiết bị chống dòng rò là không cần thiết.

Ví dụ 5.5. Kiểm tra độ an toàn khi sự cố chạm vỏ trong hệ thống điện trình bày ở Hình 5.7. Biết rằng CB bảo vệ mạch có dòng định mức $I_n=160A$ và dòng tác động của bộ phận từ $I_m=10I_n=1600A$.

Tổng trở ngắn mạch :

$$Z_s = Z_{AB} + Z_{BC} + Z_{DE} + Z_{EN} + Z_{NA}$$

Nếu bỏ qua các tổng trở Z_{AB} , Z_{EN} và Z_{NA} thì điện áp tiếp xúc U_T :

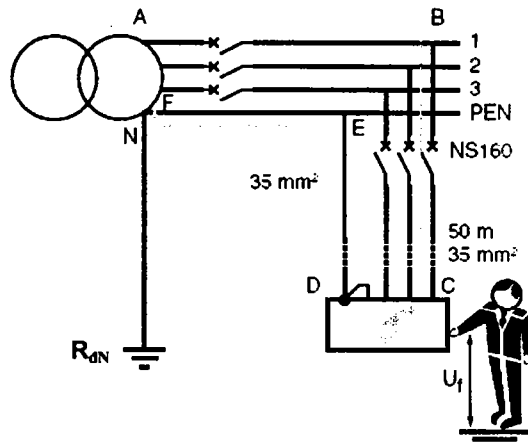
$$U_T = \frac{Z_{BC}}{Z_{BC} + Z_{DE}} U_0 = \frac{230}{2} = 115V$$

Và tổng trở ngắn mạch Z_s :

$$Z_s = Z_{BC} + Z_{DE} = 2\rho \frac{L}{S} = 2.22,5 \cdot \frac{50}{35} = 64,3 \text{ m}\Omega$$

Dòng sự cố chạm vỏ I_d :

$$I_d = \frac{230}{64,3} = 3,6 \text{ kA}$$

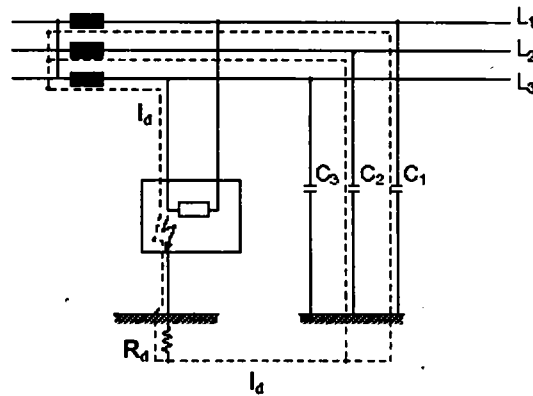


Hình 5.9. Sự cố chạm vỏ trong hệ thống điện

Dòng I_d rất lớn so với dòng I_m nên CB sẽ cắt nhanh loại trừ dòng sự cố chạm vỏ.

3. Mạng điện IT

Dòng chạm đất trong hệ thống IT đi qua dung kháng của đường dây đến điểm trung tính của nguồn cấp điện (Hình 5.10). Vì vậy, dòng chạm đất thứ nhất có giá trị rất nhỏ để có thể tác động các thiết bị bảo vệ cắt nguồn và điện áp tiếp xúc có giá trị rất thấp.



Hình 5.10. Sự cố trong hệ thống IT

Tiêu chuẩn IEC 60364-4 qui định việc trang bị thiết bị tự động ngắt mạch là không cần thiết nếu điều kiện sau được thỏa:

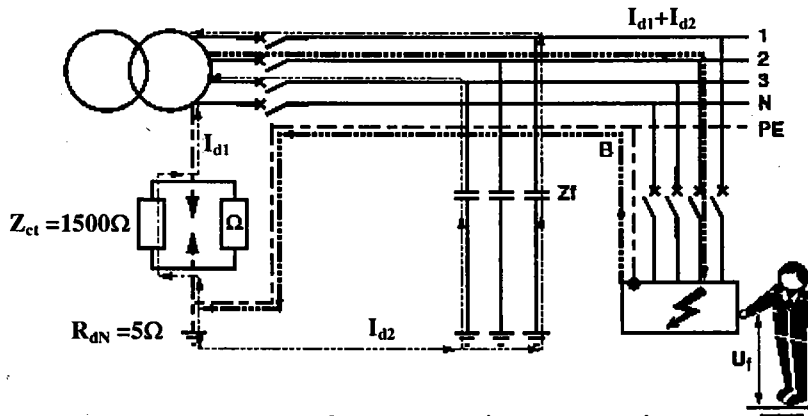
$$R_d \cdot I_d \leq U_L \quad (5.11)$$

Ở đây: R_d (Ω) là điện trở nối đất vỏ thiết bị; I_d (A) là dòng chạm đất điểm thứ nhất; U_L có giá trị là 50V ở những nơi thông thường (25V ở những nơi đặc biệt).

Nếu điều kiện này được thỏa, sau khi xuất hiện dòng sự cố chạm đất điểm thứ nhất, điện áp tiếp xúc trên vỏ thiết bị không vượt quá 50V và sẽ không gây nguy hiểm cho người.

Trong hệ thống IT, cần thường xuyên theo dõi điều kiện cách điện so với đất bằng thiết bị báo sự xuất hiện dòng chạm đất thứ nhất. Nếu có điểm bị chạm đất cần tiến hành sửa chữa nếu muốn hệ thống IT làm việc hoàn toàn tin cậy. Ngoài ra, hệ thống IT còn cho phép tiếp tục cung cấp điện khi bị sự cố chạm đất điểm thứ nhất, đây là ưu điểm lớn so với các hệ thống khác.

Ví dụ 5.6. Xác định điện áp tiếp xúc trong hệ thống IT trình bày ở Hình 5.11. Biết rằng mạng có dây dẫn dài 1km, dung kháng so với đất $Z_f=3500\Omega$. Điện áp hệ thống 230/400V. Dòng rò xuyên qua lớp cách điện của thiết bị có thể bỏ qua.



Hình 5.11. Đường đi của dòng sự cố trong hệ thống IT

Trong tình trạng làm việc bình thường, dòng điện dung rò xuống đất là:

$$I_r = \frac{U_0}{Z_f} = \frac{230}{3500} = 66\text{mA / pha}$$

Khi xảy ra sự cố một pha chạm đất, dòng đi qua điện trở nối đất R_{dN} là tổng vectơ của dòng điện dung trên các pha không bị sự cố. Điện áp các pha không bị sự cố tăng lên gấp $\sqrt{3}$ lần so với $U_{\text{pha-đất}}$ lúc bình thường. Do đó, điện dung cũng tăng $\sqrt{3}$ lần tương ứng. Những vectơ này lệch pha nhau 60° vì vậy khi cộng vectơ, giá trị dòng I_{d2} đi qua điện trở nối đất R_{dN} được xác định theo biểu thức:

$$I_{d2} = 3 \times 66\text{mA} = 198\text{mA}$$

Điện áp tiếp xúc U_T :

$$U_T = I_{d2} \cdot R_{dN} = 198 \cdot 10^{-3} \cdot 5 = 0.99\text{V}$$

Điện áp tiếp xúc U_T có giá trị rất thấp không gây nguy hiểm cho người.

Dòng đi qua tổng trở nối đất trung tính I_{d1} :

$$I_{d1} = \frac{230}{1500} = 153\text{mA}$$

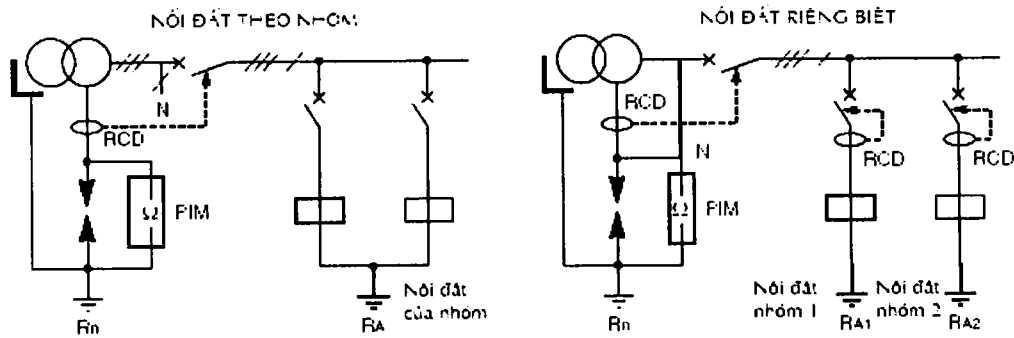
Dòng đi qua chỗ bị sự cố là tổng vectơ của dòng I_{d1} và dòng I_{d2} .

Khi xuất hiện sự cố chạm đất điểm thứ hai (xuất hiện đồng thời hai điểm chạm đất một lúc trên hai pha khác nhau), nguồn cấp sẽ được cắt theo thể thức sau:

a. Khi các vỏ thiết bị được nối đất theo nhóm hay riêng biệt (Hình 5.12), điều kiện bảo vệ tương tự như cho hệ thống TT (Phần 5.2.2.1). Lưu ý, trong trường hợp này cần bố trí các thiết bị RCD ở các máy cắt tổng của cả nhóm và tại từng nhánh thiết bị có nối đất riêng.

Lý do của việc đặt thêm các thiết bị RCD là khi các điện cực nối đất độc lập “kết nối” qua đất, dòng ngắn mạch pha-pha thường bị giới hạn khi đi qua các điện trở nối đất. Điều này làm cho các bảo vệ quá dòng lớn không làm việc tin cậy. Các thiết bị RCD có độ nhạy cao hơn sẽ tác

động chắc chắn hơn. Tuy nhiên, trường hợp này các thiết bị RCD phải có dòng đặt cao hơn dòng chạm đất điểm thứ nhất.



Hình 5.12. Các hình thức nối đất trong hệ thống IT

b. Khi tất cả các vỏ thiết bị được nối đất với dây bảo vệ PE chung (Hình 5.13), các điều kiện cho hệ thống TN được áp dụng. Trong trường hợp riêng, các điều kiện sau cần được thoả:

- Nếu dây trung hoà không tham gia vào mạch:

$$Z_s \leq \frac{U_r}{2.I_a} \tag{5.12}$$

- Nếu dây trung hoà tham gia vào mạch:

$$Z_s \leq \frac{U_0}{2.I_a} \tag{5.13}$$

Ở đây: U_0 (V) là giá trị điện áp pha; U_r (V) là giá trị điện áp dây; Z_s (Ω) là tổng trở mạch vòng sự cố bao gồm dây pha và dây bảo vệ; Z'_s (Ω) là tổng trở mạch vòng sự cố bao gồm dây trung tính và dây bảo vệ; I_a (A) là dòng tác động cắt của thiết bị bảo vệ tương ứng với thời gian qui định trong Bảng 5.4 hay trong vòng 5s đối với các mạch phân phối.

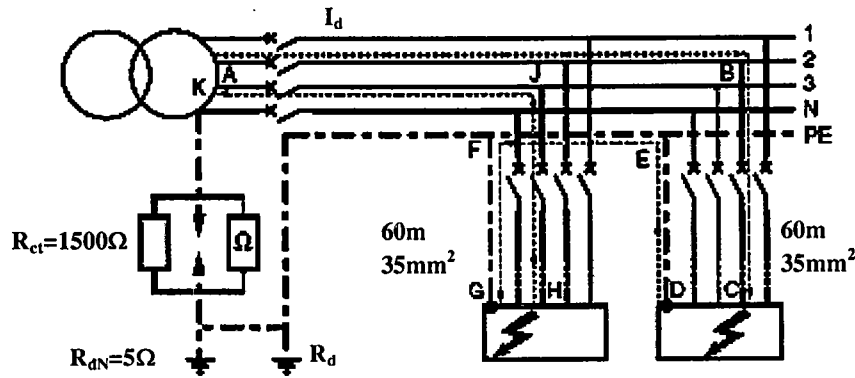
Bảng 5.4. Thời gian tác động cắt cực đại trong hệ thống IT

Điện áp (V) U_0/U_r	Thời gian tác động cắt cực đại (s)	
	Trung tính không được phân phối	Trung tính được phân phối
120/240	0.8	5
230/400	0.4	0.8
400/690	0.2	0.4
580/1000	0.1	0.2

Tiêu chuẩn IEC 60364-4 phát biểu rằng, nếu các yêu cầu ở mục b nêu trên không được thoả bằng cách sử dụng thiết bị bảo vệ quá dòng thì việc bảo vệ cho mỗi đường dây cấp điện cho tải phải được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị bảo vệ chống dòng rò.

Ngưỡng tác động của thiết bị bảo vệ chống dòng rò phải được chọn cẩn thận nhằm mục đích ngăn ngừa việc ngắt điện không mong muốn, do còn có các đường riêng dẫn dòng sự cố thứ nhất thông qua dung kháng của đường dây đến điểm trung tính của nguồn cấp điện (thay cho đường dây sự cố, một đường dây bình thường khác với điện dung lớn có thể gây ra dòng sự cố có giá trị lớn hơn).

Ví dụ 5.7. Kiểm tra khả năng bảo vệ của CB T1B160 với dòng định mức $I_n=125A$ và đặc tuyến bảo vệ trình bày ở Hình 5.6 cho hệ thống điện trình bày ở Hình 5.11 khi xuất hiện chạm đất ở hai điểm.



Hình 5.13. Xuất hiện ngắn mạch tại hai điểm trong hệ thống IT

Trong hệ thống IT, các phần mạch của hai nhánh cùng chạm vỏ được giả sử là có cùng chiều dài và dây dẫn cùng tiết diện. Dây PE có cùng tiết diện như dây pha.

Vì vậy tổng trở của mạch vòng 1 (FGHJ):

$$Z_{s1} = 2.R_{HJ} = 2.\rho.\frac{L}{S} = 2.22,5.\frac{50}{35} = 64,3m\Omega$$

Tổng trở vòng chung (BCDEJHGF):

$$Z_s = 2.Z_{s1} = 2.64,3 = 129m\Omega$$

Từ đặc tuyến bảo vệ Hình 5.10, ứng với thời gian $t=0,4s$, tìm được $I_a=950A$.

Tính tỷ số $\frac{U_r}{2.I_a}$:

$$\frac{U_r}{2.I_a} = \frac{\sqrt{3}.230}{2.950} = 0,21\Omega = 210m\Omega$$

Giá trị này lớn hơn giá trị $Z_s=129m\Omega$ nên máy cắt hạ áp sẽ cắt nguồn đảm bảo điều kiện an toàn cho người.

5.2.3. Xác định chiều dài cực đại của dây dẫn

Tất cả các tiêu chuẩn đều đưa ra thời gian tác động cắt cực đại cho thiết bị bảo vệ nhằm mục đích loại trừ các hiệu ứng về sinh lý cho con người khi chạm phần dẫn điện.

Để bảo vệ chống chạm đất gián tiếp, cần phải kiểm tra thời gian cắt của máy cắt hạ áp phải nhỏ hơn giá trị qui định trong các tiêu chuẩn. Việc kiểm tra này được tiến hành thông qua việc lập tỷ số giữa dòng ngắn mạch cực tiểu trên phần dẫn điện được bảo vệ với dòng tác động qui định bởi các tiêu chuẩn.

Dòng ngắn mạch cực tiểu xuất hiện khi có ngắn mạch giữa dây pha và dây bảo vệ ở điểm xa nhất trên dây được bảo vệ.

Để xác định dòng ngắn mạch cực tiểu, thường sử dụng phương pháp tính gần đúng với giả thiết như sau:

- Điện trở dây dẫn tăng 50% so với giá trị ở nhiệt độ 20°C do quá nhiệt bởi dòng ngắn mạch.
- Điện áp nguồn giảm còn 80% do ảnh hưởng của dòng ngắn mạch.
- Điện cảm dây dẫn chỉ được xem xét đối dây dẫn có tiết diện lớn hơn 95mm².

Công thức dưới đây đạt được bằng cách áp dụng định luật Ohm giữa thiết bị bảo vệ và điểm ngắn mạch. Sau đây là các chú giải cho các ký hiệu và các hằng số trong công thức:

- 0.8 là hệ số tính đến sụt giảm điện thế

- 1.5 là hệ số tính đến độ gia tăng điện trở
- U_r là giá trị danh định điện áp giữa dây và dây
- U_0 là giá trị danh định điện áp giữa pha và đất
- S là tiết diện dây pha
- S_N là tiết diện dây trung tính
- S_{PE} là tiết diện dây bảo vệ
- ρ là điện trở suất của dây dẫn ở nhiệt độ 20°C ($\rho_{\text{cu}}=22,5.10^{-3}\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ và $\rho_{\text{al}}=36.10^{-3}\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)
- L là chiều dài dây dẫn
- $m = \frac{S_N}{S_{PE}}$ là tỷ số giữa tiết diện tổng dây pha (một sợi dây pha có tiết diện S nhân với n sợi dây pha đi song song) với tiết diện dây bảo vệ với giả thiết chúng được chế tạo từ cùng một vật liệu.
- $m_1 = \frac{S_N \cdot n}{S_{PE}}$ là tỷ số giữa tiết diện tổng dây trung hoà (một sợi dây trung hoà có tiết diện S_N nhân với n sợi dây trung hoà đi song song) với tiết diện dây bảo vệ với giả thiết chúng được chế tạo từ cùng một vật liệu.
- k_1 là hệ số hiệu chỉnh khi tính đến điện cảm của dây dẫn khi tiết diện dây dẫn lớn hơn 95mm^2 , được tra trong Bảng 5.5.
- k_2 là hệ số hiệu chỉnh cho các dây dẫn đi song song và xác định bằng biểu thức:

$$k_2 = 4 \frac{n-1}{n}$$

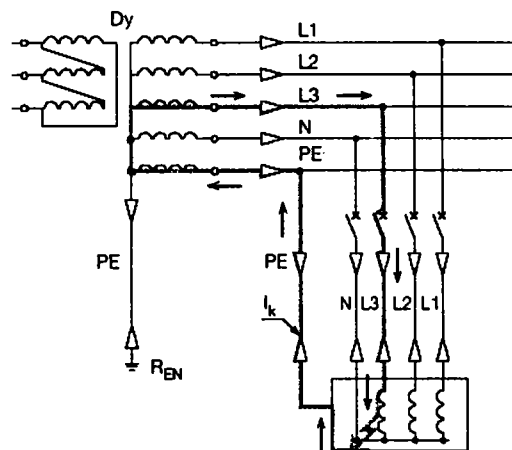
Với n là số dây dẫn đi song song trong một pha.

- 1.2 là sai số ngưỡng tác động từ cho phép bởi tiêu chuẩn.

Bảng 5.5. Hệ số hiệu chỉnh k_1

S (mm ²)	120	150	185	240	300
k_1	0.90	0.85	0.80	0.75	0.72

1. Mạng điện TN



Hình 5.14. Dòng ngắn mạch trong hệ thống TN

Công thức xác định dòng ngắn mạch cực tiểu:

$$I_{k \min} = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S}{1,5 \cdot 1,2 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot L} k_1 \cdot k_2 \tag{5.14}$$

Hay công thức xác định chiều dài cực đại của dây dẫn để thiết bị bảo vệ có thể cắt nguồn đảm bảo an toàn cho người:

$$L = \frac{0,8.U_0.S}{1,5.1,2.\rho.(1+m).I_{k\min}} k_1.k_2 \tag{5.15}$$

Ví dụ 5.8. Mạng 3 pha/4 dây, điện áp 230/400V, hệ thống nối đất kiểu TN-C, được bảo vệ bằng CB mã hiệu C60N-C-63, đặc tuyến bảo vệ loại C, có dòng định mức $I_n=63A$, dây dẫn là dây nhôm có $S=50mm^2$, $S_{PE}=25mm^2$. Xác định chiều dài dây dẫn tối đa để CB có thể cắt nhanh khi có sự cố chạm vỏ nhằm bảo vệ chống điện giật gián tiếp?.

Tương ứng với $t=0.4s$, dòng tác động cắt của CB là $I_a=500A$. Dòng I_a cũng chính là dòng ngắn mạch cực tiểu $I_{k\min}$ mà CB có thể cắt nhanh.

Xác định các hệ số :

$$m = \frac{S.n}{S_{PE}} = \frac{50}{25} = 2$$

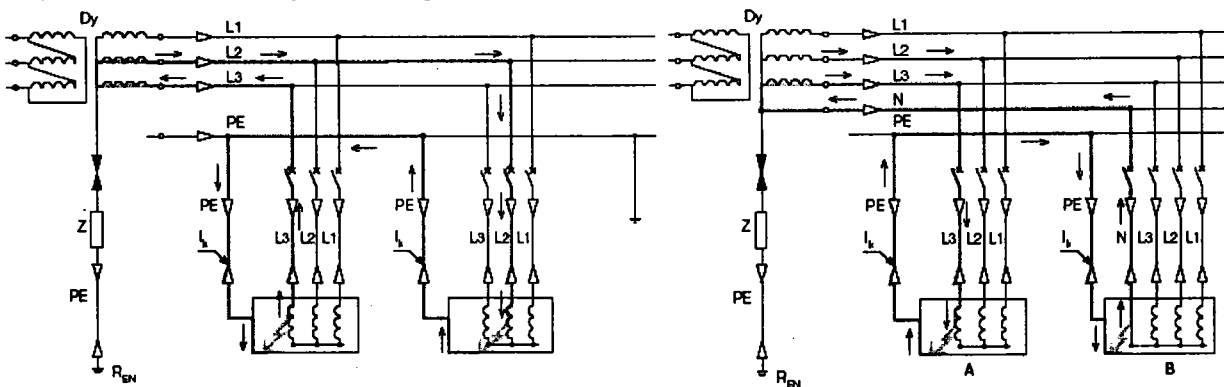
$$k_1=k_2=1$$

Chiều dài dây dẫn tối đa để CB có thể cắt nhanh:

$$L = \frac{0,8.U_0.S}{1,5.1,2.\rho.(1+m).I_{k\min}} k_1.k_2 = \frac{0,8.230.50}{1,5.1,2.36.10^3.(1+2)500} = 94,5m$$

2. Mạng điện IT

Đối với hệ thống IT cần phân biệt hai trường hợp: dây trung hoà không có tham gia vào mạch (Hình 5.15.a) hay có tham gia vào mạch (Hình 5.15.b).



a. Mạch 3 dây pha+1 dây PE

b. Mạch 3 dây pha+1 dây N và 1 dây PE

Hình 5.15. Dòng ngắn mạch trong hệ thống IT

a. Trường hợp dây trung hoà không tham gia vào mạch

Khi sự cố điểm thứ hai xuất hiện, công thức xác định dòng ngắn mạch cực tiểu trở thành:

$$I_{k\min} = \frac{0,8.U_r.S}{2.1,5.1,2.\rho.(1+m).L} k_1.k_2 \tag{5.16}$$

Và chiều dài cực đại của dây dẫn:

$$L = \frac{0,8.U_r.S}{2.1,5.1,2.\rho.(1+m).I_{k\min}} k_1.k_2 \tag{5.17}$$

b. Trường hợp dây trung hoà tham gia vào mạch

Khi sự cố điểm thứ hai xuất hiện, công thức xác định dòng ngắn mạch cực tiểu trở thành:

$$I_{k \min} = \frac{0,8.U_0.S_N}{2.1,5.1,2.\rho.(1+m_1).L} k_1.k_2 \tag{5.18}$$

Và chiều dài cực đại của dây dẫn:

$$L = \frac{0,8.U_0.S_N}{2.1,5.1,2.\rho.(1+m_1).I_{k \min}} k_1.k_2 \tag{5.19}$$

Lưu ý: Không xét chiều dài giới hạn đối với bảo vệ chạm đất trong hệ thống TT vì mạng này được bảo vệ với RCD có độ nhạy cao.

5.2.4. Sử dụng biện pháp cắt nhanh bằng cầu chì

Trong mạng điện TN, giá trị dòng gây tác động đứt cầu chì I_a để bảo vệ chống tiếp xúc gián tiếp, cần phải thoả điều kiện sau:

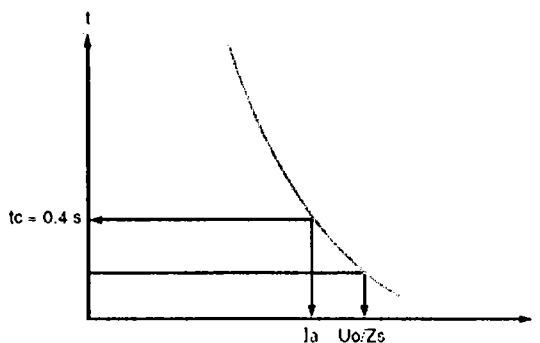
$$I_a(0,4s) \leq \frac{U_0}{Z_s} \tag{5.20}$$

Hay tổng trở mạch vòng sự cố Z_s phải thoả điều kiện:

$$Z_s \leq \frac{U_0}{I_a(0,4s)} \tag{5.21}$$

Ví dụ 5.9. Điện áp định mức pha-trung tính của mạng phân phối điện $U_0=230V$ và ứng với thời gian cắt tối đa cho trên Hình 5.16 là 0,4s có thể tìm được giá trị dòng tác động gây đứt cầu chì I_a , từ đó có thể xác định giá trị lớn nhất cho phép của tổng trở mạch vòng sự cố Z_s :

$$Z_s \leq \frac{230V}{I_a(0,4s)}$$



Hình 5.16. Đặc tuyến cắt của cầu chì

Trong thực tế, thay vì xác định giá trị lớn nhất cho phép của tổng trở mạch vòng sự cố Z_s , thường xác định chiều dài lớn nhất của dây dẫn mà cầu chì có thể bảo vệ. Chiều dài này có thể xác định trực tiếp bằng cách tra Bảng 5.6 khi sử dụng cầu chì kiểu gG và Bảng 5.7 khi sử dụng cầu chì kiểu aM với các điều kiện như sau:

- Điện áp mạng điện: 230/400V
- Hệ thống điện loại TN
- Điện áp chạm cho phép: $U_L=50V$
- Dây dẫn bằng đồng

Đối với các trường hợp khác, giá trị chiều dài lớn nhất của dây dẫn phải được nhân với hệ số cho ở Bảng 5.8.

Bảng 5.6. Chiều dài cực đại (m) của dây dẫn được bảo vệ bằng cầu chì kiểu gG

I (A)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1.5	53	40	32	22	18	13	11	7	8	4	3									
2.5	88	66	53	36	31	21	18	12	9	7	6	4								
4	141	106	85	58	49	33	29	19	15	11	9	6	6	4						
6	212	159	127	87	73	50	43	29	22	16	14	10	8	6	4					
10	353	265	212	145	122	84	72	48	37	28	23	16	14	10	7	6	4			
16	566	424	339	231	196	134	116	77	59	43	36	25	22	15	12	9	7	5	4	
25	884	663	530	361	306	209	181	120	92	67	57	40	35	24	18	14	11	8	6	4
35		928	742	506	428	293	253	169	129	94	80	56	48	34	26	20	15	11	9	6
50				687	581	398	343	229	176	128	108	76	66	46	35	27	20	15	12	8
70					856	586	506	337	259	189	159	111	97	67	52	39	30	22	17	11
95						795	687	458	351	256	216	151	131	92	70	53	41	29	23	16
120							868	578	444	323	273	191	166	116	89	67	62	37	26	20
150								615	472	343	290	203	178	123	94	71	54	39	31	21
185								714	547	399	336	235	205	145	110	82	64	46	36	24
240									666	485	409	286	249	173	133	100	77	55	44	29
300										566	477	334	290	202	155	117	90	65	51	34

Bảng 5.7. Chiều dài cực đại (m) của dây dẫn được bảo vệ bằng cầu chì kiểu gG

I (A)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1.5	28	23	18	14	11	9	7	6	5	4										
2.5	47	38	30	24	19	15	12	9	8	6	5									
4	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8	7	6	5	4					
6	113	90	72	57	45	36	29	23	18	14	11	9	7	6	5	4				
10	188	151	121	94	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4		
16	301	241	193	151	121	96	77	60	48	39	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4
25	407	377	302	236	188	151	120	94	75	60	47	38	30	24	19	16	12	9	8	6
35	658	527	422	330	264	211	167	132	105	84	66	53	42	33	26	21	17	13	11	8
50	891	714	572	447	357	285	227	179	144	115	90	72	57	46	36	29	23	18	14	11
70			845	660	527	422	335	264	211	169	132	105	84	67	53	42	33	26	21	17
95				895	716	572	454	358	286	229	179	143	115	91	72	57	45	36	29	23
120					904	723	574	462	362	289	226	181	145	115	90	72	57	45	36	29
150						794	630	496	397	317	248	198	159	126	99	79	63	50	40	32
185							744	586	469	375	293	234	188	149	117	94	74	59	47	38
240								730	584	467	365	292	234	185	146	117	93	73	58	47
300									702	562	439	351	281	223	175	140	111	88	70	56

Bảng 5.8. Hệ số hiệu chỉnh

Mạng IT không có dây trung hoà	0.86
Mạng IT có dây trung hoà	0.50
Tiết diện dây trung hoà=1/2 tiết diện dây pha	0.67
Dây dẫn bằng nhôm	0.625

Ví dụ 5.10. Một mạng điện có cấp đồng 3x6mm² và cấp này được bảo vệ bằng cầu chì 40A kiểu gG. Xác định chiều dài lớn nhất của cáp mà cầu chì này có thể bảo vệ chống chạm điện gián tiếp:

- Trong mạng TN 230/400V
- Trong trường hợp cáp nhôm
- Trong trường hợp mạng IT có dây trung hoà và cáp nhôm

Giải:

- Chiều dài cáp đồng lớn nhất mà cầu chì có thể bảo vệ chống chạm điện gián tiếp: $L < 73m$.

- b. Chiều dài cáp nhôm lớn nhất mà cầu chì có thể bảo vệ chống chạm điện gián tiếp: $L < 0,625 \times 73m = 45,6m$.
- c. Chiều dài cáp nhôm lớn nhất trong mạng IT có dây trung tính mà cầu chì có thể bảo vệ chống chạm điện gián tiếp: $L < 0,625 \times 0,5 \times 73m = 22,8m$.

5.2.5. Sử dụng các biện pháp khác

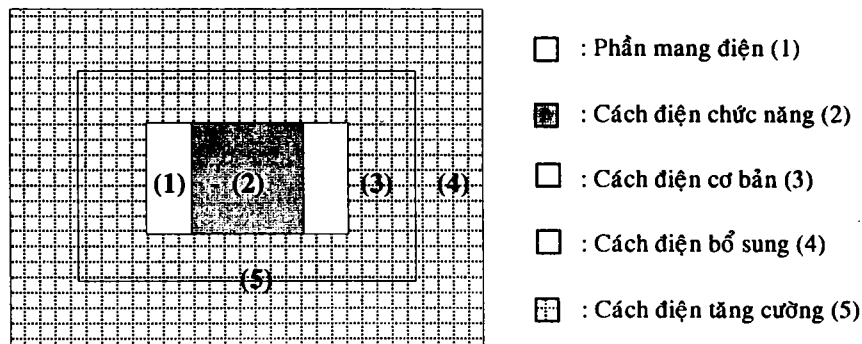
Để bảo vệ chống tiếp xúc gián tiếp, các tiêu chuẩn lắp đặt còn cho phép thực hiện các biện pháp bảo vệ khác mà không cần phải cắt điện khi xảy ra tiếp xúc gián tiếp. Ưu điểm hiển nhiên của các biện pháp này là đảm bảo liên tục cung cấp điện. Các biện pháp cụ thể là:

- Sử dụng thiết bị cấp II hay cách điện tương đương;
- Vị trí không dẫn điện;
- Liên kết đẳng thế cục bộ không nối đất;
- Cách ly về điện.

1. Sử dụng thiết bị cấp II hay cách điện tương đương

Bảo vệ này nhằm ngăn ngừa sự xuất hiện điện áp nguy hiểm trên các bộ phận chạm tới được của thiết bị điện do sự cố trên cách điện chính và được thể hiện bằng các biện pháp như sau:

- Sử dụng thiết bị có cách điện kép hay cách điện tăng cường (thiết bị cấp II);
- Trong quá trình lắp đặt hệ thống điện, cách điện phụ được đặt vào những thiết bị điện chỉ có cách điện chính sẽ tạo ra cấp cách điện tương đương với thiết bị cấp II.
- Khi lắp đặt hệ thống điện, cách điện tăng cường được đặt vào các bộ phận mang điện không được cách điện sẽ tạo ra cấp cách điện tương đương với thiết bị cấp II.
- Các bộ phận có khả năng dẫn điện (vỏ kim loại,...) của thiết bị điện sẵn sàng để làm việc phải được chứa trong vỏ bọc cách điện tạo ra cấp bảo vệ ít nhất là IP2X. Vỏ bọc cách điện phải có khả năng chịu được ứng suất cơ, nhiệt hay điện có nhiều khả năng xảy ra. Độ bền điện của vỏ bọc cách điện phải thoả các điều kiện thử nghiệm qui định trong tiêu chuẩn IEC 60664. Trong trường hợp vỏ bọc cách điện có nắp hay cửa có thể mở ra mà không cần sử dụng đến dụng cụ chuyên dùng hay chìa khoá thì tất cả các bộ phận có khả năng dẫn điện phải được đặt phía sau tấm chắn cách điện có cấp bảo vệ ít nhất là IP2X để con người tránh khỏi các tiếp xúc không chủ ý đến các bộ phận này. Tấm chắn cách điện chỉ có thể tháo được ra khi sử dụng thiết bị chuyên dùng.



Hình 5.17. Các cách điện của thiết bị điện

2. Vị trí không dẫn điện

Bảo vệ này nhằm ngăn ngừa tiếp xúc đồng thời với các bộ phận có thể có điện thế khác nhau do hỏng cách điện chính của các bộ phận mang điện và được thể hiện bằng biện pháp như sau:

Các bộ phận dẫn để trần phải được bố trí sao cho trong các trường hợp thông thường, con người không thể tiếp xúc đồng thời với hai bộ phận dẫn để trần hay một bộ phận dẫn để trần và một bộ phận dẫn bất kỳ (có khả năng mang điện do hỏng cách điện chính của các bộ phận mang điện) không thuộc hệ thống lắp đặt điện đang được xem xét. Điều này được thỏa mãn nếu vị trí lắp đặt có sàn hay tường cách điện (có giá trị điện trở $\geq 50k\Omega$ với hệ thống có điện áp không vượt quá 500V và $\geq 100k\Omega$ với hệ thống có điện áp vượt quá 500V) và áp dụng một hay nhiều cách bố trí sau:

- Khoảng cách tương đối của các bộ phận dẫn để trần và của các bộ phận dẫn không thuộc hệ thống lắp đặt chính không được nhỏ hơn 2m và khoảng cách này được phép giảm xuống 1,25m nếu bên ngoài tầm với.
- Có chướng ngại vật đặt giữa các bộ phận dẫn để trần và của các bộ phận dẫn không thuộc hệ thống lắp đặt. Chướng ngại vật này có hiệu lực kéo dài các khoảng cách cần kéo dài đến các giá trị qui định ở mục trên, không được nối với đất hay với các bộ phận dẫn để trần và trong chừng mực có thể chúng phải bằng vật liệu cách điện.
- Cách điện của các bộ phận dẫn không thuộc hệ thống lắp đặt có đủ độ bền cơ và có khả năng chịu điện áp thử nghiệm ít nhất là 2000V với dòng rò không được vượt quá 1mA trong các điều kiện sử dụng bình thường.

Lưu ý, do các qui định đặc thù, biện pháp bảo vệ này không được áp dụng trong các công trình dân dụng hay các công trình tương tự.

3. Liên kết đẳng thế cục bộ không nối đất

Liên kết đẳng thế cục bộ không nối đất nhằm ngăn ngừa sự xuất hiện điện áp tiếp xúc đạt giá trị nguy hiểm và được thực hiện với các lưu ý như sau:

- Tất cả các bộ phận dẫn để trần và các bộ phận dẫn không thuộc hệ thống lắp đặt có thể tiếp cận đồng thời phải được đẳng thế bằng dây liên kết.
- Hệ thống liên kết đẳng thế cục bộ không được tiếp xúc về điện trực tiếp với đất qua các bộ phận dẫn để trần và các bộ phận dẫn không thuộc hệ thống lắp đặt.
- Thực hiện các biện pháp phòng ngừa nhằm đảm bảo rằng con người đi vào vị trí đẳng thế không bị đặt vào điện thế nguy hiểm.

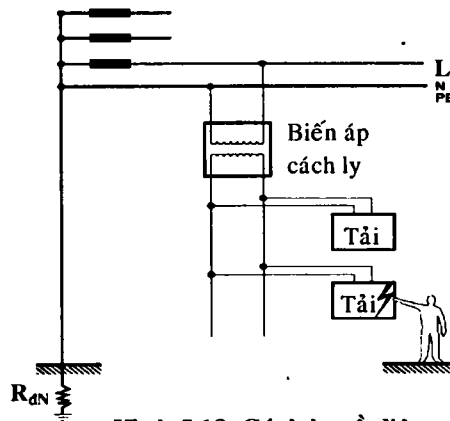
Tuy nhiên, tình thế nguy hiểm có thể xảy ra khi đứt dây nối đất liên kết và người có thể bị giật khi chạm vào các phần bên ngoài của các vật dẫn khác nhau.

Giải pháp này thường không được sử dụng trong các công trình dân dụng hay các công trình tương tự do khó thỏa mãn các yêu cầu về lắp đặt.

4. Cách ly về điện

Tạo cách ly về điện giữa nguồn cấp điện và thiết bị sử dụng điện bằng cách sử dụng biến áp cách ly. Biến áp này phải đảm bảo yêu cầu về cách điện (cách điện kép hay cách điện tăng cường hay có màn bảo vệ giữa cuộn dây sơ cấp và thứ cấp).

Với cách bảo vệ này, khi con người tiếp xúc gián tiếp với vật mang điện, dòng điện qua cơ thể người sẽ được giới hạn ở mức rất thấp do hệ thống được cách điện hoàn toàn (Hình 5.18).



Hình 5.18. Cách ly về điện

5.3. BẢO VỆ CHỐNG TIẾP XÚC TRỰC TIẾP VÀ GIÁN TIẾP

Giải pháp hỗn hợp chống cả hai: chạm điện trực tiếp và chạm điện gián tiếp là sử dụng:

- Hệ thống an toàn điện áp cực thấp (SELV-Safety Extra Low Voltage) và hệ thống bảo vệ điện áp cực thấp (PELV- Protective Extra Low Voltage).
- Hệ thống chức năng điện áp cực thấp (FELV-Functional Extra Low Voltage)

Tiêu chuẩn IEC60364-4-1 qui định:

- Giá trị điện áp không được vượt quá 50VAC và 120VDC.
- Nguồn cấp là nguồn SELV hay PELV.

Hệ thống SELV có các đặc điểm sau:

- Sử dụng trong mạch công suất thấp và trong các trường hợp đặc biệt như: các bể bơi, công viên giải trí.
- Cung cấp nguồn độc lập hay nguồn an toàn. Nguồn độc lập có thể là: ắc qui, máy phát điện diesel. Nguồn an toàn là nguồn được cung cấp thông qua máy biến áp cách ly, máy biến áp này phải thoả tiêu chuẩn IEC 742 và thường có điện áp thứ cấp không vượt quá 50V.
- Không có điểm nối đất: tất cả các phần vỏ kim loại của thiết bị được cấp điện từ hệ thống SELV không được nối đất với các vỏ kim loại của các thiết bị khác hay với vật dẫn tự nhiên.
- Cách biệt với các hệ thống điện khác. Sự phân cách này phải được thực hiện cho tất cả các thành phần. Với mục đích này, các mạch SELV thường là loại cáp đa lõi hay được cấp thêm vỏ bọc cách điện (ống cách điện).

Hệ thống PELV có các đặc điểm gần giống như hệ thống SELV, ngoại trừ trong hệ thống PELV phải có ít nhất một điểm được tiếp đất thường trực.

Hệ thống PELV có mức độ an toàn kém hơn hệ thống SELV vì thông qua kết nối với đất điện áp mạch điện có thể nhận được giá trị vượt quá mức giá trị điện áp cực thấp. Đây chính là một trong các lý do mà hệ thống PELV không được chấp nhận khi nhiều hơn một vài giải pháp bảo vệ được yêu cầu.

Khi sử dụng các hệ thống bảo vệ SELV hay PELV sẽ không xuất hiện nguy hiểm cho người, do điện áp nguồn cấp có giá trị rất thấp. Ngay cả khi tiếp xúc trực tiếp với mạng điện có giá trị điện áp định mức đến 25VAC và 60VDC, bảo vệ an toàn vẫn được đảm bảo bằng cách sử dụng hệ thống SELV (với các điều kiện môi trường bình thường). Đối với các giá trị điện áp cao hơn (nhưng không vượt quá 50V), cần sử dụng tấm chắn hay vỏ bọc tạo ra cấp bảo vệ ít nhất là IP2X hay cách điện có khả năng chịu điện áp thử nghiệm là 500VAC trong 1 phút.

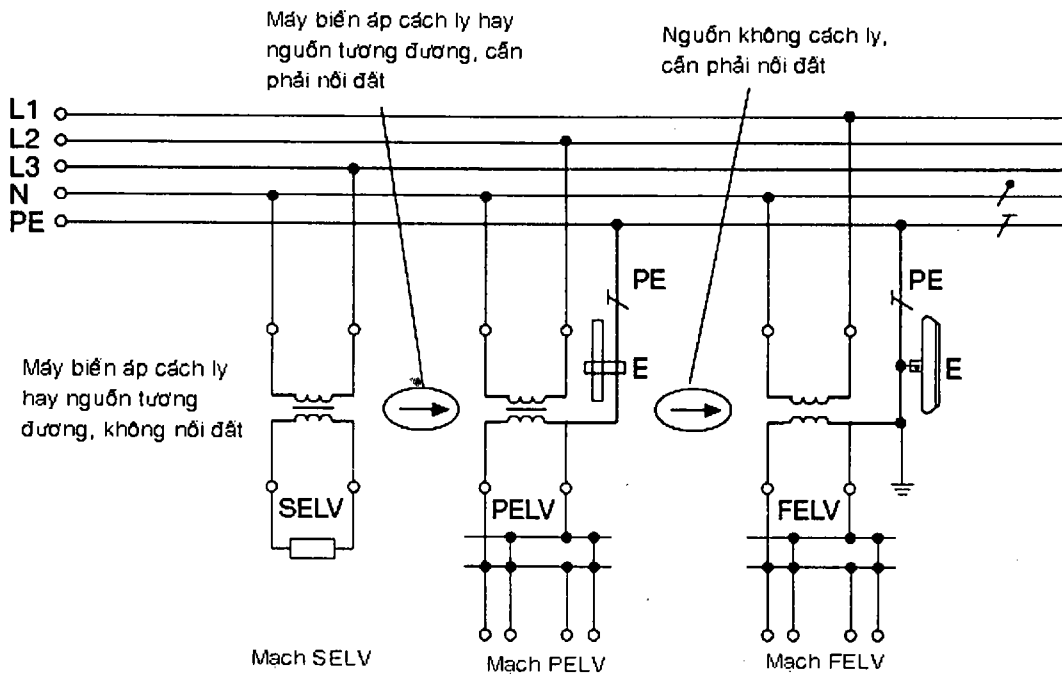
Khi bố trí mạch điện của hệ thống SELV và PELV cần quan tâm đến các vấn đề sau:

1. Các bộ phận mang điện của mạch SELV và PELV phải được cách ly về điện với nhau và với các mạch khác. Việc bố trí phải đảm bảo cách ly về điện không kém hơn cách ly giữa mạch đầu vào và mạch đầu ra của biến áp cách ly an toàn.
2. Dây dẫn trong mạch điện của từng hệ thống SELV và PELV tốt nhất là phải cách ly về vật lý với các dây dẫn trong mạch khác.
3. Phích cắm không thể cắm được vào ổ cắm và ổ cắm không được chấp nhận phích cắm của các hệ thống điện áp khác. Ngoài ra, ổ cắm không được có tiếp điểm dành cho dây dẫn bảo vệ.

Hệ thống FELV thường được sử dụng khi trong mạch có chứa các thiết bị (máy biến áp, công tắc tơ, rơ le, công tắc điều khiển từ xa, .vv..) mà chúng có cách điện không đủ so với mạch điện có cấp điện áp cao hơn hay trong mạch mà các yêu cầu của hệ thống SELV hay PELV không được đáp ứng một cách đầy đủ.

Khi sử dụng hệ thống FELV cần quan tâm đến các vấn đề như sau:

1. Đối với bảo vệ chống tiếp xúc gián tiếp:
 - Nối các bộ phận dẫn để trần của thiết bị trong mạch PELV với dây dẫn bảo vệ của mạch sơ cấp, với điều kiện là dây dẫn bảo vệ phải áp dụng một trong các biện pháp bảo vệ bằng cách tự động ngắt nguồn.
 - Nối các bộ phận dẫn để trần của thiết bị trong mạch PELV với dây dẫn liên kết đẳng thế không nối đất của mạch sơ cấp khi áp dụng việc bảo vệ bằng cách ly về điện cho mạch sơ cấp.



Giới hạn điện áp cho mạng điện áp cực thấp: 50VAC, 120VDC	E : Nối đất PE: Dây bảo vệ
--	-------------------------------

Hình 5.19. Các hệ thống SELV, PELV và FELV

2. Đối với bảo vệ chống tiếp xúc trực tiếp:
 Bảo vệ chống tiếp xúc trực tiếp được cung cấp bởi:
 - Tấm chắn hay vỏ bọc có cấp bảo vệ ít nhất là IP2X

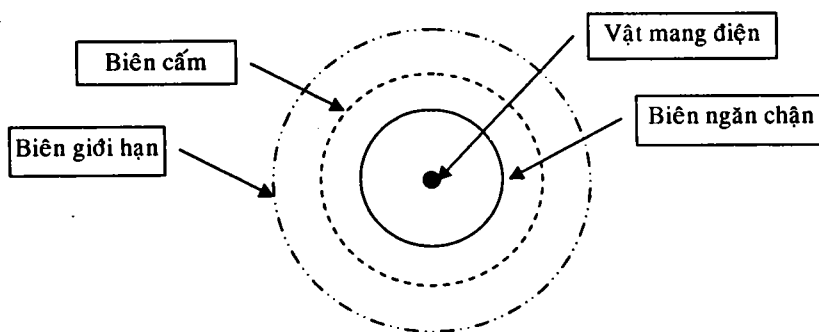
- Cách điện tương ứng với điện áp thử nghiệm nhỏ nhất yêu cầu cho mạch điện sơ cấp
3. Đối với phích cắm và ổ cắm
- Phích cắm và ổ cắm sử dụng cho mạch FELV phải phù hợp với các yêu cầu sau:
- Phích cắm phải không có khả năng cắm vào ổ cắm của các hệ thống điện khác
 - Ổ cắm không được chấp nhận phích cắm của các hệ thống điện áp khác

5.4. BẢO VỆ CHỐNG GIẬT DO TIẾP CẬN VỚI VẬT MANG ĐIỆN

Khi khoảng cách giữa người và vật mang điện nhỏ hơn một giá trị qui định thì khả năng vật mang điện gây tai nạn cho người có thể xảy ra. Khoảng cách này thường được định nghĩa là khoảng cách tiếp cận.

Khoảng cách tiếp cận tùy thuộc biên tiếp cận. Biên tiếp cận (Hình 5.20) bao gồm:

- Biên ngăn chặn
- Biên cấm
- Biên giới hạn



Hình 5.20. Các loại biên tiếp cận

Các khoảng cách tiếp cận cho phép tối thiểu tùy thuộc cấp điện áp mạng điện, loại vật mang điện, trình độ công nhân,... trình bày ở Bảng 5.9.

Các yêu cầu đặc biệt cho việc vượt qua biên cấm bao gồm:

- Người công nhân phải có tay nghề tương ứng với yêu cầu công việc được thực hiện
- Phải có kế hoạch thực hiện công việc và được sự cho phép của cấp trên
- Phải đoan chắc rằng không có bất cứ phần nào của cơ thể xâm phạm biên ngăn chặn
- Người công nhân phải làm việc với cực tiểu rủi ro gây nên bởi chuyển động vô ý bằng cách giữ cho cơ thể ở ngoài vùng cấm như có thể. Cho phép phần cơ thể được bảo vệ đi vào vùng cấm khi cần thiết để hoàn thành công việc.
- Thiết bị bảo vệ cần được sử dụng tương ứng với nguy hiểm gây ra bởi vật dẫn để trần mang điện.

Các yêu cầu đặc biệt cho việc vượt qua biên ngăn chặn bao gồm:

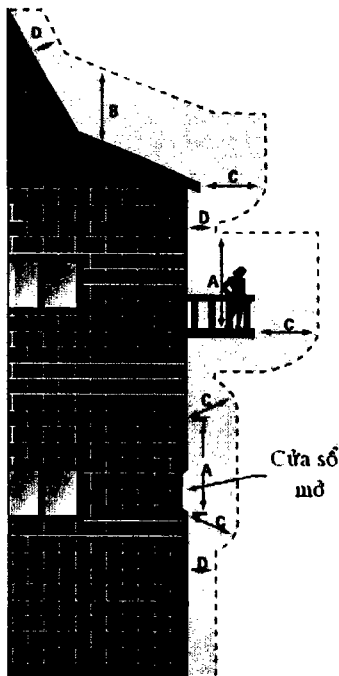
- Người công nhân phải được huấn luyện đặc biệt theo yêu cầu để có thể làm việc với vật dẫn mang điện.
- Phải có kế hoạch thực hiện công việc và được sự cho phép của cấp trên
- Sự phân tích rủi ro cần được tiến hành một cách đầy đủ.
- Việc điều hành theo ủy quyền phải được xem xét và chấp thuận kế hoạch công việc cũng như phân tích rủi ro.
- Thiết bị bảo vệ cần được sử dụng tương ứng với nguy hiểm gây ra bởi vật dẫn để trần mang điện.

Bảng 5.9. Khoảng cách tiếp cận tối thiểu cho phép giữa người và vật mang điện -NFPA 70E-2000

(1) Điện áp dây định mức	(4) Khoảng cách tiếp cận giới hạn		(3) Khoảng cách tiếp cận giới hạn		(4) Khoảng cách tiếp cận cấm		(5) Khoảng cách tiếp cận ngăn chặn	
	Vật dẫn trần di động		Vật dẫn trần cố định		Khoảng cách tiếp cận cấm		Khoảng cách tiếp cận ngăn chặn	
0÷50V	Không qui định		Không qui định		Không qui định		Không qui định	
51÷300V	10ft	3,05m	3ft 6in	1,07m	Cho phép tiếp xúc		Cho phép tiếp xúc	
301÷750V	10ft	3,05m	3ft 6in	1,07m	1ft	0,31m	0ft 1in	0,025m
750V÷15kV	10ft	3,05m	5ft	1,52m	2ft 2in	0,66m	0ft 7in	0,178m
15,1V÷36kV	10ft	3,05m	6ft	1,83m	2ft 7in	0,79m	0ft 10in	0,254m
36,1V÷46kV	10ft	3,05m	8ft	2,44m	2ft 9in	0,84m	1ft 5in	0,432m
46,1V÷72,5kV	10ft	3,05m	8ft	2,44m	3ft 3in	1m	2ft 1in	0,635m
72,6V÷121kV	10ft 8in	3,25m	8ft	2,44m	3ft 5in	1,04m	2ft 8in	0,813m
138kV÷145kV	11ft	3,35m	10ft	3,08m	3ft 7in	1,1m	3ft 1in	0,940m
161kV÷169kV	11ft 8in	3,56m	11ft 8in	3,56m	4ft	1,22m	3ft 6in	1,067m
230kV÷242kV	13ft	3,96m	13ft	3,96m	5ft 3in	1,60m	4ft 9in	1,372m
345kV÷362kV	15ft 4in	4,67m	15ft 4in	4,67m	8ft 6in	2,60m	8ft	2,438m
500kV÷550kV	19ft	5,8m	19ft	5,8m	11ft 3in	3,43m	10ft 9in	3,277m

Cột (2) và (3) dành cho công nhân chưa qua đào tạo về an toàn điện; Cột (4) và (5) dành cho công nhân lành nghề, có mặc quần áo bảo hộ

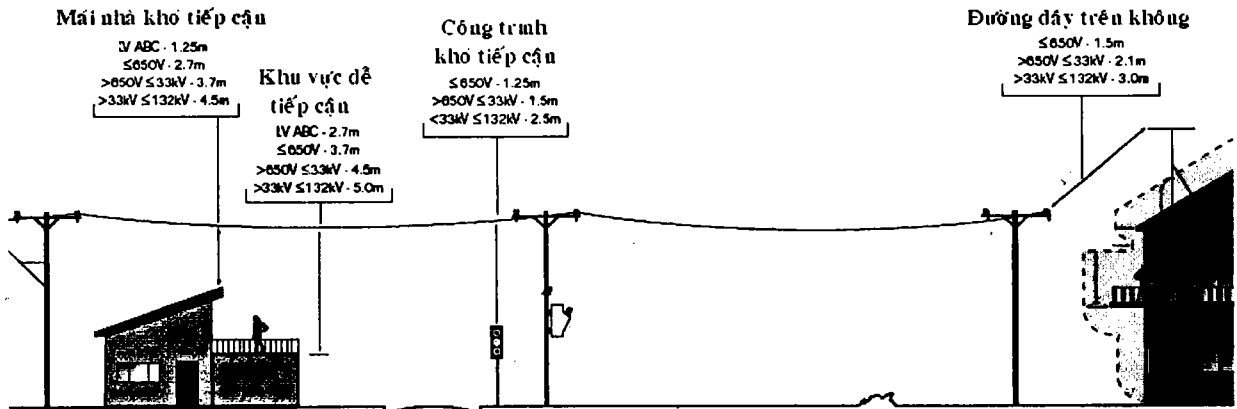
Theo tiêu chuẩn AS3000 và Hiệp hội cung cấp điện của Úc (Electricity Supply Association of Australia) thì khoảng cách an toàn tối thiểu giữa đường dây dẫn điện và các công trình xây dựng hay các tòa nhà trong điều kiện gió lớn và nhiệt độ cao qui định ở Bảng 5.10 và minh họa trong các Hình 5.21 và 5.22.



Hình 5.21. Vùng giới hạn an toàn

Bảng 5.10. Khoảng cách an toàn

KHOẢNG CÁCH AN TOÀN (m)	U ≤ 1000V			U > 1000V		1000V < U < 33kV	33kV < U < 132kV
	Dây bọc cách điện	Dây trần (trung hoà)	Dây trần (pha)	Dây bọc cách điện	Dây trần	Cáp cách điện	Dây trần
Theo chiều dọc bên trên thiết bị hay công trình có thể tiếp cận dễ dàng (A)	2.7	2.7	3.7	2.7	3.7	4.5	5.0
Theo chiều dọc bên trên thiết bị hay công trình không thể tiếp cận dễ dàng (B)	1.25	2.7	2.7	1.25	2.7	3.7	4.5
Theo mọi phương (ngoại trừ phương thẳng đứng) từ thiết bị hay công trình có thể tiếp cận dễ dàng (C)	1.25	1.25	1.5	1.25	1.5	2.1	3.0
Theo mọi phương (ngoại trừ phương thẳng đứng) từ thiết bị hay công trình có thể tiếp cận dễ dàng (D)	0.1	0.3	0.6	0.1	0.6	1.5	2.5



Hình 5.22. Khoảng cách an toàn đối với các loại công trình ở các cấp điện áp

5.5. BẢO VỆ CHỐNG ĐỐT CHÁY HỒ QUANG

Khi xuất hiện sự cố ngắn mạch trong mạng phân phối điện, dòng hồ quang sinh ra có thể gây tổn thương cho người đứng gần dạng bóng do da người bị đốt nóng vì năng lượng phát xạ. Để bảo vệ chống đốt cháy do hồ quang, con người phải giữ một khoảng cách an toàn đến nơi xuất hiện dòng ngắn mạch. Khoảng cách này thường được gọi là khoảng cách biên tối thiểu mà người công nhân có thể tiếp cận với nguồn phóng điện hồ quang.

Đối với mạng điện hạ áp có điện áp dưới 600V, có bốn phương pháp có thể được sử dụng để xác định khoảng cách biên tối thiểu (Bảng 5.11).

Bảng 5.11. Phương pháp xác định khoảng cách biên tối thiểu trong mạng hạ áp U<600V

TT	Điều kiện	Phương pháp/công thức
1.	$I_{sc}t \leq 5000As$	$D_c = 1,22m$
2.	$I_{sc}t > 5000As$	$D_c = \sqrt{0,246.MVA_{br}.t}$ (theo tiêu chuẩn NFPA) $D_c = \sqrt{4,92.MVA.t}$
3.	$16000A < I_{sc} < 50000A$	$D_c = ((\frac{5271.t(0,0016I_{sc}^2 - 0,0076I_{sc} + 0,8938)}{1.2})^{1/1,9593})0,3048$

I_{sc} : dòng sự cố cực đại (kA); t: thời gian tồn tại sự cố (s); MVA: công suất của máy biến áp (MVA);
 D_c : khoảng cách biên tối thiểu (m); MVA_{br} : công suất sự cố cực đại (MVA),
 $MVA_{br} = V_{L-L} \cdot I_{sc} \cdot \sqrt{3}$; V_{L-L} : điện áp dây mạng điện (kV).

Ví dụ 5.11. Xác định khoảng cách biên tối thiểu về phương diện bảo vệ chống đốt cháy hồ quang trong mạng điện điện áp 480V với dòng ngắn mạch cực đại là $I_{sc}=20.000A$ và thời gian cắt dòng dòng ngắn mạch $t=0.1s$.

Giải:

Theo phương pháp 2:

$$D_c = \sqrt{0,246.MVA_{br}.t} = \sqrt{0,246.0,480.20.1,732.0,1} = 0,64m$$

Theo phương pháp 3:

$$D_c = ((\frac{5271.t(0,0016I_{sc}^2 - 0,0076I_{sc} + 0,8938)}{1.2})^{1/1,9593})0,3048 = 0,67m.$$

Ví dụ 5.12. Xác định khoảng cách biên tối thiểu về phương diện bảo vệ chống đốt cháy hồ quang trong mạng điện điện áp 480V với dòng ngắn mạch cực đại là $I_{sc}=40.896A$ trong hai trường hợp:

1. Sử dụng thiết bị bảo vệ với thời gian cắt dòng ngắn mạch $t=0.1s$?
2. Sử dụng cầu chì giới hạn dòng ngắn mạch LPJ-200SP Low Peak của Hãng Bussmann?

Giải:

1. Khi sử dụng thiết bị bảo vệ với thời gian cắt dòng ngắn mạch $t=0.1s$, khoảng cách biên tối thiểu D_c được xác định theo biểu thức:

$$D_c = \sqrt{0,246.MVA_{br}.t} = \sqrt{0,246.0,480.40,896.1,732.0,1} = 0,915m$$

2. Khi sử dụng cầu chì giới hạn dòng ngắn mạch LPJ-200SP Low Peak của Hãng Bussmann, dòng ngắn mạch bị giới hạn ở giá trị 6000A và thời gian cắt dòng ngắn mạch $t=0.004s$, khoảng cách biên tối thiểu D_c được xác định theo biểu thức:

$$D_c = \sqrt{0,246.MVA_{br}.t} = \sqrt{0,246.0,480.40,896.1,732.0,04} = 0,22m$$

Như vậy, khi sử dụng cầu chì hạn chế dòng ngắn mạch, giá trị khoảng cách biên tối thiểu đảm bảo an toàn chống đốt cháy hồ quang giảm khoảng 75% (từ 0,915m xuống 0,22m).

Đối với mạng điện trung và cao áp, khoảng cách biên tối thiểu có thể được xác định bằng cách áp dụng phương pháp 2 với giả thiết mật độ thông nhiệt nhận được là $1.2cal/cm^2$.

5.6. BẢO VỆ CHỐNG TÁC HẠI CỦA TRƯỜNG ĐIỆN TỪ

1. Sóng điện từ

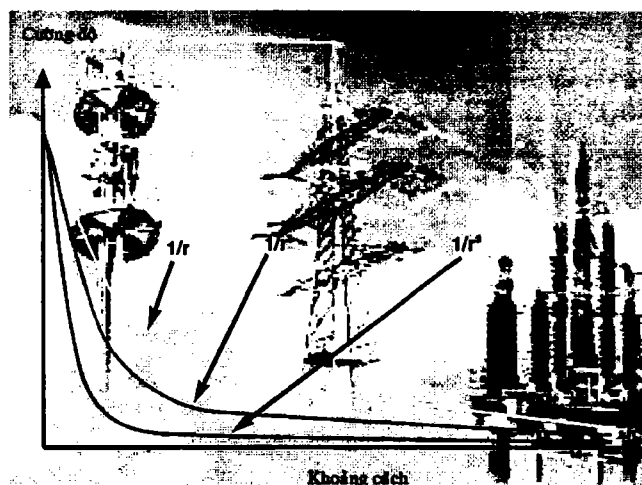
Sóng điện từ xoay chiều thường được chia thành:

- Sóng điện từ tần số thấp với giải tần đến 100kHz. Đặc trưng của sóng điện từ tần số thấp là mật độ từ thông với đơn vị là Tesla (T). Nguồn gây ra sóng điện từ tần số thấp là máy biếp áp điện lực, đường dây truyền tải, các hệ thống gia nhiệt, nấu chảy, hàn công nghiệp, tàu điện,....
- Sóng điện từ tần số cao (RF) và cực cao (Microwave) với giải tần từ 100kHz đến 3GHz. Đặc trưng của sóng điện từ tần số cao và cực cao là từ trường với đơn vị là A/m. Nguồn gây ra sóng điện từ tần số cao và cực cao là các hệ thống truyền thanh và truyền hình, hệ thống điện thoại di động, hệ thống liên lạc vệ tinh, hệ thống rada, các hệ thống gia nhiệt, nấu chảy, hàn công nghiệp, sản xuất vi mạch bán dẫn, hệ thống sóng ngắn,...

Sóng điện từ trong quá trình truyền dẫn phát các trường điện từ vào môi trường xung quanh.

Hệ số suy giảm ảnh hưởng của trường điện từ K phụ thuộc vào hệ thống dây dẫn và khoảng cách r tính đến nguồn phát sóng điện từ (Hình 5.23):

- $K=1/r$, đối với hầu hết các hệ thống liên lạc vô tuyến như: máy nhắn tin, GSM, radio, TV,...
- $K=1/r^2$, đối với hệ thống hai dây như: đường dây điện trong các toà nhà, các đường dây truyền tải,...
- $K=1/r^3$, đối với các loại cuộn dây như: cuộn dây của máy biến áp, máy phát điện, động cơ điện,...



Hình 5.23. Quan hệ giữa hệ số suy giảm K theo khoảng cách


Các yếu tố ảnh hưởng đến trường điện từ bao gồm:

- Tần số
- Cường độ trường
- Loại trường (điện trường E hay từ trường H)
- Mức để trần (một phần hay toàn phần của vật)
- Dạng tín hiệu

2. Các tác hại của trường điện từ tần số cao và cực cao

Tác hại của trường điện từ tần số cao và cực cao đối với con người trình bày ở Bảng 5.12.

Bảng 5.12. Tác hại của trường điện từ tần số cao và cực cao

	Tần số	Tác hại
	Đến 30MHz	Xâm nhập sâu vào cơ thể con người, năng lượng hấp thu phân bố không đồng đều giữa các bộ phận của cơ thể
	30÷300MHz	Do bước sóng rất nhỏ so với kích thước con người nên năng lượng hấp thu với mức độ lớn. Cần có biện pháp giới hạn tác hại ở mức thấp
	300÷10GHz	Mức độ xâm nhập sâu vào cơ thể con người bị suy giảm
	Trên 10GHz	Gia tăng nhiệt độ ở bề mặt cơ thể (da cháy hay bỏng)


Năng lượng hấp thu của cơ thể con người được đánh giá bằng suất hấp thu theo trọng lượng (SAR), với đơn vị là W/kg.

Theo WHO, trong môi trường nhiệt độ bình thường ứng với SAR=1÷4W/kg, trong 30 phút, nhiệt độ trung bình của người lớn có thể tăng 1°C. Để có độ an toàn cao cho cơ thể người, giá trị SAR được yêu cầu là 0,08W/kg.

3. Các tác hại của trường điện từ tần số thấp

Trường từ tần số thấp có thể gây ra dòng điện đi trong cơ thể con người với các tác hại trình bày ở Bảng 5.13.

Bảng 5.13. Tác hại của trường từ tần số thấp

	Mật độ dòng điện (mA/m ²)	Tác hại
	<1	Không có hậu quả rõ ràng, dòng điện đi trong hầu hết các bộ phận của cơ thể
	1÷10	Gây ra các ảnh hưởng nhỏ về sinh lý như: biến đổi trong sản xuất calcium, melatonin,... dòng điện tập trung trong tim và não.
	10÷100	Biến đổi trong tổng hợp protein, DNA; thay đổi tác động enzym, độ nhìn rõ, ảnh hưởng đến thần kinh, ngăn cản quá trình làm lành vết thương,...
	100÷1000	Tác động trực tiếp đến hệ thần kinh trung ương
>1000	Ảnh hưởng nghiêm trọng đến chức năng của tim, gây chết người	

4. Các giới hạn và tiêu chuẩn

Hiện nay, các nước khác nhau trên thế giới áp dụng các tiêu chuẩn, các qui định, các khuyến cáo riêng.

Tuy nhiên, có thể tham khảo mức giới hạn về trường điện (Hình 5.24) và trường từ (Hình 5.25) cho phép theo tiêu chuẩn EN/IEC 1000-4-8 (Bảng 5.14) hay theo qui định của tổ chức ICNIRP trong chương trình hợp tác với tổ chức WHO.

Bảng 5.14. Mức giới hạn về trường điện

Chuẩn mực và khuyến cáo	
Thiết bị điện tử	Con người
Trường từ -tần số thấp	Trường từ -tần số thấp
EN/IEC 1000-4-8 : ≤ 3,75μT	ICNIRP: ≤ 100μT ICNIRP: ≤ 50μT (liên quan đến tim mạch)
NCRP : ≤ 1μT	NCRP : ≤ 1μT
	Trường điện-tần số thấp
	ICNIRP/ACGIH: ≤ 5kV/m ICNIRP/ACGIH: ≤ 1kV/m (liên quan đến tim mạch)

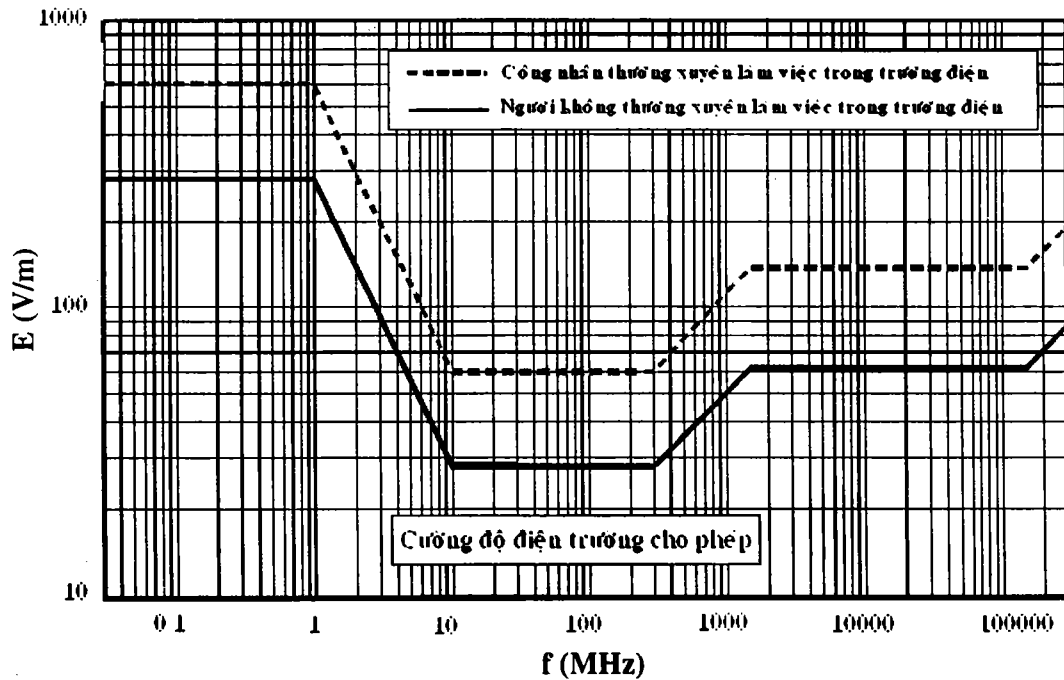
5. Các giải pháp bảo vệ

a. Bảo vệ chống tác hại của trường điện từ tần số cao và rất cao

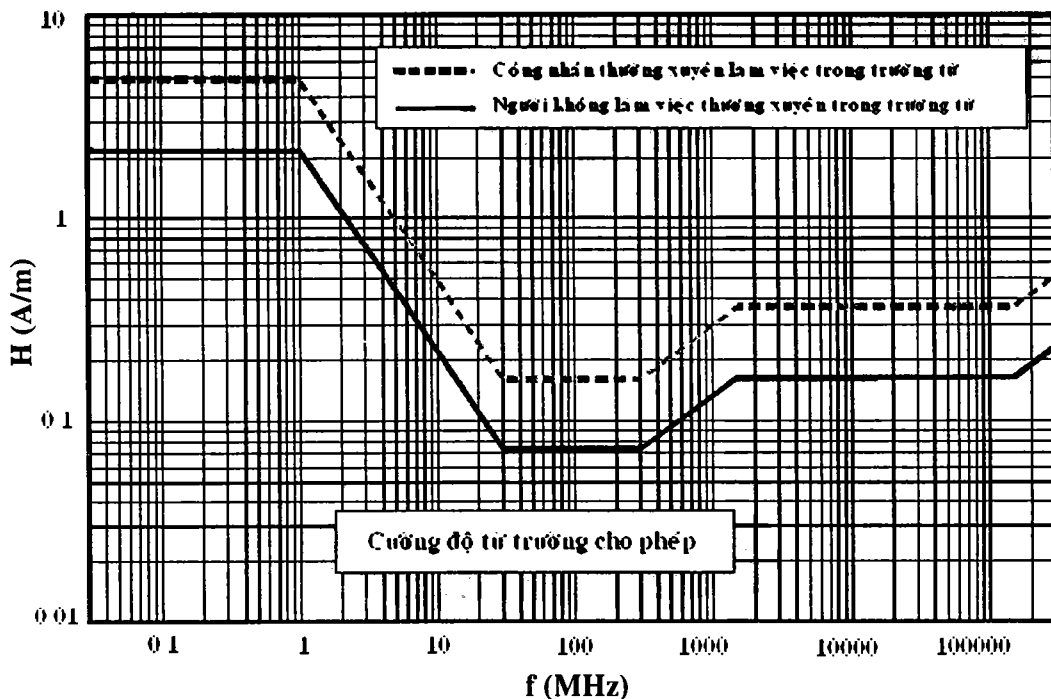
Các biện pháp thường được sử dụng bao gồm:

- Các máy phát tần số cao và rất cao, tùy điều kiện của quá trình công nghệ, có thể đặt trong gian sản xuất chung nhưng cần che kín luồng công nghệ của nó bằng bao che kín được nối đất và khoảng cách giữa chúng và các thiết bị khác không được nhỏ hơn 2m.
- Khi các máy phát tần số cao và rất cao đặt trong các phòng riêng biệt thì với công suất đến 30kW cần diện tích phòng không nhỏ hơn 25m², còn với công suất lớn hơn 30kW cần diện tích phòng không nhỏ hơn 40m². Trong phòng đặt thiết bị không nên đặt các vật bằng kim loại không cần thiết vì các vật này có thể trở thành nguồn giao động điện từ thứ hai do tính phản xạ sóng vô tuyến của kim loại.
- Thực hiện nguyên tắc lồng Faraday ở các phòng làm việc có đặt các máy phát sóng vô tuyến để bảo vệ công nhân vì nguồn phát sóng vô tuyến rất gần.
- Sử dụng các công nhân điện có tay nghề không thấp hơn bậc 4, công nhân đúc, nhiệt luyện có tay nghề không thấp hơn bậc 2 và được đào tạo để vận hành thiết bị cao tần

- Trang bị bộ quần áo bảo vệ cho công nhân khi họ cần làm việc trong môi trường có trường điện từ tần số cao và rất cao ở mức cao.



Hình 5.24. Mức cường độ điện trường cho phép theo ICNIRP



Hình 5.25. Mức cường độ từ trường cho phép theo ICNIRP

b. Bảo vệ chống tác hại của trường điện từ tần số thấp

Biện pháp thường được sử dụng là:

- Tăng khoảng cách từ nơi làm việc hay sinh hoạt đến nguồn bức xạ điện từ.

- Bọc kín nguồn phát trường điện từ tần số thấp bằng các lồng kim loại có nối đất.
- Không vi phạm về xây dựng và làm việc trong vành đai an toàn của các đường dây truyền tải cao áp.

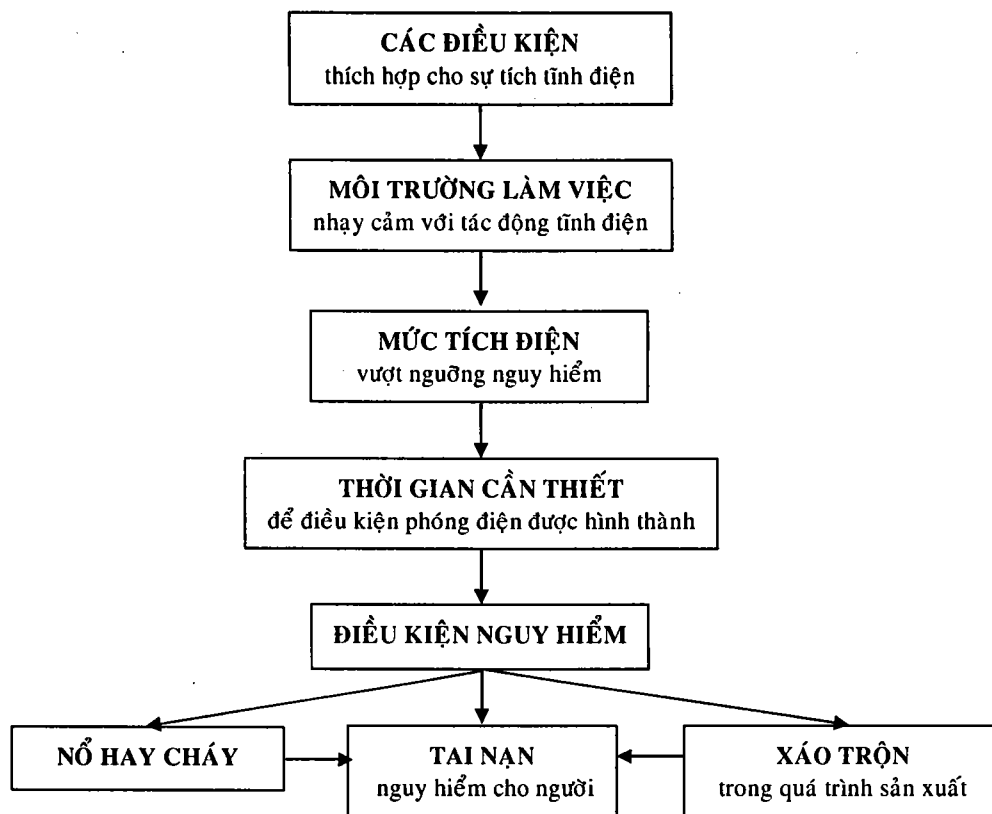
5.7. BẢO VỆ CHỐNG TÁC HẠI CỦA TỈNH ĐIỆN

Tĩnh điện là mối hiểm họa đe dọa tính mạng con người, sức khỏe và các tài nguyên. Rủi ro hiện diện trong rất nhiều lĩnh vực của hoạt động con người, đặc biệt khi làm việc trong môi trường mà ở đó trường tĩnh điện và sự phóng điện có thể gây ra nổ hay cháy.

Các thiết bị bảo vệ con người, đôi khi lại trở thành nguồn gây nguy hiểm cho chính con người, nếu chúng được làm từ các vật liệu không thích hợp hay sử dụng không đúng cách.

Các bộ quần áo bảo hộ được làm bằng các vật liệu có thể gây tích điện trên cơ thể con người và điều này rất nguy hiểm do khả năng dẫn điện tương đối của cơ thể người tương đối cao sẽ dẫn đến phóng điện năng lượng lớn dưới dạng hình thành tia lửa. Cơ thể người tích điện là nguyên nhân gây ra cháy và nổ đặc biệt trong công nghiệp hoá hay gây hư hỏng các hệ thống chứa nhiều thiết bị vi mạch nhạy cảm (thiết bị chẩn đoán, đo lường, điều khiển, thiết bị truyền dẫn thông tin,...).

Các yếu tố ảnh hưởng đến rủi ro thiệt hại do tĩnh điện trong môi trường làm việc trình bày ở Hình 5.26.



Hình 5.26. Các yếu tố ảnh hưởng đến rủi ro thiệt hại do tĩnh điện

Các điều kiện dẫn đến việc gia tăng mức độ rủi ro khi vật liệu, sản phẩm, đối tượng hay cơ thể người đạt đến mức tích điện “nguy hiểm” (mức cao nhất có thể có). Khi đó khả năng phóng điện nguy hiểm hay các tác hại nguy hiểm của trường tĩnh điện phải được quan tâm. Nguy hiểm

thật sự xuất hiện chỉ vào thời điểm trạng thái trên được duy trì đủ dài để gây ra phóng điện tia lửa với năng lượng cao tương ứng.

Các tiêu chí để đánh giá rủi ro nguy hiểm do phóng điện bao gồm:

- Các đặc tính của các vật liệu ảnh hưởng đến tính tích điện của chúng (tính dẫn điện, hằng số điện môi, hình dạng, kích thước và các yếu tố khác).
- Các đặc tính của môi trường xung quanh ảnh hưởng đến sự hình thành các điều kiện tích điện và đánh lửa hay nổ (độ ẩm không khí, nhiệt độ, năng lượng tối thiểu gây đánh lửa của các loại khí ga, hơi và bụi có thể hình thành hỗn hợp gây nổ trong không khí,...).
- Các điều kiện của quá trình, hay các điều kiện hay phương pháp thực hiện qui trình công nghệ (nhiệt độ, áp suất, vận tốc chuyển động của vật liệu hay đối tượng, cách thức phát sinh ma sát) ảnh hưởng đến cường độ điện hoá.
- Mức tích điện lớn nhất của vật liệu, sản phẩm, đối tượng.
- Thời gian lớn nhất cần thiết để tích điện.
- Năng lượng tích điện lớn nhất đối với hệ thống có sẵn hay năng lượng của sự phóng tĩnh điện.

Các tiêu chí trên cũng được sử dụng để đánh giá hiệu quả của các giải pháp bảo vệ chống tĩnh điện. Bảng 5.15. trình bày các yêu cầu quan trọng nhất để bảo vệ chống tĩnh điện, phù hợp với tiêu chuẩn EN-1127-1:2001.

Bảng 5.15. Các yêu cầu bảo vệ chống tĩnh điện

Thông số	Các đối tượng dễ trần gây rủi ro nổ	Các đối tượng không dễ trần gây rủi ro nổ
1. Điện trở rò (điện trở đối với đất) của vật liệu, sản phẩm hay đối tượng	$R_U \leq R_{Uper}$; $R_{Uper} = 1.10^6 \Omega$	$R_U \leq R_{Uper}$; $R_{Uper} = 1.10^9 \Omega$
2. Hằng số thời gian tích tĩnh điện	$t \leq t_{per}$; $t_{per} = 1.10^{-3} s$	$t \leq t_{per}$; $t_{per} = 1.10^{-1} s$
3. Thế tĩnh điện trên bề mặt của vật liệu điện môi: ▪ Khi năng lượng đánh lửa mỗi tối thiểu: $W_{Zmin} \leq 0,1 mJ$ ▪ Khi năng lượng đánh lửa mỗi tối thiểu: $0,1 mJ \leq W_{Zmin} \leq 0,5 J$	$V_p \leq V_{pper}$; $V_{pper} = 1.10^3 V$ $V_p \leq V_{pper}$; $V_{pper} = 3.10^3 V$	$V_p \leq V_{maxall}$
4. Điện thế tĩnh điện giữa vật dẫn (cơ thể người) và đất có điện dung C:	$U \leq U_{per}$; $U_{per} = \sqrt{\frac{W_{Zmin}}{5C}}$	$U \leq U_{maxall}$
5. Cường độ trường tĩnh điện: ▪ Khi năng lượng đánh lửa mỗi tối thiểu: $W_{Zmin} \leq 0,1 mJ$ ▪ Khi năng lượng đánh lửa mỗi tối thiểu: $0,1 mJ \leq W_{Zmin} \leq 0,5 J$	$E \leq E_{per}$; $E_{per} = 1.10^5 V/m$ $E \leq E_{per}$; $E_{per} = 3.10^5 V/m$	$E \leq E_{per}$; $E_{per} = 2.10^4 V/m$ hay $E \leq E_{maxall}$
6. Năng lượng phóng tĩnh điện:	$W_w \leq W_{wmin}$	$W_w \leq 1 mJ$ $W_w \leq W_{wmaxall}$

Khi vượt qua các giá trị tới hạn (giá trị lớn nhất cho phép) N_{per} thì điều kiện nguy hiểm đã hình thành. Nguy hiểm nổ thực sự xảy ra khi tại cùng một thời điểm, một trong các giá trị tới hạn hình thành mức tích điện cho phép của vật liệu hay đối tượng, tương ứng với mục 3÷6 của Bảng 5.15 bị vượt quá.

Mục 1 và 2 của Bảng 5.15 đặc trưng cho thời gian duy trì các điều kiện tích điện.

Mức độ rủi ro được đặc trưng bởi hệ số α :

$$\alpha = \frac{N_{\max}}{N_{\text{per}}} \quad (5.22)$$

Ở đây: N_{\max} là giá trị lớn nhất đo được hay định được trong điều kiện nhất định tương ứng với giá trị tối hạn, N_{per} là giá trị lớn nhất cho phép.

Khi $\alpha > 1$ thì rủi ro nguy hiểm xuất hiện và theo tiêu chuẩn PN-92/E-05210 thì nguy hiểm xảy ra khi $\alpha > 10$.

Tiêu chuẩn PN-92/E-05200 cũng định nghĩa hệ số hiệu quả bảo vệ chống tĩnh điện η :

$$\eta = \frac{1}{\alpha} = \frac{N_{\text{per}}}{N_{\max}} \quad (5.23)$$

Biện pháp bảo vệ là hiệu quả khi $\eta \geq 1$.

Trong thực tế để giảm rủi ro nguy hiểm do tĩnh điện, có thể áp dụng các biện pháp như sau:

- Truyền điện tích tĩnh điện xuống đất bằng cách tiếp đất các thiết bị sản xuất, các bồn chứa, các ống dẫn, thùng chứa bằng kim loại, Điện trở tiếp đất tĩnh điện phải có giá trị bằng hay nhỏ hơn 10Ω . Trong trường hợp không thể thực hiện hệ thống tiếp đất tĩnh điện riêng thì có thể sử dụng hệ thống tiếp đất an toàn.
- Tăng độ ẩm tương đối của không khí trong các phòng có nguy hiểm tĩnh điện lên trên 70% vì phần lớn các vụ nổ do tĩnh điện gây ra có độ ẩm tương đối của không khí thấp khoảng 30÷40%.
- Đối với người, để phòng tránh nguy hiểm do tĩnh điện có thể thực hiện các biện pháp như:
 - + Làm sàn dẫn điện, tiếp đất tay mở cửa, tay vịn cầu thang, tay quay các thiết bị sản xuất,...
 - + Không mặc quần áo có khả năng nhiễm tĩnh điện cao (len, tơ,...), không đeo các trang sức bằng kim loại,...
 - + Sử dụng giày có đế cao su có đóng đinh,....
- Trang bị các thiết bị cảm biến dò và báo nguy cơ xảy ra nguy hiểm tĩnh điện như volt kế tĩnh điện, tĩnh điện nghiệm,...

CHƯƠNG 6

BẢO VỆ AN TOÀN CHO THIẾT BỊ

6.1. BẢO VỆ CHỐNG ẢNH HƯỞNG VỀ NHIỆT

Hệ thống lắp đặt điện phải được bố trí sao cho không có rủi ro bắt lửa các vật dễ cháy do nhiệt độ cao hay hồ quang điện. Ngoài ra, trong quá trình sử dụng bình thường của thiết bị điện, không được xảy ra rủi ro gây bỏng cho người.

6.2 BẢO VỆ CHỐNG QUÁ DÒNG

Tính mạng con người phải được bảo vệ và tài sản phải tránh khỏi hư hỏng do vượt quá nhiệt độ hay lực điện động cho phép sinh ra do quá dòng có nhiều khả năng phát sinh trên dây dẫn mang điện bằng việc áp dụng các biện pháp bảo vệ chống quá tải và bảo chống ngắn mạch.

Thiết bị bảo vệ chống quá tải và ngắn mạch bao gồm:

- Máy cắt hạ áp với cơ cấu cắt quá tải và ngắn mạch phù hợp với các tiêu chuẩn TCVN 6434 (IEC 60898), TCVN 6592-1 (IEC 60947-1), TCVN 6592-2 (IEC 60947-2) hay TCVN 6951 (IEC 61009).
- Máy cắt hạ áp có bộ phận cắt quá tải kết hợp với cầu chì cắt ngắn mạch.
- Cầu chì có dây chảy có đặc tính gG phù hợp với tiêu chuẩn IEC 60269-1 và IEC 60269-2 hay IEC 60269-3.

1. Bảo vệ chống quá tải

a. Phối hợp giữa dây dẫn và thiết bị bảo vệ quá tải

Đặc tính định mức của thiết bị bảo vệ dây dẫn không bị quá tải phải thoả hai điều kiện sau:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (6.1)$$

$$I_2 \leq 1,45I_Z \quad (6.2)$$

Ở đây: I_B là dòng điện thiết kế của dây dẫn; I_Z là dòng phát nóng cho phép của dây dẫn đã kể đến điều kiện lắp đặt trong thực tế; I_n là dòng điện định mức của thiết bị bảo vệ; I_2 là dòng tác động ngắt quá tải trong thời gian qui ước của thiết bị bảo vệ.

Ví dụ 6.1. Xác định đặc tính định mức của máy cắt hạ áp bảo vệ chống quá tải cho dây dẫn bọc cách điện bằng PVC của hãng Cadivi có mã hiệu CV7/1,4 tải dòng điện theo thiết kế $I_B=60A$.

Giải:

Dây dẫn CV7/1,4 có dòng phát nóng cho phép $I_Z = 75A$, đặc tính định mức của máy cắt hạ áp phải thoả điều kiện:

$$60A \leq I_n \leq 75A$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot 75 = 109A$$

Chọn máy cắt hạ áp FMB-C của hãng Federal có $I_n=63A$ và $I_2=1,45I_n=91,3A$ ứng với thời gian qui ước $t_2 < 1h$.

b. Lắp đặt thiết bị bảo vệ chống quá tải

Thiết bị bảo vệ chống quá tải phải được lắp đặt tại điểm có sự thay đổi, ví dụ thay đổi về cỡ dây dẫn, phương pháp lắp đặt hay thay đổi về kết cấu dẫn đến giảm khả năng của dây dẫn và ở các vị trí có rủi ro cháy nổ.

c. Không lắp đặt thiết bị bảo vệ chống quá tải

Không cần lắp đặt thiết bị bảo vệ chống quá tải trong trường hợp sau:

- Dây dẫn phía tải nơi có thay đổi về cỡ dây, phương pháp lắp đặt hay thay đổi về kết cấu được bảo vệ quá tải có hiệu quả bởi thiết bị bảo vệ chống quá tải phía nguồn.
- Dây dẫn ít có khả năng xuất hiện quá tải với điều kiện dây dẫn được bảo vệ chống ngắn mạch và không có mạch rẽ hay ổ cắm.
- Mạch phân phối gồm các cáp đi trong đất hay các đường dây tải điện trên không nơi mà quá tải của các mạch này không gây nguy hiểm.

d. Lắp đặt hay không lắp đặt các thiết bị bảo vệ chống quá tải trong mạng IT

Trong mạng IT không có dây trung tính, có thể không lắp đặt thiết bị bảo vệ chống quá tải của một trong các dây pha nếu trong từng mạch có thiết bị bảo vệ chống dòng dư.

e. Không lắp đặt thiết bị bảo vệ chống quá tải vì lý do an toàn

Vì lý do an toàn, không nên lắp đặt các thiết bị bảo vệ chống quá tải cho các thiết bị tiêu thụ điện vì nếu hở mạch ngoài dự kiến sẽ gây nguy hiểm, cụ thể là ở các mạch như:

- Mạch kích từ của máy điện quay
- Mạch cấp nguồn cho nam châm của thiết bị nâng hạ
- Mạch thứ cấp của máy biến dòng

f. Bảo vệ quá tải các dây dẫn song song

Trường hợp phụ tải điện có công suất lớn, để tạo điều kiện thuận lợi cho thi công và lắp đặt, thường không sử dụng dây dẫn có tiết diện lớn mà sử dụng nhiều dây dẫn mắc song song. Nếu các dây dẫn mắc song song có cùng tiết diện và cùng chiều dài thì dòng tải trong các dây dẫn là bằng nhau và các yêu cầu bảo vệ quá dòng là không phức tạp vì có thể chỉ sử dụng một thiết bị bảo vệ chống quá tải cho các dây dẫn mắc song song (Hình 6.1) với các lưu ý sau:

- Không được có các mạch rẽ hay các thiết bị đóng cắt hay cách ly các dây dẫn mắc song song.
- Nếu dòng tải được chia đều các dây dẫn mắc song song thì giá trị I_z trong biểu thức (6.1) là tổng khả năng mang dòng của các dây dẫn khác nhau.
- Dòng điện định mức của thiết bị bảo vệ quá tải cho k dây dẫn mắc song song được xác định theo biểu thức:

$$I_B \leq I_n \leq \sum_{i=1}^k I_{z_i} \quad (6.3)$$

Ở đây: I_B là dòng điện thiết kế của mạch điện chính; I_{z_i} là dòng phát nóng cho phép của dây dẫn thứ k; I_n là dòng định mức của thiết bị bảo vệ chống quá tải.

Trường hợp các dây dẫn mắc song song có tiết diện, chiều dài khác nhau thì sự phân chia dòng trên các dây dẫn mắc song song là hàm của trở kháng các dây dẫn. Khi sự chênh lệch dòng trên các dây dẫn vượt quá 10% thì dòng điện thiết kế cho mỗi dây dẫn và yêu cầu bảo vệ quá tải cho từng dây dẫn phải được xem xét riêng (Hình 6.2).

Dòng điện thiết kế của dây dẫn thứ k trong mạch có m dây dẫn mắc song song được xác định bởi biểu thức:

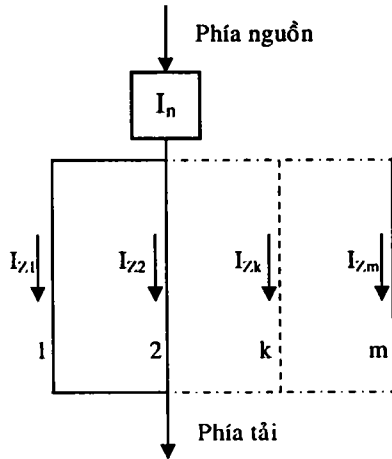
$$I_{Bk} = \frac{I_B}{\sum_{i=1}^m \frac{Z_k}{Z_i}} \quad (6.4)$$

Ở đây: I_B là dòng điện thiết kế của mạch điện chính; I_{Bk} là dòng điện thiết kế của dây dẫn thứ k; Z_k và Z_i lần lượt là trở kháng của dây dẫn thứ k và thứ i.

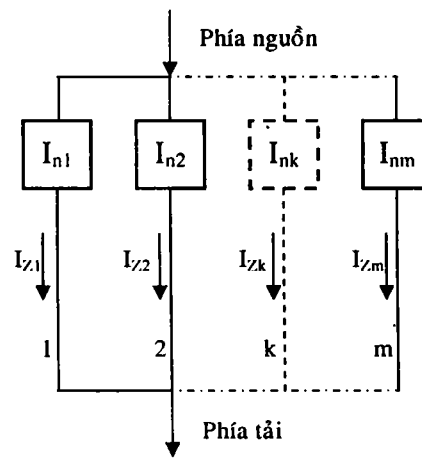
Dòng định mức của thiết bị bảo vệ dây dẫn thứ k không bị quá tải phải điều kiện sau:

$$I_{Bk} \leq I_{nk} \leq I_{zk} \tag{6.5}$$

Ở đây: I_{Bk} là dòng điện thiết kế của dây dẫn thứ k; I_{zk} là dòng phát nóng cho phép của dây dẫn thứ k đã kể đến điều kiện lắp đặt trong thực tế; I_{nk} là dòng điện định mức của thiết bị bảo vệ thứ k; I_{zk} là dòng tác động ngắt quá tải trong thời gian qui ước của thiết bị bảo vệ thứ k.



Hình 6.1. Thiết bị bảo vệ quá tải cho m dây dẫn mắc song song



Hình 6.2. m thiết bị bảo vệ quá tải cho m dây dẫn mắc song song

Ví dụ 6.2. Một hệ tiêu thụ ba pha có dòng điện làm việc cực đại là 150A được cung cấp bằng hai dây dẫn mắc song song với các số liệu cụ thể như sau:

Dây dẫn 1 sử dụng cáp bọc cách điện PVC, ba lõi đồng, mã hiệu CVV7/1,6 của hãng Cadivi, chiều dài 30m.

Dây dẫn 2 sử dụng cáp bọc cách điện PVC, ba lõi đồng, mã hiệu CVV7/2,6 của hãng Cadivi, chiều dài 15m.

Chọn máy cắt hạ áp bảo vệ quá tải cho từng nhánh cáp?

Giải:

Thông số cáp CVV7/1,6: dòng phát nóng cho phép $I_{z1} = 62A$, điện kháng trên một đơn vị chiều dài $x_{01}=0,08m\Omega/m$, điện trở trên một đơn vị chiều dài $r_{01}=0,0013\Omega/m$.

Điện trở của nhánh cáp thứ nhất: $R_1 = r_{01} \cdot L_{01} = 0,0013 \cdot 30 = 0,039\Omega$; điện kháng của nhánh cáp thứ nhất $X_1 = x_{01} \cdot L_{01} = 0,08 \cdot 30 = 2,4\Omega$; tổng dẫn của nhánh cáp thứ nhất $Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = 2,4\Omega$.

Cáp CVV7/2,6 có dòng phát nóng cho phép $I_{z2} = 113A$, điện kháng trên một đơn vị chiều dài $x_{02}=0,08m\Omega/m$, điện trở trên một đơn vị chiều dài $r_{02}=0,0005\Omega/m$.

Điện trở của nhánh cáp thứ hai: $R_2 = r_{02} \cdot L_{02} = 0,0005 \cdot 15 = 0,0075\Omega$; điện kháng của nhánh cáp thứ nhất $X_2 = x_{02} \cdot L_{02} = 0,08 \cdot 15 = 1,2\Omega$; tổng dẫn của nhánh cáp thứ nhất $Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2} = 1,2\Omega$.

Dòng điện làm việc cực đại trên nhánh cáp thứ nhất:

$$I_{B1} = I_B \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = 150 \frac{1,2}{1,2 + 2,4} = 50A$$

Dòng điện làm việc cực đại trên nhánh cáp thứ hai:

$$I_{B2} = I_B \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} = 150 \frac{2,4}{1,2 + 2,4} = 100A$$

Dòng định mức của thiết bị bảo vệ dây dẫn thứ nhất không bị quá tải phải điều kiện sau:

$$I_{B1} \leq I_{n1} \leq I_{Z1}$$

$$50A \leq I_{n1} \leq 62A$$

Chọn $I_{n1}=50A$.

Dòng định mức của thiết bị bảo vệ dây dẫn thứ hai không bị quá tải phải điều kiện sau:

$$I_{B2} \leq I_{n2} \leq I_{Z2}$$

$$100A \leq I_{n2} \leq 113A$$

Chọn $I_{n2}=100A$.

2. Bảo vệ chống ngắn mạch

Để bảo vệ chống ngắn mạch cho dây dẫn cần phải thực hiện các bước sau:

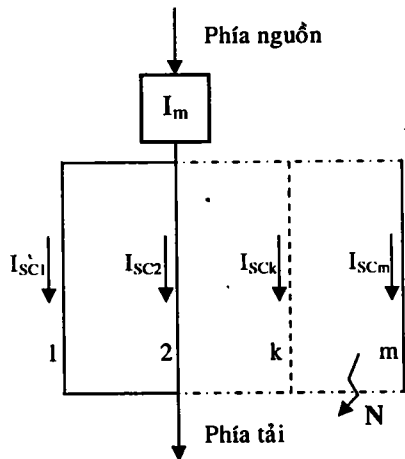
- a. Xác định dòng ngắn mạch tính toán tại các điểm liên quan của hệ thống lắp đặt.
- b. Xác định sự cần thiết lắp đặt thiết bị bảo vệ chống ngắn mạch
 - Thiết bị bảo vệ chống ngắn mạch cần lắp đặt tại những điểm mà tại đó có sự thay đổi tiết diện dây dẫn hay có các thay đổi khác dẫn đến thay đổi khả năng mang tải của dây dẫn trừ trường hợp phần dây dẫn từ thiết bị bảo vệ đến điểm có sự thay đổi tiết diện dây dẫn không được dài quá 3m hay được lắp đặt theo cách giảm tối thiểu nguy cơ xuất hiện ngắn mạch hay không đặt gần vật liệu dễ cháy.
 - Không cần lắp đặt thiết bị bảo vệ chống ngắn mạch đối với: các dây dẫn nối từ các bộ nguồn AC hay DC đến các bảng điều khiển liên quan vì đã có các thiết bị bảo vệ đặt trên các bảng này; các mạch nếu cắt điện sẽ dẫn đến nguy hiểm cho hệ thống lắp đặt điện.
- c. Xác định phương thức bảo vệ ngắn mạch các dây dẫn mắc song song
 - Thiết bị bảo vệ chống ngắn mạch duy nhất (Hình 6.3) có thể bảo vệ các dây dẫn mắc song song khỏi các tác động về nhiệt của dòng ngắn mạch nếu đặc tính tác động bảo vệ của thiết bị đó phải đảm bảo tác động hiệu quả khi xảy ra sự cố ở vị trí xung yếu nhất trong một dây dẫn mắc song. Khi kiểm tra khả năng chịu nhiệt của dây dẫn phải tính đến sự phân chia dòng ngắn mạch giữa các dây dẫn mắc song song. Việc sử dụng thiết bị bảo vệ chống ngắn mạch duy nhất cũng được xem xét trong trường hợp hệ thống đi dây được thực hiện theo cách giảm nguy cơ ngắn mạch xuống mức thấp nhất trong tất cả các dây dẫn mắc song song và hệ thống đi dây không đặt gần vật liệu dễ cháy.
 - Thiết bị bảo vệ chống ngắn mạch cho từng dây dẫn mắc song song (Hình 6.4) được sử dụng khi việc tác động của thiết bị bảo vệ duy nhất có thể không hiệu quả.
- d. Xác định đặc tính bảo vệ của thiết bị bảo vệ chống ngắn mạch

Đặc tính bảo vệ của thiết bị bảo vệ chống ngắn mạch phải thoả các yêu cầu sau:

 - Khả năng cắt dòng ngắn mạch không được nhỏ hơn dòng điện ngắn mạch tính toán tại nơi lắp đặt thiết bị bảo vệ.
 - Khi xuất hiện ngắn mạch tại bất kỳ điểm nào trên mạch điện, thời gian cắt dòng ngắn mạch phải đủ nhỏ để nhiệt độ dây dẫn không được vượt quá nhiệt độ giới hạn cho phép. Đối với ngắn mạch mà thời gian tồn tại kéo dài không quá 5s thì thời gian t cho phép để dòng ngắn mạch làm tăng nhiệt độ dây dẫn từ nhiệt cao nhất trong điều kiện làm việc bình thường đến nhiệt độ giới hạn có thể xác định theo biểu thức:

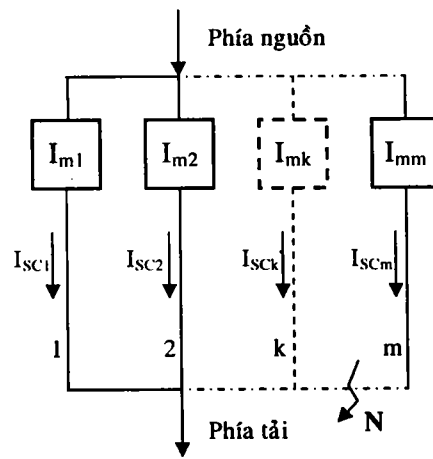
$$t = (k^2 \cdot \frac{S^2}{I_{sc}^2}) \quad (6.6)$$

Ở đây: S là tiết diện dây dẫn (mm^2), I_{SC} là giá trị hiệu dụng dòng ngắn mạch xoay chiều (A). k là hệ số tính đến điện trở suất, hệ số nhiệt và nhiệt dung của vật liệu làm dây dẫn ($\text{A}^2.\text{s}/\text{mm}^2$). Hệ số k đối với dây dẫn cách điện sử dụng cho dây pha dựa theo tiêu chuẩn IEC 60724 có thể tra ở Bảng 6.1.



I_m, I_{mk} : dòng tác động từ của thiết bị chống ngắn mạch chính và nhánh thứ k
 I_{SC1}, \dots, I_{SCm} : dòng ngắn mạch sự cố trên các dây dẫn mắc song song

Hình 6.3. Thiết bị bảo vệ quá tải cho m dây dẫn mắc song song



Hình 6.4. m thiết bị bảo vệ quá tải cho m dây dẫn mắc song song

Bảng 6.1. Giá trị hệ số k

Thông số	Cách điện dây dẫn				Chất vô cơ	
	PVC $\leq 300\text{mm}^2$	PVC $>300\text{mm}^2$	EPR XLPE	Cao su 60°C	PVC	Để trần
Nhiệt độ ban đầu °C	70	70	90	60	70	105
Nhiệt độ cuối cùng °C	160	140	250	200	160	250
Vật liệu dây:						
Đồng	115	103	143	141	115	135
Nhôm	76	68	94	93	-	-
Mối hàn thiếc trên dây đồng	115	-	-	-	-	-

Lưu ý: Dây dẫn được coi là bảo vệ khỏi quá tải và ngắn mạch khi chúng được cấp điện từ nguồn không có khả năng cung cấp dòng vượt quá khả năng mang dòng của dây dẫn.

6.3. BẢO VỆ CHỐNG NHIỀU ĐIỆN ÁP VÀ NHIỀU ĐIỆN TỬ

1. Bảo vệ chống nhiều điện áp

a. Điện áp ứng suất và điện áp sự cố

Dòng điện sự cố trong điện cực nối đất của các bộ phận để trần trong trạm biến áp gây ra sự tăng điện thế đáng kể của các bộ phận để trần trong trạm biến áp so với đất chung. Các yếu tố ảnh hưởng đến giá trị điện áp sự cố này bao gồm:

- Giá trị của dòng điện sự cố
- Giá trị của điện trở nối đất của bộ phận để trần trong trạm biến áp

Dòng điện sự cố có thể gây ra:

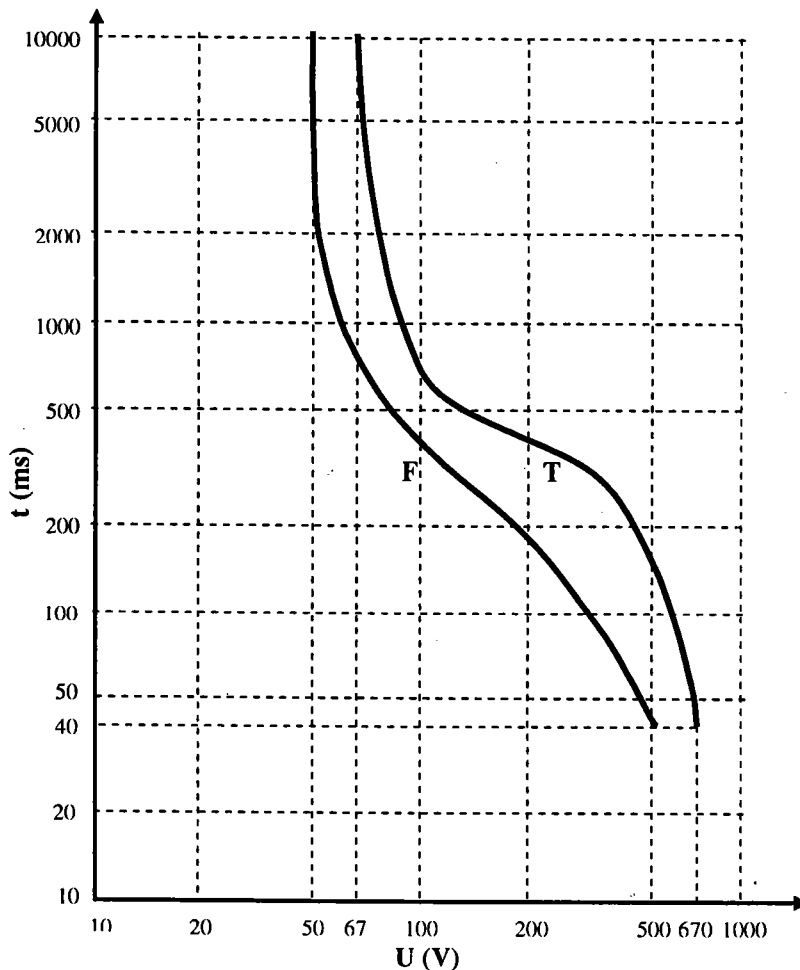
- Điện áp ứng suất: đây là độ tăng điện thế của hệ thống điện hạ áp so với đất. Điện áp này có thể gây đánh thủng cách điện trong thiết bị hạ áp. Giá trị điện áp này không được vượt quá các giá trị trình bày ở Bảng 6.2.

- Điện áp sự cố hay điện áp chạm: đây là độ tăng điện thế của các bộ phận dễ trần trong hệ thống điện hạ áp so với đất. Giá trị của điện áp này không được vượt quá giá trị cho bởi đường cong F và T trình bày ở Hình 6.5.

Bảng 6.2. Giá trị điện áp ứng suất cho phép trên thiết bị hạ áp

U_2 (V)	Thời gian cắt (s)
U_0+250V	>5
$U_0+1200V$	≤5

U_0 là điện áp pha-trung tính của hệ thống điện hạ áp



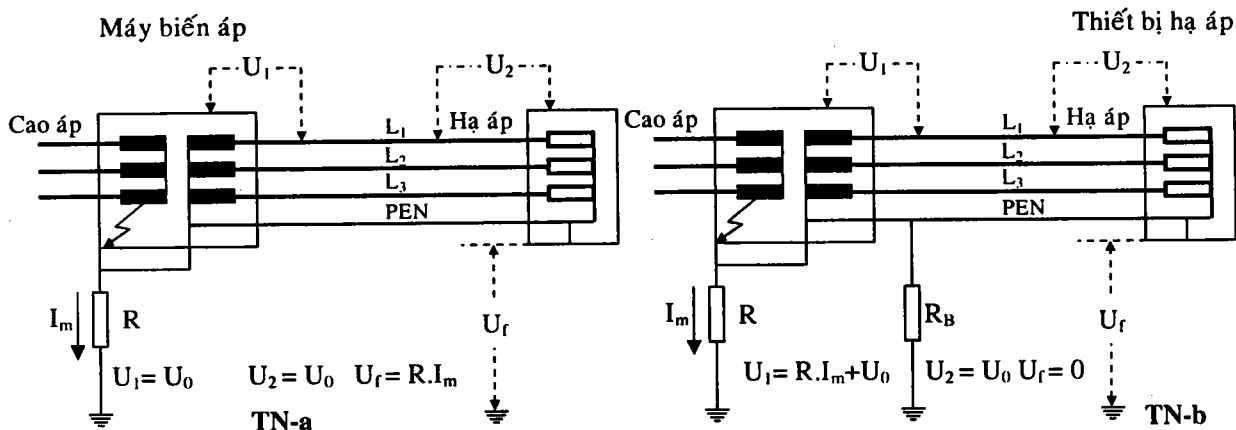
Hình 6.5. Thời gian lớn nhất của điện áp sự cố F và điện áp chạm T

b. Hệ thống nối đất trong trạm biến áp

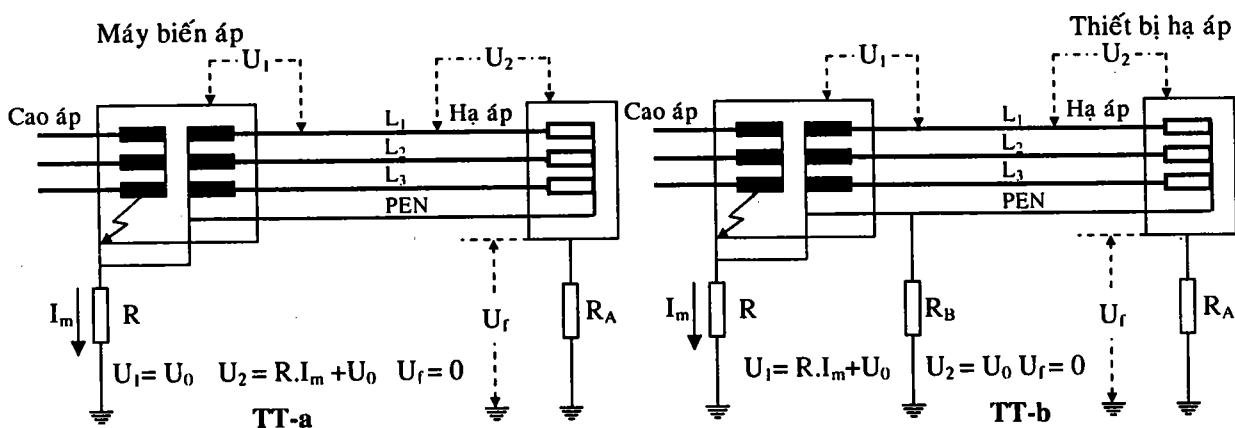
Trong trạm biến áp, các bộ phận sau phải được nối với hệ thống điện cực nối đất:

- Vỏ máy biến áp
- Vỏ kim loại của cáp cao áp
- Dây nối đất của hệ thống điện cao áp
- Vỏ kim loại của cáp hạ áp trừ khi dây trung tính được nối đất qua điện cực nối đất riêng
- Bộ phận dẫn để trần của thiết bị cao áp và hạ áp

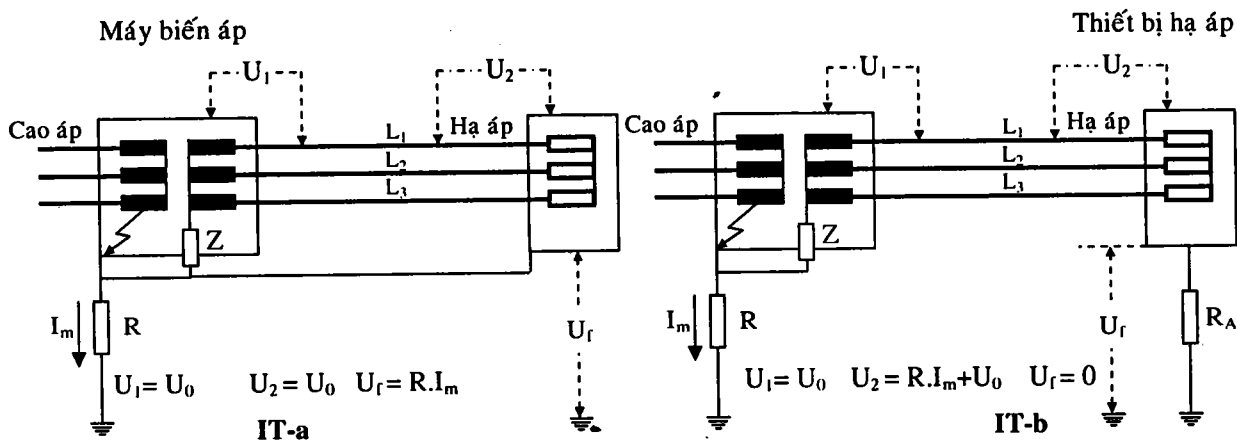
Việc bố trí hệ thống nối đất liên quan đến kiểu hệ thống nối đất trong hệ thống lắp đặt hạ áp (Bảng 6.3).



Hình 6.6. Nối đất trong mạng TN



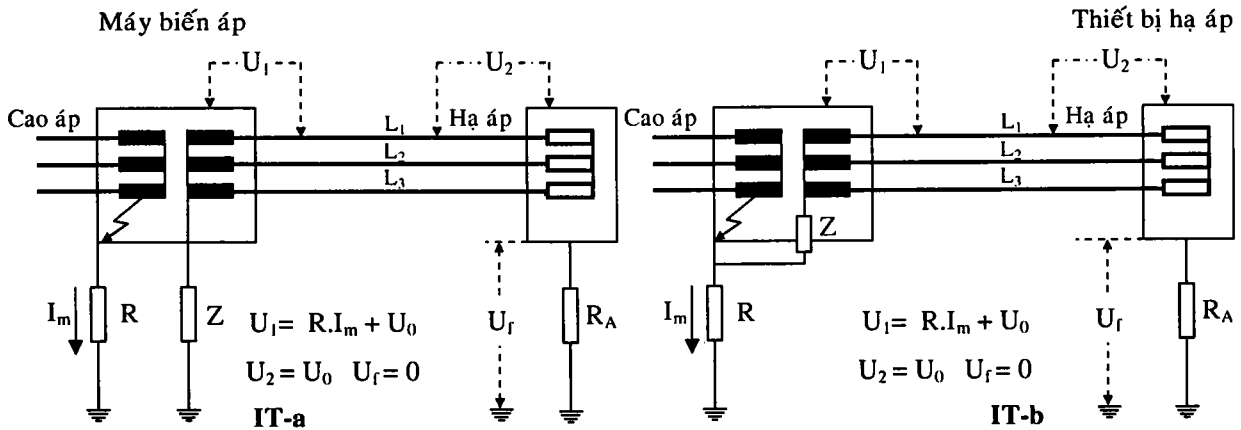
Hình 6.7. Nối đất trong mạng TT



Hình 6.8. Nối đất trong mạng TN

Trong mạng điện TN và TT, nếu dây trung tính được nối đất qua điện cực độc lập về điện với điện cực nối đất của các bộ phận dẫn để trần trong trạm biến áp (Hình 6.6.b và Hình 6.7.b) thì điện áp ứng suất U_1 phải được ngắt trong thời gian cho phép tương thích với mức cách điện của thiết bị hạ áp trong trạm biến áp, mức cách điện này có thể có giá trị cao hơn giá trị cho ở Bảng 6.2. Lưu ý, trong các loại mạng điện này nếu dây trung tính bị đứt thì cách điện của các thiết bị sử dụng điện áp pha sẽ phải chịu ứng suất tạm thời bởi điện áp pha-pha ($U = \sqrt{3}.U_0$).

Trong mạng điện IT, nếu bộ phận dẫn để trần thuộc hệ thống lắp đặt của hộ tiêu thụ hạ áp và trở kháng trung tính (nếu có) đều được nối đất qua điện cực nối đất độc lập về điện đối với điện cực nối đất trong trạm biến áp thì điện áp ứng suất U_1 phải được ngắt trong thời gian cho phép tương thích với mức cách điện của thiết bị hạ áp trong trạm biến áp (Hình 6.9).



Hình 6.9. Nối đất trong mạng TN

Bảng 6.3. Bố trí hệ thống nối đất trong các loại mạng điện khác nhau

Hệ thống điện	Điện áp ứng suất	Điều kiện kiểm tra	Điều kiện phải thỏa	Dây trung tính của hệ thống điện hạ áp nối với
TN	$U_1 = R \cdot I_m$	Thời gian cắt	Giữa đường cong F và T (Hình 6.5)	Điện trở nối đất của bộ phận để trần của trạm biến áp (Hình 6.6.a)
			Ngoài đường cong F và T (Hình 6.5)	Điện cực nối đất độc lập về điện (Hình 6.6.b)
TT	$U_2 = R \cdot I_m + U_0$	Thời gian cắt	Tuân thủ Bảng 6.2	Điện trở nối đất của bộ phận để trần của trạm biến áp (Hình 6.7.a)
			Không tuân thủ Bảng 6.2	Điện cực nối đất độc lập về điện (Hình 6.7.b)
IT	$U_1 = R \cdot I_m$	Thời gian cắt	Giữa đường cong F và T (Hình 6.5)	Điện trở nối đất của bộ phận để trần của trạm biến áp (Hình 6.8.a)
			Ngoài đường cong F và T (Hình 6.5)	Điện cực nối đất độc lập về điện (Hình 6.8.b)
	$U_2 = R \cdot I_m + U_0$	Thời gian cắt	Tuân thủ Bảng 6.2	Điện trở nối đất của bộ phận để trần của trạm biến áp (Hình 6.8.a)
			Không tuân thủ Bảng 6.4	Điện cực nối đất độc lập về điện (Hình 6.8.b)

I_m : Dòng sự cố chạm đất đi qua điện cực nối đất; R : Điện trở điện cực nối đất của các bộ phận để trần; U_0, U : lần lượt là điện áp pha và điện áp dây của hệ thống điện hạ áp; U_r : Điện áp giữa các bộ phận dẫn để trần trong thiết bị hạ áp khi xuất hiện sự cố; U_1 : Điện áp ứng suất phía hạ áp của trạm biến áp; U_2 : Điện áp ứng suất trong thiết bị hạ áp của hộ tiêu thụ.

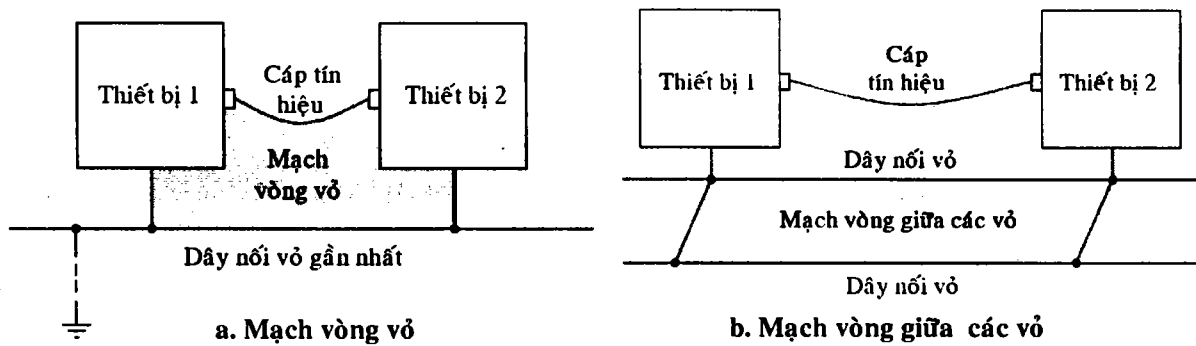
2. Bảo vệ chống nhiễu điện từ

Nhiều điện từ (EMI) có thể gây nhiễu hay làm hư hỏng các hệ thống hay thiết bị công nghệ thông tin, thiết bị có linh kiện hay mạch điện tử. Các dòng ngắn mạch hay thao tác đóng cắt có thể gây ra quá điện áp và nhiễu điện từ.

Các hiệu ứng này xuất hiện khi:

- Có các mạch vòng kim loại lớn: mạch vòng vỏ (Hình 6.10.a), mạch vòng giữa các vỏ (Hình 6.10.b)
- Các hệ thống dây điện khác nhau được lắp đặt trên các tuyến khác nhau.

Ví dụ: Dòng điện mở máy của thang máy hay dòng điện được điều chỉnh bằng bộ chỉnh lưu có thể gây quá điện áp trong các cáp của hệ thống công nghệ thông tin hay các thiết bị điện tử. Trong hay gần các phòng khám, trường điện và trường từ của hệ thống lắp đặt điện có thể gây nhiễu cho các thiết bị y tế.

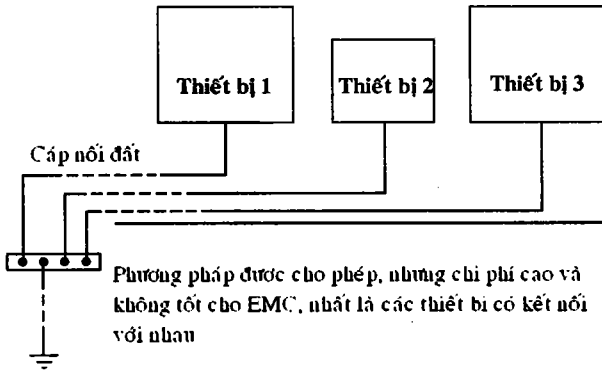


Hình 6.10. Mạch vòng vỏ

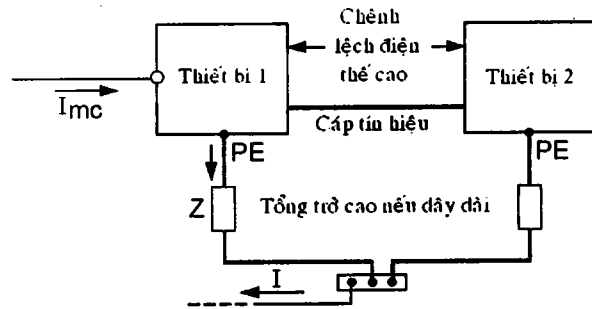
Để chống ảnh hưởng điện và từ lên thiết bị điện tất cả các thiết bị điện phải đáp ứng các yêu cầu tương thích điện từ thích hợp quy định bởi các tiêu chuẩn EMC liên quan.

Ngoài ra, để giảm ảnh hưởng của quá điện áp cảm ứng và nhiễu điện từ, khi thiết kế các hệ thống lắp đặt điện cần xem xét các biện pháp sau:

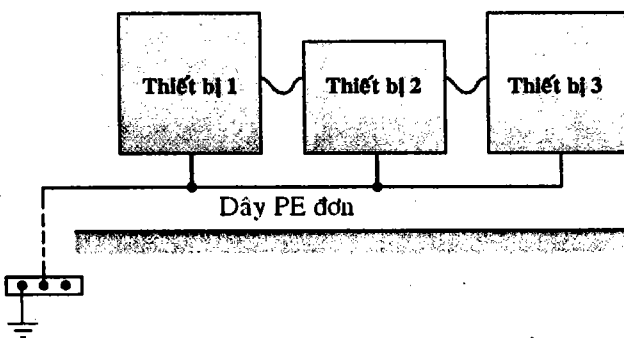
- a. **Tạo khoảng cách thích hợp giữa nguồn nhiễu với thiết bị hay cáp/dây dẫn cần bảo vệ**
 - Tạo khoảng cách thích hợp (hay đặt màn chắn) giữa cáp điện lực, cáp tín hiệu và dây dẫn thoát sét nối đất của hệ thống bảo vệ chống sét.
 - Tạo khoảng cách thích hợp (hay đặt màn chắn) giữa cáp điện lực và cáp tín hiệu hay bố trí để hai loại cáp này giao nhau vuông góc.
- b. **Đảm bảo sự thống nhất mạng lưới vỏ**
 - Nối đất thành hình sao: mỗi thiết bị có một dây nối đất riêng và được nối vào một thanh nối đất duy nhất (Hình 6.11). Biện pháp làm tăng tổng trở chung giữa các thiết bị nối kết với nhau và thường áp dụng cho lưới tần số thấp vốn đã có và độc lập với các lưới khác (Hình 6.12).
 - Nối với dây PE gần nhất: một dây bảo vệ duy nhất nối với nhiều thiết bị (Hình 6.13). Khi sử dụng biện pháp này mạch vòng sẽ có diện tích nhỏ và tổng trở chung giữa các thiết bị liên kết nhỏ hơn so với sơ đồ hình sao. Biện pháp tiết kiệm này thường áp dụng cho lưới tần số thấp. Trong trường hợp lưới tần số cao (có tồn tại các bộ biến đổi công suất) thì cần sử dụng thêm dây PE dưới dạng lưới liên kết.
 - Đường nối ngắn nhất tới vỏ gần nhất: đây là biện pháp nối mạng các vỏ (Hình 6.14). Các diện tích mạch vòng vỏ bị thu nhỏ lại tối thiểu và mức độ đẳng thế rất tốt.



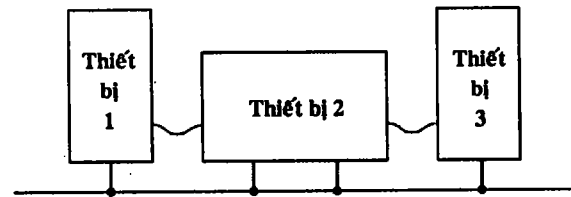
Hình 6.11. Cáp nối đất nối với thanh nối đất chính theo sơ đồ hình sao



Hình 6.12. Tăng tổng trở mạch vòng bằng cách sử dụng tổng trở Z nối tiếp



Hình 6.13. Dây bảo vệ duy nhất cho nhiều thiết bị



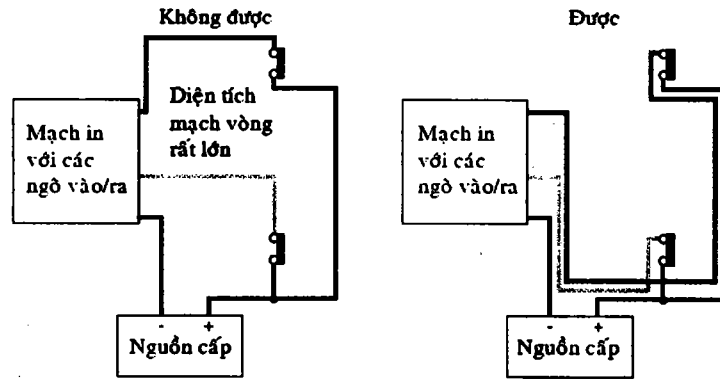
Liên kết các vỏ lân cận (vỏ, sàn giả dẫn điện, khay cáp, máng cáp,.....)

Hình 6.14. Nối mạng các vỏ

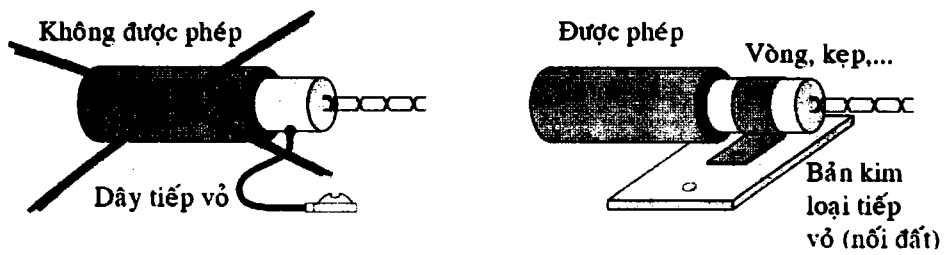
c. Đảm bảo các qui tắc lắp đặt và đi cáp cho các nhóm cáp chức năng

Nhóm 1 là các cáp nhạy (mạch đo đếm, tín hiệu tương tự ở mức thấp); Nhóm 2 là các cáp mạch số, nhóm này có thể gây nhiễu cho nhóm 1; Nhóm 3 là các mạch điều khiển và hiển thị, nhóm này có thể gây nhiễu cho nhóm 1 và nhóm 2; Nhóm 4 là các cáp động lực cấp điện từ mạng điện công cộng hay từ các nguồn cấp riêng (các thiết bị điện tử công suất, chỉnh lưu, nghịch lưu,...), đây là nguồn gây nhiễu đáng kể cho nhóm 1, 2 và 3. Các qui tắc lắp đặt cần phải tuân thủ bao gồm:

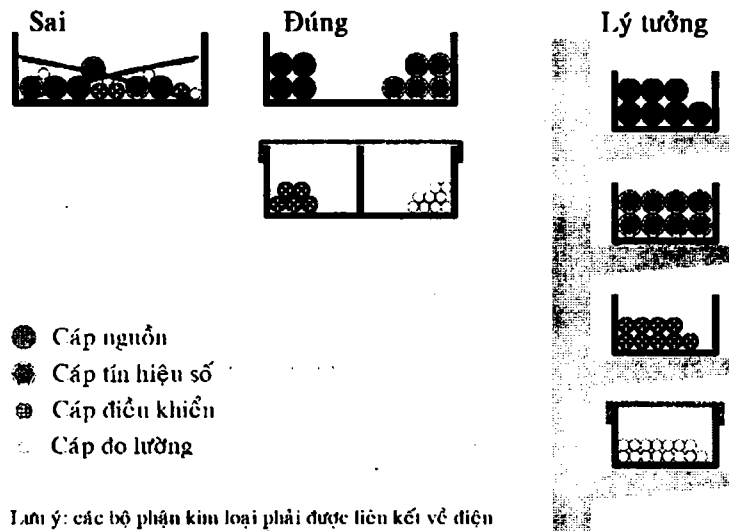
- Dây đi và về của bất kỳ mạch nào phải luôn luôn ở càng gần nhau càng tốt (Hình 6.15).
- Tất cả các dây liên kết của mạch, cáp,... phải được nối với kết cấu đẳng áp trong hệ thống vỏ.
- Sử dụng cáp tín hiệu có chống nhiễu hay cáp xoắn thành cặp.
- Các dây dẫn một lõi cần được bọc trong vỏ bọc bằng kim loại nối liên kết (Hình 6.16)
- Chỉ các dây dẫn hay cáp cùng nhóm mới được đi chung thành bó (Hình 6.17)
- Tất cả các dây dẫn không sử dụng của nhóm 2 và nhóm 4 phải được nối vỏ ở hai đầu.
- Cáp nhóm 4 không cần bọc chắn nếu chúng đã được lọc nhiễu.
- Các thiết bị gây nhiễu phải được cấp điện riêng biệt (Hình 6.18)
- Cung cấp điện và kết nối vỏ cho một thiết bị điện (Hình 6.19).



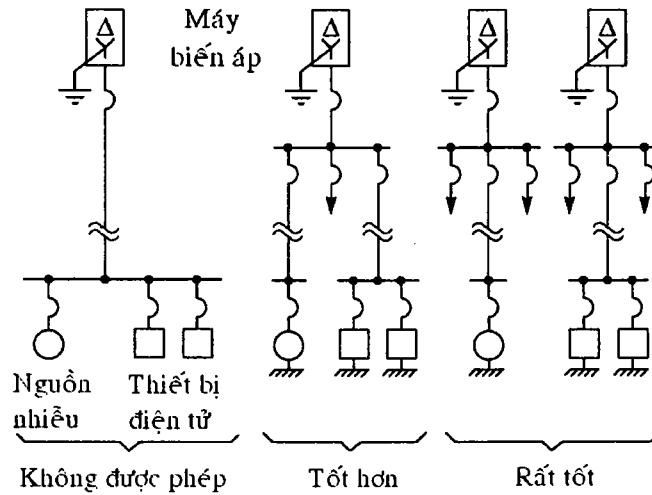
Hình 6.15. Bố trí dây đi-về của các mạch



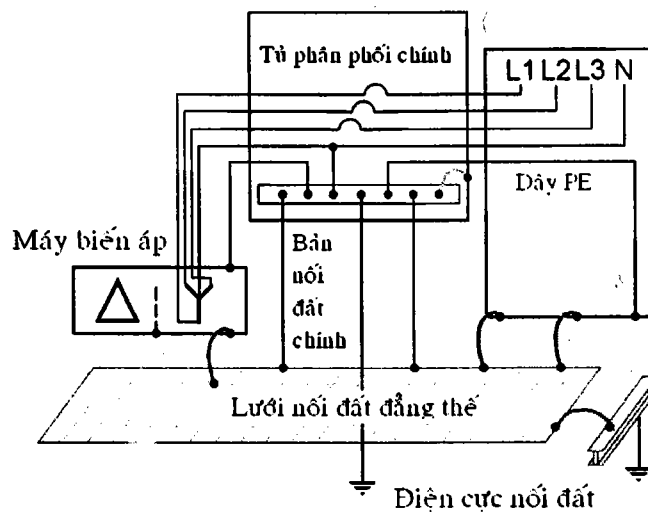
Hình 6.16. Vỏ kim loại cần nối chắc chắn với bản kim loại nối đất



Hình 6.17. Lắp đặt và đi cáp cho các nhóm chức năng



Hình 6.18. Các thiết bị gây nhiễu được cấp nguồn riêng biệt



Hình 6.19. Kết nối vỏ cho các thiết bị

d. Sử dụng các thiết bị đặc biệt

- Màn chắn điện từ thường là vỏ dẫn điện bằng kim loại có điện trở nhỏ (đồng, nhôm,...) hay vật liệu có độ từ thẩm cao (sắt mềm, mumetal), có tác dụng ngăn cách thành hai khu vực: khu vực cần được cách ly với nguồn bức xạ nhiễu điện từ và khu vực còn lại. Màn chắn điện từ được đặt càng gần vật được bảo vệ càng tốt và không cần phải tiếp đất để tăng hiệu quả.
- Các bộ lọc EMC có cấu tạo là các cuộn cảm và tụ điện với vai trò là cho qua các tần số có ích và ngăn chặn các tần số ký sinh. Hiệu quả của bộ lọc còn tùy thuộc vào tổng trở phía trước và phía sau. Nếu các tổng trở này thay đổi hiệu quả của bộ lọc cũng thay đổi.

Tiêu chuẩn TCVN 7447-4-44: 2004 (IEC 60364-4-44) qui định cách bố trí đấu nối thiết bị và các bộ phận dẫn không thuộc hệ thống lắp đặt (Hình 6.20) như sau:

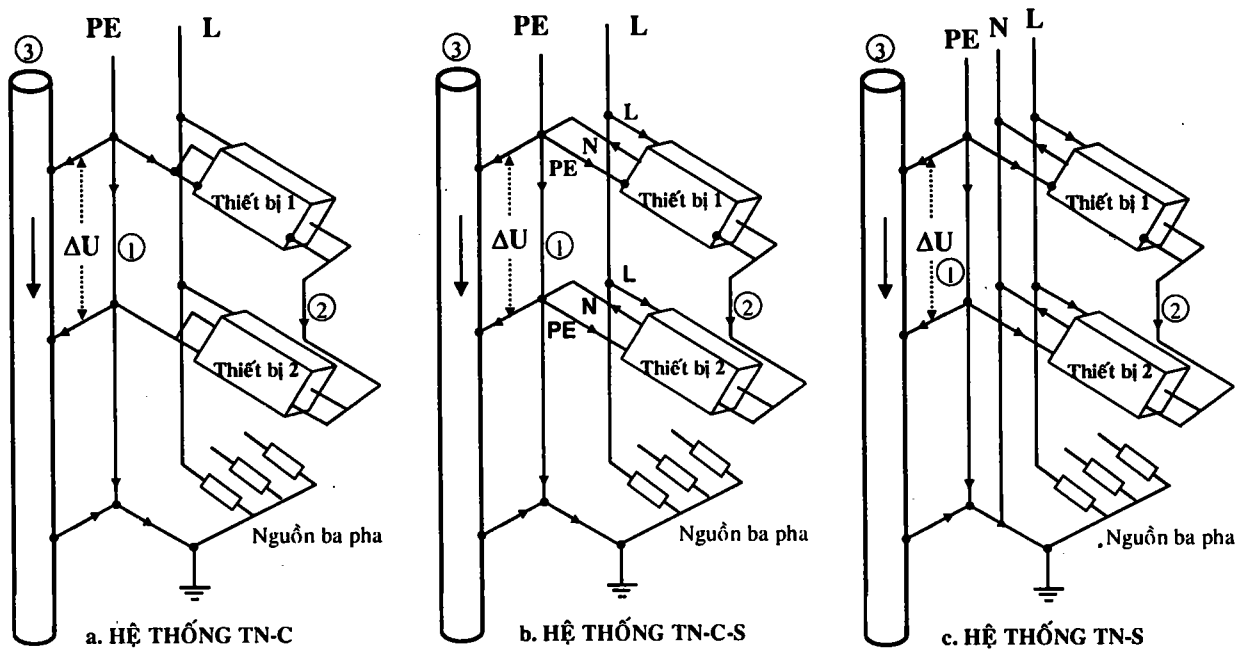
- Trong các toà nhà có trang bị hệ thống công nghệ thông tin, cần phải sử dụng dây bảo vệ PE và dây trung tính (N) riêng biệt đặt phía trước nguồn cấp điện đi vào nhằm

giảm thiểu khả năng xảy ra các vấn đề về điện từ do dòng điện đi trong dây trung tính cảm ứng sang các cáp tín hiệu gây hỏng hay gây nhiễu.

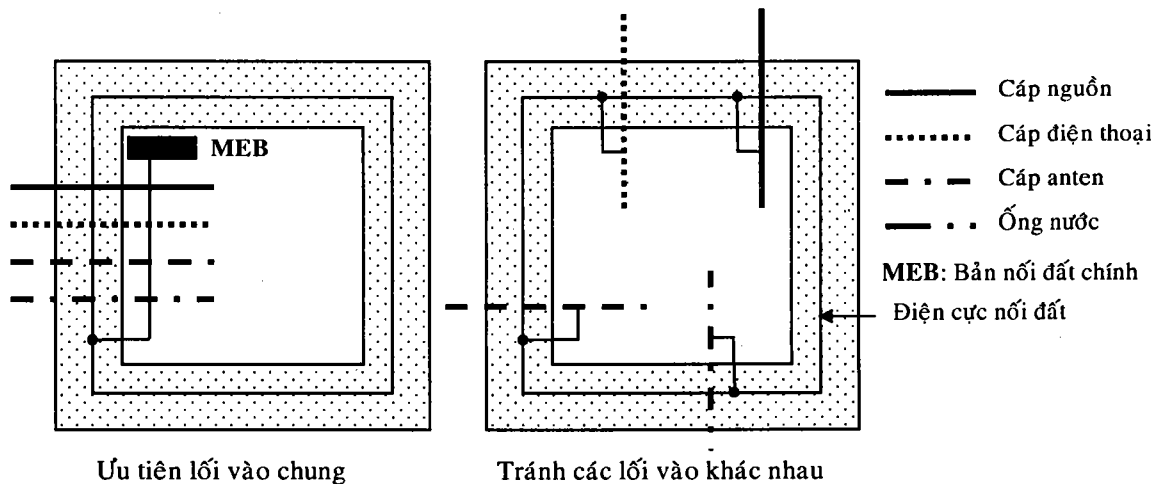
- Trong toà nhà, đối với hệ thống TN-C-S, tùy thuộc vào cách bố trí đấu nối giữa thiết bị và các bộ phận dẫn không thuộc hệ thống lắp đặt:
 - + Thay đoạn TN-C của hệ thống TN-C-S bằng đoạn TN-S trong phạm vi toà nhà.
 - + Tránh tạo mạch vòng thừa giữa các đoạn TN-S khác nhau của hệ thống TN-C-S trong phạm vi toà nhà.
- Các đường ống kim loại và các cáp cần đi vào toà nhà ở cùng một vị trí. Các tấm kim loại, màn chắn, đường ống bằng kim loại và các mối nối của bộ phận này phải được liên kết và nối đẳng thế chính (MEB) của toà nhà bằng các dây dẫn có tổng trở thấp (Hình 6.21).

Ngoài ra, trong các toà nhà có dây dẫn PEN, hay trong trường hợp có nhiễu điện từ trên cáp tín hiệu do trang bị điện không thích hợp thì có thể xem xét áp dụng các biện pháp như sau:

- Sử dụng cáp quang đấu nối tín hiệu.
- Sử dụng thiết bị cấp II.
- Sử dụng các biến áp có các cuộn dây riêng rẽ để bảo vệ bằng cách cách ly về điện.
- Giảm thiểu diện tích bao phủ tạo bởi các mạch vòng chung tạo bởi cáp nguồn và cáp tín hiệu.



Hình 6.20. Cách bố trí đấu nối thiết bị và các bộ phận dẫn không thuộc hệ thống lắp đặt



Hình 6.21. Cách bố trí các cáp và đường ống đi vào toà nhà

6.4. BẢO VỆ CHỐNG XÂM NHẬP VẬT THỂ RẮN VÀ NƯỚC

Các thiết bị điện khi hoạt động trong môi trường thực tế cần được che chắn, bọc kín hay đặt trong tủ điện có cấp bảo vệ chống lại những tác động của môi trường bên ngoài. Tiêu chuẩn IEC60259 qui định cần phải thực hiện các bảo vệ sau:

- Chống xâm nhập của các vật thể rắn
- Chống xâm nhập của bụi
- Chống xâm nhập của chất lỏng
- Chống con người tiếp xúc với phần có điện

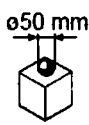
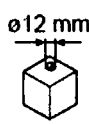
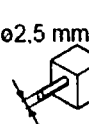
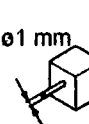


Mức độ bảo vệ được qui định bằng mã IP kèm theo hai chữ số đi kèm và một chữ cái bổ sung:

- Chữ số đầu tiên biểu thị mức bảo vệ chống xâm nhập của vật thể rắn (Bảng 6.4)
- Chữ số thứ hai biểu thị mức bảo vệ chống xâm nhập của chất lỏng (Bảng 6.5)
- Chữ cái bổ sung (không bắt buộc) biểu thị mức chống tiếp cận với các phần mang điện (Bảng 6.6)









Thí dụ: Tủ phân phối điện có cấp bảo vệ chống xâm nhập **IP 35C**, có nghĩa như sau:

- **3**: Bảo vệ thiết bị trong tủ chống sự xâm nhập của các vật thể rắn có đường kính lớn hơn hay bằng 2,5mm; bảo vệ người sử dụng các dụng cụ có đường kính lớn hơn hay bằng 2,5mm tiếp xúc với phần mang điện.
- **5**: Bảo vệ thiết bị trong tủ chống xâm nhập của bụi
- **C**: Bảo vệ người sử dụng dụng cụ (đường kính 2,5mm trở lên và không dài quá 100mm) không tiếp xúc với phần mang điện bên trong tủ


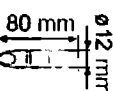
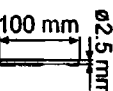
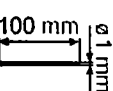
Bảng 6.4. Mã chữ số đầu tiên

CHỮ SỐ ĐẦU TIÊN: Bảo vệ chống xâm nhập của vật thể rắn		
IP		Mô tả chi tiết
0	Không được bảo vệ	Không bảo vệ người và vật
1	 <p>ø50 mm Bảo vệ chống xâm nhập của vật thể đường kính $d \geq 50\text{mm}$</p>	Bảo vệ chống tiếp xúc của tay người (không chủ ý)
2	 <p>ø12 mm Bảo vệ chống xâm nhập của vật thể đường kính $d \geq 12,5\text{mm}$</p>	Bảo vệ chống tiếp xúc của ngón tay hay các vật thể có chiều dài vượt quá 80mm hay vật thể rắn có đường kính lớn hơn 12mm
3	 <p>ø2.5 mm Bảo vệ chống xâm nhập của vật thể đường kính $d \geq 2,5\text{mm}$</p>	Bảo vệ chống tiếp xúc bằng các công cụ, dây dẫn,...có đường kính hay bề dày bằng hay lớn hơn 2,5mm
4	 <p>ø1 mm Bảo vệ chống xâm nhập của vật thể đường kính $d \geq 1\text{mm}$</p>	Bảo vệ chống tiếp xúc bằng dây, đai, vật thể rắn,...có đường kính hay bề dày bằng hay lớn hơn 1mm
5	 <p>Bảo vệ chống xâm nhập của bụi</p>	Không bảo vệ hoàn toàn chống xâm nhập của bụi nhưng lượng bụi xâm nhập không gây trở ngại đến hoạt động an toàn của thiết bị
6	 <p>Bụi không xâm nhập</p>	Chống xâm nhập bụi hoàn toàn

Bảng 6.5. Mã chữ số thứ hai

CHỮ SỐ THỨ HAI: Bảo vệ chống xâm nhập của nước gây hại		
IP		
0		Không được bảo vệ Không bảo vệ chống xâm nhập của nước với mọi hình thức
1		Chống xâm nhập của giọt nước rơi thẳng đứng Giọt nước rơi thẳng đứng không gây ra tác hại
2		Chống xâm nhập của giọt nước rơi nghiêng 15° Giọt nước rơi thẳng đứng không gây ra tác hại khi vỏ bảo vệ nghiêng 15° theo mọi phương
3		Chống xâm nhập của giọt nước rơi nghiêng 60° Giọt nước rơi thẳng đứng không gây ra tác hại khi vỏ bảo vệ nghiêng 60° theo mọi phương
4		Chống xâm nhập của bụi nước Bụi nước không thể xâm nhập qua vỏ bảo vệ theo mọi phương
5		Chống xâm nhập của nước dạng vòi phun Nước dưới dạng vòi phun không thể xâm nhập qua vỏ bảo vệ với khối lượng có thể gây tác hại
6		Chống xâm nhập của nước dạng phun mạnh Nước dưới dạng phun mạnh không thể xâm nhập qua vỏ bảo vệ với khối lượng có thể gây tác hại
7		Chống xâm nhập của nước khi ngâm tạm thời Nước không thể xâm nhập qua vỏ bảo vệ khi ngâm tạm thời với thời gian và áp suất theo qui định
8		Chống xâm nhập của nước khi ngâm liên tục Nước không thể xâm nhập qua vỏ bảo vệ khi ngâm liên tục với các điều kiện riêng qui định bởi nhà sản xuất

Bảng 6.6. Mã chữ cái thứ ba

CHỮ CÁI BỔ XUNG: bảo vệ chống tiếp xúc với phần mang điện		
IP		Mô tả chi tiết
A		Bảo vệ chống tiếp xúc bằng mu bàn tay Chống tiếp cận với phần mang điện bằng ống hay vật thể có đường kính 50mm trở lên
B		Bảo vệ chống tiếp xúc bằng ngón tay Chống tiếp cận với phần mang điện bằng vật thể có đường kính 12mm trở lên và chiều dài đến 80mm
C		Bảo vệ chống tiếp xúc bằng dụng cụ Chống tiếp cận với phần mang điện bằng vật thể có đường kính 2.5mm trở lên và chiều dài đến 100mm
D		Bảo vệ chống tiếp xúc bằng dây Chống tiếp cận với phần mang điện bằng vật thể có đường kính 1mm trở lên và chiều dài đến 100mm

CHƯƠNG 7

BẢO VỆ CHỐNG SÉT

7.1 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 $I_{max} = 90,67kA$ (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 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.

7.2 TỔNG QUAN VỀ SÉT

1. Sự hình thành mây dông và sét

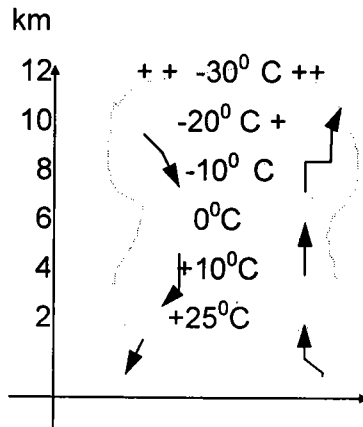
Dông là hiện tượng xảy ra chủ yếu trong mùa hạ liên quan đến sự phát triển mạnh mẽ của đối lưu nhiệt và các nhiễu động khí quyển. Dông đặc trưng bởi sự xuất hiện những đám mây dông hay mây tích vũ (Cumulonimbus) có độ dày từ 10 + 16 km, tích trữ một số lượng nước và tạo ra những chênh lệch điện thế cực 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 7.1) 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.

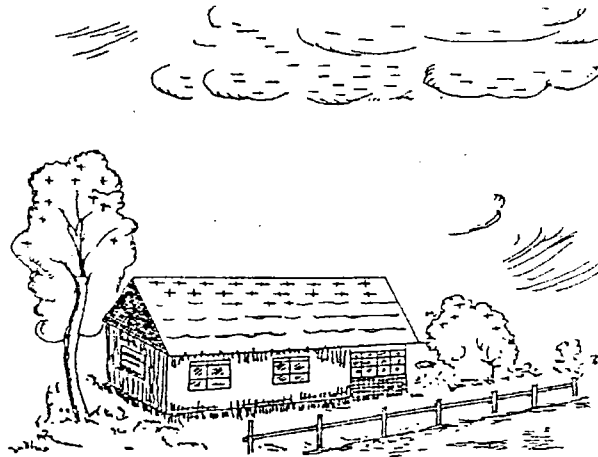
Từ lâu, người ta đã khẳng định về nguồn tạo ra điện trường giữa các mây dông và mặt đất chính là những điện tích tích tụ trên các hạt nước li ti và các tinh thể băng của các đám mây dông đó.

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 7.1. Sự phân bố điện tích trong một đám mây dông

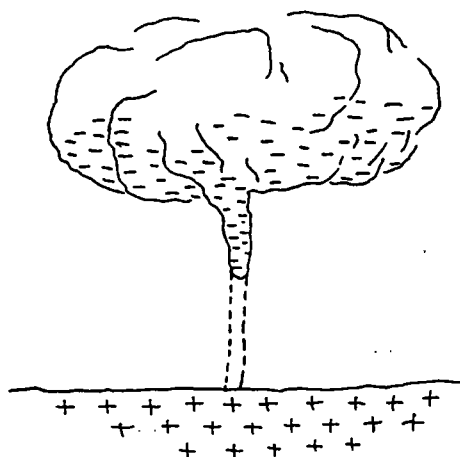
Qua nhiều lần đo đạc thực nghiệm, người ta thấy rằng khoảng 80 ÷ 90% phần dưới các đám mây dông chủ yếu chứa điện tích âm, do đó cảm ứng trên mặt đất những điện tích dương tương ứng và tạo nên một tụ điện không khí khổng lồ.



Hình 7.2. Sự phân bố điện tích giữa đám mây dông và mặt đất

Hình 7.2 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 7.3 Sự phát triển của sóng điện sét trong đám mây

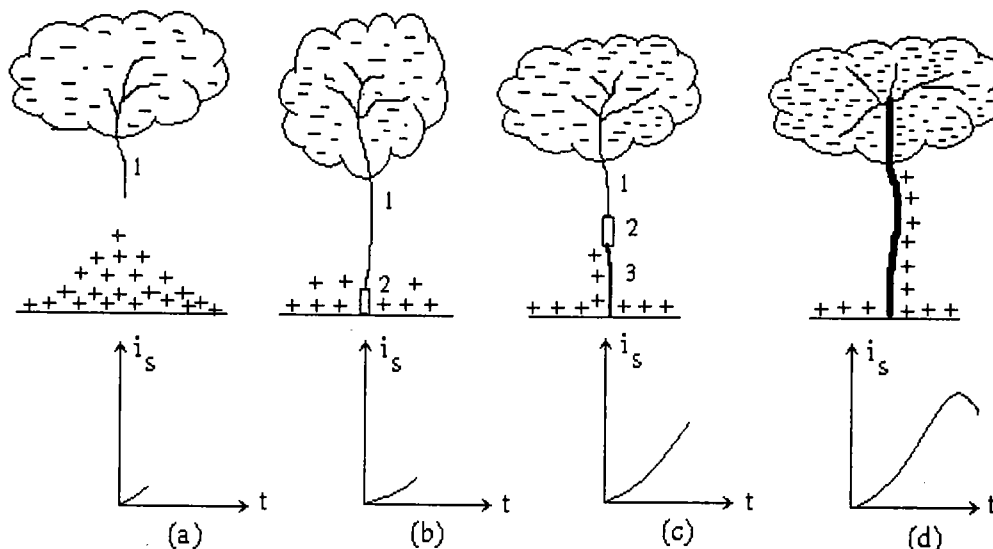
2. Các giai đoạn phát triển của phóng điện sét

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 7.4.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 dần 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.



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

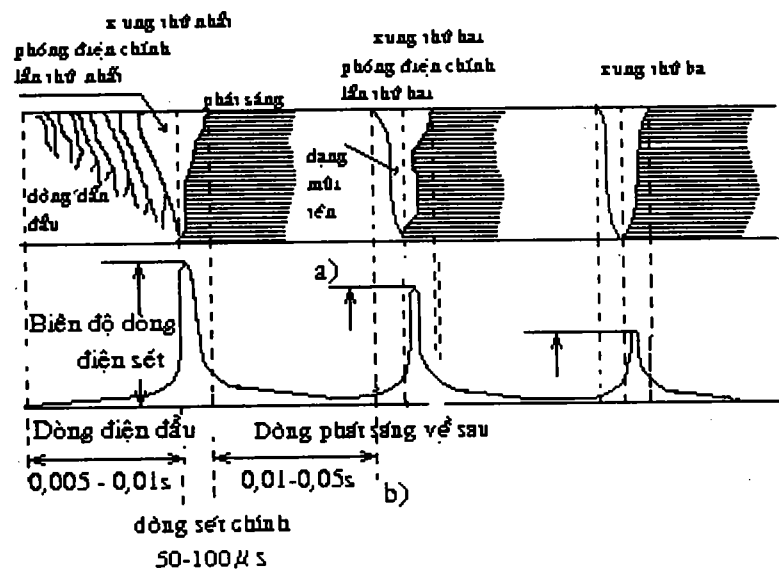
Hình 7.4. Các giai đoạn phóng điện sét và biến thiên của dòng điện sét theo thời gian

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 7.4.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 chất chứa (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 7.4.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 7.4.d).

Kết quả quan trắc sét cho thấy rằng phóng điện sét thường xảy ra nhiều lần kế tục nhau trung bình là 3 lần, nhiều nhất có thể đến vài chục lần (Hình 7.5). 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 (2.10^6 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 7.5. Quá trình phát triển của phóng điện sét

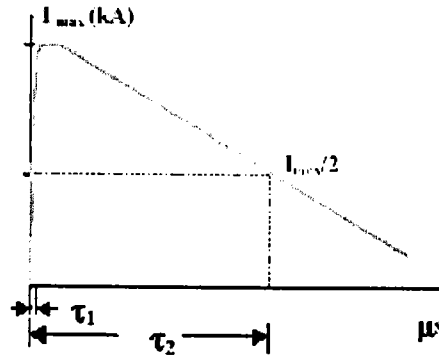
3. Các thông số chủ yếu của sét

Dòng điện sét có dạng một sóng xung (Hình 7.6). Trung bình trong khoảng vài ba μ s, 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 μ s 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 ÷ 300) 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 ÷ 100) μ s với tia tiên đạo đầu tiên và (5 ÷ 50) μ 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 ½ biên độ trong khoảng từ (20 ÷ 350) μ s với các tia sét đầu tiên và (5 ÷ 50) μ s với các tia sét lặp lại.

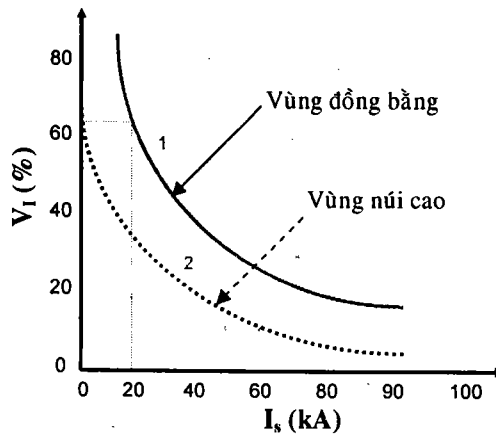
- Tốc độ tăng dòng di/dt có thể đạt tới 70kA/μs đối với tia sét đầu tiên và vượt quá 200kA/μs với các tia sét tiếp theo.
- Tốc độ tăng áp dV/dt đo được đạt tới 12kV/μs.
- Cực tính dòng điện sét



Hình 7.6. 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 7.7. 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_1) có biên độ bằng hoặc lớn hơn I_s có thể tính gần đúng theo biểu thức:

- Vùng đồng bằng: $V_1 = 10^{-I_s/60}$ hay $\lg V_1 = -I_s/60$ (7.1)
- Vùng núi cao: $V_1 = 10^{-I_s/30}$ hay $\lg V_1 = -I_s/30$

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:

$$N_d = (0.1 \div 0.15)T_d \quad (7.2)$$

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.

7.3. PHÂN LOẠI CÔNG TRÌNH CẦN BẢO VỆ

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

1. Theo tiêu chuẩn chống sét cho công trình xây dựng 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 lắp đặt các hệ thống chống sét 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 chống sét 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:

$$R = A+B+C+D+E \quad (7.3)$$

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 chống sét NFC 17-102 1995, 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:

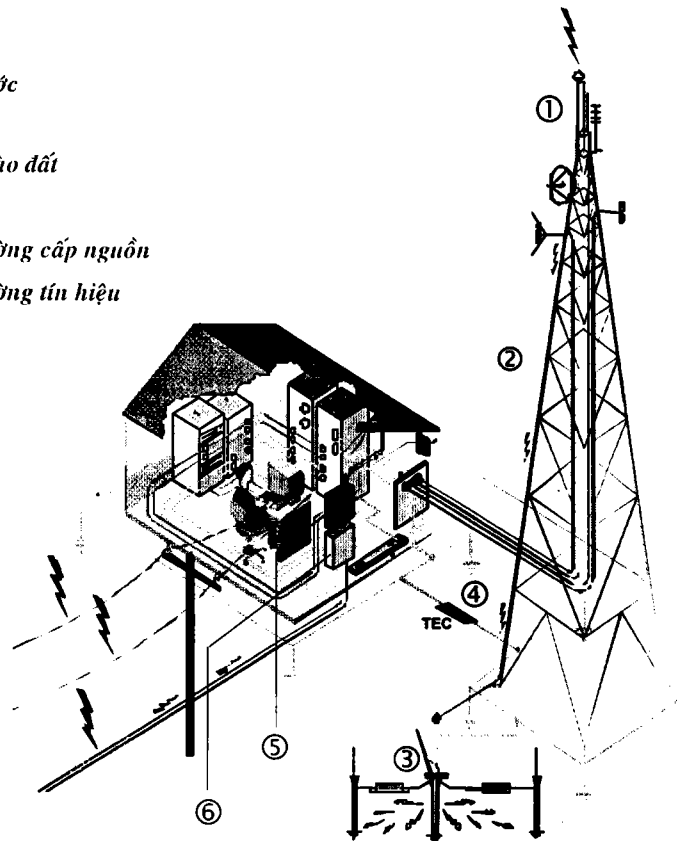
- Cấp 1 + Biện pháp bảo vệ bổ xung
- Cấp 1 (tương ứng với dòng xung đỉnh 2.8kA)
- Cấp 2 (tương ứng với dòng xung đỉnh 9.5kA)
- Cấp 3 (tương ứng với dòng xung đỉnh 14.7kA)

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.

7.4. 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. Đăng thế các hệ thống đất
5. Chống sét lan truyền trên đường cấp nguồn
6. Chống sét lan truyền trên đường tín hiệu



Hình 7.8. Giải pháp chống sét 6 điểm

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. Đẳng 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.

7.5. 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 tù. 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 vầng quang, 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.

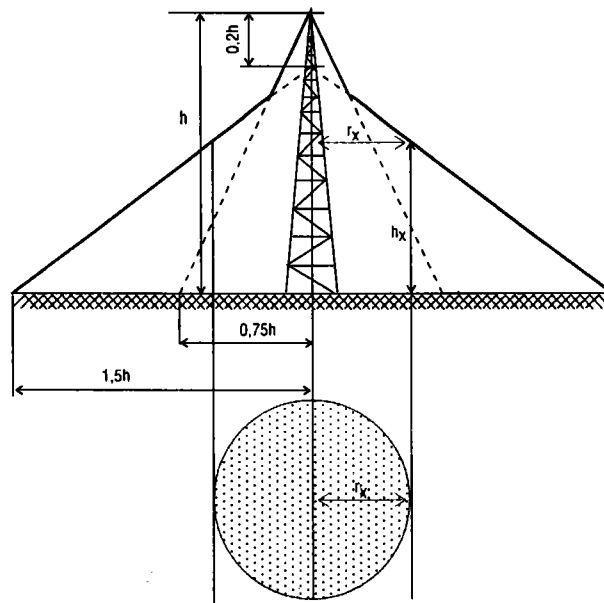
Theo phương pháp hình nón, vùng bảo vệ của kim Franklin được xác định như sau:

a. Trường hợp có một kim

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

$$\begin{aligned} h_x < \frac{2}{3}h & \quad r_x = 1,5h \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right)p \\ h_x > \frac{2}{3}h & \quad r_x = 0,75h \left(1 - \frac{h_x}{h}\right)p \end{aligned} \quad (7.4)$$

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 7.9. Phạm vi bảo vệ của cột thu sét

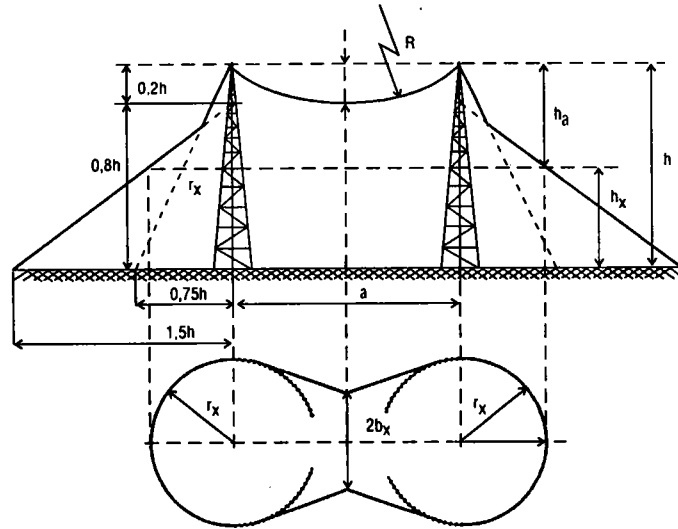
b. Trường hợp có hai kim

+ Trường hợp hai kim có độ cao như nhau thì phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét được trình bày ở Hình 7.10:

Trong đó, r_x được xác định theo công thức (7.4), còn b_x là bề ngang hẹp nhất của phạm vi bảo vệ ở độ cao h_x được xác định theo biểu thức:

$$2b_x = 4r_x \frac{7h_a - a}{14h_a - a} \tag{7.5}$$

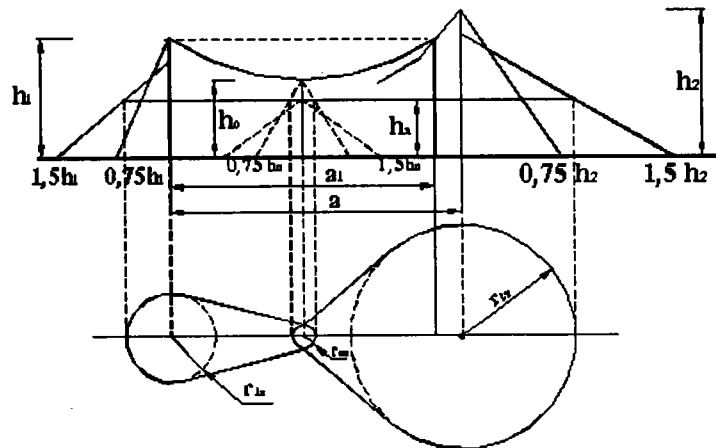
Ở đây: a là khoảng cách giữa 2 cột thu sét (m), h_a chiều cao hiệu dụng của cột thu sét (m), $a < 7h_a$.



Hình 7.10. Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét

+ Trường hợp hai kim có độ cao khác nhau thì phạm vi bảo vệ được xác định như Hình 7.11.

Đầu tiên, dựng phạm vi bảo vệ của cột thu sét thứ nhất (có chiều cao cao hơn), sau đó dựng phạm vi bảo vệ của cột thu sét thứ hai. Tiếp theo từ đỉnh cột thứ hai kẻ một đường thẳng nằm ngang cắt phạm vi bảo vệ cột thứ nhất tại một điểm, điểm này so với mặt đất có chiều cao bằng chiều cao cột thứ hai và xem đây là cột giả tưởng. Sau đó, xác định phạm vi bảo vệ cột thứ hai và cột giả tưởng giống như trường hợp hai cột có chiều cao bằng nhau.



Hình 7.11. Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét có độ cao khác nhau

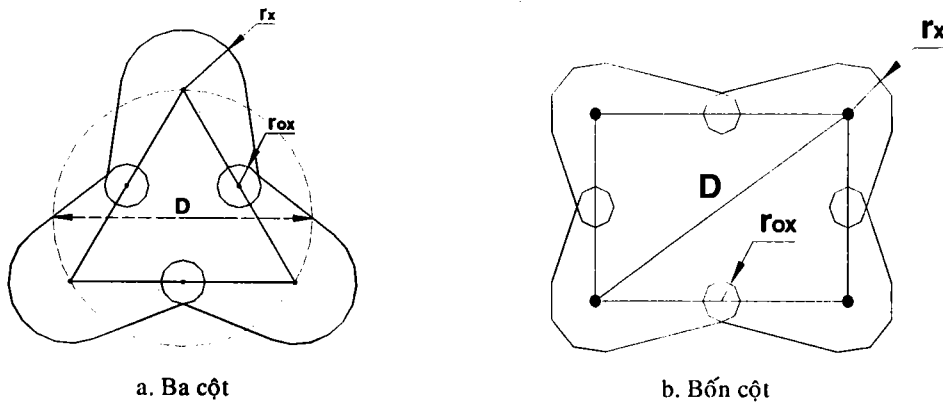
c. Trường hợp có nhiều kim

Khi công trình cần được bảo vệ chiếm một diện tích rộng lớn, thường phải đặt nhiều cột thu sét để bảo vệ. Vùng bảo vệ của 3 cột thu sét không nằm trên cùng một đường thẳng trình bày ở Hình 7.12.a. và của 4 cột thu sét đặt ở 4 góc của hình chữ nhật trình bày ở Hình 7.12b.

Bên ngoài diện tích của đa giác đi qua chân các cột thu sét (hình tam giác hoặc hình chữ nhật) phạm vi bảo vệ được xác định giữa từng đôi cột với nhau. Còn tất cả các thiết bị có độ cao lớn nhất h_x đặt trong diện tích của hình tam giác hay diện tích hình chữ nhật được bảo vệ an toàn nếu điều kiện sau được thỏa mãn:

$$D \leq 8(h - h_x).p \tag{7.6}$$

Với: $p = 1$ khi $h \leq 30m$, $p = \frac{5,5}{\sqrt{h}}$ khi $30m < h \leq 60m$; D là đường kính vòng tròn ngoại tiếp của tam giác hay hình chữ nhật chạy qua tam giác hay hình chữ nhật chạy qua đỉnh các cột thu sét.



Hình 7.12. Vùng bảo vệ của nhiều cột thu sét có cùng độ cao

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 7.13.a

Độ rộng bảo vệ b_x của cột treo một dây chống sét được xác định theo biểu thức (7.7):

$$\begin{aligned} h_x > \frac{2}{3}h, \quad b_x &= 0.6h \left(1 - \frac{h_x}{h} \right) p \\ h_x < \frac{2}{3}h, \quad b_x &= 1.2h \left(1 - \frac{h_x}{0,8h} \right) p \end{aligned} \tag{7.7}$$

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 $h \leq 30m$ và $p = 5,5\sqrt{h}$ khi $30m < h < 100m$).

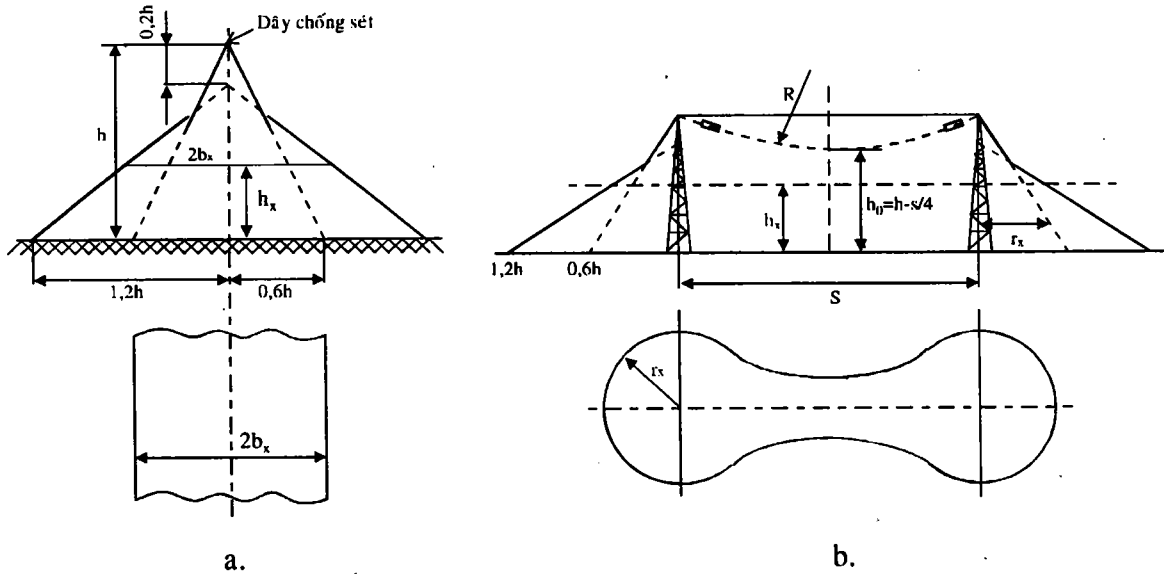
Giới hạn phạm vi bảo vệ ở phía ngoài của hai dây chống sét cũng giống như của một dây chống sét riêng rẽ. Gọi s là khoảng cách giữa hai dây thu sét thì mọi điểm trên mặt đất nằm giữa hai dây này sẽ được bảo vệ an toàn và nếu $s < 4h$ thì có thể bảo vệ an toàn cho các điểm giữa 2 dây có mức cao tới h_0 (Hình 7.13.b).

$$h_0 = h - s/4 \tag{7.8}$$

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 7.13). 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 7.14).



Hình 7.13. Phạm vi bảo vệ của hai dây thu sét

3. Lồng Faraday

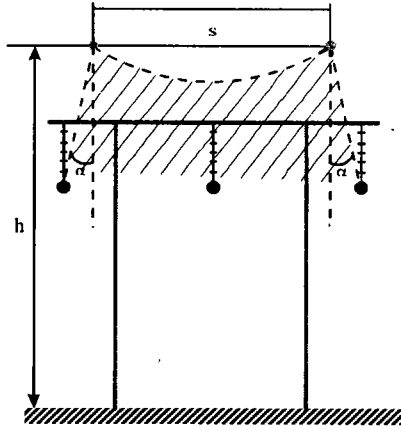
Lồng Faraday bao gồm một lưới kim loại được nối đất bao quanh công trình với mục đích tạo một màng che tĩnh điện cho công trình (Hình 7.15). Khi sử dụng cách bảo vệ này, các dây dẫn được đan chéo nhau với khoảng cách nhất định trên mái toà nhà (thường khoảng cách này không được vượt quá 6m) và dọc theo 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 ngày 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.

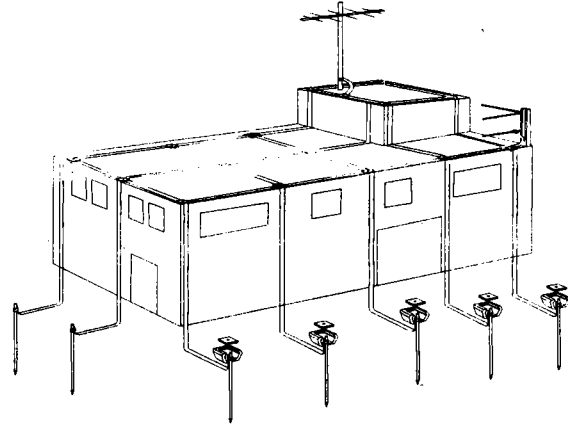
4. Kim phóng điện sớm ESE

Kim phóng điện sớm ESE (Early Streamer Emission) được nghiên cứu từ thập niên 70 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 Prevector, 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,...(Hình 7.16).



Hình 7.14. Phạm vi bảo vệ của dây thu sét



Hình 7.15. Giải pháp chống sét bằng lồng Faraday

Bán kính vùng bảo vệ (Hình 7.17) có thể xác định bằng các phần mềm hỗ trợ hay theo các biểu thức sau:

a. Theo NFC 17-102

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)} \tag{7.9}$$

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).

$$\Delta L = V \cdot \Delta T \tag{7.10}$$

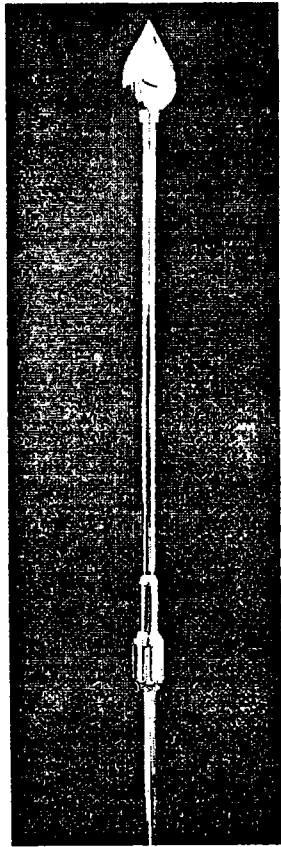
Với V là tốc độ phát triển của tia tiên đạo đi lên, thường là $1.1\text{m}/\mu\text{s}$; ΔT là thời gian phóng điện sớm, tùy thuộc loại đầu kim ($10\mu\text{s}$, $25\mu\text{s}$, $40\mu\text{s}$, $50\mu\text{s}$ và $60\mu\text{s}$).

$$D = 10I^{2/3} \tag{7.11}$$

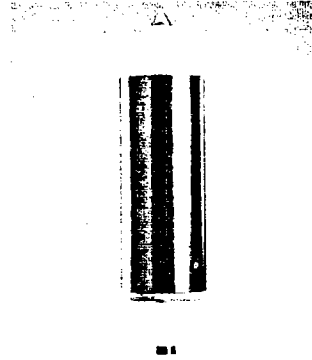
Với I là biên độ dòng sét cực đại (kA), tương ứng với mức bảo vệ yêu cầu (Bảng 7.1).

Bảng 7.1. Quan hệ giữa biên độ dòng sét và mức bảo vệ

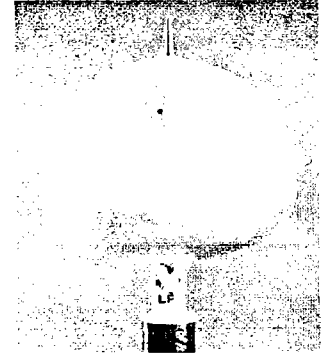
Mức bảo vệ	I (kA)	Xác suất xuất hiện dòng sét có biên độ vượt quá giá trị I (%)
Rất cao	3	99
Cao	6	98
Trung bình	10	93
Tiêu chuẩn	15	85



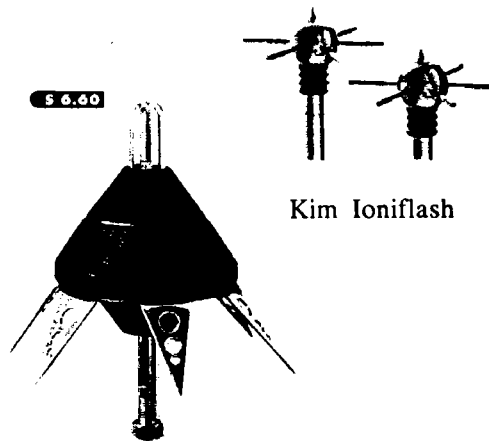
Kim Saint-Elmo



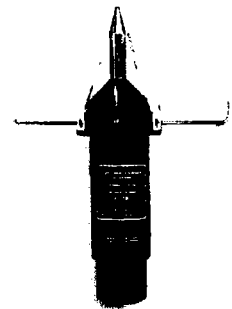
Kim Interceptor



Kim Dynasphere



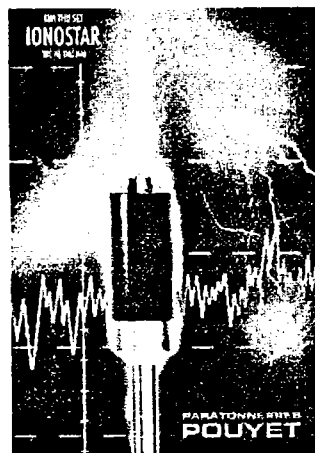
Kim Ioniflash



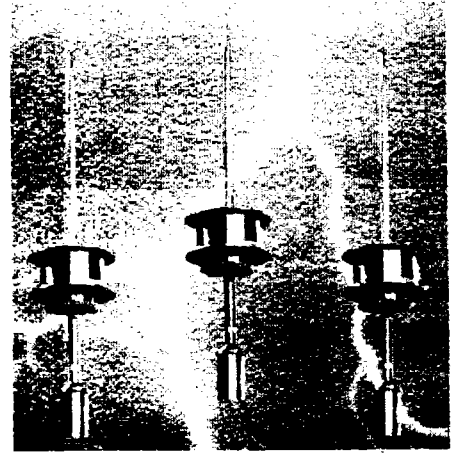
Kim EF



Kim Satelit



Kim Ionostar



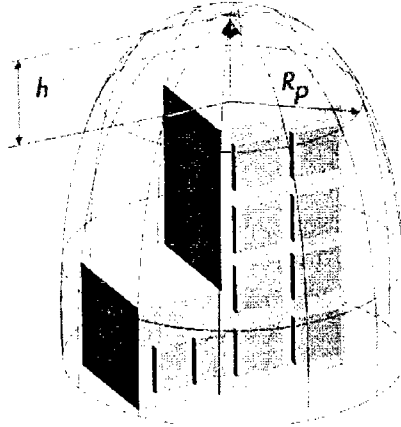
Kim EC-SAT

Hình 7.16. Các loại kim phóng điện sớm (ESE)

b. Theo NFPA 781-F93-TC

$$R_p = h \left(\sqrt{\left[\frac{2D}{h} - 1 \right]^2 + \frac{\Delta L}{h} \left[\frac{2D}{h} + \frac{\Delta L}{h} \right]} \right) \tag{7.12}$$

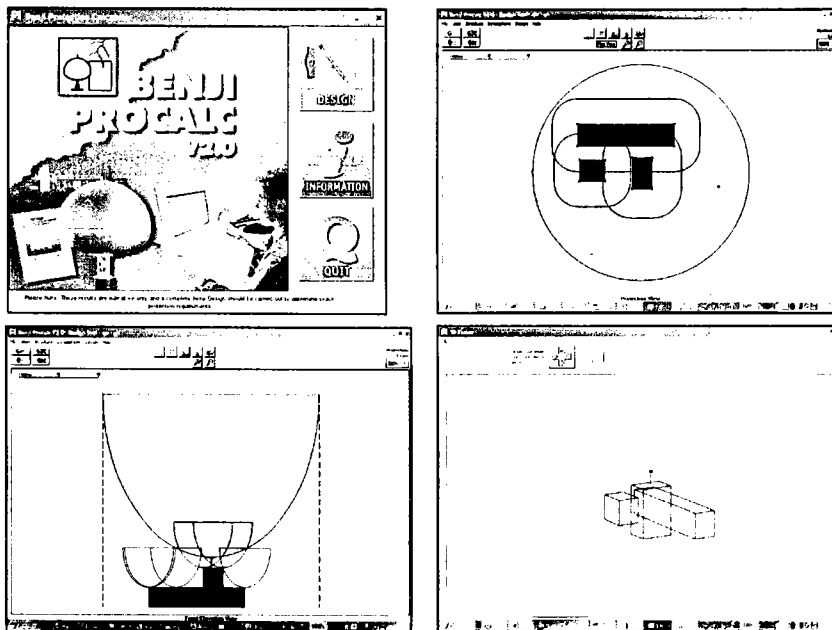
Ở đây: R_p là bán kính bảo vệ (m); h là chiều cao đặt kim ESE so với mặt phẳng được bảo vệ (m); ΔL là độ lợi khoảng cách (m), tùy thuộc loại đầu kim; D là khoảng cách phóng điện (m), tùy thuộc vào mức bảo vệ ($D = 60\text{m}$ đối với mức 1, $I=15\text{kA}$; $D=45\text{m}$ đối với mức 2, $I=10\text{kA}$; $D=20\text{m}$ đối với mức 3, $I=6\text{kA}$).



Hình 7.17. Vùng bảo vệ kim phóng điện sớm

Bán kính vùng bảo vệ cũng có thể tính từ bảng tra với các thông số yêu cầu như: loại đầu kim ESE, chiều cao công trình được bảo vệ, chiều cao cột đỡ kim, mức bảo vệ yêu cầu,.....

Để tạo điều kiện thuận lợi cho các nhà thiết kế chống sét, một số hãng sản xuất kim thu sét ESE cung cấp phần mềm hỗ trợ tính toán vùng bảo vệ, thực hiện các bản vẽ, in các báo cáo tính toán (ví dụ, phần mềm BENJI Ver. 2.0 của hãng ERICO Inc. Hình 7.18).



Hình 7.18. Giao diện phần mềm BENJI Ver 2.0

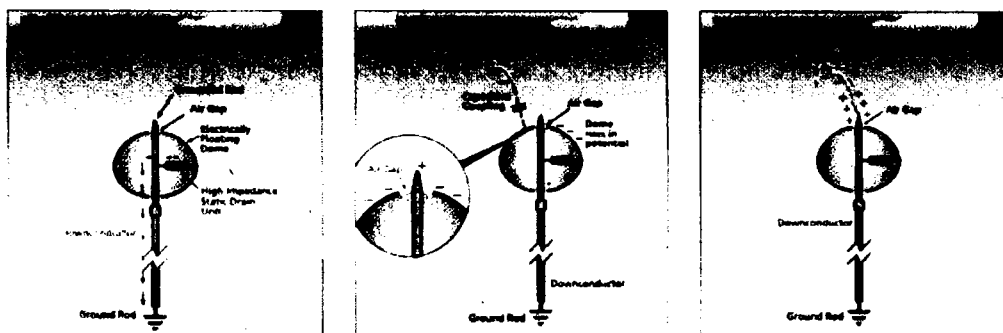
Nguyên lý hoạt động của loại kim phóng điện sớm tương tự nhau. Dưới đây trình bày nguyên lý hoạt động của kim Dynasphere.

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 vầng quang. 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:

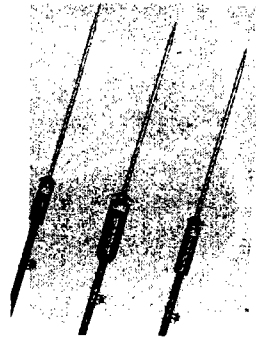
- Ở giai đoạn đông “tĩnh”, trường điện từ thay đổi rất chậm với biên độ vào khoảng từ 5÷15kV/m. Do quả cầu được nối đất thông qua thông qua một phần tử có tổng trở cao và dạng hình học của bề mặt quả cầu, độ gia tăng điện trường được duy trì ở mức thấp nhằm mục đích cực tiểu hoá hiện tượng vầng quang và do đó ngăn chặn được sự phát sinh các điện tích không gian.
- 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 mỗi trong khe hở giữa quả cầu và cọc nối đất. Hồ quang mỗi 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 mỗi 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 vào 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.



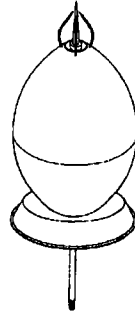
Hình 7.19. Các giai đoạn hoạt động của kim Dynasphere

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 không cho phép sử dụng loại kim này (Hình 7.20).



Kim Pulsar



Kim Preventor

Hình 7.20. Các loại kim phóng xạ

6. Laser

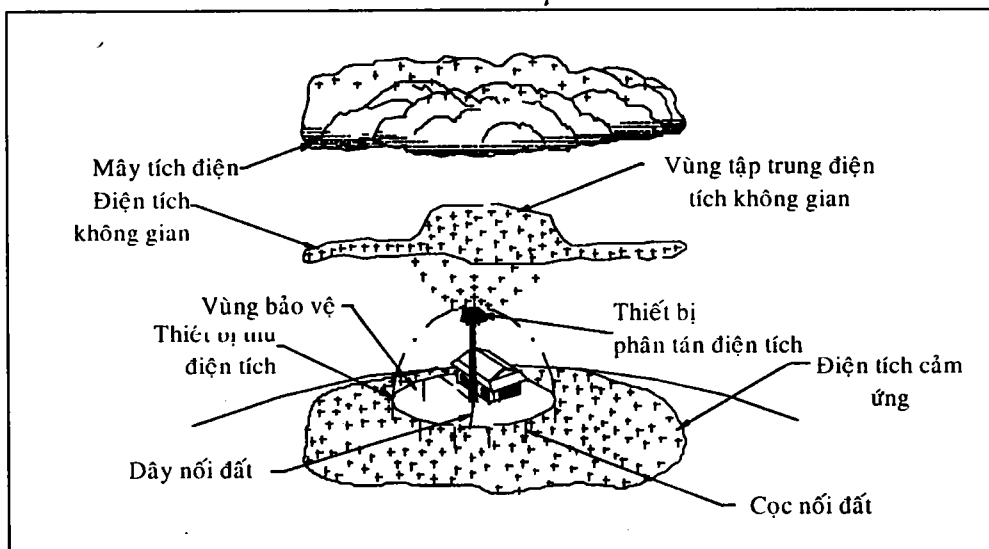
Năm 1974 Ball đề nghị sử dụng Laser để trung hoà điện tích đám mây dông. Tia Laser có khả năng sản sinh hiện tượng ion hoá đa proton. Cùng với việc sử dụng máy tính, thời điểm phóng tia laser có thể được xác định từ các số liệu đầu vào như: tốc độ gia tăng của điện trường và động năng nhiệt của đám mây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

7. Kỹ thuật giải trừ sét DAS

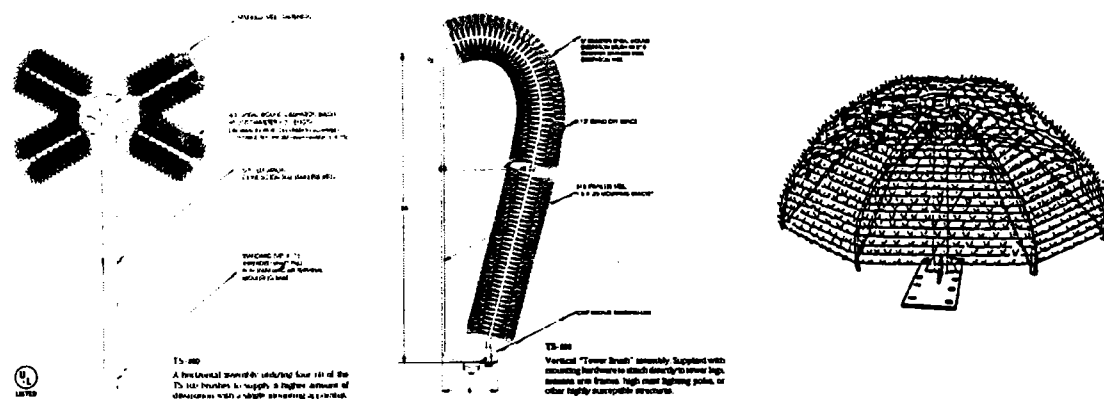
Nguyên lý chống sét này dựa trên cơ sở phóng điện điểm. Khi có đám mây dông hình thành trên một công trình xây dựng, trên mặt đất sẽ xuất hiện các điện tích cảm ứng. Các điện tích này được tập trung lại nhờ bộ tập trung điện tích trong đất. Các điện tích sau khi được tập trung lại sẽ được đưa lên bộ 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 (DAS-Dissipation Array System).

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, ALTEC (USA) với hệ thống TerraStat.... Hệ thống DAS bao gồm các bộ phận như sau (Hình 7.21):

- 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 7.21. Hệ thống DAS



Hình 7.22. Một số dạng đầu phân tán sét

Về ý tưởng, hệ thống DAS nếu hoạt động hữu hiệu sẽ đem lại nhiều lợi ích vì ngăn chặn được sự hình thành sét là giải quyết căn bản và ngay từ đầu các hậu quả do sét gây ra cho người, công trình và thiết bị.

Tuy nhiên, trong thực tế hiệu quả giải trừ sét của hệ thống DAS còn trong vòng tranh luận và hiện chưa có tiêu chuẩn quốc gia hay quốc tế công nhận. Xuất phát của các tranh luận xoay quanh các luận điểm như:

- Các dòng giải phóng điện tích chỉ kéo dài trong những khoảng thời gian rất ngắn và chỉ một phần của sự phóng điện đi đến được đáy của đám mây và phần còn lại bị thổi bay đi trong gió hay bị trung hòa nhanh chóng ngay sau rời khỏi nguồn.
- Các thí nghiệm kiểm tra thực hiện bởi Allibone chỉ ra rằng hiệu ứng của khe hở không khí phát xạ trên điện áp hồ quang của nó là rất nhỏ (trong khoảng 0,5 – 10%). Điều này dẫn đến kết luận rằng hiệu quả của thiết bị đuổi sét thiên nhiên nếu có là rất nhỏ.

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

Nội dung so sánh tính năng kỹ thuật các kỹ thuật chống sét trực tiếp trình bày ở Bảng 7.2.

Bảng 7.2. So sánh tính năng kỹ thuật các kỹ thuật chống sét trực tiếp.

TT	Hệ thống kim FRANKLIN	Hệ thống giải trừ sét DAS	Hệ thống kim ESE	Hệ thống kim PHÓNG XẠ
1.	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 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.	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.	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.	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 đồng 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.	Đắt khi cần bảo vệ cho công trình có nhiều tòa nhà	Đắt hơn hệ thống System 3000 và hệ thống kim ESE	Tương đối đắt	Tương đối đắt
7.	Sử dụng nhiều cáp thoát sét. Cứ mỗi khoảng cách 30m cần một cáp thoát sét	Cáp thoát sét không có yêu cầu đặc biệt. Sử dụng công nghệ chưa được công nhận	Không an toàn do sử dụng cáp đồng trần	Không an toàn do sử dụng cáp đồng trần
8.	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.	$R_d < 10\Omega$	$R_d < 10\Omega$. Đồng thời hệ thống nối đất phải trải trên diện rộng để đảm bảo yêu cầu thu gom điện tích	$R_d < 10\Omega$	$R_d < 10\Omega$

7.6. 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 (Hình 7.23) 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 (Hình 7.24):

- 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 50mm^2 , 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.

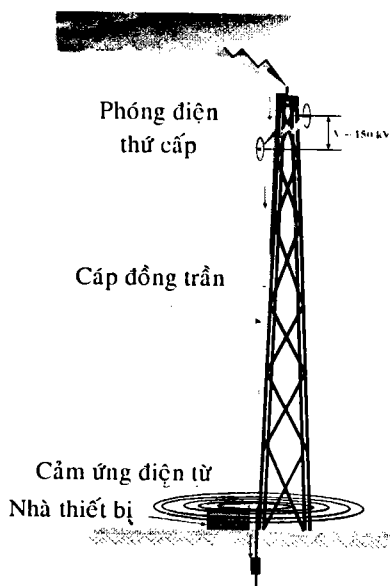
b. Đặc tính cáp chống nhiễu Ericore

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 7.3.

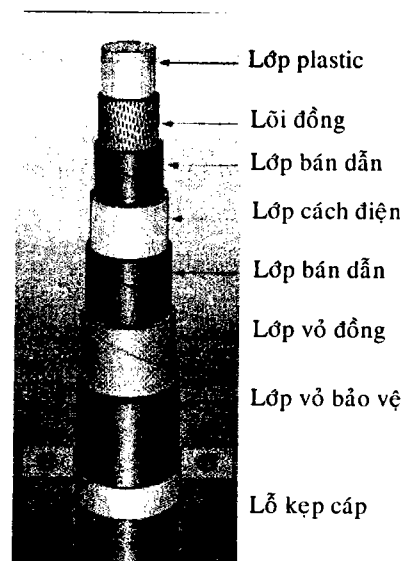
Để hiểu rõ các đặc tính kỹ thuật nêu trên, cần xem xét cơ chế dòng xung sét và sự hình thành điện áp tăng cường. Điện áp giữa dây dẫn bên trong và lớp vỏ bên ngoài được xác định bởi ba thông số riêng biệt. Mỗi thông số có một ảnh hưởng nhất định trong các giai đoạn khác nhau của quá trình tản dòng sét xuống đất (Hình 7.25). 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).

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

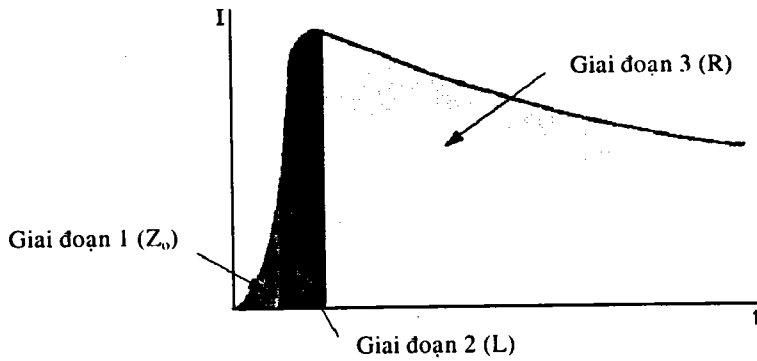
- Tản dòng sét hiệu quả và an toàn hơn cáp đồng trần.
- Không gây hiện tượng sét đánh tạt ngang trong quá trình tản sét.
- Có thể đi gần khu vực có thiết bị điện tử nhạy cảm, dây điện lực, kết cấu kim loại và khu vực có người làm việc.
- Thường chỉ cần một cáp thoát sét cho một công trình.
- Dễ dàng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



Hình 7.23. Dẫn sét bằng cáp đồng trần



Hình 7.24. Cấu tạo cáp thoát sét Ericore



Hình 7.25. Ảnh hưởng của các thông số trong quá trình tản sét

Bảng 7.3. Đặc tính cáp thoát sét Ericore

Đặc tính	Cáp ERICORE	Đồng trần
Tổng trở đặc tính (Ω)	4.5	172
Điện kháng (nH/m)	22	0.096
Điện dung (pF/m)	1100	32.4
Tiết diện mặt cắt ngang (mm^2)	50	50
Điện trở ($\text{m}\Omega/\text{m}$)	0.5	0.4
Khả năng chịu quá áp (kV)	200	-
Đường kính (mm)	36	-
Trọng lượng (kg/m)	1.8	-

7.7. 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 $<10\mu\text{s}$ 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 HTNĐ phải có tổng trở nối đất đủ nhỏ và không chỉ hiểu đơn giản là điện trở nối đất nhỏ. Tổng nối đất của HTNĐ 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 40Ωm (đất sét) đến 25000Ωm (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 +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

Theo tiêu chuẩn chống sét TCN68:174-1998 của Tổng cục Bưu điện, tiêu chuẩn chống sét của Pháp NFC17-102: 1991, tiêu chuẩn chống sét của Úc NZS/AS1768-1991 đều yêu cầu hệ thống chống sét phải có giá trị điện trở nối đất $R_{nd} < 10\Omega$. Lưu ý, vì dòng sét không phải là dòng một chiều hay dòng xoay chiều tần số 50Hz, do đó giá trị điện trở nối đất vừa nêu là giá trị điện trở xung. Giá trị điện trở nối đất xung này được xác định theo biểu thức:

$$R_{nd} = \alpha R \tag{7.13}$$

Ở đây: α là hệ số xung (Bảng 7.4., Bảng 7.5.), R là điện trở nối đất thuần (một chiều hay xoay chiều 50Hz)

Bảng 7.4. Hệ số xung α của cọc tiếp đất dài 2÷3m, với sườn trước xung sét 3÷6μs

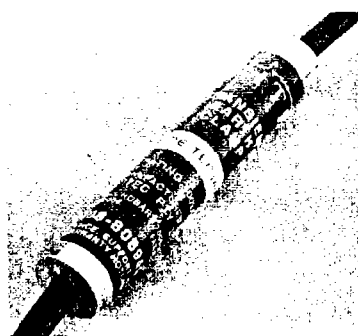
Điện trở suất của đất ρ (Ωm)	Cường độ dòng điện qua cọc nối đất, kA			
	5	10	20	40
100	0.85÷0.90	0.75÷0.86	0.60÷0.75	0.50÷0.60
500	0.60÷0.70	0.50÷0.60	0.35÷0.45	0.25÷0.30
1000	0.45÷0.55	0.35÷0.45	0.25÷0.30	-

Bảng 7.5. Hệ số α của dây nối đất nằm ngang, với sườn trước xung sét 3÷6μs

Điện trở suất của đất ρ (Ωm)	Chiều dài dây nối đất (m)	Cường độ dòng điện qua cọc nối đất, kA		
		10	20	40
100	5	0.75	0.65	0.4
	20	1.15	1.05	0.95
500	5	0.55	0.45	0.30
	30	1.00	0.90	0.80
1000	10	0.55	0.45	0.35
	60	1.15	1.10	0.95

7.8. ĐẲNG THỂ CÁC HỆ THỐNG NỔ 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 đầu dây thì việc cân bằng thế phải được nối qua thiết bị cân bằng thế TEC (Transient Earth Clamp). TEC (Hình 7.26) 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 7.26. 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,

7.9. KỸ THUẬT CHỐNG SÉT LAN TRUYỀN TRÊN ĐƯỜNG NGUỒN

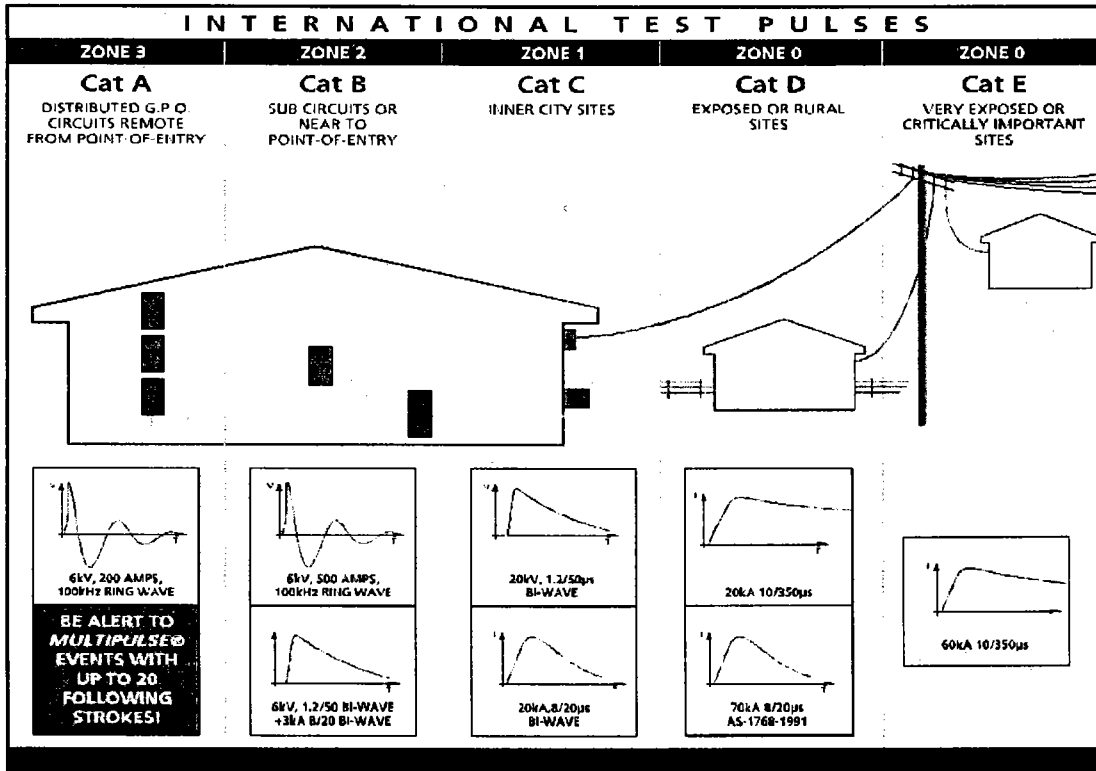
1. Phân vùng bảo vệ

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 7.27).

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 7.6.



Hình 7.27. Các dạng xung sét tiêu chuẩn

Bảng 7.6. Xung sét cực đại theo vùng bảo vệ và mật độ sét

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

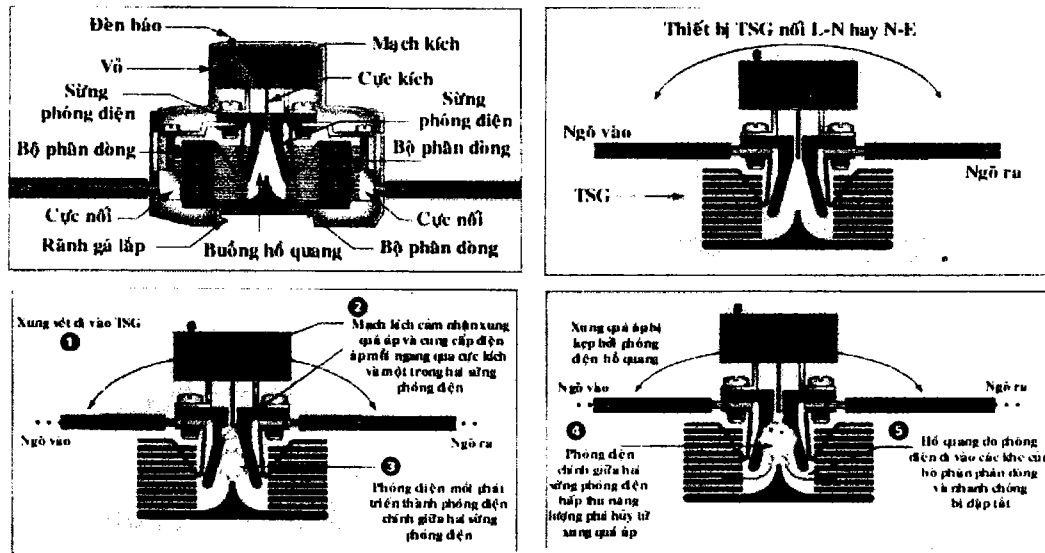
- Cung cấp điện áp dư ở mức thấp gần với các sản phẩm cắt sét - có cấu tạo trên cơ sở các MOV, nhưng có khả năng tản sét cao hơn
- Khắc phục được nhược điểm điện áp phóng điện khởi đầu cao, điện áp dư lớn và dòng tự duy trì kéo dài ở khe phóng điện truyền thống
- Điện áp kích hoạt thấp (khoảng 500V) 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 7.28) 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.

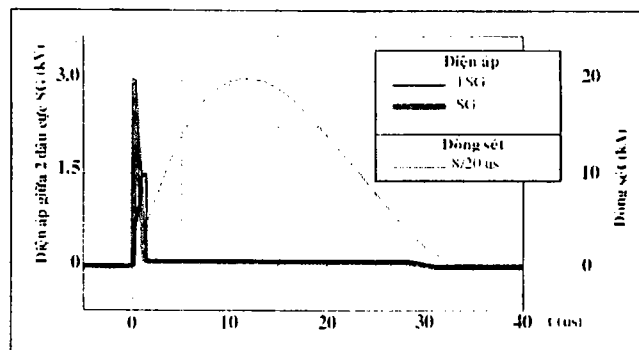
Hình 7.29 trình bày điện áp dư của TSG và SG tương ứng với xung sét 20kA 8/20 μ s. Từ đây nhận thấy điện áp dư của TSG (<1.5kV) thấp hơn nhiều so với điện áp dư của SG (khoảng 3kV). So với thiết bị cắt sét bằng công nghệ MOV, có điện áp dư ứng với xung sét 20kA 8/20 μ s vào khoảng 1.0kV thì điện áp dư của TSG vẫn cao hơn nhưng quá đủ để bảo vệ các hệ thống cơ điện.

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 10/350 μ s và dòng dư đi vào công trình không vượt quá vài ampe.



Hình 7.28. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của TSG

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



Hình 7.29. Dạng sóng điện áp dư ứng với xung sét 20kA 8/20µs

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 (<25ns) 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 (<1ns), tuổi thọ cao. Nhưng có nhược điểm là khả năng tản dòng sét nhỏ (<3kA). 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 do 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, tuổi thọ cao.
- Thời gian đáp ứng nhanh (<1ns).
- Cung cấp bảo vệ hiệu quả, ngay trong mạng có chất lượng điều áp thấp.
- Không đòi hỏi các điều kiện lắp đặt và vận hành nghiêm ngặt như thiết bị chế tạo theo công nghệ truyền thống MOV.

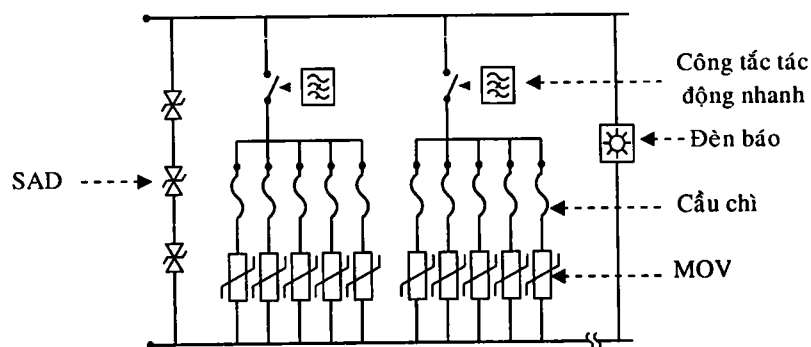
Để đạt được hiệu quả và tính năng bảo vệ vượt trội, thiết bị TDS sử dụng công nghệ tổng hợp bao gồm cả ba công nghệ SAD, Gas Aresster và MOV.

Sơ đồ nguyên lý của thiết bị TDS trình bày như Hình 7.30:

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 7.30. 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 tản 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 Quy 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 cất 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 cất 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 tản 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 cất 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 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 cất 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 μ s

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

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, $I_{smax} = 90.7\text{kA}$ (Báo cáo Hội nghị chống Sét quốc tế tại Hà Nội 04/97).

2. Điện áp làm việc cực đại

$$U_{dmc} > U_{lvmax}$$

Với: U_{dmc} 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

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

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, $I_{smax} = 90.7\text{kA}$ (Báo cáo Hội nghị chống Sét quốc tế tại Hà Nội 04/97).

2. Điện áp làm việc cực đại

$$U_{dmc} > U_{lvmax}$$

Với: U_{dmc} 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

$$I_{dml} > I_{lvmax}$$

Với: I_{dml} 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 nhiễu 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.

7.10. KỸ THUẬT CHỐNG SÉT LAN TRUYỀN TRÊN ĐƯỜNG TÍN HIỆU

1. Công nghệ

a. Ống phóng khí (GDT)

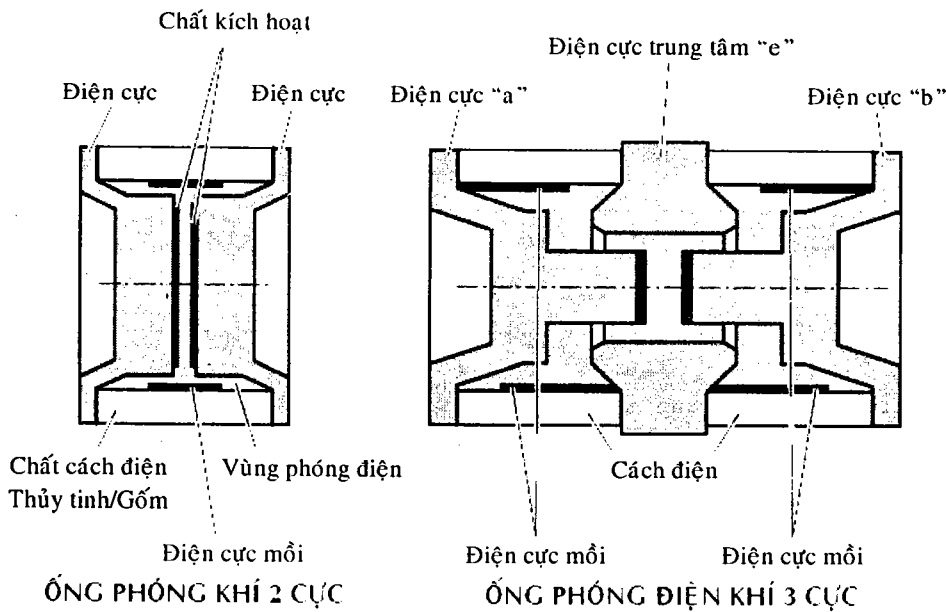
Ống phóng khí là một cải tiến rất tinh vi của khe hở phóng điện, thích hợp cho bảo vệ mạng viễn thông. Loại thường sử dụng cho mạng viễn thông có đường kính 3/8 inch và dày 1/4 inch. Mặt cắt ngang trình bày ở Hình 7.31. Nó gồm có một vỏ thủy tinh hoặc sứ bên ngoài và bên trong chứa đầy khí trơ áp suất 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 ngắn 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.

Ống phóng khí đánh lửa rất nhanh nhưng điện áp đánh lửa tăng lên theo độ dốc của đầu sóng trình bày như Hình 7.32. 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 250VDC.



Hình 7.31. Mặt cắt ngang của ống phóng khí

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.

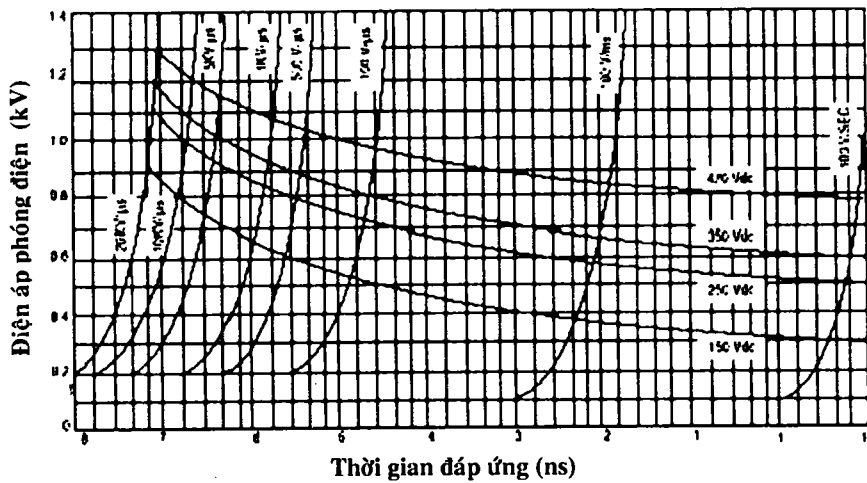
Ống phóng khí có các ưu điểm sau:

- 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.



Hình 7.32. Thời gian đáp ứng của ống phóng khí

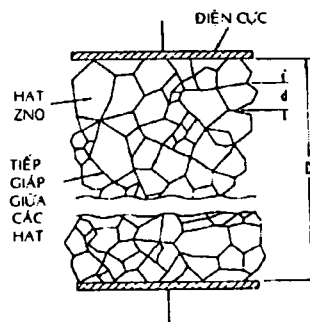
Phần lớn do điện áp phóng điện cao nên ống phóng khí không được khuyến dùng làm thiết bị nền để bảo vệ cho các modem nối với đường dây dữ liệu hay thông tin.

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 7.33.

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 (8/20µs) từ vài Ampe đến vài ngàn Ampe tùy thuộc vào kích cỡ của thiết bị.

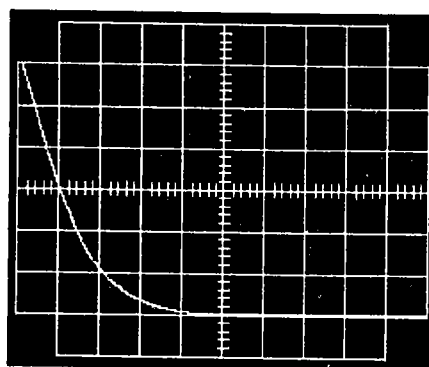


Hình 7.33. Mặt cắt ngang của MOV

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 diện 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 tần xung cực đại trình bày ở Hình 7.34. 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.



MOV (27V)
Vert: 10V/div
Horiz: 0.5ms/div
Tổng trở nguồn: 0.55 Ω
 $V_{peak}=62.5V$

Hình 7.34. Dạng sóng điện áp kẹp của MOV

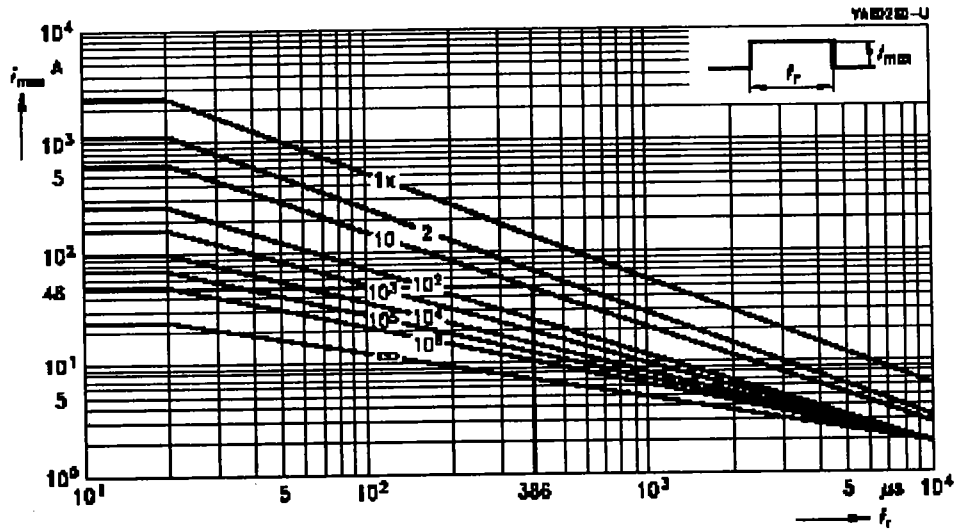
Dòng rò được liệt kê đối với MOV sử dụng trong ứng dụng bảo vệ các thiết bị nhạy cảm, còn đối với đường cấp nguồn thì không cần thiết. Chế độ dòng rò của MOV tương tự như của tiếp giáp p-n thông thường. Nó tăng gần gấp đôi khi nhiệt độ tăng lên 100 $^{\circ}C$ và cũng tăng rất nhanh theo điện áp sử dụng.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

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 7.35. 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.

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.



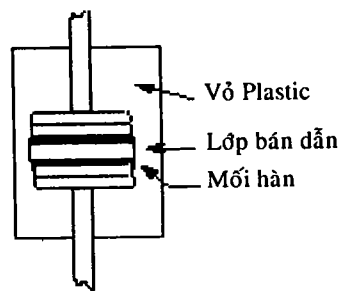
Hình 7.35. Số xung có thể chịu được của một loại MOV

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.

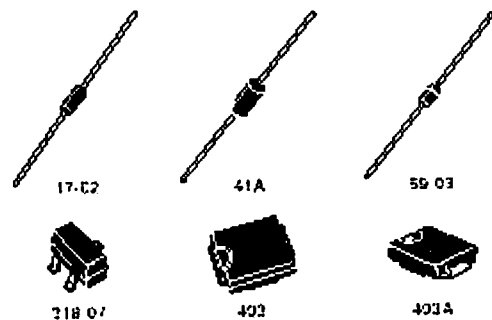
c. Diode Zener (Zener TVS – Transient Voltage Suppression)

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 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 7.36 và một vài khuôn mẫu như Hình 7.37.



Hình 7.36. Mặt cắt ngang của Diode Zener



Hình 7.37. Các dạng khuôn mẫu TVS

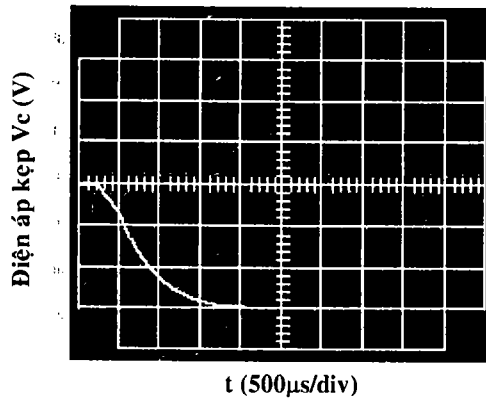
Các thông số kỹ thuật về điện bao gồm: điện áp vận hành cực đại, điện áp đánh thủng ngược cực đại, dòng xung đỉnh, điện áp kẹp đỉnh, năng lượng xung đỉnh và dòng rò.

Điện áp vận hành hay điện áp làm việc bình thường thường có giá trị điện áp từ 5V đến 250V. Điện áp dẫn ngược xác định điện áp xung đỉnh xoay chiều hay một chiều mà diode có thể chịu được. Điện áp dẫn ngược được đặc trưng dưới 10% đến 15% điện áp đánh thủng ngược nhỏ nhất.

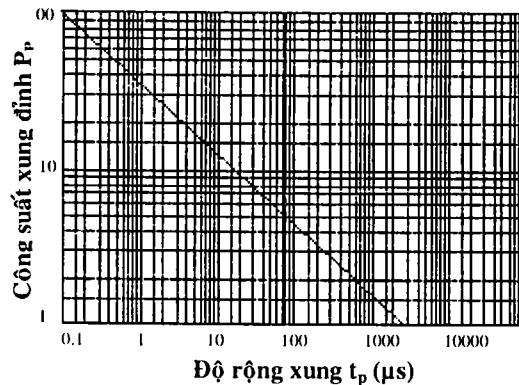
Điện áp đánh thủng ngược là đặc trưng tại mức phân cực mà ở đó thiết bị bắt đầu dẫn ở chế độ hiệu ứng thác. Dòng điện thử điển hình là 1mA cho các diode có điện áp đánh thủng 10V và 10mA cho các diode có điện áp đánh thủng thấp hơn.

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 7.38. 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 7.38. Dạng sóng điện áp kẹp của Zener TVS



Hình 7.39. Đặc tính năng lượng xung đỉnh của họ 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 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 7.38. 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 7.39 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.

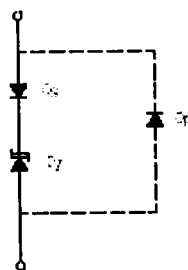
Mặc dù các giới hạn dòng rò là tương đối cao đối với các cấp hạ áp công nghiệp (500 μ A đến 1000 μ A) và giảm xuống đến 5 μ A hoặc thấp hơn với điện áp cao hơn 10V, khi sử dụng khuôn bán dẫn planar thì dòng rò sẽ giảm thấp hơn giới hạn đặc trưng trong các loại điện áp công nghiệp.

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 7.40. 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 7.40. Sự sắp xếp này 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 lũng 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 7.40. 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.

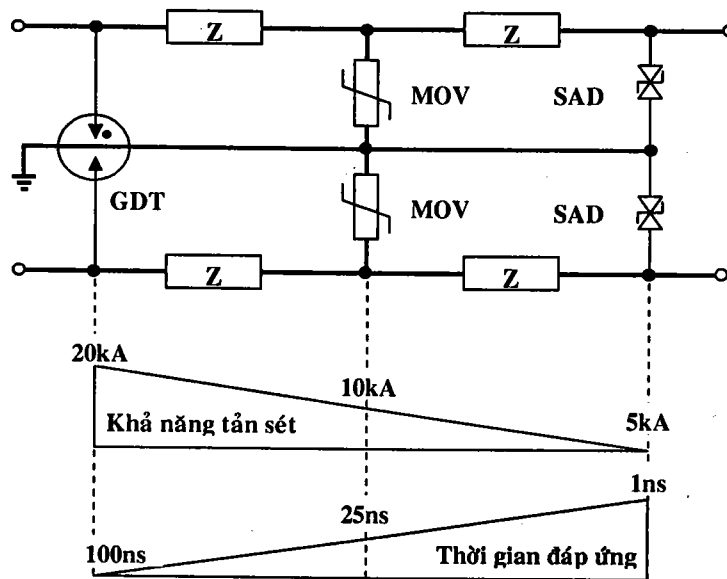
Ưu điểm của Diode Zener là: khả năng chịu xung lặp lại cao, hệ số kẹp thấp, thời gian tác động hàng ns, không già hóa, dây điện áp rộng, hư hỏng ở trạng thái ngắn mạch.

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 kẹp 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 ns) nhưng khả năng tản sét tương đối thấp (đến 5kA 8/20μs). 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 7.41 trình bày cấu tạo thiết bị chống sét trên đường truyền tín hiệu trong đó sử dụng công nghệ hỗn hợp ống phóng khí (GDT), MOV và Avalanche Silicon Diode (SAD).



Hình 7.41. 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 nhạy 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 10/1000 μ s 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 giải 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 100Base-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 chống sét được chọn theo các điều kiện sau:

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

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

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

$$U_{dmc} > U_{lvmax}$$

Với: U_{dmc} 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:

$$f_{max} > f_{dm}$$

Với: f_{dm} 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

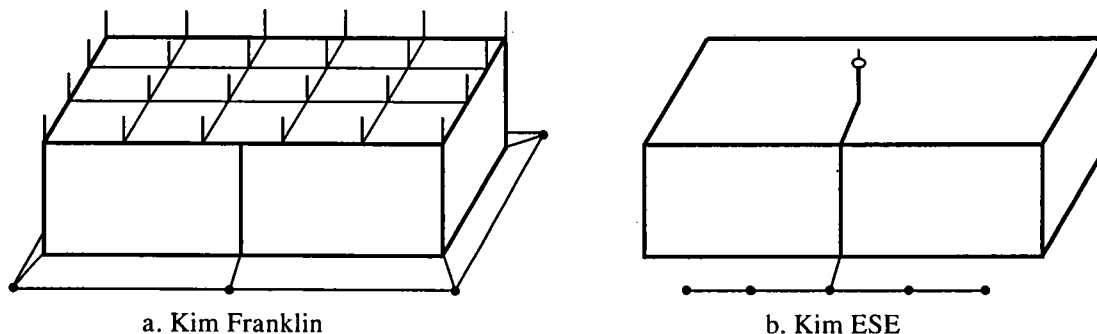
7.11. VÍ DỤ ÁP DỤNG

Ví dụ 7.1. Thiết kế hệ chống sét trực tiếp cho công trình có kích thước như sau: dài 60m, rộng 30m, cao 10m (Hình 7.42) trong hai trường hợp:

- a. Sử dụng kim thu sét Franklin.
- b. Sử dụng kim thu sét phóng điện sớm.

Giải:

a. Sử dụng kim sét có thu chiều cao $h=2,4\text{m}$, tự đứng gắn trên đế kim, cố định trên mái nhà. Dọc theo rìa mái, bố trí 6 kim theo chiều dọc cách nhau 12m và 4 kim theo chiều rộng cách nhau 10m. Các kim được nối với nhau bằng cáp đồng trần tiết diện 50mm^2 .



Hình 7.42. Phương án chống sét trực tiếp

Vì kim thu sét được bố trí dọc theo rìa mái, nên không cần phải kiểm tra bán kính bảo vệ mà chỉ cần kiểm tra khoảng cách an toàn giữa hai kim đặt lân cận nhau.

Kiểm tra khoảng cách an toàn giữa 2 kim theo chiều dọc:

$$D_d = 12\text{m} < 7h = 7 \times 2.4 = 16.8\text{m} \text{ (đạt yêu cầu)}$$

Kiểm tra khoảng cách an toàn giữa 2 kim theo chiều ngang:

$$D_n = 10\text{m} < 7h = 7 \times 2.4 = 16.8\text{m} \text{ (đạt yêu cầu)}$$

Kiểm tra khoảng cách an toàn giữa 2 kim theo đường chéo:

$$D_c = \sqrt{D_d^2 + D_n^2} = \sqrt{12^2 + 10^2} = 15,6\text{m} < 7h = 7 \times 2.4 = 16.8\text{m} \text{ (đạt yêu cầu)}$$

Theo qui định của tiêu chuẩn NFC12-107:1991, khi khoảng cách giữa hai dây thoát sét quá 30m, cần bổ xung 1 dây thoát sét. Do đó, theo chiều dọc của công trình cần sử dụng thêm một dây thoát sét. Nhằm đảm bảo an toàn cho người, ở 3m cuối trước khi xuống đất, dây thoát sét cần bọc trong ống PVC.

Trong trường hợp, công trình không phải là công trình trọng điểm (nguy cơ cháy, nổ cao,...), có thể sử dụng phương pháp chống sét trọng điểm, tức là ưu tiên chống cho các vị trí có khả năng

bị sét đánh cao (rìa mái, góc cạnh toà nhà,...) thì có thể bố trí các kim dọc theo rìa mái theo chiều dọc và chiều ngang của toà nhà. Trường hợp này có thể không bố trí các kim ở giữa mái nhà. Nhưng vẫn giữ lưới cáp đồng trần đan trên mái. Lưới này đóng vai trò lồng Faraday bảo vệ tăng cường cho khu vực giữa mái.

Hệ thống cọc nối đất bao gồm 6 cọc nối đất, dài $L=3m$, đường kính $d=16mm$, chôn sâu $h=0.5m$ đặt ở 4 góc công trình và 2 điểm giữa theo chiều dài. Hệ thống cáp nối các cọc dài 32m theo chiều dọc và 15m theo chiều rộng.

Với điện trở suất của đất đo vào mùa khô $\rho=300\Omega m$, điện trở nối đất của một cọc:

$$r_c = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{4L}{1.36 \cdot d}\right) \right] \cdot \frac{2h+L}{4h+L} = 80,4\Omega$$

Với số cọc $n=6$, $\eta_c = 0,8$. Điện trở của hệ thống 4 cọc:

$$R_c = \frac{r_c}{n \cdot \eta_c} = \frac{80,4}{6 \cdot 0,8} = 16,8 \Omega$$

Đường kính cáp đồng trần tiết diện $50mm^2$, $d=8mm$

Điện trở nối đất của dây cáp đồng nối các cọc với tổng chiều dài $L_1=32 \times 2 + 15 \times 2 = 94m$, chôn sâu so với mặt đất $h=0,5m$:

$$r_t = \frac{\rho}{\pi L_1} \left[\ln\left(\frac{4L_1}{\sqrt{h \cdot d}}\right) - 1 \right] = 7,8\Omega$$

Tra từ Bảng 3.8 (chương 3), tìm được hệ số sử dụng thanh (dây) $\eta_{th} = 0.64$, điện trở nối đất của dây cáp đồng nối các cọc khi xét đến hệ số sử dụng thanh (dây):

$$R_{th} = \frac{r_t}{\eta_{th}} = \frac{7,8}{0,64} = 12,2 \Omega$$

Điện trở nối đất của toàn hệ thống:

$$R_{HT} = \frac{R_c \cdot R_{th}}{R_c + R_{th}} = \frac{16,8 \cdot 12,2}{16,8 + 12,2} = 7,1\Omega$$

Điện trở xung nối đất:

$$R_{nd} = \alpha R_{HT}$$

Với chiều dài dây nối $L_1=94m$, $\alpha=1$ và $R_{nd} = \alpha R_{HT} = 7,1\Omega < 10\Omega$ (Đạt yêu cầu)

b. Sử dụng kim thu sét ESE, có thời gian phóng điện sớm $\Delta T = 45\mu s$, đặt giữa toà nhà, trên cột đỡ có chiều cao 4m. Chọn mức bảo vệ 2, tương ứng với $D=45m$ và $I=10kA$.

Độ lợi khoảng cách: $\Delta L = v \cdot \Delta T = 1,1.45 = 49.5m$

Bán kính bảo vệ của kim ESE:

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

$$R_p = \sqrt{4(2.45 - 4) + 49,5(2.45 + 49,5)} = 85m$$

Nhận thấy, vùng bảo vệ bao trùm toàn bộ công trình và việc chọn kim ESE nêu trên là thích hợp.

Dây thoát sét được sử dụng là cáp đồng trần tiết diện 50mm^2 . Để đảm bảo an toàn cho người, 3m cáp tính từ mặt đất được bọc ống PVC.

Hệ thống nối đất trong trường hợp này, do không đòi hỏi nhiều dây dẫn xuống như trường hợp kim Franklin, bao gồm hệ thống 5 cọc dài $L=3\text{m}$, đường kính $d=16\text{mm}$, chôn cách nhau 6m .

Với điện trở suất của đất đo vào mùa khô $\rho=300\Omega\text{m}$, điện trở nối đất của một cọc:

$$r_c = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{4L}{1.36 \cdot d}\right) \right] \cdot \frac{2h+L}{4h+L} = 80,4\Omega$$

Với số cọc $n=5$, $\eta_c = 0,81$ (Bảng 3.8, chương 3). Điện trở của hệ thống 5 cọc:

$$R_c = \frac{r_c}{n \cdot \eta_c} = \frac{80,4}{5 \cdot 0,81} = 20\Omega$$

Điện trở xung của hệ thống cọc với $\alpha_c = 0,5$ (Bảng 7.4):

$$R_{cx} = \alpha_c R_c = 20 \cdot 0,5 = 10\Omega$$

Đường kính cáp đồng trần tiết diện 50mm^2 , $d=8\text{mm}$

Điện trở nối đất của dây cáp đồng nối các cọc với tổng chiều dài $L_1=24\text{m}$, chôn sâu so với mặt đất $h=0,5\text{m}$:

$$r_1 = \frac{\rho}{\pi L_1} \left[\ln\left(\frac{4L_1}{\sqrt{h \cdot d}}\right) - 1 \right] = 25,2\Omega$$

Tra Bảng 3.8 (chương 3), tìm được hệ số sử dụng thanh (dây) $\eta_{th} = 0,82$, điện trở nối đất của dây cáp đồng nối các cọc khi xét đến hệ số sử dụng thanh (dây):

$$R_{th} = \frac{r_1}{\eta_{th}} = \frac{25,2}{0,82} = 30,7\Omega$$

Điện trở xung của hệ thống dây nối cọc với $\alpha_1=0,95$ (Bảng 7.5):

$$R_{thx} = \alpha_1 R_{th} = 30,7 \cdot 0,95 = 29,2\Omega$$

Điện trở nối đất xung của toàn hệ thống:

$$R_{HTX} = \frac{R_{cx} \cdot R_{thx}}{R_{cx} + R_{thx}} = \frac{10 \cdot 29,2}{10 + 29,2} = 7,45\Omega$$

$$R_{HTX} = 7,45\Omega < 10\Omega \text{ (Đạt yêu cầu) .}$$

Ví dụ 7.2. Thiết kế hệ chống sét trực tiếp cho công trình (Hình 7.43) trong hai trường hợp:

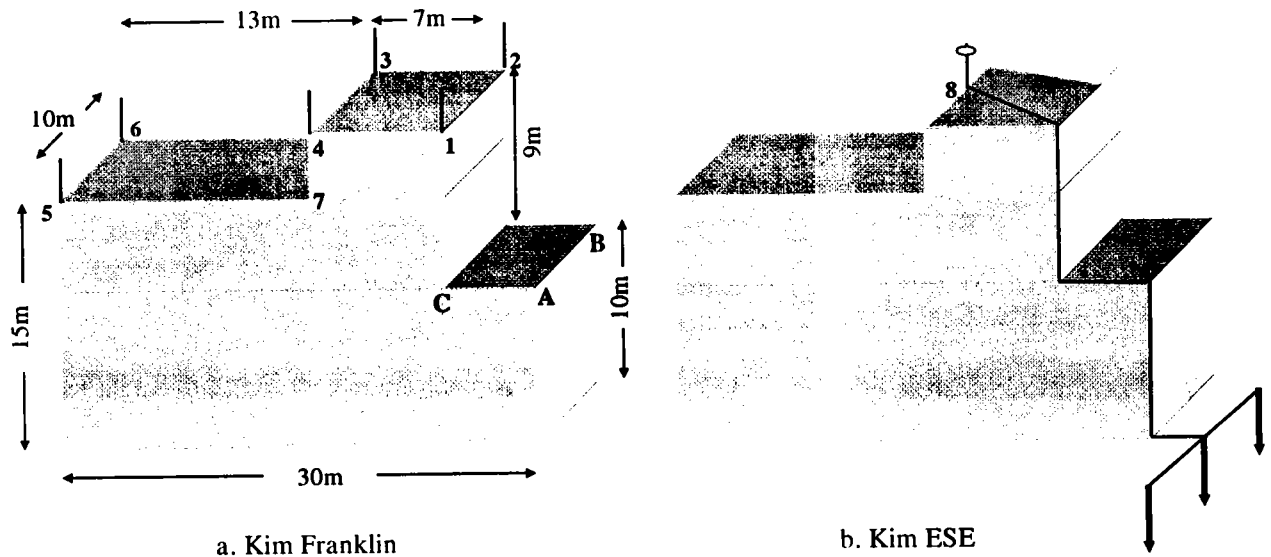
- Sử dụng kim thu sét Franklin.
- Sử dụng kim thu sét phóng điện sớm.

Giải:

a. Trường hợp sử dụng kim Franklin

Chọn 6 kim thu sét bằng thép bọc đồng, có chiều cao $L=2,4\text{m}$, đường kính $d=16\text{m}$, bố trí ở các góc cạnh tòa nhà.

Kiểm tra khả năng bảo vệ rìa mái AB của kim 1 và kim 2:



Hình 7.43. Phương án chống sét trực tiếp

Với $H_A=10m$ và $h=15+4+2,4=21,4m$ nên $H_A < 2/3 h$; vì chiều cao công trình dưới 30m, chọn $p=1$; bán kính bảo vệ r_A cung cấp bởi kim 1 và kim 2 ở độ cao H_A được xác định theo biểu thức:

$$h_A < \frac{2}{3}h \quad r_A = 1,5h \left(1 - \frac{H_A}{0,8h} \right) p = 13,4m > AC=10m$$

Bề rộng bảo vệ b_A của hai kim 1 và kim 2, với khoảng cách giữa hai kim $a=10m$, chiều cao hiệu dụng của kim $h_A=21,4-10=11,4m$

$$b_A = 2r_A \frac{7h_A - a}{14h_A - a} = 12,5m > AC=10m$$

Từ các kết quả tính toán nêu trên, nhận thấy kim thu sét 1 và 2 hoàn toàn có khả năng bảo vệ rìa mái AB.

Kim tra khoảng cách giữa các kim 1, 2, 3 và 4:

$$D_{14} = D_{23} = 7m < 7 \times 2,4 = 16,8m \text{ (Đạt yêu cầu)}$$

$$D_{24} = D_{13} = \sqrt{7^2 + 10^2} = 12,2m < 7 \times 2,4 = 16,8m \text{ (Đạt yêu cầu)}$$

Do kim 5 và 6 có độ cao thấp hơn kim 3 và 4, cần kiểm tra khoảng cách giữa các kim với độ cao kim thấp nhất (kim 5 và 6).

$$D_{57} = 13m < 7 \times 2,4 = 16,8m \text{ (Đạt yêu cầu)}$$

$$D_{67} = \sqrt{10^2 + 13^2} = 16,4m < 7 \times 2,4 = 16,8m \text{ (Đạt yêu cầu)}$$

Như vậy, hệ thống 6 kim có chiều cao một kim là 2,4m đã bảo vệ được công trình.

Để thuận tiện cho việc nhanh chóng tản dòng sét vào đất, sử dụng cáp đồng trần, tiết diện $50mm^2$, nối kim ở vị trí 2 và 5 xuống đất (hai kim có vị trí đối diện theo đường chéo chính và cách xa vị trí lắp đặt thiết bị điện tử nhạy cảm). Khi cách mặt đất 3m, cáp đồng trần cần đi trong ống PVC để đảm bảo an toàn.

Hệ thống nối đất là vòng nối đất bằng cáp đồng trần, tiết diện 50mm^2 , chôn cách móng công trình 2m, sâu 0,5m. Chiều dài của vòng nối đất:

$$L_t = (20+4).2 + (10+4).2 = 76\text{m}$$

Với điện trở suất của đất đo vào mùa khô $\rho = 200\Omega\text{m}$, điện trở nối đất của vòng nối đất:

$$r_t = \frac{\rho}{\pi L_t} \left[\ln\left(\frac{4L_t}{\sqrt{h.d}}\right) - 1 \right] = 6,3\Omega$$

Tra Bảng 3.8 (chương 3) với $a/L=2$, tìm được hệ số sử dụng thanh (dây) $\eta_{th} = 0,70$, điện trở nối đất của vòng nối đất khi xét đến hệ số sử dụng thanh (dây):

$$R_{th} = \frac{r_t}{\eta_{th}} = \frac{6,3}{0,70} = 9\Omega$$

Điện trở xung nối đất:

$$R_{nd} = \alpha R_{HT}$$

Với $\alpha=1$ và $R_{nd} = \alpha R_{HT} = 9\Omega < 10\Omega$ (Đạt yêu cầu)

b. Trường hợp sử dụng kim thu sét phóng điện sớm ESE

Kim thu sét phóng điện sớm có thời gian phóng điện sớm $\Delta T = 25\mu\text{s}$, đặt giữa toà nhà, trên cột đỡ có chiều cao 3m. Vì công trình quan trọng, chọn mức bảo vệ 1, tương ứng với $D=20\text{m}$ và $I=6\text{kA}$.

Độ lợi khoảng cách: $\Delta L = v.\Delta T = 1,1.25 = 27,5\text{m}$

Bán kính bảo vệ của kim ESE ở độ cao tính từ đỉnh kim đến mặt phẳng 1234:

$$R_{p1234} = \sqrt{h(2D-h) + \Delta L(2D + \Delta L)}$$

$$R_{p1234} = \sqrt{3(2.20-3) + 27,5(2.20 + 27,5)} = 44\text{m}$$

Bán kính bảo vệ của kim ESE ở độ cao tính từ đỉnh kim đến mặt phẳng 567:

$$R_{p567} = \sqrt{h(2D-h) + \Delta L(2D + \Delta L)}$$

$$R_{p567} = \sqrt{7(2.20-7) + 27,5(2.20 + 27,5)} = 46\text{m}$$

Bán kính bảo vệ của kim ESE ở độ cao tính từ đỉnh kim đến mặt phẳng ABC:

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

$$R_{pABC} = \sqrt{12(2.20-12) + 27,5(2.20 + 27,5)} = 47\text{m}$$

Bán kính bảo vệ của kim ESE ở độ cao tính từ đỉnh kim đến mặt đất:

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

$$R_{pABC} = \sqrt{22(2.20-22) + 27,5(2.20 + 27,5)} = 47,5\text{m}$$

Như vậy, kim ESE không những bảo vệ hoàn toàn công trình mà còn bảo vệ khu vực lân cận công trình trong phạm vi bán kính 47,5m.

Vì công trình có nhiều thiết bị điện tử nhạy cảm, sử dụng cáp thoát sét chống nhiễu Ericore, với chiều dài cáp được xác định như sau (từ điểm cuối của công trình ra hệ thống nối đất có khoảng cách là 3m):

$$L = 3 + 8,6 + 9 + 10 + 10 + 3 \cong 44\text{m}$$

Hệ thống cọc nối đất bao gồm 3 cọc nối đất, dài $L=3\text{m}$, đường kính $d=16\text{mm}$, chôn sâu $h=0,5\text{m}$, cách nhau $a=6\text{m}$.

Với điện trở suất của đất đo vào mùa khô $\rho=150\Omega\text{m}$, điện trở nối đất của một cọc:

$$r_c = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{4L}{1,36 \cdot d}\right) \right] \cdot \frac{2h+L}{4h+L} = 40,2\Omega$$

Với số cọc $n=3$, $a/L=2$, $\eta_c = 0,86$. Điện trở của hệ thống 3 cọc:

$$R_c = \frac{r_c}{n \cdot \eta_c} = \frac{40,2}{3 \cdot 0,86} = 15,6\Omega$$

Đường kính cáp đồng trần tiết diện 50mm^2 , $d=8\text{mm}$

Điện trở nối đất của dây cáp đồng nối các cọc với tổng chiều dài $L_t=6 \times 2=12\text{m}$, chôn sâu so với mặt đất $h=0,5\text{m}$:

$$r_t = \frac{\rho}{\pi L_t} \left[\ln\left(\frac{4L_t}{(hd)^{1/2}}\right) - 1 \right] = 22,4\Omega$$

Tra Bảng 3.8 (chương 3) với $n=3$, $a/L=2$, tìm được hệ số sử dụng thanh (dây) $\eta_{th} = 0,92$, điện trở nối đất của dây cáp đồng nối các cọc khi xét đến hệ số sử dụng thanh (dây):

$$R_{th} = \frac{r_t}{\eta_{th}} = \frac{22,4}{0,92} = 24,4\Omega$$

Điện trở nối đất của toàn hệ thống:

$$R_{HT} = \frac{R_c \cdot R_{th}}{R_c + R_{th}} = \frac{15,6 \cdot 24,4}{15,6 + 24,4} = 9,5\Omega$$

Điện trở xung nối đất:

$$R_{nd} = \alpha R_{HT}$$

Với $\alpha=0,8$ và $R_{nd} = \alpha R_{HT} = 7,6\Omega < 10\Omega$ (Đạt yêu cầu)

Ví dụ 7.3. Đề ra giải pháp chống sét lan truyền cho một phòng máy tính của một trường đại học. Biết rằng trường đại học này đặt trong khu vực nội thành, phòng máy trang bị 30 máy tính nối mạng, có một đường cáp RJ45 từ HUB của phòng máy nối với máy chủ của trường, một đường cáp điện thoại có số riêng, không qua tổng đài.

Giải:

Dòng tải của 30 máy tính:

$$I = 1,2 \times 30 = 36\text{A}$$

Vì máy tính là thiết bị điện tử nhạy cảm nên sử dụng thiết bị cắt lọc sét trang bị tại tủ phân phối điện của phòng. Thiết bị cắt lọc sét có các thông số như sau:

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

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

Vì trường ở khu vực nội thành nên theo tiêu chuẩn IEC 1024-1, $I_{smax} = 20kA$

2. Điện áp làm việc cực đại

$$U_{dmc} > U_{lvmax}$$

Với: U_{dmc} là điện áp vận hành định mức của thiết bị cắt sét (V); $U_{lvmax} = 240V$

3. Dòng điện làm việc cực đại

$$I_{dml} > I_{lvmax}$$

Với: I_{dml} là dòng điện vận hành định mức của thiết bị lọc sét (A); $I_{lvmax} = 36A$.

4. Số pha cần bảo vệ: 1 pha
5. Cấu hình bảo vệ: pha – trung tính, 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 TDS, do mạng điện cung cấp cho trường có chất lượng không ổn định.

Căn cứ vào các điều kiện nêu trên có thể chọn thiết bị cắt lọc sét TSG-SRF140 của Erico Inc., thiết bị này có $I_{sdmc} = 130kA$, $U_{dmc} = 277V$, $I_{dml} = 40A$, 1 pha, cấu hình bảo vệ L-N và N-E, đèn báo hiển thị kèm công tắc báo động, công nghệ TSG+TDS.

Để chống sét lan truyền cho đường mạng máy tính sử dụng cáp RJ45, chọn thiết bị chống sét chuyên dùng LAN-RJ45. Thiết bị này có $I_{sdmc} = 20kA$ 8/20 μ s.

Để chống sét cho đường điện thoại sử dụng thiết bị chống sét trên một đôi dây UTB-SA, thiết bị này $I_{sdmc} = 20kA$ 8/20 μ s, thích hợp để bảo vệ cho đường dây điện thoại riêng biệt, cần có khả năng tản dòng sét cao.

CHƯƠNG 8

CÔNG CỤ VÀ QUẢN LÝ AN TOÀN ĐIỆN

8.1. BIỆN PHÁP KỸ THUẬT AN TOÀN ĐIỆN

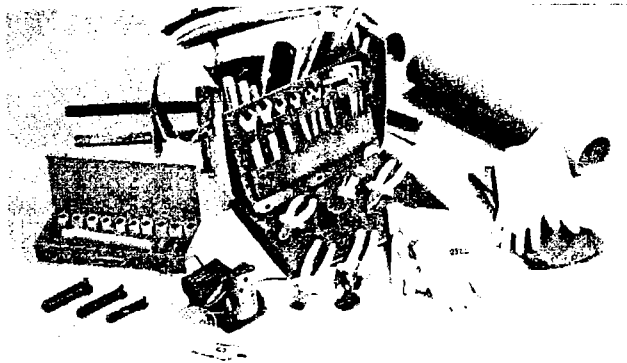
Các công cụ bảo vệ đóng vai trò rất quan trọng và không thể thiếu trong các biện pháp an toàn điện cho con người. Các công cụ bảo vệ thông dụng bao gồm: các thiết bị kiểm tra điện, khí cụ bảo vệ, thiết bị bảo vệ cầm tay, ...

8.1.1 CÁC LOẠI CÔNG CỤ BẢO VỆ

1. Phân loại

Theo chức năng, các công cụ bảo vệ bao gồm:

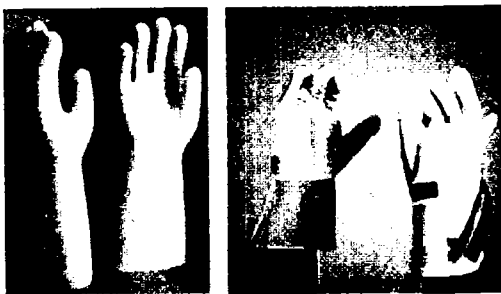
- Các công cụ cách ly con người với các phần dẫn điện và với đất: kìm cách điện, các loại công cụ có tay cầm cách điện, thảm cao su (Hình 8.1), ghế cách điện (Hình 8.2), găng tay cách điện, găng tay cao su (Hình 8.3), ủng cao su và giày cách điện (Hình 8.4),.....



Hình 8.1. Công cụ cách điện



Hình 8.2. Ghế cách điện



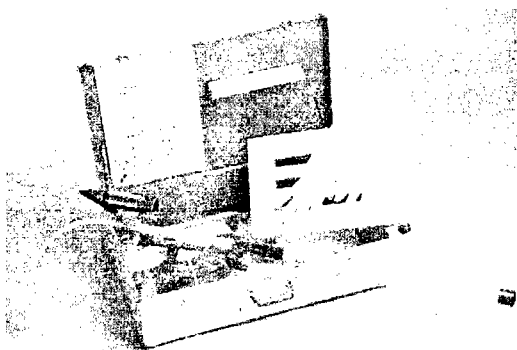
Hình 8.3. Găng tay cách điện



Hình 8.4. Giày cách điện

- Các công cụ đo lường, thao tác: sào chỉ điện áp di động và sào thao tác cách điện (Hình 8.5),...
- Các công cụ bảo vệ tránh các tai nạn: kính bảo vệ mắt (Hình 8.6), nón bảo hộ (Hình 8.7),...
- Các công cụ dùng để làm việc trên cao: đai an toàn (Hình 8.8), dây đeo an toàn (Hình 8.9), thang xếp, thang nâng, chòi nâng kiểu ống xếp...

- Các công cụ ngăn ngừa và cảnh báo: nối đất di động, rào chắn và các biển báo phòng ngừa.



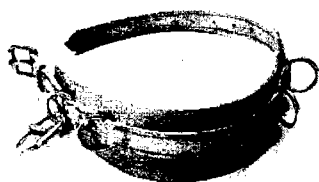
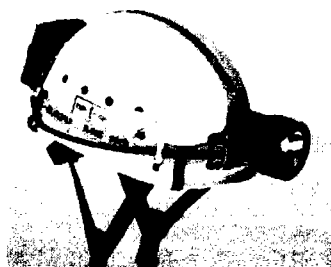
Hình 8.5. Sào chỉ điện áp và thao tác cách điện



Hình 8.6. Kính bảo vệ mắt



Hình 8.7. Nón bảo hộ



Hình 8.8. Đai an toàn



Hình 8.9. Dây đeo an toàn



Hình 8.10. Thao tác nối đất

Theo cấp điện áp của mạng điện, các công cụ bảo vệ bao gồm: loại dưới 1000V và loại trên 1000V. Trong mỗi loại lại phân biệt loại chủ yếu và loại phụ trợ.

2. Các công cụ cách ly bảo vệ chủ yếu và phụ trợ

Với điện áp trên 1000V, các công cụ cách ly chủ yếu bao gồm sào thao tác và đo lường, Ampe kẹp, cái chỉ thị điện áp, các thiết bị cách điện và các công cụ phụ trợ để làm công việc sửa chữa.

Với điện áp dưới 1000V, các công cụ cách ly chủ yếu bao gồm găng tay cách điện, các thiết bị cách điện cầm tay, bút thử điện....

Với điện áp trên 1000V, các công cụ cách ly phụ trợ bao gồm găng tay cách điện, ủng cách điện, thảm và giá cách điện.

Với điện áp dưới 1000V, các công cụ cách ly phụ trợ bao gồm giày cách điện, thảm cách điện và giá đỡ cách điện.

Giày cách điện ở bất kỳ cấp điện áp nào cũng đều là công cụ bảo vệ chống giật và tránh điện áp bước.

Ampe kẹp là công cụ cách điện dùng để đo dòng điện trong các dây dẫn có điện áp dưới 10kV (không cần phải cắt mạch điện).

Cách điện của các công cụ bảo vệ chủ yếu cho phép tiếp xúc với các phần dẫn điện của các trang thiết bị điện.

Các công cụ cách ly bảo vệ phụ trợ không bảo đảm an toàn điện vì chúng không chịu được điện áp làm việc của các trang thiết bị điện.

Bút thử điện làm việc trên nguyên tắc dòng điện tác dụng chạy qua và thường sử dụng để kiểm tra các mạch có điện áp dưới 500V.

Chất lượng các công cụ bảo vệ ảnh hưởng quyết định đến độ tin cậy và mức độ an toàn nhằm hạn chế các tai nạn điện nên phải kiểm tra định kỳ.

Nếu thấy nghi ngờ có hư hỏng hay giảm chất lượng cần phải kịp thời kiểm tra đột xuất.

Thời gian kiểm tra định kỳ được quy định như sau:

▪ Sào đo điện	:	3 năm/ 1 lần
▪ Kìm cách điện	:	2 năm/ 1 lần
▪ Sào thử điện để làm việc ở điện áp trên 1000V:	:	1 năm/ 1 lần
▪ Găng tay cách điện	:	6 tháng/ 1 lần
▪ Ủng cách điện, giày cách điện	:	1 năm/ 1 lần
▪ Các công cụ thi công có tay cầm cách điện	:	1 năm/ 1 lần
▪ Bút thử điện áp dưới 500V	:	Thường xuyên

3. Các công cụ bảo vệ để làm việc với trang thiết bị điện khi đã cắt điện

Bộ nối đất tạm thời di động (Hình 8.10) là công cụ bảo vệ chắc chắn nhất để loại trừ sự xuất hiện điện bất ngờ ở các phần đã cắt điện. Bộ nối đất tạm thời gồm dây dẫn để nối tắt các pha, dây dẫn để nối đất và các cực nối dây với cọc nối đất.

Dây dẫn nối đất tạm thời dùng dây đồng mềm, tiết diện phải đủ bảo đảm ổn định nhiệt khi có ngắn mạch nhưng không nhỏ hơn 25mm^2 (với điện áp thấp hơn 1000V, tiết diện cho phép $\geq 16\text{mm}^2$).

Khi dùng dây dẫn để nối đất các thanh dẫn điện, cực nối đất phải có cấu tạo sao cho có thể dùng sào cách điện để đấu và tháo dây khỏi thanh dẫn. Tất cả các mối nối của bộ nối đất tạm thời di động đều dùng liên kết bu lông. Trường hợp cá biệt có thể dùng liên kết hàn.

Các rào chắn tạm thời di động, các tấm chắn cách điện dùng để bảo vệ không cho người chạm vào các phần dẫn điện của trang thiết bị điện đang có điện. Trên rào chắn, tấm chắn phải treo các biển báo.

4. Các biển báo phòng ngừa

Tùy theo mục đích nhắc nhở, cảnh báo hay phòng ngừa, có thể có các loại biển báo khác nhau:

- Biển báo phòng ngừa: “Điện áp cao nguy hiểm chết người”, “Có điện nguy hiểm chết người”, “Đứng lại, điện áp cao”, “Đứng lại nguy hiểm chết người”...
- Biển cấm: “Cấm đóng điện, có người làm việc”, “Cấm vào, điện cao thế nguy hiểm chết người”
- Biển cho phép: “Cho phép làm việc tại đây”
- Biển nhắc: “Nối đất”

Các loại biển báo di động dùng trong các trang thiết bị có điện áp trên và dưới 1000V cần làm bằng vật liệu cách điện (chất dẻo hoặc bìa cứng cách điện) cấm dùng vật liệu dẫn điện làm biển báo. Phía trên biển báo phải có lỗ hoặc móc để treo.

Biển cho phép “Làm việc tại đây” chỉ được treo sau khi đã lắp đặt nối đất ở các phần đã cắt điện của trang thiết bị điện, nơi cần thiết tiến hành công việc sửa chữa.

Biển báo “Không được trèo! nguy hiểm chết người” treo trên cột điện ở độ cao 2,4÷3m cách mặt đất.

Việc treo và cắt các biển báo chỉ có nhân viên có trách nhiệm mới được thi hành.

Hình 8.11 giới thiệu một số mẫu biển báo.



Hình 8.11. Một số mẫu biển báo

5. Các công cụ bảo vệ dùng khi làm việc trên cao

Các công cụ bảo vệ dùng khi làm việc trên cao bao gồm dây đeo an toàn, thang xếp và chòi tự nâng.

Dây đeo an toàn phải được thử lại khi có nghi ngờ chất lượng và định kỳ ít nhất 6 tháng/1 lần. Dây đeo phải thử với trọng lượng 225kg trong 5 phút (trước khi leo lên cột đều phải kiểm tra lại).

Thang xếp bảo đảm cho người làm việc an toàn ở trên cao khi lắp các thiết bị cao cách mặt đất đến 3,5m. Thang xếp được thử định kỳ 1 năm/1 lần với tải trọng 200kg trong 5 phút.

Các chòi tự nâng dùng để lắp và sửa chữa đường dây, đèn. Việc sử dụng phải tuân theo các yêu cầu đặc biệt về kỹ thuật an toàn do nhà sản xuất đề ra (Hình 8.12).

6. Sử dụng và bảo quản các công cụ bảo vệ

Trước khi sử dụng, phải kiểm tra lại tính tương thích của các công cụ bảo vệ có phù hợp với điện áp của các trang thiết bị điện.

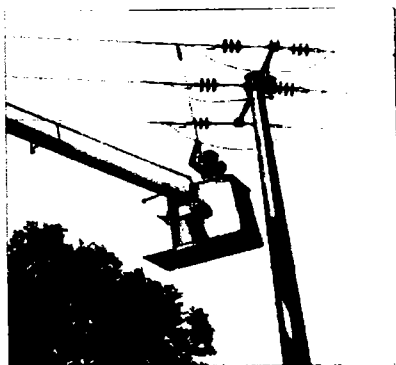
Công cụ bảo vệ cách điện phải được bảo quản tránh tác hại của xăng dầu và các chất tương tự phá hoại cao su cách điện.

Khi dùng sào cách điện để đóng, cắt các cầu dao cách ly phải đi ủng cách điện, mang găng tay cách điện và kính bảo vệ mắt.

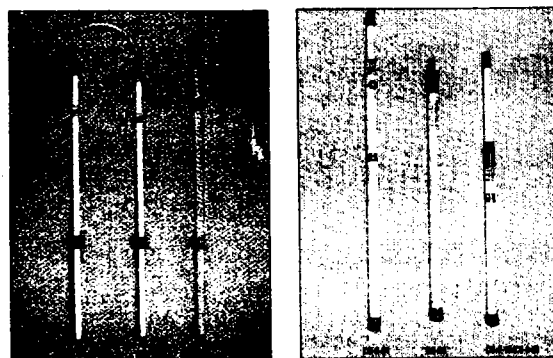
Khi có dông hoặc sắp có dông, cấm thay dây chảy của cầu chì và thao tác chuyển mạch ở các thiết bị điện áp trên 1000V.

Đối với các thiết bị đặt ngoài nhà, khi trời ảm hoặc mưa cho phép dùng sào thao tác cách điện để đấu lắp các bộ nối đất tạm.

Khi sử dụng kim cách điện, tay phải mang găng cách điện, chân phải đi ủng cách điện hoặc đứng trên giá cách điện khi tháo lắp cầu chì có điện. Người thao tác phải đeo kính bảo vệ và có người thứ hai đứng giám sát.



Hình 8.12. Chòi tự nâng



Hình 8.13. Sào cách điện

Khi sử dụng các công cụ cách điện cầm tay cũng phải mang găng tay và ủng cách điện.

Việc lắp ráp bộ nối đất di động sẽ tiến hành sau khi đã kiểm tra không có điện ở bộ phận cần nối đất. Nối dây nối đất với thanh nối đất và cuối cùng dùng sào cách điện nối dây nối tắt các cực vào dây nối đất. Tiến hành các công việc này đều mang găng tay cách điện, ủng cách điện, kính bảo vệ mắt và phải có người thứ hai giám sát.

8.1.2. AN TOÀN ĐIỆN KHI SỬ DỤNG VÀ VẬN HÀNH CÁC THIẾT BỊ DÙNG ĐIỆN

Những yêu cầu chung về kỹ thuật an toàn điện gồm:

- Chất lượng cách điện của thiết bị
- Công tác che chắn các bộ phận dẫn điện ở nơi người dễ va chạm phải
- Công tác nối đất, nối trung tính các bộ phận kim loại của thiết bị điện
- Cách sử dụng điện áp thấp

1. Yêu cầu về an toàn khi sử dụng các dụng cụ điện

Về cấu tạo, các thiết bị điện cầm tay cần phải bảo đảm an toàn tuyệt đối cho người sử dụng và phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Các phần dẫn điện phải có che chắn để không cho người bất ngờ va chạm phải.
- Mức độ cách điện phải tốt ở tất cả các bộ phận chỗ dây dẫn điện đi vào dụng cụ phải có các ống đệm.
- Thiết bị điện cầm tay điện áp trên 36V phải có nối đất. Việc nối đất thực hiện bằng một ruột riêng của dây dẫn cấp điện. Ruột này phải nối chắc chắn với vỏ dụng cụ điện ở phía trong nhờ một cực nối đất đặc biệt có lông dên lò xo (chẽ). Thường cực này được đánh dấu "3" (nối đất). Ruột nối đất phải nằm trong cùng một vỏ với các dây pha và có cùng một tiết diện với chúng (không nhỏ hơn 1.5mm^2).
- Dây dẫn mềm dùng cho thiết bị điện một pha phải có 3 ruột, thiết bị điện 3 pha phải có 4 ruột.
- Cấu tạo các phích nối phải loại trừ khả năng chạm vào các phần dẫn điện.
- Các máy biến áp hạ áp dùng cho thiết bị điện điện áp 36V phải nối đất bằng cách nối ruột nối đất của dây dẫn cung cấp với cực nối đất của máy biến áp. Một đầu dây của cuộn thứ cấp phải được nối ra vỏ đã nối đất.
- Phích cắm và ổ cắm dùng cho điện áp 36V phải có cấu tạo và sơn màu khác với loại dùng cho điện áp 110V và 220V để loại trừ khả năng nhầm lẫn.

- Trước khi đóng điện vào thiết bị điện cầm tay phải kiểm tra kỹ tình trạng dây cung cấp điện (dây không được kéo căng, vặn xoắn hoặc dễ chạm vào vật nóng, ẩm dính dầu mỡ...) khi di chuyển vị trí, các thiết bị điện cầm tay phải cắt điện hoàn toàn.
- Không cho phép sử dụng thiết bị điện cầm tay ở ngoài trời khi có mưa bão.
- Mỗi tháng một lần phải kiểm tra tình trạng dây nối đất, đo thử cách điện của các thiết bị điện và máy điện hạ áp.

2. Yêu cầu về an toàn điện khi sử dụng các thiết bị chiếu sáng

Để đảm bảo an toàn tuyệt đối cho người sử dụng các thiết bị chiếu sáng cần phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Ở ngoài trời hoặc ở các phòng nguy hiểm và nguy hiểm đặc biệt, bóng đèn nung sáng treo thấp hơn 2,5m phải dùng loại chụp có cấu tạo kín để người đỡ chạm vào hoặc dùng điện áp 36V.
- Dây dẫn đến đèn không được chịu lực và không được dùng dây dẫn để treo đèn.
- Khi lắp thiết bị chiếu sáng phải chú ý đến chế độ làm việc của điểm trung tính.
- Với mạng điện có trung tính trực tiếp nối đất, dây trung tính phải nối với xoáy của đuôi đèn (trường hợp đuôi vặn ren) còn dây pha nối vào tiếp điểm giữa của đèn qua công tắc.
- Các đèn pha, đèn chiếu sáng trong sân bãi ở công trường xây dựng thường được đặt trên các cột độc lập hoặc trên các công trình cao tiếp giáp với sân bãi. Phải lắp đặt sao cho đèn pha không bị rung do gió.
- Tất cả các cầu dao, cầu chì dùng cho chiếu sáng sân bãi nếu cùng đặt ngoài nhà phải có biện pháp chống mưa nắng.

3. Yêu cầu về an toàn điện khi công tác trên cao

Khi leo trụ phải chú ý:

- Nếu là trụ gỗ phải kiểm tra thân và chân trụ để có biện pháp an toàn trước khi leo, nên dùng dây đeo an toàn để leo trụ.
- Nếu là trụ li tâm phải kiểm tra độ bền cây sắt xoắn vào trụ để leo.
- Nếu là trụ biến áp (trụ sụn) khi leo lên không được bám tay vào cạnh mà phải vòng tay qua trụ.
- Nếu là trụ sắt phải kiểm tra rò điện, phải bám vào các tỳ chắn khi leo cao, cẩn thận khi sờ vào các vật dẫn điện như đà sắt, cần đèn đường, dây dẫn khi chưa nối đất.

Khi công tác trên cao phải chú ý:

- Phải mang dây bảo hộ lao động.
- Phải mang mũ an toàn gài quai.
- Phải mang dây an toàn, khi sử dụng phải thử lại dây da và khi móc khóa phải ghì vào khóa để kiểm tra độ chắc chắn của móc khóa.

Khi thực hiện công tác cần chú ý:

- Người ở trên cao hoặc dưới đất không được ném lên hoặc để rơi xuống bất cứ vật gì có thể gây tai nạn cho người phía dưới.
- Người ở dưới làm nhiệm vụ cũng phải đội mũ an toàn và tránh xa tầm rơi của các đồ vật.
- Nếu ở nơi đông người, cần có biển báo, rào chắn để đề phòng tai nạn cho người đi lại.

8.1.3 CHỨC NĂNG CÁC CÔNG CỤ BẢO VỆ

1. Sào cách điện

Sào cách điện dùng để thao tác thiết bị đóng cắt và thao tác nối đất cho các thiết bị điện một chiều và xoay chiều tần số công nghiệp.

Sào cách điện phải được chế tạo để sử dụng bình thường trong điều kiện làm việc: nhiệt độ đến 40°C, độ ẩm tương đối đến 99% ở nhiệt độ 25°C, độ cao so với mực nước biển không lớn hơn 1000m.

Sào cách điện có cấu tạo gồm ba phần chính:

- Phần làm việc cần đảm bảo có thể gắn với các thiết bị và phần cách điện khi thao tác.
- Phần cách điện nằm giữa phần tay cầm cần được chế tạo bằng các vật liệu cách điện có tính chất cách điện và cơ học cao.
- Phần tay cầm

Kích thước cơ bản của sào cách điện không được nhỏ hơn kích thước cơ bản trong Bảng 8.1.

Bảng 8.1. Kích thước cơ bản của sào cách điện

Điện áp danh định của thiết bị điện (kV)	Chiều dài (mm)	
	Phần cách điện	Phần tay cầm
Đến 1	Không quy định	Không quy định
Từ 2 đến 5	700	300
Từ 15 đến 35	1100	400
Từ 35 đến 110	1400	600
150	2000	900
220	2500	900
330	3000	900
Trên 300 đến 500	4000	1000

2. Ủng cách điện

Ủng cách điện được dùng công cụ bảo vệ bổ sung nhằm tăng cường khả năng an toàn điện cho người trong thử nghiệm, vận hành thiết bị điện.

Ủng cách điện được chế tạo theo hai cấp điện áp sử dụng: đến 1000V và trên 1000V.

Ủng cách điện phải được chế tạo để sử dụng bình thường trong điều kiện làm việc: nhiệt độ đến 40°C, độ ẩm tương đối đến 99% ở nhiệt độ 25°C, độ cao so với mực nước biển không lớn hơn 1000m.

Ủng cách điện được chế tạo với màu xám trắng hay màu nhạt, từng đôi phải đồng nhất về màu sắc.

Ủng cách điện không được thấm nước trong quá trình sử dụng và phải chịu được thử nghiệm lão hóa trong 190 giờ ở nhiệt độ 70°C.

3. Thảm cách điện

Thảm cách điện thường được chế tạo bằng cao su và được sử dụng làm công cụ bảo vệ bổ sung nhằm tăng cường khả năng an toàn điện cho người trong thử nghiệm, vận hành thiết bị điện.

Thảm cách điện phải được chế tạo để sử dụng bình thường trong điều kiện làm việc: nhiệt độ đến 40°C, độ ẩm tương đối đến 99% ở nhiệt độ 25°C, độ cao so với mực nước biển không lớn hơn 1000m.

Thảm cách điện được chế tạo theo các kích thước sau:

- Chiều dài từ 500mm đến 9000mm.
- Chiều rộng từ 500mm đến 1200mm.
- Chiều dày từ 6mm đến 10mm.

Thảm cách điện có bề mặt nhám với các rãnh răng cưa có độ sâu từ 1mm đến 3mm và có màu bất kỳ nhưng phải đồng màu trên một tấm thảm.

Thảm cách điện phải chịu được điện áp thử xoay chiều đến 20kV, tần số công nghiệp trong thời gian 1 phút. Dòng rò cho phép giữa các điện cực thử nghiệm thường không lớn hơn 1mA trên 1000V điện áp thử.

Thảm cách điện uốn cong 180° theo hai hướng vuông góc không được có vết nứt.

Thảm cách điện phải chịu được thử nghiệm độ lão hóa trong 169 giờ ở nhiệt độ 70°C .

4. Găng tay cách điện

Găng tay cách điện thường được chế tạo bằng cao su và được sử dụng làm công cụ bảo vệ bổ sung nhằm tăng cường khả năng an toàn điện cho người trong thử nghiệm, vận hành thiết bị điện.

Găng tay cách điện được chế tạo theo hai cấp điện áp sử dụng: đến 1000V (găng tay hạ áp) và trên 1000V (găng tay cao áp).

Găng tay cách điện phải được chế tạo để sử dụng bình thường trong điều kiện làm việc: nhiệt độ đến 40°C , độ ẩm tương đối đến 99% ở nhiệt độ 25°C , độ cao so với mực nước biển không lớn hơn 1000m.

Găng tay cách điện phải được chế tạo đồng nhất về màu sắc cho mỗi đôi, bề mặt phải nhẵn.

Độ bền cách điện của găng tay cách điện được quy định trong Bảng 8.2.

Bảng 8.2. Độ bền cách điện của găng tay cách điện

<i>Loại găng tay</i>	<i>Điện áp thử nghiệm (V), với tần số công nghiệp trong 1 phút</i>	<i>Dòng điện rò (mA), ở điện áp thử nghiệm không được vượt quá</i>
Găng tay cách điện điện áp đến 1000V	3500	3,5
Găng tay cách điện điện áp trên 1000V	9000	9

Găng tay cách điện phải chịu được thử nghiệm độ lão hóa trong 169 giờ ở nhiệt độ 70°C . Sau đó, các chỉ tiêu cơ lý không được thấp hơn 75% giá trị trước khi thử lão hoá.

5. Công cụ cách điện hạ áp

Công cụ cách điện hạ áp thường là công cụ cầm tay với phần lớn các phần của công cụ này được bọc cách điện hai lớp: lớp bên trong có chức năng cách điện và lớp bên ngoài có chức năng bảo vệ cơ học cho lớp bên trong, phần còn lại là phần thao tác thường bằng kim loại và không bọc cách điện. Chức năng của công cụ cách điện là bảo vệ chống điện giật và chống phóng điện hồ quang khi người công nhân tiếp xúc với phần mang điện. Hầu hết các công cụ cách điện hạ áp đều có thể sử dụng ở mạng điện đến 1000VAC và 1500VDC.

Công cụ cách điện hạ áp phải được kiểm tra cách điện định kỳ và nghiêm cấm sử dụng nếu cách điện bị hư hỏng hay không đạt yêu cầu về an toàn cho người sử dụng.

6. Nón bảo hộ

Để bảo vệ chống các vật rơi từ trên cao và các va đập, công nhân phải đội nón bảo hộ có khả năng cách điện. Tiêu chuẩn ANSI Z89.1 chia nón bảo hộ ra làm ba loại:

- Cấp G: có chức năng giảm lực va đập của các vật rơi và giảm nguy hiểm khi tiếp xúc với vật dẫn để trần hạ áp. Nón bảo hộ này phải được thử nghiệm với điện áp pha-đất là 2,2kV.
- Cấp E: có chức năng giảm lực va đập của các vật rơi và giảm nguy hiểm khi tiếp xúc với vật dẫn để trần cao áp. Nón bảo hộ này phải được thử nghiệm với điện áp pha-đất là 20kV.

- Cấp C: có chức năng giảm lực va đập của các vật rơi và không có chức năng bảo vệ chống tiếp xúc điện.

7. Kính bảo hộ, mặt nạ bảo hộ

Dòng plasma và kim loại nóng chảy sinh ra bởi hồ quang điện được phóng ra dạng luồng với vận tốc cao, nếu các dòng này đi vào mắt sẽ làm mù mắt vĩnh viễn. Công nhân khi làm việc nếu có khả năng tiếp xúc với hồ quang điện cần phải đeo kính bảo vệ mắt và mặt nạ phòng hộ.

Các trường hợp sau khuyến cáo sử dụng vật bảo vệ đầu và mắt:

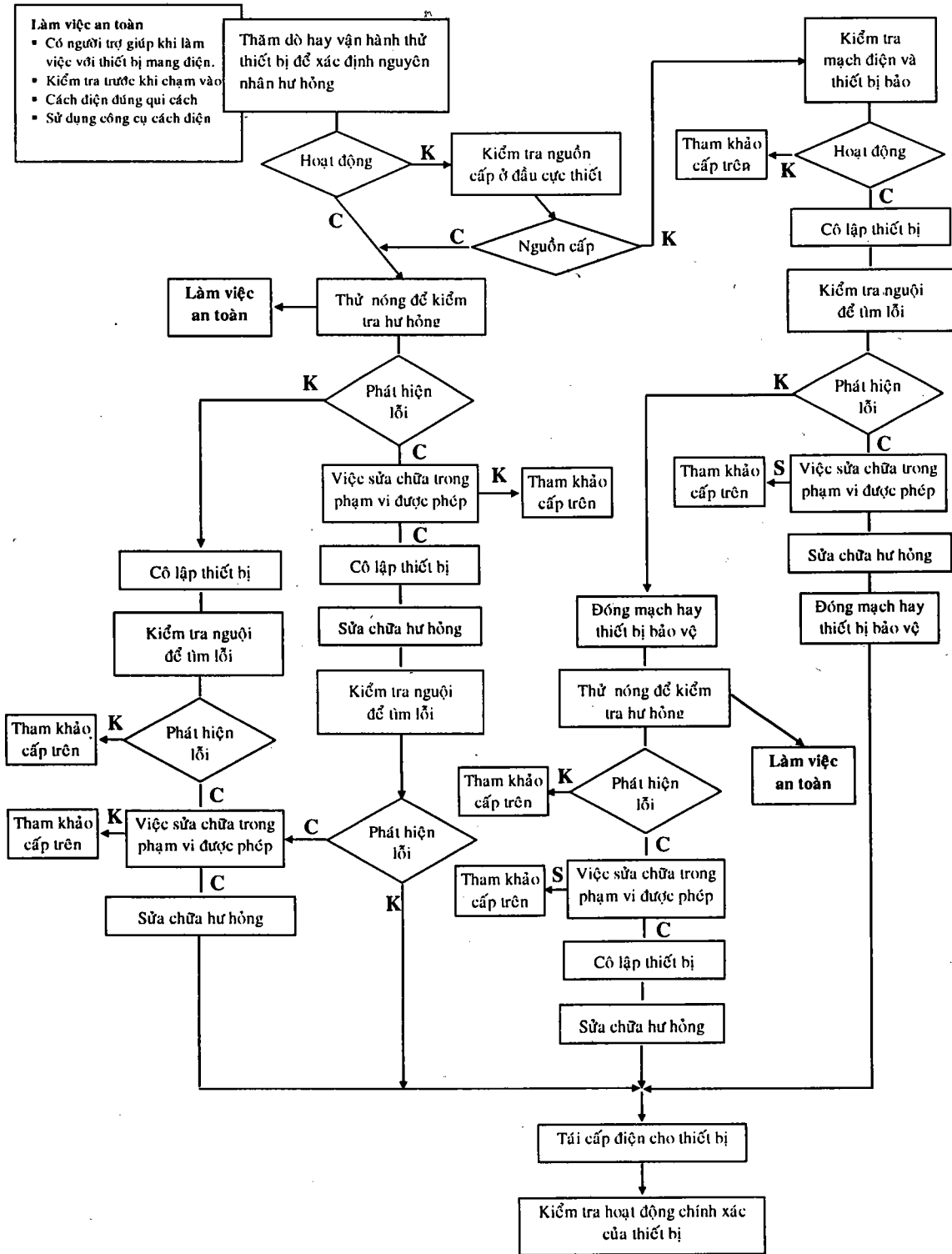
- Làm việc gần vật dẫn để trần, đường dây trên không mang điện
- Làm việc với thiết bị đóng cắt trung /cao áp nối với dây dẫn mang điện
- Bất kỳ nơi đâu có thể gây nguy hiểm cho đầu, mắt, mặt do điện giật, hồ quang điện,...
- Ở các trường hợp theo yêu cầu của tiêu chuẩn địa phương cần phải đeo kính bảo vệ mắt,...

8.1.4 QUI TRÌNH AN TOÀN SỬA CHỮA THIẾT BỊ ĐIỆN

Hình 8.14 trình bày qui trình an toàn sửa chữa thiết bị điện với các lưu ý như sau:

- Để an toàn, khi làm việc với thiết bị mang điện cần có người trợ giúp.
- Khi gặp các vấn đề không giải quyết được hay việc sửa chữa không thuộc thẩm quyền cho phép cần tham khảo ý kiến cấp trên.
- Việc cô lập thiết bị phải thực hiện đúng qui đảm bảo an toàn cho người sửa chữa.
- Sau sửa chữa hư hỏng hay lỗi, cần kiểm tra nguội cẩn thận trước khi tái cấp điện cho thiết bị.
- Việc sửa chữa chỉ được coi là hoàn chỉnh khi thiết bị hoạt động chính xác như mong muốn.

Lưu ý: Trong một số trường hợp, nhằm mục đích hạn chế tối đa phạm vi ngừng cấp điện, có thể tiến hành sửa chữa nóng (không cắt điện), nhưng trường hợp này cần có sự trợ giúp của các thiết bị an toàn và phải tuân thủ qui trình sửa chữa nghiêm ngặt được phê duyệt bởi cấp có thẩm quyền.



Hình 8.14. Qui trình an toàn sửa chữa thiết bị điện

8.1.5 CÁC BIỆN PHÁP TỔ CHỨC NHẪM ĐẢM BẢO AN TOÀN

Các biện pháp tổ chức nhằm đảm bảo an toàn lao động ở các thiết bị điện được quy định cụ thể cho từng ngành, từng đơn vị. Dưới đây, giới thiệu biện pháp tổ chức nhằm đảm bảo an toàn mang tính điển hình:

1. Làm thủ tục giấy phép

Giấy phép được làm theo mẫu qui định trong đó xác định nội dung, vị trí công việc, thời gian bắt đầu và kết thúc, điều kiện tiến hành an toàn công việc, thành phần đội và những người chịu trách nhiệm về an toàn tiến hành công việc v.v....

Tùy theo tính phức tạp của công việc mà đội có thể có những cá nhân có trách nhiệm, quyền hạn và nhiệm vụ khác nhau như sau:

- a. Người chỉ huy công việc là người biết sơ đồ nghiệp vụ, các quy chế chức danh và quy trình vận hành, các đặc tính của trang thiết bị, đã qua huấn luyện và kiểm tra kiến thức phù hợp với các chỉ dẫn trong quy phạm an toàn điện, có quyền ra chỉ thị tiến hành các công việc theo danh mục đã được người chịu trách nhiệm về điện của xí nghiệp quy định. Nghiêm cấm người chỉ huy tham gia trực tiếp vào các công việc trong giấy phép, ngoại trừ trường hợp người đó có trách nhiệm chung của người chỉ huy và người phụ trách công việc.
- b. Người phụ trách công việc khi tiếp nhận vị trí làm việc từ người chỉ huy phải chịu trách nhiệm về tính đúng đắn của sự chuẩn bị vị trí làm việc, về việc thực hiện các biện pháp an toàn cần thiết. Người phụ trách công việc phải hướng dẫn cho đội làm việc về các biện pháp an toàn cần thiết phải tuân thủ khi làm việc và đảm bảo cho các thành viên của đội thực hiện các biện pháp này. Người phụ trách công việc tự bản thân mình phải tuân thủ quy phạm an toàn điện và chịu trách nhiệm về việc các thành viên khác của đội tuân thủ quy phạm này, theo dõi sự hoàn hảo của các dụng cụ, phương tiện treo buộc, sửa chữa. Người phụ trách công việc phải đồng thời theo dõi sao cho không để các rào chắn, biển báo, tiếp đất không bị tháo bỏ hoặc di chuyển sang chỗ khác.
- c. Người theo dõi công việc được chỉ định để giám sát các đội công nhân xây dựng, công nhân ngành nghề khác, thợ móc cáp treo hàng và những người khác không phải là nhân viên kỹ thuật điện khi họ thực hiện các công việc ở các thiết bị điện theo giấy phép hoặc theo chỉ thị. Người theo dõi kiểm tra sự hiện diện của các tiếp đất, rào chắn, biển báo, cơ cấu đóng đặt tại các vị trí làm việc và chịu trách nhiệm về an toàn cho các thành viên của các nhóm làm việc khỏi bị điện giật từ các thiết bị điện. Nghiêm cấm người theo dõi kiêm nhiệm thực hiện công việc giám sát với việc thực hiện một công việc nào đó và để đội làm việc thiếu giám sát.

2. Cho phép tiến hành công việc

Sau khi kiểm tra việc thực hiện các biện pháp kỹ thuật thì tiến hành cho phép nhóm làm việc, cụ thể là người chỉ huy phải:

- a. Kiểm tra sự phù hợp của thành phần đội làm việc và trình độ chuyên môn những người ghi trong giấy phép. Nếu như người chỉ huy không biết họ tên và nhóm an toàn điện của những người trong đội thì phải tiến hành kiểm tra.
- b. Đọc họ tên người phụ trách công việc, thành viên đội làm việc và nội dung công việc ghi trong giấy phép, đồng thời giải thích cho đội làm việc biết rõ điện áp được cắt từ đâu, tiếp địa được đặt ở chỗ nào, những phần nào của thiết bị và của các đầu nối dây còn điện áp và những điều kiện làm việc đặc biệt cần tuân thủ; chỉ rõ cho đội ranh giới vị trí làm việc và tin chắc rằng những vấn đề nêu trên đã được toàn đội thông hiểu.

- c. Nếu người phụ trách công việc có thắc mắc hay những vấn đề chưa thông hiểu thì phải yêu cầu người chỉ huy công việc giải thích rõ ràng. Sau đó, người chỉ huy bàn giao vị trí làm việc cho người phụ trách công việc có chỉ rõ ngày tháng, thời gian ở giấy phép có chữ ký của cả hai người.
- d. Việc cho phép làm việc theo giấy phép phải được thực hiện trực tiếp tại vị trí làm việc.

3. Giám sát trong quá trình làm việc

Việc giám sát quá trình làm việc được giao cho người phụ trách công việc hay người theo dõi công việc.

4. Nghỉ giải lao trong quá trình làm việc

Khi cần nghỉ giải lao trong ngày làm việc toàn đội phải ra khỏi phạm vi làm việc, giấy phép được lưu giữ tại người phụ trách công việc hay người theo dõi công việc. Các biển báo, rào chắn, thiết bị tiếp địa phải được giữ nguyên trạng. Sau khi nghỉ giải lao, người phụ trách công việc tự mình cho đội làm việc lại.

5. Kết thúc công việc

Việc đóng thử các trang thiết bị với điện áp làm việc chỉ có thể được tiến hành sau khi thực hiện các điều kiện sau đây:

- a. Sau khi đội kết thúc hoàn toàn công việc và được nghiệm thu bởi người chỉ huy. Người phụ trách công việc đưa toàn đội ra khỏi khu vực làm việc, ký vào giấy phép về việc kết thúc công việc và bàn giao giấy phép cho nhân viên vận hành.
- b. Các rào chắn, các tiếp địa và các biển báo tạm thời phải được tháo bỏ còn các rào che chắn cố định phải được đặt lại các vị trí cũ.

8.2. PHÂN CẤP QUẢN LÝ VÀ TỔ CHỨC AN TOÀN

Theo qui định của Bộ Công nghiệp, việc phân cấp quản lý kỹ thuật an toàn điện như sau:

1. Cục Kiểm tra giám sát kỹ thuật an toàn Công nghiệp

Cục Kiểm tra giám sát kỹ thuật an toàn Công nghiệp là cơ quan quản lý nhà nước chuyên trách về kiểm tra, giám sát kỹ thuật an toàn công nghiệp nói chung và kỹ thuật an toàn điện nói riêng, trong các ngành sản xuất do Bộ Công nghiệp quản lý bao gồm: cơ khí, luyện kim, điện, điện tử-tin học, hoá chất, địa chất, tài nguyên khoáng sản, mỏ và công nghiệp tiêu dùng, với các nhiệm vụ cụ thể như sau:

- Tham gia xây dựng các loại văn bản: tiêu chuẩn, qui phạm, qui trình về kỹ thuật an toàn điện trình Bộ và Nhà nước ban hành.
- Biên soạn qui định, hướng dẫn thực hiện các văn bản của Nhà nước liên quan đến kỹ thuật an toàn điện trình lãnh đạo Bộ Công nghiệp ban hành.
- Tổ chức hướng dẫn, bồi huấn chuyên môn nghiệp vụ về công tác kỹ thuật an toàn điện, sát hạch và cấp giấy chứng nhận cho cán bộ phụ trách an toàn điện của các Sở Công nghiệp các địa phương và các doanh nghiệp.
- Tổ chức kiểm tra định kỳ, đột xuất công tác quản lý kỹ thuật an toàn điện, đối với các Sở Công nghiệp, các cơ sở sản xuất kinh doanh ngành điện và các doanh nghiệp trong cả nước.

- Tham gia thẩm định các giải pháp kỹ thuật an toàn và tham gia nghiệm thu về kỹ thuật an toàn đối với các dự án xây dựng cơ bản các công trình về điện trong phạm vi cả nước thuộc quyền quản lý của Bộ Công nghiệp.
- Tham gia các đoàn thanh tra, kiểm tra liên ngành liên quan đến kỹ thuật an toàn trong cung ứng sử dụng điện.
- Tham gia(hay tự tổ chức) điều tra các sự cố, hay các tai nạn nghiêm trọng xảy ra tại các cơ sở công nghiệp. Xác định nguyên nhân, trách nhiệm của những các nhân, đơn vị có liên quan, đề xuất các giải pháp hạn chế, ngăn ngừa sự cố tai nạn và khắc phục hậu quả.
- Chịu trách nhiệm tổng hợp, lập các báo cáo tình hình an toàn định kỳ (3 tháng, 6 tháng, năm) và báo cáo nhanh (các sự cố, tai nạn nghiêm trọng) để báo cáo Bộ Công nghiệp.

2. Sở Công nghiệp

Sở Công nghiệp có các nhiệm vụ cụ thể như sau:

- Chịu trách nhiệm biên soạn các tài liệu hướng dẫn thi hành các văn bản pháp luật, qui trình, qui phạm về kỹ thuật an toàn điện trong phạm vi địa bàn địa phương quản lý.
- Tham gia thẩm định các giải pháp kỹ thuật an toàn và tham gia nghiệm thu về kỹ thuật an toàn điện đối với các công trình xây dựng cơ bản về điện trong phạm vi quản lý của địa phương.
- Tham gia ý kiến đóng góp vào việc sửa đổi bổ sung các qui trình, qui phạm về kỹ thuật an toàn điện với các cấp có thẩm quyền ban hành.
- Tổ chức bồi huấn sát hạch kiến thức chuyên môn nghiệp vụ về công tác kỹ thuật an toàn điện, cấp giấy chứng nhận cho các cán bộ an toàn của các cấp (quận, huyện), các cơ quan sản xuất kinh doanh thuộc quyền quản lý của địa phương.
- Hướng dẫn, kiểm tra kết quả bồi huấn, sát hạch cấp thẻ an toàn (do các doanh nghiệp thực hiện) đối với công nhân, nhân viên quản lý vận hành điện ở các cơ sở sản xuất kinh doanh, tổ chức quản lý điện nông thôn trên địa bàn do địa phương quản lý.
- Tổ chức tuyên truyền, hướng dẫn cho nhân dân về an toàn sử dụng điện.
- Làm tham mưu cho chính quyền các địa phương (tỉnh, thành phố trực thuộc trung ương) thành lập ban chỉ đạo thực hiện nghị định 70/HĐBT của Hội đồng Bộ trưởng về bảo vệ an toàn lưới điện cao áp, và là thường trực của ban chỉ đạo.
- Tổ chức kiểm tra, hay tham gia các đoàn kiểm tra liên ngành về an toàn sử dụng điện tại địa phương. Trong quá trình kiểm tra nếu phát hiện những vi phạm hay những tình trạng nguy hiểm đe dọa tính mạng tài sản của nhà nước và nhân dân, đoàn kiểm tra có quyền kiến nghị cơ quan có thẩm quyền đình chỉ ngay các hoạt động đó.
- Tham gia điều tra các sự cố, tai nạn về điện lập báo cáo định kỳ (3 tháng, 6 tháng, năm), báo cáo nhanh (đối với sự cố nghiêm trọng, tai nạn chết người) về Bộ (chuyển về Cục Kiểm tra giám sát kỹ thuật an toàn Công nghiệp).

3. Các doanh nghiệp ngành điện, các doanh nghiệp có sản xuất và tiêu dùng điện

Các doanh nghiệp có các nhiệm vụ cụ thể như sau:

- Các doanh nghiệp công nghiệp thuộc quyền quản lý của Bộ Công nghiệp chịu sự chỉ đạo, hướng dẫn, kiểm tra, giám sát của Cục Kiểm tra kỹ thuật an toàn Công nghiệp về công tác quản lý kỹ thuật an toàn điện.
- Các doanh nghiệp công nghiệp địa phương có sản xuất điện, tiêu thụ điện, các hộ nhân dân sử dụng điện chịu sự hướng dẫn, kiểm tra giám sát của Sở Công nghiệp về kỹ thuật an toàn điện.

- Các điện lực các tỉnh, thành phố trực thuộc trung ương, là doanh nghiệp thành viên thuộc các công ty điện lực nằm trong Tổng Công ty Điện lực Việt Nam chịu sự chỉ đạo, hướng dẫn kiểm tra giám sát trực tiếp của các công ty điện lực, Tổng Công ty Điện lực Việt Nam về mặt quản lý doanh nghiệp trong nội bộ doanh nghiệp.
- Chấp hành nghiêm chỉnh các qui phạm, qui trình, các văn bản pháp lý qui định về kỹ thuật an toàn điện hiện hành.
- Tổ chức bộ máy, biên soạn qui trình, phân cấp chế độ trách nhiệm và quan hệ công tác về kỹ thuật an toàn điện do giám đốc doanh nghiệp qui định.
- Thực hiện chế độ báo cáo định kỳ (3 tháng, 6 tháng, năm), báo cáo nhanh đối với các sự cố và tai nạn nghiêm trọng. Các doanh nghiệp trực thuộc quản lý của Bộ Công nghiệp thì báo cáo về Cục Kiểm tra giám sát kỹ thuật an toàn Công nghiệp. Tất cả các doanh nghiệp công nghiệp đóng trên địa bàn địa phương đều gửi báo cáo về Sở Công nghiệp.

8.3 THANH TRA KỸ THUẬT AN TOÀN ĐIỆN

1. Mục đích yêu cầu:

Công tác thanh tra kỹ thuật an toàn điện có các mục đích chủ yếu như sau:

- Thanh tra để ngăn ngừa: ngăn ngừa mọi hành vi sai phạm, mọi thiếu sót và khuyết nhược điểm khi công tác với lưới điện hạ thế, từ khâu thiết kế, thi công đến khâu tiêu thụ và sử dụng, cuối cùng là ngăn ngừa tránh điện giạt chết người.
- Thanh tra để sửa chữa và xử lý: mục đích là giúp các đơn vị nhanh chóng khắc phục những thiếu sót, những tồn tại đã xảy ra, đồng thời có biện pháp xử lý thích đáng những cá nhân vi phạm.
- Thanh tra để nâng cao chế độ trách nhiệm: mục đích chủ yếu là nâng cao trình độ hiểu biết, trình độ nhận thức và kiến thức cơ bản của công tác kỹ thuật an toàn điện, đồng thời nâng cao tinh thần trách nhiệm về công tác kỹ thuật an toàn điện của các cấp chỉ huy trực tiếp sản xuất và bản thân của người lao động.
- Thanh tra để phát hiện và biểu dương: phát hiện và biểu dương tập thể và cá nhân làm tốt công tác kỹ thuật an toàn điện.

2. Nội dung thanh tra

Nội dung thanh tra kỹ thuật an toàn điện tập trung vào các nội dung chủ yếu sau:

- a. Thanh tra việc thực hiện các qui trình, qui phạm kỹ thuật an toàn điện, cụ thể là:
 - Thanh tra việc thực hiện nghiêm túc các qui trình, qui phạm kỹ thuật an toàn điện như: thực hiện các chế độ phiếu công tác, phiếu thao tác các thiết bị trung cao hạ thế; chế độ thử nghiệm định kỳ các trang bị an toàn điện; chế độ quản lý kỹ thuật an toàn điện; thiết lập đầy đủ lý lịch các loại thiết bị, sổ sách nhật ký vận hành,...
 - Thanh tra việc tự biên soạn các loại qui trình, các loại nội qui, biển báo, biển cấm, các hệ thống tiếp đất, hệ thống chống sét,...
 - Thanh tra mặt bằng sản xuất, việc thực hiện các biện pháp che chắn,...
 - Thanh tra việc trang bị và sử dụng trang thiết bị bảo hộ an toàn điện, đặc biệt là trang thiết bị trung cao thế.
- b. Thanh tra việc thực hiện các biện pháp tổ chức và chỉ đạo, cụ thể là:
 - Thanh tra việc tổ chức bộ máy phụ trách công tác kỹ thuật an toàn và bảo hộ lao động đến từng cấp, việc lập và thực hiện kế hoạch kỹ thuật an toàn điện định kỳ hàng năm theo đúng nội dung qui định của Nhà nước và của Bộ Công nghiệp đã được phê duyệt.

- Thanh tra công tác sát hạch qui trình qui phạm định kỳ định kỳ từ cán bộ quản lý đến tận từng người lao động, có cấp giấy chứng nhận, công tác huấn luyện ba bước cho người lao động, công tác tuyên truyền giáo dục về kỹ thuật an toàn điện,...
 - Thanh tra việc thực hiện chế độ trách nhiệm về công tác kỹ thuật an toàn và bảo hộ lao động,...
 - Thanh tra việc tổ chức thực hiện các văn bản pháp qui về công tác kỹ thuật an toàn và bảo hộ, nhất là công tác kỹ thuật an toàn điện.
- c. Thanh tra việc thực hiện chế độ chính sách bảo hộ lao động, cụ thể là:
- Thanh tra việc thi hành chế độ trang bị bảo hộ lao động hiện hành cho từng loại công nhân điện, chế độ khám sức khỏe định kỳ hàng năm,...
 - Thanh tra công tác phòng và điều trị các vụ tai nạn điện, bệnh nghề nghiệp cho công nhân điện,...
- d. Thanh tra việc thực hiện các kiến nghị, cụ thể là:
- Thanh tra các kiến nghị về công tác kỹ thuật an toàn và bảo hộ lao động, nhất là công tác kỹ thuật an toàn điện về trung cao hạ thế.

3. Hình thức thanh tra

Có thể có các hình thức thanh tra như sau:

- Theo nội dung thanh tra: thanh tra toàn diện tất cả bốn hạng mục nội dung nêu trên; thanh tra chuyên đề, tức là thanh tra chuyên sâu vào một hạng mục nào đó của các nội dung nêu trên.
- Theo thời gian thanh tra: thanh tra định kỳ theo chế độ (hàng năm, theo mùa,...), thanh tra đột xuất.

4. Tổ chức đoàn thanh tra

Đoàn thanh tra bao gồm các thành phần chủ yếu như: phòng thanh tra kỹ thuật an toàn, phòng thanh tra bảo vệ, phòng tổ chức lao động,.....và đại diện công đoàn.

Phòng kỹ thuật an toàn hay phòng kỹ thuật có trách nhiệm lập kế hoạch thanh tra định kỳ, chương trình thanh tra (mục đích, yêu cầu, nội dung, thời gian thanh tra, các bước chuẩn bị, công tác kiểm tra hiện trường thi công, sản xuất,...), lập biên bản kết thúc thanh tra để đoàn thanh tra quán triệt và nhất trí.

CHƯƠNG 9

SƠ CỨU NGƯỜI BỊ ĐIỆN GIẬT

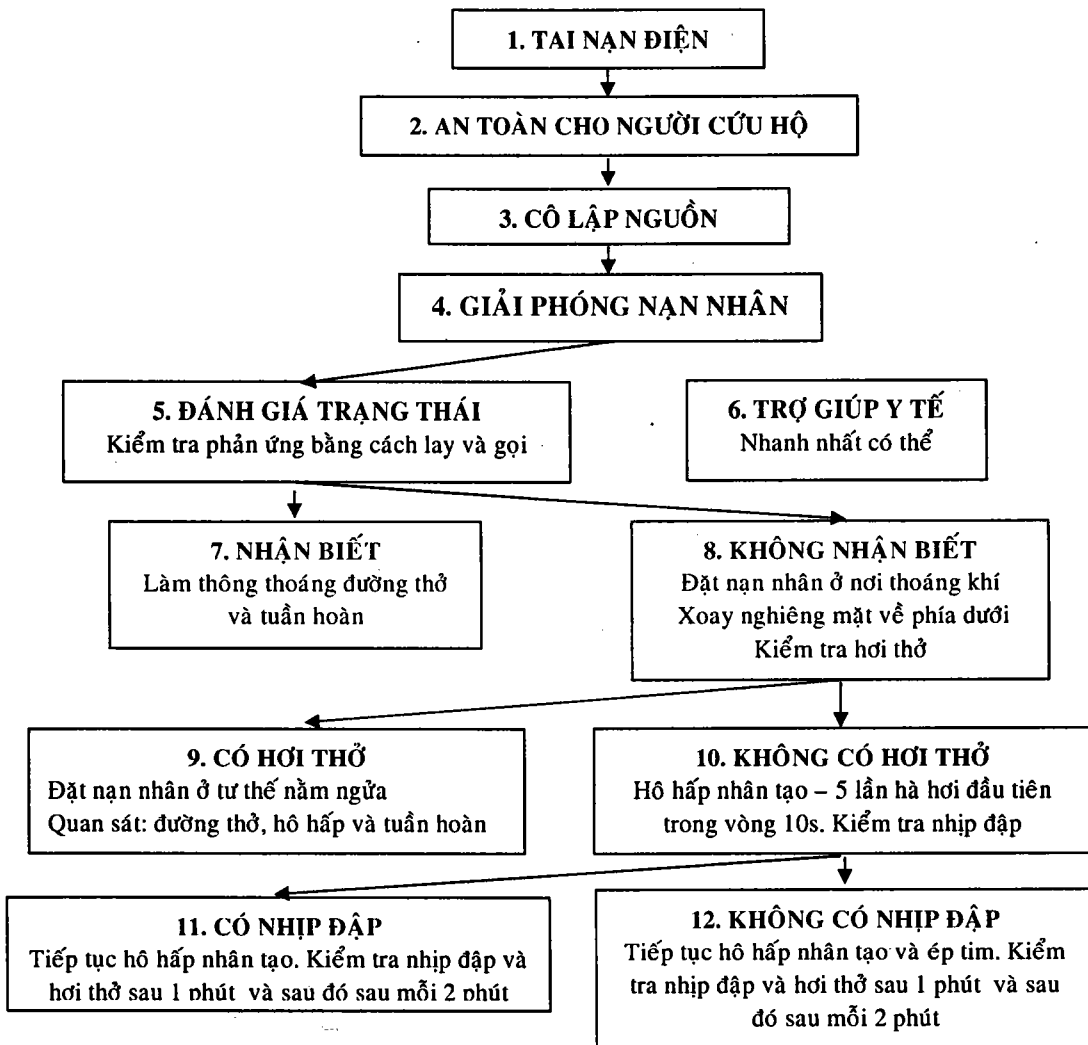
9.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Điện giật thường rất nguy hiểm đến tính mạng. So với các loại tai nạn do các nguyên nhân nguy hiểm khác thì tai nạn do điện cũng thuộc loại cao, có thể gây chết người trong thời gian ngắn và người bị nạn không cảm nhận được mối nguy hiểm đe dọa mình.

Vì vậy, khi thấy người bị tai nạn điện, bất kỳ người nào cũng phải có trách nhiệm tìm mọi biện pháp để cứu người bị nạn.

Điều kiện chủ yếu để cứu người có kết quả là phải **hành động nhanh chóng, kịp thời và có phương pháp**. Kinh nghiệm thực tế cho thấy rằng hầu hết các trường hợp bị điện giật nếu được kịp thời cứu chữa thì khả năng cứu sống cao.

9.2. LƯU ĐỒ CỨU HỘ



Hình 9.1. Lưu đồ cứu hộ

Trong mọi tình huống khẩn cấp, người cứu hộ phải:

- Giữ nguyên tình trạng nạn nhân
- Cô lập nạn nhân ra khỏi vật gây ra sự cố
- Gọi trợ giúp y tế

Các bước cứu hộ nạn nhân bất tỉnh bao gồm:

- Trợ giúp đường thở, hô hấp và tuần hoàn
- Không được gây ra các tổn thương tiếp theo
- Kiểm soát việc chảy máu bằng cách ép chặt vào vết thương
- Nẹp và/hay giữ cố định các chỗ gãy
- Kiểm tra thân nhiệt
- Di chuyển nạn nhân nhẹ nhàng

Trong các bước cứu hộ nạn nhân bị tai nạn điện, điều quan trọng là không làm mất thời gian. Ở lại với nạn nhân và thực hiện các bước trong lưu đồ cứu hộ trình bày ở Hình 9.1.

1. Tai nạn điện xảy ra

2. An toàn cho người cứu hộ

Người cứu hộ phải được đảm bảo an toàn tránh bị điện giật, khi cứu hộ trên cao cần phải trang bị đai an toàn (Hình 9.2).



Hình 9.2. Đai an toàn cho người cứu hộ

3. Cô lập nguồn

Một nguyên tắc quan trọng trong việc cứu nạn nhân bị tai nạn điện giật là bảo đảm an toàn cho người cứu hộ. Cần nhớ rằng nếu không có biện pháp an toàn, người cứu hộ cũng bị điện giật lây khi tiếp xúc với nạn nhân. Để tách nạn nhân ra khỏi mạch điện, người cứu chữa phải chú ý các điểm sau:

a. Trường hợp cắt được mạch điện

Phương pháp tốt nhất là tức khắc cắt điện bằng cách cắt cầu dao, công tắc điện liên quan đến nguồn điện giật nạn nhân và ở gần nạn nhân nhất.

Khi cắt điện cần chú ý:

- Vì có thể cắt điện vào ban đêm nên cần phải có các nguồn sáng dự phòng khác (đèn chiếu sáng sự cố).
- Nếu người bị nạn ở trên cao thì phải có phương tiện hứng đỡ khi người đó rơi xuống.

b. Trường hợp không cắt được mạch điện

Trong trường hợp này cần phân biệt người bị nạn do điện hạ áp hay điện cao áp mà áp dụng các biện pháp sau đây:

Đối với mạch điện hạ áp: người cứu chữa phải có biện pháp an toàn cá nhân thật tốt như đứng trên bàn ghế bằng gỗ khô, đi dép cao su hoặc đi ủng, mang găng tay cách điện... Dùng tay đeo găng cao su kéo nạn nhân ra khỏi dây điện, hoặc dùng gậy gỗ, tre khô gạt dây điện ra khỏi nạn nhân hoặc túm lấy áo, quần (nếu khô) của nạn nhân kéo ra (Hình 9.3, 9.4, 9.5). Ngoài ra cũng có thể dùng búa, rìu cán bằng gỗ... để chặt đứt dây điện (Hình 9.6).

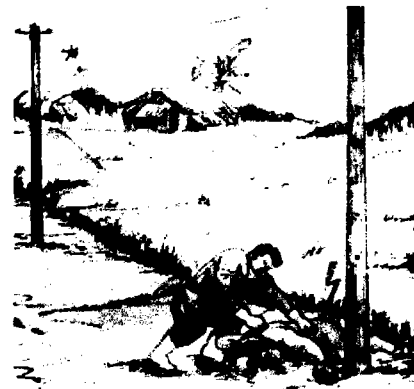
Đối với mạch điện cao áp: tốt nhất là dùng phương tiện thông tin báo cho điện lực khu vực gần nhất để cắt mạch điện (Hình 9.7) và người cứu chữa bắt buộc phải trang bị an toàn cá nhân đầy đủ: ủng cách điện, găng tay cách điện và dùng sào cách điện loại cao thế để gạt hoặc đẩy người bị nạn ra khỏi mạch điện.

Tóm lại khi tách nạn nhân khỏi mạch điện cần chú ý:

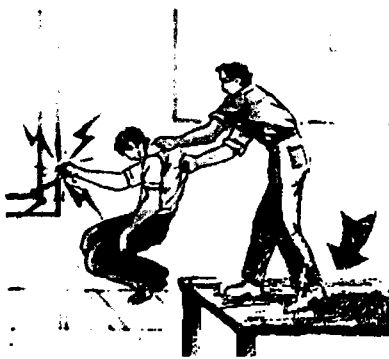
- Ở điện áp cao phải chờ cắt điện
- Không được nắm tay không và tiếp xúc với phần để trần của người bị nạn
- Không tiếp xúc với những vật dẫn hay dây dẫn ở gần người bị nạn.



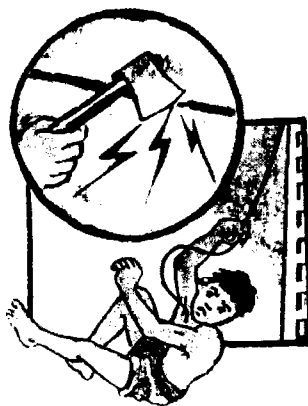
Hình 9.3. Dùng sào hay cây gạt dây điện ra khỏi nạn nhân



Hình 9.4. Đeo găng, đi ủng cách điện túm áo nạn nhân kéo ra



Hình 9.5. Đứng trên bàn kéo nạn nhân ra khỏi nguồn điện



Hình 9.6. Dùng rìu cán gỗ chặt đứt dây điện



Hình 9.7. Báo cho điện lực cắt nguồn điện

4. Giải phóng nạn nhân

Người bị điện giật trong nhiều trường hợp bị tê liệt không thể tự dứt ra khỏi mạch điện được, do đó việc đầu tiên là phải nhanh chóng **tách nạn nhân ra khỏi mạch điện**, chú ý đảm bảo an toàn cho nạn nhân tránh gây ra các chấn thương phụ do té, ngã từ trên cao,...

5. Đánh giá trạng thái của nạn nhân

Để đánh giá nạn nhân tỉnh táo hay bất tỉnh có thể thực hiện bằng cách lay nhẹ vai nạn nhân và ra một mệnh lệnh đơn giản như “Hãy nắm tay tôi, dậy đi”.

6. Trợ giúp y tế

Tìm sự trợ giúp y tế nhanh nhất như có thể như gọi cấp cứu, báo y tế cơ sở,...

7. Nạn nhân còn nhận biết

Nạn nhân là tỉnh táo nếu trả lời câu hỏi và thực hiện mệnh lệnh. Đặt nạn nhân ở tư thế thoải mái nhất nhưng không thực hiện bất cứ cử động nào trong vòng 10 ÷ 15 phút. Quan sát đường thở, hô hấp và tuần hoàn.

8. Nạn nhân không còn nhận biết (bất tỉnh)

Nếu nạn nhân bất tỉnh, điều đầu tiên là đánh giá sự thông thoáng của đường thở. Xoay nạn nhân nằm nghiêng, quay mặt về phía dưới. Cần đảm bảo tư thế là ổn định như không làm mất thời gian. Sử dụng 2 hay 3 ngón tay tháo răng giả hay lấy các ngoại vật ra khỏi miệng. Làm sạch miệng trong thời gian không quá 3 hay 4s (Hình 9.8).



Hình 9.8. Làm thông thoáng đường thở

Kiểm tra hô hấp ở tư thế nằm ngửa:

- Quan sát chuyển động của phần dưới của ngực và bụng
- Nghe và cảm thấy sự thoát hơi từ miệng hay mũi của nạn nhân (Hình 9.9)



Hình 9.9. Kiểm tra hô hấp

9. Có hơi thở

Nếu hô hấp bình thường, đặt nạn nhân nằm ngửa. Đây cũng chính là tư thế được sử dụng khi nạn nhân bắt đầu thở sau khi tỉnh lại.

Tư thế nằm ngửa có các ưu điểm sau:

- Giúp lưỡi nằm sát xuống dưới của cằm và giữa thông thoáng đường thở.
- Rút hết nước miếng và dãi nhớt sẽ tiết ra từ cằm nạn nhân.
- Nạn nhân ở tư thế ổn định
- Nạn nhân có thể quay sang trái hay sang phải

10. Không có hơi thở

Khi đường thở đã thông thoáng, nếu không còn thở, quay nạn nhân lại và tiến hành hô hấp nhân tạo ngay lập tức, với 5 lần hà hơi đầu tiên trong vòng 10 giây.



Hình 9.10. Tư thế nằm ngửa



Hình 9.11. Hà hơi đầu tiên

Các phương pháp hô hấp nhân tạo hữu dụng bao gồm:

- Miệng-miệng
- Miệng-mũi
- Phương pháp nằm sấp
- Phương pháp nằm ngửa

Trong các phương pháp trên, phương pháp miệng-miệng là phương pháp phổ dụng và có hiệu quả cao nhất. Phương pháp miệng-mũi được sử dụng khi:

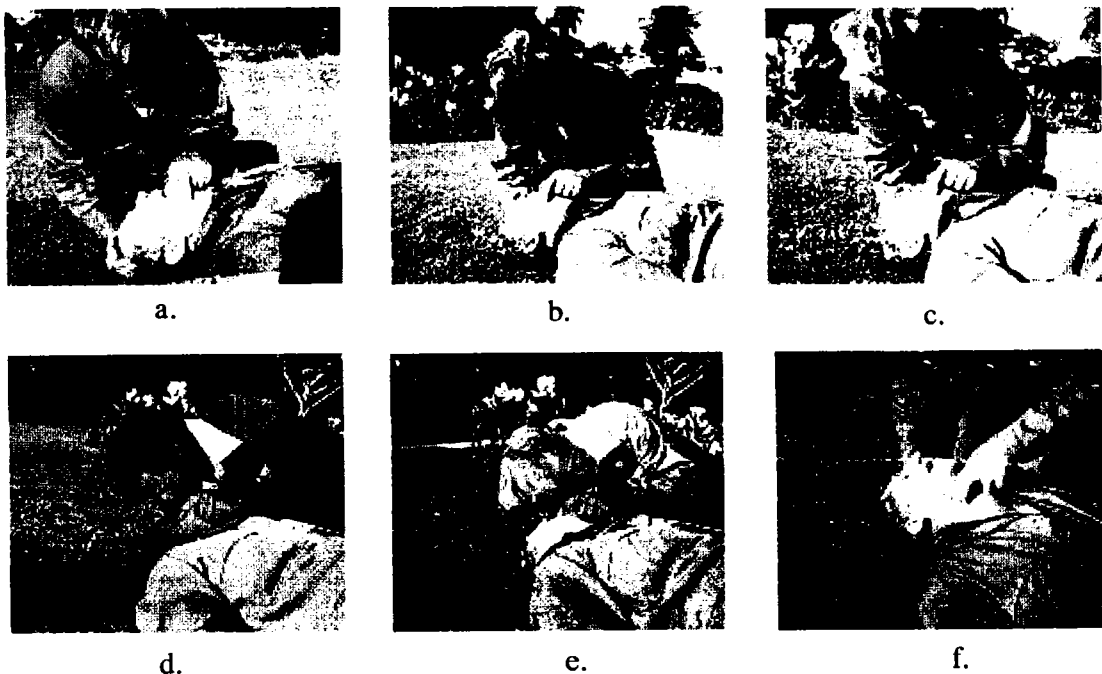
- Là phương pháp ưu chuộng của người cứu hộ
- Quai hàm siết chặt
- Hô hấp cho em bé hay trẻ em (nhỏ hơn 2 tuổi) và lúc này mồm người cứu hộ bao trùm cả mồm và mũi nạn nhân

Phương pháp nằm sấp và nằm ngửa thường được sử dụng khi nạn nhân không bị chấn thương, gãy xương, cần đảm bảo vệ sinh cao.

a. Phương pháp miệng-miệng

- Xoay ngửa nạn nhân. Quai cạnh đầu nạn nhân. Ngửa đầu tối đa ra phía sau và giữ quai hàm.
 - + Đặt lòng bàn tay của một tay lên đỉnh đầu của nạn nhân và nghiêng đầu nạn nhân ra phía sau đến vị trí ngửa lớn nhất.
 - + Cong ngón tay chỏ của tay còn lại và đặt khớp ngón tay dưới cằm. Các ngón còn lại co và tựa vào phần mềm phía dưới cằm và cổ (Hình 9.12.a).
 - + Đặt ngón tay chỏ dọc theo phần gờ dưới của phần xương quai hàm của nạn nhân (Hình 9.12.b).
 - + Đặt ngón tay cái dọc theo phần trên giữa môi dưới và cằm của nạn nhân (Hình 9.12.c).
 - + Giữ vị trí ngửa đầu cực đại với một tay trên đỉnh đầu và giữ cằm với tay còn lại. Sử dụng ngón cái nhẹ nhàng mở miệng nạn nhân.
- Bịt đường mũi: mũi của nạn nhân phải được bịt. Có hai phương pháp:
 - + Bằng má của người cứu hộ
 - + Bịt bằng ngón cái và ngón trỏ của tay đỡ đầu nạn nhân.

Phương pháp 1 thường sử dụng hơn bởi vì trong phương pháp 2 có nguy cơ không giữ được đầu ở vị trí mong muốn và làm hạn chế đường thở.



Hình 9.12. Phương pháp miệng-miệng

- Hà hơi: Sau khi hít hơi sâu, đặt miệng đang mở rộng của người cứu hộ nhẹ nhàng lên miệng đang mở của nạn nhân và thổi phồng phổi của nạn nhân. Giữ đầu ở vị trí ngửa ra sau tối đa và giữ chặt cằm, thực hiện 5 lần hà hơi đầu tiên trong vòng 10s (Hình 9.12.d)
- Quan sát sự phồng lên của lồng ngực. Nếu điều này không xuất hiện, có thể do các nguyên nhân sau:
 - + Nghẽn đường thở với các dấu hiệu như: không có khả năng thổi phồng ngực, cần gia tăng áp lực để thổi phồng ngực, căng phồng bụng,.... Lúc này, cần kiểm tra tư thế ngẩng đầu và giữ cằm. Xoay nghiêng nạn nhân, moi đàm nhớt hay các ngoại vật khác trong miệng ra ngoài.
 - + Thất thoát hơi với các dấu hiệu như: nổi bong bóng hơi quanh mồm và mũi, phổi không phồng lên. Lúc này, cần phải đảm bảo đã bịt kín đường mũi.
 - + Không đủ không khí để bơm căng phổi. Để khắc phục, cần hít sâu cho đủ không khí để bơm vào phổi nạn nhân.
- Quan sát, nghe và cảm nhận hơi thở thoát ra từ mũi và mồm của nạn nhân bằng cách giữ tai của người cứu hộ cách miệng của nạn nhân khoảng 25mm (Hình 9.12.e).
- Kiểm tra nhịp đập: trong khi giữ đầu nạn nhân ở vị thế ngửa ra sau lớn nhất, tay của người cứu hộ tựa lên phần dưới xương hàm của nạn nhân được di chuyển xuống để thăm dò nhịp đập của tim. Đặt nhẹ nhàng 2 hay 3 ngón tay của bàn tay này vào vị trí động mạch, nhịp đập của tim phải được cảm nhận ở một phần của các ngón tay trong vòng 10s (Hình 9.12.f). Lưu ý không được nhấn quá mạnh vì như thế sẽ làm tắc động mạch.

b. Phương pháp miệng-mũi

Phương pháp miệng-mũi cũng tương tự như phương pháp miệng-miệng nhưng có một số điểm khác biệt như sau:

- Bịt kín đường thoát khí: đóng miệng nạn nhân bằng tay đỡ cằm. Đóng kín các môi của nạn nhân bằng cách dùng ngón tay cái đẩy môi dưới lên sát môi trên (Hình 9.13.a).

- Hà hơi: hít hơi sâu và đặt miệng mở rộng của người cứu hộ lên mũi của nạn nhân. Cần thận trọng kín mũi của nạn nhân, không ép lên phần cánh mũi của nạn nhân. Thổi hơi vào phổi nạn nhân và trong cùng thời gian này quan sát sự nâng cao ngực của nạn nhân. Nếu điều này không xuất hiện thì có thể đường thở bị nghẽn, bịt đường thoát khí chưa đạt yêu cầu. Trong phương pháp này, sự thoát hơi có thể xuất hiện chung quanh miệng của người cứu hộ nếu miệng của người này không mở đủ lớn hay phủ kín mũi của nạn nhân. Nếu điều này, không thể khắc phục cần sử dụng phương pháp hô hấp nhân tạo khác.



a.



b.

Hình 9.13. Phương pháp miệng- mũi

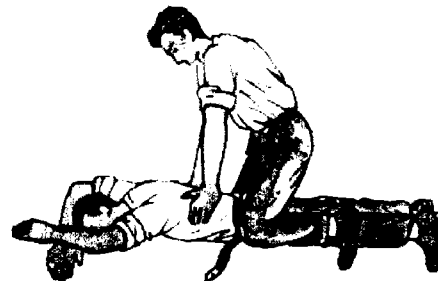
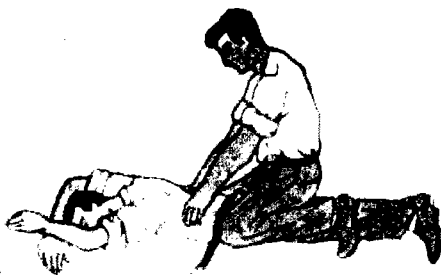
- Quan sát, nghe và cảm thấy hơi thở: Nâng miệng lên khỏi mũi của nạn nhân và dùng ngón tay cái vạch môi dưới của nạn nhân để lộ hàm răng của nạn nhân, quan sát, nghe và cảm thấy hơi thở. Ở đây, không cần mở miệng nạn nhân (Hình 9.13.b).
- Buông môi dưới ra khi cảm thấy hơi thở của nạn nhân.

c. Phương pháp nằm sấp

Phương pháp hô hấp nhân tạo kiểu nằm sấp được trình bày ở Hình 9.14.

Đặt nạn nhân nằm sấp, một tay gối vào đầu, một tay duỗi thẳng, mặt nghiêng về phía tay duỗi, moi nhốt trong miệng và kéo lưỡi ra nếu lưỡi bị thụt vào.

Người cứu ngồi trên mông nạn nhân và quỳ hai đầu gối ép vào hai bên sườn nạn nhân, xoay hai bàn tay đặt lên lưng phía dưới xương sườn cụt. Dùng sức nặng toàn thân đưa người về phía trước, ấn hai bàn tay xuống theo nhịp thở đếm 1,2,3... đều đặn, rồi lại từ từ thẳng người lên, tay vẫn để ở lưng và làm lại như lần đầu với nhịp 15 lần trong một phút đối với người lớn và khoảng 20 lần trong một phút đối với trẻ em (dưới 8 tuổi). Người cứu phải bình tĩnh, kiên trì làm liên tục cho đến khi nào thấy nạn nhân tự thở được hoặc có ý kiến quyết định của y, bác sĩ mới thôi.

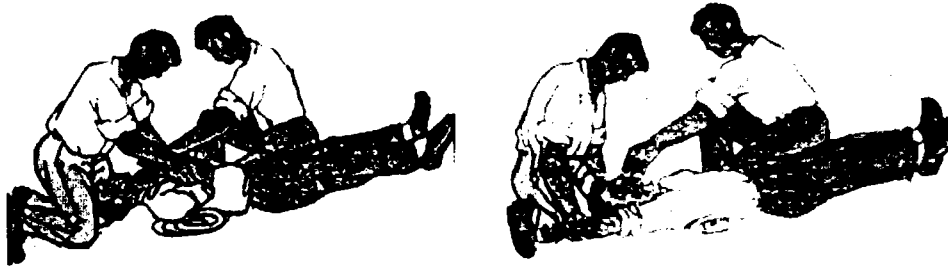


Hình 9.14. Phương pháp hô hấp nhân tạo kiểu nằm sấp

d. Phương pháp nằm ngửa

Phương pháp hô hấp nhân tạo kiểu nằm ngửa được trình bày ở Hình 9.15. Đặt nạn nhân nằm ngửa, lấy quần áo kê dưới lưng để cho đầu hơi ngửa. Một người lấy khăn sạch kéo lưỡi và giữ

cho lưỡi khỏi thụt vào. Người cứu quỳ hai đầu gối cách xa đầu nạn nhân khoảng 20÷30cm, cầm cẳng tay của nạn nhân, từ từ đưa hai tay lên phía trên đầu sao cho hai bàn tay gần chạm vào nhau, giữ ở vị trí này khoảng 2÷3 giây. Rồi đưa hai cánh tay nạn nhân xuống, lấy sức mình ép hai khuỷu tay người bị nạn vào lồng ngực của họ. Cần làm cho thật điều hòa và miệng đếm 1,2,3... cho lúc hít vào (đưa tay lên) và đếm 1,2,3... cho lúc thở ra (đưa tay xuống). Cố gắng làm từ 16 ÷ 18 lần trong một phút, liên tục làm như vậy cho đến khi nạn nhân thở được hoặc có ý kiến quyết định của y, bác sĩ mới được thôi.



Hình 9.15. Phương pháp hô hấp nhân tạo kiểu nằm ngửa

11. Có nhịp đập

Tiếp tục hô hấp nhân tạo. Kiểm tra nhịp đập và hơi thở sau 1 phút và sau đó sau mỗi 2 phút.

12. Không có nhịp đập

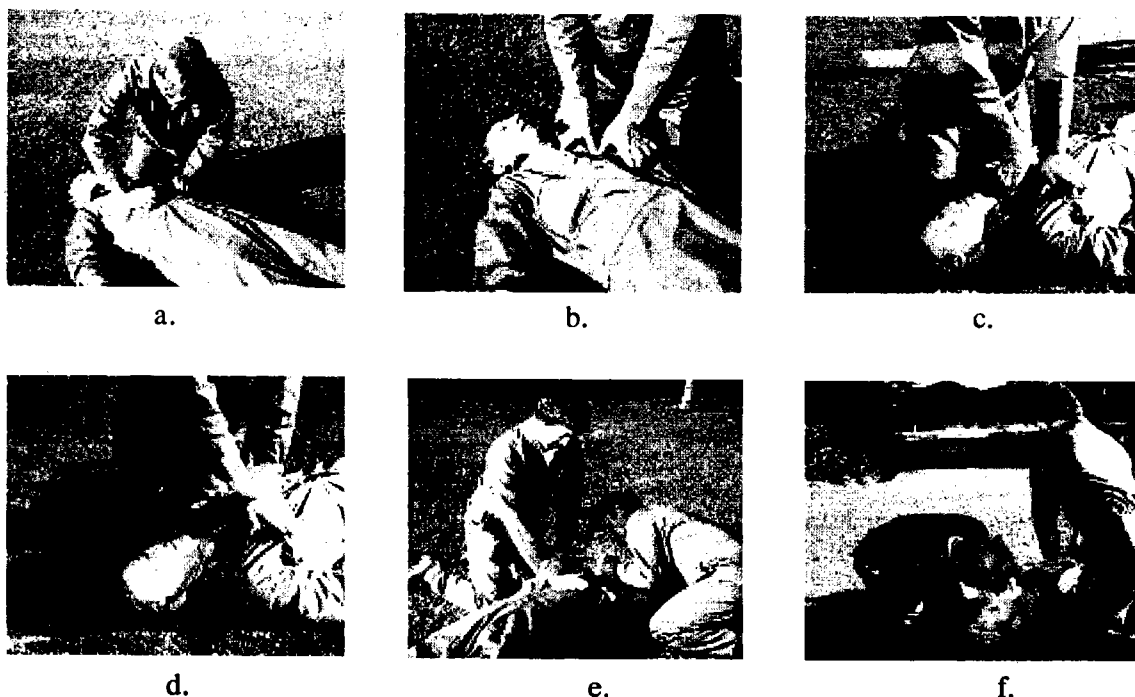
Tiếp tục hô hấp nhân tạo và ép tim. Kiểm tra nhịp đập và hơi thở sau 1 phút và sau đó sau mỗi 2 phút.

Kỹ thuật ép tim như sau:

a. Định vị điểm giữa của xương ức: đặt các ngón tay của người cứu hộ dọc theo phần thấp nhất của xương sườn theo hướng trung tâm của ngực để xác định phần thấp nhất của xương ức. Sờ vào rãnh giữa của ngực giữa các xương đòn để xác định phần cao nhất của xương ức (Hình 9.16.a). Đặt các đỉnh đầu ngón tay trở hay ngón tay giữa vào vị trí trên cùng và dưới cùng của xương ức. Định ra điểm giữa của xương ức bằng cách chia đều ra làm hai nhờ vào việc duỗi đồng đều các ngón tay cái (Hình 9.16.b). Giữ chặt ngón tay cái của một tay để định ra điểm giữa.

b. Đặt cả hai tay vào vị trí chính xác này. Đặt gót tay ép vào điểm giữa của nửa phần dưới của xương ức, với các ngón tay duỗi thẳng. Giữ khuỷu tay dùng để ép thẳng đến mức có thể (Hình 9.16.c). Điều này đạt được bằng cách giữ vai thẳng phía trên phần xương ức của nạn nhân. Không đặt gót tay lên phần dưới cùng của xương vú. Đặt tay còn lại lên trên tay đầu tiên, ngón cái của tay phía trên bao quanh cổ tay của tay phía dưới (Hình 9.16.d).

c. Ép tim: quỳ với một đầu gối áp sát vào ngực của nạn nhân, đầu gối kia hơi lùi về phía sau sao cho vai của người cứu hộ ngay phía trên xương ức của nạn nhân. Sử dụng trọng lượng của thân thể như là lực ép, tạo áp lực lên phần gót tay dưới (Hình 9.16.d). Ép tim (sâu khoảng 40÷50mm-đối với người lớn và sâu khoảng 20÷30mm đối với trẻ em dưới 8 tuổi) khoảng 60 lần trong một phút.



Hình 9.16. Kỹ thuật ép tim và hô hấp nhân tạo

Trường hợp có một người cứu hộ, người này cần phải tiến hành hô hấp nhân tạo và ép tim ở cùng một tư thế. Tỷ số giữa ép tim và hô hấp nhân tạo là 5:1 cứ 12 lần trong một phút. Điều này có nghĩa là cứ 5 lần ép tim thì có 1 lần hô hấp nhân tạo trong vòng khoảng 5s. Số lần ép tim khoảng 80 lần trong 1 phút, nếu số lần ép tim nhỏ hơn 60 lần trong một phút thì máu không đủ cung cấp cho não.

Trường hợp có hai người cứu hộ thì một người cứu hộ có kinh nghiệm hơn, thực hiện hô hấp nhân tạo, người còn lại thực hiện ép tim. Tỷ số giữa ép tim và hô hấp nhân tạo là 5:1 cứ 12 lần trong một phút. Người cứu hộ ép tim đếm mỗi chu kỳ ép tim của mình 1:2:3:4:5 (Hình 9.16.e). Người cứu hộ thực hiện hô hấp nhân tạo hà hơi thổi ngạt ngay giữa lần ép tim cuối của chu kỳ ép tim vừa kết thúc và lần ép tim đầu tiên của chu kỳ ép tim kế tiếp để phổi không bị thổi phồng trong khi ngực bị ép (Hình 9.16.f). Người thực hiện hô hấp nhân tạo phải kiểm tra nhịp đập sau 1 phút và sau đó mỗi 2 phút. Điều này cần thiết để ngưng ép tim tối đa 10s trong khi kiểm tra nhịp đập. Khi đã có nhịp đập của động mạch vành có thể ngưng ép tim, nhưng vẫn kiểm tra nhịp đập sau mỗi 2 phút cho đến khi có sự trợ giúp của y tế.

PHỤ LỤC 1

CÁC TIÊU CHUẨN VÀ CÁC TỔ CHỨC

AN TOÀN ĐIỆN TRONG NƯỚC

Phụ lục này giới thiệu cho bạn đọc các tiêu chuẩn an toàn trong nước. Trong khuôn khổ của phụ lục, các tiêu chuẩn được giới thiệu về mục đích của tiêu chuẩn, sau đó là các đề mục chính.

A. CÁC TIÊU CHUẨN VIỆT NAM VỀ AN TOÀN ĐIỆN

1. TCVN 3256:79 “ An toàn điện. Thuật ngữ và định nghĩa ”

Tiêu chuẩn này giới thiệu các thuật ngữ và định nghĩa trong an toàn điện.

2. TCVN 5556:1991 “Thiết bị điện hạ áp - Yêu cầu chung về bảo vệ chống điện giật”

Tiêu chuẩn này áp dụng cho tất cả các loại thiết bị điện, máy điện xoay chiều có điện áp đến 1.000V, tần số danh định đến 10kHz và thiết bị điện một chiều có điện áp đến 1.500V. Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu chung về bảo vệ người tránh tiếp xúc với các bộ phận mang điện đang vận hành và tiếp xúc với các bộ phận bình thường không mang điện lúc xuất hiện trên các bộ phận này điện áp nguy hiểm.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Yêu cầu đối với bảo vệ tránh tiếp xúc với các bộ phận mang điện đang vận hành
 - Yêu cầu chung
 - Yêu cầu đối với vỏ bảo vệ
 - Yêu cầu đối với che chắn bảo vệ
 - Yêu cầu đối với bố trí bảo vệ
 - Yêu cầu đối với chỗ cách điện chỗ làm việc
 - Yêu cầu khi sử dụng điện áp an toàn
- Yêu cầu đối với bảo vệ khi tiếp xúc với các bộ phận không mang điện lúc có điện áp nguy hiểm
 - Yêu cầu chung
 - Yêu cầu đối với nối không
 - Yêu cầu đối với nối đất bảo vệ
 - Yêu cầu đối với cắt bảo vệ dòng rò
 - Yêu cầu đối với cách điện bảo vệ
 - Yêu cầu khi sử dụng điện áp an toàn
 - Yêu cầu đối với cách ly bảo vệ
- Phụ lục 1: Thuật ngữ và định nghĩa
- Phụ lục 2: Trị số điện áp chạm phụ thuộc thời gian tác động

3. TCVN 4756:89 “Quy phạm nối đất và nối “không” các thiết bị điện”

Tiêu chuẩn này áp dụng cho tất cả các thiết bị điện xoay chiều điện áp lớn hơn 42V và một chiều có điện áp lớn hơn 110V và quy định những yêu cầu đối với nối đất và nối “không”.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Yêu cầu chung
- Nối đất các thiết bị điện

- Nối “không” các thiết bị điện
- Trang thiết bị nối đất và nối không
- Nối đất và nối “không” các thiết bị điện di động và cầm tay
- Kiểm tra nối đất, nối “không”
- Phụ lục 1: Thuật ngữ và định nghĩa
- Phụ lục 2: Phân loại nối đất thiết bị điện theo mức nguy hiểm
- Phụ lục 3: Các sơ đồ nối “không” thiết bị điện
- Phụ lục 4: Trị số điện áp chạm phụ thuộc thời gian tác động
- Phụ lục 5: Phương pháp xác định chiều dài điện cực san bằng thế trong mạng điện có điện áp đến 1000V
- Phụ lục 6: Chọn dòng điện cho cầu chảy, aptomat bảo vệ, động cơ điện có xét đến ảnh hưởng của tổng trở mạng
- Phụ lục 7: Điều kiện có thể dùng nối đất thay cho nối không

4. TCVN 4086: 85 “An toàn điện trong xây dựng”

Tiêu chuẩn này qui định những yêu cầu chung về an toàn điện để áp dụng cho các công tác xây lắp trên các công trình xây dựng.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho công tác xây lắp ở những nơi có điện áp trên 1000V và công tác xây lắp ở các mỏ khai thác than và quặng.

- Quy định chung
- Những yêu cầu về an toàn điện
- Những yêu cầu về sử dụng các phương tiện phòng hộ của công nhân
- Kiểm tra thực hiện các yêu cầu của an toàn điện
- Phụ lục 1 : Những yêu cầu đối với công nhân vận hành thiết bị điện ở công trường
- Phụ lục 3 : Xác định vùng nguy hiểm

5. TCVN 3146: 86 “Công việc hàn điện - Yêu cầu chung về an toàn”

Tiêu chuẩn này thay thế cho TCVN 3146 – 79 và quy định những yêu cầu chung về an toàn cho công việc hàn điện trong các ngành sản xuất. Đối với công việc hàn điện trong các điều kiện đặc biệt (hàn điện trong hầm mỏ, hàn điện dưới nước...) ngoài các quy định này còn phải tuân theo các quy định khác liên quan.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Quy định chung
- Yêu cầu đối với quá trình công nghệ
- Yêu cầu đối với gian sản xuất
- Yêu cầu về nguyên liệu, phế, bảo quản và vận chuyển
- Yêu cầu về bố trí thiết bị sản xuất
- Những yêu cầu về tổ chức nơi làm việc
- Yêu cầu đối với công nhân hàn điện
- Yêu cầu về phương tiện bảo vệ cá nhân
- Kiểm tra việc thực hiện các yêu cầu an toàn

6. TCVN 3144:79 “Sản phẩm kỹ thuật điện. Yêu cầu chung về an toàn”

Tiêu chuẩn này qui định các yêu cầu chung về an toàn cho các sản phẩm kỹ thuật điện.

7. TCVN 4726: 89 “Kỹ thuật an toàn máy cắt kim loại – Yêu cầu đối với trang thiết bị”

Tiêu chuẩn này áp dụng đối với trang thiết bị của tất cả các nhóm này: máy cắt kim loại, máy ăn mòn điện, máy hóa điện, máy siêu âm, dây chuyền tự động, phụ tùng, dụng cụ đo kiểm,

máy nâng hạ và thiết bị khác sử dụng cùng với máy. Những máy và thiết bị kể trên được nối với lưới điện đến 660V với tần số đến 200Hz làm việc trong khí hậu khô ráo.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Những yêu cầu chung
 - Điện áp nguồn
 - Đối với lưới điện
 - Ngắt sự cố và công tắc đầu vào (công tắc chính)
 - Nối các đồ gá, thiết bị phụ tùng kèm theo
- Các biện pháp bảo vệ
 - Bảo vệ chống tiếp xúc ngẫu nhiên với những phần có điện
 - Bảo vệ chống điện giật khi có hư hỏng
 - Bảo vệ chống tự động đóng mạch trong trường hợp điện áp của lưới điện được phục hồi sau khi bị mất điện
 - Bảo vệ chống giảm điện áp
- Mạch điều khiển và tín hiệu
 - Nguồn điện của mạch điều khiển và tín hiệu
 - Nối với mạch bảo vệ
 - Khóa liên động bảo vệ
 - Đóng chu trình làm việc tự động
- Lắp ráp thiết bị điều khiển
 - Các mức bảo vệ
 - Độ mở của cánh cửa
 - Các phần tử cơ khí
- Thiết bị điều khiển, đèn tín hiệu
 - Thiết bị điều khiển
 - Thiết bị điều khiển bằng tay
 - Đèn hiệu
 - Nút ấn có đèn hiệu
- Lắp ráp dây dẫn
 - Lắp ráp dây dẫn đối với các mạch khác nhau
 - Màu dây dẫn
 - Lắp ráp dây dẫn ngoài tủ, hốc và hộp điều khiển
 - Nối các mạch động lực bằng các ổ, phích cắm
- Động cơ điện
 - Mức bảo vệ của động cơ
 - Biến động cơ
- Chiếu sáng cục bộ của máy
 - Yêu cầu chung
 - Nguồn điện của nguồn chiếu sáng cục bộ
 - Mạch bảo vệ chiếu sáng
 - Các thiết bị chiếu sáng
 - Đèn huỳnh quang
 - Đèn chiếu sáng trong tủ, hốc máy, bảng điều khiển
- Các ký hiệu về điện trên máy
 - Ký hiệu các hốc và tủ điện
 - Ký hiệu các phần tử, dây dẫn và cốt nối
 - Ký hiệu các cơ cấu tác động

- Phương pháp thử
 - Biên bản kiểm nghiệm
 - Thử nghiệm điện trở cách điện
 - Thử nghiệm đánh thủng
- Thuật ngữ và định nghĩa
 - Thiết bị điều khiển
 - Tủ điều khiển
 - Hốc
 - Kênh
 - Ống dẫn
 - Phần dẫn dòng
 - Những phần dẫn dòng không có điện áp trong thời gian làm việc bình thường của máy
 - Mạch động lực
 - Mạch điều khiển
 - Khí cụ chuyển mạch
 - Khí cụ điều khiển
 - Cơ cấu dẫn động của thiết bị (cơ cấu, khí cụ) điều khiển tay
 - Hành lang bảo quản
 - Dây bảo vệ

8. TCVN 4163:85 “Máy điện cầm tay - Yêu cầu an toàn”

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các máy điện cầm tay dùng trong sản xuất và trong sinh hoạt (viết tắt là máy).

Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu an toàn đối với kết cấu máy, nguyên tắc giao nhận, phương pháp thử, ghi nhãn hiệu và quy tắc vận hành an toàn máy điện cầm tay.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho các máy kiểu chống nổ và chống hóa chất ăn mòn hoặc các máy sử dụng trong các phương tiện giao thông vận tải.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Cấp bảo vệ, kiểu máy và các thông số cơ bản
- Yêu cầu về kết cấu máy
- Nguyên tắc và nội dung, thử nghiệm máy khi xuất xưởng và giao nhận
- Phương pháp thử
- Ghi nhãn
- Quy tắc vận hành trong sản xuất
- Quy tắc an toàn khi sử dụng máy trong sinh hoạt

9. TCVN 5180: 90 “Pa lăng điện - Yêu cầu chung về an toàn”

Tiêu chuẩn này áp dụng cho pa lăng điện thông dụng cố định và di động dùng cáp và xích (gọi chung là pa lăng) được sử dụng như một cơ cấu nâng hạ độc lập hoặc cơ cấu nâng và di chuyển hàng trên máy nâng hạ.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Yêu cầu đối với kết cấu và vật liệu
- Yêu cầu đối với cáp, xích, tang và ròng rọc
- Yêu cầu về phanh
- Yêu cầu đối với thiết bị an toàn
- Yêu cầu đối với thiết bị điện và điều khiển
- Yêu cầu đối với ghi nhãn

10. TCVN 3718: 82 “Trường điện từ tần số Radio – Yêu cầu chung về an toàn”

Tiêu chuẩn này được áp dụng đối với trường điện từ trong dải tần số từ 60 kHz đến 300 GHz và quy định các giá trị giới hạn cho phép của cường độ và mật độ dòng năng lượng trường điện từ ở những nơi có cán bộ, công nhân viên trực tiếp làm việc với các thiết bị bức xạ năng lượng điện từ và chịu tác dụng của trường điện từ. Tiêu chuẩn này cũng quy định các phương pháp và phương tiện bảo vệ cơ bản.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Giá trị giới hạn cho phép của cường độ và mật độ dòng năng lượng – trường điện từ
- Phương pháp kiểm tra cường độ và mật độ dòng năng lượng trường điện từ
- Phương pháp và phương tiện bảo vệ người khỏi bị tác động của trường điện từ

11. TCVN 2572:78 “Biển báo an toàn về điện”

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các biển báo có chữ và dấu hiệu có điện áp, đặt trên các dụng cụ, máy, khí cụ, các thiết bị điện v.v... để báo cho người tránh khỏi nguy hiểm do điện gây ra khi vận hành, làm việc và đi qua gần những thiết bị đó.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Phân loại và kích thước
- Quy tắc nghiệm thu
- Bao gói, ghi nhãn, bảo quản và vận chuyển

12. TCVN 3259:1992 “Máy biến áp và cuộn kháng điện lực – Yêu cầu an toàn”

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các loại biến áp và cuộn kháng điện lực làm việc ở lưới điện xoay chiều tần số 50Hz và 60 Hz.

Tiêu chuẩn này quy định những yêu cầu an toàn về kết cấu của máy biến áp và cuộn kháng điện lực. Tiêu chuẩn này không áp dụng cho các cuộn kháng loại bê tông.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Yêu cầu chung
- Yêu cầu đối với máy biến áp khô một pha công suất đến 4kVA và ba pha thông dụng công suất đến 5kVA điện áp đến 1.000V
- Yêu cầu đối với máy biến áp một pha công suất lớn hơn 4 kVA, biến áp ba pha công suất lớn hơn 5 kVA và cuộn kháng.

13. TCVN 3145:79 “Khí cụ đóng cắt mạch điện, điện áp đến 1.000 V-Yêu cầu an toàn”

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các khí cụ thông dụng dùng để đóng cắt mạch điện, điện áp đến 1000V.

Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu an toàn đối với kết cấu của khí cụ đóng cắt mạch điện.

14. TCVN 2295:78 “Tủ điện của thiết bị phân phối trọn bộ và của trạm biến áp trọn bộ-Yêu cầu an toàn”

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các tủ điện của các thiết bị phân phối trọn bộ điện áp từ 3 đến 10 kV và các tủ điện của các trạm biến áp trọn bộ có điện áp đến 10 kV.

Tiêu chuẩn này quy định những yêu cầu an toàn đối với kết cấu tủ điện của thiết bị phân phối trọn bộ và của trạm biến áp trọn bộ.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Quy định chung
- Yêu cầu đối với tủ điện của thiết bị phân phối trọn bộ
- Yêu cầu đối với tủ điện của trạm biến áp trọn bộ

15. TCVN 4115:85: “Thiết bị ngắt điện bảo vệ người dùng ở các máy và dụng cụ điện di động có điện áp đến 1.000V - Yêu cầu kỹ thuật chung”

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các thiết bị ngắt điện bảo vệ để bảo vệ người, dùng ở các máy và các dụng cụ dùng điện có biến áp xoay chiều đến 1.000V.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho các thiết bị ngắt điện bảo vệ dùng trong hầm mỏ, tàu thuyền và ở môi trường có nguy cơ cháy nổ và hóa chất ăn mòn.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Định nghĩa
- Thông số cơ bản
- Yêu cầu kỹ thuật
- Phương pháp thử
 - Thử điển hình
 - Thử xuất xưởng
- Ghi nhãn
- Phụ lục 1 : Dụng cụ kiểm tra độ bền chịu rung
- Phụ lục 2 : Dụng cụ kiểm tra độ bền chịu va đập

16. TCVN 3623-81 “Khí cụ điện chuyển mạch điện áp đến 1.000V - Yêu cầu kỹ thuật chung”

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các khí cụ điện chuyển mạch điện áp đến 1000V loại thông dụng và kể cả các khí cụ đặt trong các thiết bị hợp bộ.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho các khí cụ trên thiết bị vận tải dưới hầm lò, đường thủy và đường không, các khí cụ chịu nổ, đo lường vô tuyến v.v ...

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Yêu cầu kỹ thuật
- Yêu cầu về kết cấu
- Tính trọn bộ của khí cụ
- Quy tắc nghiệm thu
- Phương pháp thử
- Ghi nhãn, bao gói, vận chuyển và bảo quản
- Yêu cầu về kỹ thuật an toàn và vệ sinh
- Bảo hành

17. TCVN 5334 - 1991: “Thiết bị điện kho dầu và sản phẩm dầu – Quy phạm kỹ thuật an toàn trong thiết kế và lắp đặt”.

Tiêu chuẩn này áp dụng để thiết kế, lắp đặt các thiết bị điện lực, điện chiếu sáng, đo lường kiểm tra và tự động hóa cho các kho dầu và sản phẩm dầu xây dựng mới hay cải tạo, mở rộng hệ thống điện trong các kho dầu và sản phẩm dầu hiện có (gọi tắt là kho xăng dầu).

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Quy định chung
- Phân loại nguy hiểm cháy, nổ của công trình, thiết bị
- Trạm biến áp, trạm phát điện và các thiết bị phân phối
- Động cơ, máy điện và các thiết bị khởi động
- Thiết bị đo lường kiểm tra và tự động hoá
- Đường dây tải điện
- Điện chiếu sáng
- Chống sét, nối đất, chống cảm ứng và chống tính điện
- Phụ lục : Phân loại các gian buồng, ngôi nhà và công trình theo nguy cơ cháy nổ

18. TCVN 3620:1992 “Máy điện quay – Yêu cầu an toàn”

Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu về an toàn đối với kết cấu của máy điện quay.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Yêu cầu chung
- Yêu cầu đối với các dạng máy điện riêng

19. TCVN 5587:1991 “Sào cách điện”

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các loại sào cách điện dùng để thao tác thiết bị đóng cắt và thao tác nối đất cho các thiết bị điện một chiều và xoay chiều tần số công nghiệp.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Yêu cầu kỹ thuật
- Phương pháp thử
- Ghi nhãn, bao gói và bảo quản

20. TCVN 5588:1991 “Ứng cách điện”

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các loại ứng cách điện dùng làm phương tiện bảo vệ bổ sung, nhằm tăng cường khả năng an toàn điện cho người trong thử nghiệm, vận hành thiết bị điện.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Quy cách
- Yêu cầu kỹ thuật
- Phương pháp thử
- Ghi nhãn, bao gói và bảo quản

21. TCVN 5589:1991 “Thảm cách điện”

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các loại thảm cách điện bằng cao su dùng làm phương tiện bảo vệ bổ sung, nhằm tăng cường khả năng an toàn điện cho người trong thử nghiệm, vận hành thiết bị điện.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Yêu cầu kỹ thuật
- Phương pháp thử
- Ghi nhãn, bao gói và bảo quản

22. TCVN 5586-1991 “Găng cách điện”

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các loại găng cách điện bằng cao su dùng làm phương tiện bảo vệ bổ sung, nhằm tăng cường khả năng an toàn điện cho người trong thử nghiệm, vận hành thiết bị điện.

Nội dung bao gồm các đề mục sau:

- Quy cách
- Yêu cầu kỹ thuật
- Phương pháp thử
- Ghi nhãn, bao gói và bảo quản

B. CÁC TIÊU CHUẨN VIỆT NAM VỀ HỆ THỐNG LẮP ĐẶT ĐIỆN CỦA CÁC TOÀ NHÀ

1. TCVN 7447-1:2004 (IEC 60364-1:2001): Hệ thống lắp đặt điện trong toà nhà. Phần 1: Nguyên tắc cơ bản, đánh giá các đặc tính chung, định nghĩa.

2. **TCVN 7447-4-41:2004 (IEC 60364-4-41:2001):** Hệ thống lắp đặt điện của các toà nhà.
Phần 4-41: Bảo vệ an toàn – Bảo vệ chống điện giật.
3. **TCVN 7447-4-42:2005 (IEC 60364-4-42:2001):** Hệ thống lắp đặt điện của các toà nhà.
Phần 4-42: Bảo vệ an toàn – Bảo vệ chống các ảnh hưởng về nhiệt
4. **TCVN 7447-4-43:2004 (IEC 60364-4-43:2001):** Hệ thống lắp đặt điện của các toà nhà.
Phần 4-43: Bảo vệ an toàn – Bảo vệ chống quá dòng.
5. **TCVN 7447-4-44:2004 (IEC 60364-4-44:2003):** Hệ thống lắp đặt điện của các toà nhà.
Phần 4-44: Bảo vệ chống nhiễu điện áp và nhiễu điện từ.
6. **TCVN 7447-5-51:2004 (IEC 60364-5-51:2001):** Hệ thống lắp đặt điện của các toà nhà.
Phần 5-51: Lựa chọn và lắp đặt thiết bị điện – Quy tắc chung.
7. **TCVN 7447-5-53:2005 (IEC 60364-5-53:2002):** Hệ thống lắp đặt điện của các toà nhà.
Phần 5-53: Lựa chọn và lắp đặt thiết bị điện – Cách ly, đóng cắt và điều khiển.
8. **TCVN 7447-5-54:2005 (IEC 60364-5-54:2002):** Hệ thống lắp đặt điện của các toà nhà.
Phần 5-54: Lựa chọn và lắp đặt thiết bị điện – Bố trí dây nối đất, dây bảo vệ và dây liên kết bảo vệ.
9. **TCVN 7447-5-55:2005 (IEC 60364-5-55:2002):** Hệ thống lắp đặt điện của các toà nhà.
Phần 5-55: Lựa chọn và lắp đặt thiết bị điện – Các thiết bị khác.

Đây là bộ tiêu chuẩn rất hữu ích cho việc hướng dẫn lắp đặt mạch điện được cấp nguồn có điện áp danh định đến và bằng 1000V xoay chiều hoặc 1500V một chiều một cách hợp lý và an toàn cho nhà ở, công trình công cộng, công trình thương mại, công trình công nghiệp, công trình nông nghiệp, công trình xây dựng,...

10. TCVN 3718-1:2005: Quản lý an toàn trong bức xạ tần số radio.

Phần 1: Mức phơi nhiễm lớn nhất trong giải tần từ 3kHz đến 300GHz.

Tiêu chuẩn này cung cấp hướng dẫn về sự phơi nhiễm của con người trong trường tần số radio (RF) và thiết lập các giới hạn nhằm tránh các ảnh hưởng bất lợi lên sức khỏe của con người. Tiêu chuẩn này áp dụng cho người lao động bị phơi nhiễm do nghề nghiệp và công chúng bị phơi nhiễm ngẫu nhiên.

C. CÁC TIÊU CHUẨN LIÊN QUAN ĐẾN CHỐNG QUÁ DÒNG, QUÁ ÁP VÀ NỐI ĐẤT

1. TCXDVN 46:2007 “Chống sét cho công trình xây dựng”

Tiêu chuẩn này áp dụng để thiết kế thi công, nghiệm thu và quản lý thiết bị chống sét trực tiếp cho các công trình xây dựng mới, cải tạo hay mở rộng.

2. TCN 68 - 140:1995 “Chống quá áp, quá dòng để bảo vệ đường dây và thiết bị thông tin”

Tiêu chuẩn này bao gồm các yêu cầu kỹ thuật về độ bền điện và phương pháp đo thử độ bền điện cho các công trình thông tin của mạng viễn thông Việt Nam bao gồm các hệ thống thiết bị trạm, kể cả các thiết bị bảo vệ, các đường dây thông tin bên ngoài tránh khỏi quá áp và quá dòng.

3. TCN 68 - 167:1997 “Thiết bị chống quá áp, quá dòng do ảnh hưởng của sét và đường dây tải điện - Yêu cầu kỹ thuật”

Tiêu chuẩn này được dùng làm sở cứ cho sản xuất, quản lý và lựa chọn dụng cụ bảo vệ chống quá áp, quá dòng phù hợp với mục đích bảo vệ. Ngoài ra, tiêu chuẩn còn đề cập đến các phương pháp thử nghiệm đánh giá chất lượng và tuổi thọ của thiết bị chống quá áp và quá dòng.

4. TCN 68 - 141: 1995 “Tiếp đất cho các công trình viễn thông - Yêu cầu kỹ thuật”

Tiêu chuẩn này qui định các yêu cầu về tiếp đất, được dùng làm sở cứ để thiết kế, thi công, nghiệm thu, quản lý các hệ thống tiếp đất cho các công trình thông tin của mạng lưới viễn thông quốc gia, đồng thời làm sở cứ để thiết kế xây dựng các nhà trạm viễn thông.

5. TCN 68 - 135:2001 “Chống sét bảo vệ các công trình viễn thông - Yêu cầu kỹ thuật”

Tiêu chuẩn này qui định tần suất thiệt hại cho phép do sét gây ra đối với công trình viễn thông, các biện pháp chống sét bảo vệ các công trình viễn thông, phương pháp tính toán tần suất thiệt hại do sét gây ra đối với các công trình viễn thông. Tiêu chuẩn này là một trong những sở cứ để lập dự án đầu tư, thiết kế, thi công, nghiệm thu, quản lý và phục vụ quá trình khai thác, bảo vệ các công trình viễn thông.

6. TCN 68 - 174: 2006 “ Quy phạm chống sét và tiếp đất cho các công trình viễn thông ”

Qui phạm này áp dụng nhằm mục đích: bảo vệ các công trình viễn thông, tránh nguy hiểm cho con người và hạn chế thiệt hại do sét gây ra; thống nhất các nguyên tắc và nội dung trong khảo sát, thiết kế, thi công, quản lý hệ thống chống sét và tiếp đất cho các công trình viễn thông.

D. Các tổ chức biên soạn, ban hành và quản lý tiêu chuẩn an toàn điện**1. Tổng cục Tiêu chuẩn đo lường chất lượng - STAMEQ**

www.tcvn.gov.vn

2. Bộ Bưu chính Viễn thông - Ministry of Posts and Telematics of Socialist of Viet Nam

www.mpt.gov.vn

3. Bộ Công nghiệp

www.moi.gov.vn

4. Bộ Xây dựng

www.xaydung.gov.vn

PHỤ LỤC 2

MỘT SỐ TỔ CHỨC VÀ TIÊU CHUẨN AN TOÀN ĐIỆN NGOÀI NƯỚC

1. *IEEE- Institute of Electrical and Electronics Engineers*

www.ieee.org

IEEE 80

Grounding AC Facilities

IEEE C2-1997

National Electrical Safety Code

2. *IEC- International Electrotechnical Commission*

www.iec.ch

IEC 950

Electrical Safety

IEC 1024.1

Lightning protection

IEC/TR 62102 (2001-03) Ed. 1.0

Electrical safety - Classification of interfaces for equipment to be connected to information and communications technology networks

IEC 60079-1 (2001-02) Ed. 4.0

Electrical apparatus for explosive gas atmospheres - Part 1: Flameproof enclosures "d"

IEC 60079-2 (2001-02) Ed. 4.0

Electrical apparatus for explosive gas atmospheres - Part 2: Pressurized enclosures "p"

IEC 60079-15 (2001-02) Ed. 2.0

Electrical apparatus for explosive gas atmospheres - Part 15: Type of protection "n"

IEC 61557-1 (1997-02)

Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1000 V a.c. and 1500 V d.c. - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 1: General requirements

IEC 61557-2 (1997-02)

Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1000 V a.c. and 1500 V d.c. - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 2: Insulation resistance

IEC 61557-3 (1997-02)

Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1000 V a.c. and 1500 V d.c. - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 3: Loop impedance

IEC 61557-4 (1997-02)

Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1000 V a.c. and 1500 V d.c. - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 4: Resistance of earth connection and equipotential bonding

3. **NEMA - National Electrical Manufacturers Association**
www.nema.org
 NEMA WC-8 Electrical Safety
 ANSI/NEMA ICS 2 Industrial Control Devices, Controllers and Assemblies
 ANSI/NEMA 250 Enclosures for Electrical Equipment

4. **ANSI - American National Standard Institute**
www.ansi.org
 ANSI/IEEE C2 National Electrical Safety Code
 ANSI/IEEE 80 IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding
 ANSI/ISA-S82.01, .02, and .03 Safety Standard for Electrical and Electronic Test, Measuring, Controlling and Related Equipment

5. **OSHA - Occupational Safety and Health Administration**
www.osha.gov
 1910.137 Electrical Personal Protective Equipment
 1910.147 Control of Hazardous Energy
 1910.300-399 Electrical Safety Requirements – General Industry
 1910.400-449 Electrical Safety Requirements – Construction

6. **CENELEC- European Committee For Electrotechnical Standards**
www.cenelec.org
 CENELEC HD 384 Electrical installations of buildings
 CENELEC EN 60950 Safety of information technology equipment
 CENELEC TC92 Safety of audio, video and similar electronic equipment
 CENELEC TC61 Safety of Household Appliances
 CENELEC TC44X JWG 6 Safety related parts of control systems
 CENELEC HD 625-1 Insulation coordination for equipment within low-voltage systems - Part 1: Principles requirements and tests
 CENELEC TC59X Consumer information related to household electrical appliances

7. **UL - Underwriters Laboratories**
www.ul.com
 UL 508 Safety Standard for Industrial Control Equipment
 UL 1950 Safety Standard for Information Technology Equipment, Including Electrical Business Equipment

8. **NEC- National Electrical Code**
www.nfpa.org
 NEC Article 110-26 Spaces about electrical equipment, (600 volts or less)
 NEC Article 110-32 Work space about equipment (over 600 volts)
 NEC Article 110-33 Entrance and access to work space
 NEC Article 110-34 Work space and guarding (over 600 volts)
 NEC Article 305-6 Ground-Fault Protection for Personnel
 NEC Article 210-8 Ground-Fault Circuit-Interrupter Protection for Personnel
 NEC Article 250 Grounding

9. NFPA- National Fire Protection Association

www.nfpa.org

NFPA 1	Fire Prevention Code
NFPA 69	Standard on Explosion Prevention Systems
NFPA 70	National Electrical Code
NFPA 77	Static Electricity contains requirements for reducing the fire hazard of static electricity
NFPA 78	Lightning Protection Code
NFPA 70E	Electrical Safety Requirements for Employee Workplaces
NFPA 79	Electrical Standard for Industrial Machinery National Fire Protection Association
NFPA 780	Standards for the installation of Lightning Protection Systems

PHỤ LỤC 3 ANH VIỆT ĐỐI CHIẾU

A

Accident	Tai nạn
Air terminal	Kim thu sét
Approach distance	Khoảng cách tiếp cận
Arcing	Phóng điện hồ quang
Area marker	Biển báo khu vực
Arm's reach	Tầm với

B

Barrier	Thanh chắn
Basic insulation	Cách điện cơ bản
Blanket	Mền
Boundary	Biên
Limited boundary	Biên giới hạn
Restricted boundary	Biên cấm
Prohibited boundary	Biên ngăn chặn
Breakdown	Đánh thủng cách điện
Breathing zone	Vùng thở (bán cầu giữa mũi và miệng với bán kính từ 6 đến 9 inch)

C

Cadweld exothermic weld	Hàn hoá nhiệt Cadweld
Calibration	Sự cân chỉnh
Capture	Thu bắt
Check breathing	Kiểm tra hơi thở
Chemical earth rod	Cọc hoá chất
Circuit Breaker-CB	Thiết bị ngắt điện
Clear airway	Thông đường khí
Clearance	Khoảng cách ngắn nhất giữa hai dây dẫn trong không khí
Conscious	Còn tỉnh
Copper cable	Cáp đồng trần
Copper earth tape	Băng đồng

Cooper bonded earth rod	Cọc thép bọc đồng
Creepage	Đường phóng điện ngắn nhất dọc theo bề mặt của vật cách điện
Current draw	Dòng điện chính tiêu thụ bởi sản phẩm hay thiết bị dưới điều kiện thử nghiệm
D	
Data Equipment Protector-DEP	Thiết bị bảo vệ đường dữ liệu
Dead part	Phần không mang điện
Delay time	Thời gian trễ
Device Under Test- DUT	Thiết bị được thử nghiệm
Dielectric gloves	Găng tay cách điện
Dielectric foot-wear	Ủng cách điện
Dielectric strenght	Tỷ số giữa điện áp phóng điện của vật liệu và khoảng cách giữa hai điểm
Dielectric rug	Thảm cách điện
Direct contact	Tiếp xúc trực tiếp
Direct lightning	Sét đánh trực tiếp
Dissipation Array System-DAS	Hệ thống giải trừ sét
Double insulation	Cách điện kép
Downconductor	Dây thoát sét
Dry clothing	Quần áo khô
E	
Electromagnetic compatibility-EMC	Tương thích điện từ
Electromagnetic fields -EMF	Trường điện từ
Electromagnetic interference -EMI	Nhiều điện từ
Early Emission Streamer - ESE	Phóng điện sớm
Earth bar	Thanh nối đất
Earth clamp	Kẹp nối đất
Earth Enhancing Compound - EEC	Hoá chất giảm điện trở đất
Earth grid	Lưới nối đất
Earth inspection housing	Hộp kiểm tra nối đất
Earth leakage current	Dòng rò vào đất
Earth pin	Chân nối đất
Earth rod	Cọc nối đất

Earthed	Nối đất
Electric shock	Sốc điện
Electrical leakage current	Dòng điện rò
Electrical safety	An toàn điện
Electrical hazard	Nguy hiểm điện
Electrocution	Điện giết
Energized (live, alive)	Mang hay nạp điện
Expired Air Resuscitation - EAR	Hô hấp nhân tạo
External Cardiac Compression - ECC	Ép tim
Exposed conductive parts	Phần mang điện lộ thiên
Explosive accident	Tai nạn nổ

F

Faraday cage	Lồng Faraday
Fault current	Dòng sự cố
Field Strength	Cường độ điện trường
Fire	Cháy
Fire protection system	Hệ thống bảo vệ chống cháy
First aid	Sơ cứu
Franklin terminal	Kim Franklin
Functional Extra Low Voltage - FELV	Hệ thống chức năng điện áp cực thấp
Fuse	Cầu chì

G

Galvanized steel earth rod	Cọc mạ lõi thép
Ground Enhancement Material - GEM	Vật liệu cải thiện đất
Grounded/Grounding	Nối đất
Ground Fault Circuit Interrupter- GFCI	Thiết bị ngắt sự cố chạm đất
Ground potential	Điện thế đất

H

Hazardous area	Vùng nguy hiểm
Health surveillance	Giám sát sức khỏe
High Rupturing Capability Fuse - HCR	Cầu chì có khả năng cắt dòng lớn
High Speed Protector - HSP	Thiết bị bảo vệ đường truyền tốc độ cao

I

Insulated cover	Chụp cách điện
Insulated tool	Công cụ cách điện
Insulating boots	Giày cách điện
Insulating mat	Thảm cách điện
Insulating ladder	Thang cách điện
Insulating platform	Ghế cách điện
Injure	Làm tổn thương
Insulation resistance	Điện trở cách điện
Insulating stick	Sào cách điện
Insulating rubber gloves	Găng cao su cách điện
International Commission on Non-ionizing Radiation Protection - ICNIRP	Hiệp hội quốc tế về bảo vệ phát xạ không ion hoá
Isolate the supply	Cắt điện
Insulated glove	Găng tay cách điện
Insulated mat	Thảm cách điện
Insulated pliers	Kìm cách điện
Insulated protective conductor	Dây dẫn bọc cách điện
Indirect contact	Tiếp xúc gián tiếp
Inspect tools	Công cụ kiểm tra
Inspection box	Hộp kiểm tra
Interlock	Khoá liên động

J

Jumper cable	Cáp nối
--------------	---------

L

Leakage current	Dòng rò
Local Area Network - LAN	Mạng nội bộ
Load Cell Protector - LCP	Thiết bị bảo vệ cầu cần
LAN protector	Thiết bị chống sét lan truyền trên mạng LAN
Lightning protection	Bảo vệ chống sét
Live part	Phần mang điện
Let through voltage	Điện áp thông qua
Low voltage	Điện áp thấp

M

Maintenance	Bảo trì
Maximum Over Continuous Voltage - MCOV	Điện áp làm việc liên tục cực đại
Megaohmmeter	Máy đo điện trở cách điện
Miniature Circuit Breaker- MCB	Thiết bị ngắt điện loại dân dụng chế tạo theo tiêu chuẩn IEC 60898, IEC 61008
Moulded Case Circuit Breaker - MCCB	Thiết bị ngắt điện loại vỏ đúc, loại công nghiệp chế tạo theo tiêu chuẩn IEC 60947-2
Metal Oxide Varistor - MOV	Biến trở oxit kim loại
Multi Earthed Neutral- MEN	Nối đất trung tính lặp lại

N

Non conducting material	Vật không dẫn điện
-------------------------	--------------------

O

Overcurrent	Quá dòng
Overload trip current setting - I_{rth}	Dòng cài đặt bộ phận bảo vệ quá dòng
Outlet	Ổ lấy điện

P

Personal Protective Equipment - PPE	Thiết bị bảo vệ con người (kính bảo vệ, mũ bảo vệ,....)
Phase tester	Bút thử điện
Plug	Đầu cắm điện
Potential Earth Clamp- PEC	Thiết bị đẳng thế hệ thống đất
Prevent contact	Chống tiếp xúc
Protection mode	Chế độ bảo vệ
Protection area	Vùng bảo vệ
Protection characteristic	Đặc tuyến bảo vệ
Protection radius	Bán kính bảo vệ
Protection by Extra Low Voltage- PELV	Bảo vệ bằng điện áp cực thấp
Protective barrier	Thanh chắn bảo vệ
Protective conductor	Dây bảo vệ
Pulse absent	Ngưng đập
Pulse present	Đang đập

Q

Quality	Chất lượng
Quality factor	Hệ số chất lượng

R

Rated operational voltage - U_e	Điện áp vận hành định mức
Rated current	Dòng điện định mức
Rated making capacity- I_{cm}	Dòng cắt theo khả năng chế tạo
Rated insulation voltage - U_i	Điện áp cách điện định mức
Rated impulse withstand voltage- U_{imp}	Điện áp chịu quá áp xung định mức
Rated service short circuit breaking capacity - I_{cs}	Dòng cắt ngắn mạch lập lại định mức
Rated short circuit breaking capacity- I_{cu}	Dòng ngắt ngắn mạch định mức
Reinforced insulation	Cách điện tăng cường
Regulation	Qui phạm
Rescue	Cứu hộ
Rescue kits	Công cụ cứu hộ
Rescue stick	Sào cứu hộ
Residual current device	Thiết bị phát hiện dòng rò
Residual Current Circuit Breaker - RCCB	Thiết bị ngắt điện chống dòng rò
Residual Current Breaker with Overload- RCBO	Thiết bị ngắt điện chống dòng rò kèm bảo vệ quá dòng
Resistance	Điện trở
Resistivity	Điện trở suất
Resuscitation	Hồi tỉnh
Reverse standoff voltage	Điện áp dẫn ngược
Risk assessment	Đánh giá rủi ro

S

Safety adhesive tape	Băng keo an toàn
Safety belt	Đai an toàn
Safety Extra Low Voltage - SELV	An toàn bằng cách sử dụng điện áp cực thấp
Safety glasses	Kính an toàn

Short circuit	Ngắn mạch
Short circuiting system	Hệ thống tạo ngắn mạch
Short circuit trip current setting	Dòng cài đặt bộ phận bảo vệ ngắn mạch
Shield	Vật che chắn
Shunt Surge Diverter	Thiết bị cắt sét
Side Flashing	Sét đánh tạt ngang
Silicon Avalanche Diode- SAD	Diod thác silicon
Soil	Đất
Solid copper earth plates	Bản đồng trần
Spark gap	Khe hở phóng điện
Specific absorption rate - SAR	Suất hấp thu theo trọng lượng
Streamer	Tia tiên đạo
Stell core copper clad earth rod	Cọc lõi thép bọc đồng
Step voltage	Điện áp bước
Stick	Sào
Strip on surface	Thanh nằm ngang trên mặt đất
Strip buried	Thanh nằm ngang dưới mặt đất
Subscriber Line Protector	Thiết bị bảo vệ chống sét trên đường dây điện thoại
Supplementary insulation	Cách điện bổ sung
Surge Reduction Filter - SRF	Thiết bị lọc sét
Surge protection	Bảo vệ chống xung quá áp
Switchboard	Tủ điện
Switching off the circuit	Ngắt mạch

T

Temporary Over Voltage - TOV	Quá áp tạm thời
Telecommunication Line Protector- TLP	Thiết bị chống sét trên đường viễn thông
Test the insulation	Kiểm tra cách điện
Tester	Thiết bị đo thử
Thin circulate plate	Bản kim loại hình tròn
Thunder day	Ngày dông
Thunder storm	Mây dông
Touching voltage	Điện áp tiếp xúc
Transient protection	Bảo vệ chống xung đột biến
Transient Discriminating Suppressor- TDS	Thiết bị triệt xung có phân biệt

Transient Voltage Suppressor -TVS	Thiết bị triệt xung đột biến
Trigerrred Spark Gap -TSG	Khe hở phóng điện tự kích
Trip unit	Cơ cấu cắt

U

Unconscious	Bất tỉnh
-------------	----------

V

Victim	Nạn nhân
Voltage detector	Thiết bị phát hiện điện áp
Vertical electrode on surface	Cọc chôn thẳng đứng
Vertical electrode buried	Cọc chôn sâu dưới đất

W

Warning sign	Tín hiệu cảnh báo
Working distance	Khoảng cách làm việc
World Heath Organization -WHO	Tổ chức sức khỏe thế giới

TÀI LIỆU THAM KHẢO

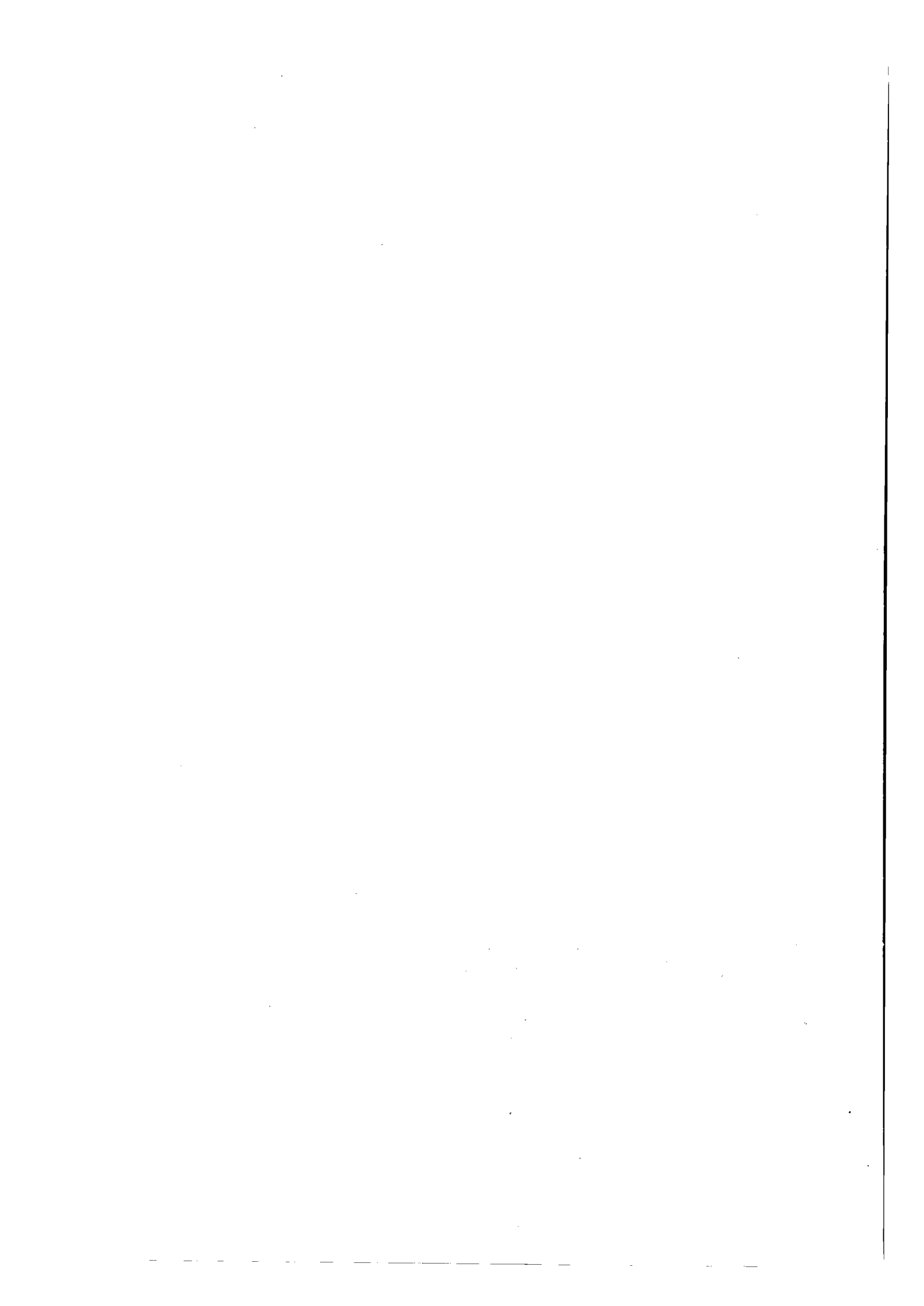
1. Bộ Xây dựng, Viện Xây dựng Công nghiệp, *Kỹ thuật an toàn điện trên công trường xây dựng*, NXB Xây dựng, Hà Nội, 1981.
2. Nguyễn Xuân Phú - Trần Thành Tâm, *Kỹ thuật an toàn trong cung cấp và sử dụng điện*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 1989.
3. Trường ĐH Bách khoa. Tp.HCM, Bộ môn Chế tạo máy, *Kỹ thuật bảo hộ lao động*, Tp.HCM, 1989.
4. Bộ Năng lượng, Công ty Điện lực 2, *Quy trình kỹ thuật an toàn điện*. Cty Điện lực 2, Tp.HCM, 1993.
5. Đinh Hạnh Thương, *An toàn điện trong quản lý, sản xuất và đời sống*, NXB Giáo dục, 1994.
6. B.P. Var-navski, *Qui phạm vận hành các thiết bị điện của các hộ tiêu thụ điện*, NXB Năng lượng hạt nhân, Mátxcơva, 1994.
7. Tổng Công ty Điện lực Việt Nam, *Qui trình kỹ thuật an toàn điện trong công tác quản lý, vận hành, sửa chữa, xây dựng đường dây, trạm điện*, Hà Nội, 1999.
8. Phan Thị Thu Vân, *Giáo trình an toàn điện*, NXB Đại học Quốc gia Tp HCM, 2002.
9. KF Neumayer, Lim Say Leong, *An toàn trong hệ thống điện dân dụng*, ABB Việt Nam.
10. Các tiêu chuẩn an toàn điện trong nước: **TCVN 5556-1991, TCVN 4756-89, TCVN 4086-85, TCVN 3146-86, TCVN 4726-89, TCVN 4163-85, TCVN 5180-90, TCVN 3718-82, TCVN 2572-78, TCVN 3259-1992, TCVN 3145-79, TCVN 2295-78, TCVN 4115-85, TCVN 3623-81, TCVN 5334-1991, TCVN 3620-1992, TCVN 5587-1991, TCVN 5588-1991, TCVN 5589-1991, TCVN 5586-1991, TCVN3718-1:2005,.....**
11. Các tiêu chuẩn chống sét trong nước: **20 TCN 46 – 1984** Chống sét cho các công trình xây dựng. **TCN 68 – 135: 1995** Chống sét bảo vệ các công trình viễn thông; **TCN 68-140: 1995** Chống quá áp, quá dòng để bảo vệ đường dây và thiết bị thông tin; **TCN 68-141: 1995** Tiếp đất cho các công trình viễn thông. **TCN 68-167: 1997** Thiết bị chống quá áp, quá dòng do ảnh hưởng của sét và đường dây tải điện; **TCN 68-174: 2006** Quy phạm chống sét và tiếp đất cho các công trình viễn thông.
12. *Effects of current on human beings livestock*, AS3859-1991.
13. Frederic Vaillant, *EMC: electromagnetic compatibility*, Cahier Technique Merlin Gerin, N° 149, 1992.
14. Jean Pasteau, *Enclosures and degrees of protection*, Cahier Technique Merlin Gerin, N°166, 1993.
15. Bernard Lacroix, Roland Calvas, *Earthing systems in LV*, Cahier Technique Merlin Gerin, N° 172, 1995.
16. Bernard Lacroix, Roland Calvas, *Earthing systems worldwide and evolutions*, Cahier Technique Merlin Gerin, N° 173, 1995.

17. Francois Sautriau, *Neutral earthing in an industrial HV network*, Cahier Technique Merlin Gerin, N° 62, 1996.
18. DOE *Hanbook: Electrical Safety*, US Department of Energy, 1998.
19. Roland Calvas, *Residual current devices in LV*, Cahier Technique Merlin Gerin, N° 114, 1999.
20. *Electrical Industry Safety Code*, Queensland Government, Department of Mines and Energy, 2000.
21. *Safety of Information Technology Equipment*, UL 60950:2000.
22. John Cadick, Dennis Neitzel, *Electrical Safety Hanbook*, McGraw-Hill Inc., 2000.
23. *Safety BASICS - Handbook for Electrical Safety*, Cooper Bussman, 2001.
24. *Measures for reducing electric shock hazards on low-voltage systems - an analysis*, Based upon a report of the KAN working group "Residual-current protective devices", June 2003.
25. *Indoor Electrical Safety Check*, Electrical Safety Foundation International, 2004.
26. *Outdoor Electrical Safety Check*, Electrical Safety Foundation International, 2004.
27. *Protection against electric shock*, The Institution of Electrical Engineers, London, 2004.
28. *Distribution systems and protection against indirect contact and earth fault*, Technical Application Papers, ABB, 5/2006.
29. *Low voltage electrical work*, Code Of Practic.Workcover, New South Wales, 2007.

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN	5
1.1 Đặt vấn đề	5
1.2 Tai nạn điện	5
1.3 Tác dụng của dòng điện đối với cơ thể con người	6
1.4 Các yếu tố ảnh hưởng đến tai nạn điện giật	6
1.5 Dòng điện tản trong đất	12
1.6 Điện áp bước	14
1.7 Điện áp tiếp xúc	16
1.8 Phân loại công trình và trang thiết bị điện	18
1.9 Nguyên nhân chính gây ra tai nạn điện	18
CHƯƠNG 2 : PHÂN TÍCH DÒNG ĐIỆN QUA NGƯỜI	21
2.1 Mạng điện cách điện với đất	21
2.2 Mạng điện nối đất	25
2.3 Các biện pháp bảo vệ	29
CHƯƠNG 3 : HỆ THỐNG NỐI ĐẤT	
3.1 Đặt vấn đề	30
3.2 Các hệ thống nối đất chuẩn	30
3.3 Điện trở suất của đất	35
3.4 Loại nối đất	36
3.5 Các kiểu nối đất	37
3.6 Điện trở nối đất	39
3.7 Phân tích hệ thống nối đất hiện đại	46
CHƯƠNG 4 : THIẾT BỊ ĐÓNG CẮT VÀ BẢO VỆ HẠ ÁP	52
4.1 Đặt vấn đề	52
4.2 Máy cắt hạ áp	52
4.3 Thiết bị chống dòng rò	55
4.4 Cầu chì	61
CHƯƠNG 5 : BẢO VỆ AN TOÀN CHO NGƯỜI	63
5.1 Bảo vệ chống tiếp xúc trực tiếp	63
5.2 Bảo vệ chống tiếp xúc gián tiếp	65
5.3 Bảo vệ chống tiếp xúc trực tiếp và gián tiếp	82
5.4 Bảo vệ chống giật do tiếp cận với vật mang điện	84
5.5 Bảo vệ chống đốt cháy hồ quang	86
5.6 Bảo vệ chống tác hại của trường điện từ	87
5.7 Bảo vệ chống tác hại của tĩnh điện	91
CHƯƠNG 6 : BẢO VỆ AN TOÀN CHO THIẾT BỊ	94
6.1 Bảo vệ chống ảnh hưởng về nhiệt	94
6.2 Bảo vệ chống quá dòng	94
6.3 Bảo vệ chống nhiễu điện áp và nhiễu điện từ	98
6.4 Bảo vệ chống xâm nhập của vật thể rắn và nước	107

CHƯƠNG 7: BẢO VỆ CHỐNG SÉT	110
7.1 Đặt vấn đề	110
7.2 Tổng quan về sét	110
7.3 Phân loại công trình cần bảo vệ	116
7.4 Giải pháp chống sét toàn diện 6 điểm	117
7.5 Kỹ thuật thu sét tại điểm định trước	118
7.6 Dẫn sét xuống đất an toàn	129
7.7 Tản nhanh năng lượng sét vào đất	132
7.8 Đăng thế các hệ thống nối đất	134
7.9 Kỹ thuật chống sét lan truyền trên đường nguồn	134
7.10 Kỹ thuật chống sét lan truyền trên đường tín hiệu	142
7.11 Ví dụ áp dụng	151
CHƯƠNG 8 : CÔNG CỤ VÀ QUẢN LÝ AN TOÀN ĐIỆN	158
8.1 Biện pháp kỹ thuật an toàn điện	158
8.2 Phân cấp quản lý và tổ chức an toàn	169
8.3 Thanh tra kỹ thuật an toàn điện	171
CHƯƠNG 9 : SƠ CỨU NGƯỜI BỊ ĐIỆN GIẬT	173
9.1 Đặt vấn đề	173
9.2 Lưu đồ cứu hộ	173
PHỤ LỤC 1:	
CÁC TIÊU CHUẨN VÀ TỔ CHỨC AN TOÀN ĐIỆN TRONG NƯỚC	182
PHỤ LỤC 2:	
MỘT SỐ TỔ CHỨC VÀ TIÊU CHUẨN AN TOÀN ĐIỆN NGOÀI NƯỚC	191
PHỤ LỤC 3:	
THUẬT NGỮ ANH VIỆT ĐỐI CHIẾU	194
TÀI LIỆU THAM KHẢO	202
MỤC LỤC	204



GIÁO TRÌNH AN TOÀN ĐIỆN

Quyền Huy Ánh

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH

Khu phố 6, phường Linh Trung, quận Thủ Đức, TP HCM
ĐT: 7 242 181, 7 242 160 + (1421, 1422, 1423, 1425, 1426)
Fax: 7 242 194 - Email: vnuhp@vnuhcm.edu.vn

Chịu trách nhiệm xuất bản

TS HUỖNH BÁ LÂN

Biên tập

TRẦN VĂN THẮNG

Sửa bản in

THÙY DƯƠNG

Trình bày bìa

VŨ TRỌNG LUẬT

Đơn vị/Người liên kết

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP Hồ Chí Minh

In 1.000 cuốn khổ 19 x 27cm, tại Công ty In Hưng Phú. Số đăng ký kế hoạch xuất bản:107-2007/CXB/55-05/ĐHQGTPHCM.Quyết định xuất bản số 658/QĐ-ĐHQGTPHCM cấp ngày 15/8/2007 của NXB ĐHQGTPHCM. In xong và nộp lưu chiểu tháng 9/2007.

