



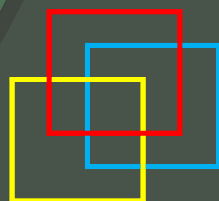
Dự án Nâng cao Năng lực
Huấn luyện ATVSLĐ ở Việt Nam
(VIE/05/01/LUX)

AN TOÀN VỆ SINH LAO ĐỘNG TRONG SỬ DỤNG ĐIỆN

TÀI LIỆU DÀNH CHO GIẢNG VIÊN AN TOÀN LAO ĐỘNG, NGƯỜI LÀM CÔNG TÁC AN TOÀN
VÀ NGƯỜI LAO ĐỘNG LÀM VIỆC TRONG CÁC CÔNG VIỆC LIÊN QUAN



NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI



DỰ ÁN NÂNG CAO NĂNG LỰC
HUẤN LUYỆN AN TOÀN VỆ SINH LAO ĐỘNG Ở VIỆT NAM
(VIE/05/01/LUX)

AN TOÀN VỆ SINH LAO ĐỘNG TRONG SỬ DỤNG ĐIỆN

(TÀI LIỆU DÀNH CHO GIÁNG VIÊN AN TOÀN LAO ĐỘNG, NGƯỜI LÀM CÔNG TÁC
AN TOÀN VÀ NGƯỜI LAO ĐỘNG LÀM VIỆC TRONG CÁC CÔNG VIỆC LIÊN QUAN)

Bản quyền @ Tổ chức Lao động Quốc tế 2008

Xuất bản lần thứ nhất năm 2008

Ấn phẩm của Tổ chức Lao động Quốc tế (International Labour Organization) được hưởng qui chế bản quyền theo Nghị định Thư số 2 của Công ước Bản quyền Toàn cầu. Tuy nhiên, một số trích đoạn ngắn từ những ấn phẩm này có thể được tái sử dụng mà không cần xin phép với điều kiện phải nêu rõ nguồn trích dẫn. Mọi hoạt động tái bản hoặc biên dịch toàn bộ ấn phẩm này phải được Phòng Xuất bản (Quyền và Giấy phép) của Tổ chức Lao động Quốc tế, CH-1211, Geneva 22, Thụy Sĩ; hoặc qua email pubdroit@ilo.org. Tổ chức Lao động Quốc tế sẵn sàng tiếp nhận các yêu cầu cấp phép.

Các thư viện, các viện nghiên cứu và các cơ quan khác đã có đăng ký tại các tổ chức quyền tái bản có thể sao chép trong phạm vi giấy phép đã được cấp cho mục đích này. Để tham khảo thông tin về các cơ quan đăng ký quyền tái bản ở quốc gia của bạn, hãy truy cập tại địa chỉ <http://www.ifro.org>

An toàn vệ sinh lao động trong sử dụng điện / Safety in electrical use

Tài liệu dành cho giảng viên an toàn lao động, người làm công tác an toàn và người lao động làm việc trong các công việc liên quan

ISBN: 978-92-2-821633-2 (bản in/print)

ISBN: 978-92-2-821634-9 (bản pdf / web pdf)

Được thực hiện trong khuôn khổ Dự án nâng cao năng lực huấn luyện an toàn vệ sinh Lao động (VIE/05/01/LUX) do Chính phủ Luxembourg tài trợ.

Các chỉ định trong các ấn phẩm tuân theo quy định của Liên Hiệp Quốc và không có ý thể hiện bất cứ quan điểm nào của Tổ chức Lao động Quốc tế về quy chế pháp lý hoặc ranh giới lãnh thổ của bất cứ quốc gia, khu vực, lãnh thổ hoặc chính quyền nào.

Các tác giả chịu trách nhiệm hoàn toàn về các ý kiến thể hiện trong các bài viết, nghiên cứu và trong các tài liệu liên quan. Ấn phẩm này không phải là sự xác nhận của Tổ chức Lao động Quốc tế về các quan điểm thể hiện trong đó.

Những dẫn chứng về tên công ty, sản phẩm và qui trình thương mại không ngụ ý thể hiện sự xác nhận của Văn phòng Lao động Quốc tế. Bất cứ công ty, sản phẩm hoặc qui trình thương mại nào không được nêu trong ấn phẩm cũng không nhằm thể hiện sự phản đối của Tổ chức Lao động Quốc tế.

Các ấn phẩm của ILO hiện có mặt ở các cửa hàng sách hoặc tại các Văn phòng ILO ở các nước, hoặc trực tiếp tại Phòng Xuất bản của Tổ chức Lao động Quốc tế, CH-1211, Geneva 22, Thụy Sĩ. Catolog hoặc danh mục các ấn phẩm mới có thể lấy miễn phí tại địa chỉ nêu trên hoặc qua email: pubvente@ilo.org.

Xin tham khảo tại trang web của chúng tôi: www.ilo.org/publns

In tại Việt Nam

Lời nói đầu

Trong những năm gần đây, tình hình tai nạn lao động và bệnh nghề nghiệp trên cả nước có xu hướng gia tăng, trong đó có nhiều vụ tai nạn lao động nghiêm trọng làm chết, bị thương nhiều người và thiệt hại nhiều về tài sản. Các quy định của pháp luật về huấn luyện an toàn vệ sinh lao động ngày càng được hoàn thiện và cụ thể hơn. Các cấp, các ngành và các doanh nghiệp đã quan tâm, chú trọng việc huấn luyện về an toàn vệ sinh lao động. Tuy nhiên qua điều tra về nhu cầu huấn luyện an toàn vệ sinh lao động trong năm 2007 cho thấy công tác huấn luyện về an toàn vệ sinh lao động còn nhiều hạn chế, bất cập như: Tỷ lệ huấn luyện còn thấp và mang tính hình thức, số lượng giảng viên còn thiếu và chưa được đào tạo có bài bản, phương pháp huấn luyện chưa phù hợp, chưa có những bộ giáo trình chuẩn về các nội dung huấn luyện để phục vụ cho từng đối tượng huấn luyện...

Để góp phần thực hiện tốt các mục tiêu Chương trình Quốc gia về Bảo hộ lao động đến năm 2010 do Chính phủ ban hành, trong đó có mục tiêu trung bình hàng năm giảm 5% tần suất tai nạn lao động trong các ngành, lĩnh vực có nguy cơ cao về tai nạn lao động (Khai khoáng, xây dựng và sử dụng điện), Cục An toàn Lao động, Bộ Lao động - Thương binh và Xã hội đã phối hợp với Tổ chức Lao động Quốc tế trong khuôn khổ Dự án nâng cao năng lực huấn luyện an toàn vệ sinh lao động ở Việt Nam (VIE/05/01/LUX) do Chính phủ Luxembourg tài trợ thực hiện việc biên soạn 4 bộ tài liệu cho bốn ngành có nguy cơ cao về an toàn vệ sinh lao động sau:

- 1. An toàn vệ sinh lao động trong sản xuất cơ khí*
- 2. An toàn vệ sinh lao động trong thi công xây dựng*
- 3. An toàn vệ sinh lao động trong khai thác mỏ*
- 4. An toàn vệ sinh lao động trong sử dụng điện*

Bốn bộ tài liệu này được biên soạn trên cơ sở nghiên cứu và kế thừa các tài liệu quốc tế và trong nước, các tiêu chuẩn và quy chuẩn về an toàn vệ sinh lao động cũng như các báo cáo nghiên cứu khoa học của các chuyên gia trong bốn ngành nói trên. Nội dung tài liệu chủ yếu đưa ra những kiến thức chung, cơ bản về an toàn cho từng ngành/lĩnh vực làm cơ sở cho việc biên soạn bài giảng cho các đối tượng có liên quan. Tài liệu đã được chỉnh sửa trên cơ sở tiếp thu ý kiến góp ý của chuyên gia các ngành, địa phương về lĩnh vực này. Tùy theo từng đối tượng cần huấn luyện mà có thể tham khảo, chọn lọc những nội dung thiết yếu và bố trí thời lượng phù hợp với từng đối tượng.

Ban quản lý Dự án xin chân thành cảm ơn các tác giả có tên sau đây đã tham gia biên soạn, chỉnh sửa, hiệu đính bộ tài liệu: Ông Nguyễn Mạnh Khang, ông Đào Anh Tuấn, bà Trần Thị Vân Thu và các cán bộ từ Trung tâm Huấn luyện An toàn Vệ sinh Lao động; và đặc biệt cảm ơn các ý kiến phản biện, nhận xét của ông Phùng Huy Dật, Phó ban Bảo hộ Lao động, Tổng liên đoàn Lao động Việt Nam; và sự đóng góp của các đồng nghiệp để hoàn thành bộ tài liệu An toàn vệ sinh lao động trong sử dụng điện này.

Tài liệu được biên soạn lần đầu nên không tránh khỏi thiếu sót, Dự án VIE/05/01/LUX và Ban soạn thảo rất mong được sự đóng góp quý báu của các chuyên gia và đồng nghiệp./.

Vũ Như Văn
Phó Cục trưởng Cục An toàn Lao động
Trưởng ban Quản lý Dự án

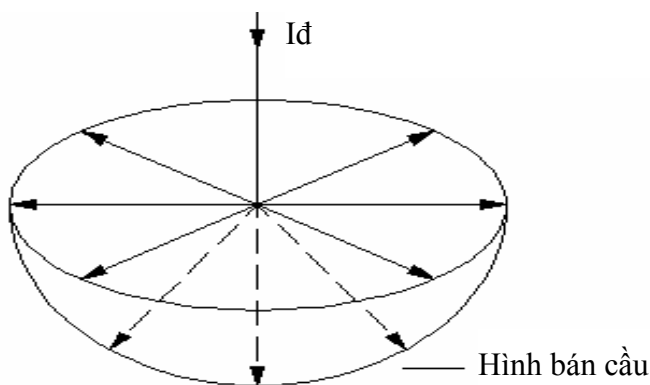
Chương 1

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ AN TOÀN ĐIỆN

I. HIỆN TƯỢNG DÒNG ĐIỆN ĐI TRONG ĐẤT VÀ SỰ PHÂN BỐ ĐIỆN TÍCH TRÊN MẶT ĐẤT

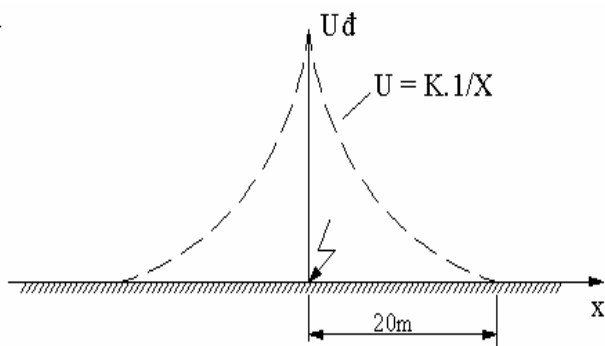
Trường hợp dây dẫn bị đứt rơi xuống đất hay cách điện của thiết bị điện bị chọc thủng, sẽ có dòng điện chạm đất.

Về phương diện an toàn, dòng điện chạm đất làm thay đổi cơ bản trạng thái của mạng điện (điện áp giữa đất và dây dẫn thay đổi, xuất hiện các điện thế khác nhau giữa các điểm trên mặt đất và gần chỗ chạm đất). Dòng điện đi vào đất sẽ tạo nên ở điểm chạm đất một vùng dòng điện dò trong đất và điện áp trong vùng này phân bố theo một định luật nhất định (hình 1.1).



Hình 1.1

Bằng tính toán và thực nghiệm, người ta thấy rằng điện áp trong vùng này phân bố theo dạng hypebôn và có đường cong phân bố điện áp như sau:



Hình 1.2

Điện áp tại một điểm nào đấy trên mặt đất (điểm A) gần chỗ chạm đất được tính theo công thức:

$$U_x = U_d \cdot X_d / X = K \cdot 1/X \quad (\text{CT 1.1})$$

Trong đó:

X: Khoảng cách từ điểm A đến điểm chạm đất

U_x : Điện áp tại điểm A

U_d : Điện áp trên vật nối đất.

X_d : Bán kính vật nối đất.

$$K = U_d \cdot X_d \quad (\text{CT 1.2})$$

Tại điểm chạm đất $U_d = U_{\max}$.

Trong vùng cách vật nối đất gần 1m có khoảng 68% điện áp rơi.

Những điểm trên mặt đất nằm ngoài 20m cách chỗ chạm đất thực tế có thể xem như ngoài vùng dòng điện nguy hiểm (hay còn gọi là những điểm có điện áp = 0 → đất).

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

$$R_d = U_d / I_d \quad (\text{CT 1.3})$$

Trong đó:

U_d : Điện áp giáng trên vật nối đất.

I_d : Dòng điện chạy qua vật nối đất vào trong đất.

II. ĐIỆN ÁP TIẾP XÚC

Trong quá trình tiếp xúc với thiết bị điện, nếu mạch điện khép kín qua người thì điện áp giáng trên người lớn hay bé tùy thuộc vào điện trở khác mắc nối tiếp với thân người. Phần điện áp đặt vào người gọi là điện áp tiếp xúc (U_{tx}).

Vì chúng ta nghiên cứu an toàn trong điều kiện chạm vào một cực (một pha) là chủ yếu, nên có thể xem U_{tx} là thế giữa 2 điểm trên đường dòng điện đi qua mà người có thể chạm phải. Để rõ hơn chúng ta xét ví dụ sau:

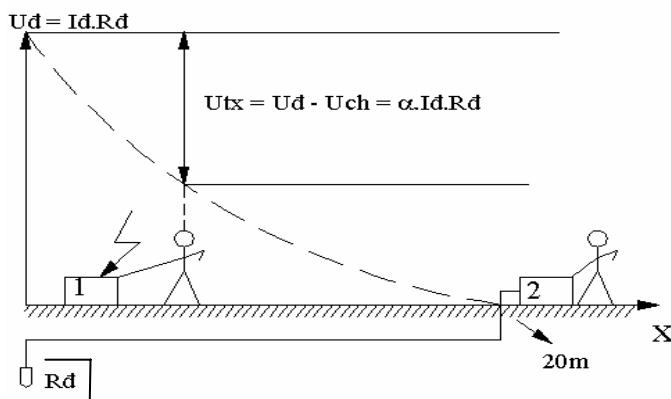
Có 2 động cơ 1 và 2. Vỏ các động cơ này nối với vật nối đất có điện trở R_d . Động cơ 1 bị chọc thủng cách điện của 1 pha.

Trong trường hợp này vật nối đất và vỏ các thiết bị đều mang điện áp đối với đất là:

$$U_d = I_d \cdot R_d$$

Người chạm vào bất kỳ động cơ nào cũng có thể là U_d . Mặt khác thế của chân người (U_{ch}) phụ thuộc vào khoảng cách từ chỗ đứng đến vật nối đất. Kết quả là người bị tác dụng của điện áp:

$$U_{tx} = U_d - U_{ch} \quad (CT\ 1.4)$$



Hình 1.3

Càng xa vật nối đất $\rightarrow U_{ch}$ càng nhỏ. Nếu $> 20m$, $U_{ch} = 0 \rightarrow U_{tx} = U_d$.

Trong trường hợp chung có thể biểu diễn:

$$U_{tx} = \alpha \cdot U_d$$

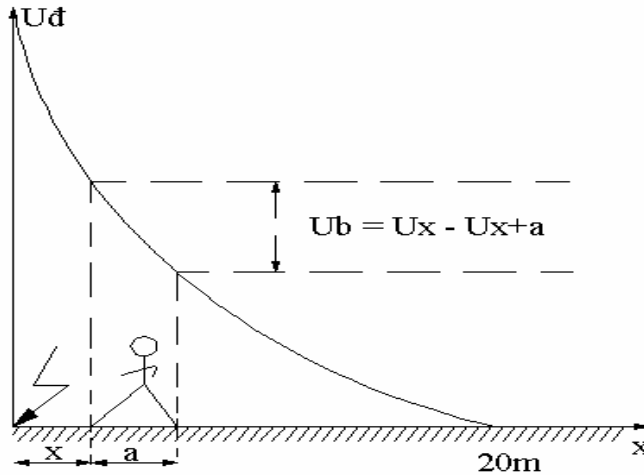
Trong đó: α là hệ số tiếp xúc.

Trong thực tế U_{tx} luôn $< U_d$ (điện áp giáng trên vật nối đất).

III. ĐIỆN ÁP BƯỚC

Khi 1 pha chạm đất hoặc 1 thiết bị nào đó bị chọc thủng cách điện, ta có sự phân bố thế như sau:

Điện áp đối với đất ở chỗ trực tiếp chạm đất: $U_d = I_d \cdot R_d$



Hình 1.4

Điện áp giữa 2 chân người do dòng điện chạm đất tạo nên gọi là điện áp bước.

$$U_b = U_x - U_{x+a} = K \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x+a} \right) = \frac{K \cdot a}{x(x+a)} \quad (\text{CT 1.5})$$

Trong đó:

$$K = U_d \cdot X_d$$

a: Độ dài bước (khoảng 0,8 m)

x: Khoảng cách đến chỗ chạm đất.

Từ công thức trên ta thấy:

+ Càng xa vật nối đất, U_b càng nhỏ.

+ Những điểm cách xa vật nối đất $\geq 20\text{m} \rightarrow U_b$ xấp xỉ bằng 0

+ Những vòng tròn đẳng thế (hay những mặt cầu đẳng thế) là những vòng tròn (hay mặt cầu đồng tâm) mà tâm điểm là chỗ chạm đất. $U_b = 0$ khi 2 chân người đứng trong vòng tròn đẳng thế.

Như vậy sự phụ thuộc đối với khoảng cách đến chỗ chạm đất của U_b trái ngược với U_{tx} .

Điện áp bước có trị số khá lớn nên dù không tiêu chuẩn hoá U_b nhưng để đảm bảo an toàn, qui định là khi có chạm đất phải cấm người đến gần chỗ bị chạm đất với khoảng cách sau:

+ Từ 4 m ÷ 5 m đối với thiết bị trong nhà.

+ Từ 8 m ÷ 10 m với thiết bị ngoài trời.

Người ta không tiêu chuẩn hoá U_b cũng như U_{tx} mà chỉ tiêu chuẩn hoá điện áp đối với đất - đó là điện áp ứng với dòng điện chạm đất tính toán trong bất kỳ thời gian nào của năm đều không vượt quá:

+ 250V đối với điện áp > 1000V.

+ 40V đối với điện áp < 1000V.

Dòng điện đi qua chân người, không qua cơ quan hô hấp tuần hoàn nên ít nguy hiểm hơn, nhưng với trị số điện áp bước khoảng 100V đến 250V, các bắp cơ có thể bị co rút làm người ngã → làm thay đổi sơ đồ đầu điện. Qui trình kiểm tra và sử dụng các phương tiện bảo vệ của Liên Xô (cũ) qui định: khi đi lại trong các trạm ngoài trời, phải dùng ủng cách điện nếu $U_b > 40V$.

IV. ĐIỆN ÁP CHO PHÉP

Điện trở cơ thể con người thường rất khác nhau (điện trở người nhỏ: $4 \div 7k\Omega$; điện trở người lớn: $13 \div 17k\Omega$) và là hàm của nhiều biến số. Mỗi biến số lại phụ thuộc vào những hoàn cảnh khác nhau, nên trong nhiều trường hợp không thể dự đoán trước được trị số dòng điện qua người. Vì thế để xác định giới hạn an toàn cho người, không dựa vào "dòng điện an toàn" mà phải theo điện áp cho phép.

Dùng điện áp cho phép sẽ tiện lợi vì mỗi mạng điện có một điện áp tương đối ổn định.

Thực tế cho thấy rằng điện áp thứ cấp máy hàn (< 65V) vẫn làm chết người. Và ở những nơi đặc biệt nguy hiểm có khi xảy ra tai nạn ở thiết bị điện áp 12V.

Tiêu chuẩn điện áp cho phép ở mỗi nước một khác:

- Ba Lan, Thụy Sĩ, Tiệp Khắc: $U_{cp} = 50V$.

- Hà Lan, Thụy Điển, Pháp: $U_{cp} = 24V$.

- Liên Xô (cũ): tùy theo môi trường làm việc mà U_{cp} có các trị số: 65V; 36V và 12V...

Ở Việt Nam: U_{cp} đối với chiếu sáng cục bộ ở các máy công cụ, chiếu sáng ở những nơi nguy hiểm (trong buồng kín, hầm mỏ...) là 36V và 24V. Còn ở những nơi đặc biệt nguy hiểm lấy $U_{cp} = 12V$.

V. MỘT SỐ THUẬT NGỮ CƠ BẢN KHÁC

1. Mạng điện hạ áp có trung tính cách ly (Sơ đồ IT): Mạng điện có trung tính thứ cấp máy biến áp hoặc máy phát điện không nối với nối đất hoặc được nối với bị nối đất qua một tổng trở lớn hoặc qua thiết bị phát tín hiệu, đo lường, bảo vệ, dập hồ quang, còn vỏ của các thiết bị điện được nối đất.

2. Mạng điện hạ áp có trung tính nối đất trực tiếp: Mạng điện có trung tính thứ cấp của máy biến áp hoặc máy phát điện nối trực tiếp với nối đất hoặc nối với bị nối đất qua một điện trở nhỏ (ví dụ qua máy biến dòng), còn vỏ của các thiết bị điện được nối với dây "không", bao gồm sơ đồ TN-C, TN-C-S hay TN-S.

3. Chạm đất: là sự nối điện bất ngờ giữa những bộ phận có mang điện áp của thiết bị điện với những cấu trúc khác hoặc với đất trực tiếp. Dòng điện chạm đất là dòng điện đi vào đất qua chỗ bị chạm.

4. Dây "không" (PEN): Dây trung tính trong mạng hạ áp 3 pha, 4 dây mà điểm trung tính đã được nối đất trực tiếp.

5. Dây bảo vệ (PE): Dây chỉ dùng cho mục đích bảo vệ nối "không", được tách từ dây "không" khi bảo vệ thiết bị 1 pha, hoặc là dây thứ 5 trong mạng điện 3 pha, 5 dây (Sơ đồ TN-S), hoặc là dây nối đất trong sơ đồ IT và TT.

Chú thích

Dây "không" vừa làm nhiệm vụ là dây trung tính để dẫn điện (N), vừa làm nhiệm vụ là dây bảo vệ (PE) (Sơ đồ TN-C). Khi áp dụng nối "không"

cho thiết bị điện 1 pha, từ dây "không" phải tách ra làm 2 dây là: Dây trung tính (N) và dây bảo vệ (PE) (Sơ đồ TN-C-S). (Trong sơ đồ TN-C-S, sơ đồ TN-C không bao giờ được sử dụng sau TN-S. Điểm tách PE khỏi PEN thường là điểm đầu của lưới điện).

6. Dây nối "không": Dây dẫn nối vỏ của thiết bị điện cần bảo vệ nối "không" với dây "không" (PEN) hoặc với dây bảo vệ (PE).

7. Dây nối đất: Dây dẫn để nối các bộ phận cần bảo vệ với điện cực nối đất.

8. Nối "không": Biện pháp bảo vệ khi nối vỏ của thiết bị điện với dây "không", để khi có chạm vỏ sẽ hình thành ngắn mạch 1 pha, dòng điện ngắn mạch gây tác động thiết bị bảo vệ để cắt dòng điện nguồn đến chỗ chạm vỏ.

9. Nối đất: Nối một điểm của mạch điện hoặc vỏ của thiết bị điện với trang bị nối đất.

10. Nối đất bảo vệ: Nối vỏ của thiết bị điện với trang bị nối đất để giảm điện áp chạm đất đến mức an toàn cho người vận hành và đảm bảo thời gian tác động của thiết bị bảo vệ khi có sự cố chạm vỏ.

11. Nối đất làm việc: Nối điểm trung tính máy biến áp hoặc một điểm nào đó của dây trung tính của mạng với trang bị nối đất, nhằm bảo đảm chế độ làm việc của mạng điện và khắc phục nhanh sự cố.

12. Nối đất lặp lại: Nối dây "không" với trang bị nối đất để giảm nhỏ điện áp trên dây "không".

13. Trang bị nối đất: Kết cấu bao gồm các điện cực nối đất và dây nối đất.

14. Điện cực nối đất: Các vật dẫn điện hay một nhóm các vật dẫn điện được liên kết với nhau và tiếp xúc trực tiếp với đất.

15. Điện cực nối đất nhân tạo: Các điện cực được thiết kế, lắp đặt và sử dụng cho mục đích nối đất.

16. Điện cực nối đất tự nhiên: Các kết cấu kim loại có sẵn của các đường ống của nhà và công trình tiếp xúc trực tiếp với đất và được phối hợp sử dụng cho mục đích nối đất.

17. Đường trực nối đất hoặc nối "không": Phần dây nối đất hoặc nối "không" kéo dài để nối đến các thiết bị điện cần bảo vệ.

18. Vùng điện thế "không": là vùng đất ở ngoài phạm vi vùng tản của dòng điện chạm đất.

19. Điện áp trên trang bị nối đất: Điện áp giữa điểm dòng điện đi vào cực nối đất và vùng điện thế "không" khi dòng điện từ điện cực nối đất tản vào đất.

20. Điện trở trang bị nối đất (còn gọi là điện trở nối đất): Tỉ số giữa điện áp trên trang bị nối đất và dòng điện vào trang bị nối đất.

21. Thiết bị điều khiển: Một tổ hợp bao gồm các phần tử điều khiển, đo lường, điều chỉnh cùng với các thiết bị có liên quan tới chúng và được bổ sung hoàn chỉnh bằng các liên kết cơ điện bên trong, các kết cấu chịu lực và vỏ che chắn.

22. Tủ điều khiển: Vỏ chứa các khí cụ điện và thiết bị điều khiển, được lắp đặt trên máy hoặc tách rời so với máy.

23. Hốc: Một vị trí trong máy hoặc trong tủ điều khiển được bao kín mọi phía, nhưng có cửa để lắp ráp, quan sát hoặc thông gió cho các thiết bị điện bên trong.

24. Kênh: Các rãnh hoặc máng, ống... chỉ dùng để đặt và bảo vệ dây dẫn.

25. Ống dẫn: Kênh được chế tạo dưới dạng ống có thành cứng hoặc mềm bằng vật liệu kim loại hoặc phi kim loại để bảo vệ dây dẫn.

26. Mạch động lực: Mạch dùng để phân phối điện năng từ nguồn điện đến các thiết bị trực tiếp thực hiện các thao tác công nghệ.

27. Mạch điều khiển: Mạch dùng để điều khiển hoạt động của máy và bảo vệ mạch động lực.

28. Thiết bị đóng cắt: Những thiết bị dùng để đóng hoặc ngắt một hoặc nhiều mạch.

29. Thiết bị điều khiển: Thiết bị trong mạch điều khiển dùng để điều khiển máy.

30. Cơ cấu dẫn động của thiết bị điều khiển bằng tay: Những cụm của hệ thống dẫn động mà phải dùng các ngoại lực tác động vào nó khi thao tác (*ví dụ:* các nút ấn, cần điều khiển...).

31. Cách điện làm việc: Cách điện để đảm bảo cho thiết bị làm việc bình thường và bảo vệ chủ yếu chống điện giật.

32. Cách điện bổ sung: Cách điện độc lập bổ sung cho cách điện làm việc để bảo vệ chống điện giật khi cách điện làm việc bị hư hỏng.

33. Cách điện kép: Cách điện kết hợp cả cách điện làm việc và cách điện bổ sung.

34. Cách điện tăng cường: Cách điện làm việc được cải tiến với các tính chất cơ điện để bảo đảm mức độ bảo vệ chống điện giật như cách điện kép.

Nơi đặt thiết bị điện được phân loại theo mức độ nguy hiểm như sau:

35. Nơi nguy hiểm về điện: Nơi có một trong những yếu tố sau:

1- Độ ẩm tương đối trong không khí vượt quá 75% trong thời gian dài hoặc có bụi dẫn điện (bụi bám vào dây dẫn, lọt vào trong thiết bị điện).

2- Nền nhà dẫn điện (nền nhà bằng kim loại, đất, bê tông cốt thép...).

3- Nhiệt độ cao (có nhiệt độ vượt quá 35°C trong thời gian dài hơn 24 giờ).

4- Những nơi người có thể tiếp xúc đồng thời một bên là các kết cấu kim loại của nhà xưởng, các thiết bị máy móc đã nối đất và một bên vỏ kim loại của thiết bị điện có nguy cơ chạm vỏ.

36. Nơi đặc biệt nguy hiểm về điện: Nơi có một trong những yếu tố sau:

1- Rất ẩm (có độ ẩm tương đối của không khí xấp xỉ 100% - bề mặt trần, tường, sàn nhà và đồ vật trong nhà có đọng sương).

2- Môi trường có hoạt tính hóa học (thường xuyên hay trong thời gian dài chứa hơi, khí, chất lỏng có thể tạo nên các chất, nắm mốc dẫn đến phá hủy cách điện và các bộ phận mang điện của thiết bị điện).

3- Đồng thời có hai yếu tố trở lên ở nơi nguy hiểm về điện nêu ở khoản 36, Điều này.

37. Nơi ít nguy hiểm về điện: Nơi không thuộc hai loại trên.

38. Thiết trí điện: Công trình điện tập hợp thiết bị điện dùng để sản xuất, biến đổi, truyền dẫn, phân phối và tiêu thụ điện năng.

39. Công việc làm cắt điện hoàn toàn: Công việc tiến hành mà ở đó tất cả các nguồn dẫn điện đến đều được cắt điện.

40. Công việc làm cắt điện một phần: Công việc tiến hành mà ở đó chỉ có một số phần mang điện được cắt điện. Những phần mang điện còn lại phải thực hiện các biện pháp ngăn cách không cho người làm việc chạm phải.

41. Công việc làm không cắt điện: Công việc làm trực tiếp trên những phần mang điện.

42. Điện áp an toàn: Điện áp không vượt quá 36V đối với nguồn điện xoay chiều và 48V đối với nguồn điện một chiều. Điện áp này phải được cấp từ nguồn cung cấp điện an toàn.

43. Các ký hiệu quốc tế (xem Phụ lục 11).

Chương 2

TÁC HẠI CỦA DÒNG ĐIỆN ĐỐI VỚI CƠ THỂ CON NGƯỜI

I. KHÁI NIỆM CHUNG

Điện năng ngày càng đóng vai trò quan trọng trong sản xuất cũng như đời sống. Điện góp phần để nâng cao năng suất lao động, giảm nhẹ cường độ lao động, cải thiện điều kiện sinh hoạt, văn hoá và tinh thần của nhân dân...

Tuy nhiên, điện cũng gây ra những tai nạn, sự cố hết sức nghiêm trọng nếu không tuân thủ những qui chuẩn, tiêu chuẩn về an toàn trong sản xuất, quản lý và tiêu thụ điện.

Theo thống kê hàng năm: tai nạn lao động chết người do điện chiếm khoảng hơn 10% tổng số tai nạn lao động chết người nói chung, thậm chí có năm chiếm tới 20% tổng số tai nạn lao động chết người.

Khoa học hiện nay đã phân tích đầy đủ về tác hại của dòng điện đối với cơ thể con người.

Thực tế cho thấy khi chạm vào vật có mang điện áp, con người sẽ chịu tác động bởi dòng điện đi qua người. Tác hại sinh lý do dòng điện gây lên như: huỷ hoại bộ phận thần kinh điều khiển các giác quan, làm tê liệt cơ thịt, sung màng phổi, huỷ hoại cơ quan hô hấp và tuần hoàn...

Tai nạn điện thường xảy ra trong các trường hợp sau:

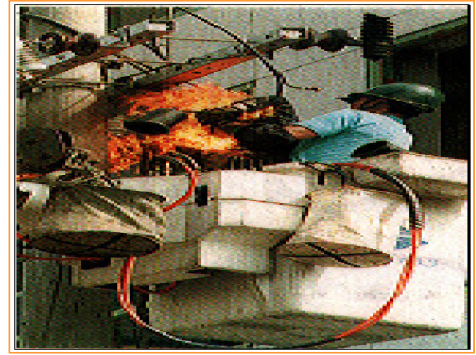
- Do chạm phải những bộ phận bằng kim loại của thiết bị điện khi cách điện bị hỏng.
- Do chạm phải vật dẫn có mang điện áp.
- Do điện áp bước, xuất hiện ở chỗ dòng điện đi vào đất.
- Do hồ quang khi đóng cắt điện hoặc vi phạm khoảng cách an toàn lưới điện.

Do điện tích tĩnh điện



Arm with third degree burn from high-voltage line.

Hình 2.1



Hình 2.2



Hình 2.3

II. NHỮNG YẾU TỐ LIÊN QUAN ĐẾN TAI NẠN ĐIỆN

Nghiên cứu về chấn thương điện, người ta đã xác định được các yếu tố liên quan đến tai nạn điện là:

- Điện trở của cơ thể người.
- Loại và trị số dòng điện đi qua người.
- Thời gian dòng điện đi qua người.
- Đường đi của dòng điện qua cơ thể người.
- Tần số dòng điện đi qua cơ thể người.
- Đặc điểm của người bị điện giật.

1. Điện trở của cơ thể người (R_{ng})

1.1. Điện trở của người (R_{ng}) là trị số điện trở đo được giữa 2 điện cực đặt trên cơ thể người. Có thể chia điện trở người thành hai phần

- Điện trở lớp da ở 2 chỗ điện cực đặt lên (dày từ $0,05 \div 0,2$ mm), được coi là cách điện tốt; Điện trở suất từ 1 triệu $\div$ 10 triệu Ωcm

- Điện trở của các bộ phận bên trong cơ thể: Điện trở suất từ 100 $\div$ 200 Ωcm

Điện trở của lớp da ngoài do điện trở của lớp sừng trên da quyết định. Chính vì vậy, tùy theo vị trí khác nhau mà điện trở của da cũng khác nhau. Ví dụ: Điện trở của bàn tay gấp 10 $\div$ 50 lần điện trở da mặt. Hoặc nếu xem điện trở giữa hai bàn tay là 1 thì điện trở giữa 2 bàn chân là 1,3.

Điện trở của cơ thể người là đại lượng không ổn định, nó có thể thay đổi trong một phạm vi rất lớn khoảng $1.000\Omega \div 100.000\Omega$

1.2. Điện trở của cơ thể người phụ thuộc vào những yếu tố sau

a) Tình trạng da khô hay ẩm, sạch hay bẩn, nguyên vẹn hay xây xát

- Bình thường da khô ráo sạch sẽ, không xây xát thì $R_{ng} = 3.000 \div 100.000 \Omega$ (đo khi $U = 15 \div 20\text{V}$).

Nếu cạo sạch lớp sừng: $R_{ng} = 1.000 \div 5.000\Omega$.

Khi mất lớp da ngoài (biểu bì) thì $R_{ng} = 500 \div 700\Omega$ và khi mất hoàn toàn da thì R_{ng} chỉ còn $100 \div 200\Omega$.

Trong tính toán lấy $R_{ng} = 1000\Omega$.

Độ ẩm của da cũng ảnh hưởng đến R_{ng} . Ví dụ: Tay ướt có muối thì R_{ng} giảm 30 đến 50%. Còn với nước cất thì R_{ng} giảm 15 đến 35 %. Sở dĩ như vậy vì khi da bị ẩm, nước hoà tan các muối khoáng và axit của cơ thể bài tiết qua mồ hôi làm cho da trở thành dẫn điện hơn.

Da bị bẩn làm cho R_{ng} giảm vì các hạt bụi như bụi than, bụi kim loại dẫn điện rất tốt. Các loại bụi đó bám vào da làm giảm điện trở của da. Ngoài ra các loại bụi bẩn dẫn điện chui vào miệng các tuyến mồ hôi, tuyến nhờn tạo thành những mạch dẫn điện lâu dài ở da làm cho điện trở ở da giảm xuống.

b) Vị trí tiếp xúc, diện tích tiếp xúc và lực tiếp xúc

- Do cấu tạo không đồng nhất, độ dày lớp sừng của da và sự phân bố các tuyến mồ hôi trên cơ thể ở các vị trí khác nhau cũng khác nhau. Vì vậy, R_{ng} thay đổi tùy thuộc vào vị trí tiếp xúc.

- Diện tích tiếp xúc càng lớn thì R_{ng} càng nhỏ. Với điện áp bé (50 đến 60V) có thể xem điện trở của da tỉ lệ nghịch với diện tích tiếp xúc:

$$\text{Khi diện tích tiếp xúc} = 8 \text{ cm}^2 \rightarrow R_{ng} = 7000\Omega.$$

$$\text{Khi diện tích tiếp xúc} = 24 \text{ cm}^2 \rightarrow R_{ng} = 3300\Omega.$$

$$\text{Khi diện tích tiếp xúc} = 400 \text{ cm}^2 \rightarrow R_{ng} = 1000\Omega.$$

- Khi da người bị dí mạnh trên các điện cực $R_{ng} \downarrow$.

c) Thời gian tác dụng của dòng điện qua người càng lâu, R_{ng} càng giảm do da bị đốt nóng và có sự thay đổi về điện phân.

d) Các tham số của mạch điện như dòng điện và điện áp

- Khi có dòng điện qua người, R_{ng} giảm đi. Sở dĩ như vậy là do lúc có dòng điện đi vào thân người, da bị đốt nóng, mồ hôi thoát ra làm $R_{ng} \downarrow$.

Thí nghiệm cho thấy:

$$\text{Với } I_{\sim} = 0,5 \text{ mA} \rightarrow R_{ng} = 4500\Omega.$$

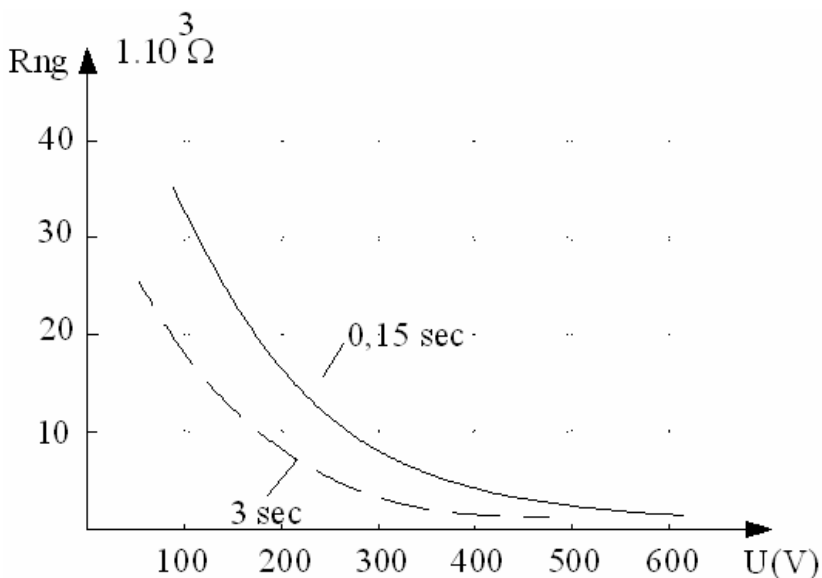
$$I_{\sim} = 2 \text{ mA} \rightarrow R_{ng} = 2000\Omega.$$

$$I_{\sim} = 0,5 \text{ mA} \rightarrow R_{ng} = 1200\Omega.$$

$$I_{\sim} = 2 \text{ mA} \rightarrow R_{ng} = 800\Omega.$$

- Điện áp rất ảnh hưởng đến R_{ng} , vì ngoài hiện tượng điện phân còn có hiện tượng chọc thủng. Với lớp da mỏng, hiện tượng chọc thủng đã có thể xuất hiện ở điện áp từ 10 đến 30V. Nhưng nói chung ảnh hưởng của điện áp thể hiện rõ nhất với trị số điện áp $> 250\text{V}$. Lúc này điện trở người có thể xem tương đương với lúc người bị bóc hết lớp da ngoài.

Ở điện áp một chiều, cơ thể không có điện dung và điện động cực phân tăng lên. Do đó ở trường hợp điện áp một chiều R_{ng} lớn hơn ở trường hợp điện áp xoay chiều.



Hình 2.4: Sự phụ thuộc của R_{ng} vào điện áp ứng với các thời gian tiếp xúc khác nhau

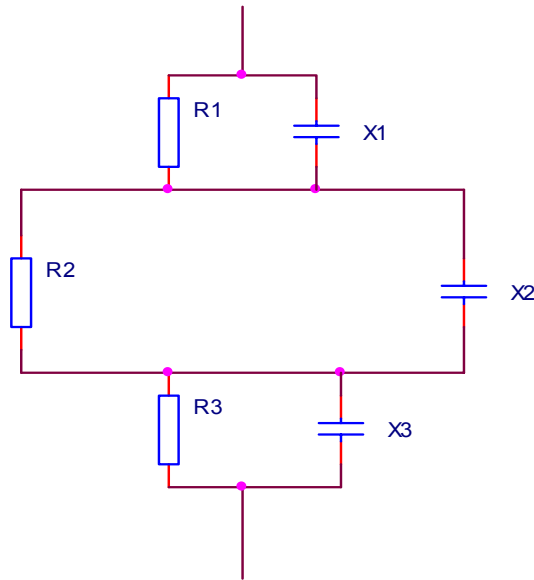
e) Các yếu tố sinh lý và môi trường xung quanh

Điện trở của nam lớn hơn nữ, già lớn hơn trẻ. Những kích thích bất ngờ đối với người như: châm hoặc đánh, âm thanh, ánh sáng cũng làm cho R_{ng} giảm. Hàm lượng ô xy trong không khí tăng (dù chỉ trong thời gian ngắn) cũng làm cho R_{ng} giảm...

Sở dĩ như vậy là do phản ứng của cơ thể dưới tác dụng nhiệt của môi trường, làm tăng sự cung cấp máu và làm mạch máu giãn nở, R_{ng} giảm.

Dòng điện có trị số khoảng 100mA có khả năng gây chết người. Tuy nhiên có trường hợp trị số dòng điện khoảng 5 đến 10 mA đã làm chết người. Sở dĩ như vậy là do mức độ kích thích hệ thống thần kinh và khả năng chịu đựng của mỗi người ảnh hưởng quyết định đến mức độ tổn thương. Đối với mỗi người, khả năng chịu đựng khác nhau. Khi uống rượu mà bị tai nạn điện thì mức độ tổn thương cũng tăng lên.

Điện trở của cơ thể người có thể được biểu diễn bằng sơ đồ thay thế sau:



Hình 2.5

Trong đó:

R_1, X_1 : Trở kháng của da phía dòng điện đi vào.

R_2, X_2 : Trở kháng phía dòng điện đi ra.

R_3, X_3 : Trở kháng các cơ quan bên trong thân người.

2. Loại và trị số của dòng điện giật

Dòng điện là yếu tố vật lý trực tiếp gây ra tổn thương. R_{ng} , U_{ng} chỉ là các đại lượng biến đổi dòng điện qua người mà thôi.

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

Từ thực nghiệm, người ta đã đo được các trị số dòng điện gây tác hại lên cơ thể người như sau:

Dòng điện (mA)	Tác dụng của dòng xoay chiều (50 đến 60 Hz)	Tác dụng của dòng một chiều
0,6 đến 1,5	Bắt đầu thấy ngón tay tê.	Không có cảm giác gì
2 đến 3	Ngón tay tê rất mạnh.	Không có cảm giác gì
5 đến 7	Bắt thịt co lại và rung.	Đau như kim châm, thấy nóng.

Dòng điện (mA)	Tác dụng của dòng xoay chiều (50 đến 60 Hz)	Tác dụng của dòng một chiều
8 đến 10	Tay đã khó rời vật mang điện. Ngón tay, khớp tay lòng bàn tay thấy đau.	Nóng tăng lên.
20 đến 25	Tay không rời được vật mang điện, đau, khó thở.	Nóng tăng lên, thịt co quắp lại nhưng chưa mạnh.
50 đến 80	Thở bị tê liệt, tim bắt đầu đập mạnh.	Nóng mạnh, bắp thịt ở tay co rút, khó thở.
90 đến 100	Thở bị tê liệt, nếu kéo dài 3 giây tim bị tê liệt dẫn tới ngừng đập.	Thở bị tê liệt.

Qua bảng trên ta thấy: Dòng điện qua người càng lớn càng nguy hiểm. Dòng điện bắt đầu gây nguy hiểm cho người là $20 \div 25\text{mA}$ (xoay chiều) và $50 \text{ đến } 80 \text{ mA}$ (một chiều). Làm chết người là 100mA .

Tuy nhiên khi xét về tai nạn điện, không nên chỉ đơn thuần theo trị số dòng điện mà phải xét đến môi trường, hoàn cảnh xảy ra tai nạn và sức chịu đựng của cơ thể nạn nhân. Có như vậy mới có thể lý giải được nhiều trường hợp điện áp nhỏ, trị số dòng điện không lớn hơn trị số dòng điện gây choáng bao nhiêu, đã có thể gây chết người.

Khi nghiên cứu các hiện tượng sinh lý học về điện giật, các nhà khoa học của Liên Xô đã dùng các phương pháp đo lường đặc biệt và thận trọng chứng minh rằng: có khi dòng điện chỉ $5 \div 10 \text{ mA}$ đã gây chết người. Chính vì vậy, hiện nay với dòng điện xoay chiều tần số $50 \div 60\text{Hz}$, trị số dòng điện an toàn lấy bằng 10 mA .

3. Thời gian dòng điện đi qua người

Yếu tố thời gian tác dụng của dòng điện vào cơ thể người rất quan trọng và biểu hiện dưới nhiều hình thức khác nhau.

- Thời gian tác dụng càng lâu, R_{ng} càng giảm vì lớp da bị nóng dần và lớp sừng trên da bị chóc thủng càng nhiều, tác hại của dòng điện vào cơ thể người càng tăng lên.

- Khi dòng điện tác động trong thời gian ngắn thì tính chất nguy hiểm phụ thuộc vào nhịp đập của tim. Mỗi chu kì co giãn của tim kéo dài độ 1 giây. Trong chu kì có khoảng 0,1 giây tim nghỉ làm việc (giữa trạng thái co

và dẫn) và ở thời điểm này, tim rất nhạy cảm với dòng điện qua nó. Nếu dòng điện qua người lớn hơn 1 giây, thế nào cũng trùng với thời điểm nói trên của tim.

Thí nghiệm cho thấy rằng, dù dòng điện lớn (hàng chục A) đi qua người mà không gặp thời điểm nghỉ của tim cũng không có nguy hiểm gì.

Căn cứ những lý luận trên có thể giải thích vì sao ở các mạng điện cao áp (110kV; 35 kV; 10kV; 6kV...) tai nạn do điện gây ra rất ít dẫn đến trường hợp tim ngừng đập hay ngừng hô hấp. Với điện áp cao, dòng điện xuất hiện trước khi người chạm vào vật mang điện. Nạn nhân chưa kịp chạm vào vật mang điện thì hồ quang đã phát sinh và dòng điện qua người lớn (có thể đến vài A). Dòng điện này tác động rất mạnh vào người gây cho cơ thể một sự phản xạ phòng thủ rất mãnh liệt. Kết quả là hồ quang điện bị dập tắt ngay (hoặc chuyển sang bộ phận mang điện bên cạnh). Dòng điện chỉ tồn tại trong khoảng thời gian vài phần của giây. Với thời gian ngắn như vậy rất ít khi làm tim ngừng đập hay hô hấp bị tê liệt. Ở chỗ bị đốt sẽ sinh ra 1 lớp hữu cơ cách điện của thân người và chính lớp hữu cơ này ngăn cách dòng điện với thân người một cách có hiệu quả.

Tuy nhiên không thể kết luận điện áp cao không gây nguy hiểm, vì dòng điện lớn này qua cơ thể trong thời gian ngắn nhưng có thể đốt cháy nghiêm trọng làm chết người.

4. Đường đi của dòng điện

Đường đi của dòng điện qua người quyết định nhiều đến mức độ gây tác hại. Điều chủ yếu là có bao nhiêu phần trăm của dòng điện tổng qua các cơ quan hô hấp và tim. Qua thí nghiệm người ta đã ghi được kết quả sau:

Đường đi của dòng điện	Phân lượng dòng điện tổng qua tim (%)
Từ chân qua chân	0,4
Tay trái qua chân	3,7
Tay qua tay	3,3
Tay phải qua chân	6,7
Đầu qua chân	6,8

Từ đó có kết luận là: dòng điện qua tim hay cơ quan hô hấp phụ thuộc cách tiếp xúc của người với mạng điện.

Dòng điện từ đầu qua chân và từ tay phải qua chân có phân lượng qua tim nhiều nhất. Vì phần lớn dòng điện qua tim theo trục dọc, trục này nằm trên đường từ tay phải (hoặc đầu) đến chân.

Dòng điện đi từ chân đến chân có phân lượng dòng điện qua tim nhỏ nhất. Người ta đã dùng chó làm thí nghiệm, cho dòng điện đi từ chân này đến chân kia của chó với $U = 960V$ trong 12 giây. Kết quả là không con nào bị chết. Trường hợp tăng đến $6000V$ cũng không làm chó chết. Cũng làm thí nghiệm trên với thỏ và thỏ cũng chịu được điện áp $180V$ đến $400V$ trong thời gian từ $0,5 \div 12,5$ giây.

Tuy nhiên không nên cho rằng U_b không nguy hiểm vì khi bị điện áp bước, các bắp thịt, các cơ của chân sẽ co rút lại làm người ngã xuống, lúc đó sơ đồ đầu điện sẽ khác đi.

5. Tần số điện giật

Điện kháng của cơ thể người do điện dung tạo nên $\rightarrow X_{ng} = \frac{1}{2\pi fC}$.

Khi $f \uparrow$ thì $R_{ng} \downarrow \rightarrow$ càng nguy hiểm. Nhưng trên thực tế kết quả lại không như vậy mà ở tần số càng cao thì mức độ nguy hiểm càng giảm đi.

Viện nghiên cứu bệnh nghề nghiệp ở Leningrát đã dùng chó làm thí nghiệm và thu được kết quả sau:

Số TT	Tần số (Hz)	Điện áp (V)	Số chó thí nghiệm (con)	Xác suất chó bị chết (%)
1	50	117 đến 120	15	100
2	100	117 đến 120	20	45
3	125	100 đến 121	10	20
4	150	120 đến 125	10	0

Như vậy ở tần số càng cao, xác suất chó chết càng giảm.

Muốn giải thích hiện tượng này, phải tìm ảnh hưởng của các loại tần số dòng điện đến các tế bào hữu cơ, đặc biệt là các tế bào quan trọng liên quan đến tim và hô hấp.

Lúc đặt điện áp một chiều vào màng tế bào, các phân tử trong tế bào bị phân thành những ion khác nhau và bị hút ra ngoài màng tế bào. Như vậy phân tử bị cực hoá và kéo dài thành ngẫu cực. Các chức năng sinh vật, hoá học của tế bào bị phá huỷ đến một mức độ nhất định.

Nếu đặt nguồn xoay chiều vào thì ion cũng chạy theo 2 chiều khác nhau ra phía ngoài màng tế bào. Nhưng lúc đổi chiều thì chuyển động của ion lại ngược lại. Nếu với một tần số nào đó của dòng điện, tốc độ của ion đủ để cứ trong một chu kì chạy được 2 lần bề rộng của tế bào thì trường hợp này ứng với mức độ kích thích nhiều nhất, tế bào bị phá huỷ nhiều nhất.

Với dòng điện tần số cao, khi dòng điện đổi chiều, ion không kịp đập vào màng tế bào. Tần số càng tăng lên, đường đi của ion càng ngắn và mức độ kích thích tế bào càng ít.

Ở tần số cao, điện trường hầu như không ảnh hưởng đến chuyển động của i- on, tế bào không bị kích thích nhiều.

Đối với người, tần số $50 \div 60\text{Hz}$ là nguy hiểm nhất. Khi tần số bé hoặc lớn hơn các trị số trên, mức độ nguy hiểm sẽ giảm xuống.

Trong thực tế sản xuất, với các loại máy phát tần số 3.000 Hz , 10.000Hz hay lớn hơn, công suất 10kW cũng không xảy ra hiện tượng điện giật chết người.

Chương 3

PHÂN TÍCH AN TOÀN TRONG CÁC MẠNG ĐIỆN

A. PHÂN TÍCH AN TOÀN TRONG CÁC MẠNG ĐIỆN ĐƠN GIẢN (Mạng điện một chiều và mạng điện xoay chiều 1 pha)

I. KHI NGƯỜI CHẠM VÀO 2 CỰC

Đây là trường hợp nguy hiểm nhất. Khi đó: $I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}}$ (CT 3.1)

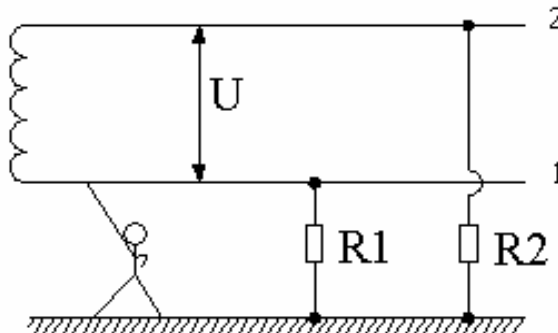
Trong đó: U là điện áp của lưới điện.

Tai nạn thường xảy ra khi công nhân sửa chữa lưới điện có mang điện áp. Một tay sờ vào một cực còn chạm vào cực kia có thể bằng tay, cùi tay hay một tay khác.

II. KHI NGƯỜI CHẠM VÀO 1 CỰC

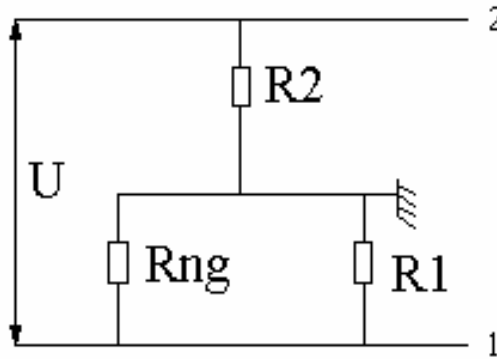
Trong thực tế vận hành, trường hợp người chạm vào 2 cực ít xảy ra mà thường là chạm vào một cực và hậu quả của tai nạn phụ thuộc tình trạng làm việc của lưới điện đối với đất.

1. Mạng điện cách điện đối với đất



Hình 3.1.

Khi người chạm vào 1 cực sẽ tạo nên một mạch kín. Vì cách điện của mạng không bao giờ thật lý tưởng ($R_1 \neq \infty$; $R_2 \neq \infty$) nên ta có sơ đồ đẳng trị tương ứng.



Hình 3.2

Từ sơ đồ đẳng trị ta tính được:

$$I_{ng} = \frac{U \cdot R_1}{R_{ng}(R_1 + R_2) + R_1 R_2} \quad (CT\ 3.2)$$

Giả thiết: $R_1 = R_2 = R_{cd} \rightarrow I_{ng} = \frac{U}{2R_{ng} + R_{cd}} \quad (CT\ 3.3)$

Từ biểu thức (3.3) ta thấy rõ vai trò của R_{cd} . Nếu cách điện của mạng càng tốt thì mức độ nguy hiểm càng giảm.

Nếu lấy dòng điện an toàn = 10 mA thì điều kiện an toàn là:

$$R_{cd} \geq 100 U - 2R_{ng}$$

+ Trường hợp nguy hiểm nhất khi người chạm vào 1 pha còn pha kia chạm đất. Lúc đó:

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}} \rightarrow \text{giống như chạm vào 2 cực.}$$

+ Trong các biểu thức trên chúng ta không xét đến điện trở của nền nhà vì điện trở này rất bé, hoặc không tham gia trong sơ đồ. Tuy nhiên, lúc

chạm vào 1 cực, ý nghĩa cách điện của nền nhà (hoặc giày dép) là rất quan trọng. Khi đó:

$$I_{ng} = \frac{U}{2(R_{ng} + R_{ch}) + R_{cd}} \quad (\text{CT 3.4})$$

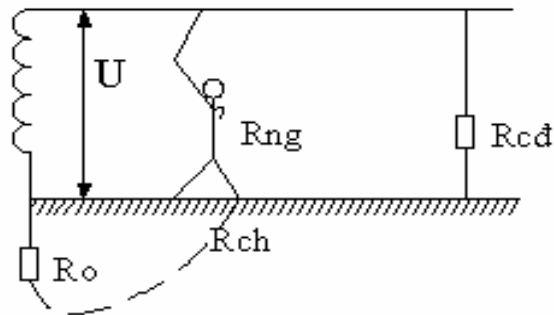
Trong đó: R_{ch} là điện trở của giày dép + nền nhà

R_{cd} là điện trở cách điện của mạng

2. Mạng điện có 1 cực hay 1 pha nối đất

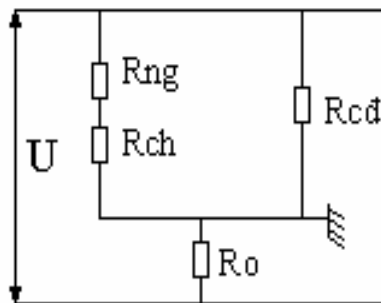
2.1. Mạng điện 1 dây

Mạng này chỉ có 1 dây còn dây khác là đất hay đường ray (tàu điện...)



Hình 3.3.

Sơ đồ thay thế:



Hình 3.4.

Từ đó ta tính được:

$$I_{ng} = \frac{U.R_{cd}}{(R_{ng} + R_{ch})(R_{cd} + R_0) + R_{cd}R_0} \quad (CT\ 3.5)$$

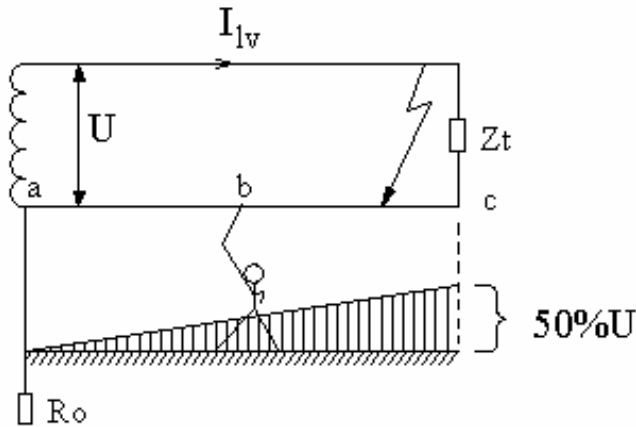
$$\text{Nếu xem } R_0 = 0 \text{ (vì nhỏ)} \rightarrow I_{ng} = \frac{U}{R_{ng} + R_{ch}} \quad (CT\ 3.6)$$

Như vậy, nếu người đứng trên đất ướt hay trên đường ray mà chạm vào dây dẫn điện sẽ phải chịu 1 điện áp bằng toàn bộ điện áp của mạng điện. Do vậy khi vận hành mạng điện này rất nguy hiểm nên phải treo cao dây dẫn điện hoặc tăng cường cách điện dưới chân người.

2.2. Mạng điện 2 dây

Mạng này dùng để đo lường 1 pha, để cung cấp điện cho máy biến áp hàn hay biến áp dùng cho loại đèn cầm tay...

Khi chạm vào cực có nối đất



Hình 3.5

Bình thường khi chạm vào cực có nối đất không nguy hiểm gì vì:

$$U_{ng} = I_{lv}.R_{ab} \quad (CT\ 3.7)$$

Trong đó: I_{lv} là dòng điện làm việc của mạng điện

R_{ab} là điện trở của đoạn dây dẫn ab

Dù chạm vào điểm b cách vật nối đất bao nhiêu thì U_{ng} luôn $< 5\% U$.

Nhưng khi xảy ra ngắn mạch, điện áp phân bố trên đường dây theo điện trở của dây dẫn. Nếu tiết diện dây dẫn như nhau thì tại điểm c điện áp bằng $U/2$ và càng gần điểm a điện áp càng giảm.

Khi chạm vào cực không nối đất

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng} + R_{ch}} \quad (CT\ 3.8)$$

Rất nguy hiểm, giống như trường hợp người đứng trên đất ướt chạm vào dây dẫn điện của mạng điện 1 dây.

3. Mạng điện cách điện đối với đất có điện dung lớn

Với các mạng điện đường dây cáp và đường dây trên không điện áp lớn hơn 1000V và mạng có điện áp nhỏ hơn 1000V có nhiều nhánh sẽ có điện dung đối với đất lớn. Nó gây lên hiện tượng là: đường dây tuy đã cắt ra khỏi mạch điện nhưng điện tích tàn dư vẫn có thể gây nguy hiểm cho người.

Trong mạng điện xoay chiều, điện áp của điện tích tàn dư không những phụ thuộc thông số của mạch điện mà còn phụ thuộc vào thời điểm cắt mạch điện.

Theo tính toán: nếu người cách điện với đất mà chạm vào 2 cực thì dòng điện qua người:

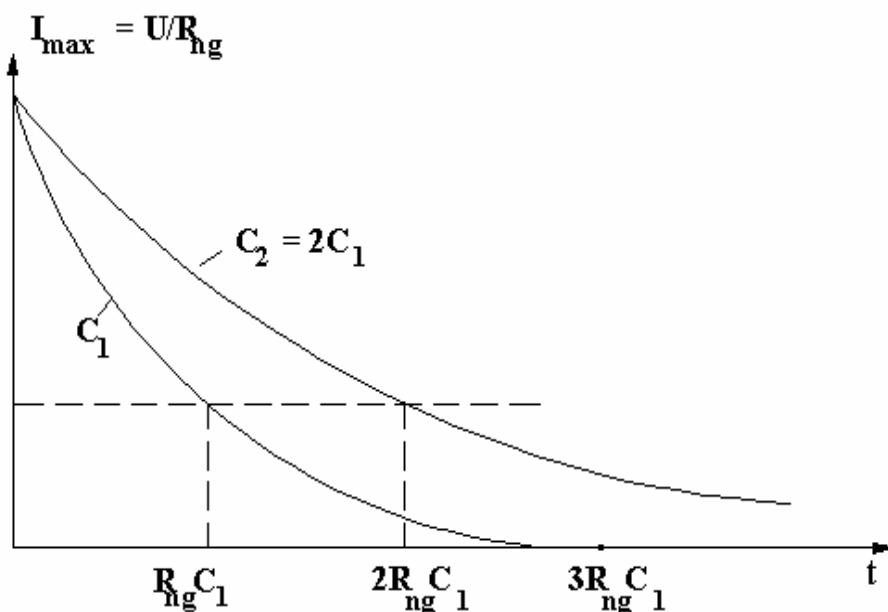
$$I_{ng} = \frac{U_0}{R_{ng}} \cdot e^{-\frac{t}{R_{ng}C_{12}}} \quad (CT\ 3.9)$$

Trong đó:

U_0 là điện áp tàn dư của đường dây ứng với thời điểm khi người chạm vào mạch điện.

C_{12} là điện dung giữa các dây dẫn của đường dây bị cắt.

Nếu biết U_0 , R_{ng} , C_{12} , ta xây dựng được quan hệ giữa dòng điện qua người và thời gian như sau ($I_{ng}(t)$):



Hình 3.6

Từ đó ta có nhận xét: nếu điện dung càng lớn ($C_2 > C_1$) trị số điện tích tàn dư ($Q = C.U$) càng cao làm cho dòng điện duy trì càng lâu và tất nhiên trị số trung bình của dòng điện tác dụng vào người càng lớn. Nếu chạm vào 1 dây của đường dây bị cắt điện (giả sử dây dẫn 1) thì:

$$I_{ng} = \frac{U_0}{2R_{ng}} \cdot e^{-\frac{t}{R_{ng}(2C_{12}+C_{11})}} \quad (CT\ 3.10)$$

Trong đó: C_{11} : Điện dung dây dẫn 1 với đất

C_{12} : Điện dung giữa dây dẫn 1 với 2

Nguy hiểm của điện tích tàn dư không những chỉ do trị số của dòng điện phóng, thời gian phóng mà còn ở nhiệt lượng gây bỏng:

$$Q = 0,24 \frac{CU^2}{2} \quad (CT\ 3.11)$$

B. PHÂN TÍCH AN TOÀN TRONG CÁC MẠNG ĐIỆN 3 PHA

I. MỘT SỐ KHÁI NIỆM

* Trong kỹ thuật điện, người ta chia thiết bị điện làm 2 loại:

- Thiết bị điện có điện áp $> 1000V$
- Thiết bị điện có điện áp $< 1000V$

* Trung tính của MBA có thể nối đất hay cách ly.

- Nếu trung tính không nối với các thiết bị nối đất hoặc nối qua thiết bị để bù dòng điện dung trong mạng, qua máy biến điện áp... hay qua các khí cụ điện có điện trở lớn được gọi là trung tính cách điện đối với đất.

- Nếu trung tính nối trực tiếp với thiết bị nối đất hoặc qua một điện trở bé thì gọi là trung tính trực tiếp nối đất.

* Dây trung tính là dây nối với điểm trung tính trực tiếp nối đất, sử dụng làm dây ngược khi phụ tải các pha không đều nhau.

Không nên cho rằng trung tính và dây trung tính không mang điện áp. Khi có hiện tượng lệch pha hoặc có chạm đất 1 pha... Trung tính cũng như dây trung tính đều mang điện áp nguy hiểm đến tính mạng người.

* Trong mạng 3 pha có những trường hợp tai nạn sau:

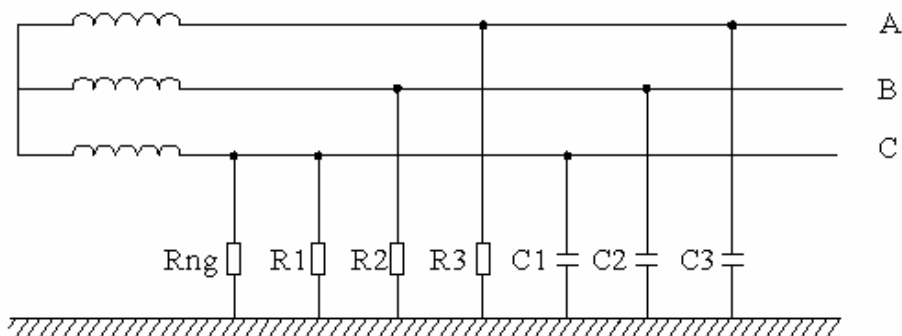
- Chạm vào 2 hoặc 3 pha
- Chạm vào 1 pha.
- Chạm vào vật không dẫn điện nhưng có điện áp xuất hiện bất ngờ (vỏ thiết bị, kết cấu kim loại...).
- Bị tác dụng của điện áp bước.
- Tồn thương do hồ quang điện.

II. MẠNG ĐIỆN CÓ TRUNG TÍNH CÁCH ĐIỆN ĐỐI VỚI ĐẤT

1. Trường hợp chạm vào 1 pha

1.1. Trường hợp chung

Khi mạng điện có trung tính cách điện đối với đất sẽ xuất hiện dòng điện rò và dòng điện dung của các pha với đất. Khi người chạm vào 1 pha nào đó (ví dụ pha C). Ta có sơ đồ nguyên lý như sau:



Hình 3.7

Trong đó: $C_1 \neq C_2 \neq C_3 \neq 0$

$R_1 \neq R_2 \neq R_3 \neq \infty$

Dùng định luật Kiết hốp để lập và giải các phương trình vi phân người ta thu được:

$$I_{ng} = \frac{U \cdot g_{ng}}{2} \sqrt{\frac{\left[3(g_3 + g_2) + \sqrt{3} \cdot \omega \cdot (C_3 - C_2)\right]^2 + \left[\sqrt{3}(g_2 - g_3) + 3 \cdot \omega \cdot (C_2 + C_3)\right]^2}{(g_{ng} + g_1 + g_2 + g_3)^2 + \omega^2 (C_1 + C_2 + C_3)^2}} \quad (CT 3.12)$$

Trong đó:

$g = \frac{1}{R}$ là điện dẫn

U là điện áp pha

$\omega = 1/f$, f là tần số nguồn điện

Công thức trên cho phép xác định I_{ng} của mọi trường hợp chạm vào mạng điện 3 pha với thông số bất kỳ của mạng điện.

1.2. Với mạng có điện áp < 1000V

* Mạng < 1000V có điện dung bé

Mạng này thường có chiều dài của dây cáp < 1Km nên có thể bỏ qua điện dung C ($C_1 = C_2 = C_3 = 0$)

Để đơn giản: coi $R_1 = R_2 = R_3 = R_{cd}$

Thay vào biểu thức (CT 3.12) ta được:

$$I_{ng} = \frac{3U}{3R_{ng} + R_{cd}} \quad (CT\ 3.13)$$

Như vậy ở mạng này khi người chạm vào 1 pha nào đấy hoặc chạm vào vỏ thiết bị có cách điện bị hỏng thì dòng điện qua người phụ thuộc chính vào cách điện của mạng (R_{cd}). Nếu tăng cường chất lượng cách điện của mạng sẽ đạt được yêu cầu an toàn.

** Mạng < 1000V có điện dung lớn*

Mạng này thường có chiều dài đường dây > 1Km. Lúc đó phải xét đến cả dòng điện rò và dòng điện dung.

Để đơn giản, coi:

$$C_1 = C_2 = C_3 = C$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_{cd}$$

Thay vào biểu thức (CT 3.12) ta sẽ tính được:

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R_{cd}(R_{cd} + 6R_{ng})}{9(1 + R_{cd}^2 \omega^2 C^2)R_{ng}^2}}} \quad (CT\ 3.14)$$

Từ biểu thức ta thấy: nếu C càng lớn, I_{ng} càng tăng

1.3. Với mạng điện > 1000V

Trong mạng điện này, điện trở cách điện thường rất tốt nhưng điện dung của các pha đối với đất lớn (khoảng vài phần mười $\mu F/Km$) vì thế có thể thay vào biểu thức (CT 3.12):

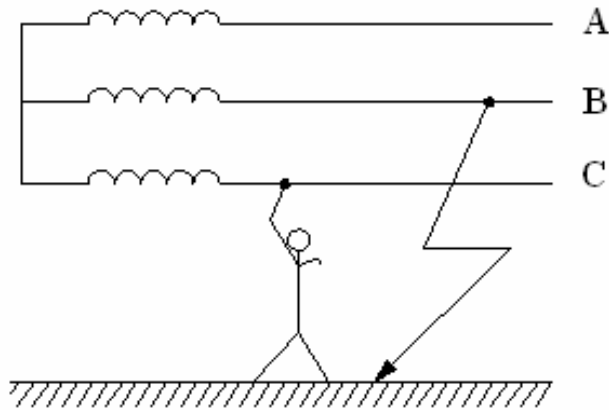
$$R_1 = R_2 = R_3 = \infty \quad (g_1 = g_2 = g_3 = 0).$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = C$$

$$\text{và ta thu được: } I_{ng} = \frac{3U}{\sqrt{9R_{ng}^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}} \quad (CT\ 3.15)$$

Từ đó có thể suy ra C càng lớn, I_{ng} càng tăng.

1.4. Khi chạm vào 1 pha còn pha khác chạm đất



Hình 3.8

Trường hợp này rất nguy hiểm vì điện áp đặt lên người đạt tới điện áp dây. Nếu pha kia chạm đất hoàn toàn thì người bị đúng điện áp dây tác dụng

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

2. Trường hợp chạm vào 2 pha

Trong tình trạng vận hành bình thường của mạng điện, khi người chạm vào 2 pha sẽ bị điện áp dây tác dụng

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

III- MẠNG ĐIỆN CÓ TRUNG TÍNH NỐI ĐẤT TRỰC TIẾP

1. Ý nghĩa của việc nối đất trung tính

Nối đất trung tính nhằm giảm bớt sự nguy hiểm do chạm đất gây lên, giữ cho điện áp của các dây pha đối với đất không tăng cao lúc xảy ra chạm đất.

Giả sử điện trở nối đất trung tính rất bé ($R = 0$). Một pha bị chạm đất còn người chạm vào 1 trong 2 pha còn lại thì điện áp đặt lên người chỉ là điện áp pha chứ không phải điện áp dây như trong mạng trung tính cách điện.

Một ưu điểm khác của mạng có trung tính nối đất trực tiếp là khi xảy ra chạm đất sẽ đưa đến ngắn mạch 1 pha và cắt mạch điện. Như vậy trạng thái chạm đất đối với mạng điện có trung tính cách điện đối với đất kéo dài rất lâu, còn với mạng này chỉ tồn tại trong thời gian rất ngắn (thời gian cần thiết để bảo vệ tác động).

Ngoài ra nối đất trung tính còn có ưu điểm về mặt kinh tế vì điện áp của mạng này đối với đất không vượt quá điện áp pha nên cách điện của mạng, của các cuộn dây máy điện và các bộ phận dẫn điện đối với vỏ thiết bị hay với đất đều tính toán với điện áp pha, còn khi trung tính cách điện đối với đất phải tính toán với điện áp dây.

Mặt khác trong thực tế sản xuất, lúc phụ tải các pha không đều nhau hoặc xảy ra chạm đất sẽ có hiện tượng lệch pha, lúc đó trung tính và dây trung tính sẽ có điện áp dư, điện áp này nhiều khi có giá trị tương đối lớn. Nếu dùng biện pháp nối trung tính bảo vệ thì điện áp dư này sẽ xuất hiện trên vỏ máy gây nguy hiểm cho người. Do đó nối đất trung tính sẽ có tác dụng triệt tiêu hoặc hạn chế điện áp dư đến mức an toàn.

Tuy nhiên cần lưu ý là:

- Trong thực tế vận hành, điều kiện điện trở nối đất trung tính ($R_0 = 0$) là rất khó thực hiện mà sẽ tồn tại một giá trị nào đó, nên khi xảy ra chạm đất một pha, điện áp của pha chạm đất sẽ phân bố trên cả R_0 và $R_{chđ}$ (điện trở chỗ chạm đất). Do đó điện áp của các pha đối với đất cũng như điện áp đặt vào người (lúc chạm phải pha còn lại) sẽ lớn hơn điện áp pha và đạt tới điện áp dây tùy thuộc vào độ lớn của R_0 và $R_{chđ}$.

- Khi vận hành bình thường (không bị chạm đất) lúc người chạm vào 1 pha nào dây của mạng có trung tính nối đất thì điện áp đặt lên người sẽ là điện áp pha và điện trở cách điện của mạng không tham gia hạn chế dòng điện qua người, đó là nhược điểm của mạng trung tính nối đất.

2. Mạng điện điện áp > 1000V

Ở mạng điện này thường có trung tính nối đất trực tiếp. Khi nối đất trung tính, cách điện đối với đất có thể bị giảm thấp, như vậy rất kinh tế.

Đối với mạng > 1000V, về phương diện an toàn mà nói cũng rất khuyến khích nối đất trung tính. Khi trung tính không nối đất, nếu xảy ra chạm đất 1

pha thì tình trạng này kéo dài rất lâu vì dòng điện điện dung rất bé, bảo vệ rơle không tác động. Ở gần chỗ chạm đất, sẽ xuất hiện sự phân bố điện áp rất nguy hiểm và điện áp phân bố tồn tại rất lâu. Ngược lại nếu trung tính nối đất trực tiếp thì với các cấp điện áp kể trên, dòng điện chạm đất nhất định sẽ rất lớn và khi nào cũng đủ cho bảo vệ dòng điện cực đại tác động và cắt chỗ bị sự cố.

Ngoài ra ở trạng thái bình thường của mạng này thì khi chạm vào 1 pha, mức độ nguy hiểm đều như nhau (dù trung tính nối đất hay không nối đất) và không ảnh hưởng gì đến việc chọn chế độ làm việc của trung tính.

Tuy nhiên đối với mạng $> 1000V$ có trung tính nối đất chỉ có hiện tượng không tốt là: lúc vỏ thiết bị bị chọc thủng cách điện, dòng điện qua thiết bị nối đất rất lớn vì khi chạm vỏ hay chạm đất, trong mạng điện chỉ còn điện trở tự tự không.

Dòng điện ổn định của ngắn mạch 1 pha trong mạng 110 kV đạt tới hàng ngàn am pe. Như vậy, muốn bảo đảm ổn định nhiệt cho hệ thống nối đất thì hệ thống này rất đắt. Mặt khác trên hệ thống nối đất (kể cả vỏ thiết bị nối với hệ thống nối đất) sẽ có thế hiệu đối với đất lớn, thế hiệu này có thể truyền sang mạng có điện áp $< 1000V$ nếu các mạng này nối đất chung.

Dòng điện chạm đất lớn làm cho bảo vệ cắt nhanh tác động (trong khoảng thời gian $0,035 \div 0,12$ giây) và điện thế cũng xuất hiện trong thời gian rất ngắn, nhưng tình trạng này đối với mạng $< 1000V$ cũng rất nguy hiểm vì người luôn tiếp xúc với vỏ thiết bị. Có thể khắc phục hiện tượng này bằng cách nối đất riêng cho mạng $> 1000V$ và $< 1000V$.

- Khi người chạm vào 1 pha:
$$I_{ng} = \frac{U_f}{R_{ng}} .$$

- Khi chạm vào 2 pha:
$$I_{ng} = \frac{U_d}{R_{ng}}$$

Cả 2 trường hợp đều nguy hiểm.

3. Mạng điện với điện áp $< 1000V$

Ở mạng này hay xảy ra hiện tượng chạm vào 1 pha:
$$I_{ng} = \frac{U_f}{R_{ng}}$$

Nếu chạm vào 2 pha:
$$I_{ng} = \frac{U_d}{R_{ng}}$$

Ở mạng có trung tính nối đất trực tiếp điện áp < 1000V, khi xảy ra chạm đất 1 pha sẽ tạo nên tình trạng phân bố thế nguy hiểm. Trong khi đó, dòng điện chạm đất khép mạch qua chỗ chạm đất không đủ để cho bảo vệ cắt chỗ bị sự cố và tình trạng này sẽ kéo dài như ở mạng có trung tính cách điện với đất.

IV. KẾT LUẬN CHUNG VỀ VẤN ĐỀ AN TOÀN TRONG MẠNG ĐIỆN 3 PHA

1. Nếu mạng có trung tính cách điện thì khi người chạm vào 1 pha dòng điện qua người sẽ phụ thuộc cách điện và điện dung của mạng điện.

Nếu cách điện của mạng càng cao, điện dung của các pha đối với đất càng nhỏ thì mức độ nguy hiểm càng giảm.

Khi xảy ra sự cố chạm đất 1 pha sẽ dẫn đến sự phân bố điện tích nguy hiểm ở chỗ chạm đất và tình trạng này sẽ kéo dài rất lâu vì nhiều trường hợp dòng điện chạm đất không đủ cho bảo vệ tác động cắt chỗ bị sự cố, làm cho điện áp của các pha còn lại đối với đất tăng cao đến điện áp dây. Khi người chạm vào 1 trong các pha còn lại sẽ bị điện áp dây tác dụng.

2. Nếu mạng có trung tính nối đất trực tiếp sẽ giảm được nguy hiểm khi có chạm đất 1 pha, vì nó giữ cho điện áp của các pha còn lại đối với đất không tăng cao và khi đó người chạm vào 1 trong các pha còn lại sẽ bị điện áp dây tác dụng.

Mặt khác ở mạng > 1000V, khi xảy ra chạm đất 1 pha sẽ đưa đến ngắn mạch 1 pha và dòng điện chạm đất này đủ lớn để bảo vệ cắt phần bị sự cố. Và như vậy tình trạng phân bố điện thế nguy hiểm ở chỗ chạm đất sẽ kéo dài trong 1 thời gian ngắn.

Mạng này có nhược điểm là ở tình trạng vận hành bình thường của mạng điện, nếu người chạm vào 1 pha sẽ nguy hiểm hơn so với ở mạng có trung tính cách điện vì lúc đó vai trò cách điện của mạng không tham gia hạn chế dòng điện qua người.

3. Khi chạm vào 2 pha, tình trạng nguy hiểm ở mạng trung tính cách ly cũng như ở mạng trung tính nối đất đều như nhau, vì điện áp đặt lên người đều bằng điện áp dây.

Chương 4

CÁC BIỆN PHÁP ĐỂ PHÒNG TAI NẠN ĐIỆN

A. CÁC BIỆN PHÁP

I. CÁCH ĐIỆN CỦA THIẾT BỊ ĐIỆN

Cách điện là biện pháp quan trọng hàng đầu để bảo vệ không cho điện rò ra vỏ máy gây nguy hiểm cho người sử dụng, tránh truyền điện giữa các pha gây ra ngắn mạch.

Trong thực tế sản xuất có thể do việc sử dụng máy móc cũ kỹ, cách điện bị già cỗi, hoặc có thể do lắp ráp, giữ gìn bảo quản cách điện không tốt, nên hiện tượng điện rò ra vỏ thiết bị trở thành phổ biến. Vì vậy trong quá trình sử dụng thiết bị, phải nghiêm chỉnh chấp hành các chế độ về sử dụng, kiểm tra, thử nghiệm cách điện của thiết bị. Nếu sử dụng quá điện áp, cách điện sẽ hư hỏng. Thiếu sự kiểm tra, thí nghiệm sẽ không phát hiện được kịp thời để sửa chữa hoặc thay thế.

1. Tiêu chuẩn cách điện

Cách điện được đặc trưng bằng R_{cd} . Trị số của R_{cd} cho phép phụ thuộc vào điện áp của mạng điện.

Trị số R_{cd} đối với các mạng điện và thiết bị điện được quy định trong các TCVN tương ứng.

2. Kiểm tra và thử nghiệm

Theo qui trình an toàn thiết bị điện, việc kiểm tra, thử nghiệm thiết bị điện hàng năm phải tiến hành từ $1 \div 2$ lần hoặc nhiều hơn tùy theo điều kiện sản xuất cụ thể từng nơi.

Kiểm tra, thử nghiệm cách điện có thể tiến hành bằng nhiều cách. Thông thường dùng Mê-gô-met. Khi có điều kiện thì thử bằng sức chịu đựng đối với điện áp tăng cao. Cách thử tiến hành như sau:

Loại thiết bị điện	Điện áp thử xoay chiều (V)	Phương pháp thử
Cáp có điện áp đến 1 kV	500 ÷ 1000	Quay Mê-gô-met loại 1000V trong 1 phút
Cáp có điện áp đến 2 kV	(4 ÷ 5) Uđm	Thử điện áp trong 5 phút. Quay Mê-gô-met loại 1000V trong 1 phút
Động cơ điện có cuộn Stato đến 380 V 500 V 3000 V 6000 V	1000 1500 5000 10.000	Thử điện áp trong 1 phút

Kết quả kiểm tra, thử nghiệm được ghi vào sổ nhật ký vận hành thiết bị điện.

3. Cách điện kép và cách điện tăng cường

Để tăng cường cách điện, bảo đảm an toàn cho người sử dụng, người ta dùng cách điện kép và cách điện tăng cường.

Cách điện kép là cách điện 2 lớp độc lập với nhau, mỗi lớp đều có khả năng chịu được điện áp định mức của thiết bị điện. Cách điện tăng cường là cách điện có trị số điện trở cách điện cao hơn cách điện thông thường, thường được sử dụng cho các loại máy điện cầm tay.

II- BẢO VỆ NỔI ĐẤT

1. Mục đích ý nghĩa

Khi cách điện bị hư hỏng, những phần kim loại của thiết bị điện hay các máy, thiết bị khác thường trước kia không có điện áp, bây giờ có thể mang hoàn toàn điện áp làm việc. Khi người chạm vào, có thể bị tai nạn.

Để an toàn, người ta nối đất những phần kim loại của máy, thiết bị để giảm điện áp những bộ phận trên đối với đất (khi có sự cố) đến một giá trị an toàn, không gây nguy hiểm cho người khi vô tình chạm vào vỏ thiết bị có cách điện bị chọc thủng.

Như vậy, nối đất là sự chủ động nối điện các bộ phận của các máy, thiết bị điện với hệ thống nối đất. Hệ thống nối đất gồm thanh nối đất và dây dẫn nối đất.

Ngoài nối đất bảo vệ, còn có loại nối đất với mục đích xác định chế độ làm việc của thiết bị điện như: nối đất trung tính máy biến áp (máy phát), nối đất bảo vệ quá điện áp, nối đất chống sét...

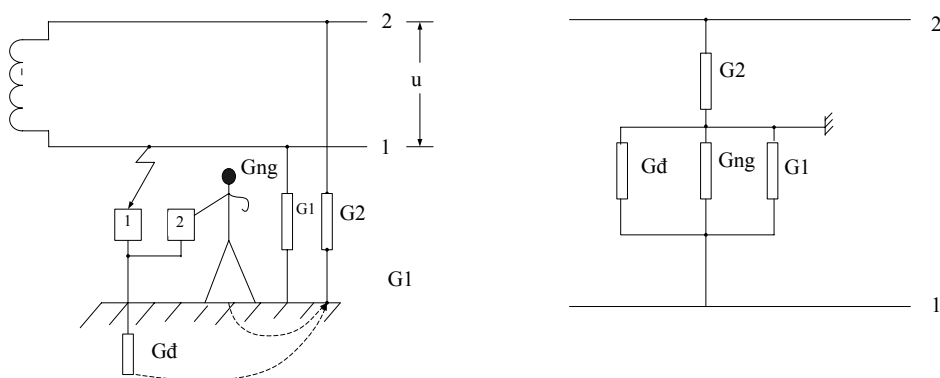
Thường người ta nối những bộ phận nối đất có những công dụng khác nhau thành một hệ thống nối đất (trừ những thu lôi đứng riêng rẽ).

Nối đất riêng rẽ cho thiết bị điện là không hợp lý và nguy hiểm vì khi có chạm đất ở 2 điểm, tạo nên thế hiệu nguy hiểm trên phần nối đất của thiết bị. Trong trường hợp này có dòng điện bé xuất hiện. Trị số dòng điện này không đủ để cho bảo vệ chạm đất làm việc.

Khi có hệ thống nối đất, chạm đất ở 2 điểm sẽ biến thành ngắn mạch 2 pha đưa đến tự động cắt chỗ bị hư hỏng.

2. Nối đất tập trung

Giả sử thiết bị điện nối vào mạch điện 1 pha hay một chiều. Vỏ thiết bị được nối đất. Thiết bị bị điện rò ra vỏ. Ta có sơ đồ nguyên lý và sơ đồ đẳng trị khi người chạm vào vỏ thiết bị điện như sau:



Hình 4.1. Nối đất tập trung

Từ đó ta tính được:

$$I_{ng} = U \cdot g_2 \cdot g_{ng} / (g_1 + g_2 + g_{ng} + g_d) \quad (\text{CT 4.1})$$

Trong đó: $g = 1/R$

Vì g_1, g_2, g_{ng} rất nhỏ so với g_d nên có thể bỏ qua ở mẫu số và:

$$I_{ng} = U \cdot g_2 \cdot g_{ng} / g_d \quad (\text{CT 4.2})$$

Bảo vệ nối đất tập trung đạt yêu cầu khi: $I_{ng} R_{ng} \leq U_{txcp}$

Từ CT 4.2 rút ra:

Muốn giảm I_{ng} thì giảm g_{ng} (tăng cường cách điện của người đối với đất).

Hoặc giảm g_2 (tăng cách điện của dây dẫn đối với đất).

Hoặc tăng g_d (giảm điện trở nối đất).

Biện pháp giảm điện trở nối đất đơn giản và có thể làm được.

Tuy nhiên, vì điện trở suất của đất lớn nên nối đất tập trung khó đảm bảo được yêu cầu an toàn. Vì thế người ta thường dùng hệ thống nối đất hình lưới (hình vòng).

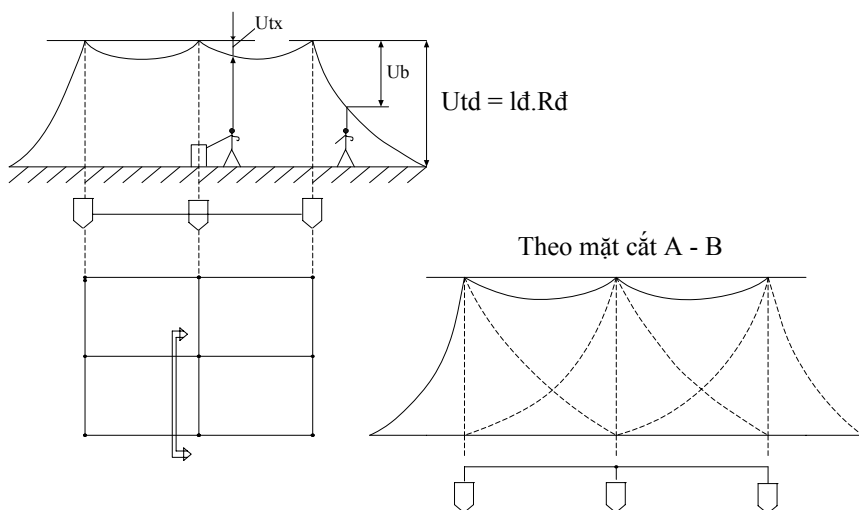
3. Nối đất hình lưới (hình vòng)

Điều kiện an toàn trong trường hợp cách điện bị chạm vỏ và có dòng điện đi qua vật nối đất được xác định bằng U_{tx} và U_b . Những điện áp này không vượt quá trị số giới hạn nào đấy để đảm bảo an toàn cho người.

Như đã phân tích ở chương III: càng gần vật nối đất, U_{tx} càng nhỏ và U_b càng lớn.

Nếu dùng nối đất tập trung thì khi có dòng điện chạm đất (I_d) đi qua, điện áp phân bố trên mặt đất rất không lợi.

Muốn đồng thời giảm U_{tx} và U_b phải dùng biện pháp nối đất hình lưới.



Hình 4.2. Nối đất hình lưới

Trên hình vẽ chúng ta thấy: nếu nối đất hình lưới, U_b và U_{tx} giảm xuống rất thấp.

Nối đất bảo vệ hình lưới thực hiện bằng cách cắm các ống (hoặc thanh) theo chu vi và ở giữa vùng đất cần bảo vệ.

Hình vẽ theo mặt cắt AB chỉ ra cách xây dựng đường thế hiệu của mỗi ống nối đất riêng rẽ và sau đây cộng tất cả các tung độ của đường cong này lại sẽ có dạng phân bố điện áp cho hệ thống nối đất trong vùng bảo vệ (đường đậm nét).

Qua hình vẽ chúng ta thấy: trên mặt đất có rất nhiều điểm có điện thế cực đại (các điểm nằm trên trục thẳng của vật nối đất). Cho nên, thế giữa các điểm trong vùng bảo vệ chênh lệch rất ít và do đó giảm được điện áp bước và điện áp tiếp xúc.

Điều cần chú ý là ngoài vùng bảo vệ của mạng lưới nối đất, đường phân bố điện áp lớn nên U_b có giá trị lớn. Để tránh U_b nguy hiểm, dọc theo đường ngoài mạng lưới nối đất, người ta chôn các tấm bằng kim loại và các tấm này không nối với hệ thống nối đất. Lúc đó, đường phân bố thế ở vùng này sẽ có độ dốc giảm và giảm được U_b .

4. Lĩnh vực dùng bảo vệ nối đất

4.1. Thiết bị điện có điện áp < 1000V

Bảo vệ nối đất dùng trong trường hợp trung tính cách điện đối với đất.

- *Những bộ phận cần nối đất:*

- + Vỏ máy điện; máy biến áp; các khí cụ điện; các thiết bị chiếu sáng...
- + Bộ phận truyền động của các thiết bị điện.
- + Các cuộn thứ cấp của máy biến áp đo lường.
- + Khung của tủ phân phối điện; bảng điều khiển; bảng điện và tủ điện cũng như các bộ phận có thể tháo ra được hoặc để hở nếu như trên đó có đặt các thiết bị điện.
- + Những kết cấu kim loại của thiết bị phân phối; kết cấu đặt cáp; những đầu mối bằng kim loại của cáp; vỏ kim loại và vỏ bọc của cáp lực và cáp

kiểm tra; vỏ kim loại của dây dẫn điện; ống kim loại luồn dây dẫn điện; vỏ và giá đỡ của thanh cái dẫn điện; các máng, hộp, các dây cáp thép và các thanh thép đỡ dây cáp và dây dẫn điện cũng như các kết cấu kim loại khác trên đó đặt các thiết bị điện.

+ Vỏ kim loại của các máy điện di động và cầm tay.

+ Các thiết bị điện được đặt ở các bộ phận di động của máy và các cơ cấu.

- *Những bộ phận không cần nối đất:*

+ Các thiết bị điện xoay chiều có điện áp đến 380V và một chiều có điện áp đến 440V trong các phòng ít nguy hiểm về điện.

+ Vỏ của thiết bị điện, dụng cụ điện và các kết cấu lắp ráp điện được đặt trên các kết cấu kim loại, trên các thiết bị phân phối, trên các khung, tủ, bảng điều khiển, trên các bộ máy công cụ và các máy cái đã được nối đất với điều kiện bảo đảm tiếp xúc về điện chắc chắn với hệ thống nối đất chính.

+ Tất cả các phụ kiện của cách điện các dạng khác nhau, thanh giằng, giá đỡ, phụ tùng của thiết bị chiếu sáng được lắp trên các cột điện ngoài trời bằng gỗ hoặc trên kết cấu bằng gỗ của trạm điện ngoài trời, nếu như không yêu cầu những kết cấu này phải được bảo vệ chống quá điện áp khí quyển.

Khi lắp dây cáp có vỏ kim loại được nối đất hoặc dây nối đất không có cách điện ở trên cột gỗ thì những bộ phận kể trên phải được nối đất.

+ Những bộ phận có thể tháo ra hoặc mở ra được của các khung kim loại của các buồng phân phối, tủ, rào chắn... nếu như trên các bộ phận đó không đặt thiết bị điện hoặc các thiết bị điện được lắp trên đó có điện áp xoay chiều không lớn hơn 42V và một chiều không lớn hơn 110V.

+ Vỏ dụng cụ có cách điện kép.

+ Các loại móc, kẹp bằng kim loại, các đoạn ống bằng kim loại để bảo vệ cáp ở những chỗ cáp xuyên tường, trần ngăn và các chi tiết tương tự, kể cả các hộp nối và rẽ nhánh kích thước đến 100 cm², những dây cáp hay dây dẫn có vỏ bọc cách điện đặt chìm trong tường, trần ngăn hay các phần tử khác của công trình xây dựng.

4.2. Thiết bị có điện áp > 1000V

Bảo vệ nối đất phải dùng trong mọi trường hợp không phụ thuộc chế độ làm việc của trung tính và loại nhà cửa.

Ở mạng này, ngoài việc thực hiện nối đất còn phải có biện pháp san bằng thế. Do vậy phải thực hiện nối đất theo hình lưới (hình vòng).

Trong mạng điện có điện áp đến 1000V có điểm trung tính cách ly (hoặc nguồn điện 1 pha có các đầu ra được cách ly với đất, cũng như các mạng điện 1 chiều có điểm giữa được cách ly với đất) được sử dụng để cung cấp điện cho các thiết bị điện trong trường hợp có những yêu cầu an toàn điện cao (như các thiết bị điện di động, khai thác than và mỏ). Các thiết bị điện phải được nối đất kết hợp với kiểm tra cách điện của mạng hoặc sử dụng máy cắt điện bảo vệ.

5. Hình dáng của vật nối đất, điện trở nối đất

5.1. Hình dáng của vật nối đất

Vật nối đất có thể có dạng hình ống hay thanh chữ nhật, hoặc hình thanh mỏng (để nối các ống nối đất với nhau hay nối các ống nối đất với thiết bị cần nối đất), hoặc các vật nối đất tự nhiên (vỏ cáp, ống dẫn nước, các cơ cấu bằng kim loại của toà nhà...).

Những vật nối đất tự nhiên này được nối vào thiết bị nối đất chính thành một hệ thống nối đất chung. Nối chung các vật nối đất tự nhiên vào thiết bị nối đất chính còn có tác dụng là đảm bảo an toàn cho người khi chạm đồng thời vào các vật nối đất tự nhiên và vỏ thiết bị vì lý do nào đó có điện áp xuất hiện trên chúng.

5.2. Điện trở nối đất

Điện trở nối đất gồm: điện trở phân tán, điện trở của các dây dẫn và thanh nối đất hợp lại. Điện trở phân tán chính là điện trở của đất. Muốn giảm điện trở của đất có thể làm giảm điện trở suất của đất (ρ_d). Do thành phần của đất phức tạp nên ρ_d thay đổi trong một phạm vi rất rộng. Thực nghiệm cho thấy: ρ_d phụ thuộc thành phần đất, nhiệt độ, độ ẩm, đất chặt hay không, đất có chứa muối, axit...

Để tính toán điện trở nối đất (R_{nd}), xuất phát từ trị số an toàn của điện áp tiếp xúc:

$$U_{txcp} = \alpha \cdot U_d^{TM} R_d = U_{txcp} / \alpha I_d \quad (CT\ 4.3)$$

Trong đó:

α : Hệ số tiếp xúc

U_{txcp} có thể = 36V; 24V; 12V... tùy theo loại nhà cửa.

Qua tính toán và để thỏa mãn điều kiện an toàn chung, qui phạm an toàn hiện hành qui định như sau;

- Với thiết bị điện có điện áp $\leq 1000V$:

$R_{nd} \leq 4\Omega$. khi công suất của máy phát hoặc máy biến áp là $\geq 100kVA$

$R_{nd} \leq 10\Omega$ khi công suất của máy phát hoặc máy biến áp là $< 100kVA$

- Với thiết bị có điện áp $> 1000V$:

$R_{nd} \leq 0,5\Omega$ trong bất cứ thời gian nào trong năm, có tính đến điện trở nối đất tự nhiên. Điện trở nối đất nhân tạo không vượt quá 1Ω .

- Trong mạng điện có mạng điện nối đất hiệu quả

Trong trường hợp trang bị nối đất được sử dụng đồng thời cho cả thiết bị điện có điện áp đến $1000V$:

$$R = 125 / I (\Omega)$$

Trong trường hợp này vẫn phải thực hiện những yêu cầu về nối đất (nối không) cho các thiết bị điện có điện áp đến $1000V$.

Trong trường hợp trang bị nối đất chỉ sử dụng cho thiết bị điện có điện áp lớn hơn $1000V$:

$$R = 250 / I (\Omega) \text{ nhưng không lớn hơn } 10\Omega.$$

Trong đó:

R là điện trở lớn nhất của trang bị nối đất (Ω)

I là dòng điện ngắn mạch chạm đất tính toán (A). Trong mạng điện không có bù dòng điện điện dung thì dòng điện tính toán lấy bằng 125% dòng điện danh định của các thiết bị bù đó.

Dòng điện ngắn mạch chạm đất tính toán cần phải được xác định theo sơ đồ vận hành lưới điện khi dòng điện ngắn mạch có trị số lớn nhất.

III- BẢO VỆ NỐI DÂY TRUNG TÍNH (nối " không")

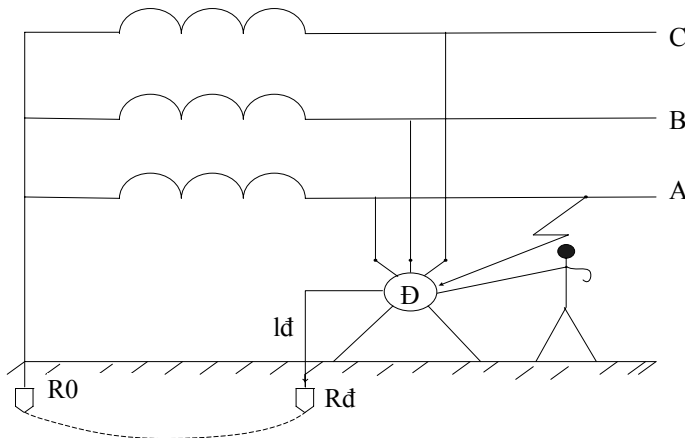
1. Ý nghĩa của bảo vệ nối dây trung tính

Bảo vệ nối dây trung tính là nối vỏ thiết bị điện với dây trung tính (dây này đã được nối đất ở nhiều chỗ).

Ý nghĩa của việc này xuất phát từ chỗ: Ở mạng < 1000V có trung tính nối đất trực tiếp, nếu dùng bảo vệ nối đất sẽ không đảm bảo được các điều kiện an toàn.

Ví dụ: có 1 mạng 3 pha 380/220V cấp điện cho 1 động cơ.

Động cơ được tiếp đất bảo vệ. Có $R_o = R_d = 4 \Omega$ (như hình vẽ).



Hình 4.3. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ nối không

Khi động cơ chạm vỏ ta có

$$I_d = U / (R_o + R_d).$$

I_d này không phải lúc nào cũng đủ để dây chảy của cầu chì bị chảy làm cho bảo vệ tác động cắt chỗ bị hư hỏng.

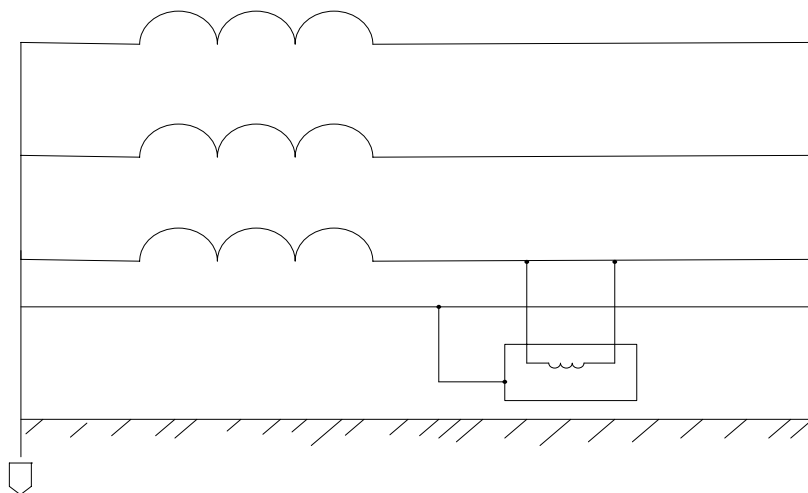
Ở ví dụ trên: $I_d = 220V / (4 \Omega + 4 \Omega) = 27,5 \text{ A}$.

Với trị số này chỉ làm chảy được dây chảy của loại cầu chì bé với $I_{dm} = 27,5 / (2 \div 2,5) = 14 \div 11 \text{ A}$.

Và như vậy, nếu dòng điện nói trên tồn tại lâu thì trên vỏ thiết bị điện có điện áp bằng $1/2$ điện áp pha và ở điều kiện khác còn có thể lớn hơn. Điều đó là không đảm bảo an toàn. Mặt khác điện áp của 2 pha còn lại đối với đất sẽ tăng cao (gây nguy hiểm vì cách điện của mạng được thiết kế thấp hơn - chỉ thiết kế đối với điện áp pha).

Người ta tìm cách tăng giá trị dòng điện chạm đất này lên một giá trị nào đó để bảo vệ có thể cắt nhanh chỗ bị sự cố mới đảm bảo được an toàn. Biện pháp đơn giản nhất là dùng dây dẫn nối vỏ thiết bị với dây trung tính. Mục đích của nó là biến sự chạm vỏ thiết bị thành ngắn mạch 1 pha để bảo vệ làm việc cắt nhanh phần bị sự cố.

Sơ đồ nguyên lý bảo vệ như sau:



Hình 4.4. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ nối không

2. Phạm vi áp dụng

Bảo vệ nối dây trung tính dùng cho mạng điện 4 dây điện áp $< 1000V$ có trung tính nối đất. Bảo vệ nối dây trung tính dùng cho mọi cơ sở sản xuất không phụ thuộc vào môi trường xung quanh. Biện pháp này vừa đơn giản, rẻ tiền lại dễ có khả năng thực hiện, nên hầu hết các cơ sở sản xuất công nghiệp hiện nay đều dùng loại bảo vệ này.

Khi dùng bảo vệ nối dây trung tính cho thiết bị điện có điện áp $< 1000V$ thì những bộ phận cần nối dây trung tính và không cần nối dây trung tính được quy định cũng như trong bảo vệ nối đất.

3. Nối đất làm việc và nối đất lặp lại

Khi dùng bảo vệ nối dây trung tính, trung tính này sẽ được nối đất ở đầu nguồn điện (nối đất làm việc) và nối đất lặp lại trong từng đoạn của mạng (nối đất lặp lại).

- *Bảo vệ nối dây trung tính sẽ không thể dùng được nếu dây trung tính không nối đất* vì: nếu xảy ra chạm đất ở chỗ nào đấy sẽ làm cho vỏ các thiết bị nối với dây trung tính có điện áp gần bằng điện áp pha. Hoặc khi có sự lệch pha, trên dây trung tính sẽ có điện áp dư và đưa điện áp này ra vỏ máy. Điểm trung tính của máy phát, máy biến áp về phía điện áp đến 1000V phải được nối với cực nối đất bằng dây nối đất. Không cho phép sử dụng dây trung tính làm việc đi từ điểm trung tính của máy phát hoặc máy biến áp đến bảng lắp thiết bị phân phối làm dây nối đất của máy biến áp hoặc máy phát.

Các cực nối đất phải được đặt trực tiếp ở gần máy. Trong trường hợp riêng (ví dụ ở các trạm trong phân xưởng) thì cho phép đặt cực nối đất trực tiếp cạnh tường nhà.

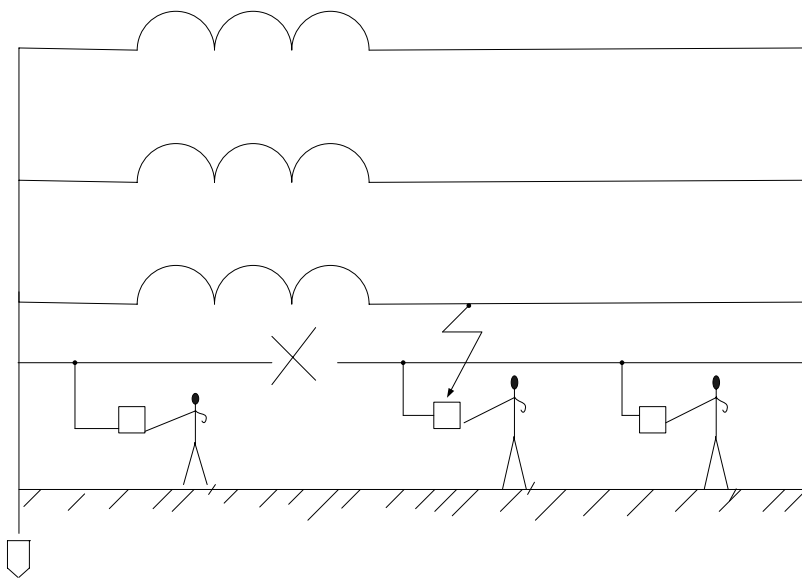
Điện trở của trang bị nối đất nối với điểm trung tính của máy phát hoặc máy biến áp hoặc đầu ra của nguồn điện 1 pha ở bất kỳ thời điểm nào trong năm phải $\leq 2; 4$ và 8Ω tương ứng với điện áp dây: 660; 380; và 220V đối với nguồn điện 3 pha hoặc: 380; 220 và 127V đối với nguồn điện 1 pha.

- *Khi dùng bảo vệ nối dây trung tính, dây trung tính phải được nối đất lặp lại* vì những lý do sau:

- Giảm được điện áp đối với đất của dây trung tính (cũng như vỏ thiết bị) nếu như chạm vỏ thiết bị điện.

- Giảm nhẹ được chế độ sự cố ở trường hợp dây trung tính bị đứt.

Ví dụ: có một mạng 3 pha, dây trung tính bị đứt và xảy ra chạm vỏ ở sau chỗ bị đứt.



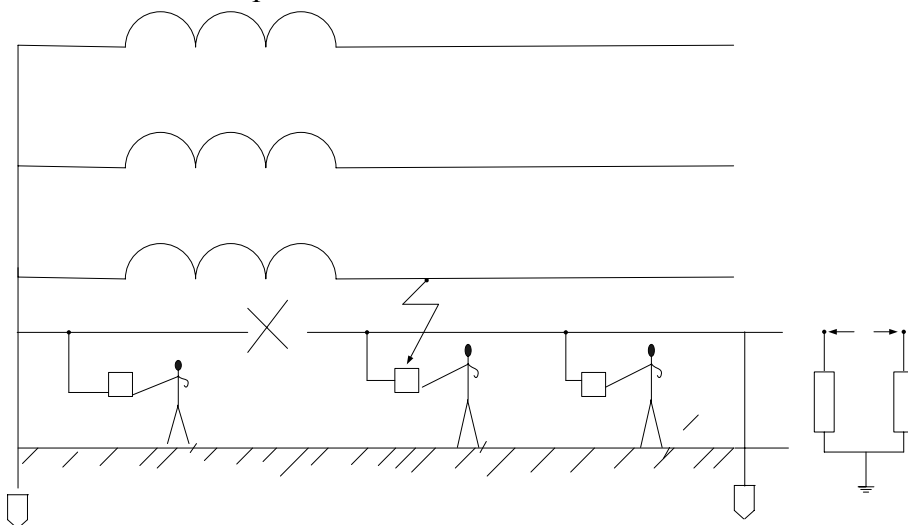
Hình 4.5. Sơ đồ nối không khi dây trung tính bị đứt

Khi đó dòng điện chạm đất không đủ cho bảo vệ tác động và tồn tại sự phân bố điện thế như sau:

Sau chỗ bị đứt: $u_{tx2} = U$

Trước chỗ bị đứt: $u_{tx1} = 0$

Khi có nối đất lặp lại:



Hình 4.6. Sơ đồ khi có nối đất lặp lại mà dây trung tính bị đứt

u_{tx} sau chỗ đứt giảm. Lúc đó:

$$u_{tx2} = u_{tx3} = I_d \cdot R_c = U \cdot R_c / (R_c + R_c)$$

$$u_{tx1} = I_d \cdot R_c = U \cdot R_c / (R_c + R_c)$$

Kết quả là làm cho sự phân bố thế ở các thiết bị điện trước chỗ đứt và sau chỗ đứt được đều hơn. Nếu $R_c = R_l$ thì $u_{tx} = U/2$. Tất nhiên trị số này không thoả mãn điều kiện an toàn, vì vậy phải có biện pháp để bảo vệ cho dây trung tính không bị đứt như:

- Khi thực hiện nối dây trung tính phải dùng dây trung tính bảo vệ riêng, tách biệt với dây trung tính làm việc (mạng 3 pha 5 dây) hoặc 1 phần dây trung tính bảo vệ, tách riêng ra từ dây trung tính làm việc để nối trung tính cho thiết bị điện. Chỗ nối phải hàn hoặc dùng bulông bắt chặt để đảm bảo tiếp xúc tốt (có sơ đồ nối "không" ở phụ lục 3).

- Trong mạch của dây trung tính không được dùng cầu dao hay cầu chì. Muốn cắt dây trung tính chỉ có thể dùng máy cắt điện và máy cắt sẽ cắt đồng thời dây trung tính và các dây pha khác cùng một lúc. Không được phép sử dụng dây trung tính bảo vệ của 1 đường dây để nối trung tính cho thiết bị được cung cấp điện từ 1 đường dây khác.

- Để đảm bảo ngắt tự động phần bị sự cố, cũng như để đảm bảo ổn định nhiệt, điện dẫn toàn phần của dây trung tính bảo vệ trong tất cả các trường hợp không được nhỏ hơn 50% điện dẫn của dây pha.

(Qui phạm một số nước qui định điện dẫn của dây trung tính bằng với điện dẫn của dây pha).

- Có 3 dạng nối dây trung tính là:

- + Không có nối đất lặp lại.

- + Nối đất lặp lại bố trí tập trung.

- + Nối đất lặp lại bố trí hình mạng vòng.

Ở cuối các đường dây cung cấp điện (hoặc các nhánh rẽ) có chiều dài lớn hơn 200m cũng như ở đầu vào từ đường dây đến các thiết bị điện cần nối trung tính phải có nối đất lặp lại cho dây trung tính bảo vệ (hoặc dây trung tính làm việc, nếu dây này được dùng để nối trung tính).

Trong trường hợp này, trước hết nên sử dụng các cực nối đất tự nhiên như móng cột và nối đất chống sét của đường dây. Nối đất lặp lại ở các phân xưởng nên nối vào các mạch vòng nối trung tính hay dây trung tính bảo vệ ở 2 điểm trở lên.

Nối đất lặp lại của dây trung tính trong lưới điện một chiều phải là các cực nối đất nhân tạo và các cực này không được nối với các đường ống đặt ngầm trong đất. Được phép sử dụng trang bị nối đất chống sét trên đường dây điện một chiều để làm nối đất lặp lại cho dây trung tính. Dây dẫn để nối dây trung tính với nối đất lặp lại phải được chọn theo dòng điện lâu dài có trị số không nhỏ hơn 25A và có kích thước đảm bảo được độ bền cơ học.

Điện trở của tất cả các nối đất lặp lại (kể cả nối đất tự nhiên) cho trung tính của mỗi đường dây trên không ở bất kỳ thời điểm nào trong năm không được lớn hơn 5; 10; 20 Ω tương ứng khi điện áp dây: 660; 380 và 220V đối với nguồn điện 3 pha hoặc; 380; 220 và 127V đối với nguồn điện 1 pha. Trong trường hợp này, điện trở của mỗi cụm nối đất lặp lại không được lớn hơn; 15; 30 và 60 Ω tương ứng với các điện áp đã nêu trên.

Khi điện trở suất của đất lớn hơn 100 Ωm thì được phép tăng trị số điện trở qui định trên lên 0,01 ρ lần nhưng không được lớn hơn 10 lần (ρ đo bằng $\Omega\text{.m}$).

Để cân bằng thế, phải nối tất cả các kết cấu kim loại có sẵn trong khu vực đặt thiết bị điện và các kết cấu nối đất tự nhiên khác với mạch vòng nối trung tính hoặc với dây "không" bảo vệ và vỏ thiết bị điện.

4. Những yêu cầu đối với nối trung tính bảo vệ thiết bị điện

Khi nối trung tính thiết bị điện, để đảm bảo ngắt tự động phân bị sự cố thì điện dẫn của dây pha và dây trung tính bảo vệ phải đảm bảo khi có sự chạm vỏ hoặc chạm ra dây trung tính bảo vệ, dòng điện ngắn mạch không nhỏ hơn:

- 3 lần dòng điện danh định của bộ phận ngắt không điều chỉnh hoặc dòng chỉnh định của bộ phận ngắt có điều chỉnh của aptomat có đặc tính dòng điện ngược.

- 3 lần dòng điện danh định của dây chảy ở cầu chảy gần nhất.

Dòng điện tác động tức thời nhân với hệ số xét đến sự sai lệch (theo số liệu nhà máy) và nhân với hệ số dự trữ là 1,1 khi bảo vệ bằng aptômát có bộ ngắt điện từ. Khi không có số liệu nhà máy thì bội số dòng điện ngắn mạch so với dòng điện chính định phải lấy không nhỏ hơn 1,4 đối với aptômát có dòng điện danh định đến 100A và không nhỏ hơn 1,25 đối với aptômát có dòng điện danh định lớn hơn 100A.

Khi dây trung tính bảo vệ đi song song và đi cạnh các dây pha thì dây trung tính bảo vệ phải có cách điện bằng cách điện dây pha. Trong trường hợp dây trung tính bảo vệ được bố trí hoàn toàn tách biệt với dây pha và không dùng để cấp điện cho phụ tải 1 pha thì dây này không cần cách điện.

Khi thực hiện nối trung tính, nếu điều kiện cắt của thiết bị bảo vệ không thoả mãn (dòng danh định của cầu chảy hay dòng tác động của aptômát quá lớn) thì cho phép dùng biện pháp san bằng thế để bổ sung.

Trong trường hợp này, tổng chiều dài các điện cực san bằng thế phải được xác định qua tính toán để đảm bảo trị số điện áp chạm không vượt quá trị số giới hạn an toàn.

Ở các điểm cơ khí nhỏ, trên các công trường xây dựng... có các thiết bị điện, máy điện di động, cầm tay có công suất nhỏ, nếu kéo dây trung tính đến thiết bị điện gặp khó khăn hoặc không kinh tế thì cho phép dùng biện pháp nối đất vỏ thiết bị điện làm biện pháp bảo vệ. Khi đó cần phải đảm bảo điều kiện cắt của thiết bị bảo vệ lúc có ngắn mạch chạm vỏ.

Không cho phép sử dụng dây trung tính làm việc của các dụng cụ điện di động một pha và một chiều làm dây trung tính bảo vệ. Để nối trung tính cho các thiết bị điện này, phải sử dụng dây thứ 3 riêng, dây dẫn này được nối với dây trung tính làm việc hoặc dây trung tính bảo vệ trong các hộp đấu dây trên các bảng phân phối điện, tủ, bảng lắp ráp...

Trong mạch dây nối đất và dây trung tính bảo vệ, không được lắp các thiết bị cắt mạch và cầu chảy.

Cho phép lắp thiết bị đóng cắt trong mạch dây trung tính làm việc nếu như dây này đồng thời được sử dụng để nối trung tính. Thiết bị đóng cắt này phải cắt các dây dẫn có điện đồng thời với cắt dây trung tính làm việc.

Những thiết bị đóng cắt một cực phải được lắp ở các dây pha mà không được lắp vào dây trung tính.

Tiết diện của dây trung tính bảo vệ cho các thiết bị điện di động và cầm tay nên lấy bằng tiết diện của dây pha. Các lõi của dây pha và dây trung tính phải là dây đồng mềm có tiết diện không nhỏ hơn 15mm^2 đối với dụng cụ điện cầm tay dùng trong công nghiệp và không nhỏ hơn $0,75\text{mm}^2$ đối với các dụng cụ điện cầm tay dùng trong sinh hoạt.

5. Kiểm tra nối đất, nối trung tính

Trang bị nối đất và nối trung tính thiết bị điện cần phải được kiểm tra khi nghiệm thu, kiểm tra định kỳ và kiểm tra bất thường.

Kiểm tra nghiệm thu được thực hiện sau khi trang bị nối đất, nối trung tính đã được lắp đặt xong.

Kiểm tra định kỳ được thực hiện theo thời gian qui định từ 6 tháng đến 2 năm 1 lần tùy theo mức độ nguy hiểm của nơi bố trí thiết bị điện.

Kiểm tra bất thường được thực hiện khi: xảy ra tai nạn, sự cố hoặc có nguy cơ xảy ra tai nạn; sau khi sửa chữa trang bị nối đất, nối trung tính hoặc lắp đặt thiết bị; sau bão lụt hoặc mưa lớn ảnh hưởng đến nối đất, nối trung tính; khi xây dựng mới hay sửa chữa các công trình nối đất, nối trung tính; khi xây dựng mới hay sửa chữa các công trình khác có khả năng gây hư hỏng các bộ phận của trang bị nối đất, nối trung tính.

**Nội dung của kiểm tra nghiệm thu bao gồm:*

- Kiểm tra lắp đặt thực tế so với thiết kế.
- Kiểm tra việc sử dụng vật liệu theo yêu cầu thiết kế.
- Kiểm tra toàn bộ các mối hàn, mối nối, xem xét về độ bền cơ học, điện trở tiếp xúc.
- Kiểm tra các biện pháp chống ăn mòn, gỉ.
- Kiểm tra việc bảo vệ các mạch dẫn đi qua các khe lún co giãn và chướng ngại khác.
- Kiểm tra các biện pháp chống điện áp chạm và điện áp bước ở những nơi cần thiết.

- Kiểm tra việc nối đất và đo điện trở nối đất.
- Kiểm tra các biện pháp chống điện áp chạm và điện áp bước ở những nơi cần thiết.
- Kiểm tra việc lắp đất và đo điện trở nối đất.
- Kiểm tra điện trở mạch pha - dây trung tính và khả năng cắt của thiết bị bảo vệ (kích thước, qui cách dây chảy, dòng chỉnh định của aptômát).

Việc kiểm tra được thực hiện qua xem xét bằng mắt, dùng thước đo, máy đo điện trở mạch pha - dây trung tính...

** Nội dung kiểm tra định kỳ và kiểm tra đột xuất gồm có:*

- Đo R_d , điện trở mạch pha-dây trung tính.
- Kiểm tra toàn bộ trang bị nối đất, nối trung tính.
- Kiểm tra các mối hàn, mối nối.
- Kiểm tra tình trạng các lớp mạ hoặc sơn chống ăn mòn, rỉ.
- Kiểm tra các mặt tiếp xúc điện.
- Kiểm tra phần ngầm, những chỗ nghi ngờ (đào lên xem và đo đặc).
- Kiểm tra các mạch dẫn qua chướng ngại.
- Kiểm tra tình trạng của đất.

IV. CẮT ĐIỆN BẢO VỆ

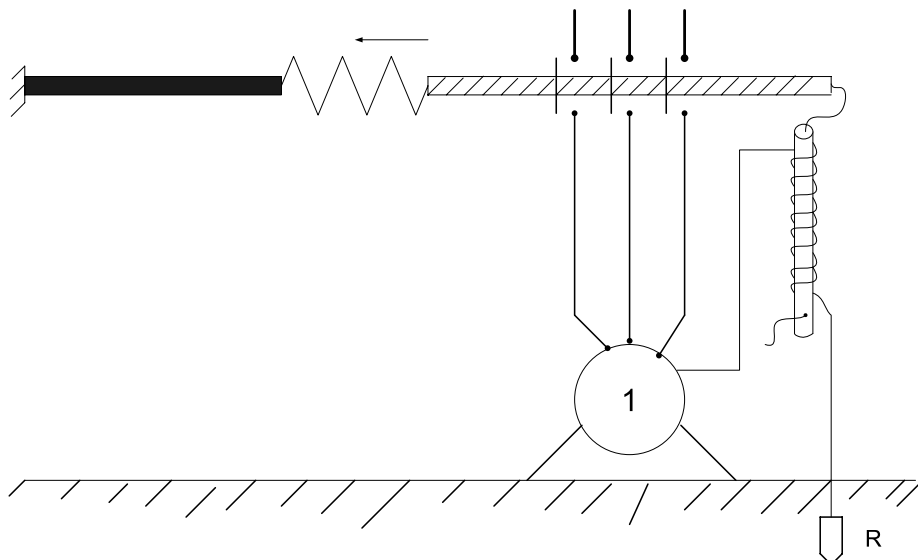
Cắt điện bảo vệ là biện pháp tự động tách thiết bị điện hoặc phần thiết bị xảy ra sự cố đe dọa nguy hiểm ra khỏi lưới trong thời gian ngắn từ khi sự cố.

Biện pháp này có ưu điểm là khi trên vỏ thiết bị xuất hiện điện áp đến một giá trị nào đó thì bảo vệ sẽ tác động cắt thiết bị bị sự cố ra khỏi lưới điện, đảm bảo an toàn cho người nếu người chạm vào vỏ thiết bị.

Biện pháp này có thể dùng để bổ sung hoặc thay thế cho bảo vệ nối đất và nối trung tính.

Cắt điện bảo vệ có thể khống chế theo nguyên tắc điện áp hoặc nguyên tắc dòng điện.

Ví dụ: Xét một cơ cấu cắt điện bảo vệ



Hình 4.7. Sơ đồ cắt điện bảo vệ

Bình thường trên vỏ động cơ không có điện. Lò xo (2) bị kéo căng và lõi sắt (5) giữ cầu dao (3) ở vị trí đóng cung cấp điện cho động cơ (1) làm việc. Khi cách điện bị hỏng (1 pha chạm vỏ), trên vỏ động cơ có điện áp. Trên cuộn dây 4 có dòng điện chạy qua hút lõi sắt (5). Lò xo (2) kéo cầu dao (3) cắt điện nguồn cung cấp.

Như vậy có thể tính toán cuộn dây 4 như thế nào để khi trên vỏ thiết bị xuất hiện điện áp đạt trị số qui định thì cắt điện đảm bảo an toàn cho người.

Nối đất của cơ cấu cắt điện bảo vệ phải làm riêng. Nếu nối với nối đất bảo vệ thì 2 đầu dây có cùng điện thế, cơ cấu không tác động. Điện trở nối đất của cơ cấu (R) không yêu cầu quá nhỏ nên dễ thực hiện.

V. SỬ DỤNG ĐIỆN ÁP THẤP

Như đã phân tích, môi trường làm việc có ảnh hưởng đến R_{ng} , U_{tx} đặt lên người. Việc cải tạo môi trường là cần thiết nhưng không phải lúc nào cũng làm được.

Ví dụ: Nhà máy dệt phải giữ độ ẩm nhất định để bảo đảm sợi khỏi đứt. Làm việc cạnh lò hơi phải chịu nhiệt độ cao, làm việc trong môi trường có hơi, khí ăn mòn... để an toàn người ta hạ thấp điện áp sử dụng xuống:

Tuy nhiên, do yêu cầu công nghệ cũng như kinh tế, việc hạ thấp điện áp cũng chỉ trong một mức độ nhất định. Điện áp cho phép của thiết bị điện được chọn tùy theo loại môi trường và tính chất nguy hiểm của điều kiện làm việc.

1. Phân loại môi trường

Về phương diện an toàn, thường căn cứ vào t^0 , độ ẩm, bụi dẫn điện, hoá chất ăn mòn... để chia các gian phòng sử dụng điện ra 3 loại:

1.1. Có mức độ nguy hiểm cao

Là nơi có một trong những yếu tố sau:

- Ẩm hoặc có bụi dẫn điện (độ ẩm tương đối của không khí vượt quá 75% trong thời gian dài hoặc có bụi dẫn điện bụi bám vào dây dẫn, lọt vào trong thiết bị điện).

- Nền nhà dẫn điện (bằng kim loại, đất, bê tông cốt thép, gạch...).

- Nhiệt độ cao (có nhiệt độ vượt quá 35°C trong thời gian dài hơn một ngày đêm).

- Những nơi người có thể đồng thời tiếp xúc 1 bên với các kết cấu kim loại của nhà, các thiết bị công nghệ, máy móc... đã nối đất và một bên với vỏ kim loại của thiết bị điện.

Là nơi có một trong những yếu tố sau:

- Rất ẩm (có độ ẩm tương đối của không khí xấp xỉ 100%, trần, tường, sàn nhà và đồ vật trong nhà có đọng sương).

- Môi trường có hoạt tính hoá học (thường xuyên hay trong thời gian dài chứa hơi, khí, chất lỏng có thể tạo nên các chất, nấm mốc dẫn đến phá huỷ cách điện và bộ phận mang điện của thiết bị điện).

- Đồng thời có 2 yếu tố trở lên của nơi nguy hiểm (nêu ở mục a).

1.2. Nơi ít nguy hiểm (bình thường): Là nơi không thuộc 2 loại trên

2. Chọn điện áp

Theo điều kiện an toàn, điện áp cho phép của các loại đèn di động và các dụng cụ điện cố định như sau:

2.1. Điện áp cho phép của đèn cầm tay di động

- Loại nhà đặc biệt nguy hiểm: $U_{cp} \leq 12V$
- Loại nhà có mức độ nguy hiểm cao: $U_{cp} \leq 36V$

2.2. Điện áp cho phép của các dụng cụ điện cố định

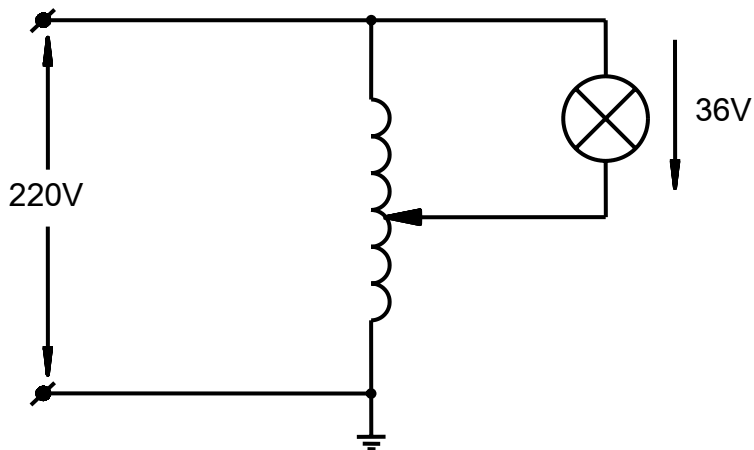
- Cho loại nhà đặc biệt nguy hiểm: $U_{cp} \leq 36V$
- Cho loại nhà mức độ nguy hiểm cao: $U_{cp} \leq 36V$

Với những dụng cụ có kiểm tra thường xuyên, với trình độ chuyên môn khá, dùng những phương tiện bảo vệ tốt... có thể cho phép $> 36V$ nhưng $\leq 220V$.

- Cho những nhà cửa không có mức độ nguy hiểm cao: $U_{cp} \leq 380/220V$.

Để cung cấp điện áp thấp cho các thiết bị đó cần phải dùng máy biến áp hạ áp, loại máy biến áp cách ly 2 cuộn dây sơ và thứ cấp. Vì nếu dùng MBA tự ngẫu chỉ giải quyết được hiệu số điện áp chứ không hạ thấp được điện áp.

Ví dụ: có sơ đồ sau



Hình 4.8

Nếu người chạm vào dây trên của đèn 36V sẽ phải chịu điện áp 220V còn nếu chạm vào dây dưới sẽ phải chịu điện áp 184V.

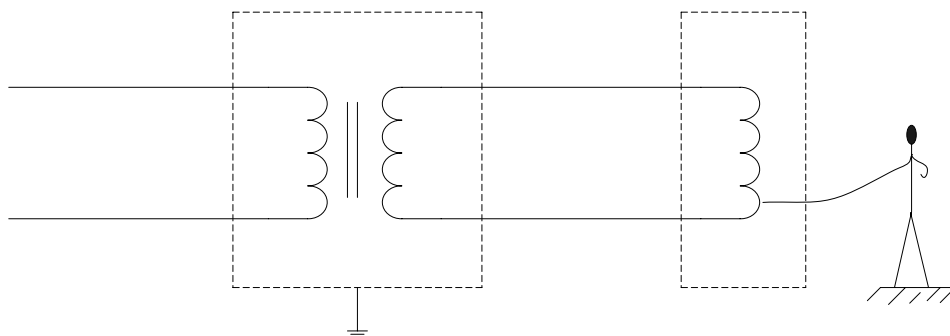
VI. PHÂN CHIA MẠNG ĐIỆN

Phân chia mạng điện là biện pháp tách các máy dùng điện ra khỏi lưới điện chung và lưới nối đất. Để thực hiện được phân chia mạng điện, người ta dùng máy biến áp cách ly.

Nhiệm vụ của máy biến áp cách ly là để cách ly các máy dùng điện với lưới điện chung và lưới tiếp đất, để nếu người tiếp xúc với các phần hở điện thì dòng điện không thể khép mạch về nguồn qua người được.

Yêu cầu đối với máy biến áp cách ly là: đảm bảo kết cấu chắc chắn và chịu được điện áp thử nghiệm tăng cao.

Máy biến áp cách ly chỉ được dùng cung cấp cho một thiết bị dùng điện và phải bảo vệ bằng cầu chảy hoặc bằng aptômát ở phía sơ cấp, có dòng điện chỉnh định không quá 15A.



Hình 4.9. Phân chia mạng điện

Điện áp thứ cấp của máy biến áp cách ly phải $\leq 380V$. Cấm nối đất cuộn thứ cấp máy biến áp cách ly và các thiết bị điện được cung cấp từ máy biến áp cách ly đó.

Vỏ máy biến áp cách ly phải nối đất.

VII. CÂN BẰNG ĐIỆN THẾ

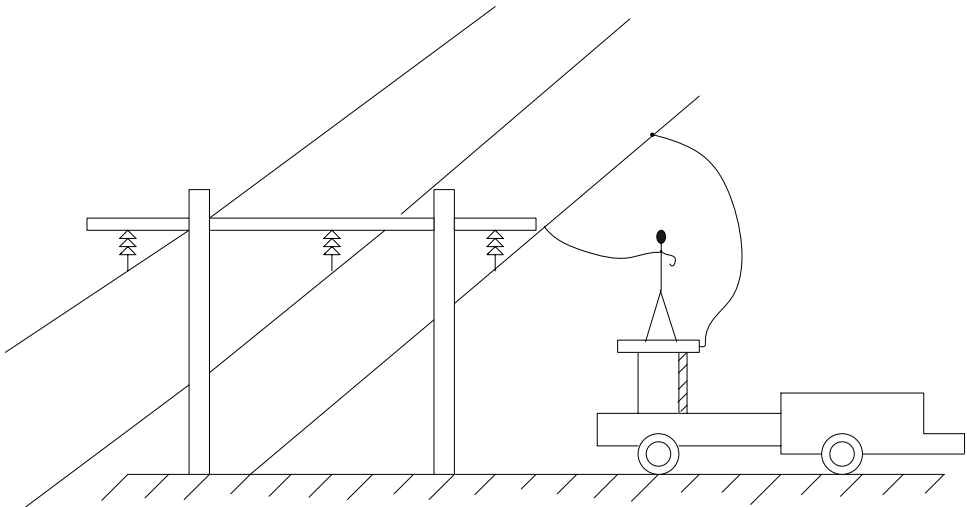
Mặc dù yêu cầu cắt mạch điện trong khi sửa chữa là điều rất quan trọng, nhưng trong một số trường hợp cần thiết vẫn cho phép sửa chữa đường dây có điện áp, nhất là những đường dây cấp điện cho những hộ tiêu thụ quan trọng.

Yêu cầu của phương pháp này là cách ly người với tất cả các vật có điện thế khác trong khi tiếp xúc với dây dẫn có điện áp.

Làm như vậy để loại trừ và hạn chế đến mức an toàn dòng điện khép mạch qua người xuống đất. Thực nghiệm cho thấy: khi người đứng trên sứ 35 kV chạm vào điện 500V không có cảm giác gì. Đứng trên sứ 35kV chạm vào điện áp 1000V mới bắt đầu có cảm giác.

Dòng điện qua người tăng lên theo sự tăng của điện áp. Vì thế để đảm bảo an toàn đối với điện áp cao thì yêu cầu cách điện đối với đất và vật có điện thế khác của sản thao tác phải cao.

1. Làm việc dưới điện áp cao



Hình 4.10. Cân bằng điện thế

Việc sửa chữa này phải được người có thẩm quyền và trình độ chuyên môn duyệt. Người sửa chữa phải có trình độ chuyên môn và học qua lớp sửa chữa đường dây có điện áp.

Khi làm việc, cho phép chạm vào vật mang điện bằng vật cách điện hoặc trực tiếp bằng tay.

Trường hợp bằng tay phải được cách điện người với đất và dùng biện pháp cân bằng thế (hình 4.10).

Người công nhân đứng trên mâm kim loại cách điện với đất, dùng sào vút dây (đã nối sẵn với mâm) vào pha cần sửa chữa. Sau đó mới chạm trực tiếp bằng tay. Lúc sửa xong, dây này phải được tháo ra sau bằng sào cách điện.

Để an toàn, người ta dùng dây đôi và chọn diện tích mâm đủ bé để hạn chế dòng điện điện dung đến mức an toàn.

Kết quả là: Khi người sửa chữa đường dây điện áp 110kV đang có điện thì chỉ chịu dòng điện lớn nhất (khi đầu chạm vào dây dẫn và khi rút tay khỏi dây) là $400\mu\text{A}$ nhưng với thời gian rất bé (từ $1 \div 1,5\mu\text{s}$ - khoảng phần triệu giây) nên không kịp gây nguy hiểm, còn dòng điện tiếp xúc bình thường thì rất bé, không đáng kể.

2. Làm việc dưới điện áp thấp

Chỉ cho phép trong trường hợp nếu ngắt mạch điện sẽ làm hư hỏng quá trình công nghệ, hư hỏng nhiều sản phẩm...

Khi làm việc phải có kỹ sư điện hay kỹ thuật viên kiểm tra trực tiếp. Phải ngăn cách cẩn thận những pha bên cạnh và những vật có nối đất bằng đệm hay tấm cao su.

Ngoài ra khi làm việc phải dùng dụng cụ có cách điện chỗ tay cầm, đeo găng tay, đi giày cách điện.

VIII. TỔ CHỨC VẬN HÀNH AN TOÀN

Kinh nghiệm cho thấy: phần lớn các trường hợp xảy ra tai nạn điện là do vi phạm tiêu chuẩn, qui chuẩn kỹ thuật an toàn (KTAT) điện, vi phạm các qui trình làm việc an toàn, trình độ vận hành non kém, sức khỏe không đảm bảo.

Để vận hành an toàn cần triệt để tuân thủ các tiêu chuẩn, qui chuẩn KTAT điện ngay từ khâu chế tạo lắp đặt TBĐ. Trong quá trình vận hành cần thường xuyên kiểm tra, sửa chữa, bảo dưỡng khắc phục, loại trừ các nguy cơ gây tai nạn.

Chọn cán bộ kỹ lưỡng, huấn luyện kỹ, phân công trực chặt chẽ...

1. Kế hoạch kiểm tra tu sửa

Muốn thiết bị được an toàn, cần tu sửa, bảo dưỡng theo kế hoạch. Cần lập hồ sơ thiết bị điện để theo dõi tình trạng kỹ thuật, trên cơ sở đó có sự theo dõi, xem xét đánh giá chung để có kế hoạch sửa chữa bảo dưỡng kịp thời.

Ngoài công việc có tính chu kỳ, cần có người thường xuyên kiểm tra phát hiện những hư hỏng, những nguy cơ mất an toàn và có biện pháp khắc phục kịp thời.

2. Chọn cán bộ

Công nhân, nhân viên phục vụ điện phải đủ 18 tuổi trở lên, có sức khỏe tốt, có trình độ chuyên môn tốt. Nắm vững quy trình, tiêu chuẩn, qui chuẩn KTAT điện có liên quan. Có thái độ làm việc cần cù, cẩn thận. Biết cấp cứu tai nạn điện.

3. Huấn luyện

Trước khi làm việc, người lao động phải được huấn luyện về KTAT điện.

Việc huấn luyện được tiến hành theo 3 bước. Trong đó bước quan trọng không thể bỏ qua là huấn luyện thực hành ngay tại nơi làm việc. Định kỳ phải được huấn luyện lại.

Theo qui định hiện hành (Thông tư 37 ngày 29 /12/2006 của Bộ Lao động - Thương binh và Xã hội), công nhân điện phải được huấn luyện cấp thẻ an toàn trước khi làm việc.

4. Tổ chức làm việc

Thứ tự thao tác không đúng trong quá trình đóng cắt mạch điện, quản lý đóng cắt điện không chặt chẽ... nhiều khi dẫn đến những tai nạn, sự cố nghiêm trọng. Để tránh tình trạng này, việc phân công người trực và đóng cắt điện phải hết sức chặt chẽ. Tại nơi trực phải có sơ đồ nối các đường dây, vẽ tình trạng thực tế của các TBĐ và những điểm có nổi đất.

Khi tiến hành sửa chữa TBĐ hoặc các phần mạng điện đều phải có phiếu giao nhiệm vụ và phải ghi rõ loại và đặc tính công việc, địa điểm, thời gian, bậc thợ được phép làm việc, điều kiện an toàn phải tuân theo, trách nhiệm của từng người. Phiếu này phải được các nhân viên chuyên môn kiểm tra.

Người trực chỉ có thể thao tác theo mệnh lệnh (trừ trường hợp xảy ra tai nạn, sự cố thì có quyền thao tác trước, báo cáo sau).

Phiếu thao tác phải được ghi thành 2 bản, 1 bản lưu tại bộ phận giao việc và 1 bản giao cho người thực hiện.

Ở những nơi quan trọng, việc thao tác phải do 2 người đảm nhận, 1 người thực hiện, 1 người theo dõi, kiểm tra.

Tùy theo tính chất công việc mà mẫu phiếu thao tác đòi hỏi những mức độ chặt chẽ khác nhau.

B- NHỮNG YÊU CẦU AN TOÀN ĐỐI VỚI MỘT SỐ THIẾT BỊ ĐIỆN

I. ĐỘNG CƠ ĐIỆN

Về mặt an toàn, động cơ điện có thể được chia thành: động cơ kiểu hở, động cơ kiểu kín, kiểu chống nổ, động cơ chống thấm ẩm...

Tùy theo điều kiện làm việc mà chọn loại động cơ cho phù hợp.

Động cơ kiểu hở: Dùng trong các gian phòng có ít nguy hiểm về điện. Khi đặt các động cơ này phải che chắn tránh người tiếp xúc phải phần mạng điện.

Động cơ kiểu kín: Ngoài việc tránh cho người tiếp xúc với phần mang điện còn ngăn bụi, phoi và các vật khác lọt vào bên trong động cơ.

Động cơ kiểu chống nổ: Tránh khả năng gây nổ ở những nơi có các loại bụi, hơi, khí nguy hiểm về nổ.

Động cơ kiểu không thấm ẩm: dùng làm việc trong môi trường có nước, ở dưới nước. Động cơ điện loại này không có khả năng chống nổ, ngược lại động cơ chống nổ không làm việc được ở dưới nước. Động cơ phải được bảo dưỡng định kì. Nếu ngừng một thời gian trên một tháng trước khi cho chạy lại phải kiểm tra cách điện, kiểm tra lại dây nối đất, kiểm tra phần cơ. Nếu có gì bất thường hoặc hư hỏng phải sửa chữa xong mới được đóng điện. Các động cơ công suất $\geq 40\text{kW}$ phải đặt đồng hồ đo V và A. Trên đó có đánh dấu các U và I định mức của động cơ.

II. KHÍ CỤ ĐIỆN ĐÓNG CẮT ĐIỆN

1. Cầu dao

Cầu dao là khí cụ đóng cắt điện đơn giản dùng để đóng cắt mạch điện

Trong vận hành nếu đóng cắt lúc có tải sẽ có thể hồ quang. Vì vậy cầu dao phải có hộp ngăn tia lửa. Vỏ hộp cầu dao nếu bằng kim loại thì phải nối đất. Nếu cầu dao đặt ở các bảng phân phối và điều khiển thì phải đặt phía sau lưng, cần điều khiển của cầu dao phải làm bằng vật liệu cách điện và đặt phía trước. Đóng cắt cầu dao chính phải mang găng tay cách điện. Khi cắt điện sửa chữa phải treo biển cấm đóng điện tại cầu dao. Nếu không có người trực phải dùng chất cách điện lót để khi đóng nhầm cũng không đóng được, việc đóng cắt cầu dao bằng tay chỉ được thực hiện với điện áp < 500V.

2. Dao cách ly

Dùng ở các thiết bị điện >1000V. Việc thực hiện đóng cắt dao cách ly được thực hiện khi mạng chỉ có điện áp mà không có dòng điện chuyển tải. Vì dao cách ly không có bộ phận dập tia lửa. Nếu cắt có tải sẽ làm cháy các đầu tiếp xúc của dao, tia lửa có thể gây chập mạch hoặc gây tai nạn. Đóng cắt dao cách điện phải có phiếu thao tác và phải có 2 người.

Khi đóng cắt phải đi ủng, đeo găng tay cách điện, đứng trên bục cách điện, dùng sào cách điện.

Khi cắt dao cách ly phải cắt máy cắt trước và khi đóng dao cách ly thì máy cắt điện phải đóng sau.

Khi đóng cắt dao cách ly, nếu thấy tia lửa phải nhanh chóng đưa về vị trí đóng. Trong lúc có dông bão, sấm sét, không đóng cắt dao cách ly có đường dây thông ra ngoài trời.

3. Máy cắt điện tự động

Máy cắt điện tự động được chế tạo có bộ phận tự động dập tắt hồ quang điện, do đó có thể đóng cắt được dòng điện chuyển tải lớn.

3.1. Máy cắt điện kiểu nhiều dầu

Dùng để cắt dòng điện phụ tải và dòng điện ngắn mạch ở điện áp >1000V. Dầu có tác dụng dập tắt tia lửa, đồng thời để cách điện với vỏ máy. Có những loại sau:

- Loại đóng cắt bằng tay.
- Loại đóng bằng tay, cắt tự động.
- Loại đóng cắt tự động.

Khi sử dụng cần đề phòng dầu mất tính chất cách điện, điện truyền ra vỏ. Dầu bắn ra gây hoả hoạn. Dầu mất tính chất dập lửa làm cho máy bị nổ và bốc cháy lớn. Muốn tránh những tác hại đó phải đảm bảo những yêu cầu sau:

Nếu máy có dung lượng dầu quá 60 kg thì phải tách riêng từng pha một. Tất cả các bộ phận có điện khác phải cách xa chỗ đặt máy cắt điện.

Phải có tường chắn ngăn cách hoàn toàn với nơi làm việc của người lao động. Người không có trách nhiệm không được vào buồng máy cắt điện. Máy cắt phải có dấu hiệu báo trạng thái đóng cắt. Các nút điều khiển máy phải ghi nhiệm vụ rõ ràng. Hàng năm sau mỗi lần cắt (máy cắt nhảy) phải kiểm tra lại chất lượng của dầu. Máy cắt nhảy qua ba lần phải thay dầu.

3.2. Máy cắt điện ít dầu

Máy cắt điện ít dầu cũng dùng ở thiết bị điện >1000V. Do cấu tạo, khi cắt tia lửa bị phân tán và kéo dài, vì vậy dầu sẽ dập tắt tia lửa dễ dàng hơn nên dầu chứa trong máy ít. Vì ít dầu nên vỏ máy có điện.

Khi sử dụng cần đảm bảo các yêu cầu sau:

- Giá đặt máy cắt phải có cách điện tốt.
- Các lưới chắn bằng kim loại phải được nối đất.
- Trên vỏ máy có báo hiệu vỏ máy mang điện.
- Sau mỗi lần máy cắt nhảy phải kiểm tra lại dầu, thường xuyên kiểm tra mức dầu trong máy. Khi kiểm tra điều khiển các máy cắt cũng phải có 2 người và theo phiếu thao tác. Đeo găng tay và đi ủng cách điện.

4. Khởi động từ

Khởi động từ dùng đóng mở máy an toàn và tiện lợi hơn cầu dao (thao tác nhờ nút điều khiển). Khởi động từ hiện nay được dùng rộng rãi. Khi sử dụng cần chú ý:

- Bảo vệ tốt các bề mặt tiếp xúc, cuộn dây, nam châm, role nhiệt bảo vệ quá tải.

- Tùy theo điều kiện và dùng loại khởi động từ thích hợp như: loại hở, loại kín, loại bảo vệ, loại không bắt bụi, loại chống cháy nổ...

III. CẦU CHÌ

Cầu chì dùng để bảo vệ đường dây và hệ thống thiết bị điện. Đây là cơ cấu tự động đơn giản nhất. Muốn cầu chì có hiệu quả thì phải dùng đúng chủng loại, nếu không sẽ mất tác dụng bảo vệ (quá tải hoặc ngắn mạch).

Cầu chì có các loại như: cầu chì nút, cầu chì lá, cầu chì ống, dây chì.

1. Cầu chì nút: Có nút bằng vật liệu cách điện, trong đặt dây chì, chỗ rỗng quanh dây được nhét đầy amiăng để dập hồ quang khi cháy cầu chì. Cấu tạo sao cho khi vặn gần chặt mới có điện truyền vào để tránh điện giật cho người lắp. Cầu chì nút dùng ở các mạng chiếu sáng và các động cơ công suất nhỏ.

2. Cầu chì lá: Gồm một vài lá chì lắp vào một đế cách điện. Cầu chì lá được đặt trong hộp có vỏ cách điện để tránh bị điện giật và tia hồ quang khi cầu chì cháy. Cầu chì lá sử dụng ở mạng $\leq 220V$.

3. Cầu chì ống: Gồm một ống sứ rỗng, hai đầu có hai vòng kim loại. Trong ống có dây chì luôn qua nối hai đầu ống lại. Có loại trong ống có cát thạch anh để dập hồ quang.

Bất kì cầu chì nào cũng phải đặt sau cầu giao để có thể ngắt điện khi thay thế. Chỉ được thay thế cầu chì dưới điện áp khi đeo kính, gắng tay cách điện.

IV. MÁY BIẾN ÁP

Về mặt an toàn với máy biến áp cần chú ý:

Trong máy biến áp có chứa nhiều dầu để dập hồ quang và cách điện.

Đề phòng khi máy biến áp bị nổ, dầu bắn tung ra gây hỏa hoạn thì khi máy đặt trong phòng, bên dưới máy phải có hầm để chứa hết lượng dầu trong máy.

- Máy biến áp đặt trong nhà phải có phòng riêng biệt, cửa có khóa và mở ra ngoài. Ở cửa treo biển báo hiệu "Điện cao thế, cấm vào". Nếu đặt ngoài trời phải có hàng rào chắc chắn, có cửa khóa. Trong khu vực đặt máy phải để sỏi chống trượt. Vỏ máy biến áp phải được nối đất bảo vệ.

- Hàng năm phải tiến hành thử dầu và tu sửa máy. Phải thường xuyên đo cách điện của máy biến áp. Phòng đặt máy phải thoáng mát để tản nhiệt tốt. Chỉ được tiến hành các việc trên máy biến áp khi máy đã được cắt điện cả cao và hạ áp. Các đầu dây phải được tiếp đất tạm thời.

V. CÁC DỤNG CỤ ĐIỆN CẦM TAY

- Các dụng cụ điện cầm tay phải thỏa mãn yêu cầu an toàn như nhanh chóng có thể thoát ra khỏi mạng điện, không để người sử dụng có thể chạm vào các bộ phận mang điện.

- Ở nơi ít nguy hiểm về điện có thể dùng điện áp 220V. Còn những nơi nguy hiểm và đặc biệt nguy hiểm về điện chỉ dùng các dụng cụ có điện áp đến 36V. Nếu không thể hạ thấp điện áp của dụng cụ xuống 36V thì phải tiếp đất vỏ thiết bị và trang bị phòng hộ.

VI. YÊU CẦU AN TOÀN VỚI MẠNG ĐIỆN XÍ NGHIỆP

1. Mạng trong phân xưởng

- Mạng trong phân xưởng bao gồm hệ thống dây dẫn và cáp điện. Chúng có nhiều loại với tính năng khác nhau. Khi sử dụng phải chọn loại có tính năng phù hợp với đặc điểm và tính chất sản xuất nhằm bảo đảm được cách điện và độ bền cơ học.

- Dây dẫn trong các phân xưởng phải là dây bọc cách điện. Nếu chôn ngầm phải chọn đúng loại cáp. Dây dẫn qua tường, sàn nhà, trên nhà không được chạm vào các bộ phận kim loại để đề phòng dòng điện rò khi cách điện hỏng. Dây dẫn xuyên qua tường phải được luồn trong ống sứ cách điện. Dây dẫn đi trên cao phải bắt trên sứ cách điện.

- Trong các nhà sản xuất thường dùng cáp đặt ngầm dưới rãnh cáp, trên có nắp đậy bằng bê tông cốt sắt. Cũng có thể đặt cáp dọc theo tường trong phân xưởng, dọc theo trần nhà và các kết cấu kim loại của ngôi nhà. Dùng những móc hoặc đinh đặc biệt để gắn chặt vào.

2. Mạng điện ngoài trời

- Nếu là dây dẫn trần thì phải đặt trên sứ cách điện, phải đảm bảo độ cao tối thiểu là 6m đối với điện áp đến 1000V và 7m đối với điện áp từ 1000V đến 10kV.

- Dây dẫn đi qua mái nhà phải đặt trong ống thép và phải đảm bảo khoảng cách giữa dây dẫn với bất cứ điểm nào của nhà phải ít nhất là 2m.

- Dây dẫn trên địa phận xí nghiệp phải tính tới 3 lần dự trữ về sức bền cơ học và tăng cường cách điện khi bắt trên các con sứ.

- Với điện áp $>1000V$ phải dùng dây dẫn nhiều sợi. Khi các dây cao áp và hạ áp đi chéo nhau, phải đặt dây cao áp trên dây hạ áp và nếu đi ngang thì phải đặt dây hạ áp trên dây cao áp, giữa chúng phải đặt một lớp gạch và cách nhau tối thiểu 0,35m.