

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

GIÁO TRÌNH KỸ THUẬT AN TOÀN ĐIỆN

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



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

PGS. TS. TRẦN VĂN TỐP (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)

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, dễ 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 tinh thần ngắn gọn, dễ hiểu, cố gắng cập nhật những kiến thức mới liên quan đến môn học và giải 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 2019

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

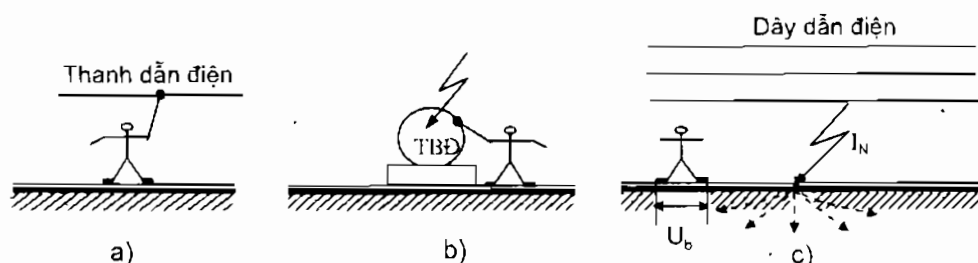
Các tình huống tiếp xúc điện dẫn đến tai nạn điện giết có thể chia làm hai nhóm: tiếp xúc điện trực tiếp và tiếp xúc điện gián tiếp.

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 ($U \leq 1000 \text{ V}$).

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

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 (nghest 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:

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

Trong đó: I_{at} – 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_{at} 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, XƯỞNG 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

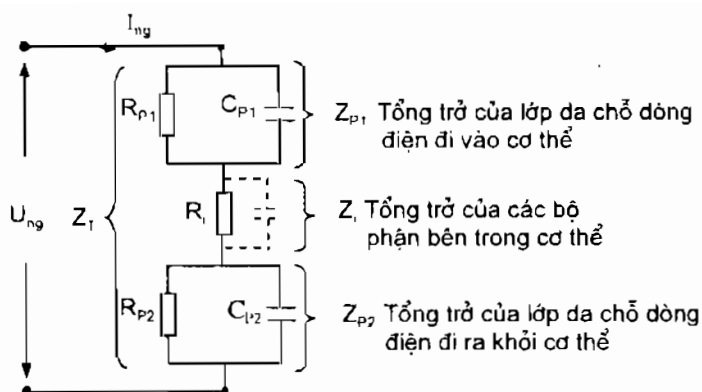
Tổng trở cùng với điện áp tiếp xúc là hai yếu tố xác định giá trị dòng điện đi qua cơ thể người khi tiếp xúc với phần tử có điện.

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 $Z_i \approx R_i$ (coi là thuần trở).

Lớp da khô sẽ có tác dụng như 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 Ω đến 100.000 Ω 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 Ω , thậm chí 200 Ω .



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 (Ω) 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.

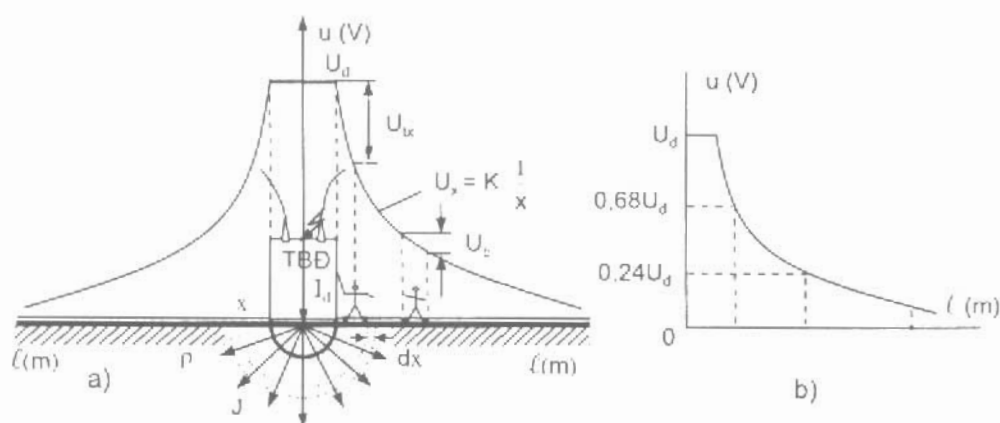
Bảng 1.6. Phân lượng dòng điện qua tim theo đường đi dòng điện qua người

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 1000Ω nên khi tính toán thực hiện bảo vệ cũng như khi 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 1000Ω .

1.6. HIỆN TƯỢNG DÒNG ĐIỆN TÀN VÀO TRONG ĐẤT



Hình 1.3. Dòng điện lặn 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 ρ ; đơn vị tính là Ωm .

– 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:

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

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

ρ – 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:

$$J = \frac{I_d}{2\pi x^2} \tag{1-3}$$

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

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

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:

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

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).

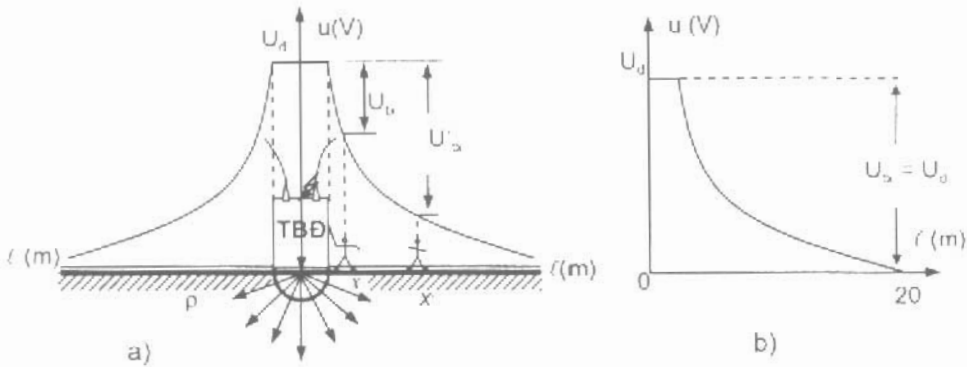
1.6.3. Điện áp tiếp xúc (U_{ix})

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).

Ta có:
$$U_{ix} = U_{tay} - U_{chân} = U_d - U_x$$

$$= \frac{\rho \cdot I_d}{2\pi r_0} - \frac{\rho \cdot I_d}{2\pi x} = \frac{\rho \cdot I_d (x - r_0)}{2\pi r_0 x} \quad (1-8)$$

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

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

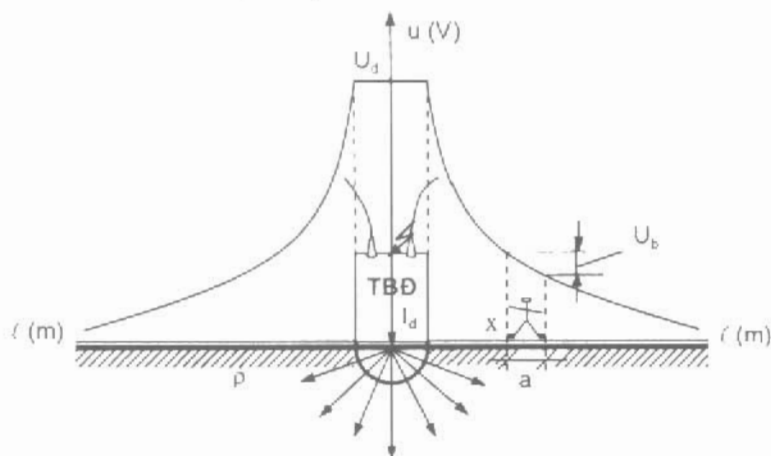
Trong đó: a – độ dài một bước chân (khoảng 0,8m);
 x – khoảng cách từ chỗ dòng điện chạm đất đến chân gần điện cực hơn.

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;

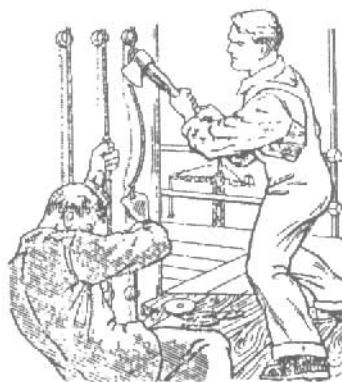
nếu nạn nhân nắm chặt vào dây điện cần phải đứng trên các vật cách điện khô như bàn, ghế, bệ gỗ, thảm hoặc đi ủng hoặc đi găng tay cách điện để gỡ nạn nhân ra hoặc cũng có thể dùng dao, búa, rìu có cán cách điện v.v... để chặt dây điện.



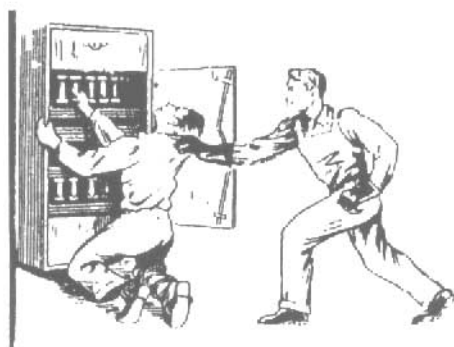
a)



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, rìu 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:

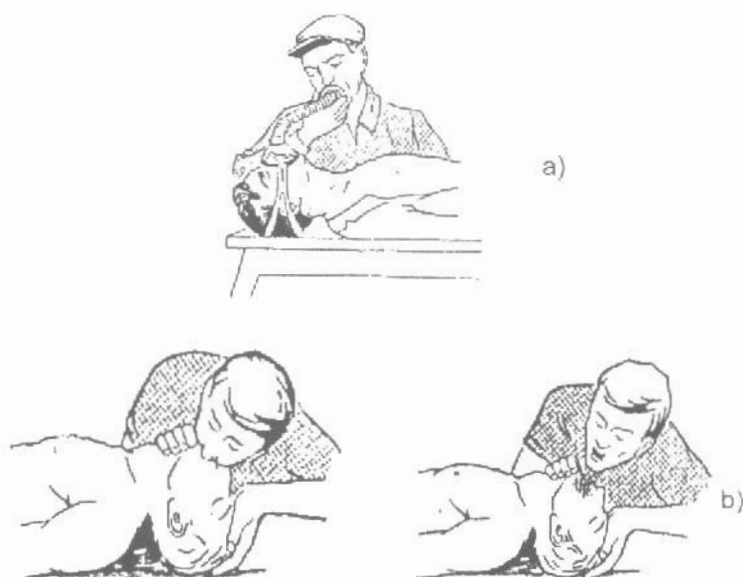
a) Khi chỉ có một người làm hô hấp (hình 2.2)

– 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 ngửa 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 $10 \div 12$ lần trong 1 phút với người lớn, 20 lần trong 1 phút với trẻ em. Lặp lại các thao tác trên nhiều lần.

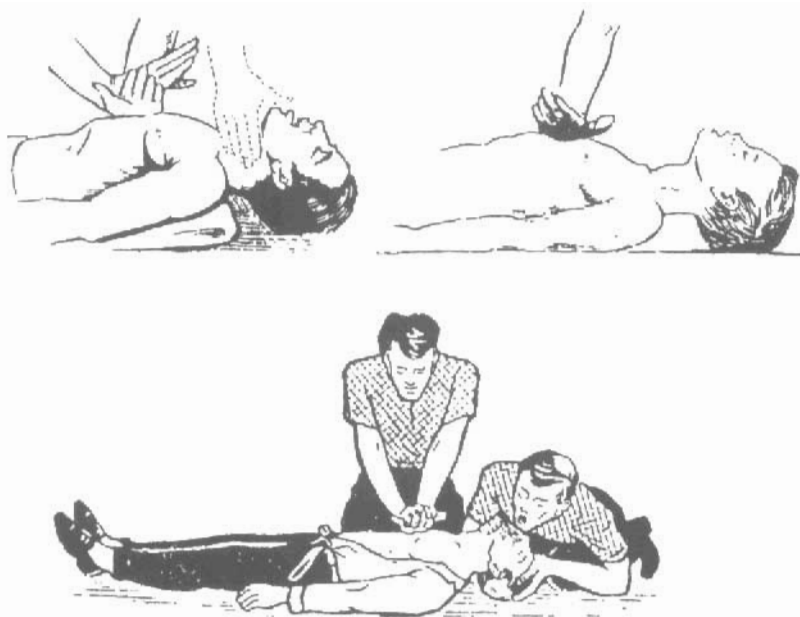


Hình 2.2. Hà hơi thổi ngạt khi chỉ có một người

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 chồng 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, chảy 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.

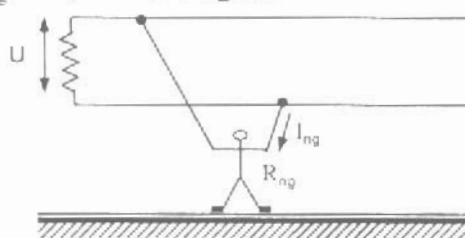
Các trường hợp mất an toàn trong mạng điện này có thể là do chạm vào hai cực (hai dây) hoặc một cực.

– 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

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

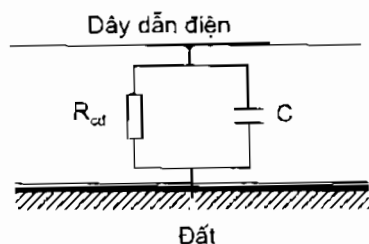
Giá trị dòng điện I_{ng} lớn hơn rất nhiều giá trị an toàn cho phép (I_{cp}) đã nêu ở bảng 1.2 nên rất nguy hiểm.

– 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)

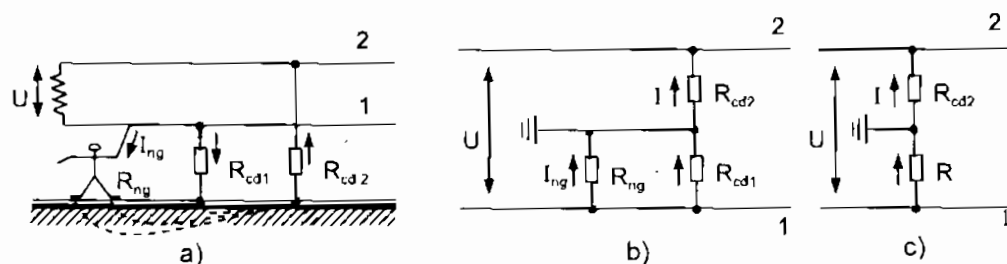


Hình 3.2. Sơ đồ thay thế của lớp điện môi giữa dây dẫn điện và đất

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, Ω

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:

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

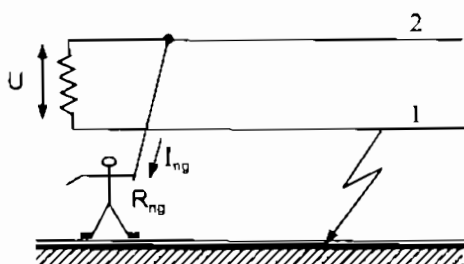
Ví dụ: Nếu lấy $U = 220 \text{ V}$, $R_{ng} = 1000 \Omega$ thì cần có điện trở cách điện là: $R_{cd} \geq 20000 = 20 \text{ k}\Omega$.

+ 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.

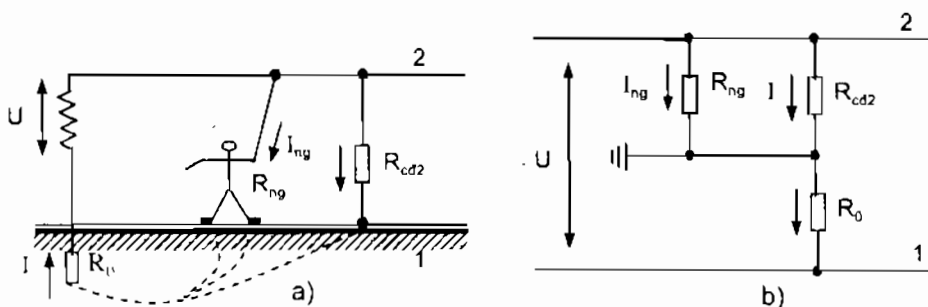
+ Nếu coi: $R_0 = 0$, biểu thức (3-9) trở thành:

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

+ 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.

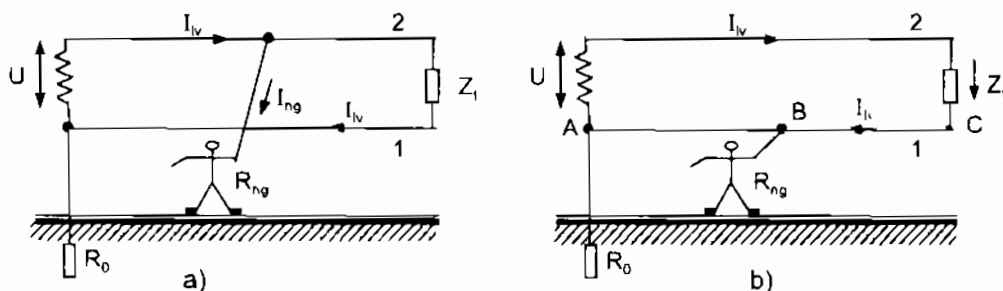
- Khi người chạm vào dây 1 – dây nối đất, giả sử tại điểm B (hình 3.6b).

– 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, Ω .

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, Ω .

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

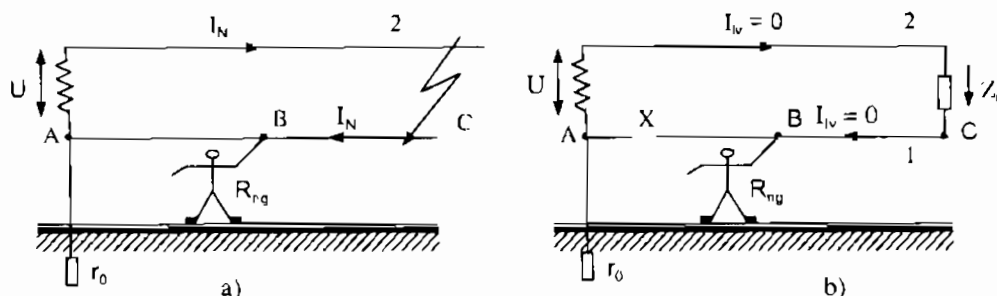
(Theo quy định hiện hành tổn thất điện áp trên đường dây hạ áp cho phép $\leq 5\%U$).

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:

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

– Trong trường hợp xảy ra ngắn mạch giữa dây 1 và dây 2 (hình 3.7a) với giả 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 ($R_{cd} \approx \infty$) 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)

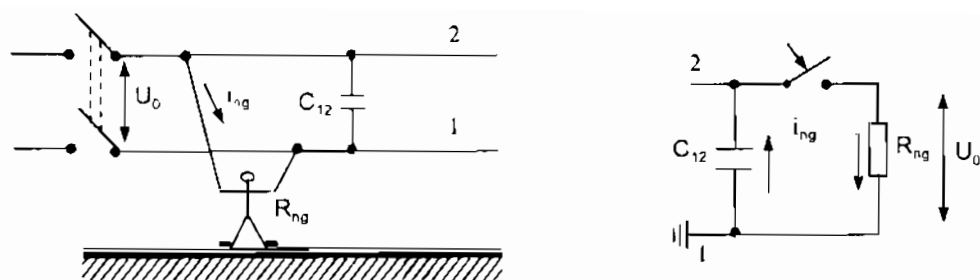
Đường dây đã được cắt ra khỏi nguồn điện, nếu đường dây không được tiếp địa (tiếp đất) thì điện tích tàn dư của đường dây vẫn có thể gây nguy hiểm cho người.

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

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

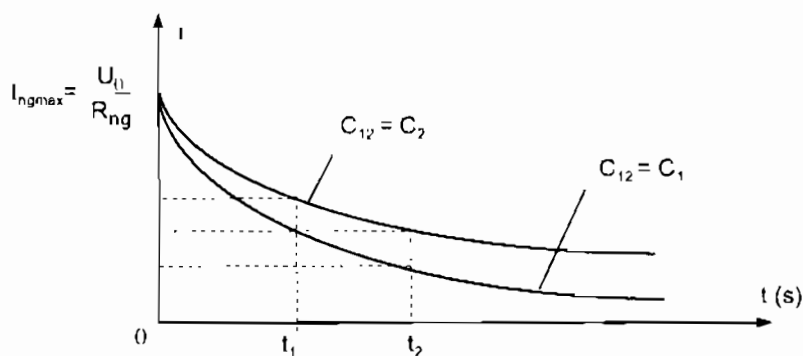
U_0 – điện áp giữa dây 1 và dây 2 tại thời điểm người chạm điện, (V)

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)

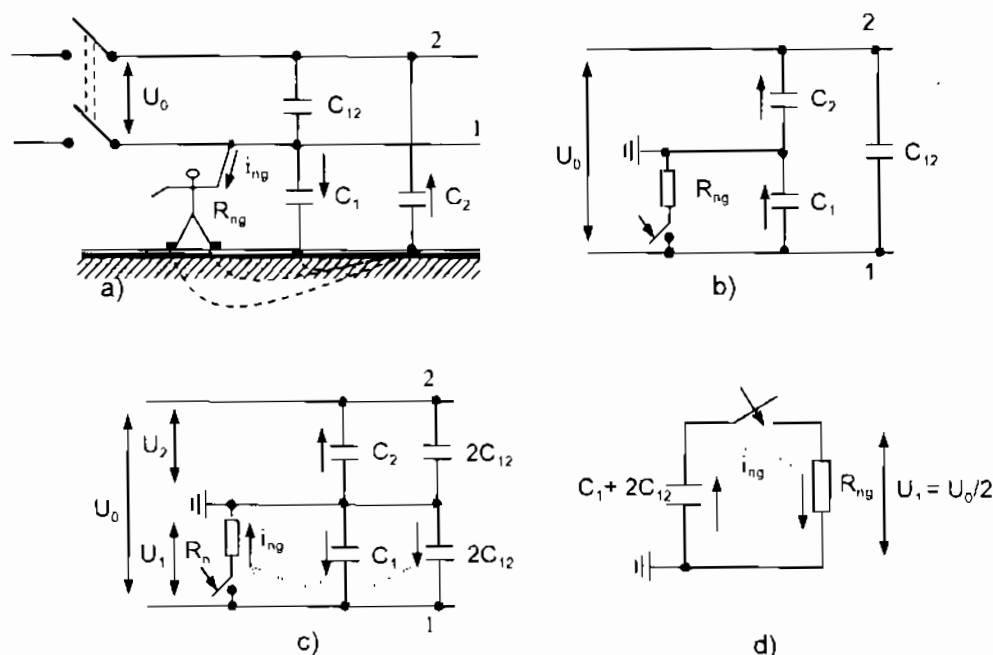
Khi người chạm vào đường dây đã cắt điện chưa được tiếp địa tốt, người sẽ phải chịu dòng điện phóng qua người theo biểu thức (3-13):

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

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 phần 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

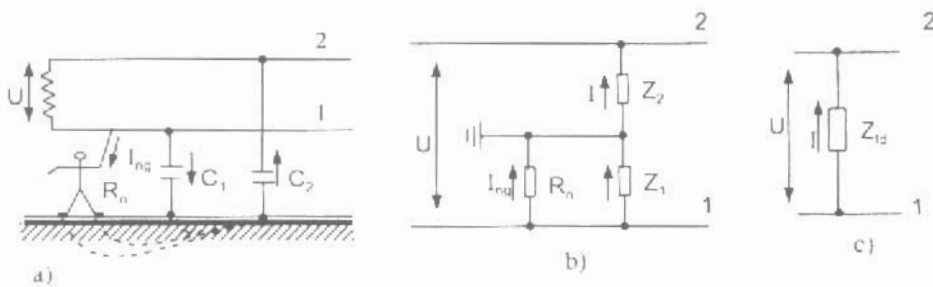
hiểm tương tự như chạm vào đường dây tải điện dùng trong mạng có điện dung lớn đã cắt điện xét ở trên, thậm chí còn nguy hiểm hơn.

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;

ω – 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:

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

Vậy giá trị dòng điện chạy qua người:

$$I_{ng} = \frac{\omega C U}{\sqrt{1 + 4\omega^2 C^2 R_{ng}^2}}$$

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

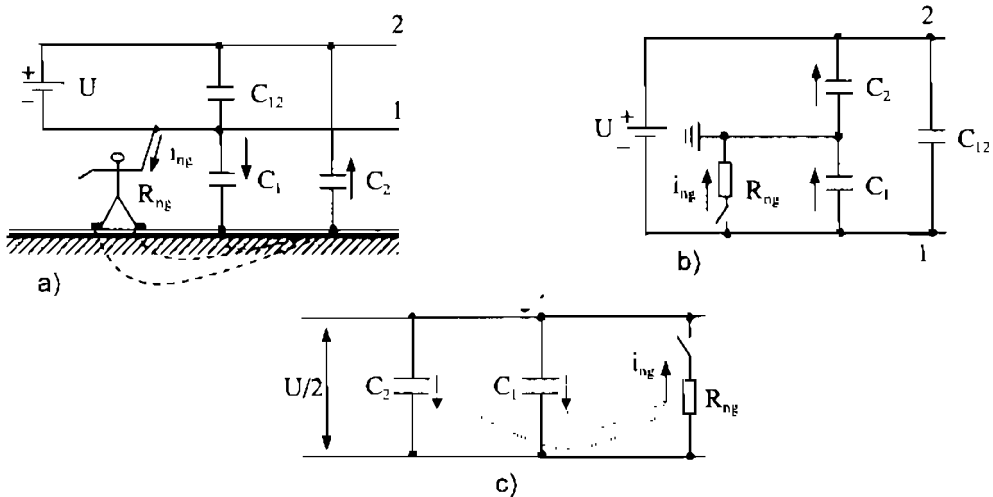
a) Trường hợp bỏ qua điện dẫn cách điện g_{cd}

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:

$$i_{ng} = \frac{U}{2R_{ng}} \cdot e^{-R_{ng}(C_1+C_2)} \approx \frac{U}{2R_{ng}} \cdot e^{-\frac{1}{2R_{ng}C}} \quad (3-20)$$

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:

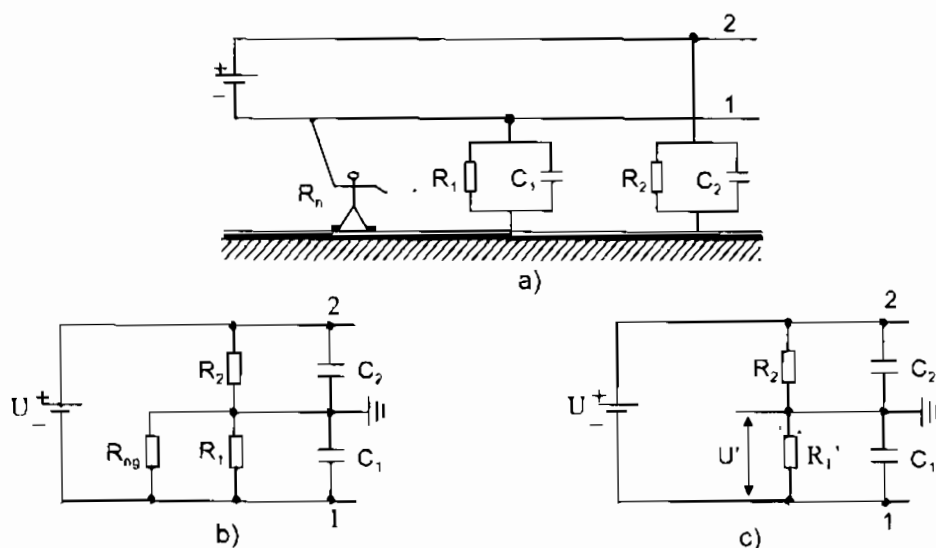
$$Q_1 = Q_2 = Q$$

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 cáp 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:

$$i_{ng} = \frac{\Delta U}{R_{ng}} \cdot e^{-\frac{1}{R_{ng}(C_1 + C_2)}} \approx \frac{\Delta U}{R_{ng}} \cdot e^{-\frac{1}{2R_{ng}C}}$$

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:

$$i_{ng\Sigma} = \frac{U}{2R_{ng} + R_{cd}} + \frac{\Delta U}{R_{ng}} \cdot e^{-\frac{1}{2R_{ng}C}} \quad (3-27)$$

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 $U = 220V$; $f = 50Hz$ 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 $U = 220V$, $f = 50Hz$;

– 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 $L_1 = 30m$?

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

c) Chỗ chạm cách nguồn điện 1 khoảng $L_1 = 30m$ 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 $U = 220\text{V}$, $f = 50\text{Hz}$; dùng dây đồng mềm $M2 \times 2,5$ ($r_0 = 8,06\Omega/\text{km}$) dài $L = 50\text{m}$ cấp điện cho phụ tải có công suất $5,5\text{ kW}$, $\cos\varphi = 0,85$;

– 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 $t = 1\text{s}$ người chạm điện là 6kV ;

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

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

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 $t = 0,5\text{s}$ người chạm điện là 3kV ;

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

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 ; $f = 50\text{Hz}$;

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

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

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

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.

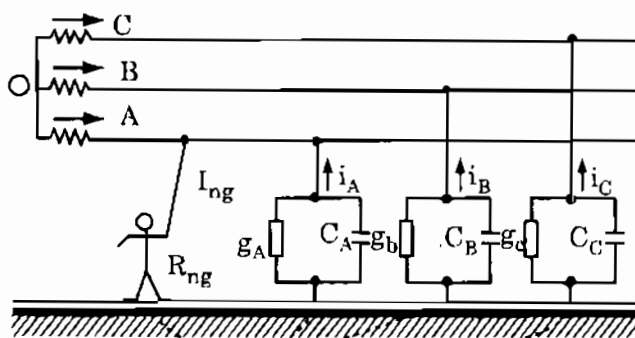
Các tình huống chạm điện có thể dẫn đến tai nạn nguy hiểm trong mạng điện 3 pha:

- 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 1:

$$i_A + i_B + i_C = 0$$

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

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

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:

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

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:

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

- 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:

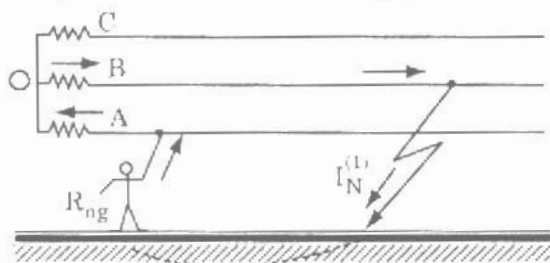
$$I_{ng} = I_N^{(1)} = \frac{U_{AB}}{R_{ng}}$$

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 $R_0 = 4 \Omega$, 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:

$$I_d = \frac{U_p}{R_0 + R_{chd}} = \frac{220}{4 + 12} = 13,7 \text{ A};$$

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

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

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
Khi người chạm vào một pha trong chế độ làm việc bình thường	
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.

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

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

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 thế:

+ 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 thế:

+ 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

Vi 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 $R_{c\min}$ 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 $g_d \approx 0$; 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 ρ (ρ 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:

$$\rho = \rho_{tt} = \rho_{do} \cdot k_m$$

Trong đó : ρ_{do} – 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 (Ωm)	Trị số có thể dùng khi thiết kế sơ bộ (Ωm)
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).

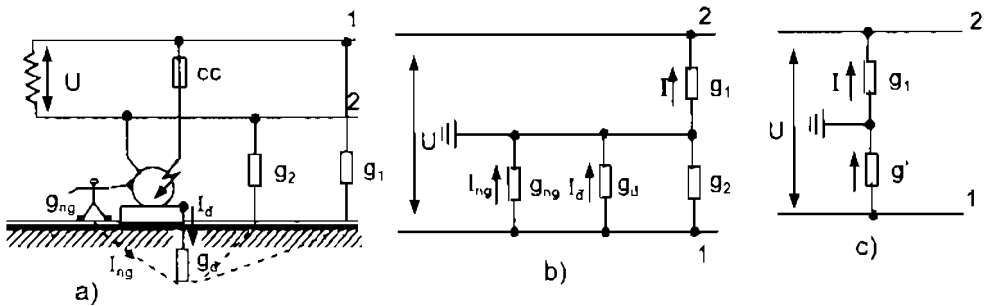
$$g' = g_2 + g_{ng} + g_d$$

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 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:

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

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_{tx} 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 tản 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: η_c , η_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

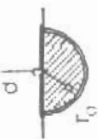
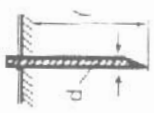
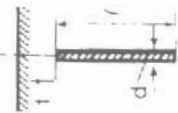
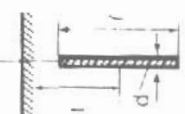
Khi tính toán, thiết kế và lắp đặt hệ thống nối đất nhân tạo, nên làm theo trình tự các bước sau:

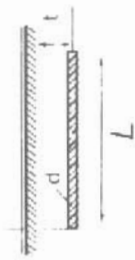
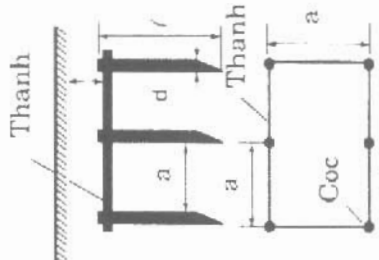
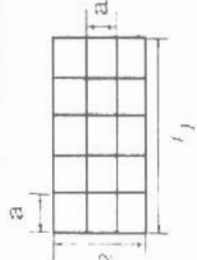
Bước 1. Khảo sát thu thập số liệu, đặc điểm liên quan của mạng điện và khu vực vùng đất dự kiến nối đất:

- 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_{yq} dựa vào quy phạm cho ở bảng 5.5.

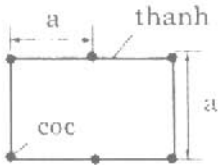
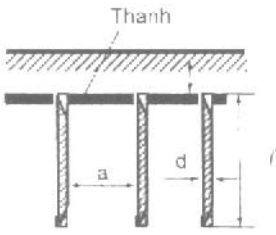
Bảng 5.3. Công thức tính điện trở tản của một số điện cực nổi đất hay dùng

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

Cọc chôn nằm ngang trong đất (thanh ngang)		$R_t = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{KL}{t.d}$ L: chiều dài của điện cực (mạch vòng lấy bằng chu vi).	$R = \frac{R_c \cdot R_t}{\eta_1 \cdot R_c + n \eta_c \cdot R_t}$ n - số lượng cọc η_c, η_1 - Hệ số sử dụng của cọc và thanh, phụ thuộc vào tỷ số $\frac{a}{l}$ Thực tế thường bố trí $a = 2l$ m. Nếu số cọc $n = 2 - 6$ cọc thì có thể lấy: $\eta_c = 0.6 \div 0.8$ $\eta_1 = 0.4 \div 0.6$ (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)	$R = 0.9 \rho \left(\frac{0.416 \sqrt{S} - 0.34l}{S} + \frac{1}{L + n'l} \right)$ n, l - số lượng và chiều dài cọc, m S - diện tích lưới nối đất, $S = l_1 \times l_2, m^2$ L - tổng chiều dài điện cực nằm ngang (thanh), m
Cọc và thanh chôn sâu trong đất (hệ thống nối đất hỗn hợp)				
Thanh đan thành lưới (có cọc hay không có cọc)				

η_c, η_1 - Hệ số sử dụng của cọc và thanh, phụ thuộc vào tỷ số $\frac{a}{l}$ 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)					
	$\frac{a}{l} = 1$		$\frac{a}{l} = 2$		$\frac{a}{l} = 3$	
	η_c	η_t	η_c	η_t	η_c	η_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	0,70
	6	0,62	0,40	0,73	0,48	0,64
	8	0,58	0,36	0,71	0,43	0,60
	10	0,55	0,34	0,69	0,40	0,56
	20	0,47	0,27	0,64	0,32	0,47
	30	0,43	0,24	0,60	0,30	0,41
	50	0,40	0,21	0,56	0,28	0,37
	70	0,38	0,20	0,54	0,26	0,35
	100	0,35	0,19	0,52	0,24	0,33
Khi các cọc chôn theo thanh ngang là hình lia, ví dụ:						
	3	0,78	0,80	0,86	0,92	0,95
	4	0,74	0,77	0,83	0,87	0,92
	5	0,70	0,74	0,81	0,86	0,90
	6	0,63	0,72	0,77	0,83	0,88
	10	0,59	0,62	0,75	0,75	0,82
	15	0,54	0,50	0,70	0,64	0,74
	20	0,49	0,42	0,68	0,56	0,68
	30	0,43	0,31	0,65	0,46	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;

θ – 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.

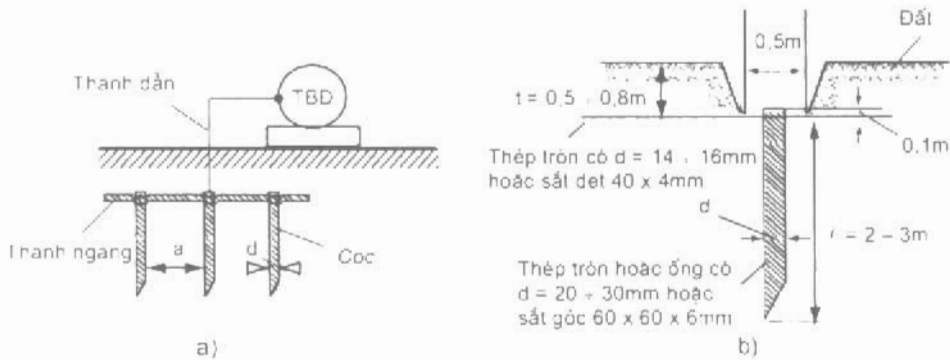
Bước 6. Tiến hành thi công lắp đặt.

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 4mm^2 hoặc sắt tròn có đường kính $d = 6 \div 10\text{mm}$. Dây nối đất được nối điện với bề mặt 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

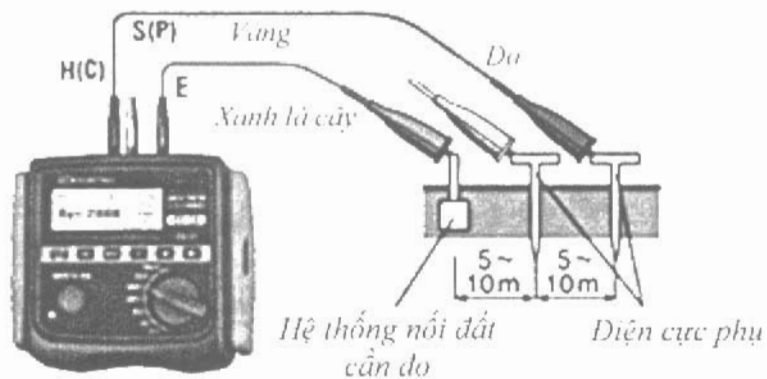
a) Hệ thống nối đất;

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: $\rho_{\text{đm}} = 2.10^2 \Omega \text{m}$.

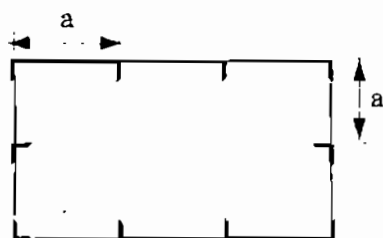
Lời giải:

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 40×5 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:

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

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

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

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

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

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

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

(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: $R_l = \frac{\rho_{tt}}{2\pi L} \ln \frac{KL^2}{t \cdot d}$

Với $t = 0,8\text{m}$

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

(lấy $k_m = 1,6$ là dựa vào bảng 5.2)

$$d = \frac{b}{2} = \frac{40}{2} = 20\text{mm} = 0,02\text{m}$$

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

(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: $R_l = \frac{3,2 \cdot 10^2}{2,3,14 \cdot 50} \ln \frac{5,81 \cdot 50^2}{0,8 \cdot 0,02} = 16,6 \Omega$

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

– Điện trở của điện cực hỗn hợp:

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

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

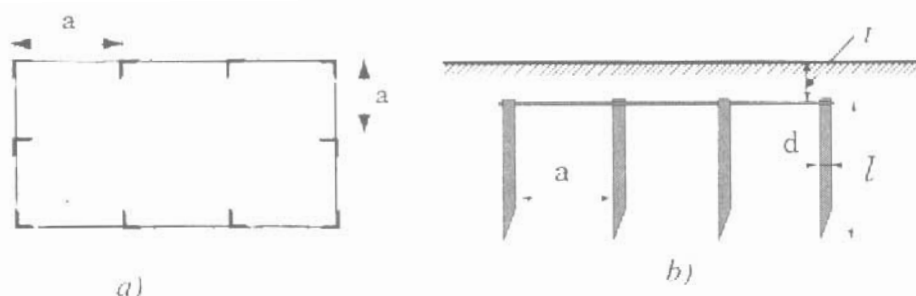
Thanh dẫn nối vỏ thiết bị điện với các điện cực nối đất có thể dùng thép $d = 6\text{mm}$.

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 $\rho_n = 3 \cdot 10^2 \Omega \cdot m$.

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 $R_{\Sigma} \leq 4 \Omega$.

- Chọn lưới nối đất hình chữ nhật có chiều dài $\ell_1 = 40m$, chiều rộng $\ell_2 = 30m$, 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 $\ell = 3m$. Ta có công thức tính điện trở tản:

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

Trong đó: $L = 4(\ell_1 + \ell_2) = 4(40 + 30) = 280m$.

$$S = \ell_1 \times \ell_2 = 40 \cdot 30 = 1200m^2$$

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

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:

$$S_{ht} = 0,436 \cdot \frac{P_u^2}{R_{\gamma c}^2}, \text{ m}^2 \quad (5-8)$$

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):

$$S_{ht} = 0,436 \cdot \frac{P_u^2}{R_{\gamma c}^2} = 0,436 \cdot \frac{300^2}{4^2} = 2452, \text{ m}^2$$

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

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

– Dùng thép tròn CT3 Φ16 làm thanh ngang sẽ đạt được điện trở nối đất là 3,63 Ω

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 phân 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 $10 \div 12$ 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_{in} . Bằng cách tính theo công thức bảng 5.3 (nếu biết hình dáng) hoặc bằng cách đo trực tiếp sẽ tìm được R_{in} .

+ Nếu $R_{in} < R_{yc}$ 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 1Ω).

+ Nếu $R_{in} > R_{yc}$ thì cần thực hiện thêm nối đất nhân tạo. Lúc đó điện trở của hệ thống nối đất được xác định: $R_{j11} = R_{in} // R$.

– 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 Grafit trộn với vôi chưa

tôi để cải 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} (Ω)	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	- Chung cho cả hạ áp: $R_{yc} = \frac{125}{I_N} \Omega \leq 10\Omega$ - Chỉ riêng cao áp: $R_{yc} = \frac{250}{I_N} \Omega \leq 10\Omega$ (I_N - Dòng điện ngắn mạch chạm đất)	Vỏ thiết bị điện
Đến 1000 V (hạ áp)	Cách ly với đất	- Trường hợp chung: $R_{yc} \leq 4\Omega$ - Khi công suất $S \leq 100$ kVA, chỉ cần thực hiện: $R_{yc} \leq 10\Omega$	Vỏ thiết bị điện
	Nối đất trực tiếp	- Cấp điện áp 660/380V: $R_{yc} \leq 2\Omega$ - Cấp điện áp 380/220V: $R_{yc} \leq 4\Omega$ - Cấp điện áp 220/127V: $R_{yc} \leq 8\Omega$	Trung tính nguồn và vỏ biến áp
		- Cấp điện áp 660/380V: $R_{yc} \leq 5\Omega$ - Cấp điện áp 380/220V: $R_{yc} \leq 10\Omega$ - Cấp điện áp 220/127V: $R_{yc} \leq 20\Omega$	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 $\eta_k = 0,7$ còn $\eta_t = 0,5$.

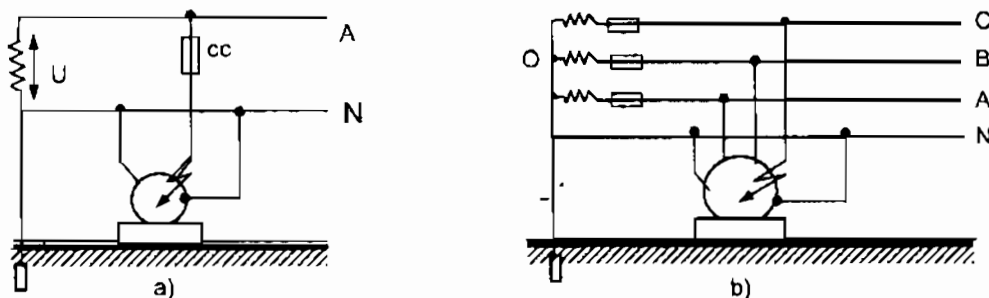
Cho biết hệ thống nối đất này có thể dùng làm nối đất an toàn và nối đất làm việc được trong mạng điện nào?

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 TBĐ 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:

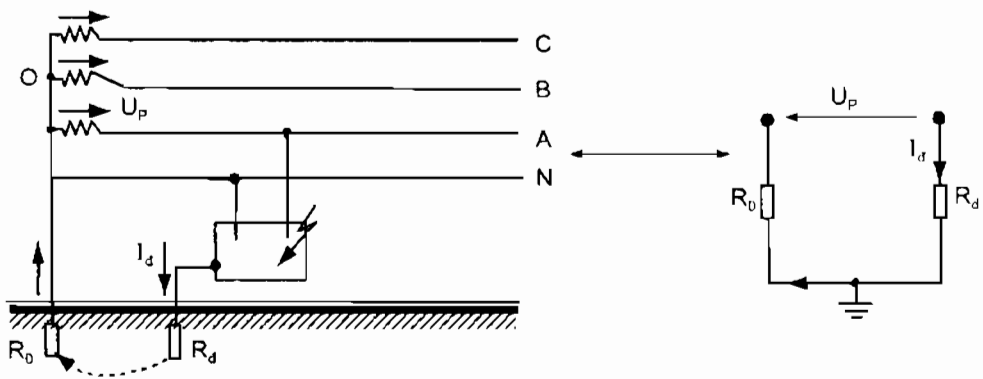
Hình 6.2 vẽ sơ đồ bảo vệ nối đất trong mạng điện áp dưới 1000 V (mạng hạ áp) trung tính nối đất trực tiếp.

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, Ω .



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:

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

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

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

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:

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

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

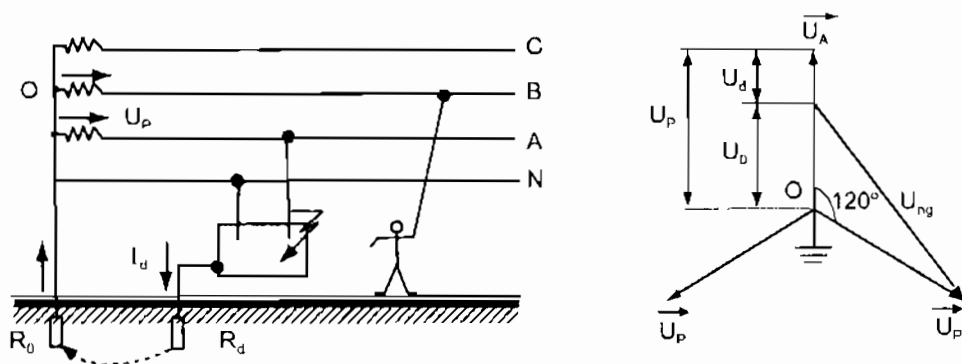
(điện áp tiếp xúc cho phép), rất nguy hiểm. Nếu muốn an toàn thì nối đất an toàn cần phải đảm bảo:

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

kém về kinh tế.

Mặt khác, khi có sự cố chạm vỏ mặc dù nối đất ở thiết bị đảm bảo yêu cầu U_{ng} 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.

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



Hình 6.3. Khi một pha chạm đất

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

- Khi một pha đang có sự cố chạm vỏ mà người chạm vào 1 trong 2 pha còn lại;
- Giản đồ 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:

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

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

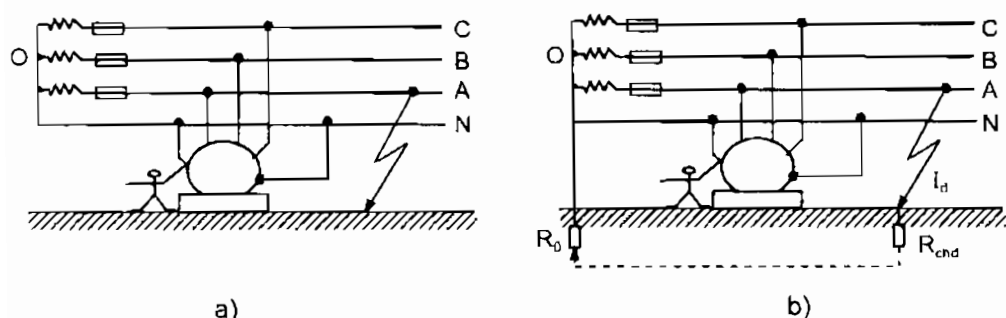
Khi dùng nối dây trung tính bảo vệ, thì dây trung tính của mạng điện nhất thiết phải được nối đất ở đầu nguồn (nối đất làm việc). Ngoài ra còn cần phải tiến hành nối đất lặp lại trên từng đoạn dây trung tính của mạng (nối đất lặp lại). Tại sao cần phải thực hiện nối đất làm việc và nối đất lặp lại? Để 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).

$$U_{ng} = U_{v0} = U_0 = U_p \quad (6-3)$$



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 :

$$U_{v0} = U_0 = R_0 I_d = \frac{U_p}{R_0 + R_{chd}} \cdot R_0 \quad (6-4)$$

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, Ω ;

R_{chd} – điện trở tại chỗ dòng điện chạm đất, Ω .

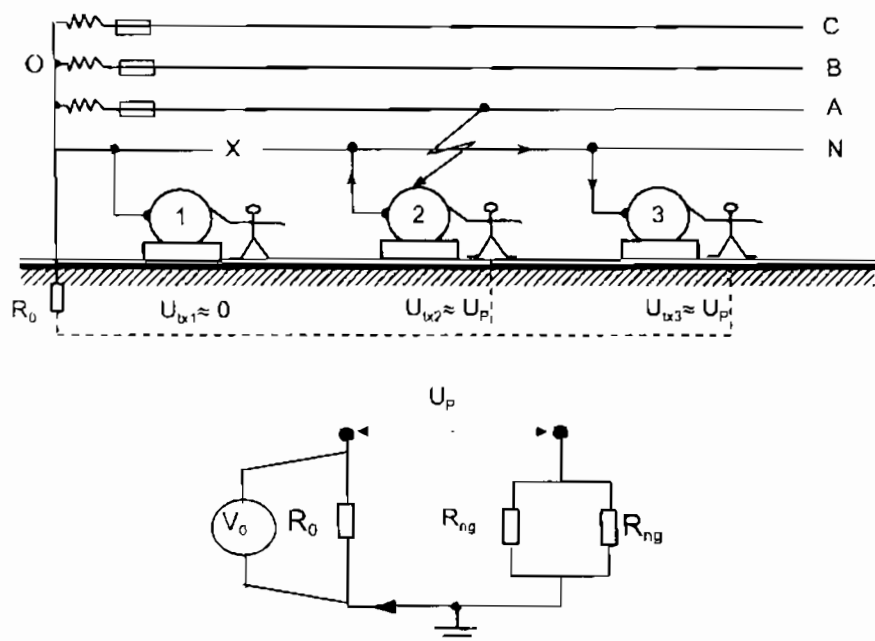
Từ biểu thức (6-4), ta nhận thấy R_0 giảm thì U_0 cũng giảm theo và R_0 càng nhỏ càng tốt. Thực tế R_0 có trị số theo quy phạm đã được đề cập ở bảng 5.5 chương nối đất bảo vệ.

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 :

$$U_{v01} = U_{tx1} = U_0 \approx 0 \quad (6-5)$$

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

$$U_{v02} = U_{v03} = U_{tx2} = U_{tx3} \approx U_p \quad (6-6)$$

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:

$$U_{v\phi 1} = U_{tx1} = \frac{U_P}{R_0 + R_l} \cdot R_0 \quad (6-7)$$

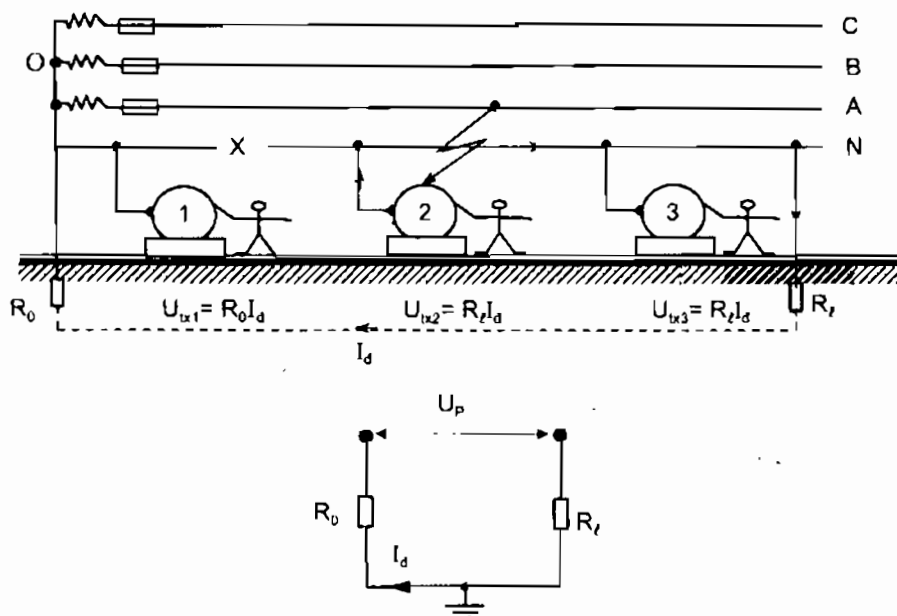
– Điện áp vỏ của các thiết bị 2 và 3 sau chỗ đứt:

$$U_{v\phi 2} = U_{v\phi 3} = U_{tx2} = U_{tx3} = \frac{U_P}{R_0 + R_l} \cdot R_l \quad (6-8)$$

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:

$$U_{tx1} = U_{v\phi 3} = U_{tx2} = \frac{U_P}{R_0 + R_0} R_0 = \frac{U_P}{2} \quad (6-9)$$

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 $280 \div 300\text{m}$) 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 cắt 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.

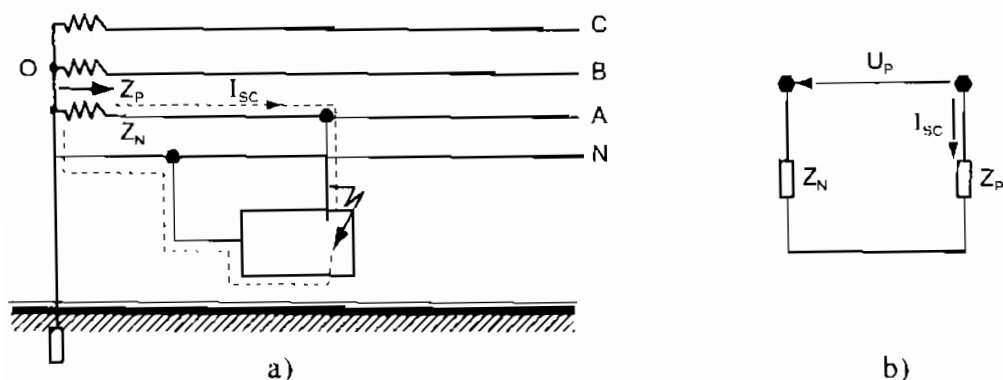
Z_p – tổng trở dây pha sự cố, Ω ; Z_N – tổng trở dây trung tính, Ω .

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, Ω ;

X_p, X_N – điện kháng của dây pha và dây trung tính, Ω .

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: $R = \rho \frac{L}{S}$, Ω (6-11)

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

(theo NFC – 100, ρ 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, 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:

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

$x_0 = (0,05 \div 0,07) \Omega/\text{km}$ – 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, Ω .

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 120mm^2 , còn khi cáp lớn hơn 120mm^2 , điện trở R cần được hiệu chỉnh theo bảng 6.1.

Bảng 6.1. Cách hiệu chỉnh điện trở khi tiết diện $> 120\text{mm}^2$

Tiết diện lõi, $S \text{ (mm}^2\text{)}$	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_{sc}

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_{dmCC} – dòng điện định mức của cầu chì.

b) Nếu dùng aptômát thì điều kiện là:

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

Với I_{ldATM} là dòng điện tác động của aptômát.

Các hệ số $(2 \div 3)$ và $(1,2 \div 1,5)$ 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 $S = 25\text{mm}^2$, khoảng cách giữa các dây dẫn $D = 50\text{cm}$.

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 $L = 1500\text{m}$.

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)

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

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

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

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

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

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

Hoặc nếu dùng aptômát thì dòng tác động:

$$I_{d\Delta TM} \leq \frac{I_{sc}}{1,2 \div 1,5} = \frac{66}{1,2 \div 1,5} = 55 \div 44A$$

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 6mm^2 đối với dây đồng và 16mm^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 phần 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 gốp trung tính này.

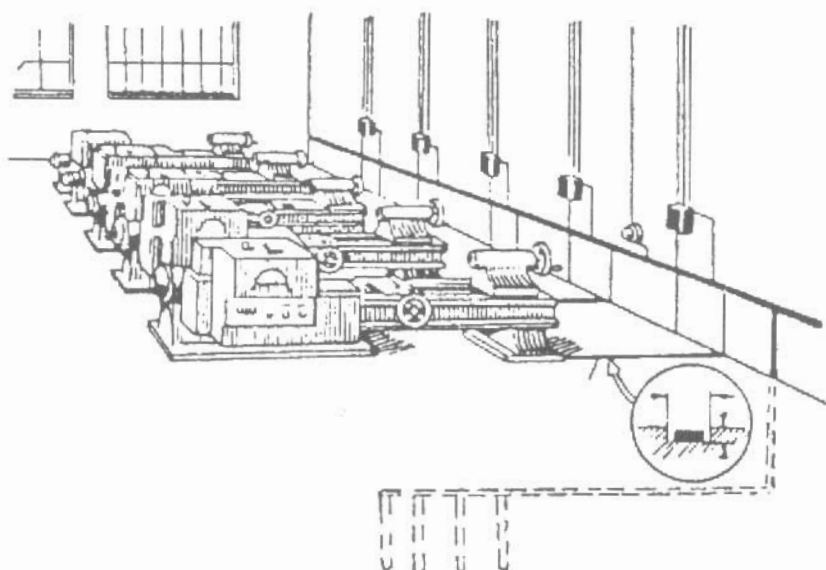
– Trên đường trục dẫn điện, nếu dây dẫn các pha bố trí riêng thì phải bố trí dây trung tính đi dưới dây pha.

– 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 40×5 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 nối 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?

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 (vì 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): $\dot{I}_S = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$ (tức $I_A = I_B = I_C$)

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

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

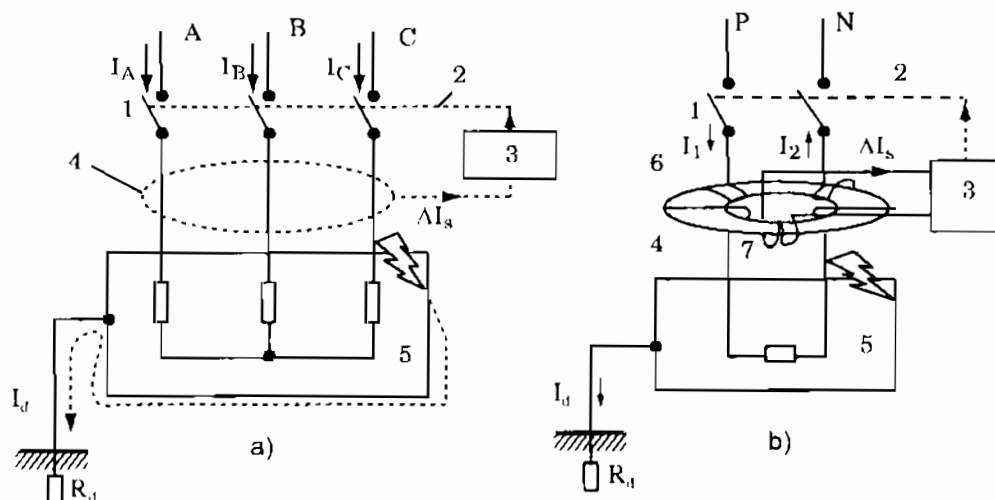
– Sơ đồ 3 pha: $\dot{I}_S = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = \dot{I}_d \neq 0$

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

Dòng điện so lệch ΔI_S sẽ đi vào rơle 3. Khi $\Delta I_S \geq \Delta I_{KD}$ (ΔI_{KD} 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- Lõi từ hình xuyên; 5 – Thiết bị điện;

6 – Cuộn dây chính; 7 – Cuộn dây phát hiện.

7.2. CẤU TRÚC MẠNG ĐIỆN HẠ ÁP

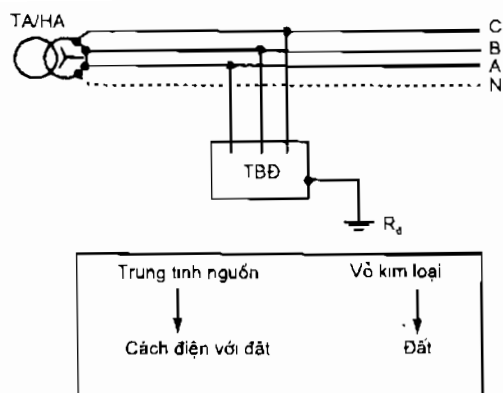
Sở dĩ cần nêu các cấu trúc khác nhau của mạng điện là bởi hình thức bảo vệ chống chạm điện bằng các RCD đòi hỏi cần có sự phối hợp với cấu trúc lưới điện. Hình 7.2 đến 7.4 nêu cấu trúc các mạng khác nhau theo quy ước của Pháp, Đức và quốc tế (IEC 364 – 3).

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.

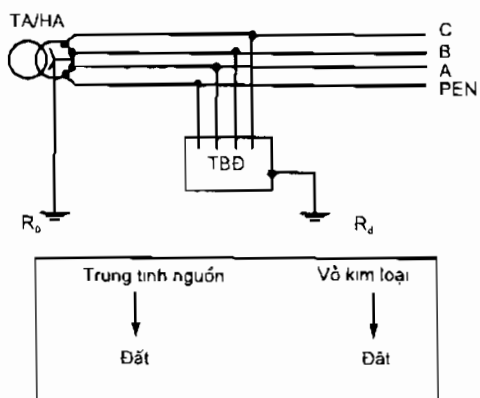
Chữ cái thứ hai để chỉ mối quan hệ của các phần dẫn điện lộ ra ngoài có nguy cơ rò điện (thường là vỏ thiết bị điện) được nối đất bảo vệ hay nối dây trung tính bảo vệ.

a) Sơ đồ IT



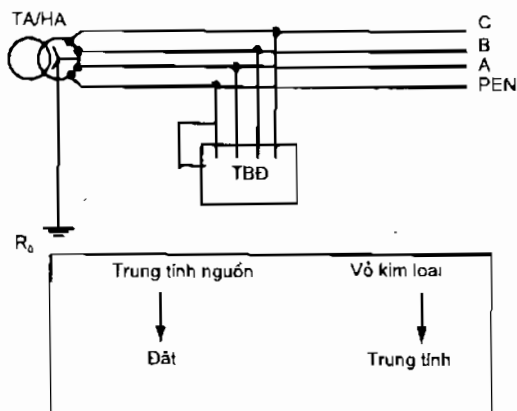
Hình 7.2. Sơ đồ IT

b) Sơ đồ TT



Hình 7.3. Sơ đồ TT

c) Sơ đồ TN

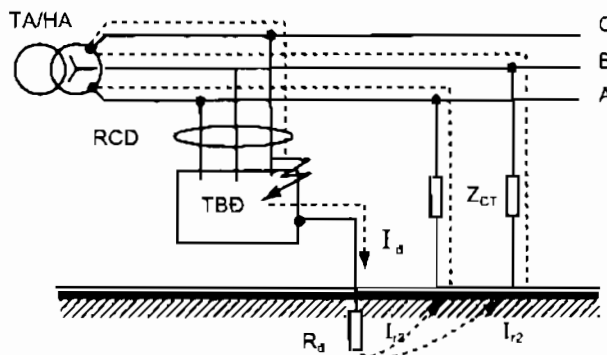


Hình 7.4. Sơ đồ TN

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: $C_0 = 0,3\mu\text{F/km}$
- 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.

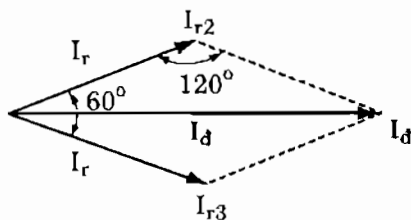
Ví dụ: Xét mạng có điện áp 380/220V trung tính cách điện với đất, dây dẫn dài 1 km, tổng trở của các dây pha so với đất $Z_{CT} = 3500\Omega$, điện trở nối đất bảo vệ $R_d = 4\Omega$ (hình 7.5).

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

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

+ 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 Kiếchốp 1: $\dot{I}_d = \dot{I}_{r2} + \dot{I}_{r3}$ (7-2)

Với $I_{r2} = I_{r1} = I_r$ (trị hiệu dụng); về góc, lệch pha 1 góc 60° .



Hình 7.6. Giảm đồ 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 TBĐ 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

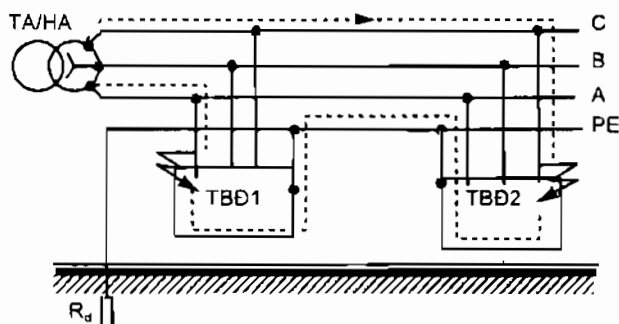
Sự cố điểm thứ hai sẽ tương đương ngắn mạch giữa 2 pha. Dòng điện sự cố trong trường hợp này có thể đủ để các thiết bị bảo vệ quá dòng kinh điển tác động cắt mạch.

– 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).

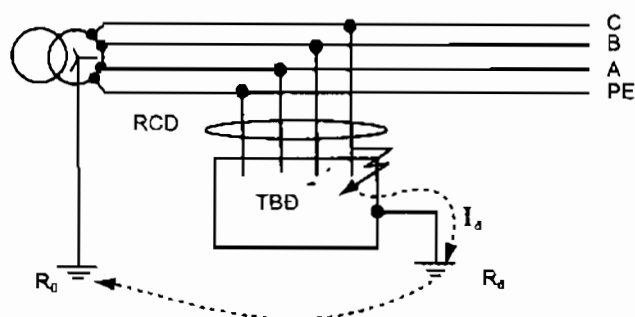
RCD được đặt ở các máy cắt tổng của cả nhóm và tại từng nhánh thiết bị có nối đất riêng. Lý do đặt thêm các RCD khi các điện cực nối đất độc lập “kết nối” qua đất, dòng ngắn mạch pha – pha thường bị giới hạn khi đi qua các điện trở nối đất. Điều này làm cho các bảo vệ quá

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:

$$\Delta I_{KD} \leq \frac{U_{txcp}}{R_d} \quad (7-5)$$

ΔI_{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 TBD cần được nối đất để khi cách điện bị hỏng thì dòng điện sẽ chạy qua vỏ TBD xuống đất. Lúc đó dòng so lệch khác không ($\Delta I_s \neq 0$). Nếu $\Delta I_s \geq \Delta I_{KD}$ (ΔI_{KD} – Đại lượng đặt của RCD) nó sẽ tác động cắt TBD 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:

$$U_{tx} = U_{ng} = R_d \cdot I_d = R_d \Delta I_{KD}$$

Để đảm bảo an toàn cần: $U_{tx} = U_{ng} = R_d \Delta I_{KD} \leq U_{txcp}$

Suy ra cần thực hiện: $R_d \leq \frac{U_{txcp}}{\Delta I_{KD}}$

Bảng 7.1. Điện trở nối đất tối đa ở điện áp tiếp xúc cho phép 50V và 25V

ΔI_{KD} (mA)	Điện trở nối đất tối đa R_d (Ω)	
	$U_{txcp} = 50V$	$U_{txcp} = 25V$
3000	16	8
1000	50	25
500	100	50
300	166	83
30	1666	833

Ví dụ: Nếu chọn RCD có $\Delta I_{KD} = 500mA$, $U_{txcp} = 50V$ thì:

$$R_d \leq \frac{50}{0,5} = 100 \Omega$$

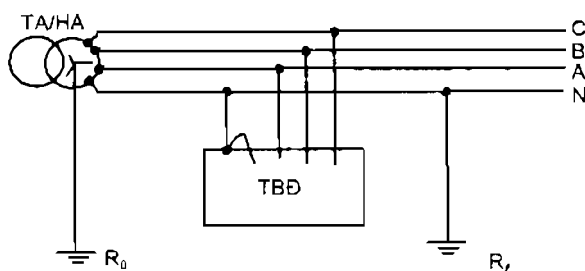
Đây chính là điện trở nối đất bảo vệ lớn nhất cho phép để RCD tác động khi đặt trị số dòng khởi động so lệch $\Delta I_{KD} = 500mA$.

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 cắt 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.

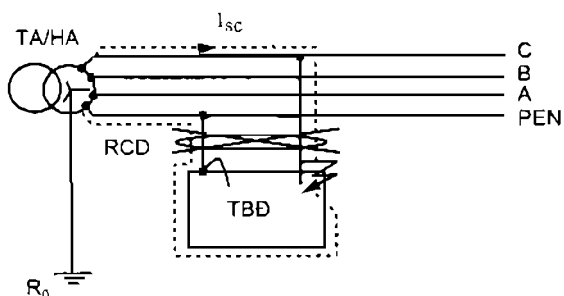


Hình 7.9. Sơ đồ TN

a) Sơ đồ TN – C

Đây là mạng 3 pha 4 dây, dây trung tính và dây bảo vệ dùng chung gọi là PEN .

Dây PEN = PE + N



Hình 7.10. Sơ đồ TN–C không dùng được RCD

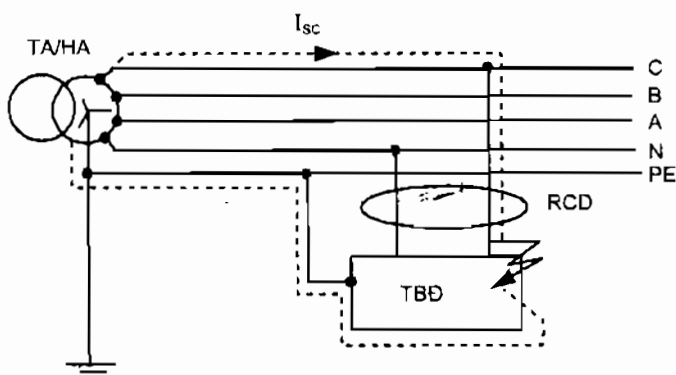
Sơ đồ này không thể dùng được RCD vì dòng điện sự cố cách điện I_{sc} sẽ đi từ dây pha qua vỏ đến dây trung tính rồi trở về nguồn (đường đứt đoạn trên hình 7.10), tức là dòng vào và dòng ra RCD bằng nhau nên dòng so lệch $\Delta I_s = 0 \rightarrow$ RCD không tác động khi cách điện pha – vỏ bị hỏng.

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.



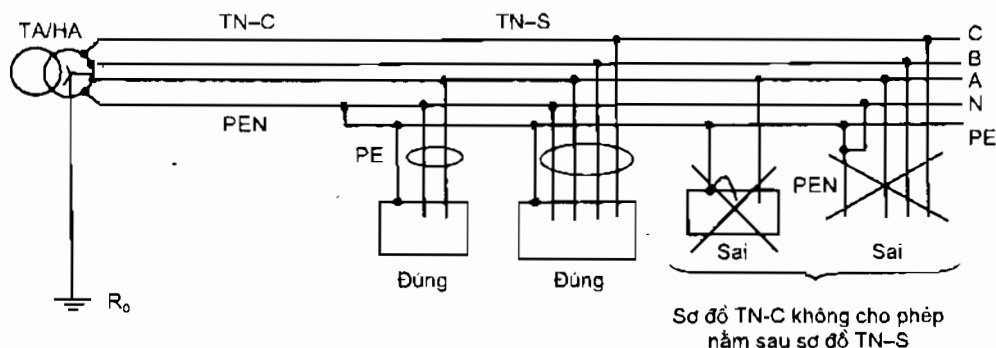
Hình 7.11. Sơ đồ TN – S

c) Sơ đồ TN – C – S

Là sơ đồ kết hợp hai sơ đồ TN – C và TC – S trong cùng một mạng điện:

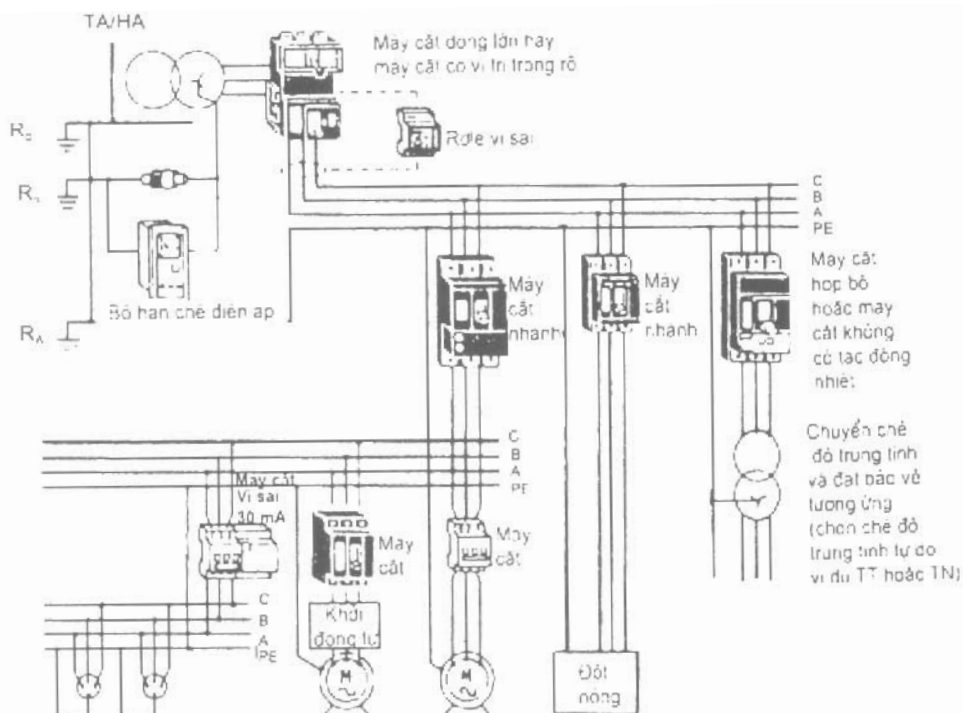
Phía đầu nguồn dùng TN – C, đến hộ tiêu thụ cần đảm bảo an toàn (phía cuối nguồn) dùng mạng TN – C – S. Cần lưu ý trong sơ đồ TN – C – S, sơ đồ TN – C không bao giờ được sử dụng sau sơ đồ TN – S. Điểm phân dây PE tách khỏi dây PEN thường là điểm đầu của lưới điện cần bảo vệ bằng RCD (hình 7.12).

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.

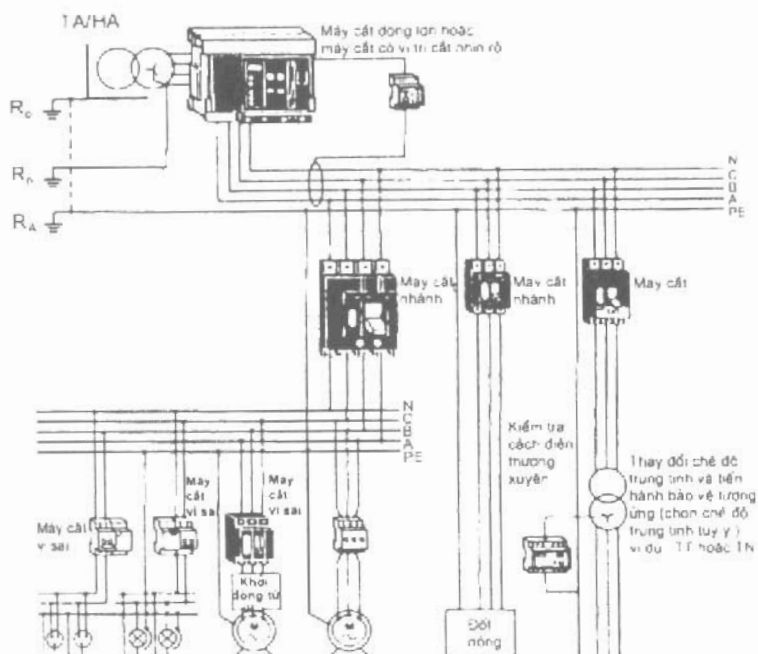


Hình 7.12. Sơ đồ TN – C – S

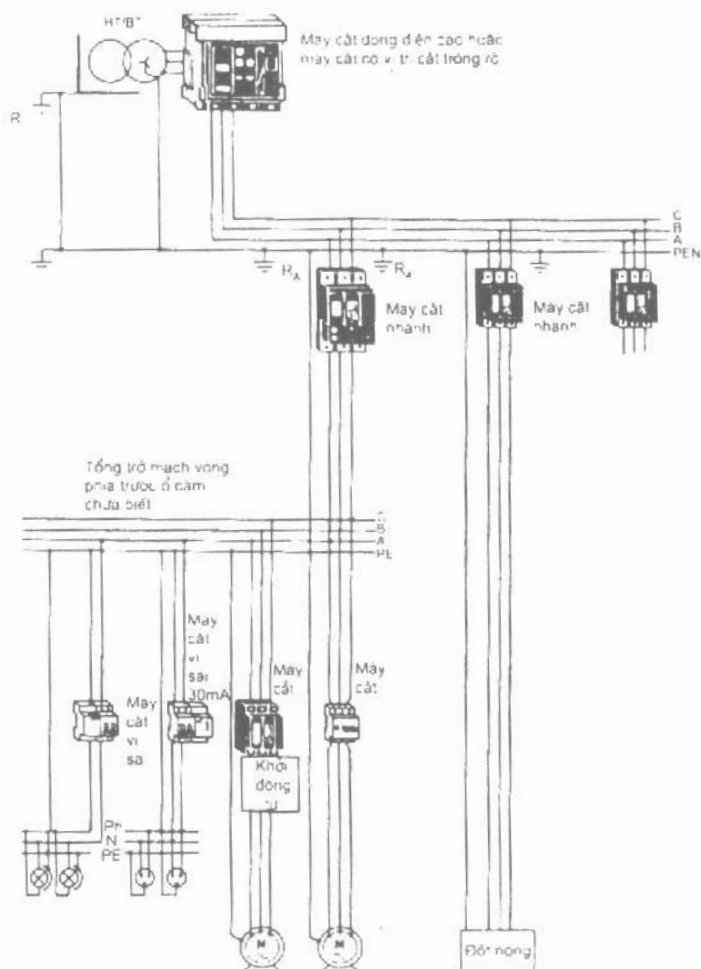
Để bạn đọc dễ hình dung việc thực hiện các loại bảo vệ trong các mạng điện, trong đó có sử dụng RCD (máy cắt vi sai), xin giới thiệu một số sơ đồ bảo vệ tiêu biểu (hình 7.13 đến hình 7.15).



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} , ΔI_{KD} và thời gian tác động được các nhà sản xuất RCD cho (ghi trên nhãn từng RCD hoặc catalog).

U_{dm} – điện áp định mức của mạng điện, V;

I_t – dòng điện tính toán, A.

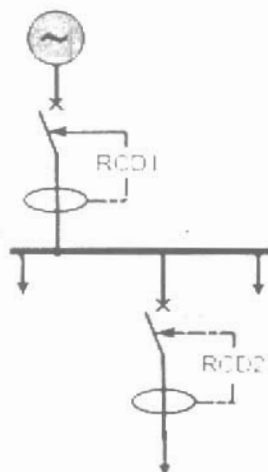
Bảng 7.2. Các điều kiện chọn và kiểm tra RCD

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)	$I_{dmRCD} \geq I_{dl}$
3	Dòng điện so lệch tác động ΔI_{K0} (mA) và thời gian tác động Δt (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: $\Delta I_{K0RCD1} > \Delta I_{K0RCD2}$

– *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 $U_{dm} = 220V$, $P_{dm} = 2,5kW$, $\cos\varphi = 1$ 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.

So sánh kiểm tra các điều kiện (bảng 7.3)

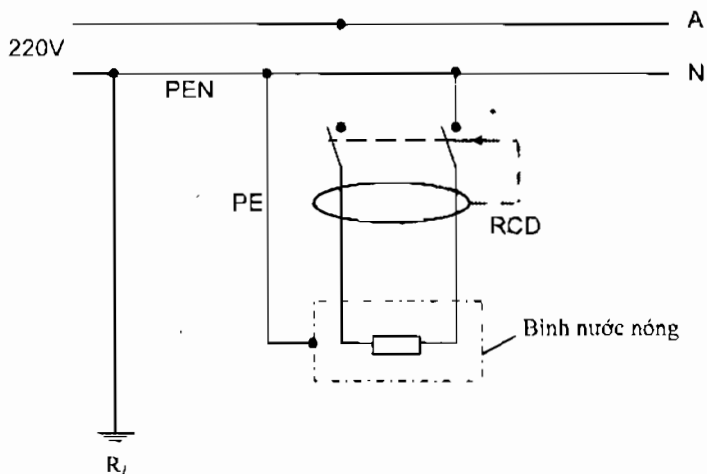
Bảng 7.3. Kiểm tra các điều kiện sau khi chọn RCD của ví dụ 7.1

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 so lệch tác động ΔI_{KD} (mA) và thời gian tác động Δt (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.

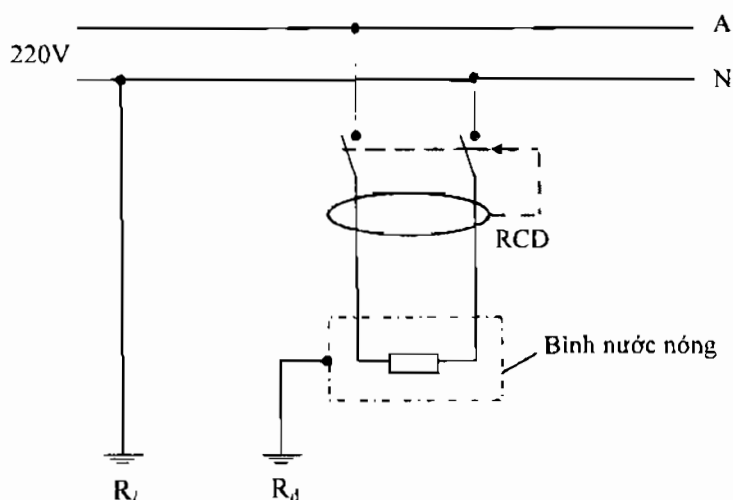
Tuy nhiên để đảm bảo cất khi bình bị rò điện (tránh tiếp xúc gián tiếp), cần phải phối hợp với các mạng điện. Cụ thể sơ đồ lắp đặt như sau:

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 $U_{\text{tập}} = 25\text{V}$ 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:

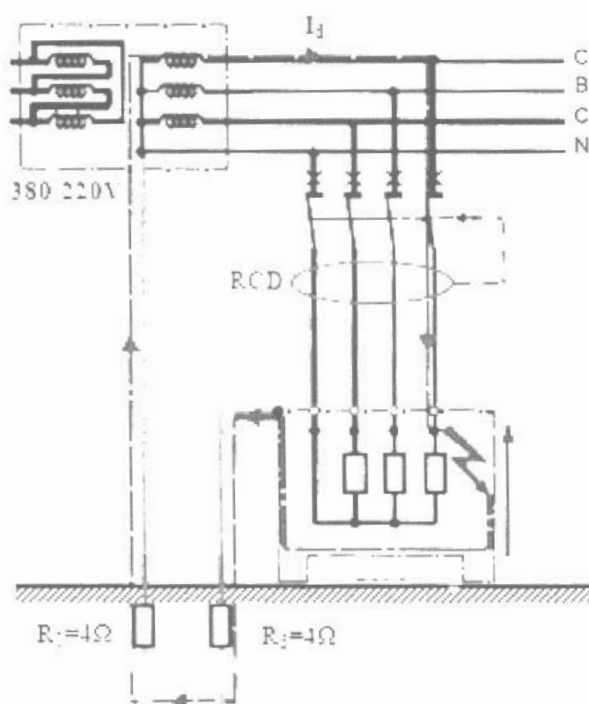
- Theo tiêu chuẩn IEC – 363 – 3 thì mạng điện này thuộc loại TT.
- Khi cách điện 1 pha – vỏ động cơ bị hỏng:
 - Dòng điện chạm vỏ qua điện trở nối đất:

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

– Điện áp tiếp xúc trên vỏ động cơ sẽ bằng:

$$U_{ct} = U_{ix} = U_d = R_g I_d = 4,27,5 = 110V$$

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:

$$\Delta I \leq \frac{U_{lscp}}{R_d} = \frac{50}{4} = 12,5A$$

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)

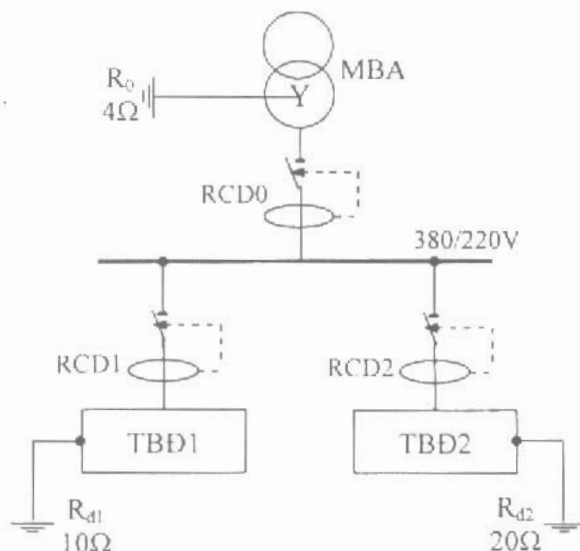
Bảng 7.4. Kiểm tra các điều kiện sau khi chọn RCD của ví dụ 7.2

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)	$I_{\text{đmRCD}} = 25\text{A} > I_{\text{r}} = 10,5\text{A}$
3	Dòng điện so lệch tác động $\Delta I_{\text{KĐ}}$ (mA) và thời gian tác động Δt (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:

- Tính điện áp tiếp xúc trên vỏ các thiết bị:

– Dòng điện sự cố 1 pha - vỏ của TBD1 và TBD2:

$$I_{d1} = \frac{U_p}{R_0 + R_{d1}} = \frac{220}{4 + 10} = 15,71\text{A}$$

$$I_{d2} = \frac{U_p}{R_0 + R_{d2}} = \frac{220}{4 + 20} = 9,17\text{A}$$

– Vậy điện áp tiếp xúc trên vỏ TBĐ1 và TBĐ2 là:

$$U_{\text{vỏTBĐ1}} = U_{\text{tx1}} = U_{\text{d1}} = R_{\text{d1}} I_{\text{d1}} = 10.15,71 = 157,1\text{V}$$

$$U_{\text{vỏTBĐ2}} = U_{\text{tx2}} = U_{\text{J2}} = R_{\text{d2}} I_{\text{J2}} = 20.9,17 = 183,4\text{V}$$

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?