

PGS. TS. TRẦN VĂN TÓP (chủ biên)  
ThS. NGUYỄN QUANG THUẤN

# GIÁO TRÌNH KỸ THUẬT AN TOÀN ĐIỆN

DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐÀO TẠO HỆ CỬ NHÂN CAO ĐẲNG KỸ THUẬT



EBOOKBKMT.COM

TÀI LIỆU KỸ THUẬT MIỄN PHÍ



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

**PGS. TS. TRẦN VĂN TỚP (Chủ biên)**

**ThS. NGUYỄN QUANG THUẤN**

**GIÁO TRÌNH**  
**KỸ THUẬT AN TOÀN ĐIỆN**

*(Dùng cho các trường đào tạo hệ Cử nhân cao đẳng kỹ thuật)*

**EBOOKBKMT.COM**

**TÀI LIỆU KỸ THUẬT MIỄN PHÍ**

**NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM**

Công ty Cổ phần sách Đại học - Dạy nghề – Nhà xuất bản Giáo dục  
Việt Nam giữ quyền công bố tác phẩm.

---

805 – 2010/CXB/10 – 1301/GD

Mã số : 7B794Y0 - DAI

# Lời nói đầu

Mặc dù năng lượng điện mang lại nhiều lợi ích to lớn cho con người, để sử dụng, nhưng nếu thiếu hiểu biết, không nắm vững, không chế, điện cũng sẽ gây ra những tai nạn đáng tiếc cho con người trong quá trình vận hành, bảo dưỡng, sửa chữa và sử dụng nó.

Để khai thác nguồn điện năng có hiệu quả và an toàn, cần phải trang bị những kiến thức cơ bản về an toàn điện cho mọi người, nhằm hạn chế các tai nạn điện đến mức thấp nhất.

Để giúp học sinh – sinh viên có tài liệu học tập đối với chuyên ngành điện tại các trường đào tạo hệ Cử nhân cao đẳng kỹ thuật điện tiếp thu bài giảng đạt hiệu quả cao: cũng như có tài liệu tham khảo, ứng dụng trong thực tế khi cần thiết, chúng tôi biên soạn giáo trình: **Kỹ thuật an toàn điện**.

Nội dung của giáo trình này gồm 13 chương được biên soạn trên tình thân gần gũi, dễ hiểu, cố gắng cập nhật những kiến thức mới liên quan đến môn học và gắn những vấn đề lý thuyết với những vấn đề thực tế thường gặp trong sản xuất, đời sống. Trong mỗi chương đều có các ví dụ, các câu hỏi ôn tập và bài tập để học sinh - sinh viên có thể tiếp thu bài giảng tốt hơn.

Trong quá trình sử dụng giáo trình, tùy theo đối tượng giảng dạy, yêu cầu đề ra đối với đối tượng đào tạo, mà giáo viên có thể điều chỉnh số tiết trong mỗi chương sao cho phù hợp.

Mặc dù đã cố gắng sưu tập, chọn lọc, biên soạn nhưng chắc chắn cuốn sách không khỏi còn khiếm khuyết. Rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các đồng nghiệp và bạn đọc để giáo trình ngày một hoàn thiện hơn.

Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về Công ty Cổ phần sách Đại học – Dạy nghề, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, 25 Hàn Thuyên, Hà Nội.

Xin chân thành cảm ơn!

Hà Nội, tháng 07 năm 2010

**Các tác giả**

## Chương 1

# NHỮNG KHÁI NIỆM CHUNG VỀ AN TOÀN ĐIỆN

## 1.1. TAI NẠN VỀ ĐIỆN

### 1.1.1. Các tai nạn về điện

#### a) Điện giật

Khi người tiếp xúc với phần tử có điện áp (chạm điện) sẽ có dòng điện chạy qua người:

+ Nếu dòng điện này đủ lớn tác động sinh lý đến cơ thể thì gọi là *điện giật*.

+ Còn khi dòng điện này rất lớn chạy qua cơ thể nó sẽ gây bỏng hoặc cháy các cơ quan, bộ phận trong cơ thể mà dòng điện đi qua. Lúc này gọi là *đốt cháy do điện*. Đốt cháy do điện có thể xảy ra khi cơ thể người phải chịu một điện áp rất lớn, hoặc khi thay cầu chì vào thời điểm lưới điện đang có sự cố ngắn mạch chưa được khắc phục, ...

Điện giật và đốt cháy do điện có thể gọi chung là điện giật. Một thể hiện cơ bản của dòng điện qua người là gây co giật các cơ, vì lý do này mà người ta gọi là điện giật.

#### b) Hỏa hoạn, cháy nổ do điện

Do để các vật liệu dễ cháy nổ ngay cạnh các thiết bị điện hoặc đường dây dẫn điện. Khi có dòng điện chạy trong dây dẫn quá giới hạn cho phép (có thể do quá tải, hoặc các sự cố ngắn mạch,...) dẫn đến đốt nóng dây dẫn làm hỏng cách điện hoặc khi đóng cắt mạch, chạm chập,... phát ra hồ quang. Các vật liệu dễ gần cạnh thiết bị và đường dây có thể bắt lửa và bốc cháy gây hỏa hoạn, cháy nổ.

So với điện giật thì số tai nạn do hỏa hoạn cháy nổ vì điện ít hơn. Người ta đã thống kê được điện giật chiếm khoảng 80% trong tổng số tai nạn về điện. Còn trong số tai nạn gây chết người do điện thì khoảng (85-87)% là do điện giật.

### 1.1.2. Các tình huống tiếp xúc điện

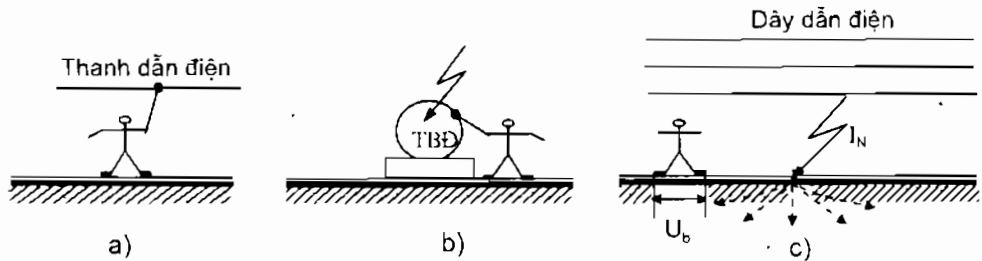
Các tình huống tiếp xúc điện dẫn đến tai nạn điện giết có thể chia làm hai nhóm: tiếp xúc điện trực tiếp và tiếp xúc điện gián tiếp.

#### a) Tiếp xúc điện trực tiếp

Là trường hợp người bị điện giết khi người tiếp xúc trực tiếp với các bộ phận bình thường mang điện như: thanh dẫn, dây dẫn, các cuộn dây trong máy điện (hình 1.1a).

#### b) Tiếp xúc điện gián tiếp

Là trường hợp người bị điện giết khi người tiếp xúc với các bộ phận bình thường không mang điện nhưng vì một nguyên nhân nào đó có điện. Chẳng hạn tiếp xúc với vỏ máy điện đang làm việc khi cách điện pha – vỏ bị hỏng (hình 1.1b), người chịu một điện áp bước  $U_b$  giữa hai bước chân do dòng điện chạm đất gây nên tại chỗ chạm đất (hình 1.1c), ...



Hình 1.1. Các tình huống tiếp xúc điện dẫn đến điện giết

- a) Người tiếp xúc với thanh dẫn điện (tiếp xúc điện trực tiếp)
- b) Người tiếp xúc với vỏ TĐĐ khi cách điện pha vỏ bị chọc thủng
- c) Người phải chịu điện áp bước  $U_b$ .

### 1.1.3. Số liệu thống kê về tai nạn điện giết

Dưới đây nêu số liệu thống kê về tai nạn điện giết theo tài liệu của một số nước trên thế giới, từ đó chúng ta có một số suy nghĩ cần thiết và cũng là một trong những xuất phát điểm để đưa ra phương án bảo vệ nhằm giảm mức nguy hiểm tối thiểu do dòng điện gây ra.

#### a) Tỷ lệ tai nạn điện giết theo cấp điện áp

Có khoảng 76,4% tai nạn xảy ra ở mạng điện hạ áp ( $U \leq 1000$  V).

Có khoảng 23,6% tai nạn xảy ra ở mạng điện cao áp ( $U > 1000$  V).

#### b) Tỷ lệ tai nạn điện giết theo nghề nghiệp

Có khoảng 42,2% tai nạn xảy ra với những người trong ngành điện.

Có khoảng 57,8% tai nạn xảy ra với những người không thuộc ngành điện.

**c) Tỷ lệ tai nạn điện giết theo nguyên nhân tiếp xúc điện**

Có khoảng 55,9% tai nạn xảy ra là do chạm điện trực tiếp.

Trong đó: 30,6% không do yêu cầu công việc.

1,7% do yêu cầu công việc.

23,6% do đóng điện nhầm trong lúc kiểm tra, sửa chữa.

Có khoảng 42,9% tai nạn xảy ra là do chạm điện gián tiếp.

Trong đó: 22,2% chạm các bộ phận kim loại không có nối đất.

0,6% chạm các bộ phận kim loại đã được nối đất.

20,1% chạm các phần tử phi kim (như tường, nền nhà, các vật cách điện,...).

Có khoảng 1,12% tai nạn xảy ra do hồ quang điện.

Có khoảng 0,08% tai nạn xảy ra do xuất hiện trong khu vực điện trường mạnh.

**d) Tỷ lệ tai nạn điện giết theo lứa tuổi (bảng 1.1)**

**Bảng 1.1.** Tỷ lệ tai nạn điện giết theo lứa tuổi

Lứa tuổi	Tỷ lệ tai nạn điện giết (%)
Đến 20	14,5
21 ÷ 30	51,7
31 ÷ 40	21,3
Trên 40	12,5

**1.2. TÁC DỤNG CỦA DÒNG ĐIỆN ĐỐI VỚI CƠ THỂ NGƯỜI**

Khi người tiếp xúc với các phần tử có điện áp (kể cả tiếp xúc trực tiếp hoặc gián tiếp), sẽ có dòng điện chạy qua cơ thể. Các bộ phận của cơ thể phải chịu tác động nhiệt, điện phân và tác dụng sinh học của dòng điện làm rối loạn, phá hủy các bộ phận này, có thể dẫn đến tử vong.

**1.2.1. Tác động về nhiệt**

Tác động về nhiệt của dòng điện đối với cơ thể người thể hiện qua hiện tượng gây bỏng, phát nóng các mạch máu, dây thần kinh, tim, não và các bộ phận khác trên cơ thể dẫn đến phá hủy chúng hoặc làm rối loạn hoạt động của chúng khi dòng điện chạy qua.

### 1.2.2. Tác động điện phân

Tác động điện phân của dòng điện thể hiện ở sự phân huỷ các chất lỏng trong cơ thể, đặc biệt là máu, dẫn đến phá vỡ các thành phần của máu và các mô trong cơ thể.

### 1.2.3. Tác động sinh học

Tác động sinh học của dòng điện biểu hiện chủ yếu qua sự phá huỷ các quá trình điện – sinh, phá vỡ cân bằng sinh học, dẫn đến phá huỷ các chức năng sống.

Những thí nghiệm còn cho thấy sự rung cơ tim (cơ tim bị kích thích làm việc khác thường có thể dẫn đến tim ngừng đập) do tác động của dòng điện được xem là lý do chủ yếu dẫn đến tử vong.

Mức độ nguy hiểm của dòng điện đối với cơ thể người tùy thuộc vào trị số của dòng điện, loại dòng điện (dòng điện một chiều hoặc dòng điện xoay chiều) và thời gian duy trì dòng điện chạy qua cơ thể.

Bảng 1.2 nêu tác dụng của dòng điện phụ thuộc vào trị số, loại dòng điện và thời gian dòng điện chạy qua cơ thể.

**Bảng 1.2.** Tác dụng của dòng điện đối với cơ thể người

Trị số dòng điện (mA)	Tác dụng của dòng điện đối với cơ thể	
	Dòng điện xoay chiều tần số 50 ÷ 60 Hz	Dòng điện một chiều
0,6 ÷ 1,5	Bắt đầu thấy ngón tay tê tê	Không có cảm giác gì
2 ÷ 3	Ngón tay tê rất mạnh	Không có cảm giác gì
3 ÷ 7	Bắt thịt co lại và rung	Đau như kim châm, cảm thấy nóng
8 ÷ 10	Tay khó rời khỏi vật có điện nhưng vẫn rời được Ngón tay, khớp tay, lòng bàn tay cảm thấy đau	Nóng tăng lên
20 ÷ 25	Tay không rời khỏi vật có điện, đau khó thở	Nóng càng tăng lên, cơ tay co lại nhưng chưa mạnh
50 ÷ 80	Cơ quan hô hấp bị tê liệt, tim bắt đầu đập mạnh	Cảm thấy nóng mạnh, cơ tay co rút, khó thở
90 ÷ 100	Cơ quan hô hấp bị tê liệt, nếu thời gian quá 3 giây tim sẽ bị tê liệt dẫn đến ngừng đập	Cơ quan hô hấp bị tê liệt (nghe thở)



Bảng 1.2 cho ta thấy:

– Dòng điện xoay chiều tần số công nghiệp 50 ÷ 60 Hz nguy hiểm hơn so với dòng điện một chiều.

– Với một trị số dòng điện nhất định thì sự tác dụng của nó vào cơ thể người hầu như không thay đổi.

– Thời gian duy trì dòng điện qua người càng lâu càng nguy hiểm. Theo C.F Dalziel dòng điện xoay chiều an toàn không gây rung cơ tim phụ thuộc vào thời gian nếu thoả mãn điều kiện sau:

$$I_{an} \leq \frac{165}{\sqrt{t}} \quad (1-1)$$

Trong đó:  $I_{an}$  – dòng điện an toàn, (mA);

$t$  – thời gian dòng điện chạy qua người, (s).

Để dễ nhớ, người ta lấy trị số an toàn cho phép của dòng điện ( $I_{an}$  hay  $I_{cp}$ ) đối với cơ thể người như sau:

+ Dòng điện xoay chiều:  $I_{cp} = 10 \text{ mA}$ ;

+ Dòng điện một chiều:  $I_{cp} = 50 \text{ mA}$ .

**Chú ý:** Qua nghiên cứu các nhà khoa học khuyến cáo rằng tác dụng của dòng điện sẽ tăng rất rõ nếu người ở trạng thái mệt mỏi hoặc trong tình trạng say rượu. Phụ nữ và trẻ em nhạy cảm với dòng điện hơn nhiều so với nam giới. Bảng 1.3 và bảng 1.4 cho biết giá trị lớn nhất cho phép để không gây rung cơ tim đối với người khoẻ và người yếu.

**Bảng 1.3.** Giá trị lớn nhất cho phép để không gây rung cơ tim đối với người khoẻ

Dòng điện, mA	10	60	90	110	160	250	500
Thời gian điện giật, giây	30	10-30	3	2	1	0,4	0,1

**Bảng 1.4.** Giá trị lớn nhất cho phép để không gây rung cơ tim đối với người yếu

Dòng điện, mA	50	100	300	
Thời gian điện giật, giây	1	0,5	0,15	Không nghiên cứu dưới 0,1 s

### 1.3. PHÂN LOẠI NHÀ, XƯƠNG THEO MỨC NGUY HIỂM VỀ ĐIỆN

Mức nguy hiểm của điện gây nên đối với cơ thể người phụ thuộc rất

lớn vào điều kiện môi trường tiếp xúc điện. Theo quy định hiện hành của nước ta thì nhà, xưởng được phân loại theo mức nguy hiểm về điện như sau:

### **1.3.1. Nhà, xưởng nguy hiểm gồm các yếu tố**

- Ẩm ướt (độ ẩm không khí vượt quá 75%);
- Có bụi dẫn điện;
- Nền nhà dẫn điện (kim loại, đất, bê tông cốt thép, gạch);
- Nhiệt độ cao (nhiệt độ thường xuyên cao hơn 30°C);
- Cơ thể người đồng thời tiếp xúc một bên với kết cấu kim loại nối đất và một bên với vỏ thiết bị điện.

### **1.3.2. Nhà, xưởng đặc biệt nguy hiểm gồm các yếu tố**

- Đặc biệt ẩm ướt (độ ẩm không khí đạt xấp xỉ 100%);
- Có tác dụng hoá học (chứa hơi, khí, chất lỏng,... có tác động phá hỏng cách điện và các bộ phận mang điện đáng kể);
- Cùng lúc có hai yếu tố nguy hiểm trở lên của nhà, xưởng theo quy định ở mục 1.3.1.

### **1.3.3. Nhà, xưởng bình thường (ít nguy hiểm)**

Nhà, xưởng bình thường là nhà, xưởng không thuộc hai loại kể trên.

Tiêu chuẩn Quốc tế IEC phân loại mức độ nguy hiểm về an toàn điện theo phòng: khô ráo (độ ẩm không khí dưới mức 60%), ẩm ướt và thường xuyên ẩm ướt và đọng nước.

## **1.4. ĐIỆN ÁP TIẾP XÚC**

Điện áp tiếp xúc ( $U_{ix}$ ) là điện áp giữa hai điểm trên đường đi của dòng điện qua cơ thể người (hay chính là điện áp đặt lên cơ thể người khi người tiếp xúc điện) thường là giữa tay với tay hoặc giữa tay và chân.

Điện áp tiếp xúc càng cao thì dòng điện qua người càng lớn. Vì vậy người sẽ càng nguy hiểm. Trong lĩnh vực an toàn điện, ngoài giá trị dòng điện cho phép người ta còn đưa ra giá trị điện áp tiếp xúc cho phép ( $U_{ixp}$ ). Căn cứ này rất thuận lợi, vì mỗi mạng điện có một điện áp tương đối ổn định (luôn giữ ở trị số định mức). Nhìn chung, tiêu chuẩn điện áp

tiếp xúc tối đa cho phép ở mỗi nước một khác nhau và thường quy định theo điều kiện môi trường tiếp xúc điện. Ví dụ:

– Quy định của Nga về  $U_{txcp}$

+ Môi trường bình thường (khô ráo):  $U_{txcp} = 65 \text{ V}$

+ Môi trường nguy hiểm (ẩm ướt):  $U_{txcp} = 36 \text{ V}$

+ Môi trường đặc biệt nguy hiểm (thường xuyên ẩm ướt):  $U_{txcp} = 12 \text{ V}$

– Quy định của IEC (International Electrotechnical Commission - Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế), theo IEC 364 - 41:

+ Môi trường bình thường (khô ráo):  $U_{txcp} = 50 \text{ V}$

+ Môi trường nguy hiểm (ẩm ướt):  $U_{txcp} = 25 \text{ V}$

+ Môi trường đặc biệt nguy hiểm (thường xuyên ẩm ướt):  $U_{txcp} = 12 \text{ V}$

– Quy định của nước ta, theo TCVN 4756 – 1989:  $U_{txcp} = 42 \text{ V}$ .

## 1.5. TỔNG TRỞ CƠ THỂ NGƯỜI

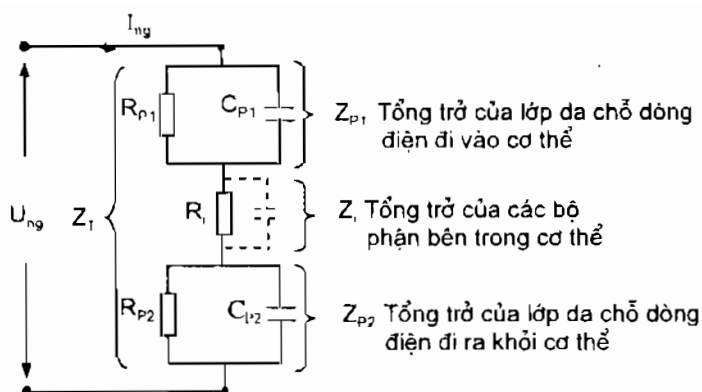
Tổng trở cùng với điện áp tiếp xúc là hai yếu tố xác định giá trị dòng điện đi qua cơ thể người khi tiếp xúc với phần tử có điện.

Qua nghiên cứu người ta thấy rằng giữa dòng điện đi qua cơ thể và điện áp đặt vào người có sự lệch pha, vì thế tổng trở là một đại lượng không thể thuần nhất. Đặc tính tổng trở của từng người khác nhau, chúng phụ thuộc vào hệ cơ bắp, cơ quan nội tạng, hệ thần kinh, điều kiện môi trường xung quanh...; đối với một người thì cũng không thể có cùng một tổng trở trong những điều kiện khác nhau hay những thời điểm khác nhau. Vì vậy, tổng trở cơ thể là đại lượng phi tuyến khi phải kể đến tất cả các yếu tố ảnh hưởng thì khó có thể thể hiện được.

Hình 1.2 tổng trở cơ thể theo IEC – 479 – 1: coi tổng trở cơ thể gồm hai thành phần chính, tổng trở lớp da  $Z_{p1}$ ,  $Z_{p2}$  và tổng trở của các bộ phận bên trong cơ thể  $Z_i \approx R$ , (coi là thuần trở).

Lớp da khô sẽ có tác dụng như chất cách điện.

Các thí nghiệm cho thấy rằng nếu lớp da còn nguyên vẹn và khô thì tổng trở cơ thể có thể đạt đến giá trị từ 40.000  $\Omega$  đến 100.000  $\Omega$  thậm chí còn cao hơn; nhưng khi lớp da không còn nguyên vẹn lại ẩm ướt (có thể do bị cắt, bị tổn thương, đổ mồ hôi, ... hoặc môi trường xung quanh ẩm ướt) tổng trở cơ thể có thể giảm xuống chỉ còn 600  $\Omega$ , thậm chí 200  $\Omega$ .



**Hình 1.2.** Tổng trở của cơ thể người.

Tổng trở cơ thể chịu ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố, trong đó cần kể đến:

### 1.5.1. Điện áp tiếp xúc và thời gian duy trì điện áp

Khi đặt một điện áp lớn vào cơ thể thì lớp da sẽ bị phóng điện chọc thủng. Lớp da bắt đầu bị đánh thủng thì tổng trở bắt đầu giảm. Người ta đã xác định được sự xuyên thủng da bắt đầu ở điện áp giữa 10V và 50V. Thời gian duy trì điện áp càng lớn (cũng tức là duy trì dòng điện qua người) thì tổng trở cơ thể càng giảm do sự xuyên thủng da dưới tác dụng của điện áp. Các thí nghiệm cho thấy rằng hiện tượng xuyên thủng da bắt đầu sau 0,5 giây nhưng sẽ chấm dứt hoàn toàn sau 5 ÷ 6 giây.

**Bảng 1.5.** Giá trị tổng trở cơ thể người khi dòng điện đi từ tay này sang tay kia hay từ tay đến chân.

Điện áp tiếp xúc (V)	Giá trị của $Z_i$ ( $\Omega$ ) không vượt quá đối với tỷ lệ phần trăm của dân số		
	5%	50%	90%
25	1750	3250	6100
50	1450	2625	4375
75	1250	2200	3500
100	1200	1875	3200
125	1125	1625	2875
220	1000	1350	2125
700	750	1100	1550
1100	700	1050	1500
Giá trị tiệm cận	650	750	850

Bảng 1.5 cho ta giá trị trở tổng cơ thể  $Z_T$  theo tỷ lệ phần trăm dân số đối với người đang sống khi dòng điện đi từ tay này đến tay kia hay từ tay đến chân đối với các trị số điện áp tiếp xúc.

### 1.5.2. Môi trường xung quanh

a) **Độ ẩm:** khi độ ẩm của môi trường xung quanh càng tăng, thì độ dẫn điện của lớp da sẽ tăng lên tức là tổng trở cơ thể sẽ giảm vì thế mức độ nguy hiểm cũng tăng.

b) **Nhiệt độ:** khi nhiệt độ của môi trường xung quanh càng tăng, tuyến mồ hôi hoạt động mạnh thì độ dẫn điện của lớp da sẽ tăng lên tức là tổng trở cơ thể sẽ giảm vì thế mức độ nguy hiểm cũng tăng.

### 1.5.3. Diện tích tiếp xúc và tần số của dòng điện

Nếu diện tích tiếp xúc càng lớn thì tổng trở của người sẽ giảm, vì thế sự nguy hiểm do điện càng tăng.

Như đã nêu, tổng trở cơ thể có thành phần điện dung của lớp da vì vậy nó sẽ bị ảnh hưởng của tần số dòng điện qua người. Điều này cũng cho thấy rằng mức độ nguy hiểm của điện đối với cơ thể có liên quan tới tần số. Song cho đến nay các nhà nghiên cứu chưa khẳng định với tần số bao nhiêu là nguy hiểm nhất và tần số nào ít nguy hiểm nhất. Nhìn chung các nhà khoa học đều cho rằng dòng điện ở tần số công nghiệp  $50 \div 60$  là nguy hiểm nhất. Vì ở tần số này dòng điện sẽ kích thích các cơ, đặc biệt là cơ tim tốt nhất.

### 1.5.4. Đường đi của dòng điện

Qua nghiên cứu người ta thấy rằng đường đi của dòng điện qua cơ thể cũng góp phần quan trọng vào sự nguy hiểm của dòng điện đối với cơ thể, đặc biệt khi đường đi này liên quan nhiều đến các cơ quan hô hấp và tim. Bảng 1.6 cho thấy phân lượng dòng điện đi qua tim để đánh giá mức độ nguy hiểm của đường đi dòng điện trong cơ thể.

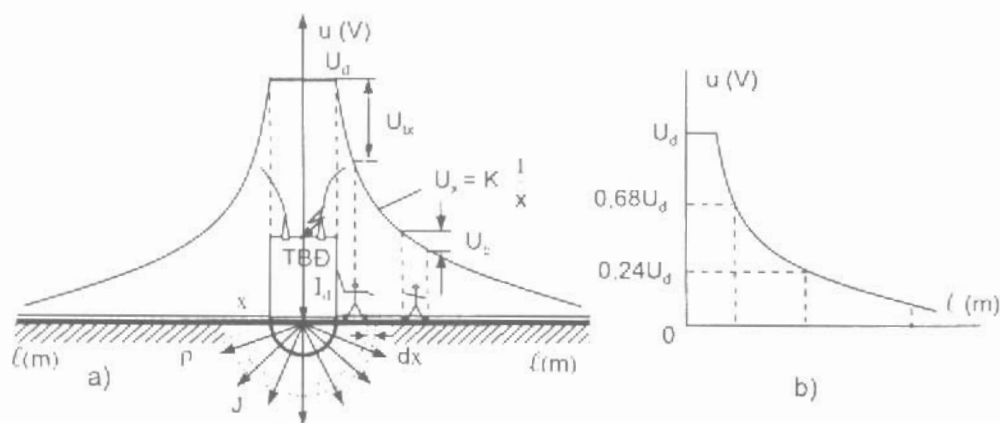
**Bảng 1.6.** Phân lượng dòng điện qua tim theo đường đi dòng điện qua người

Dòng điện đi qua người	Tỷ lệ phần trăm của dòng điện tổng đi qua tim (%)
Từ tay qua tay	3,3
Từ tay trái qua chân	3,7
Từ tay phải qua chân	6,7
Từ chân sang chân	0,4

Ở đây ta thấy dòng điện đi từ chân sang chân (chịu điện áp bước) ít nguy hiểm nhất, nhưng nếu quá hốt hoảng do các bắp thịt và các cơ của chân bị co rút, người bị ngã thì rất dễ lại chuyển thành các trường hợp nguy hiểm hơn.

Để đơn giản, trong tính toán an toàn người ta thường bỏ qua thành phần điện dung của lớp da vì điện dung này rất nhỏ, khi đó tổng trở cơ thể là thuần điện trở ( $R_{ng}$ ). Theo nhiều thí nghiệm và từ các kết quả nghiên cứu thống kê điện giật, trong kỹ thuật an toàn điện thường lấy điện trở cơ thể người trong trường hợp chung  $R_{ng} = 1000 \Omega$  khi lộ trình đường đi của dòng điện từ tay đến chân hoặc từ tay trái sang tay phải. Nhưng cần chú ý trong các điều kiện không thuận lợi kể trên điện trở cơ thể người có thể giảm dưới giá trị  $1000 \Omega$  nên khi tính toán thực hiện bảo vệ cũng như khi cần xác định sự nguy hiểm điện giật phải xét cụ thể từng trường hợp có thể (môi trường, loại mạng điện và điện áp mạng, ...) làm cho điện trở cơ thể giảm xuống dưới mức  $1000 \Omega$ .

## 1.6. HIỆN TƯỢNG DÒNG ĐIỆN TẢN VÀO TRONG ĐẤT



Hình 1.3. Dòng điện tản vào trong đất thông qua điện cực bán cầu kim loại chôn sát mặt đất

Khi cách điện bị hư hỏng, hoặc dây dẫn có điện áp bị đứt rơi xuống đất, ... tại chỗ chạm đất sẽ có dòng điện chạy tản vào trong đất. Dòng điện đó sẽ tản như thế nào ở trong đất, vấn đề này khá phức tạp, xong để đơn giản ta xét trường hợp dòng điện đi vào đất thông qua một hệ thống nối đất chỉ là một điện cực bán cầu kim loại chôn sát mặt đất có bán

kính  $r_0$  với giả thiết:

– Môi trường đất chôn điện cực có điện trở suất thuần nhất  $\rho$ ; đơn vị tính là  $\Omega\text{m}$ .

– Dòng điện chạm đất:  $I_d$  đi từ tâm bán cầu toả ra đường bán kính (hình 1.3.a).

– Trên cơ sở của lý thuyết tương tự chúng ta có thể xem trường của dòng điện đi trong đất giống dạng trường trong tĩnh điện, nghĩa là tập hợp những đường sức và đường đẳng thế của chúng giống nhau.

Bây giờ ta đi xét sự phân bố thế tại chỗ có dòng điện chạm đất, điện áp tiếp xúc và điện áp bước trong trường hợp dòng điện tản thông qua bán cầu kim loại với các giả thiết vừa nêu.

### 1.6.1. Sự phân bố thế tại chỗ dòng điện chạm đất

Đại lượng cơ bản trong điện trường của môi trường dẫn điện là mật độ dòng điện  $J$ . Véc tơ này hướng theo hướng của véc tơ cường độ điện trường.

Theo định luật Ôm dưới dạng vi phân:

$$J = \gamma E \quad \text{hay} \quad E = \rho J \quad (1-2)$$

Trong đó:  $\gamma$  – điện dẫn suất ( $\gamma = \frac{1}{\rho}$ )

$\rho$  – điện trở suất.

$E$  – điện áp trên đơn vị chiều dài dọc theo đường đi của dòng điện.

Mật độ dòng điện tại điểm cách tâm bán cầu một đoạn  $x$  bằng:

$$J = \frac{I_d}{2\pi x^2} \quad (1-3)$$

Điện áp trên một đoạn vô cùng bé  $dx$  dọc trên đường đi của dòng điện là:

$$du = Edx = \rho J dx = \frac{\rho \cdot I_d}{2\pi x^2} dx \quad (1-4)$$

Điện áp tại một điểm  $x$  nào đó chính là hiệu số điện áp giữa điểm  $x$  và điểm vô cùng xa (điện áp của điểm vô cùng xa có thể xem bằng 0) bằng:

$$U_x = U_x - U_\infty = \int_x^\infty du = \frac{\rho \cdot I_d}{2\pi} \int_x^\infty \frac{1}{x^2} dx = \frac{\rho \cdot I_d}{2\pi x} \quad (1-5)$$

Nếu chuyển điểm x đến vật nối đất, ta có điện áp cao nhất đối với đất:

$$U_d = \frac{\rho \cdot I_d}{2\pi r_0} \quad (1-6)$$

Từ (1-6) ta thấy, vì  $r_0$  là bán kính mặt cầu nên  $U_d$  là hằng số và tích

$r_0 \cdot U_d$  cũng là hằng số nên ta có:  $\frac{U_x}{U_d} = \frac{r_0}{x}$  hay  $U_x = r_0 \cdot U_d \cdot \frac{1}{x} = K \cdot \frac{1}{x}$  là

đường hypebol.

Như vậy sự phân bố thế trong vùng điện rò trong đất đối với điểm vô cực ngoài vùng rò có dạng đường hypebol (hình 1.3.a).

Các thí nghiệm cho thấy: sự phân bố điện áp trên mặt đất gần vật nối đất gần giống đường hypebol. Sở dĩ tình trạng phân bố điện áp trong các trường hợp đều tương tự nhau do đặc điểm vật dẫn điện là quả đất.

Đất ở gần vật nối đất có điện trở cực đại đối với dòng điện vì ở đây dòng điện đi qua một tiết diện nhỏ cho nên tại những điểm đó điện áp giáng lớn nhất.

Bằng cách đo trực tiếp điện áp rơi trên từng điểm, người ta vẽ được đường cong phân bố điện áp đối với đất trong vùng dòng điện tản trong đất như (hình 1.3.b):

- Trong vùng cách vật nối đất 1m có khoảng 68% điện áp rơi ( $0,68U_d$ );
- Trong vùng cách vật nối đất 10m còn  $0,24U_d$ ;
- Trong vùng cách vật nối đất trên 20m gần bằng  $0U_d$  (vùng có thể bằng không).

### 1.6.2. Điện trở tản

Trong khi đi vào đất, dòng điện tản bị điện trở của đất cản trở. Điện trở này gọi là điện trở tản hay gọi là điện trở của vật (điện cực) nối đất.

Điện trở của vật nối đất là tỷ số giữa điện áp xuất hiện trên các vật nối đất với dòng điện chạy qua vật nối đất vào trong đất:

$$R_d = \frac{U_d}{I_d}$$

Đối với điện cực là bán cầu kim loại như đã xét ở trên thì điện trở tản của điện cực bán cầu kim loại được xác định như sau:

$$R_d = \frac{U_d}{I_d} = \frac{\rho}{2\pi r_0}, \quad \Omega \quad (1-7)$$



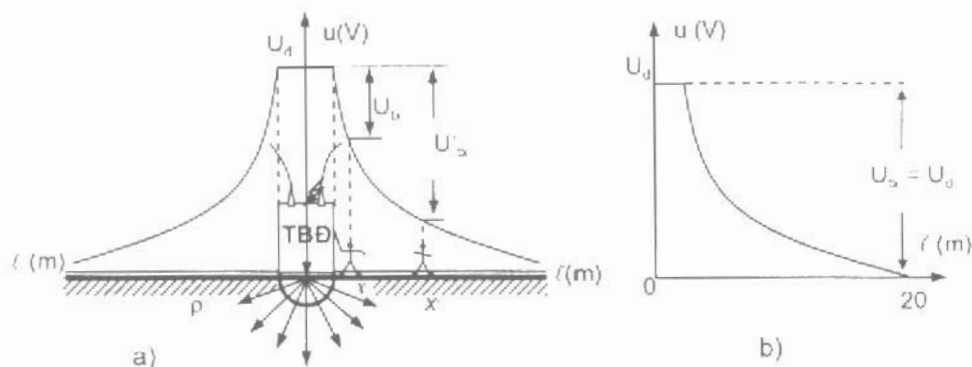
Từ 1-7 ta thấy rằng, điện trở tản của điện cực nổi đất phụ thuộc vào bản thân điện cực làm vật nổi đất và điện trở suất của vùng đất chôn điện cực. Với các loại điện cực khác sự phụ thuộc này vẫn đúng (xem chương 5 nổi đất bảo vệ).

### 1.6.3. Điện áp tiếp xúc ( $U_{ix}$ )

Khi chân người tiếp xúc trực tiếp với đất còn tay chạm vào thiết bị điện có sự cố cách điện, điện áp tiếp xúc là điện áp giữa tay và chân người, chân người đứng tại điểm x (hình 1.4.a).

$$\begin{aligned} \text{Ta có: } U_{ix} &= U_{tay} - U_{chân} = U_d - U_x \\ &= \frac{\rho \cdot I_d}{2\pi r_0} - \frac{\rho \cdot I_d}{2\pi x} = \frac{\rho \cdot I_d (x - r_0)}{2\pi r_0 x} \end{aligned} \quad (1-8)$$

Từ (1-8) cho thấy: điện áp tiếp xúc phụ thuộc vào khoảng cách từ vỏ thiết bị được nối đất đến vật nổi đất và mức độ cân bằng thế. Càng xa điện cực nổi đất (x càng lớn), thế của đất càng giảm ( $U_x$  giảm), tức là  $U_{ix}$  càng tăng gần đến trị số  $U_d$  ( $x' > x$  thì  $U'_{ix} > U_{ix}$ ). Kết quả nghiên cứu thấy rằng khi khoảng cách trên 20 m điện áp tiếp xúc có thể coi như bằng  $U_d$  (hình 1.4b).



Hình 1. 4. Điện áp tiếp xúc

### 1.6.4. Điện áp bước ( $U_b$ )

Điện áp đất giữa hai chân người do dòng điện chạm đất tạo nên gọi là điện áp bước (hình 1.5).

$$U_b = U_x - U_{x+a} = \frac{\rho \cdot I_d}{2\pi x} - \frac{\rho \cdot I_d}{2\pi(x+a)} = \frac{\rho \cdot I_d \cdot a}{2\pi x(x+a)} \quad (1-9)$$

Trong đó: a – độ dài một bước chân (khoảng 0,8m);

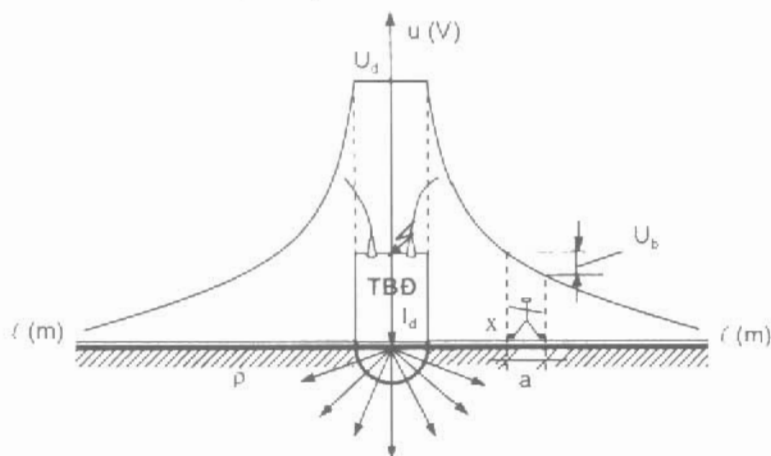
x – khoảng cách từ chỗ dòng điện chạm đất đến chân gần điện cực hơn.

Ví dụ: Tính điện áp bước  $U_b$  khi người đứng cách chỗ có dòng điện chạm đất  $x = 20\text{m}$ . Biết:

- Dòng điện chạm đất có trị số  $I_d = 10^3\text{A}$ ;
- Điện trở suất của vùng đất này có trị số  $\rho = 10^2\ \Omega\text{m}$ ;
- Lấy độ dài của bước chân người  $a = 0,8\text{m}$ .

Áp dụng công thức (1-9):

$$U_b = \frac{\rho \cdot I_d \cdot a}{2\pi x(x+a)} = \frac{10^2 \cdot 10^3 \cdot 0,8}{2 \cdot 3,14 \cdot 20(20+0,8)} = 30,6\text{ V}$$



Hình 1. 5. Điện áp bước

Từ (1 - 9) ta thấy rằng càng đứng xa chỗ dòng điện chạm đất (điện cực nối đất) điện áp bước càng có trị số nhỏ. Khi người đứng cách chỗ chạm đất trên 20 m có thể coi điện áp bước bằng không.

*Như vậy điện áp bước và điện áp tiếp xúc thay đổi hoàn toàn trái ngược nhau khi khoảng cách đến chỗ chạm đất thay đổi.*

## CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 1

- 1.1. Hãy nêu các tai nạn về điện?
- 1.2. Tác dụng của dòng điện đối với cơ thể người?
- 1.3. Phân loại nhà, xưởng theo nguy hiểm về điện?
- 1.4. Điện áp tiếp xúc, quy định về điện áp tiếp xúc cho phép đối với cơ thể người?
- 1.5. Tổng trở cơ thể người và những yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến nó?
- 1.6. Sự phân bố điện thế tại chỗ dòng điện chạm đất, điện áp tiếp xúc và điện áp bước?

# XỬ LÝ VÀ CẤP CỨU NGƯỜI BỊ ĐIỆN GIẬT

Khi có người bị điện giật bất cứ ai nhìn thấy cũng phải có trách nhiệm tìm mọi biện pháp để cứu người bị nạn. Việc cứu người cần được tiến hành nhanh chóng, kịp thời và có phương pháp, bởi nó là yếu tố quyết định đến tính mạng của nạn nhân.

Những thống kê về tai nạn điện giật cho thấy rằng, nếu việc xử lý, cấp cứu được tiến hành càng nhanh thì tỷ lệ nạn nhân được cứu sống càng cao. Ví dụ: đối với người bị điện giật ở mạng hạ áp trong 1 phút nếu được tách khỏi nguồn và được sơ cấp cứu thì tỷ lệ được cứu sống khoảng 98%, còn nếu kéo dài đến 6 phút thì tỷ lệ được cứu sống chỉ còn khoảng 10%.

Việc xử lý, cấp cứu người bị điện giật đúng cách cần thực hiện theo trình tự hai bước cơ bản: tách nạn nhân ra khỏi nguồn điện và cấp cứu nạn nhân ngay sau khi tách ra khỏi nguồn điện.

## 2.1. TÁCH NẠN NHÂN RA KHỎI NGUỒN ĐIỆN

### 2.1.1. Trường hợp cắt được nguồn điện

Thì cần nhanh chóng cắt nguồn điện bằng cách cắt các thiết bị đóng cắt gần nạn nhân nhất như công tắc, cầu dao, áp to mát, máy cắt điện,... Khi cắt cần chú ý:

- Nếu người bị nạn đang ở trên cao thì cần có biện pháp hứng đỡ khi người đó rơi xuống.
- Cắt điện trong trường hợp này cũng có thể dùng dao, búa, rìu v.v... có cán cách điện để chặt đứt dây dẫn điện.

### 2.1.2. Trường hợp không cắt được nguồn điện

Cần phân biệt người bị nạn là do điện hạ áp hay điện cao áp mà thực hiện các biện pháp sau:

#### a) Nếu người bị nạn do điện hạ thế

Người cứu cần có biện pháp an toàn cá nhân tốt như dùng các vật cách điện: sào, gậy tre hoặc gỗ khô,... để gạt dây điện ra khỏi nạn nhân;

nếu nạn nhân nắm chặt vào dây điện cần phải đứng trên các vật cách điện khô như bàn, ghế, bệ gỗ, thảm hoặc đi ủng hoặc đi găng tay cách điện để gỡ nạn nhân ra hoặc cũng có thể dùng dao, búa, riu có cán cách điện v.v... để chặt dây điện.



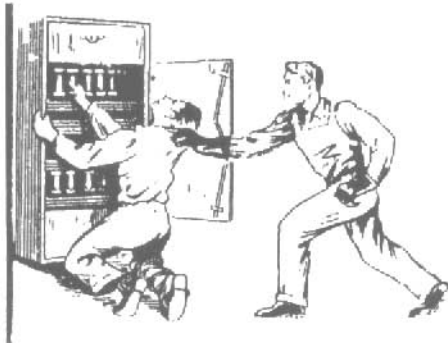
a)



b)



c)



d)

**Hình 2.1.** Một số cách tách nạn nhân ra khỏi nguồn điện

- a) Cắt cấu dao điện;
- b) Dùng gậy tre, gỗ khô gạt dây điện ra khỏi nạn nhân.
- c) Dùng dao, riu cán cách điện chặt đứt dây điện;
- d) Dùng tay kéo ào (khô) tách nạn nhân ra khỏi nguồn điện

## **b) Nếu người bị nạn do điện cao thế**

Tốt nhất là người cứu có các dụng cụ an toàn như: đi ủng, găng cách điện hoặc sào cách điện,... khi tách nạn nhân ra khỏi mạch điện. Nếu trong trường hợp không có các dụng cụ an toàn kể trên thì cần làm ngắn mạch đường dây (tạo ngắn mạch để các thiết bị bảo vệ tự động cắt đường dây ra khỏi nguồn) bằng cách lấy dây đồng, dây nhôm hoặc dây thép ném lên đường dây tạo ngắn mạch các pha. Trong trường hợp người bị nạn chỉ chạm vào một pha thì chỉ cần nối đất một đầu dây còn đầu kia ném vào pha đó, nhưng tránh ném vào người bị nạn.

## **2.2. CẤP CỨU NGAY SAU KHI TÁCH NẠN NHÂN RA KHỎI NGUỒN ĐIỆN**

Ngay sau khi người bị nạn thoát khỏi nguồn điện, phải căn cứ vào tình trạng sức khoẻ của nạn nhân để xử lý cho thích hợp.

### **2.2.1. Người bị nạn chưa mất tri giác**

Khi người bị nạn chưa mất tri giác, chỉ bị mê man trong chốc lát, còn thở yếu v.v... cần đặt nạn nhân ở nơi thoáng khí, yên tĩnh và cấp tốc đi mời y – bác sỹ ngay, nếu không mời y – bác sỹ thì cần chuyển người bị nạn đến cơ quan y tế gần nhất.

### **2.2.2. Người bị nạn mất tri giác**

Khi người bị nạn đã mất tri giác nhưng vẫn còn thở nhẹ, tim đập yếu, cần đặt nạn nhân ở nơi thoáng khí, yên tĩnh (nếu trời lạnh phải đặt trong phòng thoáng), nới rộng quần áo, thắt lưng và xem có gì trong miệng thì lấy ra rồi cho người amoniac, nước giải, xoa bóp toàn thân cho nóng lên đồng thời đi mời y – bác sỹ ngay.

### **2.2.3. Người bị nạn đã tắt thở**

Nếu người bị nạn đã tắt thở, tim ngừng đập, toàn thân sinh cơ giật như chết cần đặt nạn nhân ở nơi thoáng khí, bằng phẳng, nới rộng quần áo và thắt lưng; lau sạch máu, nước bọt và các chất bẩn; kiểm tra miệng xem có vướng gì không rồi thực hiện hô hấp nhân tạo. Cần thực hiện hô hấp nhân tạo cho đến khi có y – bác sỹ đến, có ý kiến quyết định mới thôi.

## **Phương pháp hô hấp nhân tạo:**

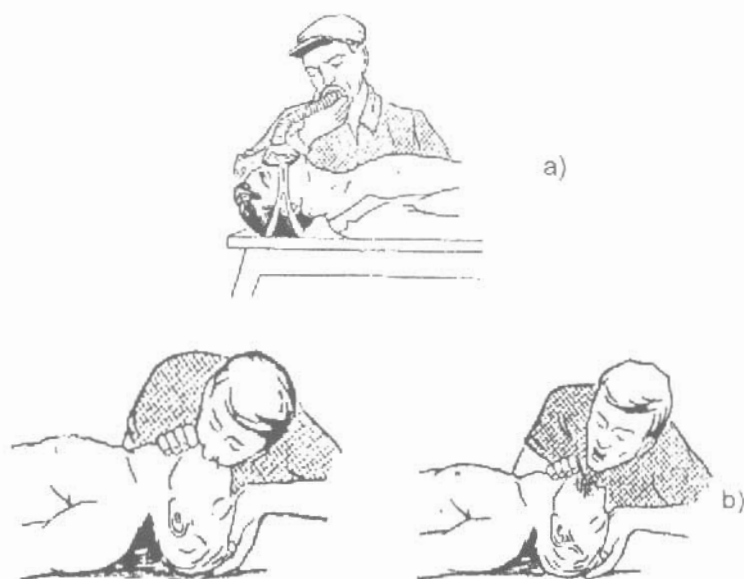
### **a) Khi chỉ có một người làm hô hấp (hình 2.2)**

– Đặt nạn nhân nằm ngửa, kê gáy bằng vật mềm và để đầu ngửa về

phía sau. Kiểm tra khí quản có thông suốt không và lấy các dị vật ra. Nếu hàm bị co cứng phải mở miệng bằng cách để tay áp vào phía dưới của góc hàm dưới, tỳ ngón cái vào mép hàm để đẩy hàm dưới ra.

– Kéo nạn nhân về phía sau sao cho cằm và cổ trên một đường thẳng đảm bảo cho không khí vào được dễ dàng. Đẩy hàm dưới về phía trước, để phòng lưỡi rơi xuống đóng thanh quản.

– Mở miệng và bịt mũi nạn nhân. Người cấp cứu hít hơi và thổi mạnh vào miệng nạn nhân (nên đặt gạc sạch lên miệng nạn nhân khi thổi). Nếu không thể thổi vào miệng được thì có thể bịt kín miệng nạn nhân và thổi vào mũi. Việc thổi khí cần làm nhịp nhàng và liên tục 10 ÷ 12 lần trong 1 phút với người lớn, 20 lần trong 1 phút với trẻ em. Lập lại các thao tác trên nhiều lần.

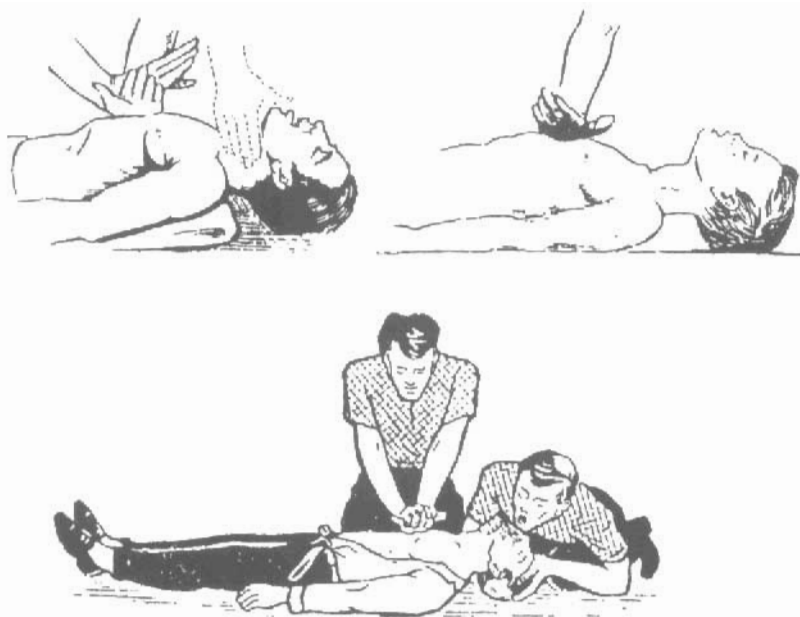


**Hình 2.2.** Hà hơi thổi ngạt khi chỉ có một người

a) Hà hơi thổi ngạt bằng máy    b) Hà hơi thổi ngạt trực tiếp bằng miệng

### **b) Khi có hai người làm hô hấp**

Nếu có hai người cấp cứu thì một người hà hơi thổi ngạt, còn người kia xoa bóp nhịp tim (hình 2.3). Người xoa bóp tim đặt hai tay chống lên nhau và đặt ở 1/3 phần dưới xương ức của nạn nhân, ấn khoảng 4–6 lần thì dừng lại 2 giây để người kia thổi không khí vào phổi nạn nhân. Khi ấn, cần ép mạnh lồng ngực xuống khoảng 4–6 cm sau đó giữ tay lại khoảng 1/3 giây rồi mới để tay trở về vị trí ban đầu.



Hình 2.3. Hô hấp nhân tạo kết hợp xoa bóp tim

Các thao tác phải được thực hiện liên tục cho đến khi có y – bác sỹ đến và có ý kiến quyết định mới thôi.

Tóm lại, cứu người bị tai nạn điện giật là một công việc khẩn cấp, làm càng nhanh càng tốt. Tùy theo hoàn cảnh mà áp dụng phương pháp cứu chữa cho thích hợp. Phải hết sức bình tĩnh và kiên trì để xử lý. Chỉ được phép coi người bị nạn đã chết khi đã có bằng chứng rõ ràng như: vỡ sọ, cháy toàn thân, hay có quyết định của y – bác sỹ, nếu không phải cứu chữa đến cùng.

## CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 2

- 2.1. Phương pháp tách nạn nhân ra khỏi nguồn điện?
- 2.2. Phương pháp xử lý, cấp cứu sau khi tách nạn nhân ra khỏi nguồn điện?

## PHÂN TÍCH AN TOÀN TRONG MẠNG ĐIỆN ĐƠN GIẢN

### 3.1. KHÁI QUÁT CHUNG

Mạng điện đơn giản là mạng điện xoay chiều một pha hạ áp hoặc mạng điện một chiều kể cả cao áp và hạ áp; mạng có thể có một dây hoặc hai dây; có thể đi trên không hoặc dưới dạng cáp ngầm.

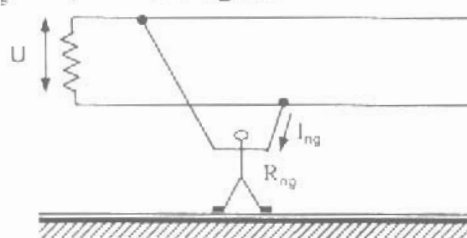
Các trường hợp mất an toàn trong mạng điện này có thể là do chạm vào hai cực (hai dây) hoặc một cực.

– Trường hợp người chạm cả hai dây thì rất nguy hiểm vì người phải chịu điện áp của mạng đặt lên người (hình 3.1), khi đó dòng điện qua người sẽ bằng:

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

Trong đó:  $U$  – điện áp của mạng điện;

$R_{ng}$  – điện trở của người.



Hình 3.1. Người chạm vào hai cực của mạng điện đơn giản

**Ví dụ:**  $U = 110 \text{ V}$ ;  $R_{ng} = 1000 \Omega$  thì

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}} = \frac{110}{1000} = 0,11 \text{ A} = 110 \text{ mA}$$

Giá trị dòng điện  $I_{ng}$  lớn hơn rất nhiều giá trị an toàn cho phép ( $I_p$ ) đã nêu ở bảng 1.2 nên rất nguy hiểm.

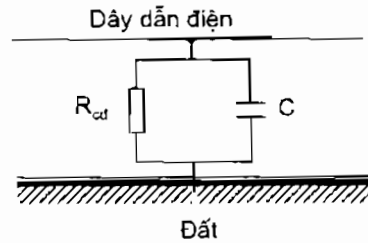
– Trường hợp người tiếp xúc một dây thì mức độ nguy hiểm phụ thuộc vào từng loại mạng điện.



- Trong thực tế vận hành rất ít khi xảy ra trường hợp chạm vào cả hai cực mà thường xảy ra trường hợp chạm vào một cực. Vì vậy ở đây chủ yếu phân tích an toàn trong trường hợp chạm vào một cực của mạng điện đơn giản.

### 3.2. MẠNG ĐIỆN CÓ ĐIỆN DUNG NHỎ

Vì không có cách điện nào là hoàn hảo nên lớp điện môi giữa đường dây mang điện so với đất vẫn có dòng điện rò. Qua nghiên cứu người ta thấy rằng lớp điện môi này có thể thay thế bởi các thông số điện trở cách điện:  $R_{cd}$  (hoặc điện dẫn  $g_{cd}$ ) và điện dung  $C$  (hình 3.2)

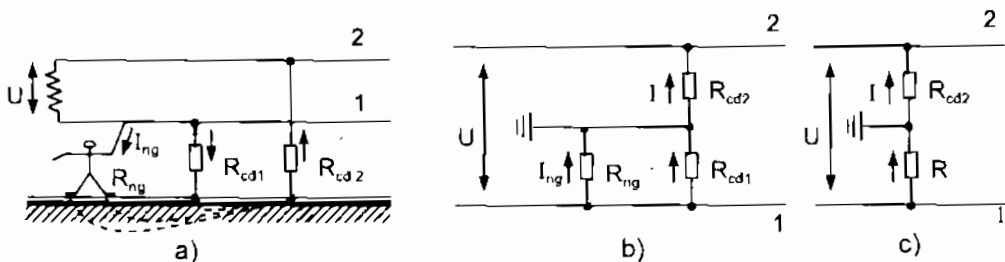


Hình 3.2. Sơ đồ thay thế của lớp điện môi giữa dây dẫn điện và đất

Mạng xoay chiều hoặc một chiều hạ áp dây đi trên không có điện dung  $C$  rất nhỏ có thể bỏ qua, trong sơ đồ thay thế của lớp điện môi giữa dây dẫn điện với đất chỉ còn lại điện trở cách điện  $R_{cd}$  (hoặc điện dẫn  $g_{cd}$ ). Bây giờ ta sẽ phân tích an toàn khi người chạm vào một cực của mạng điện này.

#### 3.2.1. Mạng cách điện đối với đất

Trên hình 3.3 vẽ mạng điện đơn giản hai dây cách điện đối với đất điện áp  $U$  dưới 1000 V.



Hình 3.3. Người chạm vào một dây trong mạng điện có hai dây cách điện với đất

- a) Người chạm vào 1 cực của mạng đơn giản 2 dây cách điện với đất  
b), c) là sơ đồ thay thế

$R_{cd1}$ ,  $R_{cd2}$  là điện trở cách điện của dây 1 và dây 2 với đất (hình 3.3).

Khi người có điện trở  $R_{ng}$  chạm vào một cực của mạng điện sẽ tạo thành một mạch kín.

Lúc đó, người sẽ phải chịu một dòng điện có trị số chạy qua:

$$I_{ng} = \frac{U \cdot R_{cd1}}{R_{ng}(R_{cd1} + R_{cd2}) + R_{cd1} \cdot R_{cd2}} \quad (3-1)$$

Trong đó:

$U$  – điện áp của mạng điện, V

$R_{ng}$  – điện trở người,  $\Omega$

Có thể chứng minh như sau:

Theo sơ đồ đẳng trị (hình 3.3.b và c), ta có:

$$R = \frac{R_{ng} \cdot R_{cd1}}{R_{ng} + R_{cd1}} \quad (3-2)$$

Dòng điện tổng của mạch:

$$I = \frac{U}{R + R_{cd2}} \quad (3-3)$$

Điện áp đặt vào người:

$$U_{ng} = I \cdot R \quad (3-4)$$

Dòng điện chạy qua người:

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_{ng}} = \frac{U \cdot R}{R_{ng}(R + R_{cd2})} \quad (3-5)$$

Thay (3-2) vào (3-5) ta được:

$$I_{ng} = \frac{U \cdot R_{cd1}}{R_{ng}(R_{cd1} + R_{cd2}) + R_{cd1} \cdot R_{cd2}}$$

***Từ đây có thể cho ta rút ra các nhận xét sau:***

+ Có thể coi điện trở cách điện:  $R_{cd1} = R_{cd2} = R_{cd}$  (vì khoảng cách giữa dây 1 và dây 2 đối với đất thực tế là gần như nhau), khi đó (3-1) trở thành:

$$I_{ng} = \frac{U}{2R_{ng} + R_{cd}} \quad (3-6)$$

+ Thấy rõ vai trò của cách điện đối với điều kiện an toàn. Nếu trị số an toàn của dòng điện chạy qua cơ thể là  $I_{cp} = 10 \text{ mA}$  (hay  $0,01 \text{ A}$ ) thì điện trở cách điện không được nhỏ hơn trị số sau:

$$I_{ng} = \frac{U}{2R_{ng} + R_{cd}} \leq I_{cp} = 0,01 \text{ (A)} \Rightarrow R_{cd} \geq 100U - 2R_{ng} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (3-7)$$

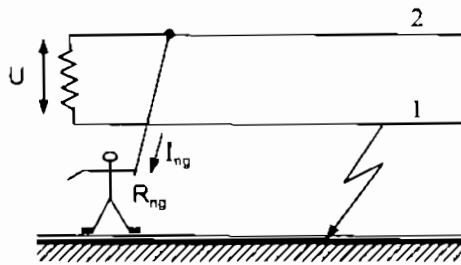
**Ví dụ:** Nếu lấy  $U = 220 \text{ V}$ ,  $R_{ng} = 1000 \Omega$  thì cần có điện trở cách điện là:  $R_{cd} \geq 20000 = 20 \text{ k}\Omega$ .

+ Trong trường hợp nếu người chạm điện đi giày, dép hoặc đứng trên bàn ghế, thảm,... có điện trở càng lớn thì dòng điện qua người càng giảm, tức là sẽ an toàn hơn so với chân tiếp xúc trực tiếp với đất.

Vì khi đó dòng điện chạy qua người sẽ là:

$$I_{ng} = \frac{U}{2(R_{ng} + R_n) + R_{cd}} \quad (3-8)$$

Với  $R_n$  – điện trở nền (điện trở các vật người đứng lên trong khi chạm điện).



**Hình 3.4.** Người chạm vào 1 dây trong khi dây kia đang chạm đất

+ Nguy hiểm nhất là trường hợp chạm vào một dây trong khi dây kia chạm đất (hình 3.4). Vì lúc đó người phải chịu gần như toàn bộ điện áp của mạng như trường hợp người chạm vào cả hai cực đã đề cập ở trên, tức là:

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}} \text{ (A)}$$

Với  $U$  – điện áp của mạng điện, V.

### 3.2.2. Mạng có một cực nối đất

#### a) Mạng có 1 dây (hình 3.5)

Thực chất mạng này vẫn có 2 dây, một dây đi trên không còn một dây là đất hoặc đường ray. Mạng điện này được dùng để chạy tàu điện hoặc xe điện.

Bằng cách giải mạch tương tự mục 3.2.1, ta tìm được:

$$I_{ng} = \frac{U \cdot R_{cd2}}{R_{ng}(R_0 + R_{cd2}) + R_0 \cdot R_{cd2}} \quad (3-9)$$

Ở đây:  $R_0$  -- điện trở nối đất làm việc.

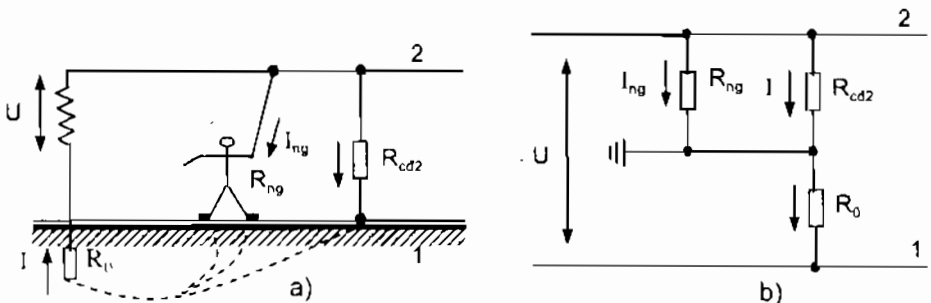
+ Nếu coi:  $R_0 = 0$ , biểu thức (3-9) trở thành:

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}} \quad (3-10)$$

+ Nếu người đứng trên nền có điện trở  $R_n$ , biểu thức (3-10) trở thành:

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng} + R_n} \quad (3-11)$$

Qua đây ta thấy rằng, nếu chân người tiếp xúc trực tiếp với đất chạm vào mạng điện này người sẽ phải chịu gần như toàn bộ điện áp của mạng điện, rất nguy hiểm vì thế khi sử dụng và làm việc với mạng điện này cần phải chú ý treo dây dẫn cao cách mặt đất một khoảng an toàn (người không chạm tới).



**Hình 3.5.** Người chạm vào mạng điện có 1 dây

a) Người chạm vào 1 cực của mạng có 1 dây

b) Sơ đồ thay thế khi người chạm vào 1 cực của mạng có 1 dây

## b) Mạng có 2 dây

Hình 3.6 là sơ đồ mạng có hai dây, trong đó dây 1 nối đất qua điện trở làm việc  $R_0$  rất nhỏ.

Khi người chạm vào dây 2 không nối đất (hình 3.6.a), lúc đó xem chân người đứng chạm vào dây 1 nên gần như người phải chịu toàn bộ điện áp của mạng điện:  $U_{ng} = U$ , rất nguy hiểm.

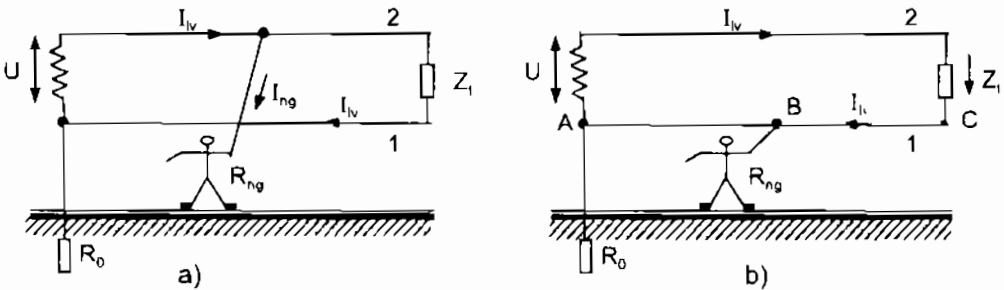
- Khi người chạm vào dây 1 – dây nối đất, giả sử tại điểm B (hình 3.6b).

– Ở chế độ làm việc bình thường: có thể xem chân người như đang ở điểm A, nên điện áp đặt vào người  $U_{ng}$  bằng điện áp  $U_{BA}$ :

$$U_{ng} = U_{BA} = R_{BA} \cdot I_{lv}$$

Ở đây:  $R_{BA}$  – điện trở của đoạn dây BA,  $\Omega$ .

$I_{lv}$  – dòng điện làm việc của mạng, A.



**Hình 3.6.** Người chạm vào 1 cực của mạng 2 dây có 1 dây nối đất

a) Người chạm vào dây không nối đất của mạng 2 dây

b) Người chạm vào dây nối đất của mạng 2 dây

Điện áp đặt lên người lớn nhất khi người chạm vào điểm C, tức là:

$$U_{ng \text{ Max}} = R_{CA} \cdot I_{lv} = 5\% U$$

Ở đây:  $R_{CA}$  – điện trở của đoạn đường dây CA,  $\Omega$ .

$5\%U$  – tổn thất điện áp cho phép trên đoạn đường dây CA.

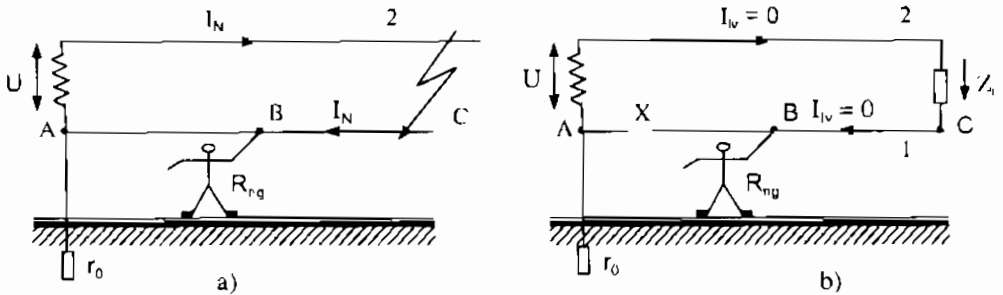
(Theo quy định hiện hành tổn thất điện áp trên đường dây hạ áp cho phép  $\leq 5\%U$ ).

**Ví dụ:** Nếu điện áp của mạng  $U = 220 \text{ V}$  thì điện áp lớn nhất người

phải chịu khi chạm vào dây nối đất là:

$$U_{\text{ng Max}} = 5\%U = \frac{5}{100} \cdot 220 = 11 \text{ V}$$

– Trong trường hợp xảy ra ngắn mạch giữa dây 1 và dây 2 (hình 3.7a) với giá thiết tiết diện của 2 dây dẫn này bằng nhau tại mọi điểm thì điện áp tại điểm C so với đất có trị số gần bằng  $0,5U$  và càng gần điểm A điện áp càng giảm dần. Do đó, trong trường hợp xảy ra ngắn mạch giữa dây 1 và dây 2 mà người chạm vào dây 1 nối đất thì người phải chịu điện áp gần bằng  $0,5U$  rất nguy hiểm.



**Hình 3.7.** Người chạm vào dây nối đất trong các trường hợp

- a) Người chạm vào dây nối đất khi xảy ra ngắn mạch  
b) Người chạm vào dây nối đất của mạng 2 dây

– Trong trường hợp dây nối đất bị đứt tại điểm X nào đó trên đoạn từ điểm A đến điểm B mà người chạm vào dây này (hình 3.7b) thì người phải chịu điện áp gần bằng điện áp  $U$  của mạng giống trường hợp chạm vào dây không nối đất mà ta đã xét ở trên.

### 3.3. MẠNG ĐƠN GIẢN CÓ ĐIỆN DUNG LỚN

Mạng có điện dung lớn là mạng xoay chiều hoặc một chiều cao áp dây đi trên không hoặc dạng cáp ngầm. Mạng hạ áp được coi là mạng có điện dung nhỏ, nhưng riêng mạng điện hạ áp dùng cáp ngầm có chiều dài lớn cũng được coi là mạng có điện dung lớn. Sở dĩ mạng cáp ngầm hạ áp cũng có điện dung lớn vì khoảng cách giữa các pha và giữa các pha với đất nhỏ hơn rất nhiều so với đường dây trên không nên thành phần điện dung C lớn nhưng lại có lớp cách điện rất tốt ( $R_{cđ} \approx \infty$ ) cho

nên một cách gần đúng có thể bỏ qua điện dẫn ( $g_{cd} = \frac{1}{R_{cd}} \approx 0$ ) trong sơ đồ thay thế của lớp điện môi giữa các dây dẫn và giữa các dây dẫn với đất.

Đối với mạng có điện dung lớn, vì thành phần điện dung  $C$  lớn hơn nhiều so với thành phần điện dẫn  $g_{cd}$  trong sơ đồ thay thế của lớp điện môi giữa các dây dẫn và giữa các dây dẫn với đất nên trong nhiều trường hợp để đơn giản trong tính toán, phân tích có thể bỏ qua thành phần điện dẫn.

### 3.3.1. Nguy hiểm của điện tích tàn dư

Phân trên, chúng ta đã nghiên cứu, phân tích sự tiếp xúc trực tiếp với phần tử có điện áp, làm việc ở chế độ bình thường. Trong thực tế, các phần tử trong mạng cao áp (và một số phần tử trong mạng hạ áp như tụ bù chẳng hạn) ngay sau khi được cắt điện, tách khỏi lưới điện mà chúng ta tiếp xúc có thể cũng rất nguy hiểm vì sẽ có dòng điện phóng điện qua người có dạng hàm mũ giảm dần theo thời gian. Trong trường hợp này, sự nguy hiểm là do các điện tích tàn dư (điện tích nạp tích lũy do điện dung). Trị số của dòng phóng qua người kể trên phụ thuộc vào điện áp lưới điện, điện dung, điện trở của người và thời gian phóng điện.

Sau đây, ta sẽ phân tích sự nguy hiểm của điện tích tàn dư của một số phần tử hay tiếp xúc trong thực tế vận hành, bảo dưỡng và sửa chữa thiết bị, đường dây.

#### a) Chạm vào 2 cực của đường dây đã cắt điện (hình 3.8)

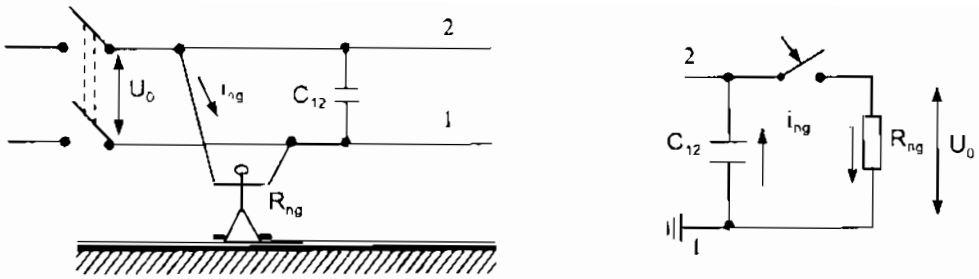
Đường dây đã được cắt ra khỏi nguồn điện, nếu đường dây không được tiếp địa (tiếp đất) thì điện tích tàn dư của đường dây vẫn có thể gây nguy hiểm cho người.

Khi người chạm vào 2 cực của đường dây đã cắt điện sẽ phải chịu dòng điện phóng qua người dạng hàm mũ:

$$i_{ng} = \frac{U_0}{R_{ng}} \cdot e^{-\frac{t}{R_{ng}C_{12}}} \quad (3-12)$$

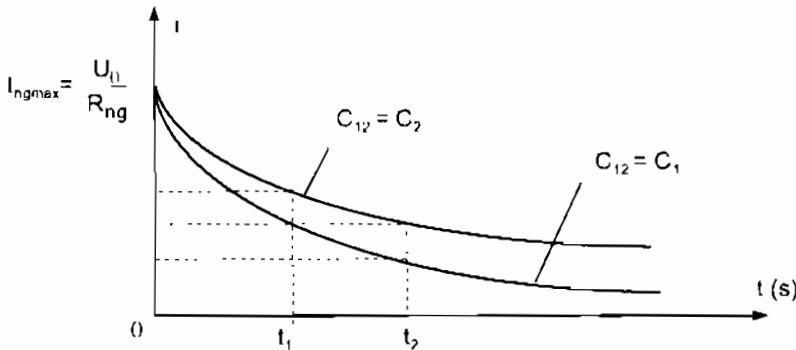
$U_0$  – điện áp giữa dây 1 và dây 2 tại thời điểm người chạm điện, (V)

$C_{12}$  – điện dung giữa dây 1 và dây 2, (F)



**Hình 3.8.** Người chạm vào 2 cực của đường dây đã cắt điện

Có thể biểu diễn quan hệ dòng điện phóng qua người phụ thuộc điện dung và thời gian phóng điện qua người dựa vào biểu thức (3-12) dưới dạng đồ thị (hình 3.9).



**Hình 3.9.** Đường cong biểu diễn dòng điện qua người phụ thuộc vào điện dung và thời gian duy trì dòng qua người.

**Nhận thấy:**

- Cùng một thời gian, nếu điện dung  $C_{12}$  càng lớn ( $C_2 > C_1$ ) thì trị số điện tích tàn dư  $Q_0 = C_{12}U_0$  lớn theo  $\rightarrow$  dòng điện qua người lớn;
- Cùng một điện dung  $C_{12}$ , thời gian lớn thì dòng qua người nhỏ.

**b) Chạm vào 1 cực đường dây đã cắt điện (hình 3.10)**

Khi người chạm vào đường dây đã cắt điện chưa được tiếp địa tốt, người sẽ phải chịu dòng điện phóng qua người theo biểu thức (3-13):

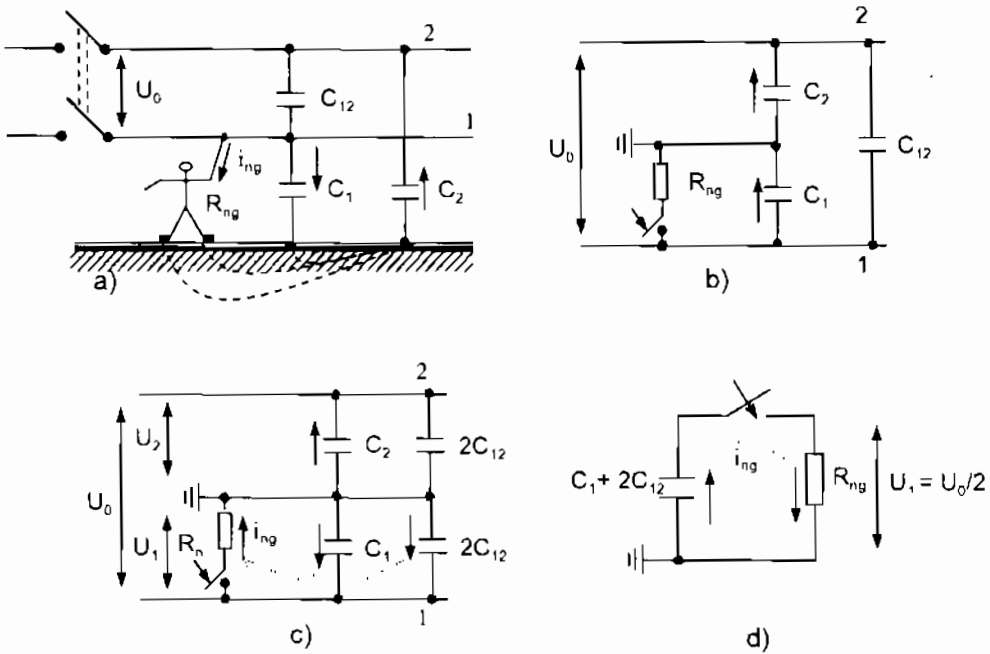
$$i_{ng} = \frac{U_0}{2R_{ng}} \cdot e^{-\frac{t}{R_{ng}(2C_{12} + C_1)}} \quad (3-13)$$

$U_0$  - điện áp giữa dây 1 và dây 2 tại thời điểm người chạm điện, (V).

$C_1, C_{12}$  - điện dung dây 1 với đất và điện dung giữa dây 1 với dây 2, (F).



Việc xác định được dòng điện phóng qua người trong trường hợp chạm vào đường dây đã cắt điện chưa phóng điện tích tàn dư như biểu thức (3 -13) trình bày trên hình 3.10.



Hình 3.10. Người chạm vào đường dây đã cắt điện

Trong thời điểm của chế độ chưa ổn định, người sẽ bị tác dụng dòng điện tích của điện dung dây dẫn 1 đối với đất  $C_1$  và của một phân dòng điện điện dung giữa dây dẫn 1 với dây dẫn 2  $C_{12}$  (hình 3.10b).

Để thay cho  $C_{12}$  trên hình 3.10b, dùng hai điện dung nối tiếp  $2C_{12}$  và giả thiết điểm giữa chúng nối đất ta được hình 3.10c.

Kết quả là khi ta chạm vào một cực của mạng điện sẽ bị sự phóng điện của  $2C_{12}$  và  $C_1$  (hình 3.10d).

### c) Chạm vào các cực của tụ điện ngay sau khi được cắt ra khỏi lưới

Thực tế, để tạo ra công suất phản kháng cung cấp cho các phụ tải mà không cần lấy từ nguồn phát điện (gọi là bù công suất phản kháng), hoặc để khởi động các động cơ điện người ta thường dùng các tụ điện. Các tụ điện này ngay sau khi được cắt ra khỏi lưới điện vì lý do nào đó (bảo dưỡng, thử nghiệm, thay thế, sửa chữa thiết bị chẳng hạn) mà người chạm vào các cực của chúng cũng có thể dẫn đến tai nạn điện rất nguy

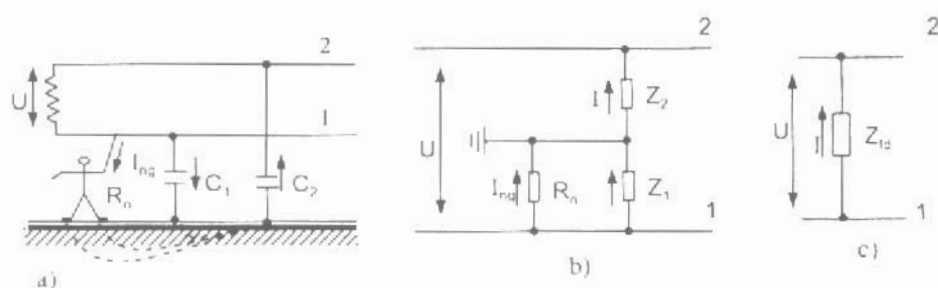
hiểm tương tự như chạm vào đường dây tải điện dùng trong mạng có điện dung lớn đã cắt điện xét ở trên, thậm chí còn nguy hiểm hơn.

Biện pháp hạn chế hiệu quả sự nguy hiểm của điện tích tàn dư là tiến hành theo quy trình dưới đây:

- Cách ly chúng bằng cách mở máy cắt, dao cách ly;
- Ngăn mạch các cực chúng lại và nối đất để phóng các điện tích tàn dư;
- Thời gian phóng trong khoảng 5 đến 10 phút.

Cần cẩn thận đứng xa chúng và dùng sào cách điện thao tác để để phòng mạch phóng điện hoạt động sai; đồng thời sử dụng các phương tiện phòng hộ khác đúng tiêu chuẩn, quy cách như ủng, găng tay cách điện, trong quá trình làm việc.

### 3.3.3. Chạm vào một dây của mạng điện xoay chiều đang vận hành (hình 3.11)



Hình 3.11. Người chạm vào 1 cực của mạng điện xoay chiều đang làm việc

Ở mạng điện này khi người chạm vào một dây người sẽ phải chịu một dòng điện đi qua:

$$I_{ng} = \frac{\omega CU}{\sqrt{1 + 4\omega^2 C^2 R_{ng}^2}} \quad (3-14)$$

Trong đó:  $U$  – trị số điện áp hiệu dụng của mạng;

$\omega$  – tần số góc dòng điện;

$C$  – điện dung của mạng điện (coi  $C_1 = C_2 = C$ ).

Trên hình 3.11b là sơ đồ thay thế của mạch khi người chạm vào 1 dây.

Giải mạch bằng phương pháp biến đổi tương đương và áp dụng số phức tìm dòng điện qua người.

Giả sử điện áp của mạng ở dạng sin:  $u = U\sqrt{2} \sin\omega t$  có ảnh phức là:

$$\dot{U} = U \angle 0^\circ = U$$

$C_1, C_2$  là điện dung của dây 1 và dây 2 đối với đất.

(Có thể coi  $C_1 = C_2 = C$  vì khoảng cách giữa dây 1 và dây 2 đối với đất thực tế là gần như nhau).

Khi đó điện dung có dung kháng ở dạng phức:

$$Z_1 = Z_2 = Z = -jX_C = -j \frac{1}{\omega C}, \Omega$$

Tổng trở phức tương đương trên sơ đồ hình 3.11c là:

$$Z_{td} = Z + \frac{Z.R_{ng}}{Z + R_{ng}} \quad (3-15)$$

Dòng điện của mạch ở dạng phức:

$$\dot{i} = \frac{\dot{U}}{Z_{td}} \frac{Z}{Z + R_{ng}} \quad (3-16)$$

Điện áp đặt lên người ở dạng phức:

$$\dot{U}_{ng} = \dot{i} \frac{Z.R_{ng}}{Z + R_{ng}} \quad (3-17)$$

Dòng điện chạy qua người ở dạng phức:

$$\dot{I}_{ng} = \dot{i} \cdot \frac{Z}{Z + R_{ng}} = \frac{\dot{U}}{Z_{td}} \cdot \frac{Z}{Z + R_{ng}} = \frac{\dot{U}}{Z + 2R_{ng}} \quad (3-18)$$

Thay  $Z = -j \frac{1}{\omega C} \Omega$  vào (3-18) và tính được:

$$\dot{I}_{ng} = \frac{j\omega C \cdot \dot{U}}{1 + j2\omega CR_{ng}} \quad (3-19)$$

Vậy giá trị dòng điện chạy qua người:  $I_{ng} = \frac{\omega CU}{\sqrt{1 + 4\omega^2 C^2 R_{ng}^2}}$

### 3.3.4. Chạm vào một dây của mạng điện một chiều đang vận hành (hình 3.12)

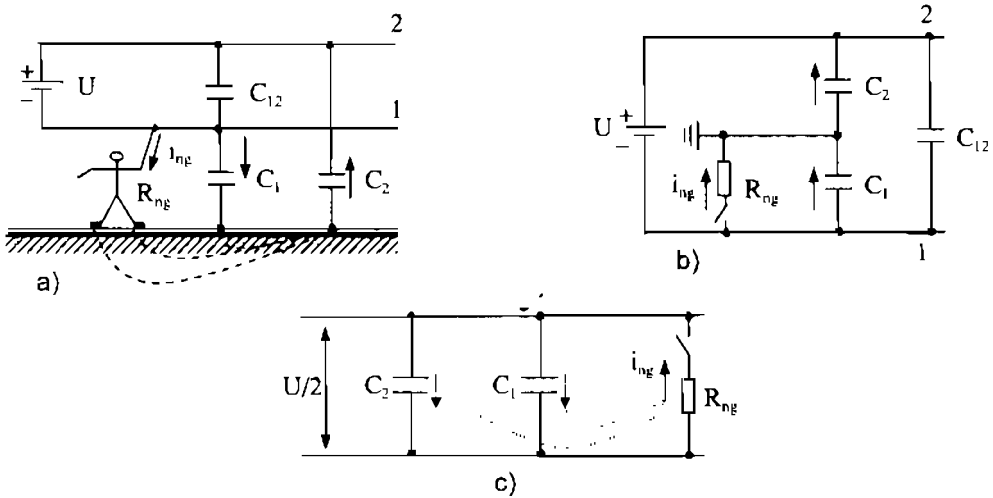
#### a) Trường hợp bỏ qua điện dẫn cách điện $g_{cd}$

Khi chạm vào một đường dây điện một chiều đang vận hành nếu bỏ qua dòng điện rò (xem  $g_{cd} = 0$  hay  $R_{cd} = \infty$ ), chỉ kể đến các trị số điện dung giữa 2 dây  $C_{12}$  điện dung giữa các dây với đất  $C_1$  và  $C_2$  (hình 3.12a) thì người phải chịu một dòng điện:

$$i_{ng} = \frac{U}{2R_{ng}} \cdot e^{-R_{ng}(C_1+C_2)t} \approx \frac{U}{2R_{ng}} \cdot e^{-2R_{ng}Ct} \quad (3-20)$$

$U$  – điện áp giữa dây 1 và dây 2 tại thời điểm người chạm điện, (V);

$C_1, C_2$  – điện dung dây 1 và dây 2 với đất (coi  $C_1 = C_2 = C$ ), (F).



**Hình 3.12.** Người chạm vào một đường dây của mạng điện một chiều đang vận hành

– Trước khi chạm vào mạng điện,  $C_1$  và  $C_2$  mắc nối tiếp với nhau, tức là:

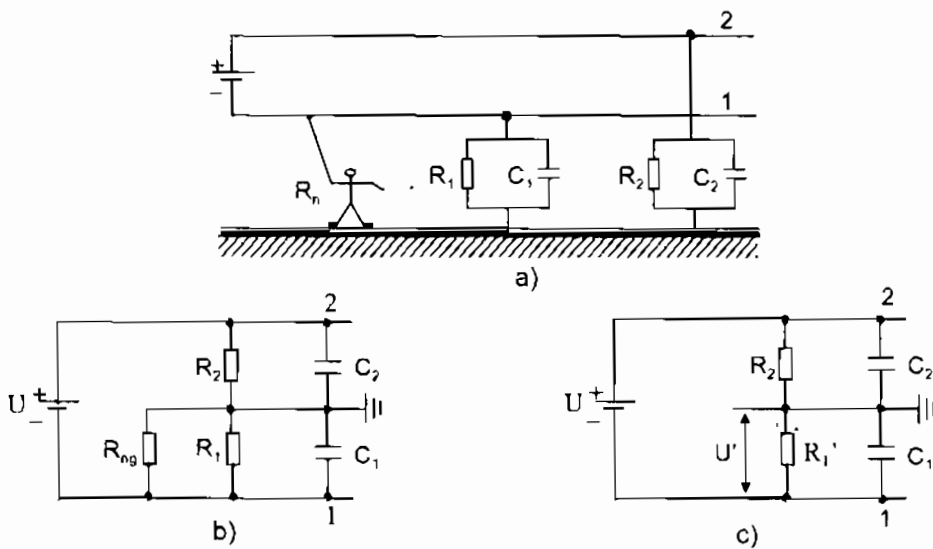
$$Q_1 = Q_2 = Q$$

Vì thường điện dung của các dây đối với đất coi bằng nhau  $C_1 = C_2$  nên có thể giả thiết điện áp dây 1 và dây 2 so với đất bằng nhau:

$$U_1 = U_2 = \frac{U}{2}$$

- Sau khi người chạm vào một dây nào đó (ví dụ dây 1) điện tích trên  $C_1$  phóng qua người và điện áp giảm từ  $\frac{U}{2}$  đến 0, đồng thời điện dung  $C_2$  nạp điện từ  $\frac{U}{2}$  đến  $U$  và trong thời gian này dòng điện sẽ đi qua người. Dòng điện nạp và dòng điện phóng của  $C_1$  và  $C_2$  đều đi qua điện trở  $R_{ng}$  dưới tác dụng của điện áp  $\frac{U}{2}$ . Trên hình 3.12c vẽ sơ đồ tương đương của mạch điện với  $C_1$  và  $C_2$  ghép song song nhau nên ta có dòng điện phóng qua người như biểu thức (3-20). Dòng điện này qua người trong một thời gian rất ngắn.

**b) Trường hợp tính đến đồng thời điện dẫn và điện dung của cách điện**



**Hình 3.13.** Chạm một dây của mạng điện một chiều đang vận hành trong trường hợp tổng quát.

Với mạng điện dùng cấp dài điện áp nhỏ hơn 1000V phải tính đến điện dẫn và cả điện dung của cách điện.

Trước khi người chạm điện, điện áp của dây dẫn 1 và dây dẫn 2 đối với đất bằng:

$$U_1 = R_1 I_{r01} = U_2 = R_2 I_{r02} \quad (3-21)$$

Với:  $I_{r01} = I_{r02} = I_{r0}$  - dòng điện rò qua đất của điện trở cách điện.

Sau khi người chạm vào dây dẫn 1, điện trở dây dẫn 1 giảm xuống và bằng  $R_1'$  (hình 3.13c).

$$R_1' = \frac{R_{ng} \cdot R_1}{R_{ng} + R_1} \quad (3-22)$$

Do đó dòng điện rò tăng lên trị số  $I'_{rò}$ , điện áp dây dẫn 1 giảm xuống bằng:

$$U'_1 = R'_1 I'_{rò} \quad (3-23)$$

Điện áp dây dẫn 2 đối với đất:

$$U'_2 = U - U'_1 \quad (3-24)$$

Điện áp bây giờ sẽ phân bố lại theo:

$$\Delta U = U_1 - U'_1 = U'_2 - U_2 \quad (3-25)$$

Đây là nguyên nhân của sự phóng điện của  $C_1$  và nạp điện qua người của  $C_2$ .

Coi  $C_1 = C_2 = C$  thì ta sẽ có trị số dòng điện phóng qua người:

$$i_{ng} = \frac{\Delta U}{R_{ng}} \cdot e^{-\frac{t}{R_{ng}(C_1+C_2)}} \approx \frac{\Delta U}{R_{ng}} \cdot e^{-\frac{t}{2R_{ng}C}}$$

**Cần chú ý:** Ngoài dòng điện tức thời đi qua người do sự phân bố lại điện áp của các dây dẫn đối với đất được tính theo biểu thức (3-20) còn có dòng điện một chiều do điện dẫn cách điện của các dây dẫn đối với đất cũng đi qua người có trị số:

$$I_{ng} = \frac{UR_1}{R_{ng}R_1 + R_{ng}R_2 + R_1R_2} = \frac{U}{2R_{ng} + R_{cd}} \quad (3-26)$$

Trong đó:  $R_1, R_2$  - điện trở cách điện của dây 1 và dây 2 đối với đất ( $R_1 = R_2 = R_{cd}$ ).

Vậy dòng điện tổng qua người:

$$i_{ng\Sigma} = \frac{U}{2R_{ng} + R_{cd}} + \frac{\Delta U}{R_{ng}} \cdot e^{-\frac{t}{2R_{ng}C}} \quad (3-27)$$

Bằng phương pháp xây dựng đường cong  $i = f(t)$  của hai thành phần dòng điện của biểu thức (3-27) ta sẽ xác định được dòng điện tổng qua người  $i_{ng\Sigma}$ .

## CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP ÔN TẬP CHƯƠNG 3

3.1. Phân tích an toàn khi người chạm vào một cực của mạng điện đơn giản có điện dung nhỏ?

3.2. Phân tích an toàn khi người chạm vào một cực của mạng điện đơn giản có điện dung lớn?

3.3. Hãy xác định dòng điện qua người ở mạng điện 2 dây cách điện đối với đất điện dung nhỏ trong các trường hợp người chạm vào:

a) Đồng thời 2 dây?

b) Một dây?

Và cho biết người có nguy hiểm không trong từng trường hợp, giải thích? Giả thiết:

– Mạng điện có điện áp  $U = 220V$ ;

– Điện trở cách điện  $R_{cd} = 30 \text{ k}\Omega$ ;

3.4. Hãy xác định điện trở cách điện nhỏ nhất  $R_{cdmin}$  của mạng điện hai dây cách điện với đất có  $U = 220V$ ;  $f = 50\text{Hz}$  để người ( $R_{ng} = 1000\Omega$ ) chạm vào một dây trong chế độ làm việc bình thường mà không bị nguy hiểm ?

3.5. Hãy xác định dòng điện qua người trong mạng điện 1 pha của nước ta trong các trường hợp người chạm vào:

a) Đồng thời 2 dây: dây pha và dây nối đất (dây trung tính)?

b) Dây pha?

Và cho biết người có nguy hiểm không trong từng trường hợp, giải thích? Giả thiết:

– Mạng điện có điện áp  $U = 220V$ ,  $f = 50\text{Hz}$ ;

– Điện trở nối đất đầu nguồn  $R_0 = 4 \Omega$ ;

– Điện trở người  $R_{ng} = 1000\Omega$ .

3.6. Hãy xác định dòng điện qua người khi người chạm vào dây trung tính của mạng điện 1 pha nước ta trong các trường hợp:

a) Chỗ chạm cách nguồn điện 1 khoảng  $L_1 = 30\text{m}$ ?

b) Chỗ chạm ở ngay điểm đấu với phụ tải?

c) Chỗ chạm cách nguồn điện 1 khoảng  $L_1 = 30\text{m}$  trong khi mạng xảy ra ngắn mạch tại phụ tải?

d) Chỗ chạm ở ngay điểm đấu với phụ tải khi dây trung tính bị đứt tại đầu nguồn?

e) Chạm khi dây pha bị đứt?

Cho biết người có nguy hiểm không trong các trường hợp trên, giải thích? So sánh mức độ nguy hiểm khi chạm điện trong các trường hợp trên? Giả thiết:

– Mạng điện có điện áp  $U = 220V$ ,  $f = 50Hz$ ; dùng dây đồng mềm  $M2 \times 2.5$  ( $r_0 = 8,06\Omega/km$ ) dài  $L = 50m$  cấp điện cho phụ tải có công suất  $5,5 kW$ ,  $\cos\varphi = 0,85$ ;

– Điện trở nối đất đầu nguồn  $R_d = 0 \Omega$ ; điện trở người  $R_{ng} = 1000\Omega$ .

3.7. Hãy xác định dòng điện qua người khi người chạm đường dây tải điện cao áp tại thời điểm vừa cắt ra khỏi nguồn có chiều dài  $1km$  kể từ nguồn đến chỗ chạm điện trong trường hợp:

a) Chạm vào một dây?

b) Chạm vào cả hai dây?

Giả thiết:

– Điện áp giữa 2 dây tại thời điểm  $t = 1s$  người chạm điện là  $6kV$ ;

– Điện dung giữa 2 dây và 2 dây với đất cùng bằng  $0,3\mu F/km$ .

– Điện trở người  $R_{ng} = 1,5k\Omega$ .

3.8. Hãy xác định dòng điện qua người khi người chạm vào hai cực của một tụ điện ngay sau khi cắt ra khỏi lưới điện? Biết:

– Điện áp giữa 2 cực tại thời điểm  $t = 0,5s$  người chạm điện là  $3kV$ ;

– Giả thiết điện dung của tụ bằng  $3\mu F$ .

3.9. Hãy xác định dòng điện qua người khi người chạm vào một dây của mạng điện 2 dây cách điện với đất cấp điện cho 1 phụ tải đang làm việc cách nguồn  $500m$ ? Giả thiết:

– Điện áp nguồn  $6kV$ ;  $f = 50Hz$ ;

– Chỗ chạm điện: tại điểm đấu với phụ tải.

– Điện dung giữa các dây với đất bằng nhau và bằng  $0,3\mu F/km$ .

– Điện trở người  $R_{ng} = 1,5k\Omega$ .



## Chương 4

# PHÂN TÍCH AN TOÀN TRONG MẠNG ĐIỆN BA PHA

### 4.1. KHÁI QUÁT CHUNG

Mạng điện 3 pha trung tính có vai trò hết sức quan trọng trong chế độ làm việc. Dây trung tính là dây nối với điểm trung tính làm nhiệm vụ dẫn dòng điện trở về nguồn khi mạng không đối xứng. Điểm trung tính và dây trung tính gọi chung là trung tính của mạng điện.

Khi trung tính của mạng không nối đất hoặc nối đất qua tổng trở lớn hoặc nối đất qua cuộn Pêtecxen để bù dòng điện dung được gọi là mạng trung tính cách điện đối với đất; còn trung tính nối với hệ thống nối đất có điện trở nhỏ gọi là trung tính nối đất trực tiếp.

Mạng truyền tải điện áp  $U \geq 110\text{kV}$  (110, 220, 500kV,...) thường là mạng trung tính nối đất trực tiếp. Mạng phân phối, điện áp  $U \leq 35\text{kV}$  (35, 10, 6kV,...) thường là mạng trung tính cách điện với đất.

Mạng hạ áp, điện áp  $U \leq 1\text{kV}$  (thường 220/127V hoặc 380/220V) có thể là trung tính nối đất hoặc cách điện. Nước ta hiện đang dùng phổ biến mạng 3 pha 4 dây 380/220V trung tính nối đất trực tiếp.

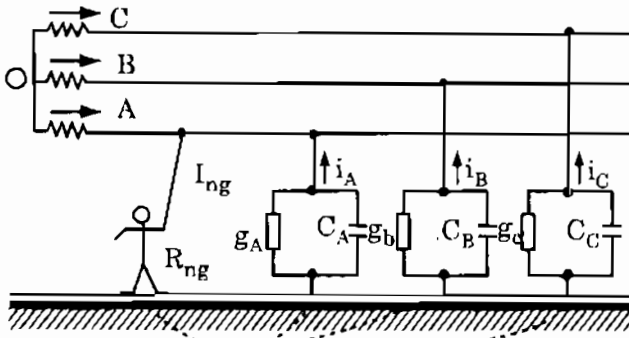
Các tình huống chạm điện có thể dẫn đến tai nạn nguy hiểm trong mạng điện 3 pha:

- Chạm trực tiếp vào 1 pha, 2 pha hoặc 3 pha.
- Chạm vào vỏ thiết bị có cách điện pha – vỏ bị hỏng (chạm điện gián tiếp) thường chỉ do 1 pha chạm vỏ. Có thể coi là trường hợp chạm trực tiếp vào 1 pha của mạng điện 3 pha.

Trong các tình huống chạm điện kể trên thì tình huống chạm vào 1 pha là phổ biến nhất, vì thế ở đây chỉ phân tích an toàn trong trường hợp này. Mức độ nguy hiểm khi người chạm vào 1 pha của mạng điện 3 pha tùy thuộc vào loại mạng điện 3 pha (cao áp hay hạ áp; trung tính nối đất hay cách điện).

## 4.2. MẠNG ĐIỆN 3 PHA CÓ TRUNG TÍNH CÁCH ĐIỆN VỚI ĐẤT

### 4.2.1 Trường hợp chung (hình 4.1)



Hình 4.1. Người chạm vào 1 pha của mạng 3 pha trung tính cách điện với đất

Trường hợp chung là khi điện dẫn và điện dung của mạng có trị số bất kỳ, nghĩa là:

$$g_A \neq g_B \neq g_C \neq 0 \text{ và } C_A \neq C_B \neq C_C \neq 0$$

Khi người chạm vào 1 pha, giả sử pha A người sẽ phải chịu dòng điện chạy qua người có trị số như biểu thức (4-1).

$$I_{ng} = \frac{U_p \cdot g_{ng}}{2} \sqrt{\frac{[3(g_B + g_C) + \omega\sqrt{3}(C_C - C_B)]^2 + [\sqrt{3}(g_B - g_C) + 3\omega(C_C + C_B)]^2}{(g_A + g_B + g_C + g_{ng})^2 + \omega^2(C_A + C_B + C_C)^2}} \quad (4-1)$$

Có thể chứng minh biểu thức (4-1) như sau:

– Trước khi người chạm vào một trong các pha, theo định luật Kiếckhốp I:

$$i_A + i_B + i_C = 0$$

$$\text{Hay: } g_A u_A + g_B u_B + g_C u_C + C_A \frac{du_A}{dt} + C_B \frac{du_B}{dt} + C_C \frac{du_C}{dt} = 0 \quad (4-2)$$

$$\text{Mặt khác, ta lại có: } \begin{cases} u_{BA} = u_A - u_B \\ u_{CA} = u_A - u_C \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_B = u_A - u_{BA} \\ u_C = u_A - u_{CA} \end{cases}$$

Với:  $u_A, u_B, u_C$  – trị số tức thời của điện áp các pha với đất (điện áp pha).

$u_{BA}, u_{CA}$  – trị số tức thời điện áp dây.

Thay các trị số này vào biểu thức (4-2), ta được:

$$\begin{aligned}
 (g_A + g_B + g_C)u_A + (C_A + C_B + C_C) \frac{du_A}{dt} - \\
 - g_B u_{BA} - C_B \frac{du_{BA}}{dt} - g_C u_{CA} - C_C \frac{du_{CA}}{dt} = 0 \quad (4-3)
 \end{aligned}$$

Đặt  $g_A + g_B + g_C = g$  và  $C_A + C_B + C_C = C$ , rồi biểu diễn phức (4-3), ta được:

$$\dot{U}_A \cdot (g + j\omega C) - \dot{U}_{BA} \cdot (g_B + j\omega C_B) - \dot{U}_{CA} \cdot (g_C + j\omega C_C) = 0 \quad (4-4)$$

Mặt khác, ta lại có:

$$\dot{U}_{BA} = \dot{U}_A - \dot{U}_B = U_p (1 - a^2)$$

$$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_A - \dot{U}_C = U_p (1 - a)$$

Trong đó:  $a = 1 \angle 120^\circ = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$  gọi là toán tử pha;

$U_p$  - trị hiệu dụng của điện áp pha.

Thay vào (4-4) và quy về một ẩn:

$$\dot{U}_A = \frac{U_p}{2} \cdot \frac{[3(g_B + g_C) + \omega\sqrt{3}(C_C - C_B)] + j[\sqrt{3}(g_B - g_C) + 3\omega(C_B + C_C)]}{g + j\omega C} \quad (4-5)$$

Trị hiệu dụng:

$$U_A = \frac{U_p}{2} \sqrt{\frac{[3(g_B + g_C) + \omega\sqrt{3}(C_C - C_B)]^2 + [\sqrt{3}(g_B - g_C) + 3\omega(C_B + C_C)]^2}{(g_A + g_B + g_C)^2 + \omega^2(C_A + C_B + C_C)^2}} \quad (4-6)$$

- Khi người chạm vào pha A thì người phải chịu điện áp có trị số  $U'_A$  chỉ khác  $U_A$  là thêm số hạng  $g_{ng}$ :  $(g_A + g_B + g_C) = (g_{ng} + g_A + g_B + g_C)$  dưới mẫu của biểu thức (4-6). Tức là lúc này người sẽ chịu một dòng điện chạy qua có trị số:

$$I_{ng} = \frac{U_p \cdot g_{ng}}{2} \sqrt{\frac{[3(g_B + g_C) + \omega\sqrt{3}(C_C - C_B)]^2 + [\sqrt{3}(g_B - g_C) + 3\omega(C_C + C_B)]^2}{(g_A + g_B + g_C + g_{ng})^2 + \omega^2(C_A + C_B + C_C)^2}}$$

#### 4.2.2. Trường hợp người chạm vào 1 pha của mạng hạ áp ( $U \leq 1000 \text{ V}$ )

Khi dây dẫn đi trên không vì điện áp nhỏ nên có điện dung nhỏ, còn ở mạng cáp, mặc dù có điện dung lớn hơn nhưng thường lại có chiều dài dây ngắn nên điện dung cũng rất nhỏ, để tính gần đúng dòng điện qua người trong trường hợp này có thể coi:

$$\begin{cases} C_A = C_B = C_C = 0 \\ g_A = g_B = g_C = g = \frac{1}{R_{cd}} \end{cases}$$

Thay vào (4-1) ta được:

$$I_{ng} = \frac{3U_p}{3R_{ng} + R_{cd}} \quad (4-7)$$

#### 4.2.3. Trường hợp người chạm vào 1 pha của mạng điện cao áp ( $U > 1000 \text{ V}$ )

Vì điện áp lớn cho nên điện dung lớn, không thể bỏ qua được nhưng ở mạng cao áp, cách điện thường rất tốt nên điện trở cách điện lớn (tức là điện dẫn rất nhỏ, có thể bỏ qua). Vì vậy để tính gần đúng dòng điện qua người trong trường hợp này có thể coi:

$$\begin{cases} C_A = C_B = C_C = C \\ g_A = g_B = g_C = g = \frac{1}{R_{cd}} = 0 \end{cases}$$

Thay vào (4-1) ta được:

$$I_{ng} = \frac{3\omega C U_p}{\sqrt{1 + 9\omega^2 C^2 R_{ng}^2}} \quad (4-8)$$

#### 4.2.4. Trường hợp 1 pha đang có sự cố chạm đất, người chạm vào 1 trong 2 pha còn lại

Trường hợp này rất nguy hiểm bởi vì lúc đó người sẽ phải chịu điện áp lớn hơn điện áp pha và có thể đạt tới điện áp dây nên dòng điện qua người cũng tăng theo.

Trên hình 4.2 là ví dụ: Khi pha B chạm đất, người chạm vào pha A.

Lúc đó nếu bỏ qua điện trở chỗ chạm đất thì dòng điện qua người sẽ là:

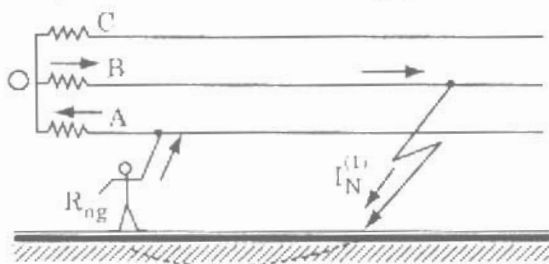
$$I_{ng} = I_N^{(1)} = \frac{U_{AB}}{R_{ng}}$$

Với  $U_{AB}$  là điện áp dây của mạng.

Thực tế vận hành, trường hợp này có thể xảy ra do các nguyên nhân sau:

– Dòng điện chạm đất 1 pha thường rất nhỏ không đủ để các thiết bị bảo vệ phát hiện được.

– Được phát hiện, nhưng vì phải đảm bảo cung cấp điện liên tục cho các phụ tải quan trọng nên vẫn phải tiếp tục làm việc cho đến khi đóng được nguồn dự trữ hoặc đến khi sửa chữa xong pha bị chạm đất.



Hình 4.2. Trong khi có 1 pha chạm đất, người chạm vào 1 trong 2 pha còn lại của mạng 3 pha trung tính cách điện với đất

### 4.3. MẠNG ĐIỆN 3 PHA CÓ TRUNG TÍNH NỐI ĐẤT TRỰC TIẾP

Nối đất trung tính nhằm mục đích giữ điện áp gần như không thay đổi khi có chạm đất 1 pha  $N^{(1)}$ . Vì thế nối đất trung tính có một ý nghĩa cực kỳ to lớn về kinh tế cũng như về an toàn.

#### 4.3.1. Về lĩnh vực kinh tế

Người ta đã thống kê được  $N^{(1)}$  chiếm khoảng 80 – 90% các loại sự cố trong hệ thống điện. Như đã trình bày ở trên đối với mạng điện có trung tính cách điện đối với đất khi có  $N^{(1)}$  thì các pha còn lại, điện áp pha sẽ tăng đến điện áp dây (tức là tăng lên  $\sqrt{3}$  lần). Do đó, khi chọn cách điện cho các thiết bị điện ở mạng điện này, cần phải chọn theo điện áp dây. Trong khi đó, nếu ở mạng trung tính nối đất chỉ cần chọn cách điện của các thiết bị điện theo điện áp pha. Như vậy, tiết kiệm được vật liệu cách điện và sẽ lợi về kinh tế. Đối với mạng điện có điện áp cao, thì phần cách điện đòi hỏi những vật liệu phải đảm bảo nhiều yêu cầu khắt khe, dẫn đến giá thành cao. Nên tiết kiệm được vật liệu cách điện sẽ giảm nhiều chi phí khi xây dựng hệ thống truyền tải điện.

#### 4.3.2. Về lĩnh vực an toàn

##### a) Mạng điện có điện áp trên 1000V

Khi điện áp lớn hơn 1000V dù trung tính có nối đất hay cách điện,

khi người chạm điện trực tiếp hay gián tiếp thì đều rất nguy hiểm. Tuy nhiên trong trường hợp đang xảy ra sự cố chạm đất 1 pha mà người chạm vào 1 trong hai pha còn lại thì mạng điện có trung tính nối đất sẽ ít nguy hiểm hơn so với mạng có trung tính cách điện đối với đất ở cùng cấp điện áp.

### b) Mạng điện có điện áp đến 1000V

Đối với mạng điện có điện áp trên 1000V việc chọn thiết bị bảo vệ để cắt nhanh sự cố dễ dàng, nhưng đối với mạng có điện áp dưới 1000V tình trạng chạm đất có thể duy trì như ở mạng trung tính cách điện với đất → nguy hiểm cho người. Để minh họa, ta xét ví dụ sau: Mạng 380/220V trung tính nối đất trực tiếp với điện trở  $R_n = 4 \Omega$ , điện trở chỗ chạm đất  $R_{chd} = 12 \Omega$  (giá trị nhỏ nhất nếu không xét đến trường hợp chạm dây nối thiết bị).

Khi đó dòng điện chạm đất:

$$I_d = \frac{U_p}{R_n + R_{chd}} = \frac{220}{4 + 12} = 13,7 \text{ A};$$

Dòng điện này chỉ làm chảy cầu chì có dòng định mức:

$$I_{dmc} < \frac{13,7}{2 \div 2,5} = 4 \div 6 \text{ A}$$

Trong khi đó các mạng xí nghiệp thường đặt cầu chì có:

$$I_{dmc} = 10 \div 30 \text{ A hoặc lớn hơn.}$$

Vì thế theo quy trình hiện hành thì mạng 380/220V trung tính nối đất trực tiếp phải dùng nối dây trung tính bảo vệ hoặc thực hiện đồng thời hai loại bảo vệ: nối đất bảo vệ và nối dây trung tính bảo vệ.

Ưu nhược điểm dưới góc độ an toàn của hai mạng trung tính cách điện với đất và mạng trung tính nối đất được so sánh, tổng hợp ở bảng 4.1

**Bảng 4.1.** So sánh dưới góc độ an toàn giữa hai mạng điện hạ áp có trung tính nối đất và trung tính cách điện

Mạng trung tính cách điện đối với đất	Mạng trung tính nối đất
<b>Khi người chạm vào một pha trong chế độ làm việc bình thường</b>	
Vì có thành phần điện dung và điện dẫn giữa các pha với đất nên dòng điện qua người nhỏ, có thể không nguy hiểm đến tính mạng	Dòng điện qua người lớn hơn nhiều mạng trung tính cách điện (vì người gần như phải chịu toàn bộ điện áp pha đặt vào), nguy hiểm đến tính mạng.

$$I_{ng} = \frac{3U_p}{3R_{ng} + R_{vd}}$$

$$I_{ng} = \frac{U_p}{R_{ng} + R_{ll}} \approx \frac{U_p}{R_{ng}}$$

**Khi có một pha chạm đất**

- Các pha còn lại, điện áp pha tăng lên điện áp dây. Dòng điện chạm đất nhỏ các thiết bị bảo vệ (cầu chì, aptômát...) không tác động dẫn đến sự chạm đất duy trì và ba pha mất đối xứng quá giới hạn cho phép. Ví thể:

+ Phụ tải một pha nối dây trung tính với pha không chạm đất có thể bị phá hỏng (do điện áp pha tăng thành điện áp dây)

+ Người chạm vào pha không chạm đất sẽ nguy hiểm hơn nhiều so với mạng trung tính nối đất cùng cấp điện áp

Các pha còn lại, điện áp được giữ gần như không thay đổi. Dòng điện chạm đất lớn, thiết bị bảo vệ dễ dàng tác động cắt phần tử bị chạm đất ra khỏi mạng điện mà không ảnh hưởng đến thiết bị khác. Ví thể:

+ Sẽ an toàn cho người và thiết bị khi có chạm đất.

+ Phụ tải một pha nối dây trung tính với pha không chạm đất vẫn làm việc được bình thường.

+ Người chạm vào pha không chạm đất thì mức độ nguy hiểm vẫn gần như lúc chưa có một pha chạm đất

**Khi dây trung tính bị đứt (phía đầu nguồn)**

Phụ tải một pha nối dây trung tính với dây pha bị ngừng cấp điện → Không đảm bảo tính cung cấp điện liên tục.

Phụ tải một pha nối dây trung tính với dây pha không bị ngừng cấp điện (vì còn có nối đất lặp lại) → Đảm bảo tính cung cấp điện liên tục.

**Khi có sự xâm nhập từ điện áp cao sang điện áp thấp (cách điện trung áp và hạ áp của MBA bị hỏng hoặc khi mạng bị sét đánh)**

Trung tính sẽ phải chịu điện áp pha bên trung áp (hoặc chịu sóng điện áp khi bị sét đánh) → rất nguy hiểm cho người và thiết bị

Vì trung tính được nối đất với điện trở nhỏ nên điện áp trung tính nhỏ → An toàn hơn cho người và thiết bị.

**CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP ÔN TẬP CHƯƠNG 4**

4.1. Phân tích an toàn trong các mạng điện 3 pha?

4.2. So sánh mạng điện 3 pha hạ áp trung tính cách điện với đất và mạng trung tính nối đất dưới góc độ an toàn điện?

4.3. Hãy xác định dòng điện qua người khi người chạm vào 1 pha của mạng điện 3 pha trung tính cách điện với đất trong các trường hợp:

a) Người chạm điện trong chế độ mạng điện làm việc bình thường?

b) Người chạm điện trong chế độ mạng điện đang xảy ra chạm đất pha khác?

Có nhận xét gì sau khi tính toán 2 trường hợp trên? Biết:

- Mạng có điện áp 380/220 V;  $f = 50\text{Hz}$ ;
- Điện trở cách điện  $R_{ct} = 40\text{k}\Omega$ ; điện dung không đáng kể;
- Điện trở người  $R_{ng} = 1\text{k}\Omega$ .

4.4. Hãy xác định điện trở cách điện nhỏ nhất  $R_{c\text{dmin}}$  của mạng điện 3 pha trung tính cách điện với đất có điện áp 380/220V;  $f = 50\text{Hz}$  để người ( $R_{ng} = 1000\Omega$ ) chạm vào 1 pha trong chế độ làm việc bình thường mà không bị nguy hiểm?

4.5 Hãy xác định dòng điện qua người khi người chạm vào 1 pha của mạng điện 3 pha trung tính cách điện với đất trong chế độ mạng điện làm việc bình thường. Biết:

- Mạng có điện áp 10 kV;  $f = 50\text{Hz}$ ; có chiều dài  $L = 10\text{km}$ ;
- Điện dẫn cách điện  $g_{cd} \approx 0$ ; điện dung đơn vị  $C_0 = 0,3\mu\text{F/km}$ ;
- Điện trở người  $R_{ng} = 2\text{k}\Omega$ .

Cho biết dòng điện này có nguy hiểm đối với người không?

Theo bạn để giảm dòng điện qua người khi tiếp xúc 1 pha trong mạng này có các biện pháp nào?

4.6 Hãy xác định dòng điện qua người khi người chạm vào 1 pha của mạng điện 3 pha trung tính nối đất trong chế độ mạng điện làm việc bình thường và khi có chạm đất 1 pha khác? Biết:

- Mạng có điện áp 380 kV;  $f = 50\text{Hz}$ ;
- Điện trở người  $R_{ng} = 1\text{k}\Omega$ ; điện trở nối đất trung tính  $R_0 = 4\Omega$ .

4.7 Hãy xác định dòng điện qua người khi người ( $R_{ng} = 1\text{k}\Omega$ ) chạm vào 1 pha của mạng điện 3 pha trung tính nối đất 380/220 V ở chế độ mạng điện làm việc bình thường. trong trường hợp người chạm:

a) Tiếp xúc trực tiếp với đất (đi chân đất)?

b) Đi giày có điện trở  $R_g = 10\text{k}\Omega$ ?

c) Đi giày có điện trở  $R_g = 10\text{k}\Omega$  nhưng lại chạm vào phần nhô khỏi đất của một kết cấu kim loại chôn trực tiếp trong đất gần đó?

Giả thiết: điện trở nối đất trung tính  $R_0 = 4\Omega$  và điện trở của kết cấu kim loại  $R = 20\Omega$ . Có nhận xét gì trong các trường hợp kể trên?



## Chương 5

# NỐI ĐẤT BẢO VỆ

### 5.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Bảo vệ bằng cách nối đất được xem như một trong những biện pháp bảo vệ cổ điển nhưng lại là một biện pháp rất hay dùng để bảo vệ người khỏi bị điện giật do tiếp xúc gián tiếp vì nó rất đơn giản và đại đa số trong các trường hợp lại ít tốn kém.

Tác dụng của nối đất là để tản dòng điện và giữ mức điện thế thấp trên các vật được nối đất. Trong thực tế có 3 dạng nối đất, đó là:

– *Nối đất làm việc*: Là nối điện một số điểm của mạng điện (thường là điểm trung tính) với hệ thống nối đất, nhằm nâng cao độ an toàn và kinh tế khi vận hành hệ thống điện.

– *Nối đất an toàn (hay nối đất bảo vệ)*: Là nối điện các bộ phận bình thường không mang điện áp (như khung máy, vỏ máy, các giá đỡ kim loại, chân sứ,...) của thiết bị điện với hệ thống nối đất, nhằm đảm bảo an toàn cho người tiếp xúc với bộ phận bình thường không mang điện khi cách điện giữa chúng và phần tử mang điện bị hỏng.

– *Nối đất chống sét*: Là nối điện thiết bị chống sét (kim thu lôi, dây thu sét, lưới thu sét,...) với hệ thống nối đất nhằm tản dòng điện sét vào trong đất và giữ cho điện áp tại mọi điểm không quá lớn, đảm bảo an toàn cho các công trình, thiết bị và con người khi có sét đánh.

Trong tài liệu này chủ yếu chỉ đề cập nối đất an toàn. Tuy nhiên, các công thức, trị số điện trở nối đất yêu cầu, cách thức thực hiện tính toán thiết kế,... trình bày trong tài liệu này có thể áp dụng chung được cho 3 dạng nối đất kể trên.

• Một hệ thống nối đất có thể bao gồm nối đất tự nhiên và nối đất nhân tạo.

#### a) Nối đất tự nhiên

Là tận dụng những vật dẫn điện có sẵn trong đất, ví dụ như: ống dẫn nước kim loại, nền móng bê tông cốt thép, ... (trừ các ống dẫn nguyên liệu lỏng và khí dễ cháy nổ). Điện trở nối đất tự nhiên được xác định bằng cách đo lường thực tế hoặc nếu biết hình dáng điện cực cũng có thể tính toán theo công thức cho ở bảng 5.3.

## b) Nối đất nhân tạo

Được thực hiện bằng cách chôn các điện cực kim loại sâu trong đất và nối điện chúng lại với nhau. Điện cực tốt nhất nên dùng là dùng các loại cọc bằng đồng hoặc cọc lõi thép bọc đồng. Thực tế để giảm bớt tổn kém, thường hay dùng cọc thép (thép tròn, thép dẹt, thép góc, hoặc hỗn hợp các loại thép này). Điện cực được chôn thẳng đứng hoặc thanh dài đặt nằm ngang trong đất.

- Điện trở nối đất gồm 2 thành phần: Điện trở của bản thân các điện cực và điện trở của khối đất xung quanh điện cực tham gia quá trình tản dòng điện vào trong đất.

Trong tính toán người ta thường bỏ qua thành phần điện trở của bản thân điện cực và chỉ quan tâm đến điện trở của khối đất tham gia quá trình tản dòng điện, gọi là *điện trở tản* hay *điện trở phân tán*.

Điện trở tản phụ thuộc chủ yếu vào điện trở suất của đất chôn điện cực  $\rho$  ( $\rho$  là tham số đặc trưng của môi trường dẫn điện).

Điện trở suất của đất thay đổi trong phạm vi rất rộng do thành phần đất rất phức tạp. Thực nghiệm cho thấy điện trở suất của đất phụ thuộc chủ yếu vào những nguyên tố sau: .

- Loại đất (đất cát, đất thịt, đất sét,...)
- Nồng độ muối, axit,... chứa trong đất.
- Độ ẩm và nhiệt độ của đất.
- Độ chặt của đất.

Khi tính toán nối đất, trước tiên cần phải biết điện trở suất của đất ở vùng sẽ tiến hành nối đất. Có thể coi vùng đất có điện trở suất là thuần nhất, xác định điện trở suất bằng cách đo hoặc lấy gần đúng qua đặc tính của đất.

Bảng 5.1 dẫn ra trị số điện trở suất gần đúng của một số loại đất có thể dùng khi thiết kế sơ bộ.

Trong khi áp dụng các công thức tính toán bảo vệ nối đất, điện trở suất của đất được lấy như sau:

$$\rho = \rho_{11} = \rho_{10} \cdot k_m$$

Trong đó :  $\rho_{10}$  – điện trở suất của đất đo được;

$k_m$  – hệ số mùa, phụ thuộc vào hình thức nối đất và độ chôn sâu, (xét đến ảnh hưởng của thời tiết ứng với các mùa trong năm).

**Bảng 5.1.** Điện trở suất của một số loại đất

STT	Loại đất	Phạm vi biến đổi của điện trở suất ( $\Omega m$ )	Trị số có thể dùng khi thiết kế sơ bộ ( $\Omega m$ )
1	Than bùn	10 ÷ 30	20
2	Đất vườn	40	40
3	Cát	400 ÷ 1000	700
4	Đất pha cát	150 ÷ 400	300
5	Đất sét	8 ÷ 70	40
6	Đất pha sét	40 ÷ 150	100
7	Đất đá vôi		1000 ÷ 2000

**Bảng 5.2.** Hệ số mùa  $k_m$ 

Hình thức nối đất	Độ chôn sâu điện cực nối đất, t (m)	Hệ số mùa, $k_m$	Ghi chú
Thanh (cọc) chôn nằm ngang	0,5	4,5 ÷ 6,5	- Lấy phía trị số nhỏ khi đất khô (đo vào mùa khô)
	0,8	1,6 ÷ 3	
Cọc chôn thẳng đứng	0,8	1,4 ÷ 2	- Lấy phía trị số lớn khi đất ẩm (đo vào mùa mưa)

## 5.2. MỤC ĐÍCH, Ý NGHĨA CỦA NỐI ĐẤT BẢO VỆ

Các phần tử bình thường không mang điện áp (thường là khung máy, bệ máy, vỏ máy điện,...) nhưng do cách điện pha – vỏ bị hỏng nên chúng sẽ mang điện. Khi người chạm vào những phần tử này sẽ có dòng điện chạy qua người. Mục đích của nối đất bảo vệ là nhằm giảm trị số dòng điện chạy qua người trong trường hợp này đến trị số an toàn.

Để làm rõ mục đích của nối đất bảo vệ, ta xét ví dụ: Động cơ được cấp điện bởi mạng điện đơn giản, vỏ của động cơ được nối với hệ thống nối đất (hình 5.1a). Người có điện dẫn  $g_{ng}$  chạm vào vỏ động cơ khi cách điện bị hỏng sẽ mắc song song với điện dẫn của dây dẫn 2 với đất  $g_2$  và điện dẫn của hệ thống nối đất  $g_d$ ; đồng thời mắc nối tiếp với điện dẫn của dây 1 với đất  $g_1$  (hình 5.1b) và sơ đồ tương đương (hình 5.1c).

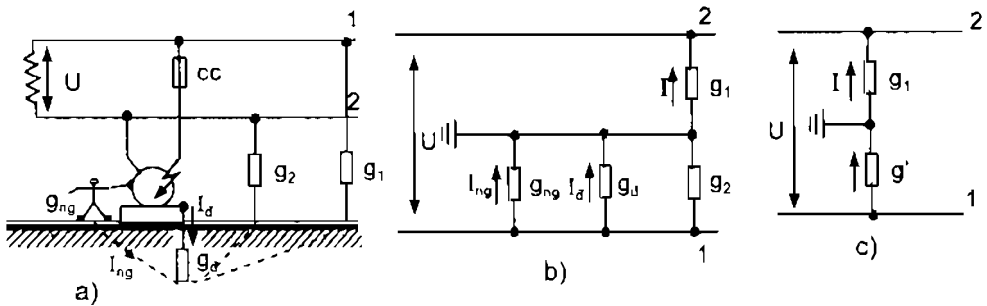
$$g' = g_2 + g_{ng} + g_d$$

Điện dẫn tổng của mạch điện:

$$g = \frac{g'g_1}{g'+g_1} = \frac{(g_2 + g_{ng} + g_d)g_1}{g_1 + g_2 + g_{ng} + g_d} \quad (5-1)$$

Điện áp đặt vào người: 
$$U_{ng} = \frac{g_1 U}{g_1 + g_2 + g_{ng} + g_d} \quad (5-2)$$

Dòng điện chạy qua người: 
$$I_{ng} = \frac{g_1 g_{ng} U}{g_1 + g_2 + g_{ng} + g_d} \quad (5-3)$$



Hình 5.1. Phân tích mục đích, ý nghĩa của bảo vệ nối đất

Trong biểu thức (5-3), vì các trị số  $g_1$ ,  $g_2$  và  $g_{ng}$  nhỏ hơn rất nhiều so với  $g_d$  nên có thể bỏ qua chúng ở dưới mẫu số. Biểu thức (5-3) gần đúng thành (5-4):

$$I_{ng} = \frac{g_1 g_{ng} U}{g_d} \quad (5-4)$$

Từ biểu thức (5-4) ta nhận thấy: dòng điện qua người phụ thuộc vào hoặc điện dẫn của người  $g_{ng}$  hoặc điện dẫn của của dây dẫn 1 với đất  $g_1$  hoặc điện dẫn của hệ thống nối đất  $g_d$ . Vì thế muốn giảm trị số dòng điện qua người thì có thể hoặc giảm điện dẫn của người  $g_{ng}$  hoặc giảm điện dẫn của dây dẫn 1 với đất  $g_1$  hoặc tăng điện dẫn của hệ thống nối đất  $g_d$ . Việc tăng điện dẫn của hệ thống nối đất  $g_d$  là dễ dàng thực hiện (chính là giảm điện trở nối đất của hệ thống nối đất  $R_d$ ).

Ngoài ra, nối đất còn làm cho dòng điện sự cố pha – vỏ tăng đáng kể tạo điều kiện thuận lợi cho các thiết bị bảo vệ quá dòng (cầu chì, aptômát, role, ...) làm việc, nhanh chóng cắt phần tử bị sự cố chạm vỏ ra khỏi mạng điện, sẽ an toàn cho người và thiết bị.

Ý nghĩa của việc nối đất là tạo nên giữa vỏ thiết bị điện và đất một mạch điện có mật độ dẫn điện lớn để cho dòng điện đi qua người khi chạm vào vỏ thiết bị điện có cách điện bị hỏng trở nên không nguy hiểm đối với người. Hay nói cách khác nối đất vỏ thiết bị điện là nhằm duy trì một điện áp nhỏ giữa vỏ thiết bị điện với đất khi cách điện pha – vỏ bị hỏng để đảm bảo an toàn cho người khi tiếp xúc với vỏ thiết bị điện này.

Muốn người chạm phải vỏ thiết bị điện có cách điện bị hỏng an toàn, không bị điện giật thì cần thực hiện điện trở của hệ thống nối đất sao cho thỏa mãn điều kiện sau:

$$U_{ng} = U_{vỏ} = \frac{I_d}{g_d} = R_d I_d \leq U_{txcp} \quad (5-5)$$

Trong đó:  $U_{txcp}$  – điện áp tiếp xúc cho phép, V;

Để đạt được điều này thì hệ thống nối đất phải có điện trở đủ nhỏ để phân tán dòng điện chạm vỏ thật nhanh vào trong đất. Ngoài ra hệ thống nối đất cần phải thực hiện sao cho giảm điện áp tiếp xúc  $U_{ix}$  và điện áp bước  $U_b$  (yêu cầu cân bằng thế của nối đất).

### 5.3. CÔNG THỨC TÍNH ĐIỆN TRỞ NỐI ĐẤT

Điện cực nối đất thường dùng cọc dài 2÷3m bằng thép tròn hoặc thép góc chôn thẳng đứng hoặc thanh dẹt, dài chôn nằm ngang, ... Chúng thường được chôn ở độ sâu 0,5 ÷ 0,8m đặt theo hình tia hoặc mạch vòng hoặc tổ hợp của hai hình thức trên. Trị số điện trở tán của hình thức nối đất cọc, thanh hoặc tổ hợp của chúng được xác định theo các công thức cho ở bảng 5.3, trong đó:  $\eta_c$ ,  $\eta_l$  – hệ số sử dụng của cọc và thanh, phụ thuộc vào tỷ số  $\frac{a}{l}$  cho ở bảng 5.4.

### 5.4. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ VÀ LẮP ĐẶT NỐI ĐẤT

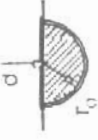
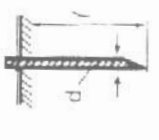
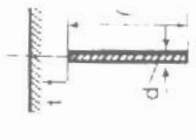
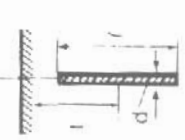
Khi tính toán, thiết kế và lắp đặt hệ thống nối đất nhân tạo, nên làm theo trình tự các bước sau:

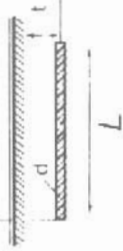

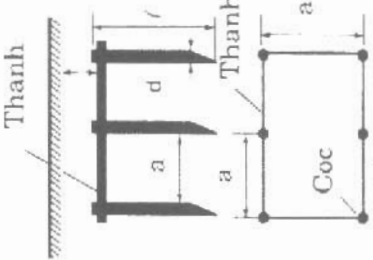

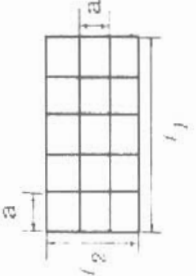
*Bước 1.* Khảo sát thu thập số liệu, đặc điểm liên quan của mạng điện và khu vực vùng đất dự kiến nối đất:

- Mạng điện cao trung áp, hạ áp có trung tính nối đất hay cách điện.
- Đo điện trở suất vùng đất hoặc khảo sát loại đất sau đó lựa chọn điện trở suất phù hợp (dựa vào bảng 5.1).
- Vị trí địa lý, đặc điểm của vùng đất và các công trình để bố trí điện cực hệ thống nối đất phù hợp.

*Bước 2.* Xác định trị số điện trở nối đất yêu cầu  $R_{y_c}$  dựa vào quy phạm cho ở bảng 5.5.

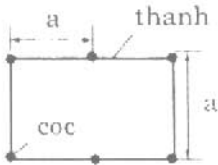
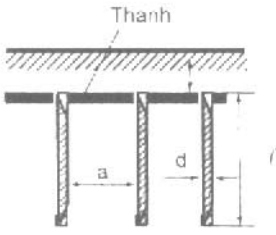
**Bảng 5.3.** Công thức tính điện trở tản của một số điện cực nối đất hay dùng

Điện cực	Sơ đồ nối đất	Công thức tính điện trở tản, $\Omega$	Ghi chú
Bán cầu chôn sắt mặt đất		$R = \frac{\rho}{2\pi t_0}$	<p><math>\rho</math> - điện trở suất tính toán của đất, <math>\Omega \cdot m</math></p> <p><math>t_0</math> - bán kính hình cầu, m</p> <p><math>d</math> - chiều dài điện cực, m</p>
Cọc chôn thẳng đứng		$R_c = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$	<p><math>d</math> - đường kính của điện cực nếu là thép tròn, m</p> <p>Nếu là thép dẹt lấy <math>d = b/2</math> (<math>b</math> là chiều rộng của thép dẹt)</p> <p>Nếu là thép góc lấy <math>d = 0,95b</math> (<math>b</math> là chiều rộng của thép góc)</p>
Cọc chôn thẳng đứng sâu trong đất		$R_c = \frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + 3l}{4t - l} \right)$ <p>(<math>t</math> - tính từ mặt đất đến đầu cọc)</p>	<p><math>t</math> - độ chôn sâu điện cực trong đất, thường <math>t = 0,5 - 0,8</math> m</p> <p><math>K</math> - Hệ số phụ thuộc sơ đồ nối đất</p>
Cọc chôn thẳng đứng sâu trong đất		$R_c = \frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right)$ <p>(<math>t</math> - tính từ mặt đất đến giữa cọc)</p>	

Cọc chôn nằm ngang trong đất (thanh ngang)		$R_t = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{KL^2}{t \cdot d}$ <p>L: chiều dài của điện cực (mạch vòng lấy bằng chu vi).</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>Sơ đồ nối đất</p>  </div> <div style="width: 35%;"> <p>K</p> <p>1</p> <p>1,46</p> <p>2,38</p> <p>8,45</p> <p>1,27</p> </div> </div>
Cọc và thanh chôn sâu trong đất (hệ thống nối đất hỗn hợp)		$R = \frac{R_c \cdot R_t}{\eta_1 \cdot R_c + n \eta_c \cdot R_t}$ <p>n - số lượng cọc  <math>\eta_c, \eta_1</math> - Hệ số sử dụng của cọc và thanh, phụ thuộc vào tỷ số <math>\frac{a}{r}</math></p> <p>Thực tế thường bố trí <math>a = 2l</math> m          Nếu số cọc <math>n = 2 - 6</math> cọc thì có thể lấy  <math>\eta_c = 0,6 \div 0,8</math>  <math>\eta_1 = 0,4 \div 0,6</math></p> <p>(trị số lớn ứng với số cọc ít và các cọc bố trí xa nhau, còn khi nhiều cọc và bố trí gần nhau lấy trị số nhỏ)</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>Hình chữ nhật</p>  </div> <div style="width: 35%;"> <p>K</p> <p>1</p> <p>1,5</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> </div> </div>
Thanh đan thành lưới (có cọc hay không có cọc)		$R = 0,9\rho \left( \frac{0,416\sqrt{S} - 0,34l}{S} + \frac{1}{L + n'l} \right)$ <p>n, l - số lượng và chiều dài cọc, m          S - diện tích lưới nối đất, <math>S = l_1 \times l_2, m^2</math>          L - tổng chiều dài điện cực nằm ngang (thanh), m</p>	<p>K</p> <p>5,5</p> <p>5,81</p> <p>6,42</p> <p>8,17</p> <p>10,40</p>

$\eta_c, \eta_1$  - Hệ số sử dụng của cọc và thanh, phụ thuộc vào tỷ số  $\frac{a}{r}$  cho ở bảng 5.4.

**Bảng 5.4.** Hệ số sử dụng của cọc và thanh, phụ thuộc vào tỷ số  $\frac{a}{l}$

Số cọc chôn thẳng đứng, n	Tỷ số $\frac{a}{l}$ (a - khoảng cách giữa các cọc; l - chiều dài cọc)						
	$\frac{a}{l} = 1$		$\frac{a}{l} = 2$		$\frac{a}{l} = 3$		
	$\eta_c$	$\eta_t$	$\eta_c$	$\eta_t$	$\eta_c$	$\eta_t$	
Khi các cọc chôn theo thanh ngang là mạch vòng (hình tròn, chữ nhật, vuông), ví dụ. 	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
	Khi các cọc chôn theo thanh ngang là hình lia, ví dụ. 	3	0,78	0,80	0,86	0,92	0,91
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



*Bước 3. Tính toán:*

– Dự kiến sơ bộ hình dáng, số lượng và kích thước điện cực rồi áp dụng công thức cho ở bảng 5.3 để tính toán điện trở nối đất.

– So sánh điện trở nối đất tính được với điện trở nối đất yêu cầu  $R_{yc}$ .

Nếu  $R \leq R_{yc}$  thì hệ thống nối đất đã đạt yêu cầu;

Nếu  $R > R_{yc}$  thì cần tiếp tục sử dụng thêm cọc, thanh đến bao giờ trị số điện trở nối đất của các điện cực đạt yêu cầu thì thôi.

*Bước 4. Chọn và kiểm tra độ bền nhiệt của dây dẫn hoặc thanh dẫn.*

Đối với thiết bị ở điện áp  $U > 1000V$  cần kiểm tra điều kiện này vì dòng chạm đất có trị số lớn.

Tiết diện của thanh dẫn hay dây dẫn phải thoả mãn điều kiện:

$$S \geq \sqrt{\frac{I_x^2 \cdot t}{a \cdot \theta}}, \quad \text{mm}^2$$

Trong đó:  $I_x$  – dòng điện ổn định lúc chạm đất 1 pha, A;

$t$  – thời gian tồn tại dòng chạm đất 1 pha, giây;

$\theta$  – nhiệt độ phát nóng ngắn hạn cho phép ( $\theta_{thép} = 400^\circ C$ );

$a$  – hệ số phụ thuộc vào vật liệu

với : thép:  $a = 21$  ; nhôm:  $a = 74$  ; đồng:  $a = 172$ .

*Bước 5. Vẽ mặt bằng mặt cắt hệ thống nối đất và các bản vẽ hướng dẫn thi công lắp đặt.*

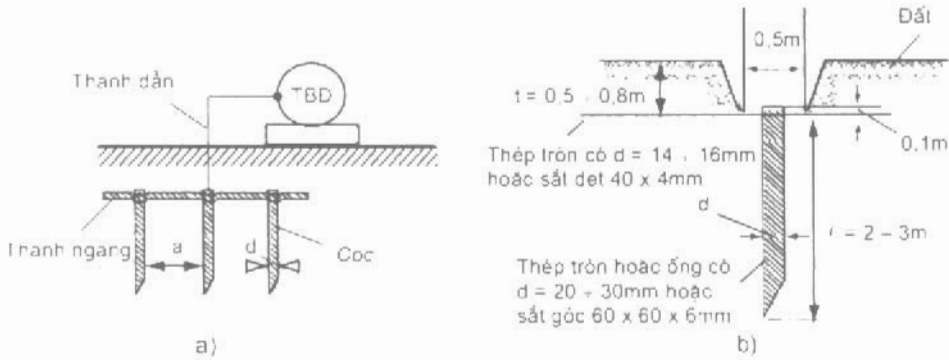
*Bước 6. Tiến hành thi công lắp đặt.*

Hệ thống nối đất gồm các cọc, thanh ngang và dây dẫn (hoặc thanh dẫn), hình 5.2a.

- Để giảm khối lượng đào lấp đất, trong thi công nên đào thành hình máng sâu  $0,5 \div 1m$ , có miệng rộng khoảng  $1m$  và đáy rộng khoảng  $0,5m$  theo đường đặt các thanh (mặt cắt như trên hình 5.2b).

- Thanh ngang thường là thép tròn đường kính  $d = 14 \div 16 \text{ mm}$  hoặc thép dẹt  $40 \times 4 \text{ mm}$ . Thanh phải được hàn chắc chắn với cọc. Nếu thanh và cọc cùng là sắt tròn thì phải dùng thanh gia cường với chiều dài mỗi hàn bằng 6 lần đường kính thanh dẫn; còn là thép dẹt hoặc thép góc bằng 2 lần chiều rộng của thanh dẫn.

• Dây nối đất để nối vỏ thiết bị điện với điện cực nối đất, có thể dùng dây đồng tiết diện lớn hơn  $4\text{mm}^2$  hoặc sắt tròn có đường kính  $d = 6 \div 10\text{mm}$ . Dây nối đất được nối điện với bộ máy bằng cách hàn hoặc bắt bu lông. Các bu lông phải mạ chống rỉ, còn khi dùng các thanh chung cho các máy trong phân xưởng thì tiết diện không được nhỏ hơn tiết diện thanh nối đất và được sơn chống rỉ.



Hình 5.2. Hệ thống nối đất

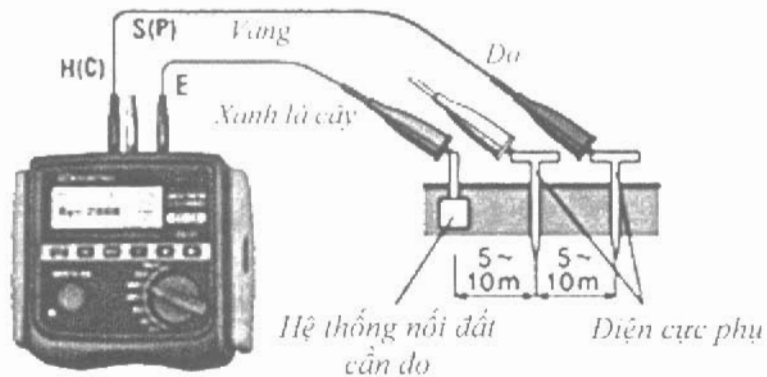
a) Hệ thống nối đất;

b) Hướng dẫn thi công điện cực nối đất

Bước 7. Kiểm tra hệ thống nối đất và trị số điện trở nối đất yêu cầu.

Hình 5.3 giới thiệu phương pháp đo kiểm tra điện trở hệ thống nối đất.

Nếu chưa đạt cần có các biện pháp bổ sung để đảm bảo yêu cầu.



Hình 5.3. Phương pháp đo kiểm tra điện trở hệ thống nối đất

**Ví dụ 5.1.** Tính toán nối đất an toàn cho một phân xưởng. Biết rằng phân xưởng được cấp điện bởi mạng hạ áp có trung tính cách điện đối với đất; công suất của máy biến áp đầu nguồn  $S = 100\text{kVA}$ ; điện trở suất đo được ở mùa khô là:  $\rho_{\text{đm}} = 2 \cdot 10^2 \Omega \cdot \text{m}$ .

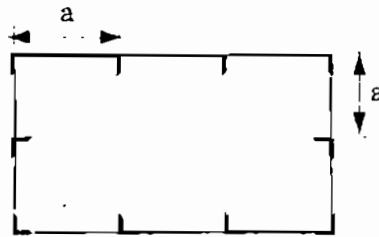
**Lời giải:**

**Bước 1.** Nhìn chung các số liệu đầu bài đã cho.

**Bước 2.** Xác định điện trở nối đất yêu cầu  $R_{yc}$ .

Bài yêu cầu thiết kế nối đất an toàn cho thiết bị điện hạ áp mà nguồn cấp  $S = 100\text{kVA}$  nên theo quy phạm (bảng 5.5) cần phải tính toán điện trở nối đất đạt yêu cầu là:  $R_{yc} \leq 10\Omega$ .

**Bước 3.** Dự kiến dùng điện cực hỗn hợp gồm 10 cọc thép góc  $60 \times 60 \times 6$  dài  $l = 2,5$  m chôn thẳng đứng đóng xuống đất theo mạch vòng hình chữ nhật, mỗi cọc cách nhau một khoảng  $a = 5$  m. Thanh ngang dùng thép dẹt  $40 \times 5$  mm và thanh được chôn ở độ sâu  $t_1 = 0,8$  m (hình 5.4).



Hình 5.4. Mặt bằng bố trí điện cực nối đất hỗn hợp

Vậy ta có thể áp dụng công thức:

$$R = \frac{R_c \cdot R_t}{\eta_c \cdot R_c + n\eta_c \cdot R_t} \quad (5-6)$$

Bây giờ xác định các giá trị trong công thức (5-6):

– Điện trở của cọc:  $R_c = \frac{\rho_{tt}}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{l}{2} \ln \frac{4l + l}{4l - l} \right)$

Ở đây: chiều dài cọc  $l = 2,5\text{m}$ .

Độ chôn sâu của cọc  $t_c = t_1 + \frac{l}{2} = 0,8 + 1,25 = 2,05\text{m}$

$d = 0,95b = 0,95 \cdot 60 = 57\text{mm} = 0,057\text{m}$

$\rho_{tt} = \rho_{đ\ddot{a}} \cdot k_m = 2 \cdot 10^2 \cdot 1,4 = 2,8 \cdot 10^2 \Omega\text{m}$

(lấy  $k_m = 1,4$  là dựa vào vào bảng 5.2)

Thay vào công thức, ta được:

$$R_c = \frac{2,8 \cdot 10^2}{2,3,14 \cdot 2,5} \left( \ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,057} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2,05 + 2,5}{4,2,05 - 2,5} \right) = 85,4 \Omega$$

– Điện trở của thanh:  $R_1 = \frac{\rho_{tt}}{2\pi L} \ln \frac{KL^2}{t \cdot d}$

Với  $t = 0,8\text{m}$

$$\rho_{tt} = \rho_{d\omega} \cdot k_m = 2 \cdot 10^2 \cdot 1,6 = 3,2 \cdot 10^2 \Omega \text{ m}$$

(lấy  $k_m = 1,6$  là dựa vào bảng 5.2)

$$d = \frac{b}{2} = \frac{40}{2} = 20\text{mm} = 0,002\text{m}$$

$$L = 5 \cdot 10 = 50\text{m}$$

(vì thanh nối 10 cọc với nhau, mỗi cọc cách nhau  $a = 5\text{m}$ )

$$K = f\left(\frac{\ell_1}{\ell_2}\right) = \frac{15}{10} = 1,5; \text{ tra bảng 5.3 được } K = 5,81.$$

Thay vào công thức, ta được:  $R_1 = \frac{3,2 \cdot 10^2}{2,3,14 \cdot 50} \ln \frac{5,81 \cdot 50^2}{0,8 \cdot 0,002} = 16,6 \Omega$

– Tra bảng 5.4, được:  $\eta_c = 0,67$ ,  $\eta_t = 0,4$  (dựa vào số cọc  $n = 10$  và tỷ số  $\frac{a}{\ell} = 2$ ).

– Điện trở của điện cực hỗn hợp:

$$R = \frac{R_c \cdot R_1}{\eta_t \cdot R_c + n \eta_c \cdot R_1} = \frac{85,4 \cdot 16,6}{0,4 \cdot 85,4 + 10 \cdot 0,67 \cdot 16,6} = 9,7 \Omega < R_{yc} = 10 \Omega$$

Như vậy điện trở của điện cực dự kiến gồm cọc và thanh như ban đầu là phù hợp.

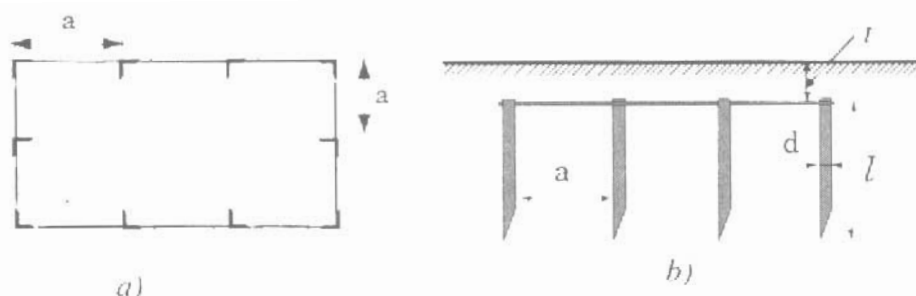
Thanh dẫn nối vỏ thiết bị điện với các điện cực nối đất có thể dùng thép  $d = 6\text{mm}$ .

**Bước 4.** Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt của thanh dẫn: vì là thiết bị hạ áp nên không cần kiểm tra.

**Bước 5.** Vẽ mặt bằng mặt cắt (hình 5.5).

**Bước 6.** Tiến hành bố trí, thi công trên thực địa.

**Bước 7.** Kiểm tra điện trở của hệ thống nối đất theo  $R_{yc}$ .



Hình 5.5. Mặt bằng (a) và mặt cắt (b) hệ thống nối đất ví dụ 5.1

**Ví dụ 5.2.** Tính toán nối đất cho trạm biến áp 35/0,4kV công suất 560kVA ở vùng đất có điện trở suất tính toán  $\rho_n = 3 \cdot 10^2 \Omega \cdot \text{m}$ .

**Lời giải:**

Ví dụ 1 đã trình bày tương đối chi tiết, ở đây xin trình bày vắn tắt.

- Vì trạm biến áp công suất 560kVA nên điện trở nối đất yêu cầu theo quy định  $R_n \leq 4 \Omega$ .

- Chọn lưới nối đất hình chữ nhật có chiều dài  $l_1 = 40\text{m}$ , chiều rộng  $l_2 = 30\text{m}$ , mỗi chiều dùng 4 điện cực ngang, số cọc là 60 cọc. Chọn điện cực ngang là thép tròn CT3  $\Phi 16$  còn cọc là thép góc  $60 \times 60 \times 6$  dài  $l = 3\text{m}$ . Ta có công thức tính điện trở tản:

$$R = 0,9\rho_n \left( \frac{0,416\sqrt{S} - 0,34l}{S} + \frac{1}{L + nl} \right) \quad (5-7)$$

Trong đó:  $L = 4(l_1 + l_2) = 4(40 + 30) = 280\text{m}$ .

$$S = l_1 \times l_2 = 40 \cdot 30 = 1200\text{m}^2$$

$$\text{Vậy } R = 0,9 \cdot 300 \left( \frac{0,416\sqrt{1200} - 0,34 \cdot 3}{1200} + \frac{1}{280 + 60 \cdot 3} \right) = 3,65 \Omega < 4 \Omega.$$

Điện trở R thực tế đạt yêu cầu.

Trong thực tế khi áp dụng công thức (5-7), tùy theo điều kiện mặt bằng của xí nghiệp hoặc mặt bằng nơi đặt trạm biến áp, có thể chọn diện tích nối đất hợp lý của lưới nối đất. Về phương diện kinh tế - kỹ thuật, nên dùng nối đất mạch vòng chỉ dùng điện cực nằm ngang. Diện

tích nối đất hợp lý có thể xác định theo công thức:

$$S_{ht} = 0,436 \cdot \frac{P_{tt}^2}{R_{yc}^2}, \text{ m}^2 \quad (5-8)$$

Tuy nhiên, không phải lúc nào cũng chọn được một diện tích đúng bằng  $S_{ht}$ , song diện tích càng gần với  $S_{ht}$  và càng gần hình vuông càng tốt.

**Ví dụ 5.3.** Tính toán nối đất cho trạm biến áp như đã nêu ở ví dụ 2.

Nếu chỉ dùng một mạch vòng, tạo nên một diện tích bằng  $S_{ht}$ .

**Lời giải:**

– Diện tích hợp lý được tính theo công thức (5-8):

$$S_{ht} = 0,436 \cdot \frac{P_{tt}^2}{R_{yc}^2} = 0,436 \cdot \frac{300^2}{4^2} = 2452, \text{ m}^2$$

– Vậy nên dùng nối đất mạch vòng hình vuông chỉ gồm diện cực ngang có cạnh:

$$\sqrt{S_{ht}} = \sqrt{2452} = 49,5 \text{ m}$$

– Dùng thép tròn CT3  $\Phi 16$  làm thanh ngang sẽ đạt được điện trở nối đất là  $3,63 \Omega$

So với cách bố trí tùy ý như ở ví dụ 2 thì cách bố trí hợp lý này sẽ giảm được 2,7 lần khối lượng sắt thép và giảm được 1,4 lần khối lượng đất đào lấp.

## 5.5. PHẠM VI ỨNG DỤNG CỦA NỐI ĐẤT BẢO VỆ

### 5.5.1. Thiết bị điện hạ áp (điện áp đến 1000V)

Khi dùng nối đất bảo vệ cho thiết bị điện hạ áp cần xác định chế độ làm việc của trung tính của mạng cung cấp điện.

Nếu mạng có trung tính nối đất trực tiếp thì không nên dùng nối đất bảo vệ mà dùng nối dây trung tính bảo vệ (sẽ đề cập ở chương 6 phần nối dây trung tính bảo vệ).

Nếu trung tính của mạng cách điện đối với đất thì nên dùng nối đất bảo vệ.

– Khi điện áp lớn hơn 150V (220, 380, 500V) phải dùng bảo vệ nối đất cho tất cả các thiết bị điện không phụ thuộc vào điều kiện môi trường xung quanh.

– Khi điện áp nhỏ hơn 150V thì chỉ cần dùng bảo vệ nối đất trong các trường hợp cụ thể sau:

- + Nhà xưởng đặc biệt nguy hiểm về an toàn điện (nơi có độ ẩm rất cao).
- + Nhà xưởng có nguy cơ dễ cháy nổ.
- + Thiết bị điện đặt ngoài trời.

### **5.5.2. Thiết bị điện cao áp (điện áp trên 1000V)**

Phải dùng nối đất bảo vệ trong mọi trường hợp không phụ thuộc vào chế độ nối đất trung tính của mạng cung cấp điện, nhà xưởng và môi trường xung quanh.

## **5.6. MỘT SỐ ĐIỀU CẦN CHÚ Ý KHI THỰC HIỆN NỐI ĐẤT BẢO VỆ**

a) Ở những vùng có điện trở suất lớn, việc nối đất và đảm bảo điện trở nối đất theo yêu cầu rất khó khăn. Để có thể đạt được trị số điện trở nối đất yêu cầu người ta có thể dùng một số biện pháp kỹ thuật như sau:

– Dùng cọc nối đất dài đóng sâu khoảng 10 ÷ 12 m nhằm tận dụng các lớp đất phía dưới có điện trở suất nhỏ. Và nên tận dụng các kết cấu kim loại có sẵn trong đất như móng bê tông cốt thép, ống nước hoặc dẫn các chất lỏng (trừ ống dẫn những chất dễ cháy nổ),... gọi điện trở của các kết cấu này là điện trở nối đất tự nhiên  $R_m$ . Bằng cách tính theo công thức bảng 5.3 (nếu biết hình dáng) hoặc bằng cách đo trực tiếp sẽ tìm được  $R_m$ .

+ Nếu  $R_m < R_{yc}$  đã nêu trên bảng 5.5 thì có thể dùng luôn hệ thống nối đất tự nhiên mà không cần thực hiện thêm nối đất nhân tạo (trừ thiết bị điện áp cao hơn 1000V có dòng điện chạm đất lớn, nhất thiết phải nối đất nhân tạo với điện trở không được lớn hơn 1  $\Omega$ ).

+ Nếu  $R_m > R_{yc}$  thì cần thực hiện thêm nối đất nhân tạo. Lúc đó điện trở của hệ thống nối đất được xác định:  $R_{111} = R_m // R$ .

– Cải tạo đất bằng cách đổ xuống vùng đất chôn điện cực một số chất có khả năng dẫn điện tốt nhưng không ăn mòn điện cực (hay dùng là bột Bentonit). Ở Nhật Bản hay sử dụng bột Grafít trộn với vôi chưa

tôi để cài tạo nối đất. Nước ta cũng đã nghiên cứu áp dụng các biện pháp này đạt kết quả tốt.

– Ngoài ra có thể dùng những điện cực chuyên dụng cho những nơi đất có điện trở suất cao.

**Bảng 5.5.** Trị số điện trở nối đất yêu cầu theo TCVN 4756–89.  
Quy phạm nối đất, nối dây trung tính bảo vệ.

Điện áp lưới (V)	Chế độ TT nguồn	Trị số điện trở nối đất yêu cầu, $R_{yc}$ ( $\Omega$ )	Đối tượng cần nối đất
Lớn hơn 1000 V (cao áp)	Nối đất trực tiếp	$R_{yc} \leq 0,5\Omega$ Riêng nối đất nhân tạo: $R_{yc} \leq 1,0\Omega$	Trung tính và vỏ thiết bị điện
	Cách ly với đất	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chung cho cả hạ áp: <math>R_{yc} = \frac{125}{I_N} \Omega \leq 10\Omega</math></li> <li>Chỉ riêng cao áp: <math>R_{yc} = \frac{250}{I_N} \Omega \leq 10\Omega</math></li> </ul> ( $I_N$ - Dòng điện ngắn mạch chạm đất)	Vỏ thiết bị điện
Đến 1000 V (hạ áp)	Cách ly với đất	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trường hợp chung: <math>R_{yc} \leq 4\Omega</math></li> <li>Khi công suất <math>S \leq 100</math> kVA, chỉ cần thực hiện: <math>R_{yc} \leq 10\Omega</math></li> </ul>	Vỏ thiết bị điện
	Nối đất trực tiếp	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cấp điện áp 660/380V: <math>R_{yc} \leq 2\Omega</math></li> <li>Cấp điện áp 380/220V: <math>R_{yc} \leq 4\Omega</math></li> <li>Cấp điện áp 220/127V: <math>R_{yc} \leq 8\Omega</math></li> </ul>	Trung tính nguồn và vỏ biến áp
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Cấp điện áp 660/380V: <math>R_{yc} \leq 5\Omega</math></li> <li>Cấp điện áp 380/220V: <math>R_{yc} \leq 10\Omega</math></li> <li>Cấp điện áp 220/127V: <math>R_{yc} \leq 20\Omega</math></li> </ul>	Nối đất lặp lại

b) Để đảm bảo yêu cầu an toàn nên tận dụng lưới cân bằng thế tự nhiên bằng cách nối các kết cấu kim loại có sẵn trong nhà xưởng với vỏ thiết bị điện rồi nối với trang bị nối đất nhằm giảm điện áp bước và điện áp tiếp xúc khi có sự cố chạm vỏ.



c) Trong quá trình làm việc, chất lượng của trang bị nối đất có thể bị giảm do ảnh hưởng của nhiều yếu tố như độ ẩm, tác động cơ học, ăn mòn do hoá chất,... dẫn đến điện trở tăng làm giảm hiệu quả nối đất. Bởi vậy cần kiểm tra, đo đặc điện trở nối đất, đánh giá chất lượng lưới nối đất trước và trong quá trình sử dụng. Nên định kỳ khoảng 6 tháng kiểm tra một lần.

## CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 5

5.1. Mục đích ý nghĩa, trình tự tính toán và phạm vi ứng dụng của nối đất bảo vệ?

5.2. Hãy tính điện trở hệ thống nối đất? Biết:

– Vùng đất thực hiện nối đất có điện trở suất đo được:

$$\rho_{đ\alpha} = 10^4 \Omega\text{cm} ; k_m = 1,2.$$

– Hệ thống nối đất dùng 10 cọc thép góc L60×60×6mm dài như nhau  $l = 2,5\text{m}$  chôn thẳng đứng cách đều nhau một khoảng  $a = 5\text{m}$  tạo thành một hình chữ nhật với độ chôn sâu  $t = 0,8\text{m}$ . Thanh nối 10 cọc dùng thép dẹt 40×4mm và chôn sâu  $t = 0,8\text{m}$ .

– Giả sử  $\eta_c = 0,7$  còn  $\eta_t = 0,5$ .

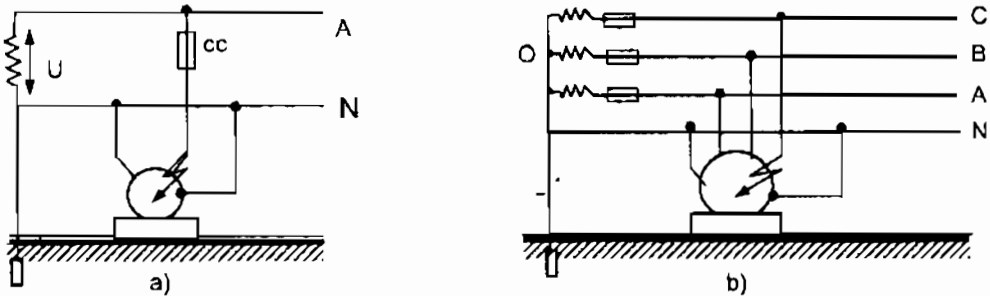
Cho biết hệ thống nối đất này có thể dùng làm nối đất an toàn và nối đất làm việc được trong mạng điện nào?

5.3. Tính toán nối đất cho trạm biến áp có công suất 1000 kVA cấp điện cho mạng điện có điện áp 380/220V? Biết vùng đất thực hiện nối đất có điện trở suất đo được  $\rho_{đ\alpha} = 0,5 \cdot 10^2 \Omega\text{m}$ , đo ở mùa khô.

## NỐI DÂY TRUNG TÍNH BẢO VỆ

### 6.1. MỤC ĐÍCH CỦA NỐI DÂY TRUNG TÍNH BẢO VỆ

Nối dây trung tính bảo vệ (NDTTBV) là thực hiện nối các phần kim loại bình thường không mang điện với dây trung tính thay cho bảo vệ nối đất trong mạng hạ áp trung tính nối đất trực tiếp. Hình 6.1 vẽ sơ đồ thực hiện NDTTBV – nối vỏ thiết bị điện với dây trung tính.



**Hình 6.1.** Thực hiện bảo vệ nối dây trung tính trong các mạng điện  
a) Mạng điện 1 pha ; b) Mạng điện 3 pha

Mục đích của NDTTBV nhằm biến sự cố chạm vỏ TĐĐ thành sự cố ngắn mạch pha – trung tính làm tăng dòng điện sự cố giúp các thiết bị bảo vệ (cầu chì, aptômát, máy cắt điện,...) tác động nhanh cắt thiết bị điện có sự cố cách điện ra khỏi nguồn điện tránh nguy hiểm cho người trong các mạng điện hạ áp trung tính nối đất trực tiếp mà người hay chạm phải.

Việc sử dụng NDTTBV mà không dùng bảo vệ nối đất ở mạng điện hạ áp trung tính nối đất trực tiếp có thể được giải thích như sau:

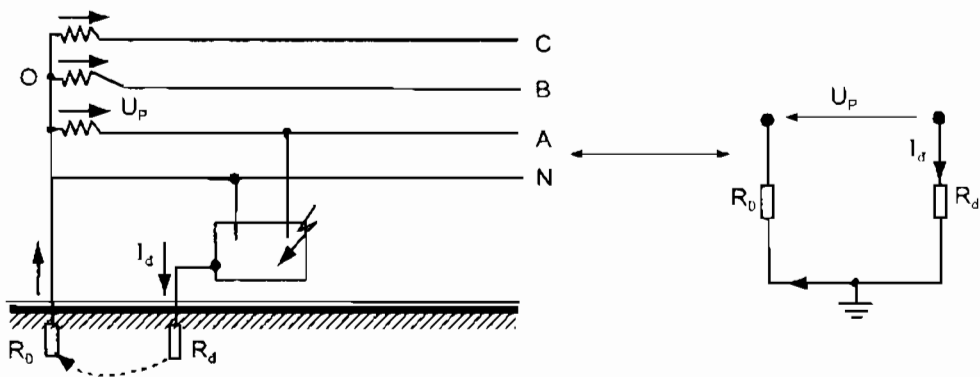
Hình 6.2 vẽ sơ đồ bảo vệ nối đất trong mạng điện áp dưới 1000 V (mạng hạ áp) trung tính nối đất trực tiếp.

Khi cách điện của thiết bị điện bị hỏng, sẽ có dòng điện chạm vỏ rồi đi xuống đất  $I_d$  được tính gần đúng:

$$I_d = \frac{U_p}{R_0 + R_d} \quad (6-1)$$

Ở đây:  $U_p$  – điện áp pha;

$R_0, R_d$  – điện trở nối đất làm việc và điện trở nối đất an toàn,  $\Omega$ .



**Hình 6. 2.** Phân tích an toàn của nối đất bảo vệ ở mạng hạ áp trung tính nối đất trực tiếp

Khi điện áp dưới 1000V, dòng điện  $I_d$  không phải lúc nào cũng đủ lớn làm chảy dây chảy hoặc tác động làm nhảy aptômát để loại trừ thiết bị bị hư hỏng cách điện ra khỏi mạng điện.

Ví dụ: Với mạng 380/220V:

$$R_0 = R_d = 4\Omega \text{ thì } I_d = \frac{U_p}{R_0 + R_d} = \frac{220}{4 + 4} = 27,5A.$$

Với trị số  $I_d = 27,5A$  chỉ làm chảy dây chảy có dòng điện định mức:

$$I_{dmCC} = \frac{27,5}{2 + 2,5} = 14 \div 11A, \text{ rất khó thực hiện.}$$

Nếu chọn dây chảy lớn sẽ dẫn đến sự cố chạm vỏ tồn tại lâu dài. Lúc đó vỏ thiết bị sẽ có điện áp  $U_{vỏ}$ , người chạm vào sẽ phải chịu toàn bộ điện áp này:

$$U_{ng} = U_{vỏ} = I_d \cdot R_d = \frac{U_p}{R_0 + R_d} \cdot R_d$$

$$\text{Với } U_p = 220V, R_0 = R_d = 4\Omega \text{ thì } U_{ng} = \frac{U_p}{R_0 + R_d} \cdot R_d = 110V \gg U_{t\text{xc}p}$$

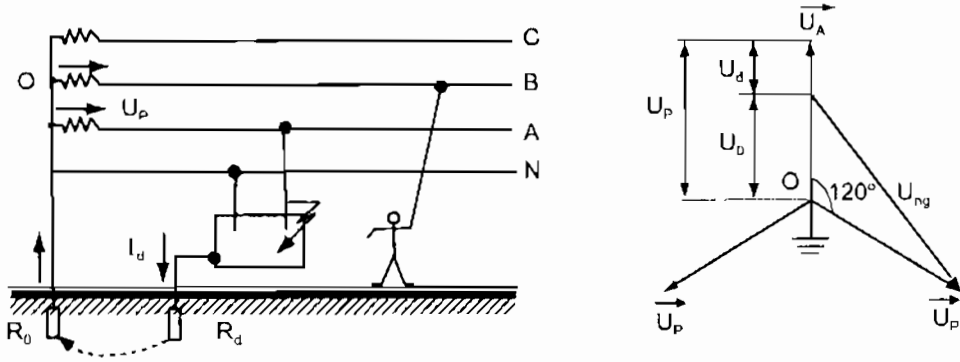
(điện áp tiếp xúc cho phép), rất nguy hiểm. Nếu muốn an toàn thì nối đất an toàn cần phải đảm bảo:

$$R_d \leq \frac{U_{t\text{xc}p}}{U_p - U_{t\text{xc}p}} \cdot R_0 \approx 1\Omega, \text{ có thể thực hiện được nhưng rất tốn}$$

kém về kinh tế.

Mặt khác, khi có sự cố chạm vỏ mặc dù nối đất ở thiết bị đảm bảo yêu cầu  $U_{\text{хв}} \leq U_p$  nhưng nếu người chạm phải một trong hai pha kia thì người sẽ phải chịu một điện áp lớn hơn điện áp pha có thể rất nguy hiểm, hình 6.3.

$$U_{ng} = \sqrt{U_p^2 + U_0^2 + U_p \cdot U_0} > U_p \quad (6-2)$$



**Hình 6.3.** Khi một pha chạm đất

người chạm vào 1 trong 2 pha còn lại ở mạng trung tính nối đất.

- a) Khi một pha đang có sự cố chạm vỏ mà người chạm vào 1 trong 2 pha còn lại;
- b) Giảm độ véc tơ khi 1 pha chạm đất, người chạm vào 1 trong 2 pha còn lại.

**Ví dụ:** Mạng 380/220V,  $U_d = \bar{U}_{v0} = 40V$  (điện áp an toàn) thì:

$$U_{ng} = 347V > U_p = 220V.$$

Do đó, vì các lý do đã nêu, ở mạng trung tính nối đất hạ áp người ta không dùng nối đất bảo vệ mà sử dụng NDTTBV hoặc kết hợp cả hai biện pháp nối đất bảo vệ và NDTTBV.

## 6.2. NỐI ĐẤT CỦA DÂY TRUNG TÍNH

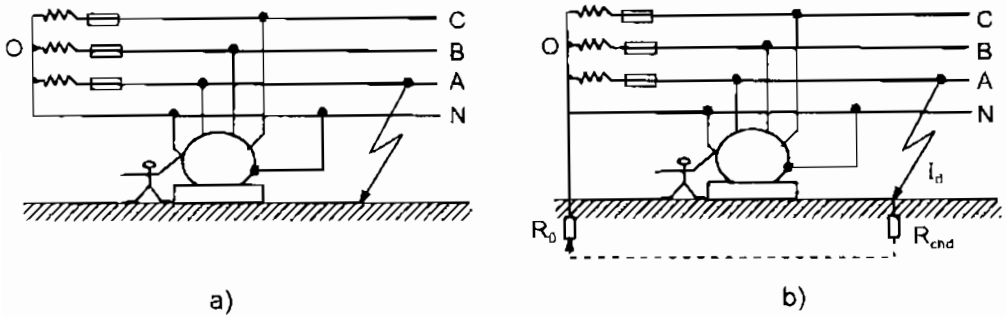
Khi dùng nối dây trung tính bảo vệ, thì dây trung tính của mạng điện nhất thiết phải được nối đất ở đầu nguồn (nối đất làm việc). Ngoài ra còn cần phải tiến hành nối đất lặp lại trên từng đoạn dây trung tính của mạng (nối đất lặp lại). Tại sao cần phải thực hiện nối đất làm việc và nối đất lặp lại? Để trả lời câu hỏi này, ta sẽ phân tích tác dụng của các nối đất này.

### 6.2.1. Nối đất làm việc

Nối dây trung tính bảo vệ không thể dùng được nếu dây trung tính

không được nối đất ở đầu nguồn vì nếu xảy ra chạm đất ở một điểm nào đó thì vỏ thiết bị nối với dây trung tính có điện áp gần bằng điện áp pha  $U_p$  của mạng trong khi đó dòng điện chạm đất rất nhỏ không đủ để tác động thiết bị bảo vệ quá dòng dẫn đến chạm đất duy trì và nếu người chạm vào vỏ thiết bị, người phải chịu điện áp pha của mạng và dòng điện qua người không phụ thuộc vào cách điện pha – đất, rất nguy hiểm (hình 6.4a).

$$U_{ng} = U_{vỏ} = U_0 = U_p \quad (6-3)$$



**Hình 6.4.** Phân tích tác dụng của nối đất làm việc dưới góc độ an toàn

- a) Khi dây trung tính không được nối đất;
- b) Khi dây trung tính được nối đất đầu nguồn.

Khi dây trung tính được nối đất đầu nguồn, nếu có chạm đất một điểm nào đó thì điện áp của vỏ thiết bị bằng điện áp dây trung tính  $U_0$ :

$$U_{vỏ} = U_0 = R_0 I_d = \frac{U_p}{R_0 + R_{chđ}} \cdot R_0 \quad (6-4)$$

Trong đó:

$U_p$  – điện áp pha của mạng, V;

$I_d$  – dòng điện chạm đất, A;

$R_0$  – điện trở nối đất làm việc của mạng,  $\Omega$ ;

$R_{chđ}$  – điện trở tại chỗ dòng điện chạm đất,  $\Omega$ .

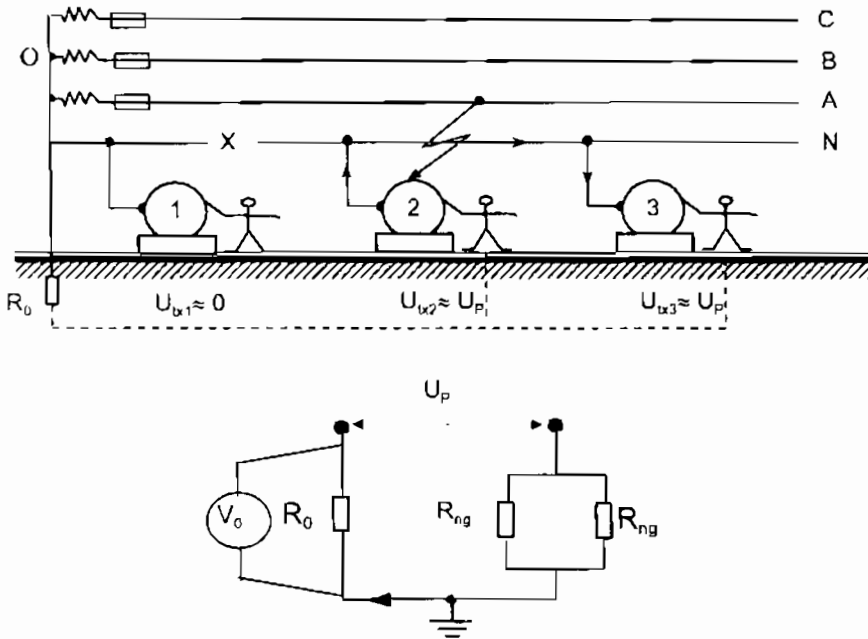
Từ biểu thức (6-4), ta nhận thấy  $R_0$  giảm thì  $U_0$  cũng giảm theo và  $R_0$  càng nhỏ càng tốt. Thực tế  $R_0$  có trị số theo quy phạm đã được đề cập ở bảng 5.5 chương nối đất bảo vệ.

Mặt khác, khi dây trung tính được nối đất đầu nguồn, nếu có chạm đất một điểm nào đó thì dòng điện chạm đất tăng đáng kể tạo điều kiện thuận lợi cho các thiết bị bảo vệ quá dòng làm việc cắt phần mạch bị chạm đất ra khỏi mạng sẽ an toàn cho người.

### 6.2.2. Nối đất lặp lại

NDTTBV chỉ thực hiện được khi dây trung tính ít nhất phải được nối đất ở đầu nguồn với điện trở nối đất  $R_0$  như đã nêu ở trên, ngoài ra trên mỗi đoạn dài cần nối đất dây trung tính một lần. Làm như vậy người ta gọi là *nối đất lặp lại dây trung tính* ( $R_L$ ). Nối đất lặp lại có tác dụng giảm điện áp tồn tại trên dây trung tính và trên vỏ thiết bị điện khi có chạm vỏ (cả khi dây trung tính còn nguyên, cũng như dây trung tính bị đứt). Để làm rõ các điều này, ta xét các trường hợp sau:

a) Trường hợp dây trung tính chỉ có nối đất đầu nguồn, không có nối đất lặp lại



Hình 6.5. Sơ đồ nối điện khi dây trung tính bị đứt, không có nối đất lặp lại

Nếu dây trung tính bị đứt, giả sử tại điểm X mà không có nối đất lặp lại và xảy ra chạm vỏ ở thiết bị sau chỗ đứt (hình 6.5), thì:

– Điện áp trên vỏ của thiết bị 1 trước chỗ đứt có điện áp của dây trung tính  $U_0$ :

$$U_{v01} = U_{ix1} = U_0 \approx 0 \quad (6-5)$$

– Điện áp vỏ của các thiết bị 2 và 3 sau chỗ đứt đều mang điện áp pha  $U_p$ :

$$U_{v02} = U_{v03} = U_{ix2} = U_{ix3} \approx U_p \quad (6-6)$$

**b) Trường hợp dây trung tính có nối đất lặp lại (hình 6.6)**

Khi có nối đất lặp lại thì điện áp tiếp xúc sẽ giảm:

– Điện áp trên vỏ của thiết bị 1 trước chỗ đứt:

$$U_{v\acute{o}1} = U_{t\grave{x}1} = \frac{U_P}{R_0 + R_l} \cdot R_0 \quad (6-7)$$

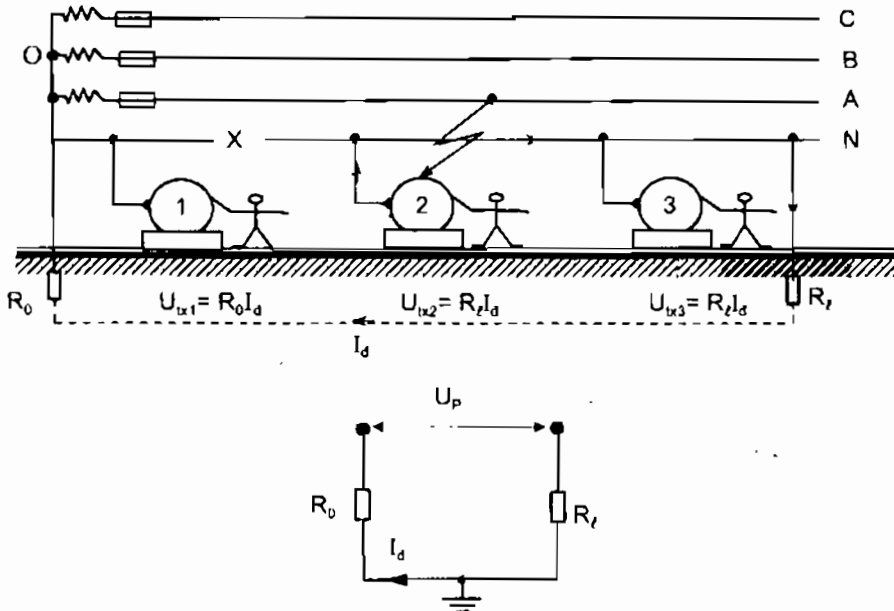
– Điện áp vỏ của các thiết bị 2 và 3 sau chỗ đứt:

$$U_{v\acute{o}2} = U_{v\acute{o}3} = U_{t\grave{x}2} = U_{t\grave{x}3} = \frac{U_P}{R_0 + R_l} \cdot R_l \quad (6-8)$$

Nếu  $R_0 = R_l$  thì các điện áp tiếp xúc của biểu thức (6-7) và (6-8) bằng nhau và bằng một nửa trị số điện áp pha của mạng, vẫn nguy hiểm và đôi khi cũng không phù hợp với sự tăng áp cho phép của điểm trung tính 0 của nguồn:

$$U_{t\grave{x}1} = U_{v\acute{o}3} = U_{t\grave{x}2} = \frac{U_P}{R_0 + R_0} R_0 = \frac{U_P}{2} \quad (6-9)$$

Mặc dù vậy thì nối đất lặp lại cũng cho ta kết quả là làm cho sự phân bố thế của thiết bị trước và sau chỗ dây trung tính bị đứt đều hơn.



**Hình 6.6.** Sơ đồ nối điện khi dây trung tính bị đứt có nối đất lặp lại

## Theo quy định hiện hành:

+ Về điện trở nối đất đầu nguồn và nối đất lặp lại như yêu cầu đã nêu ở bảng 5.5 chương bảo vệ nối đất.

+ Trên mỗi đoạn dài (khoảng 280 ÷ 300m) và những chỗ rẽ nhánh cần nối đất lặp lại dây trung tính một lần.

+ Đối với mạng dùng cáp 4 lõi (3 dây pha + 1 dây trung tính) cho phép không cần thực hiện nối đất lặp lại.

## 6.3. TÍNH TOÁN THỰC HIỆN BẢO VỆ KHI NDTTBV

Để các thiết bị bảo vệ cắt nhanh phần tử bị sự cố ra khỏi lưới điện thì phải tính toán được dòng điện sự cố và căn cứ vào đó chọn các thiết bị bảo vệ.

### 6.3.1. Cách tính dòng điện sự cố khi ngắn mạch pha – trung tính $I_{sc}$

Việc chọn các thiết bị bảo vệ một cách đảm bảo cần khi có sự cố cần thiết phải tính được dòng điện sự cố chạm đất.

Để tính chính xác dòng chạm đất cần tới phương pháp các thành phần đối xứng. Tuy nhiên như đã nói ở phần khái niệm chung về an toàn điện, các tai nạn về điện chủ yếu xảy ra ở mạng hạ áp nên ở đây sẽ chỉ nêu cách xác định dòng sự cố chạm đất để chọn các thiết bị bảo vệ an toàn ở các mạng hạ áp. Ở mạng hạ áp kích thước dây dẫn thường ngắn, dòng điện thứ tự không rất nhỏ khó xác định, vì vậy các phương pháp gần đúng hay được áp dụng. Ba phương pháp thường được áp dụng là: phương pháp tổng trở, phương pháp tổng hợp và phương pháp qui ước. Dưới đây sẽ nêu từng phương pháp.

#### a) Phương pháp tổng trở

Là phương pháp căn cứ trên tổng các tổng trở (nhưng chỉ xét thành phần thứ tự thuận) của mạch vòng ngắn mạch bao gồm các phần tử: dây pha, dây trung tính bảo vệ, MBA (nguồn), ... mà dòng chạm vỏ chạy qua.

Đường đứt quãng trên hình 6.7a là đường đi của dòng  $I_{sc}$ .

Hình 6.7b vẽ sơ đồ thay thế dùng để tính gần đúng dòng  $I_{sc}$  (đã bỏ qua tổng trở nguồn):

$$I_{sc} = \frac{U_p}{Z_p + Z_N}, A \quad (6-10)$$

Với:  $U_p$  – điện áp pha sự cố, V.

$Z_p$  – tổng trở dây pha sự cố,  $\Omega$ ;  $Z_N$  – tổng trở dây trung tính,  $\Omega$ .

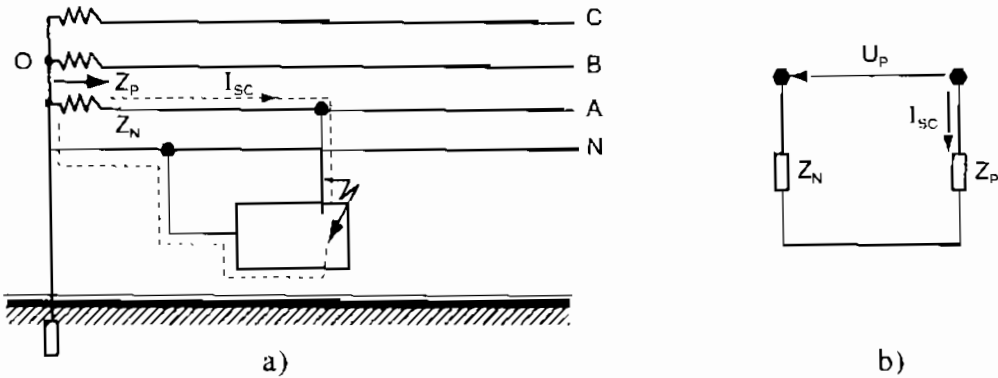


Tính  $Z_p$  và  $Z_N$  như sau:  $Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2}$  ;  $Z_N = \sqrt{R_N^2 + X_N^2}$

$R_p, R_N$  – điện trở của dây pha và dây trung tính,  $\Omega$  ;

$X_p, X_N$  – điện kháng của dây pha và dây trung tính,  $\Omega$  .

Xác định  $R_p, R_N, X_p, X_N$  có thể bằng cách tính trực tiếp hoặc tra bảng khi biết loại dây dẫn thông qua điện trở và điện kháng trên 1 km.



**Hình 6.7.** Phân tích tính dòng sự cố khi dùng NDTTBV

ở mạng điện áp thấp trung tính nối đất trực tiếp

a) Đường đi của dòng sự cố; b) Sơ đồ thay thế tính dòng sự cố.

Khi áp dụng tính toán nên tra bảng cho nhanh. Ở đây nêu cách tính trực tiếp.

– Đối với điện trở:  $R = \rho \frac{L}{S}$ ,  $\Omega$  (6-11)

Trong đó:  $\rho$  – điện trở suất của vật liệu làm dây dẫn,  $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ;

(theo NFC – 100,  $\rho$  của đồng:  $0,0225 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ , còn của nhôm:  $0,036 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ )

$L$  – chiều dài của dây tính từ nguồn (trạm biến áp hoặc máy phát), m;

$S$  – tiết diện của dây dẫn,  $\text{mm}^2$ .

– Đối với điện kháng, áp dụng công thức:

$$x = 9,2 \cdot \omega \cdot L \cdot \lg \frac{D}{r} \cdot 10^{-4}, \Omega \quad (6-12)$$

Trong đó:  $L$  – chiều dài dây dẫn tính từ nguồn, km;

$D$  – khoảng cách giữa hai dây dẫn, cm;

$r$  – bán kính của dây dẫn, cm.

Biểu thức (6 – 12) cho ta thấy điện kháng  $x$  phụ thuộc rất ít vào tiết diện của dây dẫn. Thực tế, tính toán có thể lấy:

$$x_0 = (0,35 \div 0,75) \Omega/\text{km} - \text{đối với đường dây trên không};$$

$$x_0 = (0,05 \div 0,07) \Omega/\text{km} - \text{đối với đường dây cáp}.$$

### b) Phương pháp tổng hợp

Là phương pháp cho phép ước tính dòng ngắn mạch ở cuối mạch vòng ngắn mạch khi biết dòng ngắn mạch ở gần nguồn hơn.

$$I_{sc} = \frac{U_p \cdot I_n}{U_p + Z_{sc} \cdot I_n} \quad (6-13)$$

$U_p$  – điện áp pha định mức, V.

$Z_{sc}$  – tổng trở vòng ngắn mạch,  $\Omega$ .

$I_n$  – dòng ngắn mạch đầu nguồn, A.

**Ghi chú:** Ở phương pháp này, các thành phần tổng trở được cộng số học với nhau (ngược với phương pháp tổng trở). Kết quả tính được sẽ cho giá trị dòng ngắn mạch nhỏ hơn dòng thực tế. Nếu các thiết bị quá dòng được chỉnh định dựa trên các giá trị này, chúng sẽ tác động chắc chắn hơn.

### c) Phương pháp quy ước

Là phương pháp cho phép tính dòng ngắn mạch bé nhất kết hợp với việc sử dụng bảng làm cho kết quả tính đạt được nhanh hơn. Khi chỉ cần độ chính xác đủ để xác định giới hạn độ dài lớn nhất của cáp nên dùng phương pháp này.

Việc tính toán dựa vào nguyên tắc tính dòng điện ngắn mạch với giá thiết điện áp tại điểm ngắn mạch (chỗ đặt thiết bị bảo vệ) duy trì ở trị  $\geq 80\%U_p$  (hay  $0,8U_p$  – điện áp pha – trung tính định mức). Giá trị  $0,8U_p$  đã xem xét tất cả các điện áp rơi từ phía nguồn tới điểm đặt thiết bị bảo vệ.

#### Chú ý:

Trong mạng cáp hạ áp, thường tất cả các dây dẫn của mạng 3 pha 4 dây được đặt gần nhau, do hiệu ứng gần và hiệu ứng bề mặt, điện cảm cũng như hồ cảm của các dây dẫn rất nhỏ so với điện trở của chúng nên có thể bỏ qua. Điều gần đúng này chỉ có giá trị cho cáp có tiết diện nhỏ hơn hoặc bằng  $120\text{mm}^2$ , còn khi cáp lớn hơn  $120\text{mm}^2$ , điện trở  $R$  cần được hiệu chỉnh theo bảng 6.1.

**Bảng 6.1.** Cách hiệu chỉnh điện trở khi tiết diện >120mm<sup>2</sup>

Tiết diện lõi, S (mm <sup>2</sup> )	Giá trị điện trở
150	R + 15%
185	R + 20%
240	R + 25%

**6.3.2. Cách chọn thiết bị bảo vệ theo dòng sự cố I<sub>sc</sub>**

a) Nếu dùng cầu chì (dây chảy) thì điều kiện là:

$$I_{sc} \geq (2 \div 3) I_{dmCC} \text{ hay } I_{dmCC} \leq \frac{I_{sc}}{2 \div 3} \quad (6-15)$$

Với I<sub>dmCC</sub> – dòng điện định mức của cầu chì.

b) Nếu dùng aptômát thì điều kiện là:

$$I_{sc} \geq (1,2 \div 1,5) I_{IdATM} \text{ hay } I_{IdATM} \leq \frac{I_{sc}}{1,2 \div 1,5} \quad (6-16)$$

Với I<sub>IdATM</sub> là dòng điện tác động của aptômát.

Các hệ số (2 ÷ 3) và (1,2 ÷ 1,5) đã bao gồm độ sai lệch (của nhà chế tạo) và hệ số dự trữ. Lấy trị số lớn ứng với cầu chì hoặc aptômát có dòng định mức dưới 100A và trị số nhỏ đối với các cầu chì và aptômát khác.

**6.3.3. Ví dụ**

Một lưới điện trung tính nối đất trực tiếp, điện áp 380/220V, đường dây đi trên không, dây pha và dây trung tính bằng nhau và dùng dây đồng tiết diện bằng S = 25mm<sup>2</sup>, khoảng cách giữa các dây dẫn D = 50cm.

Hãy chọn thiết bị bảo vệ cho hộ tiêu thụ điện bị sự cố ngắn mạch 1 dây pha và dây trung tính. Biết chiều dài từ trạm biến áp cung cấp đến hộ tiêu thụ có sự cố L = 1500m.

**Lời giải:**

– Xác định dòng điện sự cố theo công thức:

$$I_{sc} = \frac{U_p}{Z_p + Z_N} = \frac{U_p}{2Z_p}, A$$

(Vì dây pha và dây trung tính cùng là đồng và có cùng tiết diện)

$$R_p = \rho \frac{L}{S} = 0,0225 \frac{1500}{25} = 1,35 \Omega$$

$$X_p = 9,2 \cdot \omega \cdot L \cdot \lg \frac{D}{r} \cdot 10^{-4} \approx 0,98 \Omega$$

$$Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2} = \sqrt{1,35^2 + 0,98^2} = 1,67 \Omega$$

$$\text{Dòng điện sự cố: } I_{SC} = \frac{U_p}{2Z_p} = \frac{220}{2 \cdot 1,67} = 66 \text{ A}$$

– Vậy cần phải chọn loại dây cháy cầu chì phải có dòng điện chảy định mức là:

$$I_{dmCC} \leq \frac{I_{SC}}{2 \div 3} = \frac{66}{2 \div 3} = 33 \div 22 \text{ A}$$

Hoặc nếu dùng aptômát thì dòng tác động:

$$I_{td \Delta TM} \leq \frac{I_{SC}}{1,2 \div 1,5} = \frac{66}{1,2 \div 1,5} = 55 \div 44 \text{ A}$$

## 6.4. PHẠM VI ỨNG DỤNG VÀ MỘT SỐ ĐIỀU CẦN CHÚ Ý KHI NDTTBV

### 6.4.1. Phạm vi ứng dụng của nối dây trung tính bảo vệ

Nối dây trung tính bảo vệ được áp dụng rộng rãi cho các thiết bị điện hạ áp trong mạng ba pha có trung tính nối đất trực tiếp, là mạng được sử dụng phổ biến cho các xí nghiệp, nhà máy và công trường. Khi thiết bị điện có điện áp xoay chiều lớn hơn 42V và điện áp một chiều lớn hơn 110V ở mạng điện này cần thiết phải dùng bảo vệ nối dây trung tính.

Ở nhiều nước, trong đó có nước ta, dây trung tính còn được dùng để cấp điện cho phụ tải một pha, đồng thời vừa dùng làm dây bảo vệ cho các thiết bị điện.

### 6.4.2. Một số điều cần chú ý khi thực hiện bảo vệ nối dây trung tính

#### a) Việc chọn dây trung tính dùng bảo vệ

\* *Đối với mạng 1 pha:* cần chọn tiết diện của dây pha và dây trung tính bằng nhau.

\* *Đối với mạng điện 3 pha:* để kinh tế mà vẫn đảm bảo về mặt kỹ thuật trong thực tế thường chọn tiết diện của dây trung tính bằng (50 – 100)%

tiết diện của dây pha cùng vật liệu dẫn điện (điều kiện bắt buộc là dây trung tính phải có tiết diện không được nhỏ hơn 1/2 tiết diện dây pha cùng vật liệu dẫn điện). Đồng thời để đảm bảo được sức bền cơ khí, đối với đường dây trên không, tiết diện của dây dẫn trung tính bảo vệ ít nhất bằng  $6\text{mm}^2$  đối với dây đồng và  $16\text{mm}^2$  đối với dây nhôm.

### **b) Khi thực hiện nối dây trung tính bảo vệ**

Để bảo vệ làm việc tối cần dùng thêm một dây nối phân cần được bảo vệ an toàn tránh người tiếp xúc dẫn đến nguy hiểm với dây trung tính. Bởi thế trong thực tế ta có thể gặp ổ cắm điện 3 lỗ, giắc cắm điện 3 chân ở mạng dân dụng 1 pha và ổ cắm điện 5 lỗ, giắc cắm điện 5 chân ở mạng 3 pha.

### **c) Cách thức lắp đặt bảo vệ nối dây trung tính**

– Trung tính nguồn (máy phát điện, máy biến áp) phải được nối điện chắc chắn với hệ thống nối đất bằng cách hàn hoặc bắt bulông. Hệ thống nối đất cần đặt ngay dưới nền đặt máy phát hay máy biến áp, trường hợp máy biến áp đặt bên trong phân xưởng thì cho phép đặt nối đất sát tường phía ngoài phân xưởng. Đoạn dẫn từ trung tính nguồn đến bảng điện của các thiết bị phân phối nên dùng các thanh dẫn như thanh dẫn của các pha. Dây trung tính từ trạm đi phải hàn hoặc bắt bulông chắc chắn với thanh góp trung tính này.

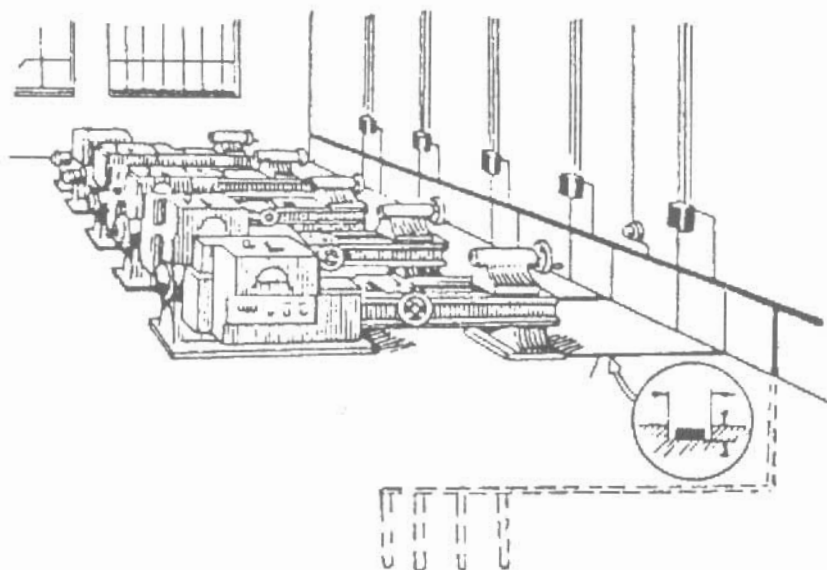
– Trên đường trục dẫn điện, nếu dây dẫn các pha bố trí riêng thì phải bố trí dây trung tính đi dưới dây pha.

– Dây trung tính đi vào phân xưởng, trước tiên phải nối với trung tính tủ điện và cầu dao tổng.

+ Nếu phân xưởng ít máy, dây trung tính có thể dẫn trực tiếp từ cầu dao hoặc bảng điều khiển tới máy bằng dây dẫn mềm hoặc dây trung tính của cáp 4 lõi.

+ Với các phân xưởng nhiều máy và bố trí tập trung nên đặt vành đai nối dây trung tính dọc theo tường phân xưởng và nối khung, vỏ kim loại các máy với vành đai này bằng các thanh dẫn dùng thép tròn  $\Phi 6 \div \Phi 8$  chôn sâu dưới mặt nền  $0,1 \div 0,15\text{m}$ . Mỗi máy phải dùng một thanh dẫn riêng (hình 6.8). Vành đai nên dùng thép dẹt  $40 \times 5$  hoặc thép tròn  $\Phi 12 \div \Phi 14$  đặt cách nền nhà xưởng từ  $0,2 \div 0,3\text{m}$ , cách tường  $0,05 \div 0,1\text{m}$ . Để đỡ vành đai, dọc theo tường cứ cách  $0,8 \div 1\text{m}$  đặt một giá đỡ.

Các giá đỡ phải được định vị chặt vào tường. Mạch vòng, giá đỡ và những chỗ thanh dẫn đi nổi phải sơn chống rỉ. Các điểm đấu nối phải được hàn hoặc bắt bulông chắc chắn, các mối hàn phải đảm bảo chiều dài lớn hơn 2 lần bề rộng đối với thanh dẹt và lớn hơn 6 lần đường kính đối với thanh dẫn tròn.



Hình 6.8. Lắp đặt nối dây trung tính bảo vệ trong phân xưởng nhiều máy

#### d) Không được đặt thiết bị bảo vệ và đóng cắt trên dây trung tính

Các thiết bị đóng cắt như: cầu chì, cầu dao, aptômát, máy cắt điện... không được đặt trên dây trung tính. Nếu trường hợp đặt thiết bị bảo vệ trên dây trung tính, muốn cắt dây trung tính phải đồng thời cắt dây pha.

## CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP ÔN TẬP CHƯƠNG 6

- 6.1. Mục đích và phạm vi áp dụng của nối dây trung tính bảo vệ?
- 6.2. Tại sao trong mạng điện ba pha hạ áp trung tính nối đất, người ta lại dùng nối dây trung tính bảo vệ thay cho nối đất bảo vệ?
- 6.3. Vì sao phải nối đất lặp lại?
- 6.4. Cách tính toán để thực hiện bảo vệ nối dây trung tính?

## Chương 7

# BẢO VỆ AN TOÀN BẰNG THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG CHỐNG DÒNG ĐIỆN RÒ

### 7.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Để đảm bảo an toàn chống điện giật ngoài một số biện pháp kỹ thuật đã nêu, một biện pháp hiện nay đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới để bảo vệ hữu hiệu chống những nguy hiểm do chạm điện trực tiếp và gián tiếp ở mạng hạ áp (đặc biệt chạm điện gián tiếp vì ta thường hay mất cảnh giác) là sử dụng các thiết bị chống dòng điện rò hay còn gọi là aptômát vi sai hay máy cắt vi sai có ký hiệu quốc tế RCD (Residual Current Devices). RCD có thể làm việc ở dòng điện rò 6mA, 10mA, 30mA đến 500mA bằng cách cắt nguồn một cách tự động với thời gian đủ nhỏ từ 0,1 ÷ 5 giây để ngăn ngừa những tổn thương do dòng điện gây ra đối với người. Ngoài mục đích chống điện giật RCD còn có khả năng chống cháy nổ do điện: Để chống điện giật thường sử dụng RCD với dòng rò làm việc 10 hoặc 30mA. Còn sử dụng hoặc để chống hoả hoạn cháy nổ nên dùng RCD với dòng rò làm việc 100 ÷ 500mA (với dòng rò > 100mA bắt đầu phát sinh hồ quang có thể gây cháy nổ).

RCD thường làm việc dựa trên nguyên tắc so lệch: so sánh dòng điện đi vào và đi ra của mạch điện (thiết bị) cần bảo vệ. Nếu sự so sánh này sai khác trị số định trước thì RCD sẽ cắt mạch. Trên hình 7.1 là sơ đồ nguyên lý cấu tạo cơ bản của thiết bị RCD.

- Khi thiết bị điện làm việc bình thường:

– Sơ đồ 3 pha (hình 7.1a):  $\dot{\Delta I}_S = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$  (tức  $I_A = I_B = I_C$ )

– Sơ đồ 1 pha (hình 7.1b):  $\dot{\Delta I}_S = \dot{I}_1 - \dot{I}_2 = 0$  (tức  $I_1 = I_2$ )

- Khi thiết bị điện có sự cố chạm vỏ sẽ có dòng đi xuống đất  $I_d$ :

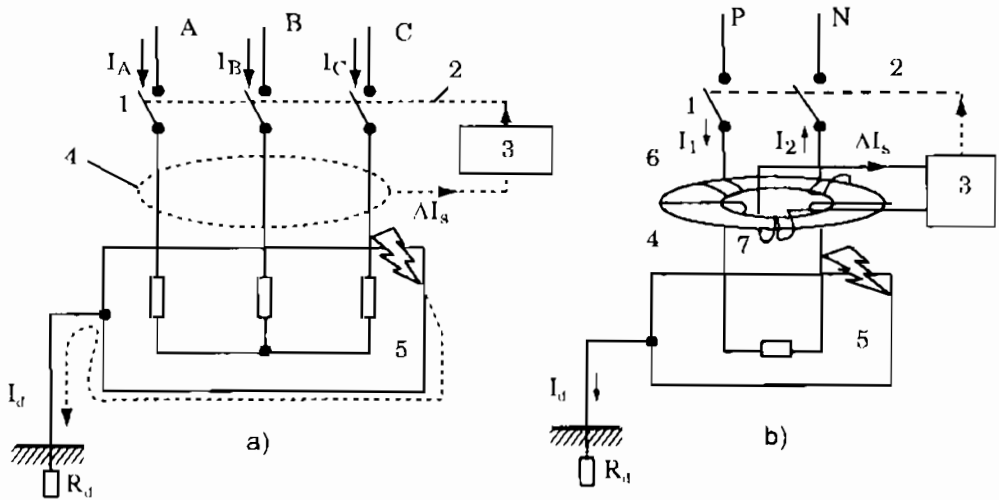
– Sơ đồ 3 pha:  $\dot{\Delta I}_S = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = \dot{I}_d \neq 0$

– Sơ đồ 1 pha:  $\dot{\Delta I}_S = \dot{I}_1 - \dot{I}_2 = \dot{I}_d \neq 0$

Dòng điện so lệch  $\Delta I_S$  sẽ đi vào rơle 3. Khi  $\Delta I_S \geq \Delta I_{KĐ}$  ( $\Delta I_{KĐ}$  là trị

số dòng điện định trước hay dòng điện khởi động của rơle 3 – chính là dòng khởi động của RCD) rơle 3 sẽ tác động đưa tín hiệu để tiếp điểm 1 cắt mạch, kết quả thiết bị điện có sự cố chạm vỏ được cắt ra khỏi nguồn điện (trường hợp chạm điện trực tiếp cũng tương tự, chỉ khác  $I_d$  lúc này là dòng điện chạy qua người  $I_{ng}$ ).

*Lưu ý:* Để RCD so lệch làm việc được khi xảy ra rò điện (chống người tiếp xúc điện gián tiếp) cần phải cho dòng  $I_d$  đi xuống đất, tức là chỉ cho  $I_d$  đi qua vòng xuyên 1 lần.



**Hình 7.1.** Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý làm việc của loại RCD so lệch  
 1 – Tiếp điểm công suất; 2 - Hệ thống đưa tín hiệu để đóng - mở tiếp điểm;  
 3 – Rơ le phát hiện; 4- Lỗi từ hình xuyên; 5 – Thiết bị điện;  
 6 – Cuộn dây chính; 7 – Cuộn dây phát hiện.

## 7.2. CẤU TRÚC MẠNG ĐIỆN HẠ ÁP

Sở dĩ cần nêu các cấu trúc khác nhau của mạng điện là bởi hình thức bảo vệ chống chạm điện bằng các RCD đòi hỏi cần có sự phối hợp với cấu trúc lưới điện. Hình 7.2 đến 7.4 nêu cấu trúc các mạng khác nhau theo quy ước của Pháp, Đức và quốc tế (IEC 364 – 3).

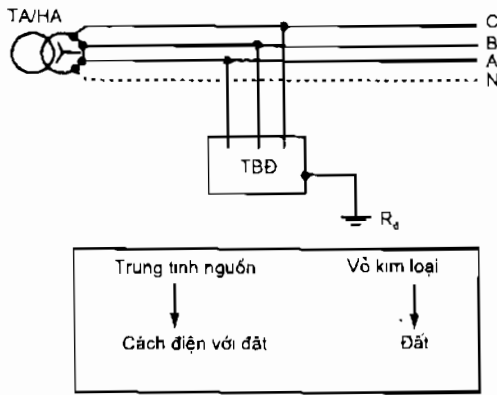
Người ta dùng hai chữ cái in hoa để chỉ định cấu trúc mạng điện.

Chữ cái đầu tiên để chỉ mối quan hệ nguồn điện và hệ thống tiếp đất.

Chữ cái thứ hai để chỉ mối quan hệ của các phần dẫn điện lộ ra ngoài có nguy cơ rò điện (thường là vỏ thiết bị điện) được nối đất bảo vệ hay nối dây trung tính bảo vệ.

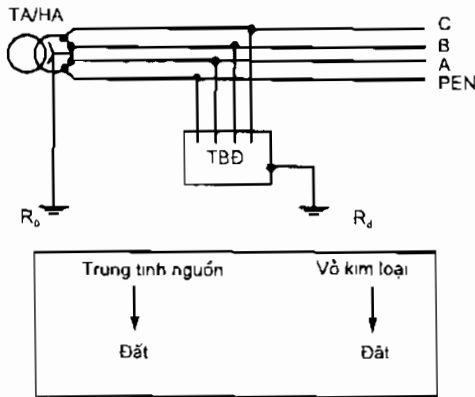


a) Sơ đồ IT



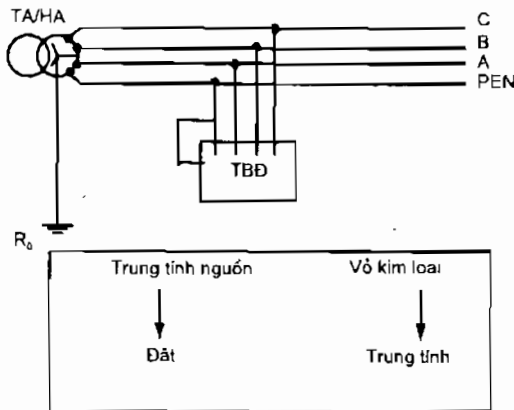
Hình 7.2. Sơ đồ IT

b) Sơ đồ TT



Hình 7.3. Sơ đồ TT

c) Sơ đồ TN

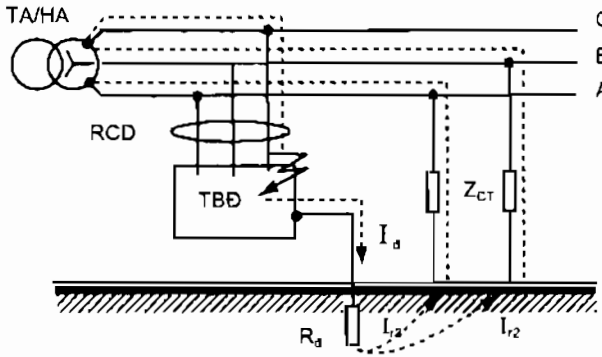


Hình 7.4. Sơ đồ TN

## 7.3. THỰC HIỆN RCD TRONG CÁC SƠ ĐỒ MẠNG ĐIỆN

### 7.3.1. Sơ đồ IT

Trong thực tế mọi dây dẫn trong mạng đều có điện dung và điện trở so với đất (vì không có cách điện nào là hoàn hảo cả). Trong sơ đồ vẽ gộp điện dung và điện trở thành tổng trở cách điện  $Z_{CT} = Z_{0CT}L$ .



Hình 7.5. Thực hiện RCD trong sơ đồ IT khi có chạm đất điểm thứ nhất

- Điện dung rò của cáp:  $C_0 = 0,3\mu\text{F}/\text{km}$
- Điện trở cách điện:  $R_0 = 10\text{ M}\Omega/\text{km}$
- Tổng trở:  $Z_{0CT} = (3 \div 4) \cdot 10^3\ \Omega/\text{km}$  (thường lấy  $Z_{0CT} = 3,5 \cdot 10^3\ \Omega/\text{km}$ ).

#### a) Khi có chạm đất điểm thứ nhất

Khi có chạm đất điểm thứ nhất ở sơ đồ kiểu IT dòng điện chạm đất  $I_d$  rất nhỏ (cỡ mA) các thiết bị bảo vệ quá dòng sẽ không tác động cắt nguồn nhưng cũng không gây nên điện áp tiếp xúc nguy hiểm cho người.

Hình 7.5 vẽ sơ đồ IT khi chạm đất một điểm, pha A bị sự cố chạm đất nên  $Z_{CT}$  ở pha này coi như không có.

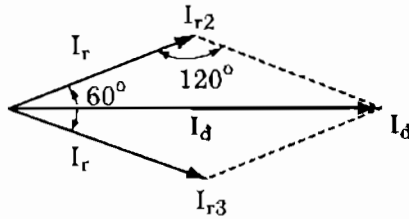
Ví dụ: Xét mạng có điện áp 380/220V trung tính cách điện với đất, dây dẫn dài 1 km, tổng trở của các dây pha so với đất  $Z_{CT} = 3500\Omega$ , điện trở nối đất bảo vệ  $R_d = 4\Omega$  (hình 7.5).

+ Khi làm việc bình thường thì dòng điện rò xuống đất của các pha:

$$I_{r2} = I_{r3} = I_r = \frac{U_p}{Z_{CT}} = \frac{220}{3500} = 63\text{mA}/\text{pha} \quad (7-1)$$

+ Khi có sự cố 1 pha chạm đất thì dòng điện đi xuống đất qua điện trở nối đất  $R_d$  (hình 7.6), theo Kiếchớp 1:  $\dot{I}_d = \dot{I}_{r2} + \dot{I}_{r3}$  (7-2)

Với  $I_{r2} = I_{r3} = I_r$  (trị hiệu dụng); về góc, lệch pha 1 góc  $60^\circ$ .



Hình 7.6. Giảm độ phức của dòng điện rò

$$\text{Cho nên: } I_d = \sqrt{I_r^2 + I_r^2 + I_r \cdot I_r} = \sqrt{3} I_r = \sqrt{3} \cdot 63 = 110 \text{mA} \quad (7-3)$$

Dòng điện này rất nhỏ không đủ để các bảo vệ quá dòng kinh điển (cầu chì, aptômát, ...) tác động dẫn đến sự cố duy trì.

+ Nếu người chạm vào vỏ TBD người sẽ phải chịu điện áp tiếp xúc:

$$U_{ix} = U_{ng} = R_d \cdot I_d = 4 \cdot 110 = 440 \text{ mV} = 0,44 \text{V} \quad (7-4)$$

Điện áp này không gây nguy hiểm cho con người.

Vậy ở mạng IT khi có sự cố chạm đất điểm thứ nhất vẫn có thể tiếp tục cho phép làm việc vì dòng  $I_d$  rất nhỏ, nó không đe dọa người sử dụng, cũng không ảnh hưởng tới thiết bị. Đây là ưu điểm lớn so với các mạng khác. Song cần có thiết bị báo hiệu khi xảy ra chạm đất điểm thứ nhất (bằng âm thanh, đèn, tia chớp hoặc hiển thị số) để nhanh chóng xác định điểm chạm đất và tiến hành sửa chữa nếu muốn hệ thống nối đất kiểu IT làm việc trong chế độ hoàn toàn tin cậy.

### b) Khi có chạm đất điểm thứ hai

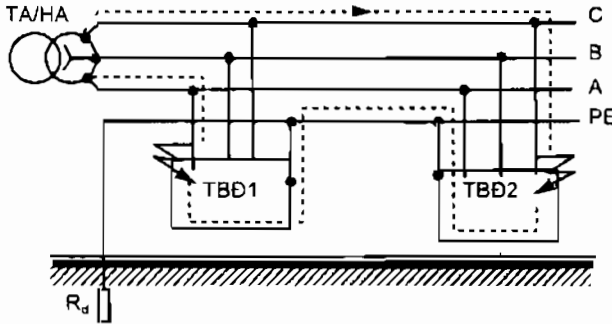
Sự cố điểm thứ hai sẽ tương đương ngắn mạch giữa 2 pha. Dòng điện sự cố trong trường hợp này có thể đủ để các thiết bị bảo vệ quá dòng kinh điển tác động cắt mạch.

– Trường hợp khi tất cả vỏ dẫn điện của các thiết bị điện nối đất dây PE chung (hình 7.7), các bảo vệ quá dòng thông thường được sử dụng mà không cần thiết phải sử dụng thêm RCD.

– Trường hợp khi vỏ các thiết bị được nối đất độc lập hoặc riêng từng nhóm, mỗi thiết bị hoặc mỗi nhóm nên được bảo vệ bằng một RCD (thêm vào khâu bảo vệ quá dòng).

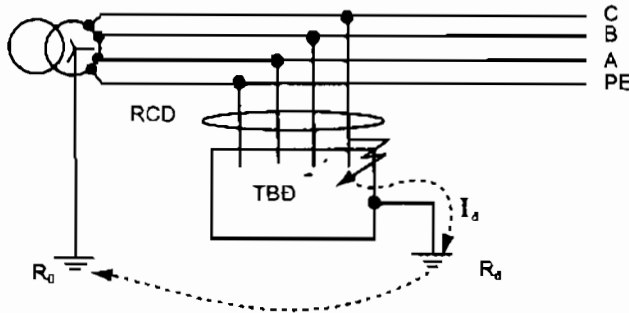
RCD được đặt ở các máy cắt tổng của cả nhóm và tại từng nhánh thiết bị có nối đất riêng. Lý do đặt thêm các RCD khi các điện cực nối đất độc lập “kết nối” qua đất, dòng ngắn mạch pha – pha thường bị giới hạn khi đi qua các điện trở nối đất. Điều này làm cho các bảo vệ quá

dòng lớn làm việc kém tin cậy. Các RCD có độ nhạy cao hơn nên sẽ tác động chắc chắn hơn. Tuy nhiên, trường hợp này các RCD phải có dòng đặt lớn hơn dòng chạm đất điểm thứ nhất.



Hình 7.7. Chạm đất điểm thứ 2 trong trường hợp các vỏ máy bị chạm điện nối vào dây bảo vệ chung (PE)

### 7.3.2. Sơ đồ TT (hình 7.8)



Hình 7.8. Thực hiện RCD trong sơ đồ TT

Ở mạng điện này dùng RCD để bảo vệ an toàn là rất tốt. Dòng so lệch chính định phải đảm bảo điều kiện:

$$\Delta I_{KD} \leq \frac{U_{txcp}}{R_d} \quad (7-5)$$

$\Delta I_{KD}$  – dòng điện so lệch tác động định mức của RCD;

$U_{txcp}$  – điện áp tiếp xúc cho phép ( $U_{txcp} = 50V$  hoặc  $25V$ )

$R_d$  – điện trở nối đất bảo vệ.

Các RCD làm việc đúng thì vỏ TBĐ cần được nối đất để khi cách điện bị hỏng thì dòng điện sẽ chạy qua vỏ TBĐ xuống đất. Lúc đó dòng so lệch khác không ( $\Delta I_s \neq 0$ ). Nếu  $\Delta I_s \geq \Delta I_{KD}$  ( $\Delta I_{KD}$  – Đại lượng đặt của RCD) nó sẽ tác động cắt TBĐ có sự cố ra khỏi mạch.

Điện trở nối đất bảo vệ  $R_d$  cần thực hiện trong mạng này, được tính như sau:

Khi có chạm vỏ, người chạm vào vỏ TBĐ thì điện áp tiếp xúc là:

$$U_{ix} = U_{ng} = R_d \cdot I_d = R_d \Delta I_{KD}$$

Để đảm bảo an toàn cần:  $U_{ix} = U_{ng} = R_d \Delta I_{KD} \leq U_{ixcp}$

Suy ra cần thực hiện:  $R_d \leq \frac{U_{ixcp}}{\Delta I_{KD}}$

**Bảng 7.1.** Điện trở nối đất tối đa ở điện áp tiếp xúc cho phép 50V và 25V

$\Delta I_{KD}$ (mA)	Điện trở nối đất tối đa $R_d$ ( $\Omega$ )	
	$U_{ixcp} = 50V$	$U_{ixcp} = 25V$
3000	16	8
1000	50	25
500	100	50
300	166	83
30	1666	833

*Ví dụ:* Nếu chọn RCD có  $\Delta I_{KD} = 500mA$ ,  $U_{ixcp} = 50V$  thì:

$$R_d \leq \frac{50}{0,5} = 100 \Omega$$

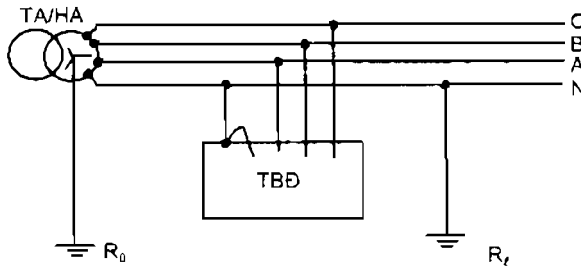
Đây chính là điện trở nối đất bảo vệ lớn nhất cho phép để RCD tác động khi đặt trị số dòng khởi động so lệch  $\Delta I_{KD} = 500mA$ .

Với cách tính tương tự, ta được giá trị giới hạn trên của điện trở nối đất với độ nhạy khác nhau của RCD ứng với điện áp tiếp xúc cho phép là 50V và 25V (bảng 7.1).

### 7.3.3. Sơ đồ TN (hình 7.9)

Nguyên lý bảo vệ của mạng kiểu TN tương đối đơn giản, chuyển đổi sự cố cách điện thành sự cố ngắn mạch pha – trung tính. Thiết bị bảo vệ quá dòng truyền thống (cầu chì, aptômát) có thể tác động rất nhanh sự cố. Trong thực tế vì các thiết bị bảo vệ thường làm việc theo nguyên tắc quá dòng nên khi tổng trở dây trung tính tăng (tức hệ tiêu thụ điện tăng) dòng sự cố có thể không đủ để khởi động các thiết bị bảo vệ này. Mặt khác khi bố trí, để đảm bảo tính chọn lọc thường các thiết bị bảo vệ có tính trễ (càng gần nguồn thời gian tác động càng chậm và ngược lại càng xa nguồn thời gian tác động càng nhanh).

Vì thế người ta phải dùng thêm thiết bị bảo vệ chống sự cố cách điện (RCD). Do sử dụng RCD, sơ đồ TN biến thành 3 sơ đồ: TN-C; TN-S và TN-C-S.

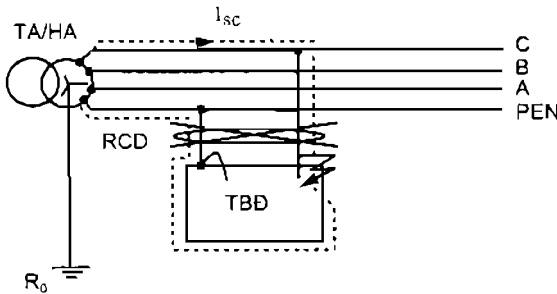


Hình 7.9. Sơ đồ TN

**a) Sơ đồ TN – C**

Đây là mạng 3 pha 4 dây, dây trung tính và dây bảo vệ dùng chung gọi là PEN .

$$\text{Dây PEN} = \text{PE} + \text{N}$$



Hình 7.10. Sơ đồ TN-C không dùng được RCD

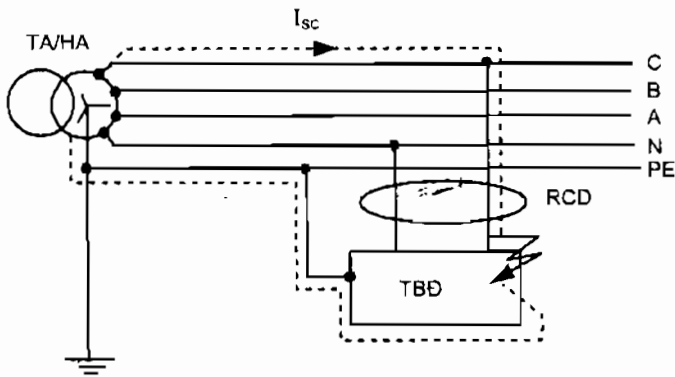
Sơ đồ này không thể dùng được RCD vì dòng điện sự cố cách điện  $I_{sc}$  sẽ đi từ dây pha qua vỏ đến dây trung tính rồi trở về nguồn (đường đứt đoạn trên hình 7.10), tức là dòng vào và dòng ra RCD bằng nhau nên dòng so lệch  $\Delta I_s = 0 \rightarrow$  RCD không tác động khi cách điện pha – vỏ bị hỏng.

**b) Sơ đồ TN – S**

Đây là mạng 3 pha 5 dây. Dây trung tính (N) và dây bảo vệ (PE) riêng rẽ như hình 7.11.

Sơ đồ này dùng được RCD vì dòng điện sự cố cách điện  $I_{sc}$  sẽ đi từ dây pha qua vỏ đến dây PE rồi trở về nguồn (chứ không đi qua dây N) nên dòng so lệch  $\Delta I_s \neq 0$ . Lúc này RCD sẽ tác động cắt thiết bị bị sự cố ra khỏi nguồn điện.

Dùng sơ đồ này sẽ tốn kém về kinh tế vì phải dùng thêm 1 dây so với các sơ đồ khác nên trong thực tế người ta hay dùng sơ đồ TN – C – S.



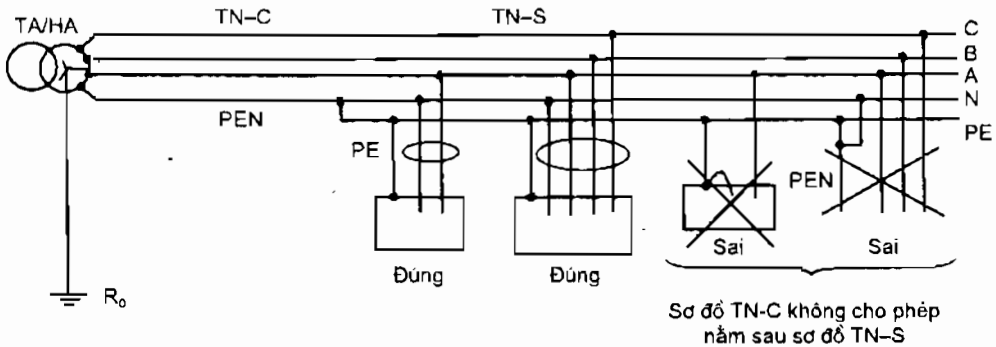
Hình 7.11. Sơ đồ TN – S

**c) Sơ đồ TN – C – S**

Là sơ đồ kết hợp hai sơ đồ TN – C và TC – S trong cùng một mạng điện:

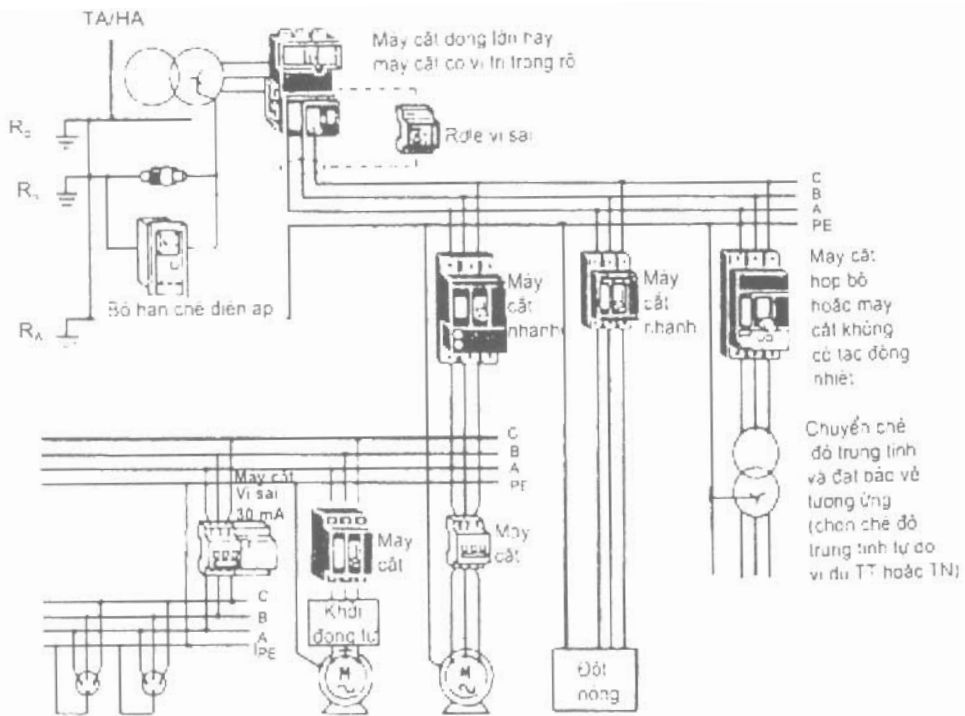
Phía đầu nguồn dùng TN – C, đến hộ tiêu thụ cần đảm bảo an toàn (phía cuối nguồn) dùng mạng TN – C – S. Cần lưu ý trong sơ đồ TN – C – S, sơ đồ TN – C không bao giờ được sử dụng sau sơ đồ TN – S. Điểm phân dây PE tách khỏi dây PEN thường là điểm đầu của lưới điện cần bảo vệ bằng RCD (hình 7.12).

Sơ đồ này được sử dụng phổ biến trên thế giới. Ở nước ta dùng phổ biến sơ đồ TN – C, nên khi dùng RCD để hiệu quả cao, có thể chuyển sơ đồ TN – C thành sơ đồ TN – C – S. Ngoài ra cũng có thể chuyển mạng TN – C thành mạng TT hoặc TN – S để sử dụng RCD hiệu quả.

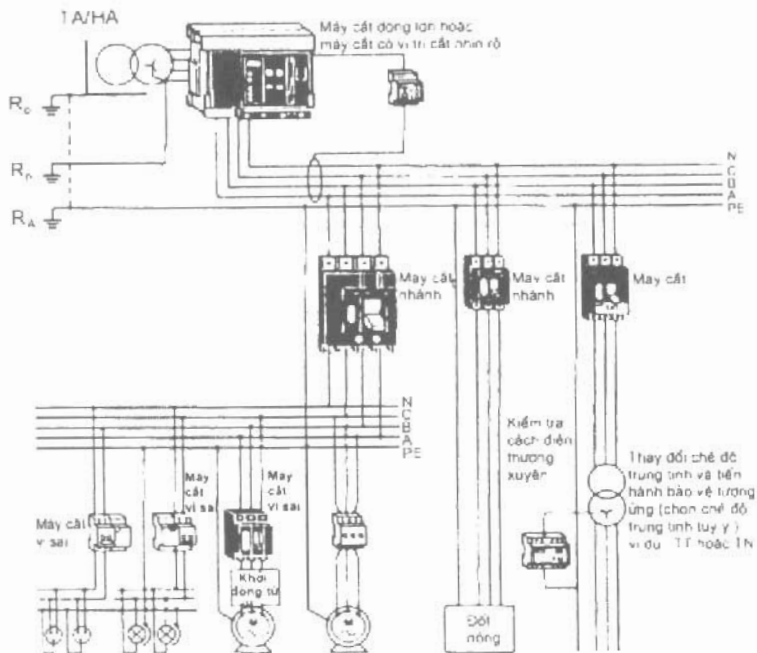


Hình 7.12. Sơ đồ TN – C – S

Để bạn đọc dễ hình dung việc thực hiện các loại bảo vệ trong các mạng điện, trong đó có sử dụng RCD (máy cắt vi sai), xin giới thiệu một số sơ đồ bảo vệ tiêu biểu (hình 7.13 đến hình 7.15).

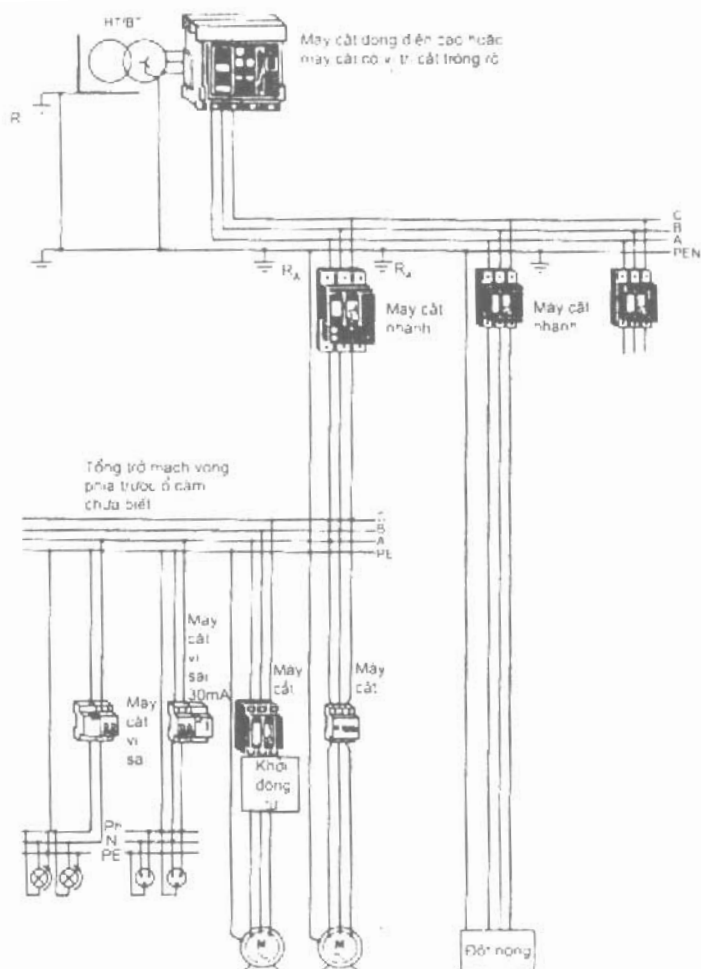


Hình 7.13. Sơ đồ bố trí thiết bị bảo vệ trong mạng IT



Hình 7.14. Sơ đồ bố trí thiết bị bảo vệ trong mạng TT





Hình 7.15. Sơ đồ bố trí thiết bị bảo vệ trong mạng TN

#### 7.4. TÍNH TOÁN LỰA CHỌN RCD

Để RCD lắp đặt trong các mạng điện đảm bảo an toàn cho chính nó trong quá trình làm việc, an toàn cho mạng điện trong phòng chống cháy nổ và người sử dụng điện, việc lựa chọn RCD cho một thiết bị điện (hay một nhóm thiết bị điện) cần đảm bảo các điều kiện theo bảng 7.2.

Trong đó: các thông số  $U_{dmRCD}$ ,  $I_{dmRCD}$ ,  $\Delta I_{KD}$  và thời gian tác động được các nhà sản xuất RCD cho (ghi trên nhãn từng RCD hoặc catalog).

$U_{dm,m}$  – điện áp định mức của mạng điện, V;

$I_t$  – dòng điện tính toán, A.

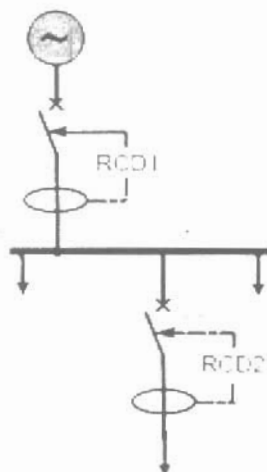
**Bảng 7.2. Các điều kiện chọn và kiểm tra RCD**

TT	Đại lượng chọn và kiểm tra	Công thức chọn - kiểm tra
1	Điện áp định mức, $U_{dmRCD}$ (V)	$U_{dmRCD} \geq U_{dmTN}$
2	Dòng điện định mức, $I_{dmRCD}$ (A)	$I_{dmRCD} \geq I_n$
3	Dòng điện so lệch tác động $\Delta I_{kD}$ (mA) và thời gian tác động $\Delta t$ (giây)	Chỉnh định phù hợp mục đích bảo vệ (chống điện giật: 10 – 30mA, chống cháy nổ: 100 – 500mA) và thời gian tác động xét đến tính chọn lọc.

**Lưu ý:** Đối với mạng điện có nhiều cấp bảo vệ, phải chọn RCD sao cho đảm bảo tính chọn lọc để sự cố rò điện ở thiết bị nào thì RCD đặt gần thiết bị đó nhất phải cắt, tránh gây mất điện trên diện rộng không cần thiết. Ví dụ: Xét mạng điện trên hình 7.16 dùng 2 RCD: RCD1 và RCD2, để đảm bảo tính chọn lọc có 2 cách chọn (hoặc chỉnh định đối với loại chỉnh định được dòng so lệch và thời gian tác động):

*Cách 1:* dòng so lệch tác động:  $\Delta I_{kD RCD1} > \Delta I_{kD RCD2}$ ;

– *Cách 2:* thời gian tác động (sẽ đảm bảo cả khi các RCD có cùng dòng so lệch tác động):  $\Delta t_{RCD1} > \Delta t_{RCD2}$ .



**Hình 7.16.** Phối hợp RCD bảo vệ để đảm bảo tính chọn lọc

**Ví dụ 7.1:** Hãy tính toán chọn RCD chống điện giật cho một bình đun nước nóng gia đình có  $U_{dm} = 220V$ ,  $P_{dm} = 2.5kW$ ,  $\cos\phi = 1$  và đưa ra sơ đồ lắp đặt đảm bảo an toàn trong hai trường hợp sử dụng mạng điện khác nhau:

- Mạng TN
- Mạng TT.

### Lời giải:

– Bình đun nước nóng có  $U_{dm} = 220V$ ,  $P_{dm} = 2,5kW$ ,  $\cos\varphi = 1$  nên dòng điện định mức của bình là:

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm} \cos\varphi} = \frac{2,5 \cdot 10^3}{220 \cdot 1} = 11,36A$$

– Do đó chọn mua RCD 2 cực có các thông số sau:

$U_{dmRCD} = 230V$ ;  $I_{dmRCD} = 16A$ ;  $\Delta I_{KD} = 30mA$   
và thời gian tác động tức thời.

Số sánh kiểm tra các điều kiện (bảng 7.3)

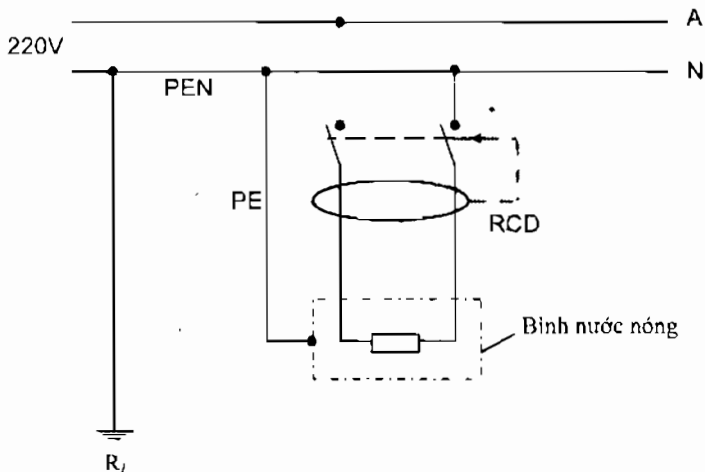
**Bảng 7.3. Kiểm tra các điều kiện sau khi chọn RCD của ví dụ 7.1**

TT	Đại lượng chọn và kiểm tra	Công thức chọn - kiểm tra
1	Điện áp định mức, $U_{dmRCD}$ (V)	$U_{dmRCD} = 230V > U_{dm,m} = 220V$
2	Dòng điện định mức, $I_{dmRCD}$ (A)	$I_{dmRCD} = 16A > I_n = 11,36A$
3	Dòng điện sai lệch tác động $\Delta I_{KD}$ (mA) và thời gian tác động $\Delta t$ (giây)	30mA và thời gian tác động tức thời 0 (s)

Như vậy, chọn RCD có các thông số đã nêu là đảm bảo an toàn chống điện giật do tiếp xúc trực tiếp trong các mạng điện.

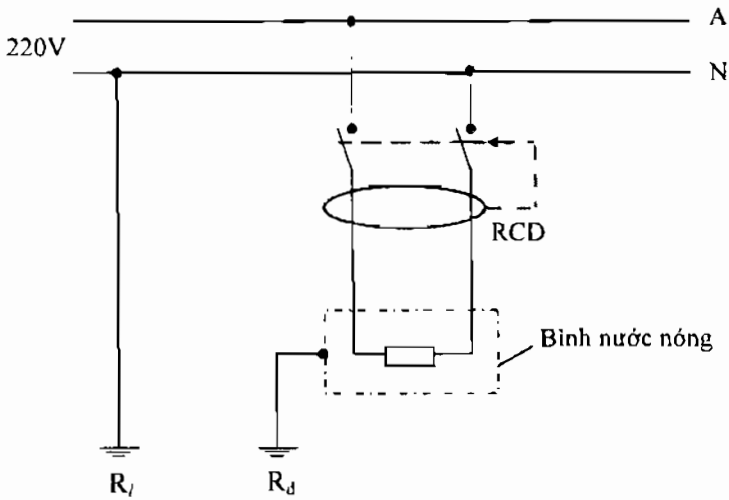
Tuy nhiên để đảm bảo cất khi bình bị rò điện (tránh tiếp xúc gián tiếp), cần phải phối hợp với các mạng điện. Cụ thể sơ đồ lắp đặt như sau:

a) Mạng TN: sử dụng TN-C-S (hình 7.17)



**Hình 7.17. Lắp đặt RCD trong mạng TN**

b) Mạng TT (hình 7.18)



Hình 7.18. Lắp đặt RCD trong mạng TT

**Lưu ý lắp RCD ở mạng TT:** Phòng tắm là môi trường nguy hiểm về điện do đó lấy  $U_{\text{vxcp}} = 25\text{V}$  và từ việc chọn RCD có  $\Delta I_{\text{KD}} = 30\text{mA}$  nên cần thực hiện điện trở nối đất  $R_d \leq 833\Omega$  (tính hoặc tra bảng 7.1).

**Ví dụ 7.2:** Mạng điện 3 pha điện áp 380/220V cấp điện cho phụ tải động cơ có  $P_{\text{dm}} = 4,5\text{kW}$ ;  $\cos\varphi = 0,65$  cùng số liệu về điện trở nối đất nguồn và nối đất vỏ động cơ cho trên hình vẽ 7.19.

- Theo tiêu chuẩn quốc tế (IEC – 364 – 3) thì đây là mạng điện nào?
- Khi cách điện 1 pha – vỏ động cơ bị hỏng, hãy cho biết:
  - Dòng điện  $I_d$  (khép mạch qua: dây pha – vỏ động cơ – các điện trở nối đất và về nguồn) bằng bao nhiêu?
  - Điện áp tiếp xúc (điện áp trên vỏ động cơ)?
- Chọn RCD chống rò điện cho động cơ này?

**Lời giải:**

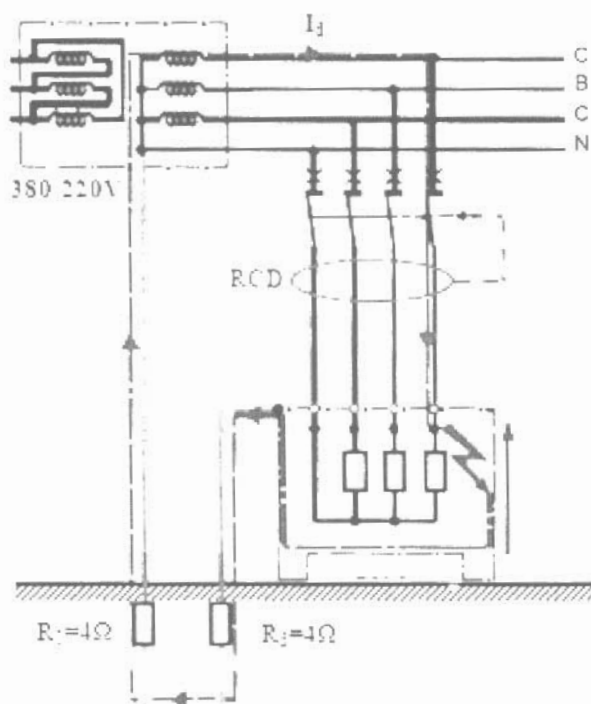
- Theo tiêu chuẩn IEC – 363 – 3 thì mạng điện này thuộc loại TT.
- Khi cách điện 1 pha – vỏ động cơ bị hỏng:
  - Dòng điện chạm vỏ qua điện trở nối đất:

$$I_d = \frac{U_p}{R_0 + R_d} = \frac{220}{4 + 4} = 27,5\text{A}$$

- Điện áp tiếp xúc trên vỏ động cơ sẽ bằng:

$$U_{ct} = U_{tx} = U_d = R_d I_d = 4,27,5 = 110V$$

Điện áp này lớn hơn điện áp tiếp xúc cho phép nên rất nguy hiểm cho người tiếp xúc.



Hình 7.19. Mạng điện cho ví dụ 7.2

c) Chọn RCD

- Động cơ có:  $P_{dm} = 4,5kW$ ;  $\cos\varphi = 0,65$  nên dòng điện định mức của động cơ sẽ là:

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3}U_{dm} \cos\varphi} = \frac{4,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,65} \approx 10,5A$$

- Dòng so lệch làm việc (khởi động) của RCD thỏa mãn điều kiện trong môi trường bình thường về an toàn điện:

$$\Delta I \leq \frac{U_{tvc}}{R_d} = \frac{50}{4} = 12,5A$$

Do đó chọn RCD có các thông số sau:

$U_{dmRCD} = 400V$ ;  $I_{dmRCD} = 25A$ ;  $\Delta I_{KD} = 30mA$   
và thời gian tác động tức thời.

So sánh kiểm tra các điều kiện (bảng 7.4)

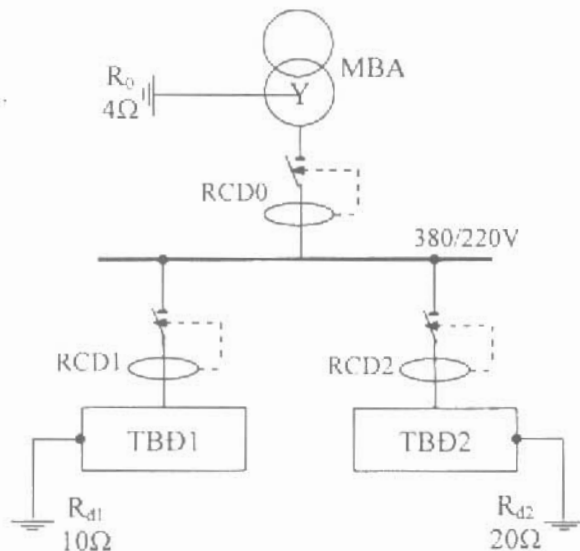
**Bảng 7.4. Kiểm tra các điều kiện sau khi chọn RCD của ví dụ 7.2**

TT	Đại lượng chọn và kiểm tra	Công thức chọn - kiểm tra
1	Điện áp định mức, $U_{\text{đmRCD}}$ (V)	$U_{\text{đmRCD}} = 400\text{V} > U_{\text{đm.m}} = 380\text{V}$
2	Dòng điện định mức, $I_{\text{đmRCD}}$ (A)	$I_{\text{đmRCD}} = 25\text{A} > I_{\text{t}} = 10,5\text{A}$
3	Dòng điện so lệch tác động $\Delta I_{\text{KĐ}}$ (mA) và thời gian tác động $\Delta t$ (giây)	30mA và thời gian tác động tức thời

Vậy chọn RCD có các thông số đã nêu là đảm bảo an toàn.

**Ví dụ 7.3:** Sơ đồ một sợi của mạng điện 3 pha điện áp 380/220V cùng số liệu về điện trở nối đất nguồn và nối đất vỏ các thiết bị điện (TBD1 và TBD2) cho trên hình vẽ 7.20. Yêu cầu:

- Khi xảy ra rò điện 1 pha - vỏ của TBD1 và TBD2 thì điện áp tiếp xúc trên các vỏ các thiết bị điện này là bao nhiêu?
- Chọn các RCD sao cho đảm bảo an toàn và đảm bảo tính chọn lọc?



**Hình 7.20.** Mạng điện cho ví dụ 7.3

**Lời giải:**

a) Tính điện áp tiếp xúc trên vỏ các thiết bị:

- Dòng điện sự cố 1 pha - vỏ của TBD1 và TBD2:

$$I_{\text{đ1}} = \frac{U_p}{R_0 + R_{\text{đ1}}} = \frac{220}{4 + 10} = 15,71\text{A}$$

$$I_{\text{đ2}} = \frac{U_p}{R_0 + R_{\text{đ2}}} = \frac{220}{4 + 20} = 9,17\text{A}$$

– Vậy điện áp tiếp xúc trên vỏ TBĐ1 và TBĐ2 là:

$$U_{\text{vỏTBĐ1}} = U_{I_{x1}} = U_{d1} = R_{d1} I_{d1} = 10.15,71 = 157,1V$$

$$U_{\text{vỏTBĐ2}} = U_{I_{x2}} = U_{J2} = R_{d2} I_{J2} = 20.9,17 = 183,4V$$

Các điện áp tiếp xúc này lớn hơn điện áp tiếp xúc cho phép nên rất nguy hiểm cho người tiếp xúc.

b) Chọn các RCD: Các ví dụ trên đã nêu phương pháp chọn và kiểm tra chi tiết, ví dụ này sẽ trình bày ngắn gọn.

– Cách chọn tương tự ví dụ 7.2;

– Chỉ cần lưu ý, để đảm bảo tính chọn lọc có 2 cách:

*Cách 1:* chọn (hoặc chỉnh định) dòng so lệch tác động:

$$\Delta I_{\text{KĐ RCD0}} = 100\text{mA} > \Delta I_{\text{KĐ RCD1}} = \Delta I_{\text{KĐ RCD2}} = 30\text{mA};$$

*Cách 2:* chọn (hoặc chỉnh định) thời gian tác động:

$$\Delta t_{\text{RCD0}} = 1\text{s} > \Delta t_{\text{RCD1}} = \Delta t_{\text{RCD2}} = 0,5\text{s}; \text{ hoặc:}$$

$$\Delta t_{\text{RCD0}} = 0,5\text{s} > \Delta t_{\text{RCD1}} = \Delta t_{\text{RCD2}} = 0,15\text{s}$$

## 7.5. CHÚ THÍCH CÁC KÝ HIỆU QUỐC TẾ

– Mạng TN và TT được gọi chung là mạng có trung tính nối đất, còn IT là mạng trung tính cách điện với đất.

– Các ký hiệu quy ước được sử dụng trong các thuật ngữ trên có ý nghĩa như sau:

**TN – C:** Mạng có trung tính nối đất trực tiếp, còn vỏ thiết bị điện được nối với dây trung tính; dây trung tính vừa là dây bảo vệ (làm việc chung).

**TN – C – S:** Như mạng TN – C nhưng dây trung tính và dây bảo vệ đoạn gần nguồn làm việc chung, còn sau đó lại tách riêng ra.

**TN – S:** dây trung tính và dây bảo vệ làm việc riêng rẽ (mạng 3 pha 5 dây).

**PE – Protective Earth** – dây nối đất bảo vệ.

**PEN – Protective Earth Neutral** – dây trung tính vừa là dây nối đất bảo vệ.

*Chữ đầu:*

+ T – Terrene – nối với đất.

+ I – Insulation – cách điện.

*Chữ thứ hai:*

+ T – Terrene – nối đất với đất.

+ N – Neutral – dây trung tính.

*Chữ thứ ba:*

+ C – Combine – gộp lại, chung nhau.

+ S – Separated – tách biệt.

## **CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP ÔN TẬP CHƯƠNG 7**

7.1. Cấu tạo và nguyên lý tác động của RCD?

7.2. Các loại mạng điện hạ áp theo quy ước quốc tế?

7.3. Sử dụng RCD trong các mạng điện?

7.4. Hãy tính toán, lựa chọn và lắp đặt RCD cho mạng điện gia đình bạn?

7.5. Hãy tính toán, lựa chọn và lắp đặt RCD tại tủ động lực của phân xưởng được cấp điện bởi mạng 3 pha 4 dây trung tính nối đất, điện áp 380/220V?



## Chương 8

# BẢO VỆ CHỐNG XÂM NHẬP ĐIỆN ÁP

### 8.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Điện áp cao xâm nhập sang điện áp thấp (gọi tắt là xâm nhập điện áp) là sự nối điện giữa các cuộn dây (đường dây) có điện áp khác nhau do cách điện giữa chúng bị hỏng.

Sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp hay xảy ra ở các máy biến áp di động cung cấp điện năng cho các đèn cầm tay, dụng cụ điện, máy hàn điện,.... Điện áp của cuộn dây thứ cấp của các máy biến áp này thường ở điện áp an toàn  $12 \div 65$  V và có cách điện không cao.

Các máy biến áp cố định dùng trong mạng động lực hay chiếu sáng hiện tượng xâm nhập điện áp ít xảy ra hơn vì các cuộn dây điện áp khác nhau của loại máy biến áp này có cách điện rất chắc chắn. Sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp chỉ hay xảy ra ở các đầu ra của các cuộn dây. Đối với các biến áp phục vụ đo lường (BU và BI) cũng có thể phải chịu hiện tượng xâm nhập điện áp này.

Ngoài ra, nhiều khi vì gió bão làm đường dây cao áp đứt rơi xuống mạng điện hạ áp cũng gây ra hiện tượng xâm nhập điện áp.

Khi có sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp thì rất nguy hiểm cho thiết bị và người sử dụng, vận hành thiết bị phía hạ áp vì cách điện của phía hạ áp không chịu đựng được điện áp cao, người tiếp xúc với thiết bị có thể phải chịu điện áp phía cao tràn sang.

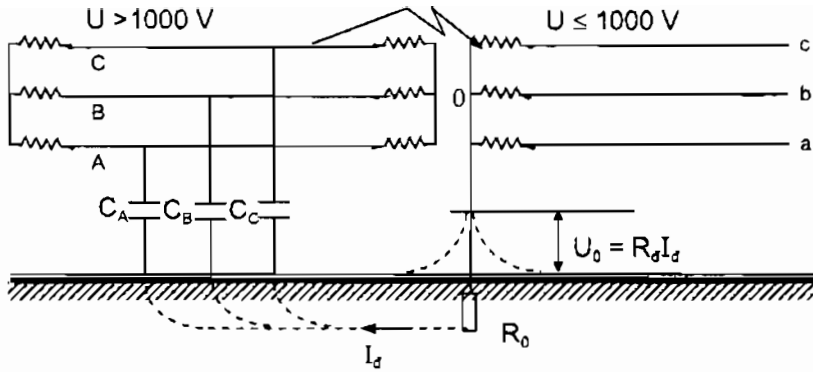
Bởi vậy, cần thiết phải nghiên cứu, để đưa ra các biện pháp bảo vệ an toàn cho người khi có sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp.

### 8.2. PHÂN TÍCH NGUY HIỂM KHI CÓ SỰ XÂM NHẬP ĐIỆN ÁP

Dưới đây chúng ta phân tích dưới góc độ an toàn khi xảy ra xâm nhập điện áp ở một số mạng điện thường gặp trong thực tế.

#### 8.2.1. Mạng hạ áp có trung tính nối đất trực tiếp

Trên hình 8.1 vẽ sơ đồ trường hợp trung tính của mạng hạ áp được nối đất trực tiếp, còn phía cao áp trung tính cách điện đối với đất.



**Hình 8.1.** Sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp trung tính nối đất trực tiếp

Khi có sự xâm nhập từ điện áp cao sang điện áp thấp, dòng điện sự cố đi qua điện trở nối đất làm việc  $R_0$  của máy biến áp và qua các điện dung  $C_A, C_B, C_C$  của mạng cao áp (bỏ qua các điện dẫn cách điện bên cao áp vì chúng rất nhỏ so với điện dẫn của hệ thống nối đất làm việc  $g_0 = \frac{1}{R_0}$ ). Nếu coi  $C_A = C_B = C_C = C$  thì dòng điện sự cố có thể tính theo

công thức:

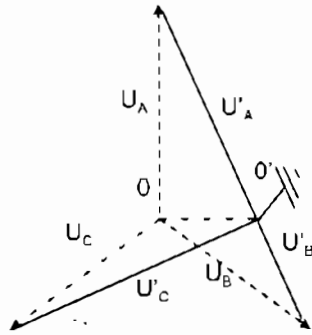
$$I_d = \frac{3\omega C U_p}{\sqrt{1 + 9\omega^2 C^2 R_0^2}} \quad (8-1)$$

Điện áp của trung tính mạng hạ áp:

$$U_0 = R_0 \cdot I_d = \frac{3\omega C U_p R_0}{\sqrt{1 + 9\omega^2 C^2 R_0^2}} \quad (8-2)$$

- Trong đó:
- $U_p$  – điện áp pha của mạng cao áp;
  - $C$  – điện dung cách điện của mạng cao áp;
  - $R_0$  – điện trở nối đất làm việc mạng hạ áp;
  - $\omega$  – tần số góc của dòng điện.

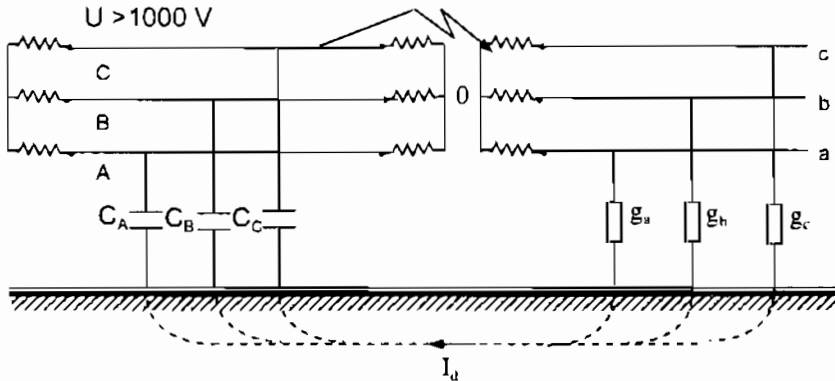
Khi  $U_0$  lớn có thể gây nguy hiểm cho người chạm vào vỏ thiết bị nếu vỏ thiết bị cũng được nối vào dây trung tính (đùng nối dây trung tính bảo vệ). Điện áp các pha đối với đất bây giờ cũng thay đổi tương ứng với sự thay đổi điện áp của điểm trung tính (hình 8.2).



**Hình 8.2.** Véc tơ điện áp của các pha đối với đất lúc có xâm nhập điện áp cao sang hạ (TT hạ áp nối đất)

### 8.2.2. Mạng hạ áp có trung tính cách điện đối với đất

Hình 8.3 vẽ sơ đồ khi có sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp trung tính cách điện đối với đất.



**Hình 8.3.** Sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp có trung tính cách điện đối với đất

Một cách gần đúng có thể bỏ qua các điện dẫn cách điện bên cao áp và điện dung cách điện bên hạ áp, lúc đó điện áp điểm trung tính mạng hạ áp gần bằng điện áp pha phía cao áp và điện áp giữa điểm trung tính đối với đất:

$$U_0 = \frac{I_d}{g_a + g_b + g_c} \quad (8-3)$$

Trong đó:

$I_d$  – dòng điện chạm đất khép mạch qua điện dẫn cách điện mạng điện hạ áp và điện dung cách điện của mạng cao áp;

$(g_a + g_b + g_c)$  – điện dẫn của cách điện mạng điện hạ áp gần bằng điện dẫn của các pha nối song song với nhau.

### 8.3. CÁC BIỆN PHÁP BẢO VỆ XÂM NHẬP ĐIỆN ÁP

Các biện pháp bảo vệ phụ thuộc vào chế độ làm việc của trung tính mạng cao và hạ áp.

#### 8.3.1. Mạng hạ áp có trung tính nối đất trực tiếp

##### a) Trường hợp mạng phía cao áp trung tính nối đất trực tiếp

Trong trường hợp phía hạ áp có trung tính nối đất trực tiếp và bên phía cao áp cũng có trung tính nối đất trực tiếp biện pháp bảo vệ rất dễ thực hiện.

Khi điện áp cao xâm nhập sang điện áp thấp thì sự xâm nhập này được biến thành chạm đất một pha của mạng điện cao áp, cho nên bảo vệ của máy biến áp sẽ tác động cắt máy biến áp để cô lập sự cố. Để đảm bảo an toàn thì hệ thống nối đất trung tính (nối đất làm việc) phải có điện trở  $R_0 \leq 4 \Omega$ .

##### b) Trường hợp mạng phía cao áp trung tính cách điện đối với đất

Trường hợp phía hạ áp có trung tính nối đất trực tiếp còn phía cao áp có trung tính cách điện đối với đất (hình 8.1) thì dòng điện dung chạm đất một pha rất nhỏ có thể không đủ để các bảo vệ quá dòng làm việc cắt máy biến áp dẫn đến dòng điện chạm đất  $I_d$  qua  $R_0$  tồn tại rất lâu trong khi cùng lúc cả bốn dây của mạng hạ áp đều có điện áp đối với đất tăng lên và vỏ thiết bị nối với dây trung tính sẽ có điện áp  $U_0$  tính theo biểu thức (8 – 2).

Vậy biện pháp bảo vệ trong trường hợp này là chọn  $R_0$  sao cho lúc xảy ra tăng điện áp phía hạ áp thì cách điện phía hạ áp không bị hư hỏng và đảm bảo an toàn cho người khi tiếp xúc với vỏ thiết bị điện.

Theo qui định, điều kiện đó là: 
$$R_0 \leq \frac{125}{I_d} \leq 4 \Omega$$

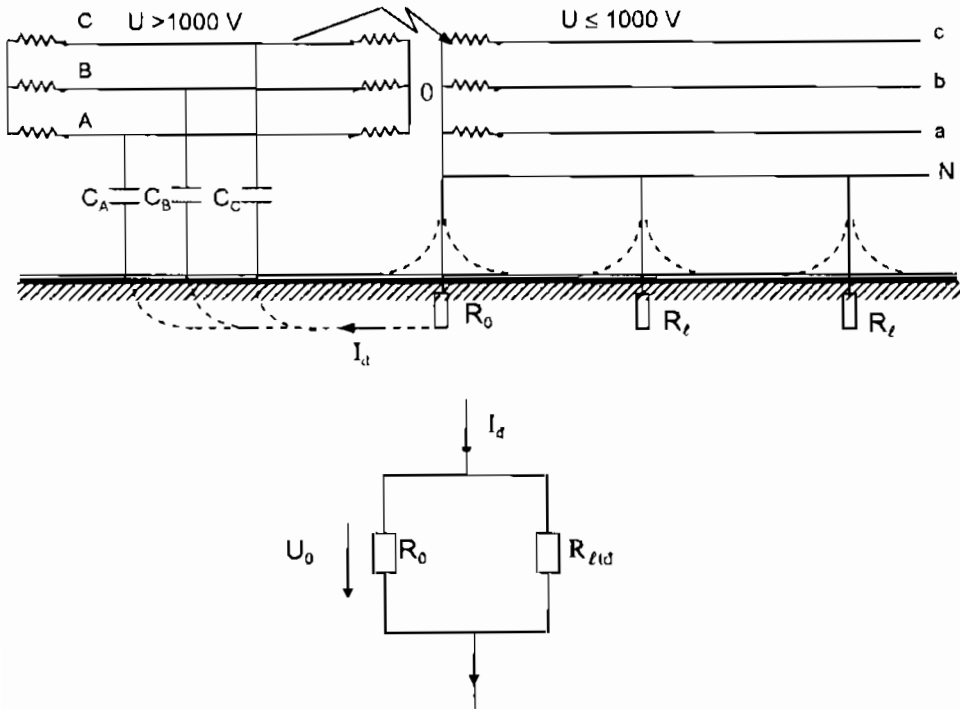
Trong đó:  $I_d$  – dòng điện dung lúc xảy ra chạm đất một pha phía cao áp.

Trong thực tế  $R_0$  được nối song song với các điện trở  $R_z$  của nối đất lặp lại dây trung tính hạ áp (hình 8.4).

Vì thế điện áp của trung tính phía hạ áp cũng như vỏ thiết bị được nối với dây trung tính sẽ là:

$$U_0 = \frac{R_0 R_{\ell td}}{R_0 + R_{\ell td}} I_d \quad (8-4)$$

Trong đó:  $R_{\ell td}$  - điện trở tương đương của nối đất lặp lại.



Hình 8.4. Mạng điện hạ áp có nối đất lặp lại

### 8.3.2. Mạng hạ áp có trung tính cách điện đối với đất

Để bảo vệ tránh sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp có trung tính cách điện đối với đất dùng cầu chì nổ (hình 8.5)

Cầu chì nổ có lớp lót bằng mi-ca cách điện và bình thường nó ngăn cách trung tính cuộn thứ cấp máy biến áp với đất.

Khi điện áp cao xâm nhập sang điện áp thấp, khoảng cách không khí giữa các lớp mi-ca bị chọc thủng. Dòng điện sự cố sẽ khép mạch qua  $R_0$  phía hạ áp và các điện dung cách điện phía cao áp (hay qua trung tính cao áp nếu trung tính cao áp nối đất) giống trường hợp đã xét mạng hạ áp trung tính nối đất.

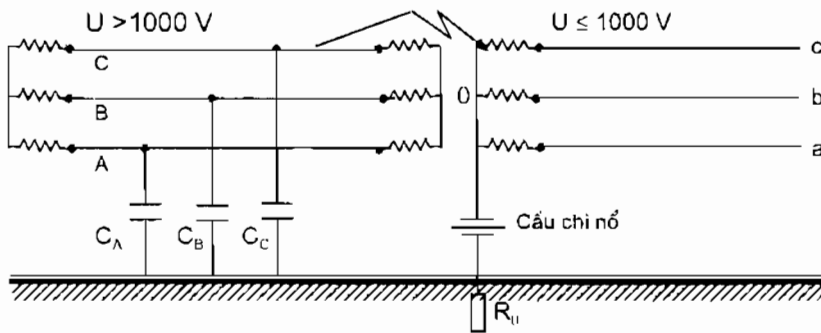
Biện pháp để đảm bảo an toàn cho cách điện của cuộn dây hạ áp và người tiếp xúc, đó là:

– Nếu trung tính cao áp nối đất, bảo vệ máy biến áp cắt nhanh máy biến áp để loại trừ sự cố. Quy định điện trở  $R_0$  bên hạ áp:

$$R_0 \leq 4 \Omega$$

– Nếu trung tính cao áp cách điện, thì chọn trị số của  $R_0$  theo biểu thức như trường hợp trung tính hạ áp nối đất, tức là:

$$R_0 \leq \frac{125}{I_d} \Omega$$



Hình 8.5. Sơ đồ dùng cầu chì nổ ở trung tính

### Chú ý:

+ Đối với máy biến áp cao áp công suất lớn dùng cầu chì nổ rất tốt. Ngoài ra cần sử dụng thêm các loại bảo vệ khác như: bảo vệ hơi, bảo vệ so lệch ngang máy biến áp,....

+ Đối với máy biến áp có điện áp phía cao áp nhỏ hơn 3kV khi dùng cầu chì nổ có thể không có tác dụng vì với điện áp này lớp mi – ca của cầu chì không bị đánh thủng. Lúc đó biện pháp tốt nhất là thực hiện nối đất trung tính hạ áp.

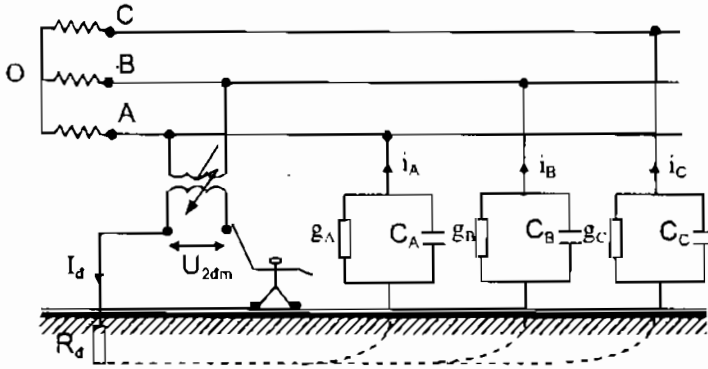
+ Cầu chì nổ phải được kiểm tra 3 tháng một lần, không cho bụi bám vào khe hở của cầu chì gây tác động nhầm.

### 8.3.3. Biện pháp bảo vệ cho máy biến áp có điện áp thứ cấp $\leq 100V$

Máy biến áp có điện áp thứ cấp  $\leq 100V$  hay gặp trong thực tế là: máy biến áp đo lường (BU, BI); máy biến áp hàn; máy biến áp cấp điện cho các dụng cụ, thiết bị cầm tay,.... Để bảo vệ chống sự xâm nhập điện

áp cao sang điện áp thấp người ta dùng một trong các đầu ra của cuộn thứ cấp máy biến áp nối với hệ thống nối đất hay nối với dây trung tính (khi trung tính nối đất).

a) Khi nối một trong các đầu ra cuộn thứ cấp của máy biến áp với hệ thống nối đất (hình 8.6)



Hình 8.6. Sự xâm nhập điện áp khi cuộn dây thứ cấp của máy biến áp nối đất

Khi xảy ra xâm nhập điện áp từ cuộn cao sang cuộn hạ áp trong trường hợp này, điện áp giáng trên thiết bị nối đất sẽ bằng:

$$U_d = R_d \cdot I_d$$

Lúc đó, người chạm vào cuộn thứ cấp sẽ chịu điện áp tiếp xúc:

$$U_{ng} = U_{ix} = U_d + U_2$$

Trong đó:  $U_2$  – điện áp cuộn dây thứ cấp.

Điện áp  $U_2$  có trị số thay đổi tùy thuộc vào cách tiếp xúc, chiều quấn dây, tác dụng khử từ của dòng điện  $I_d, \dots$ . Do đó, để đảm bảo an toàn, trong tính toán lấy  $U_2$  đúng bằng điện áp định mức của cuộn dây thứ cấp  $U_{2dm}$  ( $U_2 = U_{2dm}$ ).

$$\text{Vậy điều kiện an toàn là: } U_{ng} = U_{ix} = U_d + U_2 \leq U_{ixcp} \quad (8-5)$$

Trong đó:  $U_{ixcp}$  – điện áp tiếp xúc cho phép;

$U_{2dm}$  – điện áp thứ cấp định mức.

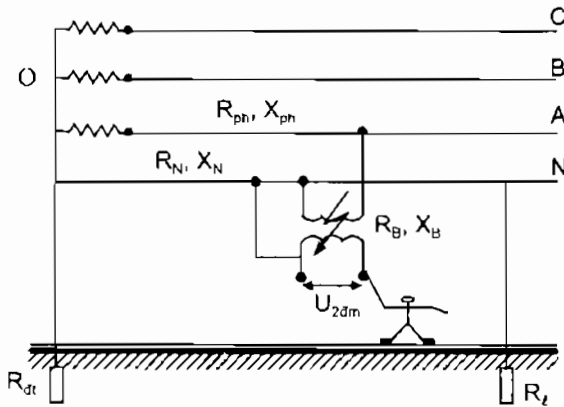
– Với máy biến dòng BI, có thể coi cuộn thứ cấp bị ngắn mạch, tức  $U_{2dm} = 0$  nên điều kiện (8 – 5) dễ dàng được thoả mãn;

– Với máy biến điện áp BU, máy biến áp dùng cho các lò, ... (các loại máy biến áp có  $U_{2dm} > U_{ixcp}$ ): Nếu điều kiện (8 – 5) không được thoả

mãn thì biện pháp bảo vệ trên vẫn có lợi vì khi vận hành của các loại máy này, người không phải tiếp xúc lâu dài với chúng; đồng thời chúng thường có bảo vệ để tránh sự tiếp xúc trực tiếp.

– Với loại máy biến áp dùng cho đèn hay các dụng cụ điện cầm tay (thường có  $U_{2dm} < U_{txcp}$ ): Nếu điều kiện (8 – 5) không được thỏa mãn thì biện pháp bảo vệ như trên không được đảm bảo an toàn và rất nguy hiểm. Vì thế đối với các máy cầm tay này, cần phải được tăng cường cách điện chắc chắn.

**b) Khi nối một trong các đầu ra cuộn thứ cấp của máy biến áp với dây trung tính (hình 8.7)**



**Hình 8.7.** Sơ đồ nối dây trung tính cuộn dây thứ cấp của máy biến áp

Trong trường hợp này phải tính toán với điều kiện nếu xảy ra nối điện giữa hai cuộn dây cao áp và hạ áp thì xem như ngắn mạch và bảo vệ sẽ tác động cắt máy biến áp ra khỏi mạng điện. Để cầu chì cắt được máy biến áp bị xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp thì phải thỏa mãn điều kiện:

$$I_N = \frac{U}{\sqrt{(R_B + R_{ph} + R_N)^2 + (X_{ph} + X_N + X_B)^2}} \geq 2,5 \cdot I_{dmCC} \quad (8-6)$$

Trong đó:

$R_B, X_B$  – điện trở và điện kháng của các cuộn dây máy biến áp lúc ngắn mạch;

$R_{ph}, X_{ph}$  và  $R_N, X_N$  – điện trở và điện kháng của dây pha và dây trung tính từ nguồn đến máy biến áp bị xâm nhập điện áp.



Nếu điều kiện (8 – 6) không được thoả mãn thì biện pháp bảo vệ nối dây trung tính vẫn có lợi cho máy biến áp có  $U_{2dm} > U_{1xcp}$  khi đảm bảo được các điều kiện:

$$I_N Z_N \frac{R_\ell}{R_{dt} + R_\ell} \leq U_{1xcp} \quad (8-7)$$

Trong đó:  $Z_N$  – tổng trở của dây trung tính,  $Z_N = \sqrt{R_N^2 + X_N^2}$ ,  $\Omega$ ;

$R_{dt}$  – điện trở đẳng trị của điện trở làm việc  $R_0$  và các điện trở còn lại mắc song song;

$R_\ell$  – điện trở nối đất lặp lại của đường dây cung cấp cho thiết bị có cách điện bị hỏng.

Cần chú ý rằng khi điều kiện (8 – 7) thoả mãn nhưng điều kiện (8 – 6) không thoả mãn thì biện pháp bảo vệ nối dây trung tính vẫn không có lợi đối với máy biến áp cung cấp điện năng cho các máy điện cầm tay và dụng cụ điện. Không những thế việc nối dây trung tính có thể gây nguy hiểm cho người khi tiếp xúc lúc bình thường mặc dù không xảy ra nối điện giữa hai cuộn dây cao áp và hạ áp.

Điều này có thể giải thích như sau: trong mạng điện thường có nhiều thiết bị được nối với dây trung tính và chỉ cần vỏ của một thiết bị nào đó bị hỏng cách điện, điện áp của dây trung tính đối với đất sẽ có trị số:

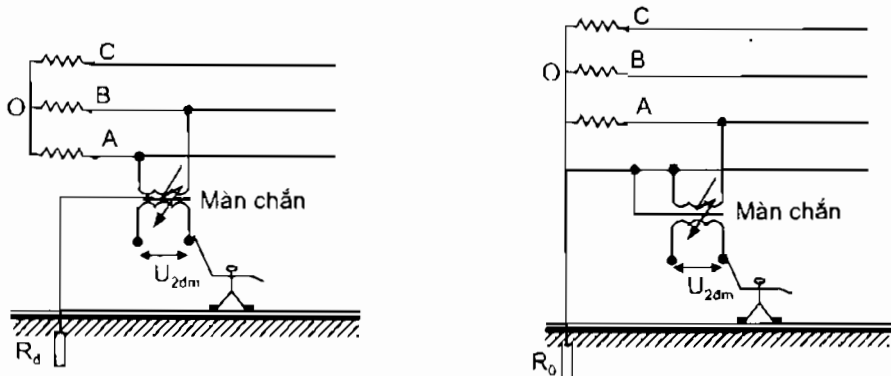
$$U_0 = I_N Z_N \frac{R_\ell}{R_{dt} + R_\ell} \quad (8-8)$$

Nếu trong tính toán lấy trị số  $U_0 = 40V$  thì điện áp tổng đặt vào người tiếp xúc là:  $U_0 + U_{2dm}$  rất có thể nguy hiểm đến tính mạng người tiếp xúc.

Ngoài các biện pháp nối đất và nối dây trung tính như đã xét ở trên, còn có thêm biện pháp nối đất phụ (hay nối dây trung tính phụ) gọi là “*cuộn dây chắn*” đặt vào giữa hai cuộn dây cao áp và hạ áp của máy biến áp. Nếu xảy ra nối điện bất ngờ thì cũng chỉ xảy ra giữa cuộn dây cao áp và cuộn chắn mà thôi, còn cuộn hạ áp vẫn cách điện đối với cuộn cao áp (hình 8.8).

Biện pháp bảo vệ chỉ có ý nghĩa nếu thường xuyên kiểm tra tình

trạng làm việc của máy biến áp, đặc biệt là cách điện giữa cuộn dây chấn và cuộn thứ cấp máy biến áp.



Hình 8.8. Biện pháp dùng cuộn dây chấn

## CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 8

- 8.1. Sự nguy hiểm khi có sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp?
- 8.2. Các biện pháp bảo vệ chống xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp trong các mạng điện?

## Chương 9

# BẢO VỆ CHỐNG SÉT

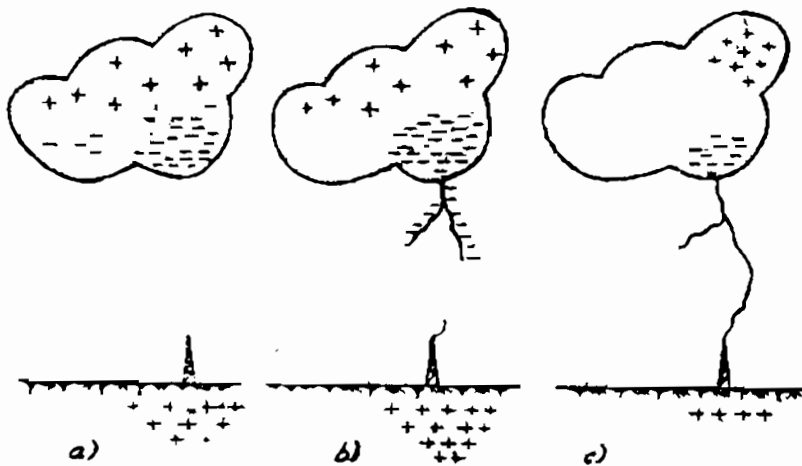
### 9.1. SÉT VÀ TÁC HẠI CỦA SÉT

#### 9.1.1. Quá trình phóng điện của sét

Sét là hiện tượng phóng điện giữa các đám mây tích điện trái dấu hoặc giữa đám mây và đất khi cường độ điện trường đạt đến trị số cường độ điện trường phóng điện trong không khí.

Khi bảo vệ chống sét cho các công trình, thiết bị dưới mặt đất, chúng ta cần quan tâm đến hiện tượng phóng điện giữa đám mây và đất.

Trước khi có sự phóng điện của sét đã có sự phân chia và tích lũy số lượng điện tích rất lớn trong các đám mây giông do tác động của các luồng không khí nóng bốc lên và hơi nước ngưng tụ trong các đám mây. Các đám mây mang điện là do kết quả của sự tích các điện tích trái dấu và tập trung chúng trong các phần khác nhau của đám mây.



Hình 9.1. Sự phóng điện của các đám mây giông

Khi các đám mây được tích điện (80% đám mây giông mang điện tích âm phần gần phía mặt đất - hình 9.1) tới mức có thể tạo nên cường độ điện trường lớn sẽ hình thành dòng sáng phát triển về phía mặt đất.

Giai đoạn này gọi là giai đoạn phóng điện tiên đạo từng bậc và dòng sáng gọi là tia tiên đạo. Tốc độ di chuyển trung bình của tia tiên đạo khoảng  $100 \div 1000 \text{ km/s}$ . Dòng này mang phần lớn điện tích của đám mây, tạo nên ở hai đầu cực nó một điện thế đạt hàng triệu vôn.

Khi dòng tiên đạo vừa mới phát triển đến đất hay các vật dẫn điện nối với đất thì giai đoạn thứ hai bắt đầu, đó là giai đoạn phóng điện chủ yếu của sét. Trong giai đoạn này, các điện tích dương của đất di chuyển có hướng từ đất theo dòng tiên đạo với tốc độ khoảng  $6 \cdot 10^4 \div 10^5 \text{ km/s}$  chạy lên và trung hoà với các điện tích âm của dòng tiên đạo.

Sự phóng điện chủ yếu được đặc trưng bởi dòng điện lớn qua chỗ sét đánh gọi là *dòng điện sét* và sự loá sáng mãnh liệt của dòng phóng điện. Không khí trong dòng phóng điện được nung nóng đến nhiệt độ khoảng  $10^4 \text{ }^\circ\text{C}$  và dẫn nở rất nhanh tạo thành sóng âm thanh.

Giai đoạn thứ ba của sét được tính từ thời điểm kết thúc sự di chuyển các điện tích của mây mà từ đó bắt đầu phóng điện, sự loá sáng của sét dần dần biến mất.

Thông thường phóng điện của sét gồm hàng loạt phóng điện kế tiếp nhau do sự dịch chuyển điện tích từ các phần khác nhau của đám mây. Tiên đạo của những lần phóng điện sau đi theo dòng đã bị ion hoá ban đầu vì vậy chúng phát triển liên tục. Những kết quả nghiên cứu sét cho thấy số lần phóng điện có thể thay đổi từ 2, 3 đến 20, 30 lần, vì vậy ta thường nghe thấy một loạt tiếng nổ liên tiếp.

### 9.1.2. Tham số của phóng điện sét

Hai tham số quan trọng nhất của dòng điện sét là biên độ dòng điện sét  $I_s$  và độ dốc đầu sóng  $a = \frac{di_s}{dt}$ .

Dòng điện sét ghi được trên các máy hiện sóng cực nhanh có dạng sóng xung kích như đường 1 trên hình 9.2.

Trong tính toán, dòng điện sét (đường 1) được thay gần đúng bằng đường xiên 2 và đường thẳng 3 (hình 9.2)

Biên độ dòng điện sét có thể từ chục nghìn ampe đến hàng trăm nghìn ampe. Trị số cực đại của dòng điện sét đạt  $200 \div 300 \text{ kA}$ , song nhìn chung rất hiếm khi dòng điện sét có biên độ đạt đến trên  $100 \text{ kA}$ .

Do đó, trong thực tế tùy theo tầm quan trọng của đối tượng được bảo vệ, người ta thường lấy dòng điện sét bằng  $50 \div 100 \text{ kA}$  và độ dốc trung bình

$$a_{th} = \frac{I_s}{\tau_{ds}} \leq 50 \text{ kA}/\mu\text{s}.$$

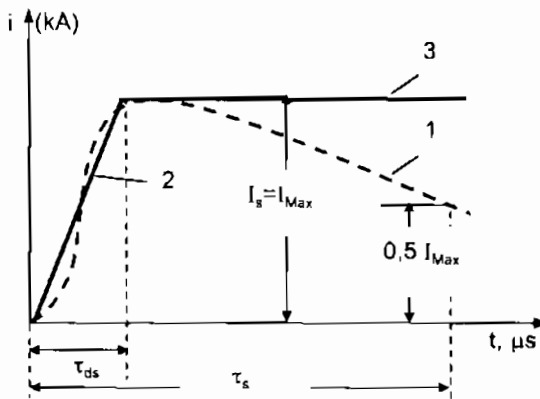
Cụ thể: + Khi  $I_s \geq 100 \text{ kA}$  lấy  $a_{th} = 30 \text{ kA}/\mu\text{s}$ ;

+ Khi  $I_s < 100 \text{ kA}$  lấy  $a_{th} = 10 \text{ kA}/\mu\text{s}$ .

Ngoài ra, cũng cần chú ý tới  $\tau_{ds}$  và  $\tau_s$

$\tau_{ds}$  – thời gian đầu sóng, là thời gian dòng điện sét đạt đến trị số cực đại  $I_{max}$ .

$\tau_s$  – thời gian sóng, là thời gian phát triển dòng điện sét đến khi trị số dòng sét cực đại giảm đi một nửa ( $0,5 I_s$ ).



**Hình 9.2.** Dòng điện sét

1 - Dòng điện sét ghi trên máy hiện sóng;

2,3 - Dòng điện sét tính toán dạng đơn giản hoá.

### 9.1.3. Cường độ hoạt động của sét

Cường độ hoạt động của sét được biểu thị bằng số ngày xuất hiện giống sét trong năm  $n_{ngs}$  hoặc mật độ sét  $m_s$  (số lần sét đánh trên  $1\text{km}^2$  diện tích ứng với một ngày sét trong năm).

Các trị số này được xác định theo các số liệu quan trắc ở các trạm khí tượng phân bố trên lãnh thổ từng nước. Theo thống kê của nhiều nước, số ngày sét trong năm trung bình đối với các vùng khí hậu như sau:

- Vùng xích đạo:  $100 \div 150$  (ngày/năm);
- Vùng nhiệt đới:  $60 \div 100$  (ngày/năm);

– Vùng ôn đới:  $30 \div 50$  (ngày/năm);

– Vùng hàn đới:  $< 5$  (ngày/năm).

Nước ta ở vào vùng khí hậu nhiệt đới, nóng ẩm rất thuận lợi cho việc hình thành mây giông và sét. Qua nghiên cứu tình hình hoạt động giông sét của nước ta (đề tài KC.03.07) cho thấy:

– Số ngày giông sét trung bình:  $44 \div 61,6$  (ngày/năm);

– Số ngày giông sét cực đại: 114 (ngày/năm);

– Mật độ sét trung bình:  $3,3 \div 6,47$  (lần/km<sup>2</sup>, năm);

#### **9.1.4. Tác hại của sét**

Sét nguy hiểm trước hết như một nguồn điện áp cao và dòng lớn, bởi thế dòng sét sinh ra nhiệt độ và lực cơ học rất lớn. Khi người bị sét đánh trực tiếp thường bị chết ngay. Sét đánh vào các vật liệu dễ cháy nổ gây nên đám cháy lớn. Nhiều trường hợp các tháp cao, cây cối bị nổ tung vì dòng sét đi qua nung nóng phân lõi, hơi nước bốc ra quá nhanh cộng lực tác động gây phá vỡ tháp hoặc thân cây.

Nhiều khi sét không phóng điện trực tiếp cũng gây nguy hiểm vì dòng điện sét gây nên một sự chênh lệch thế khá lớn tại những vùng đất gần nhau, nếu người hoặc gia súc đứng gần sẽ phải chịu điện áp bước có thể nguy hiểm đến tính mạng.

Trong thực tế, khi xuất hiện mây giông thì các công trình, thiết bị, vật thể dưới mặt đất cũng bị cảm ứng tĩnh điện, có sự tập trung điện tích cục bộ. Khi điện tích và thế cảm ứng này đủ lớn sẽ xuất hiện phóng điện tia lửa, có thể gây nguy hiểm cho người và thiết bị. Ngoài ra khi có các đường dây điện, đường cáp, đường ống kim loại, dây phơi kim loại,... dẫn vào nhà hay công trình nếu có sét đánh ở xa, sóng sét có thể lan truyền qua các đường dây, đường ống vào công trình, nhà cửa, thiết bị gây nguy hiểm cho người và thiết bị. Đặc biệt khi sét đánh vào các đường dây tải điện, sóng quá điện áp truyền vào các trạm biến áp nối với đường dây bị sét đánh có thể phá hỏng các máy biến áp và các thiết bị đóng cắt của trạm.

Quá điện áp khí quyển phát sinh khi sét đánh trực tiếp vào các công trình thiết bị đặt ngoài trời cũng như sét đánh gần các công trình điện. Mỗi điện áp định mức có mức cách điện tương ứng của nó; dùng mức

cách điện cao hơn nhiều trị định mức sẽ làm tăng giá thành thiết bị điện, còn nếu hạ thấp mức cách điện dưới trị định mức có thể dẫn đến sự cố nặng nề. Do vậy mức cách điện phải được xác định tùy theo đặc tính và trị số quá điện áp có thể có và các tham số của thiết bị dùng để hạn chế quá điện áp. Khả năng của cách điện chịu được quá điện áp khí quyển được xác định bởi điện áp thí nghiệm xung kích.

Tóm lại, sét có thể gây nguy hiểm trực tiếp hoặc gián tiếp cho con người và các công trình, thiết bị, vì thế nội dung nghiên cứu bảo vệ chống sét phải bao gồm:

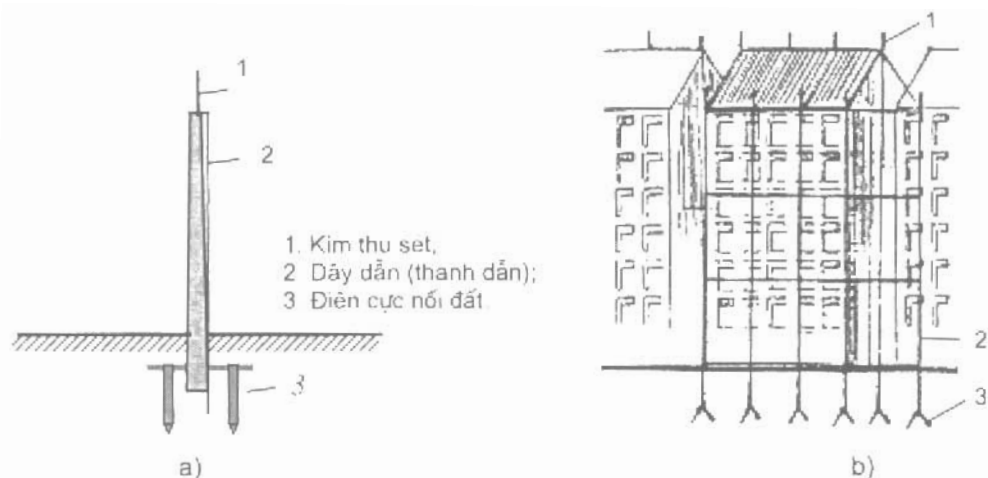
- Bảo vệ chống sét đánh trực tiếp (chống sét đánh thẳng);
- Bảo vệ chống sét lan truyền và cảm ứng (bảo vệ chống sét đánh gián tiếp).

## 9.2. BẢO VỆ CHỐNG SÉT ĐÁNH TRỰC TIẾP

Để hạn chế thiệt hại về người và của khi sét đánh trực tiếp, có nhiều biện pháp ngày càng hoàn thiện nhưng đều dựa vào nguyên lý cổ điển do Franklin phát minh ra vào năm 1750, đó là: dùng vật thu sét (kim thu sét, dây thu sét,...) đặt cao hơn vật cần bảo vệ rồi nối với hệ thống nối đất có điện trở nhỏ bằng dây (hoặc thanh) dẫn kim loại có tiết diện hợp lý để tản dòng điện sét. Mục đích dùng các vật đặt cao hơn công trình, thiết bị và nối các vật này với hệ thống có điện trở nhỏ là để tập trung điện tích cảm ứng được dễ dàng và khi xuất hiện mây giông, các vật thu này sẽ tập trung điện tích từ mặt đất, tạo nên một cường độ điện trường lớn giữa vật thu sét và mây → sẽ định hướng phóng điện sét về phía mình để tạo nên một không gian an toàn cho công trình, thiết bị cần bảo vệ. Hệ thống nối đất có điện trở nhỏ để tản dòng điện sét một cách dễ dàng; đồng thời khi có dòng điện sét đi qua các bộ phận thu, dẫn sét, điện áp trên các bộ phận này sẽ không đủ để gây phóng điện ngược từ nó tới các công trình ở gần.

Như vậy một hệ thống bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cơ bản (hình 9.3) gồm:

- Bộ phận thu sét 1 (cột hoặc dây thu sét);
- Bộ phận tản dòng điện sét vào trong đất 3 (điện cực nối đất);
- Bộ phận nối vật thu sét với điện cực nối đất 2 (dây hoặc thanh dẫn dòng điện sét).



Hình 9.3. Hệ thống bảo vệ chống sét đánh trực tiếp

### 9.2.1. Phân loại công trình, nhà và quy định phương thức bảo vệ chống sét

Theo tiêu chuẩn 20 TCN - 46 - 84 các công trình, nhà được phân thành 3 cấp. Khi thiết kế chống sét, tùy theo cấp của công trình mà áp dụng các phương thức bảo vệ tương ứng.

– **Công trình cấp I:** là những công trình, nhà trong đó có tỏa ra các loại hơi, khí bụi cháy; đồng thời khi kết hợp với không khí có thể tạo thành hỗn hợp nổ trong chế độ vận hành bình thường.

Đối với các công trình loại này, phải áp dụng phương thức bảo vệ toàn bộ, tức toàn bộ công trình phải nằm trong phạm vi bảo vệ của bộ phận thu sét; đồng thời phải đặt vật thu sét độc lập hay cách ly với công trình.

– **Công trình cấp II:** là những công trình, nhà có tính chất như cấp I nhưng chỉ xảy ra nổ khi có sự cố hay làm sai quy trình. Các kho vật liệu dễ cháy, nổ thuộc công trình cấp II.

Công trình thuộc cấp II, phải áp dụng phương thức bảo vệ toàn bộ và có thể dùng loại thu sét độc lập, cách ly hoặc đặt trực tiếp trên công trình.

– **Công trình cấp III:** là các công trình, nhà còn lại.

Bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho các công trình thuộc loại này, yêu cầu:

+ Ở những nơi tập trung đông người: cần phải được bảo vệ toàn bộ;



+ Ở những nơi tập trung ít người: cho phép bảo vệ trọng điểm.

Bảo vệ trọng điểm là đặt bộ phận thu sét ở những chỗ nhô cao, nhô ra của công trình như nóc nhà, diềm mái, chân mái, diềm hồi, ống khói, ống thông gió, đài nước, các cột cao trên mái.

### 9.2.2. Bộ phận thu sét

Bộ phận thu sét trong thực tế hay dùng là kim hoặc dây thu sét. Muốn các công trình được bảo vệ an toàn thì bộ phận thu sét phải được bố trí sao cho phạm vi bảo vệ của nó bao kín công trình.

– Kim thu sét: thông dụng, dùng các loại kim nhọn thép tròn  $\Phi 16 \div \Phi 20$ , dài từ  $1 \div 1,5\text{m}$ , riêng khi dùng cho các nhà mái bằng kim chỉ nên cao  $0,3 \div 0,6\text{m}$ . Để chống rỉ, kim nên mạ kẽm hoặc tráng đồng.

– Dây thu sét: thông dụng, dùng thép tròn  $\Phi 8 \div \Phi 10$ .

Trên cơ sở nghiên cứu các mô hình, người ta xác định được vùng bảo vệ của cột, dây thu sét. Khoảng không gian gần cột, dây thu sét mà vật được bảo vệ đặt trong đó, rất ít khả năng bị sét đánh gọi là *vùng hay phạm vi bảo vệ của cột, dây thu sét*.

Cột thu sét được dùng để bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho các công trình, thiết bị đặt ngoài trời như: kho tàng, nhà cửa, trạm biến áp điện lực, ... Còn dây thu sét thường được dùng để bảo vệ chống sét đánh trực tiếp đường dây tải điện.

#### a) Phạm vi bảo vệ của một cột thu sét

Trên cơ sở nghiên cứu các mô hình, người ta thấy rằng phạm vi bảo vệ của một cột thu sét được giới hạn bởi hình nón tròn xoay có đường sinh gãy khúc ở độ cao  $\frac{2h}{3}$  và bán kính bảo vệ của cột thu sét  $r_x$  bảo vệ vật ở độ cao  $h_x$  trên mặt bằng được xác định bởi công thức sau:

$$r_x = \frac{1,6 \cdot h_a}{1 + \frac{h_x}{h}} P \quad (9-1)$$

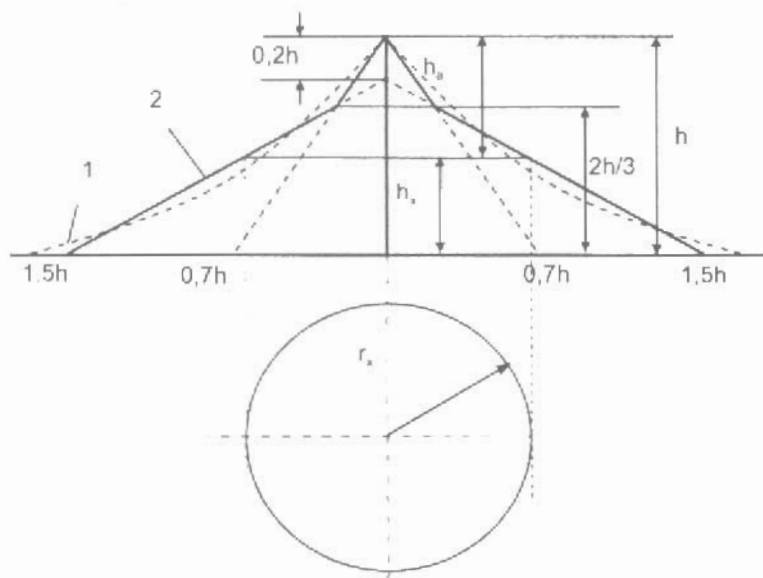
Trong đó:  $h$  – độ cao cột thu sét, m;

$h_a = (h - h_x)$  – chiều cao hiệu dụng của cột thu sét (chiều cao kim thu sét), m;

$P$  – hệ số hiệu chỉnh phụ thuộc vào độ cao cột thu sét  $h$ .

Khi  $h \leq 30\text{m}$ , lấy  $P = 1$ ; còn  $h > 30\text{m}$ ,  $P = \frac{5,5}{\sqrt{h}}$

Để dễ dàng thuận tiện trong tính toán thiết kế, thường dùng phạm vi bảo vệ của cột thu sét dạng đơn giản hoá, đường sinh của hình nón xác định bằng thực nghiệm (đường 1) được thay thế gần đúng bằng đường gãy khúc (đường 2) gồm hai đoạn thẳng: đoạn nối đỉnh cột với hoành độ có độ dài  $0,75h$  và đoạn thẳng nối điểm  $0,8h$  trên cột với hoành độ có độ dài  $1,5h$  (hình 9.4).



Hình 9.4. Phạm vi bảo vệ của một cột thu sét

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

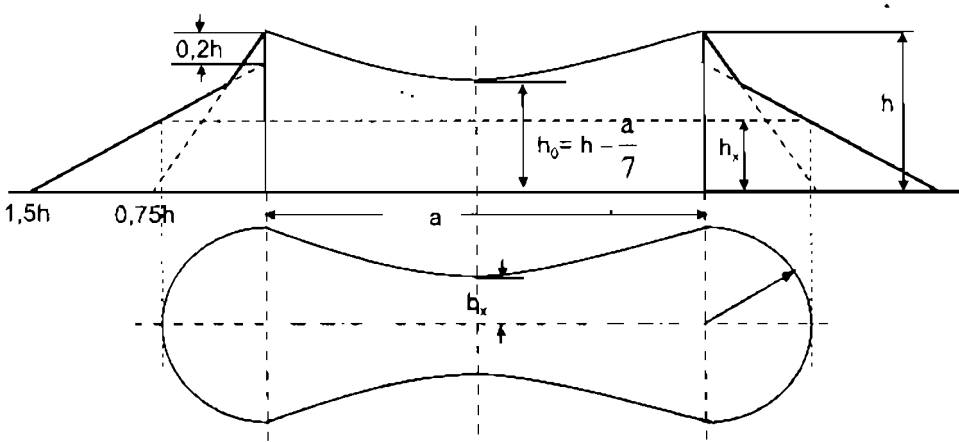
$$- \text{Khi } h_x \leq \frac{2}{3}h : r_x = 1,5h \left( 1 - \frac{h_x}{0,8h} \right) \cdot P \quad (9-2)$$

$$- \text{Khi } h_x > \frac{2}{3}h : r_x = 0,75h \left( 1 - \frac{h_x}{h} \right) \cdot P \quad (9-3)$$

#### b) Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét

Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét có kích thước lớn hơn nhiều so với tổng số phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét đơn nếu hai cột đặt cách nhau một khoảng  $a \leq 7h_x$ .

\* Phạm vi bảo vệ của hai cột cao bằng nhau (hình 9.5): Cách xác định phạm vi bảo vệ của hai cột dựa vào việc xác định phạm vi bảo vệ của từng cột như nêu trên còn phần bên trong được giới hạn bởi vòng cung đi qua ba điểm: hai đỉnh cột và điểm ở giữa có độ cao  $h_0 = h - \frac{a}{7}$ .



Hình 9.5. Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét cao bằng nhau

Trong đó  $r_x$  được xác định theo công thức của một cột thu sét, còn bề ngang hẹp nhất của phạm vi bảo vệ ở độ cao  $h_x$  xác định theo công thức:

$$2b_x = 4r_x \frac{7h_a - a}{14h_a - a} \quad (9-4)$$

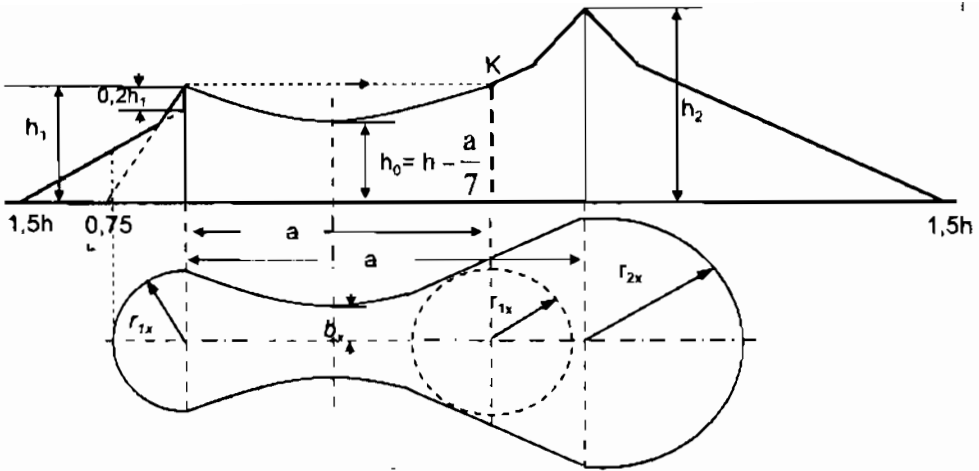
Với:  $a$  – khoảng cách giữa hai cột, m;

$h_a$  – chiều cao hiệu dụng của cột thu sét, m.

\* Phạm vi bảo vệ của hai cột không cao bằng nhau

Cách xác định phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét có chiều cao khác nhau được trình bày trên hình 9.6.

Trước tiên vẽ phạm vi bảo vệ của cột cao  $h_2$ , sau đó qua đỉnh cột thấp  $h_1$  vẽ đường thẳng song song với trục hoành gặp đường sinh của phạm vi bảo vệ cột cao  $h_2$  ở điểm K; điểm này được coi là đỉnh của cột thu sét giả định, cùng với chiều cao cột thấp  $h_1$  hình thành đôi cột có độ cao  $h_1$  bằng nhau, đặt cách nhau khoảng  $a'$ . Phạm vi bảo vệ của cột giả định và cột  $h_1$  được xác định giống như trường hợp 2 cột có độ cao như nhau đã xét ở trên.



Hình 9.6. Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét không cao bằng nhau

Kết hợp phạm vi bảo vệ của cột cao và phạm vi của hai cột cao bằng nhau (cột thấp và cột giả định) ta được phạm vi bảo vệ của hai cột có độ cao khác nhau.

*\* Phạm vi bảo vệ của nhiều cột thu sét*

Khi công trình cần được bảo vệ chiếm khu vực rộng lớn, nếu chỉ dùng một vài cột thì cột phải rất cao gây nhiều khó khăn cho thi công, lắp đặt. Trong trường hợp này nên dùng nhiều cột phối hợp bảo vệ (hình 9.7). Phần ngoài của phạm vi bảo vệ được xác định như của từng đôi cột (yêu cầu khoảng cách giữa 2 cột  $a \leq 7h_x$ ) không cần vẽ phạm vi bảo vệ bên trong đa giác hình thành bởi các cột thu sét mà chỉ cần kiểm tra điều kiện bảo vệ an toàn. Vật cần bảo vệ có độ cao  $h_x$  nằm trong đa giác sẽ được bảo vệ an toàn nếu thoả mãn điều kiện:

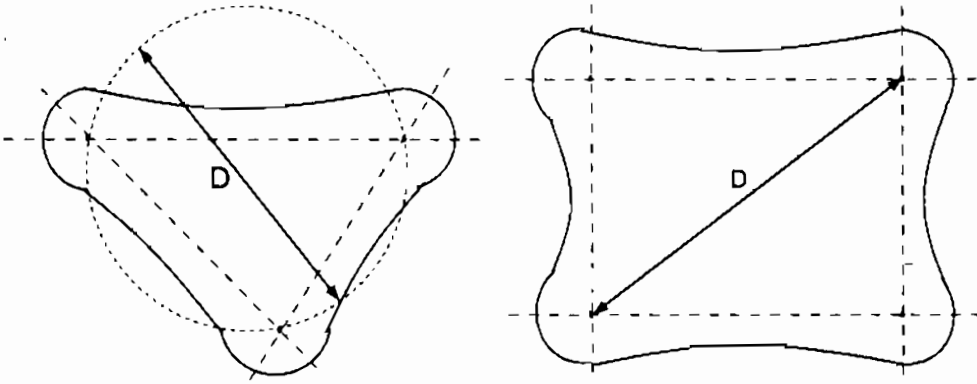
$$D \leq 8(h - h_x) = 8h_x \quad (9-5)$$

Trong đó:  $D$  – đường kính vòng tròn ngoại tiếp đa giác hình thành bởi các cột thu sét;

Khi các cột thu sét bố trí bất kỳ, cần kiểm tra điều kiện bảo vệ an toàn cho từng cặp ba cột đặt gần nhau.

Nếu độ cao cột thu sét vượt quá 30m, điều kiện kiểm tra (9-5) được hiệu chỉnh theo:

$$D \leq 8(h - h_x) = 8h_x.P \quad (9-6)$$



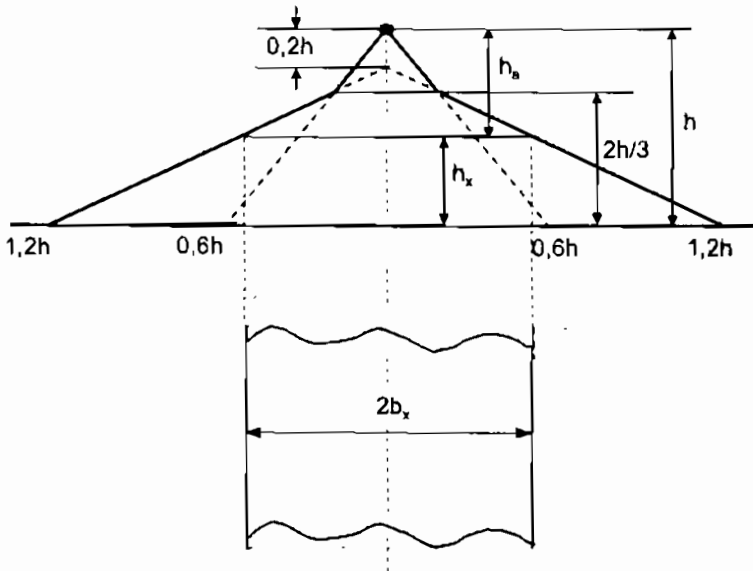
Hình 9.7. Phạm vi bảo vệ của nhiều cột thu sét

- a) Phạm vi bảo vệ của 3 cột thu sét
- b) Phạm vi bảo vệ của 4 cột thu sét

**c) Phạm vi bảo vệ của dây thu sét**

Dây chống sét thường được dùng để bảo vệ chống sét đánh trực tiếp các đường dây tải điện. Tùy theo cách bố trí dây dẫn trên cột, có thể treo một hoặc hai dây chống sét. Các dây chống sét được treo ở trên dây tải điện sao cho dây dẫn của cả ba pha đều nằm trong phạm vi bảo vệ của dây chống sét.

\* Phạm vi bảo vệ của một dây thu sét



Hình 9.8. Phạm vi bảo vệ của một dây thu sét

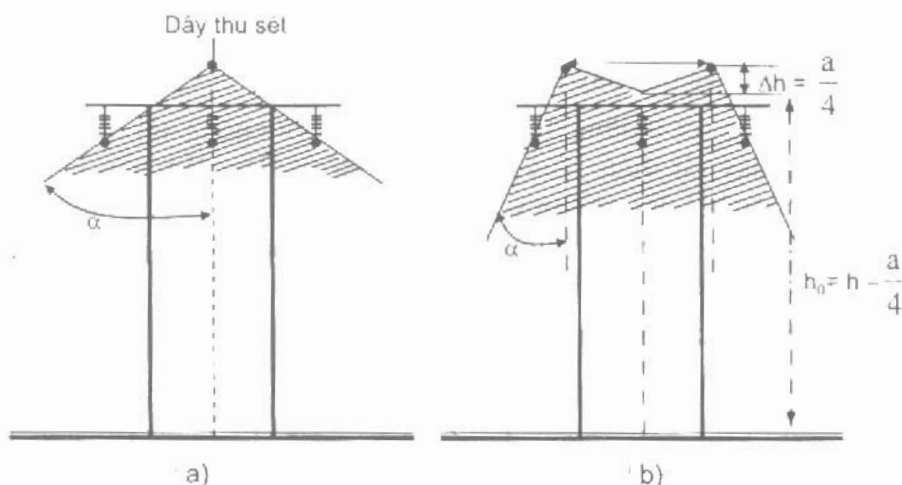
Phạm vi bảo vệ của dây thu sét như hình 9.8. Mặt cắt thẳng đứng theo phương vuông góc với dây thu sét của phạm vi bảo vệ được xác định giống như của một cột thu sét, chỉ khác hoành độ của dây là:  $0,6h$  và  $1,2h$ .

Chiều rộng phạm vi bảo vệ của một thu sét ở mức cao  $h_x$  trên mặt bằng cũng được tính theo công thức tương tự như đối với một cột thu sét:

$$\text{– Khi } h_x \leq \frac{2}{3}h: \quad b_x = 1,2h \left( 1 - \frac{h_x}{0,8h} \right) P \quad (9-7)$$

$$\text{– Khi } h_x > \frac{2}{3}h: \quad b_x = 0,6h \left( 1 - \frac{h_x}{h} \right) P \quad (9-8)$$

#### d) Phạm vi bảo vệ của hai dây thu sét



Hình 9.9. Dùng dây chống sét bảo vệ đường dây tải điện cao áp  
a) Một dây thu sét; b) Hai dây thu sét

Hai dây thu sét thường có độ cao giống nhau, nên phạm vi bảo vệ cũng được xác định tương tự như hai cột thu sét có độ cao bằng nhau, chỉ khác ở chỗ phạm vi bảo vệ từng dây trên mặt cắt hẹp hơn ( $1,2h$  và  $0,6h$  của dây so với  $1,5h$  và  $0,75h$  của cột và hai dây thu sét nếu thỏa mãn điều kiện  $a \leq 4h$  chỉ bảo vệ được mức cao thấp nhất giữa hai dây  $h_0 = h - \frac{a}{4}$ ) – hình 9.9b.

Vì độ treo cao trung bình của dây dẫn thường lớn hơn  $\frac{2}{3}$  độ treo cao của dây thu sét ( $h_x > \frac{2}{3}h$ ) nên có thể không cần để cập tới phạm vi

bảo vệ mà biểu thị bằng góc bảo vệ  $\alpha$  (hình 9.9) là góc giữa đường thẳng đứng với đường thẳng nối liền dây thu sét và dây dẫn.

Có thể tính toán được trị số giới hạn của góc  $\alpha$  như sau:  $\operatorname{tg}\alpha_{gh} = 0,6 \rightarrow \alpha_{gh} = 31^\circ$  và thực tế thường lấy khoảng  $20 \div 25^\circ$ .

### 9.2.3. Bộ phận nối đất

Như đã nêu, bộ phận nối đất có ý nghĩa quan trọng: trước hết để khi có giông sét sẽ tập trung điện tích lên kim, dây thu sét và định hướng sét phóng điện vào kim, dây thu sét. Còn khi sét đánh vào kim, dây thu sét thì nối đất làm nhiệm vụ tản dòng điện vào trong đất, đồng thời đảm bảo trị số điện áp trên các phần có dòng điện sét chạy qua phải nhỏ, an toàn cho con người và công trình.

Trình tự các bước tính toán, lắp đặt bộ phận nối đất chống sét cũng tương tự như thực hiện nối đất bảo vệ (chương 5), chỉ cần lưu ý một số điều sau:

– Điện trở nối đất bảo vệ làm nhiệm vụ tản dòng điện xoay chiều vào trong đất, còn điện trở nối đất chống sét làm nhiệm vụ tản dòng điện sét vào trong đất. Mà dòng điện sét là dòng điện dạng sóng xung kích nên đối với nối đất chống sét được quy định là điện trở xung kích ( $R_{xk}$ ).

Khi kiểm tra, ta chỉ đo được điện trở xoay chiều công nghiệp. Điện trở xung kích được xác định dựa vào điện trở xoay chiều  $R_$  và hệ số xung kích  $\alpha_{xk}$ :

$$R_{xk} = \alpha_{xk} \cdot R_$$

Hệ số xung kích  $\alpha_{xk}$  có thể nhỏ hơn 1 hoặc lớn hơn 1 phụ thuộc vào trị số dòng điện sét, điện trở suất của đất và kết cấu của hệ thống nối đất (do ảnh hưởng của thành phần điện cảm trong trường hợp tăng chiều dài điện cực làm tăng điện trở xung kích). Khi tính toán nối đất chống sét có thể tra hệ số xung kích cho ở bảng 9.1 và 9.2.

**Bảng 9.1.** Hệ số xung kích  $\alpha_{xk}$  gần đúng của điện cực nối đất bằng cọc chôn thẳng đứng khi sóng xung có phần đầu sóng  $\tau_{ds} = 3 \div 6 \mu s$

Điện trở suất của đất $\rho$ ( $\Omega cm$ )	Trị số dòng điện xung kích (kA)			
	5	10	20	40
$10^4$	0.85÷0.90	0.75÷0.85	0.60÷0.75	0.05÷0.6
$5 \cdot 10^4$	0.60÷0.70	0.50÷0.60	0.35÷0.45	0.25÷0.3
$10^5$	0.45÷0.55	0.35÷0.45	0.25÷0.30	-

**Ghi chú:** Lấy theo trị số lớn khi điện cực dài hơn 2m, còn theo trị số nhỏ với điện cực dài dưới 2m.

**Bảng 9.2.** Hệ số xung kích  $\alpha_{xk}$  gần đúng của điện cực nối đất nằm ngang khi sóng xung có phân đầu sóng  $\tau_{ds} = 3 \div 6 \mu s$

Điện trở suất của đất $\rho$ ( $\Omega cm$ )	Chiều dài m	Trị số dòng điện xung kích (kA)			
		5	10	20	40
$10^4$	5	0.80	0.75	0.65	0.50
	10	1.05	1.00	0.90	0.80
	20	1.20	1.00	0.90	0.80
$5 \cdot 10^4$	5	0.60	0.55	0.45	0.30
	10	0.80	0.75	0.60	0.35
	20	0.95	0.90	0.75	0.60
	40	1.05	1.00	0.90	0.80
$10^5$	10	0.60	0.55	0.45	0.35
	20	0.80	0.75	0.60	0.50
	40	1.00	0.95	0.80	0.70
	60	1.20	1.15	1.00	0.95
$2 \cdot 10^5$	20	0.65	0.60	0.50	0.40
	40	0.80	0.75	0.65	0.55
	60	0.95	0.90	0.80	0.75
	80	1.10	1.05	0.95	0.90
	100	1.25	1.20	1.10	1.05

\* Trị số của điện trở nối đất chống sét quy định theo nối đất xoay chiều (bảng 9.3)

**Bảng 9.3.** Trị số điện trở nối đất chống sét quy định theo nối đất xoay chiều

Đối tượng cần bảo vệ	Điện trở $R$ tối đa ( $\Omega$ )		Ghi chú
	Khi $\rho \leq 500 \Omega m$	Khi $\rho > 500 \Omega m$	
Công trình cấp 1 và 2	10	40	
Công trình cấp 3	10	30	Nơi thường xuyên tập trung đông người
Đường dây tải điện	10	30	Nối đất tại các cột điện



#### 9.2.4. Bộ phận dây dẫn nối bộ phận thu sét với bộ phận nối đất

Bộ phận này dùng để dẫn dòng điện sét từ vật thu sét xuống hệ thống nối đất. Đối với cột thu sét độc lập chỉ cần dùng một dây xuống, còn đối với công trình rộng phải dùng nhiều dây xuống. Theo quy định hiện hành thì xung quanh nhà, công trình lớn có dùng lưới thu sét thì cách  $20m \div 25m$  theo chu vi công trình phải có một dây xuống.

Ở nhiều nước, cũng như các điện cực nối đất, dùng dây xuống bằng đồng sê bền, dẫn điện tốt có tiết diện  $50mm^2$  trở lên. Ở nước ta, để tiết kiệm, thường dùng dây xuống bằng thép tròn  $\Phi 8 \div \Phi 12$ , riêng đoạn từ đất lên đến độ cao  $0,8m \div 1m$  nên dùng thép tròn  $\Phi 14 \div \Phi 16$  hoặc thép dẹt  $40 \times 5$  để đề phòng lâu ngày bị rỉ, đứt.

Dây xuống phải được bắt chặt vào tường bằng cọc dõ chôn vào tường, khoảng  $1m$  chôn một cọc; dây xuống được bố trí cách mặt tường từ  $6cm \div 10cm$  và nên luồn vào ống nhựa. Ở những chỗ nối với vật thu sét và nối với hệ thống nối đất phải được hàn hoặc bắt bu lông chắc chắn.

Dây xuống bằng thép phải được sơn chống rỉ đảm bảo tăng cường tuổi thọ.

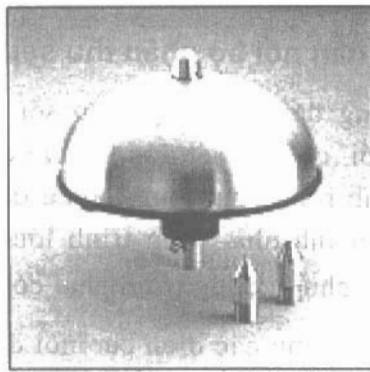
#### 9.2.5. Hệ thống chống sét đánh trực tiếp cải tiến

Trên đây giới thiệu các tính toán, thực hiện bảo vệ sét đánh trực tiếp cổ điển đã tồn tại cách đây hơn 200 năm. Từ những năm 70 của thế kỷ XX, nhiều nhà khoa học, nhiều hãng chế tạo đã nghiên cứu, cải tiến hệ thống chống sét đánh trực tiếp theo hướng chủ yếu sau: tìm cách thu hút tia tiên đạo của đám mây giông sớm hơn cột thu sét Franklin để mở rộng phạm vi bảo vệ bằng cách cải tiến cả 3 bộ phận: thu sét, dẫn sét và hệ thống nối đất.

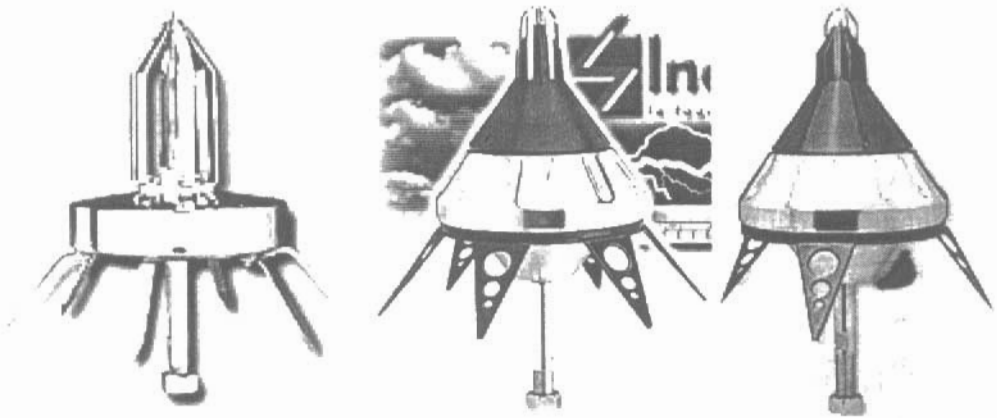
– Kim thu sét được cải tiến thành các đầu thu sét phóng điện sớm dạng hình cầu, hình trụ, hình khối do Pháp, Mỹ, Australia, Thụy sỹ,... chế tạo (hình 9.10). Cách xác định phạm vi bảo vệ của các loại đầu thu sét này được hướng dẫn của nhà chế tạo kèm theo.

– Hệ thống nối đất (hình 9.11).

– Dây dẫn sét: thay các dây thép hoặc đồng trần bằng dây cáp (hình 9.12).



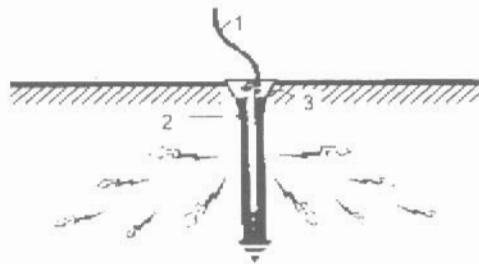
Dynasphere



PREVETRON (Pháp)

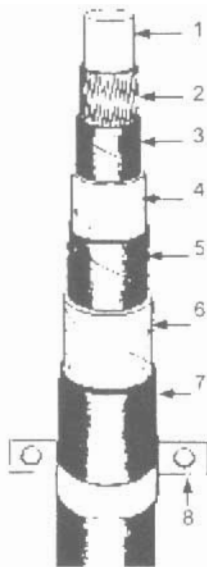
E.P

Hình 9.10. Một số đầu thu sét cải tiến



Hình 9.11. Sự tiêu tán năng lượng dòng sét xuống đất.

1. Dây dẫn bạc 3 trục loại mới, dẫn dòng sét xuống
2. Hộp chất tăng cường để giảm điện trở hệ thống nối đất
3. Hố đất



**Hình 9.12.** Dây dẫn đưa dòng điện xuống đất gồm nhiều lớp, trong đó có phần dẫn chính là vành đồng tiết diện  $50\text{mm}^2$  và có chắn bằng đồng.

1. Vật liệu chất dẻo để tăng đường kính hiệu quả của dây cảm chính (cảm ứng, hiệu quả mặt ngoài).

2. Lớp vành cán chính (đồng, sắt, tiết diện  $50\text{mm}^2$ ).

3. Lớp kiểm tra ứng suất bán dẫn.

4. Lớp ngăn cách điện áp cao polyethylsne.

5. Lớp kiểm tra ứng suất bán dẫn điện.

6. Dải màn chắn bằng băng đồng chính

7. Lớp bọc bằng chất dẻo

8. Kim loại để giữ và định vị dây dẫn đưa dòng điện sét xuống đất

## 9.3. BẢO VỆ CHỐNG SÉT CẢM ỨNG VÀ LAN TRUYỀN

### 9.3.1. Bảo vệ chống sét cảm ứng

Để chống sét gây nên do cảm ứng tĩnh điện cần phải nối đất các kết cấu kim loại cố trong công trình như khung nhà, đường ống kim loại, bệ máy, vỏ thiết bị, v.v...

Điện trở nối đất xoay chiều không được lớn hơn  $10\Omega$ .

Các xưởng, kho sản xuất và chứa đựng vật liệu dễ cháy nổ thì phải làm lưới chống cảm ứng tĩnh điện và phải nối đất.

Khi các đường ống kim loại, đường cáp có vỏ kim loại, các kết cấu kim loại dài đi gần nhau, phải hàn nối chúng lại với nhau để phòng tránh phóng điện do cảm ứng điện từ.

### 9.3.2. Bảo vệ chống sét lan truyền

Để bảo vệ chống sét lan truyền từ các đường dây điện, đường cáp, điện, đường ống vào công trình cần áp dụng các biện pháp sau:

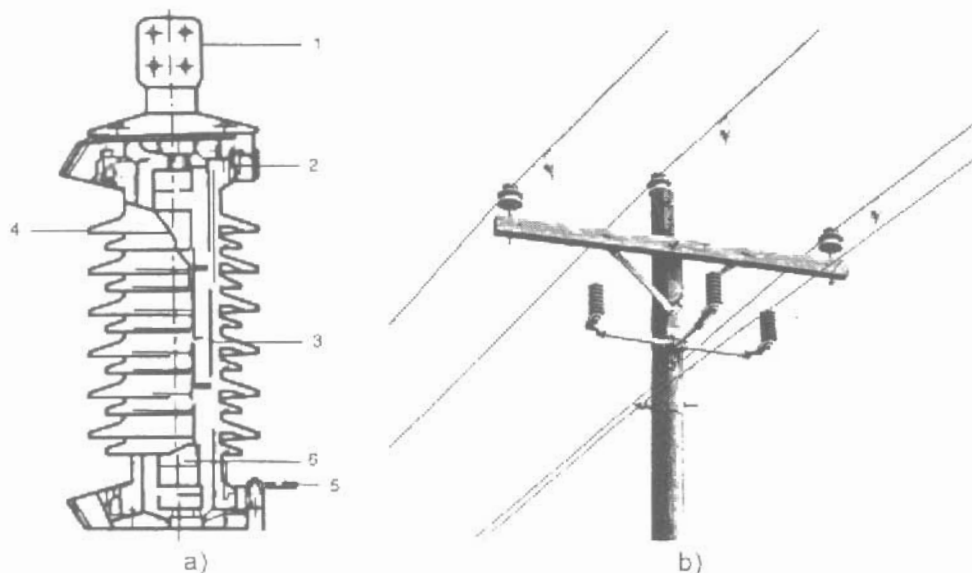
- Đối với công trình cấp I, cấp II các đường dẫn điện vào công trình phải dùng tối thiểu 50m cáp ngầm, các đường ống dẫn vào công trình cũng nên đi ngầm. Vỏ kim loại của cáp, hộp cuối của cáp, đường ống phải được nối đất.

– Cột điện đầu vào công trình hay trụ đỡ đầu tiên dẫn đường ống vào công trình phải được nối đất với trị số điện trở nối đất không lớn hơn:

+  $10\Omega$  – đối với công trình cấp I, cấp II;

+  $20\Omega$  – đối với công trình cấp III.

Ngoài ra, để bảo vệ chống sét lan truyền vào các thiết bị điện và tránh nguy hiểm cho người bên trong công trình được cấp điện từ đường dây, đường cáp dẫn từ ngoài vào còn dùng các van chống sét.



Hình 9.13. Van chống sét ôxit kim loại (ZnO) dùng bảo vệ thiết bị cao áp

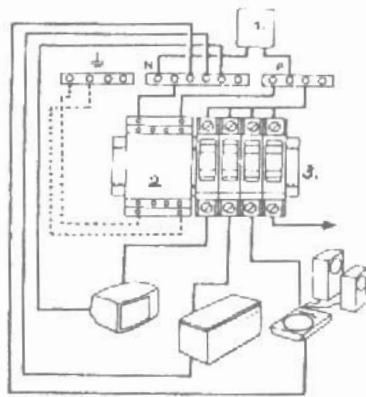
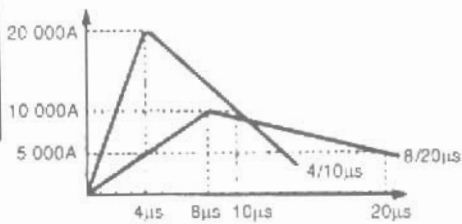
1. Đầu nối với mạch cần bảo vệ; 2. Thiết bị xả áp suất; 3. Chống điện trở phi tuyến (ZnO);

4. Sứ cách điện; 5. Đầu nối đất, 6. Đầu thoát áp suất.

Hình 9.13 giới thiệu van chống sét dùng bảo vệ thiết bị cao áp, hình 9.14 giới thiệu van chống sét và cách bố trí van chống sét bảo vệ thiết bị hạ áp.

Van chống sét được đặt song song với đối tượng cần bảo vệ (thường giữa pha và đất), đặt càng gần đối tượng cần bảo vệ càng tốt.

Van chống sét được cấu tạo bởi các điện trở phi tuyến có đặc điểm: cho dòng điện lớn (khi có quá điện áp khí quyển) chạy qua dễ dàng nhưng lại ngăn cản dòng điện nhỏ (ở điện áp làm việc bình thường) không cho chạy qua.



a)

b)

**Hình 9.14.** Van chống sét dùng bảo vệ thiết bị hạ áp

a) Hình dáng bên ngoài và đặc tính của van chống sét

b) Sơ đồ nối van chống sét với thiết bị tiêu thụ điện gia đình

1. Aptomat tổng; 2. Van chống sét; 3. Aptomat nhánh.

## 9.4. MỘT SỐ VÍ DỤ TÍNH PHẠM VI CHỐNG SÉT

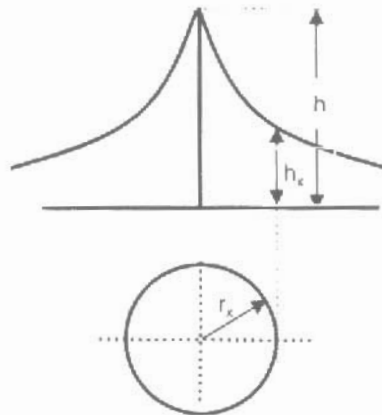
**Ví dụ 9.1.** Hãy xác định phạm vi bảo vệ của cột thu sét, biết cột có chiều cao  $h = 25$  m bảo vệ cho thiết bị có chiều cao  $h_x = 14,5$  m.

**Lời giải:**

Trước hết ta xác định chiều cao hiệu dụng:  $h_u = h - h_x = 25 - 14,5 = 10,5$  m

Bán kính phạm vi bảo vệ ứng với chiều cao  $h_x$  xác định theo (9-1)

$$r_x = \frac{1,6 \cdot h \cdot h_u}{h + h_x} = \frac{1,6 \cdot 25 \cdot 10,5}{25 + 14,5} = 10,63 \text{ m.}$$



**Hình 9.15.** Phạm vi bảo vệ của cột thu sét đơn bài toán 9.1

**Ví dụ 9.2.** Hãy xác định phạm vi bảo vệ của cột thu sét, biết cột có chiều cao 36 mét bảo vệ cho thiết bị có chiều cao 25,5 mét.

**Lời giải:**

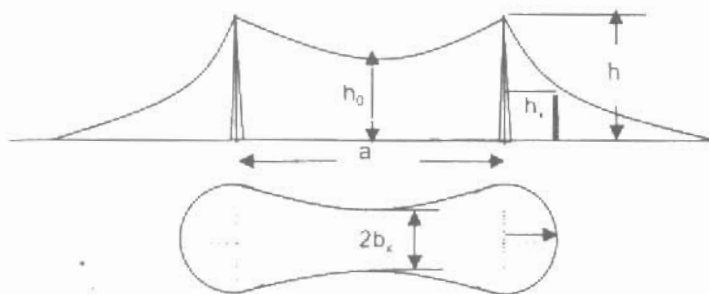
Trước hết ta xác định chiều cao hiệu dụng

$$h_u = h - h_x = 36 - 25,5 = 10,5 \text{ m}$$

Do chiều cao  $h > 30$  m nên bán kính của phạm vi bảo vệ ứng với chiều cao  $h_x$  xác định theo biểu thức 9-1 (trong đó  $P = \frac{5,5}{\sqrt{h}}$ ), ta có:

$$r_x = \frac{8,8 \cdot h \cdot h_a}{(h + h_x) \sqrt{h}} = \frac{18,8 \cdot 36 \cdot 10,5}{(36 + 25,5) \sqrt{36}} = 9 \text{ m}$$

**Ví dụ 9.3.** Xác định phạm vi bảo vệ của cột thu sét kép có chiều cao  $h = 27,4$  m bảo vệ cho thiết bị có chiều cao  $h_x = 18,25$  m. Khoảng cách giữa hai cột thu sét là  $a = 38,25$  mét.



Hình 9.16. Phạm vi bảo vệ của cột chống sét kép ví dụ 9.3

**Lời giải:**

Chiều cao hiệu dụng:  $h_a = 27,4 - 18,25 = 9,15$  m.

Bán kính phạm vi bảo vệ ở độ cao  $h_x$

$$r_x = \frac{1,6 \cdot h \cdot h_a}{h + h_x} = \frac{1,6 \cdot 27,4 \cdot 9,15}{27,4 + 18,25} = 8,79 \text{ m}$$

Bề ngang hẹp nhất phạm vi bảo vệ xác định theo biểu thức (9-4):

$$2b_x = \frac{7 \cdot h_a - a}{14 \cdot h_a - a} \cdot 4r_x = \frac{7 \cdot 9,15 - 38,25}{14 \cdot 9,15 - 38,25} \cdot 4 \cdot 8,79 = 10,09 \text{ m.}$$

Chiều cao  $h_0$ :  $h_0 = h - \frac{a}{7} = 27,4 - \frac{38,25}{7} = 21,94$  m

**Ví dụ 9.4.** Xác định phạm vi bảo vệ của cột thu sét kép có chiều cao 41,5 mét bảo vệ cho thiết bị có chiều cao  $h_x = 32,7$  m. Khoảng cách giữa hai cột thu sét là 34 mét.

**Lời giải:**

Chiều cao hiệu dụng:  $h_a = 41,5 - 32,7 = 8,8$  m.

Do chiều cao  $h > 30$  m nên bán kính phạm vi bảo vệ ứng với chiều

cao  $h_x$  xác định theo biểu thức:

$$r_x = \frac{8,8 \cdot h \cdot h_a}{(h + h_x) \sqrt{h}} = \frac{18,8 \cdot 41,5 \cdot 8,8}{(41,5 + 32,7) \sqrt{41,5}} = 6,72 \text{ m}$$

Bề ngang hẹp nhất phạm vi bảo vệ xác định theo biểu thức:

$$2b_x = \frac{7 \cdot h_a - a}{14 \cdot h_a - a} \cdot 4r_x = \frac{7 \cdot 8,8 - 34}{14 \cdot 8,8 - 34} \cdot 4 \cdot 6,72 = 8,32 \text{ m.}$$

Chiều cao  $h_0$ :  $h_0 = h - \frac{a}{7} = 41,5 - \frac{34}{7} = 36,64 \text{ m}$

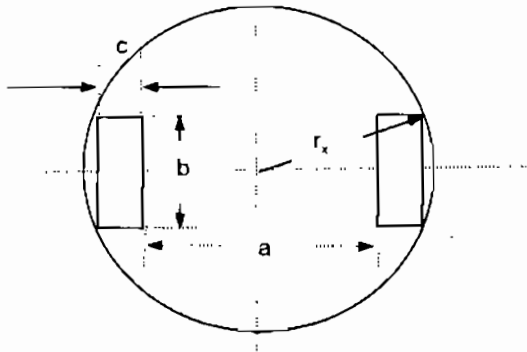
**Ví dụ 9.5.** Hai toà nhà có kích thước  $b \times c = 10 \times 6 \text{ m}$ , chiều cao  $h_x = 8,5 \text{ m}$  đặt cách nhau 23 m (theo chiều ngang, hình 9.17). Hãy tính toán bảo vệ chống sét đánh trực tiếp sao cho có hiệu quả nhất. Giả thiết toà nhà thuộc công trình cấp II.

**Lời giải:**

Có thể có hai phương án thực hiện bảo vệ chống sét là dùng một cột thu sét đặt giữa hai toà nhà và dùng hai cột thu sét đặt ngay trên các toà nhà.

**a) Phương án dùng một cột đặt tại điểm giữa hai toà nhà, tức là bán kính vùng bảo vệ**

$$r_x = \sqrt{\left(\frac{a}{2} + b\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{23}{2} + 6\right)^2 + \left(\frac{10}{2}\right)^2} = 18,2 \text{ m;}$$



**Hình 9.17.** Sơ đồ tính toán chống sét ví dụ 9.5

Chiều cao của cột thu sét được xác định từ phương trình:

$$1,6h^2 - (r_x + 1,6h_x)h - r_x h_x = 0$$

Thay số vào ta được phương trình bậc hai:

$$1,6h^2 - (18,2 + 1,6 \cdot 8,5)h - 18,2 \cdot 8,5 = 0$$

$$\rightarrow 1,6h^2 - 31,8h - 154,7 = 0$$

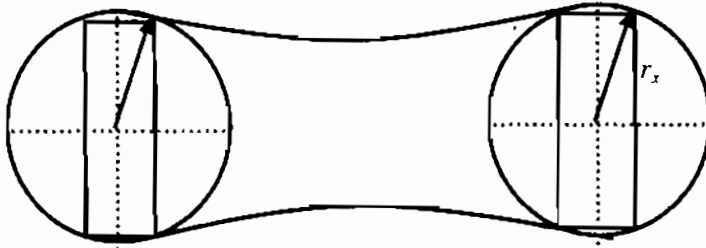
Giải phương trình bậc hai ta tìm được:

$$\Delta = B^2 - 4AC = 31,8^2 + 4 \cdot 1,6 \cdot 154,7 = 2001,35$$

$$h_1 = \frac{-B + \sqrt{\Delta}}{2A} = \frac{31,8 + \sqrt{2001,35}}{2 \cdot 1,6} = 23,92\text{m}; h_2 = -4,04\text{m}$$

Loại nghiệm  $h_2$  vì không phù hợp. Vậy chiều cao cần thiết của cột thu lôi là 23,92 m.

**b) Phương án dùng hai cột thu sét đặt ngay trên các toà nhà cần bảo vệ**



**Hình 9.18.** Hình minh họa ví dụ 9.5

Bán kính của mỗi phạm vi bảo vệ ở độ cao  $h_x$  là:

$$r_x = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{10}{2}\right)^2 + \left(\frac{6}{2}\right)^2} = 5,83\text{m}$$

Thay vào biểu thức (9-1), tương tự như trên ta rút ra được phương trình:

$$1,6h^2 - 19,43h - 49,56 = 0;$$

Giải phương trình bậc hai này ta tìm được:

$$h_1 = 14,31\text{ m}; h_2 = -2,16\text{m (loại)}$$

Nếu đặt các thu sét ngay trên các toà nhà thì chiều cao cần thiết phải xây dựng sẽ là:

$$h_a = h - h_x = 14,31 - 8,5 = 5,81\text{m}.$$

Như vậy tổng chiều cao cần xây dựng của phương án 2 là

$$h_{\Sigma} = 2 \cdot 5,81 = 12,3\text{m}.$$



Chiều cao  $h_0$ :  $h_0 = h - \frac{a}{7} = 14,31 - \frac{23}{7} = 11,02 \text{ m} > h_x = 8,5 \text{ m}$

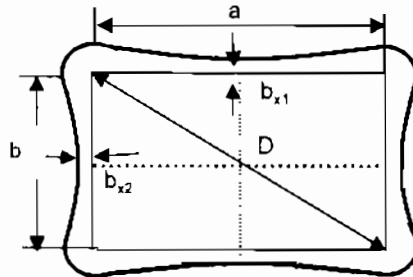
So sánh chiều cao cần xây dựng của hai phương án ta thấy phương án 2 rẻ hơn nhiều so với phương án 1. Vậy ta chọn phương án 2 với hai cột thu sét đặt trên các toà nhà.

**Nhận xét:** Ta dễ dàng nhận thấy phương án dùng 2 cột thu sét cho phép lợi dụng chiều cao của bản thân đối tượng được bảo vệ nên thường mang lại hiệu quả kinh tế lớn hơn nhiều so với phương án dùng thu sét đơn.

**Ví dụ 9.6.** Hãy tính toán bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho một toà nhà thuộc công trình cấp II kích thước  $a \times b = 16 \times 6 \text{ m}$ , cao  $18,5 \text{ m}$  (hình 9.19).

**Lời giải:**

Đối với toà nhà có thể bảo vệ chống sét bằng cách xây dựng các cột chống sét ngay trên tầng thượng theo các phương án sau:



**Hình 9.19.** Sơ đồ tính toán chống sét ví dụ 9.6

Đặt 4 cột thu lôi ở 4 góc, đặt hai dãy cột thu sét dọc theo hai mép biên của tầng thượng.

**a) Phương án 1:** dùng 4 cột thu sét đặt trên 4 góc tầng thượng.

Đường kính đường tròn đi qua chân các cột thu sét được xác định:

$$D = \sqrt{16^2 + 6^2} = 17,01 \text{ m.}$$

Chiều cao hiệu dụng của cột thu sét:  $h_u \geq D/8 = 17,01/8 = 2,14 \text{ m}$ .

Chọn  $h_u = 2,2$  mét. Nếu đặt cột thu sét trên tầng thượng thì chiều cao thực tế của nó sẽ là:  $h = h_u + h_x = 2,2 + 18,5 = 20,7 \text{ m}$ .

Xác định bán kính bảo vệ của cột thu sét:

$$r_x = \frac{1,6 \cdot h \cdot h_u}{h + h_x} = \frac{1,6 \cdot 20,7 \cdot 2,2}{20,7 + 18,5} = 1,86 \text{ m}$$

Chiều cao  $h_0$ :  $h_{01} = h - \frac{a}{7} = 20,7 - \frac{16}{7} = 18,4 < 18,5\text{m}$ ; (không đảm bảo yêu cầu).

$$h_{02} = h - \frac{b}{7} = 20,7 - \frac{6}{7} = 19,84 > 18,5\text{m}$$

Xác định giá trị:  $b_{x1} = \frac{7h_a - a}{14h_a - a} \cdot 2 \cdot r_x = \frac{7 \cdot 2,2 - 16}{14 \cdot 2,2 - 16} \cdot 2 \cdot 1,86 = -0,15\text{m}$ ;

(không đảm bảo an toàn);

$$b_{x2} = \frac{7h_a - b}{14h_a - b} \cdot 2 \cdot r_x = \frac{7 \cdot 2,2 - 6}{14 \cdot 2,2 - 6} \cdot 2 \cdot 1,86 = 1,41\text{m}$$

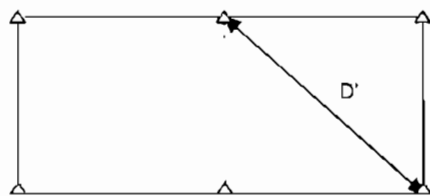
Như vậy theo phương án này để đảm bảo cho hệ thống thu sét có thể bảo vệ an toàn cho toà nhà cần tăng chiều cao của cột thu sét lên giá trị  $h_a = 2,5$ . Khi đó các tham số được tính toán lại với kết quả như sau:

$r_x = 2,13\text{m}$ ;  $h = 21\text{m}$ ;  $h_{01} = 18,71\text{m}$ ;  $h_{02} = 20,14\text{m}$ ;  $b_{x1} = 0,34\text{m}$  và  $b_{x2} = 1,69\text{m}$

**b) Phương án 2:** dùng 6 cột thu sét đặt thành 2 hàng, mỗi hàng 3 cột, chiều cao hiệu dụng của cột thu sét được xác định theo đường kính  $D'$

$$D' = \sqrt{(16/2)^2 + 6^2} = 10\text{m}.$$

$h_a \geq D'/8 = 10/8 = 1,25\text{m}$ . Chọn  $h_a = 1,5\text{m}$ .



**Hình 9.20** Minh hoạ cho ví dụ 9.6

Tính toán tương tự như trên, kết quả ghi trong bảng 9.4.

So sánh 2 phương án:

Phương án 1 có tổng chiều cao cột là  $4 \cdot 2 = 8\text{m}$ .

Phương án 2 có tổng chiều cao cột là  $6 \cdot 1,3 = 7,8\text{m}$ .

Có thể nói tổng chi phí của phương án 2 nhỏ hơn phương án 1, hơn nữa về mỹ quan thì phương án 2 cũng tốt hơn.

**Bảng 9.4.** Kết quả tính toán hai phương án ví dụ 9.6

P án	$h_0$ , m	$r_x$	Chiều cao đ. tính		bề rộng biên		số cột	$h_x$ , m
			$h_{01}$	$h_{02}$	$b_{x1}$	$b_{x2}$		
1	2,5	2,13	18,71	20,14	0,34	1,69	4	10
2	1,5	1,25	18,86	19,14	0,48	0,75	6	9

**Ví dụ 9.7.** Một đường dây cao áp có chiều cao treo dây là  $h_x = 12$  m, khoảng cách giữa các dây là 4,2 m. Hãy tính toán bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho đường dây này.

**Lời giải:**

Hệ thống chống sét có thể được thực hiện theo 2 phương án: Dùng một dây và dùng hai dây chống sét.

**a) Phương án 1:** dùng một dây chống sét treo ở giữa, lúc đó bề rộng dải bảo vệ sẽ là:

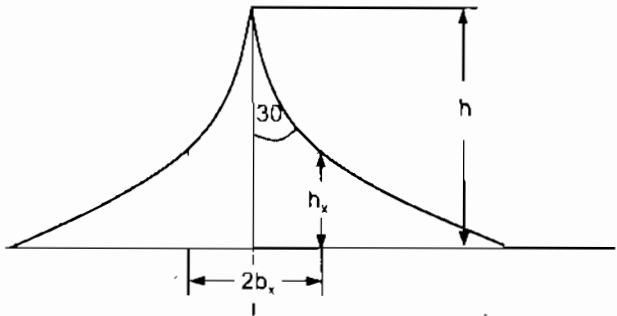
$$2b_x = 2 \cdot 4,2 = 8,4 \text{ m, tức là } b_x = 4,2 \text{ m}$$

Với  $h_x > 2h/3$ , chiều cao treo dây chống sét tối thiểu là:

$$h = \frac{b_x + 0,6 \cdot h_x}{0,6} = \frac{4,2 + 0,6 \cdot 12}{0,6} = 19 \text{ m}$$

Chiều cao hiệu dụng của dây thu sét:

$$h_a = h - h_x = 19 - 12 = 7 \text{ m}$$



**Hình 9.21.** Phạm vi bảo vệ của 1 dây chống sét ví dụ 9.7

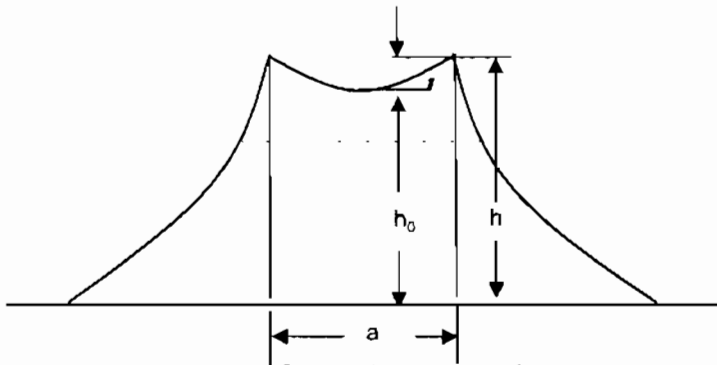
**b) Phương án 2:** dùng hai dây chống sét đi song song cách nhau 3 mét, như vậy bề rộng  $b_x = 4,2/2 = 2,1$  mét.

Chiều cao treo dây chống sét:  $h = \frac{2,1 + 0,6 \cdot 12}{0,6} = 15,5 \text{ m.}$

Chiều cao hiệu dụng:  $h_a = h - h_x = 15,5 - 12 = 3,5 \text{ m}$

Xác định giá trị  $h_0$ : 
$$h_0 = h - \frac{a}{4} = 15,5 - \frac{4,2}{4} = 14,45 \text{ m} > h_x.$$

Vậy bảo vệ an toàn cho các dây pha.



Hình 8.12. Đặc tính bảo vệ của 2 dây chống sét ví dụ 9.7

## CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP ÔN TẬP CHƯƠNG 9

9.1. Sét và tác hại của sét?

9.2. Phạm vi bảo vệ của cột và dây thu sét?

9.3. Biện pháp bảo vệ chống sét cảm ứng và lan truyền?

9.4. Hãy xác định vùng bảo vệ của cột thu sét, biết cột có chiều cao 23 m bảo vệ cho thiết bị có chiều cao 14,6 m.

9.5. Hãy xác định vùng bảo vệ của cột thu sét, biết cột có chiều cao 42 m bảo vệ cho thiết bị có chiều cao 31,7 m.

Một thiết bị có kích thước  $7 \times 9,5$  m cao 13 m đặt cách cột thu sét cao  $h = 21$  mét một khoảng 7,4 m theo bề rộng. Hãy kiểm tra xem thiết bị có được bảo vệ chống sét an toàn không?

9.6. Xác định vùng bảo vệ của 2 cột thu sét kép có cùng chiều cao 26,77 m bảo vệ cho thiết bị có chiều cao  $h_x = 17,45$  m. Khoảng cách giữa hai cột thu sét là 33,5 m.

9.7. Hai thiết bị có kích thước  $a \times b = 13,6 \times 7,8$  m, chiều cao  $h_x = 6,7$  m đặt cách nhau 18 m. Hãy tính toán bảo vệ chống sét đánh trực tiếp sao cho có hiệu quả nhất.

9.8. Hãy tính toán bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho một toà nhà kích thước  $a \times b = 20,5 \times 7,6$  m; cao 20 m.

9.9. Một đường dây cao áp có chiều cao treo dây là  $h_x = 13$  m, khoảng cách giữa các dây là 4,7 m. Hãy tính toán bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho đường dây này.

## Chương 10

# PHÒNG CHỐNG TRƯỜNG ĐIỆN TỪ VÀ ĐỀ PHÒNG TÍNH ĐIỆN

## 10.1. TRƯỜNG ĐIỆN TỪ Ở TẦN SỐ CAO

### 10.1.1. Đặt vấn đề

Hiện nay, trong nhiều ngành kinh tế, quốc phòng, trong các phòng nghiên cứu chúng ta sử dụng nhiều thiết bị máy móc liên quan đến điện từ trường tần số cao, siêu cao như rada trong quốc phòng và các sân bay,... lò trung tần, cao tần trong luyện kim, các thiết bị phát sóng truyền thanh truyền hình, v.v...

Bảng 10.1 đưa ra một số trường điện từ tần số cao, tần số siêu cao và tần số cực cao với bước sóng tương ứng hay được ứng dụng trong công nghiệp.

**Bảng 10.1.** Một số trường điện từ hay được ứng dụng trong công nghiệp

Loại trường điện từ	Tần số $f$ , Hz	Bước sóng $\lambda$ , m
Tần số cao	$3 \cdot 10^4 \div 3 \cdot 10^6$	$10^4 \div 10^2$
Tần số siêu cao	$3 \cdot 10^6 \div 3 \cdot 10^8$	$10^2 \div 1$
Tần số cực cao	$3 \cdot 10^8 \div 3 \cdot 10^{11}$	$10^{-1} \div 10^{-3}$

Việc sử dụng dòng điện tần số cao cho phép tiến hành quá trình công nghệ nhanh chóng hơn, đảm bảo chất lượng gia công cao hơn, đồng thời tạo điều kiện để ứng dụng rộng rãi các thiết bị cơ khí và tự động hóa. Sự thay đổi thế các lò đúc, các lò sấy đốt nóng bằng nhiên liệu, bằng các lò dùng dòng điện tần số cao đã làm giảm hẳn độ bụi bẩn của không khí trong sản xuất, rút ngắn thời gian và giảm cường độ bức xạ của các nguồn nhiệt đến công nhân.

Các thiết bị nhiệt luyện bằng điện cao tần phát ra năng lượng điện từ, các năng lượng này biến thành công có ích. Song khi đó trong vùng làm việc có một trường điện từ có thể gây tác hại đối với cơ thể con người.

Bởi vậy trong quá trình tiếp xúc với các thiết bị cao tần, để đề ra các biện pháp bảo vệ nhằm giảm thiểu các tác hại do trường điện từ cao tần cần thiết phải hiểu biết về sự hình thành và tác dụng của nó đối với cơ thể người.

### 10.1.2. Sự hình thành trường điện từ trong một số thiết bị công nghiệp

Như ta đã biết, xung quanh dây dẫn điện xuất hiện đồng thời điện trường và từ trường. Các đường dây này sẽ không có liên hệ với nhau nếu dòng điện không thay đổi theo thời gian (dòng điện một chiều). Khi dòng điện thay đổi (dòng điện xoay chiều) trường từ và trường điện có liên hệ với nhau nên khi nghiên cứu chúng ta cần phải tiến hành đồng thời và coi chúng như một trường điện từ thống nhất.

Trường điện từ tần số cao có khả năng lan tỏa ra không gian không cần dây dẫn điện với tốc độ gần bằng tốc độ ánh sáng  $3.10^8$  m/s. Sự lan tỏa trường điện từ trong không gian mang theo năng lượng của nó.

### 10.1.3. Tác hại của điện từ trường

Không gian quanh vùng các thiết bị cao tần, siêu cao tần tạo ra điện từ trường có tác dụng bất lợi cho cơ thể con người.

Đáng ngại ở chỗ là cơ thể con người không có cảm giác gì khi có tác dụng của điện từ trường.

Tác hại của điện từ trường lên cơ thể con người:

Gần nguồn cao tần hình thành hai vùng cảm ứng và bức xạ.

Cách nguồn với khoảng cách bằng  $1/6$  bước sóng là vùng cảm ứng chiếm ưu thế. Ngoài vùng này là vùng bức xạ.

Nếu ở trong vùng cảm ứng con người sẽ chịu tác dụng các trường từ và trường điện thay đổi theo chu kỳ, còn ở vùng bức xạ thì con người chịu tác dụng một điện từ trường với các thành phần điện, từ bằng nhau đồng thời thay đổi.

Cường độ điện từ trường nơi làm việc có thể thay đổi phụ thuộc vào công suất máy phát sóng, khoảng cách tới nguồn và sự phản xạ các bề mặt bao quanh.

Mức độ tác dụng của điện từ trường lên cơ thể con người phụ thuộc vào độ dài bước sóng, chế độ làm việc của nguồn (xung hay liên tục), cường độ bức xạ, thời gian tác dụng, khoảng cách từ nguồn đến cơ thể và sự cảm thụ riêng của từng người.

Mức độ hấp thụ năng lượng điện từ phụ thuộc vào tần số:

Tần số cao            20%

Tần số siêu cao    25%

Tần số cực cao     50%

Tác hại của sóng điện từ không chỉ phụ thuộc vào năng lượng bức xạ bị hấp thụ, mà còn phụ thuộc vào độ thấm sâu của sóng bức xạ vào cơ thể. Độ thấm sâu càng cao thì tác hại càng nhiều. Độ thấm sâu cho trong bảng 10.2 và năng lượng hấp thụ nêu trên có thể làm rõ các đặc tính sau đây của sóng điện từ: sóng đêximet gây biến đổi lớn nhất đối với cơ thể so với sóng centimet và sóng mét. Sóng milimet gây tác dụng bệnh lý rất ít so với sóng centimet và đêximet.

**Bảng 10.2.** Ảnh hưởng của sóng điện từ tới da người

Bước sóng	Độ thấm sâu
Loại milimet	Bề mặt lớp da
Loại centimet	Da và các tổ chức dưới da
Loại đêximet	Vào sâu trong các tổ chức khoảng 10 ÷ 15cm
Loại met	Vào sâu hơn 15cm

Dưới tác dụng của các trường điện từ tần số cao, các ion của các tổ chức cơ thể sẽ chuyển động, trong các tổ chức này sẽ xuất hiện một dòng điện cao tần, do đó một phần năng lượng của trường bị thấm hút.

Trị số độ truyền dẫn của tổ chức cơ thể tỉ lệ với thành phần chất lỏng có trong tổ chức. Độ truyền dẫn mạnh nhất là ở máu và các bắp thịt, còn yếu nhất trong các mô mỡ. Chiều dày lớp mỡ ở nơi bị bức xạ có ảnh hưởng đến mức độ phản xạ sóng bức xạ ra ngoài cơ thể. Đại não, tuy xương sọ có lớp mô mỏng, còn mắt thì hoàn toàn không có nên các bộ phận này chịu tác dụng nhiều hơn cả.

Chịu tác dụng của trường điện từ có tần số khác nhau và cường độ lớn hơn cường độ giới hạn cho phép một cách có hệ thống và kéo dài sẽ dẫn tới sự thay đổi một số chức năng của cơ thể, trước hết là hệ thống thần kinh trung ương, mà chủ yếu là làm rối loạn hệ thần kinh thực vật và rối loạn hệ thống tim mạch. Sự thay đổi đó có thể làm nhức đầu, dễ mệt mỏi, khó ngủ hoặc buồn ngủ nhiều, suy yếu toàn thân, sinh ra nóng nảy và hàng loạt triệu chứng khác. Ngoài ra nó có thể làm chậm mạch, giảm áp lực máu, đau tim, khó thở, làm biến đổi gan và lá lách.

Tác dụng của năng lượng điện từ tần số siêu cao là có thể làm biến đổi máu, giảm sự thính mũi, biến đổi nhân mắt.

Sóng vô tuyến còn có thể gây rối loạn chu kỳ kinh nguyệt của phụ nữ. Nói chung phụ nữ chịu tác hại của sóng điện từ nhiều hơn nam giới. Tỷ lệ mắc bệnh tăng theo thời gian công tác.

Căn cứ để đánh giá tác hại của điện từ trường có thể là cường độ tác dụng của trường, biểu thị bằng vôn/mét. Trị số giới hạn cho phép ở chỗ làm việc là 5V/m còn đối với các lò cảm ứng để tôi, đúc kim loại cho phép đến 10V/m do điều kiện không bao che được thiết bị.

Ngoài ra người ta còn dùng mật độ dòng công suất được xác định bằng số năng lượng truyền qua diện tích  $1\text{cm}^2$  vuông góc với phương truyền sóng trong một giây. Đơn vị tính toán là  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ;  $\text{mW}/\text{cm}^2$ ;  $\text{W}/\text{cm}^2$ .

Trị số cường độ bức xạ giới hạn cho phép của trường điện từ tần số cực cao tại chỗ làm việc được xác định như sau: Khi chịu tác dụng cả ngày làm việc thì cường độ bức xạ không hơn  $10\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , khi chịu tác dụng không quá 15 ÷ 20 phút trong một ngày thì không lớn hơn  $1\text{mW}/\text{cm}^2$ , và khi đó nhất thiết phải đeo kính để bảo vệ mắt.

#### 10.1.4. Các biện pháp phòng chống

Cuộn cảm ứng là nguồn điện từ trường tần số cao (cao tần). Trường bên trong ống nguy hiểm hơn trường bên ngoài ống dây cảm ứng.

Đối với tụ điện tạo nguồn cao tần, để nung nóng những chất cách điện thì điện trường giữa hai tấm của tụ điện cao hơn phía ngoài.

Nguồn điện trường còn có thể là các phần tử riêng của máy phát như các cuộn dây, tụ điện, các dây dẫn v.v...

Trong khi sử dụng các thiết bị cao tần cần chú ý để phòng điện giật, tuân thủ các quy tắc an toàn. Phần kim loại của thiết bị phải được nối đất. Các dây nối đất nên ngắn và không cuộn tròn thành nguồn cảm ứng. Các thiết bị cao tần cần được rào chắn, bao bọc để tránh tiếp xúc phải những phần có điện thế, cần có các panen và các bảng điều khiển, khi cần phải điều khiển từ xa.

Nước làm nguội thiết bị cũng có điện áp cần phải tìm cách nối đất.

Để bao vây vùng có điện từ trường, người ta dùng các màn chắn bằng những kim loại có độ dẫn điện cao, vỏ máy cũng cần được nối đất.

Diện tích làm việc cho mỗi công nhân phải đủ rộng.

Trong phòng đặt các thiết bị cao tần không nên có những dụng cụ bằng kim loại nếu không cần thiết, vì sẽ tạo ra nguồn bức xạ điện từ thứ cấp.

Vấn đề thông gió cần chú ý theo yêu cầu về thông gió, chú ý là chụp hút đặt trên miệng lò không được làm bằng kim loại vì sẽ bị cảm ứng.

Với các lò nung cao tần (để nung và tôi kim loại). Kinh nghiệm cho thấy các lá chắn điện từ trường nên làm bằng đồng hoặc nhôm không nên làm bằng sắt. Để công nhân tránh xa vùng nguy hiểm nên vận chuyển từ xa các chi tiết để tôi, nung.



Đối với trường điện từ tần số radiô (giải tần từ 60 kHz đến 300MHz), tiêu chuẩn nước ta (TCVN 3718 – 1982) 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 trực tiếp làm việc với các thiết bị bức xạ năng lượng điện từ và chịu tác dụng của trường điện từ.

#### a) Giới hạn cho phép của cường độ trường điện từ

Ở những nơi cán bộ, công nhân làm việc và chịu tác dụng của trường điện từ trong một ngày làm việc không vượt quá:

– Theo cường độ điện trường (V/m):

50 – đối với dải tần số từ 60KHz đến 3MHz

20 – đối với dải tần số từ 3MHz đến 30MHz

10 – đối với dải tần số từ 30MHz đến 50MHz

5 – đối với dải tần số từ 50MHz đến 300MHz

– Theo cường độ từ trường (A/m):

5 – đối với dải tần số từ 60KHz đến 1,5MHz

0,3 – đối với dải tần số từ 30MHz đến 50MHz

#### b) Giới hạn mật độ cho phép của dòng năng lượng điện từ (đơn vị $W/m^2$ ; $\mu W/m^2$ )

Trong dải tần số 300MHz đến 300GHz và thời gian cán bộ, công nhân chịu tác dụng của trường điện từ (trừ trường hợp bức xạ của anten và quét) được quy định theo bảng 10.3 (không được phép nội suy từ bảng này).

**Bảng 10.3.**

Mật độ dòng năng lượng		Thời gian chịu tác dụng	Ghi chú
$W/m^2$	$\mu W/m^2$		
Đến 0,1	Đến 10	1 ngày làm việc	
Từ 0,1 đến 1	Từ $10^1$ đến $10^2$	Không quá 2 giờ làm việc	Trong thời gian còn lại mật độ dòng năng lượng không vượt qua 0,1 $W/m^2$ ( $10\mu W/m^2$ )
Từ 1 đến 10	Từ $10^2$ đến $10^3$	Không quá 20 phút làm việc	Trong điều kiện sử dụng kính chống bức xạ điện từ cao tần. Thời gian còn lại mật độ dòng năng lượng không vượt quá 0,1 $W/m^2$ ( $10\mu W/m^2$ )

### c) Giới hạn mật độ cho phép của dòng năng lượng điện từ

Trong dải tần số 300MHz đến 300GHz và thời gian cán bộ, công nhân chịu tác dụng của trường điện từ do anten quay và quét được quy định theo bảng 10.4 (không được phép nội suy từ bảng này).

**Bảng 10.4.**

Mật độ dòng năng lượng		Thời gian chịu tác dụng	Ghi chú
W/m <sup>2</sup>	μW/m <sup>2</sup>		
Đến 1	Đến 10 <sup>2</sup>	1 ngày làm việc	
Từ 1 đến 10	Từ 10 <sup>2</sup> đến 10 <sup>3</sup>	Không quá 2 giờ làm việc	Trong thời gian còn lại mật độ dòng năng lượng không vượt quá 1W/m <sup>2</sup> (100μW/m <sup>2</sup> )

Ngoài ra, tiêu chuẩn còn quy định, giới hạn mật độ cho phép của dòng năng lượng trường điện từ trong dải tần số 300MHz đến 300GHz và thời gian cán bộ, công nhân chịu tác dụng của trường điện từ, trong trường có bức xạ Rơn ghen hoặc trong trường hợp nhiệt độ không khí trong nhà vượt quá 28°C (bảng 10.5).

**Bảng 10.5.**

Mật độ dòng năng lượng		Thời gian chịu tác dụng	Ghi chú
W/m <sup>2</sup>	μW/m <sup>2</sup>		
Đến 0,1	Đến 10	1 ngày làm việc	
1	100	Không quá 2 giờ làm việc	Trong thời gian còn lại mật độ dòng năng lượng không vượt quá 0,1W/m <sup>2</sup> (10μW/m <sup>2</sup> )

Để bảo vệ cán bộ, công nhân trong trường hợp có thể phải chịu tác dụng của trường điện từ trong dải tần số 300MHz đến 300GHz cần sử dụng các phương pháp và phương tiện bảo vệ sau:

- Giảm cường độ và mật độ dòng năng lượng trường điện từ bằng cách dùng phụ tải thích hợp và phân tử hấp thụ công suất, che chắn chắn làm việc;
- Tăng khoảng cách từ nơi làm việc đến nguồn bức xạ điện từ;
- Bố trí các thiết bị bức xạ năng lượng điện từ trong phòng làm việc một cách hợp lý;

- Quy định các chế độ làm việc hợp lý cho thiết bị và cán bộ, công nhân;
- Sử dụng thiết bị báo hiệu (âm thanh, ánh sáng,...);
- Sử dụng các phương tiện bảo vệ cá nhân;
- Phương pháp bảo vệ cần được lựa chọn phù hợp với dải tần số làm việc, đặc điểm công việc, cường độ và mật độ dòng năng lượng trường điện từ và đạt hiệu quả bảo vệ cần thiết.

## 10.2. TRƯỜNG ĐIỆN TỪ Ở TẦN SỐ CÔNG NGHIỆP

Các kết quả nghiên cứu đối với đường dây cao áp và siêu cao áp cho thấy trường điện từ của đường dây này ảnh hưởng đến hệ thần kinh, tuần hoàn, hô hấp, ... nếu người xuất hiện trong khu vực trường điện từ của chúng. Mức độ ảnh hưởng phụ thuộc vào cường độ điện trường và thời gian tác động của nó.

Một số nước Đông Âu đã ban hành tiêu chuẩn quy định giới hạn cho phép về cường độ điện trường theo thời gian cho ở bảng 10.6.

**Bảng 10.6**

Cường độ điện trường E (kV/m)	5	10	15	20	25
Thời gian xuất hiện trong khu vực điện trường	8 giờ	3 giờ	1,5 giờ	10 phút	5 phút

Khi thiết kế, xây lắp người ta đã tính đến mức độ an toàn cho dân cư nhưng nếu vi phạm quy định về khoảng cách an toàn thì sẽ bị nguy hiểm. Tiêu chuẩn hiện hành của ngành điện lực nước ta, quy định:

- Khu dân cư, khu vực có người làm việc thường xuyên cường độ điện trường phải dưới 5kV/m (dưới 5kV/m là giới hạn an toàn).
- Cấm người đi vào trong vùng điện trường có cường độ trên 20kV/m, nếu cần làm việc trong vùng này thì phải có biện pháp bảo vệ hay phải giảm thời gian làm việc trong trường (có bảng quy định chi tiết).
- Để hạn chế tác hại của điện trường người ta áp dụng các biện pháp: mặc quần áo chắn đặc biệt, dùng các lưới chắn, lồng chắn, tấm chắn v.v... để giảm cường độ điện trường tác dụng lên người. Ngoài ra

các công trình khác ở gần các đường dây cao thế 220kV – 500 kV thì các bộ phận kim loại của công trình cần được nối đất.

*Ví dụ:* quy định thiết kế, xây lắp đường dây 500kV của nước ta thì khoảng cách từ dây dẫn đến mặt đất khu vực đông dân là 14m, tức là cường độ điện trường khi người đứng trên mặt đất sẽ nhỏ hơn 5kV/m. Ngoài ra, cần phải lưu ý:

#### **a) Ở những khu vực ít dân cư**

Cột có thể thấp hơn, khoảng cách cột có thể xa hơn nên dây dẫn bị võng hơn, do đó đường dây có thể thấp hơn trị số 14m so với mặt đất nên cường độ điện trường có thể cao hơn 5kV/m nên phải hạn chế người qua lại, làm việc dưới đường dây. Đối với trạm điện có điện áp siêu cao, ở vị trí nhân viên đi đến kiểm tra, sửa chữa, thao tác, v.v... có thể cường độ điện trường sẽ cao và đạt đến 10÷18kV/m; do đó phải hạn chế thời gian làm việc hoặc có biện pháp giảm cường độ điện trường xuống dưới mức quy định.

#### **b) Đường dây thông tin, tin hiệu, đường dây trung thế, hạ thế**

Các loại cáp và kết cấu kim loại ở gần đường dây siêu cao thế 500kV sẽ xuất hiện sức điện động cảm ứng. Trong trường hợp sự cố ngắn mạch, sức điện động cảm ứng có thể đạt đến 1kV và sẽ gây nguy hiểm cho người và thiết bị. Do đó cần chuyển các thiết bị thông tin, đường dây trung và hạ áp ra xa đường dây và trạm điện siêu cao thế 500kV đồng thời cần đặt che chắn hoặc thiết bị bảo vệ.

#### **c) Ảnh hưởng nhiều của trường điện từ và hồ quang**

Phóng điện qua các khe hở, phóng điện hồ quang, phóng điện do tĩnh điện, cảm ứng điện từ là các nguyên nhân gây nhiễu cho các thiết bị vô tuyến viễn thông, đường dây thông tin và thiết bị đo lường, điều khiển,... gần đó. Do vậy, cần chuyển các thiết bị này ra xa đường dây và trạm 500kV, dùng che chắn bằng lưới kim loại hay lồng Faradây.

#### **c) Ảnh hưởng nguy hiểm do lan tràn điện thế nối đất**

Khi có sự ngắn mạch trên đường dây hoặc các thiết bị trong trạm sẽ xuất hiện điện áp bước và điện áp tiếp xúc nguy hiểm đối với người; vì vậy cần phải nối đất vỏ thiết bị và các phần kết cấu kim loại trong trạm để giảm điện áp tiếp xúc và điện áp bước.

## 10.3. ĐỀ PHÒNG TĨNH ĐIỆN

### 10.3.1. Sự hình thành tĩnh điện

Tĩnh điện phát sinh ra do sự ma sát giữa các vật cách điện với nhau hoặc giữa vật cách điện với vật dẫn điện do sự va đập của các chất lỏng cách điện khi chuyên, rót hoặc va đập của chất lỏng cách điện với kim loại.

Trong quá trình sản xuất, ở một số dây chuyền công nghệ chúng ta hay gặp hiện tượng phóng điện của tĩnh điện như: dệt vải, len; cán giấy, cao su, nhựa PVC; rót và vận chuyển xăng dầu,...

Tĩnh điện còn tạo ra ở trên các hạt nhỏ rắn cách điện trong quá trình nghiền nát.

Sự xuất hiện điện tích tĩnh điện là kết quả của những quá trình phức tạp có liên quan đến sự phân bố lại các điện tử và ion khi tiếp xúc giữa hai vật khác nhau.

Theo giả thiết “nhiễm điện tiếp xúc của vật chất” do sự không cân bằng của các lực nguyên tử và phân tử trên bề mặt tiếp xúc sẽ tạo ra một lớp điện kép trái dấu nhau.

Nhưng bề mặt này có các điện tích tĩnh điện trái dấu, ta coi chúng như là tụ điện có điện tích:

$$Q = C.U \quad (\text{Culông}) \quad (10-1)$$

Trong đó: C – điện dung, F;

U – hiệu điện thế ở trên các mặt tụ điện, V.

Khả năng nhiễm điện đến hiệu điện thế cao phụ thuộc vào tính dẫn điện của vật chất, vào thành phần các chất chứa ở trong nó và các nguyên nhân khác.

Sự phóng tia lửa điện là điều nguy hiểm vì nó có thể làm bốc cháy môi trường khi năng lượng toả ra do tia lửa điện lớn hơn trị số tối thiểu của năng lượng bốc cháy của môi trường đó.

Năng lượng phóng tia lửa điện xác định theo công thức:

$$E = 0,5.C.U^2, \quad (J) \quad (10-2)$$

Trong đó: C – điện dung, F;

U – điện áp giữa các tấm, V.

Trong điều kiện sản xuất, điện tích tĩnh điện phát sinh và tích lũy khi vận chuyển các chất lỏng không dẫn điện ở trong thùng chứa không được tiếp đất và ở trong các đường ống cách ly với đất. Đối với chất khí, trong đó có chứa bụi hoặc chất lỏng ở dạng sương mù, bị nén hoặc đột nóng xì ra khỏi ống hay bình chứa; khi vận chuyển hỗn hợp bụi không khí bằng đường ống (vận chuyển bằng hơi,...) điện tích tĩnh điện phát sinh và tích lũy trong chúng. Đối với các đai truyền ma sát vào trục và các quá trình khác có ma sát cũng vậy.

Trong các trường hợp trên, hiệu điện thế thường đạt  $20 \div 50$  kV; còn khi đai truyền chạy với vận tốc 25m/s hiệu điện thế có thể đạt tới 80 kV.

### **10.3.2. Nguy hiểm của tĩnh điện**

Việc tích điện áp lớn như kể trên rất nguy hiểm, vì rằng khi thế hiệu là 3kV tia lửa điện có thể gây cháy phần lớn các khí cháy, còn 5kV có thể gây cháy phần lớn các loại bụi cháy.

Cần chú ý tới các khối hạt cứng và lỏng rất nhỏ (khối bụi, khói) khi bị nhiễm điện. Khi các hạt bị va chạm nhiều lần và khi chúng bị ma sát với không khí hoặc bề mặt các ống dẫn, hạt nhỏ sẽ tích điện, trường hợp có phóng tia lửa điện các hạt nhỏ cháy được có thể bốc cháy và nổ.

Điện tích tĩnh điện còn có thể tích lũy ngay trên cơ thể con người nếu người cách li với đất bằng giày có đế không dẫn điện và sàn cách điện. Những điện tích này phát sinh khi người sử dụng quần áo bằng len, tơ và sợi nhân tạo, khi di chuyển trên sàn không dẫn điện và khi thao tác với các chất cách điện.

Đã có những trường hợp xảy ra nổ trong các phòng có sàn được phủ bằng cao su, chất dẻo do sự phóng tia lửa điện từ cơ thể con người lên các vật kim loại của các thiết bị đã được tiếp đất.

Tác dụng sinh học của tĩnh điện lên người phụ thuộc vào năng lượng phóng điện không nguy hiểm. Vì tuy điện áp lớn như vậy nhưng cường độ dòng điện rất nhỏ, vài micro ampe. Tuy nhiên, do sự sợ hãi, đã có trường hợp người ngã từ trên cao xuống và nếu bị phóng điện lâu có thể ảnh hưởng xấu tới sức khỏe và có thể sinh ra một số bệnh, đặc biệt đối với hệ thần kinh.

### **10.3.3. Các biện pháp để phòng tĩnh điện**

#### **a) Truyền điện tích tĩnh điện đi**

Bằng cách tiếp đất cho các thiết bị sản xuất, các bể chứa, các ống dẫn...

### **b) Tăng độ ẩm tương đối của không khí**

Tăng độ ẩm tương đối của không khí ở trong các phòng có nguy hiểm tĩnh điện lên 70% hoặc làm ẩm các vật và một số các biện pháp khác, trong đó có sự ion hóa không khí để nâng cao tính dẫn điện của không khí.

### **c) Trong bộ phận đai truyền chuyển động**

Tốt nhất phải tiếp đất các phần kim loại, còn dây truyền thì bôi lớp dẫn điện đặc biệt (ví dụ graphít) lên bề mặt ngoài (trong lúc máy nghỉ).

### **d) Để tránh tĩnh điện tích lũy trên người đi**

Thực hiện bằng các cách sau:

– Làm sàn dẫn điện hoặc vùng tiếp đất, cầu và điện tích tiếp đất, tiếp đất quả dầm tay mở cửa, tay vịn cầu thang và tay quay các thiết bị máy móc.

– Phát cho công nhân giày dẫn điện (giày có đế bằng da cao su dẫn điện, hoặc đế cao su có đóng đinh không bị xòe lửa khi va đập, ma sát.

– Cấm mặc quần áo có khả năng nhiễm điện.

Các sàn không dẫn điện như là: sàn atspan, sàn rải thảm cao su, vải sơn...

Ở trên các công trường, khi sử dụng bơm vữa để đưa vữa lên các tầng theo đường ống cao su, có thể tạo ra tĩnh điện và tích lũy điện áp ở trên ống cao su không dẫn điện... Nếu chỉ tiếp đất trên máy bơm thì không đảm bảo truyền điện tích từ ống đi, cho nên các ống phải quấn lớp dây trần với bước quấn là 10cm, và gắn một đầu vào vòi phun, đầu kia với thân của bơm vữa. Cuối cùng cần lưu ý là để dẫn tĩnh điện của bể chứa, đường ống, cầu nổi, máy móc để trong kho, các xitéc (thùng chứa) trên tàu hỏa và ô tô cần phải tiếp đất chu đáo.

## **CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 10**

10.1. Ảnh hưởng của trường điện từ tần số cao đến cơ thể con người và các biện pháp phòng chống?

10.2. Ảnh hưởng của trường điện từ tần công nghiệp đến cơ thể con người và biện pháp phòng chống?

10.3. Ảnh hưởng của hiện tượng tĩnh điện đến cơ thể con người và biện pháp phòng chống?

# PHÒNG CHỐNG CHÁY NỔ DO ĐIỆN

Quá trình cháy đem lại hiệu quả to lớn cho các ngành kinh tế, tuy nhiên nếu không kiểm soát được nó thì sẽ gây ra những hậu quả vô cùng nghiêm trọng về tài sản và tính mạng con người.

Phòng chống cháy nổ là vấn đề thực sự cấp bách đối với mọi quốc gia, mọi ngành, mọi cơ quan, doanh nghiệp, mọi gia đình và mọi người.

Có nhiều nguyên nhân dẫn đến cháy nổ, vì thế cũng có nhiều các biện pháp phòng chống cháy nổ. Chương này chủ yếu đề cập đến những nguyên nhân dẫn đến cháy nổ và các biện pháp phòng chống cháy nổ do điện.

### 11.1. CÁC NGUYÊN NHÂN CHÁY NỔ DO ĐIỆN

Như ta đã biết, một đám cháy xuất hiện cần có ba yếu tố: đó là chất cháy, chất oxy hoá với tỉ lệ xác định giữa chúng với nguồn nhiệt gây cháy. Song thực tế, thường các chất cháy và chất oxy hoá luôn tồn tại (ví dụ xăng dầu để ngoài không khí) do vậy chỉ cần thêm yếu tố nguồn nhiệt thì đám cháy sẽ xuất hiện.

Nguồn nhiệt do điện gây cháy trong thực tế cũng rất phong phú.

Hiện tượng tĩnh điện (mục 10.3 chương 10): tĩnh điện sinh ra do sự ma sát giữa các vật thể. Hiện tượng này rất hay gặp khi bơm rót (tháo, nạp) các chất lỏng, nhất là các chất lỏng có chứa những hợp chất có cực như xăng dầu v.v... Hiện tượng tĩnh điện tạo ra một lớp điện tích kép trái dấu. Khi điện áp giữa các lớp điện tích đạt tới một giá trị nhất định sẽ phát sinh tia lửa điện và gây cháy.

Sét là hiện tượng phóng điện giữa các đám mây có điện tích trái dấu hoặc giữa đám mây và mặt đất. Điện áp giữa đám mây và mặt đất có thể đạt hàng triệu hay hàng trăm triệu vôn. Nhiệt độ do sét đánh rất cao, hàng chục nghìn độ, vượt quá xa nhiệt độ tự bắt cháy của các chất cháy được.

Nguồn nhiệt gây cháy cũng có thể sinh ra do hồ quang điện, do chập mạch điện, do đóng cầu dao điện hàn điện. Năng lượng giải phóng ra của các trường hợp trên thường đủ để gây cháy nhiều hỗn hợp. Tia lửa điện là nguồn nhiệt gây cháy khá phổ biến trong mọi lĩnh vực sử dụng điện.



## **11.2. BIỆN PHÁP PHÒNG VÀ CHỮA CHÁY NỔ DO ĐIỆN**

### **11.2.1. Những nguyên tắc chung**

Trên cơ sở đánh giá đúng mức độ nguy hiểm cháy, nổ mới đề ra những biện pháp phòng ngừa thích hợp và có hiệu quả. Phương pháp đánh giá tính nguy hiểm cháy nổ các quá trình sản xuất được tiến hành như sau:

- Phân tích những nguyên nhân cháy nổ.
- Phân tích tính chất lý, hoá học, tính nguy hiểm cháy nổ và số lượng các chất được tạo thành trong sản xuất.
- Xác định môi trường nguy hiểm cháy, nổ bên trong các thiết bị cũng như chế độ làm việc của nó.
- Xác định nguyên nhân làm cho chất cháy có khả năng thoát ra môi trường bên ngoài.
- Đánh giá khả năng xuất hiện nguồn nhiệt và khả năng tiếp xúc giữa chúng với chất cháy.
- Phân tích những nguyên nhân tạo điều kiện lan truyền cháy và thiệt hại do cháy gây ra.
- Xác định nguyên nhân và khả năng gây khó khăn cho quá trình thoát nạn.
- Dự thảo những biện pháp phòng ngừa, ngăn chặn không để cháy, nổ xảy ra và những biện pháp khắc phục sự cố.

### **11.2.2. Biện pháp phòng và chữa cháy, nổ do điện**

Các thiết bị điện là phương tiện máy móc để thực hiện các quy trình công nghệ của công đoạn sản xuất khác nhau trong công nghiệp. Nhiều loại nguyên liệu và sản phẩm của các quá trình sản xuất này là chất gây cháy, nổ. Các thiết bị điện có thể bị sự cố do những nguyên nhân khác nhau như thiết kế, lắp đặt không đúng tiêu chuẩn, thao tác không đúng quy trình có thể xảy ra chập điện, quá tải, cách điện không tốt, rò điện...

Biện pháp phòng cháy cơ bản với thiết bị điện là tránh làm việc quá tải, tránh để chập điện và phát sinh hồ quang điện. Các thiết bị, dụng cụ điện được sử dụng trong môi trường nguy hiểm về cháy nổ phải là loại thiết bị, dụng cụ an toàn về cháy, nổ.

## **a) Đối với nhà chế tạo thiết bị, đường dây**

Các nhà chế tạo chỉ được phép đưa ra các sản phẩm của mình khi đã kiểm tra theo tiêu chuẩn, chất lượng đăng ký được Quốc gia hay Quốc tế công nhận.

## **b) Đối với người thiết kế, lắp đặt và sử dụng điện**

– Thiết kế, lắp đặt thiết bị, đường dây theo đúng tiêu chuẩn ngành điện;

– Chọn các thiết bị, đường dây của các nhà chế tạo có uy tín, đảm bảo các yêu cầu về tiêu chuẩn Quốc gia hay Quốc tế.

– Tránh quá tải: bằng cách chọn thiết bị, đường dây đúng trị số điện áp, dòng điện định mức, đồng thời nên dùng bảo vệ rơle để bảo vệ quá tải đối với thiết bị cao áp; aptômát có bộ phận khởi động nhiệt chống quá tải đối với thiết bị hạ áp.

– Tránh các loại ngắn mạch (chập điện): dùng các thiết bị bảo vệ tự động cắt ngắn mạch:

+ Đối với thiết bị cao áp: dùng máy cắt điện cắt mạch tự động khi có ngắn mạch. Do đó cần dùng hệ thống rơle bảo vệ;

+ Đối với thiết bị hạ áp: dùng cầu chì có vỏ chắc chắn, tốt nhất nên dùng aptômát để bảo vệ. Cũng cần chú ý khi có ngắn mạch 1 pha hoặc rò điện ra vỏ thiết bị điện (khi cách điện pha – vỏ của thiết bị điện bị hỏng) dòng này có thể không đủ để các thiết bị bảo vệ quá dòng như cầu chì, aptômát làm việc. Do đó một số nước còn yêu cầu đặt bổ sung thiết bị chống dòng điện rò RCD vào sơ đồ bảo vệ. Đối với yêu cầu về phòng chống cháy nổ, dòng so lệch làm việc của RCD cần đảm bảo:  $\Delta I_{KD} \leq 500\text{mA}$ .

– Tránh phóng điện sét: tính toán chính xác phạm vi bảo vệ của kim thu sét; dùng thiết bị chống sét (van chống sét) và nối đất đúng trị số điện trở nối đất theo quy định.

– Tránh xuất hiện hiện tượng tĩnh điện: thực hiện tốt các biện pháp phát sinh tĩnh điện (đã nêu ở chương 10).

– Tránh phát sinh hồ quang

Có nhiều nguyên nhân phát sinh hồ quang, mỗi nguyên nhân sẽ có biện pháp khắc phục riêng.

+ Đối với hồ quang do hàn điện: Khi tiến hành hàn điện ở gần các ống dẫn nhiên liệu, khí cháy, các thiết bị điều chế hydro, vật liệu dễ cháy nổ khác,... nhất thiết phải có phiếu công tác và đảm bảo các điều kiện an toàn trước khi làm việc.

+ Đối với hồ quang do tiếp xúc điện không tốt: những mối nối cần được hàn hoặc bắt bulông một cách chắc chắn đồng thời nên bọc bằng các vật liệu cách điện tốt.

+ Đối với hồ quang do thiết bị đóng cắt điện gây ra: dùng các loại cầu dao, cầu chì có vỏ cách điện chắc chắn chịu được hồ quang điện hoặc aptomat đối với mạng hạ áp; dùng máy cắt điện đối với mạng cao áp.

+ Đối với hồ quang do phóng điện vầng quang ở các đường dây, trạm điện cao áp và siêu cao áp. Biện pháp phòng tránh trong trường hợp này là cần đảm bảo về khoảng cách hoặc cách điện tốt tránh hình thành cường độ điện trường đủ lớn gây phóng điện, phát sinh hồ quang.

– Sau khi tiến hành lắp đặt, cần kiểm nghiệm lại các yêu cầu tiêu chuẩn nhà chế tạo ghi trên nhãn mác xuất sứ thiết bị, đường dây trước khi đóng điện đưa vào làm việc.

– Không được để các vật liệu dễ cháy nổ bên cạnh đường dây và thiết bị điện.

Khi chữa cháy thiết bị điện trước hết phải cắt điện, khi cắt điện phải có các dụng cụ bảo hộ như sào cách điện, bục cách điện, ủng và găng tay, kéo cắt điện v.v... Còn phương tiện chữa cháy thì phụ thuộc vào các chất gây cháy, nổ có trong bản thân thiết bị ấy và các chất có trong công đoạn sản xuất để chọn cho phù hợp.

### **11.3. CÁC THIẾT BỊ PHÒNG CHỐNG CHÁY, NỔ**

#### **11.3.1. Các hệ thống báo cháy và chữa cháy tự động**

Ngày nay vấn đề phòng và chữa cháy là một trong những vấn đề được ưu tiên xem xét trước hết khi duyệt thiết kế cấp giấy phép xây dựng cũng như cho phép đưa vào sử dụng các công trình, thiết bị. Vì thế, việc trang bị các kiến thức về hệ thống báo tự động cho học sinh – sinh viên cũng như các cán bộ công tác có liên quan là mục tiêu của chương này.

Ở các khu vực quan trọng hoặc có nhiều nguy cơ cháy, nổ người ta thường lắp đặt các hệ thống báo cháy và chữa cháy tự động để bảo vệ.

### **\* Các thiết bị báo cháy hay dùng và cách lắp đặt chúng**

#### **a) Thiết bị báo khói**

Đây là loại thiết bị dùng để nhận biết có khói trong khu vực làm việc. Thiết bị này hoạt động dựa trên một trong hai nguyên tắc: ion hóa không khí và quang học.

Khi có khói, trong không khí sẽ xảy ra hiện tượng ion hóa làm thay đổi thành phần các điện tích. Sự thay đổi này được nhận biết bởi một cảm biến nằm trong thiết bị báo khói.

Loại thiết bị này hoạt động dựa trên nguyên tắc quang học có các cảm biến ánh sáng (ánh sáng không nhìn thấy) và sẽ phát tín hiệu báo động khi ánh sáng bị khúc xạ qua khói. Thiết bị này được dùng phổ biến nhất trong nhà cao tầng.

Khi lắp đặt loại thiết bị này cần chú ý vị trí lắp đặt, tránh đặt ở nơi có nhiều bụi hay khói của máy móc, động cơ có thể gây báo động nhầm. Nên đặt ở sát trần hoặc mái nhà là nơi khói sẽ đọng lại nhiều nhất do đó dễ phát hiện.

#### **b) Thiết bị báo nhiệt**

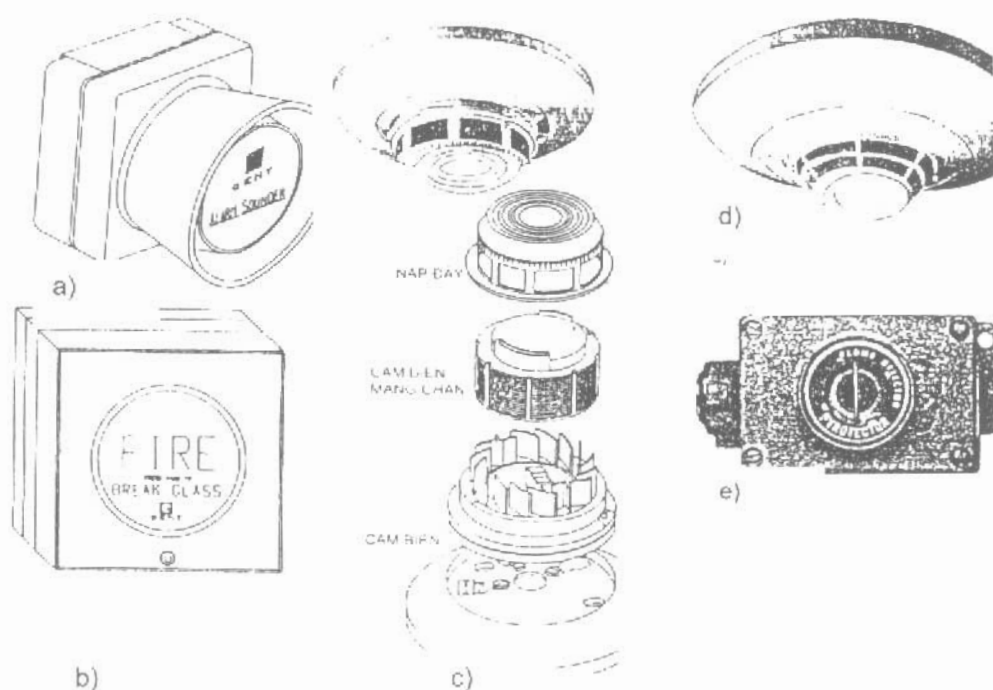
Thiết bị cảm biến nhiệt độ này được sử dụng chủ yếu ở nơi có nhiều khói như phòng đặt máy móc nên không thể lắp thiết bị báo khói hay những nơi có thể xảy ra sự cố về nhiệt độ. Cách lắp đặt chúng tương tự như thiết bị báo khói.

#### **c) Thiết bị báo lửa**

Thiết bị này hoạt động theo từng cặp thu – phát hoặc đơn lẻ cảm biến tín hiệu quang học. Loại hoạt động theo cặp được lắp đối diện nhau qua khu vực cần giám sát. Hiện nay có loại cho phép khoảng cách giữa hai phần thu – phát lên tới hàng trăm mét. Khi có lửa, tín hiệu quang học mà phần thu nhận được sẽ thay đổi, thiết bị sẽ phát tín hiệu báo động về tủ điều khiển trung tâm. Khi lắp đặt loại thiết bị này cần chú ý để không có các vật cản nằm giữa hai phần thu – phát. Hai phần này phải đặt ở khoảng cách tương ứng nhau như chỉ dẫn của nhà sản xuất.

Loại thiết bị báo lửa đơn lẻ hoạt động trên nguyên tắc cảm biến tín hiệu

tia cực tím (UV) phát ra từ các đám cháy trong khi không tác động với ánh sáng từ các nguồn đèn chiếu sáng thông thường hay ánh sáng mặt trời.



**Hình 11.1.** Các thiết bị bảo cháy

- a) Chuông báo động; b) Hộp đập kính; c) Thiết bị báo khói;  
 d) Thiết bị báo nhiệt; e) Thiết bị bảo lửa

#### d) Hộp đập kính

Đây là loại thiết bị báo động do con người điều khiển mà không phải tự động như các cảm biến kể trên. Thực chất đây chỉ là tiếp điểm thường đóng hoặc thường mở, được bảo vệ bằng một miếng kính an toàn có thể dễ dàng bị vỡ khi có người ấn mạnh ngón tay vào nhưng không làm bị thương họ. Khi miếng kính bị vỡ, tiếp điểm tác động gửi tín hiệu – báo cháy đến tủ điều khiển trung tâm.

Hộp này thường được gắn vừa tầm tay người, ở những nơi công cộng dễ nhìn thấy. Khi phát hiện hỏa hoạn, người ta sẽ nhanh chóng đập vỡ miếng kính.

Việc sử dụng miếng kính để người ta phải đập vỡ khi muốn báo động nhằm tránh nhầm lẫn với các loại công tắc khác.

### e) Chuông báo động

Chuông thường được gắn ở nơi công cộng để báo cho mọi người biết khi có hỏa hoạn xảy ra. Chuông thường được báo động tự động từ tủ điều khiển trung tâm.

Tuy nhiên việc phát tín hiệu báo động tới chuông luôn được kiểm tra kỹ nhằm tránh gây tình trạng hỗn loạn khi báo động nhầm.

### g) Các biển hiệu, đèn hiệu

Các biển hiệu dùng để hướng dẫn mọi người di tản khỏi nơi hỏa hoạn. Thông thường chúng được lắp ở các hành lang, lối ra cầu thang thoát hiểm. Các biển này phải được chiếu sáng bằng nguồn điện ắc qui vì trong trường hợp sự cố, nguồn điện cấp cho công trình sẽ bị cắt. Đèn hiệu thường được nối với các thiết bị báo khói, nhiệt và được gắn bên ngoài các phòng kín, ít có người vào nên khi có hỏa hoạn người bên ngoài sẽ dễ dàng nhận thấy.

### h) Công tắc dòng chảy

Ngoài các thiết bị kể trên, trong nhà cao tầng thường có các hệ thống chữa cháy tự động bao gồm các vòi phun đặt phía trên trần nhà và luôn có sẵn nước với áp lực thích hợp.

Khi có hỏa hoạn, nhiệt độ cao sẽ làm vỡ đầu bịt của vòi phun, nước sẽ tự động xả ra tạo dòng chảy trong ống. Người ta bố trí các công tắc dòng chảy trên các đường ống chính đưa tín hiệu về tủ báo cháy trung tâm để nhận biết khu vực xảy ra sự cố và phát tín hiệu báo động.

Hình 11.1. Giới thiệu một số thiết bị báo cháy hay đèn trong thực tế.

#### \* Kiểm tra, bảo dưỡng các thiết bị báo cháy:

Các loại thiết bị cảm biến trên cần phải được kiểm tra, bảo dưỡng thường xuyên theo chỉ dẫn của nhà sản xuất và môi trường nơi lắp đặt.

Thiết bị cần được thổi sạch bụi bẩn, lau chùi sạch sẽ sau đó kiểm tra độ nhạy của cảm biến bằng việc đưa tín hiệu thử (tạo khói, nhiệt). Khi thử cần chú ý báo trước cho mọi người trong khu vực có liên quan.

Hiện nay, các thiết bị báo cháy thường được đặt địa chỉ khi lắp đặt. Điều này giúp cho người giám sát hệ thống dễ dàng nhận biết khu vực xảy ra sự cố khi tủ điều khiển trung tâm phát tín hiệu báo động hay chỉ ra các hư hỏng trong hệ thống thông qua các địa chỉ này.

## \* Các thiết bị máy móc hoạt động liên quan tới hệ thống báo cháy:

### a) Thang máy

Trong các tòa nhà cao tầng thường có hệ thống thang máy. Trong trường hợp hỏa hoạn xảy ra, các thang máy sẽ nhận tín hiệu từ hệ thống báo cháy, nhanh chóng chạy tự động tới tầng đã được định trước (thường là tầng mặt đất) mở rộng cửa và cắt mọi hoạt động cho tới khi có tín hiệu an toàn trở lại.

### .) Hệ thống thông gió

Hệ thống quạt thông gió làm nhiệm vụ cấp gió mới, điều không khí và đẩy khói khỏi đường thoát hiểm tạo thuận lợi cho mọi người di tản trong trường hợp hỏa hoạn. Trừ những quạt hoạt động trong trường hợp hỏa hoạn, tất cả các quạt khác sẽ bị ngừng khẩn cấp thông qua các tín hiệu điều khiển từ tủ báo cháy trung tâm.

### c) Hệ thống cửa chặn lửa

Để hạn chế sự lây lan của lửa qua các đường ống dẫn gió (thường được bố trí dày đặc trong các nhà cao tầng), người ta thiết kế các cửa chặn trên đường ống giữa các khu vực. Các cửa này thường được mở bằng mô tơ điện và được đóng tự động bằng lò xo. Khi có hỏa hoạn, nguồn điện cấp cho các cửa này sẽ tự động bị cắt, cửa sẽ đóng lại nhờ lực lò xo, cách ly các khu vực với nhau.

### d) Các cửa ra vào điều khiển tự động

Nếu trong nhà có các cửa ra vào đóng mở tự động bằng chương trình hay cảm biến thì cần thiết phải đưa tín hiệu báo cháy từ tủ báo cháy trung tâm vào hệ thống điều khiển của các cửa này do khi có hỏa hoạn, mọi người thường rất hoảng hốt và khó thực hiện các thao tác để mở cửa.

Khi nhận được tín hiệu báo động, các cửa này sẽ tự động mở ra, mọi người dễ dàng thoát ra ngoài.

### e) Hệ thống bơm và các bể nước dành cho cứu hỏa

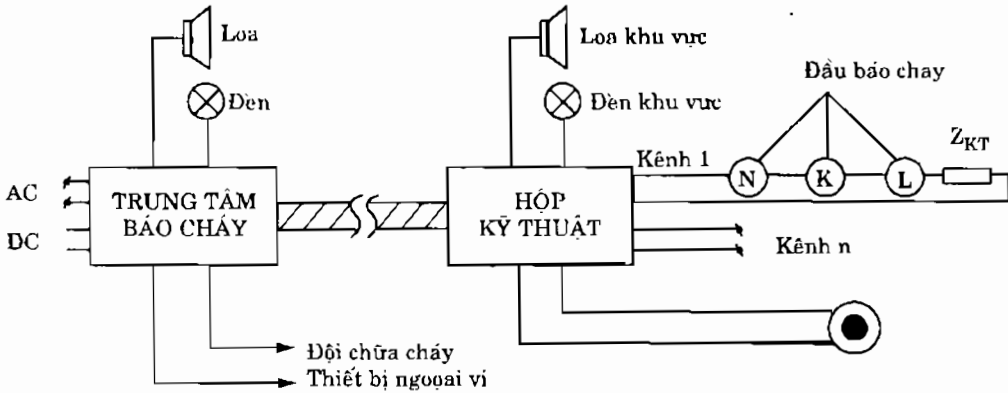
Việc đảm bảo trạng thái sẵn sàng hoạt động của hệ thống bơm cứu hỏa cũng như các bể nước là một khâu hết sức quan trọng trong phòng cháy chữa cháy. Do đó từ các bể và tủ điều khiển bơm này cần có các tín hiệu kiểm tra gửi tới tủ báo cháy trung tâm.

Tín hiệu kiểm tra bơm thường là nguồn điện hoặc nhiên liệu cấp cho bơm và các thông số kỹ thuật khác đảm bảo bơm sẵn sàng hoạt động.

Tín hiệu kiểm tra bể thường lấy từ các phao hay cảm biến xác định mức nước an toàn trong bể, đủ điều kiện phục vụ công tác chữa cháy khi có sự cố xảy ra.

## \* Hệ thống báo cháy tự động

Hệ thống báo cháy tự động là hệ thống thiết bị tự động phát hiện và thông báo địa điểm cháy về trung tâm chỉ huy chữa cháy. Hệ thống báo cháy bao gồm các bộ phận cơ bản: trung tâm báo cháy (loại theo vùng, loại địa chỉ), đầu báo cháy tự động (nhiệt, khói, ánh sáng), hộp nút ấn báo cháy, loa báo cháy, đèn báo cháy, trở kháng cuối kênh  $Z_{KT}$  các yếu tố liên kết (cáp tín hiệu, dây dẫn, hộp kỹ thuật), nguồn điện. Tùy theo yêu cầu của hệ thống báo cháy mà hệ thống còn các bộ phận khác như thiết bị truyền tin báo cháy, bộ phận kiểm tra thiết bị phòng cháy tự động, bộ phận điều khiển thiết bị ngoại vi. Sơ đồ khối của hệ thống báo cháy tự động trên hình 11.2.



Hình 11.2. Sơ đồ khối của hệ thống báo cháy tự động

Nguyên lý hoạt động của hệ thống báo cháy tự động như sau: Khi không có cháy, toàn bộ hệ thống ở chế độ thường trực, tại các khu vực bảo vệ luôn có các tín hiệu kiểm tra hoạt động của hệ thống.

Khi có cháy xảy ra ở khu vực bảo vệ thì có sự thay đổi của các yếu tố môi trường như nhiệt độ, nồng độ khói, cường độ ánh sáng, bức xạ của ngọn lửa. Các đầu báo cháy thu nhận sự thay đổi của các yếu tố này, khi đạt tới ngưỡng làm việc, các đầu báo cháy sẽ tạo ra tín hiệu điện truyền về trung tâm báo cháy qua hệ thống dây dẫn và cáp tín hiệu. Trung tâm báo cháy sẽ xử lý tín hiệu truyền về và phát ra tín hiệu báo động chỉ thị tương ứng như: loa thông báo cháy, chuông, còi, đèn và các tín hiệu điều khiển thiết bị ngoại vi khác (ví dụ báo tin cho đội chữa cháy chuyên nghiệp, khởi động máy bơm chữa cháy, mở cửa thông gió, hạ màn ngăn cháy...).

Khi phát hiện ra cháy mà trung tâm báo cháy chưa làm việc ta ấn nút ấn báo cháy bằng tay, trung tâm báo cháy sẽ hoạt động như khi có tín hiệu điện từ đầu báo cháy truyền về.



## **\* Thiết kế hệ thống báo cháy:**

*Bước 1.* Lựa chọn các thiết bị cho hệ thống.

Hiện nay có rất nhiều loại thiết bị phục vụ cho công tác phòng cháy của các hãng sản xuất nổi tiếng thế giới trên thị trường Việt Nam như Thorn, MK (Anh); Honeywell, Chubb (Mỹ)...

Tùy thuộc vào khả năng đầu tư mà chọn một hệ thống thích hợp nhưng phải đảm bảo các yêu cầu cơ bản về phòng cháy và phải được cơ quan nhà nước có thẩm quyền phê duyệt.

*Bước 2.* Xác định vị trí đặt các thiết bị và các tủ điều khiển cho hệ thống.

Các thiết bị báo khói, báo nhiệt hay báo lửa được bố trí tùy thuộc vào mục đích sử dụng của từng khu vực. Trong các văn phòng làm việc thường được bố trí mỗi đầu báo khói cho từ 15 đến 20 m<sup>2</sup> diện tích hay một phòng khách sạn diện tích tương đương.

Các tủ điều khiển thường có các tủ khu vực (thường cho mỗi tầng nhà) và tủ trung tâm thường đặt trong phòng điều khiển chung của cả tòa nhà và luôn có người giám sát.

*Bước 3.* Xác định các thiết bị máy móc liên quan.

Căn cứ vào các loại máy móc, thiết bị đã nêu ở trên để thiết kế các thiết bị hay mạch điện làm nhiệm vụ giao diện giữa hệ thống báo cháy và hệ thống máy móc bị điều khiển. Thông thường các tủ điều khiển khu vực làm nhiệm vụ này.

*Bước 4.* Thiết kế hệ thống dây dẫn

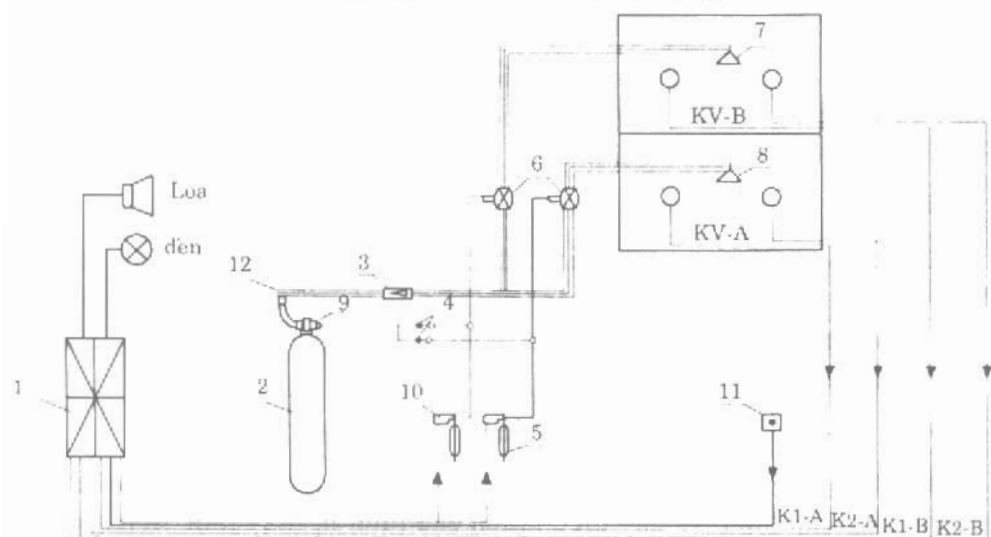
Hệ thống dây dẫn cho một hệ thống báo cháy thường có hai loại: dây cho các đầu cảm biến và dây điều khiển các thiết bị máy móc liên quan.

Dây dẫn cho các đầu cảm biến phải chọn đúng theo chỉ dẫn của nhà sản xuất các thiết bị này. Thông thường đây là loại dây có lớp kim loại chống nhiễu. Khi lắp đặt thì phần lưới này phải được nối đất để khử nhiễu. Dây dẫn (thường là một cặp) được nối theo mạch vòng, mỗi vòng có số lượng các đầu báo giới hạn, có chiều dài nhất định đảm bảo tính chính xác của tín hiệu gửi tới trung tâm. Như vậy mỗi vòng có một cặp đi và một cặp trở về tủ.

Dây dẫn điều khiển các thiết bị máy móc liên quan thường là loại dây PVC đưa tín hiệu dạng tiếp điểm rơle hoặc điện áp thấp (12 đến 24 DCV) tới điều khiển ngừng hoặc khởi động các thiết bị này.

### 11.3.2. Các hệ thống chữa cháy tự động

Hệ thống chữa cháy là tổng hợp các thiết bị kỹ thuật chuyên dùng, đường ống và chất chữa cháy dùng để dập tắt các đám cháy. Hệ thống chữa cháy được lắp đặt cố định hoặc bán cố định, có thể được điều khiển bằng tay hoặc điều khiển tự động. Hệ thống chữa cháy tự động là hệ thống chữa cháy được điều khiển tự động khi xảy ra cháy. Các hệ thống này được lắp đặt ở những nơi có hàng hoá, máy móc, thiết bị đắt tiền hoặc những nơi dễ có sự cố cháy, nổ (ví dụ như kho hàng hoá, kho ngân hàng, trung tâm kiểm định khí, gas...). Có các loại hệ thống chữa cháy tự động bằng nước, bằng bột, bằng bột hoặc bằng các loại khí không cháy ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ...). Hệ thống chữa cháy tự động có thể hoạt động nhờ nguồn điện, bằng hệ thống khí nén, bằng hệ thống dây cáp, bằng tín hiệu điều khiển của các trung tâm báo cháy tự động...



Hình 11.3. Sơ đồ khối của hệ thống chữa cháy tự động bằng khí  $\text{CO}_2$

Hình 11.3 là sơ đồ nguyên lý hoạt động của hệ thống chữa cháy tự động bằng khí  $\text{CO}_2$ . Hệ thống bao gồm các bộ phận cơ bản sau: trung tâm chữa cháy (1), bình tổng chứa khí  $\text{CO}_2$  (2), van giảm áp (3), van một chiều (4), bình mới (5), van lựa chọn (6), vòi phun khí (đầu phun) (7), đầu báo cháy (khí hoặc nhiệt) (8), van piston tổng (9), van mở cơ điện (10), nút ấn xả khí bằng tay (11), van an toàn (12), loa báo xả khí, đèn báo xả khí, các hệ thống đường ống chính, đường ống nhánh và hai kênh báo cháy K1, K2.

Nguyên lý hoạt động của hệ thống như sau: khi khu vực bảo vệ xảy ra cháy, nếu chỉ có 1 kênh báo cháy làm việc thì tại trung tâm phát ra tín hiệu báo cháy tại khu vực đó, hệ thống phun khí CO<sub>2</sub> chưa làm việc. Khi đó ta phải đến khu vực bảo vệ để kiểm tra. Khi cả hai kênh báo cháy ở khu vực bảo vệ đồng thời làm việc, trung tâm sẽ phát ra tín hiệu báo cháy bằng âm thanh, ánh sáng tới khu vực bảo vệ (còi kêu, đèn sáng, loa thông báo sắp phun khí bằng tiếng Anh hoặc tiếng Việt). Sau một thời gian trễ nhất định do ta cài đặt (thường là 1 phút), trung tâm sẽ phát ra tín hiệu điều khiển mở van cơ điện (10) làm việc. Khí từ bình môi (5) đi tới mở van lựa chọn khu vực (6) và qua van một chiều (4) khởi động van piston tổng (9) làm việc. Khí CO<sub>2</sub> từ bình tổng qua đường ống chính, qua van lựa chọn khu vực, đường ống nhánh và phun vào khu vực bảo vệ dập tắt đám cháy. Để chữa cháy có hiệu quả, trước khi xả khí, trung tâm sẽ phát tín hiệu ngắt hệ thống điều hoà không khí, quạt thông gió... nhằm đảm bảo độ kín của khu vực được chữa cháy, cách ly khu vực sắp được phun khí với bên ngoài.

Khi có cháy xảy ra mà trung tâm chữa cháy chưa hoạt động ta ấn nút xả khí bằng tay (11) (khởi động cưỡng bức). Lúc này hệ thống chữa cháy bắt đầu làm việc như khi trung tâm nhận được tín hiệu điện từ hai kênh báo cháy. Trường hợp đặc biệt khi có sự cố của một van nào đó, áp suất trong đường ống sẽ tăng, nếu quá mức cho phép van an toàn (12) sẽ mở xả CO<sub>2</sub> dư ra ngoài.

## **CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 11**

- 11.1. Các nguyên nhân cháy nổ do điện?
- 11.2. Biện pháp phòng và chống cháy nổ do điện ?
- 11.3. Trình bày các thiết bị và sơ đồ cơ bản báo cháy tự động ?
- 11.4. Trình bày sơ đồ nguyên lý chữa cháy tự động ?

## Chương 12

# PHƯƠNG TIỆN BẢO VỆ VÀ DỤNG CỤ PHÒNG HỘ CẦN THIẾT CHO AN TOÀN ĐIỆN

## 12.1. KHÁI NIỆM CHUNG

### 12.1.1. Đặt vấn đề

Trong quá trình vận hành, bảo dưỡng, sửa chữa đường dây tải điện, khí cụ điện và thiết bị điện để đảm bảo an toàn tránh các tai nạn về điện, người thực hiện các công việc trên cần thiết phải sử dụng các dụng cụ, phương tiện bảo vệ và dụng cụ phòng hộ.

Các phương tiện, dụng cụ này bao gồm các loại dụng cụ thao tác, sửa chữa có cách điện, các dụng cụ đo lường, các phương tiện bảo vệ cá nhân,....

Để bảo vệ cho người làm việc ở gần các trang thiết bị điện hay các phân bình thường có điện áp, chúng ta cần sử dụng các dụng cụ và phương tiện bảo vệ và ngăn ngừa có tại chỗ để bảo vệ tránh điện giật và tránh sự tác động của hồ quang điện.

### 12.1.2. Phân loại phương tiện và dụng cụ phòng hộ

Những dụng cụ và phương tiện bảo vệ cá nhân được phân thành 5 nhóm:

1. Các phương tiện bảo vệ cách điện: có nhiệm vụ bảo vệ người bằng cách ngăn người với các phần tử có điện áp hay với đất để tránh cho người phải chịu điện áp (bước, tiếp xúc, làm việc) nguy hiểm, gồm: sào cách điện, kim cách điện, dụng cụ có tay cầm cách điện, găng tay cách điện, ủng cách điện, thảm cách điện, v.v...

Phương tiện bảo vệ cách điện chia làm hai loại: chính và phụ.

– Phương tiện bảo vệ chính: có cách điện đảm bảo không bị điện áp của thiết bị chọc thủng, có thể dùng chúng để chạm trực tiếp những phần mang điện. Phương tiện bảo vệ chính thường được chế tạo từ chất có đặc tính cách điện bền vững như: bakêlít, êbônít, ghêtinác, ...

– Phương tiện bảo vệ phụ: bản thân chúng không thể bảo vệ được mà

chỉ dùng làm phương tiện phụ khi sử dụng các phương tiện chính. Vật liệu dùng để chế tạo phương tiện bảo vệ thường từ cao su cách điện, bệ gỗ khô quét sơn, dưới có sứ cách điện.

Các phương tiện bảo vệ phân loại cụ thể như bảng 12.1.

**Bảng 12.1.** Phân loại phương tiện bảo vệ

Loại bảo vệ	Phương tiện dùng làm việc với thiết bị có điện áp	
	Dưới 1000 V	Trên 1000 V
Chính	Sào, kim, găng tay cách điện, dụng cụ thợ điện có cán cách điện (10cm)	Sào, kim
Phụ	Giấy, đệm, bệ, thảm cách điện	Găng tay cách điện, đệm, bệ, thảm, giấy (ùng) cách điện

2. Sào thử điện còn gọi là gậy chỉ thị điện áp báo cho biết có hay không có điện áp.

3. Trang bị ngắt mạch và nối đất di động: là phương tiện bảo vệ rất tốt đảm bảo để tránh nguy hiểm khi tình cờ xuất hiện điện áp tại chỗ làm việc do một sai sót nào đó khi thao tác; đồng thời tránh nguy hiểm của điện áp cảm ứng do ảnh hưởng điện từ hay sự phóng điện do điện dung.

4. Rào chắn (cố định hoặc tạm thời di động), tín hiệu, biển báo: sử dụng nhằm mục đích bảo vệ cho người không tiếp xúc các phần tử có điện áp đặt gần chỗ làm việc; nhắc nhở người làm việc gần phần tử khác có điện áp chú ý cảnh giác trong quá trình làm việc tránh tiếp xúc gây nguy hiểm đến tính mạng hoặc dùng để thông báo cấm một số thao tác có thể dẫn đến tai nạn điện, ...

5. Phương tiện bảo vệ tránh tác dụng của hồ quang, mảnh kim loại bị nung nóng, các hư hỏng cơ học, gồm: kính bảo vệ, găng tay bằng vải bạt, mặt nạ chống khí độc.

Ngoài ra, còn có phương tiện bảo vệ an toàn khi làm việc trên cao như thất lưng an toàn, thang di động,...

### 12.1.3. Yêu cầu đối với phương tiện và dụng cụ phòng hộ

Phương tiện và dụng cụ phòng hộ có thể gọi tắt là phương tiện bảo vệ.

Phương tiện bảo vệ phải được giữ gìn theo quy tắc định sẵn. Trong các trạm phân phối trong nhà, ở lối đi vào phải có chỗ dành riêng để thiết bị bảo vệ.

Phương tiện bảo vệ cần được kiểm tra đều đặn, thí nghiệm theo chu kỳ với điện áp tăng cao: điện áp thí nghiệm phải bằng 3 lần điện áp dây cho những thiết bị có trung tính cách điện và bằng 3 lần điện áp pha cho những thiết bị trung tính nối đất nhưng không vượt quá 40kV.

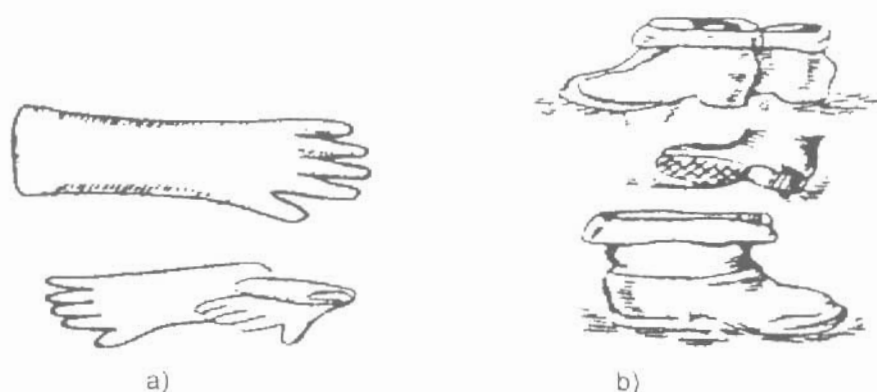
Phương tiện bảo vệ phụ, thí nghiệm với điện áp không phụ thuộc vào điện áp của thiết bị. Thời gian thử: 5 phút cho các loại kim, 1 phút cho những bảo vệ bằng cao su.

Việc sử dụng các phương tiện bảo vệ có tác dụng tăng cường mức cách điện để đảm bảo yêu cầu an toàn điện phải tuân thủ nghiêm túc theo qui định trong quy trình, quy phạm. Thông thường khi làm việc với thiết bị điện cần sử dụng đồng thời các phương tiện bảo vệ. Ví dụ: Khi người làm việc với thiết bị điện hạ áp, phải sử dụng dụng cụ có cách điện bảo vệ như: kim, bút thử điện; đồng thời cần dùng găng tay, giấy (ủng) hay đứng trên thảm (buc) cách điện. Khi người làm việc, thao tác với thiết bị điện cao áp, cần dùng sào thao tác cách điện; đồng thời phải đeo găng, ủng, thảm,... cách điện.

Sau đây sẽ đề cập tóm tắt một số phương tiện bảo vệ và dụng cụ phòng hộ cơ bản hay dùng trong thực tế để đảm bảo an toàn điện.

## 12.2. PHƯƠNG TIỆN BẢO VỆ CÁCH ĐIỆN VÀ DỤNG CỤ THAO TÁC KIỂM TRA ĐIỆN

### 12.2.1. Găng tay, giấy ủng cách điện



Hình 12.1.

a) Găng tay cách điện, b) Giấy và ủng cách điện

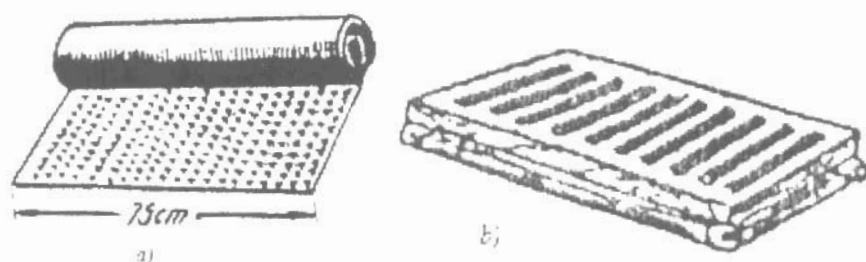
Các phương tiện này thường được chế tạo từ cao su cách điện và có hình dáng phù hợp (hình 12.1).

Dùng với thiết bị điện, các dụng cụ này được sản xuất riêng với cấu tạo phù hợp với quy trình. Tuyệt đối không được xem là phương tiện bảo vệ nếu các dụng cụ trên không phải là loại sản xuất riêng dùng cho làm việc với thiết bị điện.

Trong quá trình sử dụng, cần chú ý: cao su nếu phải chịu ẩm, ánh sáng, dầu mỡ, nhiệt độ cao quá  $35^{\circ}\text{C}$ , axit,...thì độ bền cơ học và tính chất cách điện bị giảm. Để bảo vệ cao su cần phải bỏ trong tủ hoặc thùng khô và kín, không đặt chung với các dụng cụ khác.

### 12.2.2. Thảm, bục cách điện (hình 12.2)

Dùng để cách điện người với đất khi làm việc, thao tác thiết bị điện. Kích thước của thảm, bục cách điện không được nhỏ hơn  $50 \times 50 \text{cm}^2$ , nhưng không quá  $150 \times 150 \text{cm}^2$  (thường khoảng  $75 \times 75 \text{cm}^2$ ).



Hình 12.2

a) Thảm cách điện; b) Bục cách điện

Trong thực tế, các bục cách điện được làm bằng gỗ khô tấm ghép có đế bằng sứ cách điện; còn thảm cách điện cũng được làm từ cao su như đối với găng tay, giày, đệm lót cách điện kể trên.

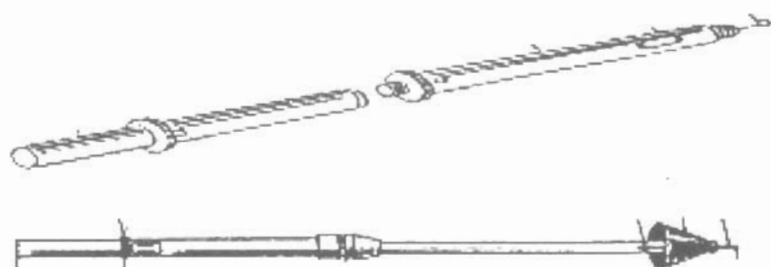
### 12.2.3. Những dụng cụ thao tác, sửa chữa điện có cán cầm cách điện

Thực tế, hay gặp dụng cụ thao tác, sửa chữa điện có cán cầm cách điện là sào, kim và một số dụng cụ khác.

#### a) Sào cách điện (hình 12.3)

Sào cách điện dùng để thao tác, đóng cắt, điều khiển trực tiếp dao cách ly, cầu chì ống, đặt nối đất di động, thí nghiệm cao áp.

Sào cách điện gồm 3 phần: phần cách điện, phần làm việc, phần cầm tay. Các bộ phận cách điện và tay cầm của sào được làm bằng vật liệu cách điện có độ bền điện, độ bền cơ cao, có độ dài phụ thuộc vào điện áp theo *TCVN 5587 – 1991* (bảng 12.2).



Hình 12.3. Sào cách điện

Bảng 12.2. Qui định độ dài của phần cách điện và tay cầm theo điện áp của sào

Điện áp định mức của thiết bị (kV)	Chiều dài tối thiểu (m)	
	Của phần cách điện	Của phần tay cầm
Đến 1	Không quy định	Không quy định
Từ 2 đến 15	0,7	0,3
Từ 15 đến 35	1,1	0,4
Từ 35 đến 110	1,4	0,6
220	2,5	0,8
330	3,0	0,8
Trên 330 đến 500	4,0	1,0

Trong quá trình bảo quản và sử dụng sào cách điện cần chú ý:

– Phải bảo quản sào cách điện ở những chỗ khô ráo, tránh bị ẩm, bụi và làm xây xước phần cách điện.

– Định kỳ phải thử nghiệm sào theo quy định.

– Trước khi sử dụng phải kiểm tra kỹ lưỡng, nếu phần cách điện bị rạn nứt, bị ẩm, bụi bẩn thì phải bảo dưỡng, vệ sinh rồi mới được sử dụng.

– Khi dùng sào thao tác, người sử dụng phải đi găng tay cách điện, đi ủng cách điện và đứng trên bề, thảm cách điện.

– Sào dùng thao tác trong nhà có thể đem dùng ngoài trời khi thời tiết khô ráo, không được sử dụng khi trời mưa.



### b) Kim cách điện (hình 12.4)

Kim cách điện dùng để đặt và lấy cầu chì, đẩy các nắp cách điện bằng cao su. Kim là phương tiện bảo vệ chính dùng với điện áp dưới 35 kV.



Hình 12.4. Kim cách điện

Kim cách điện cũng gồm 3 phần: phần cách điện, phần làm việc, phần cầm tay.

Độ dài phần cách điện và phần cầm tay phụ thuộc vào điện áp (bảng 12.3).

Bảng 12.3. Quy định độ dài của phần cách điện và tay cầm theo điện áp của kim

Điện áp định mức của thiết bị (kV)	Chiều dài tối thiểu (m)	
	Của phần cách điện	Của phần tay cầm
10	0,45	0,15
35	0,75	0,2

### 12.2.4. Thiết bị chỉ báo phát hiện trung áp và cao áp

Để phát hiện có mặt của trung áp và cao áp, người ta sử dụng 2 loại: thiết bị để gần khu vực có điện áp và thiết bị tiếp xúc trực tiếp với mạch có điện.

#### a) Thiết bị chỉ báo để gần mạch điện

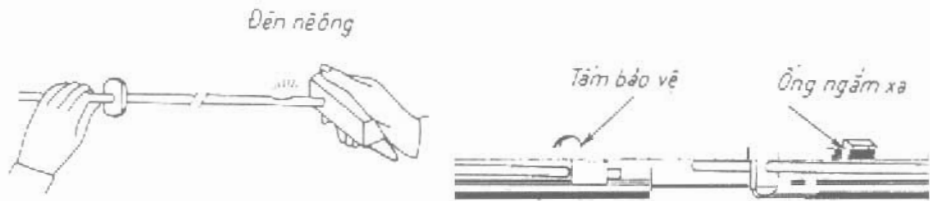
Thiết bị phát hiện cao áp theo nguyên lý để gần dây dẫn mang điện là dụng cụ phát hiện điện trường xung quanh dây dẫn có dòng điện chạy qua. Thiết bị chỉ sử dụng với mạch xoay chiều cao áp, làm việc trên dây ở điện áp 2000V.

Về cấu tạo, thiết bị là ống cao su cứng hoặc ống nhựa một đầu thử nghiệm có đèn neon còn đầu kia là tay cầm (hình 12.5). Khi để gần dây dẫn có điện áp cao, đèn neon sẽ phát sáng màu đỏ. Nếu bao quanh dây dẫn có màn kim loại nối đất điện trường của nó chỉ giới hạn bằng kim loại do vậy thiết bị không phát hiện được dây dẫn có điện.

Khi sử dụng thiết bị phát hiện điện áp để gần cần lưu ý:

- Dùng găng cao su cách điện với cấp thích hợp.

- Lau khô và sạch thiết bị.
- Kiểm tra thiết bị bằng cách để gần dây trần chắc chắn có điện áp cao. Nếu đèn không sáng chứng tỏ thiết bị còn tốt.
- Để kiểm tra đường dây có điện áp hay không, đưa đầu thử lại gần dây dẫn, nếu đèn dò chứng tỏ đường dây có điện. Nếu đèn không đỏ, tiến hành thử lại lần nữa để đảm bảo thiết bị hoạt động tốt.
- Quay đèn theo hướng ánh sáng mạnh nhất để dễ nhìn. Một số thiết bị có thêm ống ngắm để dễ nhìn từ xa (hình 12.5b).



Hình 12.5. Thiết bị chỉ báo có điện để gần

a) Loại không có ống ngắm; b) Loại có ống ngắm từ xa

#### b) Thiết bị chỉ báo tiếp xúc trực tiếp

Thiết bị chỉ báo có điện áp xoay chiều cao áp bằng tiếp xúc trực tiếp giữa thiết bị chỉ báo và dây dẫn có điện. Thiết bị chỉ sử dụng cho điện áp xoay chiều có điện áp so với đất là 2400V. Chỉ báo bằng đèn neon nối một đầu với cực tiếp xúc. Đèn sáng với dòng điện rất nhỏ do điện dung giữa điện cực và đất. Thiết bị này không sử dụng được trong hệ thống không nối đất.

Thiết bị chỉ báo điện áp đặc biệt có 2 thanh cao áp có thể sử dụng trong hệ thống không nối đất. Hai thanh này có từng pha được tiếp xúc với điện áp dây và đèn neon chỉ thị điện áp dây này. Thiết bị cũng làm việc được ở hệ thống nối đất. Điện áp tối thiểu để thiết bị làm việc tin cậy là 2000V.

Khi sử dụng thiết bị chỉ báo này cần chú ý:

- Đảm bảo mạch có điện cho đến lúc thử.
- Các thiết bị bảo vệ sẵn sàng làm việc.

Duy trì các dây dẫn, đầu nối ở điều kiện tốt. Chữa hoặc thay thế bộ phận bị hư hỏng.

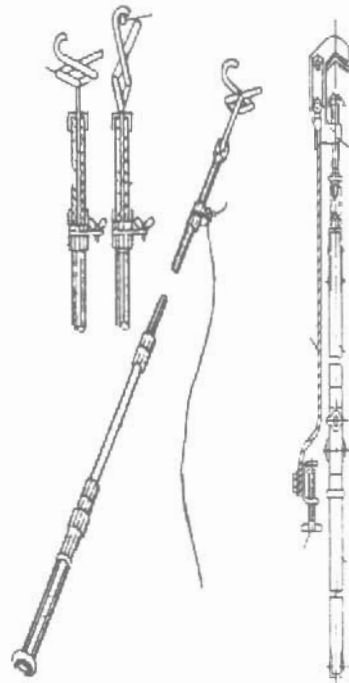
- Sử dụng găng cao su bảo vệ với cấp điện áp thích hợp.

### 12.3. NỐI ĐẤT TẠM THỜI DI ĐỘNG

Nối đất tạm thời di động để đảm bảo an toàn cho người làm việc ở những thiết bị điện đã cắt điện ngăn ngừa khả năng ngẫu nhiên có điện trở lại.

Ví dụ nối đất tạm thời khi sửa chữa đường dây, thiết bị điện khi đường dây cũng như thiết bị điện đã được cắt điện. Nếu vì một lý do nào đó (đóng điện nhầm chẳng hạn) mà đường dây hoặc thiết bị có điện trở lại, dây nối đất sẽ tạo ngắn mạch làm các thiết bị bảo vệ cắt nhanh đường dây, thiết bị ra khỏi lưới điện hoặc nếu chưa cắt được thì dòng điện qua người sẽ giảm do vậy sẽ giảm mức nguy hiểm cho người làm việc.

Các bộ phận chủ yếu của nối đất di động (hình 12.6) gồm dây nối đất, các kẹp nối dây và dây để ngắn mạch. Các bộ phận này phải đảm bảo độ bền điện và cơ. Dây nối ngắn mạch phải dùng dây đồng mềm tiết diện không nhỏ hơn  $25\text{mm}^2$  đối với thiết bị có điện cao áp và không nhỏ hơn  $16\text{mm}^2$  với thiết bị điện hạ áp. Dây nối đất cũng phải dùng dây đồng mềm tiết diện không nhỏ hơn  $25\text{mm}^2$ . Chỉ tiến hành đặt nối đất di động cho các thiết bị điện khi đã kiểm tra và xác định chắc chắn là đã cắt điện.



Hình 12.6. Thiết bị dùng để nối đất tạm thời di động

### 12.4. RÀO CHẮN, TẮM CHẮN, TÍN HIỆU, BIỂN BÁO AN TOÀN ĐIỆN

Cùng với các biện pháp chủ động khác nhằm để phòng, ngăn ngừa khả năng gây ra tai nạn điện, thực tế còn hay sử dụng rào chắn, tẩm chắn tạm thời di động, tín hiệu và biển báo. Đây là một trong những biện pháp có hiệu quả an toàn điện cao.

### 12.4.1. Rào chắn

Để tránh bị tiếp xúc điện bất ngờ với các vật dẫn điện, những phần mạng điện để trần hay cách điện có thể bị tiếp xúc, cần phải được chắn kỹ hoặc rào lại bằng rào chắn. Đây là một yêu cầu quan trọng của an toàn điện.

Những vật dẫn điện trong nhà ở, nơi công cộng,... cần được che kín, còn ở những nơi sản xuất, nhà máy điện (chỉ có người phục vụ tại các thiết bị điện) thì có thể che kín bằng lưới hoặc bảo vệ có lỗ. Rào hay nắp đậy cần phải có khoá hay dụng cụ mở để tránh mở nhiều lần không cần thiết. Các vật che đậy cần bảo đảm độ bền cơ học.

Những vật đặt ở chỗ qua lại trong nhà, cần phải rào chắn nếu thấp hơn các độ cao sau (bảng 12.4):

**Bảng 12.4**

Cấp điện áp, kV	Cần phải chắn nếu thấp hơn các độ cao, m
10	2,50
35	2,75
110	3,50

Những vật dẫn điện ngoài trời cần được bảo vệ nếu thấp hơn các độ cao sau (bảng 12.5):

**Bảng 12.5**

Cấp điện áp, kV	Cần phải chắn nếu thấp hơn các độ cao, m
35	3,00
110	3,75
154	4,00
220	4,50

Máy biến áp, thiết bị điện khác, nếu mép dưới sứ cách điện có chiều cao thấp hơn 2,5m so với nền được rào, thì chiều cao hàng rào phải không thấp hơn 1,7m.

Khoảng cách thật (tính bằng cm) giữa những vật mang điện với vật chắn được đảm bảo theo tiêu chuẩn như sau:

- Đối với thiết bị phân phối trong nhà (bảng 12.6)

**Bảng 12.6**

Loại hàng rào	Điện áp, kV					
	3	6	10	20	35	110
Lưới hay cửa bằng lưới	17,5	20	22,5	28	39	90
Hàng rào kín hay cửa sắt	10,5	13	15,5	21	32	82

- Đối với thiết bị ngoài trời (bảng 12.7)

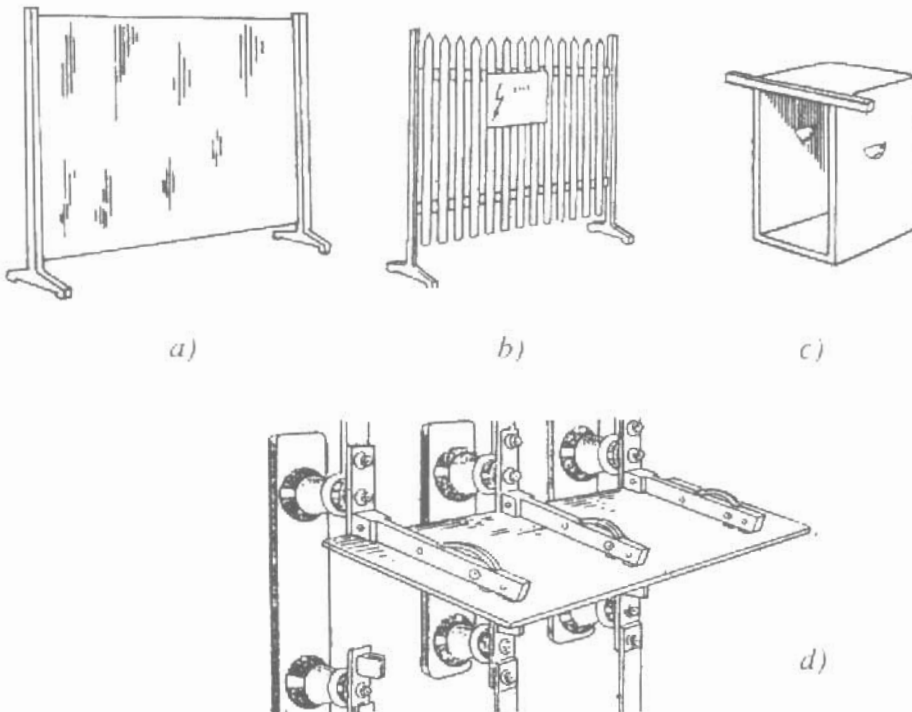
**Bảng 12.7**

Loại hàng rào	Điện áp, kV					
	Dưới 10	35	110	154	220	500
Vật chắn	100	100	175	200	250	450
Hàng rào lưới	25	40	100	140	200	400

### 12.4.2. Tấm chắn tạm thời di động

Tấm chắn di động dùng để ngăn cách tạm thời các bộ phận mang điện hở nhằm ngăn ngừa người chạm phải các bộ phận mang điện này.

Các tấm chắn thông thường được làm bằng vật liệu cách điện có bề mặt kín toàn bộ (hình 12.7a,d). Những tấm chắn dạng lưới, hở (hình 12.7b) chỉ được dùng che chắn ở các lối ra vào. Ngoài ra có thể dùng lồng chắn (hình 12.7c).



**Hình 12.7.** Một số loại tấm chắn di động tạm thời các phần mang điện

- a) Tấm chắn kín; b) Tấm chắn hở;  
c) Lồng chắn; d) Tấm chắn lưới dao cách ly.

Tấm chắn phải đảm bảo độ bền, chắc, có kết cấu gọn nhẹ để một người có thể mang được. Trên tấm chắn di động cần viết hoặc treo các biển báo nguy hiểm. Tấm chắn phải có chiều cao lớn hơn 1,7m và cách mặt sàn nhỏ hơn 10cm. Khoảng cách từ phần mang điện đến tấm chắn phải không nhỏ hơn 35cm khi dùng chắn mạng điện có điện áp đến 6kV và 60cm với mạng điện có điện áp từ 10 kV đến 35kV.

Có thể dùng kim loại làm tấm chắn cố định, nhưng không được dùng kim loại làm tấm chắn di động. Khi diện tích làm việc bị hạn chế, không đặt được tấm chắn, thì phải che chắn các phần mang điện hở bằng các tấm lót cách điện. Có thể dùng tấm chắn, tấm lót làm bằng bakêlít với cấp điện áp đến 35kV, còn cao su chỉ được dùng ở cấp điện áp đến 1000V.

### 12.4.3. Tín hiệu

Tín hiệu (âm thanh, ánh sáng) như chuông, còi, các loại đèn,... có tác dụng chỉ báo, báo hiệu tình trạng làm việc hoặc sự cố của thiết bị, khu vực có điện, các vị trí, phạm vi nguy hiểm,... để người vận hành biết và xử lý sự cố, đồng thời ngăn người không có nhiệm vụ tới gần khu vực nguy hiểm.

Thực tế thường dùng chuông, còi, báo hiệu tình trạng chạm đất đường dây, chạm vỏ thiết bị điện; dùng đèn đỏ báo hiệu chạm vỏ, các khu vực có điện, đèn xanh báo hiệu an toàn, đã cắt điện,....

Các thiết bị phát tín hiệu phải làm việc chính xác, tin cậy, đèn báo hiệu phải được đặt ở chỗ dễ nhìn thấy.

#### **Cần chú ý:**

– Thiết bị báo hiệu tình trạng ngắt của thiết bị hoặc báo hiệu không có điện áp chỉ là phương tiện báo hiệu bổ trợ, mà không được coi là tín hiệu báo chắc chắn đã ngắt điện, khi tiến hành làm việc cần phải đo và kiểm tra lại. Tín hiệu báo có điện là dấu hiệu báo không cho phép đến gần thiết bị có điện.

– Với các thiết bị, khu vực làm việc có nhiều nguy hiểm và mang tính đặc thù (các thiết bị, khu vực điện áp cao, khu vực dễ cháy nổ, có hoá chất,...) thì việc sử dụng tín hiệu đều đã được quy định cụ thể trong các tiêu chuẩn riêng nhằm đảm bảo an toàn tuyệt đối cho người và thiết bị.

– Các thiết bị phát tín hiệu cần được kiểm tra thường xuyên khả năng làm việc trong quá trình vận hành. Khi phát hiện thấy hỏng hóc phải kịp thời sửa chữa và thay thế.

#### 12.4.4. Biển báo an toàn

Sử dụng biển báo là biện pháp đơn giản, song rất hữu hiệu, không chỉ ngăn ngừa khả năng vô tình chạm vào phần mang điện, tới gần khu vực nguy hiểm có điện, mà còn để phòng khả năng sai sót trong quá trình thao tác, thực hiện công việc.

Biển báo an toàn có thể được chia thành 4 nhóm: phòng ngừa, nghiêm cấm, cho phép và nhắc nhở. Trong đó các loại biển báo phòng ngừa và nghiêm cấm đóng vai trò đặc biệt quan trọng.

– Biển phòng ngừa, ví dụ:

“Có điện – nguy hiểm chết người”;

“Dừng lại – điện áp cao”;

“Không trèo – nguy hiểm chết người”...

– Biển cấm, ví dụ:

“Cấm đóng điện – có người đang làm việc”;

“Cấm đóng điện – đang có người làm việc trên đường dây”...

– Biển cho phép, ví dụ:

“Làm việc tại đây”;

“Trèo tại đây”...

– Biển nhắc nhở, ví dụ:

“Đã nối đất”...

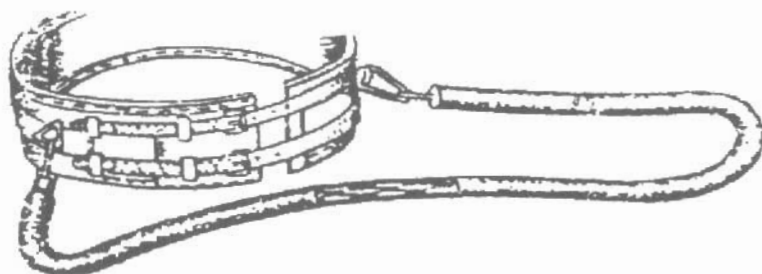
Về tính chất áp dụng, kích thước, chữ viết, quy cách, màu sắc, vị trí đặt biển đã được quy định trong tiêu chuẩn Việt nam: TCVN 2572-1978 được áp dụng từ ngày 01 tháng 01 năm 1980.

#### 12.5. PHƯƠNG TIỆN BẢO VỆ KHI LÀM VIỆC TRÊN CAO

Trong thực tế, không ít trường hợp tai nạn xảy ra không phải do điện giật mà do ngã khi làm việc ở trên cao. Bởi vậy việc sử dụng các phương tiện bảo vệ khi làm việc trên cao như dùng dây thắt lưng an toàn, dây bảo hiểm, mũ bảo hiểm... là cần thiết và bắt buộc. Hình 12.8. là hình dáng của một thắt lưng an toàn.

Thắt lưng an toàn dùng để bảo vệ người khỏi ngã khi làm việc trên

cao. Thắt lưng dùng phải đảm bảo các yêu cầu tiêu chuẩn. Trước khi dùng phải kiểm tra kỹ lưỡng các móc, nối, bề mặt thắt lưng. Nếu phát hiện thấy các chi tiết trên bị hỏng, tuột hay dây có chỗ bị đứt cục bộ thì không được sử dụng. Định kỳ 6 tháng phải thử nghiệm 1 lần: phải chịu được tải trọng 225kg trong 1 phút mà không bị hư hỏng.



Hình 12.8. Thắt lưng an toàn

Khi làm việc ở những vị trí cách xa các chỗ gác, cột, xà,... mà không thể mắc thắt lưng vào được thì phải dùng thắt lưng bảo vệ có dây bảo hiểm.

Ngoài ra khi làm việc trên cao như lắp ráp, sửa chữa đèn đường, các phụ kiện thiết bị chiếu sáng ngoài trời, đường dây trên không,... để đảm bảo an toàn người ta còn sử dụng thang lắp trên các ô tô sửa chữa di động. Thang có thể nâng hạ ở độ cao cần thiết phù hợp với yêu cầu lắp đặt, sửa chữa.

## CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 12

- 12.1. Các yêu cầu của phương tiện và dụng cụ phòng hộ cho an toàn điện?
- 12.2. Những phương tiện và dụng cụ phòng hộ cho an toàn điện hay gặp trong thực tế?



## Chương 13

# CÁC BIỆN PHÁP CẦN THIẾT ĐẢM BẢO AN TOÀN ĐIỆN

### 13.1. CÁC NGUYÊN TẮC CHUNG

#### 13.1.1. Biện pháp kỹ thuật an toàn điện

##### a) Quy tắc chung đảm bảo an toàn điện

Để đảm bảo an toàn điện cần thực hiện tốt các quy định sau đây:

1. Phải che chắn các thiết bị và bộ phận mang điện để tránh nguy hiểm khi tiếp xúc bất ngờ vào vật dẫn điện;
2. Phải chọn đúng điện áp sử dụng và thực hiện nối đất hoặc nối dây trung tính các phần tử bình thường không mang điện nhưng có nguy cơ bị rò điện theo đúng quy chuẩn;
3. Nghiêm chỉnh sử dụng các thiết bị, dụng cụ và bảo vệ khi làm việc;
4. Nghiêm chỉnh thực hiện, chấp hành các quy định, các quy trình, quy phạm về an toàn điện;
5. Tổ chức kiểm tra, vận hành theo đúng quy tắc an toàn;
6. Thường xuyên kiểm tra dự phòng cách điện của các thiết bị điện và hệ thống điện.

##### b) Để phòng ngừa, hạn chế tác hại do tai nạn điện, cần áp dụng các biện pháp kỹ thuật an toàn điện sau đây

*1. Các biện pháp chủ động để phòng xuất hiện tình trạng nguy hiểm có thể gây tai nạn:*

- Đảm bảo tốt cách điện của thiết bị.
- Đảm bảo khoảng cách an toàn, bao che, rào chắn các bộ phận mang điện.
- Sử dụng điện áp thấp, máy biến áp cách ly.
- Sử dụng tín hiệu, biển báo, khóa liên động.

*2. Các biện pháp để ngăn ngừa, hạn chế tai nạn điện khi xuất hiện tình trạng nguy hiểm:*

- Thực hiện nối dây trung tính bảo vệ (nối không)

- Thực hiện nối đất bảo vệ, cân bằng thế, nối không.
- Sử dụng máy cắt điện an toàn, thiết bị chống rò điện (máy cắt vi sai).
- Sử dụng các phương tiện bảo vệ, dụng cụ phòng hộ.

### **13.1.2. Biện pháp tổ chức để đảm bảo an toàn điện**

#### **a) Những điều kiện được công tác trong ngành điện**

- Có sức khỏe tốt và có giấy chứng nhận về thể lực của cơ quan y tế.
- Hàng năm phải được khám sức khỏe định kỳ.
- Khi phát hiện thấy công nhân có bệnh thuộc loại thần kinh, tim mạch, thấp khớp, lao phổi, thì tổ chức phải điều động công tác thích hợp.
- Nhân viên mới phải qua kèm cặp của nhân viên có kinh nghiệm để có trình độ kỹ thuật cần thiết, sau đó phải được sát hạch vấn đáp trực tiếp, đạt yêu cầu mới được giao nhiệm vụ.

– Công nhân, kỹ thuật viên, kỹ sư trực tiếp sản xuất phải được kiểm tra kiến thức về quy trình kỹ thuật an toàn mỗi năm 1 lần. Giám đốc ủy nhiệm cho đơn vị trưởng tổ chức việc huấn luyện và sát hạch trong đơn vị mình.

Kết quả các lần sát hạch phải có hồ sơ đầy đủ để quyết định công nhận được phép làm việc với thiết bị và có xếp bậc an toàn.

– Trong khi làm việc với đồng nghiệp hoặc khi không làm nhiệm vụ, nếu thấy người bị tai nạn điện, thì bất kỳ người nào cũng phải tìm cách tách nạn nhân ra khỏi nguồn điện và cứu chữa như đã nêu ở chương 2.

#### **b) Làm việc theo phiếu công tác hay lệnh công tác**

\* Phiếu công tác: Là phiếu ghi lệnh cho phép làm việc ở thiết bị điện, trong đó quy định nơi làm việc, thời gian làm và điều kiện tiến hành công việc, nhiệm vụ thao tác và trình tự thao tác, thành phần đơn vị công tác, và những người chịu trách nhiệm về an toàn, ...

\* Lệnh công tác: Người chỉ huy đăng ký trực tiếp với người cho phép vào làm việc. Người cho phép vào làm việc phải ghi vào sổ vận hành, cụ thể: Tên công việc, nơi làm việc, thời gian bắt đầu và kết thúc công việc, thành phần đội công tác, ...

Tất cả các thao tác trên thiết bị cao áp và khi làm việc trực tiếp với

thiết bị đang mang điện hạ áp đều phải chấp hành phiếu thao tác theo mẫu thống nhất trong quy trình. Phiếu phải do cán bộ phương thức, trưởng ca, cán bộ kỹ thuật, trưởng kíp hoặc trực chính viết. Phải được người duyệt phiếu kiểm tra, ký duyệt mới có hiệu lực thi hành.

Những công việc sau đây được phép thực hiện theo lệnh công tác:

+ Những công việc làm ở xa các thiết bị có điện.

+ Những công việc đơn giản, có khối lượng ít, thời gian ngắn do nhân viên vận hành trực tiếp làm hoặc nhân viên khác làm dưới sự giám sát của nhân viên vận hành.

Một mẫu phiếu thao tác ghi dưới đây:

<b>PHIẾU THAO TÁC</b>	
	Số.....
Ngày.....	Thời gian bắt đầu.....
	Thời gian kết thúc.....
<b>Nhiệm vụ:</b> Cắt điện và nối đất đường dây số 2 – 110kV.	
<b>Trình tự thao tác:</b>	
1. Cắt máy số :.....	
2. Kiểm tra trạng thái cắt của máy cắt điện.	
3. Kiểm tra cách điện của dao cách ly đường dây.	
4. Cắt dao cách ly đường dây.	
5. Đóng dao nối đất của đường dây.	
6. Cắt dao cách ly thanh góp của hệ thống thanh góp....	
Người thao tác Ký	Người duyệt Ký

**c) Xử lý khi vi phạm quy trình an toàn**

Đối với những người vi phạm quy trình, tùy theo lỗi nặng, nhẹ mà thi hành các biện pháp sau:

- Cắt, giảm thưởng vận hành an toàn hàng tháng.
- Phê bình, khiển trách (bằng văn bản).
- Hạ tâng công tác, hạ bậc lương.
- Không cho làm công tác về điện, chuyển công tác khác.

**Lưu ý:** Những người bị phê bình, khiển trách, hạ tâng công tác đều phải học tập và sát hạch lại, đạt yêu cầu mới được tiếp tục làm việc.

Dưới đây, giới thiệu biện pháp bắt buộc ở một số lĩnh vực cụ thể.

## 13.2. BIỆN PHÁP ĐỂ ĐẢM BẢO AN TOÀN KHI TIẾN HÀNH CÔNG VIỆC

### 13.2.1. Biện pháp kỹ thuật để đảm bảo an toàn khi làm việc

Để chuẩn bị nơi làm việc khi cắt điện một phần hay cắt điện hoàn toàn phải thực hiện lần lượt các biện pháp kỹ thuật dưới đây:

– Cắt điện và thực hiện các biện pháp để ngăn ngừa việc đóng điện nhầm đến nơi làm việc;

– Treo biển báo và đặt rào chắn;

– Kiểm tra không còn điện ở phần thiết bị sẽ tiến hành công việc;

– Tiến hành đặt tiếp đất.

#### a) Cắt điện

– Tại nơi làm việc phải cắt điện những phần sau:

+ Những phần có điện mà trên đó sẽ tiến hành công việc.

+ Những phần có điện mà trong khi làm việc không tránh khỏi va chạm hoặc đến gần với khoảng cách theo bảng 13.1.

**Bảng 13.1**

Khoảng cách quy định tránh va chạm tối thiểu theo cấp điện áp, m				
Đến 15 kV	Đến 35 kV	Đến 110 kV	Đến 220 kV	Đến 500 kV
0,7	1,0	1,5	2,5	4,5

Khi không thể cắt điện được mà người làm việc có khả năng vi phạm khoảng cách quy định trên thì phải làm rào chắn. Khoảng cách từ rào chắn tới phần có điện theo bảng 13.2

**Bảng 13.2**

Khoảng cách quy định tối thiểu từ rào chắn tới phần có điện, m				
Đến 15 kV	Đến 35 kV	Đến 110 kV	Đến 220 kV	Đến 500 kV
0,35	0,6	1,5	2,50	4,50

Yêu cầu đặt rào chắn, cách thức đặt rào chắn được xác định tùy theo điều kiện cụ thể và tính chất công việc đã được cách ly khỏi các phần có điện từ mọi phía, do người chuẩn bị nơi làm việc và người chỉ huy trực tiếp công việc chịu trách nhiệm.

– Cắt điện để làm việc phải được thực hiện sao cho nhìn thấy rõ phần thiết bị dự định tiến hành công việc đã được cách ly khỏi các phần có điện từ mọi phía bằng cách cắt các dao cách ly, tháo cầu chì, tháo đầu cáp,...

– Cắt điện để làm việc cần ngăn ngừa những nguồn điện hạ áp qua các thiết bị như: máy biến áp lực, máy biến áp đo lường, máy phát diezen có điện bất ngờ gây nguy hiểm cho người làm việc.

– Sau khi cắt điện bằng máy cắt, dao cách ly cần khóa mạch điều khiển lại như: cắt aptômát, tháo cầu chì, đóng van khí nén cấp khí đến máy cắt,...

– Cắt điện do nhân viên vận hành đảm nhận, cấm ủy nhiệm cho nhân viên sửa chữa (trừ trường hợp nhân viên sửa chữa đã được huấn luyện thao tác).

– Cắt điện từng phần để làm việc phải giao cho nhân viên vận hành có kinh nghiệm và nắm vững lưới điện, nhằm ngăn ngừa khả năng nhầm lẫn gây nguy hiểm cho nhân viên sửa chữa.

– Trường hợp cắt điện do điều độ Quốc gia, điều độ Miền hoặc điều độ Điện lực ra lệnh bằng điện thoại thì đơn vị quản lý vận hành phải đảm nhiệm việc bàn giao đường dây cho đơn vị sửa chữa tại hiện trường (kể cả việc đặt tiếp đất).

## **b) Treo biển báo và đặt rào chắn**

– Người cắt điện phải treo biển báo “Cấm đóng điện! có người đang làm việc” ở các bộ phận truyền động của các máy cắt, dao cách ly mà từ đó có thể đóng điện đến nơi làm việc. Với dao cách ly một pha, biển báo phải được treo ở từng pha. Việc treo này do nhân viên thao tác thực hiện.

– Rào chắn phải được làm bằng gỗ hay vật liệu cách điện chắc chắn. Khoảng cách từ rào chắn đến thiết bị điện phải đảm bảo khoảng cách quy định.

– Đối với thiết bị điện điện áp đến 15kV, trong các trường hợp đặc biệt, tùy theo điều kiện làm việc, rào chắn có thể chạm vào phần có điện. Rào chắn này (tấm chắn, mũ chụp) phải đáp ứng các yêu cầu của quy phạm sử dụng và thử nghiệm các dụng cụ kỹ thuật an toàn dùng ở thiết bị điện. Khi đặt rào chắn phải hết sức thận trọng, phải đeo găng

cách điện, di ùng cách điện hoặc đứng trên tấm thảm cách điện và phải có hai người. Nếu cần, phải dùng kim hoặc sào cách điện, trước khi đặt phải dùng giẻ lau sạch bụi của rào chắn.

– Ở thiết bị phân phối điện trong nhà, trên rào lưới hoặc cửa sắt của các ngăn bên cạnh và đối diện với chỗ làm việc phải treo biển “Dừng lại! Có điện nguy hiểm chết người”. Nếu ở các ngăn bên cạnh và đối diện không có rào lưới hoặc cửa cũng như ở các lối đi người làm việc không cần đi qua, phải dùng rào chắn tạm thời ngăn lại và treo biển nói trên. Tại nơi làm việc, sau khi đặt tiếp đất di động phải treo biển “làm việc tại đây”.

– Rào chắn phải được đặt sao cho khi có nguy hiểm thì người làm việc có thể thoát ra ngoài dễ dàng.

– Trong thời gian làm việc, cấm di chuyển hay cất giữ rào chắn tạm thời và biển báo.

### **c) Kiểm tra không còn điện**

– Ngay sau khi cắt điện, nhân viên thao tác phải xác minh không còn điện ở các thiết bị đã cắt điện.

– Kiểm tra còn điện hay không, phải dùng bút thử điện phù hợp với điện áp cần thử, phải thử cả 3 pha vào và ra của thiết bị.

– Không được căn cứ vào tín hiệu đèn, role, đồng hồ để xác minh thiết bị còn điện hay không. Nhưng nếu đồng hồ, role,... báo tín hiệu có điện thì coi như thiết bị đang còn điện.

– Phải thử bút thử điện ở nơi chắc chắn có điện rồi mới thử ở nơi cần bàn giao.

### **d) Đặt nối đất**

– *Nơi đặt nối đất*

+ Sau khi kiểm tra không còn điện, phải làm tiếp đất và làm ngắn mạch ở tất cả các pha ngay. Đặt tiếp đất tại vị trí nào phải thử hết điện tại vị trí đó.

+ Tiếp đất phải được đặt về phía có khả năng dẫn điện đến. Dây tiếp đất phải là dây chuyên dùng, bằng dây đồng, mềm, nhiều sợi tiết diện tối thiểu 25 mm<sup>2</sup>.

+ Trên đường trục cao áp không rẽ nhánh phải đặt tiếp đất ở hai đầu đoạn dây đường trục. Nếu khu vực sửa chữa dài quá 2 km thì phải đặt thêm tiếp đất ở giữa.

+ Đối với đường trục có nhánh không cắt được cầu dao cách ly thì mỗi nhánh (nằm trong khu vực sửa chữa) phải có thêm một bộ tiếp đất ở đầu nhánh.

+ Đối với cáp ngầm nhất thiết phải tiếp đất ở hai đầu đoạn cáp.

+ Đối với đường dây hạ áp, khi cắt điện để sửa chữa cũng phải đặt tiếp đất bằng cách chập 3 pha với dây trung tính sau đó nối tiếp đất.

– Nguyên tắc đặt và tháo tiếp đất

+ Đặt và tháo tiếp địa đều phải có hai người thực hiện, trong đó một người phải có trình độ an toàn ít nhất bậc IV, còn người còn lại phải có trình độ an toàn ít nhất bậc III.

+ Khi đặt, phải đấu một đầu xuống đất trước, sau đó mới lắp đầu kia vào dây dẫn. Khi thực hiện phải đeo găng cách điện và phải dùng sào cách điện để lắp vào đường dây. Khi tháo tiếp đất thì làm ngược lại.

### **13.2.2. Biện pháp tổ chức để đảm bảo an toàn khi làm việc**

– Làm việc theo phiếu công tác hay lệnh công tác.

– Thủ tục thi hành phiếu thao tác.

– Các thủ tục cho phép vào làm việc .

– Giám sát trong khi làm việc.

– Thủ tục nghỉ giải lao, nghỉ hết ngày, di chuyển nơi làm việc và kết thúc công việc.

#### **a) Làm việc theo phiếu công tác hay lệnh công tác**

– Những việc làm cần phải có phiếu thao tác là:

+ Sửa chữa và tăng cường đường cáp ngầm cao áp, đường dây nổi hoặc đấu chuyển từ các nhánh dây mới xây dựng vào đường dây trục của lưới.

+ Sửa chữa, di chuyển, tăng cường, hiệu chỉnh, thử nghiệm các thiết bị điện trên lưới như: máy phát điện, động cơ điện, máy biến áp, máy cắt, cầu dao, thiết bị chống sét, tụ điện, các máy chỉnh lưu, các thanh cái, role bảo vệ,... trừ trường hợp có quy định riêng.

+ Làm việc trực tiếp với thiết bị đang mang điện hạ áp hoặc làm việc gần các thiết bị đang mang điện cao áp với khoảng cách cho phép.

– Những công việc sau đây được phép thực hiện theo lệnh công tác:

+ Những thao tác đóng, cắt, xử lý sự cố do trường ca điều độ Quốc gia, điều độ Miền, điều độ Điện lực hoặc trường ca nhà máy ra lệnh.

+ Những công việc làm ở xa các thiết bị có điện.

+ Những công việc đơn giản, có khối lượng ít, thời gian ngắn do nhân viên vận hành trực tiếp làm hoặc nhân viên khác làm dưới sự giám sát của nhân viên vận hành.

Sau khi nhận mệnh lệnh thao tác, trực ban phải ghi sổ vào và làm phiếu thao tác, cần chú ý đặc biệt đến trình tự thao tác.

## **b) Thủ tục thi hành phiếu thao tác**

*\*. Người cấp phiếu công tác chịu trách nhiệm ghi ở các mục:*

– Người lãnh đạo công việc;

– Người chỉ huy trực tiếp;

– Địa điểm công tác;

– Thời gian bắt đầu và kết thúc theo kế hoạch;

– Các biện pháp an toàn cần thực hiện;

– Các điều kiện đặc biệt cần lưu ý thêm;

– Danh sách nhân viên đơn vị công tác;

– Ký tên, ghi rõ họ tên, thời gian cấp trước khi giao phiếu cho người thực hiện;

– Nhận lại phiếu khi đã hoàn thành, kiểm tra lại toàn bộ quá trình thực hiện và ký tên vào cuối phiếu, lưu lại phiếu theo quy định. Nếu trong quá trình kiểm tra việc thực hiện phiếu phát hiện những sai sót thì phải tổ chức kiểm điểm rút kinh nghiệm. Trường hợp có sai phạm nghiêm trọng phải có hình thức xử lý thích đáng để ngăn ngừa trước khi tai nạn có thể xảy ra.

*\* Người lãnh đạo công việc sau khi nhận phiếu, ghi số người làm việc của đơn vị vào phiếu. Giao một tờ phiếu cho người chỉ huy trực tiếp (hoặc người giám sát), một tờ phiếu cho người cho phép, cùng làm thủ*



tục khi giao nhận nơi làm việc. Kiểm tra tình hình thực hiện công việc khi thấy cần thiết.

### **c) Thủ tục cho phép vào làm việc**

\* *Khi đã thực hiện xong các biện pháp an toàn và trước khi cho đơn vị công tác vào làm việc, người cho phép phải thực hiện các biện pháp sau đây:*

– Chỉ cho toàn đơn vị thấy nơi làm việc, dùng bút thử điện với cấp điện áp tương ứng chứng minh là không còn điện ở thiết bị đã cắt điện.

– Kiểm tra số lượng và bậc an toàn của nhân viên trong đơn vị công tác xem có đúng với như đã ghi trong phiếu không?

– Chỉ dẫn cho toàn đơn vị biết những phần còn mang điện ở xung quanh nơi làm việc.

– Người lãnh đạo công việc, người chỉ huy trực tiếp ký vào phiếu công tác, sau đó trao cho người cho phép ký vào phiếu (ghi rõ họ tên).

\* *Sau khi ký phiếu cho phép vào làm việc, người chỉ huy trực tiếp giữ 1 bản, còn 1 bản người cho phép để vào tập “phiếu đang làm việc” và ghi vào sổ vận hành số phiếu, thời gian bắt đầu, kết thúc công việc.*

### **d) Giám sát trong khi làm việc**

– Kể từ khi cho phép đơn vị công tác vào làm việc, người chỉ huy trực tiếp chịu trách nhiệm giám sát mọi người làm việc theo các quy định về an toàn.

– Người chỉ huy trực tiếp phải luôn có mặt tại nơi làm việc, khi cần vắng mặt mà không có người thay thế thì cho phép rút đội công tác ra khỏi nơi làm việc.

– Người lãnh đạo phải định kỳ đi kiểm tra việc chấp hành quy trình an toàn của mọi người trong đơn vị công tác. Khi phát hiện thấy có vi phạm quy trình an toàn hay thấy có các nguy hiểm cho người làm việc thì phải thu phiếu công tác và rút đội công tác ra khỏi vị trí làm việc. Chỉ khi nào khắc phục được các thiếu sót mới cho đội công tác quay trở lại làm việc và ghi vào phiếu công tác.

### **e) Thủ tục nghỉ giải lao, nghỉ hết ngày, di chuyển nơi làm việc và kết thúc công việc**

\* *Thủ tục nghỉ giải lao*

– Khi nghỉ giải lao thì các biện pháp an toàn vẫn được giữ nguyên.

– Sau khi nghỉ giải lao xong, không được ai vào nơi làm việc nếu chưa có mặt người chỉ huy trực tiếp.

*\* Thủ tục nghỉ hết ngày làm việc và bắt đầu ngày làm việc tiếp theo*

– Nếu công việc phải kéo dài nhiều ngày thì sau mỗi ngày làm việc phải thu dọn nơi làm việc, các lối đi, còn biển báo, rào chắn, tiếp đất vẫn để nguyên tại chỗ. Phiếu công tác và chìa khóa giao lại cho nhân viên vận hành và hai bên phải ký vào phiếu.

– Khi bắt đầu ngày làm việc tiếp theo, người cho phép và người chỉ huy trực tiếp phải kiểm tra lại các biện pháp an toàn và ký vào phiếu cho phép đơn vị công tác vào làm việc.

*\* Di chuyển nơi làm việc*

– Khi di chuyển nơi làm việc phải ghi vào phiếu công tác, người chỉ huy trực tiếp và người cho phép cùng ký vào phiếu.

– Khi làm việc không cắt điện thì chỉ cần làm thủ tục di chuyển nơi làm việc nếu đơn vị công tác chuyển từ thiết bị ngoài trời cấp điện áp này sang thiết bị ngoài trời cấp điện áp khác hoặc từ một phòng phân phối này sang một phòng phân phối khác.

*\* Kết thúc công việc*

– Trước khi kết thúc toàn bộ công việc phải thu dọn vệ sinh nơi làm việc và người lãnh đạo công việc phải xem xét lại. Sau khi rút hết người ra khỏi nơi làm việc, tháo hết tiếp đất và các biện pháp an toàn do đơn vị công tác làm thêm mới được khóa phiếu công tác.

– Nếu trong quá trình kiểm tra chất lượng, phát hiện thấy có thiếu sót cần chữa lại ngay thì người lãnh đạo công việc phải thực hiện theo quy định “thủ tục cho phép vào làm việc” như đối với một công việc mới. Việc làm bổ sung này không cần phát thêm phiếu công tác mới nhưng phải ghi vào phiếu công tác thời gian bắt đầu, kết thúc việc làm thêm.

– Khi đã có lệnh tháo tiếp đất di động thì mọi người phải hiểu rằng công việc đã làm xong, cấm tự ý vào và tiếp xúc với thiết bị để làm bất cứ việc gì.

– Việc bàn giao phải được tiến hành trực tiếp giữa đơn vị công tác và đơn vị quản lý thiết bị.

– Việc thao tác đóng điện vào thiết bị phải được thực hiện sau khi đã

khóa phiếu, cắt biển báo, cắt rào chắn tạm thời, đặt lại rào chắn cố định.

Nếu trên thiết bị đóng điện có nhiều đơn vị công tác thì chỉ sau khi đã khóa tất cả các phiếu công tác mới được đóng điện.

### **CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 13**

13.1. Các nguyên tắc chung để đảm bảo an toàn điện?

13.2. Biện pháp cần thiết đảm bảo an toàn điện khi làm việc?

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ môn Hệ thống điện ĐHBKHN; *Kỹ thuật an toàn điện*; NXB tại chức ĐHBKHN.
2. Nguyễn Xuân Phú, Trần Thanh Tâm; *Kỹ thuật an toàn trong cung cấp và sử dụng điện*; NXB KHKT, 1999.
3. Văn Đình An, Nguyễn Ngọc Bào; *Hướng dẫn thực hiện các biện pháp an toàn điện*; NXB Lao động, 1996.
4. Võ Viết Đạn; *Kỹ thuật điện cao áp*; NXB tại chức ĐHBKHN, 1972.
5. Nguyễn Đình Đệ (chủ biên); *Khoa học kỹ thuật BHLĐ*; NXB Giáo dục, 2001.
6. Hoàng Xuân Nguyên (chủ biên); *Kỹ thuật an toàn & Bảo hộ lao động (chương 5)*; NXB Giáo dục Việt Nam, 2009.
7. Lê Văn Doanh (chủ biên); *Bảo dưỡng & thử nghiệm thiết bị trong hệ thống điện*; NXB KHKT, 2005.
8. Trần Văn Tóp; *Kỹ thuật điện cao áp*; NXB KHKT, 2008.
9. Trần Quang Khánh; *Hệ thống cung cấp điện (tập 2)*; NXB KHKT, 2006.
10. Schneider Electric S.A. *Electrical Installation Guide According to IEC International standards*, 2003.
11. Wilhelm Rudolph. *Safety of Electrical Installations up to 1000volts* Vde-Verlag - 1990.
12. ABB STOTZ - KONTAKT - Đức (bản dịch của ABB Việt Nam); *An toàn trong hệ thống điện dân dụng*.
13. Jean ESCASSUT; *Titres d'habilitation électrique*, 2000.
14. Eric BREUILLE; *Earth leakage protection*, 2003.

15. *Tiêu chuẩn quốc tế về an toàn điện* - IEC 60364.
16. *Tập hợp các tiêu chuẩn Việt Nam về kỹ thuật an toàn điện*; NXB Lao động, 2000.
17. Bộ công thương; *Quy chuẩn Kỹ thuật quốc gia về An toàn điện (QCVN 01: 2008/BCT)*.
18. Tiêu chuẩn 20 TCN 46-1984; *Chống sét cho các công trình xây dựng*.
19. Đinh Hạnh Trung; *An toàn điện trong quản lý sản xuất và đời sống*; NXB Giáo dục 1994.

# MỤC LỤC

Trang

<b>Lời nói đầu</b>	03
<b>Chương 1. Những khái niệm chung về an toàn điện</b>	05
1.1. Tai nạn về điện	05
1.2. Tác dụng của dòng điện đối với cơ thể người	07
1.3. Phân loại nhà, xưởng theo mức độ nguy hiểm về điện	09
1.4. Điện áp tiếp xúc	10
1.5. Tổng trở cơ thể người	11
1.6. Hiện tượng dòng điện tản vào trong đất	14
Câu hỏi ôn tập chương 1	18
<b>Chương 2. Xử lý và cấp cứu người bị điện giật</b>	19
2.1. Tách nạn nhân ra khỏi nguồn điện	19
2.2. Cấp cứu ngay sau khi tách nạn nhân ra khỏi nguồn điện	21
Câu hỏi ôn tập chương 2	23
<b>Chương 3. Phân tích an toàn trong mạng điện đơn giản</b>	24
3.1. Khái niệm chung	24
3.2. Mạng điện có điện dung nhỏ	25
3.3. Mạng điện đơn giản có điện dung lớn	30
Câu hỏi và bài tập ôn tập chương 3	39
<b>Chương 4. Phân tích an toàn trong mạng điện ba pha</b>	41
4.1. Khái quát chung	41
4.2. Mạng điện 3 pha có trung tính cách điện với đất	42
4.3. Mạng điện 3 pha có trung tính nối đất trực tiếp	45
Câu hỏi và bài tập ôn tập chương 4	47
<b>Chương 5. Nối đất bảo vệ</b>	49
5.1. Giới thiệu chung	49
5.2. Mục đích, ý nghĩa của nối đất bảo vệ	51
5.3. Công thức tính điện trở nối đất	53
5.4. Tính toán thiết kế và lắp đặt nối đất	53
5.5. Phạm vi ứng dụng của nối đất bảo vệ	62
5.6. Một số điều cần chú ý khi thực hiện nối đất bảo vệ	63
Câu hỏi và bài tập chương 5	65
<b>Chương 6. Nối dây trung tính bảo vệ</b>	66
6.1. Mục đích của nối dây trung tính bảo vệ	66
6.2. Nối đất của dây trung tính	68
6.3. Tính toán thực hiện bảo vệ khi NDTTBV	72
6.4. Phạm vi ứng dụng và một số điều cần chú ý khi NDTTBV	76
Câu hỏi và bài tập ôn tập chương 6	78

<b>Chương 7. Bảo vệ an toàn bằng thiết bị tự động chống dòng điện rò</b>	79
7.1. Giới thiệu chung	79
7.2. Cấu trúc mạng điện hạ áp	80
7.3. Thực hiện RCD trong các sơ đồ mạng điện	82
7.4. Tính toán lựa chọn RCD	89
7.5. Chú thích các ký hiệu quốc tế	95
Câu hỏi và bài tập ôn tập chương 7	96
<b>Chương 8. Bảo vệ chống xâm nhập điện áp</b>	97
8.1. Đặt vấn đề	97
8.2. Phân tích nguy hiểm khi có sự xâm nhập điện áp	97
8.3. Các biện pháp bảo vệ xâm nhập điện áp	100
Câu hỏi ôn tập chương 8	106
<b>Chương 9. Bảo vệ chống sét</b>	107
9.1. Sét và tác hại của sét	107
9.2. Bảo vệ chống sét đánh trực tiếp	111
9.3. Bảo vệ chống sét cảm ứng và lan truyền	123
Câu hỏi và bài tập ôn tập chương 9	132
<b>Chương 10. Phòng chống trường điện từ và để phòng tĩnh điện</b>	133
10.1. Trường điện từ tần số cao	133
10.2. Trường điện từ tần số công nghiệp	139
10.3. Để phòng tĩnh điện	141
Câu hỏi ôn tập chương 10	143
<b>Chương 11. Phòng chống cháy nổ do điện</b>	144
11.1. Các nguyên nhân cháy nổ do điện	144
11.2. Biện pháp phòng và chữa cháy nổ do điện	145
11.3. Các thiết bị phòng chống cháy, nổ	147
Câu hỏi ôn tập chương 11	155
<b>Chương 12. Phương tiện bảo vệ và dụng cụ phòng hộ cần thiết cho an toàn điện</b>	156
12.1. Khái niệm chung	156
12.2. Phương tiện bảo vệ cách điện và dụng cụ thao tác kiểm tra điện	158
12.3. Nối đất tạm thời di động	163
12.4. Rào chắn, tấm chắn, tín hiệu, biển báo an toàn điện	163
12.5. Phương tiện bảo vệ khi làm việc trên cao	167
Câu hỏi ôn tập chương 12	168
<b>Chương 13. Các biện pháp cần thiết đảm bảo an toàn điện</b>	169
13.1. Các nguyên tắc chung	169
13.2. Biện pháp để đảm bảo an toàn khi tiến hành công việc	172
Câu hỏi ôn tập chương 13	179
<b>Tài liệu tham khảo</b>	180

*Chịu trách nhiệm xuất bản:*

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI  
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

*Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm nội dung:*

Phó Tổng biên tập PHAN DOÃN THOẠI  
Giám đốc Công ty CP Sách DH-DN NGÔ THỊ THANH BÌNH

*Biên tập nội dung và sửa bản in:*

NGUYỄN DUY MẠNH

*Biên tập kĩ thuật và trình bày bìa:*

ĐINH XUÂN DŨNG

*Thiết kế sách và chế bản:*

MẠNH HÀ

---

## **GIÁO TRÌNH KỸ THUẬT AN TOÀN ĐIỆN**

*(Dùng cho các trường đào tạo hệ Cử nhân cao đẳng kỹ thuật)*

**Mã số: 7B794Y0 – DAI**

In 1.500 bản (QĐ : 42), khổ 16 x 24 cm. In tại Nhà in Đại học Quốc Gia Hà Nội.

Địa chỉ : 16 Hàng Chuối, Hà Nội.

Số ĐKKH xuất bản : 805 – 2010/CXB/10 – 1301/GD.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 9 năm 2010.





## HEVOBCO

CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ  
(HIGHER EDUCATIONAL AND VOCATIONAL BOOKS JSC)

Địa chỉ: 25 Hàn Thuyên - Hà Nội

Chi nhánh tại TP. Hồ Chí Minh: 240 Trần Bình Trọng - Quận 5

### TÌM ĐỌC SÁCH THAM KHẢO KỸ THUẬT CỦA NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

- |                                 |                    |
|---------------------------------|--------------------|
| 1. Giáo trình Cung cấp điện     | ThS. Ninh Văn Nam  |
| 2. Giáo trình Khí cụ điện       | ThS. Vũ Đức Thoan  |
| 3. Giáo trình Vật liệu điện     | ThS. Ninh Văn Nam  |
| 4. Giáo trình Máy điện          | ThS. Vũ Đức Thoan  |
| 5. Giáo trình Mạch điện         | ThS. Nguyễn Bá Khả |
| 6. Giáo trình Kỹ thuật cảm biến | Vũ Quang Hải       |
| 7. Giáo trình Điện kỹ thuật     | ThS. Nguyễn Bá Khả |
| 8. Giáo trình Đo lường điện     | ThS. Nguyễn Thu Hà |

*Bạn đọc có thể mua tại các Công ty Sách - Thiết bị trường học ở các địa phương hoặc các Cửa hàng của Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam:*

Tại Hà Nội: 25 Hàn Thuyên; 187B Giảng Võ; 232 Tây Sơn; 23 Tràng Tiền;

Tại Đà Nẵng: Số 15 Nguyễn Chí Thanh; Số 62 Nguyễn Chí Thanh;

Tại Thành phố Hồ Chí Minh: Cửa hàng 451B - 453, Hai Bà Trưng - Quận 3;  
240 Trần Bình Trọng - Quận 5.

Tại Thành phố Cần Thơ: Số 5/5, đường 30/4;

Website: [www.nxbgd.vn](http://www.nxbgd.vn)



Giá: 27.000 đ