

TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG
TS TRƯƠNG TRI NGỘ

CUNG CẤP ĐIỆN AN TOÀN ĐIỆN VÀ CHỐNG SÉT CHO NHÀ Ở VÀ CÔNG TRÌNH CÔNG CỘNG



Vt 955/2005



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG
TS TRƯƠNG TRI NGỘ

CUNG CẤP ĐIỆN AN TOÀN ĐIỆN VÀ CHỐNG SÉT

CHO NHÀ Ở VÀ CÔNG TRÌNH CÔNG CỘNG

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2005

LỜI NÓI ĐẦU

Cung cấp điện an toàn cho nhà ở và công trình công cộng là một nhiệm vụ quan trọng nhưng chưa được quan tâm đúng mức.

Thực tế đã xảy ra các vụ hỏa hoạn nghiêm trọng và những tai nạn về điện đáng tiếc do bất cẩn về điện. Hơn nữa nước ta nằm trong vùng hoạt động của sét khá mạnh, nên các tai họa về sét đang rình rập các công trình xây dựng.

Chính vì vậy, tác giả viết cuốn sách này với hy vọng giúp bạn đọc tìm hiểu thêm về cung cấp điện, an toàn điện và chống sét cho nhà ở và công trình công cộng.

Tác giả cũng hy vọng cuốn sách này có thể giúp các nhà xây dựng thiết kế các công trình đảm bảo an toàn hơn về điện và chống sét.

Cuốn sách gồm 5 chương với nội dung chính như sau:

Chương 1 trình bày chung về mạng điện cung cấp cho nhà ở và các công trình công cộng.

Chương 2 đi sâu về chọn dây dẫn và các khí cụ điện bảo vệ và điều khiển mạng điện hạ áp.

Chương 3 giới thiệu về tính toán chiếu sáng và mạng điện chiếu sáng.

Chương 4 trình bày các nguy cơ tai nạn về điện và các biện pháp an toàn điện.

Chương 5 đề cập các vấn đề về sét và các biện pháp chống sét.

Trong mỗi chương tác giả cố gắng dùng các phương pháp đơn giản để xác định các thông số hoặc phần tử cần lựa chọn và cho ví dụ cụ thể áp dụng các phương pháp đó.

Nội dung cuốn sách được trình bày một cách đơn giản, dễ hiểu nên cuốn sách có thể dùng cho đông đảo bạn đọc thuộc ngành điện và không thuộc ngành điện.

Tác giả hy vọng cuốn sách này sẽ là tài liệu tham khảo bổ ích cho tất cả sinh viên của các trường đại học, cao đẳng xây dựng, kiến trúc và các trường kỹ thuật khác.

Cuốn sách này cũng có ích cho tất cả cán bộ kỹ thuật có liên quan đến thiết kế và xây dựng nhà ở và công trình công cộng.

Tác giả chân thành cảm ơn TS Nguyễn Hồng Quang đã đọc và đóng góp nhiều ý kiến thiết thực cho cuốn sách.

Tác giả cũng chân thành cảm ơn ban giám hiệu, phòng đào tạo và bộ môn kỹ thuật điện của Trường đại học xây dựng đã động viên và tạo mọi điều kiện thuận lợi để tác giả hoàn thành cuốn sách này.

Tác giả

Chương 1

MẠNG ĐIỆN HẠ ÁP CUNG CẤP CHO NHÀ Ở VÀ CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG CÔNG CỘNG

§1.1. PHÂN LOẠI MẠNG ĐIỆN THEO ĐIỆN ÁP VÀ CÁC PHẦN TỬ CHÍNH CỦA MỘT HỆ THỐNG ĐIỆN

Tuỳ theo điện áp người ta phân mạng điện ra làm 3 loại: mạng điện cao áp, mạng điện trung áp và mạng điện hạ áp.

Mạng điện cao áp là mạng điện có điện áp định mức, từ 35KV trở lên. Các điện áp được dùng của mạng điện này là 35KV, 60KV, 110KV, 220KV, 500KV, 750KV và 1000KV.

Mạng điện trung áp là mạng điện có điện áp định mức $\geq 1KV$ và nhỏ hơn 35KV. Các điện áp được dùng của mạng điện này là 6KV, 10KV, 15KV và 20KV trong đó điện áp thường gặp nhất là 10KV. Mạng điện hạ áp là mạng điện có điện áp đối với đất nhỏ hơn 1000V. Các điện áp được dùng của mạng điện này là 127V, 220V, 380V và 500V. Mạng điện hạ áp phổ biến nhất là mạng điện 3 pha với điện áp giữa 2 dây pha là 380V và điện áp giữa một dây pha và dây trung tính là 220V. Một hệ thống điện bao gồm 3 phần: nhà máy điện, mạng điện và hộ tiêu thụ điện. Nhà máy điện là nơi đặt các máy phát điện để sản xuất ra điện năng với điện áp 6KV; hoặc 10KV hoặc 15KV. Tuỳ theo dạng năng lượng sơ cấp được biến đổi thành điện năng, người ta chia nhà máy điện ra làm 3 loại chính: Nhà máy nhiệt điện, nhà máy thuỷ điện và nhà máy điện nguyên tử.

Trong nhà máy nhiệt điện, điện năng được sản xuất từ nhiệt năng thông qua các lò như lò than hoặc lò nhiên liệu bất kì khác như ga thiên nhiên, dầu mazut v.v...

Trong nhà máy thuỷ điện điện năng được sản xuất từ nguồn thuỷ năng của các sông hoặc thác lớn. Còn trong nhà máy điện nguyên tử năng lượng dùng để sản xuất ra điện năng thông qua các lò phản ứng hạt nhân.

Các nhà máy điện thường được xây dựng xa thành phố hoặc khu công nghiệp (nơi tiêu thụ điện chính), do đó phải có mạng điện để truyền tải điện năng từ nhà máy điện đến nơi tiêu thụ điện chính. Mạng điện bao gồm các trạm biến áp, các trạm phân phối và các đường dây điện.

Trạm biến áp là nơi đặt các máy biến áp để tăng hoặc hạ điện áp.

Các trạm tăng áp thường đặt ở các nhà máy điện dùng để tăng điện áp từ trung áp lên cao áp trước khi truyền tải đi xa.

Khi truyền tải cùng một công suất, dòng điện đi trong các dây dẫn tỉ lệ nghịch với điện áp của đường dây. Do đó điện áp của đường dây càng cao thì dòng điện trong dây dẫn càng bé. Khi dòng điện đi trong dây dẫn bé ta có thể chọn tiết diện dây dẫn bé (tiết kiệm kim loại màu), đồng thời dòng điện bé sẽ dẫn đến giảm tổn hao công suất trên đường dây vì tổn hao công suất này tỉ lệ với bình phương dòng điện.

Khi điện năng được truyền tải đến các thành phố và khu công nghiệp, ta phải hạ điện áp xuống giá trị thích hợp với điều kiện sử dụng.

Việc hạ điện áp thường được thực hiện theo 2 cấp: từ cao áp xuống trung áp và từ trung áp xuống hạ áp. Để hạ điện áp từ cao áp xuống trung áp người ta dùng các trạm biến áp khu vực. Còn để hạ điện áp từ trung áp xuống hạ áp người ta dùng các trạm biến áp địa phương.

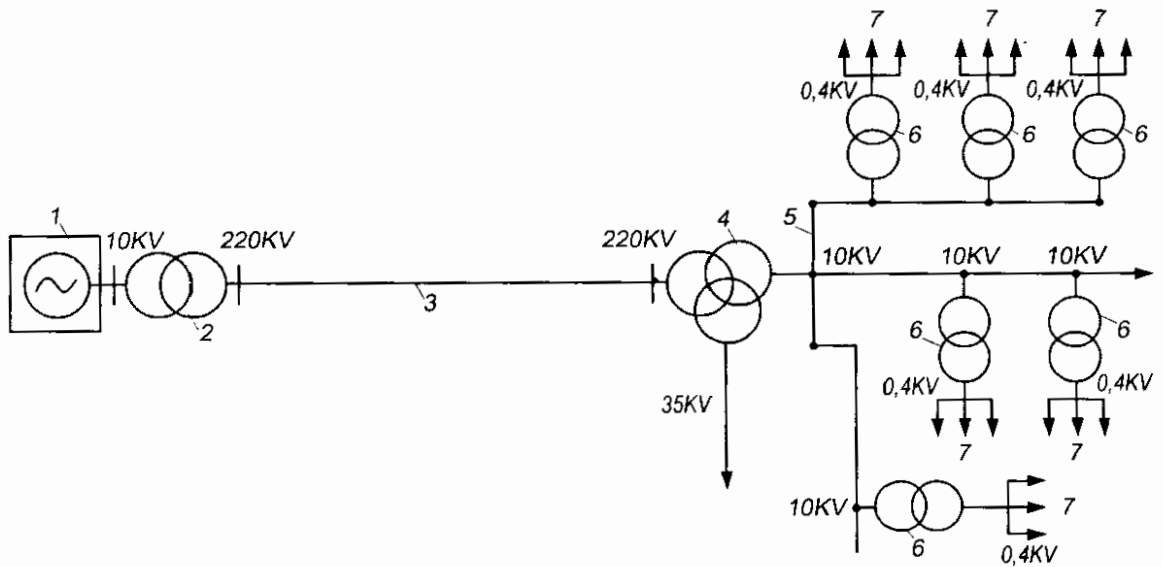
Các trạm phân phối là các trạm chỉ dùng để nhận và phân phối điện năng chứ không biến đổi điện áp. Tùy theo mục đích và điện áp của đường dây người ta chia đường dây ra làm 4 loại: đường dây cung cấp cao áp, đường dây phân phối trung áp, đường dây cung cấp hạ áp và đường dây phân phối hạ áp. Đường dây cung cấp cao áp bao gồm các đường dây cao áp từ nhà máy điện đến các trạm biến áp khu vực và đường dây nối giữa các trạm này. Trên các đường dây này không có phân phối điện năng. Đường dây phân phối trung áp là các đường dây dẫn điện trung áp từ trạm biến áp khu vực hoặc trạm phân phối đến các trạm biến áp địa phương.

Đường dây cung cấp hạ áp là các đường dây nối từ các trạm biến áp địa phương đến các bảng điện chính của các hộ tiêu thụ điện năng. Đường dây phân phối hạ áp là các đường dây dẫn điện từ các bảng điện chính của hộ tiêu thụ đến tận các phụ tải như đèn điện, quạt điện, động cơ điện và các thiết bị điện khác.

Phần cuối cùng của một hệ thống điện là các hộ tiêu thụ điện.

Hộ tiêu thụ điện là một khái niệm chỉ một cơ sở dùng điện, ví dụ như nhà ở, nhà công cộng, trường học, bệnh viện, khách sạn, cơ quan v.v... Hộ tiêu thụ điện còn được gọi là phụ tải của mạng điện.

Hình 1.1 là sơ đồ một hệ thống điện. Điện năng được sản xuất từ nhà máy điện (1) với điện áp 10KV qua máy biến áp (2) tăng áp lên 220KV và được truyền tải đi xa bằng đường dây cung cấp cao áp (3). Khi đến nơi tiêu thụ, điện năng này qua máy biến áp (4) của trạm biến áp khu vực được hạ áp xuống 35KV và 10KV. Điện năng với điện áp 35KV được tiếp tục truyền tải đi xa; còn điện năng với điện áp 10KV qua trạm phân phối (5) và các đường dây phân phối 10KV được truyền tải đến các trạm biến áp địa phương (6). Qua các máy biến áp (6) của các trạm biến áp địa phương, điện năng được hạ áp từ 10KV xuống 0,4KV và từ các thanh góp hạ áp của các trạm biến áp này điện năng được truyền tải đến các hộ tiêu thụ điện.



Hình 1.1

§1.2. YÊU CẦU CHUNG CỦA MẠNG ĐIỆN HẠ ÁP CẤP ĐIỆN CHO CÁC CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG

Khi thiết kế hoặc xây dựng mạng điện hạ áp cấp điện cho các công trình xây dựng ta phải dựa vào các yêu cầu chung sau đây:

1. Đảm bảo mức tin cậy cung cấp điện theo yêu cầu của từng loại phụ tải

Tuỳ theo tính chất quan trọng của phụ tải người ta chia phụ tải ra làm 3 loại: phụ tải loại 1, phụ tải loại 2 và phụ tải loại 3.

Phụ tải loại 1 là những phụ tải quan trọng nhất, nếu mất điện ở các phụ tải này có thể xảy ra chết người hoặc thiệt hại lớn về kinh tế, chính trị. Đối với các công trình xây dựng phụ tải loại 1 là một số thiết bị điện ở các nhà trên 16 tầng như động cơ truyền động thang máy, các dụng cụ cứu hoả, các đèn chiếu sáng sự cố.

Ngoài ra các phòng giải phẫu của bệnh viện, đài phát thanh truyền hình của thành phố hoặc của quốc gia, nhà quốc hội, các cơ quan quan trọng của Chính phủ cũng thuộc phụ tải loại 1. Các phụ tải loại 1 yêu cầu tuyệt đối không được mất điện. Để đảm bảo yêu cầu này các phụ tải loại 1 phải được cấp điện từ 2 nguồn điện độc lập.

Hai nguồn điện độc lập có thể là 2 trạm hạ áp độc lập hoặc 2 đường dây từ 2 phân đoạn độc lập của thanh góp hạ áp của một trạm biến áp.

Hai nguồn điện được gọi là độc lập nếu sự mất điện của một nguồn không gây ra mất điện của nguồn còn lại.

Phụ tải loại 2 là loại phụ tải quan trọng thứ 2. Nếu mất điện ở các phụ tải này sẽ ảnh hưởng lớn đến sinh hoạt, học tập, giải trí của nhiều người hoặc gây tổn thất đáng kể về kinh tế.

Đối với các công trình xây dựng, phụ tải loại 2 bao gồm các nhà ở trên 6 tầng, các cửa hàng thực phẩm, các rạp chiếu bóng, nhà hát lớn, cung văn hoá, các giảng đường và bệnh viện lớn v.v... Các phụ tải loại 2 yêu cầu không mất điện quá 15 phút. Thời gian cho phép mất điện này là thời gian cần thiết để đóng nguồn dự trữ hoặc xử lý những sự cố nhỏ.

Để đảm bảo yêu cầu này, các phụ tải loại 2 có thể được cấp điện từ một nguồn điện (thường là từ 1 trạm biến áp địa phương) nhưng phải có 1 nguồn dự trữ sẵn sàng đóng điện khi mất điện nguồn cung cấp chính. Nguồn dự trữ có thể là một trạm biến áp khác hoặc một đường dây khác của cùng một trạm biến áp cung cấp chính. Phụ tải loại 3 là các phụ tải ít quan trọng nhất. Nếu mất điện ở các phụ tải này chỉ ảnh hưởng đến sinh hoạt của một số ít người.

Đối với các công trình xây dựng phụ tải loại 3 bao gồm hầu hết các nhà ở dưới 5 tầng, các kí túc xá, câu lạc bộ v.v...

Các phụ tải loại 3 yêu cầu không mất điện quá 24 giờ. Căn cứ vào yêu cầu này phụ tải loại 3 chỉ được cấp điện từ một nguồn điện.

2. Điện năng được cung cấp từ mạng điện phải có chất lượng tốt

Chất lượng điện năng được đánh giá qua 3 chỉ tiêu: độ lệch điện áp, độ lệch tần số và sự đối xứng của mạng điện 3 pha.

Độ lệch điện áp là hiệu giữa trị số điện áp thực tế U với điện áp định mức U_{dm} của mạng điện và thường tính theo %:

$$V\% = \frac{U - U_{dm}}{U_{dm}} 100\%$$

Ví dụ: Một mạng điện 1 pha có $U_{dm} = 220V$, nếu điện áp thực U của mạng điện đó chỉ 200V thì độ lệch điện áp là:

$$V\% = \frac{200 - 220}{220} 100 = -9\%$$

Trong thực tế điện áp định mức của phụ tải được chọn bằng điện áp định mức của mạng điện. Do đó độ lệch điện áp cũng chính là hiệu giữa điện áp thực tế của mạng điện và điện áp định mức của phụ tải.

Khi điện áp thực tế của mạng điện nhỏ hơn điện áp định mức của phụ tải ($V\% < 0$) hiệu quả làm việc của phụ tải sẽ sút kém (đèn không sáng bình thường, động cơ quay chậm lại v.v...). Còn khi điện áp thực tế của mạng điện lớn hơn điện áp định mức của phụ tải ($V\% > 0$), thì tuổi thọ của phụ tải sẽ giảm xuống (đèn chóng cháy, các thiết bị điện khác chóng hỏng). Để đảm bảo chất lượng điện năng, độ lệch điện áp phải nằm trong một giới hạn cho phép. Khi cung cấp điện cho các phụ tải chiếu sáng, độ lệch điện áp cho phép nằm trong giới hạn từ $-2,5 \div +5\%$. Còn khi cung cấp cho phụ tải động lực

độ lệch điện áp cho phép nằm trong khoảng từ $-5 \div +10\%$. Độ lệch tần số là hiệu giữa tần số thực của dòng điện f với tần số định mức của nó f_{dm} .

$$\Delta f = f - f_{dm}$$

Ví dụ dòng điện xoay chiều của nước ta có tần số định mức là 50Hz; nếu tần số thực của dòng điện là 49,5Hz thì độ lệch tần số sẽ là:

$$\Delta f = 49,5 - 50 = -0,5\text{Hz}$$

Khi mạng điện làm việc bình thường (không có sự cố) độ lệch tần số cho phép là $\pm 0,1\text{Hz}$.

Sự đối xứng của mạng điện ba pha là sự phân bố đều phụ tải trên 3 pha hay nói cách khác tổng trở của các pha giống nhau. Trong trường hợp đó các pha sẽ có trị số điện áp bằng nhau và lệch pha nhau 120° . Ngược lại khi phụ tải phân bố không đều trên 3 pha, mạng điện sẽ mất đối xứng. Trong trường hợp đó trị số điện áp của các pha sẽ không còn bằng nhau nữa. Điều này sẽ dẫn đến sai lệch điện áp giữa mạng điện và phụ tải, do đó giảm chất lượng điện năng cung cấp.

3. Vốn đầu tư xây dựng mạng điện và chi phí kim loại màu phải ít nhất

Có thể yêu cầu này thường mâu thuẫn với 2 yêu cầu trước. Ví dụ như để đảm bảo liên tục cung cấp điện cho phụ tải loại 2 ta có thể cung cấp cho các phụ tải này từ 2 nguồn, nhưng như vậy thì vốn đầu tư và chi phí kim loại màu sẽ tăng lên so với khi chỉ cung cấp từ một nguồn điện. Do đó khi xây dựng mạng điện ta luôn phải đưa ra nhiều phương án cung cấp điện và tiến hành tính toán kinh tế, kỹ thuật chọn phương án có vốn đầu tư ít nhất nhưng vẫn bảo đảm an toàn cung cấp điện theo yêu cầu của mỗi loại phụ tải.

4. Mạng điện phải đơn giản, rõ ràng và vận hành tiện lợi

Để bảo đảm yêu cầu này, sơ đồ mạng điện phải rõ ràng. Mạng điện phải được xây dựng sao cho khi hỏng một phần nào đó có thể dễ dàng phát hiện để sửa chữa hoặc thay thế. Điều khiển mạng điện và xử lý các sự cố phải đơn giản và tiện lợi.

5. Mạng điện phải đảm bảo mỹ quan và tuyệt đối an toàn cho người và thiết bị

Khi thiết kế và xây dựng mạng điện, người thiết kế và xây dựng phải tuân thủ các quy tắc an toàn điện. Đồng thời mạng điện không được làm xấu cảnh quan thành phố hoặc công trình xây dựng, không cản trở đi lại của người và xe cộ.

§1.3. XÁC ĐỊNH CÔNG SUẤT PHỤ TẢI CỦA MẠNG ĐIỆN

Phụ tải là một danh từ chỉ các đối tượng tiêu thụ điện như các đèn điện, quạt điện, bếp điện, động cơ điện v.v...

Công suất phụ tải của mạng điện được tính toán trong thời kỳ các hộ tiêu thụ dùng điện nhiều nhất trong vòng 15 năm (đối với mạng điện trong nhà) và $8 \div 10$ năm đối với mạng điện ngoài nhà và trạm biến áp.

Xác định công suất phụ tải của mạng điện có thể bắt đầu từ tính toán công suất phụ tải của mỗi hộ tiêu thụ điện.

Hộ tiêu thụ điện có thể là một căn hộ (chỗ ở của 1 gia đình) hoặc một nhà ở, một lớp học, một công sở, một cửa hàng, một khách sạn v.v... hoặc rộng hơn là một bệnh viện, một trường học, một nhà chung cư, một trung tâm văn hoá, một xí nghiệp v.v...

Người ta chia phụ tải của hộ tiêu thụ ra làm 2 loại: phụ tải chiếu sáng và sinh hoạt, phụ tải động lực. Phụ tải chiếu sáng và sinh hoạt bao gồm các đèn điện và các dụng cụ sinh hoạt khác như quạt điện, tủ lạnh, ti vi, đài điện, bàn là, máy giặt v.v... Còn phụ tải động lực bao gồm các động cơ điện và các phụ tải có công suất lớn như bếp điện, máy điều hoà nhiệt độ, bình đun nước v, v...

Công suất của phụ tải chiếu sáng P_{cs} được tính toán theo công thức:

$$P_{cs} = pS$$

Trong đó: p - công suất đơn vị (W/m^2);

S - diện tích mặt chiếu sáng (m^2).

Công suất đơn vị p phụ thuộc vào loại phòng, diện tích mặt công tác, độ treo cao của đèn và loại đèn được dùng. Dựa theo các yếu tố này tra sổ tay chiếu sáng điện ta có thể tìm được p .

Khi biết các đèn dùng trong hộ tiêu thụ, ta có thể tính toán công suất của phụ tải chiếu sáng theo công thức:

$$P_{cs} = K_c \sum_{i=1}^n P_{đi}$$

Trong đó: n - số đèn trong hộ tiêu thụ;

$P_{đi}$ - công suất của đèn thứ i , W .

K_c - hệ số nhu cầu để chỉ sự không làm việc đồng thời của các đèn.

Khi tính toán công suất của phụ tải ta có thể lấy $K_c = 0,6$.

Công suất của các phụ tải sinh hoạt P_{sh} có thể xác định theo công thức:

$$P_{sh} = \sum_{i=1}^n K_{ci} P_i$$

Trong đó: n - số phụ tải sinh hoạt có trong hộ tiêu thụ;

P_i - công suất của phụ tải sinh hoạt thứ i (W);

K_{ci} - hệ số nhu cầu của phụ tải thứ i để chỉ mức độ sử dụng của phụ tải này.

Khi tính toán công suất của phụ tải ta có thể lấy $K_c = 0,5$ đối với đài điện, $0,6$ đối với vô tuyến, $0,2$ đối với tủ lạnh và bàn là, $0,7$ đối với quạt điện, $0,1$ đối với máy giặt và máy hút bụi và $0,15$ đối với các dụng cụ khác.

Công suất của phụ tải động lực có thể xác định theo công thức:

$$P_{dl} = K_{c1} \sum_{i=1}^{n_1} P_{bi} + K_{c2} \sum_{i=1}^{n_2} P_{tmi} + K_{c3} \sum_{i=1}^{n_3} P_{mi} + K_{c4} \sum_{i=1}^{n_4} P_{Ki}$$

Trong đó: n_1 - số bếp điện dùng trong hộ tiêu thụ;

P_{bi} - công suất của bếp điện thứ i (W);

K_{c1} - hệ số nhu cầu để chỉ sự không làm việc đồng thời của các bếp điện, nó phụ thuộc chủ yếu vào số bếp điện và có thể lấy theo bảng 1.1.

Bảng 1.1. Hệ số nhu cầu K_{c1} của các bếp điện

Số bếp điện	1	3	6	12	40	100	200
K_{c1}	1	0,9	0,7	0,45	0,3	0,2	0,15

Khi số bếp điện không có trong bảng 1-1, K_{c1} được tính theo phép nội suy;

n_2 - số thang máy (nếu có) được dùng trong hộ tiêu thụ.

P_{tmi} - công suất động cơ truyền động thang máy thứ i (W);

K_{c2} - hệ số nhu cầu để chỉ mức độ sử dụng thang máy, nó phụ thuộc vào số thang máy và số tầng của toà nhà và có thể lấy theo bảng 1.2.

Bảng 1.2. Hệ số nhu cầu K_{c2} của các thang máy

Số thang máy	1	2 ÷ 3	4 ÷ 5	6 ÷ 7	8 ÷ 10
Nhà cao dưới 12 tầng	1	0,8	0,7	0,6	0,5
Nhà cao trên 12 tầng	1	0,9	0,8	0,7	0,6

n_3 - số động cơ

P_{mi} - công suất của động cơ thứ i (W);

K_{c3} - hệ số nhu cầu để chỉ mức độ sử dụng động cơ, nó phụ thuộc chủ yếu vào số động cơ ta có thể lấy $K_{c3} = 0,7 \div 1$ khi số động cơ nhỏ hơn hoặc bằng 3, $K_{c3} = 0,45 \div 0,75$ khi số động cơ từ 4 ÷ 8, $K_{c3} = 0,25 \div 0,5$ khi số động cơ từ 9 đến 20 và $K_{c3} = 0,2 \div 0,4$ khi số động cơ lớn hơn 20;

n_4 - số thiết bị động lực khác như máy điều hoà nhiệt độ, bình đun nước v.v...;

P_i - công suất thiết bị thứ i (W).

K_{c4} - hệ số nhu cầu để chỉ mức độ sử dụng các thiết bị này. Khi tính toán công suất phụ tải có thể lấy $K_{c4} = 0,7$. Sau khi xác định công suất của mỗi loại phụ tải, có thể xác định công suất của hộ tiêu thụ P_h theo công thức:

$$P_h = (P_{cs} + P_{sh} + P_{dl})10^{-3} \text{ KW}$$

Trong đó: P_{cs} - công suất của phụ tải chiếu sáng (W);

P_{sh} - công suất của phụ tải sinh hoạt (W);

P_{dl} - công suất của phụ tải động lực (W).

Ví dụ 1: Xác định công suất phụ tải của một căn hộ. Biết rằng phụ tải của căn hộ gồm 10 đèn 40W, 12 đèn 100W, 10 quạt điện 55W, 1 đài điện 75W, 1 tủ lạnh 140W, 1 máy giặt 350W, 1 bàn là 1000W, 1 nồi cơm điện 1000W, 1 ti vi 160W, 1 máy hút bụi 400W, 1 bếp điện 2000W, 2 máy điều hoà nhiệt độ 900W.

Giải: Ta có $P_{cs} = 0,6 (10 \times 40 + 12 \times 100) = 960\text{W}$

$$P_{sh} = 0,7 (10 \times 55) + 0,5 \times 75 + 0,2 \times 140 + 0,1 \times 350 \\ + 0,2 \times 1000 + 0,15 \times 1000 + 0,6 (2 \times 160) + 0,1 \times 400 = 1067,5\text{W}$$

$$P_{dl} = 1 \times 2000 + 0,7 (2 \times 900) = 3260 \text{ W}$$

$$P_h = (960 + 1067,5 + 3260)10^{-3} = 5,28 \text{ KW}$$

Khi thiết kế cung cấp điện cho nhà chung cư và chưa biết phụ tải trong mỗi căn hộ, công suất phụ tải của mỗi căn hộ P_h (KW) có thể lấy theo bảng 1-3.

Bảng 1.3. Công suất phụ tải của mỗi căn hộ P_h (KW)

Loại căn hộ	Số căn hộ trong nhà chung cư										
	1÷3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200
Căn hộ dùng bếp ga thiên nhiên	4,5	2,3	1,75	1,45	1,3	1,15	1	0,8	0,7	0,6	0,5
Căn hộ dùng bếp than hoặc củi	5	2,6	2	1,65	1,48	1,35	1,15	1	0,9	0,8	0,75
Căn hộ dùng bếp điện công suất nhỏ hơn 5,8KW	6	3,2	2,7	2,4	2,15	2	1,8	1,5	1,3	1,15	1
Căn hộ dùng bếp điện công suất từ 5,9 ÷ 8 KW	7	4	3	2,5	2,15	2	1,8	1,5	1,3	1,15	1

Sau khi tính toán công suất phụ tải của hộ tiêu thụ P_h , ta cần xác định hệ số công suất $\cos\varphi$ (φ là góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện) và công suất phản kháng của hộ tiêu thụ Q_h .

Mỗi loại phụ tải có một $\cos\varphi$ nhất định ở chế độ định mức, ví dụ các đèn nung sáng có $\cos\varphi = 1$, các đèn huỳnh quang có $\cos\varphi = 0,85$, các động cơ điện có $\cos\varphi = 0,8 \div 0,85$, thiết bị thang máy có $\cos\varphi = 0,6$ v.v...

Hệ số công suất trung bình của một hộ tiêu thụ điện $\cos \varphi_h$ có thể xác định theo công thức:

$$\cos \varphi_h = \frac{P_{cs} \cos \varphi_1 + P_{sh} \cos \varphi_2 + P_{dl} \cos \varphi_3}{P_{cs} + P_{sh} + P_{dl}}$$

Trong đó: $\cos \varphi_1$ là hệ số công suất trung bình của phụ tải chiếu sáng, nó nằm trong khoảng $0,9 \div 1$; $\cos \varphi_2$ là hệ số công suất trung bình của các phụ tải sinh hoạt, nó nằm trong khoảng $0,7 \div 0,8$; $\cos \varphi_3$ là hệ số công suất trung bình của các phụ tải động lực, nó nằm trong khoảng $0,8 \div 0,9$.

Khi hộ tiêu thụ điện là các căn hộ, ta có thể lấy $\cos \varphi_h = 0,98$ đối với các căn hộ dùng bếp điện, $0,93$ đối với các căn hộ dùng bếp điện và máy điều hoà nhiệt độ, $0,96$ đối với căn hộ dùng bếp ga thiên nhiên và bếp than, $0,92$ đối với các căn hộ dùng bếp ga và máy điều hoà nhiệt độ. Sau khi xác định được $\cos \varphi_h$ ta có thể xác định được công suất phản kháng của hộ tiêu thụ Q_h theo công thức:

$$Q_h = P_h \operatorname{tg} \varphi_h \quad \text{KVAr}$$

Trong đó: P_h - công suất tác dụng phụ tải của hộ tiêu thụ (KW);

$\operatorname{tg} \varphi_h$ - xác định từ $\cos \varphi_h$.

Khi biết P_h và Q_h ta phải xác định công suất tính toán của đường dây cung cấp cho các hộ tiêu thụ P_d, Q_d .

Khi đường dây chỉ cấp điện cho một hộ tiêu thụ thì công suất tính toán của đường dây bằng công suất của hộ tiêu thụ:

$$P_d = P_h; \quad Q_d = Q_h$$

Khi đường dây cung cấp cho nhiều hộ tiêu thụ thì công suất tính toán của đường dây xác định theo các công thức:

$$P_d = K_{dt} \sum_{i=1}^n P_{hi}; \quad Q_d = K_{dt} \sum_{i=1}^n Q_{hi}$$

Trong đó:

n - số hộ tiêu thụ được đường dây cấp điện.

P_{hi} - công suất tác dụng của hộ tiêu thụ thứ i (KW);

Q_{hi} - công suất phản kháng của hộ tiêu thụ thứ i (KVAr);

K_{dt} - hệ số đồng thời để chỉ sự không trùng về giá trị cực đại công suất của các hộ tiêu thụ;

K_{dt} nằm trong khoảng $0,85 \div 1$.

Khi chọn tiết diện dây dẫn của đường dây ta có thể lấy $K_{dt} = 1$.

Cuối cùng công suất biểu kiến của trạm biến áp S_T cấp điện cho mạng điện có thể xác định theo công thức:

$$S_T = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n P_{di}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n Q_{di}\right)^2} \quad \text{KVA}$$

Trong đó: n - số đường dây cung cấp từ thanh góp hạ áp của trạm biến áp;

P_{di} - công suất tác dụng tính toán của đường dây cung cấp thứ i (KW);

Q_{di} - công suất phản kháng tính toán của đường dây cung cấp thứ i (KVA_r);

§1.4. TRẠM BIẾN ÁP

1. Số máy biến áp và công suất của máy biến áp đặt trong trạm

Trạm biến áp là nơi đặt máy biến áp để biến đổi điện áp.

Nguồn điện của mạng điện hạ áp là các trạm hạ áp địa phương. Các trạm này hạ điện áp từ 6 KV hoặc 10KV của đường dây trung áp xuống 0,4KV ở thanh góp hạ áp của trạm (cao hơn 5% so với điện áp định mức của mạng điện hạ áp). Tùy theo phương pháp làm mát và cách điện, người ta phân biệt 2 loại máy biến áp: máy biến áp dầu và máy biến áp khô.

Máy biến áp dầu là máy biến áp có lõi thép và các cuộn dây được đặt trong một thùng dầu để làm mát và cách điện với môi trường xung quanh. Còn máy biến áp khô là máy biến áp có lõi thép và các cuộn dây được cách điện với môi trường xung quanh bằng vật liệu cách điện khô và làm mát bằng không khí tự nhiên.

Người ta chế tạo các máy biến áp có công suất định mức tiêu chuẩn từ $100 \div 1000\text{KVA}$ (100, 160, 250, 400, 630, 750, 1000KVA). Để cung cấp điện cho các công trình xây dựng người ta thường dùng các máy biến áp có công suất nhỏ hơn 630 KVA. Còn số máy biến áp trong mỗi trạm phụ thuộc vào loại phụ tải và công suất phụ tải được cấp điện từ trạm đó. Thông thường để cấp điện cho phụ tải loại 1 người ta dùng trạm 2 máy biến áp, để cấp điện cho phụ tải loại 2 có thể dùng trạm 2 máy biến áp (khi công suất phụ tải lớn) hoặc trạm 1 máy biến áp (khi công suất của phụ tải bé) còn để cung cấp cho phụ tải loại 3 ta chỉ dùng trạm 1 máy biến áp.

Khi dùng trạm 1 máy biến áp, công suất định mức S_{dm} của máy biến áp được chọn theo công thức:

$$S_{dm} \geq S_T$$

Trong đó: S_T - công suất phụ tải của trạm được tính toán ở mục §1-3.

Còn khi dùng trạm 2 máy biến áp giống nhau thì công suất định mức của mỗi máy biến áp S_{dm} phải chọn theo điều kiện sự cố.

Theo điều kiện này, khi 1 máy biến áp hỏng thì máy biến áp còn lại phải bảo đảm cấp điện cho toàn bộ phụ tải của trạm trong thời hạn 5 ngày, với quá tải cho phép 60% công

suất định mức. Điều đó có nghĩa là công suất định mức của mỗi máy biến áp S_{dm} được chọn theo công thức:

$$S_{dm} \geq \frac{S_T}{1,6}$$

với điều kiện trong vòng 5 ngày phải sửa chữa xong máy biến áp hỏng và đưa vào sử dụng hoặc thay thế máy biến áp mới. Nếu không đảm bảo được điều đó thì phải cắt bớt phụ tải loại 3 để giảm quá tải máy biến áp.

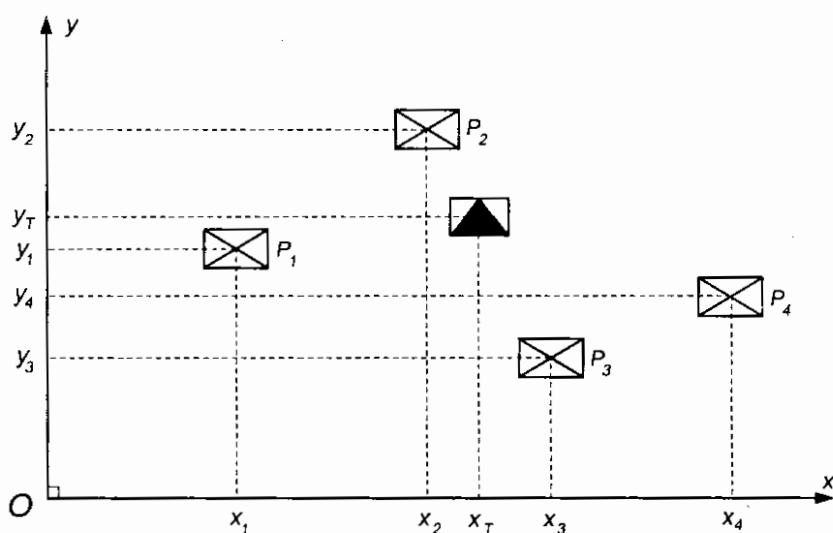
2. Vị trí đặt trạm biến áp

Vị trí đặt trạm biến áp được chọn theo quy hoạch kiến trúc của địa phương dùng điện. Tuy nhiên đặc điểm của máy biến áp là khi làm việc tỏa nhiệt lớn và gây ra tiếng ồn. Đồng thời máy biến áp có thể nổ và cháy khi xảy ra sự cố. Do đó trạm biến áp không được đặt trong bệnh viện, trường học, nhà ở và công sở.

Ngoài ra trạm biến áp phải đặt gần trung tâm phụ tải, bởi vì trạm biến áp càng đặt gần trung tâm phụ tải thì càng giảm được chiều dài đường dây cung cấp hạ áp.

Ta có thể xác định được trung tâm phụ tải khi biết biểu đồ phân bố các hộ tiêu thụ chính và công suất của nó.

Ví dụ nếu khu vực dùng điện có 4 hộ tiêu thụ chính với công suất P_1, P_2, P_3, P_4 và phân bố như hình 1.2.



Hình 1.2

Ta đặt biểu đồ này trong một tọa độ vuông góc thích hợp và xác định các tọa độ x, y của các hộ tiêu thụ. Sau khi biết các tọa độ này, ta có thể xác định được tọa độ của trung tâm phụ tải theo các công thức:

$$x_T = \frac{P_1 x_1 + P_2 x_2 + P_3 x_3 + P_4 x_4}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}$$

$$y_T = \frac{P_1 y_1 + P_2 y_2 + P_3 y_3 + P_4 y_4}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}$$

Trong đó: P_1, P_2, P_3, P_4 - công suất tính toán của các hộ tiêu thụ và $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4)$ - các toạ độ của các hộ tiêu thụ.

Cuối cùng trạm biến áp phải đặt ở vị trí dễ dàng lấy điện từ đường dây trung áp.

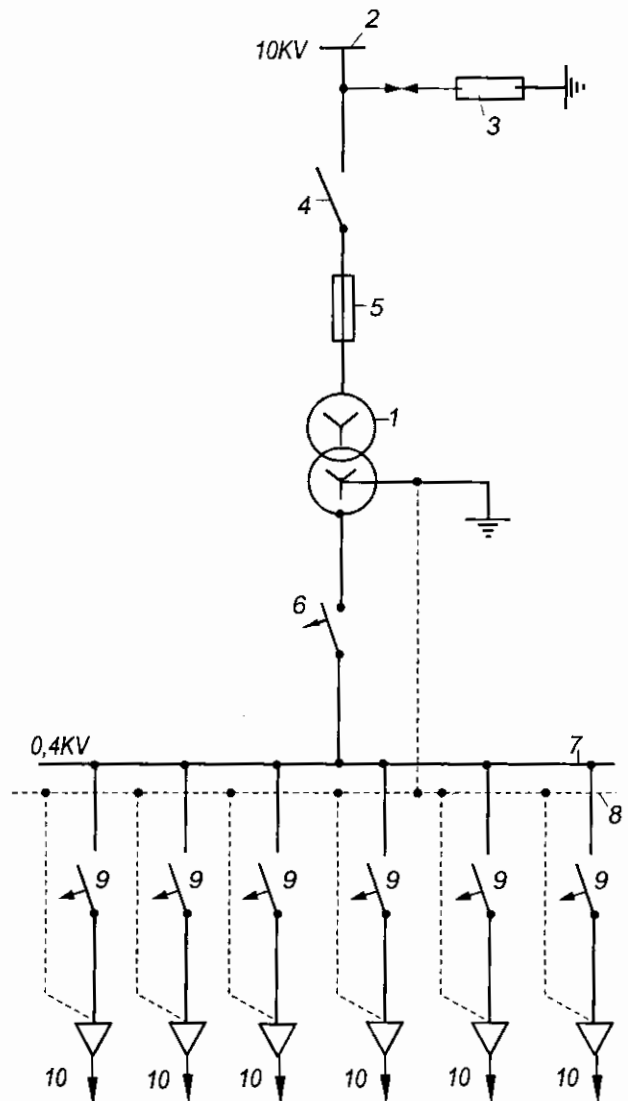
3. Sơ đồ điện của trạm biến áp

Hình 1-3 là sơ đồ điện đơn giản của trạm một máy biến áp.

Bộ phận chính của trạm là máy biến áp 3 pha (1) mắc Y/Yo, trung tính nối đất. Điều đó có nghĩa là 3 cuộn dây sơ cấp của máy biến áp được nối hình sao, 3 cuộn dây thứ cấp của máy biến áp cũng nối hình sao, nhưng có điểm trung tính đưa ra ngoài cuộn dây và được nối đất. Máy biến áp dùng hạ điện áp từ 10KV của đường dây trung áp xuống điện áp 0,4KV ở thanh góp hạ áp (7).

Đầu ra của các cuộn dây thứ cấp được nối với 3 thanh góp hạ áp (7) qua một aptômat 3 pha (6). Còn điểm trung tính của máy biến áp được nối đến thanh góp trung tính (8).

Aptômat (6) dùng để đóng cắt toàn bộ phụ tải của trạm. Các đường dây cung cấp hạ áp (10) lấy điện từ các thanh góp hạ áp (7) và (8) qua các aptômat (9). Aptômat (9) dùng để đóng cắt phụ tải của mỗi đường dây cung cấp hạ áp. Đầu ra của các cuộn dây sơ cấp được nối với đường dây 3 pha trung áp (2) qua dao cách li (4) và



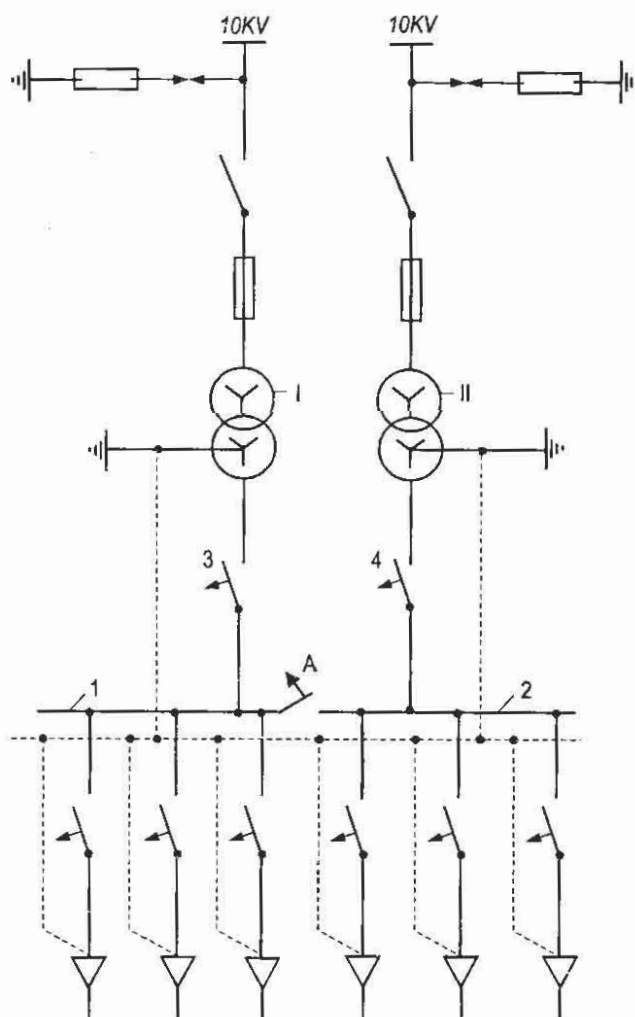
Hình 1.3

cầu chì (5). Dao cách li (4) dùng đóng cắt điện máy biến áp khi không tải (khi chưa đóng aptômat (6)), còn cầu chì (5) dùng để bảo vệ mạng điện khi sự cố máy biến áp. Trong trường hợp máy biến áp lấy điện trung áp (10KV) qua đường dây trên không thì cần phải nối thiết bị chống sét (3) vào dây dẫn ở cột điện gần trạm biến áp nhất (nếu máy biến áp lấy điện trung áp qua đường dây cáp từ dưới đất lên thì không cần thiết bị chống sét).

Thiết bị chống sét dùng để bảo vệ mạng điện, chống quá điện áp do sét.

Hình 1-4 là sơ đồ trạm 2 máy biến áp.

Các bộ phận cơ bản của sơ đồ này cũng giống như sơ đồ trạm 1 máy biến áp, chỉ có khác là trong sơ đồ này có 2 phân đoạn thanh gố hạ áp (1) và (2) liên hệ với nhau qua aptômat A. Khi không đóng aptômat A, 2 máy biến áp làm việc độc lập cung cấp điện đến 2 phân đoạn thanh gố hạ áp (1) và (2) và mỗi phân đoạn thanh gố cấp điện cho phần phụ tải của mình một cách độc lập.



Hình 1-4

Còn khi đóng aptômat A, 2 máy biến áp làm việc song song và cung cấp điện chung cho toàn bộ phụ tải của trạm. Tuy nhiên để có thể làm việc song song như vậy, 2 máy biến áp này phải được lựa chọn thoả mãn các điều kiện làm việc song song (cùng tỉ số biến áp, cùng tổ nối dây và có điện áp ngắn mạch bằng nhau).

Có nhiều phương án vận hành trạm 2 máy biến áp. Một trong các phương án đó là bình thường 2 máy biến áp làm việc riêng lẻ (aptômat A cắt), còn khi hỏng một máy biến áp ta đóng aptômat A để máy biến áp còn lại cấp điện cho toàn bộ phụ tải của trạm sau khi cắt bớt một phần phụ tải loại 3 trong thời gian sửa chữa hoặc thay thế máy biến áp hỏng.

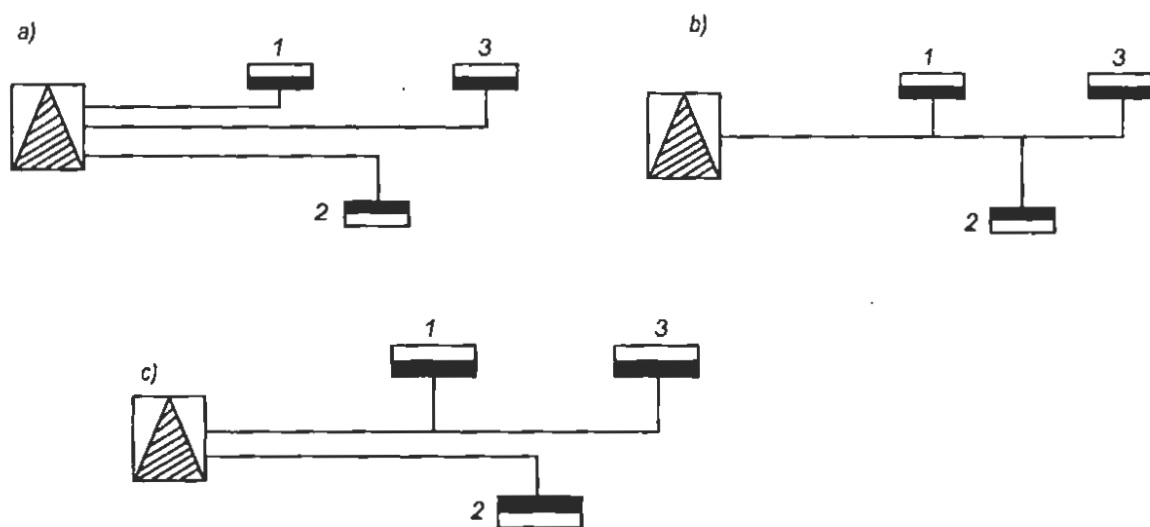
§1.5. SƠ ĐỒ MẠNG ĐIỆN CUNG CẤP HẠ ÁP

1. Các kiểu sơ đồ mạng điện cung cấp hạ áp

Mạng điện cung cấp hạ áp bao gồm trạm biến áp và các đường dây từ trạm biến áp đến các bảng điện chính của các hộ tiêu thụ.

Mạng điện này có thể thực hiện theo 2 kiểu: sơ đồ kiểu hở và sơ đồ kiểu kín.

Sơ đồ kiểu hở có 3 dạng: Sơ đồ hình tia (hình 1-5a), sơ đồ đường dây chính (hình 1-5b) và sơ đồ kết hợp (hình 1-5c).



Hình 1-5

Trong sơ đồ hình tia, mỗi hộ tiêu thụ được cấp điện từ một đường dây cung cấp riêng.

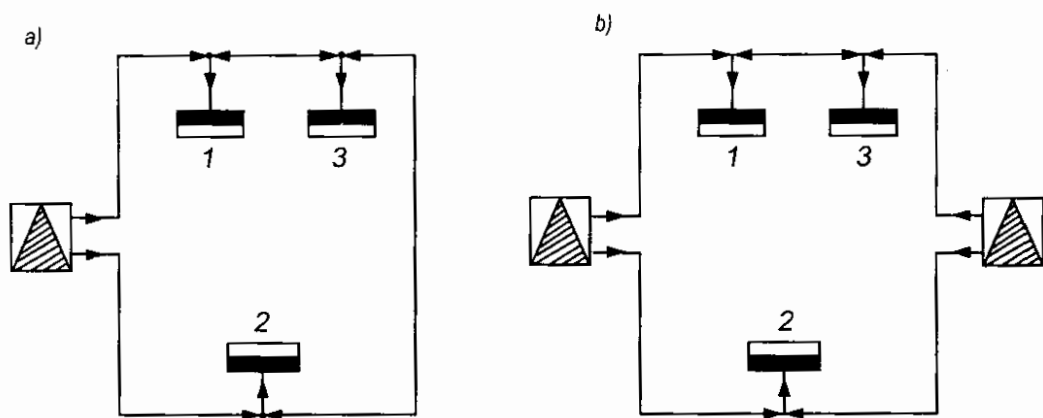
Trong sơ đồ đường dây chính mỗi đường dây cung cấp cấp điện cho một số hộ tiêu thụ.

Sơ đồ đường dây chính có ưu điểm là giảm được số đường dây cung cấp, nhưng nhược điểm của nó là nếu sự cố ở đầu đường dây thì nhiều hộ tiêu thụ mất điện.

Ngược lại sơ đồ hình tia đòi hỏi nhiều đường dây cung cấp, nhưng nếu sự cố trên một đường dây thì chỉ có 1 hộ tiêu thụ mất điện.

Để cung cấp điện hợp lí hơn, người ta dùng sơ đồ kết hợp. Trong sơ đồ này các hộ tiêu thụ có công suất bé được cấp điện từ một đường dây cung cấp chung, còn mỗi hộ tiêu thụ có công suất lớn được cấp điện từ một đường dây cung cấp riêng. Đặc điểm chung của sơ đồ mạng điện kín là mỗi hộ tiêu thụ chỉ được cấp điện từ một phía. Trong sơ đồ mạng điện kín (hình 1-6 a và b) mỗi hộ tiêu thụ được cấp điện từ 2 phía. Nguồn điện của mạng điện kín có thể là 1 trạm biến áp (hình 1-6a) hoặc 2 trạm biến áp (hình 1-6b).

Ưu điểm chung của sơ đồ mạng điện kín là đảm bảo cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ một cách tin cậy hơn, bởi vì ít khi xảy ra mất điện từ cả 2 phía.



Hình 1-6

Tuy nhiên nhược điểm chính của sơ đồ mạng điện kín là rất khó xác định chính xác dòng điện cung cấp cho hộ tiêu thụ từ mỗi phía và do đó rất khó chọn và chỉnh định các khí cụ điện bảo vệ mạng điện.

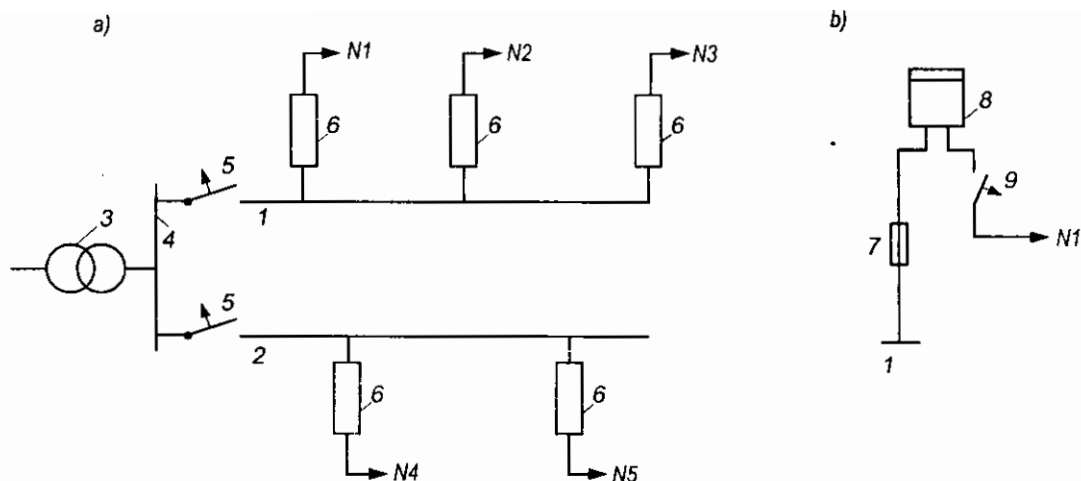
2. Một số sơ đồ mạng điện cung cấp hạ áp cấp điện cho các công trình xây dựng

a) Mạng điện cung cấp cho các nhà ở dưới 5 tầng thuộc phụ tải loại 3 (hình 1-7a)

Trong sơ đồ này người ta dùng 2 đường dây cung cấp (1) và (2), các đường dây này được nối với thanh góp hạ áp (4) của máy biến áp (3) qua aptômat (5).

Đường dây cung cấp (1) cấp điện cho các nhà N_1 , N_2 và N_3 , còn đường dây cung cấp (2) cấp điện cho các nhà N_4 , N_5 . Thiết bị phân nhánh (6) vào mỗi nhà thường có sơ đồ như hình 1-7b thiết bị này bao gồm cầu chì (7), công tơ (8), aptômat (9).

Trong đó công tơ (8) dùng để đo điện năng tiêu thụ của nhà, còn cầu chì (7) và aptômat (9) dùng để bảo vệ và điều khiển mạng điện.

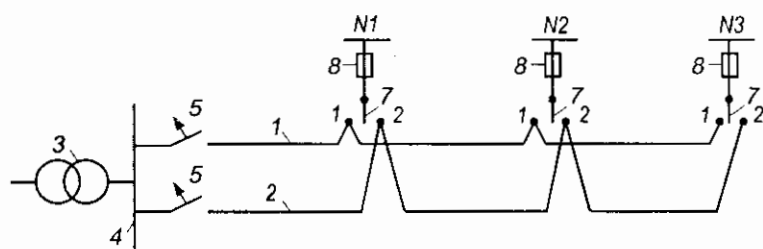


Hình 1-7

Khi xảy ra ngắn mạch ở mạng điện nhà nào thì cầu chì (7) của nhà đó sẽ chảy đứt và cắt điện nhà đó, còn khi xảy ra ngắn mạch trên đường dây cung cấp nào thì aptômat (5) của đường dây đó sẽ tự động cắt điện.

b) Mạng điện cung cấp cho các nhà ở dưới 5 tầng có cả phụ tải loại 1, 2 và 3 (hình 1-8)

Trong sơ đồ này mỗi nhà ở được cấp điện từ 2 đường dây cung cấp (1) và (2). Đồng thời ở mỗi thiết bị phân nhánh vào nhà người ta dùng 1 cầu dao chuyển nối (7). Bình thường các cầu dao (7) được đóng ở vị trí 1 và các nhà được cấp điện từ đường dây cung cấp (1), còn đường dây (2) là đường dây dự trữ.

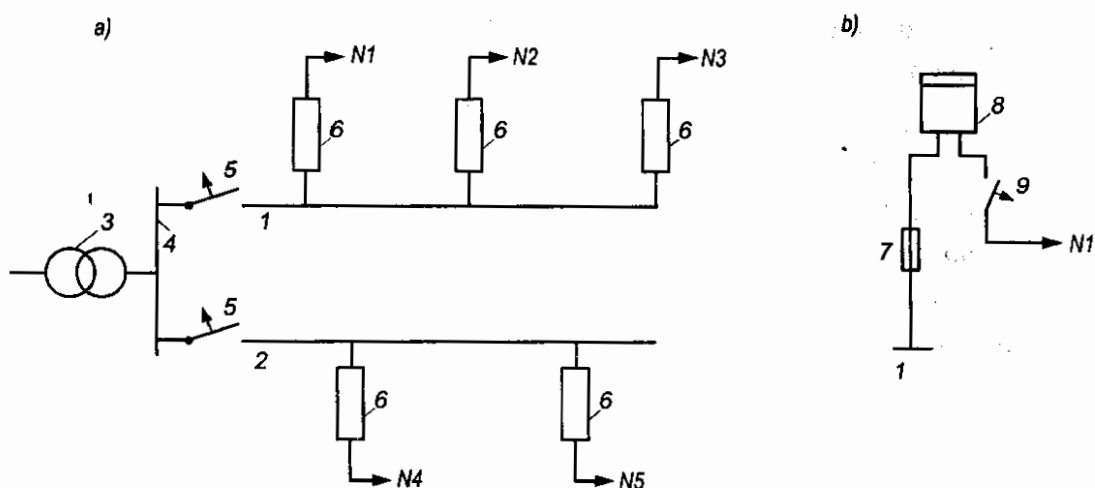


Hình 1-8

Khi có sự cố trên đường dây cung cấp (1), các cầu dao (7) sẽ được đóng sang vị trí (2) và các nhà được cấp điện từ đường dây cung cấp (2).

c) Mạng điện cung cấp cho các nhà ở từ 9 đến 16 tầng (hình 1-9)

Trong sơ đồ này mỗi nhà được cấp điện từ 2 đường dây cung cấp (1) và (2). Trong đó đường dây (1) qua cầu dao (7) cấp điện cho các phụ tải của căn hộ và chiếu sáng chung cho toàn nhà ở (tầng hầm, giếng thang, hành lang, chiếu sáng ngoài trời), còn đường dây (2) cấp điện cho thang máy, các thiết bị cứu hoả và chiếu sáng sự cố qua cầu dao (8).

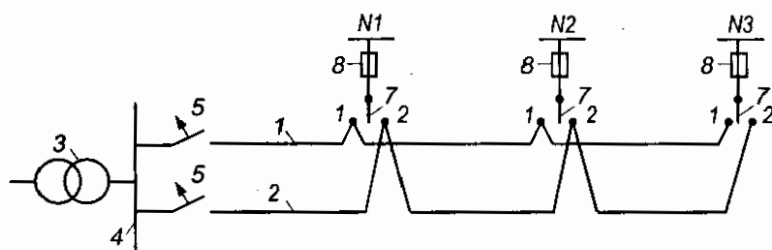


Hình 1-7

Khi xảy ra ngắn mạch ở mạng điện nhà nào thì cầu chì (7) của nhà đó sẽ chảy đứt và cắt điện nhà đó, còn khi xảy ra ngắn mạch trên đường dây cung cấp nào thì aptômat (5) của đường dây đó sẽ tự động cắt điện.

b) Mạng điện cung cấp cho các nhà ở dưới 5 tầng có cả phụ tải loại 1, 2 và 3 (hình 1-8)

Trong sơ đồ này mỗi nhà ở được cấp điện từ 2 đường dây cung cấp (1) và (2). Đồng thời ở mỗi thiết bị phân nhánh vào nhà người ta dùng 1 cầu dao chuyển nối (7). Bình thường các cầu dao (7) được đóng ở vị trí 1 và các nhà được cấp điện từ đường dây cung cấp (1), còn đường dây (2) là đường dây dự trữ.



Hình 1-8

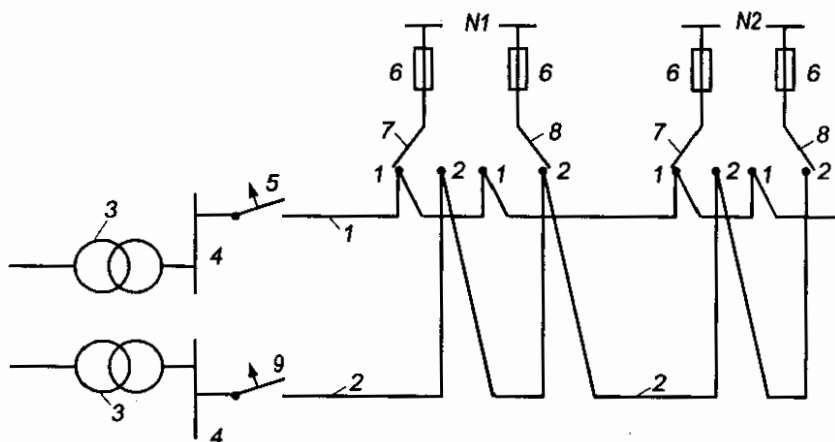
Khi có sự cố trên đường dây cung cấp (1), các cầu dao (7) sẽ được đóng sang vị trí (2) và các nhà được cấp điện từ đường dây cung cấp (2).

c) Mạng điện cung cấp cho các nhà ở từ 9 đến 16 tầng (hình 1-9)

Trong sơ đồ này mỗi nhà được cấp điện từ 2 đường dây cung cấp (1) và (2). Trong đó đường dây (1) qua cầu dao (7) cấp điện cho các phụ tải của căn hộ và chiếu sáng chung cho toàn nhà ở (tầng hầm, giếng thang, hành lang, chiếu sáng ngoài trời), còn đường dây (2) cấp điện cho thang máy, các thiết bị cứu hoả và chiếu sáng sự cố qua cầu dao (8).

Khi sự cố trên đường dây (1), aptômat (5) của đường dây này sẽ tự động cắt điện. Trong trường hợp đó tất cả phụ tải của toà nhà sẽ được cấp điện từ đường dây (2) bằng cách đóng cầu dao (7) sang vị trí (2).

Ngược lại khi sự cố trên đường dây (2), aptômat (9) của đường dây này sẽ tự động cắt. Trong trường hợp đó tất cả phụ tải của toà nhà sẽ được cấp điện từ đường dây (1) bằng cách đóng cầu dao (8) sang vị trí (1).

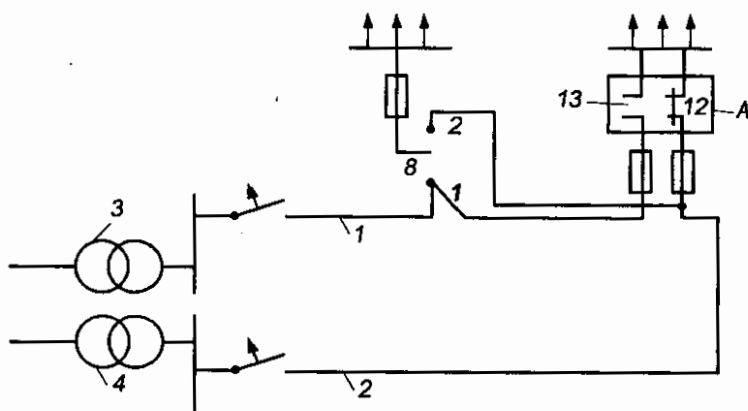


Hình 1-9

d) Mạng điện hạ áp cung cấp cho các nhà ở cao hơn 16 tầng

Đối với các nhà cao tầng này, thang máy, thiết bị cứu hoả và chiếu sáng sự cố là những phụ tải loại 1. Do đó các nhà cao tầng này luôn luôn được cấp điện từ 2 đường dây cung cấp của một trạm biến áp hoặc từ 2 đường dây cung cấp của 2 trạm biến áp khác nhau.

Hình 1-10 là một sơ đồ mạng điện cung cấp cho các nhà ở cao hơn 16 tầng.



Hình 1-10

Trong sơ đồ này mỗi nhà ở được cấp điện từ 2 đường dây cung cấp (1) và (2) của một trạm 2 máy biến áp (3) và (4). Bình thường đường dây (1) cấp điện cho các phụ tải của các căn hộ và chiếu sáng chung cho toàn toà nhà qua cầu dao (8) đóng ở vị trí (1). Còn đường dây (2) cấp điện cho thang máy, thiết bị cứu hoả và chiếu sáng sự cố qua tiếp điểm thường kín (12) của thiết bị đóng cắt tự động A.

Khi sự cố trên đường dây (2), thiết bị đóng cắt tự động A sẽ tự động mở tiếp điểm thường kín (12) và đóng tiếp điểm thường mở (13). Trong trường hợp đó các phụ tải loại (1) được chuyển nhanh sang cấp điện từ đường dây (1).

Còn khi sự cố trên đường dây (1), cầu dao (8) được chuyển bằng tay sang vị trí (2) và toàn bộ phụ tải của toà nhà được cấp điện từ đường dây (2).

§1.6. CẤU TRÚC CỦA ĐƯỜNG DÂY MẠNG ĐIỆN CUNG CẤP HẠ ÁP

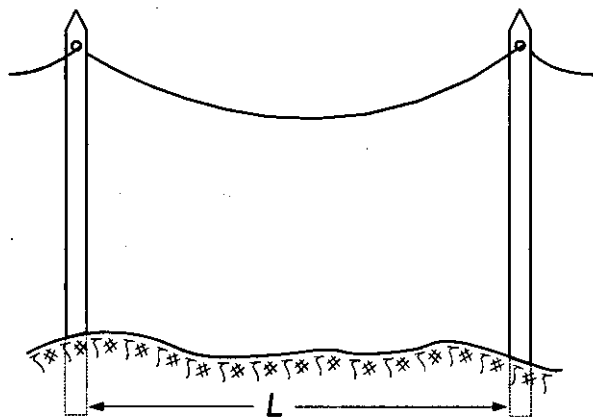
Đường dây của mạng điện cung cấp hạ áp có thể là đường dây trên không hoặc đường dây cáp

1. Cấu trúc của đường dây trên không (hình 1-11)

Đường dây trên không bao gồm 3 phần tử chính: cột, sứ cách điện và dây dẫn.

Cột dùng để treo dây dẫn trên không. Theo điều kiện làm việc người ta chia cột ra làm 6 loại: cột trung gian, cột néo, cột cuối, cột góc, cột chéo và cột rẽ nhánh.

Cột trung gian được đặt trên các phần thẳng của tuyến đường dây và dùng để treo các dây dẫn giữa 2 cột néo.



Hình 1-11

Cột néo dùng để nối cố định các dây dẫn. Nó được đặt ở chỗ giao nhau của đường dây trên không với đường sắt, đường xe cơ giới và các công trình xây dựng khác.

Cột góc dùng để thay đổi hướng của tuyến đường dây.

Cột cuối được đặt ở cuối và đầu đường dây, nó thường là cột néo.

Cột chéo được đặt ở chỗ giao nhau của các đường dây trên không.

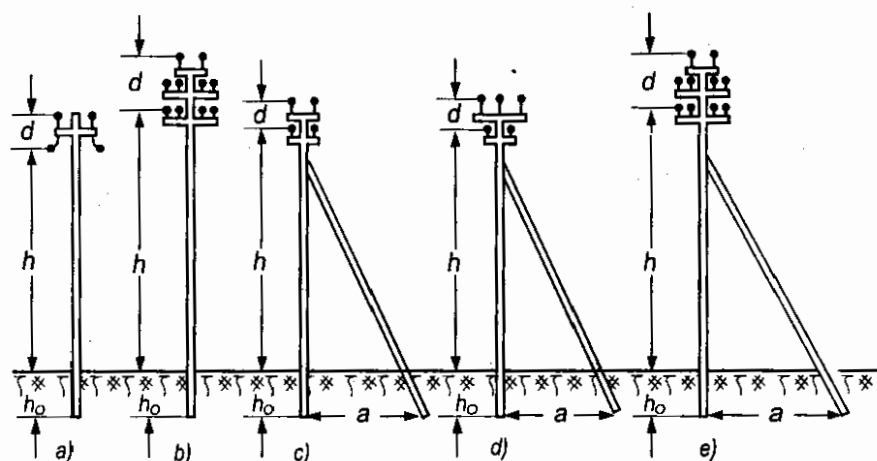
Cột rẽ nhánh được đặt ở chỗ rẽ nhánh của đường dây đi vào nhà.

Vật liệu làm cột của đường dây hạ áp thường là gỗ hoặc bê tông cốt thép.

Các cột gỗ có ưu điểm là nhẹ, dễ chế tạo, dễ vận chuyển nhưng có nhược điểm là dễ bị mối mọt và biến chất, dưới tác dụng của môi trường. Để hạn chế mối mọt cột gỗ

thường được tẩm hoá chất chống mối mọt. Ngược lại cột bê tông cốt sắt mặc dầu nặng và vận chuyển khó khăn, nhưng rất bền vững và dễ công nghiệp hoá chế tạo. Do đó các cột bê tông cốt sắt càng ngày càng được dùng phổ biến trong mạng điện cung cấp hạ áp.

Hình 1-12 là sơ đồ một số loại cột bê tông cốt thép hạ áp và kích thước hình học của nó cho trong bảng 1-4.



Hình 1-12

Các cột được chôn sâu xuống đất khoảng $1,5 \div 2$ m và được đặt cách nhau một khoảng L được gọi là khoảng vượt. Chiều dài khoảng vượt L phụ thuộc vào tiết diện dây dẫn và điều kiện khí hậu của vùng có đường dây đi qua.

Đối với đường dây trên không hạ áp ta có thể chọn $L = 25 \div 35$ m ở vùng gió mạnh, $L = 35 \div 45$ m ở vùng gió trung bình và $L = 45 \div 50$ m ở vùng gió nhẹ.

Bảng 1-4. Kích thước hình học của một số cột bê tông cốt thép

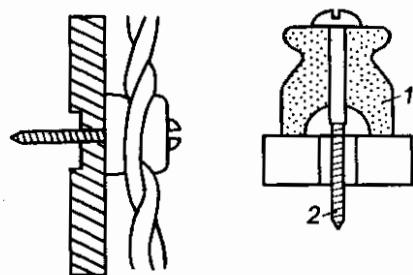
Hình vẽ	Loại cột	Kích thước hình học (mm)				Số lượng sứ cách điện
		h	d	h ₀	a	
1-12a	Cột trung gian	7130	400	1600		5
1-12b	Cột vượt trung gian	8460	800	1800		10
1-12c	Cột cuối néo	7100	400	1600	3100	10
1-12d	Cột góc néo hoặc cột néo rẽ nhánh	7100	400	1600	3100	10
1-12e	Cột vượt rẽ nhánh	8460	800	1800	3850	20

Sứ cách điện (hình 1-13) dùng để giữ dây dẫn và cách điện giữa dây dẫn và cột.

Mỗi sứ cách điện hạ áp gồm 2 bộ phận chính: trụ sứ 1 và chân cắm 2. Trụ sứ 1 làm bằng sứ hoặc thủy tinh cách điện, còn chân cắm 2 làm bằng kim loại và dùng để cắm sứ vào cột.

Sứ cách điện được chọn theo điện áp của mạng điện và lực cơ khí tác dụng lên sứ.

Dây dẫn của đường dây trên không mạng điện hạ áp có thể dùng 2 loại: dây trần và dây bọc cách điện. Dây trần là dây không được bọc cách điện. Vật liệu làm dây trần là những kim loại có độ dẫn điện tốt như đồng, nhôm hoặc nhôm lõi thép (nhôm dùng dẫn điện còn lõi thép dùng để tăng độ bền cơ khí).



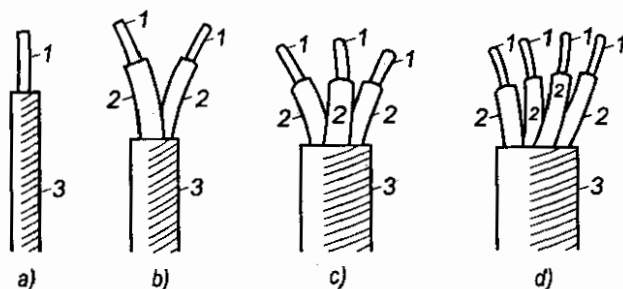
Hình 1-13

Dây bọc cách điện là dây chứa các lõi kim loại cách điện với nhau và được đặt trong một vỏ cách điện chung. Vật liệu làm lõi kim loại là các kim loại dẫn điện tốt như đồng, nhôm. Còn vỏ cách điện thường làm bằng nhựa tổng hợp hoặc cao su cách điện.

Trong một dây bọc cách điện có thể có 1, 2, 3 hoặc 4 lõi kim loại. Mỗi lõi kim loại có 1 vỏ cách điện riêng và đóng vai trò một dây dẫn điện.

Hình 1-14 là sơ đồ cấu tạo của 1 dây bọc cách điện 1 lõi (a), 2 lõi (b), 3 lõi (c) và 4 lõi (d).

Mỗi dây dẫn bọc cách điện đều bao gồm lõi kim loại 1, vỏ bọc cách điện riêng của lõi 2 và vỏ bọc cách điện chung 3.



Hình 1-14

Để làm đường dây 1 pha ta chỉ cần dùng 1 dây bọc cách điện 2 lõi (1 lõi làm dây pha còn 1 lõi làm dây trung tính), còn để làm đường dây 3 pha ta chỉ cần dùng 1 dây bọc cách điện 4 lõi (3 lõi làm 3 dây pha còn lõi thứ tư làm dây trung tính). So với dây bọc cách điện, dây trần chế tạo dễ hơn và rẻ tiền hơn. Do đó trong mạng điện cung cấp hạ áp để làm đường dây trên không người ta thường dùng dây nhôm trần hoặc dây trần nhôm lõi thép. Tiết diện của dây trần hoặc lõi của dây bọc cách điện được chọn theo dòng điện phụ tải, tổn thất điện áp cho phép và độ bền cơ khí (xem chương sau).

Theo điều kiện độ bền cơ khí tiết diện của dây dẫn của đường dây trên không mạng điện cung cấp hạ áp không được bé hơn 16mm^2 đối với dây nhôm, 10mm^2 đối với dây nhôm lõi thép và 6mm^2 đối với dây đồng.

Khi xây dựng đường dây trên không ta phải chọn tuyến đường dây ngắn nhất và số bẻ góc ít nhất. Các cột điện không được cản trở sự đi lại của người và xe cộ.

So với đường dây cáp đường dây trên không rẻ hơn, xây dựng nhanh hơn, phát hiện chỗ hỏng và sửa chữa, thay thế phần hỏng dễ dàng hơn. Nhưng nhược điểm của đường dây trên không là chịu tác dụng trực tiếp của thời tiết (mưa, gió, bão, sét) nên khả năng hỏng nhiều hơn và nguy hiểm đối với người khi dây đứt. Ngoài ra đường dây trên không thường làm xấu cảnh quan thành phố và cản trở các phương tiện giao thông. Do những nhược điểm này đường dây trên không thường chỉ được dùng ở các đô thị nhỏ và vùng nông thôn.

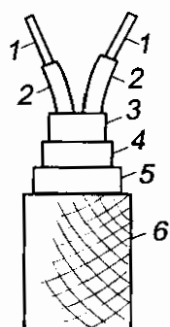
2. Cấu trúc của đường dây cáp

Đường dây cáp bao gồm các dây cáp đặt dưới mặt đất theo các hào cáp.

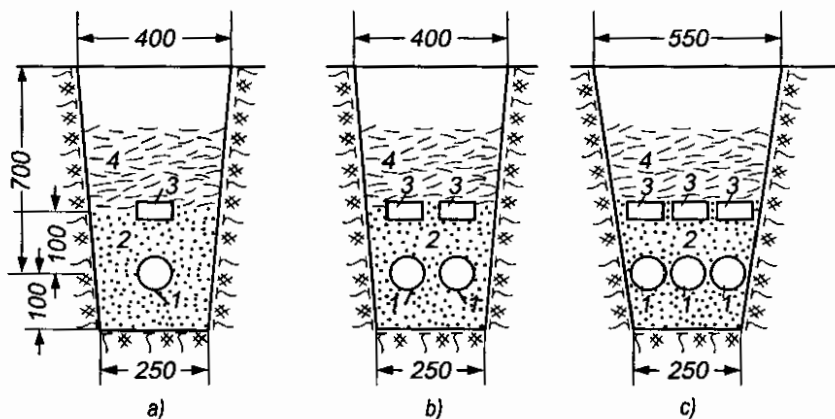
Cáp (hình 1-15) chứa các lõi kim loại (1), vỏ cách điện riêng của mỗi lõi (2), vỏ cách điện chung của các lõi (3), (4), (5) và vỏ bảo vệ (6).

Các lõi kim loại có thể làm bằng đồng hoặc nhôm, các vỏ cách điện có thể làm bằng nhựa tổng hợp, vải sợi hoặc giấy tẩm dầu hoặc cao su cách điện. Còn vỏ bảo vệ dùng để che kín cáp và chịu đựng các tác dụng cơ khí và hoá học của môi trường xung quanh.

Vỏ bảo vệ có thể làm bằng nhôm, chì, kẽm, cao su hoặc nhựa tổng hợp.



Hình 1-15



Hình 1-16

Cáp được đặt trong các hào cáp như hình 1-16.

Hình 1-16a là hào 1 cáp, cáp (1) được đặt giữa lớp cát (2), được đầy bởi hàng gạch (3) và được phủ bởi lớp đất (4). Hình 1-16b là hào 2 cáp, còn hình 1-16c là hào 3 cáp.

Cáp được đặt trong hào với độ sâu khoảng $0,7 \div 1\text{m}$ và chiều rộng của hào cáp phụ thuộc vào số cáp được đặt trong nó. Chiều rộng này phải không nhỏ hơn $0,25\text{m}$ khi đặt 1

hoặc 2 cấp, không nhỏ hơn 0,5m khi đặt 3 cấp và cứ thêm một cấp chiều rộng này lại phải tăng lên 0,15 mét. Các cấp thường được đặt cách nhau 0,1m.

Mỗi cấp có thể chứa 1, 2, 3 hoặc 4 lõi kim loại. Mỗi lõi có một vỏ cách điện riêng và đóng vai trò một dây dẫn.

Do đó, để làm đường dây 1 pha ta chỉ cần dùng 1 cấp 2 lõi (1 lõi làm dây pha và 1 lõi làm dây trung tính) còn để làm đường dây 3 pha ta chỉ cần dùng 1 cấp 4 lõi (3 lõi làm 3 dây pha còn lõi thứ 4 làm dây trung tính). Ưu điểm chính của đường dây cáp là có độ tin cậy cung cấp điện khá cao.

Đường dây cáp hầu như không chịu ảnh hưởng của thời tiết, không làm xấu cảnh quan đô thị, không cản trở giao thông. Do đó mặc dù giá cáp khá đắt và chi phí xây dựng các hào cáp khá cao nhưng đường dây cáp vẫn được dùng phổ biến trong các thành phố lớn và khu công nghiệp.

Để giảm kinh phí xây dựng đường dây cáp và bảo vệ cáp ta cần phải chọn các tuyến đường dây ngắn nhất và tránh đi qua các vùng có tác dụng hoá học, cơ khí hoặc nhiệt ảnh hưởng đến cáp. Hào cáp không được đi dưới đáy nhà hoặc dưới đường xe chạy.

Tốt nhất là đặt cáp, dọc theo các hào dưới vỉa hè đường phố hoặc dưới các mặt bằng không có xe cộ đi lại.

§1.7. CHỌN NGUỒN ĐIỆN CHO MỘT CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG MỚI VÀ CHỌN SỐ TRẠM BIẾN ÁP CỦA MẠNG ĐIỆN

Khi xây dựng một công trình ta phải lựa chọn nguồn điện cung cấp cho nó. Việc chọn nguồn điện phụ thuộc vào công suất tiêu thụ điện của công trình và tình hình mạng điện ở khu vực gần công trình.

Nếu gần công trình có sẵn đường dây cung cấp hạ áp và khi thêm phụ tải của công trình đường dây này vẫn không quá tải, thì công trình được lấy điện từ đường dây này.

Nếu khi thêm phụ tải của công trình, đường dây cung cấp sẵn có sẽ quá tải thì ta phải xây dựng một đường dây cung cấp hạ áp mới nối điện từ trạm biến áp đến công trình với điều kiện công suất của máy biến áp cho phép.

Nếu điều kiện này không thoả mãn, nghĩa là khi thêm phụ tải của công trình máy biến áp sẽ quá tải, thì ta phải tăng công suất của trạm biến áp cũ hoặc xây dựng trạm biến áp mới.

Để tăng công suất của trạm biến áp cũ, ta có thể thay máy biến cũ bằng máy biến áp mới có công suất lớn hơn hoặc đặt thêm máy biến áp mới nếu không gian của trạm cho phép.

Trường hợp cuối cùng là nếu gần công trình chưa có trạm biến áp thì ta phải xây dựng trạm biến áp mới.

Khi thiết kế và xây dựng mạng điện hạ áp cung cấp cho một đô thị hoặc một khu xây dựng ta có thể phải lựa chọn số trạm biến áp cần xây dựng. Nếu số trạm biến áp càng lớn

thì các trạm này càng được đặt gần trung tâm phụ tải và do đó giảm được chiều dài các đường dây cung cấp hạ áp.

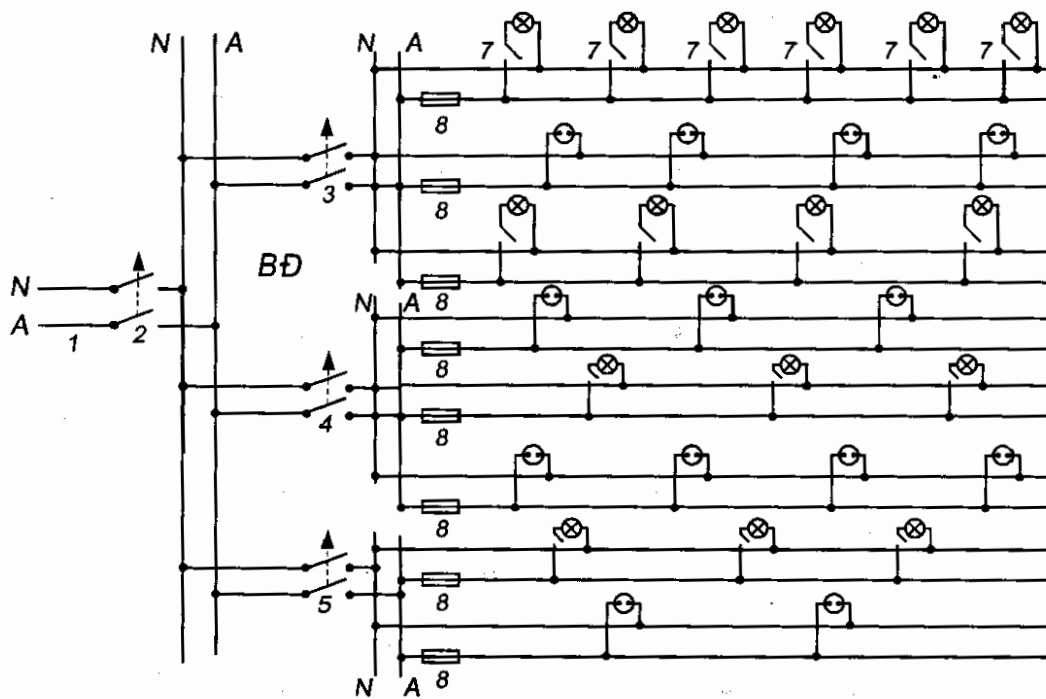
Tuy nhiên việc tăng số trạm biến áp sẽ làm tăng chi phí xây dựng và thiết bị của trạm.

Do đó để chọn số trạm biến áp của một mạng điện lớn ta phải dự kiến một vài phương án với số trạm biến áp khác nhau, sau đó tiến hành, tính toán kinh tế kĩ thuật rút ra phương án có vốn đầu tư bé nhất mà vẫn đảm bảo yêu cầu cung cấp điện của các loại phụ tải.

Kinh nghiệm thực tế chỉ rằng khi mật độ phụ tải của khu vực được cấp điện nằm trong khoảng $0,05 \div 0,15 \text{ KVA/m}^2$ và điện áp 380V thì công suất tốt nhất của trạm biến áp nằm trong khoảng $560 \div 1000 \text{ KVA}$ và khoảng cách tốt nhất giữa 2 trạm biến áp gần nhau vào khoảng $700 \div 800 \text{ m}$. Ngoài ra các công trình xây dựng có phụ tải điện lớn và tập trung cần được cấp điện từ một trạm biến áp riêng.

§1.8. MẠNG ĐIỆN PHÂN PHỐI HẠ ÁP

Mạng điện phân phối hạ áp bao gồm bảng điện của hộ tiêu thụ và các đường dây nối từ bảng điện này đến các phụ tải của hộ tiêu thụ như đèn điện, quạt điện, ổ cắm và các dụng cụ điện khác... Bảng điện là một hộp kim loại chứa công tơ và các khí cụ điện. Công tơ dùng để đo điện năng tiêu thụ của hộ dùng điện, còn các khí cụ điện như cầu dao, cầu chì, aptômat dùng để điều khiển và bảo vệ mạng điện. Đôi khi người ta có thể đặt các công tơ trong các hộp công tơ riêng.



Hình 1-17

Để biểu diễn mạng điện người ta có thể dùng một trong hai kiểu sơ đồ: Sơ đồ một dây và sơ đồ nhiều dây. Trong sơ đồ nhiều dây mỗi dây dẫn được biểu diễn bằng 1 nét vẽ. Mỗi đường dây nhiều dây dẫn được biểu diễn bằng số nét vẽ bằng số dây dẫn.

Còn trong sơ đồ một dây, mỗi đường dây gồm nhiều dây dẫn chỉ được biểu diễn bằng một nét vẽ.

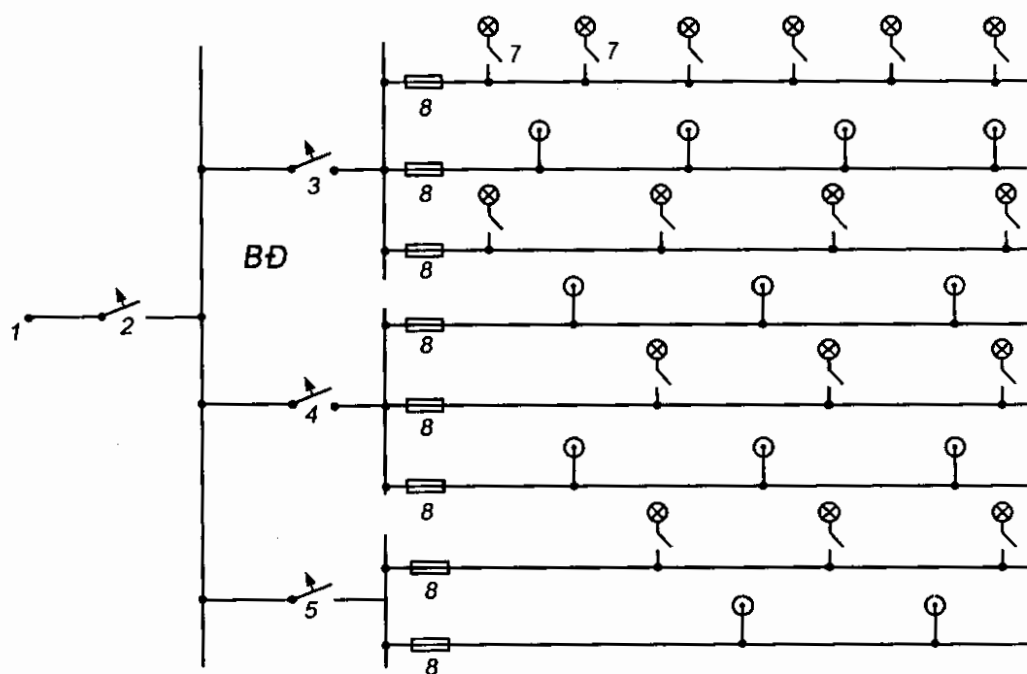
Hình 1-17 là sơ đồ nhiều dây của 1 mạng điện phân phối hạ áp của 1 căn hộ.

Bảng điện BD lấy điện từ mạng điện cung cấp hạ áp (1) qua aptômat một pha (2). Bảng điện gồm 2 dây dẫn chính: dây pha A và dây trung tính N.

Từ 2 dây dẫn này được nối các đường dây một pha cấp điện cho các đèn và ổ cắm qua các aptômat (3), (4) và (5).

Người ta thường cấp điện cho các đèn và các ổ cắm bằng các đường dây riêng. Mỗi đường dây như vậy cấp điện không quá 8 đèn hoặc 8 ổ cắm. Để điều khiển các đèn người ta dùng các công tắc (7) và để bảo vệ các đường dây cấp điện cho các đèn hoặc ổ cắm người ta dùng các cầu chì (8).

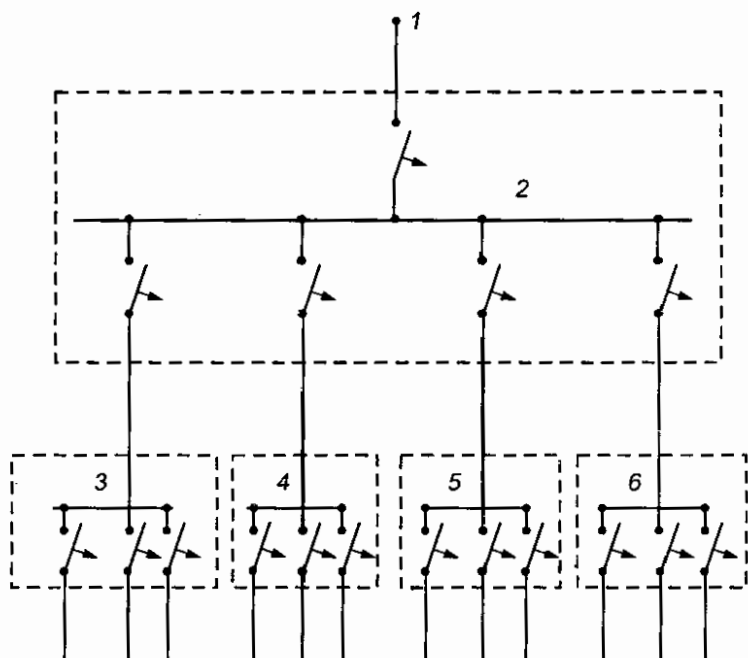
Sơ đồ mạng điện nhiều dây hình 1-17 có thể biểu diễn bằng sơ đồ mạng điện một dây như hình 1-18.



Hình 1-18

Để cấp điện cho các toà nhà lớn hoặc nhà cao tầng, ngoài bảng điện chính ta còn phải dùng các bảng điện phụ. Số bảng điện phụ được lựa chọn sao cho điều khiển mạng điện thuận tiện nhất và mỗi bảng điện phụ điều khiển một phần của mạng điện với công suất không quá 36KVA.

Hình 1-19 là sơ đồ 1 dây của các bảng điện chính và bảng điện phụ cấp điện cho một toà nhà lớn



Hình 1-19

Bảng điện chính (2) nhận điện từ mạng điện cung cấp (1) và phân phối điện cho 4 bảng điện phụ (3), (4), (5) và (6). Mỗi bảng điện phụ điều khiển cung cấp điện cho một phần của toà nhà.

Hình 1-20 là sơ đồ 1 dây của các bảng điện chính và phụ cấp điện cho một nhà cao tầng.

Bảng điện chính (2) lấy điện từ mạng điện cung cấp hạ áp (1). Từ bảng điện chính (2) người ta nối các đường dây đi lên các tầng được gọi là đường dây trục chính (3) và (4). Đường dây trục chính (3) phân nhánh đến các bảng điện phụ (5) ở mỗi tầng, còn đường dây trục chính (4) cấp điện cho thang máy (6).

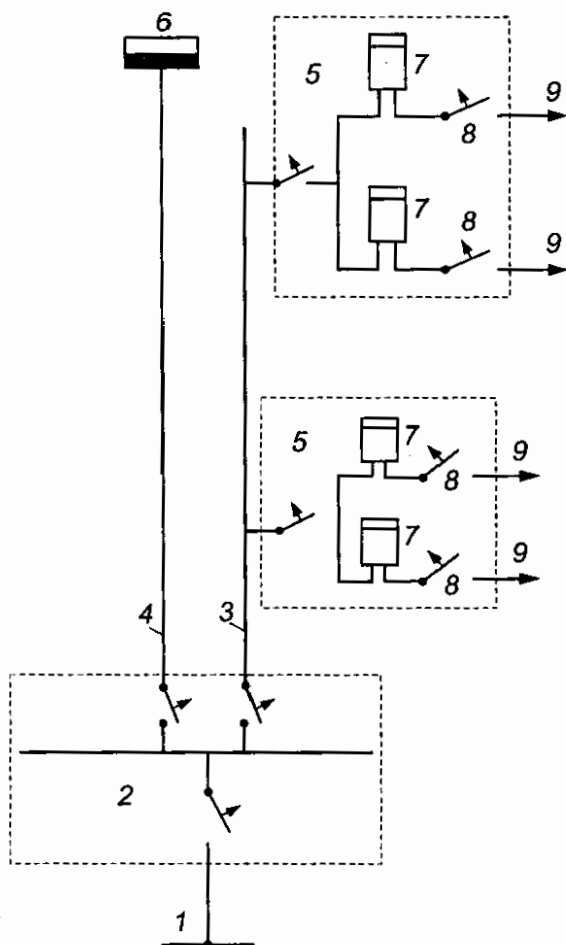
Từ các bảng điện phụ (5) người ta nối các đường dây phân phối (9) cấp điện cho các căn hộ. Ở đầu mỗi đường dây phân phối này được đặt một công tơ (7) để đo điện năng tiêu thụ của căn hộ và một aptômat (8) để điều khiển và bảo vệ mạng điện căn hộ.

Tùy theo công suất và loại phụ tải của các tầng mà đường dây trục chính và đường dây phân nhánh đến mỗi tầng có thể là đường dây 3 pha (3 dây pha và 1 dây trung tính) hoặc đường dây 2 pha (2 dây pha và 1 dây trung tính) hoặc đường dây một pha (một dây pha và 1 dây trung tính).

Khi phụ tải của tầng có công suất nhỏ hơn 12KVA và không có phụ tải 3 pha (động cơ điện 3 pha) thì đường dây phân nhánh đến tầng thường là đường dây 1 pha hoặc đường dây 2 pha.

Khi phụ tải của tầng có công suất lớn hơn 12KVA hoặc tầng có sử dụng động cơ điện 3 pha thì đường dây phân nhánh đến tầng phải là đường dây 3 pha. Trong trường hợp đó cố gắng phân bố đều phụ tải của tầng cho các pha để bảo đảm phụ tải 3 pha đối xứng.

Còn đường dây trục chính thường là đường dây 3 pha. Để cấp điện cho các nhà cao hơn 16 tầng và phụ tải các tầng có công suất lớn, người ta thường dùng nhiều đường dây trục chính. Trong đó mỗi đường dây trục chính cấp điện cho một số tầng, ngoài ra phải có ít nhất một đường dây trục chính riêng để cấp điện cho thang máy, chiếu sáng sự cố và thiết bị cứu hoả.



Hình 1-20

§1.9. TÍNH TOÁN TỔN THẤT ĐIỆN ÁP TRÊN ĐƯỜNG DÂY CỦA MẠNG ĐIỆN HẠ ÁP

1. Điện trở và điện kháng của dây dẫn

Mỗi dây dẫn có một điện trở r và một điện kháng x . Điện trở r của dây dẫn được xác định theo công thức

$$r = r_0 L = \frac{1}{\gamma S} L$$

Trong đó: $r_0 = \frac{1}{\gamma S}$ - điện trở của một mét đường dây (Ω/m);

L - chiều dài dây dẫn (m);

γ - điện dẫn suất của kim loại làm dây dẫn ($m/\Omega mm^2$);

S - tiết diện dây dẫn (mm^2).

Điện dẫn suất của nhôm là $\gamma = 32 m/\Omega mm^2$ còn điện dẫn suất của dây đồng là $\gamma = 57 m/\Omega mm^2$.

Còn điện kháng x của dây dẫn được xác định theo công thức:

$$x = x_0 L$$

Trong đó: x_0 - điện kháng của 1m dây dẫn (Ω/m);

L - chiều dài dây dẫn (m).

x_0 phụ thuộc vào khoảng cách giữa các dây dẫn và đường kính của nó, còn khoảng cách giữa các dây dẫn phụ thuộc vào loại dây và cách đặt dây.

Khi tính toán mạng điện cung cấp cho các công trình xây dựng ta có thể lấy r_0 , x_0 theo bảng 1-5.

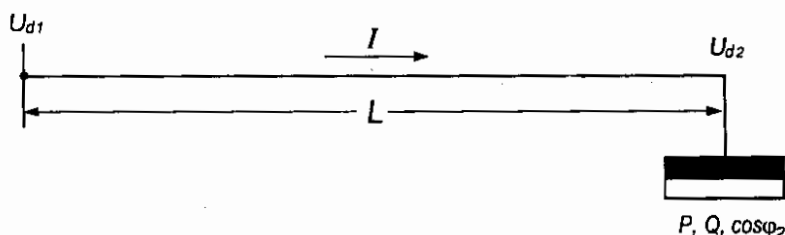
Bảng 1.5. Điện trở r_0 và điện kháng x_0 của dây dẫn ($m\Omega/m$) ($m\Omega = 10^{-3}\Omega$)

Tiết diện dây dẫn (mm^2)	Điện trở r_0 ($m\Omega/m$)		Điện kháng x_0 ($m\Omega/m$)	
	Nhôm	Đồng	Dây dẫn đặt hở	Dây dẫn đặt trong ống hoặc dây cáp
1,5	22,2	13,35	-	0,11
2,5	13,3	8	-	0,10
4	8,25	5	0,33	0,10
6	5,55	3,33	0,32	0,09
10	3,33	2	0,31	0,07
16	2,08	1,25	0,29	0,07
25	1,33	0,8	0,27	0,07
35	0,95	0,57	0,26	0,06
50	0,67	0,4	0,25	0,06
70	0,48	0,29	0,24	0,06
95	0,35	0,21	0,23	0,06
120	0,28	0,17	0,22	0,06
150	0,22	0,13	0,21	0,06

2. Tính toán tổn thất điện áp trên đường dây khi không bỏ qua điện kháng x của dây dẫn

a) Tổn thất điện áp trên đường dây 3 pha cung cấp cho một phụ tải

Giả thiết có một đường dây 3 pha cung cấp cho một phụ tải như hình 1-21.



Hình 1-21

Giả thiết phụ tải có công suất tác dụng P và công suất phản kháng Q. Nếu điện áp dây ở đầu đường dây là U_{d1} còn điện áp dây ở cuối đường dây là U_{d2} thì tổn thất điện áp trên đường dây ΔU là hiệu số học giữa U_{d1} và U_{d2} .

$$\Delta U = U_{d1} - U_{d2}$$

Ta có: $U_{d1} = \sqrt{3}U_{f1}$; $U_{d2} = \sqrt{3}U_{f2}$

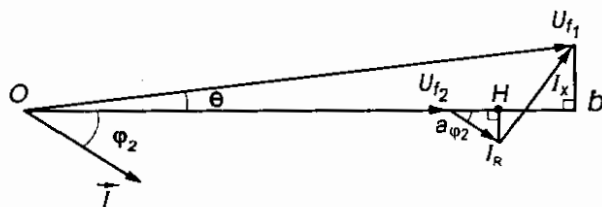
Trong đó: U_{f1} - điện áp pha đầu đường dây (V);

U_{f2} - điện áp pha cuối đường dây (V).

Từ đó ta có:

$$\Delta U = U_{d1} - U_{d2} = \sqrt{3}(U_{f1} - U_{f2})$$

Để xác định hiệu số học $U_{f1} - U_{f2}$ ta dựa vào đồ thị vector biểu diễn điện áp và dòng điện của đường dây như hình 1-22.



Hình 1-22

Đồ thị vector này được vẽ dựa trên phương trình vector:

$$\begin{aligned}\bar{U}_{f1} &= \bar{U}_{f2} + \bar{I}(r + jx) \\ &= \bar{U}_{f2} + \bar{I}r + j\bar{I}x\end{aligned}$$

Chọn $\vec{U}_{f_2}$ làm gốc pha, vector $\vec{I}$ lệch pha với $\vec{U}_{f_2}$ một góc φ_2 xác định từ hệ số công suất $\cos\varphi_2$ của phụ tải, vector $\vec{I}_r$ cùng pha với $\vec{I}$, còn vector $j\vec{I}_x$ vượt trước $\vec{I}$ một góc 90° . Tổng 3 vector $\vec{U}_{f_2}$, $\vec{I}_r$ và $j\vec{I}_x$ sẽ là vector $\vec{U}_{f_1}$.

Thông thường góc θ giữa $\vec{U}_{f_1}$ và $\vec{U}_{f_2}$ rất bé, nên ta có thể xem gần đúng hiệu số học giữa 2 điện áp:

$$U_{f_1} - U_{f_2} = \overline{ab} = \overline{aH} + \overline{Hb} = Ir \cos\varphi_2 + Ix \sin\varphi_2 \text{ và}$$

$$\Delta U = \sqrt{3} (U_{f_1} - U_{f_2}) = \sqrt{3} Ir \cos\varphi_2 + \sqrt{3} Ix \sin\varphi_2$$

Ta có: $\sqrt{3} I \cos\varphi_2 = \frac{P}{U_d} 10^3; \quad \sqrt{3} I \sin\varphi_2 = \frac{Q}{U_d} 10^3$

Trong đó: P - công suất tác dụng của phụ tải (KW);

Q - công suất phản kháng của phụ tải (KVar);

U_d - điện áp dây định mức của đường dây (V);

I - dòng điện đi trong dây pha (A).

Từ đó tổn thất điện áp của đường dây được tính bằng vôn sẽ là:

$$\Delta U = \frac{10^3}{U_d} (Pr + Qx)$$

Nếu thay $r = r_0 L$; $x = x_0 L$

Trong đó: r_0 , x_0 điện trở và điện kháng 1 mét đường dây (Ω/m);

L - chiều dài đường dây (m).

Ta có: $\Delta U = \frac{10^3 L}{U_d} (Pr_0 + Qx_0)$

Còn tổn thất điện áp trên đường dây được tính theo phần trăm sẽ là:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_d} 100 = \frac{10^5 L}{U_d^2} (Pr_0 + Qx_0)$$

Ta cần chú ý ở đây đường dây chỉ cung cấp cho 1 phụ tải nên công suất truyền tải trên đường dây P_d và Q_d cũng chính là công suất của phụ tải P, Q.

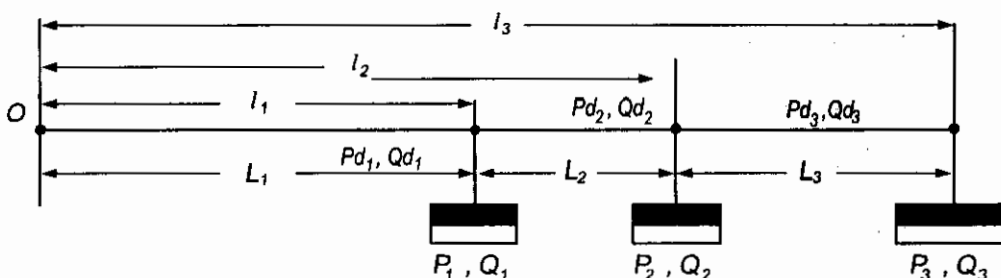
$$P_d = P; \quad Q_d = Q$$

b) Tổn thất điện áp trên đường dây 3 pha cấp điện cho nhiều phụ tải.

Giả thiết một đường dây 3 pha cấp điện cho 3 phụ tải như hình 1.23.

Ta xem đường dây này gồm 3 đoạn: đoạn 1 có chiều dài L_1 , đoạn 2 có chiều dài L_2 và đoạn 3 có chiều dài L_3 . Đoạn 1 tải các công suất $P_{d1} = P_1 + P_2 + P_3$ và

$$Q_{d1} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$



Hình 1.23

Đoạn 2 tải các công suất $P_{d2} = P_2 + P_3$ và $Q_{d2} = Q_2 + Q_3$

Đoạn 3 tải các công suất $P_{d3} = P_3$; $Q_{d3} = Q_3$

Nếu ta kí hiệu tổn thất điện áp trên các đoạn 1, 2 và 3 lần lượt là ΔU_1 ; ΔU_2 , ΔU_3 thì tổn hao điện áp trên cả đường dây là:

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3$$

Từ tiết mục a ta có:

$$\Delta U_1 = \frac{10^3 L_1}{U_d} (P_{d1} r_{o1} + Q_{d1} x_{o1})$$

$$\Delta U_2 = \frac{10^3 L_2}{U_d} (P_{d2} r_{o2} + Q_{d2} x_{o2})$$

$$\Delta U_3 = \frac{10^3 L_3}{U_d} (P_{d3} r_{o3} + Q_{d3} x_{o3})$$

Trong đó: r_{o1} , x_{o1} - điện trở và điện kháng của 1m dây của đoạn 1 (Ω/m);

r_{o2} , x_{o2} - điện trở và điện kháng của 1m dây của đoạn 2 (Ω/m);

r_{o3} , x_{o3} - điện trở và điện kháng của 1m dây của đoạn 3 (Ω/m).

Khi cả 3 đoạn 1, 2 và 3 đều cùng loại dây và tiết diện (đường dây đồng nhất) thì:

$$r_{o1} = r_{o2} = r_{o3} = r_o$$

$$x_{o1} = x_{o2} = x_{o3} = x_o \text{ và}$$

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3$$

$$= \frac{10^3}{U_d} r_o (P_{d1} L_1 + P_{d2} L_2 + P_{d3} L_3) + \frac{10^3}{U_d} x_o (Q_{d1} L_1 + Q_{d2} L_2 + Q_{d3} L_3)$$

Khi thay $P_{d1} = P_1 + P_2 + P_3$; $P_{d2} = P_2 + P_3$; $P_{d3} = P_3$

$$Q_{d1} = Q_1 + Q_2 + Q_3; \quad Q_{d2} = Q_2 + Q_3; \quad Q_{d3} = Q_3$$

$$\text{Ta có } \Delta U = \frac{10^3}{U_d} r_o [P_1 L_1 + P_2 (L_1 + L_2) + P_3 (L_1 + L_2 + L_3)] \\ + \frac{10^3 x_o}{U_d} [Q_1 L_1 + Q_2 (L_1 + L_2) + Q_3 (L_1 + L_2 + L_3)]$$

Khi kí hiệu $l_1 = L_1$ khoảng cách từ đầu đường dây đến phụ tải 1 (m).

$l_2 = L_1 + L_2$ khoảng cách từ đầu đường dây đến phụ tải 2 (m);

$l_3 = L_1 + L_2 + L_3$ khoảng cách từ đầu đường dây đến phụ tải thứ 3 (m). Ta có:

$$\Delta U = \frac{10^3}{U_d} r_o (P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3) + \frac{10^3}{U_d} x_o (Q_1 l_1 + Q_2 l_2 + Q_3 l_3)$$

Trường hợp tổng quát khi một đường dây 3 pha đồng nhất cấp điện cho n phụ tải thì tổn thất điện áp trên cả đường dây tính theo vôn sẽ là:

$$\Delta U = \frac{10^3}{U_d} r_o \sum_{i=1}^n P_{di} L_i + \frac{10^3}{U_d} x_o \sum_{i=1}^n Q_{di} L_i \text{ hoặc}$$

$$\Delta U = \frac{10^3}{U_d} r_o \sum_{i=1}^n P_i l_i + \frac{10^3}{U_d} x_o \sum_{i=1}^n Q_i l_i$$

$$= \Delta U_r + \Delta U_x$$

Còn tổn thất điện áp trên cả đường dây tính theo phần trăm sẽ là:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_d} 100\% = \frac{10^5}{U_d^2} r_o \sum_{i=1}^n P_{di} L_i + \frac{10^5}{U_d^2} x_o \sum_{i=1}^n Q_{di} L_i \text{ hoặc}$$

$$\Delta U\% = \frac{10^5}{U_d^2} r_o \sum_{i=1}^n P_i l_i + \frac{10^5}{U_d^2} x_o \sum_{i=1}^n Q_i l_i$$

$$= \Delta U_r\% + \Delta U_x\%$$

Trong đó: P_{di} - công suất tác dụng được tải trên đoạn thứ i (KW);

Q_{di} - công suất phản kháng được tải trên đoạn thứ i (KVar);

P_i - công suất tác dụng của phụ tải thứ i (KW);

Q_i - công suất phản kháng của phụ tải thứ i (KVar);

U_d - điện áp dây định mức của đường dây (V);

L_i - chiều dài của đoạn thứ i (m);

l_i - khoảng cách từ đầu đường dây đến phụ tải thứ i (m);

r_o, x_o - điện trở và điện kháng của 1 mét dây pha (Ω/m).

$$\Delta U_r = \frac{10^3}{U_d} r_o \sum_{i=1}^n P_{di} L_i = \frac{10^3}{U_d} r_o \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

$$\Delta U_x = \frac{10^3}{U_d} x_o \sum_{i=1}^n Q_{di} L_i = \frac{10^3}{U_d} x_o \sum_{i=1}^n Q_i l_i$$

$$\Delta U_r \% = \frac{10^5}{U_d^2} r_o \sum_{i=1}^n P_{di} L_i = \frac{10^5}{U_d^2} r_o \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

$$\Delta U_x \% = \frac{10^5}{U_d^2} x_o \sum_{i=1}^n Q_{di} L_i = \frac{10^5}{U_d^2} x_o \sum_{i=1}^n Q_i l_i$$

c) *Tổn thất điện áp trên đường dây một pha*

Khi tính toán tổn thất điện áp trên đường dây 3 pha ta xem phụ tải 3 pha đối xứng. Trong trường hợp đó dòng điện trong dây trung tính bằng không ($I_o = 0$) và tổn thất điện áp chỉ xảy ra trên dây pha (dẫn dòng điện đi) mà không xảy ra trên dây trung tính (dẫn dòng điện về). Ngược lại trên đường dây 1 pha dòng điện trong dây trung tính bằng dòng điện trong dây pha. Do đó tổn thất điện áp xảy ra trên cả dây pha (dẫn dòng điện đi) và dây trung tính (dẫn dòng điện về).

Vì lí do đó tổn thất điện áp trên đường dây một pha cũng được tính theo công thức giống như trên đường dây 3 pha, chỉ có khác chiều dài L hoặc l tăng gấp đôi và điện áp dây U_d , được thay bằng điện áp pha U_f . Cụ thể tổn thất điện áp trên đường dây một pha đồng nhất cung cấp cho n phụ tải tính theo vôn sẽ là

$$\Delta U = \frac{2 \times 10^3}{U_f} r_o \sum_{i=1}^n P_{di} L_i + \frac{2 \times 10^3}{U_f} x_o \sum_{i=1}^n Q_{di} l_i \text{ hoặc}$$

$$\Delta U = \frac{2 \times 10^3}{U_f} r_o \sum_{i=1}^n P_i l_i + \frac{2 \times 10^3}{U_f} x_o \sum_{i=1}^n Q_i l_i$$

$$= \Delta U_r + \Delta U_x$$

$$\text{Trong đó: } \Delta U_r = \frac{2 \times 10^3}{U_f} r_o \sum_{i=1}^n P_{di} L_i = \frac{2 \times 10^3}{U_f} r_o \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

$$\Delta U_x = \frac{2 \times 10^3}{U_f} x_o \sum_{i=1}^n Q_{di} L_i = \frac{2 \times 10^3}{U_f} x_o \sum_{i=1}^n Q_i l_i$$

Còn tổn thất điện áp trên đường dây một pha đồng nhất cấp điện cho n phụ tải tính theo phần trăm sẽ là.

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U_f} 100 = \Delta U_r \% + \Delta U_x \%$$

$$\text{Trong đó: } \Delta U_r \% = \frac{2 \times 10^5}{U_f^2} r_o \sum_{i=1}^n P_{di} L_i = \frac{2 \times 10^5}{U_f^2} r_o \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

$$\Delta U_x \% = \frac{2 \times 10^5}{U_f^2} x_0 \sum_{i=1}^n Q_{di} L_i = \frac{2 \times 10^5}{U_f^2} x_0 \sum_{i=1}^n Q_i l_i$$

3. Tính toán tổn thất điện áp trên đường dây khi bỏ qua điện kháng x_0

Như ta đã biết tổn thất điện áp trên đường dây 3 pha đồng nhất cấp điện cho n phụ tải là

$$\Delta U = \Delta U_r + \Delta U_x$$

$$\text{Trong đó: } \Delta U_r = \frac{10^3}{U_d} r_0 \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

$$\Delta U_x = \frac{10^3}{U_d} x_0 \sum_{i=1}^n Q_i l_i$$

Điện trở r_0 tỉ lệ nghịch với tiết diện s của dây dẫn trong khi đó x_0 phụ thuộc rất ít vào tiết diện S do đó các dây dẫn có tiết diện S càng bé thì r_0 càng lớn so với x_0 ;

Ngoài ra ta có $Q_i = P_i \tan \varphi_i$. Do đó hệ số công suất $\cos \varphi_i$ của phụ tải đường dây càng gần đến 1 thì $\tan \varphi_i$ càng gần đến 0 và Q_i càng bé so với P_i .

Như vậy nếu dây dẫn có tiết diện S càng bé và hệ số công suất $\cos \varphi_i$ của phụ tải đường dây càng gần đến 1 thì ΔU_x càng bé so với ΔU_r . Trên cơ sở đó ta có thể bỏ qua ΔU_x (hoặc bỏ qua x_0) khi tính tổn thất điện áp trên các đường dây 3 pha, 2 pha và 1 pha sau đây:

- Khi phụ tải của đường dây có hệ số công suất $\cos \varphi$ lớn hơn 0,9.
- Khi tiết diện của dây dẫn hoặc lõi cáp của đường dây nhỏ hơn, hoặc bằng 6 mm^2 .
- Khi dây dẫn hoặc lõi cáp đi trong nhà có tiết diện nhỏ hơn hoặc bằng các trị số ghi trên bảng 1-6 tương ứng với $\cos \varphi$ và loại dây khác nhau.

Bảng 1.6. Tiết diện $S \text{ (mm}^2\text{)}$ tối đa cho phép bỏ qua x_0

Hệ số công suất $\cos \varphi$	0,9		0,8		0,7	
Kim loại làm dây dẫn	Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm
Dây dẫn đặt trong ống và cáp	35	70	25	50	16	25
Dây dẫn đặt trên puli hoặc sứ cách điện	16	25	10	16	6	10

Trong trường hợp đường dây cung cấp cho n phụ tải có hệ số công suất $\cos \varphi$ khác nhau thì hệ số công suất của phụ tải đường dây sẽ là $\cos \varphi$ trung bình xác định theo công thức:

$$\cos \varphi = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cos \varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

Trong đó: P_i - công suất của phụ tải thứ i (KW);

$\cos\varphi_i$ - hệ số công suất của phụ tải thứ i .

Khi bỏ qua x_0 , tổn thất điện áp trên đường dây 3 pha đồng nhất cấp điện cho n phụ tải tính theo phần trăm.

$$\Delta U\% = \Delta U_r\% = \frac{10^5}{U_d^2} r_0 \sum_{i=1}^n P_i l_i = \frac{10^5}{U_d^2} r_0 \sum_{i=1}^n P_{di} L_i$$

Khi thay $r_0 = \frac{1}{\gamma S}$

Trong đó: γ - điện dẫn suất của kim loại làm dây dẫn ($m/\Omega mm^2$);

S - tiết diện dây dẫn (mm^2).

Ta có:
$$\Delta U\% = \frac{10^5}{U_d^2} \frac{1}{\gamma S} \sum_{i=1}^n P_i l_i = \frac{10^5}{U_d^2 \gamma S} \sum_{i=1}^n P_{di} L_i$$

Khi đặt $\frac{U_d^2 \gamma}{10^5} = C_3$ ta có:

$$\Delta U\% = \frac{1}{C_3 S} \sum_{i=1}^n P_i l_i = \frac{1}{C_3 S} \sum_{i=1}^n P_{di} L_i$$

Đối với đường dây 3 pha với điện áp dây định mức 380V, khi kim loại làm dây dẫn là nhôm ($\gamma = 32 m/\Omega mm^2$)

$$C_3 = \frac{380^2 \times 32}{10^5} = 46$$

Còn khi kim loại làm dây dẫn là đồng ($\gamma = 57 m/\Omega mm^2$).

$$C_3 = \frac{380^2 \times 57}{10^5} = 82$$

Tương tự, khi bỏ qua x_0 tổn thất điện áp trên đường dây 1 pha đồng nhất cấp điện cho n phụ tải tính theo phần trăm sẽ là:

$$\Delta U\% = \Delta U_r\% = \frac{2 \times 10^5}{U_f^2} r_0 \sum_{i=1}^n P_{di} L_i = \frac{2 \times 10^5}{U_f^2} r_0 \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

Khi thay $r_0 = \frac{1}{\gamma S}$ ta có:

$$\Delta U\% = \frac{2 \times 10^5}{U_f^2 \gamma S} \sum_{i=1}^n P_{di} L_i = \frac{2 \times 10^5}{U_f^2 \gamma S} \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

Khi đặt $\frac{U_r^2 \gamma}{2 \times 10^5} = C_1$, ta có:

$$\Delta U\% = \frac{1}{C_1 S} \sum_{i=1}^n P_{di} L_i = \frac{1}{C_1 S} \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

Đối với đường dây 1 pha với điện áp pha định mức 220V, khi kim loại làm dây dẫn là nhôm:

$$C_1 = \frac{220^2 \times 32}{2 \times 10^5} = 7,7$$

Còn khi kim loại làm dây dẫn là đồng:

$$C_1 = \frac{220^2 \times 57}{2 \times 10^5} = 13$$

Trong thực tế, ngoài đường dây 3 pha và đường dây 1 pha người ta còn dùng đường dây 2 pha (2 dây pha và một dây trung tính). Khi bỏ qua x_0 tổn thất điện áp trên đường dây 2 pha đồng nhất cấp điện cho n phụ tải dùng điện áp pha, tính theo phần trăm sẽ là:

$$\Delta U\% = \Delta U_r\% = \frac{2,25 \times 10^5}{U_d^2 \gamma S} \sum_{i=1}^n P_{di} L_i = \frac{2,25 \times 10^5}{U_d^2 \gamma S} \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

Khi đặt $\frac{U_d^2 \gamma}{2,25 \times 10^5} = C_2$ ta có:

$$\Delta U\% = \frac{1}{C_2 S} \sum_{i=1}^n P_{di} L_i = \frac{1}{C_2 S} \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

Đối với dây 2 pha với điện áp dây định mức 380V, khi kim loại làm dây dẫn là nhôm.

$$C_2 = \frac{380^2 \times 32}{2,25 \times 10^5} = 20$$

Còn khi kim loại làm dây dẫn là đồng:

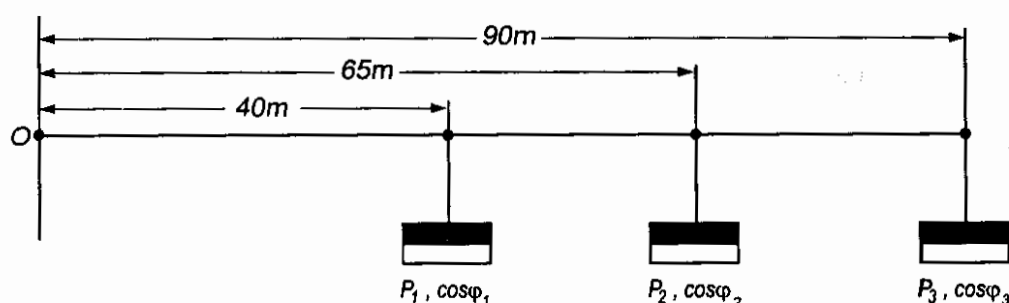
$$C_2 = \frac{380^2 \times 57}{2,25 \times 10^5} = 35$$

Ví dụ 1. Tính tổn thất điện áp theo phần trăm $\Delta U\%$ trên một đường dây 3 pha đồng nhất 380/220V như hình 1-24.

Biết phụ tải 1 có công suất $P_1 = 20\text{KW}$ và $\cos\varphi_1 = 0,9$, phụ tải 2 có công suất $P_2 = 25\text{KW}$ và $\cos\varphi_2 = 0,95$, phụ tải 3 có công suất $P_3 = 30\text{KW}$ và $\cos\varphi_3 = 0,86$. Đường dây là 1 dây cáp 4 lõi nhôm, tiết diện mỗi lõi là 50mm^2 .

Khoảng cách từ đầu đường dây đến phụ tải 1 là 40m, đến phụ tải 2 là 65m, đến phụ tải 3 là 90m.

Giải:



Hình 1-24

Từ bảng 1.5 với dây cáp lõi nhôm tiết diện 50mm^2 ta có $r_0 = 0,67\text{m}\Omega/\text{m}$ và $x_0 = 0,06\text{m}\Omega/\text{m}$.

Với $\cos\varphi_1 = 0,9$ ta có $\text{tg}\varphi_1 = 0,48$ và $Q_1 = P_1 \text{tg}\varphi_1 = 20 \times 0,48 = 9,6\text{KVAr}$

Với $\cos\varphi_2 = 0,95$ ta có $\text{tg}\varphi_2 = 0,33$ và $Q_2 = P_2 \text{tg}\varphi_2 = 25 \times 0,33 = 8,25\text{KVA}$

Với $\cos\varphi_3 = 0,86$ ta có $\text{tg}\varphi_3 = 0,59$ và $Q_3 = P_3 \text{tg}\varphi_3 = 30 \times 0,59 = 17,7\text{KVA}$.

$$\begin{aligned}\Delta U_r \% &= \frac{10^5}{U_d^2} r_0 (P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3) \\ &= \frac{10^5}{380^2} 0,67 \times 10^{-3} (20 \times 40 + 25 \times 65 + 30 \times 90) = 2,36\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta U_x \% &= \frac{10^5}{U_d^2} x_0 (Q_1 l_1 + Q_2 l_2 + Q_3 l_3) \\ &= \frac{10^5}{380^2} 0,06 \times 10^{-3} (9,6 \times 40 + 8,25 \times 65 + 17,7 \times 90) = 0,1\%\end{aligned}$$

Như vậy tổn thất điện áp tính theo phần trăm của đường dây:

$$\Delta U \% = \Delta U_r \% + \Delta U_x \% = 2,36\% + 0,1\% = 2,46\%$$

Ví dụ 2: Một đường dây cáp 1 pha đồng nhất điện áp 220V cấp điện cho 4 nhà ở như hình 1-25.

Nhà ở N_1 có công suất 12KW và $\cos\varphi = 0,9$;

Nhà ở N_2 có công suất 15KW và $\cos\varphi = 0,87$;

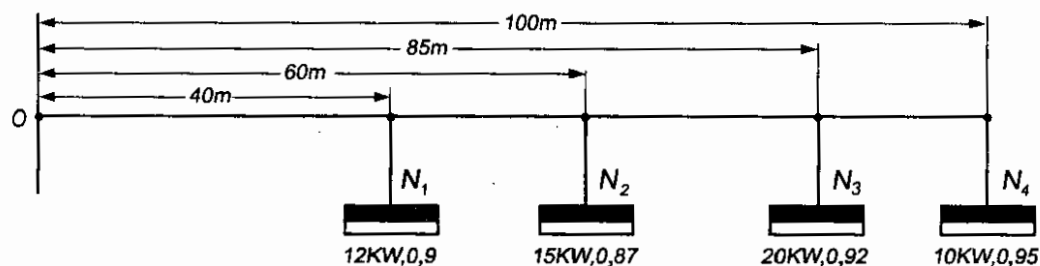
Nhà ở N_3 có công suất 20KW và $\cos\varphi = 0,92$;

Nhà ở N_4 có công suất 10KW và $\cos\varphi = 0,95$.

Dây cáp gồm 4 lõi đồng, tiết diện mỗi lõi 35mm^2

Khoảng cách từ đầu đường dây đến nhà N_1 là $l_1 = 40\text{m}$, đến nhà N_2 là $l_2 = 60\text{m}$, đến nhà N_3 là $l_3 = 85\text{m}$ và đến nhà N_4 là $l_4 = 100\text{m}$.

Yêu cầu xác định tổn thất điện áp tính theo phần trăm của đường dây



Hình 1-25

Giải: Hệ số công suất trung bình của đường dây là

$$\begin{aligned}\cos\varphi &= \frac{P_1 \cos\varphi_1 + P_2 \cos\varphi_2 + P_3 \cos\varphi_3 + P_4 \cos\varphi_4}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4} \\ &= \frac{12 \times 0,9 + 15 \times 0,87 + 20 \times 0,92 + 10 \times 0,95}{12 + 15 + 20 + 10} = 0,91\end{aligned}$$

Vì đường dây cáp có tiết diện không lớn và $\cos\varphi > 0,9$, nên ta có thể bỏ qua thành phần tổn thất điện áp $\Delta U_x\%$. Trong trường hợp đó tổn thất điện áp trên đường dây tính theo phần trăm:

$$\begin{aligned}\Delta U\% &= \frac{1}{C_1 S} \sum_{i=1}^4 P_i l_i \\ &= \frac{1}{13 \times 35} (12 \times 40 + 15 \times 60 + 20 \times 85 + 10 \times 100) = 8,97\%\end{aligned}$$

Chương II

CHỌN DÂY DẪN VÀ CÁC KHÍ CỤ ĐIỀU KHIỂN VÀ BẢO VỆ MẠNG ĐIỆN HẠ ÁP

§2.1. CHỌN DÂY DẪN

Chọn dây dẫn bao gồm chọn loại dây dẫn và tiết diện của nó.

Tùy theo vật liệu dẫn điện của dây dẫn người ta phân biệt dây đồng, dây nhôm và dây nhôm lõi thép. Theo cấu tạo dây dẫn được phân loại: dây trần (không được bọc cách điện), dây bọc cách điện và dây cáp. Dây bọc cách điện và dây cáp còn được phân loại theo số lõi kim loại chứa trong 1 dây hoặc theo vật liệu làm vỏ cách điện.

Các căn cứ để chọn loại dây dẫn là loại đường dây, vị trí và môi trường đặt đường dây và các yêu cầu về kinh tế và an toàn điện.

Tiết diện dây dẫn được chọn theo 3 điều kiện: điều kiện đốt nóng cho phép, điều kiện tổn thất điện áp cho phép và điều kiện độ bền cơ khí.

1. Chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện đốt nóng cho phép

Khi dòng điện đi trong dây dẫn, dây dẫn sẽ bị đốt nóng do tác dụng nhiệt của dòng điện. Dòng điện càng lớn và tiết diện dây dẫn càng bé thì dây dẫn càng bị đốt nóng. Để dây dẫn không bị đốt nóng quá nhiệt độ cho phép, dòng điện đi qua lâu dài trong dây dẫn phải nhỏ hơn một trị số nhất định gọi là dòng điện lâu dài cho phép I_{cf} . Dòng điện lâu dài cho phép I_{cf} phụ thuộc chủ yếu vào loại dây dẫn, tiết diện dây dẫn và cách đặt dây dẫn. Trên các bảng 2.1, 2.2, 2.3 và 2.4 người ta cho trị số dòng điện lâu dài cho phép I_{cf} của các loại dây trần, dây bọc cách điện lõi đồng, dây bọc cách điện lõi nhôm và dây cáp theo các tiết diện dây dẫn tiêu chuẩn và cách đặt dây dẫn khi nhiệt độ cực đại cho phép đối với dây trần là 70°C , đối với dây bọc cách điện là 55°C , còn đối với dây cáp là 80°C .

Bảng 2.1. Dòng điện lâu dài cho phép của các dây trần (A)

Dây đồng trần			Dây nhôm trần		
Tiết diện (mm ²)	Đặt ngoài trời	Đặt trong nhà	Tiết diện (mm ²)	Đặt ngoài trời	Đặt trong nhà
1	2	3	4	5	6
4	50	25	10	75	55
6	70	35	16	105	80
10	95	60	25	135	110
16	130	100	35	170	135

1	2	3	4	5	6
25	180	140	50	215	170
35	220	175	70	265	215
50	270	220	95	325	260
70	340	280	120	375	310
95	415	340	150	440	370
120	485	405	185	500	425
150	570	480	240	610	-

Bảng 2.2. Dòng điện lâu dài cho phép của các dây dẫn lõi đồng bọc cách điện bằng cao su hoặc nhựa tổng hợp (A)

Tiết diện lõi đồng (mm ²)	Dây dẫn đặt hở	Dây dẫn đặt trong một ống				
		2 dây một lõi	3 dây một lõi	4 dây một lõi	1 dây hai lõi	1 dây ba lõi
1	15	14	13	12	13	12
1,5	20	17	15	14	16	13
2,5	27	24	22	22	22	19
4	36	34	31	27	28	24
6	46	41	37	35	35	30
10	70	60	55	45	50	45
16	90	75	70	65	70	60
25	125	100	90	80	90	75
35	150	120	110	100	110	90
50	190	165	150	135	140	120
70	240	200	185	165	175	155
95	290	245	225	200	215	190
120	340	280	255	230	260	220

Bảng 2.3. Dòng điện lâu dài cho phép của dây dẫn lõi nhôm bọc cách điện bằng cao su hoặc nhựa tổng hợp (A)

Tiết diện của lõi nhôm (mm ²)	Dây dẫn đặt hở	Dây dẫn đặt trong một ống		
		2 dây một lõi	3 dây một lõi	4 dây một lõi
1	2	3	4	5
2,5	21	18	17	17
4	28	25	25	20
6	35	32	28	27
10	50	45	42	35

1	2	3	4	5
16	70	55	55	50
25	95	75	70	60
35	115	90	85	75
50	145	125	115	105
70	185	155	145	125
95	225	190	175	155
120	260	215	195	175

Trình tự chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện đốt nóng cho phép như sau:

Đầu tiên cần tính toán dòng điện phụ tải đi trong dây pha của đường dây I_{pt} .

Khi đường dây chỉ cấp điện cho một phụ tải với công suất P và hệ số công suất $\cos\varphi$ thì dòng điện phụ tải I_{pt} được tính toán như sau:

Đối với đường dây 3 pha

$$I_{pt} = \frac{1000P}{\sqrt{3} U_d \cos\varphi}$$

Trong đó: P - công suất của phụ tải (KW);

U_d - điện áp dây định mức của đường dây (V);

$\cos\varphi$ - hệ số công suất của phụ tải;

I_{pt} - tính theo Ampe (A).

Bảng 2.4. Dòng điện lâu dài cho phép (A) của cáp cách điện bằng giấy tẩm dầu vỏ chì hoặc vỏ nhôm

Tiết diện của lõi (mm ²)	Cáp đặt trực tiếp trong đất				Cáp đặt trong không khí			
	Vật liệu làm lõi cáp							
	Đồng		Nhôm		Đồng		Nhôm	
	Số lõi cáp							
	3	4	3	4	3	4	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,5	30	-	-	-	18	-	-	-
2,5	40	-	31	-	28	-	22	-
4	55	50	42	-	37	35	29	-
6	70	60	55	46	45	45	35	35
10	95	85	75	65	60	60	46	45
16	120	115	90	90	80	80	60	60

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	160	150	125	115	105	100	80	75
35	190	175	145	135	125	120	95	95
50	235	215	180	165	155	145	120	110
70	285	265	220	200	200	185	155	140
95	340	310	260	240	245	215	190	165
120	390	350	300	-	285	260	220	-

Đối với đường dây 2 pha (2 dây 2 pha và 1 dây trung tính) và phụ tải dùng điện áp pha:

$$I_{pt} = \frac{1000P}{2U_f \cos \varphi}$$

Trong đó: P - công suất của phụ tải (KW);

U_f - điện áp pha định mức của mạng điện (V);

$\cos \varphi$ - hệ số công suất của phụ tải;

I_{pt} - tính theo Ampe (A).

Đối với đường dây 1 pha (1 dây pha và 1 dây trung tính).

$$I_{pt} = \frac{1000P}{U_f \cos \varphi}$$

(Ý nghĩa các kí hiệu như đã giải thích ở trên).

Khi đường dây cấp điện cho nhiều phụ tải, khi biết công suất tác dụng P và hệ số công suất $\cos \varphi$ của mỗi phụ tải ta có thể xác định được công suất phản kháng của mỗi phụ tải.

$$Q = P \tan \varphi$$

Trong đó $\tan \varphi$ được xác định từ $\cos \varphi$ của phụ tải. Sau khi xác định được P và Q của mỗi phụ tải, ta có thể xác định được công suất biểu kiến của đường dây.

$$S_d = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n P_i \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n Q_i \right)^2}$$

Trong đó: P_i - công suất tác dụng của phụ tải thứ i (KW);

Q_i - công suất phản kháng của phụ tải thứ i (KVAr);

S_d - tính theo KVA.

Khi biết công suất biểu kiến của đường dây S_d ta có thể tính dòng điện phụ tải I_{pt} theo ampe như sau:

Đối với đường dây 3 pha:

$$I_{pt} = \frac{1000 S_d}{\sqrt{3} U_d}$$

Trong đó: U_d - điện áp dây định mức của mạng điện (V);

S_d - tính theo KVA.

Đối với đường dây 2 pha (2 dây pha và 1 dây trung tính) khi phụ tải dùng điện áp pha.

$$I_{pt} = \frac{1000 S_d}{2 U_f}$$

Trong đó: U_f - điện áp pha định mức của mạng điện (V);

S_d - tính theo KVA.

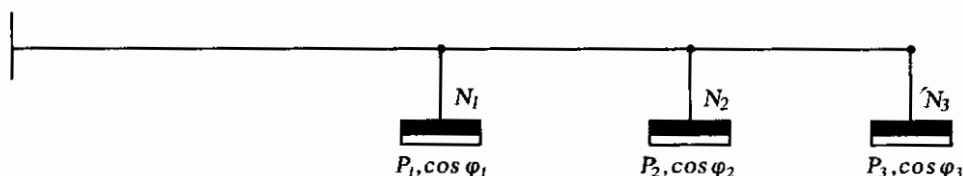
Đối với đường dây 1 pha (1 dây pha và 1 dây trung tính).

$$I_{pt} = \frac{1000 S_d}{U_f}$$

Sau khi tính được dòng điện phụ tải I_{pt} của đường dây ta tra một trong các bảng 2.1, 2.2, 2.3 và 2.4 (tùy theo loại dây dẫn được chọn) để lựa chọn tiết diện dây dẫn, có dòng điện lâu dài cho phép I_{cf} gần I_{pt} nhất. Tiết diện dây dẫn được chọn là tiết diện dây pha, còn tiết diện của dây trung tính được chọn bằng một nửa tiết diện dây pha đối với đường dây 3 pha.

Còn đối với đường dây 1 pha và 2 pha tiết diện của dây trung tính bằng tiết diện dây pha.

Ví dụ 2-1: Chọn tiết diện dây dẫn của 1 đường dây 3 pha đồng nhất điện áp 380/220V cấp điện cho 3 nhà ở N_1, N_2, N_3 như sơ đồ hình 2-1.



Hình 2-1

Biết rằng: Nhà N_1 có công suất $P_1 = 30\text{KW}$ và hệ số công suất $\cos\varphi_1 = 0,85$; nhà N_2 có công suất $P_2 = 15\text{KW}$ và hệ số công suất $\cos\varphi_2 = 0,9$; nhà N_3 có công suất $P_3 = 20\text{KW}$ và hệ số công suất $\cos\varphi_3 = 0,95$

Đường dây được thực hiện bằng 1 cáp 4 lõi đồng cách điện bằng giấy tẩm dầu, vỏ nhôm đặt trực tiếp trong đất.

Giải: Với $\cos\varphi_1 = 0,85$, ta có $\tan\varphi_1 = 0,62$. Và công suất phản kháng của nhà N_1 là $Q_1 = P_1 \tan\varphi_1 = 30 \times 0,62 = 18,6\text{KVar}$.

Với $\cos\varphi_2 = 0,9$ ta có $\operatorname{tg}\varphi_2 = 0,48$ và công suất phản kháng của nhà N_2 là $Q_2 = P_2 \operatorname{tg}\varphi_2 = 15 \times 0,48 = 7,2 \text{KVAr}$.

Với $\cos\varphi_3 = 0,95$ ta có $\operatorname{tg}\varphi_3 = 0,33$ và công suất phản kháng của nhà N_3 là $Q_3 = P_3 \operatorname{tg}\varphi_3 = 20 \times 0,33 = 6,6 \text{KVAr}$

Công suất biểu kiến của đoạn đầu đường dây sẽ là:

$$S_d = \sqrt{(P_1 + P_2 + P_3)^2 + (Q_1 + Q_2 + Q_3)^2} = \\ = \sqrt{(30 + 15 + 20)^2 + (18,6 + 7,2 + 6,6)^2} = 72,63 \text{kVA}$$

Dòng điện phụ tải của đoạn đầu đường dây sẽ là:

$$I_{pt} = \frac{1000 S_d}{\sqrt{3} \cdot U_d} = \frac{1000 \times 72,63}{\sqrt{3} \times 380} = 110 \text{A}$$

Vì đường dây 3 pha đồng nhất nên ta chọn tiết diện dây dẫn theo dòng điện phụ tải ở đầu đường dây $I_{pt} = 110 \text{A}$. Theo $I_{pt} = 110 \text{A}$ tra bảng 2.4 ta chọn cáp 4 lõi đồng trong đó 3 lõi làm dây pha có tiết diện 16mm^2 còn 1 lõi làm dây trung tính có tiết diện 10mm^2 ($3 \times 16 \text{mm}^2 + 1 \times 10 \text{mm}^2$). Dây cáp như vậy có dòng điện lâu dài cho phép $I_{cf} = 115 \text{A}$.

2. Chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép

a) Đường dây 3 pha đồng nhất

Từ phần tính toán tổn thất điện áp của đường dây (chương 1), ta có tổn thất điện áp trên đường dây này là:

$$\Delta U \% = \Delta U_r \% + \Delta U_x \%$$

$$\text{Trong đó: } \Delta U_r \% = \frac{10^5}{U_d^2} r_0 \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

$$\Delta U_x \% = \frac{10^5}{U_d^2} x_0 \sum_{i=1}^n Q_i l_i$$

$$\text{Khi thay } r_0 = \frac{1}{\gamma S}$$

Trong đó: γ - điện dẫn suất của kim loại màu làm dây dẫn ($\text{m}/\Omega \text{mm}^2$);

S - tiết diện của dây dẫn (mm^2).

Ta có:

$$\Delta U_r \% = \frac{10^5}{\gamma S U_d^2} \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

Ngoài ra vì điện kháng x_0 phụ thuộc rất ít vào tiết diện S của dây dẫn. Do đó khi chưa biết tiết diện S của dây dẫn ta có thể lấy $x_0 = 0,3 \times 10^{-3} \Omega/\text{m}$ đối với dây dẫn đặt hở và $x_0 = 0,1 \times 10^{-3} \Omega/\text{m}$ đối với dây dẫn đặt trong ống hoặc dây cáp.

Như vậy ta có thể tính được $\Delta U_x\%$ khi chưa biết tiết diện S của dây dẫn.

Để đảm bảo chất lượng điện năng cung cấp cho phụ tải, tổn thất điện áp trên đường dây $\Delta U\%$ không được vượt quá tổn thất điện áp cho phép $\Delta U\%_{cf}$. Đối với các đường dây nối từ thanh góp hạ áp của trạm biến áp đến phụ tải xa nhất, tổn thất điện áp cho phép toàn phần ΔU_{tp} là hiệu giữa điện áp không tải của máy biến áp U_0 và điện áp nhỏ nhất cho phép của phụ tải xa nhất U_{mincf} . Điều đó có nghĩa là:

$$\Delta U_{tp} = U_0 - U_{mincf}$$

Điện áp không tải của máy biến áp $U_0 = 400/231\text{V}$ đối với mạng điện 3 pha 380/220V và $U_0 = 230/133\text{V}$ đối với mạng điện 3 pha 220/127V. Còn điện áp nhỏ nhất cho phép của phụ tải xa nhất $U_{mincf} = 95\%U_{dm}$ đối với phụ tải động lực và $U_{mincf} = 97,5\%$ đối với phụ tải chiếu sáng. Trong đó U_{dm} là điện áp định mức của phụ tải. Tổn thất điện áp cho phép toàn phần ΔU_{tp} này bao gồm tổn thất điện áp bên trong máy biến áp ΔU_B và tổn thất điện áp cho phép của đường dây từ trạm biến áp đến phụ tải xa nhất ΔU_{cf} .

$$\Delta U_{tp} = \Delta U_B + \Delta U_{cf}$$

Từ đây rút ra: $\Delta U_{cf} = \Delta U_{tp} - \Delta U_B$

Vì ΔU_B phụ thuộc vào công suất của máy biến áp, hệ số tải của máy biến áp và hệ số công suất $\cos\varphi$ của phụ tải máy biến áp, nên ΔU_{cf} phụ thuộc vào các yếu tố này. Trên bảng 2.5 người ta cho các trị số $\Delta U\%_{cf} = \frac{\Delta U_{cf}}{U_{dm}} 100$.

Bảng 2.5. Tổn thất điện áp cho phép $\Delta U\%_{cf}$ của đường dây từ thanh góp hạ áp của trạm biến áp cung cấp đến phụ tải xa nhất trong nhà ở và nhà công cộng

Công suất của máy biến áp (KVA)	Hệ số tải của máy biến áp	$\Delta U\%_{cf}$ khi $\cos\varphi$ của tổng phụ tải của máy biến áp						
		1	0,95	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	1	8,34	7,12	6,71	6,21	5,88	5,85	5,53
	0,9	8,51	7,41	7,04	6,49	6,3	6,09	5,97
	0,8	8,67	7,7	7,37	6,97	6,71	6,25	6,43
	0,7	8,84	7,98	7,7	7,35	7,12	6,96	6,87
	0,6	9,01	8,27	8,03	7,73	7,53	7,39	7,32

1	2	3	4	5	6	7	8	9
250	1	8,25	7,27	6,84	6,31	5,94	5,71	5,57
	0,9	8,67	7,55	7,15	6,68	6,36	6,14	6,02
	0,8	8,82	7,82	7,47	7,05	6,75	6,57	6,46
	0,7	8,96	8,09	7,79	7,52	7,16	7	6,9
	0,6	9,11	8,36	8,11	7,79	7,57	7,44	7,35
400	1	8,63	7,37	6,93	6,37	5,99	5,76	5,6
	0,9	8,77	7,64	7,24	6,74	6,4	6,18	6,04
	0,8	8,9	7,89	7,6	7,09	6,79	6,61	6,48
	0,7	9,04	8,16	7,85	7,46	7,19	7,03	6,92
	0,6	9,18	8,42	8,16	7,82	7,6	7,46	7,36
630 ÷ 1000	1	8,79	7,19	6,6	5,87	5,34	4,98	4,73
	0,9	8,91	7,48	6,94	6,29	5,81	5,49	5,26
	0,8	9,03	7,76	7,28	6,70	6,28	5,99	5,79
	0,7	9,15	8,03	7,62	7,12	6,74	6,49	6,31
	0,6	9,27	8,31	7,96	7,52	7,21	6,99	6,84

Khi biết $\Delta U\%_{cf}$ và tính được $\Delta U_x\%$ ta có

$$\Delta U\% = \Delta U_r\% + \Delta U_x\% \leq \Delta U\%_{cf} \text{ hoặc}$$

$$\Delta U_r\% = \frac{10^5}{\gamma S U_d^2} \sum_{i=1}^n P_i l_i \leq \Delta U\%_{cf} - \Delta U_x\%$$

Khi đặt $\Delta U\%_{cf} - \Delta U_x\% = \Delta U_r\%_{cf}$ ta có

$$\frac{10^5}{\gamma S U_d^2} \sum_{i=1}^n P_i l_i \leq \Delta U_r\%_{cf}$$

Từ đây ta rút ra tiết diện dây dẫn (mm^2).

$$S \geq \frac{10^5}{\gamma U_d^2 \Delta U_r\%_{cf}} \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

hoặc tiết diện tối thiểu của dây dẫn (mm^2)

$$S_{\min} = \frac{10^5}{\gamma U_d^2 \Delta U_r\%_{cf}} \sum_{i=1}^n P_i l_i = \frac{1}{C_3 \Delta U_r\%_{cf}} \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

Trong đó: $C_3 = \frac{\gamma U_d^2}{10^5}$

Khi $U_d = 380V$ ta có $C_3 = 46$ đối với dây nhôm và $C_3 = 82$ đối với dây đồng.

Ngoài ra như ta đã biết ở tiết 1-8 khi phụ tải của đường dây có hệ số công suất $\cos\varphi > 0,9$ hoặc tiết diện dây dẫn hoặc lõi cáp của đường dây (chọn theo điều kiện đốt nóng cho phép) nhỏ hơn hoặc bằng 6mm^2 hoặc dây dẫn và cáp đi trong nhà có tiết diện (chọn theo điều kiện đốt nóng cho phép) không vượt quá trị số trong bảng 1.6 ta có thể bỏ qua thành phần tổn thất điện áp $\Delta U_x\%$ và xem gần đúng:

$$\Delta U_r \%_{cf} = \Delta U \%_{cf} \text{ và}$$

$$S_{\min} = \frac{1}{C_3 \Delta U \%_{cf}} \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

Khi chọn tiết diện của dây dẫn đường dây cung cấp hạ áp từ thanh góp hạ áp của trạm biến áp đến bảng điện của nhà ở hoặc nhà công cộng ta có thể lấy tổn thất điện áp cho phép $\Delta U \%_{cf}$ trong khoảng 60 đến 70 phần trăm trị số trong bảng 2.5.

Còn khi chọn tiết diện dây dẫn của đường dây phân phối hạ áp từ bảng điện của nhà ở hoặc nhà công cộng đến các phụ tải, ta có thể lấy $\Delta U \%_{cf}$ trong khoảng 30 đến 40 phần trăm trị số trong bảng 2.5.

Thực tế người ta chế tạo các dây dẫn và cáp có tiết diện tiêu chuẩn từ $0,5\text{mm}^2$ đến 1000mm^2 (0,5, 0,75, 1, 1,5, 2,5, 4, 6, 10, 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 400, 500, 625, 800, 1000mm^2).

Từ đây, khi tính được tiết diện tối thiểu của dây dẫn $S_{\min}$ ta có thể chọn dây dẫn hoặc cáp có tiết diện tiêu chuẩn lớn hơn và gần $S_{\min}$ nhất.

Tiết diện S được chọn như trên là tiết diện của dây pha, còn nếu đường dây 3 pha có dây trung tính thì tiết diện của dây trung tính được chọn bằng một nửa tiết diện dây pha.

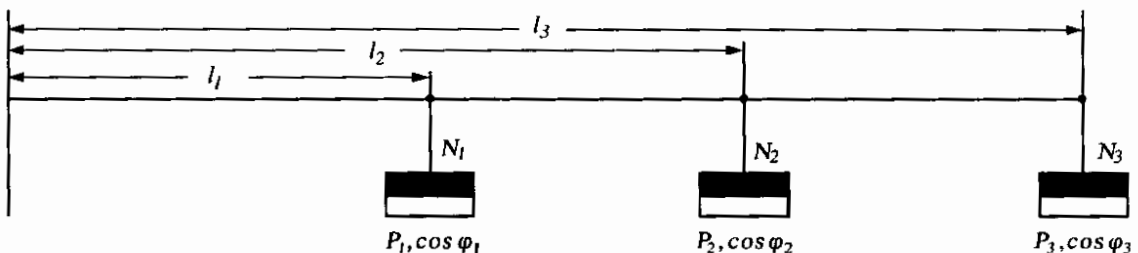
Ví dụ 2.2: Chọn tiết diện dây dẫn của một đường dây cung cấp hạ áp 3 pha 4 dây cấp điện cho 3 nhà ở N_1, N_2, N_3 như hình 2-2.

Biết: Nhà N_1 có công suất $P_1 = 300\text{KW}$ và hệ số công suất $\cos \varphi_1 = 0,8$.

Nhà N_2 có công suất $P_2 = 25\text{KW}$ và hệ số công suất $\cos \varphi_2 = 0,85$.

Nhà N_3 có công suất $P_3 = 40\text{KW}$ và hệ số công suất $\cos \varphi_3 = 0,78$.

Chiều dài đường dây từ trạm biến áp đến nhà N_1 là $l_1 = 80\text{m}$, đến nhà N_2 là $l_2 = 120\text{m}$, đến nhà N_3 là $l_3 = 170\text{m}$. Máy biến áp có công suất 250KVA và hệ số tải 0,9. Điện áp dây định mức là $U_d = 380\text{V}$. Đường dây được thực hiện bằng một dây cáp 4 lõi đồng nối từ thanh góp hạ áp của trạm biến áp đến các nhà ở và tổng phụ tải của máy biến áp có $\cos \varphi = 0,8$.



Hình 2-2

Giải:

Với công suất của máy biến áp 250 KVA, hệ số tải của máy biến áp 0,9 và $\cos\varphi$ của phụ tải của máy biến áp 0,8, tra bảng 2.5 ta có tổn thất điện áp cho phép trên cả đường dây cung cấp và đường dây phân phối hạ áp là 6,68%.

Như vậy tổn thất điện áp cho phép trên đường dây cung cấp hạ áp sẽ là:

$$\Delta U_{\%cf} = 0,6 \times 6,68 = 4\%$$

Với $\cos\varphi_1 = 0,8$ ta có $\tan\varphi_1 = 0,75$ và $Q_1 = P_1 \tan\varphi_1 = 30 \times 0,75 = 22,5 \text{ KVar}$

Với $\cos\varphi_2 = 0,85$ ta có $\tan\varphi_2 = 0,62$ và $Q_2 = P_2 \tan\varphi_2 = 25 \times 0,62 = 15,5 \text{ KVar}$

Với $\cos\varphi_3 = 0,78$ ta có $\tan\varphi_3 = 0,8$ và $Q_3 = P_3 \tan\varphi_3 = 40 \times 0,8 = 32 \text{ KVar}$

Với đường dây cáp ta có thể lấy $x_0 = 0,1 \times 10^{-3} \Omega/\text{m}$

và với $U_d = 380\text{V}$, cáp lõi đồng ta có $C_3 = 82$.

$$\begin{aligned} \Delta U_x \% &= \frac{10^5}{U_d^2} x_0 \sum_{i=1}^n Q_i l_i \\ &= \frac{10^5}{380^2} 0,1 \times 10^{-3} (22,5 \times 80 + 15,5 \times 120 + 40 \times 170) = 0,63\% \end{aligned}$$

$$\Delta U_r \%_{cf} = \Delta U_{\%cf} - \Delta U_x \% = 4 - 0,63 = 3,37\%$$

Tiết diện tối thiểu của dây dẫn đường dây sẽ là:

$$\begin{aligned} S_{\min} &= \frac{1}{C_3 \Delta U_r \%_{cf}} \sum_{i=1}^n P_i l_i \\ &= \frac{1}{82 \times 3,37} (30 \times 80 + 25 \times 120 + 40 \times 170) = 44,15 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Với $S_{\min}$ như vậy ta chọn tiết diện tiêu chuẩn của dây pha là 50 mm^2 , còn tiết diện tiêu chuẩn của dây trung tính là 25 mm^2 . Điều đó có nghĩa là ta chọn cáp 4 lõi, trong đó 3 lõi có tiết diện mỗi lõi là 50 mm^2 , còn lõi thứ tư có tiết diện 25 mm^2 .

b) Chọn tiết diện dây dẫn của đường dây một pha đồng nhất cấp điện cho một hoặc nhiều phụ tải

Từ tiết 1.8 (chương 1) ta đã biết tổn thất điện áp trên đường dây một pha đồng nhất cấp điện cho một hoặc nhiều phụ tải là:

$$\Delta U \% = \Delta U_r \% + \Delta U_x \%$$

$$\text{Trong đó } \Delta U_r \% = \frac{2 \times 10^5}{U_f^2} r_0 \sum_{i=1}^n P_i l_i = \frac{2 \times 10^5}{\gamma S U_f^2} \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

$$\Delta U_x \% = \frac{2 \times 10^5}{U_f^2} x_0 \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

Cũng lí luận như ở đường dây 3 pha $\Delta U\%$ không được vượt quá tổn thất điện áp cho phép $\Delta U\%_{cf}$ và khi chưa biết tiết diện S của dây dẫn có thể lấy $x_0 = 10^{-3} \times 0,3\Omega/m$ đối với dây dẫn đặt hở và $x_0 = 10^{-3} \times 0,1\Omega/m$ đối với dây dẫn đặt trong ống hoặc dây cáp. Từ đó ta có:

$$\Delta U\% = \Delta U_r\% + \Delta U_x\% \leq \Delta U\%_{cf} \text{ hoặc}$$

$$\Delta U_r\% = \frac{2 \cdot 10^5}{\gamma S U_f^2} \sum_{i=1}^n P_i l_i \leq \Delta U\%_{cf} - \Delta U_x\%$$

Khi đặt $\Delta U\%_{cf} - \Delta U_x\% = \Delta U_r\%_{cf}$ ta có:

$$\frac{2 \cdot 10^5}{\gamma S U_f^2} \sum_{i=1}^n P_i l_i \leq \Delta U_r\%_{cf}$$

Từ đây ta rút ra tiết diện S của dây dẫn (mm^2):

$$S \geq \frac{2 \times 10^5}{\gamma U_f^2 \Delta U_r\%_{cf}} \sum_{i=1}^n P_i l_i \text{ hoặc}$$

$$S_{min} = \frac{2 \times 10^5}{\gamma U_f^2 \Delta U_r\%_{cf}} \sum_{i=1}^n P_i l_i = \frac{1}{C_1 \Delta U_r\%_{cf}} \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

Trong đó: $C_1 = \frac{U_f^2 \gamma}{2 \times 10^5}$

Khi $U_f = 220V$ ta có $C_1 = 7,7$ đối với dây nhôm và $C_1 = 13$ đối với dây đồng.

Khi có thể bỏ qua thành phần tổn thất điện áp $\Delta U_x\%$ (trong các trường hợp giống như khi chọn tiết diện dây dẫn của đường dây 3 pha) ta có:

$$\Delta U_r\%_{cf} = \Delta U\%_{cf} \text{ và}$$

$$S_{min} = \frac{1}{C_1 \Delta U\%_{cf}} \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

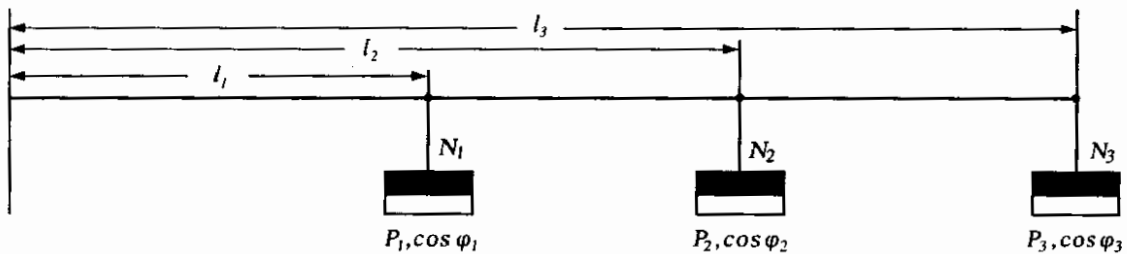
Khi chọn tiết diện dây dẫn của đường dây một pha của mạng điện cung cấp hạ áp ta có thể lấy $\Delta U\%_{cf}$ bằng 60 đến 70 phần trăm trị số ghi trong bảng 2.5 còn khi chọn tiết diện dây dẫn của đường dây 1 pha của mạng điện phân phối hạ áp ta có thể lấy $\Delta U\%_{cf}$ bằng 30 đến 40 phần trăm trị số ghi trong bảng 2.5.

Sau khi xác định được S_{min} ta có thể chọn dây dẫn hoặc lõi cáp có tiết diện tiêu chuẩn lớn hơn và gần S_{min} nhất.

Tiết diện dây dẫn được chọn là tiết diện của dây pha đồng thời là tiết diện của dây trung tính.

Ví dụ 2.3. Một đường dây 1 pha từ 1 trạm biến áp cấp điện cho 3 nhà ở như hình 2-3. Điện áp pha của đường dây là $U_f = 220V$. Chọn tiết diện dây dẫn của đường dây này khi biết rằng nhà N_1 có công suất $P_1 = 15KW$ và hệ số công suất $\cos\varphi_1 = 0,95$. Nhà N_2 có công suất $P_2 = 12KW$ và hệ số công suất $\cos\varphi_2 = 0,85$. Nhà N_3 có công suất $P_3 = 18KW$ và hệ số công suất $\cos\varphi_3 = 0,9$.

Chiều dài đường dây từ trạm biến áp đến nhà N_1 là $l_1 = 50m$, đến nhà N_2 là $l_2 = 80m$ và đến nhà N_3 là $l_3 = 120m$. Máy biến áp có công suất $100KVA$, hệ số tải $0,8$ và phụ tải tổng của máy biến áp có $\cos\varphi = 0,9$. Đường dây được thực hiện bằng dây cáp 2 lõi nhôm.



Hình 2-3

Giải: Với công suất của máy biến áp $100KVA$, hệ số tải $0,8$ và $\cos\varphi$ của tổng phụ tải máy biến áp $0,9$, tra bảng 2.5 ta có tổn thất điện áp cho phép cho cả đường dây cung cấp và đường dây phân phối hạ áp là $7,37\%$.

Như vậy tổn hao điện áp cho phép trên đường dây cung cấp là $\Delta U_{\%cf} = 0,6 \times 7,37 = 4,42\%$.

Với $\cos\varphi_1 = 0,95$ ta có $\tan\varphi_1 = 0,33$ và $Q_1 = P_1 \tan\varphi_1 = 15 \times 0,33 = 4,95 \text{ KVar}$

Với $\cos\varphi_2 = 0,85$ ta có $\tan\varphi_2 = 0,62$ và $Q_2 = P_2 \tan\varphi_2 = 12 \times 0,62 = 7,44 \text{ KVar}$

Với $\cos\varphi_3 = 0,9$ ta có $\tan\varphi_3 = 0,48$ và $Q_3 = P_3 \tan\varphi_3 = 18 \times 0,48 = 8,64 \text{ KVar}$

Với dây cáp lõi nhôm và $U_f = 220V$ ta có $x_0 = 0,1 \times 10^{-3} \Omega/mm$ và $C_1 = 7,7$.

$$\begin{aligned} \Delta U_x \% &= \frac{2 \times 10^5}{U_f^2} x_0 \sum_{i=1}^n Q_i l_i \\ &= \frac{2 \times 10^5}{220^2} \cdot 0,1 \times 10^{-3} (Q_1 l_1 + Q_2 l_2 + Q_3 l_3) \\ &= \frac{2 \times 10^5}{220^2} \cdot 0,1 \times 10^{-3} (4,95 \times 50 + 7,44 \times 80 + 8,64 \times 120) = 0,78\% \end{aligned}$$

$$\Delta U_f \%_{cf} = \Delta U \%_{cf} - \Delta U_x \% = 4,42 - 0,78 = 3,64$$

$$\begin{aligned}
 S_{\min} &= \frac{1}{C_1 \Delta U_r \%_{cf}} \sum_{i=1}^n P_i l_i \\
 &= \frac{1}{7,7 \times 3,64} (P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3) \\
 &= \frac{1}{7,7 \times 3,64} (15 \times 50 + 12 \times 80 + 18 \times 120) = 138 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Với $S_{\min}$ như vậy ta chọn dây dẫn có tiết diện tiêu chuẩn 150mm^2 . Nói cách khác ta dùng dây cáp 2 lõi nhôm, tiết diện mỗi lõi là 150mm^2 .

c) *Chọn tiết diện dây dẫn của đường dây 2 pha khi bỏ qua thành phần tổn thất điện áp $\Delta U_x \%$.*

Để cung cấp điện cho các nhà ở và nhà công cộng, ngoài đường dây 3 pha và đường dây 1 pha người ta thường dùng đường dây 2 pha (2 dây pha và 1 dây trung tính) và phụ tải dùng điện áp pha.

Như ta đã biết, phụ tải điện của các nhà ở và nhà công cộng thường có hệ số công suất khá cao ($\cos \varphi = 0,8 \div 0,95$). Trong trường hợp đó công suất phản kháng $Q = P \tan \varphi$ rất bé. Hơn nữa các đường dây đi trong nhà thường là dây dẫn đặt trong ống hoặc cáp, các dây dẫn loại này có điện kháng x_0 rất bé. Do đó, khi lựa chọn tiết diện dây dẫn ta có thể bỏ qua thành phần tổn thất điện áp $\Delta U_x \%$ mà không gây ra sai số đáng kể.

Khi bỏ qua $\Delta U_x \%$, tiết diện tối thiểu của dây dẫn của đường dây 2 pha (mm^2) có thể xác định theo công thức:

$$S_{\min} = \frac{2,25 \times 10^5}{\gamma U_d^2 \Delta U \%_{cf}} \sum_{i=1}^n P_i l_i = \frac{1}{C_2 \Delta U \%_{cf}} \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

$$\text{Trong đó: } C_2 = \frac{\gamma U_d^2}{2,25 \times 10^5}$$

Khi $U_d = 380\text{V}$ ta có $C_2 = 20$ đối với dây nhôm và $C_2 = 35$ đối với dây đồng.

U_d - điện áp dây định mức của mạng điện (V).

Tổn hao điện áp cho phép $\Delta U \%_{cf}$ của đường dây cung cấp hạ áp và đường dây phân phối hạ áp có trị số giống như khi chọn tiết diện dây dẫn của đường dây 3 pha.

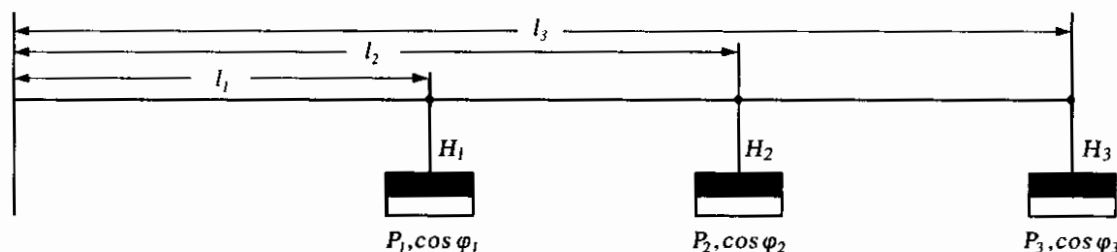
Khi xác định được $S_{\min}$ ta có thể lựa chọn dây dẫn có tiết diện tiêu chuẩn lớn hơn và gần $S_{\min}$ nhất. Tiết diện của dây dẫn được lựa chọn trên đây là tiết diện của dây pha đồng thời cũng là tiết diện của dây trung tính.

Ví dụ 2.4. Chọn tiết diện dây dẫn của một đường dây phân phối hạ áp 2 pha từ bảng điện chính của một nhà chung cư cấp điện cho 3 căn hộ H_1, H_2, H_3 như hình 2-4. Biết

điện áp dây của mạng điện $U_d = 380V$; căn hộ H_1 có công suất $P_1 = 5KW$ và hệ số công suất $\cos\varphi_1 = 0,87$; căn hộ H_2 có công suất $P_2 = 7KW$ và hệ số công suất $\cos\varphi_2 = 0,92$, căn hộ H_3 có công suất $P_3 = 6KW$ và hệ số công suất $\cos\varphi_3 = 0,9$.

Nhà chung cư được cấp điện từ trạm 1 máy biến áp công suất 250KVA, hệ số tải 0,7 và hệ số công suất của phụ tải $\cos\varphi = 0,9$; chiều dài đường dây từ bảng điện đến căn hộ H_1 là $l_1 = 30m$, đến căn hộ H_2 là $l_2 = 50m$, đến căn hộ H_3 là $l_3 = 80m$.

Đường dây được thực hiện bằng các dây đồng bọc cách điện đặt trong ống.



Hình 2-4

Giải

Với công suất của máy biến áp 250KVA, hệ số tải của máy biến áp 0,7 và $\cos\varphi$ của phụ tải máy biến áp 0,9, tra bảng 2.5 ta có tổn hao điện áp cho phép cả đường dây cung cấp và đường dây phân phối là 7,79%.

Như vậy tổn thất điện áp cho phép trên đường dây phân phối sẽ là:

$$\Delta U_{\%cf} = 0,4 \times 7,79 = 3,11\%$$

Với $U_d = 380V$ và dây đồng ta có $C_2 = 35$.

Tiết diện tối thiểu của dây dẫn (mm^2) sẽ là:

$$\begin{aligned} S_{\min} &= \frac{1}{C_2 \Delta U_{\%cf}} \sum_{i=1}^n P_i l_i \\ &= \frac{1}{35 \times 3,11} (5 \times 30 + 7 \times 50 + 6 \times 80) \approx 9 mm^2 \end{aligned}$$

Với $S_{\min}$ như vậy ta chọn dây dẫn có tiết diện tiêu chuẩn $10mm^2$. Nói cách khác để thực hiện đường dây ta dùng 3 dây một lõi đồng bọc cách điện, tiết diện mỗi lõi là $10mm^2$.

3. Chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện độ bền cơ khí

Để dây dẫn không bị đứt trong quá trình lắp đặt và căng dây dẫn, tiết diện dây dẫn phải không được bé hơn một trị số nhất định.

Trị số này được gọi là tiết diện tối thiểu theo độ bền cơ khí và kí hiệu là $S_{\min cơ}$.

Tiết diện $S_{\min\text{cơ}}$ phụ thuộc vào kim loại làm dây dẫn, loại dây dẫn, cách đặt dây và vị trí đặt dây.

Trên bảng 2.6 người ta cho tiết diện $S_{\min\text{cơ}}$ của các loại dây dẫn (mm^2).

Khi chọn xong tiết diện dây dẫn S theo điều kiện đốt nóng cho phép và theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép, ta phải kiểm tra xem tiết diện S này có nhỏ hơn $S_{\min\text{cơ}}$ hay không, nếu tiết diện S này nhỏ hơn $S_{\min\text{cơ}}$ ta phải chọn lại tiết diện dây dẫn bằng $S_{\min\text{cơ}}$.

Bảng 2.6. Tiết diện tối thiểu theo điều kiện độ bền cơ khí $S_{\min\text{cơ}}$ (mm^2)

Đặc tính dây dẫn và điều kiện đặt	Tiết diện mỗi lõi $S_{\min\text{cơ}}$ (mm^2)	
	Đồng	Nhôm
- Dây bọc cách điện cung cấp cho các đèn chiếu sáng:		
trong nhà	0,5	-
ngoài nhà	1	-
- Dây bọc cách điện cấp điện cho đèn treo, đèn bàn và phụ tải di động	0,75	-
- Dây bọc cách điện đặt trên các sứ cách điện cách nhau		
≤ 1 mét	1	2,5
≤ 2 mét	1,5	2,5
≤ 6 mét	2,5	4
≤ 12 mét	4	6
> 12 mét	6	16
- Dây bọc cách điện đặt trong ống	1	2,5
- Dây trần trong nhà	2,5	4
- Dây bọc cách điện ngoài nhà:		
theo tường	2,5	4
trong tất cả trường hợp khác	4	10
- Dây trần ngoài nhà	4	10
- Dây trần đường dây trên không	6	16

§2-2. CÁC KHÍ CỤ ĐIỆN DÙNG ĐIỀU KHIỂN VÀ BẢO VỆ MẠNG ĐIỆN HẠ ÁP

1. Các dạng sự cố trong mạng điện hạ áp

Hai dạng sự cố thường xảy ra trong mạng điện hạ áp là ngắn mạch và quá tải.

Ngắn mạch là sự tiếp xúc trực tiếp giữa các phần dẫn điện của các pha hoặc giữa một pha và dây trung tính hoặc đất.

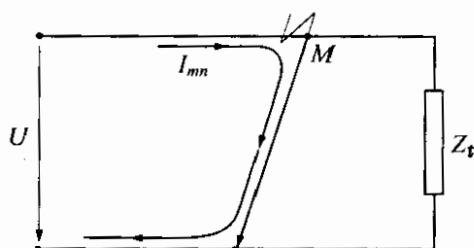
Người ta phân biệt 3 dạng ngắn mạch: ngắn mạch 3 pha, ngắn mạch 2 pha và ngắn mạch 1 pha.

Ngắn mạch 3 pha là sự chạm nhau của các phần dẫn điện của cả 3 pha.

Ngắn mạch 2 pha là sự chạm nhau giữa các phần dẫn điện của 2 pha. Còn ngắn mạch 1 pha là sự chạm nhau giữa các phần dẫn điện của một pha và dây trung tính hoặc đất.

Nguyên nhân chính của ngắn mạch thường là sự hỏng cách điện giữa các pha hoặc giữa một pha và dây trung tính hoặc đất hoặc do nối dây và thao tác nhầm hoặc do người chạm vào vật có điện.

Sự cố nghiêm trọng nhất là ngắn mạch 3 pha nhưng xác suất xảy ra nhiều nhất là ngắn mạch 1 pha. Khi xảy ra ngắn mạch, dòng điện chỉ đi trong đoạn mạch có tổng trở z_{nm} rất bé từ nguồn điện đến điểm ngắn mạch (ví dụ điểm M trên hình 2-5) rồi trở lại nguồn điện.



Hình 2-5

Trị số dòng điện ngắn mạch có thể xác định theo công thức:

$$I_{nm} = \frac{U}{z_{nm}} \quad (A)$$

Trong đó U là điện áp định mức của nguồn (V).

Đối với ngắn mạch 3 pha và 2 pha, U là điện áp dây còn đối với ngắn mạch 1 pha U là điện áp pha. Còn z_{nm} là tổng trở dây dẫn từ nguồn đến điểm ngắn mạch và từ điểm ngắn mạch về nguồn (Ω). Vì tổng trở ngắn mạch z_{nm} thường bé hơn nhiều lần tổng trở phụ tải. Do đó dòng điện ngắn mạch I_{nm} lớn hơn nhiều lần dòng điện phụ tải.

Dòng điện ngắn mạch lớn như vậy đi trong dây dẫn hoặc thiết bị điện có thể làm hỏng hoặc cháy dây dẫn hoặc thiết bị điện do tác dụng nhiệt và cơ của nó. Do đó sự cố ngắn mạch cần được khắc phục ngay bằng cách cắt ngay phần dây dẫn bị ngắn mạch ra khỏi nguồn điện.

Khí cụ điện thích hợp nhất để thực hiện điều đó là aptômat hoặc cầu chì:

Mỗi dây dẫn hoặc thiết bị điện đều được chế tạo với một dòng điện định mức I_{dm} nhất định. Khi dòng điện thực tế I đi trong dây dẫn và thiết bị điện vượt quá dòng điện định mức I_{dm} thì dây dẫn và thiết bị điện bị quá tải.

Mức độ quá tải được đo bằng bội số của I so với I_{dm} . Dòng điện thực tế I càng lớn hơn I_{dm} thì mức độ quá tải càng lớn.

Quá tải có thể không làm hỏng ngay dây dẫn hoặc thiết bị điện nhưng nó làm dây dẫn hoặc thiết bị điện bị nóng quá mức bình thường và làm tăng tốc độ già của cách điện giữa các pha.

Tốc độ già của cách điện tăng theo mức độ quá tải. Do đó nếu quá tải ở mức độ lớn thì chỉ sau một thời gian ngắn cách điện giữa các pha sẽ hỏng và xảy ra ngắn mạch.

Quá tải thường xảy ra do chọn tiết diện dây dẫn quá bé hoặc do mắc thêm phụ tải ngoài dự kiến vào đường dây.

Quá tải cũng là một sự cố cần khắc phục, nhưng không nhất thiết phải cắt điện ngay phần mạch bị quá tải mà chỉ cần cắt điện sau một thời gian nào đó tùy theo mức độ quá tải. Đặc biệt khi mở máy các động cơ điện không đồng bộ, dòng điện mở máy rất lớn cũng gây ra quá tải tạm thời mạng điện. Trong trường hợp đó không được cắt điện động cơ, mà chỉ dùng các biện pháp để giảm dòng điện mở máy động cơ nếu dòng điện này quá lớn.

Các khí cụ điện thích hợp nhất để bảo vệ mạng điện khi quá tải là rơ le nhiệt và cầu chì.

2. Cầu chì

a) Cấu tạo và phân loại cầu chì

Cầu chì dùng để tự động cắt phần mạch điện bị ngắn mạch hoặc quá tải ra khỏi nguồn điện. Bộ phận chính của cầu chì là dây chảy. Dây chảy thường là các dây kim loại tròn hoặc các lá kim loại có hình dáng như hình 2-6.

Kim loại làm dây chảy phải đảm bảo các yêu cầu:

Nhiệt độ nóng chảy thấp, quán tính nhiệt nhỏ, khối lượng bé và rẻ tiền.

Các kim loại tương đối thích hợp để làm dây chảy là chì (Pb), kẽm (Zn), nhôm (Al), đồng (Cu) và bạc (Ag).

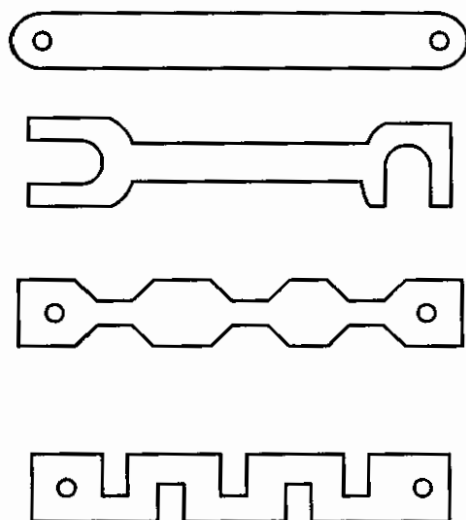
Tùy theo cách đặt dây chảy người ta phân loại: cầu chì kiểu hở và cầu chì kiểu kín.

Trong cầu chì kiểu hở dây chảy được đặt hở (không có vỏ bọc kín) còn trong cầu chì kiểu kín, dây chảy được đặt trong một vỏ kín bằng sứ hoặc một loại xenlulô, vỏ cầu chì có thể được nhét đầy cát thạch anh xung quanh dây chảy.

Cát thạch anh có tác dụng chia nhỏ hồ quang điện phát ra khi dây chảy bị đứt và bằng cách đó hồ quang điện dễ dàng bị dập tắt.

Tùy theo hình dáng của vỏ cầu chì người ta phân loại: cầu chì ống, cầu chì hộp, cầu chì nắp vụn, cầu chì phích cắm v.v...

Trong cầu chì ống, vỏ cầu chì có dạng hình ống bằng sứ hoặc phíp. Trong cầu chì hộp, vỏ cầu chì là một hộp bằng sứ. Trong cầu chì nắp vụn dây chảy được đặt trong một nắp vụn có ren để vặn vào đế, còn trong cầu chì phích cắm, dây chảy được đặt trong một phích cắm.



Hình 2-6

Hình 2-7 là sơ đồ cấu tạo của một cầu chì ống. Dây chảy (5) được nối chặt giữa 2 điện cực (6) và được đặt trong một ống kín làm bằng phíp (1), hai đầu ống có nắp làm bằng đồng (3), nắp này có ren để vặn vào ống. Trong ống (1) có thể nhét đầy cát thạch anh (4) hoặc không có cát thạch anh.

b) Các thông số và đặc tính của cầu chì

Mỗi cầu chì được đặc trưng bằng 4 thông số kỹ thuật: điện áp định mức, dòng điện định mức của cầu chì, dòng điện định mức của dây chảy và năng lực cắt. Điện áp định mức của cầu chì là điện áp lớn nhất cho phép đặt vào cầu chì lâu dài.

Dòng điện định mức của cầu chì hoặc dây chảy là dòng điện lớn nhất có thể đi qua cầu chì hoặc dây chảy lâu dài mà không làm cầu chì hoặc dây chảy nóng quá nhiệt độ cho phép; Còn năng lực cắt của cầu chì là dòng điện ngắn mạch lớn nhất mà cầu chì có thể cắt một cách an toàn.

Trong một cầu chì có thể đặt một trong một số dây chảy có dòng điện định mức khác nhau và dòng điện định mức của cầu chì luôn bằng dòng điện định mức của dây chảy lớn nhất trong số các dây chảy có thể đặt trong cầu chì đó.

Ví dụ trong cầu chì với dòng điện định mức 15A có thể đặt một trong 3 dây chảy với dòng điện định mức là 6, 10 và 15A.

Trên bảng 2.7 người ta cho các thông số của các loại cầu chì ống của Nga.

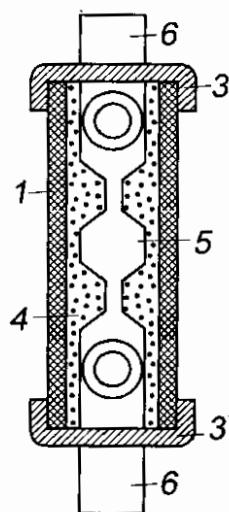
Đặc tính cơ bản của cầu chì là đặc tính bảo vệ. Đó là đường biểu diễn quan hệ giữa thời gian chảy đứt của dây chảy tính theo giây và dòng điện đi trong dây chảy tính theo ampe. Đặc tính bảo vệ có dạng chung như đường cong hình 2-8.

Khi dòng điện I đi trong dây chảy nhỏ hơn hoặc bằng dòng điện định mức I_{dm} của dây chảy, dây chảy không bị chảy đứt. Chỉ khi dòng điện I tăng đến trị số giới hạn I_{gh} dây chảy mới bị chảy đứt. Trị số I_{gh} thường vào khoảng 1,15 đến 2 lần I_{dm} tùy thuộc vào vật liệu làm dây chảy.

Thời gian dây chảy bị chảy đứt được tính từ khi mạng điện bắt đầu bị sự cố (ngắn mạch hoặc quá tải) đến khi dây chảy bị chảy đứt. Thời gian này càng ngắn nếu dòng điện sự cố đi trong dây chảy càng lớn.

Bảng 2.7. Các thông số của các loại cầu chì ống của Nga với điện áp định mức $\leq 500V$

Loại cầu chì	Dòng điện, định mức của cầu chì (A)	Dòng điện định mức của dây chảy (A)	Năng lực cắt của cầu chì (kA)
1	2	3	4
ПП12	15	6, 10, 15	-
	60	15, 20, 25, 35, 45, 60	-



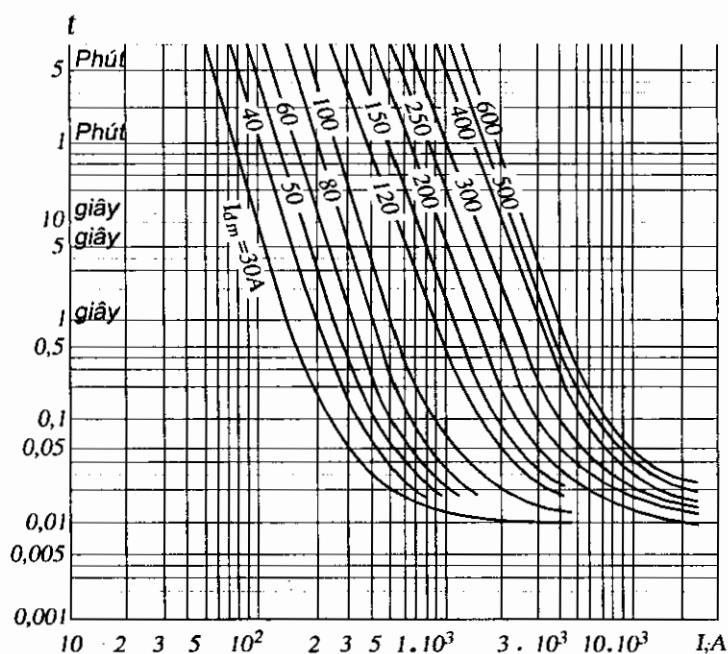
Hình 2-7

1	2	3	4
	100	60, 80, 100	-
	200	100, 125, 160, 200	-
	350	200, 225, 260, 300, 350	-
	600	350, 450, 500, 600	-
	1000	600, 700, 850, 1000	-
ПН-2-100	100	30, 40, 50, 60, 100	50
ПН2-250	250	80, 100, 120, 150	40
		200, 250	
ПН-2-400	400	200, 250, 300, 350, 400	25
ПН-2-600	600	300, 400, 500, 600	25
ПН-2-1000	1000	500, 600, 750, 800, 1000	-
НПН-15	15	6, 10, 15	-
НПН-60М	60	20, 25, 35, 45, 60	-

c) Nguyên lí làm việc và cách chọn cầu chì

Cầu chì được đặt ở đầu mỗi dây pha của các đường dây chính và đường dây phân nhánh để bảo vệ mạng điện.

Khi mạng điện làm việc bình thường, dòng điện trong dây chảy của cầu chì nhỏ hơn dòng điện định mức của dây chảy và dây chảy không bị chảy đứt. Khi mạng điện bị sự cố (ngắn mạch hoặc quá tải) dòng điện đi trong dây chảy của cầu chì vượt quá trị số giới hạn I_{gh} của dây chảy và làm dây chảy bị chảy đứt. Bằng cách đó cầu chì tự động cắt phần mạch bị sự cố ra khỏi nguồn điện và tránh cho dây dẫn và các thiết bị điện của mạng điện phải chịu đựng dòng điện sự cố.



Hình 2-8

Dòng điện sự cố càng lớn thì cầu chì cắt càng nhanh. Đường biểu diễn quan hệ giữa thời gian phá hỏng đối tượng (dây dẫn và thiết bị điện) và dòng điện đi qua đối tượng được gọi là đặc tính bảo vệ của đối tượng. Để đối tượng được bảo vệ an toàn, đặc tính bảo vệ của cầu chì phải nằm dưới đặc tính bảo vệ của đối tượng.

Điều đó có nghĩa là cầu chì phải cắt dòng điện sự cố trước khi đối tượng bị phá hỏng bởi dòng điện này.

Lựa chọn cầu chì bao gồm chọn loại cầu chì, điện áp định mức của nó, dòng điện định mức của dây chảy và dòng điện định mức của cầu chì.

Hiện nay để bảo vệ mạng điện cung cấp cho các phụ tải chiếu sáng, sinh hoạt và động lực người ta thường dùng loại cầu chì ống có độn cát thạch anh hoặc không có cát thạch anh.

Điện áp định mức của cầu chì phải được lựa chọn lớn hơn hoặc bằng điện áp của mạng điện được đặt cầu chì. Ví dụ cầu chì đặt trên đường dây 3 pha 380/220V phải có điện áp định mức lớn hơn hoặc bằng 380V, còn cầu chì đặt trên đường dây một pha 220V phải có điện áp định mức lớn hơn hoặc bằng 220V. Còn dòng điện định mức của dây chảy I_{dm} được lựa chọn theo 3 yêu cầu:

- Khi mạng điện làm việc bình thường cầu chì không được cắt điện.
- Khi mở máy động cơ điện không đồng bộ, dòng điện mở máy rất lớn và làm mạng điện quá tải tạm thời. Trong trường hợp đó cầu chì cũng không được cắt điện.
- Khi mạng điện bị sự cố cầu chì phải cắt điện nhanh và cắt đúng chỗ, nghĩa là sự cố ở phần mạch điện nào thì chỉ có cầu chì ở phần mạch điện đó cắt, còn các phần mạch điện khác vẫn làm việc bình thường.

Để thực hiện 3 yêu cầu trên, dòng điện định mức của dây chảy I_{dm} được lựa chọn như sau: Đối với đường dây cấp điện cho các phụ tải chiếu sáng và phụ tải sinh hoạt, I_{dm} được chọn theo điều kiện:

$$I_{dm} \geq I_{pt} \text{ hoặc } I_{dmmin} = I_{pt}$$

Trong đó I_{pt} là dòng điện phụ tải của đường dây và được tính giống như khi chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện đốt nóng cho phép.

Còn đối với đường dây cấp điện cho một hoặc nhiều động cơ điện, I_{dm} của dây chảy được lựa chọn theo 2 điều kiện:

* Điều kiện làm việc bình thường

$$I_{dm} \geq I_{pt} \text{ hoặc } I_{dmmin} = I_{pt}$$

Trong đó khi cầu chì bảo vệ 1 động cơ, I_{pt} là dòng điện định mức của động cơ, còn khi cầu chì bảo vệ nhiều động cơ, I_{pt} là dòng điện phụ tải của đường dây cấp điện cho tất cả động cơ ở chế độ định mức.

* Điều kiện quá tải tạm thời khi mở máy động cơ

$$I_{dm} \geq \frac{I_{mở}}{\alpha} \text{ hoặc } I_{dmmin} = \frac{I_{mở}}{\alpha}$$

Trong đó α là hệ số quá tải ngắn hạn cho phép của dây chảy trong thời gian mở máy động cơ. Ta có thể lấy $\alpha = 2,5$ khi động cơ mở máy bình thường, còn $\alpha = 1,6$ khi động cơ mở máy chậm và nặng.

$I_{mở}$ là dòng điện qua dây chảy khi mở máy động cơ. Đối với cầu chì bảo vệ một động cơ, $I_{mở}$ chính là dòng điện mở máy của động cơ. Còn đối với cầu chì bảo vệ nhiều động cơ, $I_{mở}$ được xác định theo công thức:

$$I_{mở} = I_{mdmax} + I'_{pt}$$

Trong đó: I_{mdmax} là dòng điện mở máy của động cơ có dòng điện mở máy lớn nhất trong số động cơ được bảo vệ (A); I'_{pt} là dòng điện phụ tải của đường dây cấp điện cho tất cả động cơ ở chế độ định mức trừ động cơ có dòng điện mở máy lớn nhất.

Điều đó có nghĩa là $I_{mở}$ được tính toán trong trạng thái chỉ 1 động cơ có dòng điện mở máy lớn nhất mở máy, còn các động cơ khác làm việc bình thường. Người ta chế tạo các dây chảy có dòng điện định mức tiêu chuẩn nhất định, ví dụ các dòng điện định mức tiêu chuẩn của dây chảy của một số cầu chì ống Nga được cho trong bảng 2.7.

Sau khi tính được dòng điện định mức tối thiểu của dây chảy I_{dmmin} ta có thể chọn dây chảy có dòng điện định mức tiêu chuẩn lớn hơn và gần I_{dmmin} nhất (khi có 2 I_{dmmin} khác nhau ta chọn dây chảy có dòng điện định mức tiêu chuẩn theo I_{dmmin} lớn hơn). Sau khi chọn được dòng điện định mức tiêu chuẩn của dây chảy I_{dm} , dòng điện này phải được kiểm tra theo 2 yêu cầu của cầu chì là cắt đúng chỗ, (hoặc cắt có chọn lọc) và cắt tin cậy dòng điện ngắn mạch. Để bảo đảm cầu chì cắt có chọn lọc, dòng điện định mức tiêu chuẩn của dây chảy cầu chì trên đường dây chính phải lớn hơn dòng điện định mức tiêu chuẩn của dây chảy cầu chì trên đường dây phân nhánh ít nhất một cấp.

Trong trường hợp đó nếu xảy ra sự cố trên đường dây phân nhánh nào thì cầu chì trên đường dây phân nhánh đó cắt điện trước và tách phần mạch bị sự cố ra khỏi nguồn điện. Điều đó đảm bảo đường dây chính và các đường dây phân nhánh khác vẫn có điện bình thường.

Còn để bảo đảm cầu chì cắt tin cậy dòng điện ngắn mạch, dòng điện định mức của dây chảy I_{dm} phải nhỏ hơn hoặc bằng một phần ba dòng điện ngắn mạch I_{nm} :

$$I_{dm} \leq \frac{1}{3} I_{nm}$$

Dòng điện ngắn mạch I_{nm} có thể xác định gần đúng như sau:

Đối với đường dây 3 dây dẫn (mạng 3 pha không có dây trung tính) I_{nm} là dòng điện ngắn mạch 2 pha và xác định theo công thức:

$$I_{nm} = \frac{U_d}{z_o L}$$

Trong đó: U_d - điện áp dây định mức của mạng điện (V);

z_o - tổng trở một kilômét đường dây gồm 2 dây pha dẫn dòng điện ngắn mạch đi và về (Ω/km);

L - chiều dài đường dây từ chỗ đặt cầu chì đến cuối đoạn đường dây được bảo vệ (km).

Đối với mạng điện 3 pha 4 dây (3 dây pha và 1 dây trung tính) và mạng điện một pha (1 dây pha và 1 dây trung tính) I_{nm} là dòng điện ngắn mạch một pha và được xác định theo công thức:

$$I_{nm} = \frac{U_f}{z_o L}$$

Trong đó: U_f - điện áp pha định mức của mạng điện (V);

z_o - tổng trở một kilômét đường dây gồm 1 dây pha và 1 dây trung tính dẫn dòng điện ngắn mạch đi và về (Ω/km);

L - chiều dài đường dây từ chỗ đặt cầu chì đến cuối đoạn dây được bảo vệ (km).

Trên bảng 2.8 người ta cho trị số z_o của một kilômét đường dây cáp hoặc đường dây trên không gồm 1 dây đi và 1 dây về (Ω/km).

Sau khi tính chọn được dòng điện định mức của dây chảy I_{dm} , ta chọn cầu chì có dòng điện định mức tiêu chuẩn lớn hơn hoặc bằng I_{dm} .

Cầu chì có nhược điểm là thời gian chảy đứt không ổn định, sau khi cầu chì cắt điện phải thay thế dây chảy hoặc cả cầu chì. Điều đó tạo cơ hội thay dây chảy bị đứt bằng một dây chảy khác không đúng tiêu chuẩn và do đó cầu chì sẽ không đáp ứng được các yêu cầu bảo vệ. Tuy nhiên do cầu chì có cấu tạo đơn giản, kích thước bé, năng lực cắt lớn và giá thành hạ nên cầu chì vẫn được dùng phổ biến để bảo vệ mạng điện.

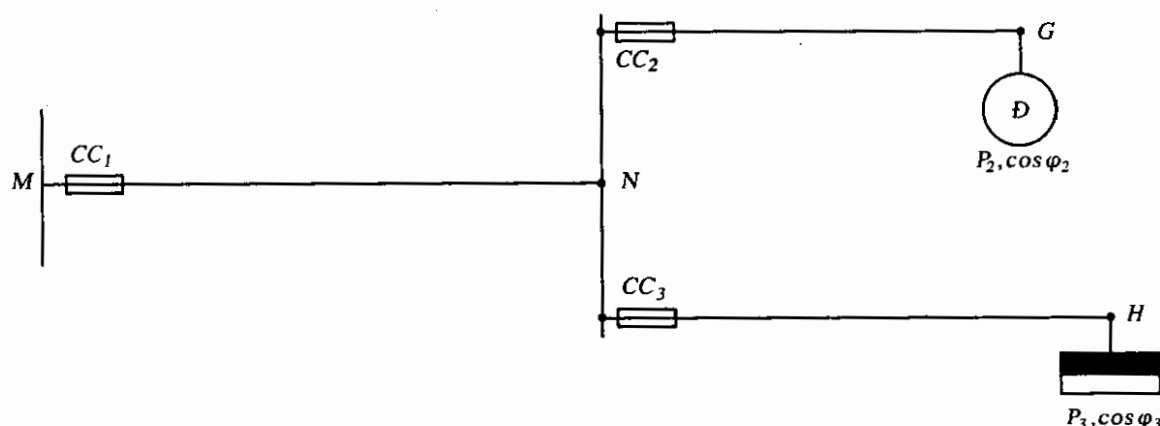
Bảng 2.8. Trị số z_o của 1 km đường dây gồm 1 dây đi và 1 dây về

Tiết diện dây dẫn (mm)		Trị số z_o (Ω/km)					
Dây đi	Dây về	Cáp và dây dẫn trong ống		Dây dẫn trên puli và sứ cách điện		Đường dây trên không	
		Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	37,6	-	37,6	-	-	-
1,5	1	31,3	-	31,3	-	-	-
1,5	1,5	25	-	25	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8
2,5	1,5	20	-	20	-	-	-
2,5	2,5	15	25,4	15	25,4	-	-
4	2,5	12,4	20,6	12,4	20,6	-	-
4	4	9,5	16	9,5	16	-	-
6	4	7,9	13,2	7,9	13,2	-	-
6	6	6,32	10,6	6,32	10,6	-	-
10	6	5,06	8,45	5,07	8,53	-	-
10	10	3,8	6,4	3,81	6,5	3,7	-
16	10	3,09	5,2	3,13	5,25	3,05	-
16	16	2,38	4,00	2,43	4,03	2,41	3,89
25	16	1,95	3,29	2,02	3,32	2,03	3,23
25	25	1,53	2,58	1,60	2,62	1,66	1,58
35	16	1,73	2,91	1,80	2,95	1,82	2,88
35	35	1,08	1,82	1,18	1,88	1,26	1,90
50	25	1,14	1,93	1,23	1,98	1,34	2,05
50	50	0,76	1,28	0,89	1,36	0,98	1,54
70	35	0,82	1,37	0,93	1,45	1,03	1,48
70	70	0,56	0,92	0,70	1,02	0,82	1,09
95	50	0,59	0,98	0,74	1,08	0,93	1,19
95	95	0,42	0,68	0,60	0,79	0,72	0,85

Ví dụ 2.5. Tính chọn các cầu chì CC_1 , CC_2 , CC_3 của 1 mạng điện 3 pha điện áp 380/220V có sơ đồ như hình 2-9. Đường dây MN là đường dây 3 pha 4 dây được thực hiện bằng cáp 4 lõi đồng ($3 \times 6\text{mm}^2 + 1 \times 4\text{mm}^2$) có chiều dài $L_1 = 100\text{m}$.

Đường dây NG là đường dây 3 pha 3 dây được thực hiện bằng cáp 3 lõi đồng ($3 \times 1,5\text{mm}^2$) có chiều dài $L_2 = 50\text{m}$ cấp điện cho 1 động cơ điện có công suất định mức $P_2 = 5,8\text{KW}$, bội số dòng điện mở máy $I_{m\phi}/I_{dm\phi} = 6$, điều kiện mở máy bình thường và ở chế độ định mức hệ số công suất $\cos\varphi_2 = 0,86$ và hiệu suất $\eta_2 = 0,9$ ($I_{dm\phi}$ là dòng điện định mức của động cơ). Đường dây NH là đường dây 3 pha 4 dây được thực hiện bằng cáp 4 lõi đồng ($3 \times 4\text{mm}^2 + 1 \times 2,5\text{mm}^2$) có chiều dài $L_3 = 60\text{m}$ cấp điện cho 1 phụ tải chiếu sáng và sinh hoạt với công suất $P_3 = 32\text{KW}$ và hệ số công suất $\cos\varphi_3 = 0,9$.



Hình 2-9

Giải: Đường NG có dòng điện phụ tải:

$$I_{pt2} = I_{dmĐ} = \frac{10^3 P_2}{\sqrt{3} U_d \eta_2 \cos \varphi_2} = \frac{10^3 \times 5,8}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,9 \times 0,86} = 11,4A$$

Dòng điện mở máy của động cơ:

$$I_{mở} = I_{dmĐ} \times 6 = 11,4 \times 6 = 68,4A$$

Dòng điện định mức của dây chảy I_{dm2} cầu chì CC₂ được lựa chọn theo 2 điều kiện

* Điều kiện làm việc bình thường:

$$I_{dm2} \geq I_{pt2} \text{ hay } I_{dm2min} = I_{pt} = 11,4A$$

* Điều kiện mở máy động cơ:

$$I_{dm} \geq \frac{I_{mở}}{2,5} = \frac{68,4}{2,5} = 27,36A$$

hoặc $I_{dm2min} = 27,36A$

Theo $I_{dmmin} = 27,36A$ tra bảng 2.7 ta chọn cầu chì CC₂ loại ПП12 có điện áp định mức 380V và dòng điện định mức 60A với dây chảy có dòng điện định mức 35A.

Đường dây NH có dòng điện phụ tải:

$$I_{pt3} = \frac{10^3 P_3}{\sqrt{3} U_d \cos \varphi} = \frac{10^3 \times 32}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,9} = 54A$$

Dòng điện định mức của dây chảy I_{dm3} cầu chì CC₃ được chọn theo điều kiện:

$$I_{dm3} \geq I_{pt3} \text{ hoặc } I_{dm3min} = I_{pt3} = 54A$$

Theo $I_{dm3min} = 54A$ tra bảng 2.7 ta chọn cầu chì CC₂ loại ПП-12 có điện áp định mức 380V và dòng điện định mức 60A với dây chảy có dòng điện định mức 60A.

Với $\cos \varphi_2 = 0,86$ ta có $\operatorname{tg} \varphi_2 = 0,59$ và công suất phản kháng của động cơ $Q_2 = P_2 \operatorname{tg} \varphi_2 = 5,8 \times 0,59 = 3,44 \text{ KVAr}$ với $\cos \varphi_3 = 0,9$ ta có $\operatorname{tg} \varphi_3 = 0,48$ và công suất phản kháng của phụ tải đường dây NH là $Q_3 = P_3 \operatorname{tg} \varphi_3 = 32 \times 0,48 = 15,36 \text{ KVAr}$.

Công suất biểu kiến trên đường dây chính MN sẽ là:

$$\begin{aligned} S_1 &= \sqrt{(P_2 + P_3)^2 + (Q_2 + Q_3)^2} \\ &= \sqrt{(5,8 + 32)^2 + (3,44 + 15,36)^2} = 42,2 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Dòng điện phụ tải trên đường dây MN sẽ là:

$$I_{pt1} = \frac{10^3 S_1}{\sqrt{3} U_d} = \frac{10^3 \times 42,2}{\sqrt{3} \times 380} = 64,19A$$

Dòng điện phụ tải trên đường dây MN khi không kể đến động cơ P_2 sẽ là:

$$I'_{pt1} = I_{pt3} = 54A$$

Dòng điện định mức của dây chảy I_{dm1} của cầu chì CC_1 được lựa chọn theo 2 điều kiện:

* Điều kiện làm việc bình thường:

$$I_{dm1} \geq I_{pt1} \text{ hoặc } I_{dm1min} = I_{pt1} = 64,19A$$

* Điều kiện mở máy động cơ P_2 :

$$I_{dm1} \geq \frac{I_{mở} + I'_{pt}}{2,5} = \frac{68,4 + 54}{2,5} = 48,69A$$

$$\text{hoặc } I_{dm1min} = 48,69A$$

Theo $I_{dm1min} = 64,19A$ tra bảng 2.7 ta chọn cầu chì CC_1 loại ПП-12 có điện áp định mức 380V và dòng điện định mức 100A với dây chảy có dòng điện định mức 80A. Sau khi chọn xong các cầu chì CC_1 , CC_2 , CC_3 là phải kiểm tra dây chảy của chúng theo 2 điều kiện: điều kiện cắt chọn lọc và điều kiện cắt tin cậy dòng điện ngắn mạch. Ta có dòng điện định mức của dây chảy của cầu chì trên đường dây chính CC_1 là 80A, còn của các cầu chì trên các đường dây phân nhánh CC_2 và CC_3 là 35A và 60A. Như vậy dòng điện định mức của dây chảy cầu chì trên đường dây chính lớn hơn 1 cấp so với dòng điện định mức của các dây chảy của các cầu chì trên các đường dây phân nhánh và do đó thoả mãn điều kiện cắt chọn lọc.

Còn theo điều kiện cắt tin cậy dòng điện ngắn mạch, dòng điện định mức của dây chảy I_{dm} phải thoả mãn điều kiện:

$$I_{dm} \leq \frac{1}{3} I_{nm}$$

Trong đó đối với đường dây 3 pha 3 dây, I_{nm} là dòng điện ngắn mạch 2 pha, còn đối với đường dây 3 pha 4 dây I_{nm} là dòng điện ngắn mạch 1 pha.

Đường dây 3 pha 3 dây NG với dây cáp 3 lõi đồng ($3 \times 1,5mm^2$) tra bảng 2.8 ta có tổng trở 1 kilômét đường dây gồm 2 dây pha $1,5mm^2$ là $z_0 = 25\Omega/km = 25 \times 10^{-3}\Omega/m$

và:
$$I_{nm} = \frac{U_d}{z_0 L_2} = \frac{380}{25 \times 10^{-3} \times 50} = 304 A$$

$$\frac{I_{nm}}{3} = \frac{304}{3} = 101 A$$

Dây chảy của cầu chì CC_2 có dòng điện định mức $I_{dm2} = 35A < 110A$

Cầu chì CC_2 thoả mãn điều kiện cắt tin cậy dòng điện ngắn mạch.

Đường dây 3 pha 4 dây NH với dây cáp 4 lõi đồng ($3 \times 4\text{mm}^2 + 1 \times 2,5$) tra bảng 2.8 ta có tổng trở một kilômét đường dây gồm 1 dây pha (4mm^2) và 1 dây trung tính ($2,5\text{mm}^2$) là $z_0 = 12,4\Omega/\text{km} = 12,4 \times 10^{-3}\Omega/\text{m}$ và:

$$I_{nm} = \frac{U_f}{z_0 L_3} = \frac{220}{12,4 \times 10^{-3} \times 60} = 449 \text{ A}$$

$$\frac{I_{nm}}{3} = \frac{449}{3} = 149,7 \text{ A}$$

Dây chảy của cầu chì CC_3 có dòng điện định mức:

$$I_{dm} = 60\text{A} < 149,7\text{A}$$

Cầu chì CC_3 thỏa mãn điều kiện cắt tin cậy dòng điện ngắn mạch.

Đường dây 3 pha 4 dây MN với dây cáp 4 lõi đồng ($3 \times 6\text{mm}^2 + 1 \times 4\text{mm}$) tra bảng 2.8, ta có tổng trở một kilômét đường dây gồm 1 dây pha (6mm^2) và 1 dây trung tính (4mm^2) là $z_0 = 7,9\Omega/\text{km} = 7,9 \times 10^{-3}\Omega/\text{m}$ và:

$$I_{nm} = \frac{U_f}{z_0 L_1} = \frac{220}{7,9 \times 10^{-3} \times 100} = 278\text{A}$$

$$\frac{I_{nm}}{3} = \frac{278}{3} = 92,82 \text{ A}$$

Dây chảy của cầu chì CC_1 có dòng điện định mức:

$$I_{dm} = 80\text{A} < 92,82\text{A}$$

Cầu chì CC_1 thỏa mãn điều kiện cắt tin cậy dòng điện ngắn mạch.

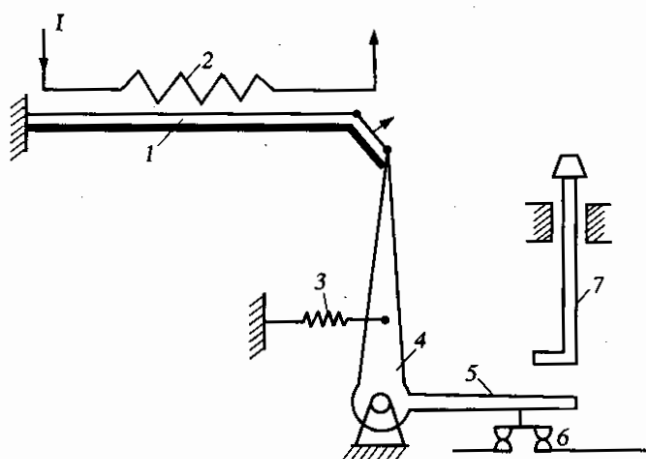
3. Rơ le nhiệt

Rơ le nhiệt là một khí cụ điện tự động cắt mạch điện khi quá tải.

Sơ đồ nguyên lí của rơ le nhiệt được biểu diễn trên hình 2-10.

Các bộ phận cơ bản của rơ le nhiệt là: băng kép (1), cuộn dây đốt nóng (2), lò xo phản kháng (3), đòn xoay (4), cần (5), tiếp điểm thường kín (6) và nút phục hồi (7).

Băng kép là một tấm hai kim loại có độ giãn nở nhiệt khác nhau. Băng kép được đặt gần cuộn



Hình 2-10

dây đốt nóng, còn cuộn dây đốt nóng được mắc vào mạch điện sao cho dòng điện qua nó là dòng điện đi trong dây pha của mạng điện được bảo vệ. Khi mạng điện quá tải, dòng điện quá tải sẽ đốt nóng nhanh chóng băng kép. Khi bị đốt nóng băng kép sẽ cong lên phía trên và thả đòn xoay ra. Lúc đó lò xo (3) sẽ kéo đòn xoay (4) quay ngược chiều kim đồng hồ và làm hở tiếp điểm thường kín (6). Tiếp điểm này nằm trong mạch điều khiển của công tắc tơ, do đó khi tiếp điểm (6) hở ra, cuộn dây hút của công tắc tơ sẽ mất điện và tự động cắt mạch điện.

Khi hết quá tải, băng kép (1) nguội lại, thẳng ra và tỳ vào đầu phía trên của đòn xoay (4). Để rơ le trở về trạng thái ban đầu ta cần ấn nút phục hồi (7). Khi ấn nút (7), đòn xoay (4) quay thuận chiều kim đồng hồ, đầu tự do, của băng kép sẽ tụt xuống giữ đòn xoay (4) ở vị trí đóng tiếp điểm thường kín (6).

Các thông số chính của rơ le nhiệt là dòng điện định mức I_{dm} và điện áp định mức U_{dm} .

Rơ le nhiệt được chọn theo 2 điều kiện:

$$I_{dm} \geq I_{pt} \text{ và}$$

$$U_{dm} \geq U_{mg}$$

Trong đó: I_{pt} - dòng điện phụ tải của đường dây được rơ le nhiệt bảo vệ (A);

U_{mg} - điện áp định mức của mạng điện được bảo vệ (V).

Rơ le nhiệt chỉ dùng để bảo vệ mạng điện khi quá tải, nó không bảo vệ được mạng điện khi ngắn mạch, bởi vì dòng điện ngắn mạch rất lớn và yêu cầu cắt ngay phần mạng điện bị ngắn mạch, nhưng rơ le nhiệt luôn cần một thời gian để đốt nóng băng kép và do đó không thể cắt ngay dòng điện ngắn mạch.

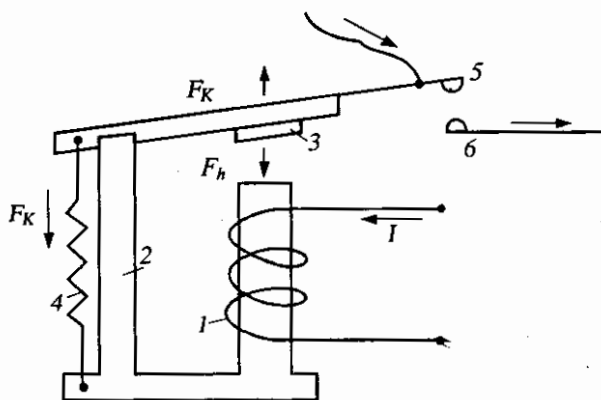
4. Rơ le điện từ:

Rơ le điện từ là 1 khí cụ điện dùng đóng cắt các mạch điều khiển.

Sơ đồ nguyên lí của rơ le điện từ như hình 2-11 nó bao gồm cuộn dây hút (1), mạch từ tĩnh (2), nắp từ (3), lò xo phản kháng (4) và các tiếp điểm (5) và (6).

Khi cuộn dây hút có dòng điện, nắp từ (3) chịu tác dụng của 2 lực: lực hút F_h của cuộn dây hút (1) và lực kéo F_K của lò xo phản kháng (4).

Lực hút F_h tăng theo cường độ dòng điện I trong cuộn dây hút.



Hình 2-11

Do đó khi dòng điện I trong cuộn dây hút vượt quá một trị số giới hạn I_{Kd} nào đó, thì lực hút F_h của cuộn dây hút sẽ lớn hơn lực kéo của lò xo F_k và nắp từ 3 bị hút xuống làm các tiếp điểm 5 và 6 khép kín. Trong trường hợp đó mạch điều khiển chứa các tiếp điểm 5 và 6 được đóng điện; hiện tượng này được gọi là sự khởi động của rơ le và trị số giới hạn I_{Kd} được gọi là dòng điện khởi động của rơ le.

Các thông số chính của rơ le điện từ là điện áp định mức của rơ le U_{dm} và dòng điện định mức của rơ le I_{dm} .

Cũng giống như rơ le nhiệt, rơ le điện từ được lựa chọn theo 2 điều kiện:

$$U_{dm} \geq U_{mg} \text{ và}$$

$$I_{dm} \geq I_{pt}$$

Trong đó: U_{mg} - điện áp định mức của mạng điện được điều khiển bởi rơ le (V);

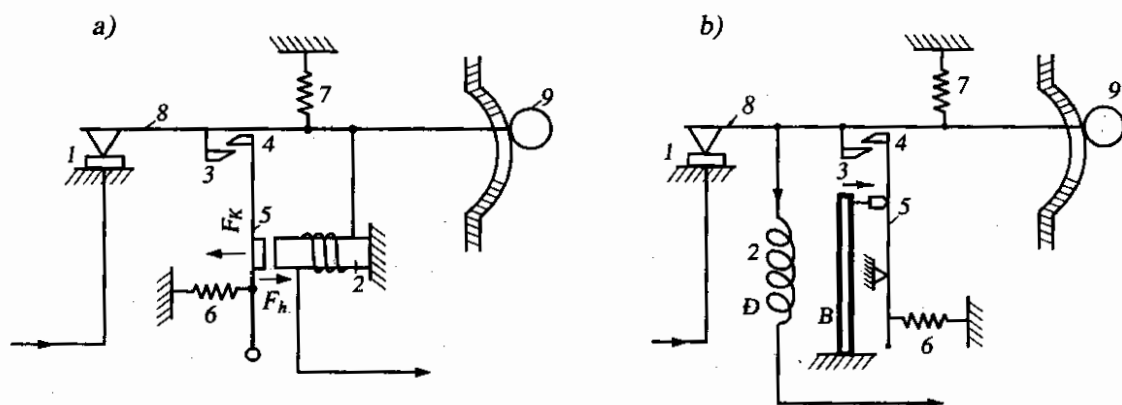
I_{pt} - dòng điện phụ tải của đường dây được điều khiển bởi rơ le (A).

5. Aptômát (máy ngắt tự động)

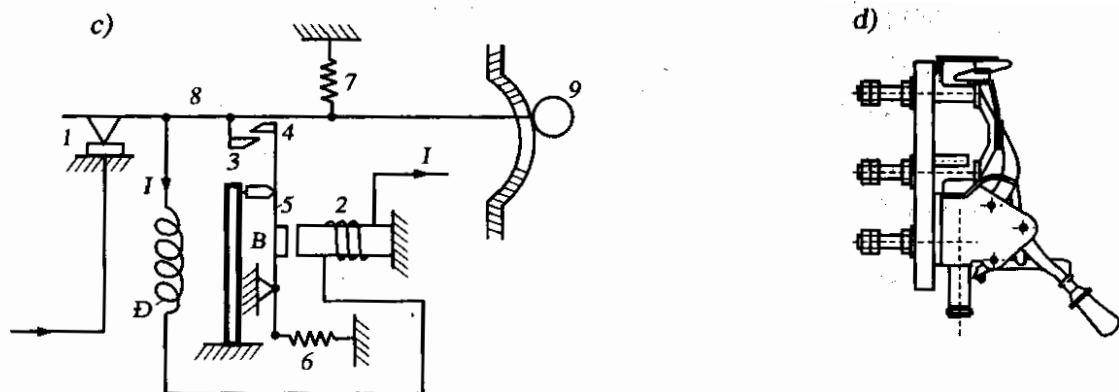
a) Cấu tạo, nguyên lí làm việc và phân loại aptômát

Tuỳ theo mục đích, aptômát được phân làm nhiều loại: aptômát dòng điện cực đại, aptômát dòng điện cực tiểu, aptômát điện áp thấp, aptômát công suất ngược v.v... Trong chương này chúng ta chỉ đề cập đến loại aptômát dòng điện cực đại. Loại aptômát này được dùng phổ biến nhất để bảo vệ mạng điện từ quá tải và ngắn mạch. Sơ đồ nguyên lí của aptômát này với các loại phần tử tháo móc khác nhau được trình bày trên hình 2-12.

Các bộ phận chính của aptômát này là tiếp điểm chính (1); phần tử tháo móc (2), các móc (3) và (4), cần (5) và (8), các lò xo phản kháng (6), (7) và cần đóng (9).



Hình 2-12 (a, b)



Hình 2-12 (c, d)

Aptomat thường được đóng bằng tay bởi cần đóng (9). Ở trạng thái đóng, tiếp điểm chính (1) được khép kín và các móc (3) và (4) được móc vào nhau để duy trì trạng thái đóng.

Phần tử tháo móc (2) dùng để tháo móc (3) và (4) rời nhau ra khi mạch điện có sự cố. Ví dụ với phần tử tháo móc điện từ (hình 2-12a) cần (5) chịu tác dụng của 2 lực tác dụng ngược chiều nhau: lực hút F_h của cuộn dây hút (2) và lực kéo F_K của lò xo (6).

Khi mạch điện bị ngắn mạch, dòng điện ngắn mạch qua cuộn dây hút (2) sẽ rất lớn. Điều đó làm lực hút F_h lớn hơn lực kéo F_K và cần (5) bị kéo sang phải và móc (4) nhả móc (3) ra. Trong trường hợp đó lò xo (7) sẽ kéo cần (8) và tiếp điểm chính (1) lên, mạch điện được cắt.

Tuỳ theo nguyên tắc làm việc, phần tử tháo móc được chia làm 3 loại: phần tử tháo móc điện từ, phần tử tháo móc nhiệt và phần tử tháo móc tổng hợp.

Hình 2-12a là sơ đồ nguyên lý của aptomat dùng phần tử tháo móc điện từ và nguyên tắc làm việc của nó đã được nói trước đây.

Phần tử tháo móc điện từ có thể khởi động ngay khi có dòng điện ngắn mạch đi qua cuộn dây hút (2). Do đó với phần tử tháo móc điện từ, aptomat có thể cắt ngay mạch điện khi xảy ra ngắn mạch.

Hình 2-12b là sơ đồ nguyên lý của aptomat dùng phần tử tháo móc nhiệt.

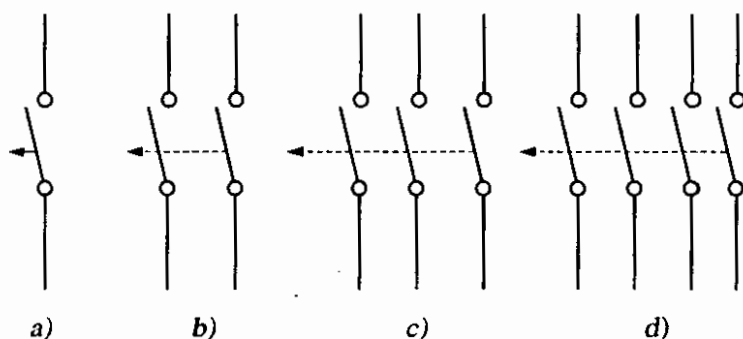
Phần tử tháo móc nhiệt (2) là một rơ le nhiệt. Khi mạng điện xảy ra sự cố, dòng điện trong cuộn dây đốt nóng Đ của rơ le sẽ đốt nóng nhanh chóng băng kép B. Băng kép B cong lên đập vào cần (5). Điều đó làm cần (5) xoay cùng chiều kim đồng hồ và móc (4) thả móc (3) ra, dưới tác dụng của lò xo (7), tiếp điểm (1) được kéo lên và mạch điện được cắt.

Aptomat với phần tử tháo móc nhiệt không cắt ngay mạch điện khi xảy ra sự cố, bởi vì rơ le nhiệt luôn cần thời gian để đốt nóng băng kép B.

Ví lí do đó aptomat với phần tử tháo móc nhiệt chỉ bảo vệ được mạng điện từ quá tải mà không bảo vệ được mạng điện từ ngắn mạch.

Phần tử tháo móc tổng hợp chứa cả phần tử tháo móc điện từ và phần tử tháo móc nhiệt. Hình 2-12c là sơ đồ nguyên lý của aptômat với phần tử tháo móc tổng hợp. Phần tử tháo móc nhiệt sẽ cắt mạch điện sau một thời gian quá tải. Còn phần tử tháo móc điện từ sẽ cắt ngay mạch điện khi xảy ra ngắn mạch. Hình 2-12d, là dạng bên ngoài của aptômat.

Tuỳ theo số cực của aptômat người ta phân loại: aptômat 1 cực, aptômat 2 cực, aptômat 3 cực và aptômat 4 cực. Hình 2-13 là sơ đồ kí hiệu của các loại aptômat này trong sơ đồ nhiều dây.



Hình 2-13

Aptômat 1 cực (hình 2-13a) và aptômat 2 cực (hình 2-13b) được dùng trong mạng điện 1 pha; còn aptômat 3 cực (hình 2-13c) và aptômat 4 cực (hình 2-13d) được dùng trong mạng điện 3 pha.

Tuỳ theo khả năng điều chỉnh dòng điện khởi động aptômat được phân làm 2 loại: Aptômat với dòng điện khởi động cố định và aptômat với dòng điện khởi động có thể điều chỉnh.

Trong loại thứ 2 này aptômat được trang bị các cơ cấu để điều chỉnh dòng điện khởi động trong khi lắp điện và trong quá trình vận hành.

b) Các thông số và đặc tính cơ bản của aptômat

Mỗi aptômat có 6 thông số cơ bản: điện áp định mức, dòng điện định mức của aptômat, dòng điện định mức của phần tử tháo móc, dòng điện khởi động, dòng điện cắt tức thời và năng lượng cắt.

Điện áp định mức của aptômat là điện áp lớn nhất cho phép đặt vào aptômat lâu dài.

Dòng điện định mức của aptômat là dòng điện lớn nhất có thể đi qua lâu dài các bộ phận của aptômat mà không làm bộ phận nào bị đốt nóng quá nhiệt độ cho phép.

Dòng điện định mức của phần tử tháo móc là dòng điện lớn nhất cho phép đi qua lâu dài phần tử tháo móc.

Dòng điện khởi động là dòng điện nhỏ nhất đi qua aptômat có thể làm khởi động phần tử tháo móc và làm aptômat cắt điện.

Dòng điện cắt tức thời là dòng điện làm khởi động tức thời phần tử tháo móc điện từ và cắt tức thời aptomat. Năng lực cắt là dòng điện ngắn mạch lớn nhất mà aptomat có thể cắt một cách an toàn.

Mỗi aptomat có thể chứa một trong vài phần tử tháo móc có dòng điện định mức không vượt quá dòng điện định mức của aptomat.

Dòng điện khởi động và dòng điện cắt tức thời được "chỉnh định" hoặc được "đặt" đối với mỗi aptomat bởi nhà chế tạo.

Chỉnh định hoặc đặt dòng điện khởi động là tác động vào hệ thống cơ khí của aptomat để phần tử tháo móc của nó khởi động khi dòng điện qua aptomat vượt quá trị số dòng điện này.

Tuỳ thuộc vào loại aptomat, trị số dòng điện khởi động có thể điều chỉnh được hoặc không thể điều chỉnh được trong quá trình lắp và vận hành.

Trên bảng 2.9 trình bày các thông số của một số loại aptomat Nga với dòng điện khởi động không điều chỉnh được.

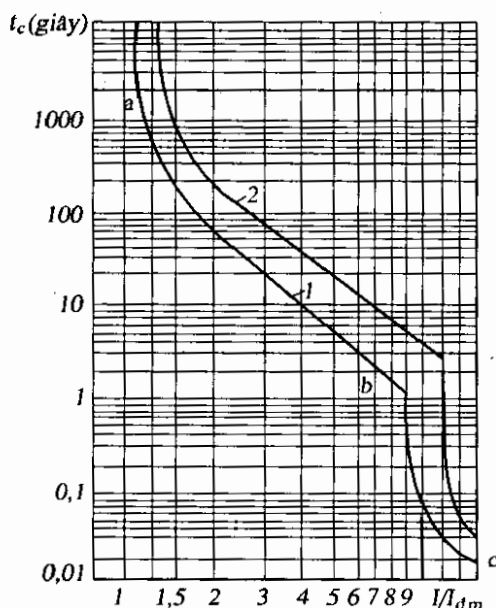
Đặc tính cơ bản của aptomat là đặc tính bảo vệ. Đó là đường biểu diễn quan hệ giữa thời gian cắt t_c kể từ khi bắt đầu có dòng điện sự cố qua aptomat đến khi aptomat cắt điện và bội số của dòng điện sự cố so với dòng điện định mức của phần tử tháo móc I/I_{dm} . Các đường cong hình 2-14 là đặc tính bảo vệ của 1 aptomat với phần tử tháo móc tổng hợp.

Bảng 2.9. Các thông số của một số loại aptomat Nga với dòng điện khởi động không điều chỉnh được

Loại aptomat	Dòng điện định mức của aptomat (A)	Điện áp định mức (V)	Số cực	Kiểu phần tử tháo móc	Dòng điện định mức của phần tử tháo móc nhiệt I_{dm} (A)	Dòng điện cắt tức thời (A)	Dòng điện khởi động của phần tử tháo móc nhiệt (A)
A3161	50	220	1	nhiệt	15, 20, 25		$1,3 I_{dm}$
A3163	50	380	3 hoặc 2		30, 40, 50		
A3110	100	500	3 hoặc 2	Tổng hợp	Tổng hợp 15, 20, 25 30, 40, 50 60, 80, 100	$10 I_{dm}$	$1,45 I_{dm}$
A3130	200	500	3 hoặc 2	Tổng hợp	120; 140; 170; 200	$7 I_{dm}$	$1,45 I_{dm}$
A3140	600	500	3 hoặc 2	Tổng hợp	250; 300; 350; 400; 500; 600	$7 I_{dm}$	$1,45 I_{dm}$

Trong aptômat này người ta chỉnh định phần tử tháo móc điện từ để có dòng điện cắt tức thời I_C bằng 12 lần dòng điện định mức I_{dm} của phần tử tháo móc nhiệt.

Khi dòng điện sự cố qua aptômat $I < 0,8I_C \approx 10I_{dm}$ phần tử tháo móc điện từ không tác động và do đó aptômat chỉ được cắt bởi phần tử tháo móc nhiệt và đặc tính bảo vệ có dạng như đoạn ab của đường cong 1 hình 2-14. Dòng điện sự cố I qua aptômat càng lớn hơn I_{dm} thì thời gian cắt t_c càng bé. Khi dòng điện sự cố I qua aptômat vượt quá $10I_{dm}$, phần tử tháo móc điện từ bắt đầu khởi động nhanh chóng, khi I vượt quá $12I_{dm}$ phần tử tháo móc điện từ khởi động và cắt aptômat hầu như tức thời (t_c chỉ bằng 0,4 giây) và đặc tính bảo vệ của phần tử tháo móc điện từ như đoạn bc đường cong 1 hình 2-14. Cũng như ở cầu chì, để đối tượng (dây dẫn và các thiết bị điện của mạng điện được bảo vệ) được bảo vệ an toàn, đường đặc tính bảo vệ của aptômat phải nằm dưới đặc tính bảo vệ của đối tượng. Điều đó có nghĩa là aptômat phải cắt dòng điện sự cố trước khi đối tượng bị phá hỏng bởi dòng điện này.



Hình 2-14

c) Chọn aptômat

Aptômat được đặt ở đầu mỗi đường dây chính và đường dây phân nhánh. Mỗi cực của aptômat được nối vào 1 dây pha của đường dây.

Chọn aptômat là chọn loại aptômat, điện áp định mức và dòng điện định mức của aptômat, dòng điện định mức và dòng điện khởi động của phần tử tháo móc. Để bảo vệ mạng điện từ ngắn mạch người ta dùng aptômat với phần tử tháo móc điện từ. Để bảo vệ mạng điện từ quá tải người ta dùng aptômat với phần tử tháo móc nhiệt. Còn aptômat với phần tử tháo móc tổng hợp có thể bảo vệ mạng điện cả ngắn mạch và quá tải.

Điện áp định mức của aptômat U_{dm} được chọn theo điều kiện:

$$U_{dm} \geq U_{mg}$$

Trong đó: U_{mg} - điện áp định mức của mạng điện được bảo vệ bởi aptômat.

Ví dụ để bảo vệ mạng điện 3 pha điện áp 380/220V người ta dùng aptômat 3 cực với điện áp định mức $U_{dm} \geq 380V$; còn để bảo vệ mạng điện 1 pha điện áp 220V người ta dùng aptômat 1 cực hoặc 2 cực với điện áp định mức $U_{dm} \geq 220V$.

Dòng điện định mức I_{dm} của phần tử tháo móc nhiệt hoặc phần tử tháo móc điện từ được chọn như sau:

Đối với đường dây cấp điện cho phụ tải chiếu sáng và sinh hoạt, dòng điện định mức I_{dm} của phần tử tháo móc được chọn theo điều kiện.

$$I_{dm} \geq I_{pt} \text{ hoặc } I_{dmmin} = I_{pt}$$

Trong đó: I_{pt} - dòng điện phụ tải của đường dây được đặt aptomat (A);

Dòng điện I_{pt} này được xác định giống như khi chọn tiết diện dây dẫn.

Đối với đường dây cấp điện cho 1 phụ tải động lực, dòng điện định mức I_{dm} của phần tử tháo móc được lựa chọn theo điều kiện:

$$I_{dm} \geq 1,25 I_{dl} \text{ hoặc } I_{dmmin} = 1,25 I_{dl}$$

Trong đó: I_{dl} - dòng điện định mức của phụ tải động lực.

Ví dụ nếu phụ tải động lực là một động cơ điện 3 pha thì I_{dl} được xác định theo công thức:

$$I_{dl} = \frac{1000 P_{dm}}{\sqrt{3} U_d \eta \cos \varphi}$$

Trong đó: P_{dm} - công suất định mức của động cơ (KW);

U_d - điện áp dây của mạng điện (V);

η và $\cos \varphi$ - hiệu suất và hệ số công suất của động cơ ở chế độ định mức;

I_{dl} tính theo Ampe.

Đối với đường dây cấp điện cho nhiều phụ tải động lực hoặc đường dây cấp điện chung cho nhiều phụ tải động lực, chiếu sáng và sinh hoạt, dòng điện định mức I_{dm} của phần tử tháo móc được chọn theo điều kiện.

$$I_{dm} \geq 1,1 I_{pt} \text{ hoặc } I_{dmmin} = 1,1 I_{pt}$$

Trong đó: I_{pt} - dòng điện phụ tải của đường dây (A).

Khi biết dòng điện định mức tối thiểu I_{dmmin} của phần tử tháo móc ta tra một trong các bảng thông số của các loại aptomat (ví dụ bảng 2.9) để chọn aptomat với phần tử tháo móc có dòng điện định mức tiêu chuẩn lớn hơn và gần I_{dmmin} nhất.

Cũng từ bảng này ta sẽ biết dòng điện định mức của aptomat được chọn, dòng điện khởi động của phần tử tháo móc nhiệt và dòng điện cắt tức thời của phần tử tháo móc điện từ.

Để đảm bảo aptomat không cắt điện khi mở máy động cơ có dòng điện mở máy lớn, dòng điện cắt tức thời của phần tử tháo móc điện từ I_{Kd} phải kiểm tra theo điều kiện:

$$I_{Kd} \geq 1,2 I_{mở} \text{ đối với đường dây cấp điện cho 1 động cơ.}$$

Còn đối với đường dây cung cấp cho nhiều phụ tải động lực hoặc cấp điện chung cho phụ tải động lực, chiếu sáng và sinh hoạt, I_{Kd} của phân tử tháo móc điện từ phải kiểm tra theo điều kiện:

$$I_{Kd} \geq 1,2 (I_{mởmax} + I'_{pt})$$

Trong đó: $I_{mở}$ - dòng điện mở máy của động cơ (A);

$I_{mởmax}$ - dòng điện mở máy lớn nhất của 1 động cơ trong nhóm phụ tải động lực (A);

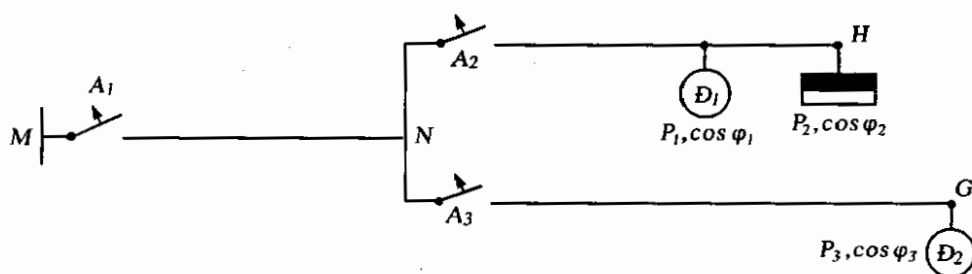
I'_{pt} - dòng điện phụ tải của đường dây khi vắng động cơ có dòng điện mở máy lớn nhất (A).

Cuối cùng để bảo đảm aptômat cắt tin cậy dòng điện ngắn mạch, dòng điện cắt tức thời của phân tử tháo móc điện từ I_{Kd} phải kiểm tra theo điều kiện:

$$I_{Kd} \leq 0,67 I_{nm}$$

Trong đó I_{nm} là dòng điện ngắn mạch được xác định giống như khi chọn cầu chì.

Ví dụ 2.5. Tính chọn các aptômat A_1, A_2, A_3 của 1 mạng điện 3 pha 380/220V được bảo vệ bằng aptômat như hình 2-15.



Hình 2-15

Đoạn NH là đường dây 3 pha 4 dây thực hiện bằng cáp 4 lõi đồng ($3 \times 4mm^2 + 1 \times 2,5mm^2$) dài $L_2 = 50m$ cấp điện cho 2 phụ tải: 1 động cơ điện 3 pha Δ_1 với công suất $P_1 = 4,5KW$ và ở chế độ định mức hiệu suất $\eta_1 = 0,845$, hệ số công suất $\cos\varphi_1 = 0,8$, bội số dòng điện mở máy $I_{mở}/I_{dm} = 5,5$ và một phụ tải chiếu sáng và sinh hoạt với công suất $P_2 = 8KW$ và hệ số công suất $\cos\varphi_2 = 0,85$.

Đoạn NG là đường dây 3 pha 3 dây thực hiện bằng cáp 3 lõi đồng ($3 \times 2,5mm^2$) dài $L_3 = 60m$ cấp điện cho 1 động cơ điện 3 pha Δ_2 có công suất $P_3 = 5,8 KW$ và ở chế độ định mức có hiệu suất $\eta_3 = 0,856$, hệ số công suất $\cos\varphi_3 = 0,86$ và bội số dòng điện mở máy $I_{mở}/I_{dm} = 6$.

Đoạn MN là đường dây 3 pha 4 dây thực hiện bằng cáp 4 lõi đồng ($3 \times 6mm^2 + 1 \times 4mm^2$) dài $L_1 = 40m$.

Giải: Công suất điện định mức của động cơ Đ₁ là

$$P_{1d} = \frac{P_1}{\eta_1} = \frac{4,5}{0,845} = 5,32 \text{ kW}$$

với $\cos\varphi_1 = 0,8$ ta có $\tan\varphi_1 = 0,75$ và công suất phản kháng

$$Q_1 = P_{1d} \tan\varphi_1 = 5,32 \times 0,75 = 3,99 \text{ KVAR}$$

với $\cos\varphi_2 = 0,85$ ta có $\tan\varphi_2 = 0,62$ và $Q_2 = P_2 \tan\varphi_2 = 8 \times 0,62 = 4,96 \text{ KVAR}$

Công suất toàn phần của đường dây NH sẽ là

$$S_{d2} = \sqrt{(P_{1d} + P_2)^2 + (Q_1 + Q_2)^2} = \sqrt{(5,32 + 8)^2 + (3,99 + 4,96)^2} = 16,05 \text{ kVA}$$

Dòng điện phụ tải của đường dây NH sẽ là:

$$I_{pt2} = \frac{1000 S_{d2}}{\sqrt{3} \times U_d} = \frac{1000 \times 16,05}{\sqrt{3} \times 380} = 24,41 \text{ A}$$

Dòng điện định mức của phần tử tháo móc I_{dm2} của aptomat A₂ được chọn theo điều kiện:

$$I_{dm2} \geq 1,1 I_{pt} = 1,1 \times 24,41 = 26,85 \text{ A}$$

Tra bảng 2.9, ta chọn A₂ là aptomat 3 cực loại A3110 với phần tử tháo móc tổng hợp và với dòng điện định mức của phần tử tháo móc nhiệt $I_{dm2} = 30\text{A}$ cũng từ bảng này ta có dòng điện định mức của aptomat được chọn là 100A, dòng điện cắt tức thời của nó là $I_{kd2} = 10 I_{dm2} = 10 \times 30 = 300\text{A}$.

Dòng điện định mức của động cơ Đ₂ sẽ là

$$I_{d3} = \frac{1000 P_3}{\sqrt{3} U_d \eta_3 \cos\varphi_3} = \frac{1000 \times 5,8}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,856 \times 0,86} = 11,98\text{A}$$

Dòng điện định mức của phần tử tháo móc I_{dm3} của aptomat A₃ được lựa chọn theo điều kiện

$$I_{d3} \geq 1,25 I_{d3} = 1,25 \times 11,98 = 15\text{A}$$

Tra bảng 2.9 ta chọn A₃ là aptomat 3 cực loại A3110 với phần tử tháo móc tổng hợp và với dòng điện định mức của phần tử tháo móc nhiệt $I_{dm3} = 20\text{A}$, cũng từ bảng này ta có dòng điện định mức của aptomat được chọn là 100A và dòng điện cắt tức thời của nó là $I_{kd3} = 10 I_{dm3} = 10 \times 20 = 200\text{A}$.

Công suất định mức của động cơ Đ₂ sẽ là:

$$P_{3d} = \frac{P_3}{\eta_3} = \frac{5,8}{0,856} = 6,77 \text{ kW}$$

với $\cos\varphi_3 = 0,86$ ta có $\tan\varphi_3 = 0,59$ và $Q_3 = P_{3d} \tan\varphi_3 = 6,77 \times 0,59 = 3,99 \text{ KVAR}$

Công suất toàn phần trên đường dây MN sẽ là:

$$S_{dl} = \sqrt{(P_{ld} + P_2 + P_{3d})^2 + (Q_1 + Q_2 + Q_3)^2}$$

$$= \sqrt{(5,32 + 8 + 6,77)^2 + (3,99 + 4,96 + 3,99)^2} = 23,9 \text{ kVA}$$

Dòng điện phụ tải của đoạn đường dây MN sẽ là

$$I_{pt1} = \frac{1000 S_{dl}}{\sqrt{3} U_d} = \frac{1000 \times 23,9}{\sqrt{3} \times 380} = 36,35 \text{ A}$$

Dòng điện định mức của phần tử tháo móc I_{dm1} của aptomat A_1 được chọn theo điều kiện:

$$I_{dm1} \geq 1,1 I_{pt1} = 1,1 \times 36,35 = 40 \text{ A}$$

Tra bảng 2.9 ta chọn A_1 là aptomat 3 cực loại A3110 với phần tử tháo móc tổng hợp và với dòng điện định mức của phần tử tháo móc nhiệt bằng 40A.

Cũng từ bảng này ta có dòng điện định mức của aptomat được chọn là 100A và dòng điện cắt tức thời của nó là $I_{Kd1} = 10 I_{dm1} = 10 \times 40 = 400 \text{ A}$.

Sau khi chọn được các aptomat A_1, A_2, A_3 ta phải kiểm tra dòng điện cắt tức thời $I_{Kd1}, I_{Kd2}, I_{Kd3}$ theo yêu cầu các aptomat không cắt khi mở máy động cơ và cắt tin cậy dòng điện ngắn mạch:

$$I_{Kd} \geq 1,2 I_{mở} \text{ hoặc } I_{Kd} \geq 1,2 (I_{mởmax} + I'_{pt}) \text{ và}$$

$$I_{Kd} \leq 0,67 I_{nm}$$

Đối với đường dây 3 pha 4 dây NH, ta có dòng điện định mức của động cơ D_1 là:

$$I_{dl1} = \frac{1000 \times P_1}{\sqrt{3} U_d \eta_1 \cos \varphi_1} = \frac{1000 \times 4,5}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,845 \times 0,8} = 10,12 \text{ A}$$

Dòng điện mở máy của động cơ D_1 là

$$I_{mở1} = 5,5 I_{dl1} = 5,5 \times 10,12 = 55,66 \text{ A}$$

$$I'_{pt} = \frac{1000 P_2}{\sqrt{3} U_d \cos \varphi_2} = \frac{1000 \times 8}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,85} = 14,31 \text{ A}$$

$$1,2(I_{mở1} + I'_{pt}) = 1,2(55,66 + 14,31) = 83,96 \text{ A}$$

Còn I_{nm} là dòng điện ngắn mạch 1 pha xác định theo công thức:

$$I_{nm} = \frac{U_f}{Z_o \cdot L_2}$$

Với dây cáp 4 lõi đồng ($3 \times 4\text{mm}^2 + 1 \times 2,5\text{mm}^2$) tra bảng 2.8 ta có $z_0 = 12,4 \times 10^{-3} \Omega/\text{m}$. Do đó

$$I_{nm} = \frac{220}{12,4 \times 10^{-3} \times 30} = 591\text{A}$$

$$0,67I_{nm} = 0,67 \times 591 = 396\text{A}$$

Dòng điện cắt tức thời của aptômat A_2 là $I_{Kd2} = 300\text{A}$ thỏa mãn điều kiện $83,96\text{A} \leq I_{Kd2} \leq 396\text{A}$.

Đối với đoạn đường dây 3 pha 3 dây NG ta có dòng điện mở máy của động cơ D_2 .

$$I_{m\phi 3} = 6I_{d\phi 3} = 6 \times 11,98 = 71,86\text{A}$$

$$1,2I_{m\phi 3} = 1,2 \times 71,86 = 86,25\text{A}$$

Còn I_{nm} là dòng điện ngắn mạch 2 pha xác định theo công thức

$$I_{nm} = \frac{U_d}{z_0 L_3}$$

Với dây cáp 3 lõi đồng ($3 \times 2,5\text{mm}^2$) tra bảng 2.8 ta có $z_0 = 15 \times 10^{-3} \Omega/\text{m}$. Do đó

$$I_{nm} = \frac{380}{15 \times 10^{-3} \times 50} = 506\text{A}$$

$$0,67I_{nm} = 0,67 \times 506 = 339\text{A}$$

Dòng điện cắt tức thời của aptômat A_3 là $I_{Kd3} = 200\text{A}$ thỏa mãn điều kiện $86,25\text{A} \leq I_{Kd3} \leq 339\text{A}$

Đối với đoạn đường dây 3 pha 4 dây MN ta có

$$I_{m\phi \max} = I_{m\phi 3} = 71,86\text{A}$$

$$I'_{pt} = I_{pt2} = 24,41\text{A}$$

$$1,2(I_{m\phi \max} + I'_{pt}) = 1,2(71,86 + 24,41) = 115,52\text{A}$$

Còn I_{nm} là dòng điện ngắn mạch 1 pha xác định theo công thức:

$$I_{nm} = \frac{U_f}{z_0 L_1}$$

Với cáp 4 lõi đồng ($3 \times 6\text{mm}^2 + 1 \times 4\text{mm}^2$) tra bảng 2.8 ta có $z_0 = 7,9 \times 10^{-3} \Omega/\text{m}$. Do đó

$$I_{nm} = \frac{220}{7,9 \times 10^{-3} \times 40} = 696\text{A}$$

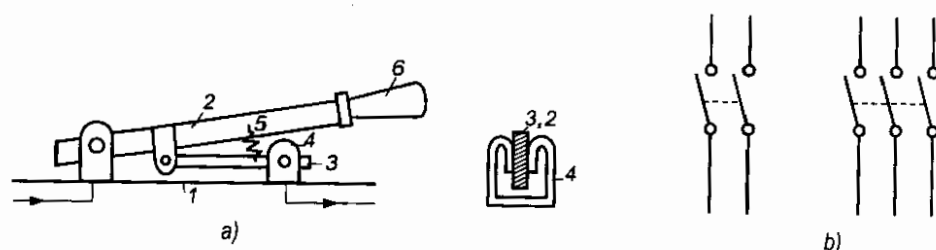
$$0,67I_{nm} = 0,67 \times 696 = 466\text{A}$$

Dòng điện cắt tức thời của aptômat A_1 là $I_{Kd1} = 400\text{A}$ thỏa mãn điều kiện $115,52\text{A} \leq I_{Kd1} \leq 466\text{A}$.

6. Cầu dao

Cầu dao dùng để đóng cắt bằng tay các mạch điện trong mạng điện hạ áp.

Người ta chế tạo nhiều loại cầu dao. Trên hình 2-16a là sơ đồ cấu tạo của 1 loại cầu dao cắt nhanh.



Hình 2-16

Cầu dao này gồm một đế cách điện 1, trên đó người ta lắp lưỡi dao chính 2, lưỡi dao phụ 3, má kẹp 4, lò xo 5 và tay nắm cách điện 6. Khi cắt cầu dao, lưỡi dao chính và phụ rời khỏi má kẹp và giữa lưỡi dao và má kẹp sẽ xuất hiện 1 hồ quang điện. Một trong các biện pháp để dập tắt hồ quang nhanh chóng là tăng tốc độ rời giữa lưỡi dao và má kẹp. Muốn vậy người ta dùng lưỡi dao phụ 3 và lò xo 5. Khi cắt cầu dao, lưỡi dao chính 2 rời khỏi má kẹp trước và kéo căng lò xo 5, dòng điện vẫn chưa bị ngắt vì lưỡi dao phụ 3 vẫn nằm trong má kẹp 4. Chỉ khi lò xo 5 bị căng đến mức nào đó, nó sẽ lôi nhanh lưỡi dao phụ ra khỏi má kẹp. Hồ quang xuất hiện nhưng tắt rất nhanh.

Tùy theo số cực cầu dao được phân loại: cầu dao 1 cực, cầu dao 2 cực, cầu dao 3 cực... Trên hình 2-16b là sơ đồ ký hiệu của cầu dao 2 cực và cầu dao 3 cực.

Cầu dao có thể đặt hở (không có hộp bảo vệ) hoặc đặt trong một hộp bảo vệ bằng chất cách điện. Hộp bảo vệ dùng để ngăn cách phần dẫn điện của cầu dao và hồ quang điện với môi trường xung quanh.

Các thông số chính của cầu dao là dòng điện định mức I_{dm} và điện áp định mức U_{dm} .

Cầu dao được lựa chọn theo các điều kiện:

$$I_{dm} \geq I_{pt} \text{ và } U_{dm} \geq U_{mạng}$$

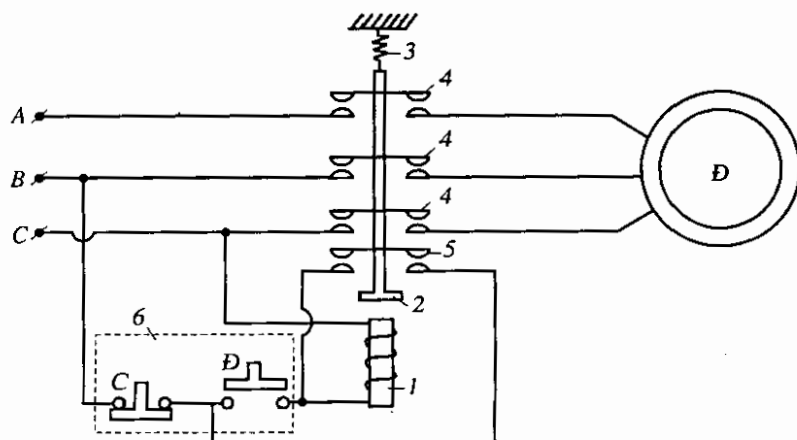
Trong đó: I_{pt} - dòng điện phụ tải qua cầu dao (A). Nó được xác định như khi chọn tiết diện dây dẫn;

$U_{mạng}$ - điện áp định mức của mạng điện điều khiển bằng cầu dao (V).

7. Công tắc tơ và khởi động từ

Công tắc tơ dùng để đóng cắt từ xa các mạch động lực có điện áp không vượt quá 500V.

Hình 2-17 là sơ đồ nguyên lí của 1 công tắc tơ.



Hình 2-17

Các bộ phận cơ bản của công tắc tơ là cuộn dây hút 1, tấm sắt 2, lò xo 3, các tiếp điểm chính 4, tiếp điểm phụ 5 và hộp nút 6.

Khi chưa đóng công tắc tơ các tiếp điểm chính và phụ đều ở trạng thái hở (tiếp điểm thường hở). Để đóng công tắc tơ ta chỉ cần ấn nút Đ của hộp nút, nút Đ khép kín mạch điện cung cấp cho cuộn dây hút 1, cuộn dây hút có điện sẽ hút tấm thép 2 và khép kín các tiếp điểm chính và phụ. Mạch điện động lực cấp điện cho động cơ được đóng và động cơ được khởi động.

Sau khi công tắc tơ đã đóng, nếu ta thả nút Đ ra, cuộn dây hút 1 vẫn không mất điện. Đó là nhờ tiếp điểm phụ 5 đã nối tắt nút Đ. Tiếp điểm phụ 5 còn gọi là tiếp điểm tự giữ (giữ công tắc tơ ở trạng thái đóng).

Để cắt công tắc tơ ta chỉ cần ấn nút C của hộp nút. Khi ấn nút C mạch điện cung cấp cho cuộn dây hút 1 sẽ hở, cuộn dây hút 1 mất điện, dưới tác dụng của lò xo 3 các tiếp điểm chính và phụ được kéo lên, mạch động lực hở mạch và động cơ được cắt điện.

Trong công tắc tơ cuộn dây hút có thể được cấp điện một chiều điện áp 110V hoặc 220V hoặc được cấp điện xoay chiều điện áp 127V, hoặc 220V hoặc 380V.

Các thông số cơ bản của công tắc tơ là điện áp định mức U_{dm} , dòng điện định mức I_{dm} .

Điện áp định mức U_{dm} là điện áp lớn nhất cho phép đặt vào công tắc tơ lâu dài còn dòng điện định mức I_{dm} là dòng điện lớn nhất cho phép đi qua lâu dài hệ thống tiếp điểm và các phần dẫn điện của công tắc tơ trong mạch động lực. Điện áp U_{dm} và dòng điện I_{dm} này không liên quan đến điện áp và dòng điện cung cấp cho cuộn dây hút của công tắc tơ.

Công tắc tơ phải được chọn theo 2 điều kiện:

$$U_{dm} \geq U_{mg} \text{ và}$$

$$I_{dm} \geq I_{pt}$$

Trong đó:

U_{mg} - điện áp định mức của mạch điện động lực được điều khiển bởi công tắc tơ (V);

I_{pt} - dòng điện phụ tải của mạch động lực được điều khiển bằng công tắc tơ (A).

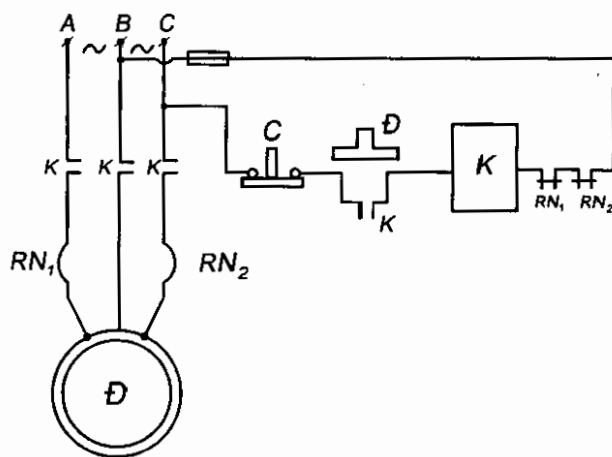
Khởi động từ là sự kết hợp của công tắc tơ và rơ le nhiệt trong một vỏ chung. Trong đó công tắc tơ dùng để điều khiển từ xa mạch điện động lực còn rơ le nhiệt dùng bảo vệ mạch động lực từ quá tải.

Người ta chế tạo 2 loại khởi động từ: khởi động từ đơn và khởi động từ kép.

Trong khởi động từ đơn chứa 1 công tắc tơ và 2 rơ le nhiệt, nó thường dùng để điều khiển các động cơ không đổi chiều quay.

Còn trong khởi động từ kép chứa 2 công tắc tơ và 2 rơ le nhiệt, nó thường được dùng để điều khiển, bảo vệ và đổi chiều quay động cơ điện.

Hình 2-18 là sơ đồ khai triển của một động cơ điều khiển bằng một khởi động từ đơn.



Hình 2-18

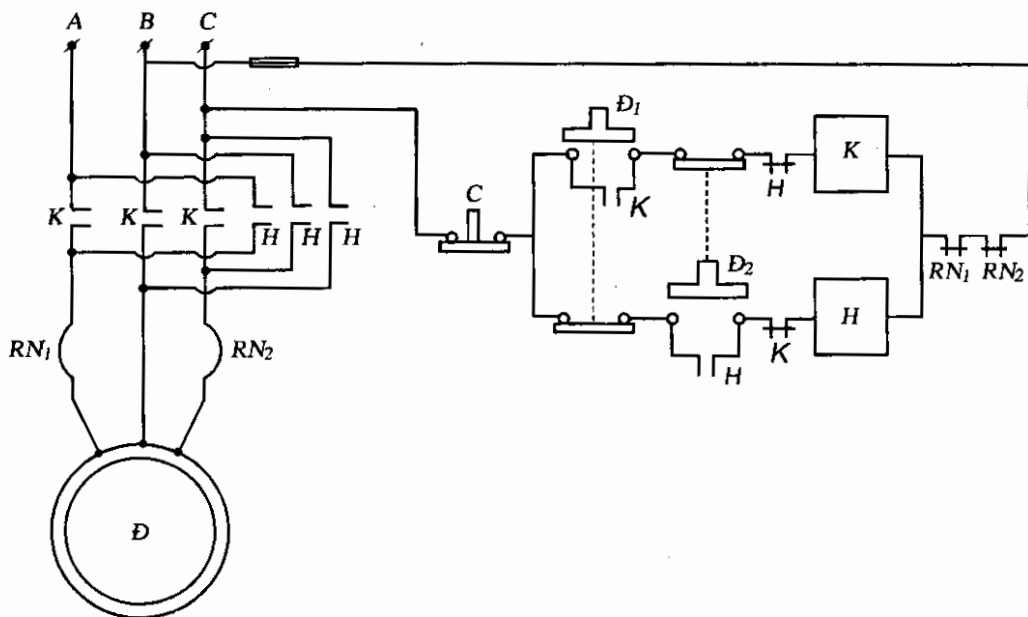
Trong sơ đồ này người ta phân biệt 2 loại mạch: mạch động lực và mạch điều khiển.

Mạch động lực là mạch cung cấp điện cho động cơ, nó gồm động cơ điện Đ, 2 phần tử đốt nóng của 2 rơ le nhiệt RN_1 , RN_2 và các tiếp điểm chính của công tắc tơ K, còn mạch điều khiển dùng để điều khiển động cơ điện, nó gồm cuộn dây hút của công tắc tơ K, tiếp điểm phụ K của công tắc tơ, các nút Đ và C và các tiếp điểm thường kín của 2 rơ le nhiệt RN_1 , RN_2 .

Để đóng động cơ điện ta chỉ cần ấn nút Đ. Khi đó cuộn dây hút K của công tắc tơ có điện, nó sẽ khép kín các tiếp điểm chính K của nó trong mạch động lực và động cơ được đóng điện. Đồng thời tiếp điểm phụ K của công tắc tơ cũng khép kín lại nối tắt nút Đ. Do đó khi thả nút Đ ra, mạch điều khiển vẫn không mất điện và động cơ vẫn được đóng.

Để cắt điện động cơ điện ta chỉ cần ấn nút C, mạch điều khiển mất điện, các tiếp điểm chính K của công tắc tơ hở ra, động cơ được cắt điện. Ngoài ra khi quá tải, dòng điện qua phân tử đốt nóng của rơ le nhiệt RN_1 và RN_2 lớn hơn nhiều dòng điện định mức của nó. Khi đó rơ le nhiệt khởi động các tiếp điểm của nó RN_1 và RN_2 trong mạch điều khiển hở ra, mạch điều khiển mất điện, các tiếp điểm chính K của công tắc tơ trong mạch động lực hở ra, động cơ được cắt điện.

Hình 2-19 là sơ đồ khai triển của một động cơ điện không đồng bộ được điều khiển bằng một khởi động từ kép.



Hình 2-19

Trong sơ đồ này công tắc tơ K dùng để điều khiển động cơ quay theo chiều thuận, còn công tắc tơ H dùng để điều khiển động cơ quay theo chiều ngược.

Để đóng động cơ quay theo chiều thuận ta chỉ cần ấn nút Đ₁. Lúc đó cuộn dây hút K có điện; các tiếp điểm chính K khép kín lại, động cơ Đ được nối điện theo thứ tự pha ABC và quay theo chiều thuận; còn để đóng động cơ theo chiều ngược ta chỉ cần ấn nút Đ₂. Lúc đó cuộn dây hút H có điện, các tiếp điểm chính H khép lại, động cơ Đ được nối điện theo thứ tự pha ACB và quay theo chiều ngược.

Để đề phòng mạch động lực bị ngắn mạch do 2 công tắc tơ K và H được đóng đồng thời các công tắc tơ K và H phải có các tiếp điểm phụ thường kín liên động K và H. Tiếp

điểm thường kín liên động K nằm trong mạch điều khiển của công tắc tơ H. Khi công tắc tơ K đóng, tiếp điểm thường kín K này hở ra. Điều đó loại trừ khả năng đóng công tắc tơ H.

Cũng như vậy tiếp điểm thường kín liên động H nằm trong mạch điều khiển của công tắc tơ K. Khi công tắc tơ H đóng, tiếp điểm thường kín H này hở ra. Điều đó loại trừ khả năng đóng công tắc tơ K.

Ngoài ra để loại trừ khả năng đóng đồng thời 2 công tắc tơ K và H, người ta còn làm các nút liên động. Khi ấn nút Đ_1 , mạch điều khiển công tắc tơ K khép kín, còn mạch điều khiển công tắc tơ H hở ra. Khi ấn nút Đ_2 mạch điều khiển công tắc tơ K hở ra, còn mạch điều khiển công tắc tơ H khép kín lại. Để cắt điện động cơ điện ta chỉ cần ấn nút C, ngoài ra khi động cơ quá tải, các rơ le nhiệt RN_1 , RN_2 khởi động, các tiếp điểm thường kín của nó trong mạch điều khiển hở ra, động cơ được cắt điện.

Chương III

CHIẾU SÁNG ĐIỆN CHO NHÀ Ở

VÀ CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG CÔNG CỘNG

§3.1. TÍNH TOÁN CHIẾU SÁNG

1. Khái niệm về ánh sáng

Ánh sáng là 1 dạng năng lượng có tính chất sóng, những ánh sáng ta trông thấy được có bước sóng từ 380 đến 780 nanomet (nm) ($1\text{nm} = 10^{-9}$ mét). Các ánh sáng đơn sắc khác nhau có bước sóng λ khác nhau: ánh sáng màu vàng có $\lambda = 555\text{nm}$, ánh sáng màu tím có $\lambda = 380\text{nm}$, ánh sáng màu đỏ có $\lambda = 780\text{nm}$. Tổng hợp các ánh sáng đơn sắc ta được ánh sáng ban ngày. Để đặc trưng cho ánh sáng người ta dùng 4 đại lượng cơ bản: độ rõ tương đối v_λ , quang thông F, cường độ sáng I và độ rọi E.

Độ rõ tương đối v_λ chỉ mức độ cảm giác đối với màu sắc ánh sáng của mắt con người. Mắt người cảm giác tốt nhất đối với ánh sáng màu vàng. Do đó độ nhạy của mắt con người đối với ánh sáng màu vàng được lấy làm đơn vị độ rõ tương đối ($v_\lambda = 1$), còn v_λ đối với ánh sáng đơn sắc khác sẽ nhỏ hơn 1.

Quang thông F chỉ tác dụng của ánh sáng đối với mắt con người, nó là tích của độ rõ tương đối v_λ và công suất của ánh sáng p.

$$F = pv_\lambda$$

Đơn vị của quang thông là lumen (lm), nó là quang thông của một nguồn sáng đơn sắc có $v_\lambda = 1$ và $p = 1/683\text{W}$. Từ đó nếu p tính bằng W ta có:

$$F = 683pv_\lambda \text{ lm}$$

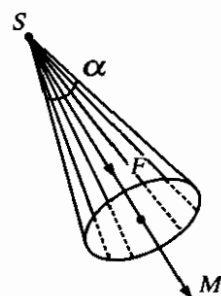
Cường độ sáng I là mật độ góc của quang thông. Giả thiết một nguồn sáng S như hình 3-1.

Ta có cường độ sáng I theo phương $\overline{SM}$ là

$$I = \frac{F}{\alpha}$$

Trong đó: α - góc không gian (góc khối) (Sr);

F - quang thông trong góc khối α (lm).



Hình 3-1

Đơn vị của cường độ sáng là Candela (cd), còn đơn vị của góc khối là steradian (Sr). Steradian là góc khối chắn một mặt phẳng có diện tích 1m^2 trên một mặt cầu bán kính 1m có tâm là đỉnh của góc.

$$1\text{cd} = \frac{1\text{lm}}{1\text{Sr}} = 0,995 \text{ nien quốc tế}$$

Độ rọi E là mật độ quang thông trên mặt được chiếu sáng

$$E = \frac{F}{S}$$

Trong đó: S - diện tích mặt được chiếu sáng (m^2);

F - quang thông trên mặt S (lm).

Đơn vị của độ rọi là lux (lx)

$$1\text{lx} = \frac{1\text{lm}}{1\text{m}^2}$$

2. Đèn điện

Đèn điện bao gồm nguồn sáng điện và chụp đèn

- Nguồn sáng điện là những phần tử biến đổi điện năng thành quang năng với hiệu suất cao.

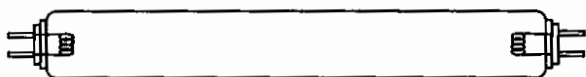
Trong thực tế ta thường gặp 2 loại nguồn sáng điện cơ bản là đèn nung sáng và đèn huỳnh quang.

Đèn nung sáng (hình 3-2) là 1 bóng thủy tinh gắn trên 1 đế đèn.

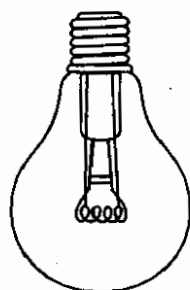
Trong bóng chứa khí trơ (acgông) hoặc chân không.

Bộ phận cơ bản của đèn là dây tóc làm bằng vonfram có điện trở lớn và nhiệt độ nóng chảy lớn. Khi dòng điện đi trong dây tóc này, dây tóc sẽ bị đốt nóng đến gần 3000° và phát ra ánh sáng.

Còn đèn huỳnh quang (hình 3-3) là 1 ống thủy tinh được rút hết không khí, chỉ chứa một ít khí trơ và vài giọt thủy ngân.



Hình 3-3



Hình 3-2

Mặt trong của ống có phủ 1 lớp huỳnh quang, còn 2 đầu của ống có 2 dây tóc làm bằng vonfram. Trên các dây tóc này được phủ 1 lớp ôxít dùng để phát xạ điện tử dễ hơn.

Khi dòng điện đi qua các dây tóc, các dây tóc sẽ bị đốt nóng và phát xạ điện tử, đồng thời xung quanh dây tóc nóng lên làm thủy ngân trong bóng bốc hơi. Tất cả điều đó tạo điều kiện tốt để phóng điện qua đèn. Khi điện áp giữa 2 đầu đèn đủ lớn sẽ xuất hiện phóng điện qua đèn. Trong quá trình phóng điện khí trơ và hơi thủy ngân sẽ bị ion hoá

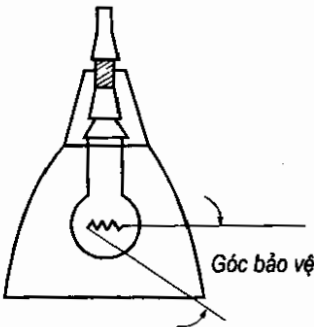
và phát ra bức xạ tử ngoại. Bức xạ tử ngoại đập vào lớp huỳnh quang ở mặt trong của ống và làm lớp huỳnh quang này phát sáng. Các thông số đặc trưng cho nguồn sáng điện là công suất định mức P_{dm} ; điện áp định mức U_{dm} , quang thông định mức F_{dm} , năng hiệu phát quang η và tuổi thọ của đèn. Năng hiệu phát quang của đèn là tỉ số giữa quang thông F đèn phát ra (lm) và công suất tiêu thụ P của đèn (W).

$$\eta = \frac{F}{P}$$

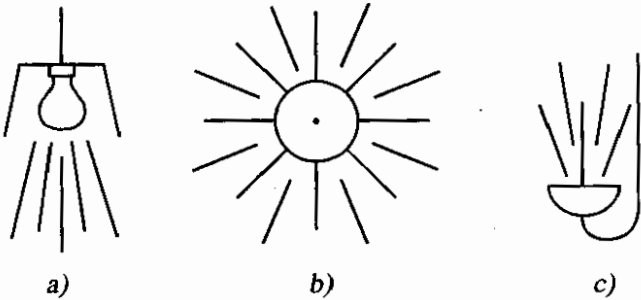
Điện áp định mức U_{dm} của đèn là điện áp tính toán của đèn khi thiết kế chế tạo, còn P_{dm} và F_{dm} là công suất tiêu thụ và quang thông phát ra của đèn khi điện áp đặt vào đèn bằng U_{dm} . Tuổi thọ của đèn là thời gian chiếu sáng tính theo giờ của đèn kể từ khi bắt đầu chiếu sáng đến khi đèn hỏng (không kể thời gian tắt đèn). So với đèn huỳnh quang đèn nung sáng có nhược điểm là năng hiệu phát quang thấp (từ $7 \div 22 \text{ lm/W}$), tuổi thọ của đèn nhỏ (1000 giờ) và rất nhạy cảm với sự thay đổi điện áp. Mặc dầu có các nhược điểm này các đèn nung sáng vẫn được dùng phổ biến do cấu tạo đơn giản, giá rẻ và hệ số công suất cao của nó ($\cos\varphi = 1$).

Tuy nhiên hiện nay người ta dùng rộng rãi các đèn huỳnh quang do những ưu điểm nổi bật của nó như năng hiệu phát quang cao (từ $80 \div 100 \text{ lm/W}$) và tuổi thọ lớn (từ $3000 \div 12000$ giờ). Do đó khi tiêu thụ cùng một công suất điện, đèn huỳnh quang cho phép nâng cao độ rọi E từ 2 đến 4 lần so với đèn nung sáng.

- Chụp đèn dùng để hướng quang thông của nguồn sáng theo một phương nhất định, giảm độ chói của nguồn sáng và bảo vệ nguồn sáng khỏi những va chạm cơ khí, ẩm ướt, bụi bặm mưa gió. Chụp đèn cũng dùng làm tăng vẻ đẹp của đèn. Mức độ chống loá mắt của nguồn sáng được xác định theo góc bảo vệ của đèn.



Hình 3-4



Hình 3-5

Góc bảo vệ của đèn là góc giữa đường thẳng ngang đi qua dây tóc của đèn và đường thẳng nối một đầu dây tóc của bóng đèn với mép dưới đối diện của chụp đèn (hình 3-4). Tùy theo tác dụng bảo vệ đối với môi trường xung quanh các đèn được chia làm 6 loại:

đèn hở, đèn bảo vệ, đèn chịu ẩm, đèn chịu bụi và nước và đèn phòng nổ, trong đèn hở bóng đèn (nguồn sáng) không cách li với môi trường bên ngoài. Trong đèn bảo vệ bóng đèn được đặt trong một vỏ cách li với môi trường bên ngoài nhưng vẫn tồn tại sự trao đổi không khí giữa mặt trong của đèn và môi trường. Trong đèn chịu ẩm, các phần của đèn đều được bảo vệ từ tác dụng ẩm ướt. Trong đèn chịu bụi và nước đèn được đặt trong một vỏ kín không cho bụi và nước đi vào trong đèn. Còn trong đèn phòng nổ, đèn được bảo vệ để loại trừ khả năng nổ khi đặt đèn trong môi trường dễ nổ. Tùy theo sự phân bố quang thông của đèn, các đèn được chia làm 3 loại chính: đèn chiếu sáng trực tiếp (hình 3-5a), đèn chiếu sáng tán xạ (hình 3-5b) và đèn chiếu sáng phản xạ (hình 3-5c).

Trong đèn chiếu sáng trực tiếp hơn 90% quang thông của đèn được chiếu sáng xuống nửa mặt cầu dưới đến mặt công tác.

Trong đèn chiếu sáng tán xạ quang thông của đèn được phân bố cho 2 nửa mặt cầu trên và dưới. Phần quang thông ở nửa mặt cầu trên được chiếu lên trần nhà và phản xạ từ trần nhà xuống mặt công tác. Còn trong đèn chiếu sáng phản xạ hơn 90% quang thông của đèn được chiếu lên nửa mặt cầu phía trên đến trần nhà và phản xạ từ trần nhà xuống mặt công tác.

Các đèn chiếu sáng trực tiếp có hiệu suất cao nhưng ánh sáng chói và bóng che khuất rõ rệt. Ngược lại các đèn chiếu sáng tán xạ và phản xạ có ánh sáng dịu hơn, không có bóng che rõ rệt nhưng hiệu suất thấp.

3. Loại chiếu sáng và hệ thống chiếu sáng

Tùy theo mục đích chiếu sáng người ta phân biệt 2 loại chiếu sáng: chiếu sáng làm việc và chiếu sáng sự cố.

Chiếu sáng làm việc là chiếu sáng bình thường trên mặt làm việc. Nó có nhiệm vụ tạo ra độ rọi cần thiết trên mặt làm việc.

Chiếu sáng sự cố là chiếu sáng trong trường hợp mất chiếu sáng làm việc. Chiếu sáng sự cố gồm 2 loại là: chiếu sáng sự cố tiếp tục làm việc và chiếu sáng sự cố cho người sơ tán. Chiếu sáng sự cố tiếp tục làm việc cần phải tạo ra độ rọi không nhỏ hơn 10% độ rọi tiêu chuẩn của chiếu sáng làm việc, đặc biệt trên bàn mổ của bệnh viện chiếu sáng sự cố phải tạo ra độ rọi không bé hơn 200 lx. Chiếu sáng sự cố này cần đặt trong trường hợp khi mất chiếu sáng nhân viên công tác dễ thao tác nhằm gây ra nổ, cháy, chết người hoặc rối loạn quá trình sản xuất, chiếu sáng sự cố cho người sơ tán được đặt ở các cửa ra vào hoặc cầu thang hoặc đường chính thoát ra ngoài của các nhà công cộng tập trung đông người (trên 50 người). Nó cần phải tạo ra trên các lối ra này một độ rọi không bé hơn 0,3 lx và chiếu sáng các biển báo hướng dẫn lối ra. Để chiếu sáng sự cố người ta thường dùng các đèn nung sáng được cấp điện từ một nguồn điện độc lập với các đèn chiếu sáng làm việc.

Trong loại chiếu sáng làm việc người ta phân biệt 3 kiểu hệ thống chiếu sáng: Hệ thống chiếu sáng chung, hệ thống chiếu sáng cục bộ và hệ thống chiếu sáng kết hợp.

Hệ thống chiếu sáng chung dùng để chiếu sáng chung cho đối tượng được chiếu sáng. Nó có thể thực hiện theo 2 kiểu: chiếu sáng chung đồng đều và chiếu sáng chung phân vị.

Trong hệ thống chiếu sáng chung đồng đều các đèn đặt cách đều nhau và có công suất như nhau, nó được dùng chiếu sáng các đối tượng có vị trí làm việc cố định, mật độ vị trí làm việc lớn, không có những công việc tỷ mỉ và những nơi không làm việc (hành lang, lối đi v.v...) hoặc làm việc ở vị trí nào cũng được. Trong hệ thống chiếu sáng chung phân vị các đèn có công suất không bằng nhau hoặc đặt cách nhau không đều, nó dùng để chiếu sáng các đối tượng có trên 2 khu vực cần độ rọi khác nhau hoặc có vị trí làm việc tập trung thành hàng hoặc thành khu vực. Hệ thống chiếu sáng cục bộ dùng để chiếu sáng thêm cho các mặt công tác riêng lẻ, các mặt công tác này cần thiết độ rọi cao hơn hẳn các vùng khác hoặc có yêu cầu thay đổi hướng chiếu sáng.

Các đèn trong hệ thống này thường được đặt ngay trên mặt công tác.

Trong hệ thống chiếu sáng kết hợp ngoài các đèn chiếu sáng chung cho đối tượng còn có các đèn chiếu sáng cục bộ để chiếu sáng thêm cho các mặt công tác cần độ rọi cao hơn hoặc có yêu cầu riêng về chiếu sáng. Hệ thống chiếu sáng kết hợp thường dùng để chiếu sáng các đối tượng có ít vị trí làm việc cố định và ở các vị trí làm việc đó cần thiết độ rọi tương đối cao hoặc cần thay đổi hướng soi của nguồn sáng.

Để chiếu sáng một đối tượng kiến trúc dân dụng ta chỉ có thể dùng hệ thống chiếu sáng chung hoặc hệ thống chiếu sáng kết hợp, cấm không được chỉ dùng hệ thống chiếu sáng cục bộ.

Ngoài ra khi dùng hệ thống chiếu sáng kết hợp, độ rọi do các đèn chiếu sáng chung tạo ra phải không được nhỏ hơn 10% độ rọi tiêu chuẩn.

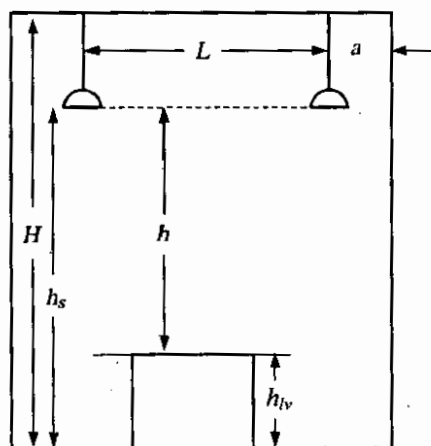
4. Lựa chọn vị trí đặt của các đèn nung sáng và đèn huỳnh quang

Lựa chọn vị trí đặt đèn bao gồm xác định độ cao tính toán h của đèn và phân bố các đèn theo mặt bằng.

Độ cao tính toán h của đèn là độ cao từ trung tâm của đèn đến mặt công tác (hình 3-6).

Độ cao tính toán h của đèn được lựa chọn theo loại đèn, độ cao của gian phòng và loại gian phòng.

Nếu độ cao tính toán h của đèn càng bé, thì quang thông trên mặt công tác càng lớn nhưng mắt người càng bị chói (loá). Do đó để bảo vệ mắt của người làm việc người ta quy định độ cao tính toán của mỗi loại đèn không được bé hơn một trị số tối thiểu $h_{\min}$ nào đó.



Hình 3-6

Trên bảng 3.1, người ta cho độ treo cao tối thiểu của đèn đối với mặt sàn h_{Smin} của các đèn nung sáng trong hệ thống chiếu sáng chung.

Bảng 3.1. Độ treo cao tối thiểu của đèn đối với mặt sàn h_{Smin} của các đèn nung sáng trong hệ thống chiếu sáng chung

Thứ tự	Loại đèn	h_{smin} (m)		
		Bóng đèn 100W và nhỏ hơn	Bóng đèn 150 ÷ 200W	Bóng đèn 300W và lớn hơn
1	<i>Đèn chiếu sáng trực tiếp</i>			
	1. Với góc bảo vệ $\geq 30^{\circ}$	Không hạn chế	Không hạn chế	3
	2. Với góc bảo vệ từ 15 đến 30°			
	a) Không có cái tán xạ ánh sáng	3,5	4	4,5
	b) Với cái tán xạ bằng thuỷ tinh mờ hoặc bóng đèn mờ	2,5	3	3,5
2	c) Với cái tán xạ bằng thuỷ tinh màu sữa	Không hạn chế	2,5	3
	<i>Đèn chiếu sáng tán xạ</i>			
	a) Với góc bảo vệ từ 15° đến 30°	3	3,5	4
	b) Với góc bảo vệ $\geq 30^{\circ}$	Không hạn chế	2,5	3,5
	c) Với các tán xạ bằng thuỷ tinh màu sữa trong vùng $60 \div 90^{\circ}$ hoặc $0 \div 90^{\circ}$	2,5	2,5	3,5
	d) Với cái tán xạ bằng thuỷ tinh mờ trong vùng từ $0 \div 90^{\circ}$	2,5	3,5	4

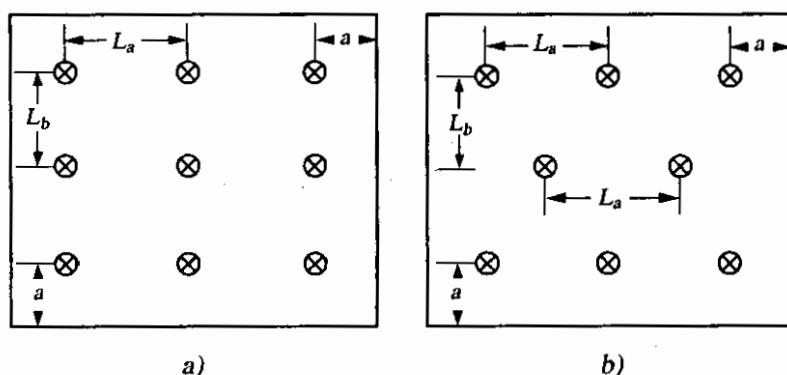
Nếu gian phòng có độ cao H , mặt công tác cao h_{lv} thì độ cao tính toán của đèn h được chọn theo điều kiện:

$$H - h_{lv} \geq h \geq h_{min}$$

Trong đó $h_{min} = h_{Smin} - h_{lv}$

Sau khi chọn được độ cao tính toán h của đèn ta dễ dàng xác định được khoảng cách giữa các đèn.

Theo mặt bằng các đèn nung sáng có thể phân bố theo 2 kiểu: kiểu chữ nhật (hình 3-7a) và kiểu xen kẽ (hình 3-7b).



Hình 3-7

Trong kiểu chữ nhật các đèn được đặt trên các đỉnh của hình chữ nhật có các cạnh là L_a và L_b . Còn trong kiểu xen kẽ các đèn cũng được đặt cách nhau các khoảng L_a và L_b .

Khoảng cách giữa các đèn L phụ thuộc vào độ cao tính toán của đèn h , hình dáng của phòng, loại đèn được dùng và phải đảm bảo phát huy được hiệu suất của đèn.

Đối với các đèn nung sáng chiếu sáng trực tiếp hoặc tán xạ hoặc phản xạ khoảng cách L giữa các đèn không được lớn hơn $1,5h$.

Điều đó có nghĩa là:

$$L \leq 1,5h \text{ hoặc } L_{\max} = 1,5h$$

Ngoài ra đối với mỗi loại đèn người ta cho hệ số sử dụng đèn có lợi nhất $\lambda = \frac{L}{h}$.

Khi biết λ ta xác định được khoảng cách tốt nhất giữa các đèn $L = \lambda h$.

Còn khi chưa biết λ ta có thể chọn $L = h$ hoặc $L = (0,8 \div 1,5) h$.

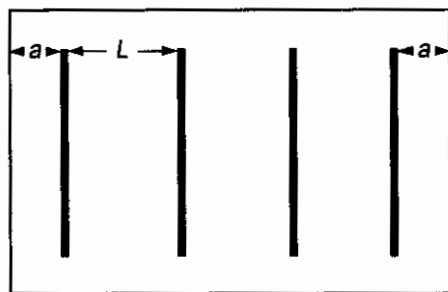
Tùy theo hình dáng của nhà ta có thể chọn $L_a > L_b$ hoặc $L_a < L_b$, song các khoảng cách này phải gần bằng khoảng cách L được chọn trên đây và không được lớn hơn $L_{\max} = 1,5h$.

Còn khoảng cách a từ đèn ngoài cùng đến tường được chọn như sau:

Khi gần tường có mặt công tác ta chọn

$$a = \frac{L}{3}, \text{ còn khi gần tường không có mặt công}$$

$$\text{tác } a = \frac{L}{2}.$$



Hình 3-8

Theo mặt bằng các đèn huỳnh quang có thể phân bố theo nhiều cách, nhưng cách thông thường nhất là đặt các đèn theo các hàng song song (hình 3-8).

Các hàng đèn thường được đặt tương ứng với các hàng vị trí làm việc.

Cũng giống như các đèn nung sáng, để hạn chế sự loá mắt mỗi loại đèn huỳnh quang cũng có độ cao tính toán tối thiểu $h_{\min}$.

Trên bảng 3.2 người ta cho độ cao tối thiểu của đèn đối với mặt sàn h_{Smin} của các đèn huỳnh quang trong hệ thống chiếu sáng chung.

- Độ cao tính toán h của đèn huỳnh quang cũng được chọn theo điều kiện:

$$H - h_{lv} \geq h \geq h_{\min} = h_{Smin} - h_{lv}$$

Trong đó: h_{lv} - độ cao mặt công tác (m);

H - độ cao của gian phòng (m).

Khoảng cách giữa các hàng đèn song song L được xác định theo công thức:

$$L = \lambda h$$

Trong đó λ là hệ số sử dụng đèn có lợi nhất của loại đèn huỳnh quang được dùng.

Đối với các loại đèn huỳnh quang hệ số λ nằm trong khoảng $1,2 \div 1,5$.

Bảng 3.2. Độ treo cao tối thiểu của đèn đối với mặt sàn h_{Smin} của các đèn huỳnh quang trong hệ thống chiếu sáng chung

Loại đèn	Góc bảo vệ (không nhỏ hơn) trong mặt phẳng		h_{Smin} (m) khi công suất của đèn	
	Dọc	Ngang	40W và nhỏ hơn	80W và lớn hơn
1	2	3	4	5
I. Các đèn chiếu sáng trực tiếp				
1. Không có cái tán xạ ánh sáng	15° 30° 45°	15° 30° 45°	3 2,5 Không hạn chế	4 3,5 3
2. Với cái tán xạ ánh sáng				
a) Bảng thủy tinh màu sữa trong vùng $0 \div 75^\circ$	-	15°	2,5	3
b) Bảng thủy tinh màu sữa trong vùng $0 \div 90^\circ$	-	-	3	3
II. Các đèn chiếu sáng tán xạ				
a) Với cái tán xạ bằng thủy tinh màu sữa trong vùng $0 \div 90^\circ$	-	-	2,5	3,5
b) Với lưới màn và cái tán xạ sườn bằng thủy tinh màu sữa	30°	30°	2,5	3,5

1	2	3	4	5
III. Các đèn với lớp phản xạ bên trong				
a) Không có lưới che	-	-	4,5	5,5
b) Với lưới che	15°	15°	3,5	4,5
c) Cũng như trên	30°	30°	3	4

Khoảng cách a giữa hàng đèn ngoài cùng đến tường cũng được chọn như ở đèn nung sáng.

Trong trường hợp gần tường có mặt công tác $a = \frac{L}{3}$, còn nếu gần tường không có mặt công tác $a = \frac{L}{2}$.

5. Xác định công suất của đèn nung sáng và đèn huỳnh quang

Công suất của đèn nung sáng có thể xác định theo một trong 3 phương pháp: phương pháp hệ số sử dụng, phương pháp công suất đơn vị và phương pháp điểm.

Theo phương pháp hệ số sử dụng, trong hệ thống chiếu sáng chung đồng đều quang thông F tính theo lm của mỗi đèn có thể xác định theo công thức:

$$F = \frac{ESKZ}{\eta N}$$

Trong đó:

E - độ rọi nhỏ nhất tiêu chuẩn (lx);

S - diện tích mặt được chiếu sáng (m);

K - hệ số dự trữ để kể đến sự giảm quang thông của đèn sau một thời gian sử dụng. Đối với đèn nung sáng $K = 1,3 \div 1,5$.

Z - hệ số chiếu sáng không đồng đều, nó phụ thuộc vào sự phân bố đèn hoặc tỉ số giữa khoảng cách giữa các đèn L và độ cao tính toán của đèn h.

Khi $\frac{L}{h}$ nằm trong khoảng $0,8 \div 1,8$ ta có thể lấy $Z = 1,1 \div 1,2$; η là hệ số sử dụng, nó là tỷ số giữa quang thông nhận được trên mặt làm việc và quang thông do đèn phát ra; N là số đèn được dùng.

Độ rọi nhỏ nhất tiêu chuẩn E phụ thuộc vào loại gian phòng và loại nguồn sáng điện. Nó được quy định bởi uỷ ban kiến thiết cơ bản nhà nước.

Trên bảng 3.3 người ta cho độ rọi nhỏ nhất tiêu chuẩn E đối với một số loại gian phòng. Hệ số sử dụng η phụ thuộc vào 3 yếu tố: loại đèn, kích thước và hình dáng của gian phòng và hệ số phản xạ ánh sáng của trần và tường.

Kích thước và hình dáng của toà nhà được đặc trưng bằng chỉ số hình dáng

$$i = \frac{A.B}{h(A+B)}$$

Trong đó: A và B - chiều rộng và chiều dài của mặt bằng của gian phòng (m);

h - độ cao tính toán của trần (m).

Hệ số phản xạ ánh sáng của trần ρ_{tr} và của tường ρ_t phụ thuộc vào màu sắc và trạng thái của trần và tường.

$\rho_{tr} = \rho_t = 70\%$ đối với những trần trắng sạch, tường trắng sạch với cửa sổ được phủ rèm trắng;

$\rho_{tr} = \rho_t = 50\%$ đối với những tường trắng với cửa sổ không treo rèm và trần nhà bằng bê tông sạch hoặc gỗ màu sáng hoặc trần trắng trong nhà ẩm.

$\rho_{tr} = \rho_t = 30\%$ đối với trần bê tông trong phòng ẩm, trần gỗ, tường bê tông được gián giấy màu sáng.

$\rho_{tr} = \rho_t = 10\%$ đối với tường và trần của nhà nhiều bụi đen và tường được gián giấy màu tối.

Bảng 3.3. Độ rọi nhỏ nhất tiêu chuẩn đối với một số loại gian phòng E (lx)

Thứ tự	Loại gian phòng	E (lx)	
		Đèn huỳnh quang	Đèn nung sáng
1	2	3	4
1	Phòng ở nhà tập thể, khách sạn	50	15
2	Phòng tiếp khách chung nhà tập thể, khách sạn	50	20
3	Phòng ở gia đình	25	10
4	Văn phòng các cơ quan hành chính	50	20
5	Phòng đánh máy và sử dụng máy tính	150	75
6	Phòng thiết kế, phòng vẽ đồ án	200	100
7	Phòng khách cơ quan	50	15
8	Phòng thường trực, phòng đợi của cơ quan	25	10
9	Phòng họp, hội trường của cơ quan	50	20
10	Phòng đọc thư viện	100	50
11	Phòng mượn và trả sách thư viện	75	35
12	Rạp hát, gian hoà nhạc, nhà văn hoá	50	25
13	Rạp chiếu bóng	35	15
14	Phòng giải phẫu lớn của bệnh viện	400	200

1	2	3	4
15	Các phòng phẫu thuật khác của bệnh viện	300	150
16	Phòng thường trực ban đêm, thường trực cấp cứu	100	50
17	Phòng bệnh nhân của bệnh viện	25	10
18	Giảng đường, phòng học, phòng thí nghiệm	100	50
19	Phòng làm việc của giáo viên	50	25
20	Cửa hàng bách hoá	75	35
21	Phòng ăn của cửa hàng ăn uống công cộng	35	20
22	Phòng giải khát, cà phê, phòng trà	35	15

Trong bảng 3.4 người ta cho hệ số sử dụng η trong phần trăm của một số đèn nung sáng của Nga.

Bảng 3.4. Hệ số sử dụng η của một số loại đèn nung sáng của Nga

Loại đèn	Y và YIM				Y3				$\Gamma\Xi$ và $\Gamma\Pi M$				ΓC và ΓCY			
$\rho_{tr}\%$	70	50	30	0	70	50	30	0	70	50	30	0	70	50	30	0
$\rho_t\%$	50	30	10	0	50	30	10	0	50	30	10	0	50	30	10	0
i	Hệ số sử dụng η tính theo phần trăm															
0,5	24	20	17	16	20	15	12	11	27	22	19	18	40	34	31	30
0,6	34	26	23	21	28	22	19	18	34	27	24	23	49	42	38	37
0,7	42	34	30	29	34	28	25	23	38	31	28	27	55	47	44	43
0,8	46	38	34	33	37	31	28	27	42	34	31	30	59	51	48	47
0,9	49	41	37	36	39	33	30	29	45	37	34	33	63	55	55	50
1	51	43	39	37	41	35	31	31	48	40	37	36	66	58	55	53
1,25	56	47	43	41	45	38	34	33	54	45	42	41	72	63	60	58
1,5	60	50	46	44	48	40	36	35	58	49	46	45	77	67	64	62
1,75	63	53	48	46	50	42	39	37	62	53	49	48	81	70	67	65
2	66	55	51	49	52	44	40	39	65	55	52	51	84	73	69	68
2,25	68	57	53	51	54	45	42	41	68	57	54	53	86	74	71	69
2,5	70	59	55	53	56	47	44	42	70	58	55	54	88	76	73	71
3	73	62	58	56	59	49	46	44	73	61	58	56	91	78	75	73
3,5	76	64	61	59	61	51	48	46	75	63	60	58	93	79	77	75
4	78	66	62	60	64	52	49	48	77	64	61	59	95	80	78	76
5	81	69	64	62	65	53	51	49	78	66	63	61	96	82	79	77

Sau khi xác định được quang thông F của mỗi đèn tra sổ tay chiếu sáng điện ta tìm được công suất P của bóng đèn có quang thông tiêu chuẩn gần F nhất. Trong bảng 3.5 người ta cho công suất và quang thông tiêu chuẩn tương ứng của một số bóng đèn nung sáng với điện áp định mức 220V của Nga.

Bảng 3.5. Công suất và quang thông của một số bóng đèn nung sáng của Nga với điện áp 220V

Loại bóng đèn	Công suất (W)	Quang thông (lm)	Loại bóng đèn	Công suất (W)	Quang thông (lm)
HB 220-15	15	105	HГ220-300	300	4350
HB220-25	25	205	HГ220-500	500	8100
HБ220-40	40	370	HГ220-750	750	13100
HБ220-60	60	620	HГ220-1000	1000	18200
HБ220-75	75	840	HГ220-1500	1500	28000
HБ220-100	100	1240	HБK220-60	60	700
HГ220-150	150	1900	HБK220-75	75	950
HГ220-200	200	2700	HБK220-100	100	1380

Phương pháp công suất đơn vị dựa vào công suất cần thiết của đèn để chiếu sáng một mét vuông mặt làm việc. Công suất này được gọi là công suất đơn vị (p_{dv}).

Công suất đơn vị p_{dv} phụ thuộc vào 5 yếu tố: loại đèn, độ rọi nhỏ nhất tiêu chuẩn E , độ cao tính toán h của đèn, diện tích mặt làm việc S và hệ số phản xạ ánh sáng của trần và tường ρ_{tr} và ρ_t .

E và h càng lớn thì p_{dv} càng lớn, ngược lại S càng lớn thì số đèn càng tăng và do đó mỗi điểm trên mặt làm việc càng nhận được quang thông từ nhiều đèn và p_{dv} càng giảm, cũng như vậy ρ_{tr} và ρ_t càng lớn thì p_{dv} càng giảm.

Khi biết loại đèn, E , h , ρ_{tr} , ρ_t tra sổ tay chiếu sáng điện ta tìm được p_{dv} .

Trong hệ thống chiếu sáng chung đồng đều người ta thường dùng các đèn cùng công suất. Trong trường hợp đó, khi biết p_{dv} ta có thể xác định được công suất tính theo W của mỗi đèn theo công thức:

$$P = \frac{p_{dv} \cdot S}{N}$$

Trong đó: p_{dv} - công suất đơn vị (W);

S - diện tích mặt công tác (m^2);

N - số đèn được dùng.

Trên bảng 3.6 người ta cho công suất đơn vị p_{dv} tính theo W khi dùng đèn vãn năng của Nga và khi $\rho_{tr} = 50\%$; $\rho_t = 30\%$.

Bảng 3.6. Công suất đơn vị p_{dv} theo W khi dùng đèn vãn năng của Nga và khi $\rho_{tr} = 50\%$; $\rho_t = 30\%$

h (m)	E (lx) S(m ²)	5	10	20	30	50	75	100	150	200	300
2 ÷ 3	10 ÷ 15	3,7	6,3	10,5	15,2	24	35	43	57	73	109
	15 ÷ 25	3,2	5,4	8,8	12,8	20	28	36	49	62	93
	25 ÷ 50	2,7	4,6	7,8	11,2	17,3	24	31	43	53	78
	50 ÷ 150	2,3	4	6,7	9,6	14,8	20,5	26,5	37	45	68
3 ÷ 4	10 ÷ 15	4,3	6,9	13	18,3	29,5	38	48	72	94	144
	15 ÷ 20	3,6	6	11	15,8	23,5	34	41	63	82	126
	20 ÷ 30	3	5,3	9,6	13,8	20,5	29	36	54	72	110
	30 ÷ 50	2,7	4,5	8,4	11,7	17,7	25	31	45	61	93
	50 ÷ 120	2,3	3,8	7,1	9,8	15,3	21	25,5	38	51	79
4 ÷ 6	10 ÷ 17	5,6	9,4	15	20,5	31	46	62	92	124	184
	17 ÷ 25	4	7,2	12,5	17,3	25,5	39	51	79	104	160
	25 ÷ 35	3,2	6	10,7	15,2	22	34	44	69	93	140
	35 ÷ 50	2,8	5,2	9,4	13,2	19,3	29	39	60	82	125
	50 ÷ 80	2,4	4,3	8,2	11,3	16,3	25	33	50	69	105
	80 ÷ 150	2	3,8	6,8	9,5	14	21	28	43	58	90

So với phương pháp hệ số sử dụng, phương pháp công suất đơn vị đơn giản hơn song ít chính xác hơn vì nó không kể đến hình dáng của phòng và độ rọi không đồng đều. Ngoài ra cả 2 phương pháp trên đều chỉ dùng để tính toán công suất của đèn trong hệ thống chiếu sáng chung và mặt làm việc là mặt phẳng ngang.

Còn trong các trường hợp khác và khi cần tính toán công suất của đèn một cách chính xác ta phải dùng phương pháp điểm.

Nội dung của phương pháp điểm là tính toán độ rọi tại 1 điểm cần kiểm tra trên mặt làm việc. Điểm kiểm tra thường là điểm có độ rọi xấu nhất. Nếu độ rọi tại điểm đó không bé hơn độ rọi bé nhất tiêu chuẩn E đối với mặt làm việc thì xem như thoả mãn yêu cầu về độ rọi.

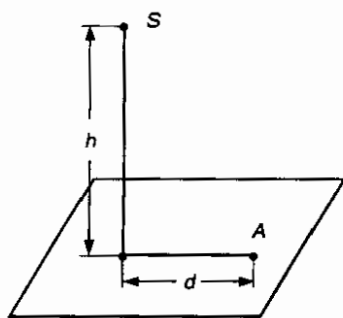
Để tính toán độ rọi tại điểm kiểm tra tạo ra do một đèn nung sáng S nào đó, người ta thường dùng đồ thị phân bố độ rọi của loại đèn được dùng.

Ví dụ một mặt công tác như hình 3-8 để tính độ rọi tại điểm A ta dùng đồ thị phân bố độ rọi của đèn S.

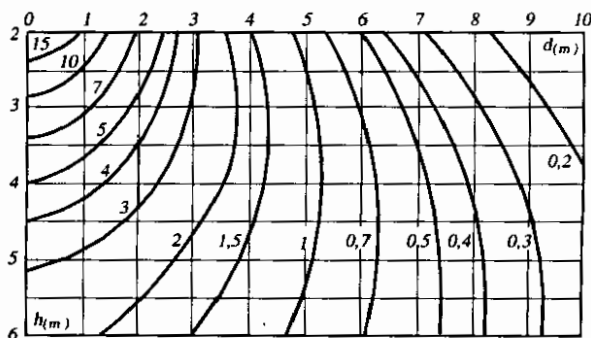
Đồ thị này bao gồm các đường cong nối các điểm có độ rọi như nhau với giả thiết đèn S có quang thông bằng 1000 lm.

Đồ thị này được vẽ trên mặt phẳng d, h.

Trong đó d là khoảng cách từ điểm kiểm tra A đến hình chiếu O của đèn S trên mặt làm việc (m) còn h là độ cao tính toán của đèn S (m). Hình 3-9 là đồ thị phân bố độ rọi của một loại đèn nung sáng.



Hình 3-8



Hình 3-9

Khi biết h, d và loại đèn, tra đồ thị phân bố độ rọi của loại đèn đó ta tìm được độ rọi ϵ_A tại điểm A từ một đèn có quang thông quy ước bằng 1000 lm. Nếu đèn thực có quang thông F_d lm thì độ rọi tính theo lx do đèn này tạo ra tại điểm A sẽ là:

$$E_A = \epsilon_A \frac{F_d}{1000}$$

Nếu mặt công tác được chiếu sáng bởi nhiều đèn thì độ rọi tại điểm A tính theo lx sẽ là:

$$E_A = \sum_{i=1}^n \epsilon_{Ai} \frac{F_{di}}{1000}$$

Trong đó: n - số đèn chiếu sáng mặt công tác;

ϵ_{Ai} - độ rọi tại điểm A do đèn thứ i tạo ra (lx);

F_{di} - quang thông của đèn thứ i (lm).

Trong thực tế để giảm nhẹ tính toán ta chỉ tính độ rọi tại điểm A do các đèn xung quanh điểm A (theo mặt bằng) tạo ra. Còn để kể đến ảnh hưởng của các đèn ở xa và ánh sáng phản xạ từ tường và trần nhà người ta đưa vào 1 hệ số $\mu = 1,1 \div 1,3$. Điều đó có nghĩa là:

$$E_A = \mu \sum_{i=1}^m \epsilon_{Ai} \frac{F_{di}}{1000}$$

Trong đó m là số đèn xung quanh điểm A theo mặt bằng. Thông thường để chiếu sáng một mặt công tác người ta dùng các đèn cùng loại, cùng công suất và cùng quang thông F_d .

Trong trường hợp đó:

$$E_A = \frac{\mu F_d}{1000} \sum_{i=1}^m \varepsilon_{Ai}$$

Theo yêu cầu chiếu sáng, độ rọi E_A này phải không được bé hơn độ rọi nhỏ nhất tiêu chuẩn E. Điều đó có nghĩa là:

$$E_A = \frac{\mu F_d}{1000} \sum_{i=1}^m \varepsilon_{Ai} \geq E$$

Từ đây ta rút ra quang thông F_d tối thiểu của mỗi đèn tính theo lumen sẽ là:

$$F_{dmin} = \frac{KE 1000}{\mu \sum_{i=1}^m \varepsilon_{Ai}}$$

Trong đó K là hệ số dự trữ và giống như ở phương pháp hệ số sử dụng, $K = 1,3 \div 1,5$ đối với đèn nung sáng. Khi biết F_{dmin} tra sổ tay chiếu sáng điện ta có thể chọn đèn nung sáng có công suất tương ứng với quang thông tiêu chuẩn gần F_{dmin} nhất.

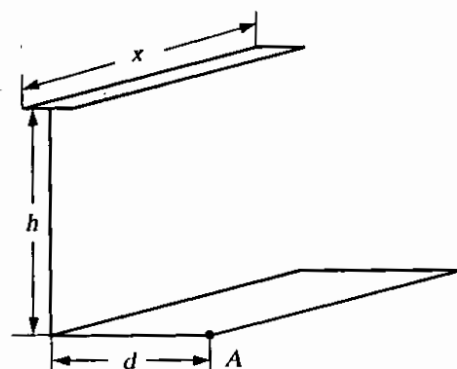
Đối với đèn huỳnh quang phương pháp điểm cơ bản giống như đối với đèn nung sáng, chỉ có khác là đồ thị phân bố độ rọi của đèn huỳnh quang là các đường nối các điểm có độ rọi như nhau tạo ra do một đèn huỳnh quang có quang thông bằng 1000 lm trên một mét chiều dài và treo cao 1 mét đối với mặt làm việc. Đồ thị này được vẽ trên mặt phẳng x', d' .

Trong đó $x' = \frac{x}{h}$; $d' = \frac{d}{h}$; x là chiều dài dây đèn (m), h là độ cao tính toán của đèn (m);

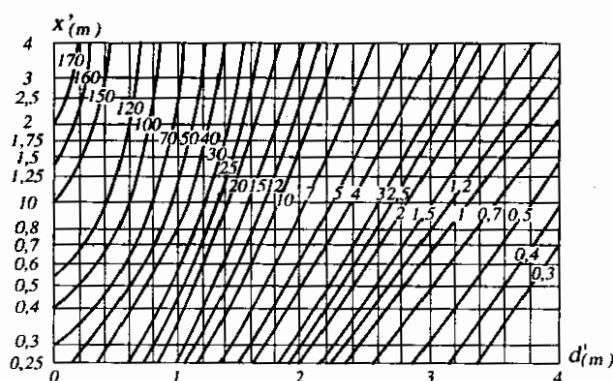
d là khoảng cách từ điểm kiểm tra A đến hình chiếu O của mép hàng đèn trên mặt công tác (m). Hình 3-10 minh họa các đại lượng x, d, h khi điểm kiểm tra A nằm đối diện với mép hàng đèn, còn hình 3-11 là đồ thị độ rọi của một loại đèn huỳnh quang.

Khi biết x, d, h, x' , d' và loại đèn huỳnh quang, tra đồ thị phân bố độ rọi của loại đèn được dùng ta có thể tìm được độ rọi ε_A tại điểm A đối diện với mép hàng đèn treo cao một mét và với quang thông quy ước bằng 1000 lm trên một mét chiều dài của hàng đèn: Từ đó nếu hàng đèn thực có quang thông F_l trên một mét chiều dài của nó và có độ cao tính toán h thì độ rọi thực tại điểm A đối diện với mép của hàng đèn tính theo lux sẽ là:

$$E_A = \frac{F_l \varepsilon_A}{1000 h}$$

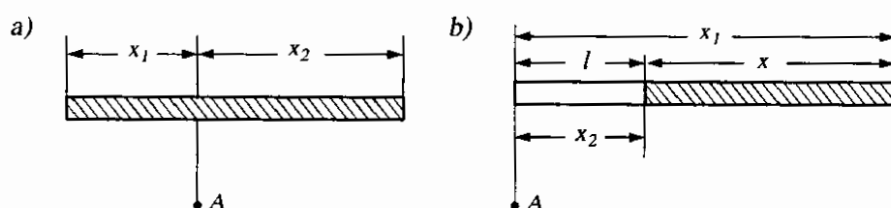


Hình 3-10



Hình 3-11

Trong trường hợp điểm kiểm tra A không nằm đối diện với mép của hàng đèn. Ví dụ điểm A nằm đối diện với giữa hàng đèn như hình 3-12a hoặc điểm A nằm đối diện với ngoài hàng đèn như hình 3-12b.



Hình 3-12

Trong trường hợp thứ nhất ta xem điểm A được chiếu sáng bởi 2 hàng đèn có chiều dài lần lượt là x_1 và x_2 và ta tìm riêng lẻ độ rọi ϵ_{A1} và ϵ_{A2} do mỗi hàng đèn x_1 và x_2 tạo ra tại điểm A.

Từ đó ta xác định được độ rọi tại điểm A từ 2 hàng đèn quy ước này là:

$$\epsilon_A = \epsilon_{A1} + \epsilon_{A2}$$

Trong trường hợp thứ hai ta xem hàng đèn là hiệu của 2 hàng đèn quy ước, một hàng có chiều dài $x_1 = x + l$ còn hàng khác có chiều dài $x_2 = l$.

Trong đó l đoạn kéo dài của hàng đèn đến điểm đối diện với điểm A. Khi biết x_1 và x_2 ta có thể tìm được độ rọi quy ước ϵ_{A1} và ϵ_{A2} do mỗi hàng này tạo ra tại điểm A. Từ đó ta xác định được độ rọi quy ước tính theo lx tại điểm A là:

$$\epsilon_A = \epsilon_{A1} - \epsilon_{A2}$$

Khi xác định được ϵ_A ta sẽ tìm được độ rọi thực tại điểm A tính theo lx cũng được tính theo công thức:

$$E_A = \frac{F_l \varepsilon_A}{1000 h}$$

Trong đó: F_l - quang thông thực trên 1 mét dài của hàng đèn (lm);

h - độ cao tính toán thực của đèn (m).

Trong trường hợp mặt công tác được chiếu sáng bởi nhiều hàng đèn huỳnh quang cùng loại, độ rọi thực tại điểm A tính theo lx sẽ là:

$$E_A = \mu \sum_{i=1}^m \varepsilon_{Ai} \frac{F_l}{1000 h}$$

Trong đó m số hàng đèn xung quanh điểm A (theo mặt bằng) $\mu = 1,2 \div 1,3$ là hệ số để kể đến ảnh hưởng của các đèn ở xa và ánh sáng phản xạ của tường và trần nhà.

Theo yêu cầu chiếu sáng, độ rọi E_A này phải không được bé hơn độ rọi nhỏ nhất tiêu chuẩn E. Điều đó có nghĩa là:

$$E_A = \frac{\mu F_l}{1000 h} \sum_{i=1}^m \varepsilon_{Ai} \geq E$$

Từ đây ta rút ra quang thông F_l tối thiểu trên một mét dài của hàng đèn tính theo lm, sẽ là:

$$F_{lmin} = \frac{1000 E K h}{\mu \sum_{i=1}^m \varepsilon_{Ai}}$$

Trong đó $K = 1,5 \div 1,8$ là hệ số dự trữ đối với đèn huỳnh quang.

Khi biết F_{lmin} ta dễ dàng xác định quang thông tối thiểu F_{dmin} tính theo lm của hàng đèn thực theo công thức

$$F_{dmin} = F_{lmin} \times$$

Trong đó x là chiều dài của hàng đèn thực (m).

Từ F_{dmin} này tra sổ tay chiếu sáng điện ta có thể tìm được số đèn trên mỗi hàng và công suất của mỗi đèn huỳnh quang.

Trên bảng 3.7 người ta cho chiều dài, công suất và quang thông tiêu chuẩn của một vài loại bóng đèn huỳnh quang của Nga.

Khi chọn xong đèn phải kiểm tra chiều dài của đèn theo 2 điều kiện:

a) Tổng chiều dài của các đèn trên một hàng phải nhỏ hơn chiều dài của hàng đèn.

b) Khoảng gián đoạn giữa các đèn đặt trên một hàng phải nhỏ hơn một nửa độ cao tính toán của đèn.

Bảng 3.7. Chiều dài, công suất và quang thông tiêu chuẩn của một số loại bóng đèn huỳnh quang của Nga

Thứ tự	Loại bóng	Công suất (W)	Quang thông (lm)	Đường kính bóng (mm)	Chiều dài (mm)	
					Kể cả chân cắm	Không kể chân cắm
1	ЛБ15	15	630	25	452,4	437,4
2	ЛБ 20	20	980	38	604,8	589,8
3	ЛБ 30	30	1740	25	909,6	894,6
4	ЛБ 40	40	2480	38	1214,4	1199,4
5	ЛБ 80	80	4320	38	1515	1500

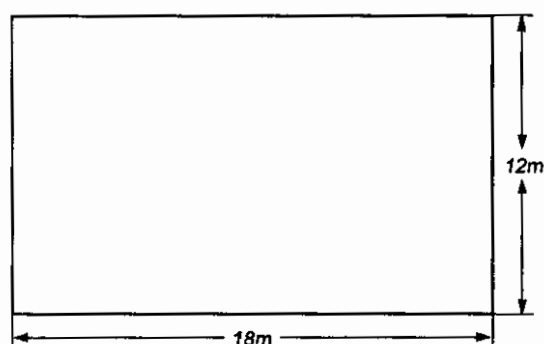
Ví dụ 3.1. Một phòng học có mặt bằng như hình 3-13.

Mặt bằng có có chiều ngang và chiều dọc là 12m và 18m. Phòng học cao 4m, mặt làm việc cao 0,8m. Trần và tường màu sáng tương đối sạch, gần tường không có mặt công tác.

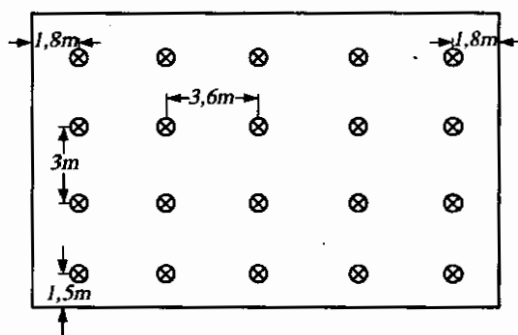
Hãy tính toán chiếu sáng điện cho phòng học trong 2 trường hợp:

- Dùng các đèn nung sáng chiếu sáng trực tiếp với các tán xạ bằng thủy tinh mờ và góc bảo vệ bằng 32° .
- Dùng các đèn huỳnh quang chiếu sáng trực tiếp với cái tán xạ bằng thủy tinh màu sữa.

Giải:



Hình 3-13



Hình 3-14

- Khi dùng các đèn nung sáng

Tra bảng 3.1 đối với loại đèn này ta có độ treo cao bé nhất của đèn đối với sàn nhà $h_{Smin} = 2,5m$.

Từ đó ta rút ra độ cao tính toán tối thiểu của đèn

$$h_{\min} = h_{S\min} - h_{lv} = 2,5 - 0,8 = 1,7\text{m}.$$

Theo điều kiện $H - h_{lv} > h > h_{\min}$

ta chọn độ cao tính toán của đèn $h = 3\text{m}$.

Đối với loại đèn nung sáng được dùng hệ số sử dụng đèn có lợi nhất $\lambda = \frac{L}{h} = 0,8 \div 1,5$

Từ đây với $h = 3\text{m}$ ta chọn cách bố trí các đèn theo kiểu chữ nhật với các cạnh

$$L_b = h = 3\text{m}; L_a = 1,2h = 3,6\text{m}$$

Như vậy các đèn nung sáng được bố trí theo mặt bằng như hình 3-14, các đèn cách nhau 3m và 3,6m đèn ngoài cùng cách tường 1,5m và 1,8m, số đèn được dùng là 20 đèn ($N = 20$).

Để chọn công suất của các đèn nung sáng ta chọn phương pháp hệ số sử dụng.

Với tường và trần màu sáng, tương đối sạch ta có hệ số phản xạ của trần $\rho_{tr} = 0,7$ và hệ số phản xạ của tường $\rho_t = 0,5$. Diện tích mặt bằng $S = 12 \times 18 = 216\text{m}^2$, chỉ số hình dáng của phòng $i = \frac{12 \times 18}{3(12 + 18)} = 2,4$. Với loại đèn được dùng và i , ρ_{tr} , ρ_t như trên, tra bảng 3.4 ta có hệ số sử dụng $\eta = 0,7$.

Đối với phòng học khi dùng đèn nung sáng, tra bảng 3.3 ta có độ rọi nhỏ nhất tiêu chuẩn $E = 50 \text{ lx}$. Ta chọn hệ số không đồng đều $Z = 1,2$ và hệ số dự trữ $K = 1,3$.

Từ đó ta có quang thông cần thiết tối thiểu của mỗi đèn là:

$$F_{\min} = \frac{ESKZ}{\eta N} = \frac{50 \times 216 \times 1,3 \times 1,2}{0,7 \times 20} = 1203 \text{ lm}$$

Tra bảng 3.5 ta chọn bóng đèn công suất 100W với quang thông 1240 lm.

Như vậy để chiếu sáng phòng học bằng đèn nung sáng ta dùng 20 đèn bố trí như hình 3-14 và công suất mỗi đèn bằng 100W.

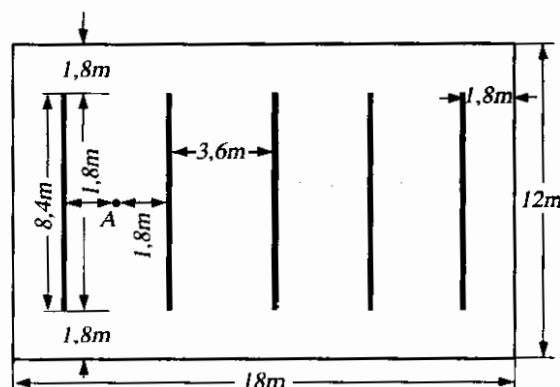
b) Khi dùng đèn huỳnh quang

Tra bảng 3.2 đối với đèn huỳnh quang được dùng ta có độ treo cao tối thiểu đèn đối với sàn nhà $h_{S\min} = 2,5\text{m}$. Từ đó ta có độ cao tính toán tối thiểu của đèn

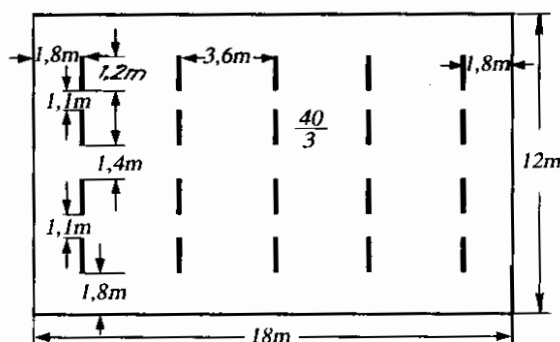
$$h_{\min} = h_{S\min} - h_{lv} = 2,5 - 0,8 = 1,7\text{m}.$$

Theo điều kiện $H - h_{lv} > h > h_{\min}$, ta chọn độ cao tính toán của đèn $h = 3\text{m}$.

Đối với các loại đèn huỳnh quang hệ số sử dụng đèn có lợi nhất $\lambda = \frac{L}{h} = 1,2 \div 1,5$. Ta đặt các đèn huỳnh quang thành 5 hàng như hình 3-15 mỗi hàng dài 8,4m, hàng ngoài cùng cách tường 1m và các hàng cách nhau $L = 1,2h = 1,2 \times 3 = 3,6\text{m}$



Hình 3-15



Hình 3-16

Để tính công suất của mỗi hàng đèn ta chọn phương pháp điểm và điểm kiểm tra là điểm A giữa các hàng đèn. Trong trường hợp đó điểm A được chiếu sáng bởi 4 nửa hàng đèn xung quanh nó, mỗi nửa hàng đèn có chiều dài $x = 4,2\text{m}$ và hình chiếu của mép đèn trên mặt công tác cách điểm A một khoảng $d = \frac{L}{2} = \frac{3,6}{2} = 1,8\text{m}$. Từ đó tra đồ thị phân bố độ rọi của đèn được dùng (hình 3-11) với $x' = \frac{x}{h} = \frac{4,2}{3} = 1,4\text{m}$, $d' = \frac{d}{h} = \frac{1,8}{3} = 0,6\text{m}$ ta có độ rọi tại điểm A do mỗi nửa hàng đèn gây ra là $\epsilon_A = 11\text{lx}$.

Ta chọn hệ số dự trữ $K = 1,5$, hệ số $\mu = 1,2$ và đối với phòng học khi dùng đèn huỳnh quang tra bảng 3.3 ta có độ rọi nhỏ nhất tiêu chuẩn $E = 100\text{lx}$.

Từ đó ta rút ra quang thông cần thiết tối thiểu trên 1m dài hàng đèn là:

$$F_{t\min} = \frac{1000EKh}{\mu \sum_{i=1}^m \epsilon_{Ai}} = \frac{1000 \times 100 \times 1,5 \times 3}{1,2 \times 4 \times 110} = 852\text{ lm}$$

Quang thông tối thiểu của mỗi hàng đèn.

$$F_{d\min} = F_{t\min} \cdot 2x = 852 \times 8,4 = 7156\text{ lm}$$

Ta chọn mỗi hàng 4 đèn, quang thông cần thiết tối thiểu của mỗi đèn là

$$F_{\min} = \frac{F_{d\min}}{4} = \frac{7156}{4} = 1789\text{ lm}$$

Căn cứ vào $F_{\min}$ này tra bảng 3.7 ta chọn đèn huỳnh quang có công suất 40W với quang thông tiêu chuẩn 2480 lm và chiều dài 1,2m.

Như vậy phòng học được chiếu sáng bằng 20 đèn huỳnh quang, công suất mỗi đèn 40W và các đèn được bố trí như hình 3-16.

§3.2. MẠNG ĐIỆN CHIẾU SÁNG

Mạng điện chiếu sáng là mạng cấp điện cho các đèn và các phụ tải sinh hoạt khác.

Mạng điện chiếu sáng là một phần của mạng điện hạ áp. Do đó nó được xây dựng và tính toán giống như mạng điện hạ áp ở chương 1. Tuy nhiên xây dựng và tính toán mạng điện chiếu sáng có một số điểm riêng biệt dưới đây:

1. Điện áp của mạng điện chiếu sáng

Để bảo đảm an toàn cho người và thiết bị người ta quy định điện áp đối với đất của mạng điện chiếu sáng không được vượt quá 250V. Với quy định này các đèn và các dụng cụ sinh hoạt khác thường được cấp điện bởi một trong các điện áp: điện áp pha 220V của hệ thống điện 3 pha 380/220V trung tính nối đất và điện áp pha 127V của hệ thống điện 3 pha 220/127V trung tính nối đất hoặc không nối đất.

Các đèn 127V có năng hiệu phát quang cao hơn các đèn 220V. Do đó dùng đèn 127V giảm được chi phí điện năng (khoảng $(10 \div 12\%)$) so với dùng đèn 220V. Tuy nhiên khi dùng hệ thống điện 3 pha 380/220V, nếu tải cùng một công suất, tiết diện dây dẫn cần thiết sẽ giảm xuống so với dùng hệ thống 220/127V. Nói cách khác khi dùng dây dẫn cùng tiết diện năng lực tải điện của hệ thống 380/220V lớn hơn so với hệ thống 220/127V.

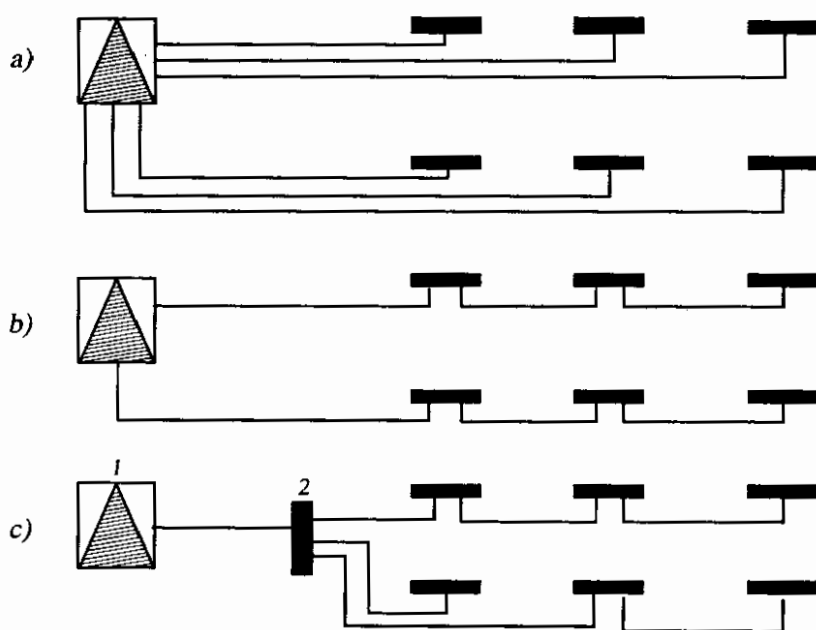
Từ đó dùng hệ thống điện 220/127V chỉ có lợi khi mạng điện chỉ cung cấp cho phụ tải chiếu sáng, còn để cấp điện chung cho phụ tải động lực và phụ tải chiếu sáng, trong đó công suất của phụ tải động lực lớn hơn so với phụ tải chiếu sáng người ta thường dùng hệ thống 380/220V.

Ngoài ra để cấp điện cho các đèn chiếu sáng cục bộ, cũng như các đèn và các dụng cụ di động cũng cho phép dùng điện áp 220V hoặc 127V nhưng chỉ trong những toà nhà khô ráo với nền nhà bằng gỗ và chứa ít thiết bị bằng kim loại. Còn những toà nhà ẩm ướt với nền đất hoặc bê tông hoặc chứa nhiều thiết bị bằng kim loại, điện áp của mạng điện cung cấp cho các đèn chiếu sáng cục bộ phải không được vượt quá 36V. Cuối cùng điện áp cung cấp cho các đèn di động trong những đối tượng ẩm ướt, nhiều bụi dẫn điện và thường xuyên tiếp xúc với các thiết bị bằng kim loại phải không được vượt quá 12V.

2. Nguồn điện và sơ đồ mạng điện cung cấp chiếu sáng

Chọn nguồn điện cung cấp cho phụ tải chiếu sáng phụ thuộc vào công suất của phụ tải chiếu sáng, tương quan giữa phụ tải chiếu sáng và phụ tải động lực và tình hình mạng điện khu vực gần công trình cần chiếu sáng.

Khi phụ tải chiếu sáng có công suất rất lớn ta có thể dùng một trạm biến áp riêng để cấp điện cho phụ tải chiếu sáng.



Hình 3-17

Khi công suất của phụ tải chiếu sáng không lớn lắm, người ta thường dùng một trạm biến áp cấp điện chung cho phụ tải động lực và chiếu sáng và để cấp điện cho phụ tải chiếu sáng người ta dùng một hoặc vài đường dây nối từ thanh góp hạ áp của trạm này đến các bảng điện ở các nhà.

Trong 2 trường hợp trên mạng điện chiếu sáng bao gồm 2 phần: mạng điện cung cấp và mạng điện nhóm. Mạng điện cung cấp bao gồm trạm biến áp và các đường dây nối từ trạm biến áp đến các bảng điện ở các nhà. Còn mạng điện nhóm bao gồm bảng điện của mỗi nhà và các đường dây từ bảng điện đến các đèn, ổ cắm và các phụ tải sinh hoạt khác.

Cũng giống như mạng điện hạ áp được trình bày ở chương 1, mạng điện cung cấp chiếu sáng có thể thực hiện theo một trong 3 kiểu sơ đồ: sơ đồ hình tia (hình 3-17a), sơ đồ đường dây chính (hình 3-17b) và sơ đồ kết hợp (hình 3-17c).

Trong sơ đồ hình tia phụ tải chiếu sáng ở mỗi nhà được cấp điện từ một đường dây riêng nối từ trạm biến áp. Sơ đồ kiểu này chỉ được dùng khi công suất phụ tải chiếu sáng ở mỗi nhà vượt quá 22KVA khi dùng điện áp 220V hoặc 12,7 KVA khi dùng điện áp 127V.

Trong sơ đồ đường dây chính mỗi đường dây nối từ trạm biến áp cấp điện cho một số nhà. Để hạn chế số nhà bị mất điện khi 1 đường dây hỏng người ta quy định dòng điện phụ tải ở đầu mỗi đường dây chính không được vượt quá 200A.

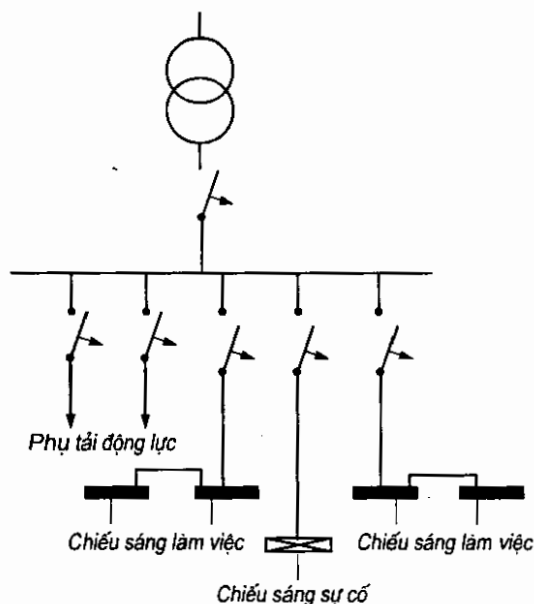
Trong sơ đồ kết hợp người ta dùng 1 đường dây nối từ trạm biến áp 1 đến trạm cung cấp 2. Sau đó từ trạm cung cấp 2 người ta nối các đường dây đi cấp điện cho các nhà.

Sơ đồ này được dùng khi tồn tại trạm cung cấp và cũng để hạn chế số nhà mất điện khi sự cố trên đoạn đường dây từ trạm biến áp đến trạm cung cấp người ta quy định dòng điện phụ tải đi trong đoạn đường dây này không được vượt quá 400A.

Các đường dây của mạng điện cung cấp trong cả 3 kiểu trên đây thường là đường dây 3 pha 4 dây (3 dây pha và 1 dây trung tính).

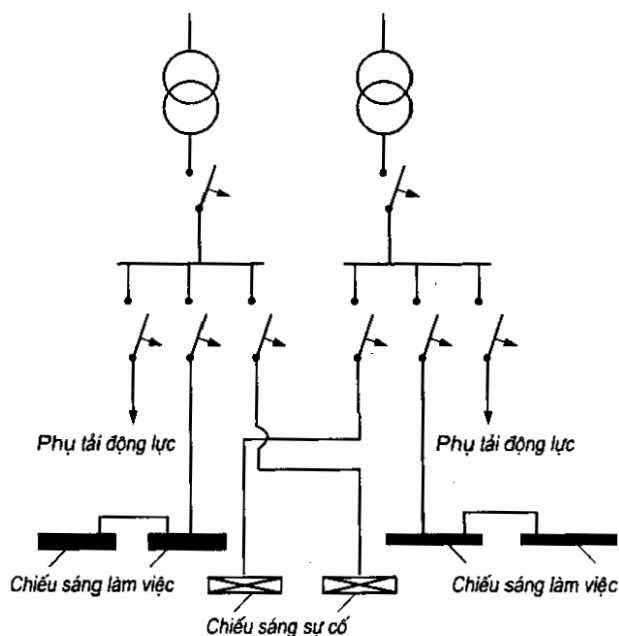
Để cấp điện cho các đèn chiếu sáng sự cố ta phải dùng một nguồn điện riêng độc lập với các đèn chiếu sáng làm việc. Nguồn điện riêng này có thể là một bộ ác quy hoặc một máy phát điện nhỏ hoặc một đường dây riêng nối từ trạm biến áp.

Hình 3-18 là sơ đồ cấp điện cho các đèn chiếu sáng làm việc và chiếu sáng sự cố từ 1 máy biến áp. Nếu phụ tải chiếu sáng sự cố khá lớn và ở gần công trình xây dựng có 2 trạm biến áp hoặc trạm 2 máy biến áp thì các đèn chiếu sáng sự cố được cấp điện từ 2 đường dây nối từ 2 trạm biến áp khác nhau hoặc từ 2 máy biến áp khác nhau của trạm 2 máy biến áp.



Hình 3-18

Hình 3-19 là sơ đồ cấp điện cho các đèn chiếu sáng làm việc và chiếu sáng sự cố từ 2 máy biến áp.



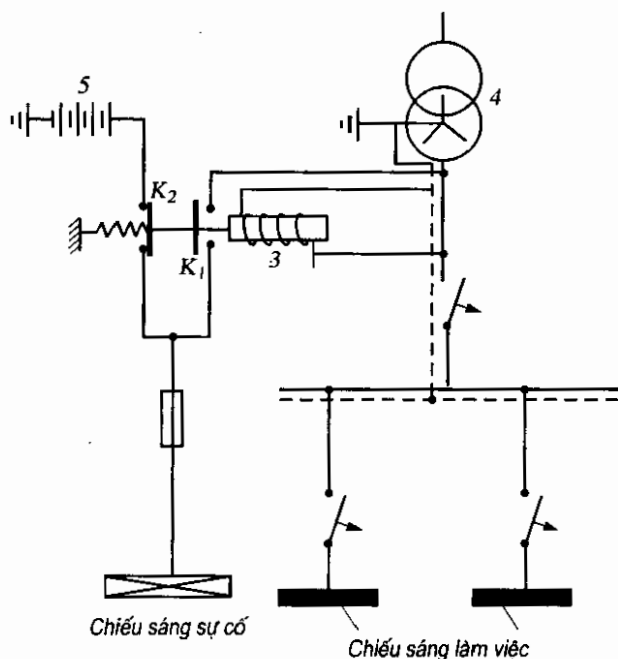
Hình 3-19

Các đèn chiếu sáng sự cố cũng có thể được cấp điện qua một rơ le điện từ 3 như sơ đồ hình 3-20.

Cuộn dây hút của rơ le 3 lấy điện từ trạm biến áp 4, ngoài ra rơ le 3 có 2 tiếp điểm chính: tiếp điểm thường hở K_1 nằm trong mạch cung cấp từ trạm biến áp 4 và tiếp điểm thường kín K_2 nằm trong mạch cung cấp từ bộ ắc quy 5.

Khi trạm biến áp 4 làm việc bình thường, cuộn dây hút của rơ le 3 có điện làm tiếp điểm thường hở K_1 khép kín lại, còn tiếp điểm thường kín K_2 hở ra. Trong trường hợp đó các đèn chiếu sáng sự cố được cấp điện từ trạm biến áp 4 đồng thời với các đèn chiếu sáng làm việc.

Còn khi sự cố máy biến áp 4, các đèn chiếu sáng mất điện, cuộn dây hút của rơ le 3 cũng mất điện làm tiếp điểm thường hở K_1 hở ra, còn tiếp điểm thường kín K_2 khép kín lại. Trong trường hợp đó các đèn chiếu sáng sự cố được cấp điện từ bộ ắc quy 5.



Hình 3-20

3. Mạng điện nhóm chiếu sáng

Mạng điện nhóm chiếu sáng bao gồm bảng điện và các đường dây từ bảng điện đến các đèn, ổ cắm và các dụng cụ sinh hoạt.

Mạng điện nhóm thông thường là mạng điện trong nhà. Yêu cầu chung của mạng điện này là phải đảm bảo cung cấp điện tin cậy, tuyệt đối an toàn cho người và thiết bị, tiết kiệm vật liệu, thuận tiện khi sử dụng, kiểm tra, sửa chữa hoặc thay thế. Đồng thời mạng điện trong nhà cần phải đảm bảo mỹ quan, không làm xấu cảnh quan của nhà ở và các công trình kiến trúc khác.

Bảng điện nhóm là nơi đặt các khí cụ điện để nhận điện năng từ đường dây cung cấp và điều khiển, bảo vệ toàn bộ mạng điện nhóm. Các khí cụ điện này thường là công tơ, aptômát, cầu dao, cầu chì v.v...

Vì lí do an toàn, để làm dây dẫn của mạng điện nhóm người ta thường dùng dây dẫn bọc cách điện lõi đồng hoặc nhôm và các dây cáp.

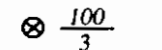
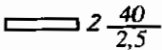
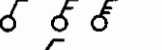
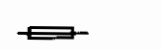
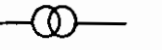
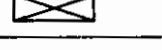
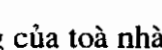
Các dây dẫn này có thể đặt theo một trong 2 cách: đặt nổi và đặt ngầm.

Theo cách đặt nổi, các dây dẫn được luồn trong ống nhựa và được đặt men theo tường nhà và trần nhà đến các đèn, ổ cắm và công tắc.

Cách đặt này thi công đơn giản hơn, dễ kiểm tra và sửa chữa hơn so với cách đặt ngầm, nhưng không đảm bảo mỹ quan. Để cải thiện mỹ quan, khi đặt nổi các tuyến đường dây phải gọn, thẳng ngang hoặc thẳng đứng và bẻ góc vuông. Theo cách đặt ngầm, các dây dẫn được luồn trong ống nhựa và được đặt ngầm ở phía trong tường nhà và trần nhà đến các đèn, ổ cắm và công tắc điện. Cách đặt này thi công phức tạp hơn, nhưng đảm bảo mỹ quan. Dù đặt dây dẫn theo cách nào ta cũng phải tiết kiệm dây dẫn bằng cách chọn tuyến đi của đường dây ngắn nhất. Để biểu diễn mạng điện trong nhà (mạng điện nhóm) người ta thường dùng sơ đồ một dây và số dây dẫn của mỗi đường dây (trừ đường dây một dây dẫn hoặc 2 dây dẫn) được chỉ bằng số gạch nghiêng trên dây đó;

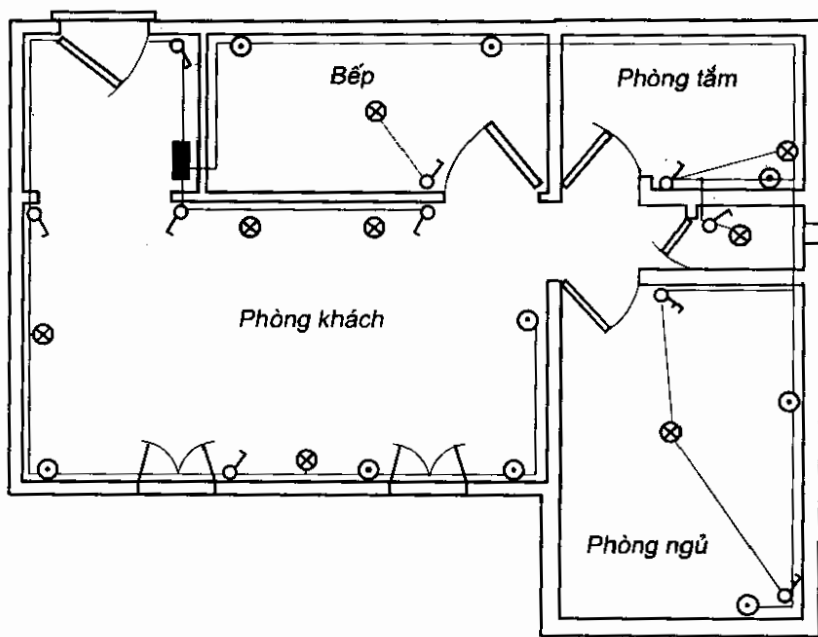
Kí hiệu các đường dây và các phần tử khác trong sơ đồ 1 dây của mạng điện nhóm được cho trong bảng 3.8.

Bảng 3.8. Kí hiệu các phần tử của mạng điện nhóm trong sơ đồ một dây

Tên phần tử	Kí hiệu
Đường dây 2 dây dẫn hoặc 1 dây dẫn	
Đường dây 3 dây dẫn	
Đường dây 4 dây dẫn	
Đèn nung sáng 100W treo cao cách nền nhà 3m	
Đèn huỳnh quang 2 bóng 40W treo cao cách nền nhà 2,5m	
Công tắc 1 cực, công tắc 2 cực, công tắc 3 cực	
Công tắc chuyển nối	
Ổ cắm 2 cực, ổ cắm 3 cực	
Áp tô mét	
Cầu chì	
Máy biến áp	
Bảng điện chung cho phụ tải động lực và chiếu sáng	
Bảng điện nhóm chiếu sáng làm việc	
Bảng điện nhóm chiếu sáng sự cố	

Để thiết kế mạng điện trong nhà trước hết ta phải vẽ sơ đồ mặt bằng của toà nhà, sau đó ta phải vẽ sơ đồ mạng điện theo mặt bằng.

Hình 3-21 là sơ đồ mạng điện nhóm theo mặt bằng của một căn hộ đơn giản.

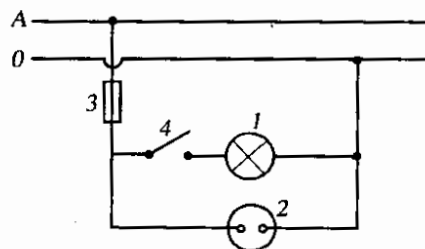


Hình 3-21

4. Một số sơ đồ mắc đèn chiếu sáng trong nhà

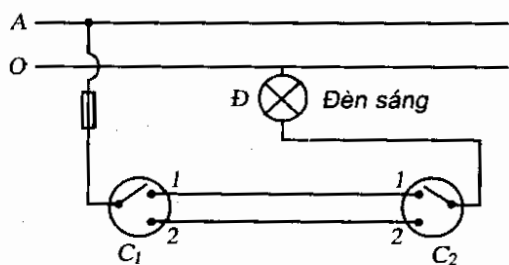
a) Sơ đồ mắc một đèn và 1 ổ cắm (hình 3-22)

Trong sơ đồ này đèn 1 và ổ cắm 2 được mắc giữa dây pha A và dây trung tính O, cầu chì 3 và công tắc 4 cần đặt về phía dây pha để khi đèn hỏng, sau khi tắt công tắc ta có thể thay thế đèn một cách an toàn.

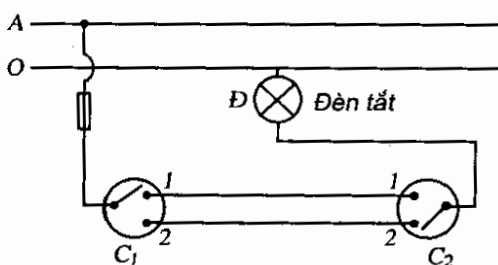


Hình 3-22

b) Sơ đồ mắc đèn cầu thang (hình 3-23)



a)



b)

Hình 3-23

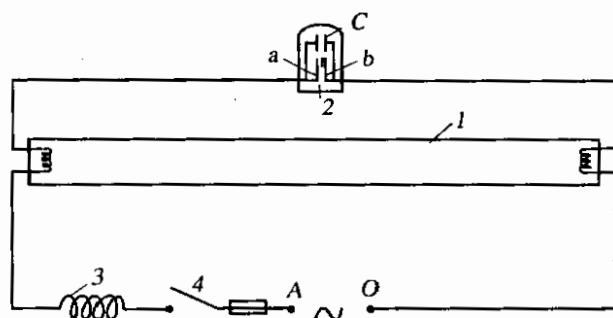
Sơ đồ này cho phép ta bật hoặc tắt đèn cầu thang ở 2 nơi: đầu cầu thang và cuối cầu thang. Muốn vậy người ta dùng 2 công tắc 3 cực (còn gọi là công tắc cầu thang) C_1 và C_2 đặt ở đầu cầu thang và cuối cầu thang.

Bắt đầu lên cầu thang ta bật công tắc C_1 về vị trí 1, mạch điện của đèn Đ kín (hình 3-23a) và đèn Đ sáng cho ta đi lên. Khi đến cuối cầu thang (tầng khác) để tắt đèn Đ ta chỉ cần bật công tắc C_2 sang vị trí 2, mạch điện của đèn Đ hở, đèn Đ tắt (hình 3-23b). Một người khác cần lên cầu thang chỉ cần bật công tắc C_1 về vị trí 2, mạch điện đèn Đ lại kín và đèn Đ lại sáng.

Sơ đồ đèn cầu thang không phải chỉ dùng cho cầu thang mà còn dùng cho hành lang, buồng ngủ v.v...

Khi dùng cho hành lang, hai công tắc C_1 và C_2 được đặt ở hai đầu hành lang, còn khi dùng cho buồng ngủ công tắc C_1 được đặt ở gần cửa ra vào buồng còn công tắc C_2 được đặt gần giường ngủ.

c) Sơ đồ mắc đèn huỳnh quang (hình 3-24)



Hình 3-24

Sơ đồ này bao gồm đèn huỳnh quang (1), state (2), cuộn cảm (3) (còn gọi là hộp chấn lưu) và công tắc (4). State dùng để khởi động đèn, nó là một bóng đèn khí. Trong bóng đèn có 2 điện cực a và b; Điện cực b là một tấm hai kim loại có độ giãn nở nhiệt khác nhau. Khi chưa bật công tắc (4), hai điện cực a và b hở, còn khi bật công tắc (4) State phóng điện giữa hai điện cực, điều đó làm điện cực b nóng lên và duỗi ra tiếp xúc với điện cực a. Khi hai cực của State tiếp xúc với nhau sẽ có dòng điện lớn đi từ nguồn điện qua cuộn cảm (3) và qua hai dây tóc ở hai đầu đèn huỳnh quang (1).

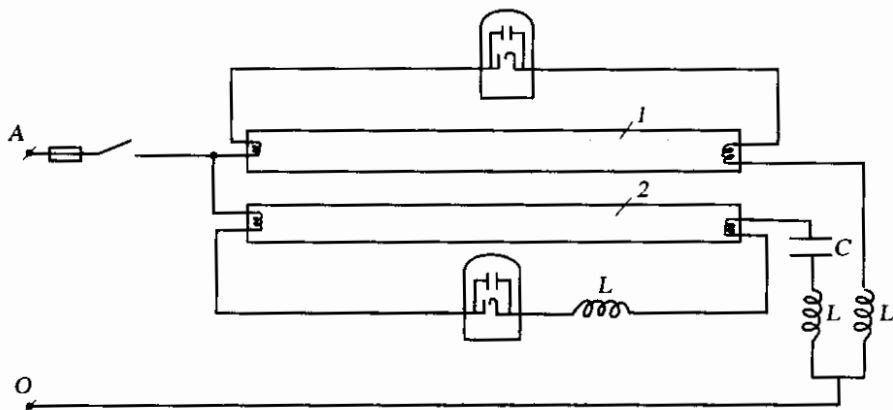
Dòng điện này sẽ đốt nóng dây tóc của đèn huỳnh quang và các dây tóc này phát xạ nhiệt điện tử chuẩn bị phóng điện qua đèn huỳnh quang.

Sau khi các cực a và b của State tiếp xúc với nhau, điện cực b sẽ nguội dần, co lại và rời khỏi điện cực a. Điều đó làm ngắt dòng điện qua cuộn cảm (3) và các dây tóc của đèn huỳnh quang.

Trong trường hợp đó theo định luật cảm ứng điện từ cuộn cảm (3) sẽ cảm ứng một sức điện động lớn.

Sức điện động này cùng với điện áp của nguồn điện sẽ làm đèn huỳnh quang phóng điện qua đèn và đèn sáng lên. Cuộn cảm 3 còn giúp ổn định dòng điện, qua đèn, còn tụ điện C dùng để nâng cao hệ số công suất $\cos\phi$ của đến từ 0,5 đến 0,85. Một nhược điểm của đèn huỳnh quang là ánh sáng bị nhấp nháy do sự không ổn định của dòng điện phóng qua đèn.

Để khắc phục nhược điểm này ta dùng đèn huỳnh quang 2 bóng được cấp điện lệch pha nhau như sơ đồ hình 3-25.



Hình 3-25

Trong sơ đồ này bóng đèn 1 được nối vào nguồn điện qua cuộn cảm L, còn bóng đèn 2 được nối vào nguồn điện qua tụ điện C và cuộn cảm L. Nhờ tụ điện C dòng điện qua 2 bóng đèn sẽ lệch pha nhau (dòng điện qua 2 đèn không giảm đến trị số 0 đồng thời). Do đó quang thông của 2 bóng đèn không tăng hoặc giảm một cách đồng thời và ánh sáng chung của 2 bóng đèn sẽ giảm nhấp nháy.

5. Xác định tổn thất điện áp trên đường dây của mạng điện chiếu sáng

Đặc điểm của mạng điện chiếu sáng là hệ số công suất của phụ tải gần bằng 1. Do đó tổn thất điện áp trên đường dây của mạng điện này được tính toán như ở mạng điện hạ áp ở chương 1 với sự bỏ qua thành phần tổn thất điện áp $\Delta U_x\%$.

Như vậy đối với tất cả loại đường dây, tổn thất điện áp tính theo phần trăm của đường dây mạng điện chiếu sáng $\Delta U\%$ được xác định theo công thức chung:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{dm}} 100 = \frac{1}{CS} \sum_{i=1}^n P_i l_i = \frac{1}{CS} \sum_{i=1}^n M_i$$

Trong đó: U_{dm} là điện áp định mức của đường dây (V) (đối với đường dây 3 pha và 2 pha U_{dm} là điện áp dây U_d còn đối với đường dây 1 pha U_{dm} là điện áp pha U_f) C là hệ số phụ thuộc vào loại đường dây, điện áp định mức và điện dẫn suất của kim loại làm dây dẫn γ (đối với đường dây 3 pha $C = C_3 = U_d^2 \gamma \cdot 10^{-5}$, đối với đường dây 2 pha

$$C = C_2 = \frac{U_d^2 \gamma \cdot 10^{-5}}{2,25}, \text{ còn đối với đường dây 1 pha } C = C_1 = \frac{U_f^2 \cdot \gamma \cdot 10^{-5}}{2}).$$

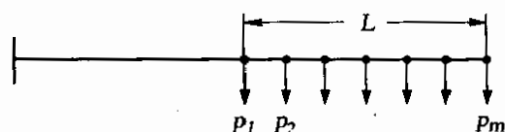
P_i - công suất tác dụng của phụ tải thứ i (KW);

l_i - chiều dài đường dây từ đầu đường dây đến phụ tải thứ i (m);

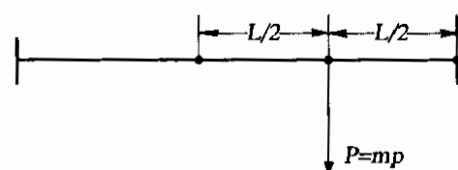
$M_i = P_i l_i$ - mômen phụ tải của phụ tải thứ i (KWm).

Đặc biệt nếu trên đoạn ngắn L nào đó của đường dây phân bố đều m phụ tải có công suất như nhau và bằng p (hình 3-26a) thì khi tính $\Delta U\%$ ta có thể thay thế m phụ tải này bằng một phụ tải có công suất $P = mp$ và đặt ở điểm giữa đoạn L (hình 3-26b).

a)



b)



Hình 3-26

Để giảm nhẹ tính toán, trên bảng 3.9 người ta cho các trị số của C_3 , C_2 , C_1 đối với các loại đường dây khác nhau và với điện áp định mức khác nhau.

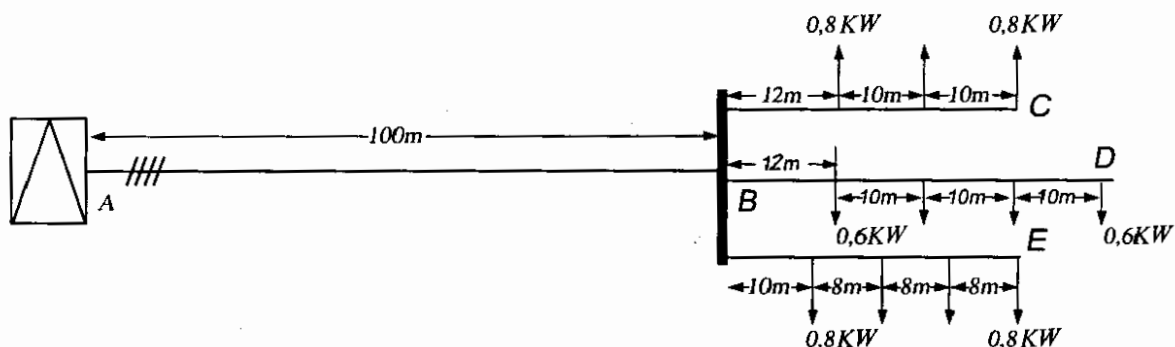
Bảng 3.9. Các hệ số C_1 , C_2 , C_3 của các đường dây với điện áp định mức và vật liệu dẫn điện khác nhau

Điện áp của mạng (U)	Loại đường dây	C_1		C_2		C_3	
		Dây đồng	Dây nhôm	Dây đồng	Dây nhôm	Dây đồng	Dây nhôm
380/220	3 pha với dây trung tính					82	46
380/220	2 pha với dây trung tính			35	20		
220	1 pha	13	7,7				
220/127	3 pha với dây trung tính					27,5	15,4
220/127	2 pha với dây trung tính			11,7	6,7		
127	1 pha	4,3	2,6				
110	1 pha hoặc 1 chiều	3,2	2,0				
36	1 pha hoặc 1 chiều	0,34	0,2				
12	1 pha hoặc 1 chiều	0,037	0,022				

Ví dụ 3.2. Một đường dây của mạng điện chiếu sáng có sơ đồ như hình 3-27.

Đường dây gồm 2 phần: đường dây cung cấp 3 pha với dây trung tính AB từ trạm biến áp đến bảng điện B và 3 đường dây nhóm 1 pha BC, BD, BE từ bảng điện nhóm đến các tổ đèn. Đường dây nhóm BC cấp điện cho 3 tổ đèn với công suất mỗi tổ đèn bằng 0,8KW. Đường dây nhóm BD cấp điện cho 4 tổ đèn với công suất mỗi tổ đèn bằng

0,6KW và đường dây nhóm BE cấp điện cho 4 tổ đèn với công suất mỗi tổ đèn bằng 0,8KW. Đường dây cung cấp AB được thực hiện bằng dây cáp 4 lõi đồng với tiết diện $(3 \times 10\text{mm}^2 + 1 \times 6\text{mm}^2)$, còn các dây nhóm BC, BD, BE được thực hiện bằng dây đồng bọc cách điện với tiết diện $(2 \times 4\text{mm}^2)$. Chiều dài các đoạn đường dây được ghi trên hình vẽ. Hãy tính tổn thất điện áp trên đường dây.



Hình 3-27

Giải:

Tổn thất điện áp trên đoạn AB

$$\Delta U\%_{AB} = \frac{1}{C_3 S} P l = \frac{1}{82 \times 10} 8 \times 100 = 0,97\%$$

Tổn thất điện áp trên đoạn BC

$$\Delta U\%_{BC} = \frac{1}{C_1 S} \sum_{i=1}^3 P_i l_i = \frac{1}{13 \times 4} (0,8 \times 12 + 0,8 \times 22 + 0,8 \times 32) = 1\%$$

Tổn thất điện áp trên đoạn BD

$$\Delta U\%_{BD} = \frac{1}{C_1 S} \sum_{i=1}^4 P_i l_i = \frac{1}{13 \times 4} (0,6 \times 12 + 0,6 \times 22 + 0,6 \times 32 + 0,6 \times 42) = 2,07\%$$

Tổn thất điện áp trên đoạn BE

$$\Delta U\%_{BE} = \frac{1}{C_1 S} \sum_{i=1}^4 P_i l_i = \frac{1}{13 \times 4} (0,8 \times 10 + 0,8 \times 18 + 0,8 \times 26 + 0,8 \times 34) = 1,69\%$$

Từ kết quả tính toán ta có tổn thất điện áp lớn nhất của đường dây

$$\Delta U\%_{AD} = \Delta U\%_{AB} + \Delta U\%_{BD} = 0,97 + 2,07 = 3,04\%$$

6. Chọn tiết diện dây dẫn của mạng điện chiếu sáng

Tiết diện dây dẫn của mạng điện chiếu sáng thường được chọn theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép sau đó phải kiểm tra lại tiết diện được chọn theo điều kiện đốt nóng cho phép và điều kiện độ bền cơ khí.

a) Chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép

Theo điều kiện này tổn thất điện áp trên một đường dây $\Delta U\%$ phải không được vượt quá tổn thất điện áp cho phép $\Delta U\%_{cf}$ đối với đường dây đó.

Điều đó có nghĩa là:

$$\Delta U\% = \frac{1}{CS} \sum_{i=1}^n P_i l_i \leq \Delta U\%_{cp}$$

Từ đây ta rút ra tiết diện S cần thiết của mỗi dây pha của đường dây

$$S \geq \frac{1}{C \Delta U\%_{cf}} \sum_{i=1}^n P_i l_i \quad \text{hoặc} \quad S_{\min} = \frac{1}{\Delta U\%_{cf}} \sum_{i=1}^n P_i l_i$$

Trong đó $C = C_3$ đối với đường dây 3 pha, $C = C_2$ đối với đường dây 2 pha và $C = C_1$ đối với đường dây 1 pha. Các trị số của C_3, C_2, C_1 được cho trong bảng 3.9 phụ thuộc vào điện áp của mạng và kim loại màu làm dây dẫn.

Tổn thất điện áp cho phép $\Delta U\%_{cf}$ của đường dây từ thanh góp hạ áp của trạm biến áp đến phụ tải chiếu sáng xa nhất trong nhà ở và công trình công cộng phụ thuộc vào công suất của máy biến áp cung cấp, hệ số tải của máy biến áp, hệ số công suất của phụ tải tổng của máy biến áp và điện áp nhỏ nhất cho phép của đèn xa nhất. Đối với mạng điện chiếu sáng, $\Delta U\%_{cf}$ này được tính toán với điện áp nhỏ nhất cho phép của đèn xa nhất bằng 97,5% điện áp định mức và hệ số tải của máy biến áp bằng 0,9.

Khi tính toán mạng điện chiếu sáng người ta cho phép dùng $\Delta U\%_{cf}$ được tính toán theo điều kiện trên mà không cần quan tâm đến hệ số tải của máy biến áp và điện áp nhỏ nhất cho phép của đèn xa nhất.

Tổn thất điện áp cho phép $\Delta U\%_{cf}$ như vậy được cho trong bảng 3.10.

Khi chọn tiết diện dây dẫn của mạng điện cung cấp từ trạm biến áp đến bảng điện của mỗi nhà ta lấy $\Delta U\%_{cf}$ bằng $(60 \div 70)\%$ trị số ghi trong bảng 3.10. Còn khi chọn tiết diện dây dẫn của mạng điện nhóm từ bảng điện đến mỗi đèn ta lấy $\Delta U\%_{cf}$ bằng $(30 \div 40)\%$ trị số ghi trong bảng 3.10.

Sau khi tính được $S_{\min}$ tra bảng các tiết diện tiêu chuẩn của dây dẫn ta dễ dàng chọn được tiết diện tiêu chuẩn S lớn hơn và gần $S_{\min}$ nhất.

Tiết diện S được chọn như trên là tiết diện của dây pha còn tiết diện của dây trung tính được chọn bằng một nửa tiết diện dây pha đối với đường dây 3 pha với dây trung tính. Còn đối với đường dây 2 pha với dây trung tính và đường dây một pha, tiết diện của dây trung tính bằng tiết diện của dây pha.

Bảng 3.10. Tổn thất điện áp cho phép theo phần trăm $\Delta U\%_{cf}$ của mạng điện chiếu sáng từ thanh góp hạ áp của trạm biến áp đến đèn xa nhất

Công suất của máy biến áp (KVA)	$\Delta U\%_{cf}$ khi hệ số công suất của phụ tải tổng của máy biến áp				
	1	0,9	0,8	0,7	0,6
5	4	2,5	2,5	2,5	2,5
10	4,5	3			
20					
30	5,0	3,5	3,0		
50					
75					
100					
135	5,5	3,5	3,0		
180					
240					
320	6,0			4,0	3,0
420					
≥ 560					

b) Kiểm tra tiết diện dây dẫn được chọn theo điều kiện đốt nóng cho phép

Việc kiểm tra này được tiến hành một cách đơn giản như sau:

Khi biết tiết diện dây dẫn được chọn S và loại dây dẫn tra một trong các bảng 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 (chương 2) tùy theo loại dây dẫn, ta tìm được dòng điện lâu dài cho phép I_{cf} của dây dẫn đó.

Theo điều kiện đốt nóng cho phép, dòng điện lâu dài cho phép I_{cf} này phải lớn hơn dòng điện phụ tải I_{pt} trong mỗi dây pha của đường dây.

Điều đó có nghĩa là:

$$I_{cf} > I_{pt}$$

Trong đó đối với các loại đường dây khác nhau, dòng điện phụ tải I_{pt} được xác định như trong mạng điện hạ áp ở chương 2.

c) Kiểm tra tiết diện dây dẫn được chọn theo điều kiện độ bền cơ khí

Để đảm bảo dây dẫn không bị đứt khi lắp đặt, vận hành và chịu được tác dụng của môi trường tiết diện dây dẫn phải không được nhỏ hơn một trị số S_{minco} nào đó. Trị số S_{minco} này phụ thuộc vào loại dây dẫn, kim loại làm dây dẫn, cách đặt và môi trường đặt dây dẫn. Theo các yếu tố này tra bảng 2.6 (chương 2), ta tìm được S_{minco} và ta kiểm tra

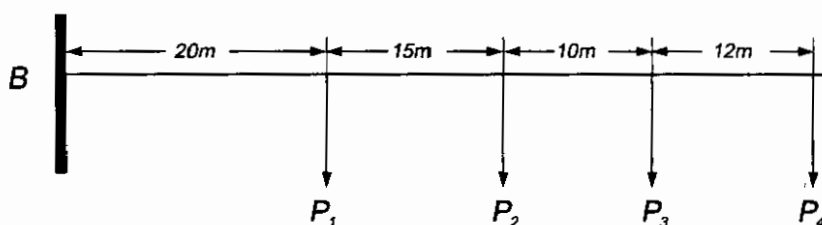
theo điều kiện tiết diện dây dẫn được chọn S phải không được nhỏ hơn $S_{\min\text{cơ}}$ này. Điều đó có nghĩa là kiểm tra theo điều kiện:

$$S \geq S_{\min\text{cơ}}$$

Ví dụ 3.3 chọn tiết diện dây dẫn của 1 đường dây nhóm 2 pha với dây trung tính, cấp điện cho 4 tổ đèn nung sáng như hình 3-28, mạng điện có điện áp 380/220V. Công suất của các tổ đèn lần lượt là $P_1 = 0,6\text{KW}$, $P_2 = 0,8\text{KW}$, $P_3 = 0,75\text{KW}$ và $P_4 = 0,5\text{KW}$.

Máy biến áp cung cấp điện cho bảng điện B có công suất 100KVA và phụ tải tổng của máy biến áp có $\cos\varphi = 0,9$.

Đường dây nhóm được thực hiện bằng dây đồng bọc cách điện luồn trong các ống nhựa đặt ngầm phía trong tường và trần nhà, chiều dài các đoạn đường dây được ghi trên hình vẽ.



Hình 3-28

Giải:

Đối với dây đồng bọc cách điện 2 pha điện áp 380/220V $C_2 = 35$, với máy biến áp 100KVA và tổng phụ tải của máy biến áp có $\cos\varphi = 0,9$, tra bảng 3.10 ta có tổn thất điện áp cho phép từ trạm biến áp đến tổ đèn xa nhất là 3,5%.

Tổn thất điện áp cho phép trên đường dây mạng điện nhóm

$$\Delta U\%_{\text{cf}} = 0,4 \times 3,5 = 1,4\%$$

Từ đây ta có tiết diện nhỏ nhất của dây dẫn là

$$\begin{aligned} S_{\min} &= \frac{1}{C_2 \Delta U\%_{\text{cf}}} (P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3 + P_4 l_4) \\ &= \frac{1}{35 \times 1,4} (0,6 \times 20 + 0,8 \times 35 + 0,75 \times 45 + 0,5 \times 57) = 1,89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Với $S_{\min} = 1,89 \text{ mm}^2$, tra bảng tiết diện dây dẫn tiêu chuẩn ta chọn tiết diện $S = 2,5 \text{ mm}^2$.

Với dây đồng bọc cách điện tiết diện $2,5 \text{ mm}^2$, tra bảng 2.2 ta có dòng điện lâu dài cho phép của dây dẫn $I_{\text{cf}} = 19\text{A}$. Dòng điện phụ tải của đường dây.

$$I_{pt} = \frac{1000P}{2U_f \cos \varphi} = \frac{1000(0,6 + 0,8 + 0,75 + 0,5)}{2 \times 220 \times 1} = 6A < I_{cf} = 19A$$

tiết diện được chọn thoả mãn điều kiện đốt nóng cho phép, với dây đồng bọc cách điện đi đến các đèn trong nhà, tra bảng 2.6 ta có tiết diện tối thiểu theo điều kiện độ bền cơ khí $S_{minco} = 0,5mm^2 < S = 2,5mm^2$. Tiết diện được chọn thoả mãn điều kiện độ bền cơ khí.

7. Chọn tiết diện của đường dây có phân nhánh theo chỉ tiêu khối lượng kim loại màu nhỏ nhất

Đường dây có phân nhánh là đường dây có nhiều đoạn dây khác nhau: đoạn đường dây chính và các đoạn đường dây phân nhánh.

Các đoạn đường dây của đường dây có phân nhánh có thể có cùng số dây dẫn hoặc có số dây dẫn khác nhau. Một vấn đề đặt ra khi chọn tiết diện của các đoạn đường dây này là ta chỉ biết tổn thất điện áp cho phép $\Delta U\%_{cf}$ trên toàn bộ đường dây mà không biết tổn thất điện áp cho phép trên mỗi đoạn đường dây.

Nói cách khác phải phân chia tổn thất điện áp tổng $\Delta U\%_{cf}$ cho các đoạn đường dây như thế nào?

Tất nhiên ta có thể phân chia như trước đây: tổn thất điện áp cho phép trên đoạn đường dây cung cấp chiếm $(0,6 \div 0,7)\Delta U\%_{cf}$ tổng, còn tổn thất điện áp trên đoạn đường dây nhóm chiếm $(0,3 \div 0,4)\Delta U\%_{cf}$ tổng.

Song chọn tiết diện S của các đoạn đường dây theo sự phân chia như vậy không đảm bảo được một trong những chỉ tiêu kinh tế của đường dây là chi phí khối lượng kim loại màu nhỏ nhất.

Khi nghiên cứu các chỉ tiêu kinh tế của mạng điện chiếu sáng người ta nhận thấy rằng mạng điện chiếu sáng kinh tế nhất khi nó đảm bảo khối lượng kim loại màu tối thiểu.

Do đó tiết diện của đường dây có phân nhánh của mạng điện chiếu sáng thường được chọn theo chỉ tiêu khối lượng kim loại màu (đồng hoặc nhôm) bé nhất. Phương pháp chọn như vậy dựa trên việc giải bài toán tối ưu: tìm tiết diện S của các đoạn đường dây sao cho khối lượng kim loại màu bé nhất và tổng tổn thất điện áp của các đoạn đường dây không vượt quá tổn thất điện áp cho phép $\Delta U\%_{cf}$ của cả đường dây. Lời giải của bài toán này là

$$S_t = \frac{\sum M + \sum \alpha m}{C \Delta U\%}$$

Trong đó: S_t - tiết diện tính toán dây dẫn của đoạn đường dây được xét (mm^2); M , m là các mô men phụ tải (KWm) (mômen phụ tải của mỗi đoạn đường dây là tích công suất phụ tải P_d của đoạn đường dây đó với chiều dài L của đoạn đường dây đó).

ΣM là tổng mômen phụ tải của đoạn đường dây được xét và các đoạn tiếp theo (theo chiều dòng năng lượng) có cùng số dây dẫn với đoạn được xét (KWm); $\Sigma \alpha m$ là tổng mômen phụ tải của các đoạn tiếp theo sau đoạn được xét (theo chiều dòng năng lượng) có số dây dẫn khác với đoạn được xét nhân với hệ số quy đổi mômen α .

C - hệ số phụ thuộc vào loại dây dẫn, điện áp và kim loại làm dây dẫn của đoạn đường dây được xét.

$\Delta U\%$ - tổn thất điện áp cho phép trên đường dây từ đầu đoạn được xét đến cuối đường dây.

Khi đoạn được xét là đoạn đầu đường dây, $\Delta U\%$ này chính là $\Delta U\%_{cf}$ của toàn bộ đường dây.

Hệ số quy đổi mômen α phụ thuộc vào sự khác nhau về loại đường dây (số dây dẫn) giữa đoạn được xét (đường dây chính) và đoạn đường dây tiếp theo (đường dây phân nhánh). Hệ số C được cho trong bảng 3.9, còn hệ số quy đổi mômen α được cho trên bảng 3.11.

Bảng 3.11. Hệ số quy đổi mômen α

Đường dây chính	Đường dây phân nhánh	Hệ số α
3 pha với dây trung tính (4 dây dẫn)	1 pha (2 dây dẫn)	1,85
3 pha với dây trung tính (4 dây dẫn)	2 pha với dây trung tính (3 dây dẫn)	1,39
2 pha với dây trung tính (3 dây dẫn)	1 pha (2 dây dẫn)	1,33
3 pha không dây trung tính	2 pha không dây trung tính	1,15

Chọn tiết diện dây dẫn của các đoạn đường dây theo phương pháp này được tiến hành như sau:

Đầu tiên ta tính tiết diện S_{t1} của đoạn đầu đường dây theo công thức:

$$S_{t1} = \frac{\Sigma M + \Sigma \alpha m}{C \Delta U\%}$$

Trong đó: $\Delta U\%$ bằng tổn thất điện áp cho phép của toàn bộ đường dây $\Delta U\%_{cf}$ (xem bảng 3.10). Sau khi biết S_{t1} ta chọn tiết diện dây dẫn tiêu chuẩn S_1 gần S_{t1} nhất.

Khi chọn xong tiết diện S_1 của dây dẫn đoạn đầu đường dây ta tính tổn thất điện áp trên đoạn đầu đường dây theo công thức:

$$\Delta U\% = \frac{1}{CS_1} P_{d1} L_1$$

Trong đó: P_{d1} - công suất tác dụng được truyền tải trên đoạn đầu đường dây (KW);

L_1 - chiều dài đoạn đầu đường dây (m);

C - hệ số tính toán của đoạn đầu đường dây (theo bảng 3.9).

Sau đó ta tiến hành tính tiết diện S_{12} của dây dẫn đoạn thứ 2, cũng theo công thức như của S_{11} nhưng với

$$\Delta U\% = \Delta U\%_{cf} - \Delta U_1\%$$

và ΣM và $\Sigma \alpha m$ được tính kể từ đoạn thứ 2 này. Sau khi tính được S_{12} tra bảng tiết diện tiêu chuẩn ta chọn tiết diện tiêu chuẩn S_2 gần S_{12} nhất. Khi chọn xong S_2 ta tính tổn thất điện áp trên đoạn thứ 2 theo công thức:

$$\Delta U_2\% = \frac{1}{CS_2} P_{d2} L_2$$

Trong đó: P_{d2} - công suất tác dụng được truyền tải trên đoạn thứ 2 (KW);

L_2 - chiều dài của đoạn đường dây thứ 2 (m);

C - hệ số tính toán của đoạn đường dây thứ 2.

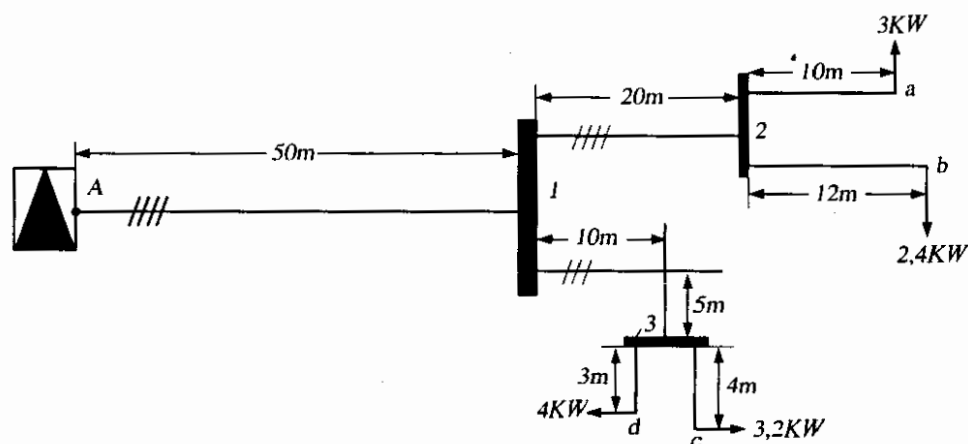
Tiếp theo ta chọn tiết diện dây dẫn của đoạn thứ 3 cũng theo công thức như của S_{11} nhưng với

$$\Delta U\% = \Delta U_{cf}\% - \Delta U_1\% - \Delta U_2\%$$

và ΣM và $\Sigma \alpha m$ được tính kể từ đoạn thứ 3 này.

Cứ tiếp tục tính như vậy, ta có thể chọn được tiết diện dây dẫn của tất cả các đoạn tiếp theo của đường dây.

Ví dụ 3.4. Chọn tiết diện dây dẫn của các đoạn đường dây của một đường dây có phân nhánh như hình 3-29.



Hình 3-29

Biết rằng đoạn đường dây từ trạm biến áp A đến bảng điện 1 và đoạn từ bảng điện 1 đến bảng điện 2 là đường dây 3 pha với dây trung tính (4 dây dẫn), đoạn đường dây từ bảng điện 1 đến bảng điện 3 là đường dây 2 pha với dây trung tính (3 dây dẫn); còn các

đoạn đường dây 2a, 2b, 3c, 3d là đường dây 1 pha (2 dây). Các đường dây 2a, 2b, 3c, 3d cung cấp cho các tổ đèn với công suất lần lượt là 3KW, 2,4KW, 3,2KW và 4KW chiều dài các đoạn đường dây được ghi trên hình vẽ. Tất cả đường dây đều được thực hiện bằng dây nhôm và máy biến áp cung cấp có công suất 100KVA và tổng phụ tải của nó có $\cos\varphi = 0,9$, mạng điện có điện áp 380V/220.

Giải:

Với máy biến áp 100KVA và phụ tải của nó có $\cos\varphi = 0,9$, tra bảng 3.10, ta có tổn thất điện áp cho phép của toàn bộ đường dây $\Delta U\%_{cf} = 3,5\%$.

Khi dùng dây nhôm, điện áp 380/220V ta có hệ số.

$C = C_3 = 46$ đối với đường dây 3 pha với dây trung tính;

$C = C_2 = 20$ đối với đường dây 2 pha với dây trung tính ;

$C = C_1 = 7,7$ đối với đường dây 1 pha.

Tiết diện tính toán của đoạn đầu A-1.

$$S_{t(A-1)} = \frac{\sum M + \sum \alpha m}{C_3 \Delta U\%_{cf}} = \frac{M_{A-1} + M_{1-2} + \alpha_{4-3} m_{1-3} + \alpha_{4-2} (m_{2-a} + m_{2-b} + m_{3-c} + m_{3-d})}{C_3 \Delta U\%_{cf}}$$

Tra bảng 3.11 ta có $\alpha_{4-3} = 1,39$ và $\alpha_{4-2} = 1,85$,

Từ đó ta có:

$$S_{t(A-1)} = \frac{12,6 \times 50 + 5,4 \times 20 + 1,39(7,2 \times 15) + 1,85(3 \times 10 + 2,4 \times 12 + 4 \times 3 + 3,24)}{46 \times 3,5} = 6,47 \text{ mm}^2$$

Tra bảng tiết diện dây dẫn tiêu chuẩn ta chọn tiết diện dây dẫn đoạn A-1 là $S_1 = 10 \text{ mm}^2$.

Tổn thất điện áp trên đoạn A-1 là

$$\Delta U_{A-1} \% = \frac{M_{A-1}}{C_3 S} = \frac{12,6 \times 50}{46 \times 10} = 1,37\%$$

Tiết diện tính toán trên đoạn 1-2

$$S_{t(1-2)} = \frac{M_{1-2} + \alpha_{4-2} (m_{2a} + m_{2b})}{C_3 (\Delta U\%_{cf} - \Delta U_{A-1} \%)} = \frac{5,4 \times 20 + 1,85(3 \times 10 + 2,4 \times 12)}{46(3,5 - 1,37)} = 2,12 \text{ mm}^2$$

Tra bảng tiết diện tiêu chuẩn, ta chọn tiết diện dây dẫn trên đoạn 1-2 là $S_{(1-2)} = 4 \text{ mm}^2$

Tiết diện tính toán trên đoạn 1-3 là:

$$S_{t(1-3)} = \frac{M_{13} + \alpha_{3-2} (m_{3c} + m_{3d})}{C_2 (\Delta U\%_{cf} - \Delta U\%)} = \frac{7,2 \times 15 + 1,33(3,2 \times 4 + 4 \times 3)}{20 (3,5 - 1,37)} = 3,3 \text{ mm}^2$$

Tra bảng tiết diện dây dẫn tiêu chuẩn, ta chọn tiết diện dây dẫn trên đoạn 1-3 là $S_{(1-3)} = 4\text{mm}^2$.

Tổn thất điện áp trên đoạn 1-2

$$\Delta U_{1-2} \% = \frac{M_{1-2}}{C_3 S_{(1-2)}} = \frac{5,4 \times 20}{46 \times 4} = 0,58\%$$

Tổn thất điện áp trên đoạn 1.3.

$$\Delta U_{1-3} \% = \frac{M_{13}}{C_2 S_{(1-3)}} = \frac{7,2 \times 15}{20 \times 4} = 1,35\%$$

Tiết diện tính toán của dây dẫn đoạn 2a

$$S_{l(2-a)} = \frac{M_{2-a}}{C_1 (\Delta U \%_{cf} - \Delta U_{A1} \% - \Delta U_{1-2} \%)} = \frac{3 \times 10}{7,7(3,5 - 1,37 - 0,58)} = 2,5\text{mm}^2$$

Tra bảng tiết diện dây dẫn tiêu chuẩn ta chọn tiết diện dây dẫn trên đoạn 2-a là $S_{(2-a)} = 2,5\text{mm}^2$.

Tiết diện tính toán của dây dẫn trên đoạn 2-b

$$S_{l(2-b)} = \frac{M_{2-b}}{C_1 (\Delta U \%_{cf} - \Delta U_{A-1} \% - \Delta U_{1-2} \%)} = \frac{2,4 \times 12}{7,7(3,5 - 1,37 - 0,58)} = 2,4\text{mm}^2$$

Ta chọn tiết diện dây dẫn trên đoạn 2-b là $S_{(2-b)} = 2,5\text{mm}^2$

Tiết diện tính toán dây dẫn trên đoạn 3c.

$$S_{l(3-c)} = \frac{M_{3-c}}{C_1 (\Delta U \%_{cf} - \Delta U_{A-1} \% - \Delta U_{1-3} \%)} = \frac{3,2 \times 4}{7,7(3,5 - 1,37 - 1,35)} = 2,13 \text{ mm}^2$$

Ta chọn tiết diện dây dẫn trên đoạn 3-c là $S_{(3-c)} = 2,5\text{mm}^2$. Tiết diện tính toán dây dẫn trên đoạn 3d.

$$S_{l(3-d)} = \frac{M_{3-d}}{C_1 (\Delta U \%_{cf} - \Delta U_{A-1} \% - \Delta U_{1-3} \%)} = \frac{4 \times 3}{7,7(3,5 - 1,37 - 1,35)} = 2\text{mm}^2$$

Ta chọn tiết diện dây dẫn trên đoạn 3-d là $S_{(3-d)} = 2,5\text{mm}^2$

Chương IV

AN TOÀN ĐIỆN CHO NHÀ Ở VÀ CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG CÔNG CỘNG

§4.1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM LIÊN QUAN ĐẾN AN TOÀN ĐIỆN

1. Tác dụng nguy hiểm của dòng điện khi đi qua người và phân loại nhà theo an toàn điện

Khi dòng điện đi qua người nó sẽ gây ra 3 tác dụng chủ yếu: tác dụng nhiệt, tác dụng điện hoá và tác dụng sinh học. Tác dụng nhiệt làm người bị cháy bỏng, tác dụng điện hoá làm máu bị điện phân, còn tác dụng sinh học kích thích các tế bào thần kinh gây co dật, rối loạn hệ thống thần kinh và thậm chí làm tê liệt cơ tim. Độ nguy hiểm của tai nạn về điện phụ thuộc chủ yếu vào trị số và thời gian tồn tại của dòng điện trong người, đường đi của dòng điện và loại dòng điện. Dòng điện qua người có trị số càng lớn và tồn tại trong người càng lâu thì càng nguy hiểm.

Trong đa số trường hợp người có thể chết khi dòng điện qua người có trị số lớn hơn 0,1A và tồn tại trong người quá 3 giây.

Đường đi nguy hiểm nhất của dòng điện qua người là từ tay này đến tay khác hoặc từ tay đến chân vì khi đó dòng điện đi qua tim và có thể làm tê liệt cơ tim.

Dòng điện xoay chiều qua người nguy hiểm hơn dòng điện một chiều, nguy hiểm nhất là dòng điện xoay chiều tần số 50Hz. Khi tần số tăng quá 50Hz độ nguy hiểm của dòng điện qua người giảm xuống.

Tuỳ theo mức nguy hiểm về điện đối với con người, người ta chia các nhà ra làm 3 loại: nhà ít nguy hiểm về điện, nhà nguy hiểm cao về điện, và nhà đặc biệt nguy hiểm về điện.

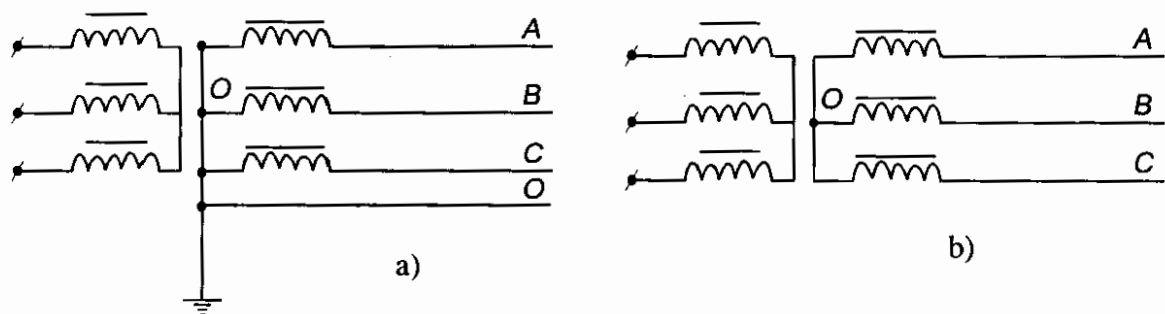
Loại nhà ít nguy hiểm về điện bao gồm các nhà khô ráo, thoáng mát với nền nhà không dẫn điện, trong nhà không có các cấu kiện hoặc thân máy kim loại, không có bụi dẫn điện. Ví dụ các phòng ở, văn phòng với nền nhà lát bằng gỗ.

Loại nhà nguy hiểm cao về điện bao gồm các nhà ẩm ướt (độ ẩm tương đối cao hơn 75%), nóng (nhiệt độ cao hơn 30°C) với nền nhà dẫn điện (bê tông cốt sắt, kim loại, gạch lát, đất) hoặc trong nhà chứa nhiều cấu kiện kim loại, các ống dẫn và thân máy bằng kim loại.

Loại nhà đặc biệt nguy hiểm về điện bao gồm các nhà đặc biệt ẩm ướt (độ ẩm tương đối gần 100%) trong đó nền nhà, trần và tường nhà luôn phủ 1 lớp nước (ví dụ nhà tắm, buồng giặt v.v..) hoặc những nhà có môi trường hoá học làm hỏng cách điện hoặc những nhà tồn tại đồng thời 2 yếu tố của loại nhà nguy hiểm cao về điện.

2. Phân loại mạng điện theo kiểu nối đất điểm trung tính của nguồn điện và tính toán trị số dòng điện qua người

Nguồn điện của mạng điện hạ áp ($U < 1000V$) thường là máy biến áp 3 pha trong đó 3 pha cuộn dây thứ cấp được nối hình sao và điểm trung tính của nó có thể được nối trực tiếp với đất (hình 4-1a) hoặc cách điện với đất (hình 4-1b).



Hình 4-1

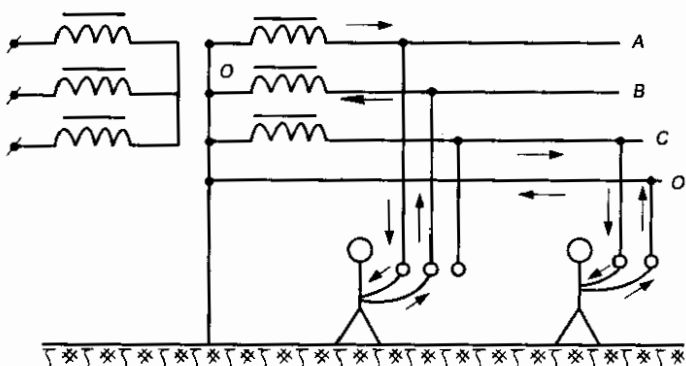
Mạng điện có điểm trung tính của nguồn được nối trực tiếp với đất hoặc nối với đất qua một điện trở nhỏ được gọi là mạng điện có trung điểm của nguồn nối đất. Còn mạng điện có điểm trung tính của nguồn cách điện với đất hoặc nối với đất qua một tổng trở lớn được gọi là mạng điện có trung điểm của nguồn cách điện với đất.

Trong mạng điện hạ áp người ta quy định đối với mạng điện xoay chiều 3 pha 4 dây điện áp 380/220V và 220/127V điểm trung tính của nguồn điện nhất thiết phải nối đất trực tiếp, còn đối với mạng điện xoay chiều 3 pha 3 dây điện áp 380V và 220V điểm trung tính của nguồn có thể nối đất trực tiếp hoặc cách điện với đất. Đối với lưới điện xoay chiều 3 pha 3 dây điện áp 500V và 660V trung điểm của nguồn phải cách điện với đất.

Có 2 dạng tiếp xúc của con người với mạng điện: tiếp xúc 2 cực và tiếp xúc một cực.

Tiếp xúc 2 cực là tiếp xúc của con người với 2 dây dẫn không bọc cách điện của mạng điện (2 dây pha hoặc 1 dây pha và 1 dây trung tính). Tiếp xúc 2 cực thường nguy hiểm hơn tiếp xúc một cực, nguy hiểm nhất là khi 2 tay người chạm phải 2 pha khác nhau.

Tiếp xúc một cực là tiếp xúc của người với một dây pha của mạng điện hoặc chạm vào thân hoặc vỏ kim loại của thiết bị điện bị rò điện.



Hình 4-2

Thân hoặc vỏ kim loại này (gọi chung là maxơ (masse)) bình thường không có điện, nhưng khi hỏng cách điện giữa một dây pha và maxơ, maxơ trở nên có điện. Trên hình 4-2 biểu diễn đường đi của dòng điện qua người và mạng điện khi tiếp xúc 2 cực, còn trên hình 4-3 biểu diễn đường đi của dòng điện qua người và mạng điện khi tiếp xúc 1 cực trong 2 trường hợp: mạng điện với trung điểm của nguồn nối đất (hình 4-3a) và mạng điện với trung điểm của nguồn cách điện (hình 4-3b).

Trong tiếp xúc 2 cực (hình 4-2) dòng điện sẽ đi từ 1 dây pha qua người đến một dây pha khác hoặc dây trung tính.

Khi người chạm vào 2 dây pha, dòng điện qua người tính theo A được xác định theo công thức:

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

còn khi người chạm vào 1 dây pha và 1 dây trung tính dòng điện qua người sẽ là:

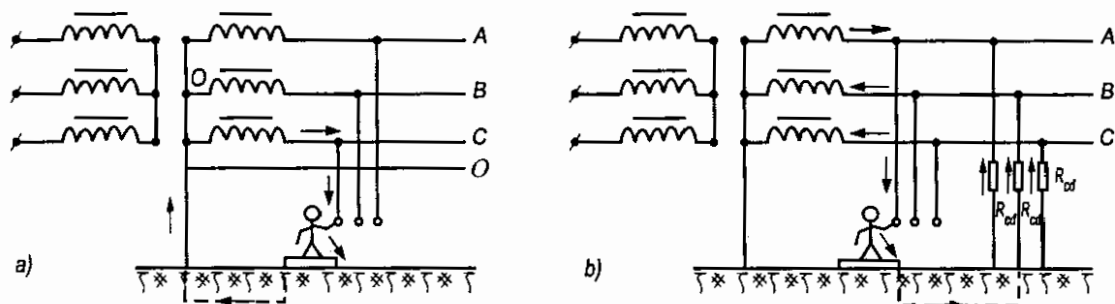
$$I_{ng} = \frac{U_f}{R_{ng}}$$

Trong đó: U_d - điện áp dây của mạng điện (V);

U_f - điện áp pha của mạng điện (V);

R_{ng} - điện trở của người (Ω).

Điện trở của người R_{ng} giao động trong khoảng $(500 \div 100000)\Omega$ phụ thuộc chủ yếu vào các yếu tố: chiều dày, trạng thái và độ ẩm của da ở chỗ tiếp xúc, điều kiện môi trường xung quanh, thời gian dòng điện qua người, trạng thái sức khỏe của người v.v... Nếu da người ở chỗ tiếp xúc bị xây xát, ẩm ướt thì điện trở của người chỉ còn khoảng $500 \div 1000\Omega$.



Hình 4-3

Trong tính toán an toàn điện người ta lấy $R_{ng} = 1000\Omega$. Trong tiếp xúc một cực dòng điện qua người sẽ khác nhau đối với mạng điện có trung điểm của nguồn nối đất và đối với mạng điện có trung điểm của nguồn cách điện với đất. Đối với mạng điện có trung

điểm của nguồn nối đất (hình 4-3a) dòng điện đi từ 1 dây pha qua người xuống đất và đi tản trong đất đến điểm trung tính của nguồn điện. Do đó dòng điện qua người tính theo A được xác định theo công thức:

$$I_{ng} = \frac{U_f}{R_{ng} + R_d + R_o}$$

Trong đó: U_f - điện áp pha của mạng điện (V);

R_{ng} - điện trở của người (Ω);

R_d - điện trở của giày dép và giá đứng (Ω);

R_o - điện trở của vật nối đất trung tính của nguồn điện (Ω).

Trong trường hợp này, nguy hiểm nhất là khi tiếp xúc 1 cực xảy ra trong toà nhà ẩm ướt hoặc ngoài trời mưa, lúc đó R_d rất nhỏ và ta có thể xem gần đúng.

$$I_{ng} = \frac{U_f}{R_{ng} + R_o}$$

Đối với mạng điện có trung điểm của nguồn cách điện với đất (hình 4-3b) mỗi dây pha có 1 điện trở cách điện R_{cd} và 1 điện dung C đối với đất. Dòng điện đi từ 1 dây pha qua người xuống đất rồi từ đất qua các điện trở cách điện R_{cd} và điện dung C đến các dây pha khác.

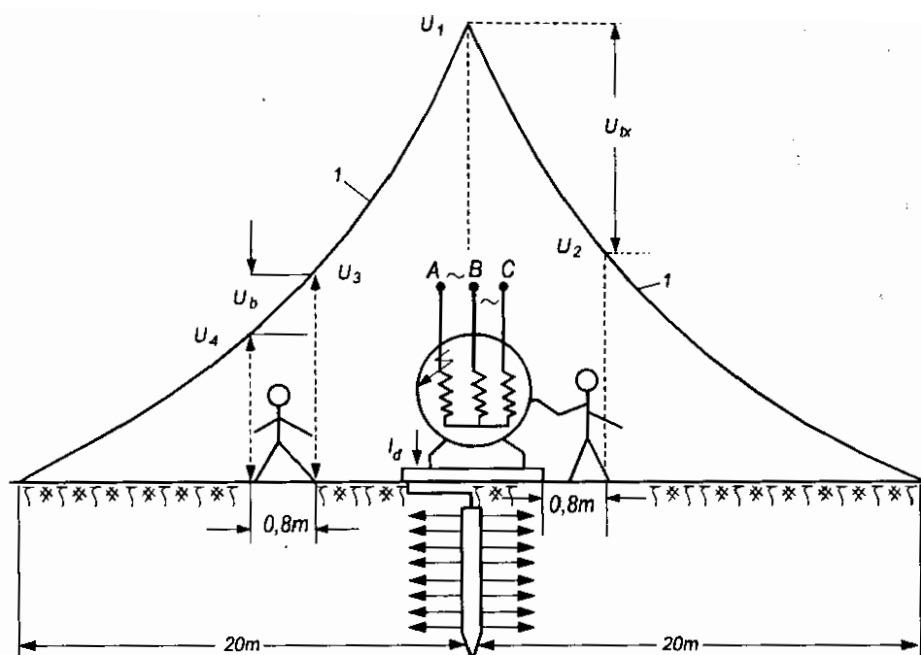
Khi bỏ qua dung kháng x_c của điện dung C và điện trở của giày dép và giá đứng của người, ta có trị số dòng điện qua người tính theo A là:

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

Trong thực tế R_{cd} thường rất lớn, do đó dòng điện qua người I_{ng} trong mạng điện có trung điểm của nguồn cách điện với đất thường rất nhỏ khi tiếp xúc 1 cực. Đó là ưu điểm của mạng điện có trung điểm của nguồn cách điện so với mạng điện có trung điểm của nguồn nối đất về mặt an toàn điện. Do đó khi dùng mạng 3 pha 3 dây cấp điện cho các đối tượng có nguy hiểm cao về điện (ví dụ các hầm mỏ) người ta thường dùng nguồn điện có điểm trung tính cách điện với đất.

3. Khái niệm về điện trở tản của vật nối đất, điện áp tiếp xúc và điện áp bước

Nếu vỏ hoặc thân kim loại của một thiết bị điện được nối đất bằng một vật nối đất nào đó, thì khi ngắn mạch 1 pha chạm vỏ (chạm maxơ) dòng điện ngắn mạch sẽ đi từ dây pha đến vỏ xuống đất qua vật nối đất rồi tản ra các lớp đất xung quanh trong vùng bán kính khoảng 20 mét (hình 4-4).



Hình 4-4

Đồng thời với sự tản của dòng điện trong đất, điện thế tại các điểm trên mặt đất xung quanh vật nối đất sẽ biến thiên như đường cong 1 hình 4-4. Tại điểm nối đất có điện thế đỉnh U_1 , càng xa vật nối đất điện thế giảm dần và điện thế bằng 0 tại điểm cách vật nối đất khoảng 20 mét. Điện trở tản của dòng điện từ điểm nối đất đến điểm có điện thế bằng 0 được gọi là điện trở tản của vật nối đất hay gọi tắt là điện trở nối đất (R_{nd}) (khi bỏ qua điện trở của dây nối đất từ vỏ thiết bị điện đến vật nối đất vì nó rất nhỏ so với điện trở tản trong đất).

Nếu thân của thiết bị điện bị rò điện có điện thế U_1 và điểm đứng của người chạm vào thân của thiết bị điện có điện thế là U_2 , thì điện áp đặt vào người chạm vào vỏ thiết bị điện sẽ là:

$$U_{tx} = U_1 - U_2$$

Điện áp này được gọi là điện áp tiếp xúc.

Cũng như vậy nếu người đứng một chân tại điểm có điện thế U_3 còn chân kia tại điểm có điện thế U_4 , thì điện áp giữa 2 chân người sẽ là:

$$U_b = U_3 - U_4$$

điện áp này được gọi là điện áp bước.

Từ đồ thị điện thế hình 4-4 ta dễ dàng thấy rằng càng xa vật nối đất, điện áp bước U_b càng giảm. Trong tính toán an toàn điện, điện áp bước được xác định với chiều dài bước

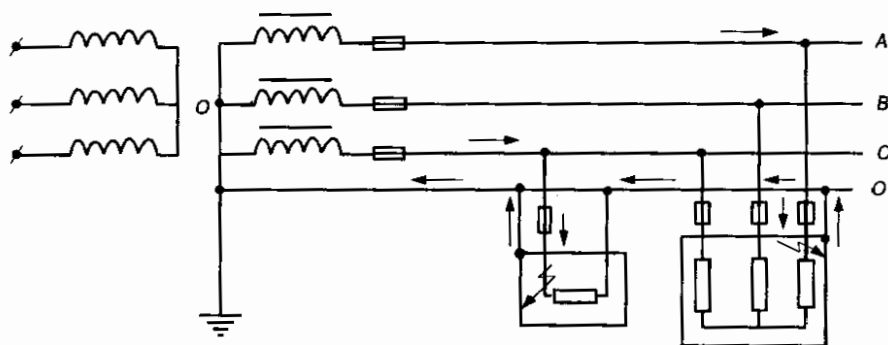
quy ước bằng 0,8 mét. Điện áp tiếp xúc U_{tx} và điện áp bước U_b càng lớn thì dòng điện qua người càng lớn và càng nguy hiểm đến tính mạng. Do đó U_{tx} và U_b lớn nhất phải nhỏ hơn một trị số nào đó được gọi là điện áp an toàn U_{at} .

Trong tính toán an toàn điện người ta lấy $U_{at} = 50V$ đối với các nhà ít nguy hiểm về điện và $U_{at} = 25V$ đối với các nhà nguy hiểm cao và đặc biệt nguy hiểm về điện. Để giảm U_{tx} và U_b ta phải giảm điện trở tản của vật nối đất và để U_{tx} và U_b nhỏ hơn U_{at} , điện trở tản của vật nối đất R_{nd} phải nhỏ hơn một trị số nào đó.

§2. CÁC BIỆN PHÁP AN TOÀN ĐIỆN

1. Nối vỏ hoặc thân kim loại của các thiết bị điện với dây trung tính

Một trong những nguyên nhân chính gây ra tai nạn về điện là người chạm vào vỏ hoặc thân kim loại của thiết bị điện bị rò điện. Do đó cần phải có biện pháp phát hiện và cắt điện các phần mạch điện có vỏ thiết bị điện bị rò điện. Biện pháp đơn giản nhất để thực hiện mục đích đó là nối vỏ hoặc thân kim loại (maxơ) của các thiết bị điện với dây trung tính (hình 4-5). Biện pháp này được dùng trong mạng điện 3 pha với dây trung tính có trung điểm của nguồn điện nối đất.



Hình 4-5

Khi dùng biện pháp này, nếu xảy ra ngắn mạch một pha chạm vỏ (vỏ bị rò điện) thì dòng điện ngắn mạch sẽ đi từ đầu pha, qua các khí cụ điện bảo vệ (cầu chì hoặc aptomat) đến điểm chạm vỏ rồi từ vỏ qua dây bảo vệ và dây trung tính về nguồn. Dưới tác dụng của dòng điện ngắn mạch này cầu chì hoặc aptomat gần thiết bị điện bị rò điện nhất sẽ tự động cắt điện phần đường dây có pha chạm vỏ.

Như vậy vỏ thiết bị điện bị rò điện này sẽ không còn nguy hiểm đối với người.

Để đảm bảo cầu chì hoặc aptomat gần thiết bị điện bị rò điện nhất cắt điện một cách tin cậy trong trường hợp này ta phải chọn cầu chì hoặc aptomat sao cho dòng điện định mức của dây chảy, cầu chì hoặc phần tử tháo móc nhiệt của aptomat phải nhỏ hơn một

phần ba dòng điện ngắn mạch một pha của mạng điện khi ngắn mạch ở điểm xa nhất của phần mạch điện được bảo vệ (xem phần chọn khí cụ điện ở chương 2).

Ngoài ra trong trường hợp này dòng điện ngắn mạch đi qua dây trung tính về nguồn. Do đó nếu dây trung tính bị đứt sẽ không có dòng điện ngắn mạch và cầu chì và aptomat sẽ không hoạt động khi ngắn mạch 1 pha chạm maxơ. Để đề phòng điều đó, dây trung tính không những phải nối đất tại điểm trung tính của nguồn mà còn phải nối đất lặp lại ở một số điểm nhất định với điện trở nối đất không được vượt quá một trị số nào đó. Đối với mạng điện 3 pha 4 dây điện áp 380/220V điện trở nối đất R_{nd} tại điểm trung tính của nguồn phải không được vượt quá 4Ω đối với máy biến áp có công suất lớn hơn 100KVA và 10Ω đối với máy biến áp có công suất nhỏ hơn và bằng 100KVA.

Đối với đường dây trên không điện áp 380/220V, dây trung tính được đặt trên cùng một cột với các dây pha và nối đất lặp lại của dây trung tính được thực hiện sau mỗi đoạn dài 200 mét và các đầu vào các nhà nguy hiểm cao và các nhà đặc biệt nguy hiểm về điện. Điện trở tản của mỗi vật nối đất lặp lại không được lớn hơn 10Ω khi công suất của nguồn lớn hơn 100KVA và không được vượt quá 30Ω khi công suất của nguồn nhỏ hơn hoặc bằng 100 KVA với số lần nối đất lặp lại của toàn dây trung tính không ít hơn 3. Đối với các đường dây trên không ngắn hơn 200 mét và các đường dây cáp với chiều dài bất kì không yêu cầu nối đất lặp lại dây trung tính bởi vì xác suất đứt dây trung tính ở các đường dây này rất bé.

Biện pháp nối vỏ hoặc thân kim loại của các thiết bị điện với dây trung tính nhất thiết phải được thực hiện trong các nhà nguy hiểm cao về điện, các nhà đặc biệt nguy hiểm về điện và các thiết bị điện ngoài trời khi các thiết bị điện được cấp điện xoay chiều điện áp lớn hơn 42V hoặc được cấp điện một chiều điện áp lớn hơn 110V.

Còn trong các nhà ít nguy hiểm về điện, biện pháp nối maxơ với dây trung tính chỉ yêu cầu đối với các thiết bị điện xoay chiều với điện áp định mức bằng hoặc lớn hơn 380V và các thiết bị điện 1 chiều với điện áp định mức bằng hoặc lớn hơn 440V.

2. Nối vỏ hoặc thân kim loại của các thiết bị điện với đất

Biện pháp này được dùng trong mạng điện hạ áp 3 pha 3 dây (không có dây trung tính) với trung điểm, của nguồn điện trực tiếp nối đất hoặc cách điện với đất.

Trong mạng điện này để hạn chế mối nguy hiểm xảy ra khi người chạm vào thân hoặc vỏ kim loại của thiết bị điện bị rò điện, người ta nối thân hoặc vỏ kim loại của các thiết bị điện với đất.

Khi dùng biện pháp này trong mạng điện với trung điểm của nguồn nối đất (hình 4-6), nếu ngắn mạch 1 pha chạm maxơ (vỏ bị rò điện) thì dòng điện ngắn mạch sẽ đi từ đầu pha qua thiết bị bảo vệ (aptomat hoặc cầu chì) đến vỏ thiết bị xuống vật nối đất và qua đất đến trung điểm của nguồn điện.

Dưới tác dụng của dòng điện ngắn mạch này khí cụ bảo vệ gần thiết bị điện bị rò điện nhất sẽ cắt phần mạch có pha chạm maxơ.

Tất nhiên để bảo đảm an toàn cho người tiếp xúc với vỏ thiết bị, khí cụ điện bảo vệ gần điểm có pha chạm vỏ nhất phải khởi động tin cậy và nhanh chóng khi điện áp tiếp xúc U_{tx} (xem mục 3) vượt quá điện áp an toàn U_{at} .

Khi xem gần đúng điện áp tiếp xúc lớn nhất

$$U_{tx_{max}} = I_d R_{nd}$$

Trong đó: I_d - dòng điện ngắn mạch 1 pha chạm đất (A);

R_{nd} - điện trở tản của vật nối đất (Ω).

Ta có:

$$U_{tx_{max}} = I_d R_{nd} \leq U_{at}$$

Từ đó để $U_{tx_{max}} \leq U_{at}$ cần phải

$$I_d \leq \frac{U_{at}}{R_{nd}} \text{ hoặc } I_{d_{max}} = \frac{U_{at}}{R_{nd}}$$

Để I_d không vượt quá $I_{d_{max}}$ thiết bị bảo vệ (cầu chì hoặc aptomat) phải cắt điện nhanh chóng khi dòng điện I_d qua nó vượt quá $I_{d_{max}}$.

Muốn đạt được điều đó ta phải chọn cầu chì (hoặc aptomat) ở gần điểm có pha chạm vỏ nhất sao cho dòng điện khởi động sau 5 giây của nó I_{kd} (xem phần chọn khí cụ điện bảo vệ ở chương 1) bằng $I_{d_{max}}$.

Điều đó có nghĩa là:

$$I_{kd} = I_{d_{max}} = \frac{U_{at}}{R_{nd}}$$

Từ đây ta rút ra trị số cực đại cho phép của điện trở tản của vật nối đất.

$$R_{nd_{max}} = \frac{U_{at}}{I_{kd}}$$

Khi đã chọn cầu chì với I_{kd} nhất định, điện áp tiếp xúc lớn nhất trước khi cắt mạch điện bởi cầu chì sẽ là:

$$U_{tx_{max}} = I_{kd} \times R_{nd}$$

Từ đây ta dễ dàng thấy rằng R_{nd} càng bé thì $U_{tx_{max}}$ càng bé và càng an toàn điện.

Trong kĩ thuật an toàn điện, đối với nhà ở và công trình công cộng người ta lấy điện áp an toàn $U_{at} = 50V$.

Khi biết trị số dòng điện định mức của dây chảy cầu chì gần thiết bị điện có vỏ được nối đất nhất I_{dm} , tra đặc tính bảo vệ của loại cầu chì được dùng (quan hệ giữa thời gian

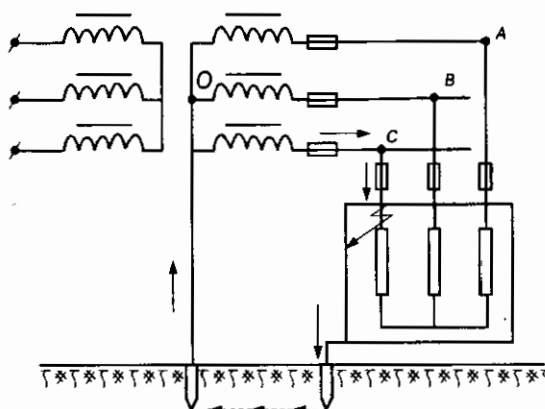
khởi động và dòng điện qua cầu chì) ví dụ đồ thị hình 2-8 ta dễ dàng tìm được dòng điện khởi động sau 5 giây của nó I_{kd} . Từ đó ta xác định được điện trở nối đất cực đại cho phép (tính theo ôm) của thiết bị điện.

$$R_{nd\max} = \frac{50}{I_{kd}}$$

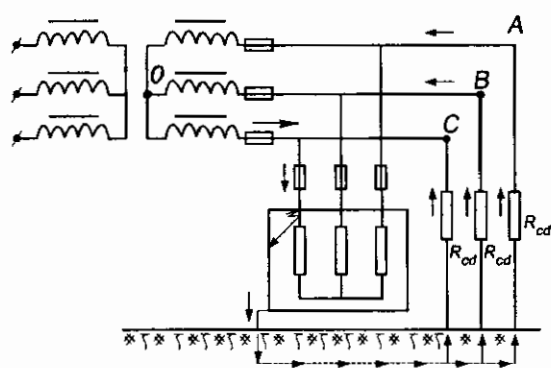
Ví dụ nếu thiết bị điện được bảo vệ bằng cầu chì gần nhất có $I_{kd} = 20A$ thì vỏ kim loại của nó phải được nối đất với điện trở tản của vật nối đất.

$$R_{nd} \leq \frac{50}{20} = 2,5\Omega$$

Đối với mạng điện 3 pha 3 dây (không có dây trung tính) với trung điểm của nguồn cách điện, để bảo vệ an toàn cho người, cần phải nối đất các vỏ hoặc thân kim loại của thiết bị điện với đất (hình 4-7) với điện trở tản của vật nối đất R_{nd} không vượt quá 4Ω khi công suất của mạng điện lớn hơn 100KVA và không vượt quá 10Ω khi công suất của mạng điện nhỏ hơn hoặc bằng 100KVA.



Hình 4-6



Hình 4-7

Trong trường hợp đó nếu xảy ra ngắn mạch một pha chạm vỏ (vỏ bị rò điện) dòng điện ngắn mạch sẽ đi từ dây pha chạm vỏ đến vỏ xuống đất, qua điện trở tản của vật nối đất R_{nd} đến các điện trở cách điện R_{cd} của các dây pha đối với đất đến các dây pha khác.

Vì điện trở cách điện của các dây pha đối với đất R_{cd} rất lớn, nên dòng điện 1 pha chạm đất I_d trong mạng điện này rất nhỏ.

Do đó điện áp tiếp xúc lớn nhất ở chỗ ngắn mạch 1 pha chạm đất $U_{tx\max} = I_d R_{nd}$ cũng rất nhỏ nếu R_{nd} không vượt qua một trị số nào đó.

Trong loại mạng điện này, người ta thường chọn $R_{nd} < 4\Omega$ khi tổng công suất của nguồn cung cấp cho mạng điện lớn hơn 100KVA và $R_{nd} < 10\Omega$ khi tổng công suất của

nguồn nhỏ hơn hoặc bằng 100KVA. Với R_{nd} như vậy, điện áp tiếp xúc $U_{tx_{max}}$ không vượt quá vài chục vôn và do đó không cần cắt mạch điện khi ngắn mạch 1 pha chạm đất.

3. Kết hợp nối đất vỏ hoặc thân kim loại của thiết bị điện với dùng máy cắt so lệch

Đối với mạng điện có trung điểm của nguồn nối đất khi nối vỏ hoặc thân kim loại với đất hoặc với dây trung tính, nếu xảy ra ngắn mạch 1 pha chạm vỏ (vỏ bị rò điện) thì aptômat hoặc cầu chì gần điểm ngắn mạch sẽ cắt điện.

Tuy nhiên ngay cả khi chọn hợp lí dòng điện khởi động của cầu chì hoặc aptomat và điện trở tản của vật nối đất R_{nd} , mạch điện chỉ được cắt sau một thời gian nào đó.

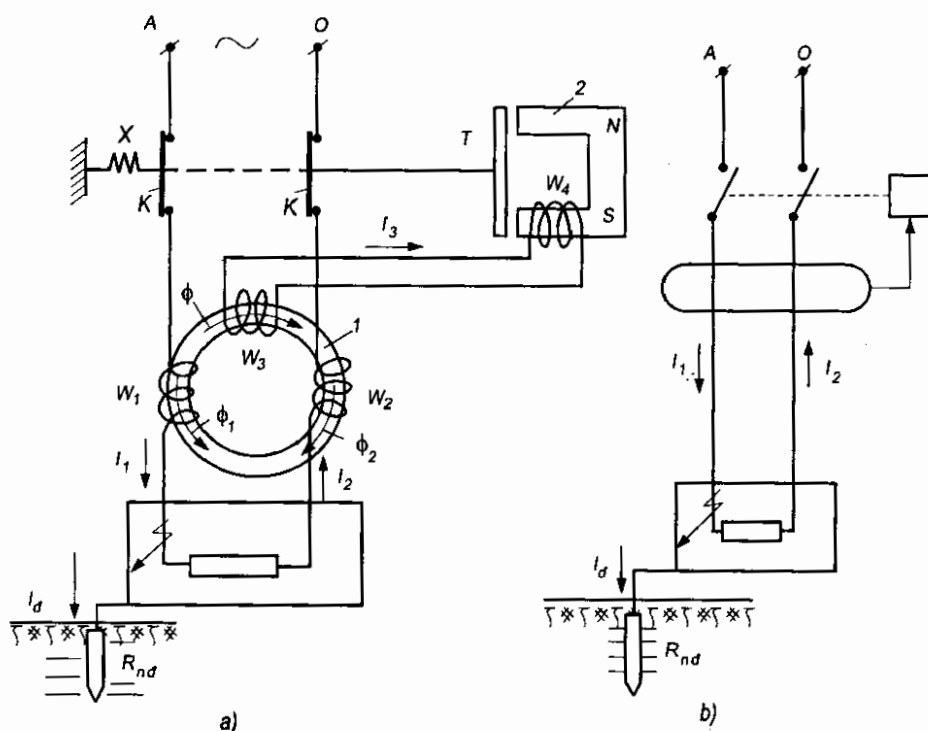
Thời gian này thường không ít hơn 5 giây và có khi lên đến vài chục phút.

Do đó dùng các biện pháp trên vẫn chưa loại trừ hết nguy hiểm đối với người chạm vào vỏ kim loại của thiết bị điện bị rò điện.

Để cắt mạch điện nhanh chóng hơn khi ngắn mạch 1 pha chạm vỏ như vậy người ta kết hợp nối đất vỏ kim loại của thiết bị điện với dùng máy cắt so lệch. Với dùng biện pháp này mạch điện có thể được cắt chỉ sau 0,1 đến 0,2 giây sau khi xảy ra ngắn mạch một pha chạm vỏ hoặc đất.

Biện pháp này được dùng trong tất cả loại mạng điện hạ áp (3 pha 4 dây, 3 pha 3 dây và 1 pha) có trung điểm của nguồn nối đất.

Hình 4-8a là sơ đồ nguyên lí của mạch điện 1 pha được bảo vệ bằng biện pháp này và hình 4-8b là sơ đồ kí hiệu của nó.



Hình 4-8

Máy cắt so lệch bao gồm 2 phần chính: máy biến áp so lệch 1 và rơ le so lệch 2.

Máy biến áp so lệch 1 là một mạch từ khép kín trên đó được quấn 2 cuộn dây sơ cấp W_1 và W_2 và một cuộn dây thứ cấp W_3 . Hai cuộn dây sơ cấp W_1 , W_2 có số vòng dây như nhau W và được mắc nối tiếp với thiết bị điện được bảo vệ sao cho dòng điện đi vào thiết bị điện I_1 đi qua cuộn dây W_1 , còn dòng điện đi ra I_2 đi qua cuộn dây W_2 . Đồng thời 2 cuộn dây này được quấn sao cho các sức từ động của chúng $I_1 W_1$ và $I_2 W_2$ ngược chiều nhau. Còn cuộn dây thứ cấp W_3 được nối với cuộn dây W_4 của rơ le so lệch 2.

Rơ le so lệch 2 là 1 mạch từ chứa nam châm vĩnh cửu NS. Trên mạch từ được quấn cuộn dây W_4 sao cho sức từ động $I_3 W_4$ của nó tạo ra từ thông ngược chiều với từ thông của nam châm vĩnh cửu NS (khử từ). Bình thường nam châm vĩnh cửu NS hút nắp từ T và khép kín các tiếp điểm K của mạch cung cấp cho thiết bị điện.

Nếu vỏ thiết bị điện được bảo vệ không bị rò điện, các dòng điện I_1 và I_2 bằng nhau và từ thông do các dòng điện này tạo ra bằng nhau và ngược chiều nhau. Do đó từ thông trong mạch từ của máy biến áp bằng không.

Trong trường hợp đó sẽ không có điện áp cảm ứng trên cuộn dây thứ cấp W_3 và không có dòng điện qua cuộn dây W_4 của rơ le so lệch. Do đó mạch từ của nam châm vĩnh cửu NS vẫn hút nắp từ T và các tiếp điểm của mạch cung cấp vẫn được khép kín. Song khi vỏ thiết bị điện bị rò điện sẽ có dòng điện rò I_d đi từ pha chạm vỏ xuống đất qua điện trở tản R_{nd} của vật nối đất về trung điểm của nguồn điện. Lúc đó I_2 sẽ khác I_1 một lượng bằng I_d ($I_2 = I_1 - I_d$) sự khác nhau này sẽ làm cho các từ thông do I_1 và I_2 tạo ra trong mạch từ không còn bằng nhau nữa và trong mạch từ của máy biến áp sẽ có một từ thông tăng theo I_d . Từ thông này sẽ cảm ứng trong cuộn dây thứ cấp W_3 một điện áp và qua cuộn dây W_4 của rơ le sẽ có 1 dòng điện I_3 gây khử từ trong mạch của nam châm vĩnh cửu NS. Dòng điện I_3 cũng tăng theo I_d nên khi I_d tăng đến trị số I_{kd} nào đó thì mạch từ của nam châm NS không còn đủ lực để hút nắp từ T nữa và mạch điện cung cấp được cắt bởi lò xo X. Trị số I_{kd} được gọi là dòng điện khởi động hoặc dòng điện so lệch định mức của máy cắt so lệch. Dòng điện khởi động I_{kd} xác định độ nhạy của máy cắt so lệch. Dòng điện này càng nhỏ thì máy cắt so lệch có độ nhạy càng cao.

Hiện nay người ta chế tạo các máy cắt so lệch với dòng điện so lệch định mức tiêu chuẩn 30mA, 300mA, 500mA, 650mA và 1A. Máy cắt so lệch nhạy nhất có dòng điện so lệch định mức bằng 30mA.

Khi xem gần đúng điện áp tiếp xúc lớn nhất ở chỗ nối đất vỏ thiết bị điện bị rò điện

$$U_{tx,max} = I_d R_{nd}$$

Cũng giống như ở biện pháp nối đất vỏ thiết bị (mục 2) người ta yêu cầu:

$$U_{tx,max} = I_d R_{nd} \leq U_{at}$$

Trong đó U_{at} : điện áp an toàn

Để đạt được yêu cầu này, dòng điện khởi động của máy cắt so lệch gần nhất I_{kd} phải được lựa chọn sao cho $I_{kd} R_{nd} = U_{at}$ hoặc $I_{kd} = \frac{U_{at}}{R_{nd}}$ (máy cắt so lệch sẽ cắt mạch điện khi $I_d = I_{kd}$ tương ứng với $U_{tx_{max}} = U_{at}$).

Ví dụ khi lấy $U_{at} = 50V$, nếu $R_{nd} = 100\Omega$ thì $I_{kd} = \frac{50}{100} = 0,5A = 500 \text{ mA}$

Ngược lại khi đã biết dòng điện so lệch định mức của máy cắt so lệch, ta có thể tính được điện trở tản lớn nhất cho phép của vật nối đất theo công thức:

$$R_{nd_{max}} = \frac{U_{at}}{I_{kd}}$$

Ví dụ khi lấy $U_{at} = 50V$, nếu $I_{kd} = 0,3A$

Thì $R_{nd_{max}} = \frac{50}{0,3} = 166 \Omega$

Trên bảng 4 người ta cho trị số điện trở nối đất lớn nhất cho phép theo U_{at} và I_{kd} .

Bảng 4.1. Điện trở tản lớn nhất cho phép của vật nối đất (Ω)

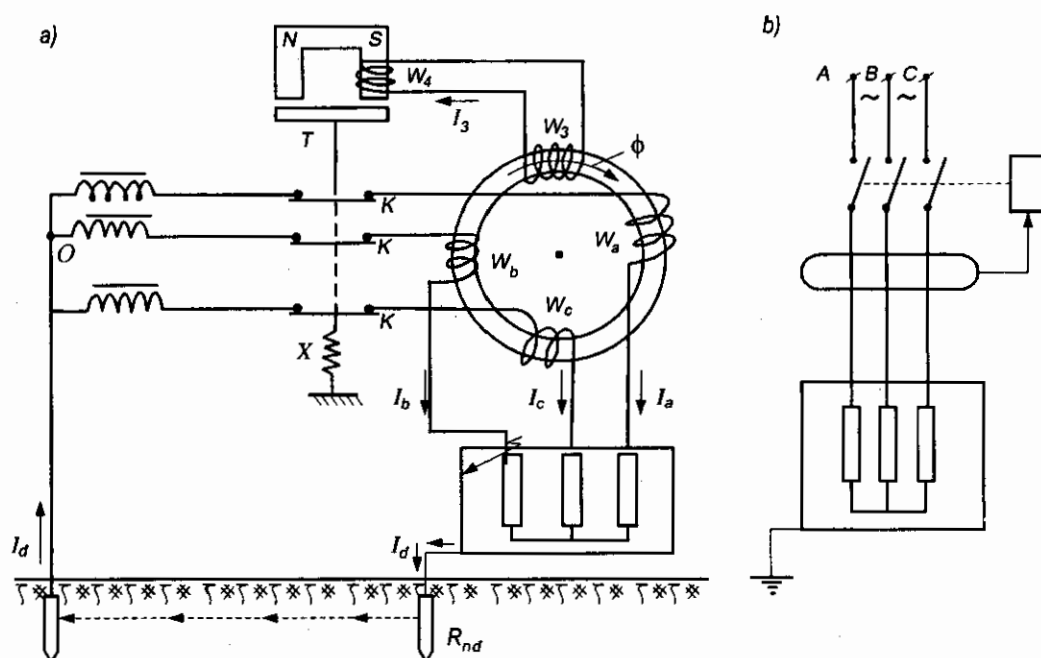
Dòng điện so lệch định mức $I_{kd} \text{ (A)}$	Khi $U_{at} = 50V$	Khi $U_{at} = 25V$
1	50	25
0,650	77	38
0,500	100	50
0,300	166	83
0,030	1667	833

Ta dễ dàng thấy rằng khi dùng máy cắt so lệch có độ nhạy càng cao, nghĩa là dòng điện khởi động của nó càng bé thì điện trở tản lớn nhất cho phép của vật nối đất càng lớn và do đó thiết bị nối đất càng đơn giản (xem phần thiết bị nối đất và điện trở nối đất ở cuối chương này).

Đối với mạng điện 3 pha 3 dây với điểm trung tính của nguồn nối đất. Biện pháp kết hợp nối đất vỏ hoặc thân kim loại của thiết bị điện với dùng máy cắt so lệch được thực hiện theo sơ đồ nguyên lí hình 4-9a và sơ đồ kí hiệu hình 4-9b.

Nguyên lí hoạt động của sơ đồ cũng giống như ở mạch điện 1 pha chỉ có khác là máy biến áp so lệch trong trường hợp này có 3 cuộn dây sơ cấp W_a, W_b, W_c có cùng số vòng dây W và 1 cuộn dây thứ cấp W_3 . Ba cuộn dây sơ cấp được mắc vào 3 pha của mạch điện cung cấp sao cho các dòng điện dây I_a, I_b, I_c đi vào nó, còn cuộn dây thứ cấp,

W_3 được nối với cuộn dây khử từ W_4 của rơ le so lệch. Bình thường nam châm vĩnh cửu NS của rơ le so lệch hút nắp từ T và khép kín các tiếp điểm K của mạch cung cấp.



Hình 4-9

Khi vỏ thiết bị điện không bị rò điện, tổng hình học các dòng điện I_a, I_b, I_c bằng không. Do đó từ thông tổng tạo ra bởi các dòng điện này trong mạch từ của máy biến áp so lệch cũng bằng không và không có điện áp cảm ứng trong cuộn dây thứ cấp W_3 .

Trong trường hợp đó sẽ không có dòng điện I_3 đi trong cuộn dây khử từ W_4 của rơ le so lệch và rơ le này vẫn hút nắp từ T khép kín mạch cung cấp. Song nếu vỏ thiết bị điện bị rò điện sẽ xuất hiện dòng điện 1 pha chạm vỏ I_d đi từ pha chạm vỏ đến vỏ xuống đất, qua điện trở tản của vật nối đất R_{nd} trở về trung điểm của nguồn điện.

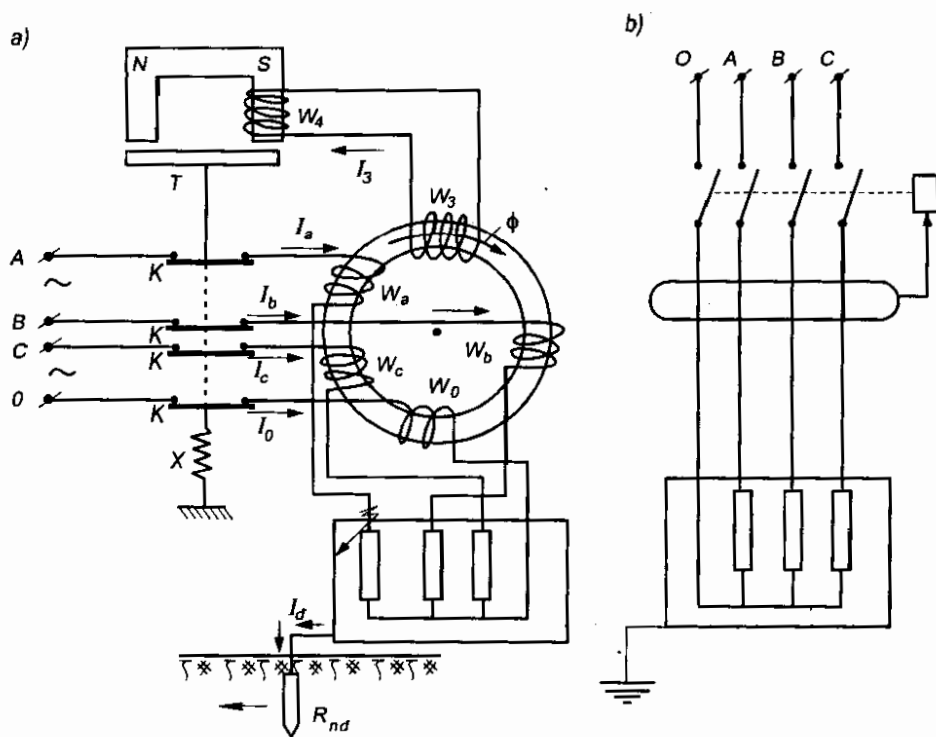
Lúc đó tổng hình học các dòng điện I_a, I_b, I_c không còn bằng không nữa mà bằng I_d . Trong trường hợp này trong mạch từ của máy biến áp so lệch sẽ xuất hiện 1 từ thông Φ tăng theo I_d và ở 2 đầu cuộn dây thứ cấp W_3 có điện áp cảm ứng. Điện áp này tạo ra dòng điện I_3 qua cuộn dây khử từ W_4 của rơ le so lệch.

Dòng điện I_3 cũng tăng theo I_d . Do đó khi I_d tăng đến trị số dòng điện khởi động I_{kd} , mạch từ của nam châm vĩnh cửu bị khử từ mạnh và không đủ sức để hút nắp từ T nữa.

Trong trường hợp đó lò xo X sẽ kéo các tiếp điểm K ra và mạch điện cung cấp được cắt.

Dòng điện khởi động I_{kd} của máy cắt so lệch và điện trở tản lớn nhất cho phép của vật nối đất R_{nd} đối với mạng điện này cũng được chọn giống như ở mạng điện 1 pha.

Đối với mạng điện 3 pha 4 dây với trung điểm của nguồn nối đất, biện pháp kết hợp nối đất vỏ kim loại của thiết bị điện với dùng máy cắt so lệch được thực hiện theo sơ đồ nguyên lí hình 4-10a và sơ đồ kí hiệu hình 4-10b.



Hình 4-10

Sơ đồ này chỉ khác các trường hợp trước là máy biến áp so lệch có 4 cuộn dây sơ cấp W_a, W_b, W_c, W_0 có số vòng dây như nhau W và cuộn dây thứ cấp W_3 . Bốn cuộn dây sơ cấp được nối vào mạch cung cấp sao cho dòng điện qua chúng là I_a, I_b, I_c và I_0 .

Khi vỏ thiết bị điện không bị rò điện, tổng hình học 4 dòng điện I_a, I_b, I_c, I_0 bằng không. Do đó không có từ thông Φ trong mạch từ của máy biến áp và không có điện áp cảm ứng trong cuộn dây thứ cấp W_3 .

Trong trường hợp này máy cắt so lệch không khởi động và các tiếp điểm K của mạch điện cung cấp vẫn được khép kín.

Song khi vỏ thiết bị điện bị rò điện sẽ có dòng điện 1 pha chạm vỏ I_d và tổng hình học 4 dòng điện I_a, I_b, I_c, I_0 không còn bằng 0 mà bằng I_d . Trong trường hợp đó sẽ xuất hiện trong mạch từ của máy biến áp so lệch 1 từ thông Φ tăng theo I_d .

Lúc đó trong cuộn dây thứ cấp W_3 sẽ có điện áp cảm ứng và qua cuộn dây W_4 sẽ có dòng điện khử từ I_3 tăng theo I_d . Khi I_d đạt đến trị số dòng điện khởi động I_{kd} mạch từ của rơ le so lệch sẽ bị khử từ mạnh và không đủ lực hút nắp từ T nữa. Lúc đó lò xo X sẽ kéo các tiếp điểm K ra và cắt mạch điện cung cấp.

Đối với mạng điện này, dòng điện khởi động I_{Kd} của máy cắt so lệch và điện trở nối đất R_{nd} của vật nối đất cũng được chọn như đối với mạng điện 1 pha.

4. Một số biện pháp an toàn điện khác

Các biện pháp này bao gồm:

a) Loại trừ khả năng tiếp xúc không cố ý của người với dây điện để trần hoặc thiết bị điện

Muốn vậy phải rào chắn xung quanh thiết bị điện hoặc đặt thiết bị điện ở cao để người không thể vô tình tiếp cận với nó. Các bảng phân phối điện phải đặt trong các tủ có khoá và không có phần dẫn điện ở bề mặt. Các điện cực của động cơ điện và các phụ tải khác phải có nắp đậy kín. Các thiết bị ngoài trời và mạng điện trên không cần phải đặt ở độ cao cần thiết và cách xa nhà ở và các công trình công cộng một khoảng cách an toàn. Khoảng cách này phụ thuộc vào điện áp của mạng điện. Điện áp của mạng điện càng cao thì khoảng cách này càng phải lớn.

b) Kiểm tra định kì trạng thái cách điện của thiết bị điện và dùng các phương tiện an toàn khi sửa chữa và vận hành thiết bị điện

Tính cách điện của vật liệu cách điện thay đổi theo độ ẩm, nhiệt độ, thời gian sử dụng và các yếu tố môi trường khác. Do đó phải định kỳ kiểm tra trạng thái cách điện của thiết bị điện.

Biện pháp kiểm tra cách điện đơn giản nhất là dùng megôm mét đo điện trở cách điện R_{cd} giữa các pha và giữa mỗi pha với vỏ kim loại của thiết bị điện. Cách điện được xem là bình thường nếu điện trở cách điện $R_{cd} > 0,5 M\Omega$ ($1 M\Omega = 10^6 \Omega$) hoặc để kiểm tra vỏ kim loại của thiết bị điện có bị rò điện hay không, ta có thể dùng bút thử điện. Nếu vỏ kim loại bị rò điện thì bút thử điện sẽ sáng khi chạm vào nó.

Trước khi sửa chữa thiết bị điện cần phải cắt điện phần mạch cung cấp cho nó. Trong một số trường hợp đặc biệt cho phép không cắt điện khi sửa chữa đường dây hoặc thiết bị điện nhưng nhân viên sửa chữa phải được trang bị đầy đủ các phương tiện bảo vệ như: găng, ủng cách điện, kìm điện có cách điện tin cậy, kính bảo vệ, thang chuyên dụng v.v... Đồng thời khi sửa chữa như vậy phải có ít nhất 2 nhân viên sửa chữa và một trong 2 nhân viên đó phải có trình độ chuyên môn tốt về an toàn điện.

Khi cắt điện để sửa chữa, ở chỗ đặt thiết bị cắt điện phải yết bảng "cấm đóng điện" để đề phòng người nào đó vô tình đóng điện, đồng thời người sửa chữa vẫn phải dùng các phương tiện bảo vệ an toàn điện.

c) Cảnh báo cho mọi người về mối nguy hiểm của điện và giáo dục cho họ các biện pháp an toàn điện

Mọi người dân cần phải biết mối nguy hiểm về điện và các biện pháp đề phòng tai nạn về điện. Do đó cần phải dùng mọi phương tiện thông tin, và giáo dục như phát thanh

truyền hình, lớp học, câu lạc bộ, các cuộc thi về an toàn điện để phổ biến rộng rãi các kiến thức về an toàn điện cho toàn dân.

Đồng thời phải định kì kiểm tra các quy tắc vận hành an toàn điện cho các công nhân và cán bộ kĩ thuật ngành điện.

d) Dùng nguồn điện áp thấp để cấp điện cho các đối tượng đặc biệt nguy hiểm về điện

Để bảo đảm an toàn cho các đối tượng đặc biệt nguy hiểm về điện (ví dụ hầm mỏ, hiệu giặt), các thiết bị điện trong đối tượng này được cung cấp điện từ một nguồn điện áp thấp.

Điện áp thấp là điện áp có trị số không vượt quá 42V. Các nguồn điện áp thấp thường dùng có điện áp định mức 12V hoặc 24V hoặc 36V.

Nguồn điện áp thấp có thể là nguồn điện 1 chiều (bộ pin hoặc bộ ác quy) hoặc nguồn điện xoay chiều (máy phát điện xoay chiều hoặc máy biến áp).

§4.3. THIẾT BỊ NỐI ĐẤT VÀ TÍNH TOÁN ĐIỆN TRỞ NỐI ĐẤT

1. Thiết bị nối đất

Thiết bị nối đất bao gồm vật nối đất và dây nối đất hoặc dây nối với dây trung tính (dây bảo vệ). Vật nối đất là tất cả cấu kiện kim loại tiếp xúc với đất hoặc được chôn xuống đất, còn dây nối đất là dây nối vỏ hoặc thân kim loại của các thiết bị điện với vật nối đất hoặc với dây trung tính. Người ta phân biệt vật nối đất làm 2 loại: vật nối đất tự nhiên và vật nối đất nhân tạo. Vật nối đất tự nhiên bao gồm các cấu kiện kim loại tiếp xúc với đất có sẵn trong nhà như ống dẫn nước, các ống kim loại không phủ chất chống ăn mòn, vỏ chì của cáp, các cấu kiện kim loại và khung bê tông cốt thép của nhà.

Không được dùng các ống dẫn các nhiên liệu lỏng và khí dễ cháy và nổ để làm vật nối đất. Ngoài ra cũng không được dùng vỏ nhôm của cáp và dây nhôm trần làm vật nối đất vì trên bề mặt của nó được phủ 1 lớp chống ăn mòn. Vật nối đất nhân tạo là những vật nối đất do người tự tạo nhằm mục đích bảo vệ an toàn điện. Nó thường bao gồm những thanh thép góc (kích thước $50 \times 50 \times 4\text{mm}$) dài $2,5 \div 3\text{m}$, hoặc các ống thép đường kính 50mm dài $2,5 \div 3\text{m}$ và dày không nhỏ hơn 3,5mm hoặc các đoạn thép tròn đường kính $12 \div 14\text{mm}$ và dài hơn hoặc bằng 5m. Các đoạn thép trên được gọi là điện cực. Các điện cực trên được chôn vào đất cách nhau khoảng 3m và được nối với nhau bằng một thanh thép dẹt kích thước $40 \times 4\text{mm}$. Đầu trên các điện cực phải có chiều sâu (so với mặt đất) khoảng $0,6 \div 0,7\text{m}$. Các thanh thép dẹt nối các điện cực được đặt trong các hào sâu $0,6 \div 0,7\text{m}$ và tất cả mối nối phải được hàn chắc.

Số điện cực của vật nối đất phụ thuộc vào kích thước điện cực, điện trở riêng của đất, độ sâu chôn điện cực, điện trở tản yêu cầu của vật nối đất và một số yếu tố khác.

Để làm dây nối đất người ta thường dùng các dây kim loại dẫn điện tốt như đồng, nhôm, thép v.v... với kích thước đủ đảm bảo độ bền cơ học và độ bền ăn mòn.

Trên bảng 4.2 người ta cho kích thước bé nhất cho phép của dây nối đất và dây nối với dây trung tính.

Bảng 4.2. Kích thước bé nhất cho phép của dây nối đất và dây nối với dây trung tính

Dây nối đất hoặc nối với dây trung tính	Đồng	Nhôm	Thép		
			Trong nhà	Ngoài trời	Trong đất
Dây dẫn không bọc cách điện:					
tiết diện (mm^2)	4	6			
đường kính (mm)			5	6	10
Dây dẫn bọc cách điện					
tiết diện (mm^2)	1,5	2,5			
Dây cáp hoặc dây dẫn nhiều lõi có lõi làm dây nối đất hoặc nối dây trung tính có chung vỏ bảo vệ với các lõi làm dây pha					
tiết diện (mm^2)	1	2,5			
Thép góc: chiều dày (mm)			2	2,5	4
Thép thanh:					
tiết diện (mm^2)			24	48	48
chiều dày (mm)			3	4	4
Ống thép dẫn nước:					
chiều dày thành ống (mm)			2,5	2,5	4
Các ống thép thành mỏng					
chiều dày thành ống			1,5	2,5	Không cho phép

Để làm dây nối đất hoặc nối với dây trung tính cũng có thể dùng các cấu kiện kim loại của toà nhà như các ống thép bảo vệ các dây dẫn điện, các vỏ nhôm của cáp, các ống kim loại dẫn nước v.v... Không được dùng vỏ chì của cáp và các ống dẫn các hợp chất dễ cháy và nổ để làm dây nối đất hoặc dây nối với dây trung tính.

2. Tính toán điện trở nối đất của thiết bị nối đất R_{nd} . Điện trở nối đất R_{nd} bao gồm điện trở của dây nối đất và điện trở tản của vật nối đất

Thông thường điện trở của dây nối đất rất bé so với điện trở tản của vật nối đất, nên ta bỏ qua điện trở của dây nối đất và xem điện trở nối đất R_{nd} là điện trở tản của vật nối đất.

Như trên ta đã biết, để bảo đảm an toàn điện, điện trở tản của vật nối đất phải nhỏ hơn một trị số yêu cầu R_{yc} . Để đạt được điều đó trước hết ta phải dùng các vật nối đất tự nhiên.

Khi không có vật nối đất tự nhiên hoặc điện trở tản của vật nối đất tự nhiên vượt quá trị số R_{yc} ta mới dùng vật nối đất nhân tạo.

Điện trở tản của vật nối đất tự nhiên và nhân tạo phụ thuộc vào các yếu tố: điện trở suất của đất ρ (Ωm), vật liệu làm vật nối đất, độ sâu chôn trong đất, kích thước hình dáng của vật nối đất và một số yếu tố khác.

Điện trở suất của đất ρ phụ thuộc vào loại đất, độ ẩm và nhiệt độ của đất. Độ ẩm và nhiệt độ càng tăng thì ρ càng giảm. Trên bảng 4.3 người ta cho trị số điện trở suất ρ_0 (Ωm) của các loại đất với độ ẩm từ 10 ÷ 20%. Để kể đến ảnh hưởng của thời tiết (đất khô đi về mùa hè và lạnh về mùa đông) điện trở suất ρ của đất được xác định theo công thức:

$$\rho = K\rho_0$$

Trong đó: ρ_0 - trị số ghi trong bảng 4.3 (Ωm)

K - hệ số nâng cao điện trở suất của đất do thời tiết. Đối với khí hậu Việt Nam có thể lấy $K = 1,2 \div 2$ đối với các điện cực đứng và $K = 1,5 \div 3$ đối với các điện cực ngang.

Bảng 4.3. Điện trở suất của đất và nước ρ_0 (Ωm)

Loại đất hoặc nước	Điện trở suất ρ_0 (Ωm)
Đất sét (đày 7 ÷ 10m, sâu hơn là đá, sỏi)	70
Đất sét lẫn đá (đày 1 ÷ 3m, sâu hơn là sỏi)	100
Đất vườn	50
Đá vôi	2000
Đất vàng	250
Đất sét vôi	2000
Cát	500
Cát hạt có lẫn đá tảng	1000
Đất sét thịt	100
Cát pha	300
Than bùn	20
Đất đen	30
Nước ngầm	50
Nước biển	3
Nước hồ ao	50
Sông ngòi	100

Đối với các vật nổi đất tự nhiên, điện trở tản của nó được xác định như sau:

Đối với nền móng bê tông cốt sắt, điện trở tản R_{nd} (Ω) của nó được xác định theo công thức:

$$R_{nd} = \frac{0,5\rho}{\sqrt{S}}$$

Trong đó: ρ - điện trở suất của đất (Ωm);

S - diện tích giới hạn bởi chu vi mặt bằng của toà nhà trên mặt đất (m^2).

Đối với các ống kim loại đặt sâu trong đất, điện trở tản R_{nd} (Ω), của nó được xác định theo công thức:

$$R_{nd} = \frac{0,16\rho}{l} \ln \frac{l^2}{hd}$$

Trong đó: l - chiều dài của ống (m).

h - chiều sâu đặt ống so với mặt đất (m);

d - đường kính của ống (m).

Để giảm nhẹ tính toán R_{nd} trong trường hợp này trên bảng 4.4 người ta cho trị số R_{nd} của các ống kim loại đặt sâu trong đất 2 mét và với $\rho = 100\Omega m$.

Bảng 4.4. Trị số R_{nd_0} của các ống kim loại đặt sâu trong đất 2 mét và với $\rho = 100\Omega m$

Chiều dài phần dưới đất của ống (m)	Điện trở tản(Ω) khi đường kính của ống (mm)		
	60	100	150
100	0,35	0,28	0,23
500	0,29	0,24	0,19
1000	0,25	0,20	0,17
2000	0,2	0,17	0,15

Khi điện trở suất thực của đất ρ_t khác $100\Omega m$, điện trở tản R_{nd} của ống (Ω) được hiệu chỉnh theo công thức:

$$R_{nd} = \frac{R_{nd_0} \rho_t}{100}$$

Trong đó: R_{nd_0} - trị số ghi trong bảng 4.4;

ρ_t - điện trở suất thực của đất.

Đối với vỏ chì của cáp, điện trở tản của nó thường được xác định bằng cách tra các bảng cho sẵn. Trên bảng 4.5 người ta cho trị số điện trở tản của các vỏ chì của các dây cáp đặt sâu trong đất 0,7m và với $\rho = 100\Omega m$.

Khi điện trở suất thực của đất ρ_t khác $100\Omega m$, điện trở tản R_{nd} của vỏ chì của cáp cũng được hiệu chỉnh giống như đối với ống kim loại.

Nếu trong một hào được đặt n cáp vỏ chì thì điện trở tản chung của các vỏ cáp là:

$$R_{nd} = \frac{R_{nd1}}{n}$$

Trong đó: R_{nd1} là điện trở tản của vỏ chì của 1 cáp (Ω)

Bảng 4.5. Điện trở tản R_{nd0} của các vỏ chì của dây cáp đặt sâu trong đất 0,7m và với $\rho = 100\Omega$

Chiều dài phần dưới đất của cáp (m)	Điện trở tản (Ω) khi tiết diện của cáp (mm^2)		
	16 ÷ 35	50 ÷ 95	≥ 120
50	2,1	1,6	1,2
100	2	1,5	1,1
200	1,8	1,4	1
500	1,4	1,1	0,8
1000	1,2	0,9	0,7

Điện trở tản của vật nối đất nhân tạo được xác định như sau:

Khi vật nối đất là một điện cực đứng (chôn thẳng đứng) làm bằng thép tròn hoặc ống thép và đầu trên tiếp xúc với mặt đất (hình 4-6), điện trở tản của nó được xác định theo công thức:

$$R_{nd} = \frac{0,16\rho}{l} \ln \frac{4l}{d}$$

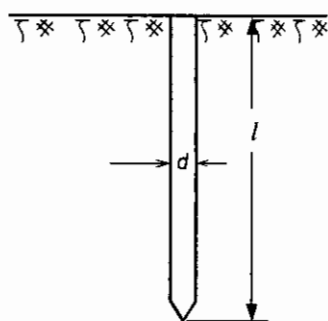
Khi vật nối đất là một điện cực đứng bằng thép tròn hoặc ống thép chôn sâu dưới đất (hình 4-7), điện trở tản của nó được xác định theo công thức:

$$R_{nd} = \frac{0,16\rho}{l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h+l}{4h-l} \right)$$

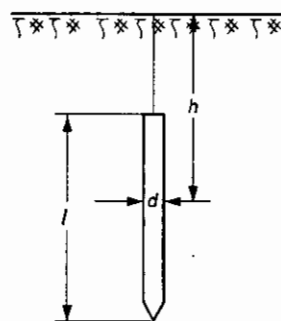
Cũng điện cực đứng chôn sâu dưới đất như hình 4-7 nhưng làm bằng thép góc thì điện trở tản của nó sẽ là:

$$R_{nd} = \frac{0,16\rho}{l} \left(\ln \frac{2l}{0,95b} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h+l}{4h-l} \right)$$

Khi vật nối đất là một điện cực ngang (chôn ngang trong đất) bằng thép dẹt (hình 4-8), điện trở tản của nó được xác định theo công thức:



Hình 4-6



Hình 4-7

$$R_{nd} = \frac{0,16\rho}{l} \ln \frac{2l^2}{hb}$$

Cũng điện cực ngang như hình 4-8 nhưng làm bằng thép tròn, thì điện trở tản của nó sẽ là:

$$R_{nd} = \frac{0,16\rho}{l} \ln \frac{l^2}{hd}$$

Khi vật nối đất là một điện cực ngang bằng thép dẹt hình vòng (hình 4-9), điện trở tản của nó xác định theo công thức:

$$R_{nd} = \frac{0,05\rho}{D} \ln \frac{25,2D^2}{hb}$$

Cũng điện cực ngang như hình 4-9 nhưng làm bằng thép tròn thì điện trở tản của nó sẽ là:

$$R_{nd} = \frac{0,05\rho}{D} \ln \frac{12,6D^2}{hd}$$

Trong các công thức tính toán điện trở tản của các điện cực đơn độc trên đây:

R_{nd} - điện trở tản của vật nối đất (Ω);

ρ - điện trở suất của đất (Ωm);

l - chiều dài của điện cực (m);

d - đường kính ngoài của điện cực (m);

h - độ sâu đặt điện cực so với mặt đất (m) (đối với điện cực đứng h là khoảng cách từ mặt đất đến điểm giữa của điện cực);

b - chiều rộng của điện cực (m);

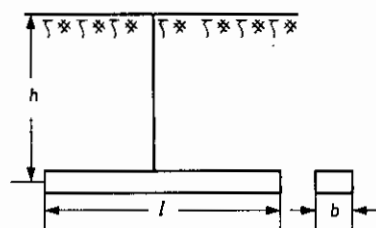
D - đường kính của vòng khi dùng điện cực ngang hình vòng (m).

Khi vật nối đất gồm nhiều điện cực chôn thẳng đứng xuống đất theo hàng (hình 4-10a) hoặc theo vòng kín (hình 4-10b) và đầu trên của nó được nối với nhau bằng 1 điện cực ngang thì điện trở tản của nó được tính theo công thức:

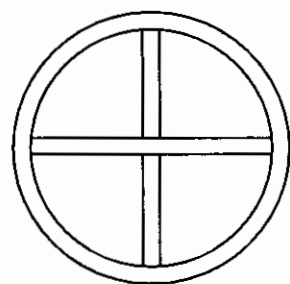
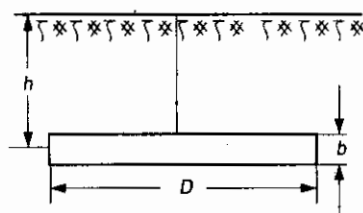
$$R_{nd} = \frac{R_d R_{ng}}{R_d + R_{ng}}$$

Trong đó R_d là điện trở tản của các điện cực đứng (Ω). Nó được tính toán theo công thức:

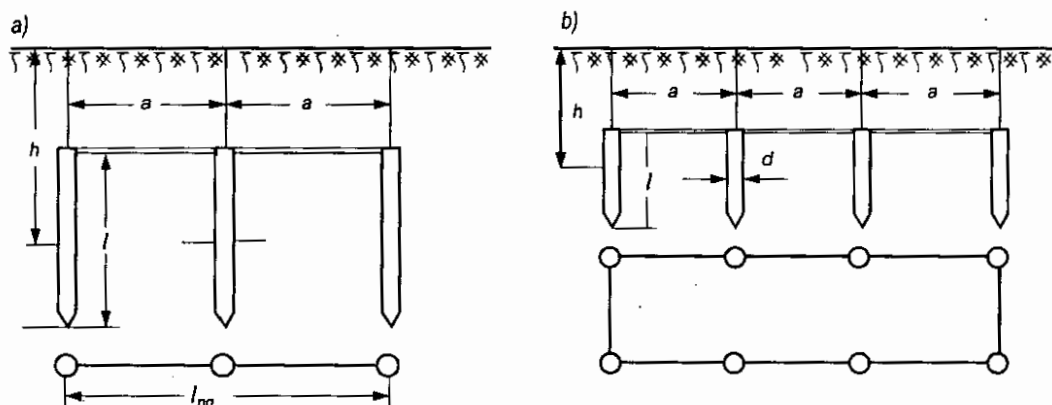
$$R_{nd} = \frac{R_{d1}}{n \eta_d}$$



Hình 4-8



Hình 4-9



Hình 4-10

Còn R_{ng} là điện trở tản của điện cực ngang (Ω).

Nó được tính toán theo công thức:

$$R_{ng} = \frac{R_{ng1}}{\eta_{ng}}$$

Trong các công thức của R_d và R_{ng} :

R_{d1} là điện trở tản của 1 điện cực đứng đơn độc (Ω) (nó được tính theo công thức đối với vật nổi đất chỉ có một điện cực).

R_{ng1} - điện trở tản của 1 điện cực ngang đơn độc (Ω) (nó được tính theo công thức đối với vật nổi đất chỉ có 1 điện cực ngang với chiều dài l bằng chiều dài của hàng (khi nối đất theo hàng) hoặc chu vi của vòng (khi nối đất theo vòng);

n - số điện cực đứng được dùng.

η_d, η_{ng} - hệ số sử dụng điện cực đứng và hệ số sử dụng điện cực ngang.

Nó được đưa vào để kể đến hiệu ứng màn chắn giữa các điện cực làm tăng điện trở tản của mỗi điện cực. Trị số của η_d, η_{ng} phụ thuộc vào số điện cực đứng, tỉ số khoảng cách giữa các điện cực đứng và chiều dài của nó $\frac{a}{l}$.

Trên bảng 4.6 người ta cho trị số η_d và η_{ng} khi nối đất các điện cực đứng theo hàng

Bảng 4.6. Trị số η_d và η_{ng} khi nối đất các điện cực đứng theo hàng

Số điện cực đứng	Tỉ số khoảng cách giữa các điện cực đứng và chiều dài của nó (a/l)					
	1		2		3	
	η_d	η_{ng}	η_d	η_{ng}	η_d	η_{ng}
3	0,78	0,8	0,86	0,92	0,91	0,95
4	0,74	0,77	0,83	0,89	0,88	0,92

(Tiếp bảng 4.6)

Số điện cực đứng	Tỉ số khoảng cách giữa các điện cực đứng và chiều dài của nó (a/l)					
	1		2		3	
	η_d	η_{ng}	η_d	η_{ng}	η_d	η_{ng}
5	0,7	0,74	0,81	0,86	0,87	0,9
6	0,63	0,71	0,77	0,83	0,83	0,88
10	0,59	0,62	0,75	0,75	0,81	0,82
15	0,54	0,5	0,7	0,64	0,78	0,74
20	0,49	0,42	0,68	0,56	0,77	0,68
30	0,43	0,31	0,65	0,46	0,75	0,58

Còn trên bảng 4.7 người ta cho các trị số η_d và η_{ng} khi nối đất các điện cực đứng theo một vòng kín.

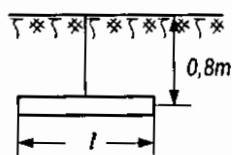
Bảng 4.7. Trị số η_d và η_{ng} khi nối đất các điện cực đứng theo một vòng kín

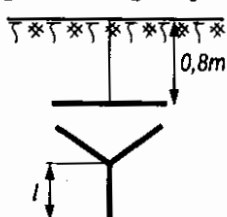
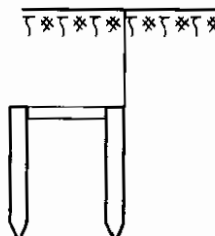
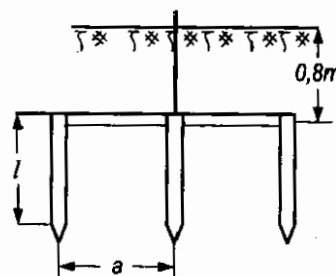
Số điện cực đứng	Tỉ số khoảng cách giữa các điện cực đứng và chiều dài của nó (a/l)					
	1		2		3	
	η_d	η_{ng}	η_d	η_{ng}	η_d	η_{ng}
4	0,69	0,45	0,78	0,55	0,85	0,7
6	0,62	0,40	0,73	0,48	0,8	0,64
7	0,58	0,36	0,71	0,43	0,78	0,6
10	0,55	0,34	0,69	0,4	0,76	0,56
20	0,47	0,27	0,64	0,32	0,71	0,45
30	0,43	0,24	0,60	0,30	0,68	0,41
50	0,40	0,21	0,56	0,28	0,66	0,37
70	0,38	0,20	0,54	0,25	0,64	0,35
100	0,35	0,19	0,52	0,24	0,62	0,33

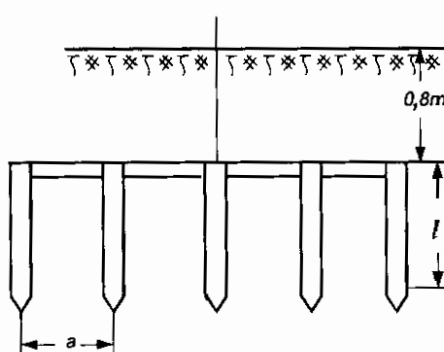
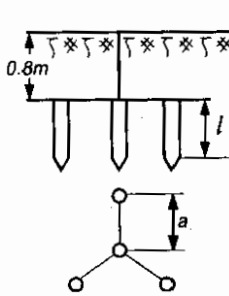
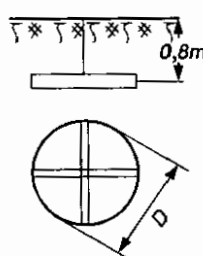
Để giảm nhẹ tính toán, trên bảng 4.8 người ta cho trị số điện trở tản của các vật nối đất thường dùng nhất với điện trở suất của đất quy ước $\rho = 100\Omega\text{m}$

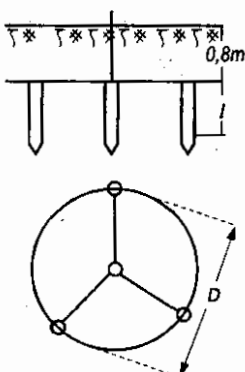
Bảng 4.8. Trị số điện trở tản của vật nối đất $R_{nd} (\Omega)$ với $\rho = 100\Omega\text{m}$

Thứ tự	Vật nối đất	$R_{nd} (\Omega)$
1	2	3
1	Điện cực ngang bằng thép dẹt $40 \times 4\text{mm}$ với l (m)	
	5	19
	10	12
	12	11
	24	6,2
	32	4,8
	40	4



1	2	3																																
2	Điện cực ngang 3 tia bằng thép dẹt $40 \times 4\text{mm}$  với l (m) <table><tr><td>6</td></tr><tr><td>12</td></tr><tr><td>16</td></tr><tr><td>20</td></tr></table>	6	12	16	20	<table><tr><td>9</td></tr><tr><td>5,2</td></tr><tr><td>4</td></tr><tr><td>3,4</td></tr></table>	9	5,2	4	3,4																								
6																																		
12																																		
16																																		
20																																		
9																																		
5,2																																		
4																																		
3,4																																		
3	Điện cực đứng 2 thanh bằng thép góc $50 \times 50 \times 5\text{mm}$ hoặc thép ống $d = 50\text{mm}$ hoặc thép dẹt $40 \times 4\text{mm}$  với l (m) a (m) <table><tr><td>2,5</td><td>3</td></tr><tr><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>2,5</td><td>6</td></tr><tr><td>3</td><td>6</td></tr></table> Bằng thép tròn $d = 12 \div 20\text{mm}$, và thép dẹt $40 \times 4\text{mm}$ <table><tr><td>l (m)</td><td>a (m)</td></tr><tr><td>2,5</td><td>3</td></tr><tr><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>2,5</td><td>5</td></tr><tr><td>3</td><td>5</td></tr><tr><td>5</td><td>3</td></tr><tr><td>5</td><td>5</td></tr></table>	2,5	3	3	3	2,5	6	3	6	l (m)	a (m)	2,5	3	3	3	2,5	5	3	5	5	3	5	5	<table><tr><td>14</td></tr><tr><td>12</td></tr><tr><td>11</td></tr><tr><td>9</td></tr><tr><td>15</td></tr><tr><td>14</td></tr><tr><td>12</td></tr><tr><td>11</td></tr><tr><td>11</td></tr><tr><td>8</td></tr></table>	14	12	11	9	15	14	12	11	11	8
2,5	3																																	
3	3																																	
2,5	6																																	
3	6																																	
l (m)	a (m)																																	
2,5	3																																	
3	3																																	
2,5	5																																	
3	5																																	
5	3																																	
5	5																																	
14																																		
12																																		
11																																		
9																																		
15																																		
14																																		
12																																		
11																																		
11																																		
8																																		
4	Điện cực đứng 3 thanh bằng thép góc $50 \times 50 \times 5\text{mm}$ hoặc thép ống $d = 50\text{mm}$ và thép dẹt $40 \times 4\text{mm}$  với l (m) a (m) <table><tr><td>2,5</td><td>3</td></tr><tr><td>2,5</td><td>6</td></tr><tr><td>3</td><td>7</td></tr></table> Bằng thép tròn $d = 12 \div 20\text{mm}$ và thép dẹt $40 \times 4\text{mm}$ <table><tr><td>l (m)</td><td>a (m)</td></tr><tr><td>2,5</td><td>2,5</td></tr><tr><td>3</td><td>2,5</td></tr><tr><td>2,5</td><td>5</td></tr><tr><td>3</td><td>5</td></tr><tr><td>5</td><td>6</td></tr></table>	2,5	3	2,5	6	3	7	l (m)	a (m)	2,5	2,5	3	2,5	2,5	5	3	5	5	6	<table><tr><td>8</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>5,6</td></tr><tr><td>10</td></tr><tr><td>9</td></tr><tr><td>7</td></tr><tr><td>6,6</td></tr><tr><td>5,4</td></tr></table>	8	6	5,6	10	9	7	6,6	5,4						
2,5	3																																	
2,5	6																																	
3	7																																	
l (m)	a (m)																																	
2,5	2,5																																	
3	2,5																																	
2,5	5																																	
3	5																																	
5	6																																	
8																																		
6																																		
5,6																																		
10																																		
9																																		
7																																		
6,6																																		
5,4																																		

1	2	3																																	
5	Điện cực đứng 5 thanh làm bằng thép góc $50 \times 50 \times 5$ mm thép ống $d = 50$mm và thép dẹt 40×4 mm hoặc bằng thép tròn $d = 12 \div 20$mm và thép dẹt 40×4 mm  <table><tr><th>l (m)</th><th>a(m)</th><th></th></tr><tr><td>2</td><td>5</td><td>4,4</td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>3,8</td></tr><tr><td>2</td><td>7,5</td><td>3,6</td></tr><tr><td>3</td><td>7,5</td><td>3,2</td></tr><tr><td>2</td><td>5</td><td>4,8</td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>4</td></tr><tr><td>2</td><td>7,5</td><td>4</td></tr><tr><td>3</td><td>7,5</td><td>3,4</td></tr><tr><td>5</td><td>5</td><td>3,8</td></tr><tr><td>5</td><td>7,5</td><td>3,2</td></tr></table>	l (m)	a (m)		2	5	4,4	3	5	3,8	2	7,5	3,6	3	7,5	3,2	2	5	4,8	3	5	4	2	7,5	4	3	7,5	3,4	5	5	3,8	5	7,5	3,2	
l (m)	a (m)																																		
2	5	4,4																																	
3	5	3,8																																	
2	7,5	3,6																																	
3	7,5	3,2																																	
2	5	4,8																																	
3	5	4																																	
2	7,5	4																																	
3	7,5	3,4																																	
5	5	3,8																																	
5	7,5	3,2																																	
6	Điện cực đứng 4 thanh làm bằng thép $50 \times 50 \times 5$ mm hoặc thép ống $d = 50$mm và thép dẹt 40×4 mm với $l = 3$ m và $a = 6$ m 	4,2																																	
7	Điện cực ngang hình vòng bằng thép dẹt 40×4mm với D (m)  <table><tr><th>D (m)</th><th></th></tr><tr><td>4</td><td>9</td></tr><tr><td>6</td><td>6,6</td></tr><tr><td>8</td><td>5,2</td></tr><tr><td>10</td><td>4,4</td></tr><tr><td>12</td><td>3,8</td></tr></table>	D (m)		4	9	6	6,6	8	5,2	10	4,4	12	3,8																						
D (m)																																			
4	9																																		
6	6,6																																		
8	5,2																																		
10	4,4																																		
12	3,8																																		

1	2	3
	Điện cực đứng với 4 ống và 3 tia bằng thép  góc $50 \times 50 \times 5$ mm hoặc thép ống $d = 50$ mm và thép dẹt 40×4 mm $D = 8$ m, $l = 3$ m	4

Khi điện trở suất thực của đất ρ_t khác $100\Omega\text{m}$, điện trở tản của vật nối đất được hiệu chỉnh theo công thức:

$$R_{dn1} = R_{nd} \frac{\rho_t}{100}$$

Trong đó: R_{nd} - là trị số ghi trong bảng 4.8;

R_{dn1} - trị số điện trở tản thực của đất (Ω);

ρ_t - tính theo Ωm .

§4.4. CHỌN THIẾT BỊ NỐI ĐẤT

Chọn thiết bị nối đất bao gồm chọn vật nối đất và dây nối đất hoặc dây bảo vệ nối với dây trung tính.

a) Chọn vật nối đất

Chọn vật nối đất có thể tiến hành theo các bước sau đây:

1) Theo quy phạm về an toàn điện, tìm trị số điện trở nối đất yêu cầu R_{yc} đối với thiết bị điện cần nối đất. Nếu vật nối đất là chung cho vài thiết bị điện thì trị số R_{yc} sẽ là trị số nhỏ nhất trong các điện trở nối đất yêu cầu của các thiết bị điện đó.

2) Xác định điện trở tản của vật nối đất tự nhiên R_{tn} (nếu có).

3) Tính toán điện trở tản cần thiết R_{nt} của vật nối đất nhân tạo.

Khi xem R_{tn} và R_{nt} là điện trở của 2 nhánh song song, ta có $\frac{1}{R_{tn}} + \frac{1}{R_{nt}} = \frac{1}{R_{yc}}$

Từ đó rút ra:
$$R_{nt} = \frac{R_{yc} R_{tn}}{R_{tn} - R_{yc}}$$

4) Chọn điện cực đứng nối đất nhân tạo và tính toán điện trở tản của 1 điện cực đứng đơn độc. Để làm điện cực đứng nối đất người ta thường dùng những thanh thép góc (kích

thước $50 \times 50 \times 4\text{mm}$), dài $2,5 \div 3\text{m}$ hoặc các ống thép đường kính 50mm dài $2,5 \div 3\text{m}$ và dày không nhỏ hơn $3,5\text{mm}$ hoặc các đoạn thép tròn đường kính $12 \div 14\text{mm}$ và dài hơn hoặc bằng 5m . Mỗi điện cực này được chôn thẳng đứng xuống đất sao cho đầu trên của nó cách mặt đất từ $0,6 \div 0,7\text{m}$.

Khi chọn xong điện cực đứng, theo các công thức tính điện trở tản của vật nối đất đơn độc (với điện trở suất ρ của đất là trị số ghi trong bảng 4.3 nhân với hệ số nâng cao K do thời tiết đối với điện cực đứng) ta sẽ tính được điện trở tản của 1 điện cực được chọn R_{d1} . Nếu kết quả tính R_{d1} có trị số nhỏ hơn trị số cần thiết của vật nối đất nhân tạo R_{nt} , thì điện cực được chọn chính là vật nối đất nhân tạo cần tìm. Còn nếu $R_{d1} > R_{nt}$ thì phải thực hiện các bước tiếp theo.

5) Tính sơ bộ số điện cực đứng cần dùng n (khi chưa xét đến điện dẫn của điện cực ngang) theo công thức:

$$n = \frac{R_{d1}}{\eta_{ds} R_{nt}}$$

Trong đó η_{ds} là hệ số sử dụng của điện cực đứng được chọn sơ bộ trong khoảng $0,5 \div 0,8$.

Theo số điện cực n này được quy tròn về số nguyên ta lựa chọn cách bố trí các điện cực đứng (theo hàng hoặc theo vòng), khoảng cách a giữa các điện cực và chọn điện cực ngang nối các điện cực đứng với nhau (thường là 1 thanh thép dẹt kích thước $40 \times 4\text{mm}^2$).

Theo n và tỉ số $\frac{a}{l}$ (l - chiều dài điện cực đứng) tra bảng 4.6 hoặc bảng 4.7 ta tìm được trị số các hệ số sử dụng η_d và η_{ng} .

Nếu η_d tìm được này lớn hơn nhiều η_{ds} khi chọn sơ bộ thì phải chọn lại η_{ds} lớn hơn, tính lại n và bố trí lại các điện cực đứng (thay đổi khoảng cách a giữa các điện cực).

6) Tính điện trở tản của điện cực ngang R_{ng} với điện trở suất của đất là trị số ghi trong bảng 4.3 nhân với hệ số nâng cao do thời tiết K đối với điện cực ngang. Công thức tính toán được trình bày ở phần tính toán điện trở tản của vật nối đất.

7) Tính chính xác điện trở tản cần thiết R_d của các điện cực đứng có xét đến điện dẫn của điện cực ngang theo công thức:

$$\frac{1}{R_d} = \frac{1}{R_{nt}} - \frac{1}{R_{ng}}$$

hoặc:

$$R_d = \frac{R_{nt} R_{ng}}{R_{ng} - R_{nt}}$$

8) Tính chính xác số điện cực đứng cần thiết n có xét đến hệ số sử dụng η_d và điện dẫn của điện cực ngang theo công thức:

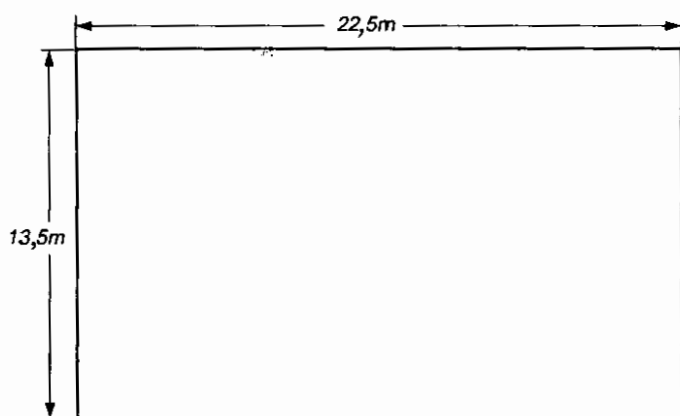
$$n = \frac{R_{d1}}{\eta_d R_d}$$

số điện cực n này được quy tròn về số nguyên và nếu số n nhận được cuối cùng này khác với số n chọn sơ bộ ở bước 5 thì ta bố trí lại các điện cực đúng theo số n nhận được cuối cùng này.

Ví dụ 4.1. Tính chọn vật nối đất cho các động cơ điện kéo bơm của 1 trạm bơm nước có mặt bằng như hình 4-13.

Các động cơ điện này được cấp điện từ mạng điện 3 pha 3 dây với trung điểm của nguồn nối đất và được bảo vệ bằng các cầu chì.

Được biết dòng điện cắt sau 5 giây I_{kd} của cầu chì có dòng điện định mức lớn nhất trong số các cầu chì bảo vệ có trị số bằng 17A, đất vùng trạm là đất sét và vỏ tất cả động cơ điện được nối vào một vật nối đất chung. Kích thước mặt bằng của trạm ghi trên hình vẽ và trong trạm không có vật nối đất tự nhiên.



Hình 4-13

Giải:

Trong trường hợp của bài toán, điện trở tản yêu cầu của vật nối đất chung cho tất cả động cơ là:

$$R_{yc} = \frac{U_{at}}{I_{kd}} = \frac{50}{17} = 2,94\Omega$$

Khi trong trạm không có vật nối đất tự nhiên, ta có điện trở tản cần thiết của vật nối đất nhân tạo:

$$R_{nt} = R_{yc} = 2,94\Omega$$

Với loại đất sét, tra bảng 4.3 ta có $\rho_0 = 70\Omega m$ và khi chọn hệ số nâng cao do thời tiết $K = 1,6$ ta có:

$$\rho = K\rho_0 = 1,6 \times 70 = 105\Omega m$$

Để làm các điện cực đúng ta chọn thép ống đường kính $d = 50mm$ dài $l = 3m$ và độ sâu đặt điện cực $h = 2,2m$. Điện trở tản của 1 điện cực đúng như vậy khi đặt đơn độc sẽ là:

$$R_{d1} = \frac{0,16\rho}{l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h+l}{4h-l} \right)$$

$$= \frac{0,16 \times 105}{3} \left(\ln \frac{2 \times 3}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \times 2,2 + 3}{4 \times 2,2 - 3} \right) = 28,73 \Omega$$

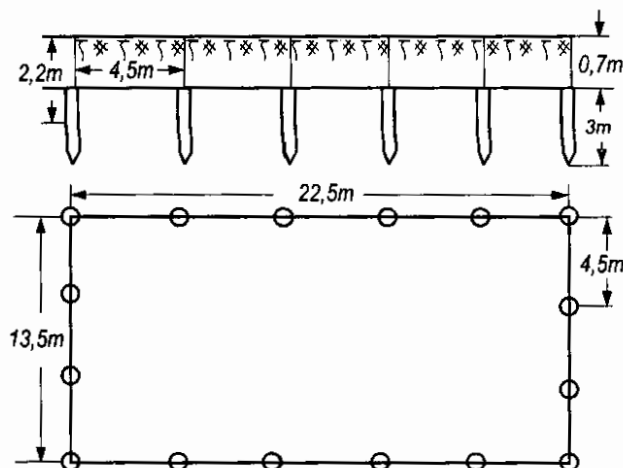
Vì R_{d1} lớn hơn R_{nt} nên vật nối đất phải có nhiều điện cực.

Khi chọn sơ bộ hệ số sử dụng $\eta_d = 0,6$, ta có số điện cực cần thiết:

$$n = \frac{R_{d1}}{\eta_d R_{nt}} = \frac{28,73}{0,6 \times 2,94} = 16,28$$

Ta chọn 16 điện cực đứng chôn thành vòng theo chu vi của trạm như hình 4-14.

Đầu trên các điện cực cách mặt đất 0,7m được nối với nhau bằng 1 thanh thép kích thước $40 \times 4\text{mm}$.



Hình 4-14

Các điện cực đứng được đặt cách nhau $a = 4,5\text{m}$. Độ sâu đặt điện cực ngang so với mặt đất $h = 0,7\text{m}$, điện cực ngang có chiều rộng $b = 40\text{mm} = 0,04\text{m}$ và chiều dài bằng chu vi mặt bằng của trạm $l_{ng} = 72\text{m}$.

Với $n = 16$ và $\frac{a}{l} = \frac{4,5}{72} = 1,5$ tra bảng 4.7.

và bằng cách nội suy ta có $\eta_d = 0,58$ và $\eta_{ng} = 0,33$.

Đối với điện cực ngang khi chọn hệ số nâng cao của điện trở đất $K = 2$, ta có $\rho = K\rho_0 = 2 \times 70 = 140$ và điện trở tản của điện cực ngang:

$$R_{ng} = \frac{0,16\rho}{\eta_{ng} l_{ng}} \ln \frac{2l^2}{hb} = \frac{0,16 \times 140}{0,33 \times 72} \ln \frac{2 \times 72^2}{0,7 \times 0,04} = 12,08 \Omega$$

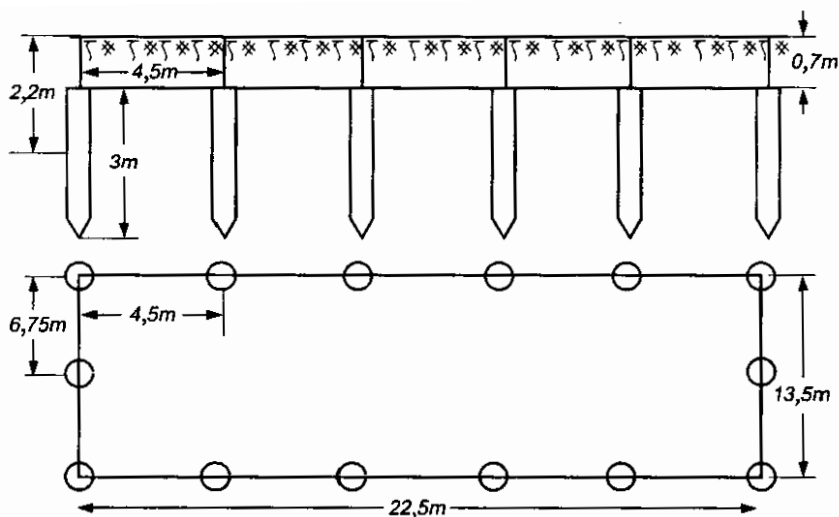
Điện trở tản cần thiết của các điện cực đứng:

$$R_d = \frac{R_{nt} R_{ng}}{R_{ng} - R_{nt}} = \frac{2,94 \times 12,08}{12,08 - 2,94} = 3,88 \Omega$$

Số điện cực đứng cần thiết n khi có xét đến điện dẫn của điện cực ngang và hệ số sử dụng η_d sẽ là:

$$n = \frac{R_{d1}}{\eta_d R_d} = \frac{28,73}{0,58 \times 3,88} = 12,76$$

Ta chọn 14 cực đứng và bố trí nối đất lại như hình 4-15.



Hình 4-15

Kiểm tra lại hệ thống nối đất mới này (khi xem gần đúng η_{ng} và η_d vẫn không đổi so với hệ thống 16 điện cực đứng).

Ta có điện trở tản của các điện cực đứng:

$$R_d = \frac{R_{dl}}{\eta_d n} = \frac{28,73}{0,58 \times 14} = 3,54 \, \Omega$$

Điện trở tản của toàn bộ vật nối đất nhân tạo:

$$R_{nd} = \frac{R_d R_{ng}}{R_d + R_{ng}} = \frac{3,54 \times 12,08}{3,54 + 12,08} = 2,74 \, \Omega < R_{yc} = 2,94 \Omega$$

Như vậy hệ thống nối đất mới này thỏa mãn yêu cầu.

b) Chọn dây nối đất và dây bảo vệ (dây nối vỏ thiết bị điện với dây trung tính)

Dây nối đất và dây bảo vệ được lựa chọn theo 2 yêu cầu: dẫn điện tốt và đảm bảo độ bền cơ khí và độ bền ăn mòn.

Theo yêu cầu dẫn điện tốt người ta quy định như sau:

Đối với mạng điện có trung điểm của nguồn nối đất, dây nối đất hoặc dây bảo vệ phải có diện dẫn lớn hơn 50% diện dẫn của dây pha.

Muốn vậy khi dây nối đất hoặc dây bảo vệ cùng loại vật liệu như dây pha (ví dụ dây pha và dây nối đất cũng là dây nhôm hoặc cùng là dây đồng) thì tiết diện của dây nối đất hoặc dây bảo vệ phải lớn hơn 50% tiết diện của dây pha.

Còn khi dây nối đất, là dây thép thanh hoặc thép tròn thì tiết diện của nó phụ thuộc vào tiết diện của dây pha bằng đồng như bảng 4.8.

**Bảng 4.9. Tiết diện của dây nối đất bằng thép tương ứng
với tiết diện của dây pha bằng đồng**

Tiết diện của dây pha bằng đồng (mm ²)	Tiết diện của dây nối đất bằng thép (mm ²)
≤ 6	45
10	80
16	120
25	200
35	320
50	400
≥ 70	800

Trong trường hợp dây pha bằng nhôm, tiết diện của dây nối đất bằng thép cũng có thể xác định từ bảng 4.8 nhưng lấy nhỏ hơn 1 bậc.

Ví dụ nếu tiết diện của dây pha bằng nhôm là 16mm² thì tiết diện của dây nối đất bằng thép không phải bằng 120mm² mà bằng 80mm².

Đối với mạng điện hạ áp có trung điểm của nguồn cách điện với đất, nếu dây nối đất và dây pha cùng là dây nhôm hoặc cùng là dây đồng thì tiết diện của dây nối đất phải không nhỏ hơn $\frac{1}{3}$ tiết diện của dây pha, còn nếu dây nối đất là dây thép thì diện dẫn của nó phải lớn hơn 1/3 diện dẫn của dây pha.

Theo yêu cầu đảm bảo độ bền cơ khí và độ bền ăn mòn người ta quy định đối với tất cả các loại mạng điện hạ áp (trung điểm của nguồn nối đất hoặc cách điện với đất), dây nối đất hoặc dây bảo vệ phải có kích thước không nhỏ hơn kích thước tối thiểu cho trong bảng 4.2. Như vậy dây nối đất hoặc dây bảo vệ sau khi chọn theo yêu cầu dẫn điện tốt phải kiểm tra theo yêu cầu độ bền cơ học và độ bền ăn mòn.

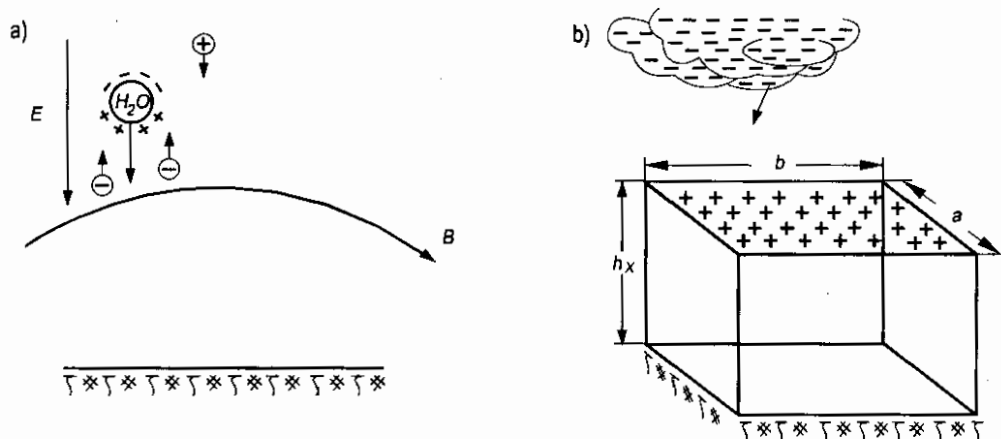
Chương V

CHỐNG SÉT CHO NHÀ Ở VÀ CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG CÔNG CỘNG

§5.1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM LIÊN QUAN ĐẾN CHỐNG SÉT

1. Sự hình thành của sét và các thông số chính của dòng điện sét

Trong không gian vũ trụ luôn tồn tại một điện trường E hướng từ trên xuống mặt đất và một địa từ trường B bao quanh quả đất. Đồng thời cũng tồn tại các điện tích khí quyển: ion (+) đi xuống và ion(-) đi lên. Khi một giọt nước (H_2O) rơi từ trên cao xuống dưới, nó sẽ cắt địa từ trường B và trong nó sẽ cảm ứng điện tích âm ở trên và điện tích dương ở phía dưới (hình 5-1a). Các ion(+) khí quyển thường không đuổi kịp giọt nước, nên các điện tích âm phía trên giọt nước không bị trung hoà.



Hình 5-1

Ngược lại giọt nước này thường gặp các ion(-) khí quyển đi từ dưới lên, các ion(-) này sẽ trung hoà các điện tích dương phía dưới giọt nước và giọt nước chỉ còn lại điện tích âm ở phía trên. Nhiều giọt nước như vậy sẽ tạo nên một đám mây mang điện tích âm.

Khi có đám mây mang điện tích âm đi qua mái nhà hoặc ngọn cây, do cảm ứng tĩnh điện trên mái nhà hoặc ngọn cây cũng tích lũy một lượng điện tích tương tự nhưng trái dấu (hình 5-1b).

Khi gần đến nhà cao, đám mây hút các điện tích dương làm cho chúng tập trung ở những điểm cao nhất.

Lượng điện tích (+) trên mái nhà và điện tích (-) của đám mây tạo nên một hiệu điện thế lớn giữa đám mây và mái nhà. Nếu hiệu điện thế này đủ lớn thì nó sẽ chọc thủng lớp

không khí giữa đám mây và mái nhà và gây ra sét. Dòng điện sét gây ra tia lửa điện loé sáng (chớp), đồng thời không khí bị đốt nóng nhanh chóng và giãn nở tức thời tạo ra một tiếng nổ lớn (sấm). Vì tốc độ truyền ánh sáng nhanh hơn tốc độ truyền âm thanh, nên bao giờ ta cũng thấy chớp trước khi nghe sấm. Sét đánh càng gần thì khoảng cách giữa chớp và sấm càng ngắn.

Số lần dự tính N sét đánh trong 1 năm vào một nhà hình hộp cao không quá 60m (hình 5-1b) được xác định theo công thức:

$$N = \frac{(a + 3h_x)(b + 3h_x)n}{10^6}$$

Trong đó: a và b là chiều rộng và chiều dài của mái nhà (m);

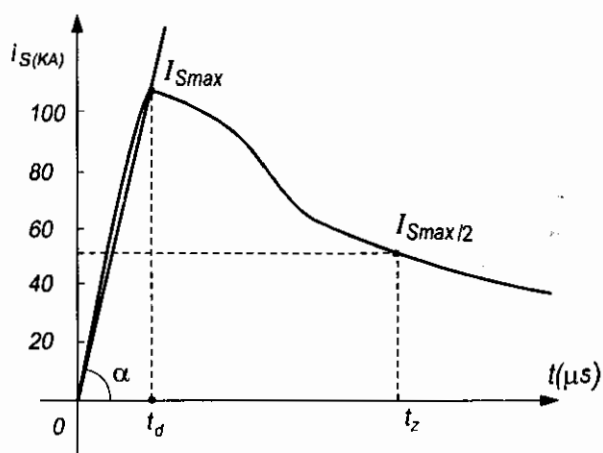
h_x - chiều cao của toà nhà (m);

n - số lần sét đánh trong 1 năm trên 1km^2 mặt đất ở khu vực xây nhà.

Dòng điện sét thay đổi rất nhanh theo thời gian, nó có dạng như đường cong hình 5-2. Các thông số chính của dòng điện sét bao gồm:

a) Biên độ của dòng điện sét I_{Smax}

Biên độ của dòng điện sét là trị số lớn nhất của dòng điện sét. Ở vùng đồng bằng dòng điện sét có biên độ trong khoảng $(60 \div 200)\text{kA}$ còn ở vùng núi, biên độ của dòng điện sét thường chỉ bằng $1/2$ biên độ dòng điện sét ở vùng đồng bằng.



Hình 5-2

b) Thời gian đầu sóng t_d , thời gian giữa sóng t_z và thời gian toàn sóng t_s của dòng điện sét

Thời gian đầu sóng t_d là thời gian từ khi dòng điện sét xuất hiện đến khi nó đạt được trị số cực đại I_{Smax} . Thường t_d nằm trong khoảng $(1,5 \div 3)\mu\text{S}$ ($1\mu\text{S} = 10^{-6}$ giây). Thời gian giữa sóng t_z là thời gian để dòng điện sét giảm từ I_{Smax} đến $I_{Smax}/2$, t_z nằm trong khoảng $(30 \div 40)\mu\text{S}$. Thời gian toàn sóng sét t_s là thời gian kể từ khi xuất hiện đến lúc mất hẳn dòng điện sét, t_s nằm trong khoảng $(100 \div 200)\mu\text{S}$.

c) Độ dốc đầu sóng của dòng điện sét

Độ dốc đầu sóng là tốc độ biến thiên của dòng điện sét theo thời gian ở đầu sóng:

$$\frac{dI}{dt} \approx \frac{I_{Smax}}{t_d}$$

Ở vùng đồng bằng dòng điện sét có thể có độ dốc đầu sóng trong khoảng $(25 \div 60)\text{kA}/\mu\text{S}$, còn ở vùng núi độ dốc đầu sóng thường giảm đi một nửa so với vùng đồng bằng.

2. Tác dụng của sét

Người ta phân biệt 2 loại tác dụng của sét:

a) Tác dụng sét đánh thẳng

Tác dụng sét đánh thẳng là tác dụng trực tiếp của dòng điện sét lên đối tượng mà nó đi qua. Tác dụng này là sự kết hợp tác dụng nhiệt và cơ của dòng điện sét. Khi dòng điện sét đi qua đối tượng nào đó, nó sẽ đốt nóng đối tượng do hiệu ứng nhiệt của nó. Mặc dù thời gian tồn tại của dòng điện sét rất ngắn nhưng với trị số rất lớn của nó, dòng điện sét có thể đốt cháy hoặc làm biến dạng đối tượng mà nó đi qua. Thực ra nhiệt lượng do dòng điện sét tạo ra không lớn lắm nhưng nguy hiểm của nó là nhiệt lượng tăng cực nhanh làm đối tượng bị giãn nở nhiệt nhanh chóng.

Sự giãn nở nhiệt này gây ra một nội lực cơ khí lớn làm đối tượng bị phá hỏng.

Thực tế dòng điện sét có thể phá hỏng hoàn toàn các cấu kiện bằng gỗ hoặc phá hỏng nặng nề các cấu kiện bê tông cốt sắt, các công trình bằng gạch hoặc đá.

Bằng các thí nghiệm trên các mẫu bê tông hoặc bê tông cốt sắt người ta thấy rằng sau khi có dòng điện sét đi qua, trong bê tông xuất hiện những lỗ hổng, các khung thép bị biến dạng và bê tông giảm đáng kể độ bền cơ khí.

Khi dòng điện sét bằng khoảng 20kA và thời gian toàn sóng $40\mu\text{S}$ đi qua mẫu bê tông, mẫu bê tông bị phá hoại hoàn toàn. Điều đó chứng tỏ sự ổn định rất yếu của bê tông đối với dòng điện sét.

b) Tác dụng thứ cấp hoặc tác dụng gián tiếp của sét

Tác dụng thứ cấp là tác dụng gián tiếp của dòng điện sét lên các đối tượng ở gần vật dẫn có dòng điện sét đi qua. Tác dụng thứ cấp bao gồm 4 tác dụng: tác dụng cảm ứng điện từ, tác dụng cảm ứng tĩnh điện, sự xâm nhập điện áp cao và tác dụng điện áp bước. Tác dụng cảm ứng điện từ xuất hiện do sự biến thiên nhanh của dòng điện sét.

Khi dòng điện sét đi qua một vật dẫn nó sẽ tạo ra một từ trường Φ trong không gian xung quanh vật dẫn (hình 5-3a).

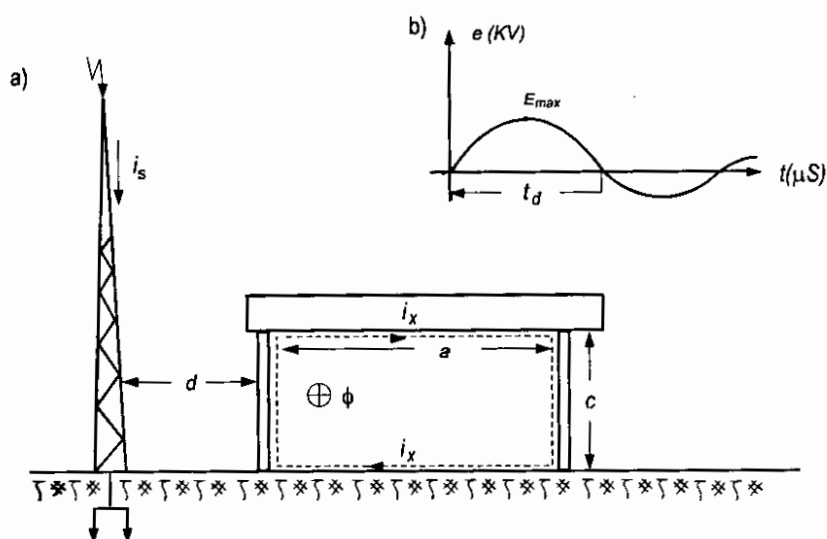
Với sự biến thiên nhanh chóng của dòng điện sét, từ thông Φ do nó tạo ra cũng biến thiên rất nhanh.

Do đó theo định luật cảm ứng điện từ, trong các mạch kim loại (các ống dẫn, các dây điện, các khung thép v.v...) đặt gần vật dẫn sét sẽ cảm ứng một sức điện động:

$$e = \frac{d\Phi}{dt} = M \frac{di_s}{dt}$$

Trong đó: M - hệ số hồ cảm giữa mạch kim loại và vật dẫn sét;

$\frac{di_s}{dt}$ - độ dốc của dòng điện sét.



Hình 5-3

Sức điện động e này có dạng như hình 5-3b và tắt nhanh giống như dòng điện sét. Còn trị số của e phụ thuộc vào biên độ và độ dốc của dòng điện sét, khoảng cách d giữa mạch kim loại và vật dẫn sét và các kích thước a , c của mạch kim loại.

Đối với các mạch kim loại kín, sức điện động cảm ứng e này tạo ra một dòng điện xung i_x (có biên độ lớn nhưng tắt nhanh) trong mạch. Dòng điện này chỉ đốt nóng mạch kim loại và thường không nguy hiểm. Nguy hiểm nhất là đối với các mạch kim loại hở hoặc có mối nối hở (tiếp xúc không tốt), sức điện động cảm ứng e này có thể gây ra phóng điện qua khe hở không khí giữa 2 đầu mạch kim loại hoặc khe hở của mối nối. Tia lửa điện được tạo ra từ kết quả phóng điện này đặc biệt nguy hiểm đối với những nhà tồn tại khí cháy hoặc hỗn hợp nổ. Tác dụng cảm ứng tĩnh điện xảy ra do tốc độ di tản điện tích xuống đất ở các đối tượng cảm ứng tĩnh điện (mái nhà, các ống dẫn, các dây điện v.v..) là khác nhau khi điện dẫn đối với đất của chúng khác nhau. Tất cả đối tượng trên mặt đất hoặc dưới mặt đất dù nối đất hay không nối đất đều có điện dẫn nào đó đối với đất (còn gọi là điện dẫn rò).

Ngay cả các đường dây điện trên không hoặc mái nhà kim loại trên ngôi nhà gỗ vẫn có điện dẫn đối với đất. Tuy nhiên điện dẫn đối với đất của các đối tượng khác nhau thường không bằng nhau.

Nếu đối tượng có điện dẫn đối với đất bé thì việc hấp thụ điện tích từ đất lên đối tượng hoặc di tản điện tích từ đối tượng xuống đất sẽ được thực hiện chậm.

Ngược lại nếu đối tượng có điện dẫn rò lớn thì việc hấp thụ điện tích từ đất lên đối tượng hoặc di tản điện tích từ đối tượng xuống đất sẽ được thực hiện nhanh hơn.

Khi có đám mây mang điện tích âm ở trên đối tượng thì theo định luật cảm ứng tĩnh điện, đối tượng sẽ tích lũy một lượng tương tự điện tích dương. Điện trường của đám mây (mang điện tích âm) đối với đất có dấu ngược với điện trường của đối tượng (mang điện tích dương) đối với đất. Do đó không có hiệu điện thế giữa đối tượng (mang điện tích dương) đối với đất.

Song khi đám mây phóng điện (có sét) phần lớn điện tích âm của mây được giải phóng, tương ứng điện tích dương cảm ứng của đối tượng di tản xuống đất. Tuy nhiên do quá trình phóng điện rất nhanh nên một lượng điện tích dương của đối tượng không di tản kịp xuống đất qua điện dẫn rò. Điện dẫn rò càng bé thì lượng điện tích dương không kịp di tản xuống đất càng lớn.

Kết quả là ngay sau khi sét đánh còn tồn đọng các lượng điện tích dương khác nhau trên các đối tượng khác nhau. Các điện tích dương tồn đọng này sẽ tạo ra một hiệu điện thế giữa đối tượng với đất và giữa các đối tượng với nhau.

Ví dụ giữa mái nhà kim loại với các ống dẫn nước và dây điện trong nhà hoặc giữa các đối tượng này với đất.

Nếu hiệu điện thế này có trị số đủ lớn, nó có thể gây ra phóng điện qua không khí giữa các đối tượng hoặc giữa đối tượng và đất. Tia lửa điện tạo ra từ sự phóng điện này đặc biệt nguy hiểm đối với các nhà có khí cháy hoặc hỗn hợp nổ.

Sự xâm nhập điện áp cao của sét từ xa vào nhà ở hoặc công trình được giải thích như sau:

Khi sét đánh vào một đối tượng nào đó, dòng điện sét đi qua dây thu sét xuống vật nối đất sẽ gây ra một điện áp lớn giữa đầu trên của dây thu sét và đất.

Điện áp này có thể xác định theo công thức:

$$U = R_{nd} I + L \frac{di}{dt}$$

Trong đó: R_{nd} - điện trở tản của vật nối đất (Ω);

L - điện cảm của dây thu sét (H);

I - trị số dòng điện sét (A);

$\frac{di}{dt}$ - độ dốc của dòng điện sét (A/S).

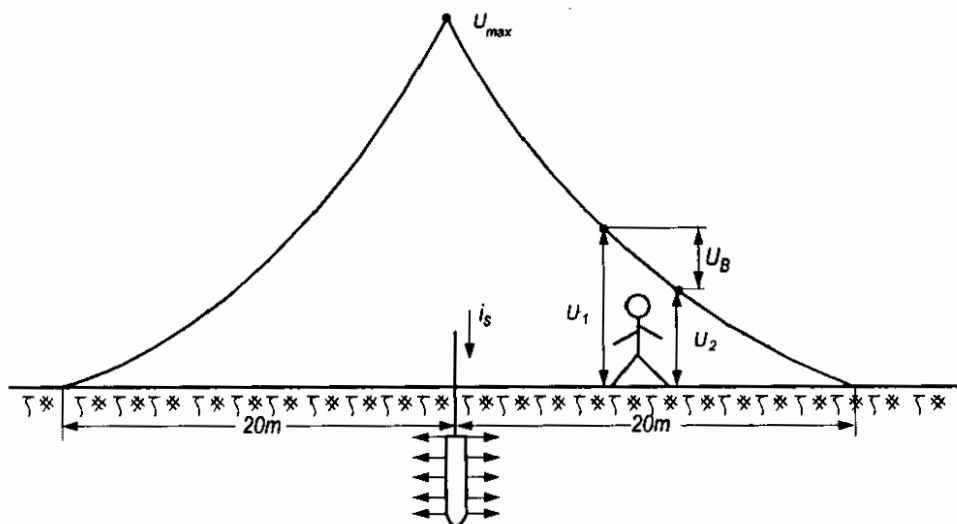
Ví dụ nếu $R_{nd} = 20\Omega$, $L = 25 \times 10^{-7}H$, $I = 3 \times 10^4A$, $\frac{di}{dt} = 40 \times 10^{10}A/S$, thì

$$U = 20 \times 3 \times 10^4 + 25 \times 10^{-7} \times 40 \times 10^{10} = 1,6 \times 10^6V$$

Điện áp lớn này có thể chọc thủng không khí hoặc đất, xâm nhập vào các đường dây trên không hoặc các ống dẫn kim loại dẫn đến nhà hoặc công trình.

Mặc dù điện áp này chỉ tồn tại trong thời gian sét rất ngắn (vài chục μS) nhưng nó có thể chọc thủng cách điện hoặc tạo ra tia lửa điện rất nguy hiểm cho các nhà có nguy cơ cháy hoặc nổ.

Tác dụng điện áp bước cũng được giải thích như ở chương an toàn điện. Khi sét đánh vào một đối tượng nào đó, dòng điện sét đi qua dây thu sét xuống vật nối đất rồi tản vào đất xung quanh vật nối đất trong vùng bán kính khoảng 20m. Điện thế do dòng điện sét tạo ra tại các điểm trên mặt đất xung quanh vật nối đất có đồ thị như hình 5-4.



Hình 5-4

Tại điểm nối đất điện thế có trị số lớn nhất và càng xa vật nối đất điện thế càng giảm dần và điện thế bằng 0 tại điểm cách vật nối đất khoảng 20m.

Khi người bước vào vùng nối đất này, một chân người đặt tại điểm có điện thế U_1 , còn chân kia tại điểm có điện thế U_2 . Do đó giữa 2 chân người sẽ có điện áp bước:

$$U_B = U_1 - U_2$$

Càng xa vật nối đất, điện áp bước càng nhỏ.

Mặc dù điện áp bước này chỉ tồn tại trong thời gian sét rất ngắn (vài chục μS), nhưng vẫn rất nguy hiểm cho người hoặc súc vật bước vào vùng có sét đánh.

3. Phân loại công trình theo mức bảo vệ chống sét

Theo mức bảo vệ chống sét các công trình được chia làm 3 loại.

a) Công trình cấp I

Bao gồm các công trình trong đó tồn tại các khí hoặc hơi cháy, sợi hoặc bụi cháy và trong điều kiện làm việc bình thường các khí, hơi cháy, bụi, sợi cháy này có thể kết hợp với không khí hoặc các chất oxy hoá khác tạo thành các hỗn hợp nổ. Hỗn hợp nổ này sẽ phát nổ khi có tác dụng của sét và khi nổ gây chết người hoặc thiệt hại lớn về kinh tế.

Ví dụ các công trình sản xuất chất nổ, các kho chứa kíp nổ, các trạm sản xuất khí đốt (ga) và các trạm điện phân.

b) Công trình cấp II

Bao gồm các công trình trong đó tồn tại các khí hoặc hơi cháy, bụi hoặc sợi cháy nhưng chỉ khi xảy ra sự cố hoặc làm sai nguyên tắc vận hành quá trình công nghệ trong nó, các khí, hơi cháy, bụi, sợi cháy này mới có khả năng kết hợp với không khí hoặc các chất oxy hoá khác tạo thành các hỗn hợp nổ. Hỗn hợp nổ sẽ phát nổ dưới tác dụng của sét, song khi nổ không gây ra chết người mà chỉ gây ra những hư hỏng nhỏ ví dụ các kho chứa vật liệu nổ và dễ bắt lửa.

c) Công trình cấp III

Bao gồm các công trình còn lại.

Tuyệt đại đa số các nhà ở và các công trình xây dựng công cộng thuộc công trình cấp III.

Người ta quy định đối với các công trình cấp I và II nhất thiết phải bảo vệ chống sét đánh thẳng và tất cả tác dụng gián tiếp của sét. Còn các công trình cấp III cần phải bảo vệ chống sét đánh thẳng đồng thời phải bảo vệ chống sự xâm nhập điện áp cao vào nhà khi có sét, vì nó có thể gây nguy hiểm cho người sống trong đó.

Khi các công trình cấp I, II và III nằm chung trong một toà nhà thì nên dùng các biện pháp chống sét đối với công trình cấp I để bảo vệ toà nhà.

Còn khi các công trình cấp II và III nằm chung trong một toà nhà thì để bảo vệ chung cho toàn toà nhà nên dùng các biện pháp chống sét đối với công trình cấp II.

§5.2. CÁC THIẾT BỊ CHỐNG SÉT ĐÁNH THẲNG

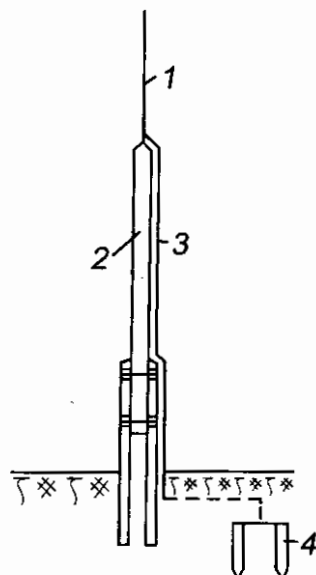
Tác dụng sét đánh thẳng là tác dụng nguy hiểm nhất đối với nhà ở và công trình xây dựng công cộng. Do đó đa số các công trình xây dựng cần thiết bảo vệ chống sét đánh thẳng. Để bảo vệ chống sét đánh thẳng ta có thể có 3 loại thiết bị: dùng cột thu sét hoặc dùng dây thu sét hoặc dùng lưới thu sét.

1. Cột thu sét và phạm vi bảo vệ của cột thu sét

a) Cột thu sét (hình 5-5)

Cột thu sét gồm 4 phần tử: kim thu sét 1, cột 2 dây dẫn sét 3 và vật nối đất 4.

Kim thu sét dùng để hướng sét vào nó; kim thu sét có thể làm bằng thép tròn hoặc thép dẹt, thép ống hoặc thép góc. Tiết diện của nó không được nhỏ hơn 100mm^2 .



Hình 5-5

Nếu thép dẹt thì bề dày không được nhỏ hơn 3,5mm và nếu bằng thép ống thì bề dày thành ống không được nhỏ hơn 3mm.

Đỉnh kim thu sét không phải vuốt nhọn và nếu kim thu sét bằng thép ống thì phải hàn kín đỉnh kim lại. Để chống mòn và gỉ, kim thu sét thường được mạ kẽm, mạ thiếc hoặc sơn dẫn điện. Kim thu sét dài $1 \div 1,5\text{m}$. Cột dùng để đặt kim thu sét lên cao, cột có thể làm bằng gỗ, sắt, bê tông cốt sắt hoặc tre nứa. Chiều cao của cột phải lớn hơn chiều cao của công trình cần bảo vệ và lớn hơn bao nhiêu là tùy thuộc phạm vi cần thiết bảo vệ của công trình.

Dây dẫn sét dùng để dẫn dòng điện sét từ kim thu sét xuống vật nối đất.

Dây dẫn sét có thể làm bằng thép tròn hoặc thép dẹt với tiết diện không nhỏ hơn 35mm^2 và bề dày thép dẹt không nhỏ hơn 3mm.

Để chống mòn và gỉ, dây dẫn sét thường được mạ kẽm, mạ thiếc hoặc sơn chống mòn, gỉ.

Vật nối đất dùng để tản dòng điện sét vào đất. Để điện áp bước và điện áp tiếp xúc do dòng điện sét gây ra xung quanh vật nối đất không vượt quá điện áp an toàn, vật nối đất phải có điện trở tản không vượt quá một trị số quy định.

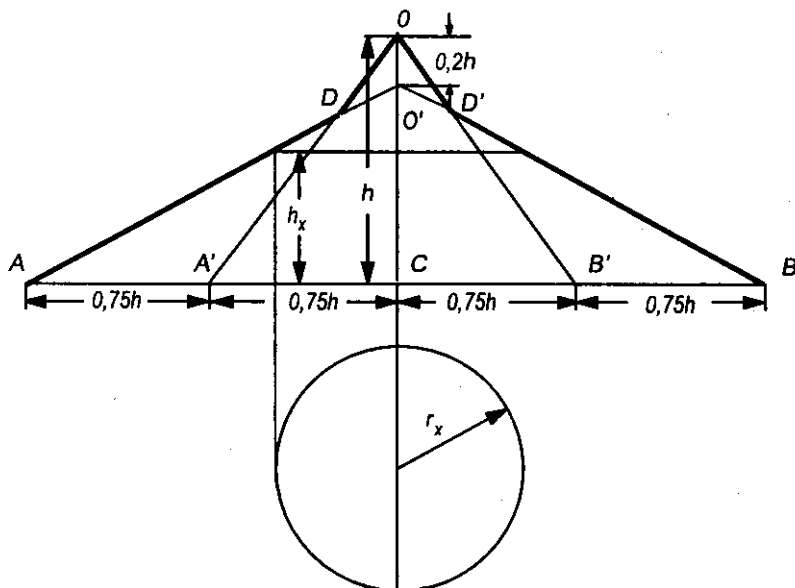
Thiết bị nối đất chống sét cũng giống như thiết bị nối đất an toàn điện được trình bày ở chương 4.

b) Vùng bảo vệ của một cột thu sét

Vùng bảo vệ là khoảng không gian được bảo vệ chống sét đánh thẳng.

Hình 5-6 là mặt cắt đứng và mặt bằng của vùng bảo vệ bởi một cột thu sét đứng riêng lẻ.

Hình chiếu đứng của vùng bảo vệ được vẽ như sau:



Hình 5-6

Trên đường thẳng ngang đi qua đế cột C ta lấy 2 đoạn $CA' = CB' = 0,75h$ (h - chiều cao của cột) và 2 đoạn $CA = CB = 1,5h$. Sau đó nối đỉnh O của cột với 2 điểm A' và B' và nối điểm O' cách đỉnh cột $0,2h$ với 2 điểm A và B. Hình chiếu đứng của vùng bảo vệ được giới hạn bởi các đường biên ODA và OD'B.

Vòng tròn bán kính r_x là giới hạn mặt bằng vùng bảo vệ ở độ cao h_x bất kì (độ cao của công trình).

Khi $0 \leq h_x \leq \frac{2}{3}h$ ta có:

$$r_x = 1,5(h - 1,25h_x)$$

Khi $h_x > \frac{2}{3}h$ ta có:

$$r_x = 0,75(h - h_x)$$

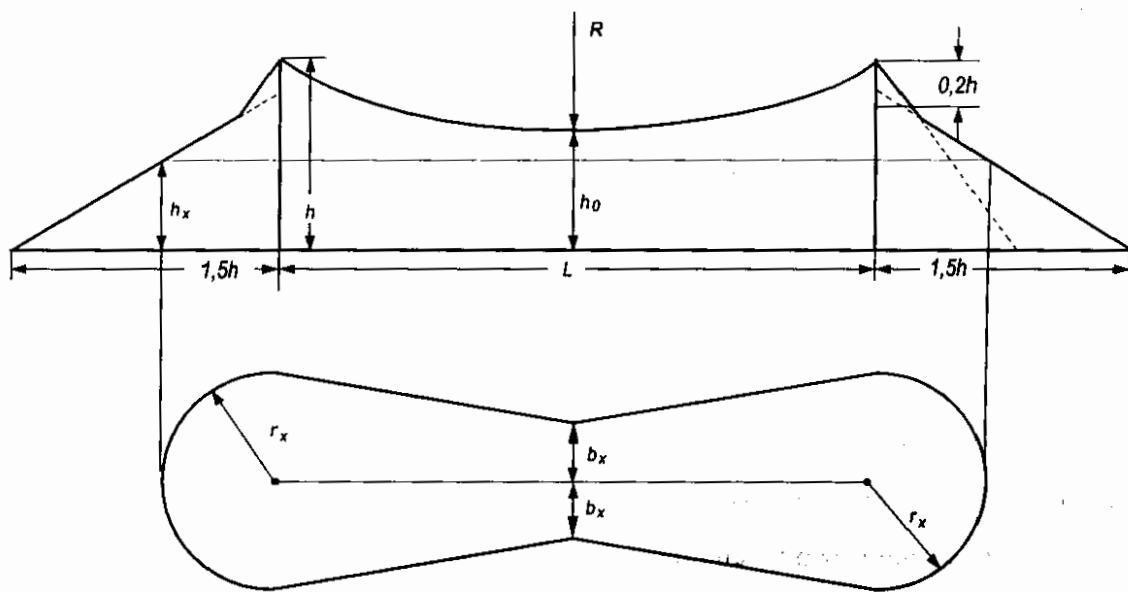
Khi biết độ cao của công trình h_x và mái của nó nằm trong vòng tròn bán kính r_x , ta có thể xác định chiều cao cần thiết (m) của cột thu sét theo công thức:

$$h = \frac{r_x + 1,9h_x}{1,5} \text{ khi } h_x/r_x \leq 2,67 \text{ và}$$

$$h = \frac{r_x + 0,75h_x}{0,75} \text{ khi } h_x/r_x > 2,67$$

Trong đó h_x , r_x tính theo mét.

c) Vùng bảo vệ của 2 cột thu sét cao bằng nhau đặt cách nhau 1 khoảng $L \leq 5h$



Hình 5-7

Hình 5-7 là mặt cắt đứng của toàn vùng bảo vệ và mặt bằng của vùng bảo vệ ở độ cao h_x bất kì (độ cao của công trình) của 2 cột thu sét cao bằng nhau. r_x được tính theo công thức như trường hợp một cột thu sét, h_o là độ cao thấp nhất của vùng bảo vệ, nó nằm giữa 2 cột và được xác định theo công thức:

$$h_o = 4h - \sqrt{9h^2 + 0,25L^2}$$

Giới hạn trên của vùng bảo vệ là cung của một vòng tròn đi qua 2 đỉnh cột, có tâm nằm trên đường trung trực của đoạn thẳng nối liền 2 cột và cách trung điểm của đoạn này $4h$.

Vòng tròn này có bán kính $R = 4h - h_o$.

b_x được xác định theo công thức:

$$b_x = 1,5 (h_o - 1,25h_x) \text{ khi } h_x \leq \frac{2}{3}h \text{ và}$$

$$b_x = 0,75 (h_o - h_x) \text{ khi } h_x > \frac{2}{3}h$$

Khi biết h_x , b_x và khoảng cách giữa hai cột L , ta có thể xác định được độ cao cần thiết của một cột thu sét theo công thức:

$$h = 0,571h_o + \sqrt{0,183h_o^2 + 0,0357L^2}$$

Trong đó h_o không thể xác định theo công thức trước đây (vì chưa biết h) mà phải tính theo công thức:

$$h_o = \frac{b_x + 1,875h_x}{1,5} \text{ khi } \frac{h_x}{b_x} \leq 2,67 \text{ và}$$

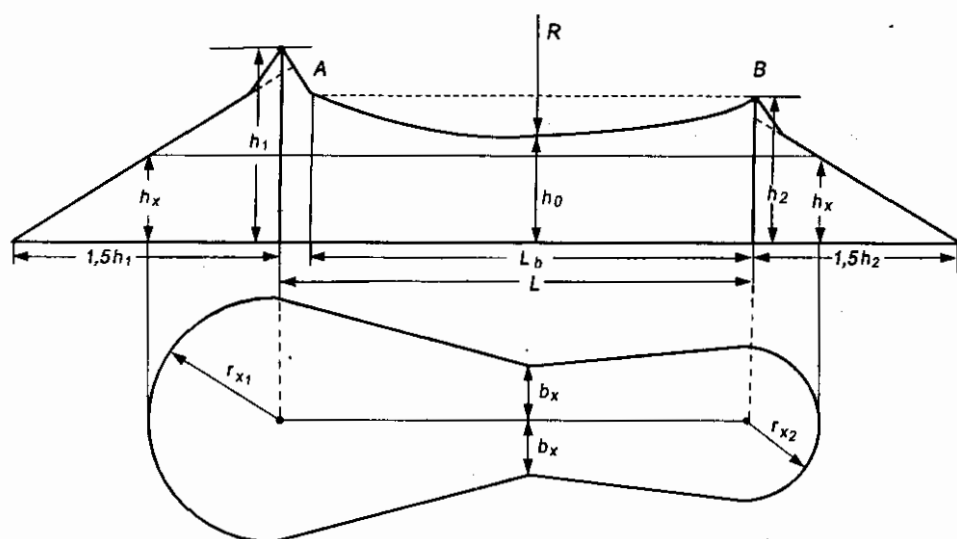
$$h_o = \frac{b_x + 0,75h_x}{0,75} \text{ khi } \frac{h_x}{b_x} > 2,67$$

d) Vùng bảo vệ của 2 cột thu sét cao khác nhau

Hình 5-8 là mặt cắt đứng của toàn vùng bảo vệ và mặt bằng của vùng bảo vệ ở độ cao h_x bất kì (độ cao của công trình) của 2 cột thu sét cao khác nhau h_1 và h_2 .

Hình chiếu đứng của vùng bảo vệ được vẽ như sau:

Đầu tiên ta vẽ vùng bảo vệ của mỗi cột giống như vẽ vùng bảo vệ của 1 cột riêng lẻ. Sau đó từ đỉnh B của cột thấp vẽ 1 đường nằm ngang cắt đường biên của vùng bảo vệ của cột cao tại A. Tiếp đó ta vẽ vùng bảo vệ của 2 cột cao bằng nhau có đỉnh là A và B và đặt cách nhau 1 đoạn $L_b = AB$.



Hình 5-8

Các kích thước của vùng bảo vệ trên hình 5-8 được xác định theo các công thức sau đây:

$$h_o = 4h_2 - \sqrt{9h_2^2 + 0,25L_b^2}$$

$$b_x = 1,5(h_o - 1,25 h_x) \text{ khi } h_x \leq \frac{2}{3}h_2$$

$$b_x = 0,75(h_o - h_x) \text{ khi } h_x > \frac{2}{3}h_2$$

$$r_{x1} = 1,5(h_1 - 1,25h_x) \text{ khi } h_x > \frac{2}{3}h_1$$

$$r_{x1} = 0,75(h_1 - h_x) \text{ khi } h_x > \frac{2}{3}h_1$$

$$r_{x2} = 1,5(h_2 - 1,25 h_x) \text{ khi } h_x \leq \frac{2}{3}h_2$$

$$r_{x2} = 0,75(h_2 - h_x) \text{ khi } h_x > \frac{2}{3}h_2$$

Trong đó: h_1 - chiều cao của cột cao (m);

h_2 - chiều cao cột thấp (m);

h_x - chiều cao công trình (m).

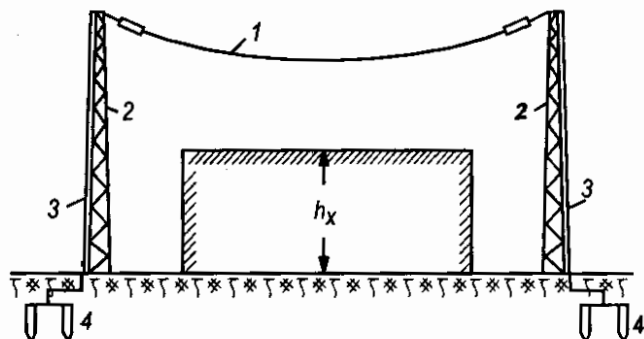
Khi số cột thu sét lớn hơn 2 ta có thể xác định vùng bảo vệ của nó bằng cách vẽ vùng bảo vệ của từng đôi cột thu sét.

2. Dây thu sét và phạm vi bảo vệ của nó

a) Dây thu sét (hình 5-9)

Dây thu sét gồm 4 phần tử chính: dây thu sét 1, cột căng dây 2, dây dẫn sét 3 và vật nối đất 4. Hai đầu dây thu sét có thể cao bằng nhau hoặc cao khác nhau.

Dây thu sét dùng để hướng sét vào nó, nó được treo phía trên đối tượng được bảo vệ. Dây thu sét phải làm bằng thép một sợi, tiếp diện dây không được nhỏ hơn 50mm^2 và không lớn quá 75mm^2 .

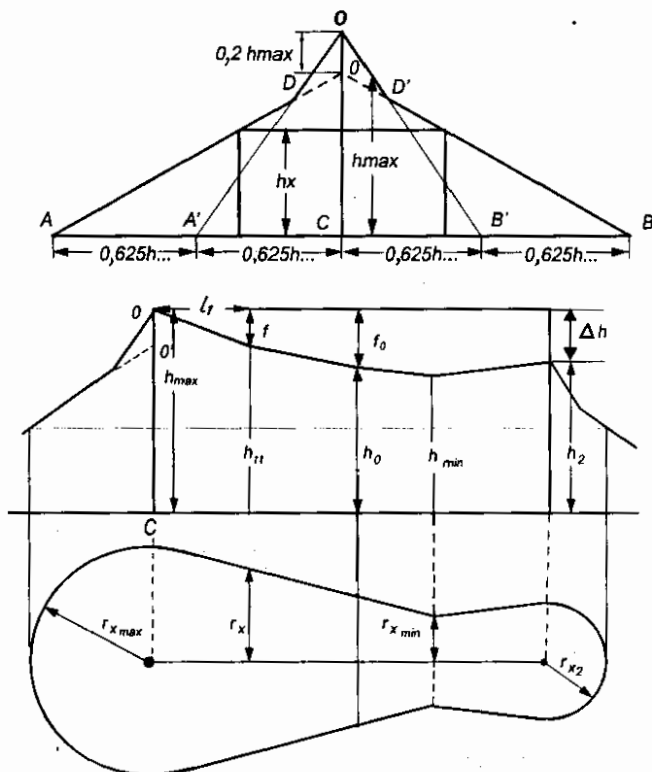


Hình 5-9

Cột căng dây dùng để treo và căng dây, cột căng dây có thể là cột gỗ hoặc cột sắt hoặc cột bê tông cốt sắt. Dây dẫn sét và vật nối đất cũng có mục đích giống như ở cột thu sét.

b) Vùng bảo vệ của dây thu sét

Hình 5-10 là hình chiếu đứng của vùng bảo vệ ở đầu mút cao của dây thu sét và mặt bằng của vùng bảo vệ ở độ cao h_x (độ cao của công trình) trong trường hợp dây thu sét có 2 đầu mút cao khác nhau.



Hình 5-10

Cách vẽ hình chiếu đứng này như sau:

Trên đường thẳng ngang qua đế C của một cột căng dây ta lấy hai đoạn $CA' = CB' = 0,625 h_{\max}$ ($h_{\max}$ là chiều cao đầu mút cao dây thu sét) và lấy 2 đoạn $CA = CB = 1,25 h_{\max}$. Sau đó nối đầu mút O của dây thu sét với 2 điểm A', B' và nối điểm O' cách đầu mút O một đoạn $0,2 h_{\max}$ với hai điểm A, B, các đường ODA và OD'B là giới hạn hình chiếu đứng của vùng bảo vệ ở đầu mút cao của dây thu sét; Hình chiếu đứng của vùng bảo vệ ở các điểm khác của dây thu sét cũng được vẽ bằng cách tương tự nhưng không phải theo $h_{\max}$ mà theo chiều cao thực tế của dây thu sét h_{tt} .

Mặt bằng của vùng bảo vệ ở độ cao h_x có chiều rộng $B = 2r_x$.

Trong đó r_x thay đổi dọc theo dây thu sét (hoặc theo độ cao thực tế của dây thu sét h_{tt}) và được xác định theo công thức:

$$r_x = 1,25 (h_{tt} - 1,25 h_x) \text{ khi } h_x \leq \frac{2}{3} h_{tt} \text{ và}$$

$$r_x = 0,625 (h_{tt} - h_x) \text{ khi } h_x > \frac{2}{3} h_{tt}$$

Các công thức này áp dụng cho cả trường hợp 2 đầu dây thu sét cao bằng nhau và cả trường hợp 2 đầu dây thu sét cao khác nhau.

Độ cao thực tế của dây thu sét tại điểm bất kì h_{tt} được xác định như sau:

Đối với dây thu sét có 2 đầu mút cao bằng nhau:

$$h_{tt} = h_{\max} - f$$

Trong đó: $h_{\max}$ - chiều cao mỗi đầu mút (m);

f - độ võng của dây thu sét tại điểm xét (m);

f được xác định theo công thức:

$$f = 4f_0 \frac{l_1}{L} \left(1 - \frac{l_1}{L} \right)$$

Đối với dây thu sét có 2 đầu mút cao khác nhau:

$$h_{tt} = h_{\max} - f$$

Trong đó: $h_{\max}$ - chiều cao của đầu mút cao nhất (m) còn f được xác định theo công thức:

$$f = \frac{l_1}{L} \Delta h + 4f_0 \frac{l_1}{L} \left(1 - \frac{l_1}{L} \right)$$

Trong các công thức tính f trên đây (cả 2 trường hợp);

f_0 - độ võng tại điểm giữa dây thu sét (m);

l_1 - khoảng cách từ đầu mút cao đến điểm xét (m);

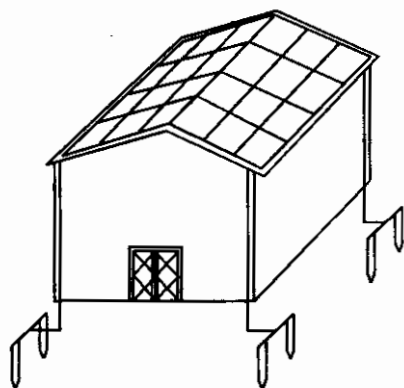
L - khoảng cách giữa 2 đầu mút (m);

Δh - hiệu số chiều cao của 2 đầu dây (m).

Trên hình 5-10, $r_{x\max}$ là r_x tương ứng với $h_{tt} = h_{\max}$ còn $r_{x\min}$ là r_x tương ứng với $h_{tt} = h_{\min}$.

3. Lưới thu sét (hình 5-11)

Lưới thu sét được đặt trên mái nhà cần bảo vệ chống sét. Nó được làm bằng thép tròn hoặc thép dẹt tiết diện không được nhỏ hơn 50mm^2 và bề dày thép dẹt không được nhỏ hơn 3mm. Lưới thu sét được đặt trên các cọc đỡ bằng sắt, cứ cách nhau khoảng $1 \div 1,5\text{m}$ phải có 1 cọc đỡ, khoảng cách từ lưới đến mặt mái không được nhỏ hơn 60mm. Để bảo vệ công trình cấp I và II kích thước các ô lưới, không được lớn hơn $5 \times 5\text{m}$ và dọc theo chu vi mái, cứ cách $15 \div 20\text{m}$ phải đặt một dây nối từ lưới xuống vật nối đất (dây xuống), nếu công trình có kích thước nhỏ cũng phải có 4 dây xuống đặt tại góc công trình. Dây xuống đặt trên tường bên ngoài công trình. Để bảo vệ công trình cấp III, kích thước các ô lưới, không được lớn quá $25 \times 25\text{m}$ và dọc theo chu vi mái cứ cách $20 \div 25\text{m}$ phải đặt một dây xuống. Kích thước và mục đích dây xuống giống như dây dẫn sét ở cột thu sét.



Hình 5-11

Nguyên tắc hoạt động chung của tất cả thiết bị chống sét đánh thẳng (cột thu sét, dây thu sét và lưới thu sét) là thu hút dòng điện sét vào nó và dẫn xuống đất. Do đó sét sẽ không còn đánh vào công trình nằm trong vùng bảo vệ của nó.

Cột thu sét có cấu tạo đơn giản và đảm bảo độ tin cậy cao trong vận hành song phải có cột cao, nên nó được dùng phổ biến ở các vùng nông thôn, ở đó chỉ có các nhà thấp tầng hoặc để bảo vệ tạm thời các công trường trong thời gian xây dựng nhà ở hoặc công trình cao tầng hoặc dưới dạng kim thu sét đặt trên mái các nhà cao tầng.

Dây thu sét có vùng bảo vệ rộng hơn nhưng cũng phải có cột cao và độ tin cậy trong vận hành kém hơn cột thu sét. Do đó dây thu sét thường chỉ dùng để bảo vệ các công trình có dạng hẹp và kéo dài. Lưới thu sét có ưu điểm nổi bật là không phải có cột cao và mức độ tin cậy lớn trong vận hành. Do đó nó được dùng phổ biến để bảo vệ các công trình cấp III ở thành phố hoặc công trình cấp I và II có chiều cao rất lớn.

§5.3. CÁC BIỆN PHÁP CHỐNG SÉT ĐÁNH THẲNG ĐỐI VỚI MỖI CÔNG TRÌNH CẤP I, CẤP II VÀ CẤP III

1. Đối với công trình cấp I

Để bảo vệ các công trình cấp I thông thường người ta dùng các cột thu sét hoặc dây thu sét đặt riêng độc lập với công trình cần bảo vệ. Chiều cao và số cột thu sét hoặc dây thu sét phải chọn sao cho toàn bộ công trình nằm trong vùng bảo vệ (bảo vệ toàn bộ).

Nếu việc đặt riêng cột chống sét hoặc dây chống sét là không thể hoặc không có lợi (ví dụ ở những địa phương bão hoà các ống dẫn dưới đất hoặc công trình có độ cao lớn) thì có thể đặt cột thu sét hoặc dây thu sét trực tiếp trên công trình nhưng phải cách li với công trình bằng một lớp cách điện. Đối với các công trình cao hơn 30 m cho phép đặt các thiết bị thu sét như kim thu sét, dây thu sét, lưới thu sét trực tiếp không cách điện trên mái công trình hoặc dùng mái kim loại của công trình như một vật thu sét với điều kiện mái kim loại phải dày hơn 4mm, dẫn điện liên tục và có bảo vệ riêng cho những cấu kiện nhô lên khỏi mặt mái.

Nếu các cấu kiện này làm bằng kim loại thì chỉ việc hàn nối chúng với mái kim loại hoặc lưới thu sét trên mái. Nếu các cấu kiện này không phải bằng kim loại thì phải đặt các kim hoặc đai thu sét riêng nối với mái kim loại hoặc lưới thu sét. Mỗi cột thu sét hoặc cột căng dây thu sét phải có 2 dây dẫn sét xuống vật nối đất (dây xuống) và điện trở tản của vật nối đất không được lớn hơn 5Ω . Khi dùng mái kim loại hoặc lưới thu sét đặt trên mái của công trình làm vật thu sét, số dây xuống nối từ mái kim loại hoặc lưới thu sét xuống đất được xác định từ điều kiện khoảng cách giữa các dây xuống không được lớn hơn 25 m và nhất thiết phải đặt các dây xuống ở các góc nhà được bảo vệ. Thông thường các dây xuống được nối xuống vòng nối đất kín chung đặt theo chu vi mặt bằng toà nhà. Điện trở tản của vòng nối đất chung này cũng không được lớn hơn 5Ω .

2. Đối với công trình cấp II

Để bảo vệ các công trình cấp II ta có thể dùng cột thu sét hoặc dây thu sét đặt riêng hoặc đặt trên công trình cần bảo vệ độc lập từ chiều cao của công trình.

Ngoài ra ta cũng có thể dùng lưới thu sét đặt trên mái công trình hoặc mái kim loại của công trình làm vật thu sét với điều kiện mái kim loại phải dày hơn 4mm và có bảo vệ riêng các cấu kiện nhô lên khỏi mặt mái giống như đối với các công trình cấp I.

Số lượng và sự phân bố các dây xuống, cũng như cấu trúc lưới thu sét được xác định giống như ở các công trình cấp I.

Chỉ có khác là điện trở tản của vật nối đất đối với mỗi cột thu sét hoặc cột căng dây thu sét không được lớn quá 10Ω .

Cũng như vậy điện trở tản của vòng nối đất chung đối với lưới thu sét hoặc mái kim loại không được lớn hơn 10Ω .

3. Đối với công trình cấp III

Để bảo vệ các công trình cấp III ta có thể dùng cột thu sét hoặc dây thu sét đặt riêng hoặc đặt trực tiếp trên công trình cần bảo vệ.

Ngoài ra ta cũng có thể dùng lưới thu sét đặt trên mái công trình hoặc mái kim loại của công trình làm vật thu sét giống như ở các công trình cấp I và II chỉ có khác ở mấy điểm sau đây:

a) Khi dùng lưới thu sét đặt trên mái công trình, diện tích mắt lưới có thể tăng đến 150m^2 và điện trở tản của vòng nối đất chung cho các dây xuống cho phép đến 20Ω .

b) Điện trở tản của vật nối đất đối với mỗi cột thu sét hoặc cột căng dây thu sét cũng cho phép đến 20Ω .

c) Tùy theo vị trí, độ cao và đặc điểm, các công trình cấp III có thể không cần chống sét đánh thẳng hoặc sử dụng phương thức bảo vệ trọng điểm hoặc bảo vệ toàn bộ.

Các công trình cấp III sau đây không cần chống sét đánh thẳng:

- * Các công trình khi bị sét đánh thẳng không gây ra thiệt hại đáng kể về người và của, ví dụ các kho chứa vật liệu sắt thép, gỗ.

- * Các công trình nằm hoàn toàn trong vùng bảo vệ của thiết bị chống sét ở các công trình cao xung quanh.

- * Các công trình xây dựng trong rừng cây mà chiều cao của công trình thấp hơn nhiều so với cây ở xung quanh.

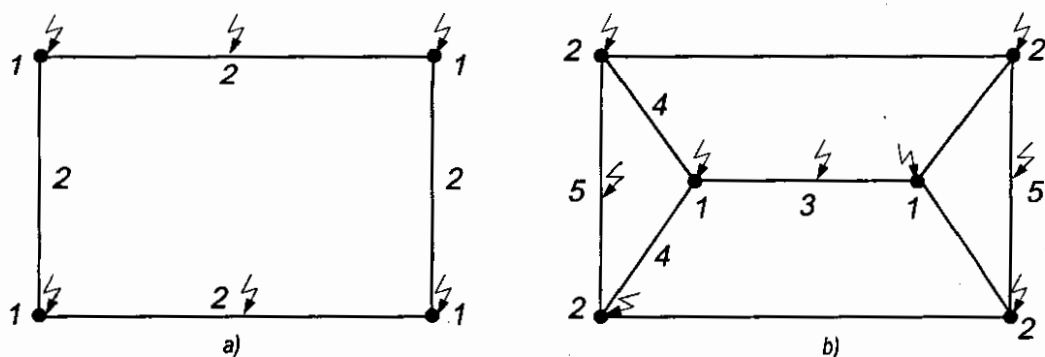
Các công trình có chiều cao dưới 8 m không tập trung đông người hoặc gia súc lớn, không có máy móc lớn bằng kim loại và xây dựng ở vùng ít sét (từ 5 năm trở lên không có sét đánh trong vùng đó).

Phương thức bảo vệ trọng điểm là chỉ bảo vệ các bộ phận thường hay bị sét đánh của công trình. Đối với công trình mái bằng (hình 5-12a) trọng điểm bảo vệ là bốn góc 1, xung quanh tường chân mái 2 và các kết cấu nhô cao trên mặt mái.

Đối với các công trình mái dốc (hình 5-12b) trọng điểm bảo vệ là hai góc nhà 1 (góc hồi), các góc diềm 2 (góc chân mái), bờ nóc 3, bờ chảy 4 và diềm mái 5 (chân mái).

Để bảo vệ các trọng điểm trên đây chỉ cần đặt các kim thu sét ngắn ($30 \div 40\text{cm}$) tại các trọng điểm và trên các đường trọng điểm bảo vệ cách nhau khoảng $5 \div 6$ mét. Các kim thu sét này được nối với nhau bằng các đai thép và nối xuống đất.

Phương thức bảo vệ trọng điểm này được áp dụng đối với những công trình không có nguy cơ nổ cháy hoặc không tập trung đông người.



Hình 5-12

Phương thức bảo vệ toàn bộ là bảo vệ toàn bộ công trình. Nói cách khác toàn bộ công trình phải nằm trong vùng bảo vệ của các thiết bị chống sét đánh thẳng. Phương thức này được áp dụng đối với các công trình cấp III có nguy cơ cháy nổ hoặc thường xuyên tập trung đông người. Các công trình cấp I và cấp II nhất thiết phải dùng phương thức bảo vệ toàn bộ.

§5.4. CÁC BIỆN PHÁP CHỐNG TÁC DỤNG THỨ CẤP CỦA SÉT

1. Chống cảm ứng tĩnh điện của sét

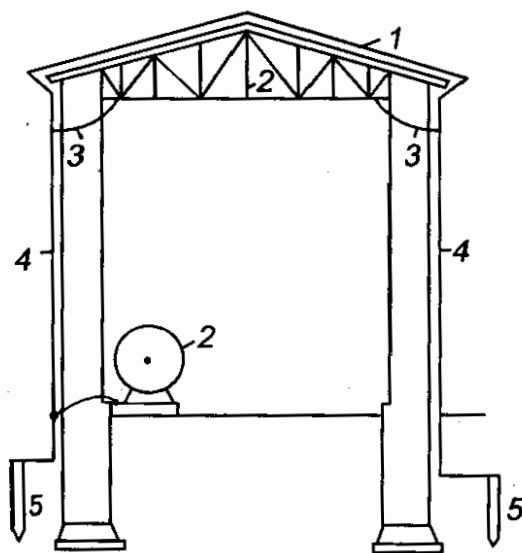
Các biện pháp chống cảm ứng tĩnh điện chỉ bắt buộc phải dùng đối với các công trình cấp I và cấp II. Để chống cảm ứng tĩnh điện của sét ta cần phải nối tất cả cấu kiện kim loại và máy móc kim loại có trong công trình với vật nối đất cảm ứng. Đối với các công trình cấp I phải có vật nối đất cảm ứng riêng với điện trở tản $R_{nd} \leq 10\Omega$. Còn đối với các công trình cấp II có thể dùng vật nối đất của các thiết bị điện làm vật nối đất cảm ứng. Ngoài ra nếu công trình đã dùng mái kim loại hoặc lưới thu sét đặt trên mái công trình để chống sét đánh thẳng thì mái kim loại hoặc lưới thu sét này đồng thời dùng để chống cảm ứng tĩnh điện của sét. Đối với các công trình có nguy cơ nổ rất lớn ví dụ như các nhà sản xuất chất nổ, các kho chứa khí nổ, nếu không có lưới thu sét để chống sét đánh thẳng, thì phải có lưới chống sét cảm ứng đặt trên mái công trình. Kích thước ô lưới không lớn quá $8 \div 10$ mét và dọc theo chu vi lưới cứ cách $15 \div 20$ mét phải đặt 1 dây xuống, công trình nhỏ cũng phải có ít nhất 4 dây xuống;

Lưới thu sét hoặc lưới cảm ứng hoặc mái kim loại cùng với các dây xuống tạo ra một lồng Faraday bảo vệ công trình từ cảm ứng tĩnh điện của sét. Hình 5-13 minh họa các biện pháp chống cảm ứng tĩnh điện của sét. Trong đó mái kim loại hoặc lưới thu sét 1 và các cấu kiện kim loại 2 được nối với nhau qua các dây nối 3, dây xuống 4 đến vật nối đất 5.

Vật nối đất chống sét cảm ứng thường là mạch vòng nối đất bao quanh, mặt bằng công trình, đặt cách móng từ $0,5 \div 1$ m và chôn sâu dưới mặt đất $0,5 \div 0,8$ m.

Nếu thực hiện vòng nối đất như vậy gặp khó khăn thì có thể nối đất tập trung với điện trở nối đất không lớn hơn 10Ω .

Ở những nhà cao tầng để chống cảm ứng tĩnh điện của sét còn phải dùng các đai thép bao quanh chu vi mỗi tầng và nối các cấu kiện kim loại với đai thép này. Làm như vậy để thực hiện đẳng thế từng tầng (cân bằng điện thế ở mỗi tầng).

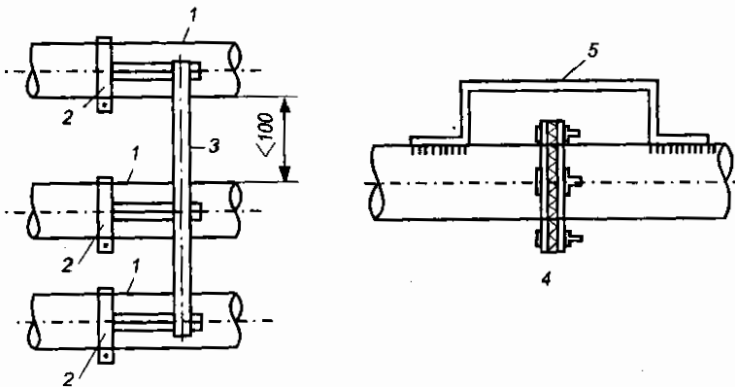


Hình 5-13

2. Chống cảm ứng điện từ của sét

Các biện pháp chống cảm ứng điện từ của sét cũng chỉ bắt buộc phải dùng đối với các công trình cấp I và cấp II. Để chống cảm ứng điện từ của sét ta phải nối tất cả các cấu kiện bằng kim loại dài, các ống dẫn bằng kim loại và các vỏ kim loại của cáp lại với nhau tại những chỗ chúng đi gần nhau nhất (cách nhau ít hơn 10cm). Nếu chúng song song với nhau thì dọc theo chiều dài cứ cách 15 ÷ 20m phải nối lặp lại, nếu dài không quá 20m thì phải nối tại 2 đầu ống.

Các mối nối hoặc mảng xông nối của các đường ống phải đảm bảo tiếp xúc tốt (điện trở tiếp xúc phải nhỏ hơn $0,03\Omega$). Nếu không đảm bảo tiếp xúc tốt thì cần phải đặt thêm các cầu nối.



Hình 5-14

Hình 5-14 minh họa biện pháp chống cảm ứng điện từ của sét. Trong đó các ống dẫn bằng kim loại 1 được nối với nhau bằng các vòng kẹp 2 và thanh nối 3 (hình 5-14a) và mối nối 4 của ống dẫn được đặt thêm cầu nối 5 (hình 5-14b).

3. Chống sự xâm nhập điện áp cao của sét từ ngoài vào công trình

Các biện pháp chống sự xâm nhập điện áp cao của sét là bắt buộc đối với công trình cấp I, cấp II và cấp III.

Đối với các công trình cấp I để chống sự xâm nhập điện áp cao của sét từ ngoài vào công trình cần phải thực hiện các điều sau đây:

a) Để chống điện áp cao của sét theo các đường ống kim loại dưới đất (ống dẫn, cáp v.v...) dẫn vào công trình, đầu vào công trình của chúng phải nối với vật nối đất cảm ứng tĩnh điện hoặc vật nối đất thiết bị điện.

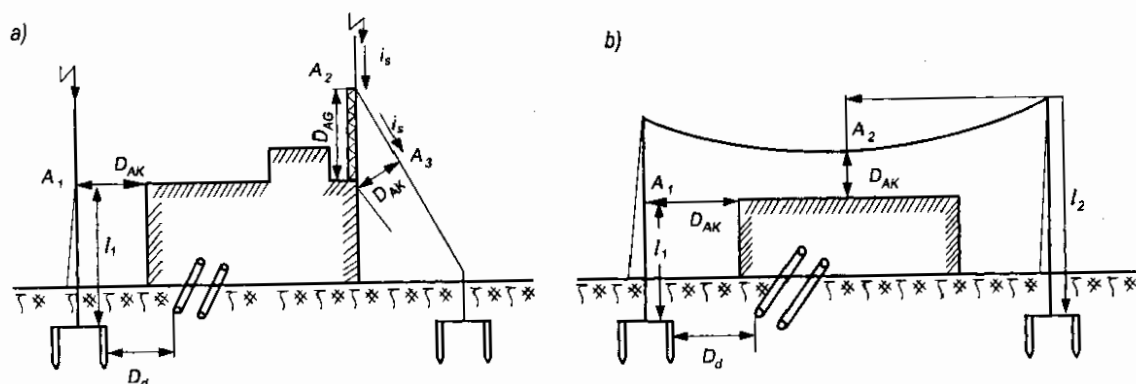
b) Để chống điện áp cao của sét theo các đường ống kim loại trên mặt đất (thường theo cầu vượt) dẫn vào công trình đầu vào công trình của chúng phải nối với vật nối đất cảm ứng tĩnh điện, đồng thời phải nối đất đường ống ở 2 cột đỡ gần công trình nhất với điện trở tản của vật nối đất không lớn hơn 5Ω đối với cột đỡ gần công trình nhất và 10Ω đối với cột đỡ thứ 2.

c) Để chống điện áp cao của sét theo các đường dây điện hạ áp hoặc đường dây điện thoại dẫn đến công trình, nhất thiết phải cung cấp điện cho công trình bằng đường dây cáp ngầm. Thông thường đường dây cáp ngầm được kéo từ trạm biến áp cung cấp đến công trình. Trường hợp ngoại lệ có thể dùng đường dây điện trên không, nhưng trước khi vào công trình phải chuyển sang cáp ngầm có vỏ kim loại dẫn đến công trình, chiều dài đoạn cáp này không được nhỏ hơn 50 m, đồng thời hộp đầu cáp, đai và vỏ kim loại của cáp tại cột đường dây trên không đầu tiên cũng như các móc chân sứ của cột này phải nối đất với điện trở tản của vật nối đất không lớn hơn 10Ω .

Trong mọi trường hợp, hộp đầu cáp, đai và vỏ kim loại của cáp phải nối với vật nối đất cảm ứng tĩnh điện của công trình.

d) Để loại trừ sự xâm nhập điện áp cao của sét vào công trình từ các phần tử của thiết bị chống sét đánh thẳng (kim thu sét, dây thu sét, dây xuống, vật nối đất). Các phần tử này phải đặt cách công trình hoặc các ống dẫn kim loại dưới đất hoặc trên mặt đất một khoảng không nhỏ hơn khoảng cách tối thiểu quy định.

Hình 5-15 minh họa các khoảng cách này khi bảo vệ chống sét đánh thẳng bằng cột thu sét (hình 5-15a) và dây thu sét (hình 5-15b).



Hình 5-15

Khi sét đánh vào cột thu sét hoặc dây thu sét, trên mỗi điểm của dây thu sét hoặc dây xuống của cột thu sét sẽ có một điện áp tính theo kV:

$$U_{\max} = \frac{I_{\max}}{2} \left(R_{nd} + \sqrt{R_{nd}^2 + (\omega L)^2} \right)$$

Trong đó: $I_{\max}$ - biên độ dòng điện sét (kA);

R_{nd} - điện trở tản của vật nối đất (Ω);

ωL - điện kháng của đoạn dây dẫn sét hoặc dây xuống từ vật nối đất đến điểm xét (Ω);

ω - tần số góc của dòng điện sét (rad/s)

ω có thể xác định theo công thức:

$$\omega = \frac{2K}{I_{\max}}$$

Trong đó: K là độ dốc cực đại của dòng điện sét.

Trong tính toán chống sét người ta lấy $K = 60 \text{ kA}/\mu\text{s}$; $I_{\max} = 100 \div 200 \text{ kA}$ và người ta tính $U_{\max}$ ở điểm của vật dẫn sét gần công trình nhất (điểm A trên hình 5).

Trong trường hợp đó điện áp cực đại của sét tại điểm A sẽ là:

$$U_{A\max} = 100 \left(R_{\text{nd}} + \sqrt{R_{\text{nd}}^2 + 0,81 l^2} \right) \text{ khi } I_{\max} = 200 \text{ kA}$$

$$U_{A\max} = 75 \left(R_{\text{nd}} + \sqrt{R_{\text{nd}}^2 + 1,44 l^2} \right) \text{ khi } I_{\max} = 150 \text{ kA}$$

$$U_{A\max} = 50 \left(R_{\text{nd}} + \sqrt{R_{\text{nd}}^2 + 3,24 l^2} \right) \text{ khi } I_{\max} = 100 \text{ kA}$$

Trong đó: l - độ dài của vật dẫn sét từ điểm A đến vật nối đất (m);

$U_{A\max}$ - tính theo kV.

Trong tính toán chống sét người ta lấy điện áp chọc thủng không khí bằng 500 kV/m , và điện áp chọc thủng dọc theo gỗ bằng 200 kV/m .

Trong trường hợp đó, để loại trừ sự phóng điện từ điểm A của vật dẫn sét qua không khí đến công trình, điểm A phải cách xa công trình một khoảng không khí $D_{AK} > D_{AK\min}$

$$\text{Trong đó } D_{AK\min} = \frac{U_{A\max}}{500} \text{ mét}$$

hoặc một khoảng gỗ

$$D_{AG} > D_{AG\min}$$

$$\text{Trong đó: } D_{AG\min} = \frac{U_{A\max}}{200} \text{ mét}$$

Cũng như vậy để tránh sự phóng điện từ vật nối đất qua đất đến các ống dẫn kim loại đặt ngầm dưới đất hoặc công trình, vật nối đất phải đặt cách xa công trình hoặc ống dẫn kim loại đó một khoảng đất.

$$D_d > D_{d\min}$$

Trong đó: $D_{d\min} = 0,5 R_{\text{nd}}$ khi vật nối đất được chôn thẳng đứng xuống đất và $D_{d\min} = 0,3 R_{\text{nd}}$ khi vật nối đất được chôn ngang trong đất.

R_{nd} - điện trở tản của vật nối đất (Ω);

D_d - tính theo mét.

Đối với các công trình cấp 2, các biện pháp chống xâm nhập điện áp cao của sét từ ngoài dẫn vào công trình cũng giống như ở các công trình cấp I, chỉ có khác mấy điểm sau đây:

a) Đối với các ống dẫn bằng kim loại dưới đất dẫn vào công trình, đầu vào công trình của chúng có thể nối với vật nối đất bất kì của công trình (vật nối đất cảm ứng hoặc nối đất chống sét đánh thẳng hoặc nối đất bảo vệ các thiết bị điện).

b) Đối với các ống dẫn bằng kim loại trên mặt đất dẫn vào công trình (thường theo cầu vượt), đầu vào công trình của chúng phải nối với vật nối đất với điện trở tản không vượt quá 10Ω hoặc nối với vật nối đất bảo vệ chống sét đánh thẳng.

Đồng thời phải nối đất ống kim loại ở cột đỡ ống gần công trình nhất với điện trở nối đất không vượt quá 10Ω và dọc theo ống cứ cách $250 \div 300$ mét phải nối đất lặp lại với điện trở nối đất không lớn hơn 50Ω .

Ngoài ra nếu thiết bị chống sét đánh thẳng đặt trên công trình thì các phần dẫn điện phía trên mặt đất của nó (kim thu sét, dây thu sét, dây xuống) phải đặt xa các đường ống, đường dây điện, đường dây điện thoại và các bộ phận kim loại có kích thước lớn của công trình một khoảng không nhỏ hơn 2 mét. Còn vật nối đất của các thiết bị chống sét đánh thẳng phải đặt cách xa các đường ống kim loại và dây cáp ngầm dẫn vào công trình một khoảng không nhỏ hơn 3 m và cách xa móng của công trình một khoảng không nhỏ hơn 0,5 m.

Đối với các công trình cấp III để chống sự xâm nhập điện áp cao của sét từ ngoài dẫn vào công trình cần phải thực hiện các biện pháp sau đây:

a) Đối với các đường dây điện trên không dẫn vào công trình phải nối đất chân sứ ở 2 cột thứ nhất và thứ 2 gần công trình với điện trở nối đất 20Ω và 30Ω .

b) Đối với các ống nối bằng kim loại dẫn vào công trình phải nối đất đầu vào công trình của chúng với điện trở nối đất không vượt quá 20Ω đồng thời tại 2 cột đỡ ống đầu tiên gần công trình cũng phải nối ống với vật nối đất với điện trở tản không lớn hơn 40Ω .

c) Phải đảm bảo khoảng cách an toàn giữa các phần tử dẫn điện của thiết bị chống sét đánh thẳng với các cấu kiện kim loại của công trình (nếu không dùng các cấu kiện đó làm vật nối đất tự nhiên) hoặc với các dây điện, đường ống dẫn vào công trình giống như đối với các công trình cấp II.

§5.5. TÍNH TOÁN ĐIỆN TRỞ TẢN CỦA VẬT NỐI ĐẤT CHỐNG SÉT

Để làm vật nối đất chống sét người ta cũng dùng các thiết bị giống như thiết bị nối đất an toàn điện (chương 4) và điện trở tản của nó cũng được tính toán giống như trong chương an toàn điện. Chỉ có khác là do sự phóng điện qua đất của dòng điện sét, điện trở tản của vật nối đất chống sét giảm đi so với trị số tính toán trong an toàn điện. Thực tế điện trở tản của vật nối đất chống sét được xác định theo công thức:

$$R_{nds} = \alpha_{xk} R_{nd}$$

Trong đó: R_{nd} - điện trở tản của vật nối đất an toàn điện hoặc điện trở nối đất tần số công nghiệp (Ω);

α_{xk} - hệ số xung kích của dòng điện sét;

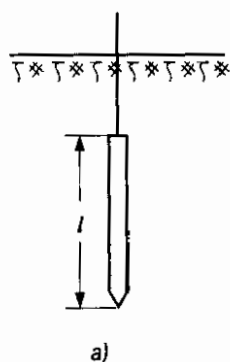
R_{nds} - điện trở tản của vật nối đất chống sét (Ω);

Hệ số xung kích α_{xk} phụ thuộc vào loại và kích thước của thiết bị nối đất, điện trở suất của đất, biên độ I_{max} và thời hạn đầu sóng t_d của dòng điện sét.

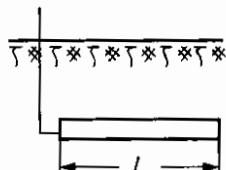
Trên các bảng 5.1, 5.2 và 5.3 người ta cho hệ số xung kích α_{xk} của vật nối đất đặt đứng (hình 5-16a), đặt ngang (hình 5-16b) và của mạch vòng kín đặt ngang trong đất (hình 5-16c) với thời gian đầu sóng của dòng điện sét $t_d = 3 \div 6 \mu s$.

Bảng 5.1. Hệ số xung kích α_{xk} của 1 điện cực đứng nối đất đường kính 60mm dài 2 ÷ 3 m khi $t_d = 3 \div 6 \mu s$.

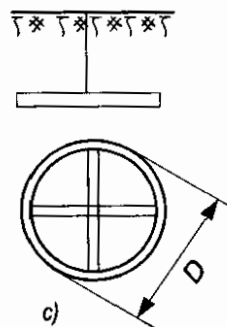
Điện trở suất ρ của đất (Ωm)	Hệ số xung kích α_{xk} khi biên độ của dòng điện sét bằng			
	5kA	10kA	20kA	40kA
100	0,85 ÷ 0,90	0,75 ÷ 0,85	0,6 ÷ 0,75	0,5 ÷ 0,6
500	0,60 ÷ 0,70	0,50 ÷ 0,60	0,35 ÷ 0,45	0,25 ÷ 0,30
1000	0,45 ÷ 0,55	0,35 ÷ 0,45	0,25 ÷ 0,30	-



a)



b)



c)

Hình 5-16

Bảng 5.2. Hệ số xung kích α_{xk} của 1 điện cực ngang nối đất bằng thép dẹt rộng 20 ÷ 40mm hoặc thép tròn đường kính 10 ÷ 20 mm (hình 5-16b) khi $t_d = 3 \div 6 \mu s$

Điện trở suất ρ của đất (Ωm)	Chiều dài điện cực l (m)	Hệ số xung kích α_{xk} khi biên độ của dòng điện sét bằng		
		10kA	20kA	40kA
1	2	3	4	5
100	5	0,75	0,65	0,5
	10	1	0,9	0,8

1	2	3	4	5
500	5	0,55	0,45	0,3
1000	10	0,75	0,60	0,45
	20	0,90	0,75	0,60
	10	0,55	0,45	0,35
	20	0,75	0,60	0,50
	40	0,95	0,85	0,75
2000	20	0,60	0,50	0,40
	40	0,75	0,65	0,55
	60	0,90	0,80	0,75

Bảng 5.3. Hệ số xung kích α_{xk} của vật nối đất là 1 vòng kín bằng thép dẹt rộng 20 ÷ 40mm hoặc thép tròn đường kính 10 ÷ 20mm đặt nằm ngang (hình 5-16c) với $t_d = 3 \div 6\mu s$

Đường kính vòng D (m)	Hệ số xung kích α_{xk} khi điện trở suất ρ của đất bằng								
	100 Ωm			500 Ωm			1000 Ωm		
	20kA	40kA	80kA	20kA	40kA	80kA	20kA	40kA	80kA
1	0,6	0,45	0,35	-	-	-	-	-	-
8	0,75	0,65	0,50	0,55	0,45	0,30	0,4	0,3	0,25
12	0,80	0,70	0,60	0,60	0,50	0,35	0,45	0,4	0,30

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Les installations électriques dans le bâtiment C. L. Rémond, Eyrolles, Paris 1977.
2. 200 questions pratiques d'électricité dans le bâtiment J. Andriot, Moniteur, Paris 1979.
3. Le schéma en électrotechnique. Pierre Boye, Delagrave, Paris 1981.
4. Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий. И. К. Тульчин, энергоотомиздат, Москва 1990.
5. Электрические сети напряжением до 1000В Б. В Кузнецов, Минск 1962.
6. Молниезащита зданий и сооружений. П. И. Анастасиев, энергия, Москва 1975.
7. Справочник для проектировании электрического освещения. Г. М. Кнорринг, энергия, ленинград 1968.
8. Воздушные линии напряжением до 1000В. П. И. Анастасцев, энергия Москва 1969.
9. Tiêu chuẩn thiết kế đặt đường dẫn điện trong nhà ở và công trình công cộng - Bộ Xây dựng, Hà Nội 1991.
10. Quy phạm thiết kế chống sét cho các công trình kiến trúc. Ủy ban kiến thiết cơ bản nhà nước, Hà Nội 1972.
11. Tiêu chuẩn thiết kế chiếu sáng nhân tạo cho các công trình kiến trúc dân dụng. Ủy ban kiến thiết cơ bản nhà nước, Hà Nội, 1991.

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3
 <i>Chương 1</i>	
MẠNG ĐIỆN HẠ ÁP CUNG CẤP CHO NHÀ Ở VÀ CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG CÔNG CỘNG	
§1.1. Phân loại mạng điện theo điện áp và các phần tử chính của một hệ thống điện	5
§1.2. Yêu cầu chung của mạng điện hạ áp cấp điện cho các công trình xây dựng	7
1. Đảm bảo mức tin cậy cung cấp điện theo yêu cầu của từng loại phụ tải	7
2. Điện năng được cung cấp từ mạng điện phải có chất lượng tốt	8
3. Vốn đầu tư xây dựng mạng điện và chi phí kim loại màu phải ít nhất	9
4. Mạng điện phải đơn giản, rõ ràng và vận hành tiện lợi	9
5. Mạng điện phải đảm bảo mỹ quan và tuyệt đối an toàn cho người và thiết bị	9
§1.3. Xác định công suất phụ tải của mạng điện	9
§1.4. Trạm biến áp	14
1. Số máy biến áp và công suất của máy biến áp đặt trong trạm	14
2. Vị trí đặt trạm biến áp	15
3. Sơ đồ điện của trạm biến áp	16
§1.5. Sơ đồ mạng điện cung cấp hạ áp	18
1. Các kiểu sơ đồ mạng điện cung cấp hạ áp	18
2. Một số sơ đồ mạng điện cung cấp hạ áp cấp điện cho các công trình xây dựng	19
§1.6. Cấu trúc của đường dây mạng điện cung cấp hạ áp	22
1. Cấu trúc của đường dây trên không	22
2. Cấu trúc của đường dây cáp	25
§1.7. Chọn nguồn điện cho một công trình xây dựng mới và chọn số trạm biến áp của mạng điện	26
§1.8. Mạng điện phân phối hạ áp	27
§1.9. Tính toán tổn thất điện áp trên đường dây của mạng điện hạ áp	30
1. Điện trở và điện kháng của dây dẫn	30
2. Tính toán tổn thất điện áp trên đường dây khi không bỏ qua điện kháng x của dây dẫn	32
3. Tính toán tổn thất điện áp trên đường dây khi bỏ qua điện kháng x_0	37

Chương II
**CHỌN DÂY DẪN VÀ CÁC KHÍ CỤ ĐIỀU KHIỂN
VÀ BẢO VỆ MẠNG ĐIỆN HẠ ÁP**

§2.1. Chọn dây dẫn	42
1. Chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện đốt nóng cho phép	42
2. Chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép	47
3. Chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện độ bền cơ khí	55
§2-2. Các khí cụ điện dùng điều khiển và bảo vệ mạng điện hạ áp	56
1. Các dạng sự cố trong mạng điện hạ áp	56
2. Cầu chì	58
3. Rơ le nhiệt	67
4. Rơ le điện từ	68
5. Aptômát (máy ngắt tự động)	69
6. Cầu dao	79
7. Công tắc tơ khởi động từ	79

Chương III
**CHIẾU SÁNG ĐIỆN CHO NHÀ Ở
VÀ CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG CÔNG CỘNG**

§3.1. Tính toán chiếu sáng	84
1. Khái niệm về ánh sáng	84
2. Đèn điện	85
3. Loại chiếu sáng và hệ thống chiếu sáng	87
4. Lựa chọn vị trí đặt của các đèn nung sáng và đèn huỳnh quang	88
5. Xác định công suất của đèn nung sáng và đèn huỳnh quang	92
§3.2. Mạng điện chiếu sáng	104
1. Điện áp của mạng điện chiếu sáng	104
2. Nguồn điện và sơ đồ mạng điện cung cấp chiếu sáng	104
3. Mạng điện nhóm chiếu sáng	107
4. Một số sơ đồ mắc đèn chiếu sáng trong nhà	109
5. Xác định tổn thất điện áp trên đường dây của mạng điện chiếu sáng	111
6. Chọn tiết diện dây dẫn của mạng điện chiếu sáng	113
7. Chọn tiết diện của đường dây có phân nhánh theo chỉ tiêu khối lượng kim loại màu nhỏ nhất	117

Chương IV
**AN TOÀN ĐIỆN CHO NHÀ Ở
VÀ CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG CÔNG CỘNG**

§4.1. Một số khái niệm liên quan đến an toàn điện	122
--	-----

1. Tác dụng nguy hiểm của dòng điện khi đi qua người và phân loại nhà theo an toàn điện	122
2. Phân loại mạng điện theo kiểu nối đất điểm trung tính của nguồn điện và tính toán trị số dòng điện qua người	123
3. Khái niệm về điện trở tản của vật nối đất, điện áp tiếp xúc và điện áp bước	125
§4.2. Các biện pháp an toàn điện	127
1. Nối vỏ hoặc thân kim loại của các thiết bị điện với dây trung tính	127
2. Nối vỏ hoặc thân kim loại của các thiết bị điện với đất	128
3. Kết hợp nối đất vỏ hoặc thân kim loại của thiết bị điện với dùng máy cắt so lệnh	131
4. Một số biện pháp an toàn điện khác	136
§4.3. Thiết bị nối đất và tính toán điện trở nối đất	137
1. Thiết bị nối đất	137
2. Tính toán điện trở nối đất của thiết bị nối đất R_{nd} . Điện trở nối đất R_{nd} bao gồm điện trở của dây nối đất và điện trở tản của vật nối đất	138
§4.4. Chọn thiết bị nối đất	147

Chương V

CHỐNG SÉT CHO NHÀ Ở VÀ CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG CÔNG CỘNG

§5.1. Một số khái niệm liên quan đến chống sét	153
1. Sự hình thành của sét và các thông số chính của dòng điện sét	153
2. Tác dụng của sét	155
3. Phân loại công trình theo mức bảo vệ chống sét	158
§5.2. Các thiết bị chống sét đánh thẳng	159
1. Cột thu sét và phạm vi bảo vệ của cột thu sét	159
2. Dây thu sét và phạm vi bảo vệ của nó	164
3. Lưới thu sét	166
§5.3. Các biện pháp chống sét đánh thẳng đối với mỗi công trình cấp I, cấp II và cấp III	166
1. Đối với công trình cấp I	166
2. Đối với công trình cấp II	167
3. Đối với công trình cấp III	167
§5.4. Các biện pháp chống tác dụng thứ cấp của sét	169
1. Chống cảm ứng tĩnh điện của sét	169
2. Chống cảm ứng điện từ của sét	170
3. Chống sự xâm nhập điện áp cao của sét từ ngoài vào công trình	170
§5.5. Tính toán điện trở tản của vật nối đất chống sét	173
Tài liệu tham khảo	176

CUNG CẤP ĐIỆN, AN TOÀN ĐIỆN VÀ CHỐNG SÉT CHO NHÀ Ở VÀ CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG CÔNG CỘNG

Chịu trách nhiệm xuất bản:

BÙI HỮU HẠNH

Biên tập: **BÙI THỊ THÔNG**

Chế bản: **PHẠM HỒNG LÊ**

Sửa bản in: **ĐỖ THANH HƯƠNG**

NGUYỄN MINH HẰNG

NGUYỄN QUỐC HUNG

Trình bày bìa: **VŨ BÌNH MINH**